

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ

Κ. ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ Γ. ΚΟΛΥΒΑΣ Σ. ΟΥΤΣΙΟΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ

Α' ΤΑΞΗ • 2ου ΚΥΚΛΟΥ

ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ

Αθήνα

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ

- **Αρβανίτης Κωνσταντίνος**, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών ΕΜΠ
- **Κολυβάς Γεώργιος**, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Δρ.του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ
- **Ούτσιος Σταμάτης**, Φυσικός Ραδιοηλεκτρολόγος-Αυτοματιστής, Εκπαιδευτικός

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

- Βαζιργιάννης Μιχάλης, Λέκτορας Τμήματος Πληροφορικής Οικονομικού Πανεπιστημίου Αθηνών
- Μεράκος Λάζαρος, Καθηγητής Τμήματος Πληροφορικής και Επικοινωνιών Πανεπιστημίου Αθηνών
- Παπανδρέου Κωνσταντίνος, Μηχανολόγος - Μηχανικός, Πολυτεχνείου Μονάχου, Διδάκτωρ Τηλεπληροφορικής

ΣΥΝΤΟΝΙΣΤΗΣ

Ούτσιος Σταμάτης

ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

Ούτσιος Σταμάτης

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΕΙΜΕΝΟΥ

Μιχάλης Γαδ

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

Παπαμαύρου Ευθυμία, Φιλολόγος

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΩΦΥΛΛΟΥ & ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ ΒΙΒΛΙΟΥ

ΣΥΝΘΕΣΗ

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
Επιστημονικός Υπεύθυνος του τομέα «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ»,
Δρ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΔΗΜ. ΚΑΝΕΛΛΟΠΟΥΛΟΣ (PH.D)
(Σύμβουλος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου)

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβερνήσεως τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Οι νέες τεχνολογίες της πληροφορικής και των επικοινωνιών παίζουν σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της κοινωνίας μας και οδηγούν στην εμφάνιση καινούργιων επαγγελματικών ευκαιριών και συνεπώς και στον επαναπροσδιορισμό του επαγγελματικού προφίλ των αποφοίτων του Ηλεκτρονικού Τομέα των Τεχνικών Επαγγελματικών Εκπαιδευτηρίων.

Στο πλαίσιο αυτό, το περιεχόμενο του βιβλίου «Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών» καλύπτει την ύλη που καθορίζει το πρόγραμμα σπουδών του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων για το αντίστοιχο μάθημα, το οποίο διδάσκεται στην Α' τάξη του 2^{ου} κύκλου της ειδικότητας «Ηλεκτρονικός Υπολογιστικών Συστημάτων και Δικτύων» του Ηλεκτρονικού Τομέα των ΤΕΕ.

Κατά την ανάπτυξη της ύλης έχει ληφθεί υπόψη ότι ο μαθητής έχει ήδη εισαχθεί στο γνωστικό πεδίο των δικτύων με το μάθημα «Επικοινωνίες και Δίκτυα» της Α' τάξης του 1^{ου} Κύκλου. Έτσι στα δύο πρώτα κεφάλαια παρουσιάζονται οι αρχές λειτουργίας των δικτύων επικοινωνίας και οι σπουδαιότερες έννοιες που συναντώνται στις επικοινωνίες δεδομένων. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται κατηγοριοποίηση, σύγκριση των μέσων που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας και αναφορά στα προβλήματα που εμφανίζονται. Το τέταρτο έως και το έκτο κεφάλαιο είναι αφιερωμένα στις τεχνικές, συσκευές που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη δικτύων σε μικρή ή μεγάλη έκταση, την πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης, τη μεταφορά της πληροφορίας. Στο έβδομο κεφάλαιο επισημαίνεται ο ρόλος του επιπέδου δικτύου στη διαδικτύωση, με αναφορά σε συγκεκριμένα πρωτόκολλα και τεχνικές που χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο. Στο όγδοο κεφάλαιο αναφέρονται οι περιοχές διαχείρισης δικτύου και οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές ασφάλειας. Τέλος, στο ένατο κεφάλαιο, σκιαγραφείται η επερχόμενη κοινωνία της απόλυτης επικοινωνίας, η ενοποίηση των υπηρεσιών και εξετάζονται οι διάφοροι τρόποι χρήσης των δικτύων και οι επιπτώσεις τους.

Το παρόν βιβλίο έχει στόχο να παρουσιάσει στον Ηλεκτρονικό της Τεχνικής και Επαγγελματικής Εκπαίδευσης το γνωστικό αντικείμενο των δικτύων επικοινωνίας με πληρότητα, σαφήνεια, χωρίς να κουράζει με περιττές λεπτομέρειες και με περιεχόμενο εστιασμένο στα χαμηλότερα επίπεδα της στρωματοποιημένης αρχιτεκτονικής δικτύου.

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται ώστε οι νέες έννοιες να παρουσιάζονται με χρήση κατάλληλων παραδειγμάτων, σχημάτων, πινάκων. Η μορφοποίηση του κειμένου είναι τέτοια ώστε να παρουσιάζονται με ευκρίνεια σημεία που είναι σημαντικά καθώς και επιπλέον σχετική πληροφορία. Η δομή των κεφαλαίων είναι ενιαία. Στην αρχή περιλαμβάνονται οι επιδιωκόμενοι στόχοι και σύντομη εισαγωγή, ενώ στο τέλος υπάρχει ανακεφαλαίωση, σχετικές ερωτήσεις – ασκήσεις καθώς και βιβλιογραφία που αναφέρεται στο αντικείμενο του κεφαλαίου. Στο τέλος του βιβλίου υπάρχει παράρτημα όπου είναι συγκεντρωμένη η χρησιμοποιούμενη τεχνική ορολογία.

Τα μέλη της συγγραφικής ομάδας, λαμβάνοντας υπόψη και τις πολύτιμες παρατηρήσεις της ομάδας κρίσης, κατέβαλλαν κάθε δυνατή προσπάθεια, ώστε να παραδώσουν στον αυριανό Ηλεκτρονικό τις γνώσεις που χρειάζεται για να συμμετέχει με αξιώσεις στις νέες επαγγελματικές ευκαιρίες που δημιουργούνται στη σύγχρονη Κοινωνία των Πληροφοριών.

Οι συγγραφείς

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΡΧΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Στόχοι κεφαλαίου	9
Εισαγωγή	10
1.1 Τα επικοινωνιακά δίκτυα και οι ανάγκες που εξυπηρετούν	10
1.2 Η σύγκριση των επικοινωνιών με την πληροφορική.....	14
1.3 Υπηρεσίες δικτύου επικοινωνίας	14
1.4 Μεταγωγή και πολυπλεξία	19
1.5 Τεχνικές μεταγωγής	21
1.5.1 Μεταγωγή κυκλώματος	21
1.5.2 Μεταγωγή πακέτου	24
1.5.3 Σύγκριση μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου	26
1.5.4 Οι δύο μέθοδοι μεταγωγής πακέτου	26
Αυτοδύναμο πακέτο	26
Νοητό κύκλωμα	27
1.6 Τεχνικές πολυπλεξίας	29
1.7 Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονική δικτύου	31
1.8 Το μοντέλο OSI	35
1.8.1 Τα επτά επίπεδα του OSI	37
Επίπεδο εφαρμογής (Application layer)	37
Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)	37
Επίπεδο συνόδου (Session layer)	37
Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer)	38
Επίπεδο δικτύου (Network layer)	38
Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data link layer)	39
Φυσικό επίπεδο (Physical layer)	39
1.9 Κατηγορίες δικτύων ανάλογα με τη γεωγραφική τους έκταση	40
1.9.1 Τοπικά δίκτυα	40
1.9.2 Δίκτυα ευρείας περιοχής	41
1.9.3 Σύγκριση LAN και WAN	42
1.10 Πρότυπα	43
1.10.1 Ανοικτά συστήματα	43
1.10.2 Οργανισμοί τυποποιήσεων	44
ISO (International Standards Organization)	44
ITU (International Telecommunication Union)	44
IETF (Internet Engineering Task Force)	45
IAB (Internet Architecture Board)	45
ETSI (European Telecommunications Standards Institute)	45
ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)	46
1.11 Δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών	46
Ανακεφαλαίωση	47
Ερωτήσεις - ασκήσεις	47
Βιβλιογραφία	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στόχοι κεφαλαίου	51
Εισαγωγή	52
2.1 Ψηφιακές και αναλογικές πηγές και επικοινωνιακά συστήματα	52
2.1.1 Αναπαράσταση σημάτων στο πεδίο του χρόνου, στο πεδίο της συχνότητας	54
Συχνότητα σήματος, Φάσμα σήματος	57
2.2 Κωδικοποίηση δεδομένων	58

2.3	Το μοντέλο ψηφιακού επικοινωνιακού συστήματος	60
2.3.1	Απλουστευμένο μοντέλο συστήματος επικοινωνίας	60
2.3.2	Αναλυτικό μοντέλο ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας	61
2.4	Η επίδραση του μέσου μετάδοσης	64
2.4.1	Χωρητικότητα καναλιού	65
	Τύπος του Nyquist (κανάλι χωρίς θόρυβο)	65
	Τύπος του Shannon (κανάλι με θόρυβο)	66
2.5	Ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων	67
2.5.1	Ρυθμός μετάδοσης bit	67
2.5.2	Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων	67
2.5.3	Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας	68
	Ανακεφαλαίωση	69
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	69
	Βιβλιογραφία	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

	Στόχοι Κεφαλαίου	71
	Εισαγωγή	72
3.1	Μέσα Μετάδοσης	72
3.1.1	Ενσύρματα μέσα μετάδοσης	72
	Χάλκινο Καλώδιο	73
	Ομοαξονικό Καλώδιο	73
	Καλώδια Οπτικών Ινών	74
3.1.2	Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης	76
	Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις	77
	Δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις	77
	Κυψελοειδής Τηλεφωνία	79
3.2	Προβλήματα φυσικής μετάδοσης	80
3.2.1	Προσαρμογή σύνθετης αντίστασης της γραμμής	81
3.2.2	Παραμορφώσεις	84
3.2.3	Θόρυβος	86
3.2.4	Διαφωνία	87
3.2.5	Ηχώ	88
3.3	Επιλογή μέσου μετάδοσης	90
3.3.1	Χάλκινο καλώδιο	92
3.3.2	Ομοαξονικό καλώδιο	92
3.3.3	Οπτική ίνα	93
3.3.4	Επίγειες Μικροκυματικές Ζεύξεις	94
3.3.5	Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις	95
	Ανακεφαλαίωση	97
	Ερωτήσεις - Ασκήσεις	97
	Βιβλιογραφία	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

	Στόχοι του Κεφαλαίου	103
	Εισαγωγή	104
4.1	Τύποι καλωδίων	104
4.1.1	Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (Twisted pair)	104
	Χαρακτηριστικά και επιδόσεις	106
	Κατηγοριοποίηση των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών	110
4.1.2	Ομοαξονικό καλώδιο (Coaxial Cable)	111
4.1.3	Καλώδιο οπτικών ινών (Fiber optics cable)	112

Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες	113
Χαρακτηριστικά και επιδόσεις	115
Τύποι οπτικών ινών	115
4.2 Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων	117
4.3 Πρότυπα Τοπικών Δικτύων	122
4.3.1 Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης (LLC - IEEE 802.2)	123
4.3.2 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3	125
Βασικά Πρότυπα του IEEE 802.3	127
Ethernet υψηλών ταχυτήτων	129
4.3.3 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.4 - Αρτηρία με Κουπόνι (Token Bus)	130
4.3.4 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.5 - Δακτύλιος με Κουπόνι (Token Ring)	133
4.3.5 Σύγκριση τοπικών δικτύων	137
Ανακεφαλαίωση	139
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	140
Βιβλιογραφία	142

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Στόχοι κεφαλαίου	143
Εισαγωγή	144
5.1 MODEM	144
5.1.1 Πρότυπα επικοινωνίας των modems	146
5.1.2 Επικοινωνία μεταξύ DTE και DCE	149
5.1.3 Έλεγχος Ροής (Flow Control)	151
5.1.4 Έλεγχος λαθών (Error Corection), Συμπίεση Δεδομένων (Data Compression)	153
5.1.5 Εντολές AT	154
5.2 Κάρτες δικτύου (Network Interface Cards - NiCs)	154
5.3 Επαναλήπτες (Repeaters)	155
5.4 Γέφυρες (Bridges)	158
5.4.1 Κατηγορίες Γεφυρών	160
Διαφανείς Γέφυρες ή Γέφυρες με Δένδρο Συνδέσεων (Transparent Bridges or Spanning Tree Bridges)	160
Ο αλγόριθμος Spanning Tree	162
Γέφυρες Πηγαίας Δρομολόγησης (Source Route Bridges)	165
Γέφυρες Μετάφρασης (Translating Bridges)	166
Γέφυρες Ενθυλάκωσης (Encapsulation Bridges)	167
5.5 Μεταγωγείς (Switches)	168
5.6 Δρομολογητές (Routers)	172
5.7 Εισαγωγή στη δομημένη καλωδίωση	175
5.7.1 Οριζόντια καλωδίωση	175
Ο συνδετήρας δικτύου	176
Εύκαμπτα καλώδια σύνδεσης	177
Οι πρίζες του δικτύου	177
Χρωματικοί κώδικες τερματισμού των καλωδίων	178
Οι οδεύσεις των γραμμών	179
Ο καταναμητής	179
Το ικρίωμα (Rack)	181
5.7.2 Κατακόρυφη καλωδίωση	181
5.7.3 Τρόποι τερματισμού των καλωδίων	183
5.7.4 Διασύνδεση με ενεργά στοιχεία	185
5.7.5 Σύνδεση με οπτικές ίνες - ο οπτικός καταναμητής	186
5.7.6 Πιστοποίηση και μετρήσεις	187
Ανακεφαλαίωση	190
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	191
Βιβλιογραφία	194

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Στόχοι κεφαλαίου	195
Εισαγωγή	196
6.1 Επεκτείνοντας το δίκτυο	196
6.2 Επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές	197
6.3 Μισθωμένες γραμμές	198
6.4 X.25	200
6.5 ISDN	202
6.6 Frame Relay	205
6.7 ATM	208
6.8 xDSL	210
6.9 Εικονικά ιδιωτικά δίκτυα	213
6.10 Κριτήρια επιλογής τεχνολογιών WAN	214
Ανακεφαλαίωση	216
Ερωτήσεις – Ασκήσεις	216
Βιβλιογραφία	218

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΣΗ - INTERNET

Στόχοι κεφαλαίου	219
Εισαγωγή	220
7.1 Επίπεδο δικτύου	220
7.1.1 Γενικές Αρχές	220
7.2 Τεχνολογία TCP/IP	224
7.2.1 Εισαγωγή στη τεχνολογία TCP/IP	224
7.2.2 Σχέση OSI και TCP/IP	226
7.2.3 Βασικές αρχές Επικοινωνίας στην τεχνολογία TCP/IP και στο Διαδίκτυο	230
7.3 Πρωτόκολλο TCP	233
7.3.1 TCP συνδέσεις	237
7.4 Πρωτόκολλο UDP	240
7.5 Πρωτόκολλο IP	242
7.6 Διευθυνσιοδότηση	247
7.6.1 Διεύθυνση Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο (Media Access Control, MAC Διεύθυνση)	247
7.6.2 IP διευθύνσεις	249
7.6.3 Υποδίκτυα και Μάσκα Υποδικτύου	251
7.7 Πρωτόκολλο ARP	254
7.8 Σύστημα Ονομάτων Περιοχών (Domain Name System, DNS)	259
7.8.1 Χώρος Ονομάτων του DNS	262
7.9 Δρομολόγηση	264
7.9.1 Δρομολόγηση σε δίκτυα TCP/IP	266
7.9.2 Άμεση δρομολόγηση	269
7.9.3 Έμμεση Δρομολόγηση	270
7.9.4 Πίνακας Δρομολόγησης	272
7.10 Πρωτόκολλα δρομολόγησης	275
7.10.1 Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol, RIP)	277
7.10.2 Εξωτερικό Πρωτόκολλο Πύλης (Exterior Gateway Protocol, EGP)	278
7.11 Πρωτόκολλα εφαρμογής	279
7.11.1 Γενικές αρχές	279
7.11.2 Βασικές και προηγμένες υπηρεσίες Διαδικτύου	279
Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο	279
Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)	281
Απομακρυσμένη Σύνδεση (Telecommunications Network, Telnet)	283
Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW)	283

Ασύρματο Διαδίκτυο	285
Ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP (Intranets)	286
Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου	286
Μετάδοση εικόνας και ήχου μέσω του Διαδικτύου	287
Συνομιλία πραγματικού χρόνου στο Διαδίκτυο με την μορφή κειμένου	288
Ηλεκτρονικό Εμπόριο	288
Ανακεφαλαίωση	289
Ερωτήσεις – Ασκήσεις	290
Βιβλιογραφία	295

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Στόχοι του Κεφαλαίου	297
Εισαγωγή	298
8.1 Διαχείριση Δικτύου	298
8.1.1 Διαχείριση παραμέτρων (Configuration Management)	299
8.1.2 Διαχείριση επίδοσης του δικτύου (Performance Management)	300
8.1.3 Διαχείριση σφαλμάτων (Fault Management)	302
8.1.4 Διαχείριση κόστους (Accounting Management)	302
8.1.5 Διαχείριση ασφάλειας (Security Management)	303
8.2 Πρότυπα διαχείρισης	303
8.2.1 Πρότυπο CMIP	304
8.2.2 Πρότυπο διαχείρισης SNMP	305
Τύποι εντολών στο πρωτόκολλο SNMP	307
Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης (Management Information Base, MIB)	308
Πρότυπα MIB II, RMON, RMON2	310
8.2.3 Προγράμματα Διαχείρισης	314
8.3 Ασφάλεια Δικτύων	314
8.3.1 Ασφάλεια πληροφοριών	314
8.3.2 Επεξήγηση Ορολογίας	317
8.3.3 Μέθοδοι Παραβίασης	318
8.3.4 Τεχνικές ασφάλειας	320
8.3.5 Τεχνολογίες ασφάλειας	325
8.3.6 Αποφυγή καταστροφών	327
Ανακεφαλαίωση	329
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	329
Βιβλιογραφία	330

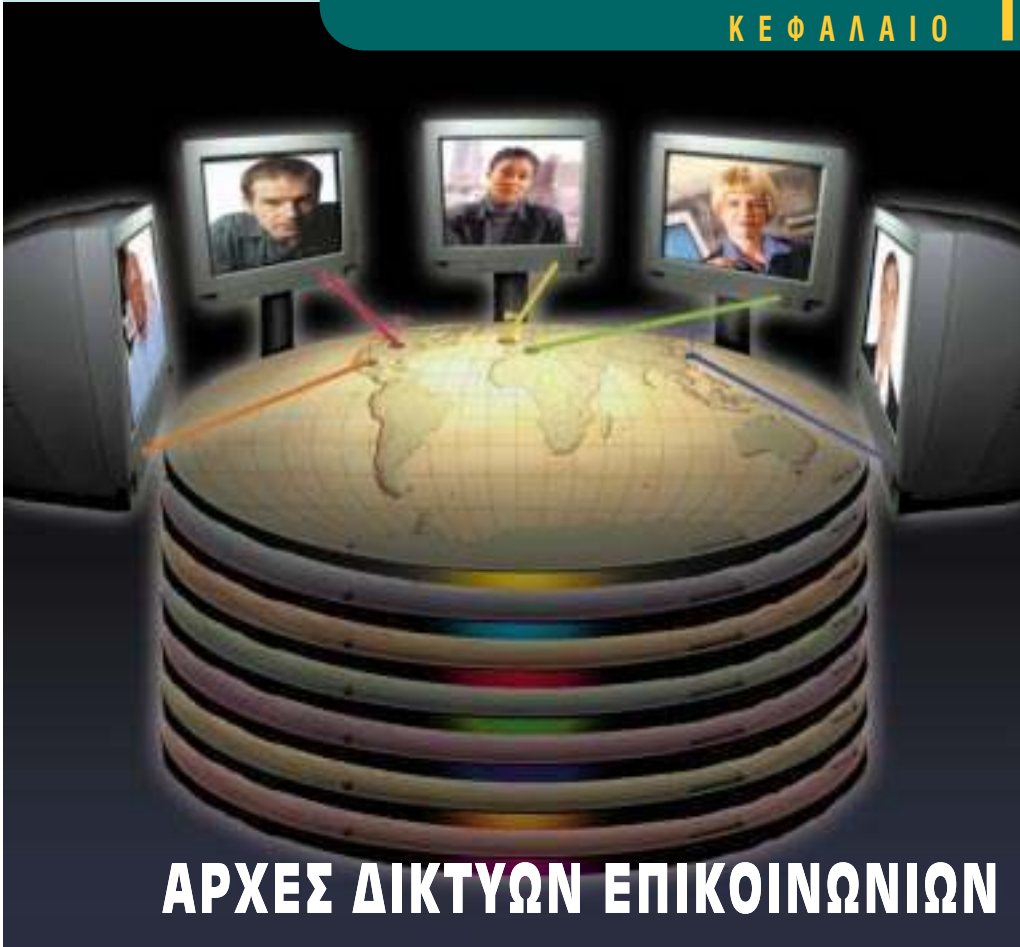
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Στόχοι κεφαλαίου	331
Εισαγωγή	332
9.1 Οι δυνατότητες που προσφέρονται	332
9.1.1 Η επανάσταση της πληροφορικής και ο ρόλος των δικτύων	332
9.1.2 Ενσύρματες - ασύρματες επικοινωνίες	333
9.1.3 Ενοποίηση των Δικτύων και υπηρεσιών	335
9.2 Προς την Κοινωνία της Απόλυτης Επικοινωνίας	336
9.3 Οικονομικές και Κοινωνικές επιπτώσεις	340
9.4 Ηθικά και νομικά θέματα	345
Ανακεφαλαίωση	348
Ερωτήσεις - Ασκήσεις	349
Βιβλιογραφία	349

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ορολογία	351
----------------	-----



ΑΡΧΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα μπορείτε να περιγράψετε τις γενικές αρχές των δικτύων επικοινωνιών. Συγκεκριμένα θα είστε ικανοί:

- Να αναφέρετε τις υπηρεσίες, που παρέχουν τα δίκτυα επικοινωνίας.
- Να συγκρίνετε τις μεθόδους μεταγωγής.
- Να εξηγήτε την επικράτηση των ψηφιακών τεχνικών στα συστήματα επικοινωνιών.
- Να κατανοείτε την οργάνωση και λειτουργία ενός δικτύου, χρησιμοποιώντας το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (OSI).
- Να κατατάσσετε τα δίκτυα ανάλογα με τη γεωγραφική τους κατανομή.

Εισαγωγή

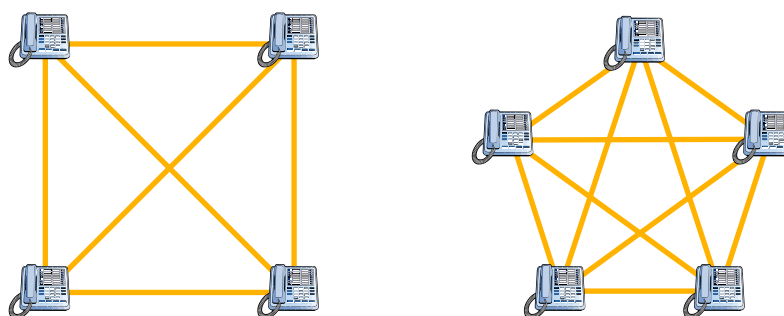
Οι νέες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας αλλάζουν ραγδαία τον τρόπο εργασίας, διασκέδασης, επικοινωνίας και συναλλαγής και οδηγούν στην Κοινωνία της Πληροφορίας. Τα δίκτυα επικοινωνίας αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την Κοινωνία της Πληροφορίας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα σας δοθούν οι βασικές αρχές και τεχνικές ανάπτυξης δικτύων επικοινωνίας.

1.1 Τα επικοινωνιακά δίκτυα και οι ανάγκες που εξυπηρετούν

Η ανάγκη των ανθρώπων να επικοινωνούν μεταξύ τους ξεκινά από πολύ παλιά με τη χρήση σημάτων καπνού και συνεχίζεται στον 19^ο αιώνα με τη χρήση της τηλεγραφίας, στον 20^ο αιώνα με τη χρήση της τηλεφωνίας και στην 3^η χιλιετία με τη χρήση των δικτύων υπολογιστών.

Για την επικοινωνία δύο συσκευών απαιτείται να υπάρχει μεταξύ τους σύνδεση από σημείο σε σημείο. Η σύνδεση αυτή μπορεί να υλοποιείται με καλώδιο, οπτική ίνα ή ραδιοζεύξη. Όταν ο αριθμός των συσκευών αυξάνει και πρέπει να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ δύο οποιονδήποτε συσκευών, προφανώς δεν είναι πρακτική λύση να υπάρχουν συνδέσεις από σημείο προς σημείο για όλες αυτές τις συσκευές.

Για να αντιληφθούμε το πρόβλημα, ας δούμε την περίπτωση της απευθείας τηλεφωνικής σύνδεσης. Για να υπάρχει τηλεφωνική επικοινωνία ανάμεσα σε δύο συνδρομητές, χρειάζονται δύο τηλεφωνικές συσκευές και 1 γραμμή, που να τους συνδέει. Για να προστεθεί κι ένας τρίτος συνδρομητής, θα πρέπει κάθε συνδρομητής να έχει 2 συσκευές και 2 γραμμές, που να τον ενώνουν με τους άλλους δύο, δηλαδή απαιτούνται συνολικά $3 \times 2 = 6$ συσκευές και $3 \times 2 / 2 = 3$ γραμμές. Για να προστεθεί και τέταρτος συνδρομητής θα πρέπει κάθε συνδρομητής, να έχει 3 συσκευές και 3 γραμμές, που να τον ενώνουν με τους άλλους τρεις, δηλαδή απαιτούνται συνολικά $4 \times 3 = 12$ συσκευές και $4 \times 3 / 2 = 6$ γραμμές (Σχήμα 1-1). Έτσι, τε-



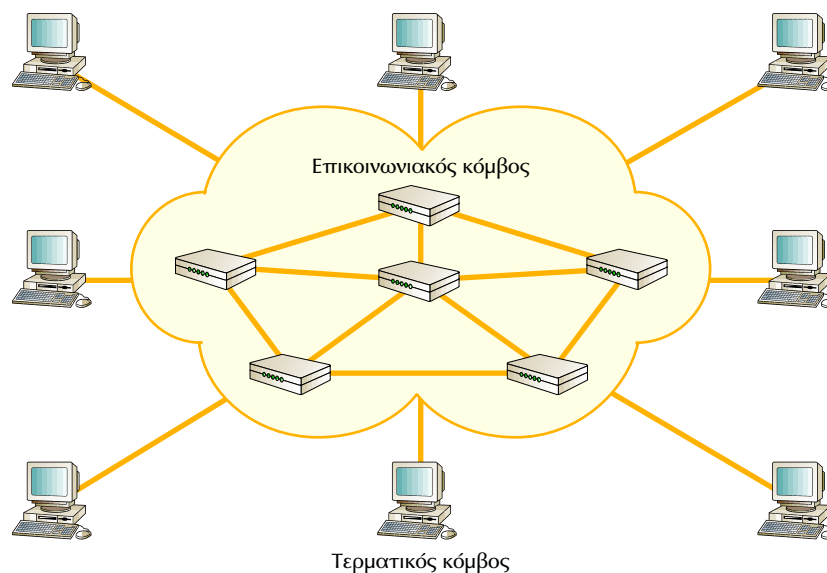
Σχήμα 1-1 Αριθμός συνδέσεων για 4, 5 συνδρομητές

λικά, για τη σύνδεση N συνδρομητών, κάθε συνδρομητής θα χρειαζόνταν $N-1$ τηλεφωνικές συσκευές και θα απαιτούνταν συνολικά $N(N-1)/2$ επικοινωνιακές γραμμές. Στην περίπτωση μικρού χωριού 1000 κατοίκων, θα έπρεπε κάθε συνδρομητής να έχει 999 τηλεφωνικές συσκευές και να υπάρχουν συνολικά 499.500 επικοινωνιακές γραμμές!

Έτσι, με την αύξηση των συνδρομητών, έγινε προφανής η ανάγκη του **τηλεφωνικού δικτύου (telephone network)**, όπου δεν υπάρχουν άπειρες πολλαπλές συνδέσεις απο σημείο σε σημείο αλλά γίνεται απο κοινού εκμετάλλευση του υπάρχοντος εξοπλισμού και των τηλεπικοινωνιακών γραμμών. Στην αρχή δημιουργήθηκαν τα χειροκίνητα τηλεφωνικά κέντρα, στη συνέχεια τα αυτόματα ηλεκτρομηχανικά κέντρα, μετά τα ηλεκτρονικά κέντρα και τέλος, τα σύγχρονα τηλεφωνικά κέντρα, που χρησιμοποιούν υπολογιστικά συστήματα και την τεχνική της αποθήκευσης και προώθησης για τη μετάδοση της πληροφορίας.

Το ίδιο πρόβλημα υπάρχει και στις συνδέσεις υπολογιστών. Στην αρχή υπήρχαν συνδέσεις από σημείο σε σημείο. Όταν, όμως, ο αριθμός των υπολογιστών άρχισε να αυξάνει και έγινε αντιληπτό το όφελος από τη διασύνδεση των υπολογιστών, άρχισαν να δημιουργούνται τα **δίκτυα δεδομένων (data networks)**.

Γενικότερα, η λύση στο πρόβλημα της επικοινωνίας είναι η ύπαρξη **επικοινωνιακού δικτύου** του οποίου τις γραμμές, τους κόμβους και γενικότερα τους **πόρους (resources)** να μπορεί να χρησιμοποιεί οποιαδήποτε συσκευή που θέλει να επικοινωνήσει (Σχήμα 1-2).

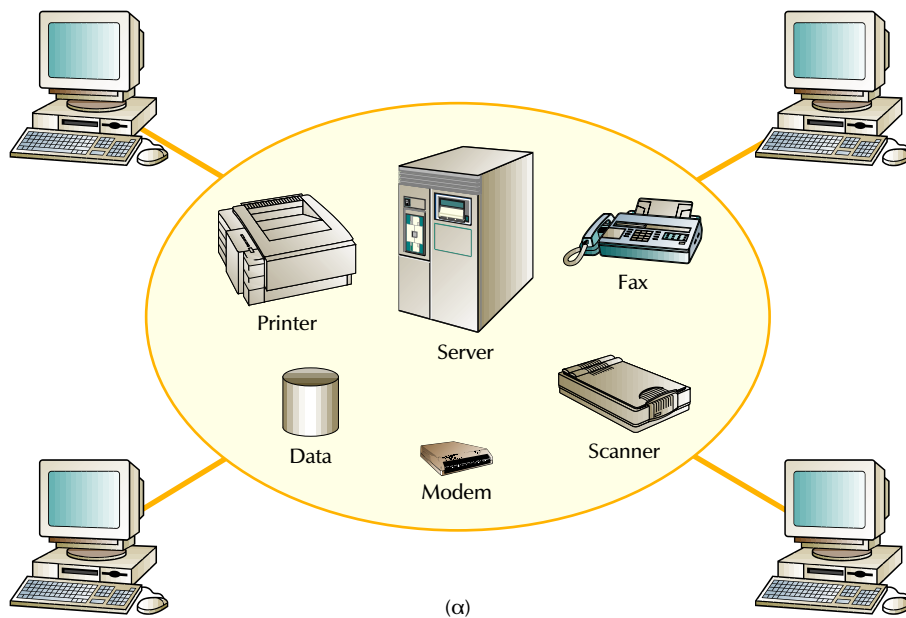


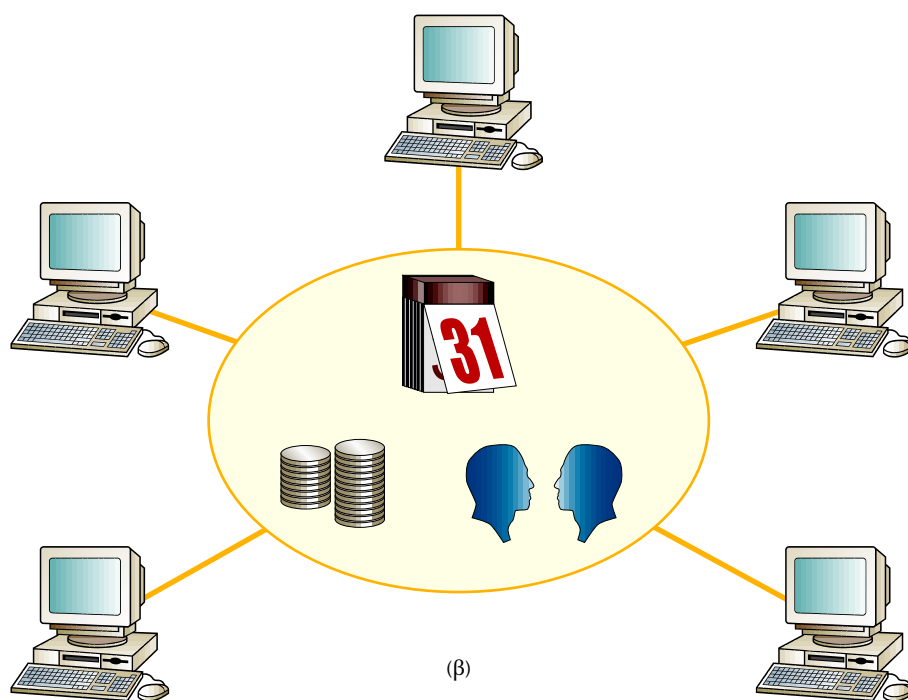
Σχήμα 1-2 Τερματικοί και επικοινωνιακοί κόμβοι σε ένα επικοινωνιακό δίκτυο

Επικοινωνιακό δίκτυο, λοιπόν, είναι ένα σύνολο κόμβων διασυνδεδεμένων με γραμμές επικοινωνίας, έτσι ώστε να επιτρέπεται η ανταλλαγή πληροφορίας. Οι κόμβοι μπορεί να είναι τερματικές συσκευές, όπως τηλεφωνικές συσκευές, υπολογιστές, εκτυπωτές, εξυπηρετητές αρχείων. Μπορεί, επίσης, να είναι συσκευές επικοινωνίας, όπως τηλεφωνικά κέντρα, πύλες, δρομολογητές, επαναλήπτες. Από τα παραπάνω παραδείγματα προκύπτει, ότι, τελικά, υπάρχουν δύο είδη κόμβων: οι **τερματικοί** και οι **επικοινωνιακοί ή τηλεπικοινωνιακοί κόμβοι**. Οι τερματικοί κόμβοι παράγουν ή καταναλώνουν την πληροφορία, που μεταφέρεται στο δίκτυο. Οι επικοινωνιακοί κόμβοι μεταφέρουν την πληροφορία, αλλά ούτε την παράγουν ούτε την καταναλώνουν.

Υπάρχουν πολλά είδη δικτύων επικοινωνίας. Το τηλεφωνικό δίκτυο, που χρησιμοποιείται για μετάδοση φωνής, είναι το πιο γνωστό και επεκταμένο δίκτυο επικοινωνίας. Ακόμη, δίκτυα υπολογιστών μπορεί να χρησιμοποιούνται σε γραφεία, για να επιτρέπουν στους εργαζόμενους, να χρησιμοποιούν από κοινού δεδομένα και συσκευές, σε εργοστάσια, για να βοηθούν στις αυτοματοποιημένες διαδικασίες παραγωγής (π.χ διασύνδεση εργαλειομηχανών, ρομπότ) αλλά και σε ολόκληρο τον κόσμο για να παρέχουν στους χρήστες τους τη δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων, αρχείων και πρόσβασης σε κάθε είδους πληροφορία (Internet).

Όλα τα παραπάνω συστήματα είναι επικοινωνιακά δίκτυα. Διαφέρουν, όμως, σημαντικά στο είδος της πληροφορίας, που μεταδίδουν και στον τρόπο, που χρησιμοποιούνται. Μερικά από τα οφέλη από τη χρήση των δικτύων επικοινωνίας είναι (Σχήμα 1-3):





Σχήμα 1-3 Οφέλη δικτύων (α) Διαμερισμός πόρων
(β) Υψηλή αξιοπιστία, εξοικονόμηση χρημάτων, επικοινωνία

- Διαμερισμός πόρων
- Υψηλή αξιοπιστία
- Εξοικονόμηση χρημάτων
- Επικοινωνία

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Μια από τις πρώτες γραπτές περιγραφές συστήματος μετάδοσης δεδομένων είναι αυτή του ιστορικού Πολύβιου, που χρονολογείται από το 300 π.Χ. Σύμφωνα με αυτή την περιγραφή, για τη μετάδοση μηνύματος χρησιμοποιούνται σταθμοί – επαναλήπτες τοποθετημένοι σε συγκεκριμένες αποστάσεις. Σε κάθε σταθμό υπάρχουν δύο τοίχοι μήκους 3 μέτρων και ύψους 2,5 μέτρων, που απέχουν μεταξύ τους περίπου 1 μέτρο. Στην κορυφή κάθε τοίχου τοποθετούνται 5 πυρσοί. Ο αριθμός των αναμμένων πυρσών σε κάθε τοίχο προσδιορίζει και το γράμμα της αλφαβήτου σύμφωνα και με τον Πίνακα 1-1. Το γράμμα Α αναπαριστάται από έναν πυρσό σε κάθε τοίχο, το Β από έναν πυρσό στο αριστερό τοίχο και δύο πυρσούς στο δεξιό τοίχο κ.ο.κ.

		ΔΕΞΙΟΣ ΤΟΙΧΟΣ				
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΤΟΙΧΟΣ		1	2	3	4	5
	1	A	B	Γ	Δ	E
	2	Z	H	Θ	I	K
	3	Λ	M	N	Ξ	O
	4	Π	P	Σ	T	Υ
	5	Φ	Χ	Ψ	Ω	

Πίνακας 1-1 Ο κώδικας του Πολύβιου, 300 π.Χ.

1.2 Η σύγκλιση των επικοινωνιών με την πληροφορική

Τις τελευταίες δεκαετίες οι χώροι των επικοινωνιών και της πληροφορικής επικαλύπτονται όλο και περισσότερο. Προκύπτει έτσι η τηλεπληροφορική και νέες τεχνολογίες, προϊόντα και εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον ενοποιημένο αυτό χώρο. Η επανάσταση της τηλεπληροφορικής φέρνει μερικά αξιοσημείωτα αποτελέσματα:

- Δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά μεταξύ της επεξεργασίας των δεδομένων (υπολογιστικός εξοπλισμός) και των επικοινωνιών δεδομένων (εξοπλισμός μετάδοσης και μεταγωγής).
- Ενοποιούνται οι επικοινωνίες δεδομένων, φωνής και εικόνας.
- Αμβλύνεται ο διαχωρισμός μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων με έναν επεξεργαστή, με πολλούς επεξεργαστές, τοπικών δικτύων, ευρύτερων δικτύων και δικτύων μεγάλης εξάπλωσης.

Κατά συνέπεια, οι χώροι δράσης των εταιρειών υπολογιστών και των εταιρειών επικοινωνιών επικαλύπτονται όλο και περισσότερο, από την παραγωγή συστημάτων έως και την ολοκλήρωση των συστημάτων. Ακόμη, χαρακτηριστικό είναι, ότι αναπτύσσονται ολοκληρωμένα συστήματα, τα οποία μεταδίδουν και επεξεργάζονται κάθε τύπου δεδομένα και πληροφορίες.

Η σύγκλιση στο χώρο των επικοινωνιών έχει καταλυτική επίδραση στην εξέλιξη της κοινωνίας και της οικονομίας της. Σύντομα η εικόνα που έχουμε για έννοιες όπως το γραφείο και το σχολείο, θα αλλάξει ριζικά. Τα καταστήματα μπορεί να αντικατασταθούν από ηλεκτρονικούς καταλόγους παραγγελιών και οι πόλεις να απλωθούν, αφού εγκαταστάσεις επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας, θα ελαττώσουν την ανάγκη για φυσική προσέγγιση.

1.3 Υπηρεσίες δικτύου επικοινωνίας

Ένα δίκτυο επικοινωνιών έχει σκοπό να παρέχει υπηρεσίες στους χρήστες του. Τέτοια υπηρεσία είναι η υπηρεσία τηλεφωνικής επικοινωνίας, με την οποία γίνεται εφικτή η σύνδεση μιας τηλεφωνικής συσκευής με οποιαδήποτε άλλη,

όπου κι αν βρίσκεται. Με την τηλεφωνική υπηρεσία έχουμε τη δυνατότητα μετάδοσης πληροφορίας του χρήστη, αλλά και μετάδοσης πληροφορίας σηματοδότησης (τέτοια είναι το σήμα κουδουνίσματος στο τηλέφωνο του καλούμενου, το σήμα κλήσης ή κατειλημμένου στο τηλέφωνο του καλούντος κ.κ.). Η ένδειξη αναμονής κλήσης, η εκτροπή κλήσης, η τριμερής επικοινωνία, η φραγή εξερχόμενων κλήσεων είναι μερικές ακόμη υπηρεσίες, που προσφέρονται από τις τηλεφωνικές εταιρείες. Μια μισθωμένη γραμμή E1 μεταξύ δύο απομακρυσμένων σημείων παρέχει υπηρεσία μεταφοράς πληροφορίας ανά πάσα στιγμή, με ταχύτητα 2 Mbits το δευτερόλεπτο (2Mbps).

Τα δίκτυα δεδομένων παρέχουν κι αυτά πολλές υπηρεσίες. Για παράδειγμα, στον περιορισμένο γεωγραφικά χώρο ενός τοπικού δικτύου, η υπηρεσία εξυπηρέτησης εκτυπώσεων επιτρέπει σε όλους τους υπολογιστές του τοπικού δικτύου να χρησιμοποιούν από κοινού ένα διαθέσιμο εκτυπωτή (printer server). Η υπηρεσία εξυπηρέτησης αρχείων επιτρέπει σε όλους τους χρήστες του τοπικού δικτύου να χρησιμοποιούν αρχεία, που βρίσκονται σε ένα διαθέσιμο για το σκοπό αυτό υπολογιστή (file server). Αλλά και στον ευρύτερο χώρο, π.χ. του Internet, παρέχονται διάφορες υπηρεσίες, όπως η υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), η οποία επιτρέπει στους χρήστες της να ανταλλάσσουν μηνύματα, η υπηρεσία μεταφοράς αρχείων (file transfer), η οποία επιτρέπει τη μεταφορά αρχείων από ένα υπολογιστή σε ένα άλλο, κ.κ.

Επισήμανση

Η σύγκλιση των τεχνολογιών των επικοινωνιών και των υπολογιστών κάνει δυνατή τη μετάδοση κάθε μορφής πληροφορίας, όπως εικόνα, ήχος, κείμενο, γραφικά και δεδομένα, μέσα από ένα δίκτυο επικοινωνίας. Με την ευρεία αυτή έννοια διαπραγματευόμαστε τα δίκτυα σε αυτό το βιβλίο.

Όπως βλέπουμε, λοιπόν, ένα δίκτυο επικοινωνίας προσφέρει ποικίλες και αρκετά διαφοροποιημένες υπηρεσίες. Υπάρχει όμως μια θεμελιώδης αρχή, στην οποία βασίζεται η οποιουδήποτε τύπου ανταλλαγή πληροφορίας. Αυτή είναι, όπως θα δούμε και στο Κεφάλαιο 2, ότι η πληροφορία μεταφέρεται και αποθηκεύεται στο δίκτυο επικοινωνίας με τη μορφή bits. Για την ακρίβεια, το τελευταίο στάδιο του μετασχηματισμού της πληροφορίας, ώστε να είναι δυνατή η διαβίβασή της μέσα από το φυσικό μέσο μετάδοσης, είναι η μετατροπή των bits σε ηλεκτρικό σήμα.

Ανάλογα με την υπηρεσία, η μεταφορά των bits μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο αξιόπιστη και να διαρκεί περισσότερο ή λιγότερο χρόνο. Τις διαφορετικές αυτές απαιτήσεις εξυπηρετεί το δίκτυο χρησιμοποιώντας λίγες μόνο διαφορετικές **κατηγορίες υπηρεσιών επικοινωνίας**.

Έτσι, από την άποψη του χρήστη οι υπηρεσίες επικοινωνίας μπορεί να είναι είτε **σύγχρονες** είτε **ασύγχρονες**.

Κατά τη **σύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας**, μεταδίδεται σειρά από bits με σταθερή καθυστέρηση και συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης. Κάθε bit φθάνει στον προορισμό του με την ίδια καθυστέρηση (άρα και με τη σωστή σειρά), ενώ μερικά bits είναι πιθανό να ληφθούν λάθος (0 αντί για 1 και αντίστροφα). Για παράδειγμα, το τηλεφωνικό δίκτυο προσφέρει σύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας στους χρήστες του. Ο συνδρομητής του τηλεφωνικού δικτύου καλεί πρώτα τον αριθμό άλλου συνδρομητή, για να εγκαταστήσει σύνδεση, μετά μιλά με τον άλλο συνδρομητή και τέλος διακόπτει τη σύνδεση. Σε όλη τη διάρκεια της σύνδεσης, οι δύο συνδρομητές έχουν στη διάθεσή τους αποκλειστικά ένα κανάλι από σημείο σε σημείο, το οποίο πάντα παραδίδει πληροφορίες με τη σειρά, που στάλθηκαν.



Σχήμα 1-4 Στην υπηρεσία σύγχρονης επικοινωνίας κάθε bit καθυστερεί το ίδιο

Κατά την **ασύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας**, η σειρά από bits πριν τη μετάδοσή της διαιρείται σε **πακέτα**. Τα πακέτα μεταδίδονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο μέσα από το δίκτυο επικοινωνίας, και, συνεπώς, λαμβάνονται στον προορισμό με διαφορετικές καθυστερήσεις, πιθανά κι εκτός σειράς. Ακόμα, κάποια πακέτα μπορεί να ληφθούν λανθασμένα ή να χαθούν. Για την περιγραφή της ποιότητας της ασύγχρονης υπηρεσίας επικοινωνίας χρησιμοποιούνται παράμετροι, όπως ο ρυθμός λανθασμένων πακέτων, η καθυστέρηση, ο τελικός ρυθμός μετάδοσης, η αξιοπιστία και η ασφάλεια της επικοινωνίας.



Σχήμα 1-5 Στην υπηρεσία ασύγχρονης επικοινωνίας μεταφέρονται πακέτα με μεταβλητή καθυστέρηση

Οι ασύγχρονες υπηρεσίες επικοινωνίας κατηγοριοποιούνται σε υπηρεσίες **με σύνδεση** και υπηρεσίες **χωρίς σύνδεση**.

Στην **υπηρεσία με σύνδεση (connection oriented service)**, ο χρήστης διαθέτει μια αξιόπιστη από άκρο σε άκρο σύνδεση, η οποία μεταφέρει τα πακέτα με

τη σειρά, που στάλθηκαν. Ανάλογα με την ποιότητα της υπηρεσίας μπορεί να παρέχεται και εγγύηση για την απουσία ή όχι λαθών.



Σχήμα 1-6 Στην υπηρεσία με σύνδεση μεταφέρονται πακέτα στη σωστή σειρά

Στην **υπηρεσία χωρίς σύνδεση (connectionless service)**, ο χρήστης απλά συγκεντρώνει την πληροφορία, που έχει να στείλει, της βάζει διεύθυνση και μετά τη στέλνει, ελπίζοντας ότι θα φθάσει στον προορισμό της. Δεν υπάρχει καμία εγγύηση, ότι αυτό θα πραγματοποιηθεί. Τα πακέτα μεταφέρονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και γι' αυτό μπορεί να φθάσουν στον προορισμό τους με λάθος σειρά, ενώ μερικά μπορεί να έχουν λάθη και άλλα να χαθούν. Μερικές υπηρεσίες με σύνδεση μπορεί να παρέχουν έναν **μηχανισμό επιβεβαίωσης της λήψης** των πακέτων. Η υπηρεσία χωρίς σύνδεση μας θυμίζει το ταχυδρομικό σύστημα. Εκεί, για να στείλουμε ένα γράμμα, το ρίχνουμε στο ειδικό γραμματοκιβώτιο, από το οποίο το συλλέγει ο ταχυδρομικός οργανισμός. Μέσω του ταχυδρομικού δικτύου το γράμμα οδηγείται - ελπίζουμε - στο σωστό μέρος, δηλαδή στο γραμματοκιβώτιο του παραλήπτη. Δεν μπορούμε ποτέ να είμαστε βέβαιοι, ότι το γράμμα θα φθάσει, αλλά ξέρουμε, ότι υπάρχει πολύ μεγάλη πιθανότητα και για το λόγο αυτό δείχνουμε εμπιστοσύνη στο ταχυδρομικό δίκτυο. Υπάρχει, βέβαια και η δυνατότητα αποστολής συστημένων γραμμάτων όπου εξασφαλίζεται εγγυημένη παράδοση (μηχανισμός επιβεβαίωσης λήψης).



Σχήμα 1-7 Στην υπηρεσία χωρίς σύνδεση τα πακέτα μεταφέρονται με τυχαία σειρά και δεν υπάρχει εγγύηση ότι θα παραληφθούν χωρίς λάθη

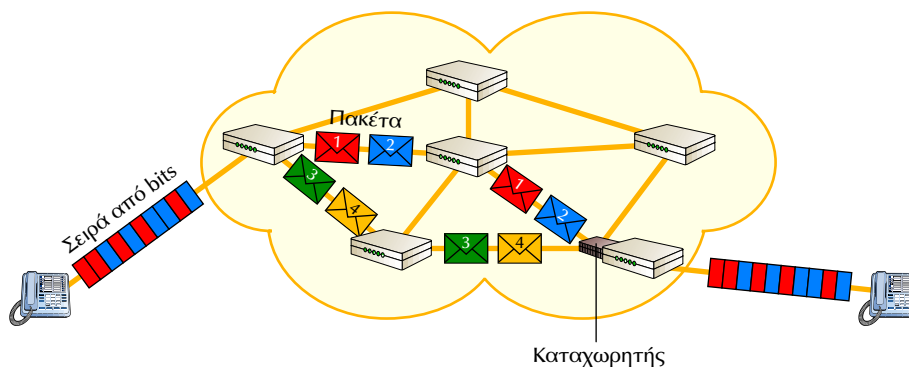
Ας δούμε τώρα μερικά παραδείγματα υπηρεσιών δικτύων επικοινωνίας και την αντίστοιχη κατηγορία, στην οποία ανήκουν. Εκεί όπου απαιτείται σταθερός ρυθμός μετάδοσης bits μέσα από το δίκτυο επικοινωνίας, χρησιμοποιείται σύγχρονη

υπηρεσία επικοινωνίας (π.χ. μετάδοση ήχου, κινούμενης εικόνας). Εκεί όπου απαιτείται η ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ απομακρυσμένων υπολογιστών, χρησιμοποιείται συνήθως ασύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας με σύνδεση (π.χ. απομακρυσμένο τερματικό). Τέλος, όταν υπάρχει σποραδική μόνο μετάδοση πακέτων και δεν μας ενδιαφέρει η καθυστέρηση ή η σειρά λήψης των πακέτων, χρησιμοποιείται ασύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας χωρίς σύνδεση (π.χ. ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, ομάδες συζητήσεων).

Επισήμανση

Είναι δυνατόν μια σύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας να υλοποιηθεί πάνω από μια ασύγχρονη υπηρεσία επικοινωνίας. Για να το κατανοήσουμε, θα αναφερθούμε στη μετάδοση φωνής. Η ακολουθία των bits, που αντιπροσωπεύουν τη φωνή, διαιρείται σε πακέτα. Τα πακέτα μεταδίδονται ασύγχρονα (χρησιμοποιώντας μια ασύγχρονη υπηρεσία του δικτύου επικοινωνίας). Η μεταβλητή καθυστέρηση, με την οποία τα πακέτα φωνής φθάνουν στο δέκτη, εξομαλύνεται με χρήση καταχωρητή. Ο ρόλος του καταχωρητή είναι να παραδίδει στην τηλεφωνική συσκευή του παραλήπτη μια σειρά από bits με την ίδια καθυστέρηση για κάθε bit (πράγμα, που είναι απαραίτητο σε κάθε τηλεφωνική επικοινωνία). Έτσι, τελικά, ο χρήστης, απολαμβάνει την ίδια υπηρεσία με αυτή που θα του παρείχε η υπηρεσία του κλασικού τηλεφωνικού δικτύου, αντλαμβάνεται, δηλαδή σύγχρονη υπηρεσία.

Η επισήμανση αυτή δείχνει τις δυνατότητες των σημερινών δικτύων δεδομένων για παροχή κάθε κατηγορίας υπηρεσιών.



Σχήμα 1-8 Η μετάδοση φωνής σε πακέτα, είναι δυνατή με τη χρήση καταχωρητών

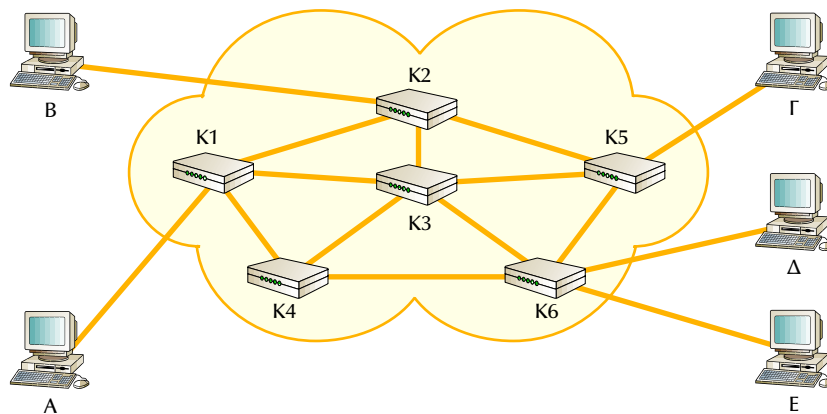
1.4 Μεταγωγή και πολυπλεξία

Στην παράγραφο 1.1 αναφερθήκαμε στη δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης των διαθέσιμων πόρων μέσω του επικοινωνιακού δικτύου. Υπάρχουν δύο βασικές τεχνικές, που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά της πληροφορίας μέσα από το δίκτυο και βοηθούν στην αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου. Αυτές είναι η **μεταγωγή** και η **πολυπλεξία**.

Με τη **μεταγωγή (switching)**, η πληροφορία, που στέλνει ένας σταθμός, περνά από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, για να φθάσει τελικά στο σταθμό προορισμού. Έτσι, χωρίς να είναι ανάγκη να υπάρχουν γραμμές, που να συνδέουν όλους τους σταθμούς μεταξύ τους, παρέχεται από το δίκτυο μια υπηρεσία επικοινωνίας, όπου κάθε σταθμός είναι δυνατό να ανταλλάξει πληροφορία με οποιοδήποτε σταθμό του δικτύου.

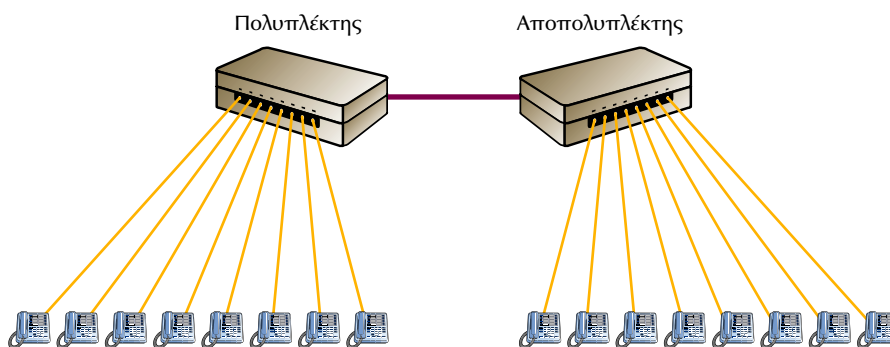
Οι κόμβοι μεταγωγής δεν ασχολούνται με το περιεχόμενο της πληροφορίας, αλλά μόνο με το πως θα προωθήσουν την πληροφορία κατάλληλα από κόμβο σε κόμβο, μέχρι αυτή να φθάσει στον προορισμό της. Το Σχήμα 1-9 δείχνει ένα απλό δίκτυο μεταγωγής. Οι σταθμοί, στους οποίους παρέχονται οι υπηρεσίες επικοινωνίας από το δίκτυο, μπορεί να είναι υπολογιστές, τερματικά, τηλεφωνικές συσκευές ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή επικοινωνίας. Οι κόμβοι μεταγωγής ή απλά κόμβοι, συνδέονται μεταξύ τους με τις επικοινωνιακές γραμμές. Κάθε σταθμός συνδέεται με κάποιο κόμβο. Για παράδειγμα, ένα μήνυμα, που στέλνει ο σταθμός Α και προορίζεται για τον σταθμό Δ, παραδίδεται αρχικά στον κόμβο Κ1. Μετά, μέσω των κόμβων Κ3 και Κ6 ή μέσω των κόμβων Κ4 και Κ6, προωθείται στο σταθμό προορισμού Δ. Μερικές παρατηρήσεις, που μπορούμε να κάνουμε βασιζόμενοι στο Σχήμα 1-9 είναι:

- Μερικοί κόμβοι συνδέονται μόνο με άλλους κόμβους κι εκτελούν μόνο τη λειτουργία της μεταγωγής, ενώ μερικοί άλλοι συνδέονται ταυτόχρονα και με ένα ή περισσότερους σταθμούς. Αυτοί οι τελευταίοι κόμβοι, εκτός από τις λειτουργίες μεταγωγής, δέχονται και παραδίδουν δεδομένα στους συνδεδεμένους σταθμούς.
- Η τοπολογία διασύνδεσης των κόμβων δεν είναι πλήρης, δηλαδή δεν υπάρχει πάντα απευθείας γραμμή, που να συνδέει δύο κόμβους. Βέβαια, είναι επιθυμητό να υπάρχουν περισσότερες από μία διαδρομές, που να συνδέουν δύο σταθμούς. Με τον τρόπο αυτό, το δίκτυο γίνεται περισσότερο αξιόπιστο και λιγότερο ευάλωτο σε βλάβες.
- Μέσα από τις επικοινωνιακές γραμμές, που χρησιμοποιούνται για να συνδέονται οι κόμβοι, περνούν περισσότερες από μία συνδέσεις σταθμών κι αυτό επιτυγχάνεται με την πολυπλεξία.



Σχήμα 1-9 Σε ένα δίκτυο μεταγωγής, η πληροφορία που στέλνει ένας σταθμός, περνά από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, για να φθάσει τελικά στο σταθμό προορισμού

Πολυπλεξία (multiplexing) είναι η τεχνική, που επιτρέπει, δεδομένα από πολλές πηγές να μεταδίδονται μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας. Έτσι, γίνεται καλύτερη αξιοποίηση των τηλεπικοινωνιακών γραμμών υψηλής χωρητικότητας. Η διαδικασία της πολυπλεξίας φαίνεται στο Σχήμα 1-10 (στην πιο απλή της μορφή). Υπάρχουν n γραμμές εισόδου σε μια συσκευή, που λέγεται **πολυπλέκτης (multiplexer)**. Ο πολυπλέκτης συνδέεται μέσω επικοινωνιακής γραμμής με ένα **αποπολυπλέκτη (demultiplexer)**. Έτσι, είναι δυνατόν να μεταφέρονται n διαφορετικά κανάλια μέσω της γραμμής σύνδεσης. Ο πολυπλέκτης συνθέτει (πολυπλέκει) τα δεδομένα από τις n γραμμές εισόδου και τα μεταδίδει μέσα από γραμμή μεγαλύτερης χωρητικότητας. Ο αποπολυπλέκτης λαμβάνει την πολυπλεγμένη ροή δεδομένων, χωρίζει τα δεδομένα ανάλογα με το κανάλι, στο οποίο ανήκουν και τα οδηγεί στις αντίστοιχες γραμμές εξόδου.



Σχήμα 1-10 Με την πολυπλεξία δεδομένα από πολλές πηγές μεταδίδονται μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας

1.5 Τεχνικές μεταγωγής

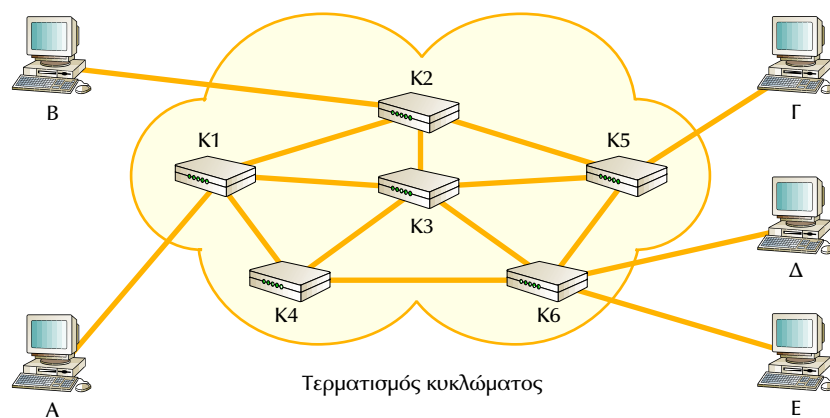
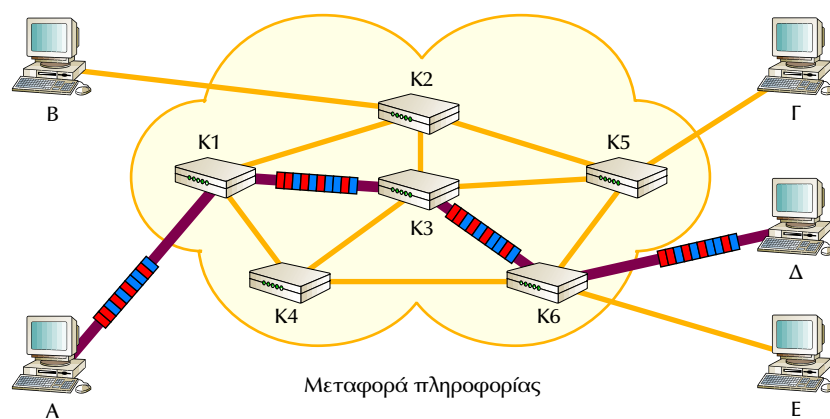
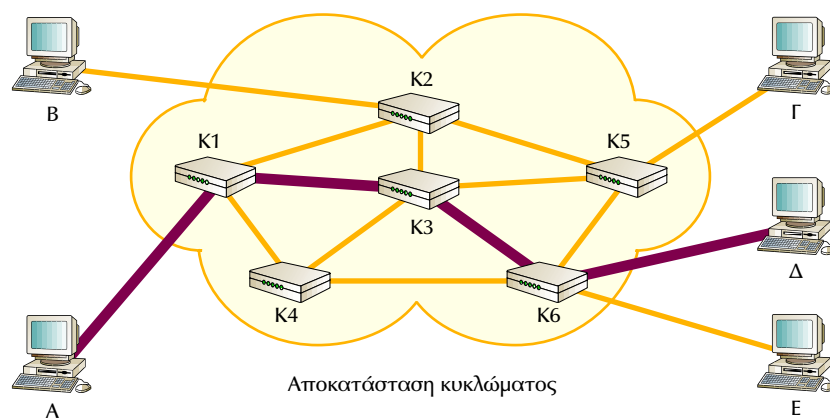
Στα δίκτυα επικοινωνίας χρησιμοποιούνται δύο αρκετά διαφορετικές τεχνικές μεταγωγής, η **μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching)** και η **μεταγωγή πακέτου (packet switching)**. Η διαφορά τους βρίσκεται στο τρόπο, με τον οποίο οι κόμβοι του δικτύου προωθούν (μετάγουν) την πληροφορία από τη μια γραμμή στην επόμενη, για να φθάσει στον προορισμό της.

1.5.1 Μεταγωγή κυκλώματος

Στη **μεταγωγή κυκλώματος**, για να επικοινωνήσουν δύο σταθμοί αποκαθίσταται μια αποκλειστική φυσική σύνδεση μεταξύ τους, που διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας. Η σύνδεση αυτή ουσιαστικά αποτελείται από μια σειρά συνδέσεων μέσω των κόμβων του δικτύου. Η επικοινωνία με τη τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος περιλαμβάνει τρεις φάσεις, τις οποίες και αναφέρουμε με τη βοήθεια του Σχήματος 1-11:

- **Αποκατάσταση κυκλώματος.** Ο σταθμός Α θέλει να επικοινωνήσει με το σταθμό Δ. Για να γίνει αυτό, πρέπει πρώτα να δημιουργηθεί μια σύνδεση (κύκλωμα) από άκρη σε άκρη (από τον Α στον Δ). Η σύνδεση υλοποιείται τμηματικά, από τον Α στον κόμβο Κ1, από τον κόμβο Κ1 στον κόμβο Κ3, από τον κόμβο Κ3 στον κόμβο Κ6 και από τον κόμβο Κ6 στον Δ. Αν διαπιστωθεί, ότι ο Δ δεν είναι απασχολημένος, αποκαθίσταται η σύνδεση.
- **Μεταφορά πληροφορίας.** Τώρα μπορεί να αρχίσει, μέσω του δικτύου, η μεταφορά της πληροφορίας από το σταθμό Α στο σταθμό Δ. Αυτή μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή, ανάλογα με τη φύση του δικτύου. Βέβαια, καθώς οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς, διεθνώς, αναπτύσσουν ολοκληρωμένα ψηφιακά δίκτυα, η χρήση ψηφιακής μετάδοσης, τόσο για τη φωνή όσο και για τα δεδομένα, έχει αρχίσει να κυριαρχεί. Η μετάδοση, που είναι συνήθως διπλής κατεύθυνσης (από τον Α στο Δ και από το Δ στον Α) γίνεται μέσω της γραμμής Α-Κ1, της εσωτερικής μεταγωγής στον Κ1, της γραμμής Κ1-Κ3, της εσωτερικής μεταγωγής στον Κ3, της γραμμής Κ3-Κ6, της εσωτερικής μεταγωγής στον Κ6 και της γραμμής Κ6-Δ.
- **Τερματισμός κυκλώματος.** Μετά από κάποιο χρονικό διάστημα η μεταφορά των δεδομένων τελειώνει και η σύνδεση τερματίζεται. Οι κόμβοι μεταγωγής, που μετείχαν στη συγκεκριμένη σύνδεση, ενημερώνονται κατάλληλα, ώστε να ελευθερώσουν τους πόρους, που είχαν δεσμεύσει. Αυτοί οι πόροι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αργότερα για κάποια άλλη σύνδεση.

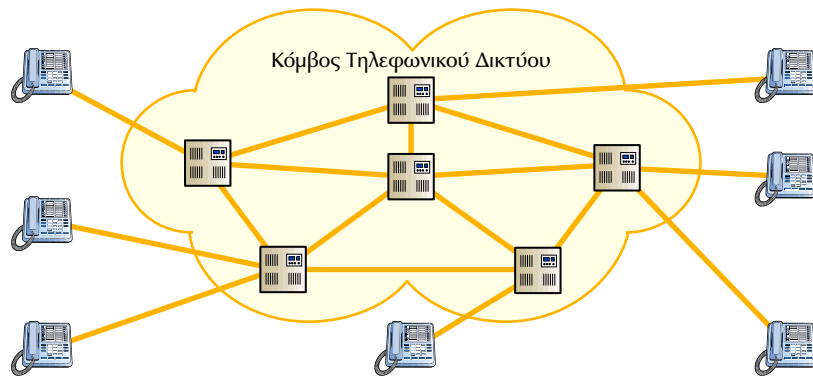
Η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος μπορεί να είναι αρκετά αναποτελεσματική. Η χωρητικότητα του τηλεπικοινωνιακού καναλιού, ένας αρκετά πολύτιμος πόρος ενός δικτύου, αφιερώνεται σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των δύο σταθμών, ακόμη κι αν δεν μεταδίδεται πληροφορία. Για τηλεφωνική σύνδεση, η χρήση του καναλιού είναι υψηλή, χωρίς όμως να πλησιάζει το 100% (υπάρχουν χρονικές στιγμές που οι συνομιλητές σιωπούν). Για επικοινωνία μεταξύ



Σχήμα 1-11 Οι τρεις φάσεις της τεχνικής μεταγωγής κυκλώματος

υπολογιστών ή τερματικού και υπολογιστή, είναι δυνατό το κανάλι να παραμένει αχρησιμοποίητο κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια της σύνδεσης. Ακόμη, υπάρχει πάντα καθυστέρηση πριν τη μετάδοση πληροφορίας, ώστε να αποκατασταθεί η σύνδεση. Από την άλλη, αφού αποκατασταθεί η σύνδεση, η πληροφορία μπορεί να μεταφερθεί από τον ένα σταθμό στον άλλο με σταθερό ρυθμό και χωρίς καθυστερήσεις (εκτός φυσικά από την καθυστέρηση διάδοσης μέσω των επικοινωνιακών γραμμών, η οποία οφείλεται, στο ότι η πληροφορία μεταδίδεται με τη ταχύτητα του φωτός, η οποία είναι μεν πολύ μεγάλη, όχι όμως άπειρη).

Το πιο γνωστό παράδειγμα δικτύου μεταγωγής κυκλώματος είναι το δημόσιο επιλεγόμενο τηλεφωνικό δίκτυο (Public Switched Telephone Network, PSTN). Αν και αρχικά είχε σχεδιασθεί και αναπτυχθεί, ώστε να παρέχει αναλογικές τηλεφωνικές υπηρεσίες στους συνδρομητές του, έχει φθάσει να υποστηρίζει και μετάδοση δεδομένων (σύνδεση υπολογιστών) χρησιμοποιώντας κατάλληλα modems, και μετατρέπεται σταδιακά σε ψηφιακό δίκτυο.



Σχήμα 1-12 Το δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο είναι δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος

Σημείωση

Στην τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος οδήγησαν εφαρμογές, όπως η τηλεφωνική επικοινωνία. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της τηλεφωνικής επικοινωνίας είναι ότι θα πρέπει να μην υπάρχει σχεδόν καθόλου καθυστέρηση μετάδοσης. Αλλά και αν ακόμη υπάρχει μια μικρή καθυστέρηση, αυτή θα πρέπει να είναι σταθερή. Επίσης πρέπει να υπάρχει σταθερός ρυθμός μετάδοσης, επειδή η εκπομπή και η λήψη πρέπει να είναι συγχρονισμένες. Αυτές οι απαιτήσεις πρέπει να ικανοποιούνται ώστε να είναι εφικτή η ανθρώπινη συνομιλία.

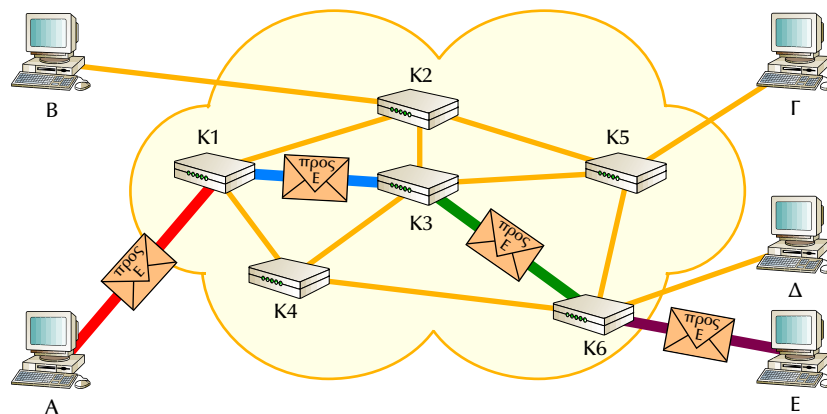
1.5.2 Μεταγωγή πακέτου

Όπως είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο, βασικό χαρακτηριστικό των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος είναι, ότι κάθε κλήση, που πραγματοποιείται, δεσμεύει συγκεκριμένους πόρους του δικτύου (κυκλώματα μεταγωγής, γραμμές, κοκ.), τους οποίους δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς άλλος σταθμός, για να επικοινωνήσει. Στις τηλεφωνικές επικοινωνίες, υπάρχει μεγάλο ποσοστό χρήσης των πόρων αυτών, αφού τον περισσότερο χρόνο, είτε ο ένας είτε ο άλλος συνομιλητής μιλάει. Καθώς όμως τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος άρχισαν να χρησιμοποιούνται και για επικοινωνίες δεδομένων, έγιναν αντιληπτά δύο πράγματα:

- Σε μια συνηθισμένη επικοινωνία ενός χρήστη με υπολογιστή, ο τρόπος με τον οποίο ανταλλάσσονται δεδομένα είναι τέτοιος, ώστε την περισσότερη ώρα η γραμμή δεν χρησιμοποιείται, άρα σπαταλώνται πολύτιμοι πόροι του δικτύου. Έτσι γίνεται φανερό, ότι στις επικοινωνίες δεδομένων, η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος μπορεί να γίνει αναποτελεσματική.
- Ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος παρέχει συνδέσεις τέτοιες, που επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων με σταθερό ρυθμό. Έτσι, καθεμία από τις συσκευές που επικοινωνούν, πρέπει να εκπέμπει και να λαμβάνει με τον ίδιο ρυθμό. Αυτό περιορίζει τη δυνατότητα ενός δικτύου να διασυνδέει τελικά διάφορους υπολογιστές και γενικότερα μια ποικιλία εξοπλισμού.

Ας δούμε τώρα λοιπόν, πως η δεύτερη τεχνική μεταγωγής, αυτή της μεταγωγής πακέτου, λύνει τα παραπάνω προβλήματα. Τα προς μετάδοση μηνύματα τεμαχίζονται σε πακέτα μικρού αριθμού bytes. Τυπικό μέγιστο μήκος πακέτου είναι τα 1000 bytes. Κάθε πακέτο περιέχει τμήμα της ωφέλιμης πληροφορίας του χρήστη και επιπλέον μια **διεύθυνση προορισμού (destination address)** κι ένα **αριθμό σειράς (sequence number)**. Κάθε κόμβος του δικτύου, που λέγεται και **κόμβος μεταγωγής πακέτου (Packet Switching Node, PSN)**, χρησιμοποιεί τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου, για να αποφασίσει σε ποιον κόμβο θα το προωθήσει. Οι αριθμοί σειράς των πακέτων χρησιμοποιούνται από το σταθμό προορισμού, για να επανακατασκευάσει το αρχικό μήνυμα από τα κομμάτια του, που έχει λάβει μέσα στα πακέτα.

Ας δούμε τη διαδικασία μεταγωγής πακέτου με τη βοήθεια του Σχήματος 1-13. Ο σταθμός Α θέλει να στείλει ένα μήνυμα στον σταθμό Β. Το μήνυμα τεμαχίζεται σε πακέτα και τα πακέτα στέλνονται ένα κάθε φορά από τον σταθμό Α στον κόμβο μεταγωγής K1, με τον οποίο είναι συνδεδεμένος. Όταν ο κόμβος λάβει ολόκληρο τα πακέτα, εξετάζει τη διεύθυνση προορισμού και το προωθεί σε έναν άλλο κόμβο μεταγωγής, έστω τον K2. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται μέχρι το πακέτο να φθάσει στον σταθμό προορισμού. Κάθε κόμβος αποφασίζει, πώς να προωθήσει το πακέτο, εξετάζοντας τη διεύθυνση προορισμού και τις πληροφορίες που έχει για την κίνηση στους κόμβους του δικτύου. Παρατηρήστε, ότι κάθε κόμβος προωθεί το πακέτο σε επόμενο κόμβο, μόνο αφού το λάβει ολόκληρο. Γι' αυτό, πιο συγκεκριμένα αυτή η τεχνική λέγεται και μεταγωγή πακέτων με **αποθήκευση και προώθηση (store and forward)**.



Σχήμα 1-13 Στην τεχνική μεταγωγής πακέτου η πληροφορία τεμαχίζεται σε πακέτα. Κάθε κόμβος του δικτύου, αφού λάβει ολόκληρο το πακέτο, το προωθεί στον επόμενο κόμβο, μέχρι να φθάσει στον προορισμό

Η τεχνική της μεταγωγής πακέτου παρουσιάζει σημαντικό αριθμό πλεονεκτημάτων σε σχέση με τη μεταγωγή κυκλώματος:

- Υπάρχει καλύτερη αξιοποίηση των τηλεπικοινωνιακών γραμμών. Αυτό, γιατί κάθε γραμμή μπορεί να χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πακέτων από διαφορετικές συνδέσεις, ανάλογα με τις ανάγκες κι, έτσι, να μην μένουν χρονικά διαστήματα, όπου η γραμμή να μένει ανεκμετάλλευτη. Τα πακέτα περιμένουν σε ουρά στους κόμβους και μεταδίδονται το συντομότερο δυνατό. Αντίθετα, στη μεταγωγή κυκλώματος αφιερώνεται συγκεκριμένη χωρητικότητα της γραμμής σε μια σύνδεση, την οποία δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει καμία άλλη σύνδεση. Έτσι, αν η σύνδεση μένει «σιωπηρή» για κάποια χρονικά διαστήματα, η χωρητικότητα της γραμμής μένει ανεκμετάλλευτη.
- Σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου μπορεί να γίνει μετατροπή ρυθμού δεδομένων. Πράγματι, δύο σταθμοί με διαφορετικές ταχύτητες είναι δυνατό να ανταλλάξουν πακέτα, αφού καθένας συνδέεται στον αντίστοιχο κόμβο με την κατάλληλη ταχύτητα.
- Όταν η κυκλοφορία σε ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος αυξηθεί πάρα πολύ, είναι δυνατό να εμφανισθεί εμπλοκή κλήσεων. Αυτό σημαίνει, ότι το δίκτυο απορρίπτει τις επιπλέον κλήσεις σύνδεσης, έως ότου ο φόρτος του δικτύου μειωθεί (απελευθερωθούν γραμμές). Αντίθετα, ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων εξακολουθεί να δέχεται πακέτα, με αυξημένη βέβαια καθυστέρηση παράδοσης στον προορισμό τους.
- Μπορεί να εφαρμοσθεί ένα σχήμα προτεραιότητας. Έτσι, αν ένας κόμβος έχει ένα αριθμό πακέτων, που περιμένουν να μεταδοθούν, μπορεί να μεταδώσει πρώτα τα πακέτα υψηλής προτεραιότητας. Τα πακέτα αυτά, προφανώς, θα καθυστερήσουν λιγότερο να διεκπεραιωθούν από τα πακέτα χαμηλότερης προτεραιότητας.

1.5.3 Σύγκριση μεταγωγής κυκλώματος και μεταγωγής πακέτου

Η μεταγωγή κυκλώματος πλεονεκτεί σε σχέση με τη μεταγωγή πακέτου στο ότι δεν χρειάζεται καμία επεξεργασία πακέτων, όπως αποθήκευση και αποφάσεις δρομολόγησης, αφού εγκατασταθεί το κύκλωμα. Κάτι τέτοιο θα καθυστερούσε τη μετάδοση και κάνει τη τεχνική μεταγωγής κυκλώματος ιδανική για μετάδοση σημάτων μεγάλης διάρκειας, που δεν πρέπει να καθυστερούν. Είναι η τεχνική, που επιλέγεται, για μεταδόσεις φωνής και εικόνας.

Για επικοινωνίες, όπου η μετάδοση δεδομένων είναι σποραδική, δηλαδή είναι σύντομη και συμβαίνει ακανόνιστα, η μεταγωγή κυκλώματος δεν είναι αποδοτική. Συγκεκριμένα, ο χρόνος, που χρειάζεται, για να συνδεθούν οι χρήστες για κάθε σύντομη μετάδοση είναι σημαντική επιβάρυνση, ενώ η διατήρηση της σύνδεσης μεταξύ διαδοχικών μεταδόσεων σημαίνει σπατάλη μεγάλου ποσοστού της χωρητικότητας της γραμμής. Στην περίπτωση αυτή, η μεταγωγή πακέτου προσφέρει πιο αποδοτική χρήση των πόρων του δικτύου και γι' αυτό προτιμάται.

Σημείωση

Μια καινούργια τεχνολογία, ο Ασύγχρονος Τρόπος Μετάδοσης (*Asynchronous Transfer Mode, ATM*), προσπαθεί να συνδυάσει τα πλεονεκτήματα των δύο τεχνικών μεταγωγής, δηλαδή την εγγυημένη παράδοση των δικτύων μεταγωγής κυκλώματος και την αποδοτικότητα και ευκαμψία των δικτύων μεταγωγής πακέτου.

1.5.4 Οι δύο μέθοδοι μεταγωγής πακέτου

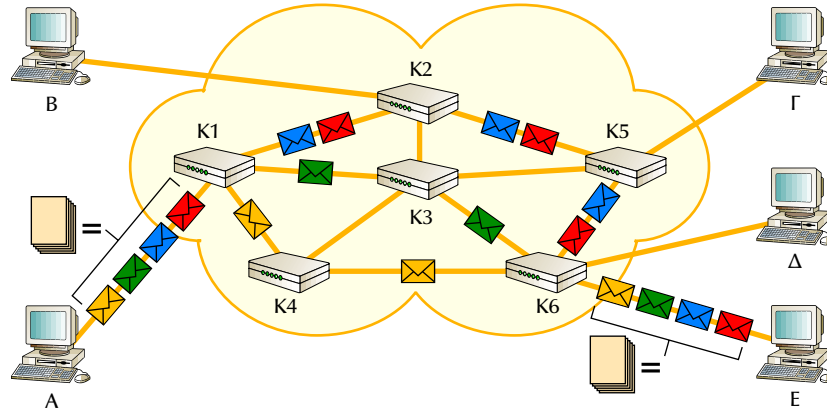
Όπως είδαμε, όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει μήνυμα μέσα από δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο μέγεθος του πακέτου, που υποστηρίζει το δίκτυο, το τεμαχίζει σε πακέτα και τα στέλνει, ένα – ένα στο δίκτυο. Το ερώτημα, που προκύπτει, είναι με ποιόν τρόπο το δίκτυο θα διαχειρισθεί τη ροή αυτή των πακέτων, ώστε να τα δρομολογήσει κατάλληλα και να τα παραδώσει τελικά στον προορισμό τους. Υπάρχουν δύο μέθοδοι δρομολόγησης των πακέτων σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων: το **αυτοδύναμο πακέτο** και το **νοητό κύκλωμα**.

Αυτοδύναμο πακέτο

Στη μέθοδο του **αυτοδύναμου πακέτου (datagram)**, το κάθε πακέτο ακολουθεί το δικό του δρόμο μέσα στο δίκτυο. Η επιλογή του δρόμου εξαρτάται από τον αριθμό των πακέτων, που περιμένουν να διεκπεραιωθούν σε κάθε κόμβο. Κάθε φορά, επιλέγεται η καλύτερη (π.χ. χρονικά συντομότερη) διαδρομή.

Ανάλογο της μετακίνησης των πακέτων μέσα σε ένα τέτοιο δίκτυο έχουμε στις εκδρομές των μαθητών ενός σχολείου με περισσότερα από ένα λεωφορεία. Τα λεωφορεία, ανάλογα με τις κυκλοφοριακές συνθήκες, μπορεί να ακολουθήσουν δια-

φορετική διαδρομή το καθένα, με αποτέλεσμα να φθάσουν στον προορισμό τους με διαφορετική σειρά από αυτήν που ξεκίνησαν.



Σχήμα 1-14 Δίκτυο μεταγωγής πακέτων.
Προώθηση πακέτων με τη μέθοδο αυτοδύναμου πακέτου

Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η καλύτερη αξιοποίηση των φυσικών κυκλωμάτων (επικοινωνιακών καναλιών) του δικτύου και η αυξημένη αξιοπιστία, λόγω ύπαρξης εναλλακτικών δρόμων. Επίσης, επειδή για τη μετάδοση των πακέτων δεν απαιτείται διαδικασία κλήσης, αν κάποιος σταθμός θέλει να μεταδώσει λίγα μόνο πακέτα, αυτά θα παραδοθούν συντομότερα στον προορισμό τους. Έτσι, η μεταγωγή πακέτων με τη μέθοδο αυτοδύναμων πακέτων είναι ιδανική για μεταδόσεις μικρής διάρκειας λίγων πακέτων.

Μειονέκτημα είναι, ότι είναι πιθανόν τα πακέτα να πρέπει να αναδιαταχθούν, γιατί μπορεί να φθάνουν στον κόμβο του παραλήπτη με διαφορετική σειρά από αυτή με την οποία στάλθηκαν.

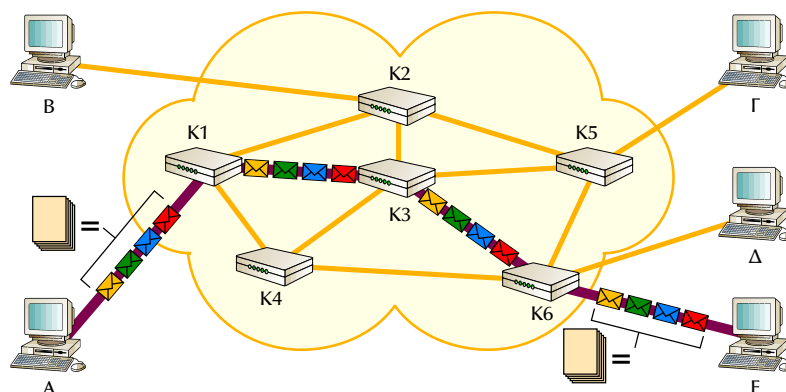
Σημείωση

Χαρακτηριστική περίπτωση δικτύου αυτοδύναμου πακέτου αποτελεί το Διαδίκτυο (Internet, TCP/IP).

Νοητό κύκλωμα

Στη μέθοδο **νοητού κυκλώματος (virtual circuit)**, πριν αρχίσει η ανταλλαγή των πακέτων, επιλέγεται η καλύτερη διαδρομή. Αυτή τη διαδρομή ακολουθούν όλα τα πακέτα από την έναρξη μέχρι και το τερματισμό της σύνδεσης.

Ανάλογο των παρακάτω δικτύων έχουμε στη μετακίνηση των μαθητών ενός σχολείου με λεωφορεία, που ακολουθούν την ίδια διαδρομή το ένα πίσω από το άλλο.



Σχήμα 1-15 Δίκτυο μεταγωγής πακέτων.
Πρώθηση πακέτων με τη μέθοδο νοητού κυκλώματος

Σημείωση

Χαρακτηριστική περίπτωση δικτύου νοητού κυκλώματος αποτελούν τα δημόσια δίκτυα δεδομένων τεχνολογίας X.25 (π.χ. Hellaspac).

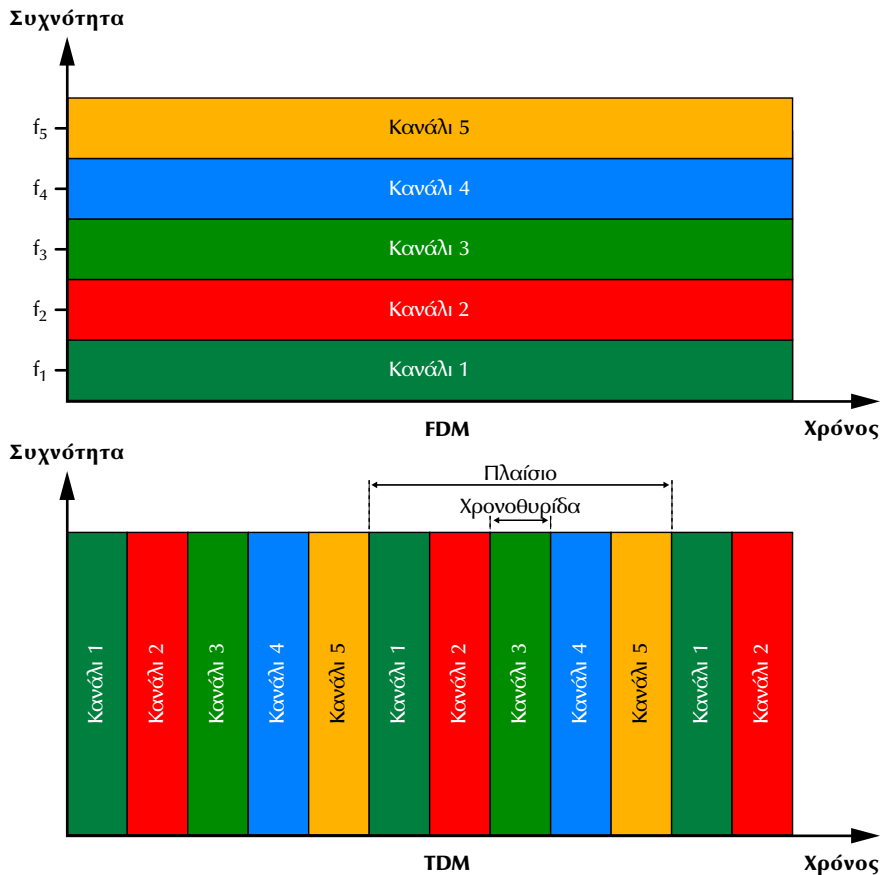
Πλεονέκτημα της μεθόδου νοητού κυκλώματος έναντι της μεθόδου του αυτοδύναμου πακέτου είναι η ταξινομημένη παραλαβή των πακέτων, κάτι που συνεπάγεται την εύκολη και χωρίς ελέγχους και καθυστερήσεις μετάδοση και ανασύσταση του μηνύματος. Επίσης, ο κόμβος μεταγωγής δεν χρειάζεται να παίρνει περίπλοκες αποφάσεις δρομολόγησης για κάθε πακέτο. Οι ιδιότητες αυτές κάνουν τη μεταγωγή πακέτων με νοητά κυκλώματα ιδανική για γρήγορες μεταδόσεις σχετικά μεγάλης διάρκειας. Μειονέκτημα είναι η μειωμένη αξιοπιστία, αφού, αν χαλάσει κόμβος ή αν υπάρξει συμφόρηση σε κάποιο τμήμα του δικτύου, δεν μπορεί να γίνει εύκολα αναδρομολόγηση.

Σημείωση

Όπως είδαμε, το κύριο χαρακτηριστικό της μεθόδου του νοητού κυκλώματος είναι, η αποκατάσταση της διαδρομής, την οποία ακολουθούν τα πακέτα της σύνδεσης, πριν αρχίσει η μετάδοση των πακέτων. Προσέξτε ότι, αυτό δεν σημαίνει, πως υπάρχει αποκλειστική φυσική σύνδεση μεταξύ των σταθμών, όπως συμβαίνει στη μεταγωγή κυκλώματος. Η διαφορά από τη μέθοδο του αυτοδύναμου πακέτου είναι, ότι με το νοητό κύκλωμα, ο κόμβος μεταγωγής δεν χρειάζεται να παίρνει απόφαση δρομολόγησης για κάθε πακέτο ξεχωριστά. Η απόφαση αυτή παίρνεται μια μόνο φορά, στην αρχή της σύνδεσης και αφορά όλα τα πακέτα, που χρησιμοποιούν το νοητό κύκλωμα.

1.6 Τεχνικές πολυπλεξίας

Όπως είπαμε και στην παράγραφο 1.4, για την καλύτερη εκμετάλλευση φυσικής ζεύξης (τηλεπικοινωνιακής γραμμής), απαιτείται μια μορφή πολυπλεξίας. Η ανάγκη για πολυπλεξία εμφανίστηκε, κατ' αρχήν, στο τηλεφωνικό δίκτυο. Καθώς το τηλεφωνικό δίκτυο μεγάλωνε και οι συνδρομητές διαρκώς αυξάνονταν, χρειάστηκαν επιπλέον κυκλώματα, για να ικανοποιήσουν τις αυξημένες ανάγκες. Τότε, έγινε αντιληπτό, ότι υπήρχε φυσικό όριο στον αριθμό των καλωδίων, που μπορούσαν να τοποθετηθούν τόσο μέσα στα τηλεφωνικά κέντρα όσο και μεταξύ τους μέσω των υπόγειων φρεατίων. Έγινε φανερό, ότι θα έπρεπε περισσότερα από ένα τηλεφωνικά κανάλια να μπορούν να μεταφέρονται από το ίδιο φυσικό κύκλωμα την ίδια στιγμή. Έτσι, αναπτύχθηκε μια τεχνική πολυπλεξίας, η οποία επέτρεπε το αρχικό φάσμα του τηλεφωνικού καναλιού (300 Hz έως 3400 Hz) να μεταφέρεται σε άλλη υψηλότερη συχνότητα. Τοποθετώντας πολλά τηλεφωνικά κανάλια, με την τεχνική της πολυπλεξίας, το ένα δίπλα στο άλλο (στο πεδίο συχνοτήτων), έγινε τελικά εφικτό μεγάλος αριθμός τηλεφωνικών καναλιών να μεταδίδεται μέσα από την ίδια γραμμή.



Σχήμα 1-16 Οι δύο τεχνικές πολυπλεξίας

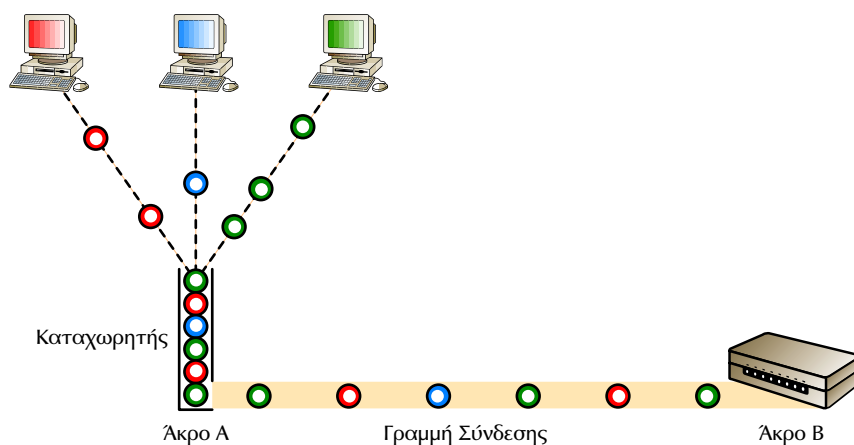
Υπάρχουν δύο συγκεκριμένες τεχνικές πολυπλεξίας: η πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας και η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου.

Η **πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (frequency division multiplexing, FDM)** χρησιμοποιείται κατά τη μετάδοση αναλογικών σημάτων. Αριθμός σημάτων μεταδίδεται ταυτόχρονα από το ίδιο μέσο. Κάθε σήμα καταλαμβάνει διαφορετική ζώνη συχνοτήτων, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1-16. Για να μετατεθεί κάθε σήμα στην κατάλληλη ζώνη συχνοτήτων, απαιτούνται κατάλληλοι διαμορφωτές και για να συνδυασθούν τα διαμορφωμένα σήματα, απαιτούνται πολυπλέκτες.

Στην **πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (time division multiplexing, TDM)** ο χρόνος διαιρείται σε **χρονοθυρίδες (timeslots)**. Τα σήματα εισόδου δειγματοληπτούνται το ένα μετά το άλλο με υψηλό ρυθμό. Σε μια οποιαδήποτε χρονική στιγμή, μπορεί να μεταδίδεται ένα δείγμα μόνο ενός σήματος εισόδου. Τα δείγματα από τα διάφορα σήματα εισόδου μεταφέρονται σε διαδοχικά πλαίσια. Κάθε πλαίσιο περιέχει αριθμό χρονοθυρίδων και σε κάθε σήμα εισόδου μπορεί να αφιερώνεται μία ή και περισσότερες χρονοθυρίδες σε κάθε πλαίσιο. Έτσι τελικά τα δεδομένα διαφορετικών πηγών πολυπλέκονται χρονικά και μεταδίδονται στην ίδια γραμμή.

Η τελευταία μέθοδος πολυπλεξίας λέγεται και **σύγχρονη πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (synchronous TDM)**. Τόσο η FDM όσο και η σύγχρονη TDM χρησιμοποιούνται, όταν το διαθέσιμο εύρος ζώνης του μέσου μετάδοσης είναι μεγαλύτερο από το συνολικό εύρος ζώνης των προς μετάδοση σημάτων. Παραλλαγή της πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου, η οποία κάνει καλύτερη εκμετάλλευση του τηλεπικοινωνιακού καναλιού και επιτρέπει την ύπαρξη ρυθμού μετάδοσης μικρότερου από το συνολικό ρυθμό μετάδοσης των πηγών, είναι η **στατιστική πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (statistical time division multiplexing, statistical TDM)**.

Στη σύγχρονη TDM, είναι πολύ πιθανό, όταν υπάρχουν πηγές ακανόνιστης ροής δεδομένων, πολλές από τις χρονοθυρίδες ενός πλαισίου να σπαταλώνονται, γιατί οι αντίστοιχες πηγές δεν έχουν κάτι να μεταδώσουν τις συγκεκριμένες χρονικές στιγμές. Με τη στατιστική πολυπλεξία οι χρονοθυρίδες δεν είναι εκ των προτέρων εκχωρημένες σε συγκεκριμένες πηγές. Αντ' αυτού, τα δεδομένα των πηγών αποθηκεύονται προσωρινά σε ειδικούς καταχωρητές (buffers) και μεταδίδονται το συντομότερο δυνατό χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες χρονοθυρίδες. Έτσι, η στατιστική πολυπλεξία εκμεταλλεύεται αποτελεσματικά τη φυσική γραμμή σύνδεσης. Η σύνδεση δεν μένει ποτέ ανενεργή, όσο υπάρχουν δεδομένα για μετάδοση. Υπάρχουν, βέβαια, και κάποια μειονεκτήματα σε αυτή τη μέθοδο πολυπλεξίας. Για παράδειγμα υπάρχει πλεονασμός στη μετάδοση, αφού σε κάθε χρονοθυρίδα, εκτός από τα δεδομένα, θα πρέπει να μεταδίδεται και επιπλέον πληροφορία για τη διεύθυνση προορισμού. Κάτι τέτοιο δεν απαιτείται στη σύγχρονη πολυπλεξία, γιατί είναι εκ των προτέρων καθορισμένο ποια σύνδεση αφορά κάθε χρονοθυρίδα. Επίσης, τα δεδομένα υφίστανται μεταβλητή καθυστέρηση, λόγω αναμονής στον καταχωρητή του στατιστικού πολυπλέκτη (Σχήμα 1-17).



Σχήμα 1-17 Στατιστική πολυπλεξία

1.7 Πρωτόκολλα και Αρχιτεκτονική δικτύου

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο σταθμοί, εκτός από την ύπαρξη διαδρομής μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω δικτύου επικοινωνίας, χρειάζεται να ακολουθήσουν επίσης συγκεκριμένες διαδικασίες. Για παράδειγμα, ο σταθμός – πηγή πρέπει να ενεργοποιήσει μια απευθείας επικοινωνιακή σύνδεση ή να πληροφορήσει το δίκτυο, για το ποιος είναι ο σταθμός με τον οποίο θέλει να επικοινωνήσει, ώστε να αποκατασταθεί η σχετική σύνδεση. Ακόμη πρέπει να ξέρει, πότε ο σταθμός προορισμού είναι έτοιμος να λάβει δεδομένα. Επίσης κάθε σταθμός πρέπει να είναι σε θέση να γνωρίζει, αν τα δεδομένα, που έστειλε, παρελήφθησαν σωστά ή δεν παρελήφθησαν καθόλου.

Έτσι, για την επικοινωνία των σταθμών σε ένα δίκτυο χρησιμοποιείται σύνολο κανόνων, το οποίο αποτελεί το **πρωτόκολλο επικοινωνίας (communication protocol)** ή απλά **πρωτόκολλο (protocol)**. Για την ακρίβεια, το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ **οντοτήτων (entities)**, που βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα. Για παράδειγμα, οντότητες είναι τα προγράμματα εφαρμογών των χρηστών, τα προγράμματα μεταφοράς αρχείων, τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, ο εξοπλισμός για ανταλλαγή e-mail. Συστήματα είναι οι τηλεφωνικές συσκευές, οι υπολογιστές, τα τερματικά, οι απομακρυσμένοι αισθητήρες. Γενικά, οντότητα είναι ο,τιδήποτε μπορεί να στέλνει ή να λαμβάνει πληροφορία. Σύστημα είναι ένα συγκεκριμένο φυσικό αντικείμενο που περιέχει μία ή περισσότερες οντότητες. Έτσι, τελικά, οποιαδήποτε επικοινωνία πραγματοποιείται μεταξύ των αρμόδιων οντοτήτων. Για να είναι η επικοινωνία αυτή εφικτή και επιτυχής, οι οντότητες θα πρέπει να «μιλούν την ίδια γλώσσα», δηλαδή το ίδιο πρωτόκολλο.

Όσο αφορά τους χρήστες ενός δικτύου επικοινωνίας, αυτό που πρέπει να προσέχουν, αν θέλουν να είναι δυνατόν να επικοινωνούν, είναι να χρησιμοποιούν συστήματα, που υποστηρίζουν τα ίδια πρωτόκολλα επικοινωνίας.

Παράδειγμα

Η έννοια του πρωτοκόλλου συναντάται αρκετά συχνά σε διαδικασίες της καθημερινής μας ζωής, με τη μορφή τυποποιημένων ενεργειών που κάνουμε. Έτσι, όταν συζητάμε με κάποιον, περιμένουμε, πρώτα, να τελειώσει τη φράση του για να απαντήσουμε, όταν συναντάμε κάποιον μετά από πολύ καιρό, του εκφράζουμε τη χαρά μας, κάνουμε δώρο σε κάποιον που γιορτάζει κλπ.

Επισήμανση

Η διεργασία της επικοινωνίας μεταξύ οντοτήτων, που βρίσκονται σε διαφορετικά συστήματα, είναι αρκετά περίπλοκη, για να υλοποιείται από ένα συμπαγές πρωτόκολλο. Αντίθετα, χρησιμοποιείται ένα σύνολο πρωτοκόλλων, με ιεραρχική ή στρωματοποιημένη δομή.

Τώρα που γνωρίσαμε την έννοια του πρωτοκόλλου, είναι δυνατόν να αντιληφθούμε και τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται τα δίκτυα επικοινωνίας.

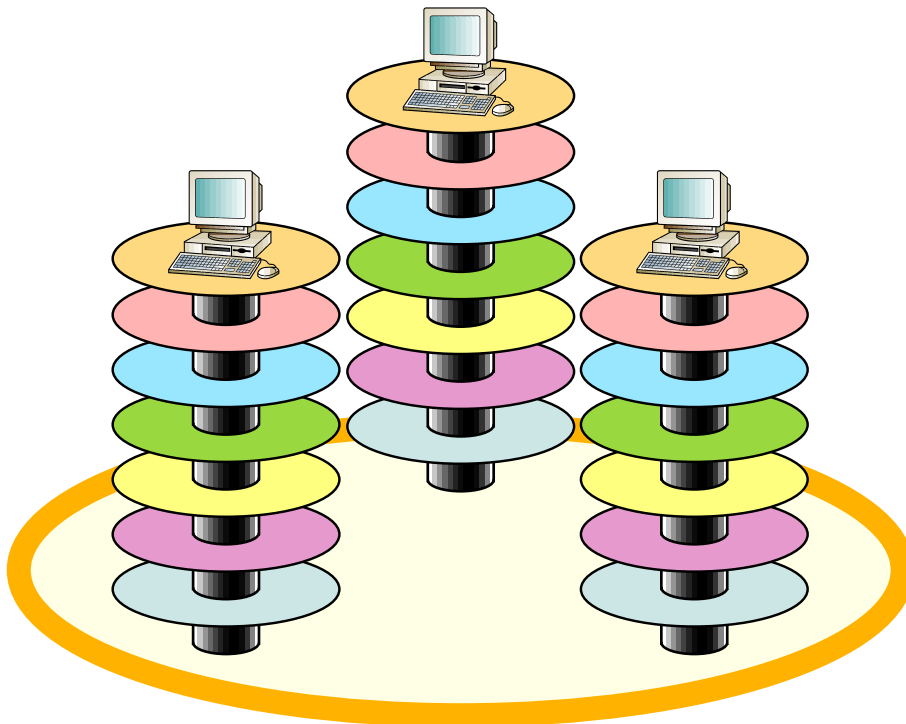
Ο ρόλος των διαφόρων τμημάτων του λογισμικού και του υλικού στη διεργασία της επικοινωνίας, η μεταξύ τους σχέση, και τα πρωτόκολλα τα οποία πρέπει να ακολουθούνται, καθορίζονται από την **αρχιτεκτονική δικτύου (network architecture)**. Μάλιστα, με σκοπό να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση και υλοποίηση ενός δικτύου, χρησιμοποιούνται ανεξάρτητα δομικά στοιχεία τα **στρώματα (layers)** ή **επίπεδα (levels)**. Στην περίπτωση αυτή έχουμε **στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου**. Ο αριθμός των επιπέδων, τα ονόματα, το περιεχόμενο και η λειτουργία τους διαφέρουν από αρχιτεκτονική σε αρχιτεκτονική. Όμως, σε κάθε περίπτωση, ο σκοπός του κάθε επιπέδου είναι να προσφέρει συγκεκριμένες υπηρεσίες στα υψηλότερα επίπεδα, με τρόπο διαφανή, απομονώνοντάς τα δηλαδή από τις λεπτομέρειες σχετικά με το πώς πραγματικά υλοποιούνται οι παρεχόμενες υπηρεσίες.

Με τη στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική πετυχαίνουμε:

- Διαχωρισμό του προβλήματος της επικοινωνίας σε μικρότερα και πιο εύκολα διαχειρίσιμα προβλήματα.
- Εύκολη προσθήκη ή βελτίωση υπηρεσιών, αφού οι απαιτούμενες αλλαγές περιορίζονται σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.

Σημείωση

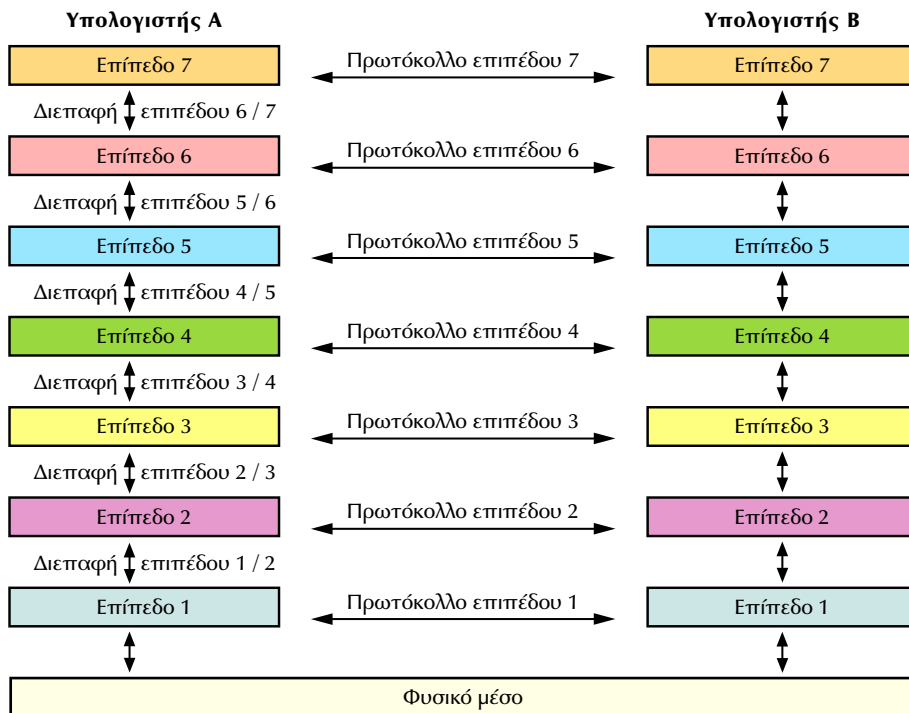
Μερικές από τις ανεξάρτητες λειτουργίες οι οποίες απαιτούνται στις επικοινωνίες δικτύου και είναι δυνατόν να υλοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα, είναι η μετατροπή των δεδομένων σε ηλεκτρικό σήμα, η ανίχνευση και η διόρθωση λαθών, η προώθηση των δεδομένων στον προορισμό, η κρυπτογράφηση των δεδομένων.



Σχήμα 1-18 Στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου

Οι σχεδιαστές, αφού αποφασίσουν τον αριθμό των επιπέδων, που θα συμπεριλάβουν σε ένα δίκτυο, το ρόλο του καθενός και τα πρωτόκολλά τους, σχεδιάζουν και τη **διεπαφή (interface)** ανάμεσα στα γειτονικά επίπεδα. Η διεπαφή καθορίζει τις βασικές λειτουργίες και υπηρεσίες, που προσφέρει κάθε επίπεδο στο ανώτερό του και τα μηνύματα, που ανταλλάσσονται μεταξύ των δύο γειτονικών επιπέδων. Ο σαφής και ξεκάθαρος καθορισμός των διεπαφών είναι παράγοντας ιδιαίτερα κρίσιμος για την εύκολη και ανεξάρτητη βελτίωση και αναβάθ-

μηση του κάθε επιπέδου και συμβάλλει στην εύκολη αντικατάσταση υλοποίησης ενός επιπέδου με άλλη εντελώς διαφορετική υλοποίηση.



Σχήμα 1-19 Επίπεδα, πρωτόκολλα και διεπαφές κατά την επικοινωνία δύο υπολογιστών

Λόγω της σπουδαιότητας της αρχιτεκτονικής δικτύου, διάφοροι οργανισμοί και κατασκευαστές υπολογιστών έχουν ασχοληθεί με τη τυποποίηση και ανάπτυξη αρχιτεκτονικών. Από τις πιο σημαντικές είναι η Αρχιτεκτονική Συστήματος Δικτύου (System Network Architecture, SNA) της IBM, η αρχιτεκτονική OSI (το μοντέλο αναφοράς OSI) του ISO, που θα αναπτύξουμε σε προσεχή παράγραφο και η αρχιτεκτονική TCP/IP, που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο.

Επισήμανση

Το σύνολο των επιπέδων, των πρωτοκόλλων και των διεπαφών μεταξύ των επιπέδων αποτελούν την αρχιτεκτονική δικτύου.

1.8 Το μοντέλο OSI

Η τυποποίηση είναι αναγκαία για να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών διαφόρων κατασκευαστών και να προωθείται ο ανταγωνισμός.

Το 1984, ο **Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (International Standard Organization, ISO)** δημοσίευσε ένα μοντέλο στρωματοποιημένης αρχιτεκτονικής δικτύου, με στόχο την τυποποίηση της επικοινωνίας συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών. Το μοντέλο αυτό ονομάστηκε **μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open Systems Interconnection reference model, OSI RM)**.

Επισήμανση

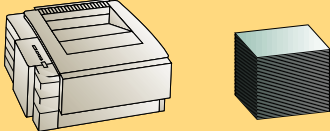
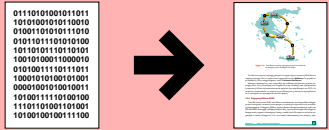
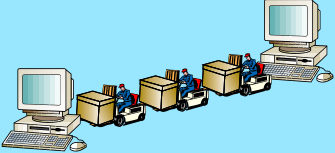
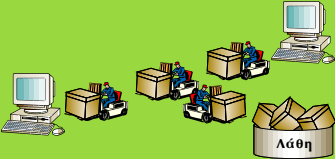
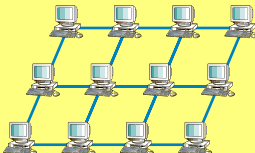

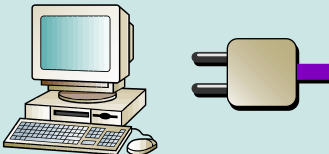
Ανοικτά συστήματα (open systems) είναι τα συστήματα, στα οποία η αρχιτεκτονική δεν αποτελεί μυστικό. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συντεθούν από συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών, που ακολουθούν τα ίδια πρωτόκολλα και πρότυπα.

Η αρκετά διαδεδομένη τεχνική δόμησης, η στρωματοποίηση (layering), έγινε αποδεκτή και από τον ISO. Οι λειτουργίες της επικοινωνίας τμηματοποιούνται σε ιεραρχικό σύνολο επιπέδων. Κάθε επίπεδο εκτελεί μικρό υποσύνολο λειτουργιών, που απαιτούνται για την επικοινωνία με άλλο σύστημα. Στηρίζεται στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο, το οποίο εκτελεί τις πρωτογενείς λειτουργίες και παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο. Στην ιδανική περίπτωση, τα επίπεδα θα πρέπει να είναι έτσι προσδιορισμένα, ώστε αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην απαιτούν αλλαγές και σε άλλα επίπεδα. Έτσι, το πρόβλημα της επικοινωνίας χωρίζεται σε πιο εύκολα διαχειρίσιμα μικρότερα προβλήματα.

Ο ISO έπρεπε να καθορίσει ένα σύνολο επιπέδων και τις υπηρεσίες, που θα παρέχει κάθε επίπεδο. Προέκυψε, έτσι, το μοντέλο OSI, που αποτελείται από επτά επίπεδα, τα οποία καλύπτουν διάφορες δικτυακές λειτουργίες, εξοπλισμό και πρωτόκολλα. Το χαμηλότερο επίπεδο βρίσκεται πλησιέστερα στο υλικό και το υψηλότερο στην εφαρμογή. Κάθε επίπεδο επικοινωνεί με τα επίπεδα, που βρίσκονται αμέσως πάνω και κάτω από αυτό και προσφέρει υπηρεσίες στο ανώτερό του επίπεδο.

Επισήμανση

Το μοντέλο αναφοράς OSI είναι μια αρχιτεκτονική δικτύου επτά επιπέδων, που περιγράφει όλα τα θέματα, που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών ενός δικτύου.

<p>Επίπεδο Εφαρμογής Παρέχει στους χρήστες πρόσβαση στις υπηρεσίες δικτύων.</p>	
<p>Επίπεδο Παρουσίασης Φροντίζει για την κατάλληλη αναπαράσταση των δεδομένων.</p>	
<p>Επίπεδο Συνόδου Ελέγχει τη διαδικασία της επικοινωνίας, εγκαθιστά, διαχειρίζεται και τερματίζει τις συνδέσεις.</p>	
<p>Επίπεδο Μεταφοράς Φροντίζει για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, για τον από άκρη έλεγχο λαθών και για τον έλεγχο ροής.</p>	
<p>Επίπεδο Δικτύου Απομονώνει τα υψηλότερα επίπεδα από τις τεχνολογίες μετάδοσης και μεταγωγής που χρησιμοποιούνται. Φροντίζει για τη μεταφορά των δεδομένων μέσω της κατάλληλης διαδρομής.</p>	
<p>Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων Εξασφαλίζει την αξιόπιστη μεταφορά πληροφορίας στη φυσική γραμμή σύνδεσης. Μεταδίδει πλαίσια με τον κατάλληλο συγχρονισμό, έλεγχο λαθών και έλεγχο ροής.</p>	
<p>Φυσικό Επίπεδο Ασχολείται με θέματα καλωδίωσης και φυσικής μετάδοσης των bits.</p>	

Πίνακας 1-2 Το μοντέλο αναφοράς OSI

1.8.1 Τα επτά επίπεδα του OSI

Επίπεδο εφαρμογής (Application layer)

Το υψηλότερο επίπεδο του μοντέλου OSI είναι το επίπεδο εφαρμογής. Είναι ουσιαστικά το επίπεδο το οποίο περιέχοντας τις κατάλληλες εφαρμογές κάνει το δίκτυο χρήσιμο. Παρέχει λειτουργίες και μηχανισμούς για την υποστήριξη και διαχείριση κατανεμημένων εφαρμογών. Το επίπεδο αυτό προσδιορίζει το πρωτόκολλο στο οποίο αναφέρονται οι εφαρμογές και δημιουργεί τα κατάλληλα μηνύματα, για να διαπιστώσει αν είναι διαθέσιμη η αντίστοιχη εφαρμογή από την άλλη πλευρά του δικτύου. Εφαρμογές όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail), η μεταφορά αρχείων (file transfer), η πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων (database access), ανήκουν στο επίπεδο εφαρμογής.

Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)

Τα δεδομένα αναπαριστώνται με διαφορετικούς τρόπους στους διάφορους σταθμούς. Έτσι ένας σταθμός δεν είναι δυνατόν να επεξεργαστεί δεδομένα που προέρχονται από έναν άλλο σταθμό όπου χρησιμοποιείται μια διαφορετική μορφή αναπαράστασης δεδομένων. Το επίπεδο παρουσίασης είναι αρμόδιο για την επίλυση αυτού του προβλήματος, είναι δηλαδή ο «μεταφραστής» του δικτύου. Κάτι ανάλογο έχουμε και στην ανθρώπινη επικοινωνία, όπου οι ιδέες, σκέψεις εκφράζονται από λέξεις, προτάσεις μιας συγκεκριμένης γλώσσας.

Στο επίπεδο παρουσίασης γίνεται επίσης η συμπίεση των δεδομένων για καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου και η κρυπτογράφηση τους για λόγους ασφάλειας.

Επίπεδο συνόδου (Session layer)

Το επίπεδο συνόδου επιτρέπει σε δύο εφαρμογές, που εκτελούνται σε διαφορετικούς υπολογιστές, να δημιουργήσουν, να χρησιμοποιήσουν και να τερματίσουν μια σύνδεση, που λέγεται σύνοδος (session). Κάτι ανάλογο έχουμε στη δομή μιας επιστολής, όπου ξεκινάμε με ένα πρόλογο, μετά γράφουμε το κύριο μέρος της επιστολής και κλείνουμε με τον επίλογο και την υπογραφή μας.

Όταν δύο άνθρωποι συζητούν, υπάρχουν συγκεκριμένοι κανόνες που ακολουθούν ώστε η επικοινωνία τους να είναι πλήρης κι επιτυχής:

- Συμφωνούν να μιλούν ο ένας προς τον άλλο.
- Αποφεύγουν να μιλούν ταυτόχρονα.
- Χωρίζουν τη συζήτηση σε μέρη («Άφησέ με να στο περιγράψω και μετά μπορείς να μου πεις τη γνώμη σου»).
- Τελειώνουν τη συζήτηση με κάποια σειρά («Θα τα ξαναπούμε αύριο», «Εντάξει. Γεια.»).

Παρόμοια, το επίπεδο συνόδου, παρέχει στα υψηλότερα επίπεδα, υπηρεσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία συνόδων, όπως:

- Τη δυνατότητα να ξεκινήσουν μια σύνοδο.

- Τη δυνατότητα να υπάρξει διάλογος, εμποδίζοντας τα δύο μέρη να μεταδίδουν ταυτόχρονα.
- Τη δυνατότητα να διαχειρίζονται τη σύνδεση, να διαχωρίζουν δηλαδή τη σύνοδο σε μέρη. Έτσι είναι δυνατόν αν κάτι πάει στραβά κατά τη μετάδοση των δεδομένων μιας συνόδου, να επαναληφθεί η μετάδοση από ένα σημείο και μετά και η σύνοδος να επαναφερθεί στην ομαλή κατάσταση.
- Τη δυνατότητα να τερματίζουν τη σύνοδο με επιτυχία (και τα δύο μέρη συμφωνούν να σταματήσουν).

Να τονιστεί ότι κατά την περίοδο συνδιάλεξης μιας εφαρμογής, μπορεί να πραγματοποιούνται και συνδιαλέξεις άλλων εφαρμογών. Το επίπεδο συνόδου τις υποστηρίζει όλες ταυτόχρονα.

Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer)

Το επίπεδο μεταφοράς είναι το τέταρτο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI. Είναι το χαμηλότερο επίπεδο που παρέχει απ' άκρη σ' άκρη επικοινωνία. Πράγματι, τα επίπεδα μεταφοράς των δύο σταθμών που επικοινωνούν, και βρίσκονται στα δύο άκρα του δικτύου, θεωρούν ότι είναι γειτονικά (δίπλα-δίπλα), αφήνοντας στα τρία χαμηλότερα επίπεδα το έργο της μετάδοσης των δεδομένων μέσω των ενδιάμεσων κόμβων του δικτύου. Έτσι το επίπεδο μεταφοράς είναι επίπεδο «κλειδί» στην ιεραρχία των επτά επιπέδων, αφού μπορεί να θεωρηθεί ότι βρίσκεται στα σύνορα του υποδικτύου και των σταθμών του δικτύου.

Οι λειτουργίες, που εκτελούνται σε αυτό το επίπεδο, περιλαμβάνουν τεμαχισμό των μηνυμάτων σε πακέτα, ελέγχους αρτιότητας των πακέτων μετά τη μεταφορά, ελέγχους μη απώλειας ή διπλής εκπομπής τους (δηλαδή πακέτα στη σωστή σειρά, χωρίς λάθη και χωρίς απώλειες). Ακόμα, αυτό το επίπεδο παρέχει τη ζητούμενη ποιότητα υπηρεσίας στο επίπεδο συνόδου (π.χ. μέγιστος αποδεκτός ρυθμός λαθών, μέγιστη αποδεκτή καθυστέρηση, προτεραιότητα, επίπεδο ασφάλειας), παρακολουθεί τη ροή των πακέτων προς το δίκτυο και φροντίζει να αποφεύγεται η υπερφόρτωση των πόρων του δικτύου.

Το μέγεθος και η πολυπλοκότητα του πρωτοκόλλου μεταφοράς εξαρτάται από το πόσο αξιόπιστο ή αναξιόπιστο είναι το υποδίκτυο που χρησιμοποιείται καθώς και οι υπηρεσίες του επιπέδου δικτύου.

Επίπεδο δικτύου (Network layer)

Ο ρόλος του επιπέδου δικτύου είναι η μετάδοση της πληροφορίας από τον σταθμό πηγής στον σταθμό προορισμού μέσω του δικτύου. Για να επιτύχει το σκοπό αυτό, αποδίδει διευθύνσεις στα πακέτα και μετατρέπει τις λογικές διευθύνσεις και τα ονόματα σε φυσικές διευθύνσεις. Κάτι ανάλογο έχουμε στην ταχυδρομική υπηρεσία όπου για να πάει ένας ταχυδρομικός φάκελος στον προορισμό του χρησιμοποιείται η διεύθυνση που αναγράφεται σε συγκεκριμένο σημείο του φακέλου (οδός, αριθμός, πόλη, χώρα).

Το επίπεδο δικτύου χειρίζεται όλα τα προβλήματα που αφορούν τη μετάδοση πακέτων από έναν σταθμό σε έναν άλλο, όταν οι σταθμοί δεν συνδέονται απευθείας αλλά μέσω άλλων ενδιάμεσων κόμβων. Φροντίζει να ακολουθήσουν τα πακέτα τη καλύτερη διαδρομή μέσα στο δίκτυο ανάλογα με την κατάσταση των επικοινωνιακών γραμμών, την προτεραιότητα του σταθμού και των μηνυμάτων του, την καλύτερη εκμετάλλευση των πόρων του δικτύου και την κυκλοφοριακή συμφόρηση (congestion).

Χαρακτηριστικό του επιπέδου δικτύου είναι ότι απομονώνει τα υψηλότερα επίπεδα από τις τεχνικές μετάδοσης και μεταγωγής δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων.

Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (Data link layer)

Το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων έχει σκοπό να κάνει αξιόπιστη τη φυσική γραμμή σύνδεσης μεταξύ δύο σταθμών. Από τα πακέτα του επιπέδου δικτύου φτιάχνει πλαίσια δεδομένων (data frames). Ορίζει που αρχίζει και που τελειώνει κάθε πλαίσιο προσθέτοντας την κατάλληλη επικεφαλίδα (header) και ουρά (trailer), ανιχνεύει τα σφάλματα μετάδοσης, επιδιορθώνει τα αλλοιωμένα δεδομένα ή ζητά την επανεκπομπή τους στην περίπτωση, που δεν μπορεί να κάνει επιδιόρθωση. Ακόμα, ελέγχει το πότε μπορεί να δεσμεύσει το φυσικό μέσο για την αποστολή των πλαισίων, ώστε να μη γίνει ταυτόχρονη εκπομπή με άλλο σταθμό και, τέλος, μεταβάλλει κατά περίπτωση τη ροή των πλαισίων ανάλογα με τους ρυθμούς, που μπορεί να δεχτεί ο σταθμός παραλήπτης.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι στην περίπτωση δύο σταθμών που συνδέονται μέσω δικτύου, μεσολαβούν πολλές φυσικές γραμμές και συνεπώς ο έλεγχος και η διόρθωση λαθών θα πρέπει να γίνεται και σε επίπεδο ανώτερο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (απ' άκρη σ' άκρη).

Φυσικό επίπεδο (Physical layer)

Το χαμηλότερο επίπεδο του μοντέλου OSI είναι το φυσικό επίπεδο. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση bits μέσα από το τηλεπικοινωνιακό κανάλι, το οποίο μπορεί να είναι απλή δισύρματη γραμμή, ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα ή και ασύρματη ζεύξη (μικροκυματική, δορυφορική).

Έτσι, το φυσικό επίπεδο, καθορίζει τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης του σταθμού με το μέσο μετάδοσης. Αν, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται καλώδιο ως μέσο μετάδοσης, οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου καθορίζουν πόσους ακροδέκτες έχει ο συνδετήρας, το ρόλο του κάθε ακροδέκτη, τις διαστάσεις του, τις ανοχές κάθε διάστασης κ.ά.

Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τρόπος αναπαράστασης των bits, 0 και 1, η διάρκεια κάθε bit, η αρχή και το τέλος της μετάδοσης καθώς και το αν η μετάδοση μπορεί να γίνεται μόνο προς την μία κατεύθυνση ή και τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι για το φυσικό επίπεδο τα bits (0 και 1) δεν έχουν καμία σημασία, δηλαδή το φυσικό επίπεδο δεν το απασχολεί καθόλου το αν μεταφέρει bytes των 8 bits ή χαρακτήρες ASCII των 7 bits.

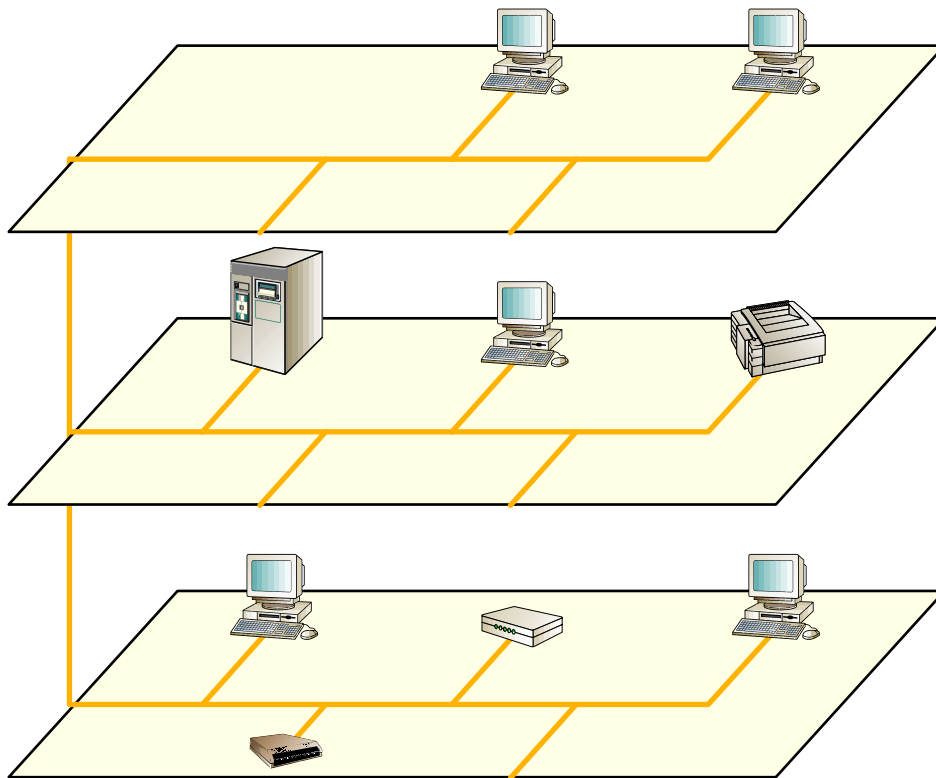
1.9 Κατηγορίες δικτύων ανάλογα με τη γεωγραφική τους έκταση

Ανάλογα με την έκταση, που καταλαμβάνουν, κατατάσσουμε τα δίκτυα σε τοπικά, και δίκτυα ευρείας περιοχής.

1.9.1 Τοπικά δίκτυα

Παραπομπή

Εκτενής ανάλυση των τοπικών δικτύων γίνεται στο 4^ο Κεφάλαιο.



Σχήμα 1-20 Στα τοπικά δίκτυα, οι συσκευές βρίσκονται ή μια κοντά στην άλλη

Τα **τοπικά δίκτυα (Local Area Networks, LANs)** είναι δίκτυα, τα οποία εκτείνονται σε περιορισμένη γεωγραφικά περιοχή (π.χ. κτήριο ή συγκρότημα κτηρίων και σε έκταση μερικών μέτρων και σπάνια λίγων χιλιομέτρων). Χαρακτηρίζονται από υψηλούς ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων (10 έως 100 Mbps), μικρή καθυστέρηση μετάδοσης δεδομένων και μικρό αριθμό σφαλμάτων. Επίσης, έχουν μικρό σχετικά αριθμό συνδεδεμένων συσκευών και χρησιμοποιούν ιδιωτικά μέσα μετάδοσης. Τοπικά δίκτυα συναντάμε σε σχολεία, πανεπιστήμια, εταιρείες, οργανισμούς, ιδρύματα και αλλού.

Τα τοπικά δίκτυα μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους με ειδικό εξοπλισμό σχηματίζοντας είτε μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα είτε, αν η απόσταση είναι μεγάλη, δίκτυα ευρείας περιοχής. Τον εξοπλισμό αυτό θα γνωρίσουμε στο 4^ο Κεφάλαιο.

Σημείωση

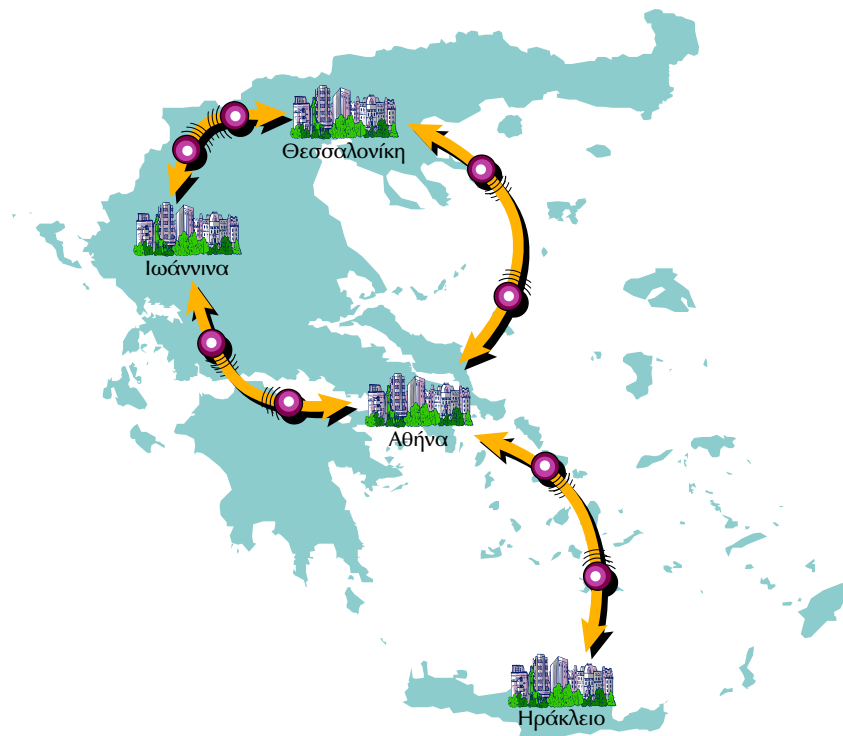
Στα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιείται ειδική παραλλαγή της στατιστικής πολυπλεξίας αντί της μεθόδου μεταγωγής, που προτιμάται στα δίκτυα ευρείας περιοχής. Συγκεκριμένα, η μέθοδος, που χρησιμοποιείται, λέγεται **πολλαπλή πρόσβαση (multiple access)**. Στη μέθοδο αυτή, δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι μεταγωγής. Σε κάθε σταθμό, υπάρχει ένας πομπός/δέκτης, που επικοινωνεί μέσω κοινού μέσου μετάδοσης με όλους τους άλλους σταθμούς. Τα δεδομένα μεταδίδονται με τη μορφή πακέτων. Επειδή το ίδιο μέσο χρησιμοποιείται από όλους τους σταθμούς, μόνο ένας σταθμός είναι δυνατόν να εκπέμπει σε κάθε χρονική στιγμή.

1.9.2 Δίκτυα ευρείας περιοχής

Τα **δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WANs)** καλύπτουν εκτεταμένη γεωγραφικά περιοχή (π.χ. μια πόλη, ή πόλεις, που βρίσκονται στο ίδιο ή και σε διαφορετικά κράτη). Στα δίκτυα αυτά, η σύνδεση των συστημάτων γίνεται με επιλεγόμενες (dial-up) τηλεφωνικές γραμμές (πρόκειται για τις απλές τηλεφωνικές γραμμές του ΟΤΕ), με αφιερωμένες ή αλλιώς μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές (dedicated ή leased lines), με δορυφορικές ζεύξεις και με γραμμές ειδικών δικτύων (π.χ. Hellaspac). Τα δίκτυα ευρείας περιοχής χαρακτηρίζονται από χαμηλές ταχύτητες και μεγάλες καθυστερήσεις (σε σχέση με τα τοπικά δίκτυα).

Παραπομπή

Εκτενής ανάλυση των δικτύων ευρείας περιοχής γίνεται στο 6^ο Κεφάλαιο.



Σχήμα 1-21 Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής μπορεί να εκτείνεται σε μια χώρα ή σε ολόκληρο τον κόσμο

Στα δίκτυα ευρείας περιοχής μπορεί να συμμετέχουν τοπικά ή άλλα δίκτυα ευρείας περιοχής. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζεται ένα **διαδίκτυο**. Το μεγαλύτερο διαδίκτυο, που υπάρχει σήμερα, είναι το **Internet (Διαδίκτυο)**.

Κρίσιμος παράγοντας, που επηρεάζει την επίδοση ενός δικτύου ευρείας περιοχής είναι, ότι η υλοποίησή του στηρίζεται στην υποδομή των τηλεφωνικών εταιρειών ή άλλων τηλεπικοινωνιακών φορέων (για παράδειγμα του ΟΤΕ). Οι συσκευές επικοινωνιών, οι ταχύτητες μετάδοσης και η ποιότητα περιορίζονται σε ό,τι μπορούν να προσφέρουν αυτοί οι φορείς.

1.9.3 Σύγκριση LAN και WAN

Ένα LAN όπως κι ένα WAN είναι δίκτυα επικοινωνιών, που διασυνδέουν διαφορετικά συστήματα, συσκευές και παρέχουν τα μέσα για τη μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφορίας. Υπάρχουν, βέβαια, μερικές βασικές διαφοροποιήσεις μεταξύ των LAN και WAN. Καταρχήν, η διαφορετική έκταση, την οποία εξυπηρετούν οδηγεί σε διαφορετικές τεχνικές υλοποίησης. Επίσης, επειδή ένα LAN ανήκει σε ένα μόνο οργανισμό, ο οποίος εξυπηρετεί, έτσι, τις τοπικές επικοινωνιακές του ανάγκες, προ-

υποθέτει και την εξ ολοκλήρου αγορά, συντήρηση και διαχείριση του δικτύου από τον ίδιο τον οργανισμό. Τέλος, οι ρυθμοί μετάδοσης στα LAN είναι τυπικά πολύ μεγαλύτεροι απ' ό,τι στα WAN, κι, έτσι, μπορούν να υποστηρίξουν εφαρμογές πολύ πιο απαιτητικές σε εύρος ζώνης (όπως φωνή, κινούμενη εικόνα, κλπ.).

1.10 Πρότυπα

1.10.1 Ανοικτά συστήματα

Για χρόνια, συνηθισμένη τακτική των εταιρειών τηλεπικοινωνιών και υπολογιστών ήταν να προσπαθούν να παγιώσουν τους πελάτες τους στα συγκεκριμένα δικά τους προϊόντα. Οι πελάτες, εξαιτίας της επένδυσης που είχαν κάνει, δυσκολεύονταν πάρα πολύ να αλλάξουν προμηθευτή, ο οποίος μάλιστα μπορούσε να προσφέρει ακόμη και φτωχές υπηρεσίες.

Σήμερα, αν και οι προμηθευτές προσπαθούν να συνεχίσουν την παραπάνω τακτική, οι πελάτες έχουν τη δυνατότητα να αναζητούν προϊόντα κατασκευασμένα με τη φιλοσοφία των ανοικτών συστημάτων. Αυτό σημαίνει, ότι ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιεί το προϊόν, που αγοράζει σε οποιοδήποτε δίκτυο ή υπολογιστή. Ακόμη, προϊόντα φιλοσοφίας ανοικτών συστημάτων μπορεί να αγοράσει κάποιος από αρκετούς διαφορετικούς προμηθευτές. Έτσι, ο πελάτης δεν είναι εγκλωβισμένος σε έναν προμηθευτή.

Παράδειγμα

Ο επεξεργαστής Pentium της Intel είναι σχετικά κλειστό σύστημα, ενώ ο SPARC (Scalable Processor ARChitecture) είναι ανοικτό σύστημα ή πρότυπο. Οποιαδήποτε εταιρεία μπορεί να τον κατασκευάσει ελεύθερα. Όμοια, τα μεγάλα υπολογιστικά συστήματα, όπως ο MVS της IBM, είναι κλειστά συστήματα, ενώ το IBM PC και το UNIX είναι ανοικτά συστήματα ή πρότυπα. Τα Windows της Microsoft είναι κλειστό λειτουργικό σύστημα, ενώ το Linux είναι ανοικτό λειτουργικό σύστημα.

Για να είναι δυνατόν να υπάρχουν ανοικτά συστήματα, δημιουργήθηκαν **πρότυπα (standards)** από οργανισμούς τυποποιήσεων. Τα πρότυπα εξασφαλίζουν:

- Ανεξαρτησία από εταιρείες.
- Ανεξαρτησία από αρχιτεκτονικές.
- Ανταγωνιστικό περιβάλλον για τις εταιρείες, που παράγουν προϊόντα που ακολουθούν τα πρότυπα.

Τα πρότυπα, γενικά, ανήκουν σε δύο κατηγορίες: τα **de jure (επίσημα)**, που παράγονται από συγκεκριμένους οργανισμούς τυποποίησης, και τα **de facto (εκ των πραγμάτων)**, που επιβάλλονται από το γεγονός και μόνο, ότι υπάρχουν και χρησιμοποιούνται.

Σημείωση

Τα επίσημα πρότυπα πρώτα παράγονται και μετά οι εταιρείες προσπαθούν να συμμορφωθούν. Από την άλλη μεριά, τα εκ των πραγμάτων πρότυπα δεν γίνονται πρότυπα, μέχρι να επιβληθούν μέσα από τη χρηστικότητα και την ανταγωνιστικότητά τους.

Παράδειγμα

Το TCP/IP είναι *de facto* πρότυπο και τεκμηριώνεται σε μεγάλο αριθμό από RFCs (Request For Comments). Παρά το γεγονός ότι κανένας οργανισμός τυποποίησης δεν τα ενέκρινε, αυτά τα πρωτόκολλα διαδικτύωσης, χρησιμοποιούνται στο μεγαλύτερο υλοποιημένο διαδίκτυο στον κόσμο, το Internet, κι όχι τα πρωτόκολλα OSI, που όπως είδαμε είναι επίσημο πρότυπο.

1.10.2 Οργανισμοί τυποποιήσεων

Αν και δεν έχουμε φθάσει ακόμη σε ιδανικό περιβάλλον ανοικτών συστημάτων, είναι σίγουρο, ότι έχουν γίνει πάρα πολλές προσπάθειες στο χώρο της τυποποίησης τα τελευταία χρόνια. Οι προσπάθειες αυτές έχουν βοηθήσει πολύ την ανάπτυξη της βιομηχανίας παραγωγής επικοινωνιακών και δικτυακών προϊόντων.

Μερικοί από τους κυριότερους οργανισμούς, που παράγουν διεθνή πρότυπα για τα δίκτυα και τις τηλεπικοινωνίες, είναι:

ISO (International Standards Organization)

Ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποιήσεων ιδρύθηκε το 1946 και αποτελείται από τις εθνικές επιτροπές τυποποιήσεων 89 κρατών μελών. Το όνομα ISO αποτελεί ακρωνύμιο, που προήλθε από κατάλληλη επιλογή λέξεων, ώστε να σχηματίζεται η ελληνική λέξη «ΙΣΟ». Ο Οργανισμός αυτός έχει δώσει σημαντικά πρότυπα στις επικοινωνίες δεδομένων, όπως το μοντέλο αναφοράς OSI (OSI Reference Model), το πρωτόκολλο HDLC κ.ά.

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.iso.ch

ITU (International Telecommunication Union)

Η Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών αποτελεί διακυβερνητικό οργανισμό, μέσω του οποίου δημόσιοι αλλά και ιδιωτικοί οργανισμοί αναπτύσσουν τις τηλεπικοινωνίες. Είναι υπεύθυνη για την υιοθέτηση διεθνών συμβάσεων, ρυθμίσεων και προτύπων, που αφορούν τις τηλεπικοινωνίες. Μέχρι το 1992, το κομμάτι των τυποποιή-

σεων ήταν ευθύνη ενός τμήματος της ITU, της γνωστής CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone). Μετά το 1992, η CCITT έπαψε να υφίσταται ως ξεχωριστό σώμα. Μέχρι το 1992 και ανά τέσσερα χρόνια εξέδιδε τις τυποποιήσεις της σε τόμο με διαφορετικό χρώμα, το 1976 πορτοκαλί, το 1980 κίτρινο, 1984 κόκκινο, 1988 μπλε και το 1992 άσπρο. Μερικές από τις πιο γνωστές **συστάσεις (recommendations)** της είναι η σειρά V, που αφορά επικοινωνίες δεδομένων μέσω των κοινών τηλεφωνικών γραμμών, η σειρά X, που αφορά επικοινωνίες δεδομένων μέσω ψηφιακών δικτύων, η σειρά I, που αφορά το ISDN, η σειρά Q, που αφορά τη μεταγωγή στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, κ.ά.

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.itu.org

IETF (Internet Engineering Task Force)

Είναι ο κύριος οργανισμός προτύπων για το Internet. Πρόκειται για μεγάλη διεθνή κοινότητα ανοικτή σε σχεδιαστές δικτύων, χειριστές, κατασκευαστές, ερευνητές και όποιον άλλο ασχολείται με θέματα αρχιτεκτονικής, ανάπτυξης και λειτουργίας του Internet. Διαθέτει ομάδες εργασίας για διάφορες περιοχές ενδιαφέροντος, όπως δρομολόγηση, ασφάλεια κ.α.

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.ietf.org

IAB (Internet Architecture Board)

Πρόκειται για τεχνική συμβουλευτική ομάδα, περιορισμένου αριθμού ατόμων, που ασχολείται με το Internet. Επιβλέπει την IETF, τις διαδικασίες, που ακολουθούνται για την ανάπτυξη προτύπων του Internet και δημοσιεύει/διαχειρίζεται τις σειρές RFCs (Request for Comments).

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.iab.org

ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

Είναι το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποιήσεων (ETSI) στον τομέα των τηλεπικοινωνιών. Δημιουργήθηκε το 1989 με σκοπό τη δημιουργία ενιαίας πολιτικής στις τηλεπικοινωνίες στις χώρες της Ευρώπης. Φιλοδοχεί να επιβάλλει τις τυποποιήσεις του ως υποχρεωτικές στις Ευρωπαϊκές χώρες.

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.etsi.org

ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης)

Ασχολείται με την προτυποποίηση, πιστοποίηση και τον έλεγχο ποιότητας στην Ελλάδα. Μεταξύ άλλων είναι μέλος των διεθνών οργανισμών ISO, ETSI.

Παραπομπή

Περισσότερες πληροφορίες στη διεύθυνση www.elot.gr

1.11 Δίκτυα ολοκληρωμένων υπηρεσιών

Τα τελευταία χρόνια κάτι σημαντικό συντελείται στο χώρο των επικοινωνιών και της πληροφορικής. Η χρήση των ίδιων ψηφιακών τεχνικών για την αποθήκευση, επεξεργασία και μετάδοση δεδομένων, φωνής και εικόνας οδηγεί στην **ενοποίηση των υπηρεσιών**. Η συνεχής εξέλιξη στην ανάπτυξη και εφαρμογή νέων τεχνολογιών επικοινωνίας, συνδυασμένη με τις διαρκώς αυξανόμενες απαιτήσεις για αποτελεσματική και έγκαιρη συλλογή, επεξεργασία και διάχυση της πληροφορίας, οδηγούν στην ανάπτυξη ολοκληρωμένων συστημάτων, που μεταδίδουν και επεξεργάζονται κάθε μορφής δεδομένα. Γίνεται, έτσι, φανερό, ότι η μετεξέλιξη των διάφορων επικοινωνιακών δικτύων θα είναι ένα **ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN)**.

Το ISDN προορίζεται να είναι ένα παγκόσμιο δημόσιο τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, που θα αντικαταστήσει τα υπάρχοντα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα και θα προσφέρει ευρύ φάσμα υπηρεσιών.

Το ISDN θα έχει σημαντική επίδραση τόσο στους χρήστες όσο και στις εταιρείες. Βρισκόμαστε σε μια εποχή, όπου γίνεται πολύ μεγάλη προσπάθεια στο χώρο της προτυποποίησης για το ISDN, ώστε να διευκολυνθεί η ανάπτυξή του. Αν και τα διάφορα πρότυπα ακόμη αναπτύσσονται, τόσο η τεχνολογία όσο και η στρατηγική υλοποίησης του δικτύου ολοκληρωμένων υπηρεσιών είναι αρκετά ξεκαθαρισμένες.

Η εφαρμογή του ISDN δεν έχει ακόμη εξαπλωθεί παγκόσμια. Μπορούμε να πούμε όμως, ότι υπάρχουν ήδη δύο γενιές συστημάτων ISDN. Η πρώτη, το **ISDN στενής ζώνης (narrowband ISDN)**, βασίζεται σε μεταγωγή καναλιών των 64 Kbps κι είναι προσανατολισμένη στη μεταγωγή κυκλώματος. Η δεύτερη γενιά, το **ISDN ευρείας ζώνης (broadband ISDN ή B-ISDN)**, υποστηρίζει πολύ υψηλές ταχύτητες (πάνω από 150 Mbps) και είναι προσανατολισμένη στη μεταγωγή πακέτων. Συγκεκριμένα, οι προσπάθειες για την ανάπτυξη του B-ISDN οδήγησαν στην επιλογή της τεχνολογίας ATM, γνωστής και ως μεταγωγή κελιών.

Παραπομπή

Στα τεχνικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών ISDN και ATM θα αναφερθούμε διεξοδικά στο Κεφάλαιο 6.

Σημείωση

Ένα ευρυζωνικό δίκτυο ψηφιακών ολοκληρωμένων υπηρεσιών είναι σχεδιασμένο, έτσι ώστε να μπορεί να μεταφέρει δεδομένα, φωνή, εικόνα και video. Αναμένεται, ότι θα υπάρξει πλήθος εφαρμογών, που αξιοποιούν τέτοια δίκτυα, μόλις αυτά γίνουν πραγματικότητα, όπως video κατά παραγγελία (video-on-demand), τηλεσυνδιασκέψεις (video conferencing) και άλλες απαιτητικές, όσο αφορά το εύρος ζώνης εφαρμογές. Για να αντιληφθούμε τις συνέπειες, που θα έχει η παροχή υψηλών ρυθμών μετάδοσης, δίνουμε ένα απλό παράδειγμα μετάδοσης εικόνας: μια εικόνα υψηλής ανάλυσης, που αναπαρίσταται από 10^9 bits, θα απαιτούσε πάνω από 4 ώρες για μετάδοση μέσω κυκλώματος 64 Kbps, ενώ θα χρειαζόνταν 11 λεπτά για μετάδοση μέσω κυκλώματος 1,5 Mbps και περίπου 7 δευτερόλεπτα για μετάδοση μέσω κυκλώματος 150 Mbps.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στην ανάγκη των ανθρώπων για επικοινωνία, λύση έδωσαν πρώτα τα τηλεφωνικά δίκτυα και μετά τα δίκτυα υπολογιστών. Αναπτύχθηκαν έτσι, τα δίκτυα επικοινωνίας, ένα σύνολο δηλαδή από κόμβους, που διασυνδέονται με γραμμές επικοινωνίας, ώστε να επιτρέπεται η ανταλλαγή πληροφορίας. Τα δίκτυα επικοινωνίας μπορεί να προσφέρουν υπηρεσίες σύγχρονες ή ασύγχρονες, με σύνδεση ή χωρίς σύνδεση.

Για την καλύτερη αξιοποίηση των δικτύων επικοινωνίας χρησιμοποιούνται οι τεχνικές της μεταγωγής και της πολυπλεξίας. Με τη μεταγωγή, η πληροφορία, που στέλνει ένας σταθμός, περνά από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, για να φθάσει τελικά στο σταθμό προορισμού. Με την πολυπλεξία είναι δυνατό δεδομένα από πολλές πηγές να μεταδίδονται μέσα από την ίδια γραμμή επικοινωνίας.

Για να μπορούν να επικοινωνούν οι διάφορες συσκευές ενός δικτύου επικοινωνίας, πρέπει να ακολουθούν συγκεκριμένα πρωτόκολλα και πρότυπα. Μάλιστα, για να εξασφαλισθεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών διαφόρων κατασκευαστών και να προωθηθεί ο ανταγωνισμός το 1984, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης ISO (International Standard Organization) δημοσίευσε το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open Systems Interconnection

reference model – OSI RM). Το μοντέλο OSI, είναι μοντέλο στρωματοποιημένης αρχιτεκτονικής δικτύου επτά επιπέδων, και πλαίσιο ανάπτυξης νέων πρωτοκόλλων. Τα επτά επίπεδα του μοντέλου OSI είναι: εφαρμογής, παρουσίασης, συνόδου, μεταφοράς, δικτύου, σύνδεσης δεδομένων και φυσικό.

Τα δίκτυα, ανάλογα με την έκταση, που καταλαμβάνουν, κατατάσσονται σε τοπικά δίκτυα (Local Area Networks – LANs) και δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks - WANs).

Υπάρχουν αρκετοί οργανισμοί δημιουργίας προτύπων, όπως ο ISO, ο ITU, στη χώρα μας ο ΕΛΟΤ κ.α. Σκοπός τους είναι η ανάπτυξη προτύπων (standards), έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ανεξαρτησία από εταιρείες, ανεξαρτησία από αρχιτεκτονικές και ανταγωνιστικό περιβάλλον για τις εταιρείες, που παράγουν προϊόντα, που ακολουθούν τα πρότυπα.

Δεν είναι και πολύ μακριά η μετεξέλιξη των διάφορων επικοινωνιακών δικτύων σε ένα ψηφιακό δίκτυο ολοκληρωμένων υπηρεσιών (integrated services digital network – ISDN), το οποίο θα παρέχει ενοποιημένες υπηρεσίες μετάδοσης φωνής, εικόνας και δεδομένων.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Έστω ότι θέλετε να συνδέσετε 20 υπολογιστές με συνδέσεις από σημείο σε σημείο, ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία όλων με όλους. Πόσες γραμμές σύνδεσης χρειάζεστε;
2. Από τι αποτελείται ένα επικοινωνιακό δίκτυο;
3. Ποια τα οφέλη από τη χρήση των δικτύων επικοινωνίας;
4. Ποια είναι η θεμελιώδης αρχή, στην οποία βασίζεται κάθε τύπου ανταλλαγή πληροφορίας σε ένα δίκτυο επικοινωνίας;
5. Ποιες οι κατηγορίες των υπηρεσιών επικοινωνίας;
6. Το κλασσικό ταχυδρομείο είναι υπηρεσία:
 - α. Σύγχρονη.
 - β. Ασύγχρονη.
7. Ένα δίκτυο μετάδοσης πακετοποιημένης φωνής προσφέρει υπηρεσία σύγχρονη ή ασύγχρονη και γιατί;
8. Με τη μεταγωγή, η πληροφορία, που στέλνει ένας σταθμός, περνά από διαδοχικούς κόμβους του δικτύου, που λέγονται πολυπλέκτες:
 - α. Σωστό.
 - β. Λάθος.

9. Θεωρήστε, ότι το τηλεφωνικό κανάλι έχει εύρος 4 kHz. Πόσα τέτοια τηλεφωνικά κανάλια είναι δυνατό να μεταδοθούν μέσα από τηλεπικοινωνιακό κανάλι με εύρος από 60 kHz έως 108 kHz;
10. Τα ψηφιακά τηλεφωνικά κέντρα παρέχουν τη δυνατότητα πολυπλεξίας 30 τηλεφωνικών καναλιών με την τεχνική TDM. Δύο ακόμη τηλεφωνικά κανάλια χρησιμοποιούνται για ειδικούς σκοπούς. Αν το μήκος του πλαισίου είναι 125 μsec, βρείτε πόσο διαρκεί κάθε χρονοθυρίδα.
11. Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας της στατιστικής πολυπλεξίας διαίρεσης χρόνου.
12. Κατά την επικοινωνία δύο σταθμών, ο τρόπος με τον οποίο κάθε σταθμός είναι σε θέση να γνωρίζει την ορθή ή όχι παραλαβή των δεδομένων που έστειλε, αποτελεί μέρος ενός
13. Τι καλείται αρχιτεκτονική δικτύου;
14. Ποια τα πλεονεκτήματα της στρωματοποιημένης αρχιτεκτονικής δικτύου;
15. Κάθε επίπεδο προσφέρει τις υπηρεσίες του στο επίπεδο, που βρίσκεται πάνω από αυτό μέσω:
 - α. Του πρωτοκόλλου.
 - β. Της διασύνδεσης.
 - γ. Της αρχιτεκτονικής δικτύου.
 - δ. Του 3^{ου} επιπέδου.
16. Το μοντέλο αναφοράς OSI είναι μια αρχιτεκτονική δικτύου επιπέδων.
17. Στο μοντέλο αναφοράς OSI η επικοινωνία, στην πραγματικότητα γίνεται:
 - α. Κατακόρυφα μεταξύ γειτονικών επιπέδων.
 - β. Οριζόντια μεταξύ των ομότιμων επιπέδων των επικοινωνούντων σταθμών.
 - γ. Μεταξύ δύο οποιονδήποτε επιπέδων.
18. Το είναι υπεύθυνο για το διαχωρισμό των μηνυμάτων σε πακέτα.
19. Το κατώτερο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI είναι το επίπεδο εφαρμογής:
 - α. Σωστό.
 - β. Λάθος.
20. Ποιες οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου δικτύου;
21. Σε ποιο επίπεδο ανήκει ένα πρόγραμμα ανάγνωσης ιστοσελίδων;
 - α. Μεταφοράς
 - β. Εφαρμογής

- γ. Σύνδεσης δεδομένων.
 - δ. Συνόδου.
22. Αναφέρετε τα χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων.
 23. Για τη μετάδοση των δεδομένων σε ένα τοπικό δίκτυο χρησιμοποιείται η μέθοδος της
 24. Ποιες οι βασικές διαφορές των τοπικών δικτύων από τα δίκτυα ευρείας περιοχής;
 25. Τα de jure πρότυπα επιβάλλονται από συγκεκριμένες εμπορικές υλοποιήσεις:
 - α. Σωστό.
 - β. Λάθος.
 26. Για ποιους λόγους έγινε απαραίτητη η δημιουργία των προτύπων;
 27. Το μοντέλο αναφοράς OSI είναι προϊόν του οργανισμού:
 - α. ETSI.
 - β. ISO.
 - γ. ΕΛΟΤ.
 - δ. IAB.
 28. Η ενοποίηση των υπηρεσιών γίνεται εφικτή, λόγω της χρήσης των ίδιων για την αποθήκευση, επεξεργασία και μετάδοση κάθε είδους πληροφορίας.
 29. Ποιες οι δύο γενιές συστημάτων ISDN;

Βιβλιογραφία

1. Αποστολόπουλος Θ., *Δίκτυα Υπολογιστών*, 1994.
2. Ramteke T., *Networks*, Prentice Hall, 1994.
3. Stallings W., *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
4. Tanenbaum A., *Computer Networks*, Prentice Hall, 1996.
5. Walrand J., *Δίκτυα Επικοινωνιών*, Εκδ. Παπασωτηρίου, 1997.



ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου
θα είστε ικανοί:

- Να διακρίνετε τα είδη πηγών και σημάτων, που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών.
- Να εξηγείτε την επικράτηση των ψηφιακών τεχνικών στα συστήματα επικοινωνιών.
- Να χρησιμοποιείτε την περιγραφή σημάτων τόσο στο πεδίο του χρόνου όσο και στο πεδίο της συχνότητας.
- Να αναφέρετε τα βασικά μέρη ψηφιακού επικοινωνιακού συστήματος καθώς και το ρόλο τους.
- Να αντιλαμβάνεστε την επίδραση της χωρητικότητας καναλιού στο μέγιστο ρυθμό, με τον οποίο είναι δυνατό να μεταδοθούν δεδομένα μέσα από το επικοινωνιακό κανάλι.
- Να ορίζετε τους όρους, που χρησιμοποιούνται, για να περιγράψουν την ταχύτητα μετάδοσης στη ψηφιακή μετάδοση.

Εισαγωγή

Με τη βοήθεια επικοινωνιακού συστήματος, κάθε μορφή πληροφορίας (κείμενο, φωνή, εικόνα) είναι δυνατό να μεταδοθεί σε απόσταση. Ανάλογα με το μέσο μετάδοσης και το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται το επικοινωνιακό σύστημα είναι δυνατόν, για τη μετάδοση, να χρησιμοποιούνται αναλογικά ή και ψηφιακά σήματα. Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε την επίδραση των ψηφιακών τεχνικών και του μέσου μετάδοσης στην επιτυχή μετάδοση δεδομένων.

2.1 Ψηφιακές και αναλογικές πηγές και επικοινωνιακά συστήματα

Τα σήματα, που θέλουμε να μεταδώσουμε με ένα επικοινωνιακό σύστημα, μπορεί να προέρχονται κατευθείαν από την πηγή ή να προκύπτουν μετά από κάποιες λειτουργίες επεξεργασίας της πληροφορίας που παράγεται από την πηγή.

Η πηγή μπορεί να είναι ψηφιακή ή αναλογική. Η **ψηφιακή πηγή** πληροφορίας παράγει πεπερασμένο πλήθος πιθανών μηνυμάτων. Η γραφομηχανή είναι καλό παράδειγμα ψηφιακής πηγής. Υπάρχει πεπερασμένος αριθμός χαρακτήρων (μηνυμάτων), που μπορούν να παραχθούν. Η **αναλογική πηγή** πληροφορίας παράγει μηνύματα, που ανήκουν σε συνεχές πεδίο τιμών. Το μικρόφωνο αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα αναλογικής πηγής. Η παραγόμενη τάση εξόδου περιγράφει την πληροφορία του ήχου και μπορεί να παίρνει τιμές μέσα σε συνεχόμενο πεδίο τιμών.



Ψηφιακή πηγή



Ψηφιακή πηγή



Αναλογική πηγή



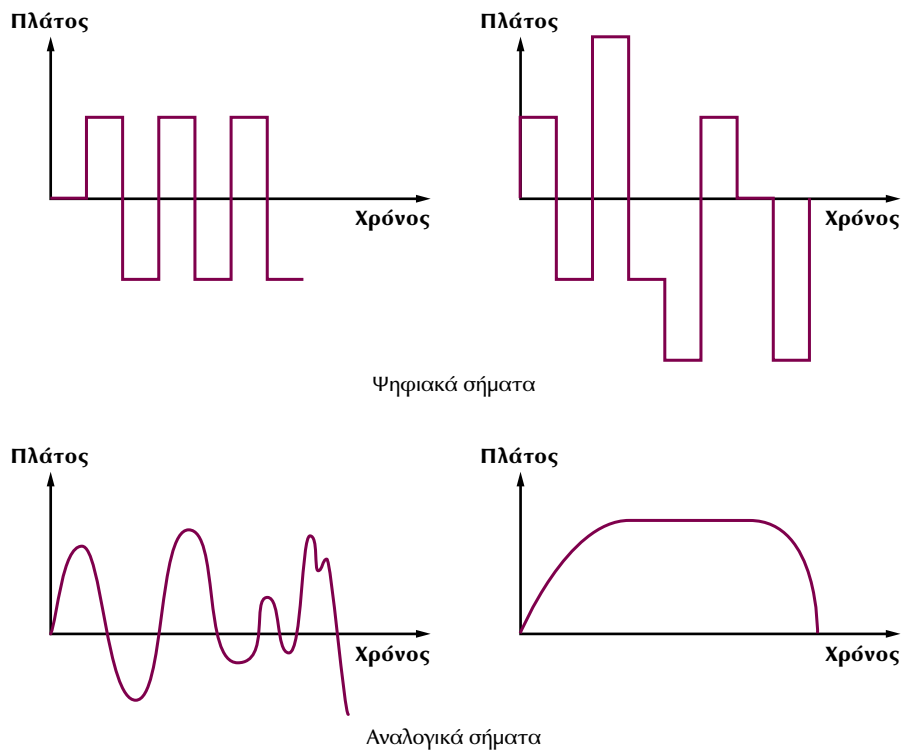
Αναλογική πηγή

Σχήμα 2-1 Παραδείγματα πηγών πληροφορίας

Ανάλογα με το είδος της πηγής πληροφορίας, ονομάζουμε και το σύστημα επικοινωνίας. Έτσι ένα **ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας** μεταφέρει πληροφο-

ρία από μία ψηφιακή πηγή στον προορισμό. Ένα **αναλογικό σύστημα επικοινωνίας** μεταφέρει πληροφορία από μια αναλογική πηγή στον προορισμό.

Για να γίνει δυνατή η μετάδοση πληροφορίας σε απόσταση, είναι απαραίτητο αυτή να μετατραπεί σε κατάλληλο ηλεκτρικό σήμα, ψηφιακό ή αναλογικό. Το **ψηφιακό σήμα** ορίζεται σαν συνάρτηση του χρόνου, η οποία μπορεί να παίρνει τιμές μόνο μέσα από διακριτό σύνολο τιμών. Ειδικότερα, στο δυαδικό ψηφιακό σήμα, επιτρέπονται μόνο δύο τιμές. Το **αναλογικό σήμα** είναι συνάρτηση του χρόνου, η οποία μπορεί να παίρνει τιμές μέσα από συνεχόμενο πεδίο τιμών.



Σχήμα 2-2 Η πληροφορία μπορεί να μεταδοθεί με τη μορφή ψηφιακού ή αναλογικού σήματος

Επισήμανση

Οι όροι αναλογικό και ψηφιακό χρησιμοποιούνται αντίστοιχα με τους όρους συνεχές και διακριτό και μπορεί να αφορούν τρία τουλάχιστον θέματα: δεδομένα, σήματα και μετάδοση.

Τα δεδομένα είναι οντότητες, που μεταφέρουν πληροφορία. Τα σήματα είναι η ηλεκτρική ή ηλεκτρομαγνητική αναπαράσταση των δεδομένων. Μετάδοση είναι η ανταλλαγή δεδομένων με τη βοήθεια της διάδοσης και επεξεργασίας των σημάτων.

Συνήθως το ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας χρησιμοποιεί ψηφιακά ηλεκτρικά σήματα. Βέβαια, μπορεί να χρησιμοποιεί ακόμη και αναλογικά ηλεκτρικά (ή ηλεκτρομαγνητικά) σήματα. Για παράδειγμα, η πληροφορία από δυαδική πηγή πληροφορίας είναι δυνατό να μεταδοθεί χρησιμοποιώντας ημιτονικό σήμα 1000 Hz για την αναπαράσταση του δυαδικού ψηφίου 1 και ημιτονικό σήμα 500 Hz για την αναπαράσταση του δυαδικού ψηφίου 0. Σ' αυτή την περίπτωση, αν και η πληροφορία της ψηφιακής πηγής μεταδίδεται στον προορισμό με τη χρήση αναλογικών κυματομορφών, το σύστημα λέγεται και πάλι ψηφιακό.

Τα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας παρουσιάζουν αριθμό πλεονεκτημάτων σε σχέση με τα αναλογικά:

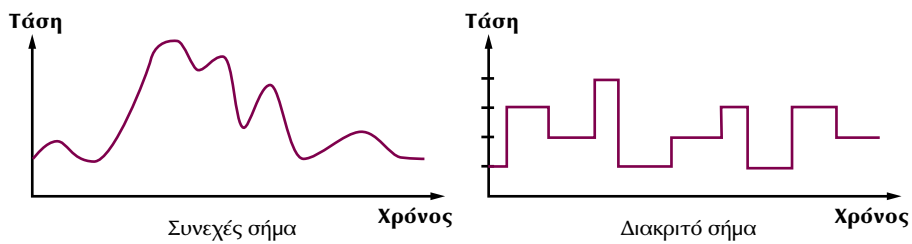
- Χρησιμοποιούν σχετικά φθηνά ψηφιακά κυκλώματα.
- Μπορούν να εφαρμόζονται εύκολα τεχνικές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.
- Παρέχουν μεγάλη ασφάλεια, μέσω της κρυπτογράφησης των δεδομένων.
- Ενοποιούν τη μετάδοση, μέσα από το ίδιο ψηφιακό σύστημα, ποικιλίας μορφών δεδομένων, όπως φωνή, εικόνα, video, κείμενο.
- Το πρόβλημα της αλλοίωσης του σήματος, καθώς μεταδίδεται μέσα από το επικοινωνιακό κανάλι, είναι πιο εύκολο να λυθεί με τη χρήση αναγεννητικών σταθμών και κατάλληλης κωδικοποίησης.

Μειονέκτημα των ψηφιακών συστημάτων επικοινωνίας είναι, ότι απαιτούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης απ' ό,τι τα αναλογικά συστήματα και συγχρονισμό μεταξύ εκπομπής και λήψης. Επειδή τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων είναι πολύ πιο σημαντικά από τα μειονεκτήματά τους, γίνονται όλο και πιο δημοφιλή και προτιμώνται για την ανάπτυξη των σύγχρονων δικτύων επικοινωνιών.

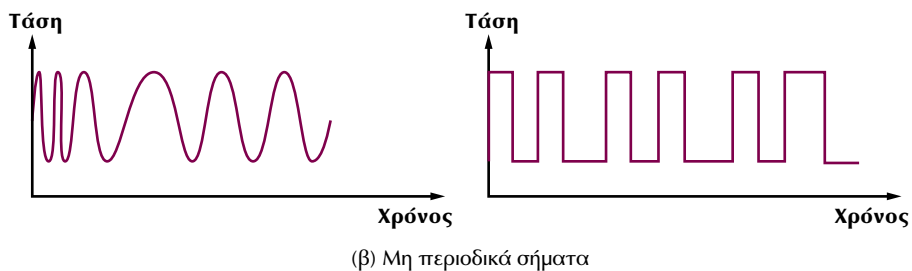
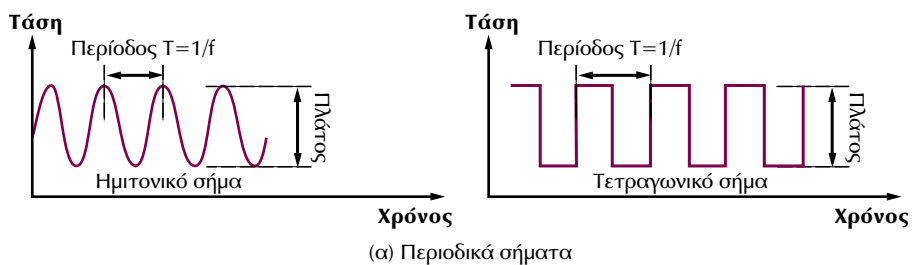
2.1.1 Αναπαράσταση σημάτων στο πεδίο του χρόνου, στο πεδίο της συχνότητας

Κάθε ηλεκτρικό (ή ηλεκτρομαγνητικό) σήμα μπορεί να περιγραφεί με δύο τρόπους: είτε σαν συνάρτηση του χρόνου είτε σαν συνάρτηση της συχνότητας. Στην πρώτη περίπτωση, μιλάμε για την αναπαράσταση του σήματος στο **πεδίο του χρόνου (time-domain)**, ενώ στη δεύτερη στο **πεδίο της συχνότητας (frequency-domain)**.

Ένα σήμα, στο πεδίο του χρόνου, μπορεί να είναι συνεχές ή διακριτό (Σχήμα 2-3), περιοδικό ή μη περιοδικό (Σχήμα 2-4) και σε κάθε χρονική στιγμή χαρακτηρίζεται από το πλάτος του. Η πιο απλή μορφή σήματος είναι το περιοδικό, όπου ουσιαστικά η ίδια μορφή σήματος επαναλαμβάνεται με το χρόνο. Βασικά χαρακτηριστικά περιοδικού σήματος, εκτός από το πλάτος, είναι η συχνότητα f και η περίοδος $T=1/f$. Στο Σχήμα 2-4α φαίνονται τα χαρακτηριστικά πλάτος, περίοδος και συχνότητα δύο πολύ γνωστών περιοδικών σημάτων, του ημιτονικού και του τετραγωνικού σήματος.

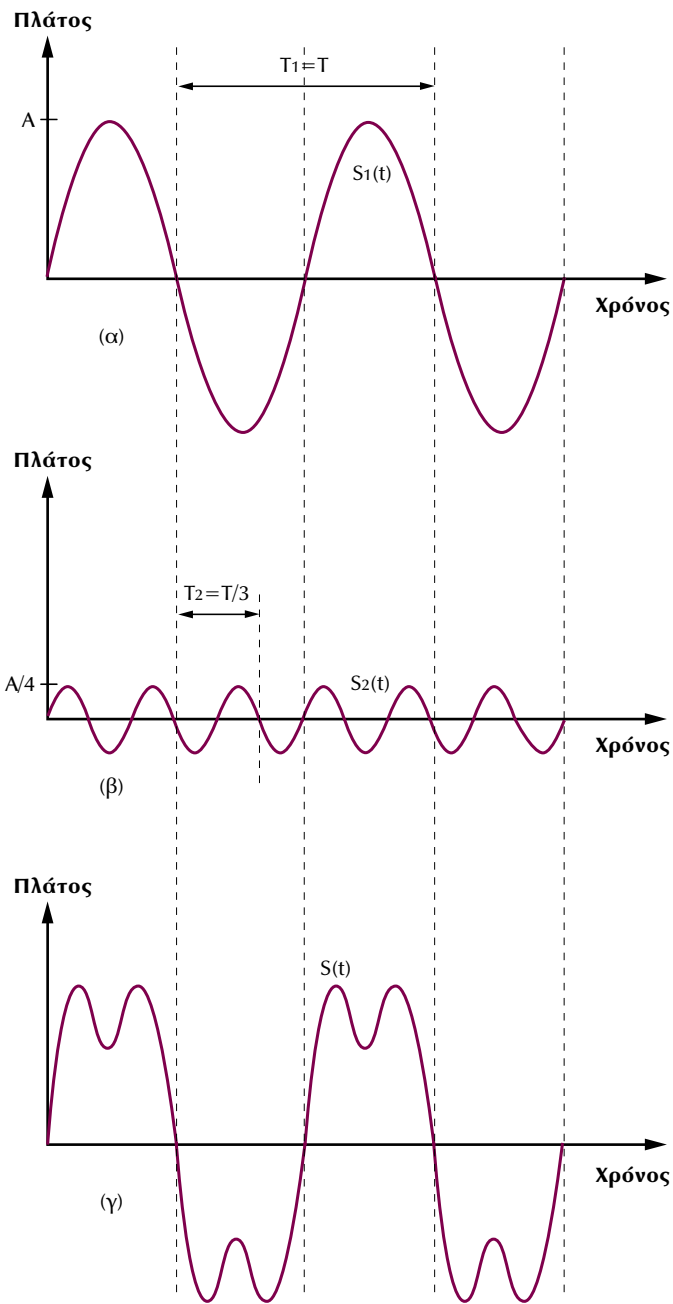


Σχήμα 2-3 Συνεχή και διακριτά σήματα

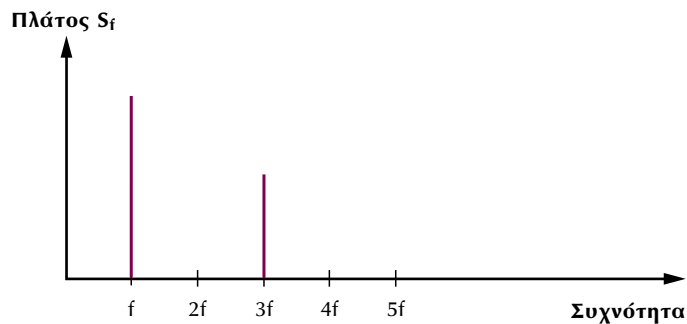


Σχήμα 2-4 Περιοδικά, μη περιοδικά σήματα

Αποδεικνύεται, ότι στην πραγματικότητα κάθε σήμα, προκύπτει από τη σύνθεση ημιτονικών σημάτων διάφορων συχνοτήτων. Το γεγονός αυτό έχει πολύ μεγάλη σημασία, γιατί βοηθάει να περιγραφεί η επίδραση του μέσου μετάδοσης στη μετάδοση του σήματος. Για παράδειγμα, στο Σχήμα 2-5 φαίνεται το σήμα $s(t)$, το οποίο προκύπτει από δύο ημιτονικά σήματα, το ένα συχνότητας f και το άλλο συχνότητας $3f$. Στο Σχήμα 2-6 φαίνεται η αναπαράσταση $S(f)$ του ίδιου σήματος στο πεδίο της συχνότητας.



Σχήμα 2-5 Αναπαράσταση σήματος στο πεδίο του χρόνου (α) $s_1(t) = \sin(2\pi ft)$: ημιτονικό σήμα συχνότητας f (β) $s_2(t) = \sin(2\pi(3f)t)$: ημιτονικό σήμα συχνότητας $3f$ (γ) $s(t) = \sin(2\pi ft) + \sin(2\pi(3f)t)$ Το σήμα $s(t)$ είναι η σύνθεση των σημάτων $s_1(t)$ και $s_2(t)$

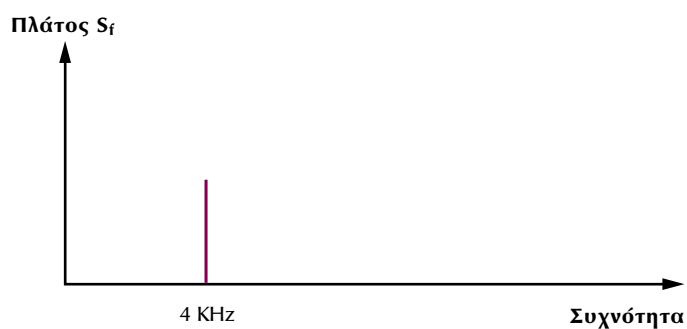


Σχήμα 2-6 Αναπαράσταση στο πεδίο της συχνότητας του σήματος $s(t) = \sin(2\pi ft) + \sin(2\pi(3f)t)$

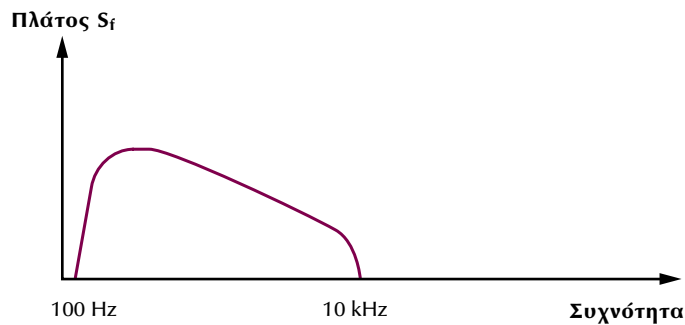
Έτσι, βλέπουμε, ότι για κάθε σήμα υπάρχει μια συνάρτηση στο πεδίο του χρόνου $s(t)$, η οποία περιγράφει το πλάτος του σήματος σε κάθε χρονική στιγμή, και μια συνάρτηση στο πεδίο της συχνότητας $S(f)$, η οποία περιγράφει το μέγιστο πλάτος κάθε συνιστώσας συχνότητας του σήματος.

Συχνότητα σήματος, Φάσμα σήματος

Σήμα, που περιέχει μία μόνο συχνότητα, περιγράφεται στο πεδίο συχνοτήτων από μία γραμμή σε ένα σημείο του άξονα συχνοτήτων, που λέγεται **φασματική γραμμή**. Όταν το σήμα περιέχει συνιστώσες σε περιοχή συχνοτήτων, τότε μιλάμε για το **φάσμα συχνοτήτων** του σήματος ή για το **εύρος ζώνης (bandwidth)** του σήματος. Για παράδειγμα, όταν ο ήχος ενός διαπασών οδηγηθεί σε μικρόφωνο, το ηλεκτρικό σήμα, που παράγεται, περιέχει μία μόνο συχνότητα, έστω 4 kHz (Σχήμα 2-7), ενώ όταν η ανθρώπινη ομιλία οδηγηθεί σε μικρόφωνο παράγεται ηλεκτρικό σήμα με φάσμα, που ξεκινάει από τους 100 Hz και φθάνει στους 10 kHz (Σχήμα 2-8). Στη δεύτερη, μάλιστα, περίπτωση, όπως παρατηρούμε, οι διάφορες συνιστώσες συχνότητες δεν έχουν το ίδιο πλάτος. Η μεγαλύτερη ενέργεια του σήματος ομιλίας είναι συγκεντρωμένη στις χαμηλές συχνότητες, κι αυτός είναι κι ο λόγος για τον οποίο στις τηλεφωνικές επικοινωνίες αρκεί η μετάδοση της περιοχής 100 Hz έως 3400 Hz του φάσματος της ανθρώπινης ομιλίας.



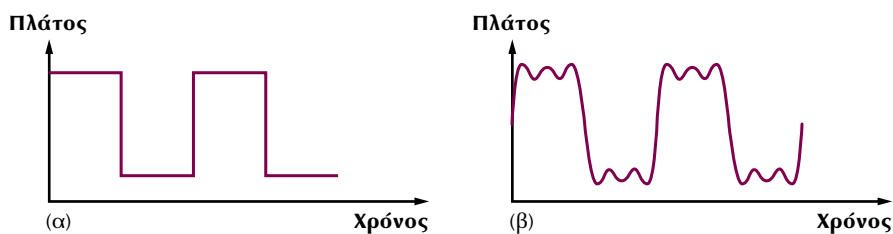
Σχήμα 2-7 Αναπαράσταση ήχου διαπασών στο πεδίο συχνοτήτων



Σχήμα 2-8 Αναπαράσταση ανθρώπινης ομιλίας στο πεδίο συχνοτήτων

Σημείωση

Στις επικοινωνίες δεδομένων χρησιμοποιούνται σήματα, που περιέχουν τετραγωνικούς παλμούς. Δυστυχώς, όπως αποδεικνύεται, τέτοιου είδους σήματα έχουν άπειρο φάσμα συχνοτήτων, γεγονός που περιορίζει και τη ταχύτητα μετάδοσης, που μπορεί να επιτευχθεί. Η εξασθένηση των συνιστωσών υψηλής συχνότητας έχει σαν συνέπεια το σήμα τετραγωνικής μορφής να λαμβάνεται στη λήψη παραμορφωμένο (Σχήμα 2-9). Μάλιστα, αν η ταχύτητα μετάδοσης αυξηθεί, είναι δυνατό η παραμόρφωση να αυξηθεί τόσο πολύ, ώστε να καταστεί αδύνατη η ορθή λήψη του σήματος.



Σχήμα 2-9 (α) Τετραγωνικό σήμα (β) Παραμορφωμένο τετραγωνικό σήμα λόγω της εξασθένησης των συνιστωσών υψηλής συχνότητας

2.2 Κωδικοποίηση δεδομένων

Τόσο τα αναλογικά όσο και τα ψηφιακά δεδομένα είναι δυνατό να αναπαρασταθούν (κωδικοποιηθούν) από αναλογικά ή ψηφιακά σήματα. Η συγκεκριμένη κωδικοποίηση, που τελικά επιλέγεται, εξαρτάται από τις ειδικότερες απαιτήσεις, το επικοινωνιακό σύστημα, το μέσο μετάδοσης και τον διαθέσιμο επικοινωνιακό εξοπλισμό. Οι δυνατότητες, που υπάρχουν είναι:

Αναλογικά δεδομένα, αναλογικά σήματα

Τα αναλογικά δεδομένα μεταδίδονται κατευθείαν ή διαμορφώνουν μια φέρουσα συχνότητα. Παράγεται, έτσι, αναλογικό σήμα, που καταλαμβάνει την ίδια ή διαφορετική περιοχή συχνοτήτων και μπορεί να μεταδίδεται εύκολα μέσα από αναλογικό σύστημα μετάδοσης. Οι βασικές τεχνικές διαμόρφωσης, που χρησιμοποιούνται, είναι η διαμόρφωση πλάτους (Amplitude Modulation, AM), η διαμόρφωση συχνότητας (Frequency Modulation, FM) και η διαμόρφωση φάσης (Phase Modulation, PM).

Αναλογικά δεδομένα, ψηφιακά σήματα

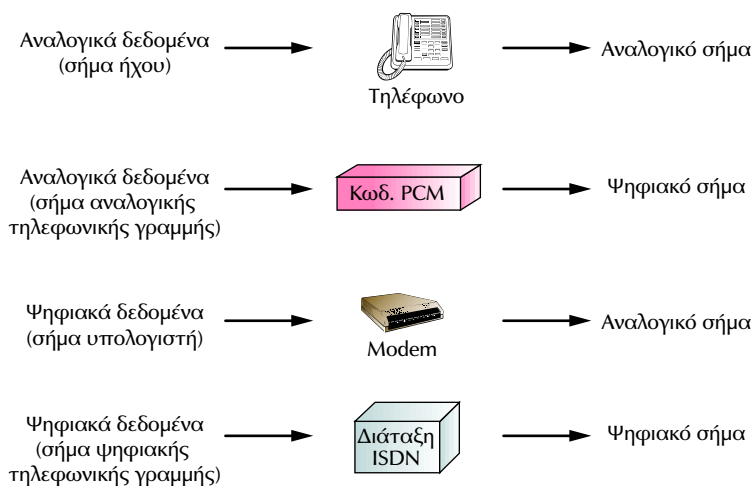
Τα αναλογικά δεδομένα, όπως η φωνή και το video, συχνά ψηφιοποιούνται, για να είναι δυνατό να χρησιμοποιήσουν ψηφιακά μέσα μετάδοσης. Πολύ διαδεδομένη τεχνική είναι η παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code Modulation, PCM), όπου τα αναλογικά δεδομένα δειγματοληπτούνται περιοδικά, κβαντίζονται σε τιμή μέσα από καθορισμένο σύνολο τιμών και κωδικοποιούνται σε σειρά bits.

Ψηφιακά δεδομένα, αναλογικά σήματα

Το modem, για παράδειγμα, μετατρέπει τα ψηφιακά δεδομένα του υπολογιστή σε αναλογικό σήμα, ώστε να είναι δυνατή η μετάδοσή τους μέσα από απλή τηλεφωνική γραμμή. Οι βασικές τεχνικές, που χρησιμοποιούνται, είναι η ψηφιακή διαμόρφωση πλάτους (Amplitude Shift Keying, ASK), η ψηφιακή διαμόρφωση συχνότητας (Frequency Shift Keying, FSK) και η ψηφιακή διαμόρφωση φάσης (Phase Shift Keying, PSK). Σε όλες αυτές τις τεχνικές διαμόρφωσης, τα ψηφιακά δεδομένα επιδρούν σε ένα χαρακτηριστικό μιας φέρουσας συχνότητας (πλάτος, συχνότητα, φάση).

Ψηφιακά δεδομένα, ψηφιακά σήματα

Ο πιο απλός τρόπος να αναπαρασταθούν ψηφιακά δεδομένα είναι με σήμα με δύο επίπεδα τάσης, ένα για το δυαδικό ψηφίο 0 και ένα για το δυαδικό ψηφίο 1.



Σχήμα 2-10 Οι τέσσερις περιπτώσεις κωδικοποίησης δεδομένων

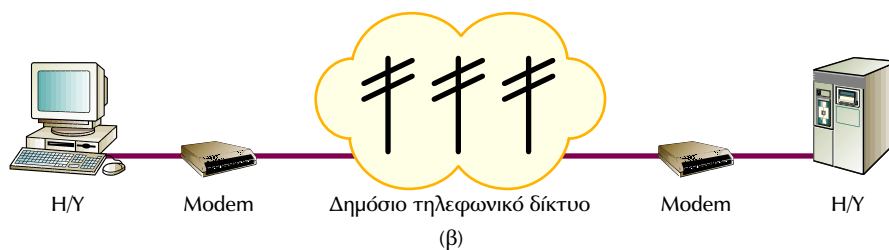
2.3 Το μοντέλο ψηφιακού επικοινωνιακού συστήματος

2.3.1 Απλουστευμένο μοντέλο συστήματος επικοινωνίας

Ο βασικός σκοπός ενός επικοινωνιακού συστήματος είναι η ανταλλαγή πληροφορίας (δεδομένων) μεταξύ δύο μερών. Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι η επικοινωνία μεταξύ δύο υπολογιστών μέσω του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου, ή η ανταλλαγή σημάτων φωνής μεταξύ δύο συνδρομητών του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου.

Θα παρουσιάσουμε, τώρα ένα απλουστευμένο μοντέλο επικοινωνιακού συστήματος με τη βοήθεια του Σχήματος 2-11. Τα βασικά μέρη του μοντέλου αυτού είναι:

- 1. Πηγή.** Η συσκευή, που παράγει τα δεδομένα, που θα μεταδοθούν. Για παράδειγμα, πηγές είναι το τηλέφωνο και ο υπολογιστής.
- 2. Πομπός.** Συνήθως τα δεδομένα, που παράγει μια πηγή δεν μεταδίδονται απευθείας με τη μορφή, την οποία έχουν, όταν δημιουργούνται. Αντίθετα, ένας πομπός μετασχηματίζει και κωδικοποιεί την πληροφορία με τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγει ηλεκτρομαγνητικά σήματα, τα οποία μπορούν να μεταδοθούν μέσα από κάποιο σύστημα μετάδοσης. Για παράδειγμα, ένα modem δέχεται ροή δυαδικών ψηφίων (ψηφιακό σήμα) από τη συσκευή, με την οποία είναι συνδεδεμένο (π.χ. υπολογιστής) και τη μετατρέπει σε αναλογικό σήμα, το οποίο μπορεί εύκολα να μεταδοθεί μέσα από το τηλεφωνικό δίκτυο.
- 3. Σύστημα μετάδοσης.** Μπορεί να είναι απλή επικοινωνιακή γραμμή (π.χ. τηλεφωνική γραμμή, ασύρματη ζεύξη) ή σύνθετο δίκτυο που συνδέει την πηγή με τον προορισμό.
- 4. Δέκτης.** Δέχεται το σήμα από το σύστημα μετάδοσης και το μετατρέπει σε μορφή κατανοητή στη συσκευή προορισμού. Για παράδειγμα, το modem δέχεται το αναλογικό σήμα, που έρχεται μέσω επικοινωνιακής γραμμής και το μετατρέπει σε ψηφιακό σήμα (που είναι και η μορφή του σήματος, που κατανοεί ο υπολογιστής).
- 5. Προορισμός.** Από το δέκτη τα δεδομένα οδηγούνται στη συσκευή προορισμού.

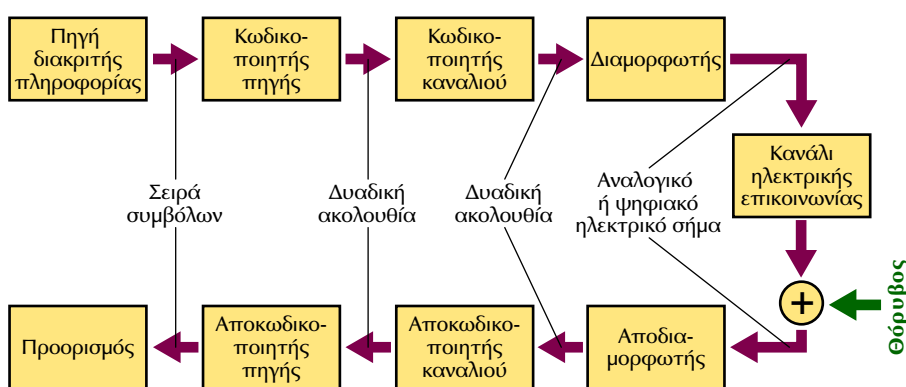


Σχήμα 2-11 (α) Απλουστευμένο μοντέλο επικοινωνιακού συστήματος
(β) Παράδειγμα επικοινωνιακού συστήματος

2.3.2 Αναλυτικό μοντέλο ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας

Για την περίπτωση επικοινωνιών δεδομένων, από το απλό μοντέλο, που παρουσιάσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, μπορεί να προκύψει το αναλυτικό μοντέλο ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας (Σχήμα 2-12).

Ο τελικός σκοπός ενός ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας είναι η διαβίβαση μηνυμάτων (ή ακολουθίας συμβόλων), που προέρχονται από μια πηγή, σ' ένα σημείο προορισμού, με όσο γίνεται μεγαλύτερο ρυθμό και υψηλότερη πιστότητα. Η πηγή και το σημείο προορισμού βρίσκονται, φυσικά, σε απόσταση μεταξύ τους και το επικοινωνιακό κανάλι συνδέει την πηγή με το σημείο προορισμού.



Σχήμα 2-12 Λειτουργικά τμήματα ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας

Το κανάλι δέχεται ηλεκτρικά/ηλεκτρομαγνητικά σήματα. Η έξοδος του είναι, συνήθως, παραμορφωμένη παραλλαγή της εισόδου του, λόγω της μη ιδανικής συμπεριφοράς του καναλιού. Επιπλέον, η πληροφορία μπορεί να υποστεί φθορά από απρόβλεπτα ηλεκτρικά σήματα (θόρυβο), τόσο από τεχνητές (man-made) όσο και από φυσικές αιτίες. Η παραμόρφωση και ο θόρυβος εισάγουν σφάλματα στην πληροφορία, που θέλουμε να διαβιβάσουμε και, έτσι, περιορίζουν το ρυθμό, με τον οποίο η πληροφορία θα μπορούσε να μεταδοθεί από την πηγή στον προορισμό.

Η πιθανότητα εσφαλμένης αποκωδικοποίησης συμβόλων του μηνύματος στο δέκτη, χρησιμοποιείται συχνά σα μέτρο των επιδόσεων του συστήματος ψηφιακής επικοινωνίας. Η κύρια λειτουργία του κωδικοποιητή καναλιού, του διαμορφωτή, του αποδιαμορφωτή και τέλος του αποκωδικοποιητή καναλιού είναι να αντιμετωπίσουν τις επιπτώσεις υποβάθμισης του σήματος από το κανάλι και να μεγιστοποιήσουν το ρυθμό και την ακρίβεια της πληροφορίας, που μεταδίδεται.

Ας δούμε, τώρα, πιο αναλυτικά, καθένα από τα λειτουργικά τμήματα του ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας (Σχήμα 2-12):

Πηγή διακριτής πληροφορίας.

Οι πηγές πληροφορίας, όπως είδαμε, μπορούν να ταξινομηθούν σε πηγές αναλογικής και διακριτής πληροφορίας. Οι πηγές αναλογικής πληροφορίας, όπως το μικρόφωνο, όταν διεγείρεται από ομιλία, η κάμερα τηλεόρασης που τραβάει μια σκηνή, δίνουν ένα ή περισσότερα συνεχώς μεταβαλλόμενα σήματα. Αντίθετα, η έξοδος των πηγών διακριτής πληροφορίας, όπως το τηλέτυπο ή το ηλεκτρολόγιο υπολογιστή, αποτελείται από σειρά διακριτών συμβόλων. Μια πηγή αναλογικής πληροφορίας μπορεί πάντα να μετασχηματισθεί σε πηγή διακριτής πληροφορίας με τις διεργασίες της δειγματοληψίας και της κβάντισης.

Κωδικοποιητής / Αποκωδικοποιητής πηγής.

Η είσοδος του κωδικοποιητή πηγής είναι σειρά από σύμβολα, που φθάνουν με ρυθμό r σύμβολα το δευτερόλεπτο. Ο κωδικοποιητής πηγής μετατρέπει αυτή την ακολουθία συμβόλων σε δυαδική ακολουθία από 0 και 1, αντιστοιχώντας καθορισμένες κωδικές λέξεις στα σύμβολα, που φθάνουν στην είσοδό του. Έτσι στην έξοδο του κωδικοποιητή πηγής παράγεται ψηφιακό σήμα με ρυθμό s bits το δευτερόλεπτο. Ο απλούστερος τρόπος, για να πετύχει ένας κωδικοποιητής τη λειτουργία αυτή, είναι να αντιστοιχίσει σε κάθε σύμβολο του αλφαβήτου της πηγής δυαδική κωδική λέξη σταθερού μήκους. Για το τηλέτυπο π.χ., αυτό μπορεί να γίνει με την αντιστοίχιση κωδικών λέξεων των 5 bits, από 00000 έως 11111, στα 32 σύμβολα του αλφαβήτου της πηγής και με την αντικατάσταση κάθε συμβόλου της ακολουθίας εισόδου με την αντίστοιχη κωδική λέξη. Έτσι με ρυθμό συμβόλων $r=10$ symbols/sec, ο ρυθμός ψηφιακών δεδομένων στην έξοδο του κωδικοποιητή πηγής θα είναι $s=50$ bits/sec.

Στο δέκτη αντίστοιχα, ο αποκωδικοποιητής πηγής μετατρέπει τη δυαδική έξοδο του αποκωδικοποιητή καναλιού σε ακολουθία συμβόλων. Ο αποκωδικοποιητής είναι πολύ απλός όταν το σύστημα χρησιμοποιεί κωδικές λέξεις σταθερού μήκους, αλλά γίνεται πολύ περίπλοκος στην περίπτωση συστήματος που χρησιμοποιεί κωδικές λέξεις μεταβλητού μήκους.

Κωδικοποιητής / Αποκωδικοποιητής καναλιού.

Η ψηφιακή κωδικοποίηση είναι μια μέθοδος για την επίτευξη μετάδοσης υψηλής αξιοπιστίας και απόδοσης. Κατά τη ψηφιακή κωδικοποίηση πηγής, επιλέγεται μικρός αριθμός σημάτων, συχνά δύο, για τη μετάδοση μέσα από το κανάλι, οπότε ο αποδιαμορφωτής πρέπει απλά να διακρίνει μεταξύ δύο διαφορετικών γνωστών κυματομορφών. Ο έλεγχος του σφάλματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του κωδικοποιητή καναλιού, ο οποίος προσθέτει bits στην έξοδο του κωδικοποιητή πηγής. Ενώ τα ίδια τα πρόσθετα bits δεν φέρουν πληροφορία, επιτρέπουν στο δέκτη να ανιχνεύσει ή και να διορθώσει μερικά από τα σφάλματα των bits, που μεταφέρουν την πληροφορία.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι κωδικοποίησης καναλιού, η **κωδικοποίηση κατά τμήμα** και η **συγκεραστική μέθοδος κωδικοποίησης**. Στην πρώτη, ο κωδικοποιητής καναλιού παίρνει τμήμα από bits πληροφορίας του κωδικοποιητή πηγής και προσθέτει κάποια bits ελέγχου. Στη δεύτερη μέθοδο, η ακολουθία bits, που μεταφέρουν πληροφορία, κωδικοποιείται κατά συνεχή τρόπο με κατάλληλη συνεχή ανάμιξη bits, που φέρουν πληροφορία και bits ελέγχου σφάλματος.

Ο αποκωδικοποιητής καναλιού ξαναβρίσκει τα bits, που φέρουν την πληροφορία από την αποκωδικοποιημένη δυαδική ακολουθία. Στον αποκωδικοποιητή καναλιού πραγματοποιείται η ανίχνευση σφάλματος, ή ακόμη και η διόρθωση σφάλματος. Ο αποκωδικοποιητής λειτουργεί κατά μπλοκ ή κατά συνεχή τρόπο, ανάλογα με το τύπο της κωδικοποίησης, που χρησιμοποιείται στο σύστημα.

Σπουδαίες παράμετροι εδώ είναι η απόδοση του κώδικα (πηλίκo ρυθμού δεδομένων στην είσοδο του κωδικοποιητή προς το ρυθμό δεδομένων στην έξοδο), η πολυπλοκότητα και ο χρόνος καθυστέρησης, που συνεπάγεται η κωδικοποίηση - αποκωδικοποίηση.

Διαμορφωτής, αποδιαμορφωτής.

Ο διαμορφωτής δέχεται στην είσοδό του ακολουθία δυαδικών ψηφίων και τη μετατρέπει σε κυματομορφή (αναλογική ή ψηφιακή), κατάλληλη για μετάδοση μέσω του επικοινωνιακού καναλιού. Η διαμόρφωση χρησιμοποιείται αποτελεσματικά για τη μείωση των επιπτώσεων του θορύβου του καναλιού, για την προσαρμογή του μεταβιβαζόμενου σήματος με τα χαρακτηριστικά του καναλιού, για την πολύπλεξη πολλών σημάτων και για να υπερνικηθούν μερικοί περιορισμοί των συσκευών.

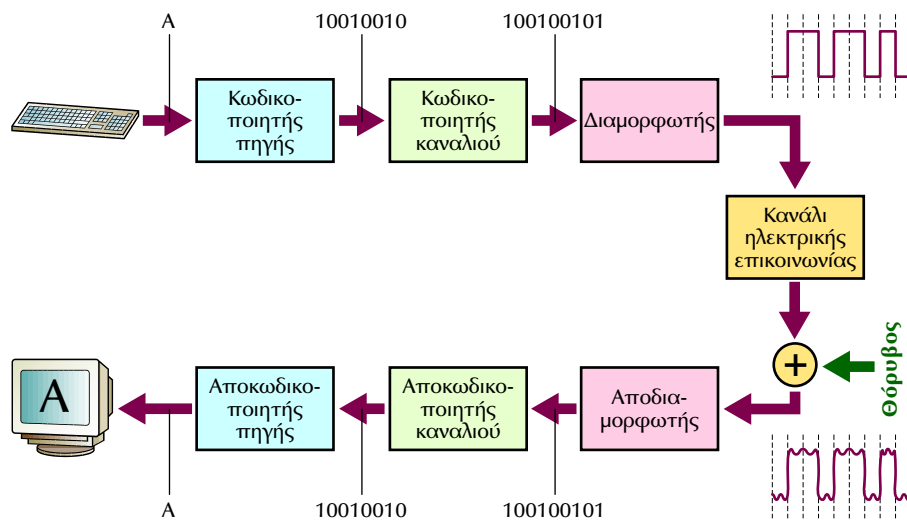
Η διαμόρφωση είναι αντιστρεπτή διαδικασία και η ανάκτηση του μηνύματος, που φέρει η κυματομορφή, που παράγεται από το διαμορφωτή, γίνεται από τον αποδιαμορφωτή.

Επικοινωνιακό κανάλι.

Το επικοινωνιακό κανάλι πραγματοποιεί την ηλεκτρική σύνδεση μεταξύ πηγής και προορισμού. Το κανάλι μπορεί να είναι ζευγάρι σύρματα ή τηλεφωνικό καλώδιο ή ακόμη και ο ελεύθερος χώρος, μέσα στον οποίο διαδίδεται το ακτινοβολούμενο σήμα, που μεταφέρει την πληροφορία. Εξαιτίας φυσικών περιορισμών, το κανάλι επικοινωνίας δεν έχει την ίδια συμπεριφορά σε όλες τις συχνότητες κι έτσι το σήμα, που φέρει την πληροφορία, υφίσταται συχνά κατά τη διέλευσή του μέσα από το κανάλι, **παραμόρφωση**. Εκτός από την παραμόρφωση, το σήμα υφίσταται και **εξασθένιση**, η ισχύς του, δηλαδή, μειώνεται προοδευτικά. Επιπλέον, το σήμα «λερώνεται» από ανεπιθύμητα, απρόβλεπτα ηλεκτρικά σήματα, που αναφέρονται ως **θόρυβος (noise)**. Ένδειξη της ποιότητας του καναλιού αποτελεί ο λόγος σήματος προς θόρυβο (Signal to Noise Ratio, SNR), που μπορεί να διατηρηθεί στην έξοδό του.

Παράδειγμα

Για τη μετάδοση της εξόδου του πληκτρολογίου υπολογιστή χρησιμοποιείται ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας (Σχήμα 2-13). Καταρχήν, το πληκτρολόγιο παράγει έστω το γράμμα «Α» της ελληνικής αλφαβήτου. Χρησιμοποιώντας τον κώδικα ASCII, ο κωδικοποιητής πηγής το μετατρέπει στην ακολουθία bits «10010010». Για τον έλεγχο του σφάλματος, ο κωδικοποιητής καναλιού προσθέτει bit ίσο με το 0 όταν ο αριθμός των bits εισόδου είναι άρτιος, και ίσο με το 1, όταν είναι μονός. Έτσι, στην έξοδο του κωδικοποιητή καναλιού εμφανίζεται η ακολουθία «100100101». Ο διαμορφωτής μπορεί να παράγει ψηφιακή κυματομορφή, όταν η μετάδοση πρόκειται να γίνει μέσα από κανάλι βασικής ζώνης ή αναλογική κυματομορφή όταν η μετάδοση πρόκειται να γίνει μέσα από κανάλι ζώνης διέλευσης. Μετά, το σήμα μεταδίδεται μέσα από το κανάλι, δέχεται την επίδραση του θορύβου αλλά και των χαρακτηριστικών του καναλιού και φθάνει στον προορισμό του, όπου και γίνεται η αντίστροφη διαδικασία αποδιαμόρφωσης, αποκωδικοποίησης και αναπαραγωγής της πληροφορίας. Τελικά, το γράμμα «Α» εμφανίζεται στον προορισμό π.χ. στην οθόνη υπολογιστή.



Σχήμα 2-13 Μετάδοση της εξόδου του πληκτρολογίου ενός υπολογιστή

2.4 Η επίδραση του μέσου μετάδοσης

Σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας, γενικά, το σήμα στη λήψη διαφέρει από αυτό που εκπέμφθηκε, εξαιτίας παραγόντων, που εμφανίζονται κατά τη μετάδοση

του σήματος μέσα από το μέσο μετάδοσης (επικοινωνιακό κανάλι). Ειδικά, στη μετάδοση ψηφιακών σημάτων μπορεί να συμβούν σφάλματα bit (bit errors), έτσι που το 1 να λαμβάνεται σαν 0 και το 0 σαν 1. Όσο περισσότερα είναι τα σφάλματα αυτά, τόσο χειρότερο είναι το σύστημα επικοινωνίας. Οι κυριότεροι παράγοντες που εμφανίζονται κατά τη διέλευση του σήματος μέσα από το μέσο μετάδοσης και επηρεάζουν την ποιότητα του συστήματος επικοινωνίας, είναι η εξασθένιση του σήματος, η καθυστέρηση μετάδοσης και ο θόρυβος. Τους παράγοντες αυτούς θα μελετήσουμε στο 3^ο κεφάλαιο που αφορά και το μέσο μετάδοσης.

Η ικανότητα μετάδοσης πληροφορίας μέσα από επικοινωνιακό κανάλι εξαρτάται από τους παραπάνω παράγοντες και χαρακτηρίζεται από τη χωρητικότητα καναλιού.

2.4.1 Χωρητικότητα καναλιού

Στα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας, τα προβλήματα μετάδοσης περιορίζουν το ρυθμό, με τον οποίο τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν. Ο μέγιστος ρυθμός, με τον οποίο είναι δυνατό να μεταδοθούν δεδομένα μέσα από επικοινωνιακό κανάλι, ονομάζεται **χωρητικότητα καναλιού (channel capacity)**.

Τύπος του Nyquist (κανάλι χωρίς θόρυβο)

Ο Nyquist έδειξε, ότι στην περίπτωση καναλιού χωρίς θόρυβο και με εύρος ζώνης B , είναι δυνατό να μεταδοθούν δεδομένα με ρυθμό $2B$. Αν το μεταδιδόμενο σήμα είναι δυαδικό (δύο επίπεδα τάσης), ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης μέσα από κανάλι (χωρίς θόρυβο) με εύρος ζώνης B είναι $2B$ bps.

Παράδειγμα

Ένα τηλεφωνικό κανάλι και ένα modem, χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ υπολογιστών. Υποθέστε, ότι το τηλεφωνικό κανάλι έχει εύρος ζώνης $B=3400$ Hz. Τότε, ο μέγιστος ρυθμός, με τον οποίο μπορούν να μεταδοθούν bits μέσα από το τηλεφωνικό κανάλι, είναι $2B=6800$ bps.

Βέβαια, είναι δυνατό το μεταδιδόμενο σήμα να έχει περισσότερες από δύο καταστάσεις, δηλαδή, να χρησιμοποιούνται περισσότερα από δύο σύμβολα. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε σύμβολο αναπαριστά αριθμό bits. Αν, για παράδειγμα, χρησιμοποιούνται 4 σύμβολα (επίπεδα τάσης), το κάθε σύμβολο αναπαριστά 2 bits. Έτσι, στη γενική περίπτωση, που χρησιμοποιούνται M διαφορετικά σύμβολα για τη μετάδοση σήματος μέσα από κανάλι εύρους ζώνης B , η χωρητικότητα του καναλιού είναι:

$$C = 2B \log_2 M$$

Όπως βλέπουμε, με δεδομένο το εύρος ζώνης του καναλιού, είναι δυνατό να αυξηθεί ο ρυθμός δεδομένων, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερο αριθμό διαφορετικών συμβόλων για την αναπαράσταση του σήματος. Κάτι τέτοιο, βέβαια, συνεπάγεται μια αύξηση στην πολυπλοκότητα του δέκτη ο οποίος θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίσει, ποιο από τα M διαφορετικά σύμβολα έλαβε, αντί ποιο από τα 2. Ακόμη ο θόρυβος και άλλα προβλήματα μετάδοσης περιορίζουν στην πράξη το δυνατό αριθμό των διαφορετικών συμβόλων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Τύπος του Shannon (κανάλι με θόρυβο)

Τα κανάλια χωρίς θόρυβο είναι ιδανική περίπτωση. Στην πραγματικότητα, σε κάθε μετάδοση πληροφορίας μέσα από ένα επικοινωνιακό κανάλι προστίθενται και διάφορα ανεπιθύμητα σήματα, δηλαδή θόρυβος. Το πόσο καταστροφική είναι η επίδραση του θορύβου εξαρτάται και από τη στάθμη του ωφέλιμου σήματος. Αυτοί οι δύο παράγοντες, μετρώνται με τη βοήθεια του **λόγου σήματος προς θόρυβο (Signal to Noise Ratio, SNR)**, ο οποίος είναι το πηλίκο της ισχύος του σήματος προς την ισχύ του θορύβου. Συνήθως, ο λόγος SNR μετράται στην είσοδο του δέκτη, γιατί εκεί γίνεται η κατάλληλη επεξεργασία, ώστε μεταξύ άλλων να αφαιρεθεί και ο ανεπιθύμητος θόρυβος. Ο λόγος SNR δίνεται σε db (decibels) σύμφωνα με τη σχέση:

$$(SNR)_{db} = 10 \log_{10} \frac{\text{ισχύς σήματος}}{\text{ισχύς θορύβου}}$$

Παράδειγμα

Σε δέκτη όπου η ισχύς του σήματος είναι 1000 φορές μεγαλύτερη από την ισχύ του θορύβου, ο λόγος SNR είναι 30 db.

Αν γνωρίζουμε τις παραμέτρους του καναλιού επικοινωνίας, όπως το εύρος ζώνης και το λόγο S/N , τότε μπορούμε να υπολογίσουμε τη χωρητικότητα C του καναλιού, που αντιπροσωπεύει το θεωρητικά μέγιστο δυνατό ρυθμό διαβίβασης ψηφιακών δεδομένων (data) χωρίς σχεδόν κανένα λάθος, από τον ακόλουθο τύπου που είναι γνωστός και σαν κανόνας Shannon-Hartley:

$$C = B \log_2 (1 + S/N) \text{ bits/sec}$$

Η χωρητικότητα C αποτελεί θεωρητικό όριο. Στα κανάλια, που χρησιμοποιούνται στην πράξη, ο ρυθμός δεδομένων είναι πολύ μικρότερος από C .

Παράδειγμα

Σε τυπική τηλεφωνική σύνδεση με χρησιμοποιήσιμο εύρος ζώνης ~ 3 kHz και λόγο $S/N = 10^3$, η χωρητικότητα του καναλιού είναι περίπου 30.000 bits/sec, γιατί σύμφωνα με τον τύπο Shannon-Hartley είναι:

$$C = 3.000 \log_2(1 + 1000) \text{ bits/sec} = 30.000 \text{ bits/sec}$$

2.5 Ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων

Στα δίκτυα δεδομένων υπάρχει η έννοια του πόσο γρήγορα μπορούν να μεταδίδονται τα δεδομένα. Για να αποδοθεί αυτή η έννοια, χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι, με διαφορετική σημασία ο καθένας.

2.5.1 Ρυθμός μετάδοσης bit

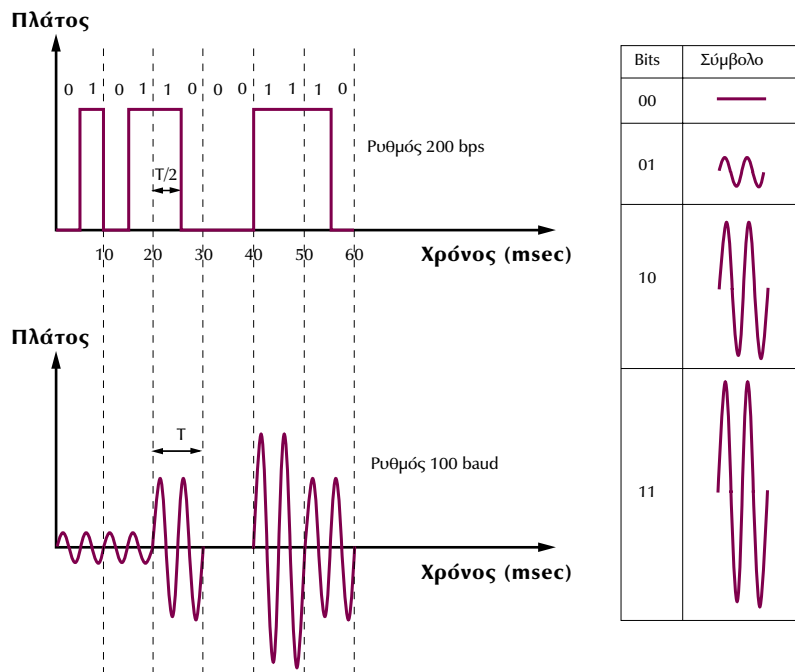
Ο **ρυθμός μετάδοσης bit (bit rate)**, είναι ο αριθμός των bits, που περνά από σημείο του τηλεπικοινωνιακού δικτύου δεδομένων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Συνήθως μετρείται σε bits ανά δευτερόλεπτο (bits per second, bps), ή και τα πολλαπλάσια kbps (10^3 bps) και Mbps (10^6 bps). Για την περίπτωση της δυαδικής μετάδοσης, όπου το μεταδιδόμενο σήμα έχει δύο δυνατές καταστάσεις (0 και 1), το bit rate R εξαρτάται από το χρόνο T , που διαρκεί το bit και συγκεκριμένα είναι:

$$R = \frac{1}{T}$$

2.5.2 Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων

Ο **ρυθμός μετάδοσης συμβόλων (baud rate)**, είναι ο αριθμός των συμβόλων (bauds), που μεταδίδονται κάθε δευτερόλεπτο και χρησιμοποιείται, κυρίως, στις περιπτώσεις μετάδοσης μέσω modem. Ο baud rate δεν εκφράζει κατ' ανάγκη το ρυθμό μετάδοσης των bits (bit rate). Αν η τεχνική διαμόρφωσης, που χρησιμοποιείται, αντιστοιχεί ένα bit σε κάθε μεταβολή του διαμορφωμένου σήματος, τότε το baud rate ταυτίζεται με το bit rate. Συχνά, όμως, το bit rate είναι μεγαλύτερο του baud rate και αυτό επιτυγχάνεται με διαμορφώσεις, όπου σε κάθε μεταβολή του διαμορφωμένου σήματος (baud) αντιστοιχούν περισσότερα από ένα bits.

Για παράδειγμα, αν το modem έχει ρυθμό baud 100 και κάθε baud αντιστοιχεί σε 2 bits, τότε ο bit rate είναι 200 bps. Φυσικά, επειδή 2 bits μπορούν να δώσουν 4 διαφορετικούς συνδυασμούς, το modem θα πρέπει να μπορεί να στέλνει 4 διαφορετικά σύμβολα (bauds).



Σχήμα 2-14 Ρυθμός μετάδοσης bit διπλάσιος του ρυθμού μετάδοσης συμβόλων. Κάθε ζευγάρι bit αναπαρίσταται από τις αντίστοιχες κυματομορφές του πίνακα

2.5.3 Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας

Στις μεταδόσεις δεδομένων, εκτός από τα bits, που αφορούν την πληροφορία, συνήθως μεταδίδονται και επιπλέον χαρακτήρες ελέγχου, όπως π.χ. τα bits έναρξης και τέλους (start και stop bit). Έτσι, όταν σε μετάδοση το ζητούμενο είναι με ποιο ρυθμό μεταδίδεται η καθαρή πληροφορία, χρησιμοποιείται ο **ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (information rate)**, ο οποίος μετριέται σε bps, και είναι, προφανώς, μικρότερος από το ρυθμό μετάδοσης bit.

Παράδειγμα

Έστω μετάδοση χαρακτήρων των 10 bits, στα οποία τα 3 είναι bits ελέγχου, με ρυθμό μετάδοσης bit 300 bps. Η καθαρή πληροφορία σε κάθε χαρακτήρα είναι σε ποσοστό 70%. Έτσι, ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας είναι $300 \text{ bps} \times 0,7 = 210 \text{ bps}$.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Υπάρχουν αναλογικές αλλά και ψηφιακές πηγές πληροφορίας. Τα δεδομένα, που παράγουν οι πηγές αυτές, μεταδίδονται στον προορισμό τους με τη χρήση αναλογικών ή και ψηφιακών σημάτων. Στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας έχουν επικρατήσει ψηφιακές τεχνικές τουλάχιστον σε μέρος των λειτουργιών τους, ενώ στο μέλλον η επικράτηση αυτή προβλέπεται να είναι καθολική λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν.

Στην κατανόηση των συστημάτων επικοινωνίας βοηθά πάρα πολύ, εκτός από τη χρονική περιγραφή και η περιγραφή των σημάτων στο πεδίο της συχνότητας. Άμεση σχέση έχουν έννοιες, όπως το εύρος ζώνης καναλιού και η χωρητικότητα του καναλιού.

Σκοπός κάθε συστήματος επικοινωνίας είναι, η πληροφορία που παράγει η πηγή, να φθάσει στον προορισμό γρήγορα και χωρίς αλλοιώσεις. Ένα ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας, αποτελείται από την πηγή, τον κωδικοποιητή πηγής, τον κωδικοποιητή καναλιού, το διαμορφωτή, το κανάλι, τον αποδιαμορφωτή, τον αποκωδικοποιητή καναλιού, τον αποκωδικοποιητή πηγής και τον προορισμό.

Με τη βοήθεια των τύπων του Nyquist και του Shannon είναι δυνατό να έχουμε ένδειξη για την ικανότητα μεταφοράς δεδομένων μέσα από αθόρυβο ή ενθόρυβο κανάλι αντίστοιχα.

Για τη μέτρηση της ταχύτητας μετάδοσης των δεδομένων μέσα από σύστημα επικοινωνίας, χρησιμοποιούνται όροι όπως ρυθμός μετάδοσης bit (bit rate), ρυθμός μετάδοσης συμβόλων (baud rate) και ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας (information rate) με διαφορετική σημασία ο καθένας.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Για τη μετάδοση δεδομένων μέσα από ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας:
 - α. Χρησιμοποιούνται μόνο ψηφιακά σήματα.
 - β. Χρησιμοποιούνται μόνο αναλογικά σήματα.
 - γ. Είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται ψηφιακά ή και αναλογικά σήματα.
2. Ποια τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών συστημάτων επικοινωνίας;
3. Σχεδιάστε το φάσμα συχνοτήτων σήματος, που περιέχει:
 - α. Τη συχνότητα 5 kHz.
 - β. Τις συχνότητες 5 kHz και 10 kHz.
 - γ. Τη συχνότητα 19 kHz και την περιοχή συχνοτήτων 23 έως 53 kHz.
4. Το άπειρο ενός ψηφιακού σήματος περιορίζει την ταχύτητα μετάδοσής του.

5. Αναφέρετε το είδος δεδομένων και σήματος, που χρησιμοποιείται σε καθεμία από τις παρακάτω περιπτώσεις:
 - α. Ραδιοφωνία AM.
 - β. Κλασσική τηλεφωνία.
 - γ. Τηλεφωνία ISDN.
 - δ. Εγγραφή μουσικού CD.
 - ε. Αντιγραφή μουσικού CD.
 - στ. Επικοινωνία πληκτρολογίου με υπολογιστή.
6. Σχεδιάστε το απλοποιημένο μοντέλο επικοινωνιακού συστήματος.
7. Ο τελικός σκοπός ενός ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας είναι η διαβίβαση μηνυμάτων, που προέρχονται από μια πηγή, σ' ένα σημείο προορισμού, με όσο γίνεται μεγαλύτερο και υψηλότερη
8. Στα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας, ο έλεγχος του σφάλματος επιτυγχάνεται με τη βοήθεια:
 - α. Του κωδικοποιητή και αποκωδικοποιητή πηγής.
 - β. Του κωδικοποιητή και αποκωδικοποιητή καναλιού.
 - γ. Του διαμορφωτή.
9. Ο μέγιστος ρυθμός, με τον οποίο είναι δυνατό να μεταδοθούν δεδομένα μέσα από επικοινωνιακό κανάλι ονομάζεται:
 - α. Εύρος ζώνης καναλιού.
 - β. Χωρητικότητα καναλιού.
 - γ. Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας.
10. Σε ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας χρησιμοποιείται κανάλι με εύρος ζώνης $B=4\text{kHz}$.
 - α. Ποιος ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης αν χρησιμοποιούνται 4 σύμβολα και το κανάλι είναι ιδανικό (χωρίς θόρυβο);
 - β. Αν το κανάλι είναι ενθόρυβο κι έχει λόγο $S/N=1000$, βρείτε τη χωρητικότητα του καναλιού. Τι εκφράζει ο ρυθμός που βρήκατε;
11. Ο ρυθμός μετάδοσης συμβόλων (baud rate):
 - α. Είναι μεγαλύτερος από το ρυθμό μετάδοσης bit.
 - β. Είναι μικρότερος ή και ίσος με το ρυθμό μετάδοσης bit.
 - γ. Είναι η μέγιστη ταχύτητα με την οποία μπορούν να μεταδοθούν δεδομένα μέσα από κανάλι.

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Roden M., *Analog and Digital Communication Systems*, 4th ed., Prentice Hall, 1996.
3. Stallings W., *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
4. Walrand J., *Δίκτυα Επικοινωνιών*, εκδ. Παπασωτηρίου, 1997.



ΜΕΣΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου
θα είστε ικανοί:

- Να διακρίνετε τα μέσα μετάδοσης, που χρησιμοποιούνται στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνιών.
- Να αναφέρετε τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε μέσου.
- Να γνωρίζετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα κάθε μέσου.
- Να αντιλαμβάνεστε και να εξηγείτε τα προβλήματα, που εμφανίζονται στη φυσική μετάδοση.
- Να γνωρίζετε τις παραμέτρους, που πρέπει να λαμβάνετε υπόψη σας στην επιλογή του μέσου μετάδοσης.

Εισαγωγή

Το μέσο μετάδοσης αποτελεί τη φυσική σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη της πληροφορίας σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Είναι ο δρόμος, από τον οποίο περνάει το σήμα, που στέλνει ο πομπός, μέχρι να το λάβει ο δέκτης. Στην βιβλιογραφία το συναντούμε πολλές φορές και ως γραμμή ή κανάλι μετάδοσης.

Ο καπνός, η φωτιά, οι συνθηματικές τυμπανοκρουσίες και η ανάκλαση ηλιακών ακτινών πάνω σε στιλπνές επιφάνειες είναι μερικά από τα μέσα μετάδοσης, που χρησιμοποιήθηκαν από τους αρχαίους λαούς για τη μεταβίβαση προσυμφωνημένων μηνυμάτων.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Ο Αισχύλος στην τραγωδία του «Αγαμέμνων» αναφέρει, ότι η άλωση της Τροίας έγινε γνωστή στις Μυκήνες με σειρά από φωτιές, που ανάφτηκαν διαδοχικά στις βουνοκορφές της Λήμνου, του Αγίου Όρους, της Εύβοιας και της Στερεάς Ελλάδας έως την Πελοπόννησο. Η μεταβίβαση μηνυμάτων με φωτιές είχε συστηματοποιηθεί για στρατιωτικούς, κυρίως, λόγους και οι φρυκτωρίες, όπως τις ονόμαζαν, αποτελούσαν το βασικό μέσο επικοινωνίας στις στρατιωτικές επιχειρήσεις, όπως για παράδειγμα στις εκστρατείες του Μ. Αλεξάνδρου.

Τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε **ενσύρματα** και **ασύρματα**. Τα ενσύρματα σχηματίζονται από μεταλλικούς αγωγούς, ενώ στα ασύρματα το μέσο μετάδοσης είναι ο ελεύθερος χώρος μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης συμπεριλαμβάνονται τα **χάλκινα**, τα **ομοαξονικά καλώδια** και οι **οπτικές ίνες** και στα ασύρματα οι **επίγειες** και **δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις**. Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη της τεχνολογίας χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων και τα συστήματα **κυψελωειδούς τηλεφωνίας**.

3.1 Μέσα Μετάδοσης

3.1.1 Ενσύρματα μέσα μετάδοσης

Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, μέχρι που έκαναν την εμφάνιση τους τα επίγεια και δορυφορικά μικροκυματικά συστήματα μετάδοσης.

Παλαιότερα, το δισύρματο καλώδιο ήταν το μοναδικό μέσο για τη μετάδοση πληροφορίας. Έτσι, οι πρώτες γραμμές μεταφοράς ήταν απλά χάλκινα σύρματα

χωρίς μόνωση, στηριγμένα σε μονωτήρες πορσελάνης πάνω σε ξύλινους στύλους. Με την αύξηση των γραμμών, ήταν απαραίτητη η συγκέντρωσή τους σε δέσμες, με συνέπεια τη δημιουργία των καλωδίων. Στα καλώδια οι γραμμές είναι κατάλληλα διαμορφωμένες (πλεγμένες μεταξύ τους), για να αποφεύγονται οι συνακροάσεις και προστατεύονται από εξωτερικές κακώσεις από ένα σκληρό, πλαστικό συνήθως, μανδύα. Ο μανδύας αυτός παρέχει και εξωτερική μόνωση. Τα καλώδια, όταν τοποθετούνται υπόγεια, προστατεύονται είτε μέσα σε σωλήνες, είτε σπλιζονται με χαλύβδινο περίβλημα. Στις αρτηρίες με πολύ μεγάλη κίνηση και στις υποβρύχιες ζεύξεις, παλαιότερα, χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά ομοαξονικά καλώδια, ενώ τα τελευταία χρόνια αντικαταστάθηκαν από καλώδια οπτικών ινών.

Χάλκινο Καλώδιο

Ο τεχνικός όρος του χάλκινου καλωδίου είναι συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων και αποτελείται είτε από συμπαγές χάλκινο σύρμα, είτε από νήματα χάλκινου σύρματος, τοποθετημένα σε πλαστικό περίβλημα σε διάφορους σχηματισμούς. Παλαιότερα, το πλέξιμο των ζευγών του χάλκινου σύρματος στο καλώδιο γίνονταν με τέτοιο τρόπο, ώστε να αναγνωρίζεται πιο καλώδιο ανήκει σε πιο ζεύγος και όχι για να αντιμετωπισθούν προβλήματα μετάδοσης. Παρόλα αυτά, για τη μετάδοση φωνής το χάλκινο καλώδιο ήταν αρκετά αξιόπιστο μέσο. Αποτέλεσμα αυτού είναι να υπάρχουν, σήμερα, χιλιάδες χιλιόμετρα χάλκινου καλωδίου στο τηλεφωνικό δίκτυο και να αποτελεί το πιο διαδεδομένο μέσο μετάδοσης.

Τα χάλκινα καλώδια, που έχουν εγκατασταθεί στο τηλεφωνικό δίκτυο, ήταν σχεδιασμένα, έτσι ώστε να λειτουργούν ως κατω-διαβατά φίλτρα. Να περνούν, δηλαδή, χωρίς εξασθένηση όλες οι συχνότητες φωνής, αλλά να εμποδίζεται η διέλευση συχνοτήτων έξω από τη ζώνη των φωνητικών. Αυτό όμως είχε καταστροφικά αποτελέσματα για τη μετάδοση δεδομένων, γιατί όπως θα εξηγήσουμε στη συνέχεια, η επίτευξη μεγάλων ταχυτήτων εξαρτάται από τη μετάδοση σε υψηλές συχνότητες.

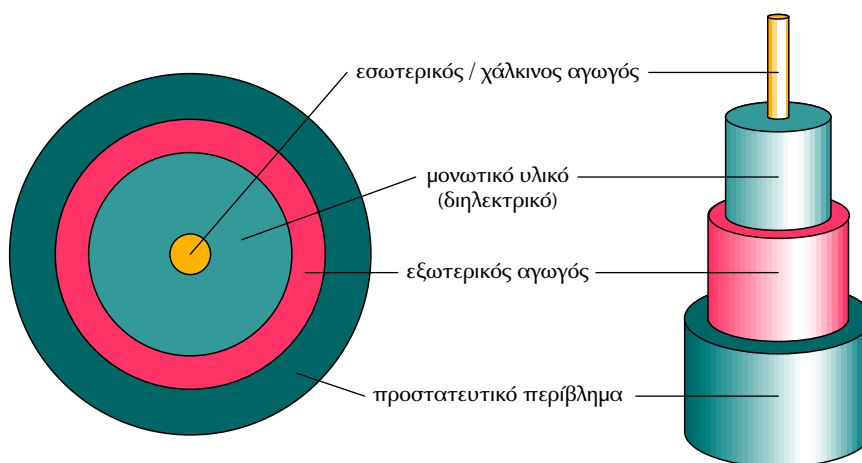


Σχήμα 3-1 Χάλκινα καλώδια

Ομοαξονικό Καλώδιο

Το ομοαξονικό καλώδιο αποτελείται από δύο αγωγούς. Ο κεντρικός αγωγός περιβάλλεται από τον εξωτερικό, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-2. Η ονομασία του

οφείλεται στο γεγονός, ότι οι δύο αγωγοί - κεντρικός και εξωτερικός - έχουν τον ίδιο άξονα. Γύρω από τον εξωτερικό αγωγό υπάρχει προστατευτικό και μονωτικό περίβλημα, ενώ ανάμεσα στον εσωτερικό αγωγό, που μεταφέρει το σήμα, και στον εξωτερικό υπάρχει διηλεκτρικό υλικό για την απομόνωσή τους. Λόγω της κατασκευής του ομοαξονικού καλωδίου, ο εσωτερικός αγωγός δέχεται πολύ μικρό ποσοστό θορύβου. Το ομοαξονικό καλώδιο προσφέρει υψηλό εύρος ζώνης (bandwidth, BW), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται ταχύτητες μετάδοσης υψηλότερες από ότι στα χάλκινα καλώδια. Το γεγονός αυτό δικαιολογεί, την ευρεία χρησιμοποίησή του στην καλωδιακή τηλεόραση και στις υπεραστικές συνδέσεις του τηλεφωνικού δικτύου.



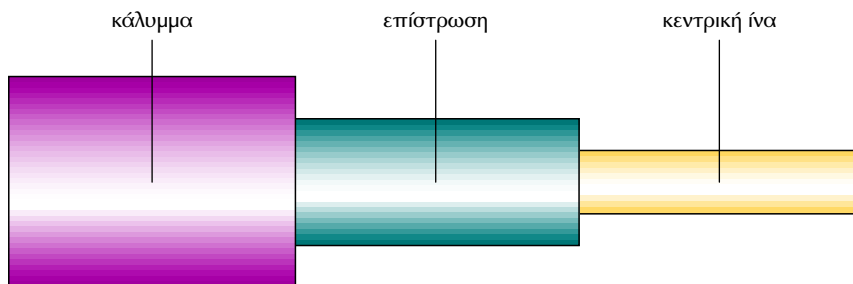
Σχήμα 3-2 Ομοαξονικό καλώδιο

Καλώδια Οπτικών Ινών

Η οπτική ίνα είναι το επόμενο μέσο μετάδοσης. Ενώ η μετάδοση σε χαλκό εκμεταλλεύεται συχνότητες στην περιοχή των MHz, η μετάδοση σε οπτικές ίνες αξιοποιεί συχνότητες ένα εκατομμύριο φορές μεγαλύτερες. Η περιοχή συχνοτήτων μετάδοσης αποτελεί την κύρια διαφορά μεταξύ ηλεκτρομαγνητικών και οπτικών κυμάτων και σε αυτήν οφείλεται η επίτευξη πολύ υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης στις οπτικές ίνες. Έτσι, ταχύτητες της τάξης των 9.9 Gbps έχουν γίνει κοινός τόπος σήμερα, ενώ αξίζει να αναφερθεί σαν παράδειγμα, ότι με αυτή τη ταχύτητα η εγκυκλοπαίδεια Britannica μπορεί να μεταδοθεί σε λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο.

Η αρχή λειτουργίας των οπτικών ινών βασίζεται στην ιδέα χρήσης της οπτικής ίνας, ως μέσο μετάδοσης και του φωτός ως φορέα μετάδοσης της πληροφορίας. Οι οπτικές ίνες κατασκευάζονται από γυαλί ή πλαστικό και έχουν την ιδιότητα να εγκλωβίζουν τη δέση φωτός (οπτικές ακτίνες) και να την οδηγούν στο

τέρμα της οπτικής ίνας. Οι ίνες αποτελούνται από τρεις ομόκεντρες κυλινδρικές οντότητες διηλεκτρικού υλικού: την κεντρική ίνα (πυρήνα), την επίστρωση και το κάλυμμα.

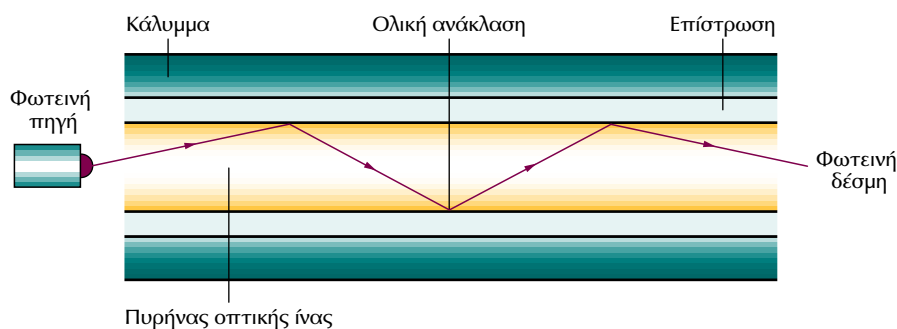


Σχήμα 3-3 Καλώδιο Οπτικών Ινών

Η φωτεινή δέσμη, που μεταφέρει την πληροφορία, μεταδίδεται μέσω της κεντρικής ίνας και οδεύει με διαδοχικές ανακλάσεις στα τοιχώματα της. Επειδή η μετάδοση γίνεται με ολικές ανακλάσεις, η ενέργεια της φωτεινής δέσμης παραμένει εγκλωβισμένη στην οπτική ίνα.

Τα καλώδια οπτικών ινών, τα οποία, συνήθως περιέχουν δεσμίδες οπτικών ινών, χρησιμοποιούνται, κυρίως, από τους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς για επίγειες και υποθαλάσσιες συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, αντικαθιστώντας τόσο τις γραμμές ομοαξονικών καλωδίων, όσο και τις επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις. Τα τελευταία χρόνια έχουν ποντισθεί πολλά καλώδια οπτικών ινών, με χωρητικότητα, η οποία ξεπερνά τα 30.000 κυκλώματα φωνής, για τη διασύνδεση ηπείρων. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν το καλώδιο BSFOCS, που εκτείνεται στην περιοχή της Μαύρης θάλασσας και συνδέει τη Βουλγαρία, Ουκρανία και Ρωσία, το καλωδιακό σύστημα SEA – ME – WE 3 (South East Asia – Middle East – West Europe), που ξεκινά από τη Δυτική Ευρώπη (Γερμανία, Μεγ. Βρετανία), περνά από τα στενά του Γιβραλτάρ στη Μεσόγειο (Ιταλία, Ελλάδα, Κύπρος) συνεχίζει από τα στενά του Σουέζ προς την Ασία (Ινδία, Σιγκαπούρη) και χωρίζεται σε δύο μέρη, με το ένα άκρο να καταλήγει στην Ιαπωνία και το άλλο στην Αυστραλία και το καλώδιο ADRIA-1, που συνδέει την Ελλάδα (Κέρκυρα), την Αλβανία (Durrës) και την Κροατία (Dubrovnik).

Οι οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται, επίσης, από ιδιωτικές εταιρίες σε τοπικά δίκτυα, σε πανεπιστημιακά δίκτυα κορμού, σε δίκτυα ευρείας περιοχής, σε δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, σε εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις σε ασφάλεια μετάδοσης, όπως οι στρατιωτικές και, τέλος, σε βιομηχανικές εφαρμογές, όπου υπάρχει υψηλός βιομηχανικός θόρυβος, στον οποίο οι οπτικές ίνες παρουσιάζουν ανοσία.



Σχήμα 3-4 Λειτουργία οπτικής ίνας

3.1.2 Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης

Οι ασύρματες ζεύξεις είναι ένας από τους σημαντικότερους τρόπους μετάδοσης, ο οποίος αναπτύχθηκε, αρχικά, για μετάδοση φωνής και τηλεοπτικών σημάτων, ενώ σήμερα χρησιμοποιείται και για την μετάδοση δεδομένων, ιδιαίτερα μέσω μικροκυματικών και δορυφορικών συνδέσεων.

Το βασικότερο πλεονέκτημα, που παρουσιάζουν τα ασύρματα μέσα μετάδοσης, είναι η έλλειψη εξάρτησής τους από τα υλικά μέσα, αφού δεν χρειάζεται η φυσική / υλική σύνδεση πομπού και δέκτη, επειδή ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ο ελεύθερος χώρος. Πρέπει, όμως, να τονισθεί, ότι να μην η χρησιμοποίηση του ελεύθερου χώρου τους προσδίδει ένα σημαντικό πλεονέκτημα, είναι, όμως, και πηγή ορισμένων αρκετά σημαντικών αδυναμιών και μειονεκτημάτων. Μεταξύ αυτών συμπεριλαμβάνονται η μεγάλη ισχύς, που απαιτούν οι πομποί για τη μετάδοση, η ευαισθησία στο θόρυβο και ο χαμηλός βαθμός ασφάλειας, που παρέχεται, αφού ο οποιοσδήποτε μπορεί να λαμβάνει τα εκπεμπόμενα σήματα χρησιμοποιώντας απλά μία κεραία και ένα δέκτη.

Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης, η εκπομπή του σήματος γίνεται σε δεδομένη συχνότητα ή σε σύνολο συχνοτήτων. Επειδή το φάσμα συχνοτήτων είναι περιορισμένο και, επομένως, οι συχνότητες αποτελούν σπάνιο εθνικό πόρο, για να γίνει εκπομπή σε κάποια συχνότητα, θα πρέπει πρώτα η συχνότητα να έχει ανατεθεί από τις αρμόδιες αρχές στον φορέα, που θα κάνει χρήση της. Η μετάδοση και η λήψη των μεταδιδόμενων σημάτων γίνεται από ειδικές κεραίες, οι οποίες συνδέονται με τον σταθμό λήψης και μετάδοσης. Στην περίπτωση, που το σήμα μεταδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, τότε μπορεί να ληφθεί από οποιαδήποτε κεραία (παράδειγμα το ραδιόφωνο, η τηλεόραση και τα συστήματα κυψελωειδούς τηλεφωνίας).

Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης ανήκουν οι επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις και τα συστήματα κυψελωειδούς τηλεφωνίας.

Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις

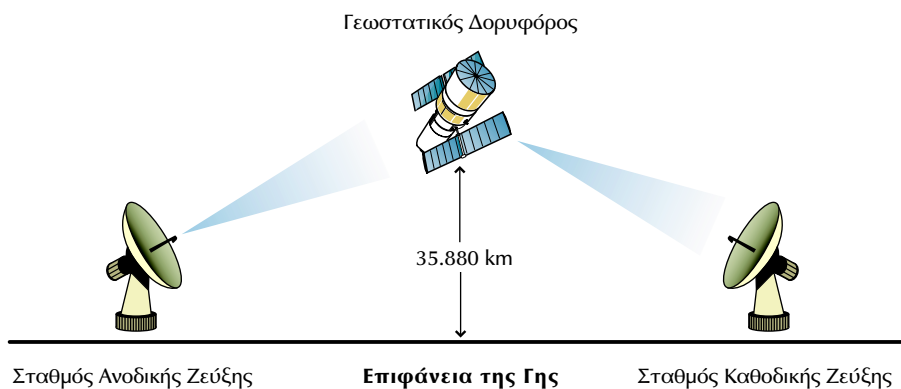
Οι επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις στηρίζονται στην κατευθυντική μετάδοση μικροκυμάτων στην περιοχή πολύ υψηλών συχνοτήτων (GHz). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιούν συχνότητες από 2 μέχρι 40 GHz, αν και τα περισσότερα συστήματα λειτουργούν στην περιοχή των 2 έως 18 GHz. Από πλευράς δεδομένων, οι ρυθμοί μετάδοσης ξεκινούν από μερικές δεκάδες Mbps (περιοχή 2 GHz) και μπορεί να φθάσουν τις μερικές εκατοντάδες Mbps (περιοχή 20 GHz).

Οι πομποί και οι δέκτες είναι παραβολικά πιάτα και χρησιμοποιούνται κυρίως από τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς και ιδιωτικά δίκτυα. Για να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων, απαιτείται οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη. Λόγω της απαιτούμενης οπτικής επαφής και της καμπυλότητας της γης απαιτούνται σταθμοί αναμετάδοσης κάθε 40-50 χιλιόμετρα περίπου.

Οι επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται, κυρίως, για μετάδοση τηλεοπτικού σήματος και φωνής, για μικρές από σημείο σε σημείο συνδέσεις, μεταξύ κτιρίων για κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης ή για συνδέσεις δεδομένων μεταξύ τοπικών δικτύων.

Δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις

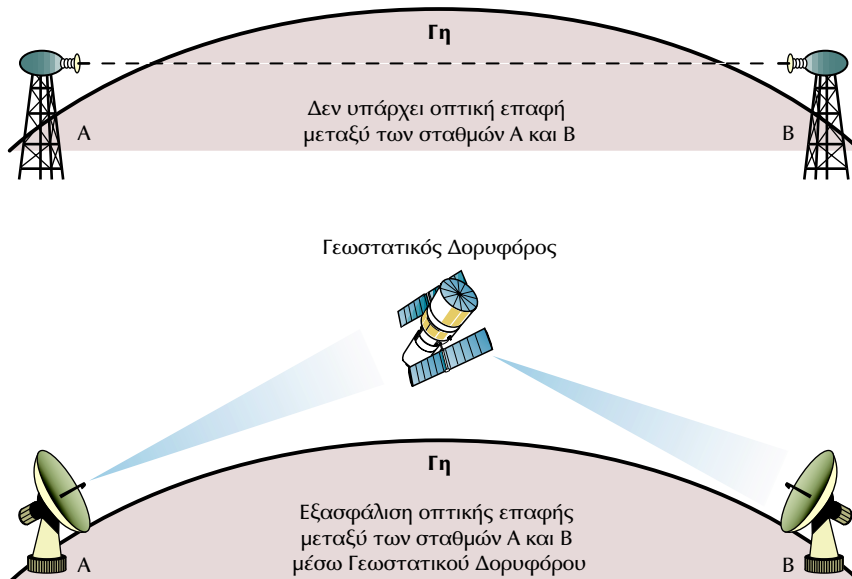
Οι δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις χρησιμοποιούν διαστημικούς σταθμούς αναμετάδοσης (δορυφόρους), οι οποίοι μπορούν να αναμεταδίδουν σήμα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Οι δορυφορικές ζεύξεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις **ανοδικές (uplink)** και **καθοδικές (downlink)**. Οι ανοδικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται για την αποστολή σημάτων από τους επίγειους σταθμούς στους δορυφόρους, ενώ οι δορυφόροι αναμεταδίδουν τα σήματα, που λαμβάνουν, στις καθοδικές ζεύξεις (Σχήμα 3-5). Η εκπομπή (broadcast) των καθοδικών ζεύξεων κάνει τα δορυφορικά συστήματα ελκυστικά για υπηρεσίες εκπομπής (broadcasting services), όπως η μετάδοση τηλεοπτικού σήματος.



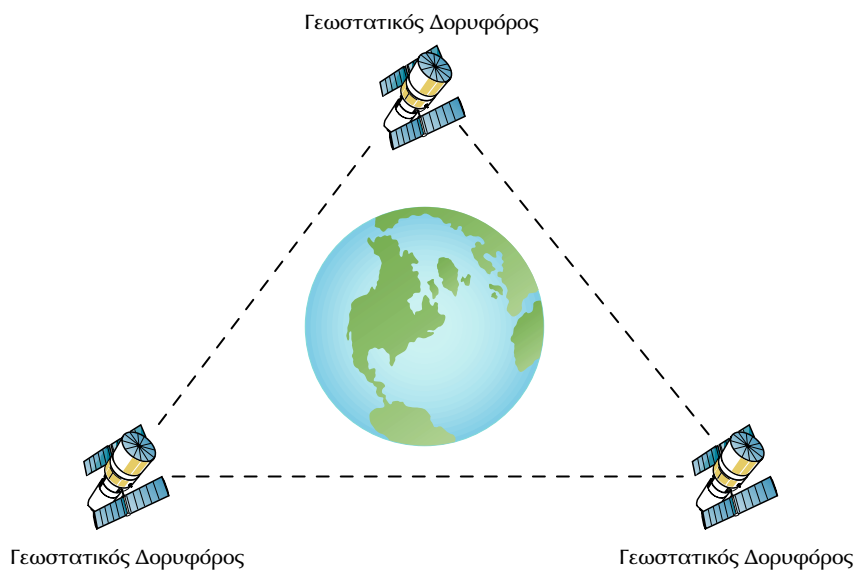
Σχήμα 3-5 Γεωστατικός δορυφόρος

Οι δορυφορικές επικοινωνίες ξεκίνησαν το 1958, όταν οι ΗΠΑ εκτόξευσαν το πρώτο δορυφόρο, ενώ η πρώτη μορφή εμπορικής εκμετάλλευσης εμφανίζεται με τον δορυφόρο Early Bird, που ετέθη σε τροχιά στις 6 Απριλίου του 1965. Οι πρώτοι δορυφόροι, λόγω της μειωμένης ισχύος των πυραύλων, που τους εκτόξευαν, τίθονταν σε τροχιά σε ύψος όχι μεγαλύτερο των 10 χιλιομέτρων από τη γη. Αποτέλεσμα ήταν οι δορυφόροι να κινούνται με ταχύτητα περιστροφής μεγαλύτερη από τη ταχύτητα περιστροφής της γης, με συνέπεια να μην βρίσκονται συνεχώς πάνω από το ίδιο σημείο. Το γεγονός αυτό καθιστούσε τα πρώτα δορυφορικά συστήματα προβληματικά αφού οι γήινοι σταθμοί έπρεπε να περιστρέφονται συνεχώς, για να παρακολουθούν τους δορυφόρους.

Σε εξέλιξη των συστημάτων αυτών κατασκευάστηκαν οι **γεωστατικοί δορυφόροι**, που τίθενται σε τροχιά σε ύψος 35.880 Km και κινούνται με την ίδια γωνιακή ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η γη (11.040 χλμ/ώρα). Έτσι, φαίνονται από την γη σαν ακίνητοι, μένοντας σταθεροί πάνω από το ίδιο σημείο της γης. Με αυτό τον τρόπο, οι επίγειοι σταθμοί δεν χρειάζεται να περιστρέφονται, καθώς οι δορυφόροι βλέπουν μόνιμα στο ίδιο σημείο. Οι επίγειοι σταθμοί, που επικοινωνούν με τους δορυφόρους αυτούς, στέλνουν προς αυτούς και δέχονται από αυτούς τηλεπικοινωνιακά σήματα ξεπερνώντας το εμπόδιο της καμπυλότητας της γης, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-6. Κάθε γεωστατικός δορυφόρος καλύπτει οριζοντια 120°, έτσι που με τρεις τέτοιους δορυφόρους καλύπτεται όλη η γη, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3-7. Οι ζώνες μετάδοσης, που χρησιμοποιούνται, είναι στα 4 – 6 GHz, 12-14 GHz και 19-29 GHz.



Σχήμα 3-6 Καμπυλότητα γης



Σχήμα 3-7 Κάλυψη γεωστατικών δορυφόρων

Κυψελοειδής Τηλεφωνία

Η κινητή ραδιοτηλεφωνία ήταν ο πρόδρομος της κυψελοειδούς τηλεφωνίας, αφού σε εξέλιξη των δικών της συστημάτων αναπτύχθηκαν τα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας. Η κινητή ραδιοτηλεφωνία εξυπηρετεί την επικοινωνία μεταξύ κινούμενων και σταθερών σταθμών, καθώς επίσης και μεταξύ κινούμενων σταθμών σε μικρές και μεσαίες αποστάσεις. Χρησιμοποιείται, κυρίως, για την επικοινωνία, μέσα σε πόλεις, διαφόρων υπηρεσιών όπως Αστυνομία, Πυροσβεστική, Πρώτες βοήθειες και ταξί. Οι συχνότητες, που χρησιμοποιούνται, βρίσκονται στην περιοχή 30 έως 900 MHz. Η εμβέλεια των συχνοτήτων αυτών περιορίζεται πολύ εξαιτίας της οπτικής επαφής, που απαιτείται μεταξύ πομπού και δέκτη και η οποία εξαρτάται από το ύψος των κεραιών των δύο σταθμών (σταθερού και κινητού). Επειδή το ύψος της κεραίας του κινητού σταθμού είναι περιορισμένο, η κεραία του σταθερού σταθμού τοποθετείται σε υψηλό σημείο, ώστε να είναι δυνατή η απαιτούμενη οπτική επαφή.

Το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο σύστημα κινητής ραδιοτηλεφωνίας τέθηκε σε εφαρμογή το 1946. Στο σύστημα αυτό, ένας ψηλός πύργος μετάδοσης ανορθώθηκε κοντά στο κέντρο μιας αστικής περιοχής. Κάθε όχημα μέσα στην περιοχή μπορούσε να δεσμεύσει ένα από τα διαθέσιμα κανάλια επικοινωνίας. Επειδή όμως ο αριθμός των διαθέσιμων καναλιών ήταν περιορισμένος και ο αριθμός των χρηστών συνεχώς μεγάλωνε, παρουσιάζονταν σημαντικά προβλήματα, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των συνδρομητών.

Η λύση σε αυτό το πρόβλημα ήταν το κυψελοειδές σύστημα κινητής ραδιοτηλεφωνίας. Σύμφωνα με το σύστημα αυτό, οι αστικές περιοχές διαιρούνται σε

εξάγωνα (κυψέλες), των οποίων η διάμετρος δεν υπερβαίνει τα μερικά χιλιόμετρα (1,5-13). Κάθε κυψέλη περιλαμβάνει πομπό χαμηλής ισχύος τοποθετημένο σε σταθερό σταθμό βάσης. Οι συχνότητες της κυψελοειδούς τηλεφωνίας βρίσκονται στην περιοχή των 900 και 1800 MHz και επιτρέπουν μεγάλο αριθμό από ταυτόχρονες συνδιαλέξεις ανά κυψέλη. Σε κάθε κυψέλη λειτουργεί σύνολο συχνοτήτων, που διαφέρει από τις συχνότητες των γειτονικών κυψελών. Οι κυψέλες εξυπηρετούνται συνήθως από δύο ομάδες τηλεφωνικών καναλιών, οι οποίες χορηγούνται για όλη την περιοχή. Τα κανάλια αυτά λαμβάνονται από τις εκχωρημένες ζώνες συχνοτήτων (περιοχές γύρω από τα 900 και 1800 MHz) και μοιράζονται στις διάφορες κυψέλες. Επειδή η ισχύς μετάδοσης σε συγκεκριμένη κυψέλη διατηρείται σε επίπεδο, τέτοιο ώστε να μπορεί να εξυπηρετείται μόνο η συγκεκριμένη κυψέλη, το ίδιο σύνολο συχνοτήτων μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλες κυψέλες της ίδιας περιοχής. Έτσι, τα ίδια τηλεφωνικά κανάλια χρησιμοποιούνται σε περισσότερες από μια κυψέλες, με την προϋπόθεση όμως ότι απέχουν αρκετά μεταξύ τους, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα παρεμβολών.

Στα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας, ένας κεντρικός υπολογιστής παρακολουθεί τους συνδρομητές, καθώς αυτοί κινούνται μέσα και μεταξύ των κυψελών. Στην περίπτωση, που κατά τη διάρκεια μιας κλήσης ένας συνδρομητής περάσει από μια κυψέλη σε γειτονική, το τηλεφωνικό κέντρο τον μεταγάει αυτόματα σε ελεύθερο κανάλι της νέας κυψέλης. Η μεταγωγή αυτή σχεδόν δεν γίνεται αντιληπτή από το συνδρομητή. Καθώς ο αριθμός των συνδρομητών αυξάνει, δημιουργείται η ανάγκη επαναχρησιμοποίησης των ίδιων καναλιών για την εξυπηρέτησή τους. Η επαναχρησιμοποίηση, όμως, αυτών προϋποθέτει τη διαίρεση των κυψελών σε μικρότερες κυψέλες, έτσι ώστε να αποφεύγονται προβλήματα παρεμβολών. Σήμερα, το σύστημα κυψελοειδούς τηλεφωνίας χρησιμοποιείται όχι μόνο για μετάδοση φωνής αλλά και δεδομένων (με χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης, της τάξης των μερικών Kbps) ακόμη και πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

3.2 Προβλήματα φυσικής μετάδοσης

Στόχος της μετάδοσης σε μία τηλεπικοινωνιακή ζεύξη είναι να ληφθεί στην έξοδο της τηλεπικοινωνιακής γραμμής η αρχική πληροφορία με τις λιγότερες δυνατές αλλοιώσεις.

Οι αλλοιώσεις, που παρουσιάζονται και, επομένως, η ποιότητα μετάδοσης σε μια τηλεπικοινωνιακή ζεύξη εξαρτώνται από τις παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται κατά τη μετάδοση και από τις παραμορφώσεις, που παθαίνει το σήμα. Άρα, το βασικότερο πρόβλημα, για να εξασφαλισθεί καλής ποιότητας μετάδοση, είναι ο περιορισμός των **παρασιτικών τάσεων** και των **παραμορφώσεων**.

Οι κάθε είδους παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται, αθροίζονται στατιστικά, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στην έξοδο της ζεύξης, εκτός από την ωφέλιμη ισχύ του σήματος, παρασιτική ισχύς, η οποία ονομάζεται **θόρυβος**. Οι αιτίες του θορύβου, που εμφανίζεται στις τηλεπικοινωνιακές ζεύξεις, μπορεί να είναι οι ηλεκτρικές

εκκενώσεις, που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα, οι επιδράσεις από γραμμές μεταφοράς ενέργειας και οι ανεπιθύμητες συζεύξεις μεταξύ κυκλωμάτων, οι οποίες συνιστούν ιδιαίτερο είδος θορύβου, που ονομάζεται **διαφωνία**. Ιδιαίτερη σημασία για την αξιοπιστία του συστήματος μετάδοσης έχει ο λόγος σήματος προς θόρυβο στην έξοδο της ζεύξης. Ενώ ο θόρυβος, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οφείλεται στις παρασιτικές τάσεις, που εμφανίζονται στη ζεύξη, η ωφέλιμη ισχύς του σήματος στην έξοδο της ζεύξης εξαρτάται από τις παραμορφώσεις, που υφίσταται το σήμα κατά τη μετάδοση του στο μέσο μετάδοσης. Σημαντικός παράγοντας εξασθένησης του σήματος είναι η **έλλειψη προσαρμογής στη γραμμή**, η οποία μπορεί να αποτελέσει και την αιτία δημιουργίας φαινομένων ηχούς. Η **ηχώ** μπορεί να θεωρηθεί είδος ενδογενούς θορύβου, που οφείλεται σε ατελή συμπεριφορά των διατάξεων μετάδοσης.

Επισημάνση

Τα σημαντικότερα προβλήματα, που συναντώνται στα μέσα μετάδοσης και προκαλούν την αλλοίωση του μεταδιδόμενου σήματος, είναι τα εξής:

- Έλλειψη προσαρμογής στη γραμμή
- Παραμορφώσεις
- Θόρυβος
- Διαφωνία
- Ηχώ

3.2.1 Προσαρμογή σύνθετης αντίστασης της γραμμής

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των δισύρματων καλωδίων είναι η **σύνθετη αντίσταση** (ωμική, επαγωγική και χωρητική) ή **εμπέδηση**, όπως αλλιώς ονομάζεται.

Κάθε καλώδιο εμφανίζει **ωμική αντίσταση**, που ανάλογα με το μέγεθός της, έχει άμεση επίπτωση στην εξασθένηση του μεταδιδόμενου σήματος. Η εξασθένηση οφείλεται σε απώλεια μέρους της ισχύος του σήματος πάνω στη γραμμή υπό μορφή θερμότητας. Η ωμική αντίσταση (R) εξαρτάται από το είδος του υλικού, το μήκος και τη διάμετρό του καλωδίου και αυξάνει, όταν αυξάνει το μήκος του καλωδίου, ενώ μειώνεται, όταν αυξάνεται η διάμετρός του.

Εκτός από την ωμική αντίσταση, οι δισύρματες γραμμές παρουσιάζουν επίσης επαγωγική (R_L) και χωρητική (R_C) αντίσταση. Η **επαγωγική αντίσταση** (R_L) εκφράζει, ουσιαστικά, την ιδιότητα του αγωγού να αντιδρά σε κάθε μεταβολή του μαγνητικού πεδίου γύρω από τον αγωγό. Είναι ανάλογη του μήκους της γραμμής, αλλά και της συχνότητας του σήματος που εισάγεται στη γραμμή. Το γεγονός, ότι η επαγωγική αντίσταση αυξάνεται με τη συχνότητα, έχει ως αποτέλεσμα σε υψηλές συχνότητες να παρατηρείται μεγάλη εξασθένηση, με συνέπεια η μετάδοση των δεδομένων στα δισύρματα καλώδια να γίνεται προβληματική στις υψηλές ταχύτητες.

Η **χωρητική αντίσταση** (R_C) οφείλεται στη χωρητικότητα, που εμφανίζεται μεταξύ των αγωγών. Η γραμμή, δηλαδή, συμπεριφέρεται, όπως ένας πυκνωτής, όπου το ρόλο των αγώγιμων πλακών παίζουν οι δύο αγωγοί και του διηλεκτρικού το μεταξύ τους μονωτικό υλικό. Η χωρητική αντίσταση μειώνεται, όταν αυξάνεται η συχνότητα. Επειδή, όμως, εμφανίζεται παράλληλα στη γραμμή, στις υψηλότερες συχνότητες του σήματος δημιουργεί μεγαλύτερες αποσβέσεις. Η χωρητικότητα εξαρτάται επίσης από το μήκος και τη διάμετρο των αγωγών καθώς και από τον τύπο του μονωτικού υλικού, που τους χωρίζει.

Ο συνδυασμός της ωμικής, χωρητικής και επαγωγικής αντίστασης εκφράζει τη **σύνθετη αντίσταση** της γραμμής (Z), η οποία δίνεται από τον τύπο:

$$Z^2 = R^2 + (R_L - R_C)^2$$

Όπως προκύπτει και από τον τύπο, η μικρότερη τιμή της Z εμφανίζεται, όταν η επαγωγική και χωρητική αντίσταση είναι ίσες. Ένα σημείο, το οποίο έχει ιδιαίτερη σημασία και πρέπει να τονισθεί ιδιαίτερα είναι, ότι, όταν αναφερόμαστε στην σύνθετη αντίσταση, πρέπει να αναφέρουμε και τη συχνότητα για την οποία μιλάμε. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, η χωρητική και επαγωγική αντίσταση της γραμμής εξαρτάται από τη συχνότητα, συνεπώς, είναι επακόλουθο και η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να εξαρτάται από τη συχνότητα.

Θεώρημα Μέγιστης Μεταφοράς Ισχύος

Στα συστήματα μετάδοσης, τόσο η έξοδος του πομπού όσο και η είσοδος του δέκτη χαρακτηρίζονται από μια σύνθετη αντίσταση. Για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος, πρέπει η σύνθετη αντίσταση της εξόδου του πομπού να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση της εισόδου του δέκτη. Κατά αναλογία, στην περίπτωση γραμμής μεταφοράς, για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος στον δέκτη, θα πρέπει η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση του δέκτη. Όταν ισχύει αυτό, λέμε ότι έχουμε προσαρμογή σύνθετων αντιστάσεων.

Ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα, για να κατανοήσουμε, σε τι χρειάζεται η προσαρμογή σύνθετων αντιστάσεων. Ας θεωρήσουμε το κύκλωμα του Σχήματος 3-8, που αποτελείται από ένα πομπό και ένα δέκτη. Αν η τάση (E) στην πηγή του πομπού είναι 3 Volt και οι αντιστάσεις γραμμής (R_i) και δέκτη (R) είναι 300 Ω , τότε η τάση στον δέκτη είναι:

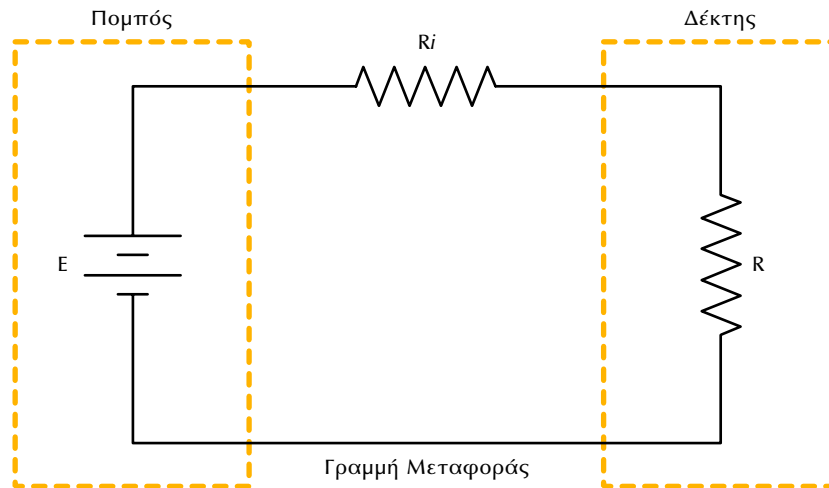
$$U_R = ER/(R+R_i) = 3 \times 300/600 = 1,5 \text{ V}$$

Και η ισχύς του σήματος στον δέκτη είναι $P = U_R^2/R = 7,5 \text{ mW}$.

Εάν, τώρα, η τερματική αντίσταση του δέκτη R γίνει 150 Ω , τότε η τάση και η ισχύς στον δέκτη θα είναι:

$$U_R = ER/(R + R_i) = 3 \times 150/450 = 1 \text{ V}$$

$$P = U_R^2/R = 6,6 \text{ mW}$$



Σχήμα 3-8 Κύκλωμα αναφοράς

Αν αυξήσουμε τη θερματική αντίσταση του δέκτη στα 600 Ω, τότε η τάση και η ισχύς στο δέκτη γίνονται:

$$U_R = ER/(R + R_i) = 3 \times 600/900 = 2 \text{ V}$$

$$P = U_R^2/R = 6,6 \text{ mW}$$

Άρα, είτε αυξήσουμε είτε μειώσουμε τη θερματική αντίσταση του δέκτη μιας γραμμής, η ισχύς στο δέκτη είναι μικρότερη από τη τιμή που έχει, όταν η αντίσταση της γραμμής και η θερματική αντίσταση του δέκτη είναι ίσες.

Ας εξετάσουμε, όμως, ποιοτικά το φαινόμενο, ώστε να δούμε τι συμβαίνει. Στην περίπτωση που δεν έχουμε προσαρμογή αντιστάσεων, η ενέργεια, που φθάνει στο τέρμα της γραμμής, δεν απορροφάται όλη από το δέκτη. Έτσι, τμήμα της ενέργειας ανακλάται στο τέρμα της γραμμής, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ανακλώμενο κύμα. Όταν το κύμα, που ανακλάστηκε στο τέρμα της γραμμής, φθάσει στην είσοδο, συναντά τη σύνθετη αντίσταση του πομπού. Εάν αυτή δεν είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση της γραμμής, δημιουργείται πάλι ένα νέο ανακλώμενο κύμα και το φαινόμενο επαναλαμβάνεται. Επομένως, για να έχουμε τη μέγιστη μεταφορά ισχύος, θα πρέπει η σύνθετη αντίσταση της γραμμής να είναι ίση με τη σύνθετη αντίσταση τερματισμού (δέκτη). Η προσαρμογή είναι η κατάσταση, που επιδιώκεται πάντα σε μια γραμμή.

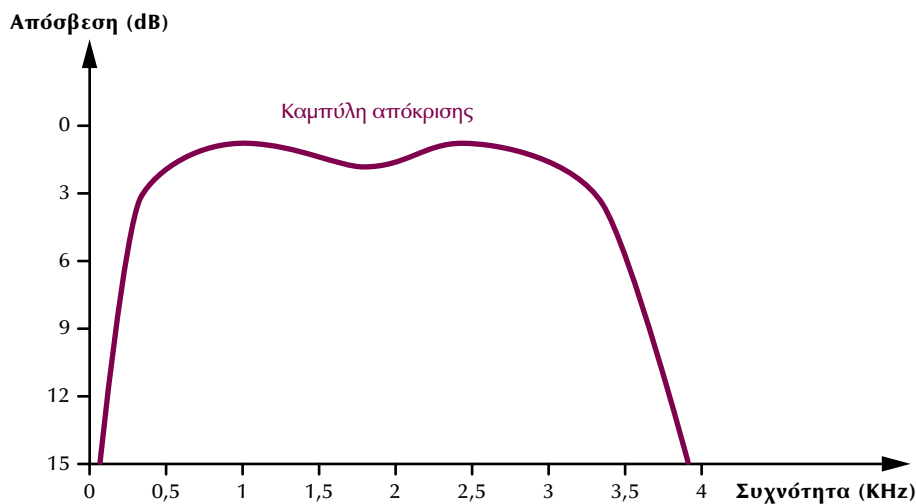
Επισημάνση

Όταν η γραμμή κλείνει σε σύνθετη αντίσταση ίση με τη σύνθετη αντίσταση της γραμμής και η εσωτερική αντίσταση της γεννήτριας, που τροφοδοτεί τη γραμμή, έχει την ίδια τιμή, λέμε, ότι έχουμε προσαρμογή στη γραμμή. Στην περίπτωση αυτή, μεταφέρεται η μέγιστη δυνατή ισχύς από τη γεννήτρια στην είσοδο της γραμμής και από τη γραμμή στο φορτίο.

3.2.2 Παραμορφώσεις

Παραμορφώσεις συμβαίνουν σε όλα τα μέσα μετάδοσης. Στα αναλογικά σήματα μεταφράζονται σε τυχαίες εξασθενήσεις, που μειώνουν την ποιότητα του σήματος, ενώ στα ψηφιακά σε λανθασμένα bits (bit errors), τα οποία μπορούν να ανιχνευθούν ή και να διορθωθούν.

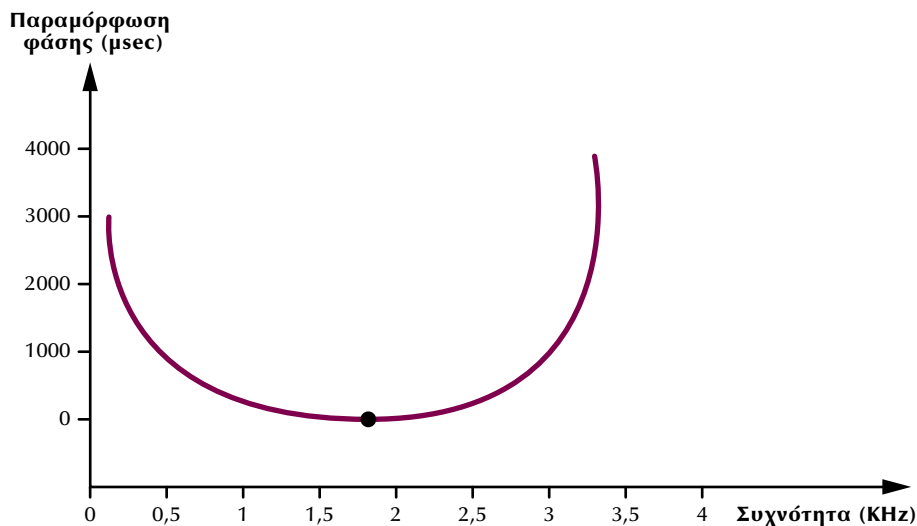
Τα σήματα μετάδοσης, που εισάγουμε στο μέσο μετάδοσης, αποτελούνται από πολλές συχνότητες. Κατά τη μετάδοση του σήματος στο φυσικό μέσο παρατηρούμε, ότι κάθε ξεχωριστή συχνότητα του σήματος υφίσταται διαφορετική εξασθένηση από τις άλλες. Στο Σχήμα 3-9 φαίνεται μία τυπική καμπύλη εξασθένησης τηλεφωνικής γραμμής (σε dB ανά χιλιόμετρο) σε σχέση με τη συχνότητα. Σε γραμμές, που παρουσιάζουν ανομοιόμορφη απόσβεση στις διάφορες συχνότητες, το σήμα λαμβάνεται στο δέκτη παραμορφωμένο. Η παραμόρφωση αυτή ονομάζεται **παραμόρφωση πλάτους (amplitude distortion)**. Στις τηλεφωνικές γραμμές η μεγαλύτερη εξασθένηση, παρουσιάζεται, συνήθως στις δύο ακραίες περιοχές συχνοτήτων. Η παραμόρφωση, η οποία παρουσιάζεται στις διάφορες συχνότητες, είναι αυτή, που καθορίζει και το εύρος ζώνης του μέσου.



Σχήμα 3-9 Εξασθένηση σε σχέση με τη συχνότητα

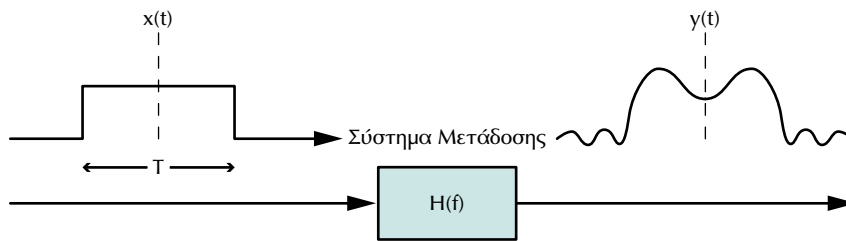
Για τη μεταφορά του σήματος από τη μία άκρη του τηλεπικοινωνιακού μέσου στην άλλη απαιτείται κάποιος χρόνος μετάδοσης. Η μεταβίβαση του σήματος δεν γίνεται ακαριαία. Στην περίπτωση, που η καθυστέρηση αυτή είναι διαφορετική για τις διάφορες συχνότητες του σήματος, παρατηρείται παραμόρφωση του σήματος στην έξοδο του τηλεπικοινωνιακού μέσου, που οφείλεται στο γεγονός, ότι κάθε συχνότητα χρειάζεται διαφορετικό χρόνο, για να φθάσει από την είσοδο της γραμμής στο τέρμα (άλλες συχνότητες φθάνουν νωρίτερα και άλλες αργότερα). Η παραμόρφωση αυτή ονομάζεται **παραμόρφωση φάσης (group delay)**.

Στο Σχήμα 3-10 δίνεται η διαφορετική συμπεριφορά της γραμμής στην καθυστέρηση μετάδοσης της κάθε συχνότητας. Σε βάση μέτρησης χρησιμοποιείται, συνήθως, ο χρόνος άφιξης της συχνότητας των 1800 Hz. Στον κατακόρυφο άξονα εκφράζεται η διαφορά του χρόνου άφιξης των διαφόρων συχνοτήτων σε μsec σε σχέση με αυτόν των 1800 Hz.



Σχήμα 3-10 Συμπεριφορά γραμμής στην καθυστέρηση μετάδοσης της κάθε συχνότητας

Όπως έχουμε αναφέρει στο 2ο Κεφάλαιο, τα προς μετάδοση δεδομένα παριστάνονται από μία σειρά από ορθογωνικούς παλμούς σε διαφορετικούς συνδυασμούς. Καθώς αυτοί οι παλμοί περνούν από το σύστημα μετάδοσης, υφίστανται παραμορφώσεις πλάτους και φάσης, με αποτέλεσμα στην έξοδο του συστήματος μετάδοσης να παίρνουμε ένα παραμορφωμένο παλμό μη ορθογωνικό και με μεγαλύτερη διάρκεια από τον αρχικό (Σχήμα 3-11).



Σχήμα 3-11 Παραμόρφωση ορθογωνικού παλμού κατά τη μετάδοσή του σε κανάλι επικοινωνίας

3.2.3 Θόρυβος

Θόρυβος χαρακτηρίζεται γενικά οποιοδήποτε σήμα σε ένα τηλεπικοινωνιακό κανάλι εκτός από το σήμα, που μεταφέρει την πληροφορία.

Οι κυριότερες πηγές θορύβου είναι:

- Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, που δημιουργούνται από γραμμές τροφοδοσίας συσκευών, όπως κινητήρες, ψυγεία, λυχνίες φθορισμού.
- Παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων, που προέρχονται από έντονα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κεραιών εκπομπής, π.χ. ραδιοφωνίας και τηλεόρασης.
- Ενδογενής θόρυβος, που προέρχεται από ατελή συμπεριφορά των διατάξεων μετάδοσης.

Το θόρυβο μπορούμε να τον κατατάξουμε σε πολλές κατηγορίες, οι σπουδαιότερες των οποίων είναι:

- Θερμικός θόρυβος, οφείλεται στη θερμική κίνηση των ηλεκτρονίων. Είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας και υπάρχει σε όλες τις συσκευές και μέσα μετάδοσης. Αναφέρεται επίσης και ως λευκός θόρυβος, γιατί είναι ομοιόμορφα καταμεμημένος στο φάσμα συχνοτήτων.
- Θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης είναι ο θόρυβος, που παράγεται, όταν σήματα διαφορετικών συχνοτήτων μοιράζονται το ίδιο φυσικό μέσο μετάδοσης.
- Θόρυβος συνακρόασης, οφείλεται σε μη επιθυμητή σύζευξη μεταξύ σημάτων, που ακολουθούν διαφορετικούς διαύλους (διαφωνία).
- Κρουστικός θόρυβος είναι ο ασυνεχής, μη προβλέψιμος θόρυβος, που τυπικά χαρακτηρίζεται από μικρή διάρκεια και υψηλές τιμές. Πηγές κρουστικού θορύβου είναι οι αστραπές και οι ηλεκτρικές μηχανές (βιομηχανικά παράσιτα).
- Θόρυβος κβαντοποίησης, που προέρχεται από τη μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και το αντίστροφο.

Τα διάφορα παρασιτικά σήματα προσθέτονται στατιστικά, και αποτελούν τον ολικό θόρυβο του σήματος.

Η απόλυτη στάθμη του θορύβου μετράται σε dBm, όπως και η στάθμη του χρήσιμου σήματος. Στην πράξη, αυτό που έχει σημασία είναι η στάθμη του θορύβου σε σχέση με τη στάθμη του χρήσιμου σήματος. Η παράμετρος αυτή ονο-

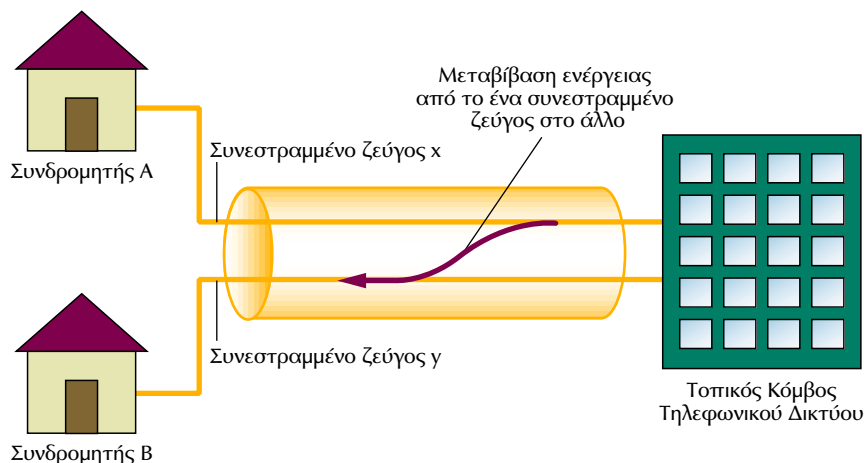
μάζεται «λόγος σήματος προς θόρυβο» και μετράται σε dB. Σε συνήθεις τηλεφωνικές γραμμές, λόγος σήματος προς θόρυβο μικρότερος από 20 dB θεωρείται κακός για μετάδοση δεδομένων, ενώ πάνω από 30 dB ικανοποιητικός.

3.2.4 Διαφωνία

Η διαφωνία αποτελεί ιδιαίτερο είδος θορύβου. Είναι η ανεπιθύμητη μεταβίβαση ενέργειας από ένα κανάλι σε άλλο, λόγω ηλεκτρικών, μαγνητικών ή γαλβανικών συζεύξεων μεταξύ των καναλιών. Το κανάλι, το οποίο μεταβιβάζει την ενέργεια, ονομάζεται παρενοχλόν κανάλι, ενώ το κανάλι, στο οποίο μεταβιβάζεται η ενέργεια, παρενοχλούμενο. Αποτέλεσμα της διαφωνίας είναι η μείωση της ποιότητας μετάδοσης τόσο στο παρενοχλόν όσο και στο παρενοχλούμενο κανάλι.

Μεταξύ δύο κυκλωμάτων υπάρχει ηλεκτρική ή μαγνητική σύζευξη, όταν το ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο του ενός κυκλώματος επιδρά στο άλλο κύκλωμα. Γαλβανική σύζευξη υπάρχει, όταν ρεύματα του ενός κυκλώματος ρέουν σε κανονική λειτουργία μέσω του άλλου κυκλώματος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι κυκλώματα, που χρησιμοποιούν τη γη σαν αγωγό επιστροφής των ρευμάτων, κυκλώματα, δηλαδή, που έχουν κοινό αγωγό επιστροφής.

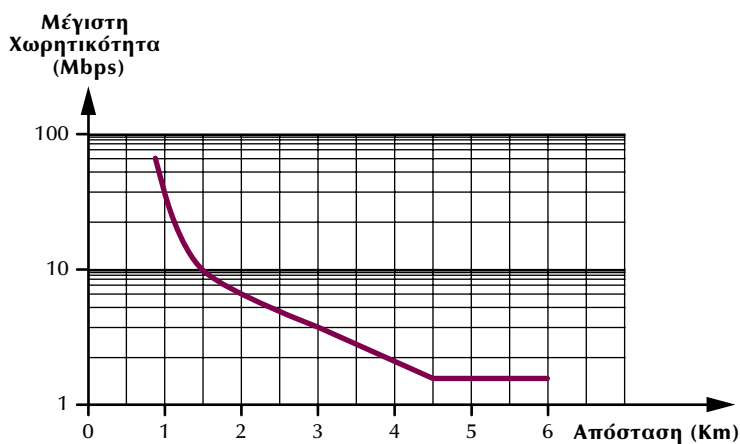
Για να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια της διαφωνίας, ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα. Ας θεωρήσουμε δύο συνδρομητές A και B του τηλεφωνικού δικτύου, οι οποίοι συνδέονται στον τοπικό κόμβο του τηλεφωνικού δικτύου με τα γειτονικά ζεύγη καλωδίων x και y αντίστοιχα (Σχήμα 3-12). Τα συνεστραμμένα ζεύγη x και y ανήκουν στο ίδιο καλώδιο. Κατά τη μετάδοση του σήματος στο συνεστραμμένο ζεύγος x από τον συνδρομητή A, τμήμα της ενέργειας συλλαμβάνεται από το συνεστραμμένο ζεύγος y του συνδρομητή B. Αυτό το τμήμα της ενέργειας αντιστοιχεί στη διαφωνία μεταξύ των γειτονικών συνεστραμμένων ζευγών x και y.



Σχήμα 3-12 Διαφωνία

Η διαφωνία διακρίνεται σε καταληπτή και μη καταληπτή. Στην καταληπτή διαφωνία η συνδιάλεξη, που διεξάγεται στην παρενοχλούσα γραμμή, είναι ολικά ή μερικά ευδιάκριτη στην παρενοχλούμενη γραμμή, ενώ στην μη καταληπτή διαφωνία ακούγονται μόνο ασυνάρτητοι φθόγγοι και παρασιτικοί ήχοι.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα την επίδραση της διαφωνίας στις τηλεφωνικές γραμμές, ας εξετάσουμε την παρακάτω περίπτωση. Ας θεωρήσουμε καλώδιο, το οποίο αποτελείται από 50 ζεύγη δισύρματων γραμμών και ας υποθέσουμε, ότι τα 49 ζεύγη γραμμών επιδρούν ταυτόχρονα στο ζεύγος αναφοράς. Στο Σχήμα 3-13 δίνεται η χωρητικότητα, του ζεύγους αναφοράς σε σχέση με το μέγιστο μήκος της γραμμής, σε περιβάλλον διαφωνίας. Έτσι, από το διάγραμμα του σχήματος μπορεί να διακρίνει κάποιος, ότι καθώς το μήκος της γραμμής αυξάνει από ένα 1 σε τρία 3 χιλιόμετρα, σε περιβάλλον διαφωνίας, η μέγιστη χωρητικότητα της γραμμής μειώνεται από 30 σε 3 Mbps.



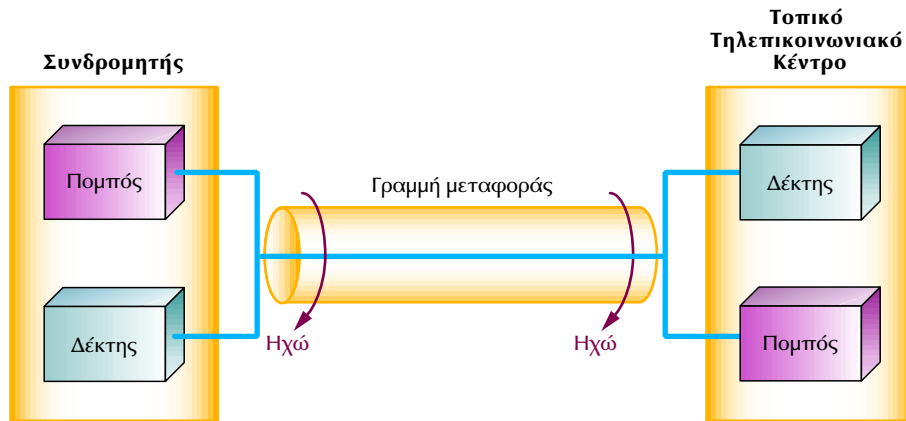
Σχήμα 3-13 Χωρητικότητα συναρτήσεως του μέγιστου μήκους μετάδοσης, σε συνθήκες διαφωνίας μεταξύ των γραμμών μεταφοράς

3.2.5 Ηχώ

Ηχώ είναι η επιστροφή τμήματος του σήματος στη πηγή δημιουργίας του. Στην περίπτωση φωνητικής τηλεφωνίας, εκφράζεται σαν την επιστροφή φωνής στον ομιλούντα, λόγω ανακλάσεως σε ορισμένα σημεία της γραμμής.

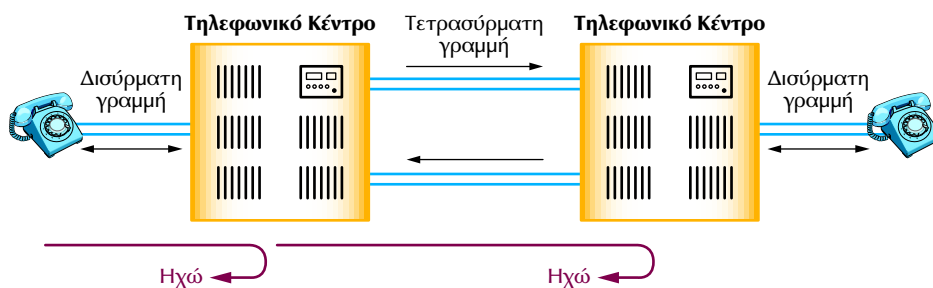
Ας εξετάσουμε την περίπτωση του Σχήματος 3-14, όπου συνδρομητής συνδέεται μέσω απλής δισύρματης τηλεφωνικής γραμμής στο τοπικό τηλεφωνικό κέντρο. Ο πομπός και ο δέκτης του συνδρομητή συνδέονται στη συνδρομητική γραμμή μέσω διακλάδωσης, η οποία επιτρέπει να περνούν σήματα και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Ανάλογη διακλάδωση υπάρχει και προς την πλευρά του τηλεφωνικού κέντρου. Η ανάκλαση του μεταδιδόμενου σήματος, είτε στη

διακλάδωση του συνδρομητή είτε στη διακλάδωση του τηλεφωνικού κέντρου, έχει ως αποτέλεσμα την επιστροφή τμήματος του σήματος πίσω στον εκπομπό. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ηχώ.



Σχήμα 3-14 Ηχώ

Η ηχώ γίνεται αντιληπτή, όταν μεσολαβεί ορισμένη χρονική καθυστέρηση μεταξύ του αρχικού και του ανακλώμενου σήματος. Για αυτό το λόγο, εξαρτάται από το μήκος της γραμμής και γίνεται τόσο περισσότερο ενοχλητική όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος της. Συνήθως δημιουργείται, όταν έχουμε αλλαγές στη σύνθετη αντίσταση μιας γραμμής, όπως στις περιπτώσεις κακής προσαρμογής μεταξύ γραμμών. Περίπτωση κακής προσαρμογής, που δημιουργεί ηχώ, είναι η σύνδεση δύο γραμμών διαφορετικής σύνθετης αντίστασης, για παράδειγμα ενός ομοαξονικού και ενός συνεστραμμένου καλωδίου ή μίας δισύρματης με μία τετρασύρματη γραμμή (Σχήμα 3-15).



Σχήμα 3-15 Δημιουργία ηχούς

3.3 Επιλογή μέσου μετάδοσης

Ο τελικός στόχος σε κάθε τηλεπικοινωνιακή ζεύξη είναι η μετάδοση της πληροφορίας από το ένα σημείο στο άλλο με τις **λιγότερες δυνατές αλλοιώσεις** και το **χαμηλότερο κόστος**. Αυτά αποτελούν και το βασικό παράγοντα επιλογής του μέσου μετάδοσης. Από τη μία πλευρά έχουμε τη μείωση του κόστους και από την άλλη την εξασφάλιση ελάχιστης ποιότητας, η οποία θα είναι αρκετή, προκειμένου να διασφαλίσει τα χαρακτηριστικά μετάδοσης, που απαιτούνται από την εφαρμογή μας. Το κόστος μετάδοσης εξαρτάται κυρίως από το είδος του μέσου μετάδοσης, αλλά και από την πολλαπλή εκμετάλλυσή του, δηλαδή από τη χρησιμοποίησή του για τη μετάδοση ταυτόχρονα μεγάλου αριθμού συνδρομητικών ζεύξεων. Η πολλαπλή εκμετάλλευση του μέσου μετάδοσης δεν εξαρτάται μόνο από τα βασικά χαρακτηριστικά μετάδοσης του μέσου, αλλά και από την εφαρμογή μεθόδων πολυπλεξίας στη συχνότητα, στο χρόνο ή στο μήκος κύματος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά, που χαρακτηρίζουν τα μέσα μετάδοσης, είναι τα ακόλουθα:

- Εύρος ζώνης συχνότητων
- Μέγιστο μήκος μέσου μετάδοσης
- Ευαισθησία στο θόρυβο
- Ευκολία χρήσης
- Ασφάλεια

Εύρος ζώνης συχνότητων: Κάθε μέσο μετάδοσης επιτρέπει τη μετάδοση σε ορισμένη περιοχή συχνότητων, την περιοχή μετάδοσής του. Για τη μετάδοση της πληροφορίας χορηγείται ορισμένη ζώνη μέσα σε αυτή την περιοχή. Από την ζώνη συχνότητων, που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση, εξαρτάται και ο ρυθμός μετάδοσης (ταχύτητες) και, επομένως, ο όγκος της πληροφορίας, που μπορεί να μεταφέρεται.

Το μέγιστο μήκος του μέσου μετάδοσης: Προσδιορίζει τη μέγιστη απόσταση, στην οποία μπορεί να μεταφερθεί η πληροφορία, χωρίς να γίνει χρήση αναμεταδοτών ή άλλων ενεργών στοιχείων που ενισχύουν το σήμα. Η μέγιστη απόσταση μεταφοράς της πληροφορίας εξαρτάται από τις απώλειες, που εισάγει το μέσο στα μεταδιδόμενα σήματα επικοινωνίας (πληροφορία). Θα πρέπει οι απώλειες να είναι τέτοιες, ώστε να επιτρέπεται η ορθή ανάκτηση ή αποκατάσταση του σήματος στην πλευρά του δέκτη, έτσι ώστε να μην υπάρχει αλλοίωση της μεταφερόμενης πληροφορίας.

Ευαισθησία στο θόρυβο: Προσδιορίζει την ευαισθησία, την οποία παρουσιάζει το μέσο σε θορύβους (οποιοδήποτε σήμα πλην του μεταδιδόμενου), που παρενοχλούν το προς μετάδοση σήμα.

Ευκολία χρήσης: Η ευκολία με την οποία επιτυγχάνεται η εγκατάσταση του μέσου, οι διάφορες διασυνδέσεις, οι έλεγχοι και η συντήρησή του.

Ασφάλεια: Προσδιορίζει το πόσο ασφαλές είναι το μέσο μετάδοσης από ανεπιθύμητες παρεμβολές και υποκλοπές.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι από τα παραπάνω χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης το εύρος ζώνης, η ευαισθησία στο θόρυβο και το μέγιστο μήκος δεν είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο, αλλά υπάρχει ισχυρή αλληλεξάρτηση μεταξύ τους. Για να γίνει αυτό περισσότερο κατανοητό, ας εξετάσουμε την περίπτωση του χάλκινου καλωδίου. Για να επιτευχθούν υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, θα πρέπει η μετάδοση να γίνει στην περιοχή υψηλών συχνοτήτων. Στο χάλκινο καλώδιο, όμως, οι υψηλές συχνότητες παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία και εξασθενίζουν πολύ πιο γρήγορα από ό,τι οι χαμηλές συχνότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μειώνεται το μέγιστο μήκος του μέσου μετάδοσης και να απαιτείται η χρήση αναμεταδοτών σε μικρότερες αποστάσεις.

Συνήθως, για την επιλογή του μέσου μετάδοσης πρωτεύοντα ρόλο παίζει η ποσότητα πληροφορίας, που μπορεί να μεταδοθεί, δηλαδή ο απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης. Ο ρυθμός αυτός, όπως έχει ήδη αναφερθεί, εξαρτάται από τις συχνότητες διέλευσης του μέσου. Επομένως, η γνώση της περιοχής συχνοτήτων, στην οποία είναι δυνατή η μετάδοση σε καθένα από τα παραπάνω μέσα, δίνει πολύτιμες πληροφορίες και δικαιολογεί τις διαφορές, που παρουσιάζονται στις επιτευχθείσες ταχύτητες μετάδοσης. Αξίζει να αναφέρουμε ως παράδειγμα, ότι ο σημαντικότερος λόγος για τον οποίο τα καλώδια οπτικών ινών έχουν πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα από τα άλλα μέσα, είναι ότι χρησιμοποιούν ως μέσο μετάδοσης το φως, η συχνότητα του οποίου βρίσκεται στην περιοχή των TeraHertz (10^{12} Hertz). Αυτό σημαίνει, ότι η οπτική ίνα μπορεί να μεταφέρει τρισεκατομμύρια bit ανά δευτερόλεπτο.

Προκειμένου να γίνει επιλογή του μέσου μετάδοσης, που θα χρησιμοποιήσουμε, πρέπει να εξετασθούν εκτός από τη τοπολογία του συστήματος που θα υλοποιήσουμε, τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και το κόστος (εγκατάστασης και λειτουργίας) των κατάλληλων μέσων. Με αυτό το τρόπο, γνωρίζοντας τις απαιτήσεις του συστήματος μας μπορούμε να επιλέξουμε τη καλύτερη λύση.

Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μέσων μετάδοσης εξετάζοντας την συμπεριφορά τους με βάση τα γενικά χαρακτηριστικά, που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

3.3.1 Χάλκινο καλώδιο

Τα χάλκινα καλώδια έχουν εύρος ζώνης μερικών εκατοντάδων ΚHz και μέγεθος, που εξαρτάται από τη διάμετρο των συρμάτων. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος, τόσο αυξάνει και το εύρος ζώνης. Χρησιμοποιούνται, κυρίως, για συνδέσεις κοντινών αποστάσεων. Η σχετικά μεγάλη ευαισθησία του σε περιβάλλον θορύβου, αντιμετωπίζεται από τις τεχνικές εγκαταστάσεις των καλωδίων αυτών. Η χωρητικότητα του χάλκινου καλωδίου εξαρτάται από τη διάμετρο του καλωδίου, το μήκος του κυκλώματος και την απόσταση μεταξύ των αναμεταδοτών. Στο χάλκινο καλώδιο υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί όσον αφορά το μήκος της γραμμής και αυτό επειδή, όταν αυξάνεται το μήκος της γραμμής, αυξάνει η εξασθένηση του σήματος.

Το χάλκινο καλώδιο είναι ο απλούστερος κατασκευαστικά τύπος μέσου μετάδοσης και χρησιμοποιείται ευρέως, διότι είναι φθηνό και εύκολο στη χρήση και εγκατάσταση. Επίσης αποτελεί ώριμη τεχνολογία, ευρέως γνωστή και διαδεδομένη.

Πλεονεκτήματα

1. Εύκολο στη χρήση και εγκατάσταση
2. Μειωμένο Κόστος
3. Ευρέως διαδεδομένο

Μειονεκτήματα:

1. Ευαισθησία στο θόρυβο
2. Μικρότερη χωρητικότητα από το ομοαξονικό καλώδιο

3.3.2 Ομοαξονικό καλώδιο

Το ομοαξονικό καλώδιο έχει μεγάλη διάμετρο, με αποτέλεσμα να γίνεται δύσκολο στην εγκατάστασή του και να παρουσιάζει σχετική μηχανική δυσκαμψία. Επίσης, λόγω της μορφολογίας του, είναι δύσκολη η επίτευξη συνδέσεων, με αποτέλεσμα να επιδέχεται μόνο ειδικούς τύπους συνδέσμων. Το γεγονός, ότι η διάμετρος του είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του χάλκινου καλωδίου, από τη μία πλευρά αυξάνει τη χωρητικότητα του και τη μέγιστη απόσταση μετάδοσης, από την άλλη, όμως, αυξάνει και το κόστος του. Η χωρητικότητα του εξαρτάται, εκτός από τη διάμετρό του, και από το μήκος του κυκλώματος και την απόσταση των αναμεταδοτών. Όσον αφορά τη μέγιστη απόσταση της γραμμής, δεν παρουσιάζονται τόσοι περιορισμοί όσοι στο χάλκινο καλώδιο, όμως η χρήση αναμεταδοτών και άλλων ενεργών στοιχείων είναι απαραίτητη για τη μετάδοση υψηλών συχνοτήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, παρουσιάζει μεγαλύτερη ασφάλεια στην επικοινωνία από ό,τι το χάλκινο καλώδιο.

Πλεονεκτήματα

1. Μεγαλύτερη χωρητικότητα από ό,τι τα χάλκινα καλώδια
2. Μικρότερη ευαισθησία στις παρεμβολές από ό,τι το χάλκινο καλώδιο
3. Μεγαλύτερη ασφάλεια από ό,τι τα χάλκινα καλώδια

Μειονεκτήματα:

1. Υψηλοί ρυθμοί εξασθένησης το καθιστούν ακριβό για μεγάλες αποστάσεις
2. Περισσότερο ογκώδες και πιο ακριβό από το χάλκινο καλώδιο
3. Μηχανική δυσκαμψία και δυσκολία συνδέσεων

3.3.3 Οπτική Ίνα

Οι οπτικές ίνες φαίνεται να είναι σήμερα η καλύτερη λύση στα μέσα μετάδοσης και αυτό γιατί τα πλεονεκτήματα, που παρουσιάζουν, σε σχέση με τα άλλα μέσα είναι ιδιαίτερα σημαντικά.

Οι οπτικές ίνες διαθέτουν πολύ μεγάλο εύρος ζώνης συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης (της τάξης των Gbps). Συνήθεις ταχύτητες μετάδοσης είναι αυτές των 2 και 10 Gbps, ενώ έχουν επίσης αναπτυχθεί συστήματα των 20, 40 και 50 Gbps. Σε περίπτωση πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος, οι ταχύτητες φθάνουν στα μερικά Tbps. Επίσης, δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, με αποτέλεσμα να συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικό περιβάλλον και σε χώρους με υψηλό θόρυβο. Η εξασθένηση των σημάτων είναι μικρότερη από ό,τι στα χάλκινα και ομοαξονικά καλώδια, με αποτέλεσμα οι αποστάσεις μεταξύ ενισχυτών ή άλλων ενεργών στοιχείων να κυμαίνονται από μερικά μέχρι και μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, ανάλογα με τη τεχνική και το ρυθμό μετάδοσης. Η υποκλοπή ή η παρεμβολή πληροφορίας είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθούν, με αποτέλεσμα οι οπτικές ίνες να συνιστούν πολύ ασφαλές μέσο μετάδοσης. Επίσης, το βάρος και ο όγκος τους είναι σημαντικά μικρότερος από τα αντίστοιχα μεγέθη των άλλων αγωγών. Αξίζει να αναφέρουμε, σαν παράδειγμα, ότι χάλκινο καλώδιο με 1000 ζεύγη και μήκος 500 μέτρων ζυγίζει περίπου 4000 κιλά, ενώ οπτική ίνα του ίδιου μήκους, που περιέχει τον ίδιο αριθμό καναλιών, ζυγίζει μόνο 45 κιλά. Επιπλέον, δεν είναι ευαίσθητη σε υγρό περιβάλλον, όπου τα χάλκινα καλώδια μπορεί να δημιουργήσουν βραχυκυκλώματα και διαφωνίες. Επειδή η οπτική ίνα δεν μεταφέρει ηλεκτρικό σήμα, προτιμάται σε περιοχές υψηλού κίνδυνου εκρήξεων από σπινθήρες (χώροι καυσίμων, εύφλεκτων αερίων κλπ.).

Συμπερασματικά, θα πρέπει να αναφέρουμε, ότι τα καλώδια οπτικών ινών παρουσιάζουν ίδιες μηχανικές ιδιότητες με τα ομοαξονικά, αλλά είναι ελαφρότερα σε βάρος, μικρότερα σε διάμετρο και οι αποστάσεις μεταξύ των επαναληπτών είναι μεγαλύτερες. Ένα από τα βασικότερα μειονεκτήματα, που παρουσιάζουν οι οπτικές ίνες, είναι η δυσκολία υλοποίησης συνδέσεων, επειδή απαιτείται

υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής, για να μην υπάρχει διασπορά και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Όμως, η πρόοδος της τεχνολογίας, που έχει σημειωθεί τα τελευταία χρόνια στην περιοχή των οπτικών ινών, αντιμετώπισε με επιτυχία την παραπάνω δυσκολία, με αποτέλεσμα να είναι δυνατή η χρήση τους και για συνδέσεις σημείου προς πολλά σημεία. Παρόλα αυτά, η χρήση τους σε τέτοιες συνδέσεις δεν έχει ακόμη ευρέως εξαπλωθεί, ιδιαίτερα λόγω του αυξημένου κόστους, που παρουσιάζουν τέτοια συστήματα.

Πλεονεκτήματα

1. Μεγάλη χωρητικότητα της τάξης των Gbps
2. Με νέες τεχνικές πολυπλεξίας με διαίρεση μήκους κύματος (Wave division Multiplexing) επιτυγχάνονται ταχύτητες της τάξης των Tbps.
3. Μικρό μέγεθος και βάρος
4. Χαμηλή εξασθένηση
5. Απρόσβλητη σε περιβαντολλογικές παρεμβολές
6. Υψηλή ασφάλεια – δυσκολία στις υποκλοπές
7. Μεγάλες εγκαταστάσεις μειώνουν το κόστος

Μειονεκτήματα:

1. Δυσκολία στη σύνδεση, με συνέπεια την ανάγκη ύπαρξης επιδέξιων εγκαταστατών
2. Δυσκολία διασύνδεσης πολλών χρηστών πάνω σε ένα καλώδιο
3. Ακριβές για μικρές αποστάσεις

3.3.4 Επίγειες Μικροκυματικές Ζεύξεις

Οι μικροκυματικές ζεύξεις παρουσιάζουν μεγάλη ευαισθησία στο περιβαντολλογικό θόρυβο και ιδιαίτερα στην κακοκαιρία. Αξίζει να αναφερθεί, ότι μία καταιγίδα είναι ικανή ακόμα και να διακόψει τη ζεύξη. Επίσης, επειδή απαιτείται η οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη, για ζεύξεις μεγάλων αποστάσεων είναι αναπόφευκτη η χρήση αλληπάλληλων αναμεταδοτών.

Οι μικροκυματικές ζεύξεις προσφέρουν αξιόλογη χωρητικότητα μετάδοσης, που συνήθως ξεπερνά τα 6 Gbps, ενώ συνήθεις ρυθμοί μετάδοσης είναι αυτοί των 1,5 και 45 Mbps. Σχετικά με την ασφάλεια μετάδοσης, όπως και όλα τα άλλα ασύρματα μέσα, προσφέρουν χαμηλή ασφάλεια, με συνέπεια να είναι αναγκαία η κρυπτογράφηση της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Το κόστος του εξοπλισμού τέτοιων συστημάτων είναι μεγάλο. Παρόλα αυτά συγκρινόμενες με τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης, πολλές φορές αποδεικνύονται ελκυστικότερες αν αναλογιστούμε τα προβλήματα, που παρουσιάζονται στα ενσύρματα μέσα μετάδοσης και αφορούν δικαιώματα διέλευσης, άνοιγμα φρεατίων, τοποθέτηση καλωδίων και συνδέσεων. Άλλος παράγοντας, που μπορεί να συνηγορήσει υπέρ της χρή-

σης των ασύρματων ζεύξεων, είναι η μορφολογία του εδάφους των περιοχών, που θέλουμε να συνδέσουμε.

Πλεονεκτήματα

1. Δεν χρειάζεται καλωδίωση
2. Μεγάλη χωρητικότητα
3. Μετάδοση πολλαπλών καναλιών

Μειονεκτήματα:

1. Απαιτείται οπτική επαφή
2. Ακριβοί πύργοι και αναμεταδότες
3. Παρεμβολές από διερχόμενα αεροπλάνα και βροχή
4. Μικρή ασφάλεια, εύκολη υποκλοπή

3.3.5 Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις

Οι δορυφορικές ζεύξεις διατηρούν και αυτές τα μειονεκτήματα των ασύρματων μέσων μετάδοσης, δηλαδή χαμηλή ασφάλεια, ευαισθησία σε παρεμβολές και αυξημένο κόστος εξοπλισμού. Παρόλα αυτά, λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν, παραμένουν αρκετά ελκυστικές, ιδιαίτερα για υπηρεσίες εκπομπής (broadcasting).

Πλεονεκτήματα

1. Καλύπτουν μεγάλη γεωγραφική περιοχή
2. Προσφέρουν μεγάλη χωρητικότητα της τάξης των 45 Mbps, η οποία όμως συγκρινόμενη με τη χωρητικότητα των οπτικών ινών είναι μικρή.
3. Είναι ανεξάρτητες από την απόσταση των σημείων, που θέλουμε να διασυνδέσουμε
4. Είναι φθηνές για επικοινωνίες μεγάλων αποστάσεων, αφού είναι ανεξάρτητες της απόστασης

Μειονεκτήματα:

1. Μεγάλο αρχικό κόστος
2. Ευαισθησία στο θόρυβο και παρεμβολές
3. Καθυστέρηση μετάδοσης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται σημαντικές καθυστερήσεις στις επικοινωνίες υπολογιστών.
4. Χαμηλή ασφάλεια

Στους παρακάτω πίνακες δίνονται συγκεντρωτικά τυπικά χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης. Στον Πίνακα 3-1 συγκρίνουμε τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης, ενώ στον Πίνακα 3-2 τα ασύρματα με τις οπτικές ίνες.

Χαρακτηριστικά	Χάλκινο καλώδιο	Ομοαξονικό	Οπτική ίνα
Ρυθμός Μετάδοσης	Χαμηλοί / Μέτριοι	Μέτριοι / Υψηλοί	Υψηλοί / Πολύ υψηλοί
Μήκος καλωδίου	Μικρό / Μέτριο	Μέτριο	Μεγάλο
Διαθεσιμότητα	Πολύ Μεγάλη	Μέτρια	Μέτρια
Πολυπλοκότητα διασύνδεσης	Χαμηλή	Μέτρια	Υψηλή
Ασφάλεια	Μεσαία / Υψηλή	Μεσαία / Υψηλή	Υψηλή
Κόστος	Χαμηλό	Χαμηλό / Μέτριο	Υψηλό

Πίνακας 3-1 Χαρακτηριστικά Ενσύρματων μέσων μετάδοσης

Χαρακτηριστικά	Οπτική Ίνα	Επίγειες ζεύξεις	Δορυφορικές ζεύξεις
Ευαισθησία στις παρεμβολές	Απρόσβλητη	Μεγάλη	Μεγάλη
Ασφάλεια	Μεγάλη	Χαμηλή Απαιτείται κρυπτογράφηση της πληροφορίας	Χαμηλή Απαιτείται κρυπτογράφηση της πληροφορίας
Δυνατότητα διασύνδεσης σημείου προς πολλά σημεία	Τεχνικά δεν υπάρχει πρόβλημα, όμως το κόστος παραμένει υψηλό	Χρησιμοποιούνται, κυρίως, για συνδέσεις σημείο με σημείο	Υλοποιείται εύκολα
Διασύνδεση με τους χρήστες	Απαιτείται συνδρομητικό δίκτυο	Με κεραιές, που εγκαθίστανται στους χρήστες	Με κεραιές, που εγκαθίστανται στους χρήστες

Πίνακας 3-2 Χαρακτηριστικά ασύρματων μέσων μετάδοσης και οπτικών ινών

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Το μέσο μετάδοσης αποτελεί τη φυσική σύνδεση μεταξύ του εκπομπού και του παραλήπτη της πληροφορίας σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε ενσύρματα και ασύρματα. Στα ενσύρματα ανήκουν τα χάλκινα καλώδια, τα ομοαξονικά και οι οπτικές ίνες, ενώ στα ασύρματα οι επίγειες και δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις και τα συστήματα κυψελοειδούς τηλεφωνίας.

Τα βασικότερα προβλήματα, που παρουσιάζονται, στα μέσα μετάδοσης είναι:

- Έλλειψη προσαρμογής στη γραμμή
- Παραμορφώσεις
- Διαφωνία
- Θόρυβος
- Ηχώ

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης είναι το εύρος ζώνης συχνοτήτων, το μέγιστο μήκος, η ευαισθησία στο θόρυβο, η ευκολία χρήσης και η ασφάλεια. Για την επιλογή του μέσου μετάδοσης εξετάζουμε ποιο, με βάση τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, είναι το καταλληλότερο για την τοπολογία του συστήματος, που θα υλοποιήσουμε. Στην επιλογή του μέσου μετάδοσης σημαντικό παράγοντα παίζει και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Σε ποιες κατηγορίες διακρίνουμε τα μέσα μετάδοσης;
2. Ποια είναι τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης;
3. Ποια είναι τα ασύρματα μέσα μετάδοσης;
4. Ποια τα βασικότερα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα, που παρουσιάζουν τα ασύρματα μέσα;
5. Ποια είναι τα προβλήματα μετάδοσης;
6. Τι εννοούμε, όταν λέμε προσαρμογή στη γραμμή;
7. Δώστε τη φυσική ερμηνεία του φαινομένου προσαρμογής στη γραμμή;
8. Τι είναι ο θόρυβος και που οφείλεται;
9. Ποια είδη θορύβου γνωρίζετε;
10. Που οφείλονται και πόσα είδη παραμορφώσεων γνωρίζετε;
11. Τι είναι η διαφωνία και τι η ηχώ;

12. Σε ποιες κατηγορίες κατατάσσεται η διαφωνία ;
13. Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των μέσων μετάδοσης;
14. Πως σχετίζεται ο ρυθμός μετάδοσης με την περιοχή συχνοτήτων, που γίνεται η εκπομπή;
15. Αναφέρετε τα βασικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των:
 - Οπτικών ινών
 - Χάλκινων καλωδίων
 - Ομοαξονικών
 - Δορυφορικών μικροκυματικών ζεύξεων
 - Επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων
16. Ποια ζώνη συχνοτήτων επιτρέπει να περνά το χάλκινο καλώδιο του τηλεφωνικού δικτύου;
 - α. Μικροκύματα
 - β. Ραδιοκύματα
 - γ. Φωνητικές συχνότητες
17. Ποιο είναι το μέσο μετάδοσης στις οπτικές ίνες;
 - α. Νήμα χάλκινου σύρματος
 - β. Οπτική ίνα από γυαλί ή πλαστικό
 - γ. Ηλεκτρικό ρεύμα
 - δ. Φως
18. Ποιος είναι ο φορέας μετάδοσης στις οπτικές ίνες;
 - α. Ηλεκτρικό ρεύμα
 - β. Ηλεκτρική τάση
 - γ. Οπτική ίνα από γυαλί ή πλαστικό
 - δ. Φως
19. Από τι αποτελούνται οι οπτικές ίνες;
 - α. Από δύο ομόκεντρους μεταλλικούς αγωγούς
 - β. Από δύο ομόκεντρες οπτικές ίνες
 - γ. Από την κεντρική ίνα, την επίστρωση και το κάλυμμα
20. Ποιο μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ευρέως σε δι-ηπειρωτικές ζεύξεις;
 - α. Ομοαξονικό καλώδιο
 - β. Οπτική ίνα
 - γ. Χάλκινο καλώδιο
21. Ποια από τα παρακάτω χαρακτηρίζουν τα ασύρματα μέσα μετάδοσης;
 - α. Ευαισθησία στο θόρυβο
 - β. Χαμηλός βαθμός ασφάλειας
 - γ. Χαμηλές ταχύτητες μετάδοσης
 - δ. Προβλήματα συνδέσεων

22. Ποιες περιοχές συχνοτήτων χρησιμοποιούνται από τα συστήματα επίγειων μικροκυματικών ζεύξεων;
α. 2-40 KHz
β. 2-40 MHz
γ. 2-40 GHz
δ. 2-40 THz
23. Ποια από τα παρακάτω χαρακτηρίζουν τις επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις;
α. Είναι ανεξάρτητες της απόστασης
β. Απαιτούν την οπτική επαφή πομπού και δέκτη
γ. Απαιτούν τη χρήση αναμεταδοτών
δ. Παρέχουν μεγάλη ασφάλεια
24. Ποια είναι η αναγκαία προϋπόθεση, ώστε οι δορυφόροι να βρίσκονται πάντα πάνω από το ίδιο σημείο της γης;
α. Να περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα μεγαλύτερη της γης
β. Να περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα μικρότερη της γης
γ. Να περιστρέφονται με γωνιακή ταχύτητα ίση με αυτήν της γης
25. Από τι εξαρτάται η ωμική αντίσταση των αγωγών;
α. Μήκος και διάμετρος αγωγού
β. Συχνότητα σήματος
γ. Διηλεκτρικό μεταξύ των αγωγών
26. Από τι εξαρτάται η χωρητική αντίσταση των αγωγών;
α. Μήκος και διάμετρος αγωγού
β. Συχνότητα σήματος
γ. Διηλεκτρικό μεταξύ των αγωγών
27. Από τι εξαρτάται η επαγωγική αντίσταση των αγωγών;
α. Μήκος και διάμετρος αγωγού
β. Συχνότητα σήματος
γ. Διηλεκτρικό μεταξύ των αγωγών
28. Ποιες από τις παρακάτω αντιστάσεις πρέπει να είναι ίσες, για να έχουμε προσαρμογή στην γραμμή;
α. Αντίσταση γραμμής
β. Τερματική αντίσταση γραμμής
γ. Εσωτερική αντίσταση γεννήτριας τροφοδοσίας
29. Κατά την προσαρμογή στη γραμμή επιτυγχάνονται μέγιστη μεταφορά ισχύος από τη:
α. Γεννήτρια στην είσοδο της γραμμής
β. Τη γραμμή στο φορτίο
γ. Από το φορτίο στη γραμμή

30. Στην προσαρμογή η ενέργεια, που φθάνει στο τέρμα της γραμμής:
 α. Απορροφάται όλη από το δέκτη
 β. Τμήμα της ανακλάται και επιστρέφει στην είσοδο της γραμμής
31. Οι παραμορφώσεις του μεταδιδόμενου σήματος συντελούν στην:
 α. Αύξηση της αξιοπιστίας του μέσου μετάδοσης
 β. Εξασθένηση του σήματος
 γ. Αλλοίωση της πληροφορίας και εισαγωγή σφαλμάτων
 δ. Ενίσχυση του σήματος
32. Κατά τη μετάδοση ενός σήματος όλες οι συχνότητες του σήματος υφίστανται:
 α. Την ίδια καθυστέρηση
 β. Διαφορετική καθυστέρηση
 γ. Την ίδια εξασθένηση
 δ. Διαφορετική εξασθένηση
33. Αντιστοιχίστε τα παρακάτω:
- | | | |
|-------------------------|---|------------------------------|
| Θερμικός θόρυβος | • | Ατελή συμπεριφορά |
| Θόρυβος ενδοδιαμόρφωσης | • | • διατάξεων μετάδοσης |
| Θόρυβος συνακρόασης | • | • Θερμική κίνηση ηλεκτρονίων |
| | | • Σήματα διαφορετικών |
| | | συχνοτήτων, που μεταφέρονται |
| | | στο ίδιο κανάλι |
| Κρουστικός θόρυβος | • | • Σύζευξη μεταξύ σημάτων, |
| | | που ακολουθούν διαφορετικούς |
| | | διαύλους |
| Ενδογενής θόρυβος | • | • Μη προβλέψιμος, ασυνεχής |
| | | θόρυβος με μικρή διάρκεια |
| | | και μεγάλες τιμές |
34. Αντιστοιχίστε τα παρακάτω:
- | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------|
| Ανεπιθύμητη μεταφορά ενέργειας | | • Παραμόρφωση πλάτους |
| από ένα κανάλι σε ένα άλλο | • | |
| Επιστροφή τμήματος του σήματος | | • Ηχώ |
| στο δημιουργό του | • | |
| Διαφορετική εξασθένηση συχνοτήτων | • | • Παραμόρφωση φάσης |
| Διαφορετική καθυστέρηση συχνοτήτων | • | • Διαφωνία |
35. Η ηχώ γίνεται περισσότερο αντιληπτή όσο:
 α. Αυξάνει το μήκος της γραμμής

- β. Μειώνεται το μήκος της γραμμής
- γ. Είναι ανεξάρτητη από το μήκος της γραμμής

36. Ποια από τα παρακάτω χαρακτηριστικά καθορίζουν τη ταχύτητα μετάδοσης του μέσου:
- α. Εύρος ζώνης
 - β. Ασφάλεια
 - γ. Ευαισθησία στο θόρυβο
 - δ. Μέγιστο μήκος του μέσου μετάδοσης
 - ε. Ευκολία στη χρήση
37. Ποιο είναι το ασφαλέστερο μέσο μετάδοσης:
- α. Οπτικές ίνες
 - β. Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις
 - γ. Ομοαξονικά καλώδια
 - δ. Χάλκινο καλώδιο
 - ε. Δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις
38. Κατατάξτε τα μέσα μετάδοσης ανάλογα με τις ταχύτητες μετάδοσης:
- α. Οπτικές ίνες
 - β. Χάλκινο καλώδιο
 - γ. Δορυφορικές μικροκυματικές ζεύξεις
39. Ποια μέσα μετάδοσης παρουσιάζουν προβλήματα συνδέσεων:
- α. Οπτικές ίνες
 - β. Επίγειες μικροκυματικές ζεύξεις
 - γ. Ομοαξονικά καλώδια
 - δ. Χάλκινο καλώδιο
40. Κατατάξτε τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης ανάλογα με το βάρος τους:
- α. Οπτικές ίνες
 - β. Ομοαξονικά καλώδια
 - γ. Χάλκινο καλώδιο
41. Ποιο από τα μέσα μετάδοσης είναι καταλληλότερο για τη δημιουργία συνδρομητικού δικτύου (συνδέσεις σημείο προς πολλά σημεία):
- α. Οπτικές ίνες
 - β. Ομοαξονικά καλώδια
 - γ. Χάλκινο καλώδιο

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α. – Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 4^η έκδοση, 1997
2. Αποστολόπουλος Θ., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Αθήνα 1994
3. Γεωργόπουλος Χ., *Οπτικές Ίνες: Θεωρία και εφαρμογές*, Ξάνθη 1989
4. Κοκκινάκης Γ., *Βασικές Γνώσεις Τηλεφωνίας Τηλεγραφίας*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1984
5. Κοκκινάκης Γ., *Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα*, Πάτρα 1988
6. Maurice Gagnaire, *An Overview of Broad-Band Access Technologies*, Proceedings of the IEEE, Vol.85, No. 12, Dec. 1997
7. Tanenbaum A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1992
8. The International Engineering Consortium, *Fiber - Optic Technology Tutorial*, <http://www.iec.org>



ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα είστε ικανοί:

- Να γνωρίζετε τους βασικούς τύπους καλωδίων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις καλωδιώσεις δικτύων.
- Να γνωρίζετε τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατασκευής, καθώς και τα μεγέθη που χαρακτηρίζουν την απόδοση, για τον κάθε τύπο.
- Να γνωρίζετε τις χρήσεις και την κατηγοριοποίηση των καλωδίων ανάλογα με τις επιδόσεις τους.
- Να ορίζετε την έννοια και τα βασικά χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων.
- Να ξέρετε τις βασικές τοπολογίες των τοπικών δικτύων, καθώς και αυτές που μπορεί να προκύψουν από συνδυασμό βασικών τοπολογιών.
- Να γνωρίζετε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των διάφορων τοπολογιών τοπικών δικτύων.
- Να γνωρίζετε ποια είναι τα σημαντικότερα πρότυπα, που εξέδωσε η επιτροπή του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών, (IEEE), για το Επίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης.
- Να κατανοήσετε τα πρότυπα που εξέδωσε η IEEE για το υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο.

Εισαγωγή

Πολλοί τύποι καλωδίων χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγράψουμε τους κύριους τύπους καλωδίων, που χρησιμοποιούνται σήμερα σε όλες τις τοπολογίες δικτύων.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου αυτού θα αναλύσουμε τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών, τις διάφορες τοπολογίες τους, καθώς και τα σημαντικότερα και πλέον διαδεδομένα πρότυπα, που χρησιμοποιούνται στην υλοποίηση των τοπικών δικτύων.

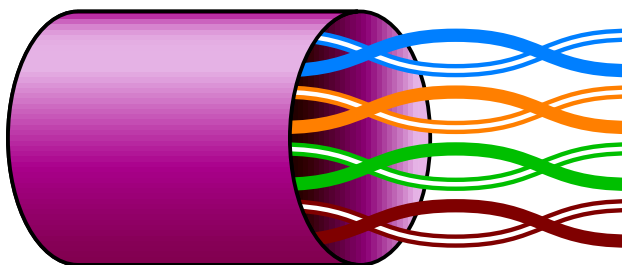
4.1 Τύποι καλωδίων

Τα καλώδια, που κυρίως χρησιμοποιούνται στα τοπικά δίκτυα, διαίρονται σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Καλώδια συνεστραμένων ζευγών.**
- **Ομοαξονικά καλώδια.**
- **Καλώδια οπτικών ινών.**

4.1.1 Καλώδια συνεστραμένων ζευγών (Twisted pair).

Τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών είναι τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Αποτελούνται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων χάλκινων αγωγών. Ο κάθε αγωγός καλύπτεται από μονωτικό περίβλημα και υπάρχει εξωτερικό μονωτικό περίβλημα το οποίο καλύπτει τα τέσσερα ζευγάρια των αγωγών. Υπάρχουν σε διάφορες ποικιλίες, θωρακισμένα ή αθωράκιστα.



Σχήμα 4-1 Το καλώδιο συνεστραμένων ζευγών

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τους διάφορους τύπους καλωδίων συνεστραμένων ζευγών

UTP (Unshielded Twisted Pair).

Αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών. Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Τα τέσσερα ζεύγη καλύπτονται και από εξωτερικό μονωτικό περίβλημα.



Εικόνα 4-1 Καλώδιο UTP

FTP (Foiled Twisted Pair).

Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών με τη χρήση φύλλου αλουμινίου.

Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Κάτω από το εξωτερικό περίβλημα υπάρχει φύλλο αλουμινίου για τη θωράκιση του καλωδίου. Σε επαφή με το περίβλημα αλουμινίου υπάρχει γυμνό καλώδιο από συνεστραμένες ίνες, το οποίο πραγματοποιεί τη γείωση του φύλλου αλουμινίου και καλείται καλώδιο γείωσης (drain wire).



Εικόνα 4-2 Καλώδιο FTP

STP (Shielded Twisted Pair).

Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών με τη χρήση μεταλλικού πλέγματος.

Αποτελείται από τέσσερα ζεύγη συνεστραμένων αγωγών καλυπτόμενων από μονωτικό περίβλημα. Κάτω από το εξωτερικό περίβλημα υπάρχει επικασ-

σιτερομένο μπλεντάζ χαλκού για τη θωράκιση του καλωδίου. Για την πραγματοποίηση της γείωσης του πλέγματος μπορεί να χρησιμοποιηθεί γυμνό καλώδιο γείωσης (drain wire) ή να συστραφεί στην άκρη του το ίδιο το πλέγμα και ακολούθως να γειωθεί.



Εικόνα 4-3 Καλώδιο STP

Διάφοροι τύποι θωρακισμένων καλωδίων (S/FTP,S/STP).

Υπάρχουν διάφοροι ακόμα τύποι θωρακισμένων καλωδίων, στους οποίους χρησιμοποιείται συνδυασμός των παραπάνω θωρακίσεων ή θωράκιση σε κάθε ζεύγος. Παραδείγματα τέτοιων καλωδίων είναι το S/FTP (Shielded/Foiled Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί και τα δυο είδη θωρακίσεων και το SSTP (Screened/Shielded Twisted Pair), το οποίο χρησιμοποιεί θωράκιση πλέγματος συνολικά και θωράκιση αλουμινίου σε κάθε ζεύγος.

(α)



(β)



Εικόνα 4-4 (α) Καλώδιο S/FTP (β) Καλώδιο S/STP

Χαρακτηριστικά και επιδόσεις

Τα κύρια χαρακτηριστικά για καλώδια συνεστραμένων ζευγών είναι το πάχος του χαλκού, που χρησιμοποιείται στο καλώδιο, το αν είναι συμπαγής χαλκός (solid wire) ή ίνες χαλκού, που αποτελούν το καλώδιο (stranded wire), η σύνθετη αντίσταση, η συχνότητα της συστροφής των καλωδίων στο ζεύγος (twist pitch), το είδος της μόνωσης των καλωδίων (insulation type) και το είδος του εξωτερικού περιβλήματος (sheath material).

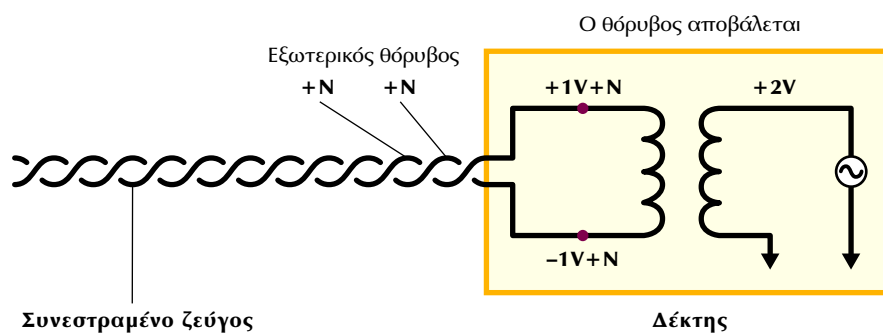
Οι προδιαγραφές των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών είναι αντικείμενο πολλών προτύπων, με πιο σημαντικό το πρότυπο **EIA/TIA 568-A**, (**EIA / TIA, Electronic Industry Association / Telecommunications Industry Association**), το οποίο ενσωματώνει πολλά προϋπάρχοντα συσχετιζόμενα πρότυπα. Το παραπάνω πρότυπο ορίζει την κατηγοριοποίηση των καλωδίων ανάλογα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία χαρακτηρίζουν τη συμπεριφορά τους στις υψηλές συχνότητες.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε τη συμπεριφορά των καλωδίων αυτών σε σχέση με την κατασκευή τους.

Θόρυβος

Διάφορες ηλεκτρικές συσκευές προκαλούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία τα οποία επιδρούν στους αγωγούς των καλωδίων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται θόρυβος και λάθη στη μετάδοση των δεδομένων. Ας δούμε πιο αναλυτικά, πως μπορεί να συμπεριφερθεί καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους σε σχέση με τα παραπάνω.

Υποθέτουμε ότι έχουμε ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή, η οποία ερμηνεύεται ως θόρυβος. Η συστροφή των καλωδίων στο κάθε ζευγάρι αγωγών προκαλεί την αλληλεπίδραση των δυο πεδίων, που προκύπτουν στον κάθε αγωγό, με αποτέλεσμα να μπορούμε εύκολα να αποσβέσουμε την παρεμβολή. Αυτό το σχήμα είναι γνωστό σαν **Ισοσταθμισμένη Γραμμή Μετάδοσης (Balanced Transmission Line)**. Αναλυτικότερα, σε τέτοιο κύκλωμα τα δεδομένα προκύπτουν από τη διαφορά των δυο σημάτων στα δυο καλώδια του ζεύγους. Έχοντας σα δεδομένο, ότι ο θόρυβος προστίθεται ισομερώς στον καθένα από τους δυο αγωγούς του ζεύγους, εκτελώντας τη διαφορά έχουμε το καθαρό σήμα.



Σχήμα 4-2 Ισοσταθμισμένη γραμμή μετάδοσης. Η διαφορά των σημάτων στα δυο καλώδια του ζεύγους εξαλείφει τον επαγόμενο από εξωτερική πηγή θόρυβο

Πρόσθετο αποτέλεσμα της συστροφής είναι ότι προκύπτει ελαχιστοποιημένη εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από το καλώδιο, η οποία μπορεί να επηρεάσει το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν περνούν από αυτό τα υψίσυχνα σήματα ενός τοπικού δικτύου.

Σύμφωνα με το EIA/TIA 568-A, η μεγαλύτερη απόσταση των συστροφών είναι για την κατηγορία 4 τα 25 mm και για την κατηγορία 5 τα 13 mm.

Εξασθένηση

Ένα άλλο μέγεθος, που θα μας απασχολήσει σχετικά με τα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών είναι η εξασθένηση (attenuation). Η εξασθένηση του σήματος, η οποία προκαλείται σε καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, προκαλείται από τρεις παράγοντες:

- Το υλικό των αγωγών (χαλκός), το οποίο έχει συγκεκριμένη ωμική αντίσταση, και δημιουργεί απώλειες. Οι αγωγοί σε τέτοια καλώδια έχουν συνήθως διάμετρο 24 AWG (American Wire Gauge), (1 AWG = 7,35 mm). Τυπική τιμή χαρακτηριστικής αντίστασης για καλώδια συνεστραμμένων ζευγών και για συχνότητες μετάδοσης δεδομένων είναι 100 Ohm.
- Το διηλεκτρικό, το οποίο χρησιμοποιείται, για να περικλείσει τους αγωγούς. Με τη χρήση πολυαιθυλαίνιου ή τεφλόν μειώνονται στο ελάχιστο οι απώλειες λόγω διηλεκτρικού στα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών.
- Το επιδερμικό φαινόμενο (skin effect), το οποίο συμβαίνει, όταν ρεύμα υψηλής συχνότητας περνά από αγωγό και συνίσταται στο ότι η πυκνότητα του ρεύματος είναι μεγαλύτερη στην επιφάνεια του αγωγού. Με αυτό τον τρόπο μειώνεται η ενεργός επιφάνεια του αγωγού, η οποία μεταφέρει το ρεύμα, με συνέπεια να αυξάνεται η απώλεια. Το φαινόμενο γίνεται εντονότερο όσο αυξάνεται η συχνότητα του διερχόμενου ρεύματος.

Η εξασθένηση των σημάτων, η οποία συμβαίνει στα καλώδια αυτά, μας καθορίζει και το μέγιστο μήκος χρήσης αυτών των καλωδίων, χωρίς να μεσολαβεί εξοπλισμός. Σύμφωνα με το πρότυπο EIA/ TIA 568-A, η μέγιστη απόσταση, η οποία καλύπτεται από καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών, είναι 100 μ.

Η εξασθένηση μετρείται σε dB και δεν πρέπει να ξεπερνάει κάποια επιτρεπόμενα όρια ανά κατηγορία καλωδίου.

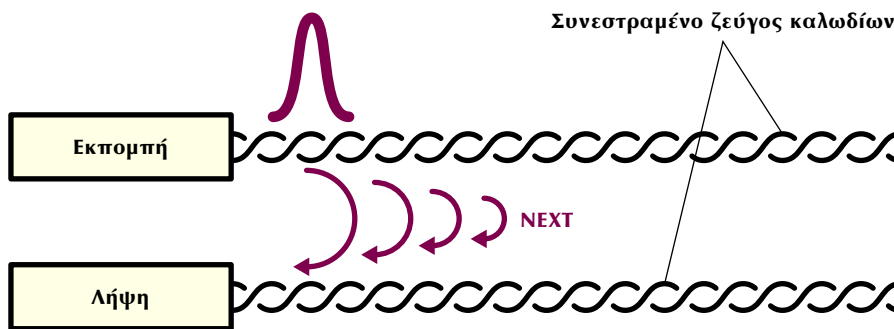
Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει ειδική κατηγορία καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών, στην οποία αντί για συμπαγή χαλκό χρησιμοποιούνται ίνες χαλκού στους αγωγούς. Στην περίπτωση των ινών, λόγω του επιδερμικού φαινομένου παρατηρείται αυξημένη εξασθένηση του σήματος. Τα καλώδια, όμως, αυτά είναι εύκαμπτα και υπάρχουν πολλοί λόγοι, που μας αναγκάζουν να τα χρησιμοποιούμε σε καλωδιώσεις.

Παραδιαφωνία (Near End Cross Talk, NEXT)

Ένα ακόμα σημαντικό μέγεθος, το οποίο επηρεάζει την απόδοση των καλωδίων αυτών, είναι η παραδιαφωνία, η οποία προκαλείται μεταξύ των κοντινών άκρων δυο συνεστραμμένων ζευγών (**Near End Cross Talk, NEXT**). Το μέγεθος NEXT αναφέρεται στην αλληλεπίδραση, με συνέπεια την αλλοίωση των σημάτων μεταξύ κοντινών άκρων συνεστραμμένων ζευγαριών. Μπορούμε να πετύχουμε μείωση του παραπάνω μεγέθους με θωράκιση του κάθε ζεύγους, η οποία απομονώνει τα πεδία, που προκαλούνται από το κάθε ζεύγος ή με τη χρήση μεγαλύτερης συχνότητας συστροφής των

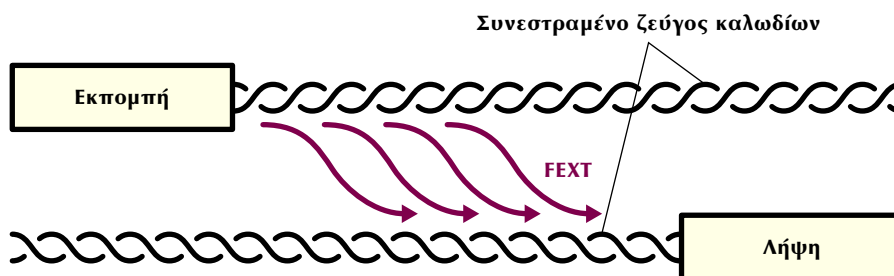
καλωδίων στο κάθε ζεύγος. Η χρήση κοντινότερων συστροφών εμποδίζει το πλέξιμο των ζευγαριών και τη μεταβίβαση ενέργειας από το ένα ζευγάρι στο άλλο.

Το μέγεθος αυτό μετρείται σε dB. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος σε dB, τόσο καλύτερη απομόνωση πετυχαίνεται μεταξύ των καλωδίων.



Σχήμα 4-3 Παραδιαφωνία (NEXT)

Παραδιαφωνία παρατηρείται επίσης μεταξύ των μακρινών άκρων καλωδίων. Στην περίπτωση αυτή το μέγεθος καλείται (**Far End Cross Talk, FEXT**).



Σχήμα 4-4 Παραδιαφωνία (FEXT)

Λόγος εξασθένησης προς παραδιαφωνία (Attenuation to Cross Talk Ratio, ACR)

Ο λόγος εξασθένησης προς παραδιαφωνία (NEXT) είναι η διαφορά μεταξύ της τιμής NEXT και της εξασθένησης του σήματος, και εκφράζει τη διαφορά της στάθμης του χρήσιμου σήματος το οποίο φθάνει στο δέκτη, από τη στάθμη του θορύβου που εισάγεται στο σήμα εξαιτίας της παραδιαφωνίας.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του λόγου ACR, τόσο καλύτερη θεωρείται η απόδοση του συγκεκριμένου καλωδίου.

Κατηγοριοποίηση των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών

Το πρότυπο EIA / TIA 568- Α μας παρέχει κατηγοριοποίηση των αθωράκιστων καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών (UTP), σύμφωνα με τα παραπάνω αναφερθέντα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και επιδόσεις τους.

Εχουμε τις κατηγορίες (cat) 3,4,5, οι οποίες ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και μεγέθη, όπως εξασθένηση, NEXT, ACR και καθορίζουν τη συχνότητα του σήματος, η οποία θα μπορεί να περάσει απρόσκοπτα μέσα από το συγκεκριμένο καλώδιο.

Όσο ανεβαίνουμε κατηγορία συναντάμε καλύτερα χαρακτηριστικά. Αμέσως παρακάτω παραθέτουμε πίνακα με τα χαρακτηριστικά των καλωδίων ανά κατηγορία.

Συχνότητα	Εξασθένηση (dB/305 m)			NEXT (dB/305m)		
	Cat 3	Cat 4	Cat 5	Cat 3	Cat 4	Cat 5
1 MHz	7,8	6,5	6,3	41	56	62
10 MHz	30	22	20	26	41	47
20 MHz	-	31	28	-	36	42
62,5 MHz	-	-	36	-	-	35
100 MHz	-	-	67	-	-	32

Πίνακας 4-1 Χαρακτηριστικά μεγέθη ανά κατηγορία

Μια πιο σύγχρονη κατηγορία είναι η κατηγορία 5e, η οποία προτείνεται για καινούργιες καλωδιώσεις, υλοποιείται με αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (UTP), με κάπως πιο βελτιωμένα χαρακτηριστικά από το αντίστοιχο της κατηγορίας 5 (μεγαλύτερη συχνότητα συστροφής και βελτιωμένος τύπος διηλεκτρικού περιβλήματος) και παρέχει μεγαλύτερο εύρος ζώνης.

Αμέσως παρακάτω, παραθέτουμε πίνακα με μετρήσεις χαρακτηριστικών μεγεθών για καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών κατηγορίας 5e.

Συχνότητα	Εξασθένηση (dB/100 m)	NEXT (dB/100m)	ACR (dB/100m)
1 MHz	2	65,3	63,3
10 MHz	6,5	50,3	43,8
20 MHz	9,3	45,8	36,5
62,5 MHz	17	38,4	21,4
100 MHz	22	35,3	13,3
160 MHz	28,6	32,3	3,7

Πίνακας 4-2 Χαρακτηριστικά μεγέθη κατηγορίας 5e

Τα καλώδια τύπου UTP κατηγορίας 5 και 5e αποτελούν τεράστια εγκατεστημένη βάση σήμερα και είναι τα υφιστάμενα πρότυπα για ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 1Gbps/sec.

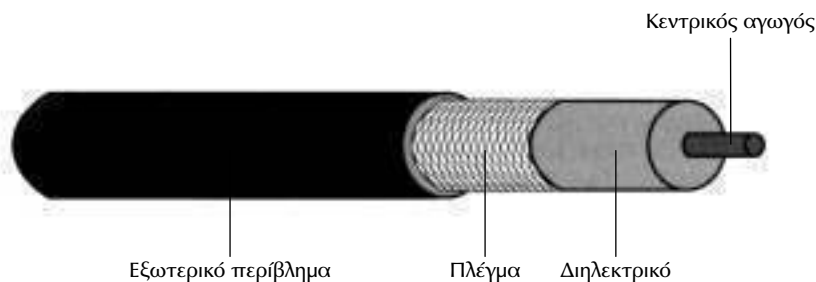
Τη στιγμή, που γράφεται αυτό το βιβλίο, έχουν αναπτυχθεί οι κατηγορίες 6, 7, 8. Το εύρος ζώνης, στο οποίο αντιστοιχούν οι παραπάνω κατηγορίες, είναι 250 MHz, 600 MHz, 900MHz. Οι δυο τελευταίες υλοποιούνται αποκλειστικά με θωρακισμένα καλώδια S/STP.

Οι κατηγορίες αυτές δεν περιγράφονται στο βιβλίο, επειδή δεν έχουν ακόμα ενταχθεί στην υπάρχουσα προτυποποίηση. Για την ώρα αποτελούν προτάσεις εταιρειών.

4.1.2 Ομοαξονικό καλώδιο (Coaxial Cable)

Το ομοαξονικό καλώδιο είναι το πρώτο καλώδιο, το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρέως στα τοπικά δίκτυα. Σήμερα υπάρχουν ελάχιστα δίκτυα, τα οποία χρησιμοποιούν το ομοαξονικό καλώδιο, καθότι εδώ και τουλάχιστο μια πενταετία στις καλωδιώσεις τοπικών δικτύων χρησιμοποιείται το καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών.

Το ομοαξονικό καλώδιο παίρνει το όνομά του από την κατασκευή του. Αποτελείται από κεντρικό χάλκινο αγωγό, ο οποίος περικλείεται από μονωτική πλαστική ύλη, την οποία καλούμε διηλεκτρικό. Γύρω από το διηλεκτρικό και ομοαξονικά τοποθετημένη ως προς τον κεντρικό αγωγό βρίσκεται θωράκιση από μεταλλικό πλέγμα ή φύλλο αλουμινίου. Στην περίπτωση του αλουμινίου, υπάρχει και γυμνό καλώδιο γείωσης (drain wire). Το καλώδιο, τέλος, περικλείεται από εξωτερικό μονωτικό περίβλημα.



Σχήμα 4-5 Ομοαξονικό καλώδιο

Γενικά χρησιμοποιούνται δυο τύποι ομοαξονικού καλωδίου στα τοπικά δίκτυα: το **Thicknet** (παχύ) και το **Thinnet** (λεπτό).

Η σύνδεση των καλωδίων αυτών με τους υπολογιστές σε τοπικό δίκτυο είναι διαφορετική.

Επειδή η θωράκιση είναι γειωμένη, το ομοαξονικό καλώδιο δεν επηρεάζεται εύκολα από εξωτερικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Κατά συνέπεια, εξασφαλίζει τη μετάδοση σημάτων με καλή προφύλαξη ως προς το θόρυβο.

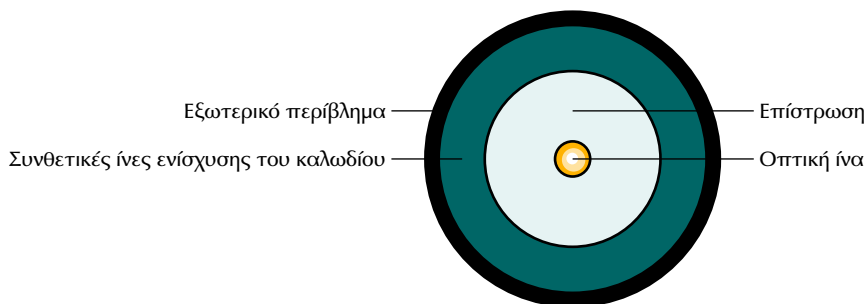
Παρουσιάζει, επίσης, χαμηλή εξασθένηση σήματος στις συχνότητες μετάδοσης δεδομένων. Σαν συνέπεια αυτών των ιδιοτήτων, το μέγιστο χρήσιμο μήκος για χρήση του σε τοπικό δίκτυο με ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 10Mbps είναι 500 μέτρα για το Thicknet και 185 μέτρα για το Thinnet ομοαξονικό καλώδιο.

Λόγω της καλής θωράκισής του και της χαμηλής εξασθένησης του σήματος καθώς και του χαμηλού κόστους εγκατάστασης, το ομοαξονικό καλώδιο είτε σαν Thicknet είτε σαν Thinnet, χρησιμοποιήθηκε ευρέως μέχρι περίπου τα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας σε καλωδιώσεις τοπικών δικτύων. Αργότερα αντικαταστάθηκε από τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών.

4.1.3 Καλώδιο οπτικών ινών (Fiber optics cable)

Ένα άλλο αρκετά συνηθισμένο καλώδιο στις σύγχρονες καλωδιώσεις είναι η οπτική ίνα. Χρησιμοποιείται, κυρίως, όπου οι αποστάσεις είναι μεγάλες και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το καλώδιο συνεστραμένων ζευγών και όπου οι απαιτήσεις σε ρυθμούς μετάδοσης είναι αρκετά αυξημένες. Σκεφτείτε, ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε οπτική ίνα για να καλύψουμε απόσταση 5Km και οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων φθάνουν τα 10 Gbps.

Η βασική κατασκευή μιας οπτικής ίνας φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 4-6.



Σχήμα 4-6 Η κατασκευή καλωδίου οπτικής ίνας

Στο κέντρο του καλωδίου υπάρχει η οπτική ίνα, η οποία κατασκευάζεται από γυαλί ικανό να μεταφέρει φωτεινή δέσμη συγκεκριμένου μήκους κύματος με πολύ λίγες απώλειες. Την οπτική ίνα περιβάλλει ειδική επίστρωση υλικού με μικρότερο δείκτη διάθλασης από το υλικό της ίνας, το οποίο ονομάζεται cladding ή buffer. Το υλικό αυτό βοηθά στη συνεχή ανάκλαση της φωτεινής δέσμης, η οποία θα πέσει μέσα στην οπτική ίνα, εφόσον η γωνία πρόσπτωσης είναι μεγαλύτερη της οριακής διότι σε άλλη περίπτωση θα έχουμε διάθλαση στην εξωτερική επίστρωση (cladding) (Βλέπετε σχήμα 4-6). Με αυτό τον τρόπο η οπτική ίνα εγκλωβίζει τη δέσμη του φωτός και την οδηγεί στην άκρη της.

Την επίστρωση περιβάλλει δέσμη συνθετικών ινών, οι οποίες έχουν στόχο την προστασία της ίνας από πιθανά τραβήγματα, όπου είναι επικίνδυνο να σπάσει το γυαλί, το οποίο αποτελεί και τον πυρήνα της ίνας. Όλα τα παραπάνω περικλείονται σε εξωτερικό πλαστικό περίβλημα όμοιο με αυτό των καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών.

Σημείωση

Υπάρχουν οπτικές ίνες, οι οποίες κατασκευάζονται από πλαστικό. Προς το παρόν δεν είναι μέσα στις προδιαγραφές, που καθορίζονται από τα διεθνή πρότυπα. Οφείλουμε, όμως, να σημειώσουμε, ότι καταβάλλονται προσπάθειες για να βελτιωθούν τα χαρακτηριστικά τους και ειδικά η πολύτροπη, *graded index*, πλαστική ίνα ενδέχεται να αποτελέσει αξιόπιστο μέσο μετάδοσης, εφάμιλλο της γυάλινης ίνας.

Τρόποι εκπομπής και μετάδοσης στις οπτικές ίνες.

Η εκπομπή του οπτικού σήματος σε οπτική ίνα γίνεται από πηγή **LED (Light Emitting Diode)** ή **LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)**, και τα μήκη κύματος του φωτός, που η οπτική ίνα είναι σχεδιασμένη να μεταφέρει, ποικίλουν από 800nm μέχρι 1.500nm.

Οι οπτικές ίνες διαφοροποιούνται, κατ'αρχήν, από τον τρόπο μετάδοσης του σήματος σε αυτές. Η πρώτη βασική διάκριση είναι μεταξύ των πολύτροπων και μονότροπων οπτικών ινών.

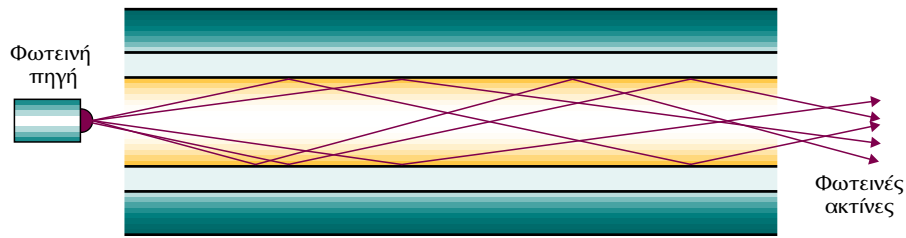
- **Πολύτροπες οπτικές ίνες (Multimode fiber optics)**

Ο τρόπος αναφοράς των μεγεθών για τις οπτικές ίνες είναι να αναφέρουμε πρώτα τη διάμετρο του πυρήνα (γυαλιού) και στη συνέχεια τη διάμετρο της επίστρωσης (cladding). Οι μετρήσεις των παραπάνω μεγεθών γίνονται σε 10^{-6} μέτρα. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες έχουν τυπικά μεγέθη 50μm/ 125μm, 62,5/125, 85/125 ή 100/140. Ο συνηθέστερος τύπος, ο οποίος κυκλοφορεί, είναι ο 62,5/ 125.

Η ολική διάμετρος της οπτικής ίνας συμπεριλαμβανομένων των ενισχυτικών συνθετικών ινών και του εξωτερικού περιβλήματος φτάνει τα 900μm. Η αρχή μετάδοσης σε πολύτροπη οπτική ίνα είναι ότι οι διάφορες ακτίνες του οπτικού σήματος ανάλογα με την είσοδό τους στην οπτική ίνα ταξιδεύουν ανακλώμενες υπό διαφορετικές γωνίες, όπως φαίνεται στα σχήματα 4-7, 4-8. Αυτός ο τρόπος μετάδοσης ονομάζεται πολύτροπος (multimode), επειδή έχουμε πολλούς δρόμους μετάδοσης, που αντιστοιχούν στις διαφορετικές γωνίες ανάκλασης. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τις διακριτού βήματος (step index) και τις βαθμιαίου βήματος (graded index).

Οπτική ίνα δικριτού δείκτη (step index).

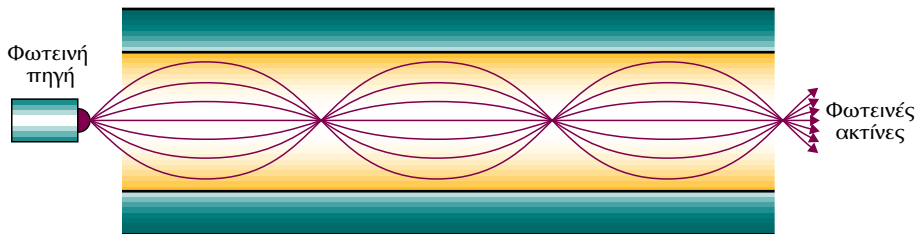
Στις ίνες αυτές συμβαίνει απότομη μεταβολή του δείκτη διάθλασης μεταξύ της κεντρικής ίνας και του υλικού επίστρωσης. Στην περίπτωση αυτή, η πορεία των ακτίνων εμφανίζεται στο Σχήμα 4-7.



Σχήμα 4-7 Οπτική ίνα διακριτού δείκτη (step index)

Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index)

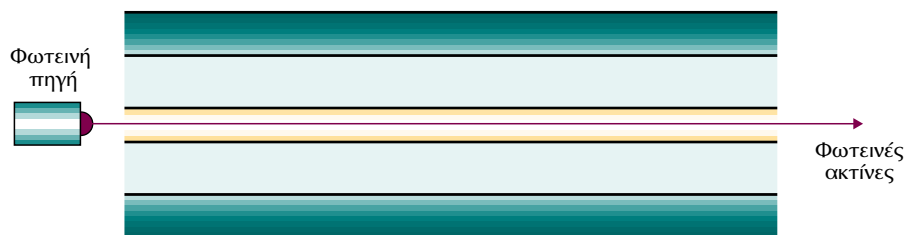
Οι ίνες αυτές χαρακτηρίζονται από βαθμιαία μεταβολή του δείκτη διάθλασης του υλικού της κεντρικής ίνας. Συμβαίνει βαθμιαία μείωση όσο απομακρυνόμαστε από το κέντρο προς την εξωτερική επιφάνεια του γυαλιού. Η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια ίνα είναι αυτή, που φαίνεται στο Σχήμα 4-8.



Σχήμα 4-8 Οπτική ίνα βαθμιαίου δείκτη (graded index)

- **Μονότροπες οπτικές ίνες (single mode fiber optics).**

Στις μονότροπες οπτικές ίνες η διάμετρος της κεντρικής ίνας είναι πολύ μικρή και πλησιάζει περίπου το επίπεδο του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος. Στην περίπτωση αυτή, έχουμε έναν μόνο δυνατό τρόπο μετάδοσης του οπτικού σήματος, τον αξονικό. Η πορεία των ακτίνων σε μια τέτοια οπτική ίνα φαίνεται στο Σχήμα 4-9.



Σχήμα 4-9 Μονότροπη οπτική ίνα (single mode fiber optic)

Η κεντρική ίνα στις μονότροπες οπτικές ίνες έχει διάμετρο από 5μm έως 10μm με συνηθέστερη τιμή τα 8,3 μm.

Χαρακτηριστικά και επιδόσεις.

Οι επιδόσεις μιας οπτικής ίνας συνδέονται με τον τρόπο μετάδοσης του σήματος στην ίνα, με το αν, δηλαδή, η ίνα είναι πολύτροπη ή μονότροπη και με το μήκος κύματος του φωτός, που εκπέμπεται από την πηγή. Στις μονότροπες οπτικές ίνες χρησιμοποιούνται μήκη κύματος μεταξύ των 1310 nm και των 1550 nm. Στις πολύτροπες οπτικές ίνες έχουμε μήκη κύματος από 850 nm έως 1300 nm. Θα πρέπει να τονίσουμε, ότι για δεδομένη εγκατάσταση, θα πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο ένας τρόπος μετάδοσης και μόνο ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος από τις πηγές σε όλη την έκταση της εγκατάστασης.

Οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταφέρουν σήματα με πολύ μεγάλο εύρος ζώνης σε μεγάλες αποστάσεις με πολύ μικρή εξασθένηση του σήματος. Οι πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αποστάσεις, που υπερβαίνουν τα 3Km, ενώ οι μονότροπες οπτικές ίνες μπορούν να υπερβούν τα 10 Km.

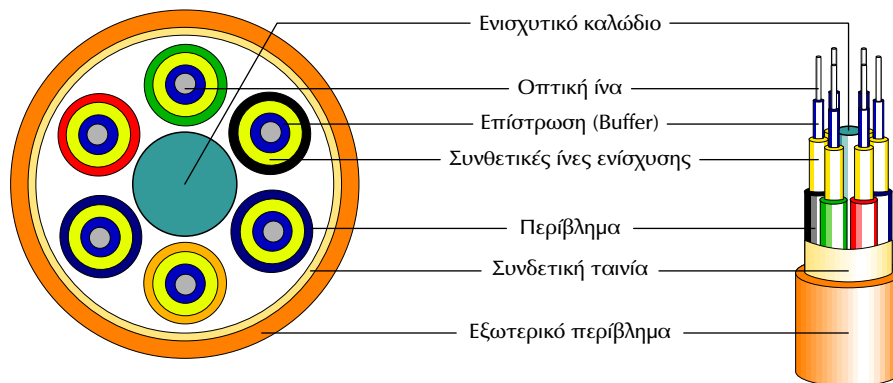
Υπάρχουν, όμως, και άλλοι παράγοντες, οι οποίοι περιορίζουν τις παραπάνω αποστάσεις μετάδοσης. Τέτοιοι παράγοντες είναι το εύρος ζώνης της πηγής και του δέκτη των σημάτων σε μια οπτική ίνα, και η χρωματική διασπορά του μεταδιδόμενου σήματος μέσα στην οπτική ίνα, η οποία διασπορά αυξάνεται με την απόσταση και εξασθενίζει το σήμα. Επίσης, επιβαρυντικός παράγων είναι η χρήση συνδέσμων και διακλαδωτών στην πορεία των οπτικών ινών. Θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι στις πολύτροπες οπτικές ίνες είναι πιο ανεκτό να χρησιμοποιήσουμε συνδετήρες και διακλαδωτές απ,ότι στις μονότροπες. Επίσης, στις πολύτροπες οπτικές ίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλού κόστους πηγές LED, ενώ οι μονότροπες οδηγούνται συνήθως από πηγή LASER. Τυπική τιμή εξασθένησης σήματος για μια 62,5/125 πολύτροπη οπτική ίνα είναι 3,5 dB/Km για σήμα με μήκος κύματος 850 nm και 1.0 dB/Km για μήκος κύματος 1300nm. Τυπικό μέγεθος εξασθένησης σήματος για μονότροπη οπτική ίνα είναι 0,5 dB/Km στα 1310 nm και 0,4 dB/Km στα 1550nm.

Τύποι οπτικών ινών.

Τα καλώδια οπτικών ινών περιέχουν από 1 έως 36 οπτικές ίνες. Τα πιο συνηθισμένα είναι τα καλώδια με ζυγό αριθμό οπτικών ινών για την επικοινωνία των full-duplex κυκλωμάτων.

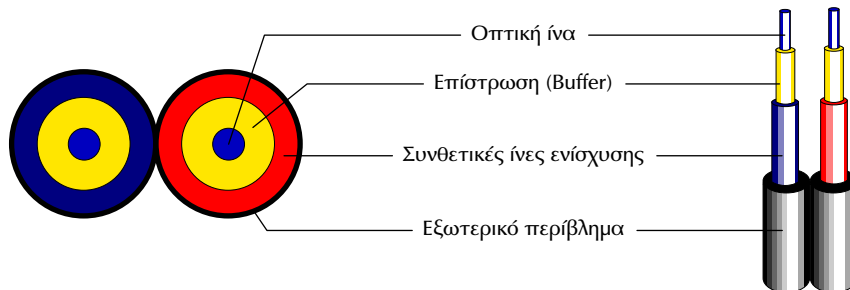
Θα ξεχωρίσουμε δυο τύπους οπτικών ινών ως προς την κατασκευή τους.

Στην πρώτη περίπτωση, έχουμε σε κάθε οπτική ίνα και εξωτερικά από την επίστρωση συνθετικές ίνες και εξωτερικό μονωτικό περίβλημα. Μέσα στο καλώδιο υπάρχουν πολλές τέτοιες ίνες, όπου η κάθε ίνα αποτελεί και ένα ξεχωριστό καλώδιο. Μέσα στο καλώδιο περιέχονται εκτός από καλώδια οπτικών ινών και καλώδια, τα οποία χρησιμεύουν για ενίσχυση και στρογγυλοποίηση του όλου σχήματος. Όλα αυτά τα καλώδια, τέλος, περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Tight Buffer. Στο Σχήμα 4-10(α) εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.

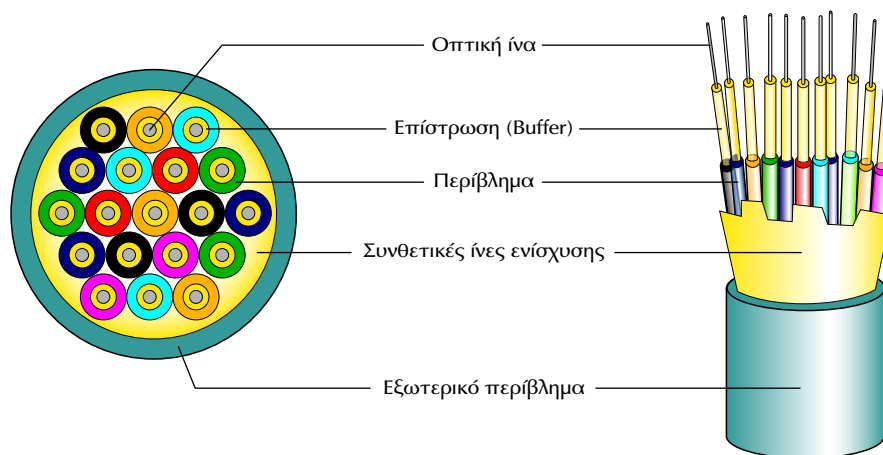


Σχήμα 4-10 (α) Καλώδιο οπτικών ινών(Tight Buffer)

Παρόμοιας κατασκευής είναι τα εύκαμπτα καλώδια, που χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση με τον ενεργό εξοπλισμό (Optical patch cords). Αυτά αποτελούνται από δυο καλώδια ενωμένα στο εξωτερικό τους, το κάθε ένα από τα οποία περιέχει οπτική ίνα από πλαστικό. Στο σχήμα 4-10(β) εμφανίζεται ένα οπτικό καλώδιο σύνδεσης.



Σχήμα 4-10 (β) Οπτικό Patch cord



Σχήμα 4-11 Καλώδιο οπτικών ινών (Loose Buffer)

Στην δεύτερη περίπτωση, έχουμε τις οπτικές ίνες με την επίστρωσή τους να είναι τοποθετημένες ελεύθερα μέσα στο καλώδιο και περικλείονται από εξωτερικό περίβλημα, αφού πρώτα τοποθετηθεί μέσα στο καλώδιο επίστρωση από συνθετικές ίνες για την ανθεκτικότητα του καλωδίου. Αυτή η κατασκευή είναι γνωστή σαν Loose Buffer. Στο Σχήμα 4-11 εμφανίζεται ανάλογη κατασκευή καλωδίου οπτικών ινών.

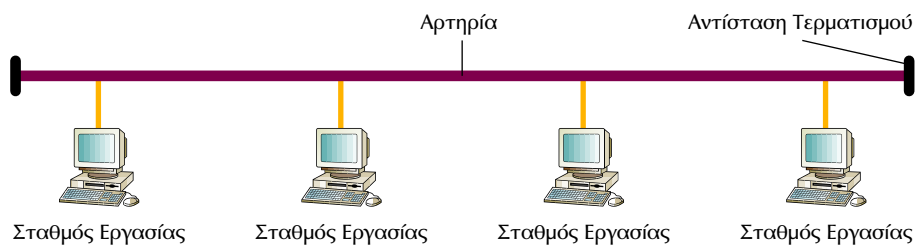
Σημείωση

Όταν καλώδια οπτικών ινών προορίζονται για εξωτερική χρήση ή για χρήση σε περιβάλλοντα με αυξημένη υγρασία φέρουν κάλυψη από μεταλλικό περίβλημα ή γέμισμα με πετρελαική μάζα.

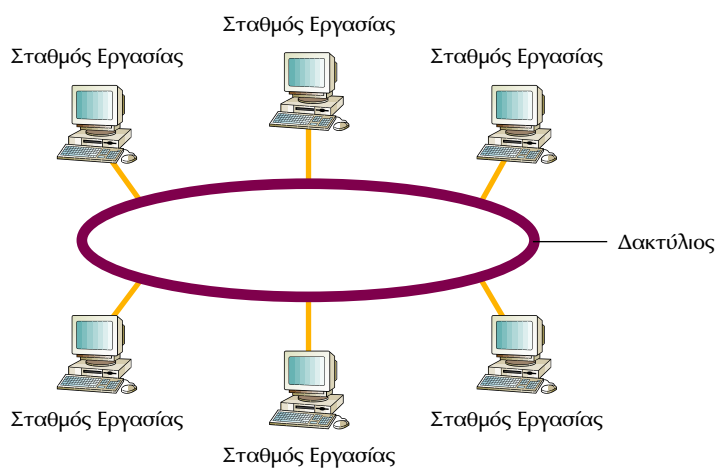
4.2 Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιάσουμε τις κυριότερες τοπολογίες τοπικών δικτύων και θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά τους. Επίσης θα αναφερθούμε στις διάφορες συστάσεις, που έχουν δημιουργηθεί και κάνουν χρήση των τοπολογιών και θα περιράψουμε τις λειτουργίες των πιο διαδεδομένων προτύπων πρόσβασης στο φυσικό μέσο. Τα κύρια χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων είναι τα παρακάτω:

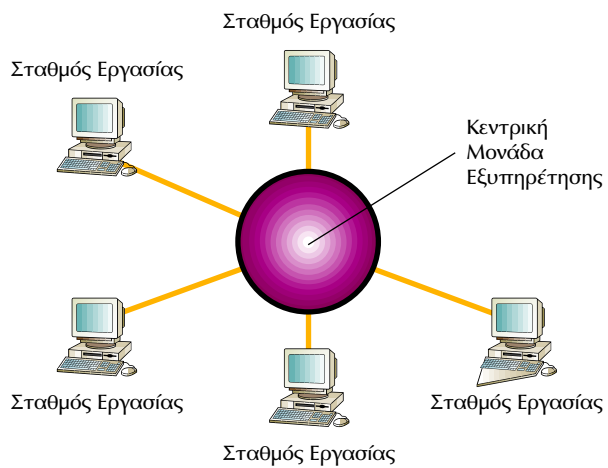
- Πολλά συστήματα (π.χ. υπολογιστών) έχουν πρόσβαση στο ίδιο φυσικό μέσο.
- Συνήθως, τα τοπικά δίκτυα διακρίνονται για το υψηλό συνολικό εύρος ζώνης, που προσφέρουν σε σχέση με τα δίκτυα ευρείας περιοχής.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 4-12 Βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων
(α) Αρτηρίας (β) Δακτυλίου (γ) Αστέρα

- Χαμηλή καθυστέρηση.
- Χαμηλός ρυθμός λαθών.
- Δυνατότητα για εκπομπή (Broadcast) και για πολλαπλή εκπομπή (Multicast). Στην εκπομπή μήνυμα προερχόμενο από κάποιον σταθμό λαμβάνουν όλοι οι σταθμοί, που έχουν πρόσβαση στο φυσικό μέσο. Ενώ στην πολλαπλή εκπομπή, υπάρχει η δυνατότητα μετάδοσης μηνύματος και η ύπαρξη ομάδας αποδεκτών, που θα το λάβει.
- Τα τοπικά δίκτυα, συνήθως, δεν έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν μεγάλη γεωγραφική κάλυψη (μερικά χιλιόμετρα).
- Ο αριθμός των σταθμών, που έχουν πρόσβαση στο ίδιο φυσικό μέσο, δεν υπερβαίνει τις μερικές εκατοντάδες.
- Ανήκουν σε οργανισμό ή επιχείρηση.
Οι πλέον διαδεδομένες τοπολογίες τοπικών δικτύων είναι τρεις: η τοπολογία αρτηρίας, η τοπολογία αστέρα και η τοπολογία δακτυλίου (Σχήμα 4-12).

- **Τοπολογία Αρτηρίας (Bus Topology)**

Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε κοινό διαμοιραζόμενο επικοινωνιακό φυσικό μέσο. Η σύνδεση των σταθμών εργασίας στο μέσο γίνεται με τη βοήθεια συσκευών διασύνδεσης και παροχέτευσης του καλωδίου (taps). Τα πλαίσια, που στέλνει σταθμός εργασίας, διαδίδονται κατά μήκος όλου του καναλιού. Οι σταθμοί εργασίας που συνδέονται στο μέσο, αναγνωρίζουν τα πλαίσια, που προορίζονται για αυτούς, με βάση τη διεύθυνση προορισμού, που έχουν τα πλαίσια. Επειδή τα πλαίσια διατρέχουν όλο το φυσικό μέσο, επηρεάζονται από παράγοντες, όπως η ταχύτητα μετάδοσης του μέσου και η χαρακτηριστική του αντίσταση. Η ισχύς σήματος ενός σταθμού, που εκπέμπει, είναι υψηλότερη στους γειτονικούς του σταθμούς εργασίας, σε σχέση με αυτή, που λαμβάνουν οι σταθμοί αυτοί που απέχουν αρκετά από αυτόν. Επίσης, πρέπει να γίνεται προσεκτικός σχεδιασμός του τρόπου, που διασυνδέονται οι σταθμοί εργασίας στο φυσικό μέσο, ώστε να μην περιορίζουν την ισχύ των σημάτων. Έτσι, υπάρχουν περιορισμοί για το μέγιστο μήκος του φυσικού μέσου και για τον αριθμό σταθμών εργασίας που μπορούμε να συνδέσουμε.

Επισημάνση

Γενικά, τα δίκτυα αρτηρίας παρουσιάζουν μικρή πολυπλοκότητα και η απόδοσή τους είναι καλή, όταν έχουμε μικρά φορτία κίνησης. Η απόδοσή τους, όμως, μειώνεται γρήγορα με την αύξηση του φορτίου.

- **Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Topology)**

Στην τοπολογία αυτή υπάρχει κλειστή διαδρομή του φυσικού μέσου και οι σταθμοί εργασίας συνδέονται διαδοχικά σημείο-προς σημείο. Τα πλαίσια με-

ταδίδονται κατά "κυκλικό" τρόπο και κάθε σταθμός εργασίας πρέπει να αναγνωρίζει τα πλαίσια που προορίζονται γι' αυτόν, με βάση τη διεύθυνση προορισμού των πλαισίων. Η ροή της πληροφορίας γίνεται προς μία κατεύθυνση μόνο. Υπάρχει, όμως, και η περίπτωση υλοποίησης με διπλό δακτύλιο όπου η πληροφορία μπορεί να ρέει σε αντίθετες κατευθύνσεις σε καθένα από τους δύο δακτυλίους.

Επισημάνση

Γενικά τα πρωτόκολλα τοπολογίας δακτυλίου παρουσιάζουν αυξημένη πολυπλοκότητα. Κύριο χαρακτηριστικό της τοπολογίας δακτυλίου είναι η ισοκατανομή της χωρητικότητας του δικτύου. Πλεονέκτημα της τοπολογίας είναι, ότι η απόδοσή τους παραμένει σταθερή κάτω από μεγάλα φορτία και ότι με την αύξηση του φορτίου, δεν παρατηρείται αναλογική αύξηση στη μέση καθυστέρηση μετάδοσης των πλαισίων.

• Τοπολογία Αστéρα (Star Topology)

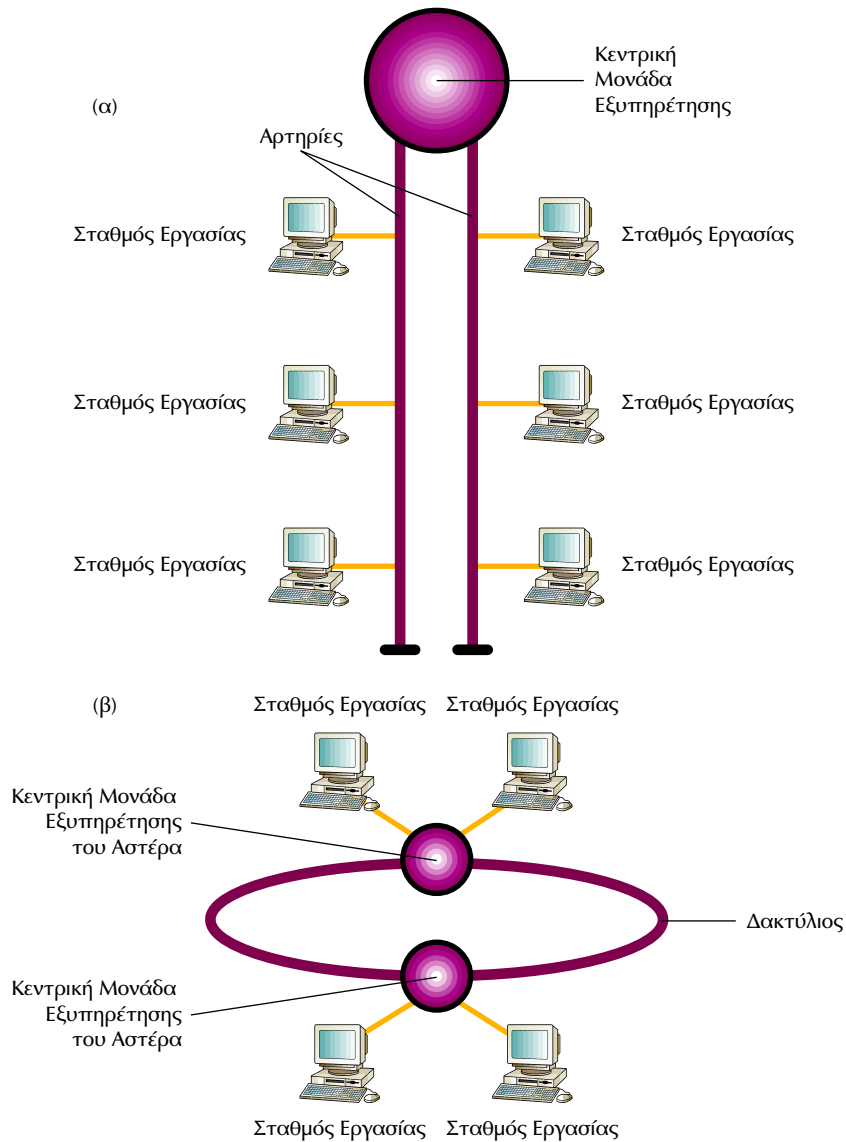
Οι σταθμοί εργασίας συνδέονται με κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης. Η αξιοπιστία του δικτύου καθορίζεται άμεσα από την κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης, η βλάβη της οποίας, οδηγεί στην κατάρρευση του δικτύου. Η επέκταση του δικτύου καθορίζεται από το μέγιστο αριθμό των σταθμών εργασίας, που μπορεί να υποστηρίξει η κεντρική μονάδα. Στην κεντρική μονάδα, εκτός από τους σταθμούς εργασίας, μπορεί να συνδέονται άλλες κεντρικές μονάδες εξυπηρέτησης, υλοποιώντας, έτσι, ένα αρκετά σύνθετο δίκτυο. Βέβαια, τα χαρακτηριστικά της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης, όπως η καθυστέρηση, που προσθέτει στη μετάδοση του σήματος, συχνά θέτουν περιορισμούς όσον αφορά το μέγιστο αριθμό μονάδων εξυπηρέτησης, που μπορεί να μεσολαβούν μεταξύ δύο σταθμών εργασίας.

Ο ρόλος της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης σε μία τοπολογία δικτύου αστέρα όσον αφορά τον τρόπο ελέγχου του δικτύου μπορεί να διαφέρει όπως:

- I. Ο πλήρης έλεγχος του δικτύου γίνεται από την κεντρική μονάδα εξυπηρέτησης. Ο κόμβος είναι υπεύθυνος για τις διαδικασίες προώθησης στο δίκτυο.
- II. Ο έλεγχος βρίσκεται σε ένα από τους σταθμούς εργασίας του δικτύου και ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί μόνο σαν διακόπτης μεταγωγής μεταξύ των σταθμών εργασίας.
- III. Ο έλεγχος του δικτύου είναι ισοκαταμεμημένος στους σταθμούς εργασίας και ο κεντρικός κόμβος του δικτύου είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων και την αποφυγή συγκρούσεων κατά την επικοινωνία των σταθμών εργασίας.

Επισήμανση

Μπορούμε να σχηματίσουμε νέες τοπολογίες δικτύων με το συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, που έχουμε ήδη αναφέρει. Οι πιο συνηθισμένες είναι: η τοπολογία δένδρου και η τοπολογία αστέρα-δακτυλίου.



Σχήμα 4-13 Συνδυασμός βασικών τοπολογιών τοπικών δικτύων
(α) Δένδρου (β) Αστέρα – Δακτυλίου

Η τοπολογία δένδρου είναι συνδυασμός της τοπολογίας αστέρα και αρτηρίας. Το δίκτυο έχει κεντρικό κόμβο και σε αυτόν συνδέονται δίκτυα με τοπολογία αρτηρίας. Έτσι, η συνολική τοπολογία του δικτύου μοιάζει με ανεστραμμένο δένδρο με κλαδιά δίκτυα τύπου αρτηρίας και ρίζα τον κόμβο. Η τοπολογία αυτή είναι εύκολα επεκτάσιμη, αλλά, αν ο κεντρικός κόμβος αποτύχει, απομονώνει την επικοινωνία των σταθμών εργασίας, που ανήκουν σε διαφορετικές αρτηρίες.

Στην τοπολογία αστέρα δακτυλίου οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε κόμβους σχηματίζοντας επιμέρους δίκτυα τύπου αστέρα και οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους με τοπολογία δακτυλίου. Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της τοπολογίας είναι η ευκολία απομόνωσης βλαβών και επέκτασης του δικτύου.

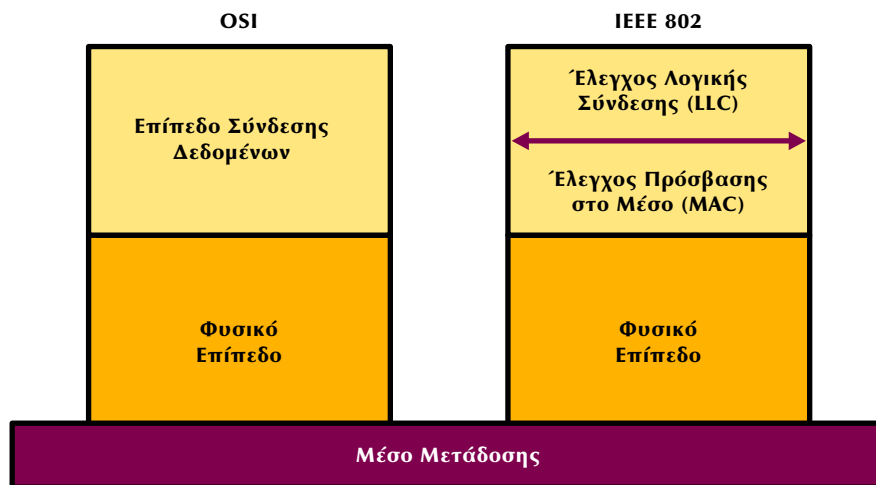
4.3 Πρότυπα Τοπικών Δικτύων

Διάφορες εταιρείες είχαν αναπτύξει τις σημαντικότερες τοπολογίες τοπικών δικτύων. Επίσης, είχαν αναπτύξει και τα πρωτόκολλα, που θα χρησιμοποιούσαν οι σταθμοί εργασίας, προκειμένου να συμμετάσχουν σε τοπικό δίκτυο. Ήταν, όμως, εμφανής η έλλειψη τυποποίησης, προκειμένου να μπορούν να επικοινωνήσουν σταθμοί εργασίας από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η τυποποίηση των τοπικών δικτύων άρχισε με τη συνδρομή τόσο του **Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)** όσο και της **Ευρωπαϊκής Ένωσης Κατασκευαστών Υπολογιστών (European Computer Manufacturing Association, ECMA)** οι οποίοι συμφώνησαν να ακολουθήσουν το μοντέλο OSI.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, η ανταλλαγή μηνυμάτων και η επικοινωνία των σταθμών εργασίας μέσω δικτύου έχει αναλυθεί σε επτά επίπεδα με βάση το μοντέλο OSI. Τα δύο κατώτερα επίπεδα είναι το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων και το φυσικό επίπεδο. Τα δύο αυτά επίπεδα καθορίζουν τον τύπο του δικτύου και το πρωτόκολλο επικοινωνίας. Η υλοποίηση των δύο αυτών επιπέδων γίνεται από συνδυασμό υλικού και λογισμικού.

Ο οργανισμός IEEE δημιούργησε επιτροπή, που είναι γνωστή σαν επιτροπή 802, με έργο τον καθορισμό προτύπων για τα τοπικά (LAN) και μητροπολιτικά (MAN) δίκτυα υπολογιστών. Τα μητροπολιτικά δίκτυα υπολογιστών έχουν χαρακτηριστικά, που βρίσκονται μεταξύ των χαρακτηριστικών των τοπικών και των ευρέων δικτύων (παραδείγματα MAN είναι δίκτυα, που καλύπτουν μια πόλη). Το έργο της επιτροπής χωρίστηκε αρχικά σε 6 υποεπιτροπές και η καθεμία εστιάστηκε στην ανάπτυξη επιμέρους προτύπων για τους διαφορετικούς τύπους δικτύων. Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν και άλλες υποεπιτροπές. Τα αποτελέσματα της κάθε υποεπιτροπής είναι γνωστά ως IEEE 802.χ όπου χ ο αριθμός της υποεπιτροπής που έβγαλε το αποτέλεσμα.

Με βάση το έργο της επιτροπής 802, το δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI χωρίστηκε σε δύο υποεπίπεδα: στο υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης της γραμμής (Logical Link Control, LLC) και στο υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (Medium Access Control, MAC).



Σχήμα 4-14 Σχέση μοντέλων αναφοράς OSI και IEEE 8

Το υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης περιγράφεται από το πρότυπο IEEE 802.2. Τα πρότυπα IEEE 802.3,4 και 5 περιγράφουν τους διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης στο μέσο.

4.3.1 Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης (LLC - IEEE 802.2)

Το πρότυπο IEEE 802.2 περιγράφει τις λειτουργίες του υποεπιπέδου LLC. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το LLC είναι το ανώτερο υποεπίπεδο του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων και είναι κοινό για τις διάφορες μεθόδους πρόσβασης στο μέσο, όπως αυτές ορίζονται από τα πρότυπα IEEE 802.3,4 και 5. Ο κύριος σκοπός του LLC είναι η παροχή υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου. Το επίπεδο δικτύου υποστηρίζεται από τα "Σημεία Πρόσβασης για Εξυπηρέτηση" (SAPs - Service Access Points), που παρέχει το υποεπίπεδο LLC. Το υποεπίπεδο LLC με τη σειρά του δέχεται υπηρεσίες από το κατώτερο του υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο.

Το υποεπίπεδο LLC μπορεί να παρέχει τις παρακάτω υπηρεσίες:

- **Υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση (Unacknowledged connectionless service).**

Στην περίπτωση αυτή ένας σταθμός εργασίας στέλνει πλαίσια στο σταθμό εργασίας του προορισμού χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση λήψης. Επίσης δεν εγκαθίσταται προκαταβολικά σύνδεση μεταξύ των δύο σταθμών και ούτε, φυσικά, τερματίζεται η σύνδεση στο τέλος της επικοινωνίας. Εάν για διάφορους λόγους, όπως εξαιτίας θορύβου στο κανάλι επικοινωνίας, χαθεί κάποιο πλαίσιο, δεν γίνεται προσπάθεια επανάκτησής του. Η υπηρεσία αυτή προσφέρει τη μικρότερη καθυστέρηση στην επικοινωνία των σταθμών εργασίας και είναι κα-

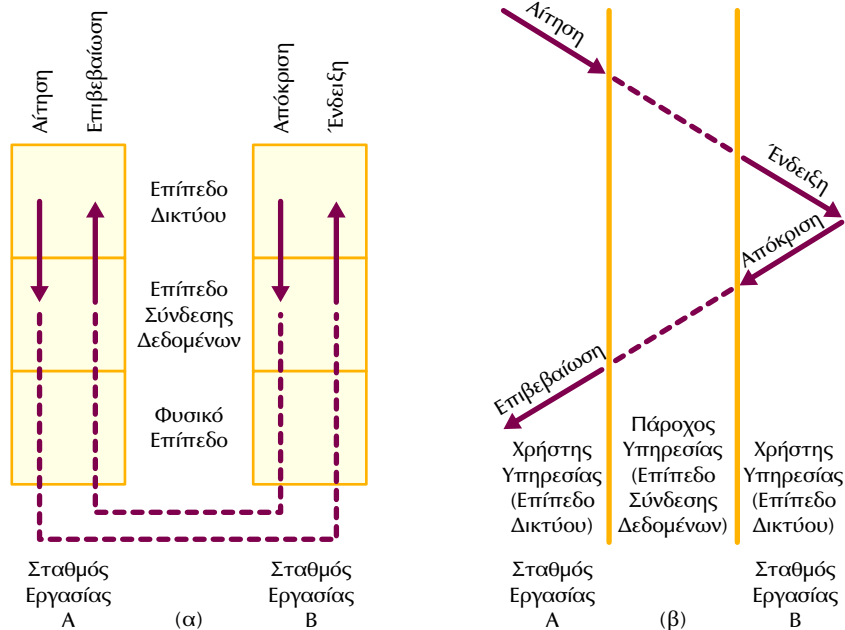
τάλληλη για επικοινωνία σε μέσα, που παρουσιάζουν χαμηλό ποσοστό λαθών και η επανάκτηση λανθασμένων δεδομένων γίνεται από υψηλότερα επίπεδα.

- **Υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση (Acknowledged connectionless service).**

Σε αυτή την υπηρεσία όπως και προηγουμένως, δεν εγκαθίσταται σύνδεση μεταξύ των σταθμών εργασίας πριν την έναρξη ανταλλαγής δεδομένων, αλλά για κάθε πλαίσιο που στέλνεται επιβεβαιώνεται η λήψη του από το σταθμό εργασίας του προορισμού. Η υπηρεσία αυτού του είδους κυρίως εφαρμόζεται, σε συνδέσεις τύπου σημείο – σε - σημείο (point to point).

- **Υπηρεσία με σύνδεση (Connection oriented service).**

Είναι η πιο περίπλοκη υπηρεσία που μπορεί να παρέχει το υποεπίπεδο LLC. Ένας σταθμός εργασίας πριν αρχίσει την επικοινωνία με τον σταθμό εργασίας του προορισμού, πρέπει πρώτα να εγκαταστήσει με αυτόν ένα νοητό κύκλωμα. Επίσης γίνεται και επιβεβαίωση λήψης του κάθε πλαισίου που μεταδόθηκε. Στην υπηρεσία αυτή γίνεται επίσης και έλεγχος ροής των δεδομένων. Ο έλεγχος ροής αναφέρεται στο επίπεδο δικτύου. Η διαδικασία εγκατάστασης ενός νοητού κυκλώματος περιλαμβάνει τρία στάδια: την εγκατάσταση σύνδεσης, την μεταφορά δεδομένων και τον τερματισμό της σύνδεσης. Στην εγκατάσταση σύνδεσης οι δύο σταθμοί που πρόκειται να επικοινωνήσουν, ανταλ-



Σχήμα 4-15 Αλληλουχία των πρωτογενών υπηρεσιών

λάσσουν κάποιες αρχικές τιμές για μεταβλητές και μετρητές που χρειάζονται για να παρακολουθήσουν την μετάδοση των πλαισίων. Στην φάση μεταφοράς δεδομένων μεταδίδονται τα πλαίσια και επιβεβαιώνεται η λήψη τους. Στην φάση τερματισμού της σύνδεσης απελευθερώνονται οι μεταβλητές και μετρητές και γενικά ότι μέσα χρησιμοποιήθηκαν για τη επίτευξη της επικοινωνίας.

Ένας σταθμός εργασίας μπορεί να υποστηρίξει περισσότερες από μία μορφές υπηρεσίας. Οι υπηρεσίες LLC γίνονται διαθέσιμες στο επίπεδο δικτύου με τη βοήθεια των τεσσάρων συνηθισμένων τύπων των πρωτογενών λειτουργιών που είναι: η αίτηση (request), η ένδειξη (indication), η απόκριση (response) και η επιβεβαίωση (confirm). Η αλληλουχία των πρωτογενών υπηρεσιών φαίνεται στο Σχήμα 4-15.

Η αίτηση χρησιμοποιείται από το επίπεδο δικτύου για να ζητήσει από το LLC να κάνει κάτι όπως να εγκαταστήσει ή να τερματίσει μια σύνδεση ή να στείλει ένα πλαίσιο. Η ένδειξη υποδεικνύει στον σταθμό προορισμού και συγκεκριμένα στο επίπεδο δικτύου το τι ζητά η αίτηση του σταθμού που θέλει να επικοινωνήσει, και απαντά με την απόκριση. Ο σταθμός που έκανε την αίτηση λαμβάνει τελικά την επιβεβαίωση στο αν η αίτησή του έγινε δεκτή ή όχι και για ποιο λόγο.

Τα πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων χωρίζονται σε: πρωτόκολλα απαρίθμησης δεδομένων και σε πρωτόκολλα διαχωρισμού bit. Δεν θα επεκταθούμε σε περισσότερες λεπτομέρειες για τον τρόπο λειτουργίας αυτών των πρωτοκόλλων γιατί ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτού του βιβλίου. Θα αναφέρουμε απλώς ότι τα πιο διαδεδομένα είναι τα πρωτόκολλα διαχωρισμού bit και κυρίως το HDLC (Έλεγχος Σύνδεσης Δεδομένων Υψηλής Στάθμης, High Level Data Link Control,). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του HDLC και μια από αυτές χρησιμοποιεί και το πρότυπο IEEE 802.2.

4.3.2 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3

Το πρότυπο IEEE 802.3 περιγράφει το πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο φυσικό μέσο, για τοπικό δίκτυο υπολογιστών τοπολογίας αρτηρίας.

Το πρότυπο IEEE 802.3 καλύπτει τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου και του υποεπιπέδου MAC. Έτσι με το πρότυπο IEEE 802.3 καθορίζονται οι υπηρεσίες που προσφέρει το υποεπίπεδο MAC προς το υποεπίπεδο LLC που είδαμε στην προηγούμενη παράγραφο. Επίσης καθορίζεται ο τρόπος πρόσβασης του υποεπιπέδου MAC στο φυσικό μέσο. Ο τρόπος πρόσβασης στο μέσο, που χρησιμοποιείται στο πρότυπο **IEEE 802.3**, είναι γνωστός ως μέθοδος "**Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων**" (**Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection - CSMA/CD**). Τέλος καθορίζονται τα σήματα σηματοδότησης και οι τρόποι σύνδεσης στο φυσικό μέσο. Επειδή οι τρόποι σύνδεσης με το φυσικό μέσο ποικίλουν αναλόγως με την επιλογή του φυσικού μέσου, υπάρχουν εναλλακτικά πρότυπα που θα τα παρουσιάσουμε παρακάτω.

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τα χαρακτηριστικά της μεθόδου CSMA/CD.

- **Μέθοδος πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD**

Ο συνδυασμός της μεθόδου CSMA/CD και της τοπολογίας αρτηρίας συχνά ανα-

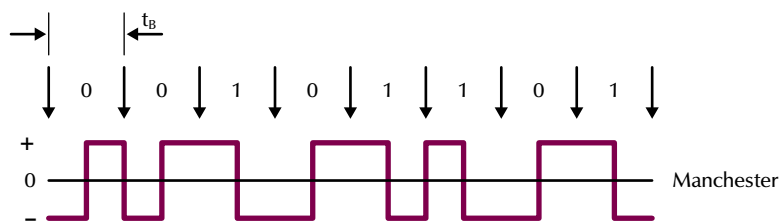
φέρεται σαν ethernet. Το Ethernet αναπτύχθηκε από την εταιρεία Xerox στις αρχές του 1970 και υπήρξε η βάση για την ανάπτυξη του πρωτοτύπου IEEE 802.3. Υπάρχουν δύο εκδόσεις του Ethernet (η I και η II). Η αρχική έκδοση του Ethernet (η I) δεν ήταν συμβατή με το IEEE 802.3, αλλά η έκδοση II είναι βασικά η ίδια με το IEEE 802.3. Σήμερα, ο όρος Ethernet συχνά αναφέρεται σε όλα τα δίκτυα, που χρησιμοποιούν τη μέθοδο CSMA/CD και γενικά συμμορφώνονται με το πρότυπο Ethernet ή τις διάφορες εκδοχές του IEEE 802.3.

Ο αλγόριθμος πρόσβασης στο μέσο έχει ως εξής:

Όλοι οι σταθμοί εργασίας, που συνδέονται στο ίδιο φυσικό μέσο και είναι ενεργοί, πρέπει να ακούσουν το μέσο (καλώδιο). Εάν το μέσο μετάδοσης είναι απασχολημένο, ο σταθμός εργασίας που θέλει να μεταδώσει δεδομένα, θα πρέπει να περιμένει έως ότου ελευθερωθεί. Όταν το μέσο είναι ελεύθερο, ο σταθμός εργασίας ξεκινά αμέσως τη μετάδοση των πλαισίων του. Εάν την ίδια χρονική στιγμή, που το μέσο ελευθερώνεται, υπάρξουν και άλλοι σταθμοί εργασίας, που θέλουν να μεταδώσουν στο μέσο, θα δημιουργηθεί το φαινόμενο της σύγκρουσης (collision). Στην περίπτωση αυτή, οι σταθμοί, που προσπάθησαν ταυτόχρονα να εκπέμψουν, θα αντιληφθούν το φαινόμενο και θα μεταδώσουν σύντομο σήμα, που θα αναφέρει την ύπαρξη σύγκρουσης και θα σταματήσουν την εκπομπή των υπόλοιπων πλαισίων τους, εάν βέβαια έχουν απομείνει και άλλα προς μετάδοση. Μετά το σήμα γνωστοποίησης της σύγκρουσης, οι σταθμοί που συμμετείχαν στη σύγκρουση θα περιμένουν κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα πριν ξαναεπιχειρήσουν τη μετάδοση.

Μια πολύ κρίσιμη παράμετρος, που επηρεάζει και την απόδοση της μεθόδου, είναι ο χρόνος, που απαιτείται για την ανίχνευση σύγκρουσης. Όπως έχουμε αναφέρει, όλοι οι σταθμοί εργασίας, που συνδέονται στο φυσικό μέσο με την μέθοδο CSMA/CD, πρέπει να παρατηρούν συνέχεια το μέσο. Όταν, επομένως, ένας σταθμός αρχίσει να μεταδίδει πλαίσια στο μέσο και συμβεί σύγκρουση, ο σταθμός θα την αντιληφθεί, επειδή και ο ίδιος θα αντιληφθεί ότι τα πλαίσια, που έχει μεταδώσει στο μέσο, είναι αλλοιωμένα, λόγω του θορύβου, που θα προκληθεί, από την ταυτόχρονη εκπομπή πλαισίων (στην ουσία ηλεκτρικών σημάτων) από τους άλλους σταθμούς. Πρέπει, επομένως, η ανίχνευση της σύγκρουσης από το σταθμό εργασίας να γίνει σε χρόνο μικρότερο από τη διάρκεια μετάδοσης του συνόλου των πλαισίων. Αυτή η παρατήρηση δημιουργεί αυτόματα περιορισμούς στο μέγιστο μήκος του καλωδίου, καθώς και στους ρυθμούς μετάδοσης των σταθμών εργασίας. Ας πάρουμε την περίπτωση σταθμού εργασίας A, που αρχίζει να μεταδίδει τη χρονική στιγμή t_0 . Ας υποθέσουμε, επίσης, ότι ο σταθμός A, που ξεκινά τη μετάδοση στη χρονική στιγμή t_0 , βρίσκεται στη μια άκρη του καλωδίου και ότι ο χρόνος μετάδοσης του σήματος από τη μια άκρη στη άλλη είναι τ . Στην αντίθετη άκρη του καλωδίου υπάρχει σταθμός B, που ξεκινά τη μετάδοση την στιγμή $t_0 + \tau - \chi$. Όπως είναι φυσικό, ο B θα αντιληφθεί τη σύγκρουση μετά από χρόνο χ και θα σταματήσει τη μετάδοση. Ο σταθμός A, όμως, θα χρειαστεί χρόνο $2\tau - \chi$, για να αντιληφθεί

τη σύγκρουση, γιατί τόσο χρόνο χρειάζονται τα αλλοιωμένα πλέον πλαίσια να φθάσουν σ' αυτόν. Επομένως, ένας σταθμός δεν μπορεί να είναι σίγουρος, ότι βρήκε το μέσο ελεύθερο, παρά μόνο όταν περάσει χρόνος 2τ χωρίς να γίνει σύγκρουση. Κατά συνέπεια, το μήκος των πλαισίων, θα πρέπει να είναι τέτοιο, που να επιτρέπει την ανίχνευση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης. Η υλοποίηση του μηχανισμού CSMA/CD καθορίζει, ότι το μέγιστο μήκος πλαισίου δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 1518 οκτάδες (bytes), ενώ το ελάχιστο κάτω από 64 οκτάδες. Επίσης, εάν το μήκος του καλωδίου είναι πολύ μεγάλο, οι συγκρούσεις ποτέ δεν θα ανιχνεύονται έγκαιρα. Ακόμα γίνεται αντιληπτό, ότι τα σήματα δεν θα πρέπει να έχουν στάθμη 0 Volt, γιατί σύγκρουση δύο σημάτων, που αντιστοιχούν σε μηδενική στάθμη δεν θα ανιχνευθεί. Για το λόγο αυτό, η μετάδοση των σημάτων γίνεται με βάση την ευρέως χρησιμοποιούμενη κωδικοποίηση Manchester. Στην κωδικοποίηση Manchester, το καλώδιο μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις τρεις καταστάσεις: η μετάδοση ενός bit 0 γίνεται με μετάβαση από χαμηλή σε υψηλή στάθμη, η μετάδοση ενός bit 1 γίνεται με μετάβαση από υψηλή σε χαμηλή στάθμη, ενώ τέλος κατάσταση χωρίς σήμα (αδρανές) ισοδυναμεί σε 0 Volts. Η υψηλή στάθμη σήματος είναι +0,85 Volts, ενώ η χαμηλή -0,85 Volts.



Σχήμα 4-16 Κωδικοποίηση Manchester

Ένα θέμα, που πρέπει επίσης να εξετασθεί, είναι για πόσο χρόνο ένας σταθμός εργασίας, αφού ανιχνεύσει τη σύγκρουση, θα απέχει από τη μετάδοση. Είναι προφανές, ότι ο χρόνος δεν θα πρέπει να είναι σταθερός και ίδιος για όλους τους σταθμούς εργασίας, γιατί έτσι θα οδηγηθούμε σε διαδοχικές και συνεχείς συγκρούσεις. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται αλγόριθμος για τον υπολογισμό της καθυστέρησης επαναμετάδοσης για κάθε σταθμό χωριστά, εξασφαλίζοντάς τους τυχαίο χρόνο επανεκπομπής.

Βασικά Πρότυπα του IEEE 802.3.

Προκειμένου να καλυφθούν οι διάφοροι συνδυασμοί φυσικών μέσων μεταφοράς και ρυθμοί δεδομένων, το πρότυπο IEEE 802.3 έχει προβεί στην έκδοση κάποιων παραλλαγών. Με την πάροδο του χρόνου ολοένα και περισσότερες παραλλαγές προστίθενται στα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3.

Η κωδικοποίηση των βασικών προτύπων γίνεται ως εξής:
XBase/BroadbandY

όπου:

X η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων σε Mbps

Base / Broadband ο τύπος σηματοδοσίας, που χρησιμοποιείται

Y αντιστοιχεί στο μέγιστο μήκος του τμήματος (segment)

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3 και τα χαρακτηριστικά τους.

Τύπος Δικτύου	Μέσο Μετάδοσης	Μέθοδος Σηματοδοσίας	Ρυθμός Δεδομένων	Μέγιστο μήκος τμήματος	Τοπολογία
10Base5	Ομοαξονικό 50 Ohm thick	Βασικής ζώνης	10 Mbps	500 m	Αρτηρίας
10Base2	Ομοαξονικό 50 Ohm thin (RG-58)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	185 m	Αρτηρίας
1Base5	Αθωράκιστο συνεστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	1 Mbps	250 m	Αστέρα
10BaseT	Αθωράκιστο συνεστραμμένο (UTP)	Βασικής ζώνης	10 Mbps	100 m	Αστέρα
10Broad36	Ομοαξονικό 75 Ohm	Ευρυζωνική	10 Mbps	3600 m	Αρτηρίας

Το Ethernet II είναι παρόμοιο με το 10base5.

Πέρα από τις βασικές εκδόσεις του IEEE 802.3 που αναφέρονται στον παραπάνω πίνακα, έχουν παρουσιαστεί και άλλες εκδόσεις, όπως οι εκδόσεις για οπτική ίνα ως φυσικό μέσο μετάδοσης (Fiber Ethernet). Η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται είναι: 10Base-F.

- **10Base -F: Fiber Ethernet**

Το 10Base-F βασίζεται στην προδιαγραφή FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link), που δημιουργήθηκε για τη διασύνδεση επαναληπτών με οπτικές ίνες. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη οπτική ίνα είναι η διπλή πολύτροπη 62.5/125 μm για τη μεταφορά υπέρυθρης ακτινοβολίας φωτός από LEDs. Η πιο γνωστή έκδοση είναι η 10Base-FL και χρησιμοποιείται στη διασύνδεση κυρίως επαναληπτών (HUBs) σε απόσταση μέχρι και 2Km.

Η χρήση οπτικής ίνας χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να συνδέσουμε σημεία, που απέχουν αρκετά μεταξύ τους (μέχρι 2Km), και όταν υπάρχει αυξημένος

ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος (για παράδειγμα βιομηχανίες). Το μειονέκτημα, όμως, της οπτικής ίνας είναι το αυξημένο κόστος και η δυσκολία, που παρουσιάζει στην εγκατάσταση και το χειρισμό της (π.χ. δεν μπορούμε να τη τσακίσουμε για το σχηματισμό γωνίας).

Ethernet υψηλών ταχυτήτων.

Στην προηγούμενη παράγραφο παρουσιάσαμε τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3. Όπως έχουμε, ήδη, αναφέρει νέες εκδόσεις του IEEE 802.3 αναπτύσσονται και γίνονται πρότυπα με την πάροδο του χρόνου. Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε δύο νέα πρότυπα: το IEEE 802.3u (Fast Ethernet) και το IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

- **Fast Ethernet**

Το Fast Ethernet παρέχει εύρος ζώνης 100Mbps. Εκτός από το δεκαπλασιασμό της ταχύτητας, που παρέχει το Fast Ethernet, δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή στο να μην διαταραχθεί κατά το δυνατόν η υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή. Έτσι ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο φυσικό μέσο, δημιουργήθηκαν διάφορα επιμέρους πρότυπα: το 100Base-TX, 100Base-FX και 100Base-T4.

– **100Base-TX:** Ως φυσικό μέσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί καλώδιο UTP (αθωράκιστο) κατηγορίας 5, ή καλώδιο STP (θωρακισμένο). Η απόσταση του τμήματος μπορεί να φθάσει μέχρι τα 100 μέτρα. Για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιούνται τα δύο από τα τέσσερα ζεύγη του καλωδίου, ένα ζεύγος για κάθε κατεύθυνση. Επίσης, για λόγους χρονισμού κυκλοφορούν πάντα σύμβολα και στα δύο ζεύγη, είτε αυτά είναι πραγματικά δεδομένα είτε ειδικά σύμβολα στην περίπτωση, που δεν υπάρχει δραστηριότητα στο δίκτυο. Τα ζεύγη, που δεν χρησιμοποιούνται, συνήθως τερματίζονται.

– **100Base-T4:** Το φυσικό μέσο μπορεί να είναι καλώδιο UTP κατηγορίας 3 και πάνω. Στο πρότυπο αυτό γίνεται χρήση και των τεσσάρων ζευγών του καλωδίου και αυτό αποτελεί μειονέκτημα στην περίπτωση, που υπάρχουν παλαιότερες εγκαταστάσεις και χρησιμοποιούν μόνο τα δύο ζεύγη. Στα ζεύγη υπάρχει σήμα μόνο, όταν έχουμε μεταφορά δεδομένων. Η μέγιστη απόσταση ενός τμήματος είναι τα 100 μέτρα. Τα τρία ζεύγη χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων, ενώ το τέταρτο για αναγνώριση (λήψη) των συγκρούσεων. Το 100-BaseT4, αντίθετα με το 100BaseTX, δεν χρησιμοποιεί ξεχωριστά κανάλια για εκπομπή και λήψη και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατή η αμφίδρομη μετάδοση δεδομένων.

– **100Base-FX:** Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε διπλή πολύτροπη (62.5/125μm) ή μονότροπη οπτική ίνα. Το μήκος τμήματος για την περίπτωση χρήσης πολύτροπης ίνας είναι 412 μέτρα σε επικοινωνία half-duplex και 2 χιλιόμετρα σε επικοινωνία full-duplex. Για μονότροπη ίνα η απόσταση τμήματος μπορεί να φθάσει τα 25 χιλιόμετρα.

- **Gigabit Ethernet**

Το gigabit Ethernet IEEE 802.3z είναι το νεώτερο πρότυπο του IEEE 802.3. Προσφέ-

ρει επικοινωνία στο δίκτυο με εύρος ζώνης τα 1000 Mbps. Υπάρχει συμβατότητα στην καλωδίωση και κυρίως για χρήση καλωδίων βελτιωμένων κατηγορίας 5 (cat 5 enhance). Το 1000BaseT είναι πρότυπο για καλώδια τύπου cat 5e.

Το gigabit Ethernet έχει πρότυπα στην περίπτωση χρήσης οπτικών ινών. Έτσι για πολύτροπη οπτική ίνα 62.5 μm στο πρότυπο 1000BaseSX το μέγιστο μήκος μπορεί να φθάσει τα 275 μέτρα, ενώ για ίνα 50 μm τα 550 μέτρα. Στο πρότυπο 1000BaseLX για πολύτροπη ίνα 62.5 ή 50 microns το μέγιστο μήκος φθάνει τα 550 μέτρα και με μονότροπη ίνα των 9 μm μπορεί να φθάσει τα 5km.

Επισήμανση

Θα λέγαμε ότι το gigabit ethernet δημιουργεί νέες δυνατότητες στο χώρο των τοπικών δικτύων με την πραγματικά τεράστια ταχύτητα, που μπορεί να προσφέρει. Ειδικά με την τυποποίηση του 1000BaseT γίνεται πολύ ελκυστικό γιατί μπορεί να εκμεταλλευθεί την υπάρχουσα καλωδιακή υποδομή που στην πλειοψηφία της είναι τύπου cat 5.

Ήδη όλοι οι κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού έχουν να επιδείξουν αρκετά μεγάλη γκάμα από gigabit switches και σε πολύ ανταγωνιστικότερες τιμές από άλλες τεχνολογίες με μικρότερο προσφερόμενο εύρος ζώνης.

4.3.3 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.4 - Αρτηρία με Κουπόνι (Token Bus)

Όταν η IEEE έβγαζε το πρότυπο 802.3, η χρήση του οποίου είναι πλέον πολύ διαδεδομένη, οι άνθρωποι της βιομηχανίας και κυρίως αυτοί που ασχολούνται με αυτοματισμούς, όπως η General Motors, είχαν κάποιους ενδοιασμούς. Οι επιφυλάξεις ξεκινούσαν από τον πιθανοτικό τρόπο λειτουργίας του 802.3. Για παράδειγμα ένας σταθμός ίσως να χρειαστεί να περιμένει αυθαίρετα μεγάλο χρόνο για να στείλει κάποια πλαίσια. Στην περίπτωση όμως της βιομηχανίας μπορεί ένας σταθμός να χρειαστεί να στείλει σήμα συναγερμού (αλάρμ). Είναι λογικό να θέλουμε να σχεδιάζουμε συστήματα πραγματικού χρόνου με τη δυνατότητα πρόβλεψης της καθυστέρησης κρίσιμης πληροφορίας.

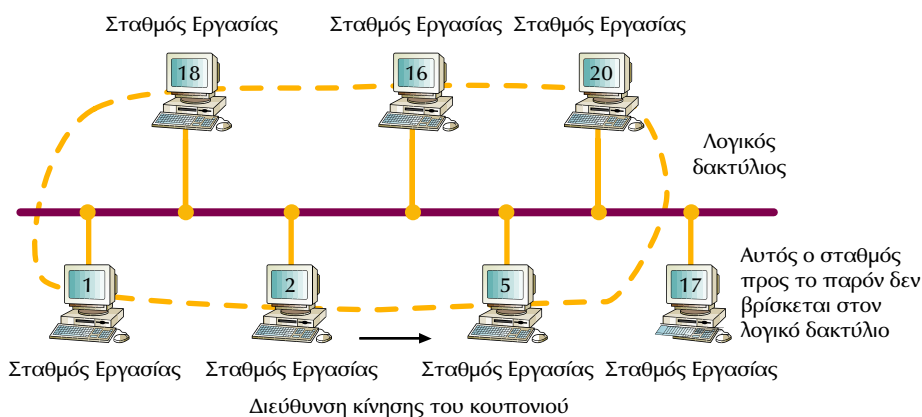
Έτσι δημιουργήθηκε το πρότυπο **IEEE 802.4**, που ονομάζεται και **αρτηρία με κουπόνι (token bus)**. Παράδειγμα πρωτοκόλλου, που στηρίζεται στο token bus, είναι το MAP (Manufacturing Automation Protocol, Πρωτόκολλο Αυτοματισμού Κατασκευής), που αναπτύχθηκε από την εταιρεία General Motors. Πάντως πρέπει να επισημάνουμε, ότι το IEEE 802.4 δεν είναι ιδιαίτερα διαδεδομένο, επειδή έχει αρκετά πολύπλοκο μηχανισμό λειτουργίας και παρουσιάζεται δυσκολία στην εμφάνιση ελκυστικών εναλλακτικών λύσεων στη χρήση ποικίλων φυσικών μέσων.

Σε φυσικό επίπεδο γίνεται χρήση ομοαξονικού καλωδίου 75 Ohm ευρείας ζώνης διαφόρων χαρακτηριστικών (RG6, RG11, RG59, και JT4750J) από 0.5 έως 1 ίν-

τσα). Δυνατές ταχύτητες μετάδοσης είναι από 1.5 και 10 Mbps. Για τη μετάδοση των σημάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις διαφορετικές αναλογικές τεχνικές διαμόρφωσης: συνεχούς φάσης διαμόρφωση κατά συχνότητα (phase continuous FSK), σύμφωνης φάσης διαμόρφωση κατά συχνότητα (phase coherent FSK) και πολυεπίπεδη διπλοδυαδική διαμόρφωση κατά πλάτος και συχνότητα (multi level duobinary AM/FSK). Επίσης καθορίζονται πλήρως τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά για το μέσο μετάδοσης καθώς και οι υπηρεσίες, που το φυσικό επίπεδο παρέχει στο υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC).

Το πρότυπο IEEE 802.4 καθορίζει επίσης και υπηρεσίες, που προσφέρει το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο προς το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής σύνδεσης (LLC).

Στη συνέχεια, θα περιγράψουμε τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου ελέγχου πρόσβασης στο μέσο αρτηρίας με κουπόνι. Η αρτηρία με κουπόνι είναι μια τοπολογία γραμμικής ή δενδρικής μορφής. Οι σταθμοί εργασίας σχηματίζουν λογικό δακτύλιο. Η φυσική θέση των σταθμών στο δίκτυο είναι άσχετη και ανεξάρτητη από τη θέση τους στο λογικό δακτύλιο (βλέπε Σχήμα 4-17).



Σχήμα 4-17 Αρτηρία με Κουπόνι

Ο κάθε σταθμός στο λογικό δακτύλιο γνωρίζει τη διεύθυνση των σταθμών, που λογικά βρίσκονται πριν και μετά από αυτόν. Στο δίκτυο κυκλοφορεί ειδικό πλαίσιο, που ονομάζεται κουπόνι (token). Κάθε κουπόνι περιέχει διεύθυνση προορισμού. Ο σταθμός, που λαμβάνει το κουπόνι, έχει το δικαίωμα πρόσβασης στο μέσο για κάποιο μέγιστο χρόνο. Στο χρόνο, που έχει ο σταθμός εργασίας, μπορεί να μεταδώσει τα πλαίσια του. Ο σταθμός περνάει το κουπόνι στο λογικά επόμενο του σταθμό όταν: δεν έχει να μεταδώσει πλαίσια δεδομένων, ή έχει στείλει όλα τα πλαίσια δεδομένων, που είχε για μετάδοση, πριν λήξει ο χρόνος του, ή όταν τελειώσει ο μέγιστος χρόνος, που είχε στη διάθεση του. Όπως είναι φανερό από

τον τρόπο λειτουργίας του token bus, από τη στιγμή που μόνο ένας σταθμός εργασίας κατέχει το κουπόνι κάθε φορά, δεν γίνονται συγκρούσεις. Τα πλαίσια, που στέλνονται από ένα σταθμό εργασίας στο μέσο, περιέχουν τη διεύθυνση προορισμού και, έτσι, είναι δυνατό ο σταθμός που θα δει πλαίσια με διεύθυνση προορισμού ίδια με τη δική του, να λάβει τα πλαίσια που τον αφορούν. Τα πλαίσια με διαφορετική διεύθυνση προορισμού απορρίπτονται.

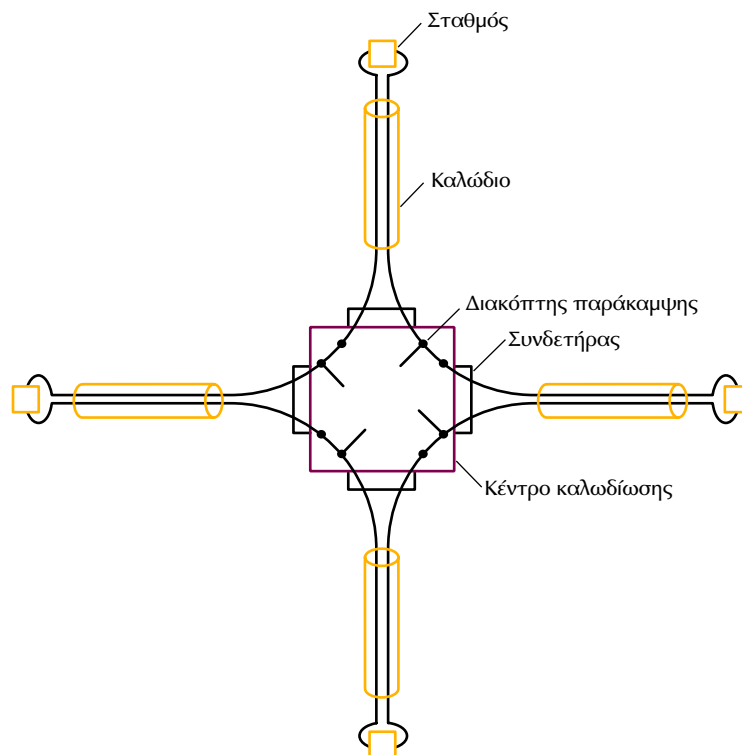
Στο πρότυπο αρτηρίας με κουπόνι ορίζονται τέσσερα είδη προτεραιότητας, 0,2,4 και 6 για τα πλαίσια, όπου 0 είναι η χαμηλότερη μορφή προτεραιότητας και 6 η υψηλότερη. Είναι σαν να έχει ο κάθε σταθμός τέσσερις διαφορετικές ουρές για τα πλαίσια που θέλει να μεταδώσει, με την κάθε ουρά να έχει διαφορετική προτεραιότητα. Όταν τα δεδομένα έρχονται στο υποεπίπεδο MAC, ελέγχεται η προτεραιότητά τους και προωθούνται σε μία από τις τέσσερις ουρές. Όταν ένας σταθμός έχει το κουπόνι, ξεκινά την αποστολή των δεδομένων από την ουρά με τη μεγαλύτερη προτεραιότητα, δηλαδή την ουρά 6 και στη συνέχεια, την ουρά 4,2 και 0 με τη σειρά. Υπάρχει, βέβαια, η δυνατότητα, να γίνουν ρυθμίσεις σε μετρητές, που κρατά ο κάθε σταθμός εργασίας χωριστά και να καθορισθούν τα ποσοστά χρόνου, που έχει η κάθε ουρά στη διάθεση της από το συνολικό χρόνο, που έχει ο σταθμός εργασίας το κουπόνι. Αν μία ουρά δεν έχει δεδομένα να στείλει, ο χρόνος, που αντιστοιχεί στην συγκεκριμένη ουρά, δεν χάνεται αλλά υπάρχει η δυνατότητα χρησιμοποίησής του από τις ουρές χαμηλότερης προτεραιότητας. Είναι φανερό, ότι οι ουρές με χαμηλές προτεραιότητες μπορεί να μην προλάβουν να στείλουν τα δεδομένα τους όταν ο σταθμός εργασίας έχει το κουπόνι. Από την άλλη πλευρά όμως, μπορούμε με σωστή ρύθμιση των μετρητών ενός σταθμού, να είμαστε σίγουροι, ότι σημαντικά δεδομένα (όπως αλάρμ μηχανής) θα μεταδοθούν. Επιπλέον, μπορούμε να κάνουμε εκτίμηση της μέγιστης δυνατής καθυστέρησης. Ο μηχανισμός προτεραιοτήτων του IEEE 802.4 είναι ένας από τους σημαντικούς λόγους, που τον έχει κάνει δημοφιλή σε δίκτυα βιομηχανικών αυτοματισμών.

Άλλες λειτουργίες, που περιγράφονται στο πρότυπο, σχετίζονται με τη συντήρηση του λογικού δακτυλίου. Τέτοιες λειτουργίες είναι: η αρχικοποίηση του λογικού δικτύου, η πρόσθεση ή αφαίρεση σταθμών εργασίας στο λογικό δακτύλιο καθώς και η επανόρθωση από λάθος. Για τις λειτουργίες συντήρησης του δακτυλίου οι σταθμοί εργασίας σε περιοδικά διαστήματα στέλνουν κουπόνια ειδικής μορφής. Για τον έλεγχο των κουπονιών ειδικής μορφής υπάρχουν διάφορες μεταβλητές, όπως για παράδειγμα ο μέγιστος αριθμός αναζήτησης σταθμών, ή ο μέγιστος χρόνος περιστροφής του κουπονιού. Κάθε σταθμός, που συμμετέχει στο δακτύλιο δέχεται ένα κουπόνι ειδικής μορφής για τη συντήρηση του δακτυλίου, ελέγχει τις διάφορες παραμέτρους και, όταν χρειάζεται τροποποιεί, κάποιες από τις μεταβλητές του κουπονιού ή το ακυρώνει, προκειμένου να εξασφαλίσει την απρόσκοπτη λειτουργία του δακτυλίου. Γενικά θα λέγαμε, ότι ο μηχανισμός συντήρησης δακτυλίου είναι σχετικά περίπλοκος και για την υλοποίησή του χρειάζεται η συμβολή αρκετών μετρητών, που ελέγχει ο κάθε σταθμός εντός του δακτυλίου.

4.3.4 Πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.5 - Δακτύλιος με Κουπόνι (Token Ring)

Το δίκτυο token ring αναπτύχθηκε αρχικά από την IBM και παραμένει η κύρια τοπολογία τοπικού δικτύου, που χρησιμοποιεί η IBM. Το πρότυπο **IEEE 802.5** είναι σχεδόν ταυτόσημο και πλήρως συμβατό με το token ring. Το IEEE 802.5 αναπτύχθηκε μετά από το token ring και, γενικά, η χρήση του όρου token ring χρησιμοποιείται τόσο για το token ring της IBM, όσο και για το IEEE 802.5.

Το πρότυπο καθορίζει τις υπηρεσίες, που προσφέρει το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC) προς το υποεπίπεδο ελέγχου λογικής (LLC). Επίσης, καθορίζει τις προδιαγραφές σύνδεσης του σταθμού εργασίας στο φυσικό μέσο και τα λειτουργικά, ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά της σύνδεσης με το μέσο μετάδοσης. Υποτίθεται, ότι ο κάθε σταθμός εργασίας συνδέεται στο δακτύλιο μέσω μονάδας σύζευξης με το καλώδιο. Το πρότυπο αναφέρει λεπτομέρειες, που αφορούν τη σηματοδότηση, την κωδικοποίηση και τους υποστηριζόμενους ρυθμούς δεδομένων. Προδιαγράφονται, επίσης, οι υπηρεσίες, που παρέχει το φυσικό επίπεδο προς το υποεπίπεδο MAC. Το πρότυπο, όμως, δεν καθορίζει προδιαγραφές για το ίδιο το μέσο, δηλαδή το καλώδιο.



Σχήμα 4-18 Υλοποίηση δακτυλίου με κουπόνι με την χρήση κέντρου καλωδίωσης

Στην πραγματικότητα, η υλοποίηση του δακτυλίου γίνεται με συνδέσεις από σημείο σε σημείο. Μία από τις επικρίσεις για τα δίκτυα δακτυλίου είναι, ότι, εάν κάποιος έχουμε διακοπή του καλωδίου, ο δακτύλιος πεθαίνει. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη χρήση κέντρου καλωδίωσης, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 4-18.

Μέσα στο κέντρο καλωδίωσης υπάρχουν διακόπτες παράκαμψης, οι οποίοι τροφοδοτούνται με ηλεκτρικό ρεύμα από τους σταθμούς. Εάν κοπεί ο δακτύλιος ή εάν σταθμός τεθεί εκτός λειτουργίας, η διακοπή του ρεύματος θα απελευθερώσει το ρελέ και θα παρακάμψει το σημείο, που υπάρχει πρόβλημα. Η ενεργοποίηση των ρελέ μπορεί να γίνεται και με κάποιο λογισμικό.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το token ring και το IEEE 802.5 είναι σχεδόν ταυτόσημα. Παρόλα αυτά υπάρχουν κάποιες διαφορές, που θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Το token ring καθορίζει φυσική τοπολογία αστέρα, όπου όλοι οι σταθμοί εργασίας συνδέονται σε συσκευές, που ονομάζονται "**Μονάδες Πρόσβασης Πολλαπλών Σταθμών**" (**Multistation Access Unit, MSAU**), ενώ το IEEE 802.5 δεν καθορίζει την τοπολογία συνδεσμολογίας, αν και στην πράξη οι περισσότερες υλοποιήσεις του IEEE 802.5 βασίζονται σε κέντρα καλωδίωσης, δηλαδή δακτυλίου με μορφή αστέρα. Στο token ring χρησιμοποιείται συνεστραμένο ζεύγος, ενώ στο IEEE 802.5 το καλώδιο δεν περιγράφεται. Στον παρακάτω πίνακα, αναφέρονται συνοπτικά τα κυριότερα χαρακτηριστικά του token ring και του IEEE 802.5

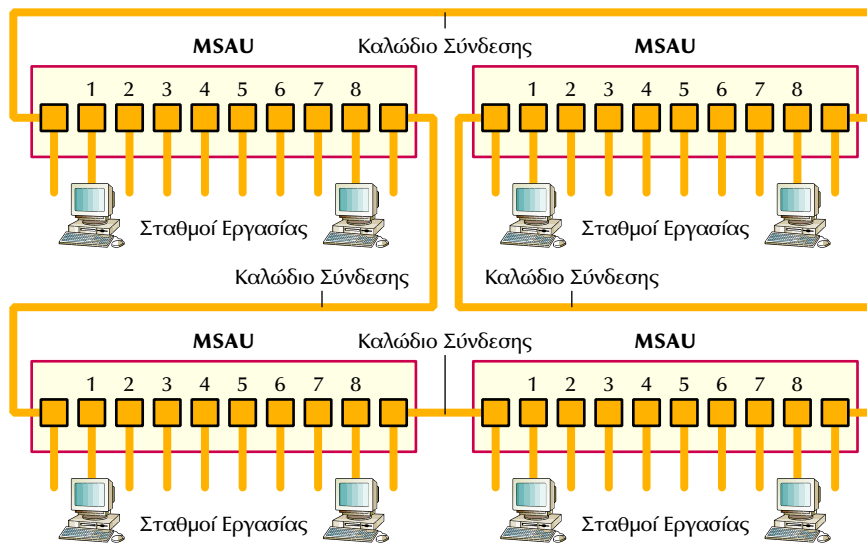
	IBM Token Ring Δίκτυο	IEEE 802.5
Ρυθμοί δεδομένων	4.16Mbps*	4.16Mbps
Σταθμοί / Τμήμα	260 (για καλώδιο S.T.P) 72 (για καλώδιο U.T.P)	250
Φυσική Τοπολογία	Αστέρας	Δεν καθορίζεται
Μέσο	Συνεστραμένο ζεύγος	-//-
Σηματοδοσία	Βασικής ζώνης	Βασικής ζώνης
Μέθοδος πρόσβασης	Πέρασμα κουπονιού	Πέρασμα κουπονιού
Κωδικοποίηση σήματος	Διαφορική Manchester	Διαφορική Manchester

Πίνακας 4-4 Χαρακτηριστικά token ring και IEEE802.5

* Πρέπει να αναφέρουμε ότι υπάρχει δακτύλιος με κουπόνι που υποστηρίζει 16Mbps, είναι το λεγόμενο "Early release token" της εταιρείας IBM.

Στο παρακάτω Σχήμα 4-19 μπορούμε να δούμε, πως υλοποιείται η φυσική συνδεσμολογία των σταθμών εργασίας με τη βοήθεια των συσκευών MSAU.

Όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 4-19, οι σταθμοί συνδέονται απευθείας στα MSAU. Μπορούμε να συνδέσουμε διάφορα MSAU μεταξύ τους, προκειμένου να σχηματίσουμε μεγάλο δακτύλιο. Οι συσκευές MSAU έχουν ρελέ παράκαμψης για την απομόνωση σταθμών με κάποια βλάβη από το δακτύλιο.



Σχήμα 4-19 Σύνδεση των MSAU, για την δημιουργία ενός μεγάλου δακτυλίου με κουπόνι

Τα δίκτυα token ring και IEEE 802.5 είναι από τα πρώτα παραδείγματα δικτύων, που λειτουργούν με πέρασμα κουπονιού (token passing). Στο δίκτυο κυκλοφορεί μικρό πλαίσιο, το λεγόμενο κουπόνι. Ο σταθμός, που λαμβάνει το κουπόνι, έχει το δικαίωμα να μεταδώσει τα δικά του πλαίσια. Εάν ο σταθμός, που δέχεται το κουπόνι δεν έχει δεδομένα να μεταδώσει, απλά περνά το κουπόνι στο επόμενο σταθμό του δακτυλίου. Ο σταθμός που δέχεται κουπόνι, διαθέτει καθορισμένο χρόνο που μπορεί να το κρατήσει, δηλαδή μέσα σε αυτό το χρόνο μπορεί να μεταδώσει όσα δεδομένα προλάβει.

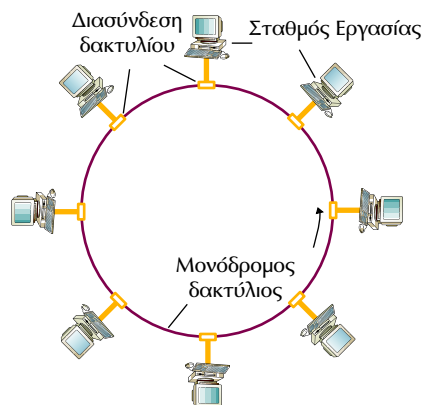
Εάν ο σταθμός, που λάβει το κουπόνι, έχει δεδομένα να μεταδώσει, μετατρέπει ένα bit του πλαισίου του κουπονιού, δηλαδή μετατρέπει το κουπόνι σε αρχή ακολουθίας πλαισίων (start - frame - sequence). Στη συνέχεια, ο σταθμός προσκολλά τα δεδομένα, προς μετάδοση και τα στέλνει στο δακτύλιο προς τον επόμενο του σταθμό. Κατά τη διάρκεια μετάδοσης των δεδομένων από ένα σταθμό δεν κυκλοφορεί κανένα κουπόνι μέσα στο δακτύλιο. Συνεπώς, οι σταθμοί, που θέλουν να μεταδώσουν τα δικά τους πλαίσια, πρέπει να περιμένουν. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται οι συγκρούσεις μέσα στο δακτύλιο.

Όταν το πλαίσιο με τα δεδομένα φθάσει, τελικά, στο σταθμό προορισμού, αυτός αντιγράφει τα δεδομένα για περαιτέρω επεξεργασία και ταυτόχρονα μεταβάλλει κάποιο bit του πλαισίου, για να μπορέσει να καταλάβει ο σταθμός, που το έστειλε, ότι το πλαίσιο παραλήφθηκε. Το πλαίσιο, όμως, συνεχίζει να κυκλοφορεί μέσα στο δακτύλιο και, τελικά, φθάνει στο σταθμό, που το έστειλε. Ο σταθμός, που έστειλε το πλαίσιο, έχει την ευθύνη να σταματήσει και την κυκλοφορία του πλαισίου από το δακτύλιο. Ο σταθμός, που έστειλε το πλαίσιο βλέποντας τυχόν αλλαγές σε κάποια bit του πλαισίου, που έλαβε, σε σχέση με αυτό που αρχικά

έστειλε μπορεί να καταλάβει: εάν ο σταθμός, για τον οποίον προόριζε το πλαίσιο, δεν υπάρχει ή είναι ανενεργός, εάν ο σταθμός υπάρχει στο δίκτυο, αλλά για κάποιο λόγο δεν παρέλαβε το πλαίσιο, ή εάν το πλαίσιο έχει παραληφθεί κανονικά.

Ο σταθμός, που στέλνει τα δεδομένα, δεν έχει περιορισμό στο μέγεθος του πλαισίου, που μπορεί να στείλει. Έτσι, υπάρχει συνήθως πλαίσιο, που ταξιδεύει στο δακτύλιο. Υπάρχει, όμως, και η δυνατότητα να τεμαχίσει τα δεδομένα του σε μικρότερα πλαίσια, πάντα όμως μέσα στο χρόνο, που μπορεί να κρατήσει το κουπόνι.

Με βάση όσα έχουμε αναφέρει, μπορούμε να ξεχωρίσουμε τη λειτουργία των σταθμών στο δακτύλιο σε δύο φάσεις: τη φάση ακρόασης και τη φάση μετάδοσης. Στη φάση ακρόασης βρίσκονται οι σταθμοί που δεν έχουν το κουπόνι. Στη φάση ακρόασης, τοποθετούν κάθε bit του πλαισίου, που δέχονται σε ενδιάμεσο καταχωρητή ενός bit και, κατόπιν, το αντιγράφουν έξω ξανά στο δακτύλιο. Όταν το bit βρίσκεται στον ενδιάμεσο καταχωρητή, η τιμή του μπορεί να επιθεωρηθεί ή και να μεταβληθεί από το σταθμό. Στη φάση της ακρόασης έχουμε τη λεγόμενη καθυστέρηση 1 - bit. Ο σταθμός, που θα λάβει το κουπόνι και στέλνει το πλαίσιο με τα δεδομένα του βρίσκεται πλέον σε φάση μετάδοσης. Είναι σαν να έχει σπάσει το δακτύλιο και από το ένα σημείο να στέλνει τα bits του πλαισίου και από το άλλο να λαμβάνει το πλαίσιο, που έχει στείλει, για να τσεκάρει ποιά ήταν η τύχη του και ταυτόχρονα να σταματά την επανακυκλοφορία της πληροφορίας μέσα στον δακτύλιο.



Σχήμα 4-20 Δίκτυο δακτυλίου με κουπόνι

Στο τέλος, αφού ο σταθμός μεταδώσει όλα τα δεδομένα του ή του τελειώσει ο χρόνος μετάδοσης που είχε στη διάθεση του, πρέπει να εκδώσει καινούργιο κουπόνι και να το περάσει στον επόμενο σταθμό.

Στο token ring και IEEE 802.5, υποστηρίζονται οκτώ επίπεδα προτεραιότητας. Ο μηχανισμός προτεραιοτήτων είναι αρκετά πολύπλοκος. Μέσα στο κουπόνι υπάρχει πεδίο που δηλώνεται ο βαθμός προτεραιότητας. Ένας σταθμός, που θέ-

λει να μεταδώσει δεδομένα με προτεραιότητα X, θα πρέπει να περιμένει να περάσει κουπόνι με προτεραιότητα μικρότερη ή ίση του X. Υπάρχει τρόπος ο σταθμός, που θέλει να μεταδώσει, να δεσμεύσει το επόμενο κουπόνι αλλάζοντας πεδίο του τρέχοντος κουπονιού (κάνοντας δηλαδή ένα είδος κράτησης προτεραιότητας). Επειδή, γενικά, ο μηχανισμός της κράτησης οδηγεί τελικά στην αύξηση της προτεραιότητας, έχουν δημιουργηθεί κανόνες, όπου οι σταθμοί, που αυξάνουν την προτεραιότητα, στο τέλος της μετάδοσης του πλαισίου τους, να μεταδώσουν κουπόνι με μικρότερη προτεραιότητα.

Επίσης, στα δίκτυα token ring και IEEE 802.5, υπάρχει και ο μηχανισμός συντήρησης του δακτυλίου. Για το λόγο αυτόν, ορίζεται σταθμός ως "ενεργός ελεγκτής" (active monitor), ο οποίος ανιχνεύει και διορθώνει, όσο μπορεί, πιθανές καταστάσεις δυσλειτουργίας. Διαθέτει, επίσης, τη δυνατότητα "καθαρισμού" του δακτυλίου, εκδίδοντας το λεγόμενο πλαίσιο καθαρισμού (purge frame). Οι υπόλοιποι σταθμοί του δικτύου συνεργάζονται μεταξύ τους για την παρακολούθηση της συνέχειας του δακτυλίου. Σε περίπτωση βλάβης του ενεργού ελεγκτή, αυτόματα αναλαμβάνει το ρόλο του κάποιος άλλος σταθμός εργασίας μέσα στο δακτύλιο.

Από τον τρόπο λειτουργίας των δικτύων token ring και IEEE 802.5 είναι φανερό, ότι υπάρχει, γενικά, η δυνατότητα εκτίμησης της καθυστέρησης μετάδοσης πλαισίου στο δίκτυο, σε αντίθεση με το πρότυπο IEEE 802.3 (ethernet). Έτσι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές, που χρειάζονται μετάδοση σε πραγματικό χρόνο, αρκεί, βέβαια, να καλύπτονται από το εύρος ζώνης, που μπορεί να προσφέρει το δίκτυο.

4.3.5 Σύγκριση τοπικών δικτύων.

Στην παράγραφο αυτή θα αναφερθούμε στα πλεονεκτήματα αλλά και στα μειονεκτήματα των προτύπων πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3, 802.4 και 802.5.

Το πρότυπο IEEE 802.3 διακρίνεται για την απλότητα του αλγόριθμου πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD. Η μέθοδος CSMA/CD είναι εύκολα υλοποιήσιμη, εφαρμόζεται αρκετά χρόνια και είναι ο πλέον διαδεδομένος τύπος με τεράστια εγκαταστημένη βάση. Ειδικότερα η υλοποίησή του με τη χρήση κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης, βοηθά στη γρήγορη εγκατάσταση σταθμών χωρίς να βγει εκτός λειτουργίας το δίκτυο. Ο διαμοιρασμός της χρήσης του δικτύου είναι δίκαιος και η καθυστέρηση σε χαμηλό φορτίο είναι πρακτικά ελάχιστη.

Στα μειονεκτήματα του IEEE 802.3 μπορούμε να καταλογίσουμε την μη καθορισμένη συμπεριφορά. Σε κατάσταση λειτουργίας με υψηλό φορτίο, η απόδοσή του μειώνεται δραματικά. Το γεγονός ότι ο χρόνος πρόσβασης στο μέσο δεν μπορεί να προβλεφθεί, το κάνει μη ελκυστικό για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Επίσης, δεν έχει μηχανισμό προτεραιοτήτων, γεγονός που εντείνει το πρόβλημα. Στα μειονεκτήματα θα μπορούσαμε να προσθέσουμε, ότι η υλοποίηση μέρους του ενεργού εξοπλισμού του προτύπου απαιτεί αναλογικά μέρη, όπως για παράδειγμα το κύκλωμα εντοπισμού συγκρούσεων.

Πρέπει, όμως, να ομολογήσουμε, ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης που προσφέρει στις νέες εκδόσεις στα 100 Mbps και ειδικότερα στα 1000 Mbps το καθιστά ιδιαίτερα ελκυστική τεχνολογία. Σε συνδυασμό με τις ελάχιστες ή μηδαμινές απαιτήσεις

για αλλαγές στην υπάρχουσα καλωδίωση, καθώς και η ποικιλομορφία των φυσικών μέσων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, λύνει τα χέρια των σχεδιαστών τοπικών δικτύων.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν, τα πρότυπα πρόσβασης στο μέσο, που χρησιμοποιούν σαν μέθοδο το πέρασμα κουπονιού. Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι η ντετερμινιστική συμπεριφορά των δικτύων, υπό την έννοια ότι υπάρχει ανώτατο όριο χρόνου, που κάποιος σταθμός πρέπει να περιμένει πριν μεταδώσει. Το όριο αυτό είναι γνωστό, γιατί κάθε σταθμός του δακτυλίου μπορεί να κρατήσει το κουπόνι για καθορισμένο χρόνο. Η απόδοση των μεθόδων IEEE 802.4 και 802.5 πλησιάζει το 100 %, όσο το φορτίο κίνησης αυξάνει. Σε χαμηλή κίνηση, όμως, τα πρότυπα αυτά έχουν χειρότερη συμπεριφορά συγκρινόμενα ειδικά με το IEEE 802.3. Αυτό συμβαίνει, γιατί ο σταθμός θα περιμένει να λάβει το κουπόνι προκειμένου να αρχίσει τη μετάδοση, ενώ το κουπόνι μπορεί να μεταβαίνει σε σταθμούς, που δεν έχουν τίποτα να μεταδώσουν. Μεγάλο πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα υποστήριξης επιπέδων προτεραιότητας. Η δυνατότητα προτεραιοτήτων διευκολύνει τη χρήση του δικτύου από εφαρμογές πραγματικού χρόνου, γιατί μπορούν να βασίζονται σε καθορισμένο εύρος ζώνης.

Βασικό μειονέκτημα των μεθόδων IEEE 802.4 και 802.5 είναι η αυξημένη πολυπλοκότητα των αλγορίθμων που χρησιμοποιούν.

Τα δύο πρότυπα IEEE 802.4 και 802.5 δεν προορίζονται για χρήση στον ίδιο εργασιακό χώρο. Το IEEE 802.4 έχει εγκαταστημένη βάση, κυρίως, σε βιομηχανικούς χώρους. Με κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων των σταθμών, προσφέρει εγγυημένο εύρος ζώνης σε κάθε επίπεδο προτεραιότητας, σε αντίθεση με το 802.5, όπου ευνοούνται υπερβολικά οι σταθμοί, που θέλουν να μεταδώσουν με υψηλή προτεραιότητα. Επίσης, δεν στηρίζεται σε κεντρικό σταθμό εποπτείας του δακτυλίου, όπως στο 802.5, αλλά όλοι οι σταθμοί περιοδικά αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες συντήρησης του δακτυλίου. Μειονέκτημα του 802.5 θεωρείται η ύπαρξη κάθε φορά ενός μόνου σταθμού εποπτείας. Τα προβλήματα αρχίζουν όχι από την ολοκληρωτική βλάβη αυτού, αλλά στην περίπτωση μερικής υπολειτουργίας. Μεγάλο πλεονέκτημα του προτύπου 802.5, σε περίπτωση υλοποίησής του με κέντρα καλωδιώσεων, είναι η δυνατότητα ανίχνευσης και εξάλειψης διακοπών στα καλώδια αυτόματα.

Ο σχεδιαστής δικτύων πρέπει να σταθμίσει ποια χαρακτηριστικά πρέπει να καλύπτει το δίκτυο, που θέλει να σχεδιάσει, σε συνάρτηση πάντα με τις εφαρμογές, που θα τρέχουν πάνω σε αυτό και να αποφασίσει. Πολλές φορές, η υλοποίηση καινούργιου δικτύου είναι πιο εύκολη από την αναβάθμιση υπάρχοντος, επειδή δεν χρειάζεται να ληφθεί υπόψη η υπάρχουσα εγκατεστημένη βάση. Σημαντικότερος παράγοντας είναι το κόστος και στο σημείο αυτό το πρότυπο IEEE 802.3, λόγω της απλότητας που το διακρίνει, υπερτερεί σημαντικά. Ταυτόχρονα έχει παρουσιάσει και τη μεγαλύτερη εξέλιξη σε σχέση με τους "ανταγωνιστές του". Ίσως για το λόγο αυτό δεν είναι τυχαίο, που σήμερα πλέον οι περισσότερες εγκαταστάσεις δικτύων είναι βασισμένες σε εκδόσεις του προτύπου IEEE 802.3

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό, περιγράψαμε τους βασικούς τύπους καλωδιώσεων και αναφερθήκαμε στα ιδιαίτερα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, στις χρήσεις και επιδόσεις του κάθε τύπου.

Ακολουθώντας, προσπαθήσαμε να εξηγήσουμε, τι ακριβώς εννοούμε με τον όρο τοπικά δίκτυα, αναφέροντας τα κύρια χαρακτηριστικά τους, τα οποία τα διαφοροποιούν από τα δίκτυα ευρείας πρόσβασης (WAN). Στη συνέχεια, αναφερθήκαμε στις κυριότερες τοπολογίες των τοπικών δικτύων, όπως αρτηρίας, δακτυλίου, αστέρα καθώς και των τοπολογιών, που προκύπτουν από το συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, όπως δένδρου και αστέρα δακτυλίου. Έγινε παρουσίαση των κύριων χαρακτηριστικών των τοπολογιών, που προαναφέραμε, καθώς και αναφορά των πλεονεκτημάτων ή μειονεκτημάτων της κάθε τοπολογίας.

Στη συνέχεια, αναφερθήκαμε στο έργο της επιτροπής 802 του ινστιτούτου IEEE, καθώς και στα πρότυπα που έχουν εκδοθεί από τις επιμέρους υποεπιτροπές, που συστάθηκαν από το ινστιτούτο IEEE. Έγινε αναφορά στο διαχωρισμό του δευτέρου φυσικού επιπέδου Σύνδεσης Δεδομένων του OSI σε δύο υποεπίπεδα, στο υποεπίπεδο Ελέγχου λογικής Σύνδεσης (LLC) και στο υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC). Στη συνέχεια ακολούθησε παρουσίαση των προτύπων 802.2,3,4 και 5.

Στο πρότυπο 802.2, που αναφέρεται στο υποεπίπεδο ελέγχου Λογικής Σύνδεσης, έγινε παρουσίαση των διαφόρων υπηρεσιών, που μπορεί να παρέχει, όπως, υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση, υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση και υπηρεσία με σύνδεση. Επίσης, αναφερθήκαμε στη διαθεσιμότητα των παραπάνω υπηρεσιών στο επίπεδο δικτύου του μοντέλου αναφοράς OSI.

Στη συνέχεια αναλύσαμε το πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.3. Έγινε λεπτομερής παρουσίαση του τρόπου πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD, καθώς και της συγγένειας του με το πρότυπο ethernet. Ακολούθως, παρουσιάστηκαν τα βασικά πρότυπα υλοποίησης του IEEE 802.3 (π.χ 10Base5, 10BaseT κ.ο.κ) και τέλος έγινε παρουσίαση των δύο νεότερων προτύπων του IEEE 802.3, που είναι το Fast Ethernet και το Gigabit Ethernet.

Ακολούθησε αναφορά στο πρότυπο πρόσβασης στο μέσο IEEE 802.4 (token bus). Έγινε περιγραφή του τρόπου λειτουργίας, καθώς και των μηχανισμών προτεραιοτήτων που, υποστηρίζει. Από την ανάλυση λειτουργίας του παραπάνω προτύπου γίνεται αντιληπτός ο λόγος διάδοσης του συγκεκριμένου προτύπου σε βιομηχανικά περιβάλλοντα εργασίας.

Επίσης έγινε παρουσίαση του προτύπου IEEE 802.5 (token ring). Έγινε περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του προτύπου, καθώς και του μηχανισμού προτεραιοτήτων, που υποστηρίζει.

Στο τέλος πραγματοποιήθηκε σύγκριση των προτύπων IEEE 802,3,4 και 5. Η σύγκριση εστιάστηκε κύρια στο IEEE 802.3 με τα πρότυπα περάσματος κου-

πονιού IEEE 802.4 και 5, καθώς και στις διαφορές μεταξύ του προτύπου IEEE 802.4 και 5.

Με την ολοκλήρωση του κεφαλαίου πιστεύουμε, ότι έχει γίνει αντιληπτό στους μαθητές ο λόγος, που το πρότυπο IEEE 802.3, έχει επικρατήσει των άλλων δύο προτύπων του IEEE. Ταυτόχρονα επισημάνσαμε τις αδυναμίες, που παρουσιάζει το IEEE 802.3, σε καταστάσεις πολλών σταθμών εργασίας και υψηλών φορτίων κίνησης. Η αδυναμία όμως, αυτή του IEEE 802.3 περιορίζεται σημαντικά με τη χρήση συσκευών switch, συσκευές, που θα έχουμε τη δυνατότητα να αναλύσουμε το τρόπο λειτουργίας στο επόμενο κεφάλαιο.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Να αναφέρετε τους διάφορους τύπους καλωδίων συνεστραμένων ζευγών και να περιγράφεται την κατασκευή τους.
2. Σε τι οφείλεται η εξασθένηση του σήματος στα καλώδια συνεστραμένων ζευγών;
3. Τα καλώδια συνεστραμένων ζευγών χωρίζονται σε κατηγορίες σύμφωνα με το πρότυπο EIA/TIA 568-A. Που θα χρησιμοποιούσατε την κάθε κατηγορία ; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.
4. Να περιγράψετε την κατασκευή των οπτικών ινών και να αναφέρετε τις ιδιαιτερότητες του κάθε τύπου.
5. Να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα των καλωδίων οπτικών ινών απέναντι στα καλώδια συνεστραμένων ζευγών. Ποια χρήση θα επιλέγατε για το καθένα;
6. Αναφέρατε τα κύρια χαρακτηριστικά των τοπικών δικτύων.
7. Αναφέρατε τις πλέον δημοφιλείς τοπολογίες τοπικών δικτύων.
8. Σε ποια τοπολογία δικτύου τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται έχουν αυξημένη πολυπλοκότητα:
 - α. Τοπολογία Αρτηρίας
 - β. Τοπολογία Δακτυλίου
9. Ποιος μπορεί να είναι ο ρόλος της κεντρικής μονάδας εξυπηρέτησης σε τοπολογία αστέρα;
10. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα :
 - α. της τοπολογίας δένδρου
 - β. της τοπολογίας αστέρα – δακτυλίου
11. Ποιους τρόπους υπηρεσιών παρέχει το υποεπίπεδο LLC με βάση το πρότυπο IEEE 802.2;

12. Στην περίπτωση που το κανάλι επικοινωνίας, που είχατε στη διάθεση σας, γνωρίζατε, ότι εξασφαλίζει πολύ μικρό ποσοστό λαθών, ποιου είδους υπηρεσία για τον Έλεγχο Λογικής Σύνδεσης θα προτιμούσατε, εάν μπορούσατε να επιλέξετε και γιατί:
- α. Υπηρεσία χωρίς επιβεβαίωση και χωρίς σύνδεση
 - β. Υπηρεσία με επιβεβαίωση λήψης χωρίς σύνδεση
 - γ. Υπηρεσία με σύνδεση
13. Ποια πρωτόκολλα σύνδεσης δεδομένων είναι τα πλέον διαδεδομένα :
- α. τα πρωτόκολλα διαχωρισμού χαρακτήρων
 - β. τα πρωτόκολλα διαχωρισμού bit
14. Τι εννοούμε με τον όρο σύγκρουση (collision) στη μέθοδο πρόσβασης στο μέσο CSMA/CD;
15. Εξηγείστε τους λόγους, που θέτουν περιορισμούς στο μήκος των μεταδιδόμενων πακέτων από τους σταθμούς εργασίας, καθώς και στο μήκος των καλωδίων, που χρησιμοποιούνται, στο πρότυπο IEEE 802.3
16. Ο χρόνος επανεκπομπής των σταθμών εργασίας σε δίκτυο IEEE 802.3, σε περίπτωση σύγκρουσης είναι :
- α. καθορισμένος
 - β. τυχαίος
 - γ. ρυθμιζόμενος
17. Τι σχέση υπάρχει μεταξύ του πρότυπου Ethernet και του IEEE 802.3;
18. Αναφέρατε μερικά από τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3, καθώς και τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών και εξηγείστε την κωδικοποίηση, που χρησιμοποιείται.
19. Αναφέρατε τα κύρια χαρακτηριστικά των προτύπων του Fast Ethernet και Gigabit Ethernet.
20. Ποιες είναι οι διαφορές στο μηχανισμό προτεραιοτήτων μεταξύ των προτύπων IEEE 802.4 και 5;
21. Ποιες είναι οι διαφορές στη τοπολογία μεταξύ των προτύπων IEEE 802.4 και 5;
22. Τι εννοούμε λέγοντας καθυστέρηση 1-bit στο πρότυπο IEEE 802.5;
23. Γιατί δεν παρατηρείται το φαινόμενο των συγκρούσεων στα πρότυπα IEEE 802.4 και 5;
24. Γιατί δεν είναι δυνατή η εκτίμηση της καθυστέρησης στη μετάδοση πλαισίου στο IEEE 802.3, σε αντίθεση με τα IEEE 802.4 και 5;
25. Ποιοι είναι οι κύριοι λόγοι, που το IEEE 802.3 έχει επικρατήσει σε σχέση με τα πρότυπα IEEE 802.4 και 5;

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Πομπόρτσος Α., *Εισαγωγή στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*, εκδ. Α. Τζιόλα Ε. 1997.
3. Στασινόπουλος Γ., *Ψηφιακά Συστήματα Επικοινωνιών*, ΕΜΠ 1998.
4. Bartee C. Thomas, *Data Communications, Networks and Systems*, Howard W. Sams & Co. Inc., 1985.
5. Breyer Robert and Riley Sean , *Switched and Fast Ethernet: How It Works and How to Use It*, Ziff – Davis Press 1995.
6. Tanenbaum A., *Computer Networks*, Prentice Hall, 1994.
7. Teldor, *The optical solution program*.
8. Truelove James, *Lan Wiring*, McGraw-Hill 1997.
9. *Systimax structured cabling systems*, Lucent Technologies, Global Commercial Markets EMEA Hilversum, The Netherlands.



ΤΑ ΔΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα είστε ικανοί:

- Να κατανοείτε τη λειτουργία των modems.
- Να εξηγείτε τις διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφόρων προτύπων λειτουργίας των modems.
- Να γνωρίζετε τα κύρια χαρακτηριστικά των πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών και modems.
- Να κατανοείτε τις λειτουργίες ελέγχου ροής, συμπίεσης δεδομένων και ελέγχου λαθών.
- Να εξηγείτε τη λειτουργία και τα κύρια χαρακτηριστικά των επαναληπτών και κυρίως των Hubs.
- Να εξηγείτε τη λειτουργία και τα κύρια χαρακτηριστικά των γεφυρών (bridges).
- Να εξηγείτε τη λειτουργία και τα κύρια χαρακτηριστικά των μεταγωγέων (switches).
- Να εξηγείτε τη λειτουργία και τα κύρια χαρακτηριστικά των δρομολογητών (routers).
- Να κατανοείτε τις βασικές τεχνικές και τους κανόνες, οι οποίοι εφαρμόζονται στη δομημένη καλωδίωση.
- Να γνωρίζετε τα υλικά και εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μιας δομημένης καλωδίωσης.

Εισαγωγή

Ένα δίκτυο αποτελείται από παθητικά και ενεργά στοιχεία.

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιάσουμε και θα αναλύσουμε τα ενεργά στοιχεία των δικτύων, όπως τα Modems, τους επαναλήπτες, τους μεταγωγείς, τις γέφυρες και τους δρομολογητές.

Στα παθητικά στοιχεία εντάσσονται τα καλώδια, τα οποία παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 4. Παθητικά στοιχεία, επίσης, είναι τα εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση για τη σύνδεση και μικτονόμηση των γραμμών. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι τεχνικές και τα εξαρτήματα, τα οποία χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση.

5.1 MODEM

Το modem είναι συσκευή διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης και το όνομα του προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων modulator - demodulator (διαμορφωτής - αποδιαμορφωτής).

Τα modem ή αλλιώς και «Εξοπλισμός Επικοινωνίας δεδομένων» (Data Communication Equipment, DCE) , τοποθετούνται πάντα ανά ζεύγη στα δύο άκρα τηλεφωνικής γραμμής, προκειμένου να γίνει εφικτή η επικοινωνία δύο υπολογιστικών συστημάτων που καλούνται και «Τερματικές Συσκευές δεδομένων» (Data Terminal Equipment, DTE) δια μέσου της τηλεφωνικής γραμμής (βλέπε Σχήμα 5-1)



Σχήμα 5-1 Συνδεσμολογία των συσκευών DTE & DCE

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στους λόγους, που επιβάλλουν τη χρήση των modem, καθώς και στις αρχές λειτουργίας τους.

Η τηλεφωνική γραμμή που έρχεται στο σπίτι μας, αποτελείται από ζεύγος χάλκινων καλωδίων που συνδέει τη τηλεφωνική συσκευή μας με το τοπικό κέντρο του παροχέα της υπηρεσίας (πχ. του ΟΤΕ). Ο τηλεφωνικός αυτός δίαυλος περιορίζεται από φίλτρα αλλά και άλλους παράγοντες σε περιοχή συχνοτήτων από 300 έως 3.000 Hz περίπου, δηλαδή εύρος ζώνης 2.700 Hz. Με βάση το κριτήριο του Nyquist, για κάθε Hz εύρους ζώνης του διαύλου μπορούν να σταλούν ιδανικά δύο ανεξάρτητοι παλμοί. Αυτό δίνει μέγιστο, θεωρητικό ρυθμό μετάδοσης 4800 baud και ρυθμούς μετάδοσης 4.800, 9.600, bits/sec για 2,4 διαφορετικές στάθμες αντίστοιχα, ανά στοι-

χειώδες διάστημα. Αντίστοιχα στην πράξη όμως, τα θεωρητικά αυτά όρια δεν πραγματοποιούνται. Εάν ψηφιακό σήμα εφαρμοζόταν στο ένα άκρο της γραμμής, το λαμβανόμενο σήμα στο άλλο άκρο δεν θα είχε τη μορφή ορθογωνικής κυματομορφής, εξαιτίας των χωρητικών και επαγωγικών επιδράσεων. Το γεγονός αυτό κάνει τη χρήση σημάτων βασικής ζώνης (baseband) ακατάλληλη, εκτός εάν πρόκειται για σήματα με χαμηλές ταχύτητες και πολύ μικρές αποστάσεις.

Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα που σχετίζονται με τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων στις τηλεφωνικές γραμμές, χρησιμοποιείται αναλογική σήμανση (ac). Εισάγεται, συνήθως, συνεχής τόνος στην περιοχή 1000-2000 Hz, που ονομάζεται φέρον ημιτονικό κύμα (sine wave carrier). Το πλάτος, η συχνότητα, και η φάση του σήματος μπορούν να διαμορφωθούν, για να μεταδώσουν την πληροφορία. Με τη διαμόρφωση στον πομπό επιτυγχάνουμε τη μετατόπιση του φάσματος του σήματος δεδομένων στη ζώνη 300 - 3.000 Hz, που διατίθεται για τη μετάδοση της φωνής. Αυτό επιτυγχάνουν οι συσκευές modem.

V.90	56 kbps Ασύμμετρο πρωτόκολλο
V.34	QAM για 33.6, 28.8, 26.4, 24.0, 21.6, 19.2, 16.8, 14. και 12.0 kbps, 9600, 7200, 4800 και 2400 bps ; full duplex για 2 καλώδια (Trellis coded)
V.33	QAM Trellis coded για 14.4 και 12.0 kps
V.32terbo	QAM για 19.2 και 16.8 kbps
V.32bis/V.32	QAM για 14.4, 12.0 kbps, 9.600, 7.200 και 4.800 bps; αμφίδρομης επικοινωνίας (full duplex) για 2 καλώδια (κωδικοποίηση με τον αλγόριθμο Trellis για 7.200 bps και πάνω; με ή χωρίς κωδικοποίηση για 9.600 bps
V.29	QAM για 9.600, 7.200 και 4.800 bps
V.29 (fax)	9600 / 7200 bps
V.27bis/ter	8 - phase DPSK για 4.800 και 2.400 bps
V.27ter (fax)	4.800 / 2.400 bps
V.26 / V.26bis	4 - phase DPSK για 2.400 και 1.200 bps
V.23	FSK για 1.200/75 bps, full duplex
V.22bis	QAM για 2.400 bps ; bandsplit, full duplex
V.22	DPSK για 1.200 και 600 bps ; bandsplit, full duplex
V.21	FSK για 0-300 bps ; bandsplit, full duplex
V.17 (fax)	14.4 και 12.0 kpbs, 9.600 και 7.200 bps
Bell 208A/B	4.800 bps
Bell212A	1.200 bps
Bell103	0-300 bps

Πίνακας 5-1 Συστάσεις για modem

5.1.1 Πρότυπα επικοινωνίας των modems

Έχουν αναπτυχθεί από διεθνείς οργανισμούς, πρότυπα (συστάσεις), τα οποία καθορίζουν τον τρόπο επικοινωνίας των modems. Στον παρακάτω πίνακα 1 γίνεται καταγραφή των σημαντικότερων συστάσεων για modem.

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 1, η μεγαλύτερη ταχύτητα σύνδεσης μεταξύ δύο modem παρατηρείται στην σύσταση V.90 στα 56 Kbps, αλλά προς μία μόνο κατεύθυνση, επειδή προς την αντίθετη η ταχύτητα είναι 33.6 Kbps και γι' αυτό θεωρείται ότι είναι ασύμμετρη τεχνολογία.

Η μέγιστη ταχύτητα σύνδεσης μεταξύ δύο modem V.34 είναι 33.6 Kbps ενώ πολύ συχνά είναι χαμηλότερη από τα 28.8 Kbps. Εξαρτάται από την ποιότητα της γραμμής, που και αυτή με τη σειρά της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το ποσοστό ψηφιοποίησης του δημόσιου δικτύου. Όπως βλέπουμε και στο Σχήμα 5.2 τα δεδομένα στέλνονται με ψηφιακό τρόπο από το DTE1 στο DCE1, όπου και μετατρέπονται σε αναλογική μορφή από DAC (digital to analog converter) και στη συνέχεια διαμορφώνονται και μεταδίδονται στη γραμμή. Στο άλλο άκρο της γραμμής τα δεδομένα αποδιαμορφώνονται και ψηφιοποιούνται από ADC (analog to digital converter) στο DCE2 και λαμβάνονται, τελικά, σε ψηφιακή μορφή από το DTE2.

Ομοίως τα δεδομένα που στέλνονται από το DTE2 προς το DTE1, ακολουθούν την ίδια διαδικασία. Από την παραπάνω περιγραφή γίνεται φανερό, ότι για την αμφίδρομη επικοινωνία χρειάζονται δύο μετατροπές του σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό και δύο μετατροπές του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό. Από τις παραπάνω μετατροπές, αυτή, που εισάγει τον περισσότερο θόρυβο είναι η μετατροπή από αναλογικό σήμα σε ψηφιακό (θόρυβος κβαντοποίησης quantization noise).



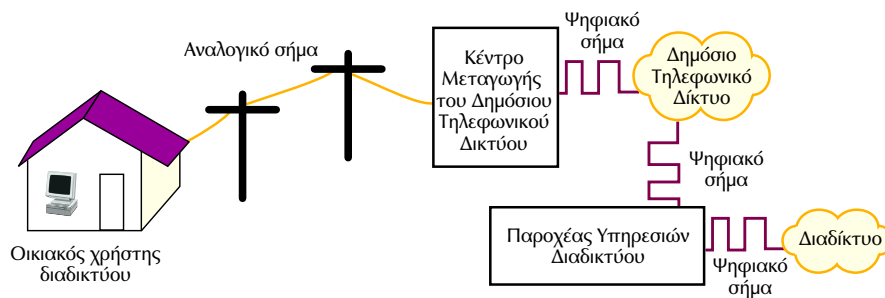
Σχήμα 5-2 Επικοινωνία τερματικών συσκευών DTEs με χρήση modems (DCEs) μέσω του Δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου. Στο σχήμα, έχει σημειωθεί και η μετατροπή A/D ή D/A, που γίνεται στο σήμα

Η μεγαλύτερη χρήση των modems γίνεται από χρήστες, που θέλουν να συνδεθούν με τηλεφωνική διεπιλογή με κάποιον παροχέα υπηρεσιών διαδικτύου (Internet Service Provider, ISP) ή με κάποια μεγάλη τράπεζα δεδομένων. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των δημόσιων τηλεφωνικών δικτύων (Public Switched Telephone Network, PSTN) των αναπτυσσόμενων χωρών είναι ψηφιακό και οι περισσότεροι παροχείς υπηρεσιών σύνδεσης στο Διαδίκτυο συνδέονται στο PSTN με ψηφιακό τρόπο. Το γεγονός αυτό εκμεταλλεύεται η σύσταση V.90, για να επιτευχθεί ταχύτητα μέχρι 56kbps στη μεταφορά των δεδομένων από τους ISP's στους τελικούς χρήστες. Όπως μπορούμε να δούμε και στα σχήματα 5.3 α & β, για την μεταφορά της πληροφορίας από τους εξυπηρετητές των ISP's γίνεται μόνο μία μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό (η μετατροπή A/D γίνεται στο modem του χρήστη) σε αντίθεση με την περίπτωση επικοινωνίας συμβατικών modems V.34. Εάν η γραμμή από το τοπικό κέντρο PSTN του χρήστη είναι ψηφιακά τερματισμένη μέχρι την περιοχή του εξυπηρετητή του ISP, γίνεται μόνο DAC μετατροπή στο σήμα από τον ISP προς τον τελικό χρήστη. Εάν τα modem στα άκρα είναι 56k συμβατά, τότε είναι πολύ πιθανό να έχουμε ταχύτητες κοντά στα 56Kbps. Πρέπει, επίσης, να τονίσουμε, ότι επιπρόσθετη ψηφιακή κωδικοποίηση εφαρμόζεται στην αρχή της συνηθισμένης διαμόρφωσης του σήματος προς τον τελικό χρήστη. Αντίθετα η ταχύτητα σύνδεσης των δεδομένων από χρήστη, που πραγματοποιεί κλήση προς τον ISP δεν υπερβαίνει τα 33.6 Kbps (βλέπε Σχήμα 5-3γ).

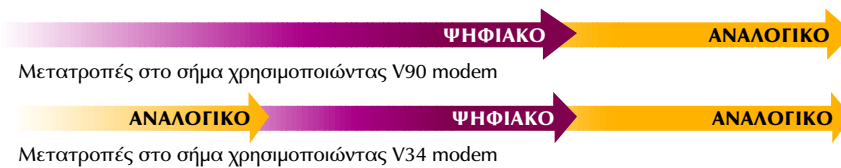
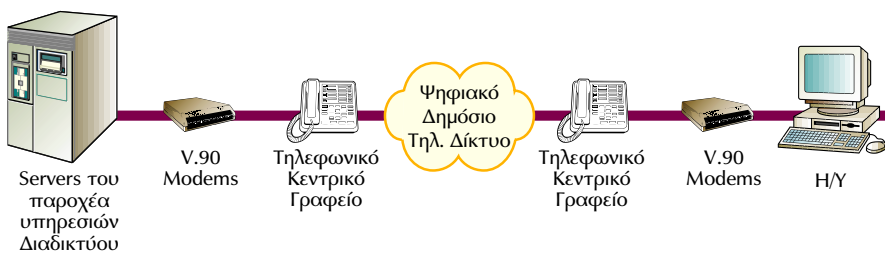
Διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν και περιορίζουν την ποιότητα στη σύνδεση μέχρι τα 33 Kbps (πρόσφατες βελτιώσεις των προϊόντων των κατασκευαστών modem ανεβάζουν την ταχύτητα ίσως και πάνω από 40 Kbps) από τον χρήστη προς τον ISP, όπως:

- Απρόβλεπτα, πολλές φορές, επίπεδα σήματος εξαιτίας προβλημάτων στην καλωδίωση και μεγάλες αποστάσεις από τον τελικό χρήστη μέχρι το τοπικό κέντρο του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου.
- Θόρυβος κβαντοποίησης από τη μετατροπή του ψηφιακού σήματος σε αναλογικό για την μετάδοσή του στις τηλεφωνικές γραμμές.
- Ελαφρώς διαφορετικός εξοπλισμός του δημόσιου τηλεφωνικού οργανισμού, καθώς επίσης αλγόριθμοι για την εγκατάσταση της κλήσης από οικιακό χρήστη προς ISP.

Η ασυμμετρική ταχύτητα σύνδεσης μας εξασφαλίζει γρηγορότερη μεταφορά πληροφοριών από τράπεζες δεδομένων ή το Διαδίκτυο, που είναι και το ζητούμενο, ενώ το μικρότερο εύρος της γραμμής προς την αντίθετη κατεύθυνση δεν αποτελεί πρόβλημα, αφού, συνήθως, περνά πληροφορία για επιλογές πλήκτρων ή του ποντικιού του τελικού χρήστη. Βέβαια, αρκετές φορές, η σύνδεση με modem V.90 δεν υπερβαίνει τα 33.6 Kbps και προς τις δύο κατευθύνσεις, εάν κάποιος από τους παραπάνω παράγοντες εκλείψει.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 5-3 Σύνδεση υπολογιστών με V.90 modem, σε Παροχέα Υπηρεσιών Διαδικτύου, κάνοντας χρήση του δημόσιου τηλεφωνικού δικτύου
 (α) Τοπολογία διασύνδεσης
 (β) Μετατροπές A/D ή D/A που γίνονται στο σήμα εάν χρησιμοποιούνται modem V.90 ή V.34
 (γ) Απεικόνιση της ασυμμετρικής σύνδεσης στην περίπτωση χρησιμοποίησης V.90 modems

5.1.2 Επικοινωνία μεταξύ DTE και DCE

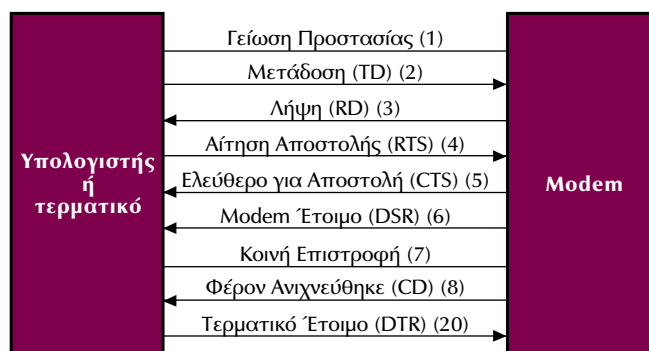
Η μετάδοση δεδομένων από το DTE προς το DCE γίνεται με ψηφιακό τρόπο. Οι κανόνες που διέπουν τη μεταξύ τους σύνδεση, αποτελούν παράδειγμα πρωτοκόλλου του πρώτου επιπέδου, δηλαδή του φυσικού επιπέδου με βάση το μοντέλο OSI. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα πρωτόκολλα του φυσικού επιπέδου καθορίζουν με κάθε λεπτομέρεια τη μηχανική, ηλεκτρική, λειτουργική και διαδικαστική διασύνδεση.

Τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα είναι τα εξής:

1. Το RS-232-C του Συνδέσμου Ηλεκτρονικής Βιομηχανίας, Electronic Industries Association, EIA.
2. V.24 και V.28 της Διεθνούς Συμβουλευτικής Επιτροπής Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας, Consultative Committee on International Telegraph and Telephone, CCITT (τώρα Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών, International Telecommunication Union, ITU). Τα πρωτόκολλα 1 & 2 είναι σχεδόν ταυτόσημα. Η V.24 δίνει τα λειτουργικά χαρακτηριστικά (δηλαδή την αποκατάσταση επαφής - handshaking), ενώ η V.28 τα κατ' εσχόλην ηλεκτρικά χαρακτηριστικά.
3. Το RS-449. Είναι στην ουσία τρία πρότυπα σε ένα. Οι μηχανικές, λειτουργικές και διαδικαστικές διασυνδέσεις δίνονται στο RS-449, αλλά η ηλεκτρική διασύνδεση δίνεται από δύο διαφορετικά πρότυπα. Το ένα είναι το RS-423-A (ή CCITT X.26) και το άλλο το RS-422-A (ή CCITT V.35, X.27). Οι προδιαγραφές X και V της CCITT διαφέρουν στο, ότι οι V αφορούν τη σύνδεση με modems, ενώ οι X τη σύνδεση με DTE εξοπλισμό για πρόσβαση σε δίκτυα δεδομένων.

Το RS232C χρησιμοποιεί συνδετήρα (connector) D25. Η ηλεκτρική προδιαγραφή του RS232C είναι, ότι τάση μικρότερη από -3Volt είναι το δυαδικό 1, ενώ τάση μεγαλύτερη από 4Volt είναι το δυαδικό 0. Το RS232C έχει περιορισμό στο μήκος του καλωδίου μεταξύ DTE - DCE τα 15 μέτρα.

Στο Σχήμα 5-4 μπορούμε να δούμε τη λειτουργική διαδικασία μεταξύ DTE – DCE, τα οποία συνδέονται με RS232C, που είναι και το πιο διαδεδομένο για την επικοινωνία υπολογιστών με modems.



Σχήμα 5-4 Διασύνδεση υπολογιστή – modem με το πρότυπο RS232C. Οι αριθμοί των ακροδεκτών δίνονται στην παρένθεση

Με βάση το Σχήμα 5.4 θα περιγράψουμε τα σήματα, που, κυρίως, χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE. Όταν ο υπολογιστής τεθεί σε λειτουργία, τότε θέτει σε 1 το DTR (Data Terminal Ready pin 20) και όταν το DCE είναι έτοιμο, θέτει σε 1 το DSR (Data Set Ready pin 6). Στη συνέχεια όταν το modem ανιχνεύσει το φέρον σήμα από την τηλεφωνική γραμμή, θέτει σε 1 το CD (Carrier Detected pin 8). Ο υπολογιστής, όταν πρέπει να μεταδώσει δεδομένα, θέτει σε 1 το RTS (Request to Send pin 4), και, τότε, το modem πρέπει να θέσει σε 1 το CTS (Clear to Send pin 5). Τα δεδομένα μεταδίδονται στον ακροδέκτη 2 TD (Transmitted Data) και λαμβάνονται στον ακροδέκτη 3 RD (Received Data). Στον ακροδέκτη 7 είναι η κοινή επιστροφή SG (Signal Ground). Στο πρωτόκολλο RS232C περιγράφονται και άλλα σήματα, που όμως, δεν χρησιμοποιούνται πάντα. Το RS232C είναι μη προσαρμοσμένο κύκλωμα ευαίσθητο σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.

RS-232-C			CCITT.24		
Κωδ.	Ακρ.	Κύκλωμα	Κωδ.	Ακρ.	Κύκλωμα
AA	1	Γείωση προστασίας (Protective ground)	101	1	Γείωση προστασίας (Protective ground)
AB	7	Γείωση σημάτων (Signal ground)	102	7	Γείωση σημάτων (Signal ground)
BA	2	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)	103	2	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)
BB	3	Λήψη δεδομένων (Received data)	104	3	Λήψη δεδομένων (Received data)
CA	4	Αίτηση για αποστολή (Request to send)	105	4	Αίτηση για αποστολή (Request to send)
CB	5	Ελεύθερο για αποστολή (Clear to send)	106	5	Ελεύθερο για αποστολή (Ready for sending)
CC	6	Modem έτοιμο (Data Send Ready)	107	6	Modem έτοιμο (Data Send Ready)
CD	20	Τερματικό έτοιμο (Data Terminal Ready)	108	20	Τερματικό έτοιμο (Data Terminal Ready)
CE	22	Ένδειξη κουδουνίσματος (Ring indicator)	125	22	Δείκτης κλήσεως (Calling indicator)
CF	8	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)	109	8	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)
CG	21	Ποιότητα σήματος (Signal quality)	110	23	Ποιότητα σήματος (Signal quality)
CH	23	Ρυθμός DTE (DTE rate)	111	23	Ρυθμός DTE (DTE rate)

CI	18	Ρυθμός DCE (DCE rate)	112	18	Ρυθμός DCE (DCE rate)
			136		Νέο σήμα (New signal)
			126	11	Επιλογή συχνότητας (Select frequency)
DA	24	Χρονισμός DTE (DTE timing)	113	24	Χρονισμός DTE (DTE timing)
DB	15	Χρονισμός DCE (DCE timing)	114	15	Χρονισμός DCE (DCE timing)
DD	17	Χρονισμός δέκτη (Receive timing)	115	17	Χρονισμός δέκτη (Receive timing)
SBA	14	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)	118	14	Μετάδοση δεδομένων (Transmitted data)
SBB	16	Λήψη δεδομένων (Received data)	119	16	Λήψη δεδομένων (Received data)
SCA	19	Αίτηση για αποστολή (Request to send)	120	19	Σήμα γραμμής (Line signal)
SCB	13	Ελεύθερο για αποστολή (Clear to send)	121	13	Κανάλι έτοιμο (Channel ready)
SCF	12	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)	122	12	Ανιχνευτής γραμμής (Line detector)

Πίνακας 5-2 Σύγκριση των RS-232C και V.24

Όπως προαναφέραμε, το RS-449 χρησιμοποιεί δύο πρωτόκολλα (RS423A και RS422A) για τα ηλεκτρικά του χαρακτηριστικά. Το RS423A είναι όμοιο με το RS232C σε όλα του τα κυκλώματα που μοιράζονται κοινή γείωση.

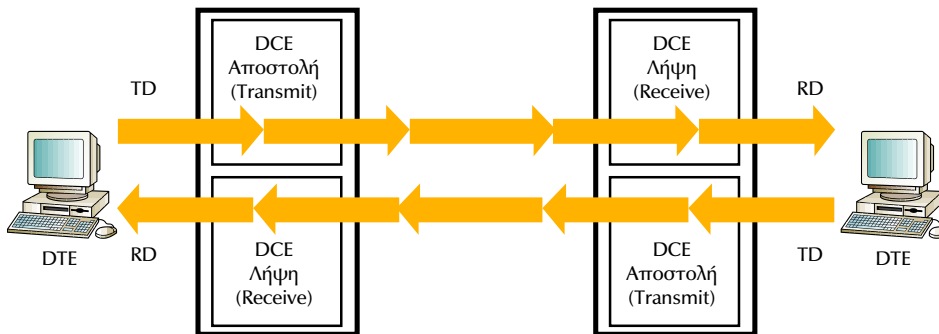
Αντίθετα με τα RS232C και RS423A, το RS422A βασίζεται σε ισορροπημένη, τερματισμένη γραμμή, προκειμένου να υπερκερασθούν οι περιορισμοί σε απόσταση και ταχύτητα σύνδεσης. Έτσι, με το RS422A φθάνουμε μέχρι 2 Mbps σε καλώδια 60 m και σε ακόμα μεγαλύτερες ταχύτητες σε καλώδια μικρότερου μήκους.

5.1.3 Έλεγχος Ροής (Flow Control)

Με τον όρο «έλεγχος ροής» αναφερόμαστε σε τεχνικές, που ρυθμίζουν το ρυθμό αποστολής των δεδομένων μεταξύ του DTE και του DCE, έτσι ώστε καμία συσκευή να μην δέχεται περισσότερα δεδομένα, από εκείνα στα οποία μπορεί να αντεπεξέλθει.

Όταν ο έλεγχος ροής είναι απενεργοποιημένος, τότε ο ρυθμός των δεδομένων από το τοπικό DTE προς το τοπικό DCE πρέπει να είναι ίσος ή μικρότερος από το ρυθμό σύνδεσης του τοπικού και του απομακρυσμένου modem. Επίσης,

ο ρυθμός δεδομένων μεταξύ DCE πρέπει και στα δύο να είναι ο ίδιος. Πρέπει, επίσης, να αναφέρουμε, ότι ο έλεγχος ροής έχει νόημα μόνο στην ασύγχρονη επικοινωνία ενώ στην σύγχρονη τα DTE αυτοσυσχρονίζονται.



Τα βέλη δείχνουν την ροή των δεδομένων

Σχήμα 5-5 Έλεγχος ροής μεταξύ DTE και DCE

Για να γίνει πιο κατανοητός ο έλεγχος ροής, ας πάρουμε το παράδειγμα επικοινωνίας δύο modem με ταχύτητα 33.6 Kbps. Επίσης, ας υποθέσουμε, ότι τα modem έχουν καταχωρητές (buffers) για προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων που στέλνουν τα DTE, πριν αποσταλούν στην τηλεφωνική γραμμή. Εάν τα DTE που συνδέονται στα δύο modem αντίστοιχα, στέλνουν δεδομένα σε υψηλότερο ρυθμό, π.χ. 115 kbps και δεν έχουμε ενεργοποιήσει τον έλεγχο ροής, τότε η επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE θα είναι δυνατή για πολύ μικρό χρονικό διάστημα μέχρι που να γεμίσουν οι καταχωρητές των modems. Μετά από ένα χρονικό διάστημα οι καταχωρητές θα υπερχειλίσουν, γιατί τα modems θα αποστέλλουν δεδομένα σε 33.6 Kbps, ενώ θα δέχονται από τα DTE δεδομένα σε πολύ υψηλότερους ρυθμούς. Ο έλεγχος ροής μπορεί να υλοποιηθεί ξεχωριστά για επικοινωνία μεταξύ DTE - DCE και DCE - DTE.

Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές ελέγχου ροής είναι:

- **XON/XOFF**

Η μέθοδος αυτή, είναι η πιο συνηθισμένη η οποία ονομάζεται επίσης, έλεγχος μέσω λογισμικού (software) ή εντός ζώνης (in-band) ή λογικός (logical) έλεγχος ροής. Στη μέθοδο αυτή η μετάδοση του χαρακτήρα ελέγχου ^S (stop) και ^R (start/restart) σταματά ή ξεκινά αντίστοιχα τη ροή των δεδομένων.

- **RTS/CTS**

Η μέθοδος αυτή ονομάζεται, επίσης, έλεγχος μέσω υλικού (hardware) ή φυσικός (physical) ή εκτός ζώνης (out - band) έλεγχος ροής. Το DTE ελέγχει τη ροή δεδομένων από το modem με την ενεργοποίηση ή μη του σήματος RTS (request to send), ενώ το modem ελέγχει τη ροή δεδομένων από το DTE με την ενεργοποίηση ή μη του σήματος CTS (clear to send). Η αλληλουχία των σημάτων RTS / CTS έχει περιγραφεί στην ανάλυση του RS-232C στην παράγραφο 5.1.2.

Πρέπει να επισημάνουμε, ότι, όταν χρησιμοποιούμε τα modems για μεταφορά δυαδικών (binary) αρχείων, δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε τη μέθοδο XON/XOFF, γιατί οι χαρακτήρες AS ή AR μπορεί να είναι μέρος των δεδομένων και να παρερμηνευθούν από το modem ως χαρακτήρες ελέγχου ροής.

5.1.4 Έλεγχος λαθών (Error Corection), Συμπίεση Δεδομένων (Data Compression)

Έλεγχος λαθών είναι η διαδικασία, με την οποία εντοπίζονται αλλοιωμένα δεδομένα (bits) και απαιτείται η επανεκπομπή τους.

Τα λάθη δημιουργούνται από γραμμές (συνδέσεις) κακής ποιότητας ή από προβλήματα των συσκευών DTE και DCE. Συμπίεση δεδομένων είναι η διαδικασία, με την οποία μειώνουμε τα bits των δεδομένων στα απολύτως απαραίτητα, έχοντας όμως διατηρήσει τη δυνατότητα ανάκτησης του συνόλου της αρχικής πληροφορίας. Με τη συμπίεση επιτυγχάνουμε μικρότερο μέγεθος αρχείων και, επομένως, μικρότερες αποθηκευτικές απαιτήσεις, καθώς επίσης επίτευξη υψηλότερου ρυθμού μετάδοσης πραγματικής πληροφορίας. Υπάρχουν αρκετοί αλγόριθμοι και μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τρόπους υλοποίησής του έλεγχου λαθών και της συμπίεσης δεδομένων. Μερικοί από τους αλγόριθμους έχουν τυποποιηθεί με τη μορφή πρωτοκόλλων.

Τα πιο συνηθισμένα πρωτόκολλα για τον έλεγχο λαθών είναι τα:

- **V.42**
- **MNP (Microcom Networking Protocol)** τάξης (class) 1 έως 5
Για έλεγχο λαθών και συμπίεση δεδομένων τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα είναι:
- **V.42 bis**
- **MNP class 5**
Για να ενεργοποιηθούν τα πρωτόκολλα V.42 / V.42bis ή MNP(1-5) πρέπει να ισχύει:
- ασύγχρονος τύπος δεδομένων
- το ίδιο πρωτόκολλο να υποστηρίζεται και στα δύο άκρα της επικοινωνίας από τα modems
- να έχουμε ενεργοποιήσει έλεγχο ροής

Από τα παραπάνω πρωτόκολλα είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε τα V.42/V.42bis και ως εναλλακτική λύση το MNP(1-5).

Μπορούμε να εντάξουμε τα πρωτόκολλα, που αναφέρονται σε αυτή την παράγραφο, στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI. Τα V42 / V.42bis ονομάζονται επίσης, Πρωτόκολλα Ελέγχου Πρόσβασης της Γραμμής για modem (Link Access Protocol for Modem, LAPM).

Εάν τα δεδομένα, που πρόκειται να μεταδώσουμε, είναι ήδη συμπιεσμένα (π.χ. αρχεία με format .ZIP ή .SIT) και έχουμε ενεργοποιήσει συμπίεση δεδομένων στο modem, τότε μπορεί να επιβραδύνουμε τη μετάδοσή τους. Η καθυστέρηση

θα συμβεί, κυρίως, εάν το modem χρησιμοποιεί MNP5, γιατί θα ξαναπροσπαθήσει να τα συμπιέσει, ενώ το πρωτόκολλο V42bis θα δει, ότι τα δεδομένα είναι ήδη συμπιεσμένα και δεν θα προσπαθήσει την περαιτέρω συμπίεσή τους.

5.1.5 Εντολές AT

Για τη ρύθμιση των διαφόρων παραμέτρων της επικοινωνίας χρήστη με DTE μέσω modem χρησιμοποιούμε τις εντολές AT. Οι εντολές AT είναι, ουσιαστικά, η γλώσσα, που καταλαβαίνει το modem. Ο χρήστης μπορεί να δώσει τις εντολές AT κάνοντας χρήση προγραμμάτων, όπως το Hyperlink ή Terminal των Windows.

Με τις AT εντολές, ο χρήστης μπορεί να παραμετροποιήσει το modem, μεταβάλλοντας τις τιμές στους S καταχωρητές του. Στους S καταχωρητές είναι προτοποθετημένες από τον κατασκευαστή του modem κάποιες τιμές, που αφορούν τις προτυποποιημένες ρυθμίσεις (default configuration) του modem. Αλλάζοντας με τις AT εντολές τις αρχικά ρυθμισμένες τιμές των S καταχωρητών, τροποποιούμε, ουσιαστικά, την λειτουργική συμπεριφορά του modem. Με τις εντολές AT μπορούμε, επίσης, να αποθηκεύσουμε αριθμούς τηλεφώνων στις μνήμες, που συνήθως μας παρέχουν τα modem και να ξεκινήσουμε κλήση. Οι επιτρεπόμενες τιμές των S καταχωρητών, η λειτουργική τους σημασία καθώς και η σωστή σύνταξη των AT εντολών περιγράφονται αναλυτικά στα τεχνικά εγχειρίδια που συνοδεύουν τα modems των κατασκευαστών τους. Γενικά, οι AT εντολές είναι συμβατές με άλλα modem διαφορετικού κατασκευαστή όσον αφορά τις βασικές λειτουργίες του modem. Συνήθως, οι κατασκευαστές των modems προσθέτουν σε αυτά και άλλες δυνατότητες και τις υλοποιούν με δικά τους πρωτόκολλα. Έτσι, modems διαφορετικών κατασκευαστών με ανάλογες επιπρόσθετες δυνατότητες από αυτές, που περιγράφουν οι διάφορες συστάσεις, μπορεί να μη συνεργάζονται σωστά μεταξύ τους μόνο όμως για τις επιπρόσθετες υπηρεσίες, που διαθέτουν.

Οι διάφορες δυνατότητες για έλεγχο ροής ή λαθών ή συμπίεσης δεδομένων είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα, που συνήθως μας αναγκάζουν να χρησιμοποιήσουμε τις AT εντολές, προκειμένου να ρυθμίσουμε τη λειτουργία του modem, όπως εμείς επιθυμούμε.

5.2 Κάρτες δικτύου (Network Interface Cards - NICs)

Οι κάρτες δικτύου χρησιμοποιούνται για να συνδέσουν DTE, συνήθως PC, στο δίκτυο. Οι κάρτες δικτύου παρέχουν τη φυσική σύνδεση μεταξύ του καλωδίου του δικτύου και του εσωτερικού διαδρόμου (bus) του υπολογιστή. Οι κάρτες δικτύων μετατρέπουν τα καθαρά bits του υπολογιστή, σε πληροφορία συμβατή με τα ηλεκτρικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του πρωτοκόλλου του δικτύου.

Υπάρχουν αρκετές αρχιτεκτονικές εσωτερικών διαδρόμων στους υπολογιστές και για το λόγο αυτό υπάρχουν και αρκετές υλοποιήσεις καρτών δικτύων. Αυτή τη στιγμή, η πιο διαδεδομένη αρχιτεκτονική bus για PC γενιάς «486/Pentium» είναι η «PCI». Η αρχιτεκτονική «ISA» ήταν πολύ διαδεδομένη σε PC γενιάς «386», καθώς

και σε παλαιότερης γενιάς PC. Οι τρεις βασικές εκδόσεις των καρτών δικτύου, που συναντώνται σήμερα είναι, των 8 bits, 16 bits και 32 bits. Με όσα περισσότερα bits συνδέεται μια κάρτα δικτύου στο εσωτερικό bus του υπολογιστή, τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος, αλλά και η ταχύτητα των δεδομένων, που μπορούν να μεταδοθούν στο καλώδιο δικτύου.

Υπάρχουν κάρτες δικτύου για να καλύψουν πλέον όλα τα πρότυπα των δικτύων παρέχοντας φυσικά και τον αντίστοιχο συνδετήρα για πρόσβαση στο φυσικό μέσο. Για παράδειγμα, εύκολα μπορεί κάποιος να προμηθευτεί κάρτες για όλες τις μορφές του Ethernet ακόμα και το καινούργιο Gigabit Ethernet, FDDI, Token-Ring κ.λ.π. Πολύ συνηθισμένες, σήμερα, είναι οι κάρτες «10/100 autosense» δηλαδή οι κάρτες που αντιλαμβάνονται εάν το μέσο, που συνδέονται, είναι για ταχύτητες 10Mbps ή 100Mbps και αναλόγως προσαρμόζουν τη λειτουργία τους.



Εικόνα 5-1 Κάρτα Δικτύου

Οι κάρτες δικτύου συνοδεύονται επίσης με κάποιο λογισμικό (driver), που απαιτείται να εγκατασταθεί στον υπολογιστή, προκειμένου το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή να μπορέσει να αναγνωρίσει την κάρτα και να συνεργαστεί με αυτήν. Όπως είναι φυσικό, υπάρχει διαφορετικό λογισμικό της κάρτας για κάθε διαφορετικό λειτουργικό σύστημα. Σήμερα, οι περισσότερες κάρτες δικτύου είναι συμβατές με το σύστημα Plug-n-Play (PnP). Τα συστήματα PnP αναγνωρίζουν μόνα τους την εγκατάσταση νέου υλικού στον υπολογιστή και αυτόματα διαλέγουν το κατάλληλο λογισμικό και προβαίνουν στις απαραίτητες ρυθμίσεις και παραμετροποιήσεις του συστήματος. Στις παλαιότερες κάρτες δικτύων που δεν ήταν PnP, ή στους υπολογιστές των οποίων τα λειτουργικά συστήματα δεν υποστηρίζουν τη τεχνική PnP, χρειάζεται ο χρήστης να παρέμβει και μερικές φορές, να επέμβει και σε διακόπτες παραμετροποίησης, που διαθέτουν οι κάρτες δικτύου.

5.3 Επαναλήπτες (Repeaters)

Οι επαναλήπτες είναι ενεργές ηλεκτρονικές συσκευές και η λειτουργία τους εντάσσεται στο πρώτο επίπεδο του μοντέλου OSI. Οι επαναλήπτες συνδέουν δύο τμήματα καλωδίων του ίδιου τύπου, τα οποία αποτελούν και το φορέα υλοποίησης του φυσικού επιπέδου συγκεκριμένου πρωτοκόλλου επικοινωνίας. Η κύρια λειτουργική διαδικασία επαναλήπτη είναι να αναζωογονεί τα σήματα που κυκλοφορούν μέσα σε καλώδιο, προκειμένου να συνεχισθεί η μετάδοσή τους μέχρι τον προορισμό τους.

Τα πρωτόκολλα πρόσβασης στο φυσικό μέσο καθορίζουν τον τύπο του καλωδίου που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε (π.χ ομοαξονικό, συνεστραμμένο ζεύγος), το βαθμό θωράκισης που θα έχει το καλώδιο, το μέγιστο μήκος, που μπορεί να έχει το καλώδιο, καθώς επίσης και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των σημάτων (π.χ. επιτρεπτές στάθμες τάσεων, χαρακτηριστικές αντιστάσεις). Συνδέσεις σημείων με καλώδια, που παραβιάζουν τις απαιτήσεις ως προς το μέγιστο μήκος, πιθανό να αλλοιώνουν τη μεταδιδόμενη πληροφορία εξαιτίας των αντιστάσεων του καλωδίου, από φαινόμενα ανακλάσεων, και εισαγωγή θορύβου. Εάν οι αποστάσεις των σημείων, που θέλουμε να ενώσουμε, υπερβαίνουν τις επιτρεπόμενες τιμές, που καθορίζει το πρωτόκολλο, τότε, κάνουμε χρήση των επαναληπτών, αναζωογονώντας τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των σημάτων, δηλαδή, ουσιαστικά, αντιγράφουμε τα bits ανάμεσα στα δύο τμήματα των καλωδίων, που συνδέει ο επαναλήπτης.

Στα σύγχρονα δίκτυα, η πιο διαδεδομένη μορφή επαναλήπτη είναι το hub. Το hub χρησιμοποιείται για να ενώσει δύο ή περισσότερα καλώδια τύπου Ethernet των συστάσεων 1Base5, 10BaseT, 10BaseFL, 100BaseTX και 100BaseFx καθώς και του Gigabit Ethernet. Με το hub υλοποιούμε τοπολογία εσωτερικού δικτύου τύπου αστέρα. Το hub παρέχει ηλεκτρική ενίσχυση στο σήμα, που έρχεται από τμήμα δικτύου Ethernet και, ταυτόχρονα, το επαναλαμβάνει (το στέλνει) σε όλες τις πόρτες του hub. Σε ένα hub με πολλές πόρτες μπορούμε να συνδέσουμε στη μία πόρτα ένα υπολογιστή και σε κάποια άλλη πόρτα, άλλο υπολογιστή ή άλλο hub. Με τον τρόπο αυτό, το σήμα αφού έχει ενισχυθεί μέσα στο hub, μπορεί να συνεχίσει τη διαδρομή του στα υπόλοιπα τμήματα δικτύου, που συνδέονται στο hub, αυξάνοντας, ουσιαστικά, τη διαδρομή, που μπορεί να διανύσει το σήμα στο διπλάσιο ή και περισσότερο, εάν παρεμβάλλουμε και άλλα hub.

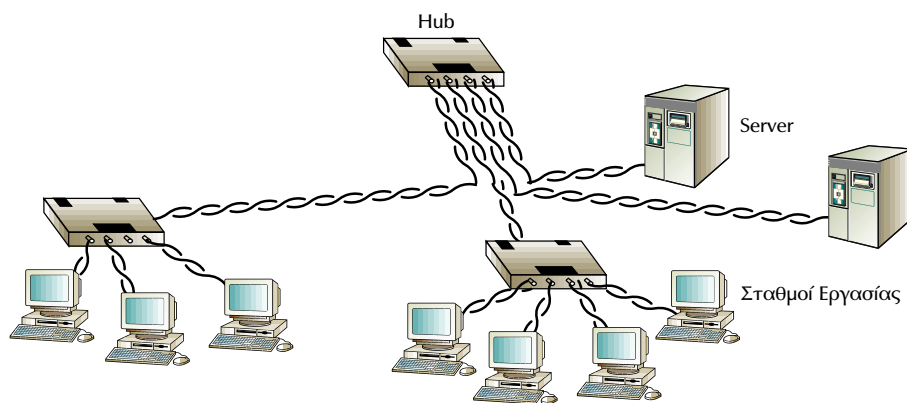
Επισημάνση

Όταν υλοποιούμε εσωτερικό δίκτυο με hubs, όλοι οι σταθμοί, που συνδέονται με τα hub's, μοιράζονται το ethernet (shared ethernet) και δημιουργούν, ουσιαστικά, κοινό πεδίο συγκρούσεων (collision domain). Ουσιαστικά, παίρνουν όλοι οι σταθμοί ποσοστό εύρους από το συνολικό εύρος του υλοποιημένου δικτύου.

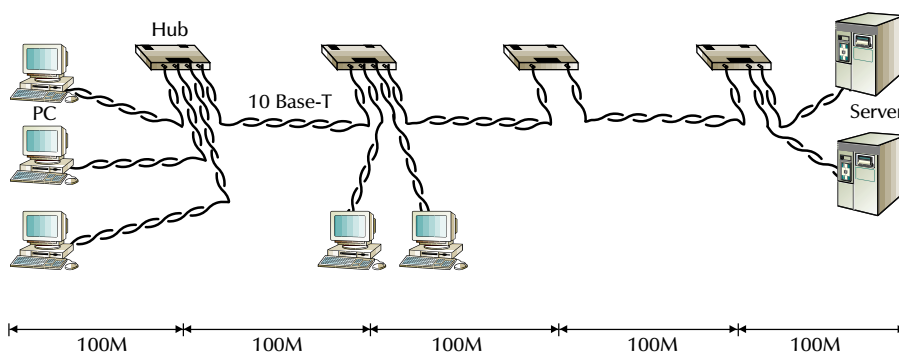


Εικόνα 5-2 Επαναλήπτης (Hub)

Πρέπει να τονίσουμε, ότι στα πρωτόκολλα πρόσβασης στο φυσικό μέσο υπάρχουν περιορισμοί για τον αριθμό των επαναληπτών, που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε. Οι περιορισμοί αυτοί υπάρχουν κυρίως, για την καθυστέρηση, που εισάγουν οι επαναλήπτες στη μετάδοση του σήματος. Έτσι, για παράδειγμα στο πρωτόκολλο Ethernet θεωρείται, ότι για να μεταδοθεί το σήμα χρειάζεται περίπου 50 ms. Για τον παραπάνω λόγο, υπάρχει ο κανόνας «5-4-3», που μας καθορίζει, ότι ένα πεδίο συγκρούσεων (collision domain), μπορεί να αποτελείται από 5 τμήματα (segment), να έχει μόνο 4 επαναλήπτες και από τα 5 τμήματα μόνο τα 3 να έχουν συνδεδεμένους σταθμούς εργασίας.



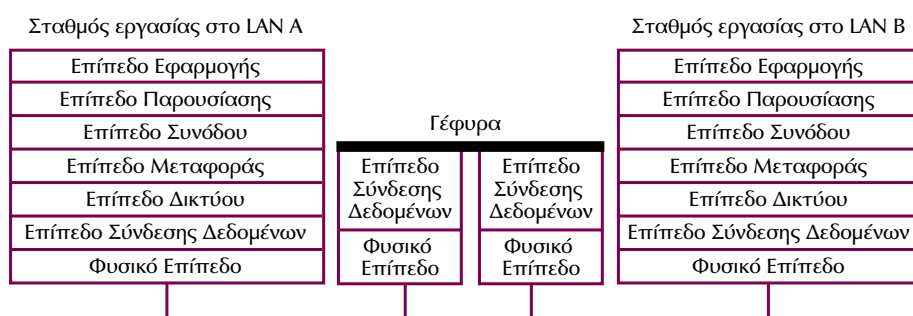
Σχήμα 5-6 Τοπικό Δίκτυο με χρήση Hub



Σχήμα 5-7 Τοπικό δίκτυο. Φαίνονται 5 τμήματα καλωδίων μέγιστου μήκους 100m το καθένα και 4 Hubs, από τα οποία, 3 μόνο έχουν συνδεδεμένους σταθμούς εργασίας

5.4 Γέφυρες (Bridges)

Οι γέφυρες είναι ηλεκτρονικές συσκευές, που υλοποιούν τη διασύνδεση - επικοινωνία μεταξύ τοπικών δικτύων υπολογιστών στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων του μοντέλου OSI. Οι γέφυρες κάνουν χρήση των διευθύνσεων υλικού (οι οποίες ονομάζονται και φυσικές διευθύνσεις ή διευθύνσεις επιπέδου MAC – Media Access Control) των σταθμών εργασίας, για να μεταδώσουν τα πλαίσια δεδομένων μεταξύ των δικτύων, που συνδέουν.



Σχήμα 5-8 Λειτουργία της γέφυρας σε σχέση με τα επίπεδα του OSI μοντέλου

Όταν πρωτοεμφανίστηκαν συνέδεαν μόνο ομοειδή δίκτυα, ενώ, αργότερα, εμφανίστηκαν και γέφυρες, που είχαν τη δυνατότητα διασύνδεσης ετερογενών δικτύων. Οι σημερινές γέφυρες έχουν επιπλέον χαρακτηριστικά, όπως δυνατότητες φιλτραρίσματος και υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων μεταξύ των δικτύων, που συνδέουν. Με το πέρασμα των χρόνων, οι τιμές των γεφυρών ελαττώθηκαν σημαντικά, ενώ ταυτόχρονα η δυνατότητα γεφύρωσης ενσωματώθηκε στους δρομολογητές (routers). Λόγω της μεγάλης εξάπλωσης των δρομολογητών και των switches (συσκευές που θα παρουσιάσουμε αργότερα) μειώθηκε η αγορά των γεφυρών ως ξεχωριστών συσκευών.

Όπως προαναφέρθηκε, οι γέφυρες διασύνδεουν δίκτυα στο δεύτερο επίπεδο του μοντέλου OSI. Σε περίληψη, οι κυριότερες υπηρεσίες του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (data link layer) είναι η σύνδεση δεδομένων, η παροχή φυσικής διευθυσιοδότησης (MAC addresses), ο καθορισμός τελικών σημείων, για σύνδεση γραμμής δεδομένων, ο έλεγχος ροής δεδομένων και οι διαδικασίες αναγνώρισης και διόρθωσης λαθών που μπορούν να συμβούν στο φυσικό επίπεδο. Οι γέφυρες παρέχουν αυτές τις λειτουργίες υποστηρίζοντας διάφορα πρωτόκολλα link-layer και αλγόριθμους πρόσβασης στο φυσικό μέσο (medium access algorithm). Τα πλαίσια, που φθάνουν σε γέφυρα, αναλύονται και προωθούνται στον προο-

ρισμό τους με βάση την πληροφορία, που περιέχουν. Ο μηχανισμός προώθησης γίνεται με τη βοήθεια πινάκων προώθησης, που έχει δημιουργήσει η ίδια η γέφυρα (π.χ. διαφανείς γέφυρες - transparent bridging), ενώ σε άλλες περιπτώσεις με βάση τη διαδρομή, που περιέχεται στο ίδιο το πλαίσιο (π.χ. γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης - source route bridging).

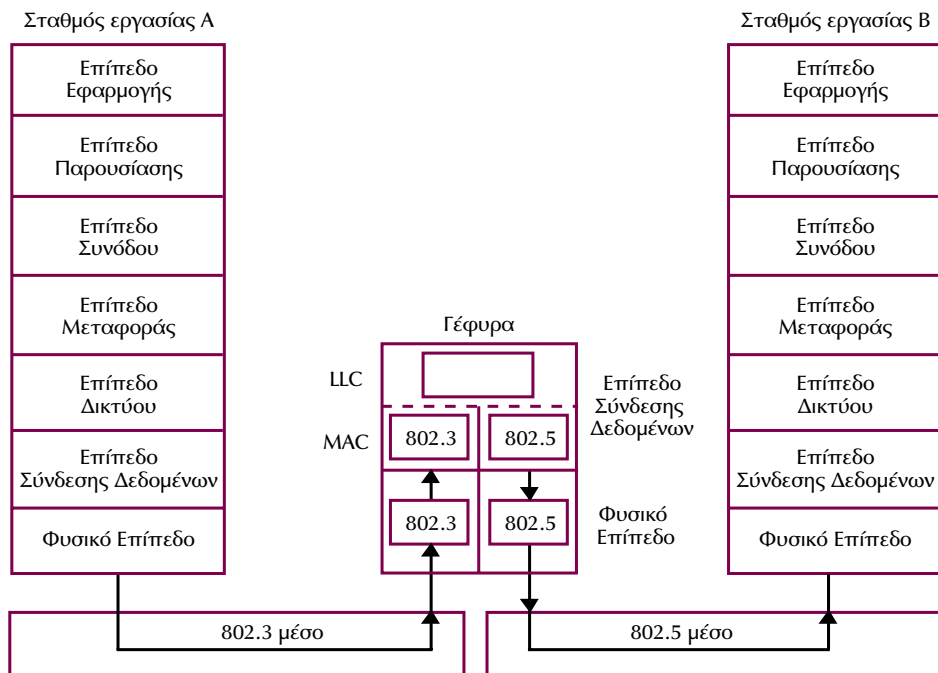
Επισημάνση

Επειδή οι γέφυρες εξετάζουν πρώτα όλο το πλαίσιο και, μετά, το προωθούν, όταν δεν περιέχει σφάλματα, ονομάζονται και συσκευές "store and forward".

Το γεγονός, ότι το πλαίσιο, ουσιαστικά, αναδημιουργείται στη γέφυρα, πριν προωθηθεί, κάνει δυνατή τόσο την δημιουργία ξεχωριστών πεδίων συγκρούσεων (collision domains), όταν αυτή συνδέει ίδια πρωτόκολλα πρόσβασης στο φυσικό μέσο (π.χ. ethernet), όσο και την χρησιμοποίηση περισσότερων επαναληπτών στη συνολική σχεδίαση του δικτύου, αφού με τη μεσολάβηση γέφυρας επανακινούνται οι κανόνες ως προς την απόσταση του φυσικού μέσου και τον αριθμό των ενδιάμεσων επαναληπτών (π.χ. ο κανόνας 5-4-3 στην παράγραφο 5-3).

Οι γέφυρες μπορούν να προγραμματιστούν να φιλτράρουν πλαίσια από συγκεκριμένους σταθμούς (συγκεκριμένες φυσικές διευθύνσεις) ή και από ολόκληρα δίκτυα. Με τον τρόπο αυτό, μπορούμε να ελέγχουμε τη μετάδοση μεταξύ των δικτύων, που συνδέουν οι γέφυρες, ανεπιθύμητων πλαισίων εκπομπής (broadcast) και πολλαπλής αποστολής (multicast) καθώς και την επικοινωνία συγκεκριμένων σταθμών εργασίας μεταξύ ξεχωριστών δικτύων.

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών, (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE) έχει χωρίσει το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων του OSI, σε δύο υποεπίπεδα: το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο φυσικό μέσο MAC και στο υποεπίπεδο ελέγχου λογικής σύνδεσης LLC, βλέπε Σχήμα 5.9. Όταν οι γέφυρες ενώνουν ομογενή δίκτυα χρησιμοποιούν το υποεπίπεδο MAC, ενώ όταν γεφυρώνουν ετερογενή δίκτυα κάνουν χρήση και του υποεπίπεδου LLC. Στο Σχήμα 5.9 η γέφυρα ενώνει δύο διαφορετικά δίκτυα 802.3 και 802.5. Όταν ο σταθμός Α, στείλει πακέτο, αυτό κατεβαίνει στο υποεπίπεδο LLC και αποκτά την επικεφαλίδα LLC. Στη συνέχεια, διέρχεται μέσα από το υποεπίπεδο MAC και αποκτά την επικεφαλίδα του μέσου του 802.3. Το πλαίσιο που έχει δημιουργηθεί μέσω του καλωδίου του φυσικού μέσου φθάνει στο υποεπίπεδο MAC της γέφυρας, όπου η επικεφαλίδα 802.3 αφαιρείται. Το πλαίσιο με την επικεφαλίδα LLC πηγαίνει στο υποεπίπεδο LLC, όπου γίνεται και η επεξεργασία και στη συνέχεια κατευθύνεται στο υποεπίπεδο MAC, αποκτά επικεφαλίδα 802.5 και μεταδίδεται μέσω του καλωδίου, τελικά, στον παραλήπτη σταθμό Β.



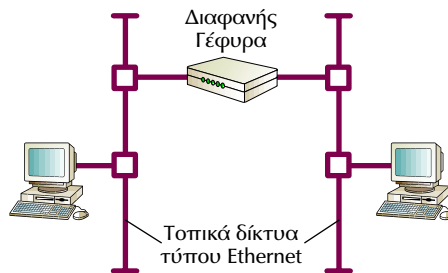
Σχήμα 5-9 Σύνδεση δικτύων με διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης του φυσικού μέσου με την βοήθεια γέφυρας, κάνοντας χρήση των υποεπιπέδων MAC & LLC

5.4.1 Κατηγορίες Γεφυρών

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τα κυριότερα ήδη γεφυρών.

I. Διαφανείς Γέφυρες ή Γέφυρες με Δένδρο Συνδέσεων (Transparent Bridges or Spanning Tree Bridges)

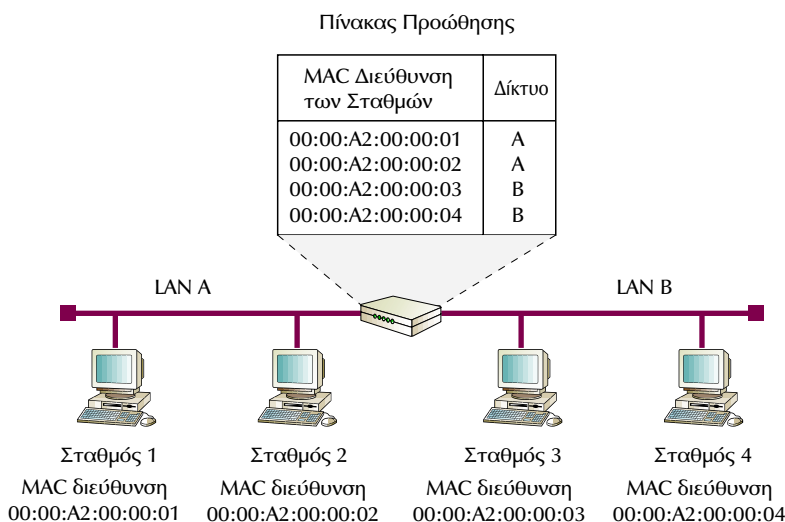
Αναπτύχθηκαν αρχικά από τη Digital Equipment Corporation για τη μετάδοση πλαισίων σε δίκτυα Ethernet. Οι διαφανείς γέφυρες συνδέουν δίκτυα, που έχουν ίδια πρωτόκολλα στα επίπεδα 1 και 2 του μοντέλου OSI.



Σχήμα 5-10 Διαφανής γέφυρα

Οι διαφανείς γέφυρες ονομάζονται και γέφυρες με δένδρο συνδέσεων επειδή κάνουν χρήση του αλγόριθμου spanning tree, του οποίου η λειτουργία του θα επεξηγηθεί στη συνέχεια.

Επίσης οι διαφανείς γέφυρες δημιουργούν τους πίνακες προώθησης (forwarding table), που έχουν ως καταχωρήσεις τις MAC διευθύνσεις των σταθμών εργασίας καθώς και την πόρτα της γέφυρας στην οποία συνδέεται το δίκτυο όπου ανήκει, ο κάθε σταθμός.



Σχήμα 5-11 Πίνακας προώθησης γέφυρας

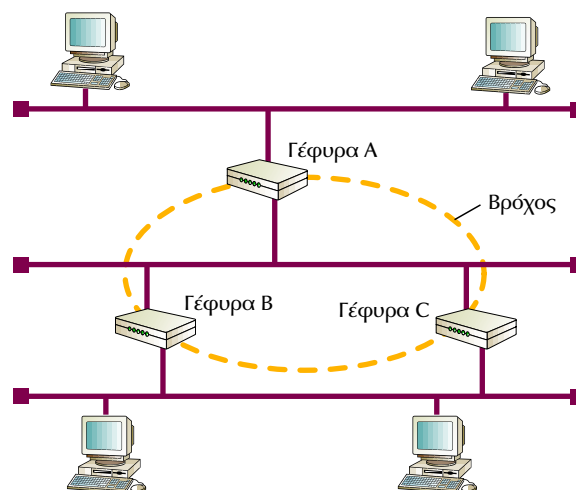
Όταν ένα πλαίσιο φθάνει στη γέφυρα, αυτή εξετάζει τη διεύθυνση προορισμού και εάν η διεύθυνση προορισμού με βάση τον πίνακα προώθησης ανήκει στο ίδιο δίκτυο με αυτό από το οποίο προήλθε, το πλαίσιο, τότε, απορρίπτεται. Εάν η διεύθυνση προορισμού ανήκει σε άλλο δίκτυο από αυτό που προήλθε το πλαίσιο, τότε η γέφυρα το προωθεί προς την πόρτα, που συνδέεται το δίκτυο προορισμού, όπου υπάρχει ο σταθμός εργασίας με την αντίστοιχη MAC διεύθυνση. Στην περίπτωση που η διεύθυνση προορισμού δεν υπάρχει στον πίνακα προώθησης (νέος σταθμός ή διεύθυνση broadcast / multicast), τότε η γέφυρα θα προωθήσει το πλαίσιο προς όλες τις πόρτες, στις οποίες συνδέονται δίκτυα, πλην αυτής από την οποία έφθασε το πλαίσιο. Η προώθηση σε όλα τα δίκτυα ονομάζεται και πλημμύρισμα (flooding). Το πλημμύρισμα συμβαίνει, επίσης, κατά την έναρξη λειτουργίας μιας γέφυρας αφού ο πίνακας προώθησης είναι άδειος. Η γέφυρα δεν γνωρίζει, που είναι ο κάθε προορισμός, έτσι κάθε εισερχόμενο πλαίσιο για άγνωστο προορισμό εξέρχεται προς όλα τα δίκτυα. Με το πέρασμα του χρόνου η γέφυρα δημιουργεί τον πίνακα προώθησης και η διαδικασία του πλημμυρίσματος σταδιακά μειώνεται.

Βέβαια, οι καταχωρήσεις μέσα στον πίνακα δεν είναι στατικές, και αυτό γιατί η τοπολογία ενός δικτύου συχνά μεταβάλλεται. Για τον λόγο αυτό υπάρχει χρονική παράμετρος (aging time period) που καθορίζει, ότι μετά το πέρας αυτής, εάν δεν έχει φθάσει πλαίσιο με τελικό προορισμό κάποια MAC διεύθυνση, τότε η αντίστοιχη καταχώρηση της MAC διεύθυνσης διαγράφεται από τον πίνακα προώθησης.

Με βάση όσα έχουμε αναφέρει, οι βασικές δραστηριότητες διαφανούς γέφυρας είναι το πλημμύρισμα (flooding), η προώθηση (forwarding) και η λήξη καταχώρησης (aging) από τον πίνακα προώθησης.

Ο αλγόριθμος Spanning Tree

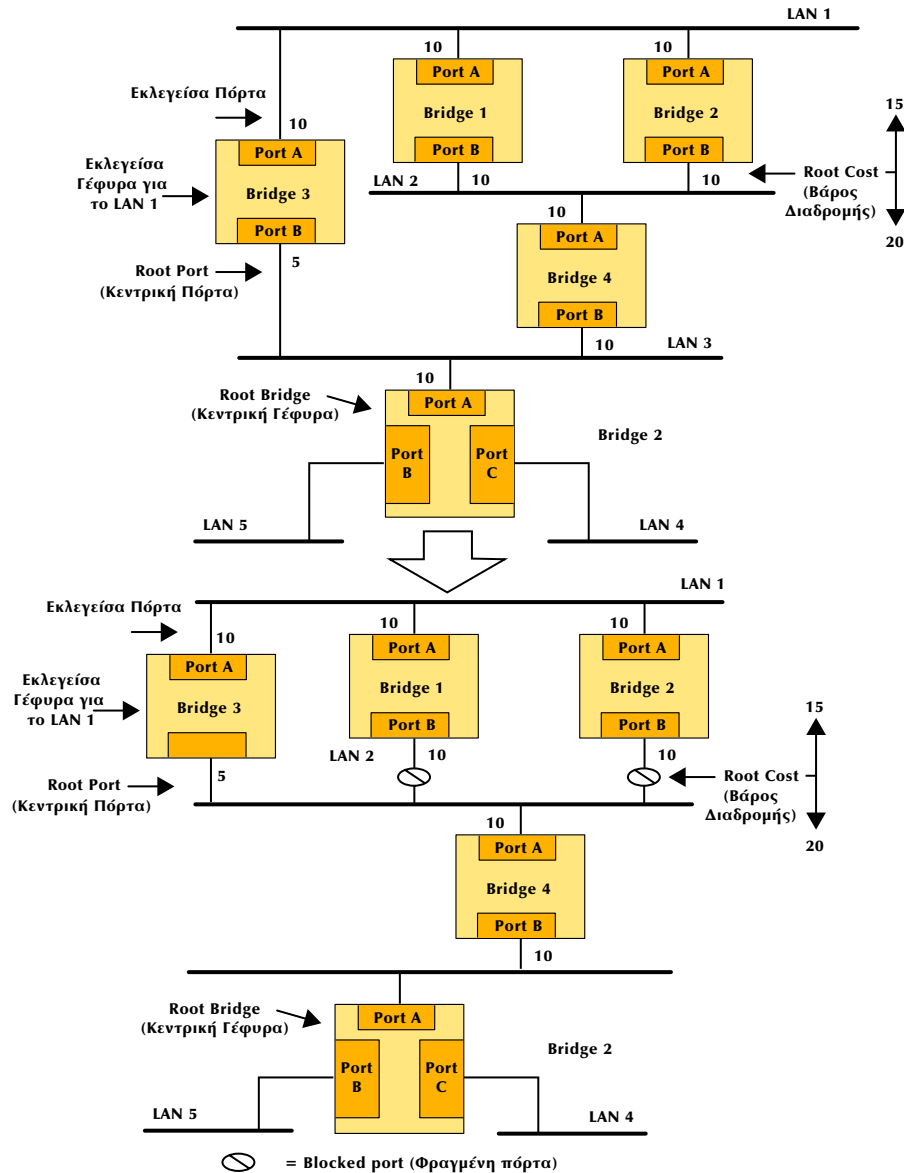
Όπως προαναφέρθηκε, οι διαφανείς γέφυρες κάνουν χρήση του αλγόριθμου spanning tree. Ο αλγόριθμος spanning tree αναπτύχθηκε για να ξεπεραστούν προβλήματα από την ύπαρξη βρόχων (loops) στην τοπολογία δικτύου και ορίζεται από την προδιαγραφή IEEE 802.1d. Ο αλγόριθμος spanning tree εξασφαλίζει την σωστή λειτουργία του δικτύου καθορίζοντας μοναδιαία μονοπάτια στην τοπολογία του δικτύου απενεργοποιώντας στις γέφυρες, τις πόρτες, που προσφέρουν εναλλακτικές διαδρομές στο δίκτυο. Ταυτόχρονα ο αλγόριθμος εξασφαλίζει την αυτόματη επαναλειτουργία μιας απενεργοποιημένης διαδρομής σε περίπτωση όπου η πρωτεύουσα διαδρομή τεθεί εκτός λειτουργίας για οποιαδήποτε αιτία.



Σχήμα 5-12 Τοπολογία τοπικού δικτύου με διαφανείς γέφυρες. Ο αλγόριθμος Spanning tree θα εξαλείψει τον βρόχο απενεργοποιώντας την μία από τις δύο δυνατές διαδρομές

Χωρίς την ύπαρξη του αλγορίθμου spanning tree, δεν θα ήταν εφικτή η σωστή λειτουργία ενός LAN με γέφυρες, εάν σε αυτό υπήρχαν βρόχοι. Η ύπαρξη βρόχου στο δίκτυο θα προκαλούσε αλλοίωση στον πίνακα προώθησης και η αλλοίωση αυτή με την σειρά της θα δημιουργούσε πλαίσια, όπου συνεχόμενα θα κυκλοφορού-

σαν μέσα στο βρόχο. Έτσι, θα υπήρχε πρόβλημα στην σωστή επικοινωνία μεταξύ των σταθμών του δικτύου. Ο αλγόριθμος spanning tree ενεργοποιείται αυτόματα με την έναρξη λειτουργίας μιας γέφυρας, καθώς επίσης και στην περίπτωση κάποιας αλλαγής στην τοπολογία του δικτύου. Μετά τη σύγκλιση του αλγορίθμου και τη δημιουργία διαδρομών χωρίς βρόχους, όλοι οι σταθμοί εργασίας είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους.



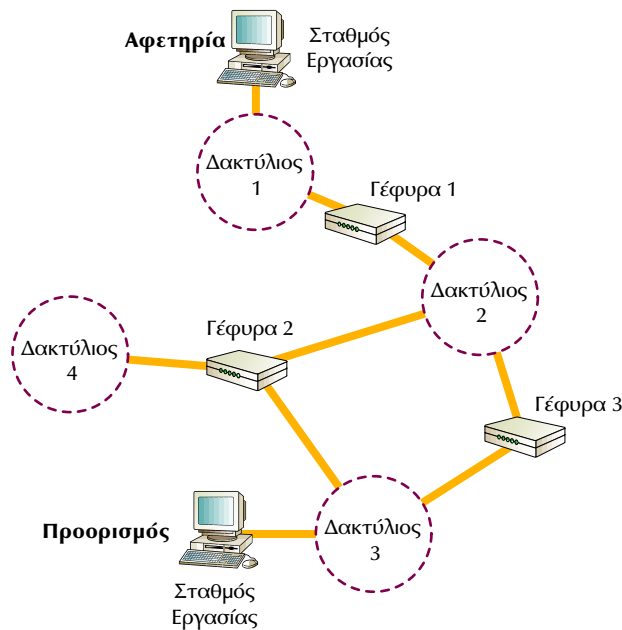
Σχήμα 5-13 Ορολογία του αλγορίθμου Spanning tree

Με βάση το Σχήμα 5.15 θα αναφερθούμε σε κάποιους όρους, που χαρακτηρίζουν την λειτουργία του αλγόριθμου spanning tree.

- **Bridge Priority (Προτεραιότητα Γέφυρας):** Τιμή, που ορίζουμε στη γέφυρα και χρησιμοποιείται για να υπολογίσει ο αλγόριθμος την κορυφή (root bridge) στην ιεραρχία του δένδρου με τις γέφυρες μέσα στο δίκτυο. Εάν ορίσουμε σε μία γέφυρα τη μικρότερη τιμή σε σχέση με άλλες γέφυρες, τότε το πιθανότερο είναι να εκλεγεί ως root bridge.
- **Root Bridge (Κεντρική γέφυρα):** Η γέφυρα μέσα σε δίκτυο με άλλες γέφυρες, που επιλέχθηκε από τον spanning tree αλγόριθμο να βρίσκεται στην κορυφή της ιεραρχίας του δένδρου με τις γέφυρες. Η root γέφυρα αποτελεί σημείο αναφοράς για τις υπόλοιπες γέφυρες του δικτύου, γιατί με βάση αυτή θα υπολογισθούν τα βάρη της διαδρομής τους. Εάν όλες οι γέφυρες μπορούν να επικοινωνούν με τη root γέφυρα, τότε θα μπορούν να επικοινωνούν και μεταξύ τους. Η root γέφυρα δεν θέτει καμιά πόρτα της σε κατάσταση φραγής.
- **Path Cost (Βάρος διαδρομής - μονοπατιού):** Είναι η τιμή του βάρους - κόστους που έχει ορισθεί για την πόρτα γέφυρας.
- **Designated Bridge (Εκλεγείσα Γέφυρα):** Κάθε επιμέρους εσωτερικό δίκτυο (LAN) έχει μόνο μία γέφυρα, που του προσφέρει τη διαδρομή με το μικρότερο βάρος έως την root γέφυρα. Αυτή η γέφυρα ονομάζεται Designated Bridge για το συγκεκριμένο LAN και όλα τα πλαίσια του LAN θα προωθούνται από τη γέφυρα αυτή προς τη root γέφυρα.
- **Root Port (Κεντρική πόρτα):** Η μοναδική πόρτα κάποιας γέφυρας, που προσφέρει την πρόσβαση προς την root γέφυρα με το μικρότερο βάρος.
- **Designated Port (Εκλεγείσα πόρτα):** Οποιαδήποτε πόρτα, που συνδέει LAN με το μικρότερο βάρος στο μονοπάτι προς τη root γέφυρα.
- **Root Cost (Βάρος Διαδρομής):** Προκύπτει από τα επιμέρους βάρη, που έχουν οριστεί στις πόρτες των γεφυρών (path cost) στην διαδρομή γέφυρας, μέχρι την root γέφυρα. Κάθε πόρτα μιας γέφυρας που συμμετέχει στον αλγόριθμο spanning tree, μπορεί να βρίσκεται σε μία από τις ακόλουθες καταστάσεις:
- **Blocking (Φραγή):** Σ' αυτή την κατάσταση, η πόρτα δεν μπορεί να στέλνει ή να λαμβάνει πλαίσια, πλην ειδικών πλαισίων, Μονάδων Δεδομένων Πρωτοκόλλου Γέφυρας (Bridge Protocol Data Unit, BPDUs), που δημιουργεί ο ίδιος ο αλγόριθμος, προκειμένου να συγκλίνει. Στην αρχή της λειτουργίας του αλγόριθμου όλες οι πόρτες είναι σε αυτή την κατάσταση μέχρι να εξασφαλισθεί σταδιακά τοπολογία ελεύθερη από βρόχους.
- **Listening (Ακρόασης):** Στην κατάσταση αυτή η πόρτα είναι σε θέση να αναλύει τα πλαίσια BPDUs προκειμένου να καθορίσει, εάν θα μεταβληθεί η κατάσταση της σε blocking ή forwarding.
- **Learning (Εκμάθησης):** Σε αυτή την ενδιάμεση κατάσταση δημιουργούνται οι πίνακες προώθησης στις γέφυρες.
- **Forwarding (Προώθησης):** Στην κατάσταση αυτή, η πόρτα γέφυρας μπορεί να λαμβάνει ή να μεταδίδει πλαίσια.

Ο αλγόριθμος spanning tree χρησιμοποιείται και από τους μεταγωγείς (switch), συσκευές που θα παρουσιάσουμε στην ενότητα 5.6 και αποτελούν τα βασικότερα ενεργά στοιχεία των σύγχρονων τοπικών δικτύων.

II. Γέφυρες Πηγαίας Δρομολόγησης (Source Route Bridges)



Σχήμα 5-14 Διασύνδεση δικτύων token ring με γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης

Οι γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης αναπτύχθηκαν από την IBM για τη μεταφορά πλαισίων για υλοποίηση δικτύων τύπου δακτυλίου με κουπόνι (token ring). Οι γέφυρες αυτού του είδους δεν δημιουργούν πίνακες προώθησης, αλλά βασίζονται στη πληροφορία που περιέχεται μέσα στα λαμβανόμενα πλαίσια για να καθορίσουν προς ποια πόρτα θα προωθήσουν τα πλαίσια. Επομένως, κυρίως οι σταθμοί εργασίας επιφορτίζονται με τη διαδικασία εύρεσης όλων των δυνατών διαδρομών των πλαισίων μέχρι τον τελικό προορισμό.

Οι σταθμοί εργασίας είναι υπεύθυνοι για να κρατούν πίνακες δρομολόγησης με όλες τις διαδρομές προς όλους τους άλλους σταθμούς εργασίας, με τους οποίους επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Σε περίπτωση που κάποιος σταθμός εργασίας δεν περιέχεται μέσα στους πίνακες δρομολόγησης, τότε πρέπει να ξεκινήσει διαδικασία εξεύρεσης της διαδρομής. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε μια συνηθισμένη διαδικασία ανακάλυψης διαδρομής.

- Ο σταθμός, που θέλει να επικοινωνήσει με άλλο σταθμό εργασίας, προσδιορίζει, εάν βρίσκονται στον ίδιο δακτύλιο. Στην περίπτωση που και οι δύο σταθμοί βρίσκονται στο ίδιο δακτύλιο, τότε ξεκινά η εκπομπή των πλαισίων.
- Στην περίπτωση, που ο προορισμός βρίσκεται σε άλλο δακτύλιο, τότε ο σταθμός εξετάζει τον πίνακα δρομολόγησης, που έχει δημιουργήσει, για να δει εάν υπάρχει ήδη καταχωρημένη διαδρομή. Η πληροφορία της διαδρομής περιέχει ζευγάρια τιμών δακτυλίου - γέφυρας.
- Εάν δεν βρεθεί καταχωρημένη διαδρομή προς τον τελικό προορισμό, ο σταθμός στέλνει πλαίσιο διερεύνησης στο δίκτυο.
- Κάθε γέφυρα πηγαίας δρομολόγησης που λαμβάνει πλαίσιο διερεύνησης, προσθέτει σε αυτό τις ακόλουθες πληροφορίες:
 - α) Τον αριθμό του δακτυλίου, από τον οποίο έφθασε το πλαίσιο.
 - β) Τον αριθμό, που χαρακτηρίζει την γέφυρα μέσα στο συνολικό δίκτυο.
 - γ) Τον αριθμό του δακτυλίου, προς το οποίο η γέφυρα πρόκειται να προωθήσει το πλαίσιο.

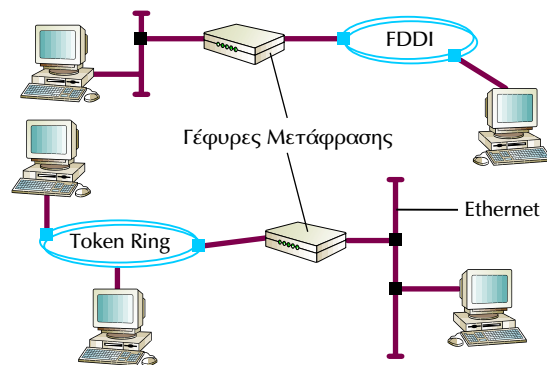
Στη συνέχεια, η γέφυρα προωθεί το πλαίσιο σε όλους τους δακτυλίους, με τους οποίους συνδέεται, εκτός φυσικά του δακτυλίου από τον οποίο έλαβε το πλαίσιο. Η παραπάνω διαδικασία εκτελείται από κάθε γέφυρα, που λαμβάνει το πλαίσιο.

- Με την παραπάνω διαδικασία τελικά το πλαίσιο διερεύνησης φθάνει στο δακτύλιο, που βρίσκεται και ο σταθμός προορισμού. Τότε, ο σταθμός προορισμού επιστρέφει το πλαίσιο, το οποίο ακολουθεί την αντίστροφη διαδρομή από αυτή που είναι καταγεγραμμένη στο πλαίσιο.
- Κάθε γέφυρα, που λαμβάνει το επιστρεφόμενο πλαίσιο χρησιμοποιώντας την πληροφορία, που περιέχεται σε αυτό, το προωθεί προς τον ενδεδειγμένο δακτύλιο.
- Το πλαίσιο απάντησης επιστρέφει στο σταθμό, που είχε στείλει το πλαίσιο διερεύνησης και, αφού το διαβάσει προσθέτει τη διαδρομή στον πίνακα δρομολόγησης και στη συνέχεια, χρησιμοποιεί τη διαδρομή, για να ξεκινήσει την επικοινωνία του με τον τελικό σταθμό.

Στις γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης υπάρχει επίσης διαδικασία, με την οποία επιλέγεται διαδρομή, σε περίπτωση ύπαρξης εναλλακτικών δρομολογήσεων καθώς και αποφυγή δημιουργίας βρόχων μέσα στο δίκτυο. Οι γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης δεν συναντώνται πλέον σε πολλές σύγχρονες εγκαταστάσεις, γιατί δεν συνηθίζεται η υλοποίηση LAN με token ring αλλά και γιατί προτιμάται η χρήση δρομολογητών (routers) αντί γεφυρών.

III. Γέφυρες Μετάφρασης (Translating Bridges)

Είναι είδος διαφανούς γέφυρας, που παρέχει σύνδεση μεταξύ δικτύων που υλοποιούν διαφορετικά πρωτόκολλα πρόσβασης στο φυσικό μέσο (π.χ. token ring σε ethernet)

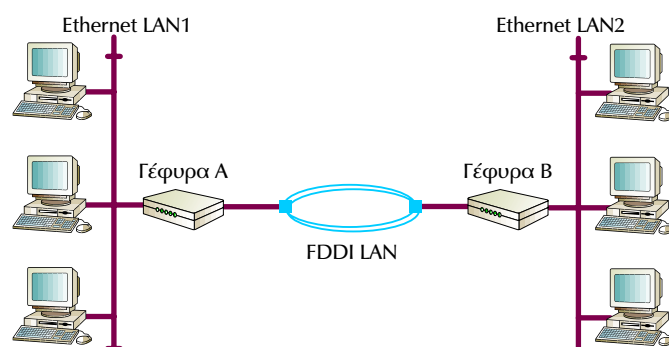


Σχήμα 5-15 Διασύνδεση τοπικών δικτύων διαφορετικών τύπων με γέφυρες μετάφρασης

Οι γέφυρες αυτού του είδους μετατρέπουν τα πλαίσια ενός τύπου δικτύου σε πλαίσια άλλου τύπου δικτύου. Ο τρόπος, που γίνεται η μετατροπή του πλαισίου από ένα δίκτυο στο άλλο έχει παρουσιασθεί στην παράγραφο 5.4 με τη βοήθεια του Σχήματος 5.9. Επειδή διαφορετικού τύπου δίκτυα υποστηρίζουν διαφορετικό μήκος πλαισίων και επειδή οι γέφυρες δεν μπορούν να τεμαχίζουν (fragment) τα πλαίσια, πρέπει τα δίκτυα που πρόκειται να συνδεθούν με τη χρήση γέφυρας, να έχουν παραμετροποιηθεί, έτσι ώστε να χρησιμοποιούν κοινά αποδεκτό μήκος.

IV. Γέφυρες Ενθυλάκωσης (Encapsulation Bridges)

Αυτού του είδους οι γέφυρες συναντώνται συχνά σε τοπολογίες κορμού (backbone) όπου δίκτυα με ίδια πρωτόκολλα χρειάζεται να συνδεθούν διαμέσου διαφορετικού τύπου δικτύου, για παράδειγμα Ethernet-μέσω-FDDI-σε-Ethernet.



Σχήμα 5-16 Διασύνδεση δύο Ethernet δικτύων (LAN1 & LAN2) μέσω FDDI δικτύου, με χρήση γεφυρών ενθυλάκωσης

Αντίθετα με τις γέφυρες μετάφρασης, που μετατρέπουν το πλαίσιο ενός τύπου δικτύου σε πλαίσιο άλλου τύπου δικτύου, οι γέφυρες ενθυλάκωσης, ενθυλακώνουν το πλαίσιο, που πρόκειται να προωθηθεί, στο δίκτυο του κορμού με επιπλέον επικεφαλίδες δημιουργώντας, στην ουσία, πλαίσιο μέσα σε άλλο πλαίσιο συμβατό με το πρωτόκολλο του δικτύου κορμού. Στην περίπτωση του Σχήματος 5-18, το πλαίσιο τύπου Ethernet ενθυλακώνεται αυτούσιο σε πλαίσιο τύπου FDDI και η γέφυρα στην άλλη πλευρά θα αφαιρέσει τα πεδία, που σχηματίζουν το FDDI πλαίσιο και έτσι θα αναδειχθεί το αρχικό πλαίσιο τύπου Ethernet και όπως είναι φυσικό θα μεταδοθεί στο τελικό δίκτυο.

5.5 Μεταγωγείς (Switches)

Ο μεταγωγέας είναι επέκταση της έννοιας της γέφυρας. Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι αποτελεί συνδυασμό του επαναλήπτη (HUB) και της γέφυρας. Στην αρχή οι μεταγωγείς υλοποίησαν δίκτυα τύπου Ethernet, ενώ σήμερα, κυκλοφορούν μεταγωγείς και για άλλου τύπου πρωτόκολλα, όπως για παράδειγμα FDDI, ATM. Οι περισσότερες, σήμερα, σύγχρονες σχεδιάσεις εσωτερικών τοπικών δικτύων γίνονται με δίκτυα τύπου ethernet και τα βασικότερα δομικά στοιχεία των δικτύων αυτών αποτελούν οι μεταγωγείς για Ethernet. Για τον λόγο αυτό, στη συνέχεια του κεφαλαίου, θα αναφερθούμε κυρίως σε μεταγωγείς Ethernet (Ethernet switches).

Σημείωση

Η κύρια λειτουργία του μεταγωγέα εστιάζεται στο δεύτερο επίπεδο του προτύπου OSI αν και έχουν παρουσιασθεί τεχνικές για μεταγωγή στο τρίτο και τέταρτο επίπεδο (layer 3,4 switching) του μοντέλου OSI..

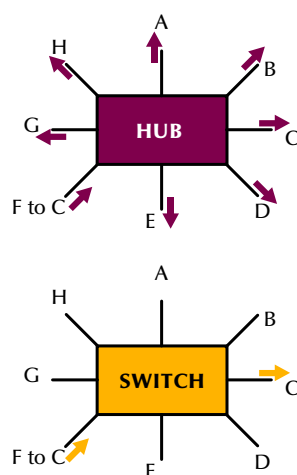
Οι μεταγωγείς έχουν, συνήθως, πολλές πόρτες όπως και τα hub. Σε κάθε πόρτα μεταγωγέα μπορούμε να συνδέσουμε υπολογιστή, ένα hub, άλλο switch ή δρομολογητή, όπως θα δούμε στην επόμενη παράγραφο 5.6.

Επισημάνση

Το κύριο χαρακτηριστικό του μεταγωγέα είναι, ότι κάθε πόρτα του προσφέρει καθορισμένο εύρος ζώνης, σε αντίθεση με το hub, όπου όλες οι συσκευές, που συνδέονται σε αυτό μοιράζονται το εύρος ζώνης του μέσου (shared ethernet). Επίσης, κάθε πόρτα του switch, όπως και στις γέφυρες αποτελεί ξεχωριστό πεδίο συγκρούσεων (collision domain). Αντίθετα στο hub, όλες οι συσκευές, που συνδέ-

ονται σ' αυτό, δημιουργούν κοινό πεδίο συγκρούσεων και αυτό γιατί μοιράζονται το ίδιο μέσο. Τα πλαίσια, όμως, *broadcast* ή *multicast* από ένα σταθμό μεταδίδονται προς όλες τις πόρτες του switch. Το switch δημιουργεί και αυτό πίνακες προώθησης, όπως και οι γέφυρες και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο *spanning tree*, για να εξασφαλιστεί τοπολογία δικτύου χωρίς την ύπαρξη βρόχων.

Στην περίπτωση που δύο σταθμοί θέλουν να επικοινωνήσουν και βρίσκονται σε διαφορετικές πόρτες του switch (*unicast* πλαίσιο), το switch εξετάζει τον πίνακα προώθησης για να βρει καταχώρηση του MAC προορισμού και σε ποια πόρτα συνδέεται προκειμένου να το προωθήσει. Έτσι, όπως μπορούμε να δούμε και στο Σχήμα 5.17, εάν ο σταθμός F θέλει να επικοινωνήσει με το σταθμό C, στην περίπτωση που υπάρχει hub, το πλαίσιο θα έφθανε σε όλους τους σταθμούς, ενώ στην περίπτωση του switch, το πλαίσιο θα πήγαινε από το σταθμό F μόνο στο σταθμό προορισμού C. Από τα παραπάνω είναι φανερό, ότι η χρησιμοποίηση switch μειώνει την κίνηση και αυξάνει την επίδοση του δικτύου, ουσιαστικά, αυξάνει δραστικά το διαθέσιμο εύρος ζώνης των σταθμών εργασίας.



Σχήμα 5-17 Διαφορές στη διασύνδεση σταθμών εργασίας, με χρήση switch έναντι hub

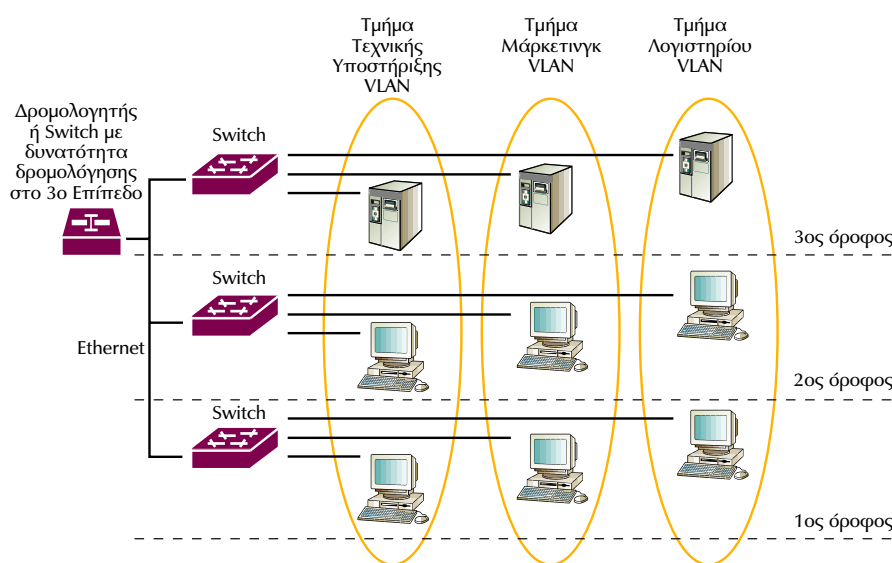
Στην προηγούμενη παράγραφο είχαμε αναφέρει, ότι οι γέφυρες ονομάζονται και συσκευές *store and forward*. Τα switch, εκτός από τη δυνατότητα προώθησης των πλαισίων με τρόπο *store and forward*, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν και με το τρόπο *cut-through*. Το switch σε κατάσταση λειτουργίας *cut-through*, εξετάζει μόνο μέρος του πλαισίου και, κυρίως, τη διεύθυνση προορισμού (*destination*

MAC) και προβαίνει άμεσα σε προώθηση του πλαισίου. Αντίθετα, σε λειτουργία store and forward, εξετάζει όλο το πλαίσιο και σε περίπτωση, που υπάρχει λάθος στο πεδίο Ακολουθίας Ελέγχου Πλαισίου (Frame Check Sequence, FCS), το απορρίπτει. Η λειτουργία cut-through είναι πιο γρήγορη από τη λειτουργία store and forward, αλλά η δεύτερη δεν προωθεί πλαίσια με λάθη στο υπόλοιπο δίκτυο. Επιπλέον το switch προσφέρει αισθητά μεγαλύτερη ταχύτητα στην προώθηση των πακέτων σε σχέση με μια παραδοσιακή γέφυρα, επειδή η κατασκευή του περιλαμβάνει ειδικά chip (asic) και, ουσιαστικά, το μεγαλύτερο κομμάτι της μεταγωγής γίνεται από υλικό. Αντίθετα στις γέφυρες, ο μηχανισμός λειτουργεί με την εκτέλεση κάποιου προγράμματος (software). Τα περισσότερα switches προσφέρουν ταχύτητες της τάξεως των gigabits και για αυτό μπορούν να προσφέρουν πεδία συγκρούσεων και καθορισμένες ταχύτητες για κάθε πόρτα χωριστά. Τα switches μπορούν άμεσα να πάρουν τη θέση των hubs σε υπάρχον δίκτυο, χωρίς να χρειαστεί απολύτως καμιά ανασχεδίαση, προσφέροντας ταυτόχρονα σημαντική αύξηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης στους σταθμούς εργασίας. Τα switches προσφέρονται με μεγάλη ποικιλία σε αριθμό από πόρτες, καθώς και σε παραλλαγές του πρωτοκόλλου 802.3 (Ethernet) π.χ 10BaseT, 10BaseFL, 100BaseTx, 100BaseFx. Επίσης αρκετά switch περιέχουν πόρτες για σύνδεση με FDDI δίκτυα κορμού.

Πολύ ενδιαφέρον χαρακτηριστικό των περισσότερων switches είναι η δυνατότητα υλοποίησης «εικονικών δικτύων» (Virtual LANS - VLANs). Το εικονικό δίκτυο αποτελεί broadcast πεδίο και μπορεί να αποτελείται από πολλά διαφορετικά πεδία συγκρούσεων (collision domain). Η δημιουργία του εικονικού δικτύου γίνεται με διαχειριστική παρέμβαση. Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια των εικονικών δικτύων, ας πάρουμε την περίπτωση επιχείρησης που έχει τμήμα μάρκετινγκ, πωλήσεων, λογιστηρίου, τεχνικής υποστήριξης και διοίκησης. Το κτίριο, που στεγάζει την επιχείρηση, εκτείνεται σε διάφορους ορόφους. Σε κάθε όροφο υπάρχουν switches, που συνδέονται μεταξύ τους με την κατακόρυφη καλωδίωση και οι διάφοροι σταθμοί εργασίας σε κάθε όροφο καταλήγουν απ' ευθείας στις πόρτες του switch του κάθε ορόφου ή διαμέσου hubs, όπου και αυτά με τη σειρά τους συνδέονται με κάποιες πόρτες του switch με τη χρήση της οριζόντιας καλωδίωσης. Επίσης, ας υποθέσουμε, ότι τα διάφορα τμήματα της εταιρίας δεν είναι συγκεντρωμένα στον ίδιο χώρο, αλλά ότι είναι διάσπαρτα στους ορόφους του κτιρίου.

Είναι λογικό, η κίνηση στο δίκτυο να παρατηρείται, κυρίως, μεταξύ των σταθμών εργασίας, που ανήκουν στο ίδιο τμήμα εργασίας και πιθανά προς συγκεκριμένους κεντρικούς εξυπηρετητές των τμημάτων. Επομένως, broadcast και multicast κυρίως πακέτα, που θα δημιουργούνται, στην προσπάθεια κάποιου σταθμού εργασίας σε ένα τμήμα της επιχείρησης να επικοινωνήσει με τον εξυπηρετητή, που θέλει, δεν υπάρχει λόγος να μεταδίδονται και σε σταθμούς εργασίας άλλων τμημάτων. Από την άλλη, η προμήθεια ενεργών δικτυακών συσκευών για διασύνδεση του κάθε τμήματος ξεχωριστά δεν αποτελεί τεχνικά και οικονομικά την καλύτερη λύση. Αντίθετα, η δημιουργία ξεχωριστών εικονικών δι-

κτύπων για κάθε τμήμα χωριστά και αντιστοίχιση των σταθμών εργασίας στο VLAN, που του αντιστοιχεί, δηλαδή τη δημιουργία ξεχωριστού broadcast πεδίου για κάθε τμήμα, άσχετα σε πιο πεδίο συγκρούσεων ανήκει ο κάθε υπολογιστής, αποτελεί την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του υπάρχοντος δικτυακού εξοπλισμού. Η επικοινωνία πλέον μεταξύ σταθμών εργασίας, που ανήκουν σε διαφορετικά VLANs, μπορεί να γίνει είτε με τη μεσολάβηση κάποιου δρομολογητή, όπως και στο παραπάνω σχήμα, είτε με την προσθήκη έξτρα κάρτας σε ένα από τα switch του δικτύου με δυνατότητα μεταγωγής στο τρίτο επίπεδο του μοντέλου OSI (layer 3 switching).



Σχήμα 5-20 Τοπικό δίκτυο με VLANs. Η διασύνδεση των VLANs υλοποιείται με χρήση δρομολογητή ή switch με δυνατότητα δρομολόγησης στο 3ο επίπεδο

Η αντιστοίχιση των σταθμών εργασίας σε συγκεκριμένα VLANs μπορεί να υλοποιηθεί με ένα από τους παρακάτω τρεις τρόπους:

- Με βάση τη φυσική διεύθυνση του σταθμού εργασίας (MAC διεύθυνση). Στην περίπτωση αυτή δημιουργούμε λίστες με διευθύνσεις MAC για κάθε ειδικό δίκτυο. Αποτελεί την πιο δύσκολη λύση, τόσο διαχειριστικά, όσο και από πλευράς υλοποίησης, αλλά και τη πιο γρήγορη από άποψη επίδοσης του δικτύου.
- Με βάση τις πόρτες των switches. Στην περίπτωση αυτή αντιστοιχούμε κάποιες πόρτες των switches σε συγκεκριμένα VLANs. Με αυτή τη λύση κάθε πλαίσιο με μια διεύθυνση MAC του σταθμού αφετηρίας, που θα εισέρχεται στο

switch από κάποια πόρτα, θα αντιστοιχεί τον υπολογιστή με τη συγκεκριμένη διεύθυνση MAC στο αντίστοιχο VLAN που έχει οριστεί ότι ανήκει η πόρτα. Η λύση αυτή είναι η πιο συνηθισμένη και μέτρια από πλευράς επίδοσης και ευελιξίας ανασχεδίασης του δικτύου.

- Με βάση τη διεύθυνση του πρωτοκόλλου του τρίτου επιπέδου του σταθμού εργασίας. Για παράδειγμα, με βάση την IP διεύθυνση του υπολογιστή εάν έχουμε δίκτυο TCP/IP. Η λύση αυτή υλοποιείται μόνο εάν υπάρχει η δυνατότητα από κάποιο switch να δεχθεί κάρτα, που υλοποιεί μεταγωγή στο τρίτο επίπεδο (layer 3 switching). Αποτελεί την πιο εύκολη διαχειριστικά λύση, που προσθέτει επιπλέον δυνατότητες διαχωρισμού δικτύου, ειδικά όταν κάνουμε ανασχεδίαση υπάρχοντος δικτύου με εισαγωγή συσκευών, όπως τα switches, αλλά ταυτόχρονα είναι και η λιγότερη αποδοτική από άποψη επιδόσεων (performance).

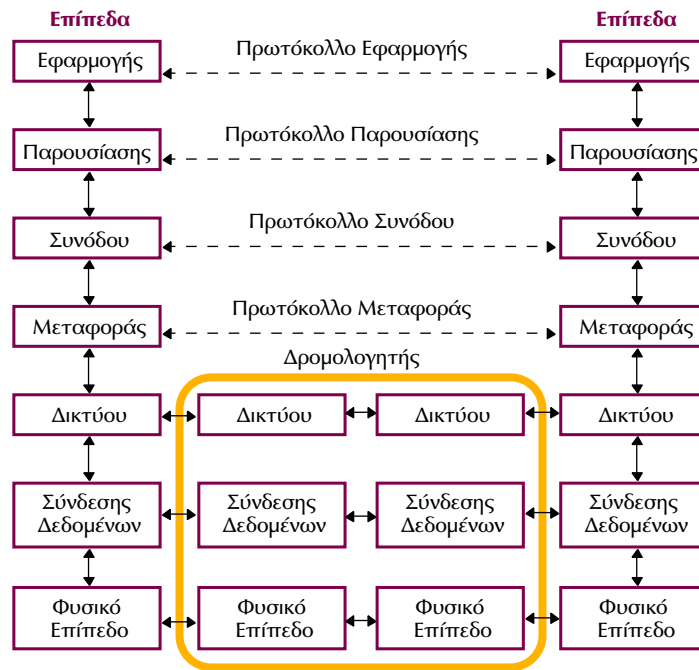
Αρκετές εταιρείες σήμερα έχουν αναπτύξει switches, που έχουν δυνατότητες για μεταγωγή πέρα από το τρίτο επίπεδο που ήδη έχουμε αναφέρει, και στο τέταρτο επίπεδο (layer 4 switching) του μοντέλου OSI. Επειδή τα switches αποτελούν στις σύγχρονες εγκαταστάσεις δικτύων LAN ίσως τα βασικότερα δομικά ενεργά δικτυακά στοιχεία, η έρευνα και η συνεχόμενη προσθήκη επιπλέον χαρακτηριστικών σ' αυτά είναι κάτι το αναμενόμενο.

5.6 Δρομολογητές (Routers)

Η κύρια λειτουργία των δρομολογητών είναι η διασύνδεση των δικτύων στο τρίτο επίπεδο του μοντέλου OSI. Ταυτόχρονα οι δρομολογητές υποστηρίζουν όλες τις λειτουργίες του τρίτου επιπέδου του μοντέλου OSI, που έχουμε αναφέρει στο κεφάλαιο 1.

Σε αντίθεση με τις γέφυρες και τους μεταγωγείς που συνδέουν δίκτυα προωθώντας τα πλαίσια με βάση τη φυσική διεύθυνση των συσκευών (MAC διευθύνσεις), οι δρομολογητές συνδέουν τα επιμέρους δίκτυα με βάση το πρωτόκολλο, που χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους οι σταθμοί εργασίας. Η δρομολόγηση των πακέτων γίνεται με βάση τη λογική διεύθυνση, που έχουμε καθορίσει στους σταθμούς εργασίας. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι οι δρομολογητές δημιουργήθηκαν για το λογικό διαχωρισμό των δικτύων με βάση την διεύθυνση του πρωτοκόλλου, που υλοποιούν, και όχι για τον απλό φυσικό διαχωρισμό τους. Βέβαια, το τίμημα για τη δυνατότητα προώθησης των δικτύων με βάση τα πρωτόκολλα, που υλοποιούν, είναι η ταχύτητα με την οποία γίνεται η προώθηση των πακέτων, που είναι αρκετά μικρότερη συγκρινόμενη με τις ταχύτητες προώθησης, που προσφέρουν οι γέφυρες και οι μεταγωγείς.

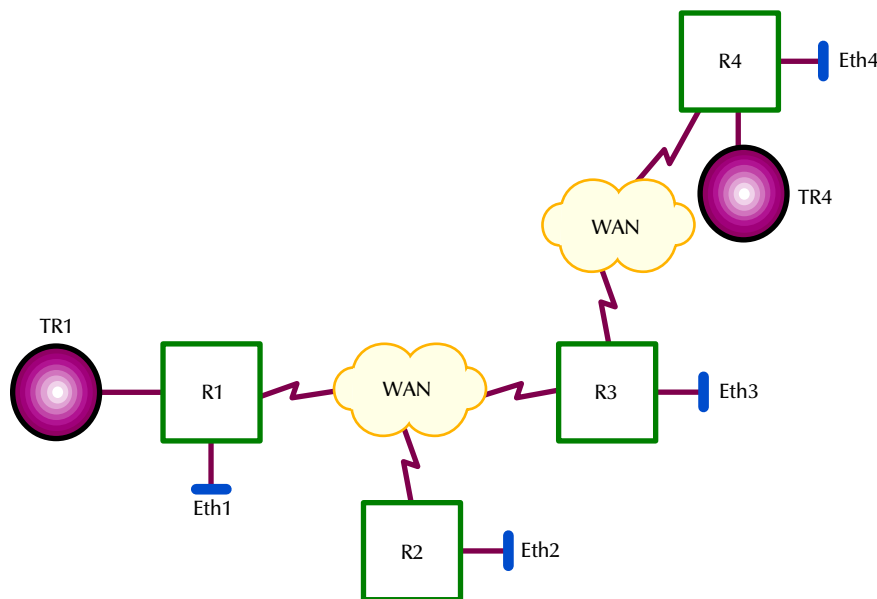
Αρχιτεκτονική Δικτύου βασισμένη στο μοντέλο OSI



Σχήμα 5-19 Λειτουργία του δρομολογητή σε σχέση με τα επίπεδα του μοντέλου OSI

Οι δρομολογητές αναλαμβάνουν, επίσης τη διασύνδεση απομακρυσμένων τοπικών δικτύων LAN's, μέσω τηλεπικοινωνιακών γραμμών, κάνοντας χρήση πρωτοκόλλων που παρέχουν διασύνδεση στο τρίτο επίπεδο. Γνωστά πρωτόκολλα του τρίτου επιπέδου είναι το X.25 και το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol, IP). Το X.25 είναι πρωτόκολλο με σύνδεση, δηλαδή πρώτα δημιουργείται νοητό κύκλωμα μεταξύ των σημείων, που θέλουν να επικοινωνήσουν και στη συνέχεια τα πακέτα χρησιμοποιούν το κύκλωμα που έχει ανοίξει. Το IP στηρίζεται σε αυτοδύναμα πακέτα και το καθένα είναι πιθανό να ακολουθεί διαφορετική διαδρομή.

Οι δρομολογητές υποστηρίζουν μεγάλη ποικιλία πρωτοκόλλων, καθώς και πόρτες διασύνδεσης τόσο σε LAN όσο και WAN επίπεδο. Παραδείγματα LAN, που ένας δρομολογητής μπορεί να διασύνδεει, είναι οι διάφορες μορφές του ethernet, token ring, και το FDDI. Για τη διασύνδεση απομακρυσμένων LAN's μέσω WAN δικτύου, οι δρομολογητές παρέχουν τις κατάλληλες πόρτες ανάλογα με τη τεχνολογία του δικτύου WAN, που θα χρησιμοποιήσουν. Έτσι, μπορεί να έχουν πόρτες σύγχρονες ή ασύγχρονες και να εκπληρούν διάφορα πρότυπα διασύνδεσης μεταξύ DTE (δρομολογητής) και DCE (η συσκευή του παροχέα για το WAN δίκτυο). Τοπολογίες WAN δικτύων, όπως Point to Point, εκπομπής (broadcast), non-broadcast multi access, καθώς και πρωτόκολλα πρόσβασης σ' αυτά, θα παρουσιάσουμε στο έκτο κεφάλαιο.



R1, R2, R3, R4: δρομολογητές
 TR1, TR4: τοπικά δίκτυα Token Ring
 Eth1, Eth2, Eth3, Eth4: τοπικά δίκτυα Ethernet

Σχήμα 5-20 Διασύνδεση απομακρυσμένων διαφόρων τύπων LANs, μέσω WAN δικτύου με τη χρήση δρομολογητών

Μια από τις κύριες λειτουργίες του δρομολογητή είναι η δρομολόγηση των πακέτων από την πηγή στον προορισμό τους. Κατά τη διάρκεια της διαδρομής μεσολαβεί τουλάχιστον ένας ενδιάμεσος κόμβος. Η δρομολόγηση περιλαμβάνει δύο βασικές διαδικασίες: τον καθορισμό του βέλτιστου μονοπατιού, σε περίπτωση εναλλακτικών διαδρομών και τη μεταφορά των πακέτων. Η επιλογή της διαδρομής μπορεί να βασισθεί σε διάφορα κριτήρια, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των ενδιάμεσων κόμβων από την πηγή μέχρι τον προορισμό ή από διάφορα βάρη, που έχουμε ορίσει σε διάφορα τμήματα διαδρομής και πάντα σε συνάρτηση με τον αλγόριθμο δρομολόγησης, που έχουμε επιλέξει. Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης συνήθως δημιουργούν πίνακες δρομολόγησης με πληροφορίες για τις διάφορες διαδρομές. Η δομή της πληροφορίας διαφέρει σε σχέση με τον αλγόριθμο δρομολόγησης, που χρησιμοποιούμε. Περισσότερες πληροφορίες για τα είδη δρομολόγησης, που υπάρχουν και τον τρόπο, που λειτουργούν θα έχουμε την ευκαιρία να δούμε στο έβδομο κεφάλαιο.

Επίσης, χαρακτηριστικό των δρομολογητών είναι η δυνατότητα, που παρέχουν, για φιλτράρισμα των πακέτων, είτε με βάση το πρωτόκολλο, είτε τις διευθύνσεις πηγής ή προορισμού των πακέτων, ή γενικότερα τα λογικά υποδίκτυα.

Επίσης, εάν έχουμε καλή γνώση των εφαρμογών στα ανώτερα επίπεδα, δηλαδή εάν γνωρίζουμε τον αριθμό της πόρτας, με την οποία η εφαρμογή επικοινωνεί με το τρίτο επίπεδο ή κάποια συγκεκριμένα bit μέσα στα πακέτα, που είναι χαρακτηριστικά της εφαρμογής, μπορούμε να δημιουργήσουμε δικά μας κριτήρια φιλτραρίσματος. Οι δυνατές ενέργειες, όταν ένα πακέτο εκπληρεί το κριτήριο κάποιου φίλτρου είναι είτε η απόρριψή του (drop), είτε η αποδοχή του (accept), είτε η καταγραφή (log) του σε κάποιο αρχείο, είτε η αλλαγή προτεραιότητας στην προώθηση του πακέτου (το τελευταίο, εάν υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο επικοινωνίας π.χ TCP/IP).

5.7 Εισαγωγή στη δομημένη καλωδίωση

Ο όρος δομημένη καλωδίωση σε τοπικό δίκτυο υποδηλώνει, ότι η συνολική καλωδίωση του τοπικού δικτύου μπορεί να διαιρεθεί σε επιμέρους απλές ενότητες.

Στη δομημένη καλωδίωση, απλές καλωδιακές δομές επαναλαμβάνονται και ενώνονται μεταξύ τους για να σχηματίσουν μεγαλύτερες δομές με στόχο τη δημιουργία σύνθετου δικτύου, το οποίο θα εξυπηρετεί για παράδειγμα ένα μεγάλο κτίριο.

Θα χωρίσουμε τη δομημένη καλωδίωση σε δυο τμήματα:

- **Τη δομή οριζόντιας καλωδίωσης (Horizontal wiring structure)**
- **Τη δομή κάθετης καλωδίωσης ή καλωδίωσης κορμού (Backbone wiring structure)**

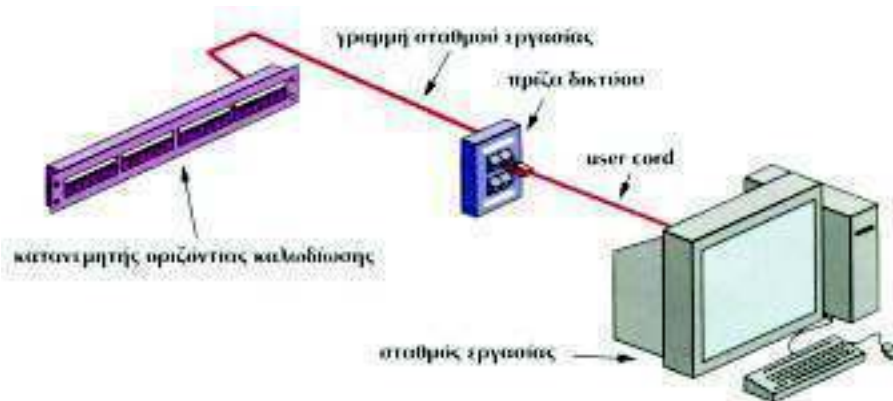
Το πιο σημαντικό πρότυπο για τη δομημένη καλωδίωση είναι το **EIA/TIA-568-A**. Το πρότυπο αυτό, ενσωματώνοντας πολλά άλλα συσχετιζόμενα πρότυπα, ορίζει ένα διεθνές καλωδιακό σύστημα το οποίο είναι προσαρμοσμένο να εξυπηρετεί την πλειονότητα των αναγκών σε ένα τοπικό δίκτυο. Το πρότυπο EIA/TIA-568-A ορίζει σαν τύπους καλωδίων, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση, το καλώδια συνεστραμένων ζευγών και το καλώδιο οπτικής ίνας.

5.7.1 Οριζόντια καλωδίωση

Η οριζόντια καλωδίωση αποτελεί το βασικό κομμάτι μιας δομημένης καλωδίωσης και περιγράφεται από το πρότυπο EIA/TIA-568-A.

Σαν οριζόντια καλωδίωση ορίζουμε το κομμάτι εκείνο της καλωδίωσης, το οποίο υλοποιεί την ένωση της εξόδου της κάρτας δικτύου του υπολογιστή με ένα σημείο συγκέντρωσης της οριζόντιας καλωδίωσης, τον κατανεμητή οριζόντιας καλωδίωσης. Έχουμε, λοιπόν καλώδια, τα οποία ξεκινούν από κεντρικό σημείο, το οποίο καλείται κατανεμητής και πηγαίνουν με αστεροειδή διάταξη σε κάθε υπολογιστή.

Η βασική μορφή της σύνδεσης υπολογιστή με τον κατανεμητή οριζόντιας καλωδίωσης, μέσω καλωδιακής γραμμής, φαίνεται στο παραπάνω σχήμα, όπου έχουμε τη βασική γραμμή η οποία αναφέρεται σαν γραμμή σταθμού εργασίας (station cable). Η γραμμή αυτή ξεκινά από τον κατανεμητή και φτάνει έως την πρίζα παροχής δικτύου και υλοποιείται με καλώδιο συνεστραμένων ζευγών. Το μήκος της, όπως θεσπίζουν τα διεθνή πρότυπα, δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 90 μέτρα.



Σχήμα 5-21 Η σύνδεση σταθμών εργασίας με τον καταναμητή οριζόντιας καλωδίωσης

Από την πρίζα δικτύου μέχρι την υποδοχή της κάρτας δικτύου στον υπολογιστή χρησιμοποιείται ειδικό εύκαμπτο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (user cord).

Στη συνέχεια θα δώσουμε εκτενέστερη περιγραφή των εξαρτημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στην οριζόντια καλωδίωση και των κανόνων και τεχνικών, που εφαρμόζονται.

Ο συνδετήρας δικτύου

Στην οριζόντια καλωδίωση, το εύκαμπτο καλώδιο σύνδεσης καταλήγει στον υπολογιστή με κατάλληλο συνδετήρα, όπως βλέπουμε στην παρακάτω Εικόνα 5-3.



Εικόνα 5-3 Εύκαμπτο καλώδιο σύνδεσης (User cord) και συνδετήρες

Ο συνδετήρας αυτός αναφέρεται και σαν συνδετήρας RJ 45 και έχει ειδικές υποδοχές, όπου οι οκτώ αγωγοί του καλωδίου περνούν και σταθεροποιούνται με τη βοήθεια ειδικού οργάνου.

Εύκαμπτα καλώδια σύνδεσης

Αυτά είναι ειδικά εύκαμπτα καλώδια με συνδετήρες στα δυο άκρα και χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση των σταθμών εργασίας με την πρίζα του δικτύου, οπότε καλούνται User cords ή για τη διασύνδεση των κατανεμητών μεταξύ τους οπότε καλούνται Patch cords ή για τη διασύνδεση των κατανεμητών με τον ενεργό εξοπλισμό, οπότε καλούνται Equipment cords. Εύκαμπτο καλώδιο σύνδεσης απεικονίζεται στην Εικόνα 5-3.

Ο τύπος του καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών, ο οποίος χρησιμοποιείται για την κατασκευή των patch cords, έχει περιγραφεί στο κεφάλαιο 4.

Οι πρίζες του δικτύου

Οι πρίζες του δικτύου περιέχουν υποδοχές των συνδετήρων και αναφέρονται σαν **πρίζες σταθμού εργασίας (station outlet)**. Η πρίζα αποτελείται από το στέλεχος της υποδοχής του συνδετήρα (υποδοχέας) το οποίο είναι αφαιρούμενο και την πρόσοψη, στην οποία υπάρχει ειδικό πλαίσιο για την τοποθέτηση του υποδοχέα.



Εικόνα 5-4 Πρίζα δικτύου με αφαιρούμενους υποδοχείς

Αυτό γίνεται για να υπάρχει επιλεξιμότητα μεταξύ διαφορετικών τύπων πλαισίων και διαφορετικών τύπων υποδοχέων.

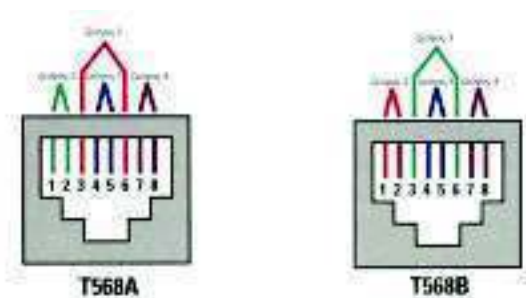
Ο υποδοχέας είναι τύπου RJ 45 και διαθέτει υποδοχή των 8 ακίδων (pins) για την ένωση με το συνδετήρα. Στην πίσω πλευρά του υπάρχουν 8 επαφές, που χρησιμοποιούνται για τον τερματισμό του καλωδίου της γραμμής σταθμού εργασίας. Οι υποδοχείς αυτού του τύπου αναφέρονται σαν **IDC (Insulation Displacement Connector)**. Το όνομά τους είναι ενδεικτικό του τρόπου τερματισμού του καλωδίου σ'αυτούς. Το καλώδιο, αφού ξεγυμνωθεί από το εξωτερικό μονωτικό περίβλημα και κοπεί σε κατάλληλο μήκος, εισέρχεται στις επαφές που υπάρχουν στην πίσω πλευρά του υποδοχέα και εκεί πιέζεται με ειδικό εργαλείο ή κλείνοντας το πλαστικό καπάκι του υποδοχέα. Με την πίεση αφαιρείται η μόνωση του κάθε αγωγού και πραγματοποιείται η ένωση με τις επαφές.



Εικόνα 5-5 Οι επαφές τερματισμού του καλωδίου στον υποδοχέα. Ο τερματισμός γίνεται κλείνοντας το πλαστικό καπάκι στην πίσω πλευρά του υποδοχέα

Χρωματικοί κώδικες τερματισμού των καλωδίων

Το πρότυπο EIA/TIA 568-A υποστηρίζει δυο τρόπους τερματισμού του καλωδίου στην πρίζα δικτύου. Στο παρακάτω Σχήμα παραθέτουμε τους δυο αυτούς τρόπους τερματισμού, οι οποίοι αναφέρονται σαν **T568A** και **T568B**.



Σχήμα 5-22 Τα δυο σχήματα τερματισμού που είναι αποδεκτά από το πρότυπο EIA/TIA 568-A

Είναι πολύ μικρή η τεχνική διαφορά του ενός από τον άλλο, αλλά είναι σημαντικό το ότι ολόκληρο το Σχήμα της δομημένης καλωδίωσης σε ένα συγκεκριμένο χώρο θα πρέπει να ακολουθεί έναν συγκεκριμένο τρόπο τερματισμού.

Οι οδεύσεις των γραμμών

Τα καλώδια οδεύουν μέσα στα κτίρια πάνω από ψευδοροφές, τοποθετημένα σε ειδικές μεταλλικές σχάρες ή σε επίτοιχα πλαστικά κανάλια. Πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή, όταν τα καλώδια που χρησιμεύουν για τη μεταφορά δεδομένων, ευρίσκονται στο ίδιο κανάλι με καλώδια παροχής ηλεκτρικού ρεύματος. Στην περίπτωση αυτή θα υπάρξουν παρεμβολές και προβλήματα στη μεταφορά των δεδομένων, ειδικά όταν υλοποιούμε καλωδίωση κατηγορίας 5 ή ανωτέρας. Για το λόγο αυτό, σε εγκατάσταση, όπου κάτι τέτοιο δεν μπορεί να αποφευχθεί, θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους τουλάχιστον 5 εκ.

Ο γενικός κανόνας, όμως, ο οποίος επιβάλλεται από τα διεθνή πρότυπα είναι ότι τα καλώδια μεταφοράς δεδομένων πρέπει να οδεύουν σε ξεχωριστό κανάλι από τα καλώδια μεταφοράς ρεύματος.

Ο καταναμητής

Ο καταναμητής (**patch panel**), σε οριζόντια καλωδίωση, είναι το καταληκτικό σημείο όλων των καλωδίων, τα οποία προέρχονται από τις πρίζες του δικτύου και, κατά συνέπεια, από τους χρήστες του δικτύου. Ο καταναμητής εδώ αναφέρεται και σαν καταναμητής οριζόντιας καλωδίωσης, γιατί συνδέει τους υπολογιστές σε οριζόντια διάταξη.



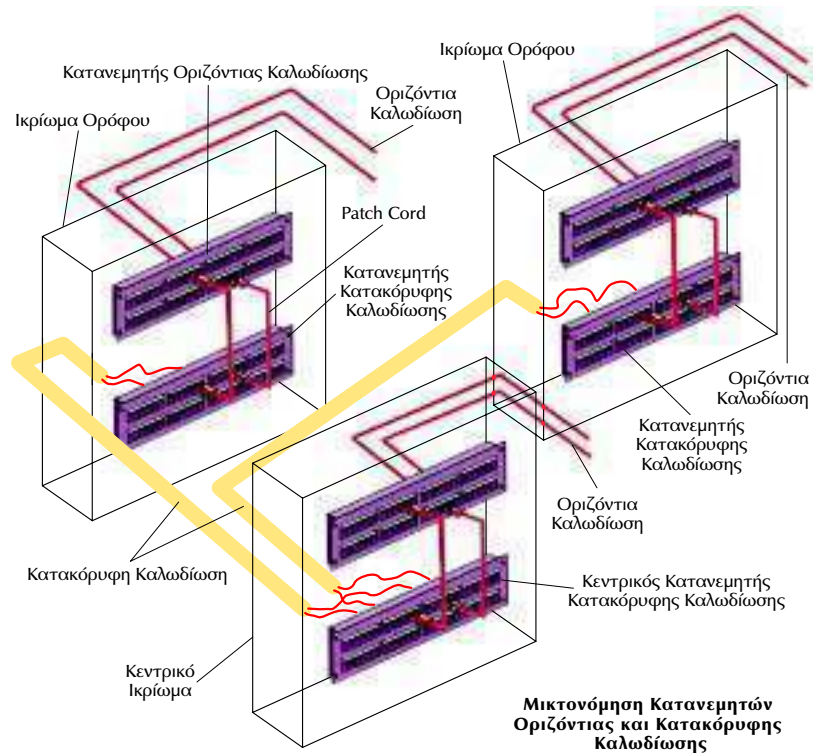
Εικόνα 5-6 Καταναμητής (Patch Panel) με 48 υποδοχές

Όπως βλέπετε στην παρακάτω Εικόνα 5-7 η συσκευή αυτή αποτελείται από μεταλλική όψη με πλαίσια, στα οποία τοποθετούνται υποδοχές, στο πίσω μέρος των οποίων γίνεται ο τερματισμός των καλωδίων σε ειδικές επαφές. Ο τερματισμός γίνεται, όπως στους υποδοχείς IDC. Στις υποδοχές του patch panel εφαρμόζονται με συνδετήρες εύκαμπτα καλώδια συνεστραμένων ζευγών (Patch cords), τα οποία συνδέονται στις υποδοχές άλλου καταναμητή ο οποίος ονομάζεται καταναμητής κατακόρυφης καλωδίωσης.



Εικόνα 5-7 Λεπτομέρεια κατανεμητή όπου φαίνεται ο IDC υποδοχέας

Από το πίσω μέρος του κατανεμητή κατακόρυφης καλωδίωσης (Patch panel) φεύγουν καλώδια, τα οποία καταλήγουν σε κεντρικό κατανεμητή, ο οποίος βρίσκεται σε άλλο σημείο του κτιρίου. Το σύνολο των καλωδίων αυτών αποτελεί και την κατακόρυφη καλωδίωση (**Backbone cabling**). Η διαδικασία της σύνδεσης του κατανεμητή οριζόντιας καλωδίωσης με τον κατανεμητή κατακόρυφης καλωδίωσης, χρησιμοποιώντας τα Patch cords ονομάζεται μικτονόμηση.



Σχήμα 5-23 Οι γραμμές της οριζόντιας καλωδίωσης καταλήγουν, μέσω της διαδικασίας της μικτονόμησης και της κατακόρυφης καλωδίωσης, στον κεντρικό κατανεμητή

Με την παραπάνω διαδικασία αντιστοιχίζουμε την κάθε θέση της οριζόντιας καλωδίωσης σε μια θέση στον κεντρικό κατανεμητή.

Το ικρίωμα (Rack)

Οι κατανεμητές για την οριζόντια αλλά και για την κατακόρυφη καλωδίωση, όπως θα δούμε παρακάτω, τοποθετούνται εντός ικριώματος, το οποίο είναι μεταλλικό κουτί με επιλέξιμες ανάλογα με τις ανάγκες μας διαστάσεις και ειδικές υποδοχές για την τοποθέτηση των κατανεμητών και του ενεργού εξοπλισμού (Hubs, Switches). Συνήθως υπάρχει πόρτα με κρύσταλλο, η οποία ασφαλίζει. Οι πλευρές του ικριώματος είναι συνήθως, αιρετές, για να μπορούμε να έχουμε την δυνατότητα επέμβασης στα σημεία τερματισμού των καλωδίων, για παράδειγμα στην πίσω πλευρά ενός patch panel. Στα εσωτερικά σημεία των πλευρών υπάρχουν κατάλληλα στηρίγματα για τις οδεύσεις των καλωδίων.

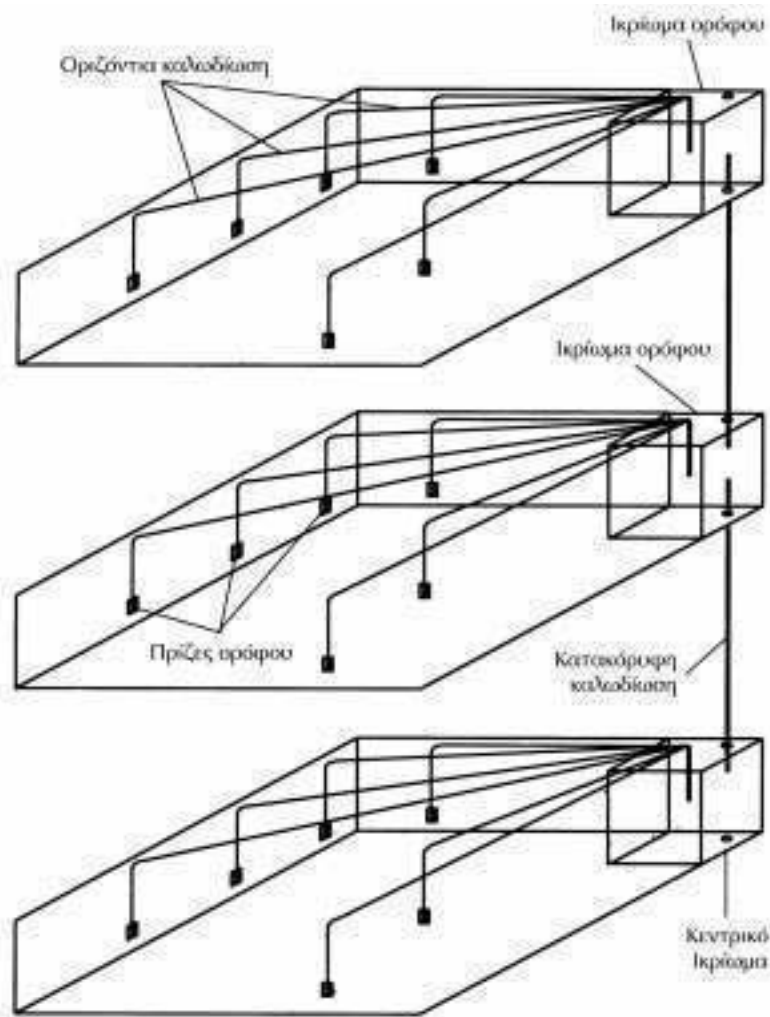


Εικόνα 5-8 Ικρίωμα

5.7.2 Κατακόρυφη καλωδίωση

Η κατακόρυφη καλωδίωση (**Backbone Cabling**) χρησιμοποιείται για να συνδέσει τους κατανεμητές κατακόρυφης καλωδίωσης, που βρίσκονται στα ικρίωματα των ορόφων με κάποιον κεντρικό κατανεμητή, ο οποίος και αποτελεί το κεντρικό σημείο της δομημένης καλωδίωσης.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η διάταξη της κατακόρυφης καλωδίωσης μεταξύ τριών κατανεμητών, οι οποίοι ευρίσκονται στα ικρίωματα διαφορετικών ορόφων σε ένα κτίριο. Το κάθε ένα από αυτά τα ικρίωματα εξυπηρετεί την οριζόντια καλωδίωση του ορόφου στον οποίον ευρίσκεται.



Σχήμα 5-24 Η διάταξη των ικριωμάτων στους ορόφους κτιρίου. Φαίνεται η διάταξη της οριζόντιας και της κατακόρυφης καλωδίωσης

Στο κτίριο του Σχήματος 5-24 ο κεντρικός κατανομητής είναι στον πρώτο όροφο και ενώνεται με τους επιμέρους κατανομητές, οι οποίοι ευρίσκονται σε κάθε έναν από τους άλλους ορόφους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, έχουμε δυο ή περισσότερα σημεία συγκέντρωσης της οριζόντιας καλωδίωσης σε κάθε όροφο. Αυτά αντιστοιχούν σε ισάριθμα ικριώματα με κατακόρυφους και οριζόντιους κατανομητές. Η σύνδεση των κατακόρυφων κατανομητών με τον κεντρικό εντάσσεται στην κατακόρυφη καλωδίωση.

Στην κατακόρυφη καλωδίωση χρησιμοποιούνται ειδικά πολύζευγα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, τα οποία εντός του περιβλήματος έχουν 25 ζεύγη κα-

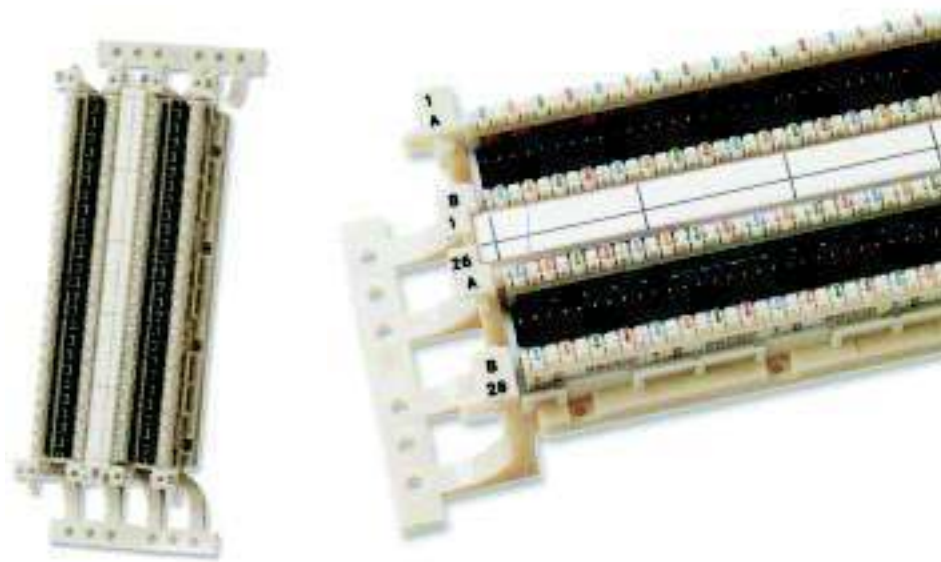
λωδίων για την περίπτωση που μεταφέρουμε δεδομένα ή 50 και 100 ζεύγη για την περίπτωση των τηλεφωνικών παροχών. Όταν, όμως οι αποστάσεις μεταξύ των κατανομητών, οι οποίοι πρέπει να συνδεθούν είναι μεγαλύτερες των 90 μέτρων, όπως συμβαίνει συνήθως, χρησιμοποιείται η οπτική ίνα σαν μέσο σύνδεσης στην κατακόρυφη καλωδίωση.

5.7.3 Τρόποι τερματισμού των καλωδίων

Τα καλώδια της κατακόρυφης και της οριζόντιας καλωδίωσης (καλώδια σταθμών εργασίας) καταλήγουν με δυο τρόπους μέσα στο ικρίωμα.

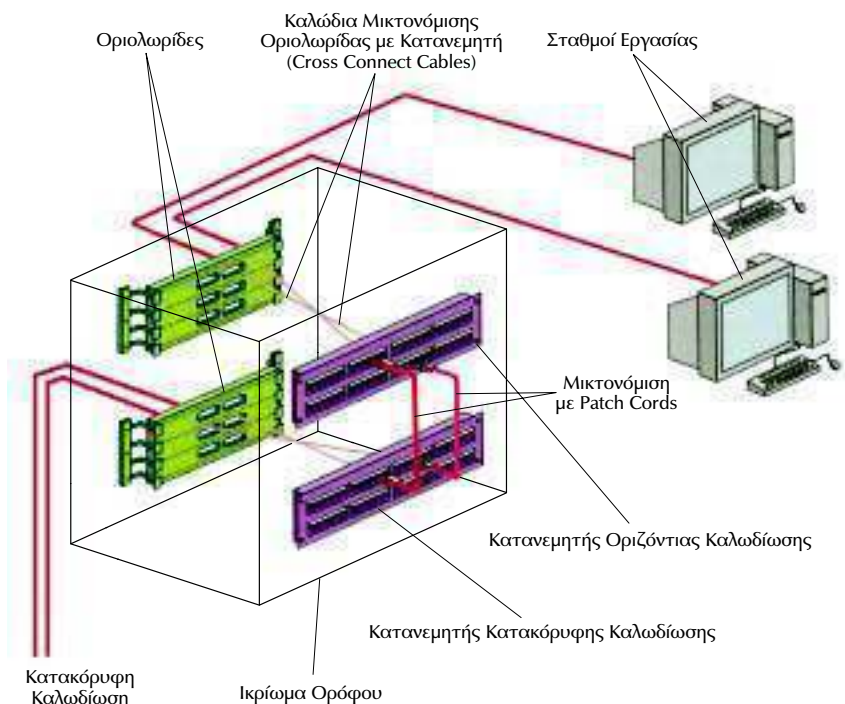
- Ο πρώτος τρόπος έχει ήδη περιγραφεί και είναι με κατ'ευθείαν τερματισμό στην πίσω πλευρά του κατακόρυφου ή του οριζόντιου κατανομητή αντίστοιχα.
- Ο δεύτερος τρόπος είναι να τερματισθούν πρώτα σε ειδική παθητική συσκευή, η οποία ονομάζεται **οριολωρίδα (Punchdown block)** και από εκεί να μεταφερθούν στην πίσω πλευρά του κατανομητή (Patch Panel), με τη βοήθεια ειδικών καλωδίων συνεστραμένων ζευγών, τα οποία ονομάζονται **καλώδια μικτονόμησης (cross connect cables)** και ενώνουν τις επαφές της οριολωρίδας με τις επαφές στην πίσω πλευρά του κατανομητή.

Η οριολωρίδα είναι εξάρτημα, το οποίο εντάσσεται στον παθητικό εξοπλισμό δομημένης καλωδίωσης και τοποθετείται στην πίσω πλευρά του ικριώματος, έτσι ώστε να βρίσκεται πίσω από τους κατανομητές. Κατασκευάζονται από πλαστικό και διαθέτουν σειρές επαφών, όπου μπορούν να φιλοξενηθούν μέχρι 300 ζευγάρια αγωγών. Ο τερματισμός των ζευγαριών γίνεται όπως στον IDC συνδετήρα με τη βοήθεια κατάλληλου εργαλείου.



Εικόνα 5-9 Οριολωρίδα

Ο πιο σύγχρονος τύπος οριολωρίδας είναι ο τύπος 110, ο οποίος έχει την καταγωγή του από την εταιρεία AT&T. Από την οριολωρίδα ξεκινούν συνεστραμμένα ζευγάρια καλωδίων, τα οποία τερματίζονται στην πίσω πλευρά του κατανεμητή και με αυτό τον τρόπο γεφυρώνουν την οριολωρίδα με τον κατανεμητή. Αυτή η διαδικασία καλείται μικτονόμηση (cross connect) και γίνεται με τη βοήθεια ζευγαριών συνεστραμμένων καλωδίων.

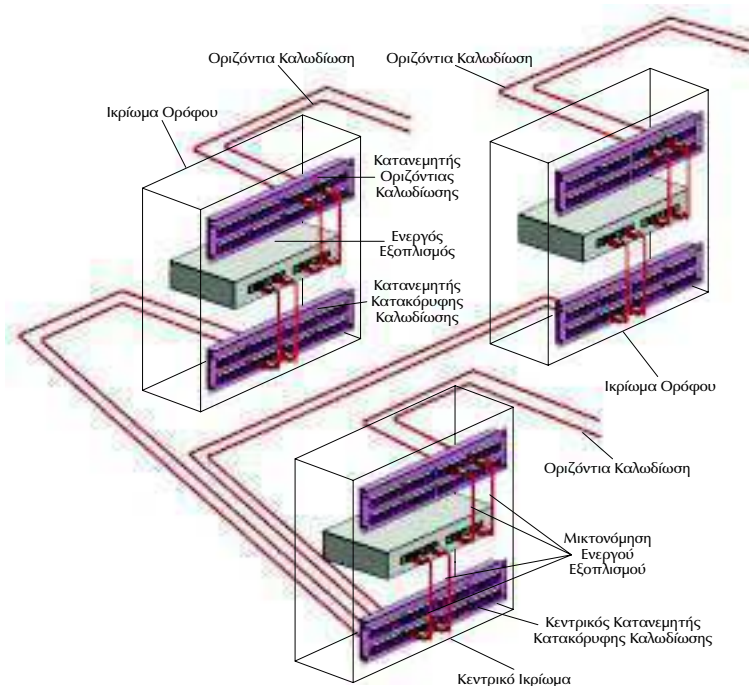


Σχήμα 5-25 Η χρήση της οριολωρίδας

Ο κάθε ένας από τους παραπάνω τρόπους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά του. Όταν τα καλώδια των σταθμών εργασίας καταλήγουν κατ'ευθείαν στον κατανεμητή έχουμε το πλεονέκτημα των λιγότερων συνδέσεων, άρα προκαλούμε μικρότερη εξασθένηση στο σήμα. Έχουμε, όμως, δυσκαμψία ως προς την διάθεση των καλωδίων αυτών, αφού μόνο με τη χρήση patch cords μπορούμε να τα διοχετεύσουμε κάπου αλλού. Όταν τα καλώδια τερματίζονται σε οριολωρίδα, έχουμε μεγαλύτερη ευκολία στη διάθεση των ζευγαριών, αν για παράδειγμα θέλουμε να διαθέσουμε μια σύνδεση για ένα modem. Στην περίπτωση του τερματισμού των κατακόρυφων καλωδίων στον κατακόρυφο κατανεμητή, η μεσολάβηση οριολωρίδας θα διευκόλυνε τον τερματισμό καλωδίου 25 ζευγών.

5.7.4 Διασύνδεση με ενεργά στοιχεία

Μέχρι τώρα είδαμε τον τρόπο με τον οποίο υλοποιείται η δομημένη καλωδίωση. Βασικός κανόνας, ο οποίος διέπει τη δομημένη καλωδίωση είναι ότι το μέγιστο μήκος μεταφοράς δεδομένων με καλώδια συνεστραμμένων ζευγών είναι 100 μέτρα. Στην περίπτωση, όμως, που πρέπει να καλύψουμε κτίριο με δομημένη καλωδίωση οι αποστάσεις είναι κατά πολύ μεγαλύτερες. Το πρόβλημα αυτό λύνεται με τη μεσολάβηση ενεργού εξοπλισμού (Hubs, switches), ο οποίος ανανεώνει την απόσταση αυτή για άλλα 100 μέτρα. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα, αναφέρονται τα 90μ. σαν μέγιστη απόσταση πρίζας δικτύου από τον κατανομητή, διότι εκτός από τη γραμμή αυτή μεσολαβούν τα Patch cords και user cords για σύνδεση με τον ενεργό εξοπλισμό και με τον υπολογιστή του χρήστη αντίστοιχα, τα οποία λόγω της ιδιαίτερης κατασκευής τους έχουν μεγαλύτερη απόσβεση σήματος. Ο ενεργός εξοπλισμός μεσολαβεί μεταξύ του κατανομητή κατακόρυφης καλωδίωσης και του κατανομητή οριζόντιας καλωδίωσης στα ικρίωματα των ορόφων ενός κτιρίου και έτσι ένας κατανομητής οριζόντιας καλωδίωσης μπορεί να καλύψει απόσταση 90 μέτρα γύρω από αυτόν. Όλα τα ενεργά στοιχεία στους κατανομητές των ορόφων συνδέονται μέσω της κατακόρυφης καλωδίωσης με το κεντρικό ενεργό στοιχείο στον κεντρικό κατανομητή, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 5-26 Σύνδεση δυο ικριωμάτων ορόφων με κεντρικό ικρίωμα. Στη σύνδεση μεσολαβούν ενεργά στοιχεία

5.7.5 Σύνδεση με οπτικές ίνες- ο οπτικός κατανεμητής

Στην περίπτωση, που η απόσταση μεταξύ των κατανεμητών είναι μεγαλύτερη από 90 μέτρα, χρησιμοποιείται καλώδιο οπτικής ίνας, η οποία, όμως, καταλήγει και τερματίζεται σε ειδικό κατανεμητή μέσα στο ικρίωμα, ο οποίος ονομάζεται οπτικός κατανεμητής.

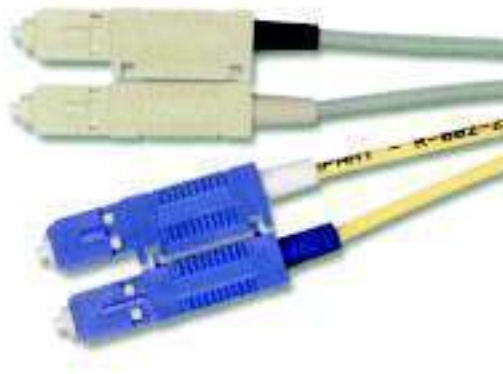


Εικόνα 5-10 Ο οπτικός κατανεμητής. Στο μπροστινό τμήμα του κατανεμητή καταλήγουν οι ίνες, που έχουν εισαχθεί σ'αυτόν. Στην εικόνα φαίνονται τα εύκαμπτα οπτικά καλώδια, τα οποία συνδέονται στις υποδοχές, στην μπροστινή πλευρά του κατανεμητή

Παρατηρούμε, ότι τα καλώδια εισάγονται στον κατανεμητή από την πίσω πλευρά και τερματίζονται σε ειδικούς κοννέκτορες, οι οποίοι υπάρχουν στην μπροστινή πλευρά του κατανεμητή. Ο τερματισμός των οπτικών καλωδίων διαφέρει από τον τερματισμό των χάλκινων καλωδίων, εξαιτίας της φύσης του μεταδιδόμενου σήματος, όπου εδώ είναι το φως. Το γεγονός, ότι έχουμε να κάνουμε με ίνες γυαλιού, μας αναγκάζει να χρησιμοποιούμε ειδικό εξοπλισμό τερματισμού (εργαλεία, συνδετήρες) και να ακολουθούμε ιδιαίτερες διαδικασίες και χειρισμούς. Ένα άλλο σημείο που θα πρέπει να τονίσουμε, είναι ότι στις οπτικές ίνες το σήμα ταξιδεύει μόνο προς τη μια κατεύθυνση. Είναι αυτονόητο, λοιπόν, ότι για μια σύνδεση θα χρειαστούν δυο οπτικές ίνες, μια για την αποστολή και μια για τη λήψη των δεδομένων. Παρατηρούμε λοιπόν ότι στην σύνδεση των οπτικών ινών υπάρχει πολικότητα. Στο μπροστινό μέρος του οπτικού κατανεμητή υπάρχουν κοννέκτορες με υποδοχές, οι οποίοι συνδέονται με τη βοήθεια ειδικών εύκαμπτων οπτικών καλωδίων στον ενεργό εξοπλισμό.

Η κατασκευή των καλωδίων αυτών περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4. Στις δυο άκρες τα καλώδια αυτά φέρουν από δυο ειδικούς συνδετήρες, έναν για την αποστολή και έναν για τη λήψη.

Οι συνδετήρες, τους οποίους αποδέχεται το πρότυπο EIA/TIA 568-A, αναφέρονται σαν συνδετήρες 568 SC και είναι κατασκευασμένοι έτσι, ώστε να παρέχουν προστασία της οπτικής ίνας στο σημείο τερματισμού και να εφαρμόζουν στις ειδικές υποδοχές του οπτικού κατανεμητή. Έτσι, εξασφαλίζεται η συνέχεια στο οπτικό μονοπάτι για τη μετάδοση του οπτικού σήματος. Τυπικοί συνδετήρες SC απεικονίζονται στην Εικόνα 5-11.



Εικόνα 5-11 Ο συνδετήρας SC

5.7.6 Πιστοποίηση και μετρήσεις

Σε δομημένη καλωδίωση, όπου όλα τα χρησιμοποιούμενα υλικά (από τον κατανεμητή μέχρι τις πρίζες και τα καλώδια) είναι κατηγορίας 5, τότε λέμε ότι η καλωδίωση είναι κατηγορίας 5. Είναι βέβαια αυτονόητο, ότι για να ισχύει το παραπάνω, θα πρέπει εκτός από τη διασφάλιση της ποιότητας των υλικών να διασφαλίζεται, ότι ακολουθήθηκαν πιστά οι τεχνικές εγκατάστασης και οι κανόνες των διεθνών προτύπων, που διέπουν τη δομημένη καλωδίωση, σύμφωνα με την κατηγορία της. Αφού ολοκληρωθούν οι μετρήσεις και αφού έχει διασφαλισθεί ότι τηρήθηκαν οι παραπάνω κανόνες ως προς την ποιότητα και εγκατάσταση των υλικών, η καλωδίωση πιστοποιείται ως προς την κατηγορία της.

Η μέτρηση των υλικών που χρησιμοποιούνται σε δομημένη καλωδίωση ως προς τα χαρακτηριστικά, που πρέπει να έχουν και που αντιστοιχούν στην κατηγορία τους, γίνεται με ειδικά όργανα, τα οποία μετρούν τα μεγέθη της παραδιαφωνίας (NEXT, FEXT) και την εξασθένιση του σήματος στα διάφορα υλικά, όπως καλώδια, κατανεμητές, συνδετήρες, πρίζες κ.α.

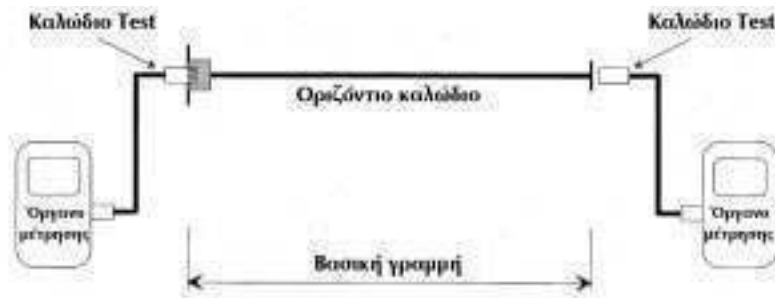
Το κυρίαρχο πρότυπο για την αξιολόγηση των επιδόσεων των υλικών, τα οποία χρησιμοποιούνται σε δομημένη καλωδίωση είναι το EIA/TIA 568-A. Το πρότυπο αυτό περιλαμβάνει μετρήσεις ως προς τις επιδόσεις των υλικών πριν αυτά γίνουν μέρος εγκατάστασης δομημένης καλωδίωσης. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται στο εργοστάσιο παραγωγής των υλικών, όπου και χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό ειδικός εξοπλισμός υψηλού κόστους. Κατά κανόνα, οι μετρήσεις των επιδόσεων συνοδεύουν το υλικό.

Η μέτρηση των υλικών, όμως, δεν μας εξασφαλίζει, ότι και η εγκατάσταση της δομημένης καλωδίωσης έχει γίνει σωστά. Υπάρχουν πολλά περιθώρια λαθών, όπως κακές συνδέσεις, προβλήματα στις γραμμές, μεγάλο μήκος καλωδίων, ελαττωματικά Patch cords, ελαττωματικοί συνδετήρες και πρίζες, λάθη στον τερματισμό των καλωδίων, υπερβολικές κάμψεις και μηχανικές τάσεις στα καλώδια κ.α., τα οποία ενδέχεται να δημιουργήσουν πτώση των επιδόσεων στο δίκτυο, παρότι τα χρησιμοποιούμενα υλικά ήταν διαπιστευμένης κατηγορίας και συνοδεούνταν από μετρήσεις.

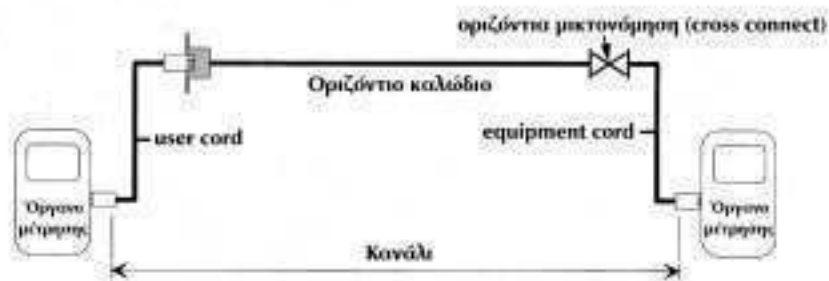
Η μέτρηση μιας εγκατεστημένης δομημένης καλωδίωσης αναφέρεται σαν πιστοποίηση της εγκατάστασης και συνήθως γίνεται από τον εγκαταστάτη. Σκοπός της πιστοποίησης αυτής είναι η μέτρηση του κάθε καλωδιακού συνδέσμου σύμφωνα με αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα. Το κυρίαρχο πρότυπο μετρήσεων μιας τέτοιας εγκατάστασης είναι το **Transmission Performance Specifications for Field Testing of Unshielded Twisted Pair Cabling Systems, TSB-67** το οποίο και αποτελεί συμπλήρωμα του EIA/TIA 568-A.

Το πρότυπο αυτό θεσπίζει δυο μεθόδους μέτρησης δομημένων καλωδιώσεων. Τη **μέθοδο μέτρησης της βασικής γραμμής (Basic Link Testing)** και τη **μέθοδο μέτρησης καναλιού (Channel Testing)**. Σαν βασική γραμμή ορίζεται το μήκος εκείνο του καλωδίου από την πρίζα του σταθμού εργασίας μέχρι τον πρώτο τερματισμό μέσα στο ικρίωμα. Σαν κανάλι ορίζεται ολόκληρη η γραμμή, η οποία περιλαμβάνει το user cord, τη βασική γραμμή, τα καλώδια μικτονόμησης (Cross connect) και το εύκαμπτο καλώδιο σύνδεσης με τον ενεργό εξοπλισμό (equipment cord). Στο Σχήμα 5-38 φαίνονται τα σημεία συνδέσεων των οργάνων, που υλοποιούν τη μέτρηση κατά τους δυο παραπάνω τρόπους.

Το πιο σημαντικό όργανο, το οποίο χρησιμοποιείται για τη μέτρηση και πιστοποίηση των εγκατεστημένων καλωδιώσεων, είναι το **Time Domain Reflectometer, TDR**. Το TDR στέλνει παλμό, ο οποίος διατρέχει το μήκος της γραμμής. Ο παλμός αυτός ανακλάται με τη βοήθεια συσκευής, η οποία συνδέεται στο άλλο άκρο της γραμμής, όπως φαίνεται στο Σχήμα 5-27. Το είδος της ανάκλασης, το οποίο θα επιστρέψει στο όργανο μέτρησης, είναι ενδεικτικό του αν υπάρχει βραχυκύκλωμα, διακοπή, τερματισμός ή ανωμαλία σε κάποιο σημείο της γραμμής.



α. Μέτρηση Βασικής γραμμής



β. Μέθοδος μέτρησης καναλιού

Σχήμα 5-27 (α) Η μέτρηση βασικής γραμμής
(β) Η μέτρηση καναλιού

Τα όργανα αυτού του τύπου μπορούν να μετρήσουν την εξασθένιση του σήματος κατά μήκος της γραμμής, το NEXT, την χαρακτηριστική αντίσταση και άλλα μεγέθη. Επίσης, τα όργανα αυτά μπορούν να μετρήσουν το μήκος της γραμμής, για να είμαστε σίγουροι ότι είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια.

Για τις μετρήσεις σε εγκαταστάσεις οπτικών ινών χρησιμοποιείται το **Optical Time Domain Reflectometer, OTDR**, το οποίο ελέγχει μια καλωδίωση με οπτικές ίνες χρησιμοποιώντας αντί για ηλεκτρικό παλμό, παλμό φωτός.



Εικόνα 5-12 Το όργανο μέτρησης TDR

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται παρουσίαση των κυριότερων ενεργών συσκευών, που συνθέτουν ένα δίκτυο υπολογιστών. Οι συσκευές παρουσιάζονται σε σειρά, ανάλογα με το επίπεδο, που εντάσσεται η λειτουργία τους, με βάση το μοντέλο OSI, ξεκινώντας από το φυσικό επίπεδο.

Έτσι, αρχικά γίνεται παρουσίαση των modems, αναλύονται οι περιπτώσεις, που είναι απαραίτητη η ύπαρξη τους, και αναφέρονται οι κυριότεροι τρόποι λειτουργίας τους με βάση τα διάφορα πρότυπα που υπάρχουν. Μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στο πιο πρόσφατο από τα πρότυπα λειτουργίας το V.90. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε μερικά από τα πλέον διαδεδομένα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ DTE και DCE με έμφαση στο RS232C. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην αναγκαιότητα ύπαρξης του ελέγχου ροής και αναλύονται οι ποιο διαδεδομένοι τρόποι υλοποίησής του. Επίσης, εξηγούνται οι έννοιες συμπίεσης δεδομένων και ελέγχου λαθών για modems και αναφέρονται τα πρωτόκολλα υλοποίησής τους. Τέλος, γίνεται αναφορά στην λειτουργία των AT εντολών στα modems.

Ακολούθησε η εξήγηση της λειτουργίας των κυριότερων χαρακτηριστικών των καρτών δικτύου.

Μία από τις πλέον διαδεδομένες ενεργές συσκευές των δικτύων είναι οι επαναλήπτες, η λειτουργία των οποίων αναλύεται. Μεγαλύτερη έμφαση δίνεται στα Hub, συσκευές που αποτελούν τη βάση για τα περισσότερα σημερινά τοπικά δίκτυα υπολογιστών.

Οι επόμενες συσκευές, που παρουσιάστηκαν, έχουν σαν κύριο χαρακτηριστικό τη δυνατότητα διαχωρισμού των δικτύων, και δρομολόγησης πακέτων δεδομένων μεταξύ σταθμών, που βρίσκονται σε διαφορετικά δίκτυα.

Αρχικά, έγινε ανάλυση της λειτουργίας των γεφυρών (bridges). Στη συνέχεια αναφερθήκαμε στα διάφορα είδη γεφυρών καθώς και στα κύρια χαρακτηριστικά τους. Μεγάλη έμφαση δόθηκε στον αλγόριθμο spanning tree, που εξασφαλίζει τοπολογίες δικτύων ελεύθερη από βρόχους.

Μετά τις γέφυρες, παρουσιάστηκαν οι μεταγωγείς, που είναι, πλέον, και οι κυριότερες συσκευές υλοποίησης γρήγορων τοπικών δικτύων. Αναφέρθηκε και ένα από τα πλέον χρήσιμα χαρακτηριστικά των σύγχρονων μεταγωγέων, η δυνατότητα υλοποίησης VLANs.

Η παρουσίαση των ενεργών συσκευών ολοκληρώθηκε με την αναφορά στους δρομολογητές (routers), η λειτουργία των οποίων, θα γίνει πλήρως κατανοητή μετά την παρουσίαση των κεφαλαίων έξι και επτά.

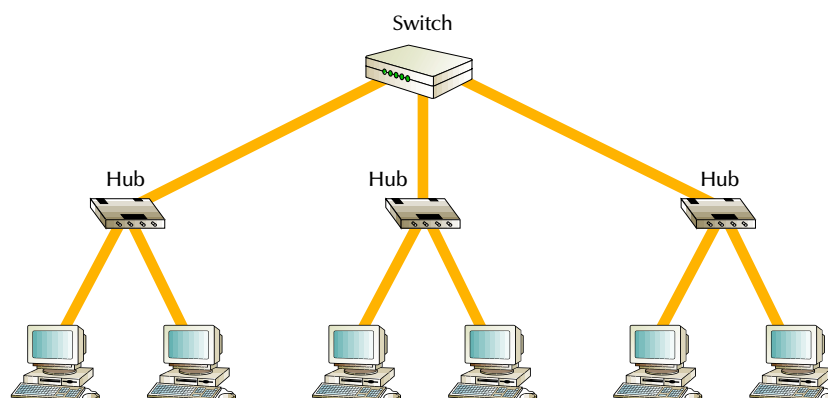
Στο τέλος του κεφαλαίου έγινε μια αναλυτική παρουσίαση των κανόνων, των τεχνικών και των εξαρτημάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στη δομημένη καλωδίωση. Επίσης, παρουσιάστηκαν οι τεχνικές και τα όργανα, τα οποία χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση και την πιστοποίηση των εγκαταστάσεων δομημένης καλωδίωσης.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Ποιοι είναι οι λόγοι που επιβάλλουν τη χρησιμοποίηση modem για σύνδεση τερματικών συσκευών (DTE), μέσω τηλεφωνικών γραμμών;
2. Γιατί θεωρούμε, ότι το πρωτόκολλο V.90 είναι ασύμμετρο;
3. Σε ποια μετατροπή έχουμε μεγαλύτερη επίπτωση του θορύβου στο σήμα:
 - α. στη μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό
 - β. στη μετατροπή από ψηφιακό σε αναλογικό
 - γ. έχουμε την ίδια επίπτωση σε κάθε είδους μετατροπή
4. Σε τι βασίζεται, κυρίως, το πρωτόκολλο V.90, για να επιτύχει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης στο κατέβασμα των δεδομένων προς τον τελικό χρήστη;
5. Ποιοι είναι οι κύριοι παράγοντες που αν εκλείψουν, δεν θα έχουμε στο πρωτόκολλο V.90 κατέβασμα δεδομένων με ταχύτητες μεγαλύτερες από 33Kbps;
6. Περιγράψτε την αλληλουχία των σημάτων στην επικοινωνία μεταξύ DTE και DCE, όταν συνδέονται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο RS232C.
7. Τι ακριβώς ρυθμίζει ο έλεγχος ροής στην επικοινωνία δύο DTE's όταν αυτά συνδέονται μέσω τηλεφωνικής γραμμής με τη βοήθεια modems;

8. Σε ποια μορφή επικοινωνίας έχει νόημα να ενεργοποιήσουμε έλεγχο ροής στα modems:
 - α. στη σύγχρονη επικοινωνία
 - β. στην ασύγχρονη επικοινωνία
 - γ. και στις δύο παραπάνω περιπτώσεις
9. Με ποιο τρόπο γίνεται ο έλεγχος ροής στις δύο μεθόδους Xon/Xoff και RTS/CTS;
10. Τι εννοούμε με τους όρους έλεγχος λαθών και συμπίεση δεδομένων;
11. Ποιες είναι οι απαραίτητες προϋποθέσεις για την ενεργοποίηση των πρωτοκόλλων V.42/V.42bis ή MNP(1-5);
12. Ποιο πρωτόκολλο δεν θα επιφέρει επιπρόσθετη καθυστέρηση στη μετάδοση ήδη συμπιεσμένων δεδομένων από το DTE :
 - α. V.42bis
 - β. MNP
13. Σε τι χρειάζονται οι εντολές AT;
14. Ποιος είναι ο κύριος ρόλος των καρτών δικτύου (NIC);
15. Ποιος ο ρόλος του hub σε τοπικό δίκτυο;
16. Τοπολογία δικτύου, που αποτελείται από μερικά hub διασυνδεδεμένα μεταξύ τους, δημιουργεί:
 - α. κοινό πεδίο συγκρούσεων
 - β. ξεχωριστά πεδία συγκρούσεων ανά hub
 - γ. δεν δημιουργεί κανένα κοινό πεδίο συγκρούσεων
17. Σε τι χρειάζεται ο πίνακας προώθησης στις γέφυρες;
18. Αν τα δίκτυα που ενώνει μια γέφυρα, είναι τύπου ethernet, τότε τα δίκτυα αυτά αποτελούν:
 - α. ξεχωριστά πεδία συγκρούσεων
 - β. ενιαίο πεδίο συγκρούσεων
 - γ. κανένα πεδίο συγκρούσεων
19. Σε τι χρησιμεύει η λειτουργία του αλγόριθμου spanning tree;
20. Ποιες είναι οι βασικές λειτουργίες διαφανούς γέφυρας για τη δημιουργία του πίνακα προώθησης;
21. Ποια είναι η κύρια διαφορά διαφανών γεφυρών και πηγαίας δρομολόγησης γεφυρών;
22. Έχουν οι γέφυρες πηγαίας δρομολόγησης μηχανισμούς για τη δημιουργία τοπολογιών ελεύθερων από βρόγχους;

23. Με ποιο μηχανισμό είναι δυνατή η διασύνδεση ανόμοιων δικτύων με τη βοήθεια γεφυρών μετάφρασης;
24. Ποια η διαφορά γεφυρών μετάφρασης και γεφυρών ενθυλάκωσης;
25. Ποιες οι κύριες διαφορές γεφυρών και μεταγωγέων;
26. Οι μεταγωγείς εκτός από τη λειτουργία store and forward, σε ποια άλλη μορφή μπορούν να λειτουργήσουν και ποια τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του κάθε τρόπου λειτουργίας;
27. Εάν σε δίκτυο αντικαταστήσουμε τις διαφανείς γέφυρες, με μεταγωγείς, ποιο θα είναι το κύριο πλεονέκτημα;
28. Σε τι χρησιμεύει η δυνατότητα δημιουργίας VLANs σε εσωτερικό δίκτυο;
29. Σταθμοί εργασίας, που συνδέονται μέσω hubs σε διαφορετικές πόρτες ενός switch, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, αλλά ανήκουν στο ίδιο VLAN, τότε οι σταθμοί ανά hub ανήκουν:
 - α. σε διαφορετικά collision και broadcast domain
 - β. σε ίδια collision domain και σε διαφορετικά broadcast domain ανά hub
 - γ. σε ίδια collision και broadcast domain
 - δ. σε διαφορετικά collision domain και ίδιο broadcast domain



30. Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ των routers, switches και bridges;
31. Ποιες οι διαφορές στην υλοποίηση φίλτρων μεταξύ routers και των switches και bridges;
32. Τι εννοούμε με τους όρους “οριζόντια καλωδίωση” και “κατακόρυφη καλωδίωση”;
33. Ποια η σημασία της μικτονόμησης των γραμμών και με ποιους τρόπους αυτή υλοποιείται;

34. Με ποια διαδικασία θα πιστοποιούσατε μια εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης;
35. Να εξηγήσετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα ως προς τη χρήση των οριολωρίδων στη δομημένη καλωδίωση.
36. Σε ποια περίπτωση θα χρησιμοποιούσατε οπτικές ίνες σε μια δομημένη καλωδίωση;
37. Θέλουμε να κατασκευάσουμε δομημένη καλωδίωση η οποία να καλύπτει δυο κτίρια τα οποία απέχουν μεταξύ τους 500 μέτρα. Το κάθε κτίριο έχει τρεις ορόφους όπου υπάρχουν χρήστες και σταθμοί εργασίας. Οι όροφοι έχουν επιφάνεια 450 τ.μ. ο καθένας. Η απαίτηση για μεγάλες ταχύτητες στο δίκτυο είναι δεδομένη. Να αναφέρετε τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιήσετε, τη διάταξη τοποθέτησης και να δώσετε σχέδιο της εγκατάστασης.

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Πομπόρτσας Α., *Εισαγωγή Στις Νέες Τεχνολογίες Επικοινωνιών*, εκδ. Α. Τζιόλα Ε. 1997.
3. Στασινόπουλος Γ., *Ψηφιακά Συστήματα Επικοινωνιών*, ΕΜΠ 1998.
4. Bartee C. Thomas, *Data Communications, Networks and Systems*, Howard W. Sams & Co., Inc., 1985.
5. Breyer Robert and Riley Sean, *Switched and Fast Ethernet: How It Works and How to Use It*, Ziff – Davis Press 1995.
6. *Manuals, White papers και Tutorials* από site εταιρειών δικτυακών προϊόντων, όπως:
 - α. Cisco: www.cisco.com
 - β. Nortel: <http://www.nortelnetworks.com/>
 - γ. Lucent: www.lucent.com
 - δ. Cabletron: www.cabletron.com
 - ε. Rad: www.rad.com
 - στ. 3Com: www.3com.com
 - η. Siemon www.siemon.com
7. Tanenbaum A., *Computer Networks*, Prentice Hall, *Δίκτυα Υπολογιστών*, δεύτερη έκδοση / εκδ. Παπασωτηρίου.
8. Truelove James, *Lan Wiring*, McGraw-Hill 1997.



ΔΙΚΤΥΑ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα είστε ικανοί:

- Να αναγνωρίζετε την αναγκαιότητα επέκτασης των δικτύων σε μεγάλες γεωγραφικές εκτάσεις.
- Να προσδιορίζετε τα βασικά στοιχεία μετάδοσης που χρησιμοποιούνται κατά την ανάπτυξη δικτύων ευρείας περιοχής.
- Να διακρίνετε τις διάφορες τεχνολογίες διασύνδεσης δικτύων ευρείας περιοχής.
- Να εφαρμόζετε συγκεκριμένα κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας διασύνδεσης.

Εισαγωγή

Καθώς οι επιχειρήσεις, οι οργανισμοί αναπτύσσονται, τα δίκτυα, που υποστηρίζουν τη λειτουργία τους, οφείλουν και αυτά να εξελίσσονται και να μεγαλώνουν. Για να επιτευχθεί αυτή η επέκταση των δικτύων από το μικρό γεωγραφικό χώρο του τοπικού δικτύου σε ευρύτερο χώρο, που μπορεί να καλύπτει μια χώρα, μια ήπειρο ή και τον κόσμο ολόκληρο, απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και χρήση ειδικών τεχνολογιών μετάδοσης. Στον εξοπλισμό έχουμε ήδη αναφερθεί στο κεφάλαιο 5. Στο κεφάλαιο αυτό θα γνωρίσετε τις τεχνολογίες μετάδοσης, που μπορεί να είναι κλασσικές ή και αρκετά προηγμένες, καθώς και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

6.1 Επεκτείνοντας το δίκτυο

Τα τοπικά δίκτυα αποτελούν πολύ καλή λύση για επικοινωνία με περιορισμένη, όμως, απόσταση κάλυψης. Για να ικανοποιηθεί η διαρκώς αυξανόμενη ανάγκη για επικοινωνία σε ευρύτερες γεωγραφικές εκτάσεις, αναπτύσσονται τα δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WAN). Η επέκταση των τοπικών δικτύων και ο σχηματισμός δικτύων WAN επιτυγχάνεται με τη χρήση κατάλληλων γραμμών σύνδεσης και στοιχείων, όπως modem, γέφυρες, δρομολογητές, κ.α.

Για την ανάπτυξη γραμμών WAN μπορεί να χρησιμοποιούνται δίκτυα μεταγωγής (κυκλώματος, πακέτου), δορυφορικές συνδέσεις, μικροκυματικές συνδέσεις, οπτικές ίνες, ακόμα και συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης.

Ως προς το χρήστη, το WAN εμφανίζεται να λειτουργεί κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο με το LAN. Πραγματικά, αν το WAN έχει υλοποιηθεί με τις κατάλληλες τεχνικές, δεν θα πρέπει να υπάρχει καμία διαφορά στη συμπεριφορά ως προς το LAN.

Επειδή είναι αρκετά δύσκολο π.χ. για μια εταιρεία να εγκαταστήσει και να διαχειριστεί από μόνη της τις γραμμές WAN, συνήθως τις νοικιάζει από τηλεπικοινωνιακό φορέα, ο οποίος μπορεί να έχει αναπτύξει την απαραίτητη σε εξοπλισμό αλλά και γεωγραφική εξάπλωση υποδομή. Οι τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται στις **υπηρεσίες δικτύων ευρείας περιοχής (υπηρεσίες WAN)** που παρέχονται ως υπηρεσίες από τους διάφορους τηλεπικοινωνιακούς φορείς, είναι οι παραδοσιακές:

- Επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές
- Μόνιμες ή μισθωμένες γραμμές
- X.25
αλλά και οι πιο πρόσφατες:
- Frame Relay
- ISDN
- ATM
- xDSL

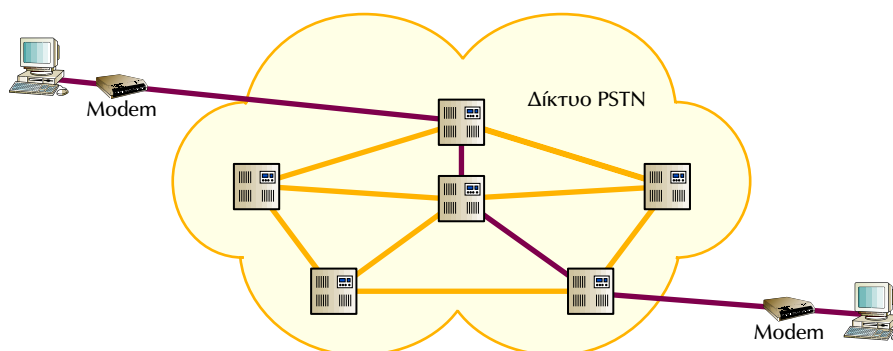
Σημείωση

Με την πλήρη απελευθέρωση των τηλεπικοινωνιών και στη χώρα μας από 1-1-2001, αναμένεται αύξηση του ανταγωνισμού η οποία θα οδηγήσει στη βελτίωση των παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

6.2 Επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές

Το ίδιο δίκτυο, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μέσω τηλεφωνικών συσκευών, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και για την επικοινωνία υπολογιστών. Το παγκόσμια εκτεταμένο αυτό δίκτυο είναι γνωστό σαν **δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής (Public Switched Telephone Network, PSTN)**. Για το χώρο των υπολογιστών, το PSTN, προσφέρει μέσω των επιλεγόμενων τηλεφωνικών γραμμών, τις γραμμές σύνδεσης, που απαιτούνται για το σχηματισμό WAN.

Επειδή ο αρχικός σχεδιασμός του PSTN έγινε για τη μετάδοση φωνής και όχι για τη μετάδοση ψηφιακών δεδομένων, απαιτούνται ειδικές συσκευές, τα modems, για τη διαμόρφωση των ψηφιακών σημάτων, που παράγουν οι υπολογιστές σε αναλογικά και αντίστροφα.



Σχήμα 6-1 Σύνδεση σταθμών μέσω δικτύου PSTN

Οι επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές προσφέρουν σχετικά μικρούς ρυθμούς μετάδοσης. Η ποιότητά τους δεν είναι σταθερή και εξαρτάται από την ποιότητα των γραμμών, που συμμετέχουν στη δημιουργία της σύνδεσης. Σήμερα, η ταχύτητα ροής δεδομένων μπορεί να φθάσει σε αυτές τις γραμμές και τα 56 Kbps.

Η επιλεγόμενη τηλεφωνική γραμμή είναι πολύ διαδεδομένη υπηρεσία και χρησιμοποιείται για συνδέσεις περιορισμένης διάρκειας, όταν δεν δικαιολογείται το επιπλέον κόστος αφιερωμένης γραμμής. Μερικές τυπικές εφαρμογές της είναι η πρόσβαση στο Διαδίκτυο ή σε άλλες on-line υπηρεσίες χαμηλής ταχύτητας, η σύνδεση

απομακρυσμένου κόμβου με το τοπικό δίκτυο, η τηλεργασία. Επίσης, χρησιμοποιείται σαν εφεδρική γραμμή σε περίπτωση βλάβης μιας μόνιμης γραμμής.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Υψηλή διαθεσιμότητα	Μικρή ταχύτητα	Απομακρυσμένη πρόσβαση
Μικρό κόστος	Μεταβλητή ποιότητα και αξιοπιστία	Εφαρμογές χωρίς απαιτήσεις υψηλής ταχύτητας

Πίνακας 6-1 Χαρακτηριστικά επιλεγόμενων γραμμών

6.3 Μισθωμένες γραμμές

Αντίθετα από τις επιλεγόμενες γραμμές, που πρέπει να δημιουργούνται κάθε φορά, που απαιτείται σύνδεση μεταξύ δύο σημείων, οι μισθωμένες ή μόνιμες γραμμές παρέχουν μια επικοινωνιακή γραμμή έτοιμη να χρησιμοποιηθεί ανά πάσα στιγμή. Υπάρχουν αναλογικές και ψηφιακές μισθωμένες γραμμές, οι οποίες προσφέρονται από τους διάφορους τηλεπικοινωνιακούς φορείς.

Η **αναλογική μισθωμένη γραμμή** είναι περισσότερο γρήγορη και αξιόπιστη από την επιλεγόμενη γραμμή. Επίσης είναι σχετικά ακριβή, γιατί ο τηλεπικοινωνιακός φορέας δεσμεύει πολύτιμους πόρους του δικτύου του για τη μισθωμένη γραμμή, είτε αυτή χρησιμοποιείται είτε όχι. Οι αναλογικές μισθωμένες γραμμές, όπως και οι αναλογικές επιλεγόμενες γραμμές, απαιτούν τη χρήση modem, ενώ θέτουν όρια στην ποιότητα και στην ταχύτητα μετάδοσης.

Σημείωση

Οι μισθωμένες γραμμές είναι διαθέσιμες 24 ώρες το 24ωρο, 7 μέρες τη βδομάδα, και γι' αυτό είναι κατάλληλες, π.χ. για τη μόνιμη σύνδεση μεταξύ των υποκαταστημάτων μιας εταιρείας, για τη σύνδεση εταιρειών με το Διαδίκτυο, προκειμένου να παρέχουν υπηρεσίες πληροφόρησης διαρκώς διαθέσιμες κ.α.

Όταν απαιτείται υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και ευκολότερη διαχείριση, χρησιμοποιούνται οι **ψηφιακές μισθωμένες γραμμές**. Οι ταχύτητες των ψηφιακών γραμμών κυμαίνονται από 19,2 Kbps μέχρι 45 Mbps. Πολύ συχνά χρησιμοποιούμενη επιλογή είναι οι γραμμές **E1** στα 2,048 Mbps (για την Ευρώπη) ή οι γραμμές **T1** στα 1,544 Mbps (για τη Β. Αμερική και την Ιαπωνία). Σε περιπτώσεις, που επαρκούν μικρότερες ταχύτητες, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ποσοστό των γραμμών E1 ή T1 σε πολλαπλάσια των 64 Kbps.

Σημείωση

Η ψηφιακή γραμμή E1 επιτρέπει τη μετάδοση 32 καναλιών δεδομένων μέσα από μία δισύρματη τηλεφωνική γραμμή. Κάθε κανάλι δειγματοληπτείται 8.000 φορές το δευτερόλεπτο και κάθε δείγμα, που παράγεται, κωδικοποιείται σε σειρά των 8 bits. Έτσι καθένα από τα 32 κανάλια μπορεί να μεταδίδει δεδομένα με ρυθμό 64 Kbps. Η γραμμή E1 μπορεί να μεταδίδει συνολικά δεδομένα με ρυθμό 2,048 Mbps.

Επειδή η μετάδοση είναι από άκρη σε άκρη ψηφιακή, για τη σύνδεση του δικτύου με τη γραμμή δεν χρησιμοποιείται modem αλλά άλλη συσκευή που ονομάζεται **μονάδα εξυπηρέτησης καναλιού-δεδομένων (Channel Service Unit/Data Service Unit, CSU/DSU)**. Αυτή, αφενός, μετατρέπει το ψηφιακό σήμα, που παράγουν οι διάφοροι σταθμοί του δικτύου, σε ψηφιακό σήμα κατάλληλης μορφής (διπολικό), ώστε να μπορεί να μεταδοθεί στη γραμμή, αφετέρου περιέχει ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα προστασίας των εγκαταστάσεων του παροχέα της υπηρεσίας.

Βασικό μειονέκτημα των ψηφιακών μισθωμένων γραμμών είναι ότι, αν παρουσιάσουν πρόβλημα, διακόπτεται η λειτουργία τους. Δεν υπάρχει, δηλαδή, η δυνατότητα να κρατηθεί η σύνδεση ανοιχτή σε χαμηλότερη ταχύτητα (κάτι που μπορεί να γίνει σε αναλογική γραμμή).

Η τιμολόγηση μισθωμένης γραμμής είναι συνάρτηση της ταχύτητας και της απόστασης μεταξύ των δύο ακραίων σημείων, κι όχι του όγκου των δεδομένων, που διακινούνται μέσα από αυτή. Αν πρόκειται να συνδέσουμε με αφιερωμένες γραμμές μικρό αριθμό σημείων και οι συνδέσεις να χρησιμοποιούνται πολλές ώρες την ημέρα, μπορεί η επιλογή τους να αποτελεί την πιο συμφέρουσα λύση από άποψη κόστους.

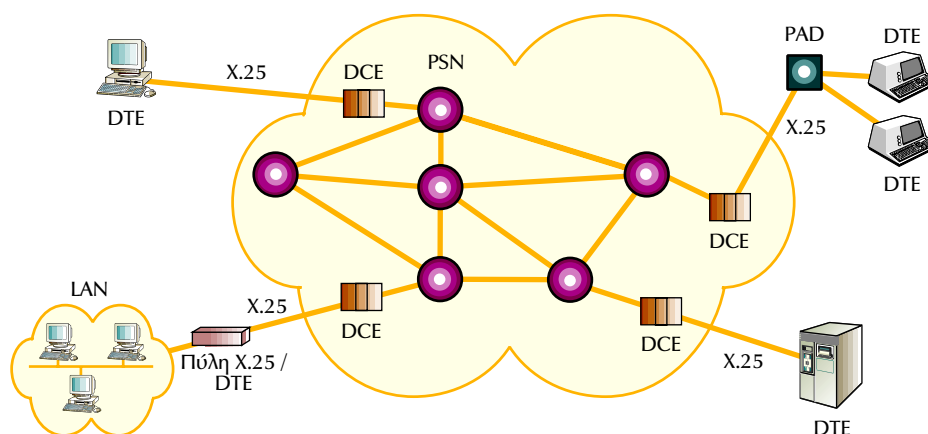
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Υψηλή διαθεσιμότητα	Μεγάλο μηνιαίο πάγιο τέλος	Διασύνδεση τοπικών δικτύων, που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση
Ασφάλεια, ανήκει αποκλειστικά στο χρήστη	Αν η γραμμή είναι ψηφιακή, δύσκολη η εφευρεθεί σε περίπτωση προβλήματος στη γραμμή	Μόνιμη σύνδεση στο Internet
Μικρό κόστος, στην περίπτωση διαρκούς μετάδοσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων		
Υψηλές ταχύτητες		

Πίνακας 6-2 Χαρακτηριστικά μισθωμένων γραμμών

6.4 X.25

Το X.25 είναι τεχνολογία μεταγωγής πακέτου, όπου τα δεδομένα μεταδίδονται στο δίκτυο μεταγωγής σε μικρά κομμάτια, τα πακέτα. Το δίκτυο X.25 αποτελείται, ουσιαστικά, από **κόμβους μεταγωγής πακέτων (Packet Switching Nodes, PSNs)**, οι οποίοι δρομολογούν κατάλληλα τα πακέτα, ώστε να φθάσουν στον προορισμό τους.

Η διεπαφή μεταξύ του εξοπλισμού του χρήστη και του δικτύου μεταγωγής πακέτων περιγράφεται από το πρότυπο X.25, που αφορά τα τρία κατώτερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI. Στο πρότυπο X.25, ο ακραίος εξοπλισμός του χρήστη αναφέρεται σαν **τερματικός εξοπλισμός δεδομένων (Data Terminal Equipment, DTE)**, και ο κόμβος μεταγωγής πακέτων, με τον οποίο συνδέεται ένα DTE, αναφέρεται σαν **εξοπλισμός επικοινωνίας δεδομένων (Data Communication Equipment, DCE)**. Αν κάποιες από τις συσκευές του χρήστη δεν έχουν τη δυνατότητα διαχείρισης πακέτων X.25 (π.χ. ασύγχρονα τερματικά), υπάρχει δυνατότητα σύνδεσής τους σε τέτοιο δίκτυο μέσω της **μονάδας συναρμολόγησης - αποσυναρμολόγησης πακέτων (Packet Assembler - Disassembler, PAD)**.



Σχήμα 6-2 Δίκτυο X.25

Τα πρώτα δίκτυα X.25 χρησιμοποιούσαν απλές τηλεφωνικές γραμμές για τη μετάδοση δεδομένων, που αποτελούσαν αρκετά αναξιόπιστο μέσο μετάδοσης και επέτρεπαν την εμφάνιση αρκετών λαθών. Για το λόγο αυτό το X.25 χρησιμοποίησε ειδικές μεθόδους ανίχνευσης λαθών και επαναμετάδοσης δεδομένων. Με τις σημερινές τηλεπικοινωνιακές γραμμές, που εμφανίζουν πολύ μικρότερη πιθανότητα σφαλμάτων και είναι πολύ περισσότερο αξιόπιστες, ο εκτεταμένος έλεγχος λαθών του X.25 δεν είναι πια απαραίτητος και επιπλέον επιδρά αρνητικά στη ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων. Για το λόγο αυτό, όπως θα δούμε και σε επόμενη παράγραφο, σήμερα χρησιμοποιούνται πολύ πιο «χαλαρά» πρωτόκολλα όσο αφορά τον έλεγχο λαθών και τις επαναμεταδόσεις.

Τα δίκτυα X.25 παρέχουν στους χρήστες υπηρεσίες νοητού κυκλώματος με σύνδεση (connection oriented services). Συγκεκριμένα μπορεί να παρέχουν **μεταγώγιμα νοητά κυκλώματα (Switched Virtual Circuits, SVCs)** και **μόνιμα νοητά κυκλώματα (Permanent Virtual Circuits, PVCs)**. Κάθε νοητό κύκλωμα προσδιορίζεται από ένα μοναδικό αριθμό **VCI (Virtual Channel Identifier)**, κι έτσι μπορεί να εξυπηρετεί μια διαφορετική σύνδεση. Πολλά νοητά κυκλώματα είναι δυνατόν να πολυπλέκονται χρονικά μέσα στην ίδια φυσική σύνδεση και για το λόγο αυτό γίνεται πολύ καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου εύρους ζώνης.

Σημείωση

Τα SVCs είναι προσωρινές συνδέσεις, που δημιουργούνται όταν υπάρξει αίτηση σύνδεσης και τερματίζονται μόλις τελειώσει η μετάδοση δεδομένων (όπως συμβαίνει στις τηλεφωνικές κλήσεις). Κάθε τερματική συσκευή DTE του δικτύου παίρνει μια μοναδική διεύθυνση, που χρησιμοποιείται όπως ένας τηλεφωνικός αριθμός. Τα PVCs είναι μόνιμα διαθέσιμα κυκλώματα και δεν απαιτείται η κλήση για τη δημιουργία τους, αλλά δημιουργούνται από το φορέα του δικτύου και παραμένουν μόνιμα στη διάθεση των χρηστών (όπως συμβαίνει και με τις μόνιμες μισθωμένες γραμμές).

Το κόστος της υπηρεσίας X.25 είναι πολύ προσιτό. Η τιμολόγηση γίνεται ανάλογα με το ποσό δεδομένων, που διακινήθηκε, κάνοντας αρκετά ελκυστική τη χρήση της στην περίπτωση μετάδοσης μικρού ποσού δεδομένων σποραδικά. Αν και έχουν εμφανισθεί καινούργιες τεχνολογίες, όπως το ISDN και το Frame Relay, σε αρκετά μέρη του κόσμου χρησιμοποιείται η τεχνολογία X.25, γιατί είναι η πιο φθηνή ή ακόμη και η μόνη διαθέσιμη.



Εικόνα 6-1 Κόμβος δικτύου X.25

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Αξιοπιστία	Μικρή ταχύτητα	Εφαρμογές τερματικού προς κεντρικό υπολογιστή
Μικρό κόστος στην περίπτωση σποραδικής κίνησης	Αργή απόκριση	
Διαθέσιμη παντού	Μόνο για δεδομένα	
Διαχείριση του WAN από το φορέα		

Πίνακας 6-3 Χαρακτηριστικά X.25

6.5 ISDN

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκε μεγάλη ζήτηση για παροχή υπηρεσιών ήχου, εικόνας, video, δεδομένων. Οι διάφοροι τηλεπικοινωνιακοί φορείς προσπαθώντας να ικανοποιήσουν τη ζήτηση αυτή δημιούργησαν εκτός από το τηλεφωνικό δίκτυο για τις υπηρεσίες φωνής, αρκετά ακόμη εξειδικευμένα δίκτυα, όπως δίκτυα δεδομένων για επικοινωνίες υπολογιστών (π.χ. το δίκτυο Hellaspac και το δίκτυο Hellascom, που δημιούργησε ο ΟΤΕ), δίκτυα telex για επικοινωνίες κειμένου, δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης, κα. Η ανάπτυξη ξεχωριστών δικτύων για κάθε υπηρεσία έχει μειονεκτήματα, όπως μεγάλο διαχειριστικό κόστος για το τηλεπικοινωνιακό φορέα, αυξημένο κόστος για το χρήστη, λόγω του ποικίλου και διαφορετικού εξοπλισμού, που χρησιμοποιεί η κάθε τεχνολογία, αποθάρρυνση της εμπορικής ανάπτυξης. Τα παραπάνω προβλήματα έρχεται να λύσει το **Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN)**. Το ISDN επιτρέπει στους χρήστες να μεταδίδουν φωνή, εικόνα και δεδομένα, σε ψηφιακή μορφή μέσα από την υπάρχουσα υποδομή δισύρματων τηλεφωνικών καλωδίων.

Επισήμανση

Τα δισύρματα τηλεφωνικά καλώδια είναι μια μεγάλη εγκατεστημένη υποδομή, που δημιουργήθηκε κατά την ανάπτυξη του κλασσικού τηλεφωνικού δικτύου (Plain Old Telephone System, POTS) για την υποστήριξη της αναλογικής τηλεφωνίας. Το ISDN έδωσε τη δυνατότητα η μεγάλη αυτή υποδομή να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση καθαρά ψηφιακού σήματος, με όλα τα πλεονεκτήματα, που αυτό συνεπάγεται..

Με το ISDN αποσυσχετίζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο από το είδος της πληροφορίας, που διακινεί, και τυποποιείται η διεπαφή συσκευών διαφόρων κα-

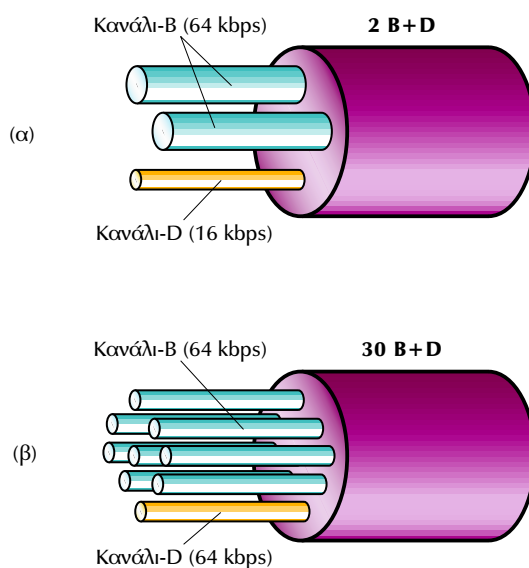
τασκευαστών στο δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται ειδικός και πιθανά ακριβός εξοπλισμός προσαρμογής.

Τα βασικά στοιχεία, που χαρακτηρίζουν το ISDN, είναι:

- Η ψηφιακή μετάδοση. Όλα τα σήματα μεταδίδονται σε ψηφιακή μορφή απ' άκρη σ' άκρη του δικτύου, δηλαδή από τη μια τερματική γραμμή έως την άλλη.
- Η σηματοδότηση, που γίνεται μέσω ιδιαίτερου καναλιού (common channel signaling). Με τον όρο σηματοδότηση ορίζουμε όλα εκείνα τα βοηθητικά σήματα με τα οποία διαχειριζόμαστε μια επικοινωνία (έναρξη, κλήση, κωδούνισμα κλπ).
- Η ενιαία και πολλαπλού σκοπού διασύνδεση των χρηστών στο δίκτυο. Ένας χρήστης μπορεί να απολαμβάνει τις διάφορες υπηρεσίες του δικτύου με μια και μόνο σύνδεση μέσω της ίδιας πρίζας.

Το δίκτυο ISDN παρέχει δύο τύπους πρόσβασης, τη διεπαφή βασικού ρυθμού και τη διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού.

Η **διεπαφή βασικού ρυθμού (Basic Rate Interface, BRI)**, παρέχει δύο κανάλια φορείς (2 κανάλια-B) κι ένα κανάλι σηματοδότησης (1 κανάλι-D). Κάθε κανάλι-B έχει ρυθμό μετάδοσης 64 Kbps και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ψηφιοποιημένης φωνής και δεδομένων. Το κανάλι-D έχει ρυθμό μετάδοσης 16 Kbps και χρησιμοποιείται για την εγκαθίδρυση και διαχείριση της σύνδεσης. Οι τηλεπικοινωνιακοί φορείς δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες-πελάτες τους να χρησιμοποιούν το ένα ή και τα δύο κανάλια-B, πράγμα που σημαίνει, ότι η σύνδεση βασικού ρυθμού μπορεί να παρέχει ρυθμό μετάδοσης μέχρι 144 Kbps (2B+D).



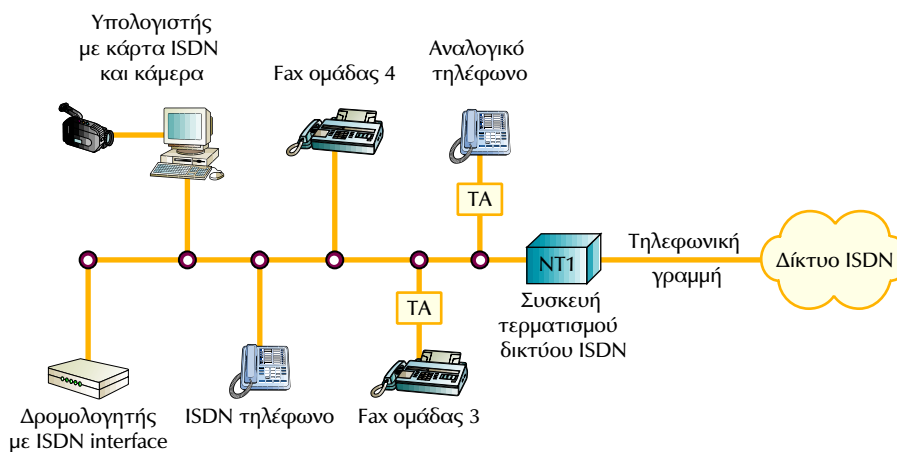
Σχήμα 6-3 (α) Διεπαφή βασικού ρυθμού (BRI).
(β) Διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού (PRI)

Η διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού (**Primary Rate Interface, PRI**) παρέχει 30 κανάλια των 64 Kbps (30 B-κανάλια) κι ένα κανάλι των 64 Kbps (1 D-κανάλι). Το εύρος ζώνης ενός ακόμη καναλιού των 64 Kbps χρησιμοποιείται για πλαισίωση (framing) και συντήρηση του δικτύου. Έχουμε, έτσι, συνολικό ρυθμό μετάδοσης 2,048 Mbps, που άλλωστε είναι και η ταχύτητα που υποστηρίζει μια ψηφιακή γραμμή E1. Στη Β. Αμερική και Ιαπωνία έχουμε 23B+1D κανάλια (όλα των 64 Kbps) και άλλα 8 Kbps πλεονασμό, άρα, συνολικό ρυθμό 1,544 Mbps (μια ψηφιακή γραμμή T1).

Το ISDN χρησιμοποιεί την υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή, απαιτεί, όμως, την εγκατάσταση ειδικής συσκευής στη μεριά του χρήστη, της **συσκευής τερματισμού δικτύου NT1**. Ο τηλεπικοινωνιακός φορέας τοποθετεί τη συσκευή αυτή στο χώρο του χρήστη-συνδρομητή και μετά τη συνδέει με τον κόμβο ISDN στο τηλεφωνικό κέντρο, αρκετά χιλιόμετρα μακριά, χρησιμοποιώντας το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, που παλιότερα χρησιμοποιείτο στη σύνδεση με το τηλέφωνο του συνδρομητή. Μετά η κίνηση δρομολογείται από το δίκτυο του τηλεπικοινωνιακού φορέα (με τεχνικές μεταγωγής πακέτων, κυκλώματος κ.α.). Στη συσκευή τερματισμού NT1 είναι δυνατό να συνδεθούν μέχρι 8 συσκευές σε απόσταση 150 μέτρα. Μπορεί να είναι συσκευές ειδικά σχεδιασμένες για το δίκτυο ISDN, όπως ψηφιακή τηλεφωνική συσκευή, Fax ομάδας 4, εικονοτηλέφωνο, δρομολογητής, ή απλές συσκευές, όπως η αναλογική τηλεφωνική συσκευή, κοινό τερματικό κ.α. Στην τελευταία περίπτωση, χρησιμοποιείται ειδική διάταξη, ο **τερματικός προσαρμογέας (Terminal Adaptor, TA)**.

Επισήμανση

Τα κανάλια B και D είναι λογικά κανάλια κι όχι φυσικά. Έτσι στη συσκευή NT1 καταλήγει πάντα μια απλή δισύρματη γραμμή κι όχι περισσότερα καλώδια.



Σχήμα 6-4 Ο εξοπλισμός του ISDN

Ο συνδυασμός βασικού και πρωτεύοντος ρυθμού είναι ιδανικός για τη δημιουργία ενός δικτύου με μια κεντρική θέση και πολλές περιφερειακές. Χρησιμοποιώντας σύνδεση πρωτεύοντος ρυθμού στην κεντρική θέση και συνδέσεις βασικού ρυθμού στις περιφερειακές θέσεις, η κεντρική θέση – υπολογιστής μπορεί να επικοινωνεί ταυτόχρονα με 30 διαφορετικές απομακρυσμένες θέσεις – υπολογιστές (23 αντίστοιχα για την Αμερική).

Η υπηρεσία ISDN είναι χρήσιμη, όταν η μετάδοση δεδομένων δεν είναι συνεχής και οι ανάγκες σε ταχύτητα κυμαίνονται. Ο χρήστης πληρώνει όσο διαρκεί η κλήση, γι' αυτό είναι αρκετά συνηθισμένο να χρησιμοποιείται σαν εφεδρική σύνδεση αφιερωμένων γραμμών.

Το ISDN, που περιγράψαμε, αναφέρεται και ως ISDN στενής ζώνης (Narrowband ISDN), ενώ αναπτύσσονται και πρότυπα για το **ISDN ευρείας ζώνης (Broadband ISDN)**, το οποίο απαιτεί τη χρήση οπτικής ίνας.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Κόστος ανάλογο με την κίνηση	Αν και αναπτύσσεται διαρκώς, δεν είναι ακόμη παγκόσμια διαθέσιμη	Σποραδική κίνηση που περιλαμβάνει φωνή, εικόνα, δεδομένα
Μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων	Ακριβή για συνεχή μεταφορά δεδομένων	Σαν εφεδρική γραμμή μαζί με τις ασύγχρονες επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές
Γρήγορη εγκαθίδρυση σύνδεσης		
Χρήση υπάρχουσας υποδομής		
Ιδανική για χρήση σαν εφεδρική γραμμή		

Πίνακας 6-4 Χαρακτηριστικά ISDN

6.6 Frame Relay

Καθώς η ανάπτυξη δικτύων βασίζεται όλο και περισσότερο στη χρήση οπτικών ινών και ψηφιακών μεθόδων μετάδοσης, εμφανίστηκαν νέες τεχνολογίες μεταγωγής πακέτων, όπως για παράδειγμα το Frame Relay, που απαιτούν πολύ λιγότερο έλεγχο σφαλμάτων απ' ό,τι οι παλαιότερες τεχνολογίες.

Το Frame Relay είναι σύγχρονη τεχνολογία γρήγορης μεταγωγής πακέτων (Fast Packet Switching), μεταβλητού μεγέθους. Σε αυτή την τεχνολογία έχουν αφαιρεθεί αρκετές λειτουργίες ελέγχου οι οποίες δεν είναι απαραίτητες σε αξιό-

πιστο και ασφαλές ψηφιακό περιβάλλον. Επίσης, έχει προδιαγραφεί η διεπαφή μεταξύ τερματικής συσκευής (DTE) και δικτύου (DCE).

Το δίκτυο Frame Relay προσφέρει στους χρήστες υπηρεσίες μόνο πρώτου και δευτέρου επιπέδου (δεν υπάρχει επίπεδο δικτύου). Πρόκειται, ουσιαστικά, για συνδέσεις από σημείο σε σημείο, όπου ένα μόνιμο νοητό κύκλωμα (PVC) χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πακέτων μεταβλητού μεγέθους στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων (2^ο επίπεδο του μοντέλου αναφοράς OSI). Για την επικοινωνία δύο απομακρυσμένων τοπικών δικτύων, τα δεδομένα από το δίκτυο Α οδηγούνται μέσω ψηφιακής μισθωμένης γραμμής στον πλησιέστερο κόμβο μεταγωγής του δικτύου Frame Relay. Μετά προωθούνται κατάλληλα μέσω του δικτύου Frame Relay και τελικά φθάνουν στο δίκτυο προορισμού Β.

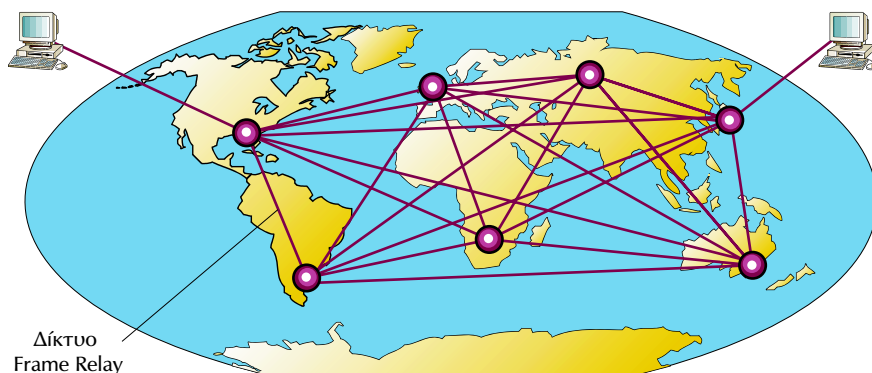
Τα δίκτυα τεχνολογίας Frame Relay είναι αρκετά δημοφιλή, γιατί εκτελούν πολύ πιο γρήγορα από άλλα συστήματα μεταγωγής βασικές λειτουργίες προώθησης πακέτων. Αυτό συμβαίνει, επειδή με τη χρήση PVC είναι εκ των προτέρων καθορισμένη η διαδρομή, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα μιας σύνδεσης από άκρη σε άκρη (Σχήμα 6-5). Δεν είναι ανάγκη να υπάρχουν συσκευές, που να τεμαχίζουν και να επανασυναρμολογούν τα πακέτα ή να αποφασίζουν για τη καλύτερη διαδρομή.

Σημείωση

Όταν κόμβος του δικτύου Frame Relay λάβει πλαίσιο, διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού, που βρίσκεται στην επικεφαλίδα του και αμέσως μετά από έναν απλό έλεγχο προωθεί το πλαίσιο, χωρίς να περιμένει να το λάβει ολόκληρο. Το πλαίσιο, ακολουθώντας το PVC (μέσω των κατάλληλων κόμβων), φθάνει στον προορισμό, όπου τοποθετείται στη σωστή σειρά και επανασυναρμολογείται το πακέτο. Αν διαπιστωθεί, ότι το πακέτο χάθηκε ή αλλοιώθηκε, η ακραία συσκευή λήψης ζητά την επαναμετάδοσή του από τη συσκευή εκπομπής.

Επίσης τα δίκτυα Frame Relay είναι δυνατό να παρέχουν στους χρήστες τους εύρος ζώνης ανάλογα με τις ανάγκες τους. Υποστηρίζουν ταχύτητες από 64 Kbps έως 2,048 Mbps (56 Kbps έως 1,544 Mbps αντίστοιχα για την Αμερική). Σε ανάπτυξη βρίσκονται προδιαγραφές για 34 Mbps (45 Mbps για την Αμερική). Η τιμολόγηση της χρήσης του δικτύου Frame Relay εξαρτάται από το επιθυμητό εύρος ζώνης.

Για την πρόσβαση τοπικού δικτύου σε δίκτυο Frame Relay απαιτείται μισθωμένη ψηφιακή γραμμή για την σύνδεση με τον πλησιέστερο κόμβο, δρομολογητής με κάρτα Frame Relay και συσκευή CSU/DSU για τον μετασχηματισμό του ψηφιακού σήματος.



Σχήμα 6-5 Ένα δίκτυο Frame Relay, είναι σύστημα από σημείο σε σημείο αφού χρησιμοποιεί μόνιμα νοητά κυκλώματα

Με τη βελτίωση της τεχνολογίας των συσκευών μεταγωγής Frame Relay έγινε δυνατό οι παροχείς αυτής της υπηρεσίας να μπορούν να παρέχουν εγγύηση για την ελάχιστη χωρητικότητα κάθε καναλιού PVC μέσω του **δεσμευμένου ρυθμού πληροφορίας (Committed Information Rate, CIR)**. Φυσικά, όταν στο δίκτυο υπάρχει διαθέσιμο εύρος ζώνης, μπορούν να επιτευχθούν και υψηλότεροι ρυθμοί από τον CIR.

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Υψηλές ταχύτητες και μικρότερες καθυστερήσεις, λόγω περιορισμένου ελέγχου ροής και σφαλμάτων	Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος (μισθωμένη γραμμή για την πρόσβαση στον κόμβο Frame Relay)	Διασύνδεση πολλών απομακρυσμένων τοπικών δικτύων
Αξιοποίηση των σύγχρονων μεθόδων ψηφιακής μετάδοσης		Η καλύτερη εναλλακτική λύση ως προς τις ψηφιακές αφιερωμένες γραμμές (από άκρη σε άκρη)
Διαχείριση του WAN από το φορέα κι όχι από το χρήστη		
Φθηνότερη μόνιμη σύνδεση σε σχέση με την αφιερωμένη γραμμή		

Πίνακας 6-5 Χαρακτηριστικά Frame Relay

Η υπηρεσία Frame Relay είναι οικονομικότερη από τη χρήση αφιερωμένων γραμμών, όταν πρόκειται να διασυνδεθούν αρκετά τοπικά δίκτυα σε πολλές απομακρυσμένες περιοχές. Απαιτείται λιγότερο υλικό στα κεντρικά γραφεία του χρήστη – πελάτη της υπηρεσίας, αφού αρκεί μια μόνο γραμμή E1/T1 (μεταξύ του πελάτη και του παροχέα της υπηρεσίας) για το σύνολο των απαιτούμενων γραμμών. Ακόμη ο φορέας της υπηρεσίας είναι υπεύθυνος για τη διαχείριση και καλή λειτουργία του δικτύου Frame Relay, αντίθετα με τις αφιερωμένες γραμμές, όπου υπεύθυνος είναι ο χρήστης – πελάτης.

6.7 ATM

Ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) είναι σύγχρονη και πολλά υποσχόμενη εφαρμογή της τεχνικής της μεταγωγής. Συνδυάζει την αποδοτικότητα της μεταγωγής πακέτων με την αξιοπιστία της μεταγωγής κυκλώματος. Για τη μετάδοση των δεδομένων, χρησιμοποιεί σταθερού μεγέθους πακέτα των 53 bytes, τις κυψέλες (cells). Από αυτά, τα 5 πρώτα bytes αποτελούν την ATM επικεφαλίδα (header) και τα υπόλοιπα 48 bytes την ωφέλιμη πληροφορία του χρήστη (payload).

Το γεγονός, ότι χρησιμοποιούνται κυψέλες σταθερού μεγέθους, επιβαρύνει πολύ λιγότερο τις διεργασίες μεταγωγής και δρομολόγησης, που εκτελούνται σε κάθε κόμβο του δικτύου ATM. Έτσι, μπορούν να επιτευχθούν πολύ υψηλές ταχύτητες μεταγωγής των δεδομένων, που μπορούν να φθάσουν και τα 622 Mbps.

Σημείωση

Με σύνδεση ATM των 622 Mbps είναι δυνατόν να μεταδώσουμε την εγκυκλοπαίδεια Britannica, μαζί με τα γραφικά της, σε κάτι λιγότερο από ένα δευτερόλεπτο. Εάν χρησιμοποιούσαμε modem των 9600 bps, θα χρειαζόμασταν περισσότερες από δύο ημέρες!

Η τεχνολογία ATM προδιαγράφηκε αρχικά για τη δημιουργία του ISDN ευρείας ζώνης (Broadband ISDN), και αναμένεται να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στο μέλλον των επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας. Χρησιμοποιώντας μεθόδους στατιστικής πολυπλεξίας, κάνει δυναμική διάθεση του εύρους ζώνης ανάλογα με τη ζήτηση και μπορεί να υποστηρίξει τη μεταφορά κάθε κατηγορίας δεδομένων ακόμη και πραγματικού χρόνου, όπως φωνής, δεδομένων, fax, κινούμενης εικόνας, ήχου ποιότητας CD κ.α.

Ένα δίκτυο ATM αποτελείται από μεταγωγείς ATM (ATM switches) υψηλής

ταχύτητας, οι οποίοι δρομολογούν χωρίς καθόλου καθυστέρηση τις εισερχόμενες κυψέλες. Έτσι, η τεχνολογία ATM προσφέρει πολύ υψηλές ταχύτητες ακόμη και κάτω από συνθήκες ιδιαίτερα αυξημένης κίνησης στο δίκτυο.

Σα μέσο μετάδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε από τα διαθέσιμα μέσα, όπως συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων, ομοαξονικό καλώδιο, οπτική ίνα. Ο εξοπλισμός, που απαιτείται στο ATM, προσφέρεται σήμερα από περιορισμένο αριθμό κατασκευαστών. Η μετατροπή της υπάρχουσας δικτυακής υποδομής σε καθαρά ATM περιβάλλον απαιτεί σε μεγάλο βαθμό αντικατάσταση του εξοπλισμού, κάτι που αποτελεί ανασταλτικό παράγοντα στην ταχεία και σε μεγάλη κλίμακα εξάπλωση της τεχνολογίας ATM. Έχει όμως ήδη αρχίσει να αποτελεί κύρια επιλογή στην ανάπτυξη δικτύων κορμού. Για παράδειγμα, ο ΟΤΕ αναπτύσσει δημόσιο δίκτυο ATM με 7 διαβιβαστικούς κόμβους και 32 κόμβους πρόσβασης, ενώ πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα της χώρας μας βασίζουν την ανάπτυξη των δικτύων τους σε δίκτυο κορμού τεχνολογίας ATM.



Εικόνα 6-2 Μεταγωγείς ATM

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Πολύ υψηλές ταχύτητες (έως και 2,4 Gbps)	Πρότυπα που ακόμη αναπτύσσονται	Κίνηση μεγάλου όγκου φωνής, εικόνας και δεδομένων
Μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων ακόμη και σε πραγματικό χρόνο	Όχι ευρέως διαθέσιμη	
Βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης		

Πίνακας 6-6 Χαρακτηριστικά ATM

6.8 xDSL

Η τεχνολογία xDSL (x Digital Subscriber Line) κάνει δυνατή την επίτευξη πολύ υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων μέσα από την υπάρχουσα τηλεφωνική καλωδιακή υποδομή και συγκεκριμένα μέσα από τα χάλκινα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα οποία χρησιμοποιούνται για να συνδέουν κάθε σπίτι με τον τηλεπικοινωνιακό φορέα (συνδρομητικός βρόχος, local loop). Το γράμμα «x» αφορά το σύνολο των διαφορετικών τεχνολογιών ADSL, R-ADSL, HDSL, SDSL και VDSL, που συμπεριλαμβάνονται στην ευρύτερη οικογένεια xDSL και είναι ουσιαστικά παραλλαγές της **ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής (Digital Subscriber Line, DSL)**, δηλαδή της τεχνολογίας ISDN-BRI (2 κανάλια των 64 Kbps και ένα των 16 Kbps).

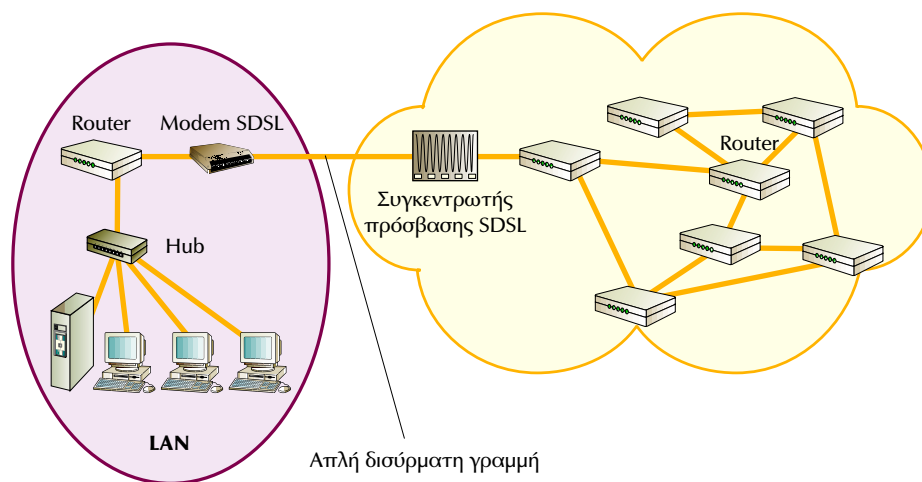
Σε πολλές περιπτώσεις το κόστος εγκατάστασης οπτικής ίνας μέχρι το σπίτι (Fiber to the Home) είναι απαγορευτικό. Με τη ραγδαία ανάπτυξη του Διαδικτύου και εφαρμογών απαιτητικών σε εύρος ζώνης, όπως πολυμέσα, τηλεδιάσκεψη, video κατά παραγγελία, έγινε φανερό, ότι ο συνδρομητικός βρόχος αποτελεί τον κυριότερο περιοριστικό παράγοντα στη ταχύτητα πρόσβασης. Για παράδειγμα, ακόμη και οι τελευταίες τεχνολογίες modem (V.90) για ταχύτητες της τάξης των 56 Kbps μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικές μόνο για εφαρμογές, όπως το e-mail.

Η τεχνολογία xDSL μπορεί να προσφέρει ταχύτητες της τάξης των Mbps μέσα από αφόρτιστες μισθωμένες γραμμές και μάλιστα χωρίς τη χρήση ενισχυτών ή επαναληπτών. Υποστηρίζει τα πρότυπα E1 (2,048 Mbps) και T1 (1,544 Mbps) για τη μετάδοση δεδομένων, ενώ παράλληλα υποστηρίζει και τη μετάδοση φωνής. Χρησιμοποιεί συσκευή τερματισμού σε κάθε άκρο της σύνδεσης. Αυτή η συσκευή λειτουργεί όπως το modem, αφού λαμβάνει ροή ψηφιακού σήματος, που στη συνέχεια το μεταδίδει στην τηλεφωνική γραμμή με τη μορφή αναλογικού σήματος υψηλού ρυθμού (λέγεται για baseband modem).

Σημείωση

Τα πηνία φόρτισης (loading coils) τοποθετήθηκαν αρχικά κατά μήκος του συνδρομητικού βρόχου, με σκοπό να αυξήσουν την ποιότητα της τηλεφωνικής επικοινωνίας. Η τεχνολογία xDSL απαιτεί την απουσία τέτοιων πηνίων, τα οποία περιορίζουν το εύρος ζώνης της γραμμής μέχρι τα 3 έως 8 kHz (voice band).

Χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες διαμόρφωσης, οι οποίες χωρίζουν το διαθέσιμο εύρος ζώνης της γραμμής σε τρία κανάλια: ένα για τη μετάδοση της φωνής, ένα για τη μετάδοση δεδομένων προς τα πάνω (upstream) κι ένα για τη μετάδοση των δεδομένων προς τα κάτω (downstream).



Σχήμα 6-6 Πρόσβαση τοπικού δικτύου σε δίκτυο ευρείας περιοχής με την τεχνολογία SDSL

Οι διάφορες παραλλαγές xDSL υποστηρίζουν συμμετρική ή ασύμμετρη μετάδοση δεδομένων. Αυτό σημαίνει, ότι τα δεδομένα μπορεί να μεταδίδονται με την ίδια ή διαφορετική ταχύτητα προς τις δύο κατευθύνσεις (downstream και upstream). Έτσι, κάθε παραλλαγή μπορεί να είναι κατάλληλη για χρήση σε εφαρμογές, όπου απαιτείται υψηλότερη ταχύτητα στην κατεύθυνση μετάδοσης προς το χρήστη (π.χ. πρόσβαση σε ιστοσελίδες) ή ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις (π.χ. υποκατάστατο για γραμμές E1, τηλεδιάσκεψη).

Τεχνολογία	Σημασία	Αριθμός Ζευγών	Ταχύτητα	Μέγιστη Απόσταση
ADSL	Asymmetric DSL	1	8 Mbps downstream	3 Km
			1,5 Mbps upstream	6,6 – 7,5 Km
ADSL Lite		1	1 Mbps downstream	
			384 Kbps upstream	
HDSL	High-bit-rate DSL	2	2 Mbps full duplex (E1)	3,5 – 4,5 Km
		3	1,5 Mbps full duplex (T1)	
SDSL	Single-line DSL	1	2 Mbps full duplex (E1)	3 Km
			1,5 Mbps full duplex (T1)	
VDSL	Very-high-bit-rate DSL	1	13 - 52 Mbps downstream	
			1,5 – 2,3 Mbps upstream	0,3 – 1,4 km

Πίνακας 6-7 Οι τεχνολογίες xDSL

Σημείωση

Οι ταχύτητες που επιτυγχάνονται ανάμεσα στα baseband modems, σε συνδέσεις xDSL, εξαρτώνται από την απόσταση και τη διατομή των καλωδίων που χρησιμοποιούνται στο τηλεφωνικό δίκτυο. Στον Πίνακα 6-8 δίνεται η σχέση αυτή για την τεχνολογία SDSL.

Ταχύτητα	0.4 mm	0.5 mm	0.6 mm	0.8 mm	10 mm	1.2 mm
128 kbps	6.5	8.9	12.7	16.1	22.5	25.1
256 kbps	5.5	7.5	10.8	13.6	19.0	21.2
384 kbps	5.1	7.0	10.0	12.6	17.6	19.7
512 kbps	4.7	6.4	9.2	11.6	16.3	18.1
768 kbps	4.4	6.0	8.6	10.9	15.2	17.0
1152 kbps	3.8	5.2	7.4	9.4	13.1	14.7
1536 kbps	3.3	4.5	6.5	8.2	11.4	12.7
2048 kbps	2.5	3.4	4.9	6.2	8.7	9.7
2304 kbps	2.2	3.0	4.3	5.4	7.6	8.5

Πίνακας 6-8 Η ταχύτητα σαν συνάρτηση της απόστασης και της διατομής του χάλκινου καλωδίου, για σύνδεση modem SDSL

Από τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών xDSL (Πίνακας 6-7), βλέπουμε, ότι για πρόσβαση στο Διαδίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία ADSL ή ADSL Lite. Αν οι απαιτήσεις σε ταχύτητα είναι πολύ μεγάλες, όπως στην περίπτωση πολυμεσικών εφαρμογών Internet ή τηλεόρασης υψηλής ευκρίνειας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί τεχνολογία VDSL. Αντίθετα, στην περίπτωση διασύνδεσης τοπικών δικτύων, αντί για τις κλασικές ψηφιακές γραμμές E1/T1, μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποια από τις συμμετρικές τεχνολογίες HDSL, SDSL.

Εξαιτίας του εξαιρετικά χαμηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας της απαιτούμενης υποδομής αναμένεται, ότι η τεχνολογία xDSL θα αποτελέσει στα επόμενα χρόνια μία όλο και περισσότερο διαδεδομένη τεχνολογική λύση για την παροχή υπηρεσιών, όπως είναι η πρόσβαση των τελικών χρηστών προς το Internet, online υπηρεσίες, video κατά παραγγελία, δικτυακή TV, μετάδοση φωνής, κ.α.



Εικόνα 6-3 Modem HDSL

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Βασική χρήση
Αξιοποίηση υπάρχουσας υποδομής	Μικρή απόσταση	Πρόσβαση σε Internet, intranet, τηλεφωνία πάνω από IP,
Πολύ υψηλές ταχύτητες		Διασύνδεση τοπικών δικτύων, υποκατάστατο γραμμών E1/T1
Χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας		Video κατά παραγγελία, τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας
Υποστήριξη μετάδοσης δεδομένων και τηλεφωνίας μέσα από την ίδια τηλεφωνική γραμμή		

Πίνακας 6-9 Χαρακτηριστικά xDSL

6.9 Εικονικά ιδιωτικά δίκτυα

Συνήθως οι εταιρείες, οργανισμοί αναπτύσσουν τα ιδιωτικά δίκτυά τους σε μεγάλη έκταση κάνοντας χρήση αποκλειστικών συνδέσεων. Αυτό γιατί έχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε ασφάλεια, εύρος ζώνης, ποιότητα υπηρεσίας. Το κόστος σε αυτή την περίπτωση είναι υψηλό. Από την άλλη, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί δημόσιο δίκτυο δεδομένων, διατηρώντας την ιδιωτικότητα και το χαμηλό κόστος. Σαν δημόσιο δίκτυο δεδομένων έχει επικρατήσει η χρήση του Διαδικτύου, λόγω της μεγάλης του εξάπλωσης και της φθηνής πρόσβασης. Προκύπτουν έτσι τα **εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (Virtual Private Networks, VPN)**, όπου με τη βοήθεια της τεχνολογίας **tunneling** τα δεδομένα κρυπτογραφούνται ώστε να μην είναι δυνατόν να υποκλαπούν και να αναγνωριστούν από άλλους και μετά περικλείονται σε πακέτα TCP/IP και μεταδίδονται μέσω του Διαδικτύου. Όταν φθάσουν στον προορισμό ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία ώστε να επιστρέψουν στην αρχική τους μορφή.

Επισήμανση

Η ασφάλεια στα VPN επιτυγχάνεται με ειδικές μεθόδους κρυπτογράφησης και ενθυλάκωσης των δεδομένων.

Η δημιουργία των VPN μπορεί να παραλληλισθεί με τη χρήση μισθωμένων γραμμών, οι οποίες στην πραγματικότητα προσομοιώνονται με τη χρήση των πρωτοκόλλων tunneling στο Διαδίκτυο.

Γνωστά πρωτόκολλα tunneling είναι τα L2F (Layer Two Forwarding), PPTP (Point to Point Tunneling Protocol), L2TP (Layer Two Tunneling Protocol), IPSec (Secure IP).

6.10 Κριτήρια επιλογής τεχνολογιών WAN

Όπως είδαμε, υπάρχουν πάρα πολλές τεχνολογίες, που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη δικτύου WAN ή απλά για τη σύνδεση με δίκτυο WAN. Στις προηγούμενες παραγράφους γνωρίσαμε τις κυριότερες από αυτές. Ο χρήστης ή η εταιρεία, που επιθυμεί να δημιουργήσει ή να συνδεθεί με ένα WAN, μπορεί να χρησιμοποιήσει δημόσιο ή ιδιωτικό δίκτυο, μόνιμες ή επιλεγόμενες συνδέσεις, αναλογικές ή ψηφιακές συνδέσεις, συνδέσεις μεταγωγής κυκλώματος ή μεταγωγής πακέτου. Οι αφιερωμένες ψηφιακές γραμμές, για παράδειγμα, είναι ευρέως διαθέσιμες αλλά ακριβές, ειδικά για εφαρμογές, όπου δεν υπάρχει διαρκής μετάδοση δεδομένων. Οι υπηρεσίες μεταγωγής πακέτων, όπως η X.25, μπορεί να είναι πιο προσιτές, αλλά προσφέρουν μικρότερες ταχύτητες. Κι ενώ οι επιλεγόμενες υπηρεσίες, όπως η ISDN, παρέχουν υψηλότερες ταχύτητες, δεν είναι διαθέσιμες παντού, και μπορεί να είναι ακριβές αν δεν χρησιμοποιούνται κατάλληλα. Σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη παράγοντες, όπως το κόστος, η επίδοση, η διαθεσιμότητα. Διαμορφώνονται, έτσι, κριτήρια για την επιλογή τεχνολογιών WAN, που μπορεί να εξαρτώνται είτε από τον τηλεπικοινωνιακό φορέα είτε από τον ίδιο το χρήστη.

Τα κριτήρια, που αφορούν τον τηλεπικοινωνιακό φορέα, είναι:

Ταχύτητα. Μπορεί η υπηρεσία WAN να υποστηρίξει τον απαιτούμενο όγκο δεδομένων σε αρκετά ικανοποιητική ταχύτητα;

Κόστος. Πόσο θα στοιχίσει η υπηρεσία και ο απαιτούμενος εξοπλισμός; Για παράδειγμα, πρώτη προσέγγιση στο πρόβλημα της επιλογής τεχνολογίας WAN αποτελεί το γεγονός ότι όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση και η απαιτούμενη ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων, τόσο μεγαλύτερο είναι και το κόστος.

Αξιοπιστία. Η υπηρεσία WAN θα είναι διαθέσιμη, όποτε χρειαστεί, και θα μεταφέρει δεδομένα χωρίς σφάλματα;

Ασφάλεια. Μπορεί η υπηρεσία WAN και ο χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός να εμποδίσουν την πρόσβαση σε μη εξουσιοδοτημένους χρήστες;

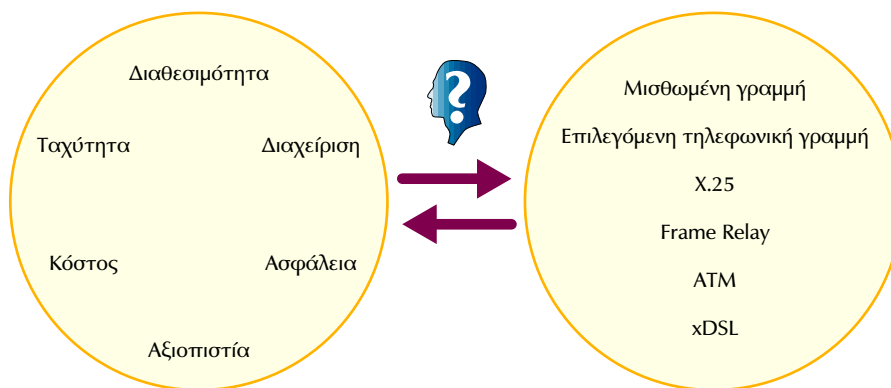
Διαχείριση. Παρέχεται στο χρήστη-πελάτη η δυνατότητα διαχείρισης του δικτύου του, ώστε να ελέγχει το κόστος των υπηρεσιών WAN, που του παρέχονται;

Διαθεσιμότητα. Είναι η υπηρεσία WAN διαθέσιμη σε περιοχές, όπου ο χρήστης-πελάτης θα τη χρειαστεί ή είναι διαθέσιμη μόνο στην κεντρική θέση; Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ότι δεν ισχύει πάντα ότι «το καινούργιο είναι και το καλύτερο».

Επισημάνση

Η επιλογή τεχνολογίας WAN είναι συνάρτηση πάρα πολλών παραγόντων, που εξαρτώνται από

- τον τηλεπικοινωνιακό φορέα
- το χρήστη



Σχήμα 6-8 Κριτήρια επιλογής τεχνολογίας WAN

Για την επιλογή τεχνολογίας WAN υπάρχουν και θέματα, που έχουν σχέση με το χρήστη και τις σημερινές αλλά και μελλοντικές ανάγκες του. Τέτοια κριτήρια είναι για παράδειγμα:

- Πόσο μεγάλο είναι το δίκτυό του;
- Πόσο ευαίσθητες στη χρονική καθυστέρηση είναι οι εφαρμογές που χρησιμοποιεί; Είναι προφανές, ότι εφαρμογές, όπως ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, μεταφορά αρχείων, πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων, επικοινωνία φωνής έχουν διαφορετικές απαιτήσεις όσο αφορά τη χρονική καθυστέρηση.
- Τι είδη υπολογιστών, εφαρμογών χρησιμοποιούνται; Πώς προβλέπεται αυτά να μετεξελιχθούν σε 3-5 χρόνια;
- Υπάρχουν εφαρμογές κρίσιμες, που απαιτούν να είναι διαθέσιμες εφεδρικές γραμμές; Οι τράπεζες, για παράδειγμα, ανήκουν στην κατηγορία χρηστών με εφαρμογές που κάνουν απαραίτητη την ύπαρξη εφεδρικών γραμμών.

Όλοι οι παραπάνω παράγοντες αλληλοσυνδέονται και ο χρήστης-πελάτης θα πρέπει να τους εξετάσει όλους ώστε να πάρει σωστή απόφαση. Στόχος του πρέπει να είναι να διαλέξει την πιο φθηνή λύση, που ικανοποιεί κατά το καλύτερο δυνατό τις ανάγκες του.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες των επιχειρήσεων, οργανισμών αλλά και των μεμονωμένων ατόμων για επικοινωνία με τοπικά δίκτυα, υπολογιστές, που βρίσκονται αρκετά μακριά, οδήγησε στην ανάπτυξη των δικτύων ευρείας περιοχής (Wide Area Networks, WANs). Για να επιτευχθεί η σύνδεση δικτύων διασκορπισμένων σε διαφορετικά σημεία του κόσμου, χρησιμοποιείται ειδικός επικοινωνιακός εξοπλισμός, και τεχνολογίες μετάδοσης. Τέτοιος εξοπλισμός είναι τα modem, οι γέφυρες, οι δρομολογητές, οι πύλες, οι μεταγωγείς. Οι τεχνολογίες μετάδοσης μπορεί να είναι αναλογικές, ψηφιακές, μεταγωγής πακέτου. Οι αναλογικές τεχνολογίες χρησιμοποιούνται για σύνδεση μέσω επιλεγόμενων ή μισθωμένων τηλεφωνικών γραμμών. Οι ψηφιακές τεχνολογίες, όπως μια σύνδεση τύπου E1, είναι πιο αποδοτικές. Οι τεχνολογίες μεταγωγής πακέτου X.25, Frame Relay προτιμώνται για μεταδόσεις δεδομένων σε πολύ μεγάλες αποστάσεις όπως μεταξύ πόλεων, ή χωρών. Πολλές διαρκώς αναπτυσσόμενες τεχνολογίες, όπως το ISDN, το ATM, και οι τεχνολογίες xDSL βελτιώνουν ακόμη περισσότερο τις επιδόσεις των δικτύων WAN.

Τέλος, κατά την επιλογή συγκεκριμένης τεχνολογίας διασύνδεσης σε WAN, μερικοί από τους παράγοντες, που εξετάζονται, είναι: ταχύτητα, κόστος, ασφάλεια, αξιοπιστία, διαχείριση, διαθεσιμότητα.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Για να αναπτυχθεί ένα δίκτυο ευρείας περιοχής χρειάζονται ειδικές συσκευές διασύνδεσης:
 - α. Σωστό
 - β. Λάθος
2. Οι αναλογικές τηλεφωνικές γραμμές είναι δυνατόν να μεταφέρουν και
3. Το modem χρησιμοποιείται μόνο σε επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές:
 - α. Σωστό.
 - β. Λάθος.
4. Το Internet είναι το μεγαλύτερο WAN του κόσμου. Περιγράψτε με δυο λόγια το ρόλο, που πιστεύετε, ότι έπαιξαν/παιζουν οι επιλεγόμενες και οι μισθωμένες τηλεφωνικές γραμμές στην ανάπτυξη του αυτή.
5. Οι γραμμές E1 είναι μισθωμένες γραμμές με ταχύτητα, που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη.
6. Ποιες οι βασικές χρήσεις των μισθωμένων γραμμών.

7. Σε ένα δίκτυο X.25, τα δεδομένα διακινούνται σε μορφή πακέτων μέσω των
8. Για ποιο λόγο τα δίκτυα X.25 χρησιμοποιούν εκτεταμένες μεθόδους ανίχνευσης λαθών και επαναμετάδοσης δεδομένων;
9. Πριν εμφανισθεί η τεχνολογία οι υπηρεσίες φωνής, εικόνας και δεδομένων απαιτούσαν διαφορετικά δίκτυα.
10. Ποια τα βασικά χαρακτηριστικά στοιχεία του ISDN;
11. Η τεχνολογία ISDN είναι ασύμφορη από την άποψη του κόστους, όταν απαιτείται συνεχής μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων:
 - α. Σωστό
 - β. Λάθος
12. Η τεχνολογία Frame Relay είναι μια τεχνολογία γρήγορης πακέτων.
13. Οι κόμβοι των δικτύων τεχνολογίας Frame Relay παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης για κάθε πακέτο που διακινούν; Εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.
14. Τι είναι ο CIR;
15. Ποιο πιστεύετε ότι είναι το βασικότερο πλεονέκτημα της τεχνολογίας ATM, που την κάνει να είναι η κύρια τεχνολογία στο χώρο των δικτύων κορμού;
16. Στην τεχνολογία ATM τα δεδομένα χωρίζονται σε:
 - α. Πλαίσια.
 - β. Πακέτα των 43 bytes.
 - γ. Κυψέλες.
17. Στην τεχνολογία ATM σα μέσο μετάδοσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο η οπτική ίνα:
 - α. Σωστό
 - β. Λάθος
18. Πόσος χρόνος χρειάζεται για να μεταδοθεί το περιεχόμενο ενός γεμάτου CD μέσα από μια σύνδεση ATM των 622 Mbps;
19. Ποια βασική απαίτηση όσο αφορά τη χρησιμοποιούμενη τηλεφωνική γραμμή θέτει η τεχνολογία xDSL;
20. Πότε προτιμάται η τεχνολογία ADSL και πότε η τεχνολογία SDSL;
21. Κατά την επιλογή τεχνολογίας WAN λαμβάνονται υπόψη παράγοντες, που εξαρτώνται τόσο από τον όσο και από το χρήστη.
22. Αναλύστε με λίγα λόγια 4 κριτήρια επιλογής λύσης για τη διασύνδεση τοπικού δικτύου σε δίκτυο ευρείας περιοχής.

23. Επιχείρηση, που βρίσκεται στην Αθήνα, θέλει να συνδεθεί με το υποκατάστημα της στη Θεσσαλονίκη με ταχύτητα 64 Kbps. Κάντε έρευνα για το τηλεπικοινωνιακό κόστος, που απαιτείται.
24. Η εταιρεία, όπου εργάζεστε θέλει να συνδέσει στο Internet εξυπηρετητή Web, ο οποίος αναμένεται να δέχεται χιλιάδες κλήσεις κάθε μέρα. Μεταξύ της λύσης ISDN και μισθωμένης γραμμής, ποια θα επιλέγατε και γιατί;

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α. – Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 4^η έκδοση, 1997.
2. ΟΤΕ, Γενική Διεύθυνση Εμπορικών Θεμάτων, *Προϊόντα και Υπηρεσίες του ΟΤΕ και των θυγατρικών του*, 1997.
3. ATM Forum, *A View of European Wide Area Multiservice Networking*, 1998.
4. Cisco Systems, *Packet Services*, 1995.
5. Comer D., *Internetworking with TCP/IP, Vol. 1: Principles, Protocols and Architecture*, 3rd Ed., Prentice Hall, 1995.
6. Intel, *Wide Area Network Technologies Course*, 1998.
7. Ramteke T., *Networks*, Prentice Hall, 1994.
8. Stallings W., *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
9. Tanenbaum A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1992.



ΔΙΑΔΙΚΤΥΩΣΗ – INTERNET

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου θα έχετε γνωρίσει:

- Τις βασικές αρχές της τεχνολογίας TCP/IP.
- Τα βασικά πρωτόκολλα της τεχνολογίας TCP/IP και τις λειτουργίες που εκτελούν.
- Τον τρόπο με τον οποίο τα δεδομένα, που ανταλλάσσουν οι εφαρμογές, μεταδίδονται στο δίκτυο.
- Τον τρόπο με τον οποίο τα πακέτα δεδομένων συσχετίζονται με τις εφαρμογές, στις οποίες ανήκουν, και πως γίνεται η μεταφορά των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό τους.
- Πως γίνεται ο προσδιορισμός των τερματικών συσκευών με βάση το όνομα ή τη διεύθυνσή τους.
- Τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η ανάθεση των ονομάτων και διευθύνσεων στις τερματικές συσκευές.
- Τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επιλογή της διαδρομής, που ακολουθούν τα πακέτα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους.
- Τα βασικά πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των δρομολογητών.
- Τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνολογίας TCP/IP και του Διαδικτύου.

Εισαγωγή

Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επικοινωνία σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Παρόλο που το κεφάλαιο εστιάζεται κυρίως σε θέματα του επιπέδου δικτύου, γίνεται επίσης αναφορά και στα ανώτερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (Open Systems Interconnection, OSI), έτσι ώστε να δοθεί μία συνολική εικόνα και να γίνει κατανοητό πως δύο εφαρμογές μπορούν να επικοινωνήσουν μέσω ενός δικτύου. Για την καλύτερη κατανόηση των βασικών αρχών επικοινωνίας, η παρουσίασή τους γίνεται χρησιμοποιώντας για παράδειγμα την τεχνολογία των πρωτοκόλλων **Ελέγχου Μετάδοσης και Διαδικτύου (Transmission Control Protocol / Internet Protocol, TCP/IP)** και το παγκόσμιο **Διαδίκτυο (Internet)**.

Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι οι βασικές έννοιες του έβδομου κεφαλαίου είναι η διεύθυνση ενός υπολογιστή, το όνομά του, η διαδρομή, που ακολουθούν τα δεδομένα μέχρι να φτάσουν στον προορισμό τους και ο τρόπος, που αυτές οι έννοιες σχετίζονται μεταξύ τους.

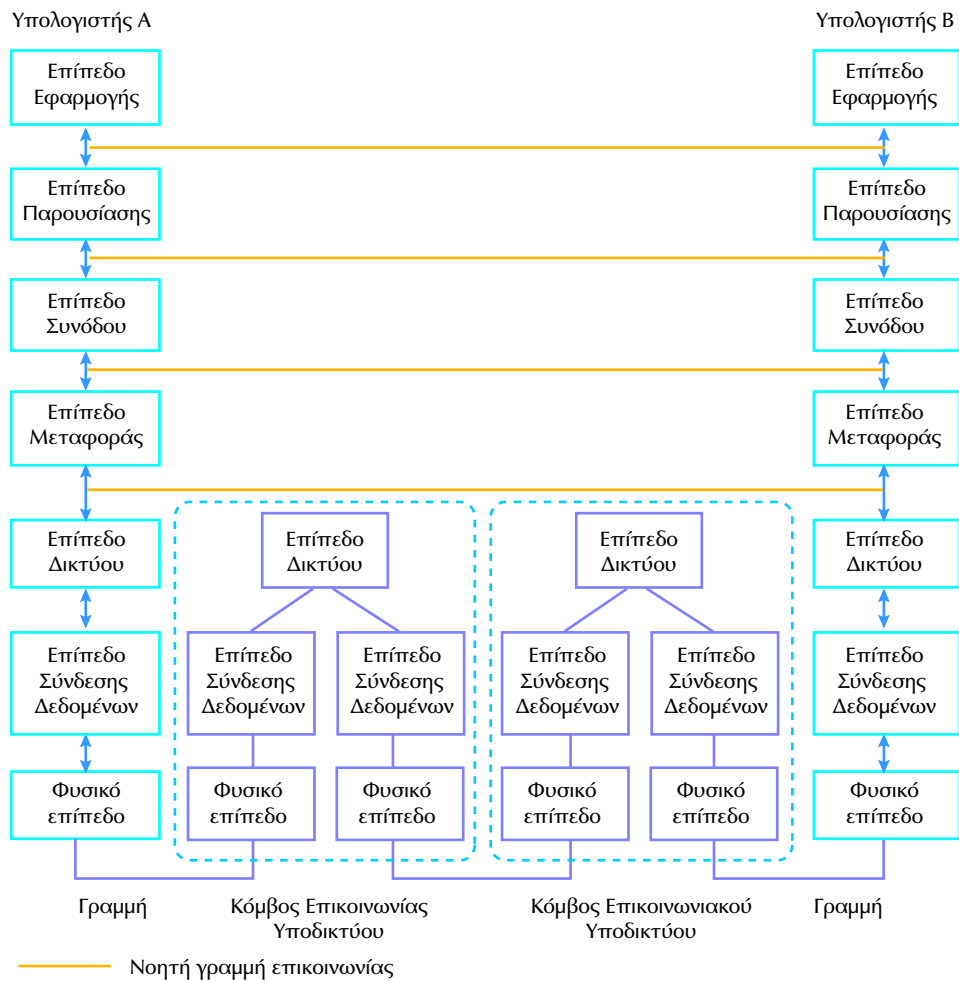
7.1 Επίπεδο δικτύου

7.1.1 Γενικές Αρχές

Το επίπεδο δικτύου ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων και καθορίζει τη διαδρομή, που θα ακολουθήσουν. Μέχρι τα πακέτα να φτάσουν στο προορισμό τους διέρχονται από διάφορα δίκτυα, με αποτέλεσμα μία σειρά από ενδιάμεσους κόμβους να συμμετέχουν στη διαδικασία παράδοσης ενός πακέτου στο τελικό του προορισμό (Σχήμα 7-1). Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-1, το επίπεδο δικτύου είναι το χαμηλότερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής OSI, που ασχολείται με την από άκρο σε άκρο επικοινωνία. Μπορούμε να θεωρήσουμε, δηλαδή, ότι παρέχει μια νοητή γραμμή επικοινωνίας μεταξύ δύο υπολογιστών, που συνδέονται μέσω ενός δικτύου.

Για να μπορέσει το επίπεδο δικτύου να παραδώσει ένα πακέτο στον προορισμό του, απαιτείται η συνεργασία όλων των οντοτήτων επιπέδου δικτύου των κόμβων, που παρεμβάλλονται μεταξύ της πηγής και του προορισμού. Η ανάγκη αυτής της συνεργασίας συνεπάγεται, ότι η λειτουργικότητα των ενδιάμεσων κόμβων (Σχήμα 7.2) θα πρέπει να φτάνει τουλάχιστον μέχρι και το επίπεδο δικτύου. Το σύνολο όλων των ενδιάμεσων κόμβων, που εξασφαλίζουν την επικοινωνία μεταξύ των τελικών υπολογιστών ονομάζεται **επικοινωνιακό υποδίκτυο**. Το έργο του επικοινωνιακού υποδικτύου είναι η μεταφορά των πακέτων από την πηγή στον προορισμό τους. Με το τρόπο αυτό γίνεται λογικός διαχωρισμός μεταξύ των καθαρά επικοινωνιακών θεμάτων, τα οποία είναι αρμοδιότητα του επικοινωνιακού υποδικτύου και των εφαρμογών, που είναι αρμοδιότητα των τελικών υπολογιστών.

Το επίπεδο δικτύου κάθε κόμβου αποφασίζει για τη διαδρομή, που θα ακολουθήσει ένα πακέτο μέχρι να φτάσει στο επόμενο κόμβο. Η απόφαση αυτή βασίζεται

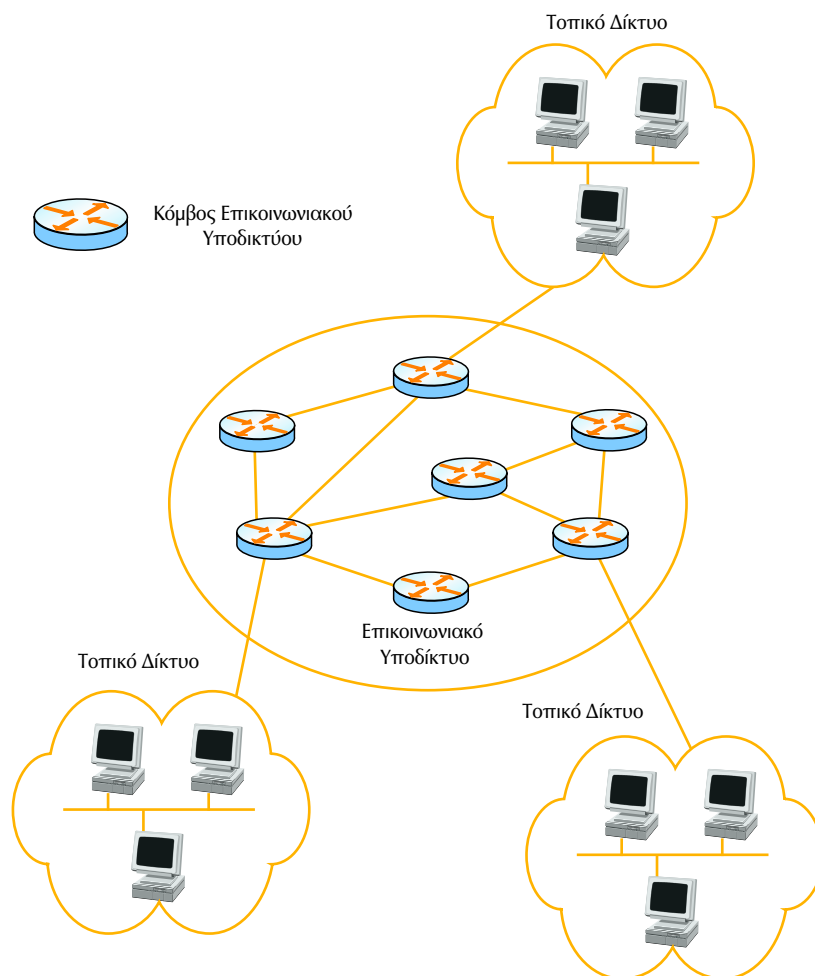


Σχήμα 7-1 Αρχιτεκτονική του μοντέλου του OSI

στα στοιχεία, που διαθέτει ο κόμβος για την τοπολογία του δικτύου και την κατάσταση των γραμμών του. Το επιδιωκόμενο είναι να επιλέγεται κάθε φορά η καλύτερη διαδρομή. Μία διαδρομή μπορεί να θεωρηθεί, ότι είναι η καλύτερη είτε εάν είναι η συντομότερη, είτε εάν εξασφαλίζει ομοιόμορφη φόρτιση των γραμμών του επικοινωνιακού υποδικτύου (δεν πρέπει να παρατηρείται το φαινόμενο ορισμένες γραμμές του επικοινωνιακού υποδικτύου να είναι υπερφορτωμένες και άλλες άδειες).

Οι υπηρεσίες, που προσφέρει το επίπεδο δικτύου στο επίπεδο μεταφοράς, κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: **υπηρεσίες χωρίς σύνδεση** και **υπηρεσίες προανατολισμένες σε σύνδεση**.

Ανεξάρτητα από το τύπο υπηρεσιών, που υποστηρίζει το επίπεδο δικτύου, η εσωτερική οργάνωση του επικοινωνιακού υποδικτύου μπορεί να ακολουθεί δύο



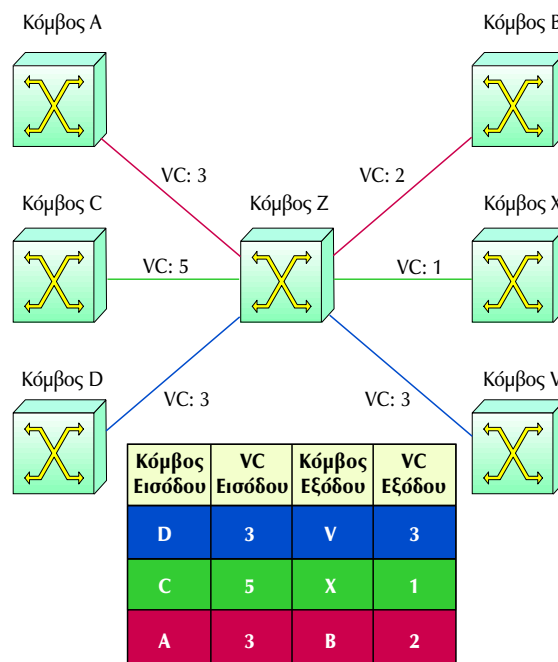
Σχήμα 7-2 Γενική εικόνα δικτύου υπολογιστών

διαφορετικές φιλοσοφίες. Η πρώτη βασίζεται στις συνδέσεις, τις οποίες ονομάζει **νοητά κυκλώματα (Virtual Circuits, VCs)**, ενώ η δεύτερη στα **αυτοδύναμα πακέτα (datagrams)**. Τα νοητά κυκλώματα χρησιμοποιούνται, κυρίως, για υπηρεσίες με σύνδεση. Η βασική ιδέα είναι, ότι όλες οι αποφάσεις, που αφορούν τη διαδρομή, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα μιας σύνδεσης, λαμβάνονται πριν την εγκατάσταση της και, επομένως, όλα τα πακέτα ακολουθούν τον ίδιο δρόμο. Αυτό συνεπάγεται, ότι οι κόμβοι του επικοινωνιακού υποδικτύου πρέπει να θυμούνται σε ποιο κόμβο θα προωθήσουν τα πακέτα της ίδιας σύνδεσης, προκειμένου να ακολουθήσουν το ίδιο νοητό κύκλωμα. Για το σκοπό αυτό, κάθε κόμβος του επικοινωνιακού υποδικτύου διατηρεί ένα πίνακα με μία καταχώρηση για κάθε νοητό κύκλωμα. Τα στοιχεία, που περιλαμβάνει κάθε καταχώρηση, είναι: αριθμός εισερχόμενου νοητού κυκλώματος, γραμμή εισόδου, αριθμός εξερχόμενου νοητού κυκλώ-

ματος και γραμμή εξόδου. Όταν γίνεται η εγκατάσταση μιας σύνδεσης δικτύου, ανατίθεται σε αυτήν ένας αναγνωριστικός αριθμός, ο αριθμός νοητού κυκλώματος. Ο αριθμός αυτός επιλέγεται τοπικά από τη συσκευή του αποστολέα και δεν θα πρέπει να χρησιμοποιείται από κάποια άλλη σύνδεση στην ίδια συσκευή. Αυτό βέβαια δεν εξασφαλίζει, ότι και στους υπόλοιπους κόμβους, από τους οποίους θα περάσει το πακέτο, ο συγκεκριμένος αριθμός νοητού κυκλώματος θα είναι ελεύθερος. Για το λόγο αυτό, οι κόμβοι έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούν τον αριθμό νοητού κυκλώματος των εισερχόμενων πακέτων, εάν αυτός χρησιμοποιείται ήδη από κάποια άλλη σύνδεση. Προκειμένου οι κόμβοι να θυμούνται, ποιος αριθμός νοητού κυκλώματος έχει τροποποιηθεί και πως έχει τροποποιηθεί, η πληροφορία καταχωρείται στους πίνακες των κόμβων.

Παράδειγμα

Στο Σχήμα 7-3 παρουσιάζονται τα νοητά κυκλώματα, που υποστηρίζει ο κόμβος Z. Από το Σχήμα βλέπουμε, ότι τα πακέτα με αριθμό νοητού κυκλώματος 3, που φθάνουν από τον κόμβο A, πρέπει να μεταδοθούν στον κόμβο B με αριθμό νοητού κυκλώματος 2, γιατί ο αριθμός νοητού κυκλώματος 3 χρησιμοποιείται από ήδη εγκατεστημένη σύνδεση προς τον κόμβο V.



Πίνακας Νοητών Κυκλωμάτων Κόμβου Z

Σχήμα 7-3 Λειτουργία νοητών κυκλωμάτων

Στα υποδίκτυα αυτοδύναμων πακέτων δεν επιλέγεται διαδρομή, την οποία πρέπει να ακολουθήσουν όλα τα πακέτα, ούτε καν στην περίπτωση, που έχουμε υπηρεσίες με σύνδεση. Αντίθετα, κάθε πακέτο ακολουθεί τη δική του διαδρομή. Στην περίπτωση αυτή, οι κόμβοι διατηρούν πίνακες, που προσδιορίζουν σε ποια γραμμή (κόμβο) πρέπει να σταλεί ένα πακέτο για κάθε πιθανό προορισμό.

Τελειώνοντας, πρέπει να επαναλάβουμε, ότι ανεξάρτητα από τον τρόπο οργάνωσης του επικοινωνιακού υποδικτύου (με νοητά κυκλώματα ή αυτοδύναμα πακέτα), αυτό μπορεί να προσφέρει και τα δύο είδη υπηρεσιών: με σύνδεση και χωρίς σύνδεση.

7.2 Τεχνολογία TCP/IP

7.2.1 Εισαγωγή στη τεχνολογία TCP/IP

Ο όρος TCP/IP χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα για να περιγράψει ένα σύνολο από διαφορετικές έννοιες. Η περισσότερο διαδεδομένη χρήση του όρου αναφέρεται σε ένα επικοινωνιακό πρωτόκολλο για τη μεταφορά δεδομένων. Συνήθως, χρησιμοποιείται, για να περιγράψει ο,τιδήποτε σχετίζεται με τα πρωτόκολλα **Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP)** και **Διαδικτύου (Internet Protocol, IP)**. Παρόλο που θα μπορούσαμε να υποθέσουμε, ότι περιγράφει το συνδυασμό των δύο ανωτέρω πρωτοκόλλων, εντούτοις δεν αναφέρεται σε μία μόνο οντότητα, αλλά σε δύο διαφορετικά πρωτόκολλα. Συχνά, όμως, ο όρος TCP/IP δεν περιορίζεται μόνο στα πρωτόκολλα TCP και IP, αλλά χρησιμοποιείται για αναφορά σε ομάδα ομοειδών πρωτοκόλλων, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία των δικτύων υπολογιστών. Η ονομασία TCP/IP έχει επικρατήσει για όλη την ομάδα, επειδή τα πρωτόκολλα TCP και IP είναι τα περισσότερο γνωστά.

Η τεχνολογία TCP/IP προέκυψε από την ανάγκη ανάπτυξης μιας προτυποποιημένης διαδικασίας επικοινωνίας, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί από μεγάλη ποικιλία συστημάτων. Η ανάγκη για την επικράτηση ενός μόνο προτύπου και το γεγονός, ότι τα πρωτόκολλα TCP/IP ήταν εύκολα διαθέσιμα στον καθένα ήταν οι σημαντικότεροι παράγοντες, που συνέβαλλαν στην επιτυχία τους. Έτσι, τα πρωτόκολλα TCP/IP χρησιμοποιήθηκαν από διάφορους κατασκευαστές ως πρότυπα για την επικοινωνία των συστημάτων, που κατασκευάζαν. Το γεγονός αυτό εξασφαλίζει, ότι τα πρωτόκολλα TCP/IP είναι ίδια σε όλα τα υπολογιστικά συστήματα, ανεξάρτητα του κατασκευαστή.

Σημαντική Παρατήρηση

Το σημαντικό πλεονέκτημα των πρωτοκόλλων TCP/IP, είναι ότι δύο υπολογιστές διαφορετικών χαρακτηριστικών, που προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές μπορούν να επικοινωνήσουν κατευθείαν ο ένας με τον άλλο,

χωρίς να είναι απαραίτητες λειτουργίες μετατροπής δεδομένων από ένα πρωτόκολλο σε άλλο. Έτσι, ένα ολόκληρο δίκτυο, που αποτελείται από υλικό (hardware) ποικίλων χαρακτηριστικών και διαφορετικών κατασκευαστών με διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, μπορεί να λειτουργήσει με τα ίδια πρωτόκολλα δικτύου.

Για να έχουμε κοινή γλώσσα και να αποφύγουμε τυχόν συγχύσεις, που πιθανόν να προκληθούν από την ευρεία χρήση του όρου TCP/IP και τις διαφορετικές έννοιες, που περιγράφει, θα δώσουμε κάποιους ορισμούς, οι οποίοι και θα ακολουθηθούν σε όλο το κεφάλαιο: Από εδώ και στο εξής με τον όρο TCP/IP θα αναφερόμαστε μόνο στα πρωτόκολλα TCP και IP. Όταν θέλουμε να αναφερθούμε στο σύνολο των πρωτοκόλλων της τεχνολογίας TCP/IP, θα τα ονομάζουμε **πρωτόκολλα TCP/IP**, ή καλύτερα **τεχνολογία TCP/IP** ή **τεχνολογία Διαδικτύου (Internet)**.

Τα δίκτυα, που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TCP/IP, ονομάζονται TCP/IP διαδίκτυα (TCP/IP internets). Εδώ, θα πρέπει να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των TCP/IP διαδικτύων και του **παγκόσμιου Διαδικτύου (Internet)**. Ένα TCP/IP διαδίκτυο μπορεί να είναι οποιοδήποτε δίκτυο, που χρησιμοποιεί τεχνολογία TCP/IP. Το Διαδίκτυο (Internet), όμως, είναι το μεγαλύτερο δίκτυο στον κόσμο με εκατομμύρια υπολογιστές συνδεδεμένους, που εκτείνεται σε όλες τις ηπείρους και η λειτουργία του βασίζεται στη τεχνολογία TCP/IP. Όταν μία επιχείρηση χρησιμοποιεί υπηρεσίες Διαδικτύου και ειδικότερα την υπηρεσία Παγκόσμιου Ιστού (World Wide Web, WWW), στο δικό της ιδιωτικό δίκτυο, το TCP/IP διαδίκτυο ονομάζεται **εσωτερικό ιδιωτικό δίκτυο τεχνολογίας TCP/IP (intranet)**.

ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΣΗΜΕΙΩΜΑ

Η ιστορία του Διαδικτύου ξεκινά στα μέσα της δεκαετίας του 1960 και δημιουργήθηκε από την Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων του Υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α (Advanced Research Projects Agency - ARPA, η οποία αργότερα μετονομάστηκε σε Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA). Στα μέσα της δεκαετίας του 1960, η ARPA παρατήρησε ότι υπήρχε ραγδαία εξάπλωση των υπολογιστών στις στρατιωτικές επικοινωνίες. Υπήρχε, όμως πρόβλημα στην μεταξύ τους επικοινωνία. Οι υπολογιστές αυτοί προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και ήταν σχεδιασμένοι να συνεργάζονται με υπολογιστές μόνο του ίδιου κατασκευαστή. Μέχρι τότε οι κατασκευάστριες εταιρίες χρησιμοποιούσαν πρωτόκολλα, των οποίων είχαν την αποκλειστική χρήση για την επικοινωνία των προϊόντων τους. Έτσι, ο στρατός είχε δίκτυα διάφορων κατασκευαστών αλλά δεν υπήρχε κάποιο κοινό πρωτόκολλο, για να υποστηρίξει την επικοινωνία των ετερογενών αυτών συστημάτων.

Προκειμένου να αντιμετωπισθούν όλα αυτά τα προβλήματα, σε συνδυασμό με την ανάγκη δημιουργίας συστήματος στρατιωτικών επικοινωνιών, που θα συνέχιζε να λειτουργεί κάτω από συνθήκες πολέμου, όταν το μεγαλύτερο μέρος των τηλεπικοινωνιακών γραμμών θα είχε αχρηστευτεί, προτάθηκε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτου, που στηρίζονταν στην υπόθεση, ότι οι συνδέσεις του δικτύου μεταξύ των πόλεων είναι εντελώς αναξιόπιστες. Το δίκτυο αυτό, ονομάστηκε ARPANET και αποτελούνταν από μισθωμένες γραμμές, που συνδέονταν σε κόμβους μεταγωγής.

Το ARPANET τέθηκε σε επίσημη λειτουργία το 1971 και οι πρώτες υπηρεσίες, που πρόσφερε, ήταν η μεταφορά αρχείων και η απομακρυσμένη σύνδεση. Αργότερα στις υπηρεσίες αυτές προστέθηκε και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.

Προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι αυξημένες ανάγκες του ARPANET, το 1974 παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά τα πρωτόκολλα TCP/IP αλλά και η αρχιτεκτονική των δρομολογητών. Η καινοτομία του νέου πρωτοκόλλου βρισκόταν στο ότι ήταν ανεξάρτητο από τα χαμηλότερου επιπέδου λογισμικό και υλικό, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι μέσω του νέου πρωτοκόλλου προτάθηκε η παγκόσμια διασύνδεση. Αυτές οι δύο ιδέες ήταν πολύ προοδευτικές, ιδιαίτερα για τον κόσμο των κατασκευαστών υλικού και λογισμικού, διότι επέτρεπαν σε κάθε τύπο πλατφόρμας να συμμετέχει στο δίκτυο, καταργώντας τους προηγούμενους περιορισμούς, που επιβάλλονταν από τους κατασκευαστές.

Το 1982 το TCP/IP καθιερώθηκε ως το βασικό πρωτόκολλο του αναπτυσσόμενου δικτύου, το οποίο συνέδεε πλέον συστήματα σε όλη την ήπειρο. Υπολογίστηκε ότι την πρώτη δεκαετία παρουσίας του TCP/IP ένας νέος υπολογιστής συνδέονταν στο ARPANET κάθε είκοσι μέρες.

Κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του ARPANET έγινε προφανές, ότι και ερευνητές μη στρατιωτικών εφαρμογών μπορούσαν να κάνουν χρήση και να αξιοποιήσουν τα πλεονεκτήματα του νέου δικτύου. Έτσι, δημιουργήθηκε το MILNET για καθαρά στρατιωτικές εφαρμογές, ενώ το ARPANET παρέμεινε για ερευνητικές και άλλες μη στρατιωτικού χαρακτήρα δραστηριότητες. Καθώς το ARPANET ξεπέρασε τα όρια του στρατιωτικού δικτύου και προστέθηκαν σε αυτό δίκτυα πανεπιστημίων, εταιριών, και κοινότητες χρηστών έγινε γνωστό ως Διαδίκτυο (Internet).

7.2.2 Σχέση OSI και TCP/IP

Η υιοθέτηση της τεχνολογίας και αρχιτεκτονικής TCP/IP δεν έρχεται σε σύγκρουση με το μοντέλο του OSI και αυτό γιατί και τα δύο συστήματα αναπτύχθηκαν συγχρόνως. Παρόλα αυτά, υπάρχουν ορισμένες ουσιώδεις διαφορές από το μοντέλο OSI.

Στο 1ο Κεφάλαιο είπαμε, ότι το μοντέλο αναφοράς OSI ακολουθεί την αρχιτεκτονική διαίρεσης της λειτουργίας των δικτύων σε επίπεδα. Το μοντέλο TCP/IP

χρησιμοποιεί, επίσης, την ίδια αρχιτεκτονική και αποτελείται και αυτό από επίπεδα, τα οποία, όμως, δεν αντιστοιχούν ένα προς ένα με τα επίπεδα του OSI. Στο Σχήμα 7-4 δίνουμε τη σχέση μεταξύ των επιπέδων του OSI και του TCP/IP.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 7-4, στο μοντέλο OSI υπάρχουν επτά επίπεδα ενώ στο μοντέλο TCP/IP μόνο τέσσερα. Πλήρης αντιστοιχία μεταξύ των επιπέδων των δύο μοντέλων υπάρχει μόνο για τα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς. Στο Σχήμα 7-4 βλέπουμε, ότι τα επίπεδα εφαρμογής, συνόδου και παρουσίασης του OSI αντιστοιχούν στο επίπεδο εφαρμογής του TCP/IP, ενώ τα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων και το φυσικό του μοντέλου OSI αντιστοιχούν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου του TCP/IP. Ο συνδυασμός των επιπέδων σύνδεσης δεδομένων και φυσικού στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου επιβάλλεται από τη βασική αρχή της τεχνολογίας TCP/IP για την υλοποίηση ενός πρωτοκόλλου χωρίς σύνδεση.

Μοντέλο OSI	Μοντέλο TCP/IP (Internet)
Επίπεδο Εφαρμογής	Επίπεδο Εφαρμογής
Επίπεδο Παρουσίασης	
Επίπεδο Συνόδου	
Επίπεδο Μεταφοράς	Επίπεδο Μεταφοράς
Επίπεδο Δικτύου	Επίπεδο Δικτύου
Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων	Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Φυσικές Συνδέσεις)
Φυσικό Επίπεδο	

Σχήμα 7-4 Μοντέλα OSI και TCP/IP

Όπως προαναφέραμε, η τεχνολογία TCP/IP συνδυάζει το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων σε ένα. Αυτή η διαφορά της με το μοντέλο OSI είναι περισσότερο ακαδημαϊκή, γιατί στην πραγματικότητα και στις περισσότερες υλοποιήσεις του OSI το φυσικό επίπεδο και το επίπεδο σύνδεσης δεδομένων συνδυάζονται σε ένα ευφυή ελεγκτή (κάρτα δικτύου).

Στο Σχήμα 7-5, παρουσιάζονται τα επίπεδα του προτύπου TCP/IP σε σχέση με τα επίπεδα του OSI και παράλληλα παρουσιάζονται και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση κάθε επιπέδου. Στο επίπεδο εφαρμογής, πάνω από τα πρωτόκολλα TCP και IP βρίσκονται οι υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα εφαρμογής. Αυτά είναι χτισμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να χρησιμοποιούν για την επικοινωνία τους τα πρωτόκολλα **Ελέγχου Μετάδοσης (TCP)** ή **Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)** στο επίπεδο μεταφοράς και τα πρωτόκολλα **Διαδικτύου (IP)** και **Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (Internet Control**

Message Protocol, ICMP) στο επίπεδο δικτύου. Τα πρωτόκολλα αυτά υλοποιούνται με λογισμικό και, έτσι, το Σχήμα 7-5 εκτός από την λογική συσχέτιση τους, αντιπροσωπεύει και τη σχέση των τμημάτων λογισμικού, που τα υλοποιούν.

	Εφαρμογές	Εφαρμογές
Επίπεδο Εφαρμογής	(Telnet, FTP, SMTP)	(TFTP)
Επίπεδο Μεταφοράς	TCP	UDP
Επίπεδο Δικτύου	IP / ICMP	

Σχήμα 7-5 Στοιβά πρωτοκόλλων του μοντέλου TCP/IP

Στο Σχήμα 7-5 βλέπουμε, ότι μερικά από τα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου, όπως τα **Απομακρυσμένης Σύνδεσης (Telecommunications Network, Telnet)**, **Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)** και **Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου (Simple Mail Transfer Protocol, SMTP)** χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP, ενώ άλλα, όπως η **Απλή Μεταφορά Αρχείων (Trivial File Transfer Protocol, TFTP)** το UDP.

Ας δούμε, όμως, εν συντομία τις βασικές λειτουργίες, που εκτελεί κάθε ένα από τα επίπεδα του προτύπου TCP/IP.

Το επίπεδο πρόσβασης δικτύου παρέχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο, στο οποίο μεταδίδεται η πληροφορία με τη μορφή πακέτων και αντιπροσωπεύει το χαμηλότερο λογικό επίπεδο λειτουργικότητας, που απαιτείται από ένα δίκτυο. Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει τα στοιχεία των φυσικών συνδέσεων, όπως: καλώδια, αναμεταδότες, κάρτες δικτύου, πρωτόκολλα πρόσβασης τοπικών δικτύων και προσφέρει τις υπηρεσίες του στο ανώτερο επίπεδο, το επίπεδο δικτύου. Στην τεχνολογία TCP/IP, τα χαμηλότερα επίπεδα του επιπέδου δικτύου δεν προδιαγράφονται και έτσι αυτά μπορούν να ακολουθούν τελείως διαφορετικές τεχνολογίες.

Το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση στο φυσικό δίκτυο των πακέτων, που δημιουργούνται από τα πρωτόκολλα TCP ή UDP. Το πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου ονομάζεται πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) και είναι αυτό, που εξασφαλίζει στο σύστημα την παγκόσμια διασυνδεσιμότητα. Το πρωτόκολλο IP φροντίζει για την παροχή λογικών διευθύνσεων στα σημεία διεπαφής του με το φυσικό δίκτυο, καθώς επίσης και για την αντιστοίχιση των λογικών διευθύνσεων με τις φυσικές διευθύνσεις, που παρέχονται από το επίπεδο πρόσβασης δικτύου (ή από το υπο-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης μέσου, Media Access Control - MAC, του μοντέλου OSI), χρησιμοποιώντας τα **πρωτόκολλα Μετατροπής Διευθύνσεων (Address Resolution Protocol, ARP)** και **Ανάστροφης Μετατροπής Διευθύνσεων (Reverse Address Resolution Protocol, RARP)**. Προβλήματα και ασυνήθιστες καταστάσεις, που σχετίζονται με το πρωτόκολλο IP, αναφέρονται από ένα ξεχω-

ριστό πρωτόκολλο το **πρωτόκολλο Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (Internet Control Message Protocol, ICMP)**, το οποίο επίσης λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου.

Το πρωτόκολλο Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (ICMP) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο και τη δημιουργία μηνυμάτων, που δηλώνουν την κατάσταση των συσκευών σε ένα δίκτυο. Χρησιμοποιείται, συνήθως, για τη μεταφορά μηνυμάτων, που προορίζονται για ίδια χρήση από τα πρωτόκολλα TCP/IP και όχι από κάποιο συγκεκριμένο πρόγραμμα του χρήστη (όπως μηνύματα ασφαλιμάτων). Για παράδειγμα, εάν προσπαθεί κάποιος να συνδεθεί σε ένα υπολογιστή, ο οποίος δεν είναι διαθέσιμος, το σύστημά του μπορεί να λάβει μήνυμα πρωτοκόλλου ICMP, που να λέει: «απρόσιτος υπολογιστής».

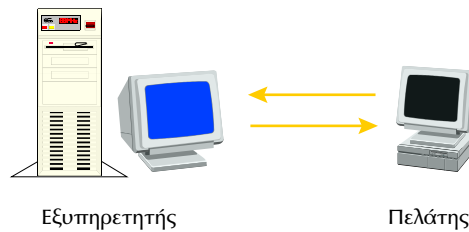
Το επίπεδο μεταφοράς υλοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου. Το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς είναι το πρωτόκολλο TCP, ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και κάποια παραλλαγή του, όπως το UDP. Το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση αξιόπιστων ταυτόχρονων δι-κατευθυντήριων συνδέσεων. Ο όρος αξιόπιστες αναφέρεται στο ότι το TCP φροντίζει για την αποκατάσταση πιθανόν ασφαλιμάτων μετάδοσης, που παρουσιάστηκαν. Έτσι, τα επίπεδα εφαρμογής, που κάνουν χρήση των υπηρεσιών, που προσφέρει το πρωτόκολλο TCP, θεωρούν, ότι το TCP παρέχει αξιόπιστη μετάδοση δεδομένων και δεν ασχολούνται καθόλου με ανάλογα ζητήματα. Ο όρος ταυτόχρονες σημαίνει, ότι αρκετές TCP συνδέσεις μπορούν να εγκατασταθούν ταυτόχρονα από έναν υπολογιστή και τα δεδομένα κάθε σύνδεσης μπορούν να στέλνονται ταυτόχρονα, αλλά ανεξάρτητα από τα δεδομένα των άλλων συνδέσεων. Ο όρος δι-κατευθυντήριες σημαίνει, ότι μία σύνδεση μπορεί να στέλνει αλλά και να λαμβάνει δεδομένα.

Το πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων χρήστη (UDP) είναι πρωτόκολλο χωρίς σύνδεση. Δεν είναι πολύ αξιόπιστο, αλλά χρησιμοποιείται για ειδικούς σκοπούς και από εφαρμογές, που δεν απαιτούν την αξιοπιστία, που προσφέρει το πρωτόκολλο TCP στο επίπεδο μεταφοράς.

Το επίπεδο εφαρμογής παρέχει εφαρμογές, που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα του επιπέδου μεταφοράς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτών των εφαρμογών είναι η μεταφορά αρχείων, η απομακρυσμένη σύνδεση και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Το επίπεδο εφαρμογής αντιπροσωπεύει το σημείο επαφής του χρήστη με τη στοίβα πρωτοκόλλων της τεχνολογίας TCP/IP.

Το τυπικό μοντέλο, που ακολουθείται (Σχήμα 7-6) από τις εφαρμογές TCP/IP, είναι το **μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή (client-server)**. Ο εξυπηρετητής είναι διεργασία, η οποία περιμένει να λάβει αίτηση από τη διεργασία πελάτη, προκειμένου να την εξυπηρετήσει. Συνήθως, η διεργασία εξυπηρετητή είναι ενεργοποιημένη σε κάποιον υπολογιστή και ελέγχει τις εισερχόμενες αιτήσεις πελατών για να δει, εάν κάποια απευθύνεται σε αυτήν. Όταν κάποιο πρόγραμμα χρειάζεται να πάρει πληροφορία από τον εξυπηρετητή, το πρόγραμμα λειτουργεί ως πελάτης και στέλνει αίτηση στη διεργασία εξυπηρετητή. Όταν η αίτηση του πε-

λάτη εξυπηρετηθεί, ο εξυπηρετητής επιστρέφει στην κατάσταση αναμονής και περιμένει να λάβει και να εξυπηρετήσει νέες αιτήσεις.



Σχήμα 7-6 Πρότυπο Πελάτη – Εξυπηρετητή

7.2.3 Βασικές αρχές Επικοινωνίας στην τεχνολογία TCP/IP και στο Διαδίκτυο

Αν θέλουμε να περιγράψουμε, εν συντομία, την επικοινωνία σύμφωνα με το μοντέλο TCP/IP, μπορούμε να πούμε, ότι στο υψηλότερο επίπεδο έχουμε τις εφαρμογές, οι οποίες χρησιμοποιούν τα επίπεδα δικτύου και μεταφοράς για την επικοινωνία τους με εφαρμογές, που τρέχουν σε άλλα συστήματα του δικτύου, ενώ για τη μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιούν το φυσικό μέσο.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τη στρωματική διάσταση των πρωτοκόλλων TCP/IP, ας δούμε το παρακάτω παράδειγμα, που παρουσιάζει μία απλή εφαρμογή, όπως η αποστολή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο θα αναφερθούμε αναλυτικότερα στην παράγραφο 7.11.2). Εδώ αρκεί να αναφέρουμε μόνο, ότι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο είναι εφαρμογή, που επιτρέπει να στέλνουμε μηνύματα σε ηλεκτρονική μορφή από έναν υπολογιστή σε κάποιον άλλο.

Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχει πρωτόκολλο, που υποστηρίζει την εφαρμογή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Το πρωτόκολλο αυτό ορίζει σειρά μηνυμάτων / εντολών, που ο ένας υπολογιστής στέλνει στον άλλο. Τέτοιες εντολές προσδιορίζουν ποιος στέλνει το μήνυμα, σε ποιον απευθύνεται και ποιο είναι το περιεχόμενο του μηνύματος. Το πρωτόκολλο αυτό λειτουργεί στο επίπεδο εφαρμογής και θεωρεί, ότι υπάρχει αξιόπιστος τρόπος μετάδοσης των μηνυμάτων μεταξύ των υπολογιστών. Το πρωτόκολλο ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, όπως κάθε άλλο πρωτόκολλο εφαρμογής, ορίζει απλά ένα σύνολο εντολών και μηνυμάτων, που πρέπει να σταλούν και είναι σχεδιασμένο, για να λειτουργεί σε συνδυασμό με τα πρωτόκολλα TCP και IP. Τα πρωτόκολλα TCP και IP αναλαμβάνουν να μεταφέρουν τα δεδομένα και είναι υπεύθυνα για τη δρομολόγηση και παράδοσή τους στον υπολογιστή προορισμού.

Επισημάνση

Γενικά, οι εφαρμογές, που βασίζονται στα πρωτόκολλα TCP/IP, χρησιμοποιούν τέσσερα επίπεδα:

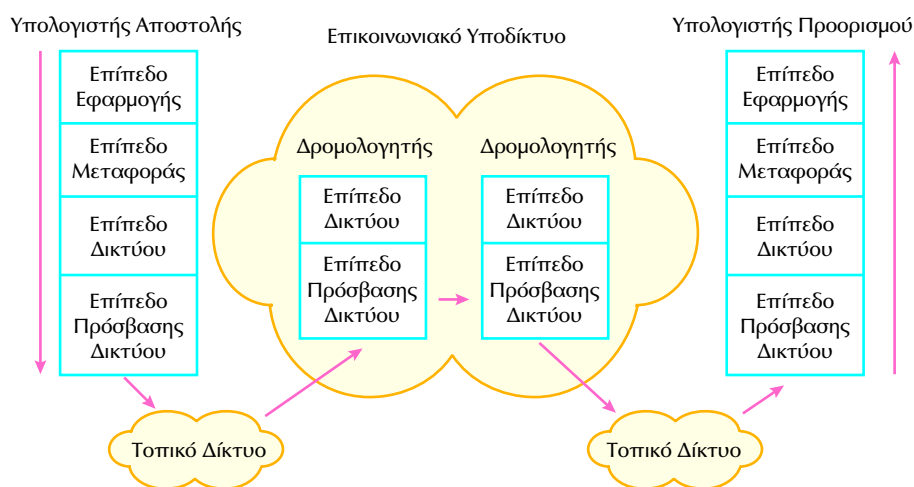
- Πρωτόκολλο εφαρμογής (όπως το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο)
- Πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, όπως το TCP, που παρέχει υπηρεσίες στα διάφορα πρωτόκολλα εφαρμογών
- Πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου, όπως το IP, που παρέχει τις βασικές υπηρεσίες για τη μεταφορά των πακέτων στον προορισμό τους.
- Τα πρωτόκολλα, που είναι απαραίτητα για τη διαχείριση του φυσικού μέσου (όπως για παράδειγμα το Ethernet).

Η τεχνολογία TCP/IP βασίζεται σε μοντέλο, που θεωρεί, ότι μεγάλος αριθμός δικτύων διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω δρομολογητών. Ο χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε υπολογιστές ή πόρους σε οποιοδήποτε από αυτά τα δίκτυα. Προκειμένου τα πακέτα να φτάσουν στο δίκτυο προορισμού, μπορεί να περάσουν μέσα από πολύ μεγάλο αριθμό δικτύων. Η αποστολή των πακέτων στο προορισμό τους γίνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να μην γίνεται αντιληπτή από το χρήστη. Το μόνο, που θα πρέπει να γνωρίζει ο χρήστης, για να έχει πρόσβαση σε άλλον υπολογιστή, είναι η διεύθυνση του στο Διαδίκτυο (Internet ή IP, διεύθυνση). Γενικά, η δομή της διεύθυνσης δίνει πληροφορίες, για το πως θα φθάσει το πακέτο στο σύστημα προορισμού. Συνήθως, για λόγους ευκολίας αναφερόμαστε στα συστήματα με το όνομά τους παρά με την IP διεύθυνση τους. Όταν προσδιορίσουμε ένα όνομα, το λογισμικό του δικτύου το αναζητεί σε μία βάση δεδομένων και από εκεί παίρνει την αντίστοιχη IP διεύθυνση. Τα πρωτόκολλα TCP/IP έχουν χτισθεί με βάση τη τεχνολογία χωρίς σύνδεση. Η πληροφορία μεταφέρεται στο δίκτυο με τη μορφή πακέτων, που το καθένα μεταδίδεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα και ακολουθεί το δικό του μονοπάτι μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι θέλουμε να μεταδώσουμε αρχείο 15.000 οκτάδων (bytes). Τα περισσότερα δίκτυα δεν μπορούν να υποστηρίξουν πακέτα τέτοιου μεγέθους. Έτσι, τα πρωτόκολλα σπάνε το αρχείο, για παράδειγμα σε 30 πακέτα των 500 οκτάδων. Καθένα από αυτά τα πακέτα θα σταλεί στον προορισμό του και εκεί θα τοποθετηθούν πάλι μαζί, ώστε να σχηματίσουν το αρχικό πακέτο των 15.000 οκτάδων. Κατά τη μεταφορά των πακέτων το δίκτυο δεν γνωρίζει, ότι υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ τους. Έτσι, είναι πολύ πιθανό το πακέτο με αύξοντα αριθμό 14 να φθάσει στον προορισμό, πριν από το πακέτο με αύξοντα αριθμό 13. Επίσης, είναι πολύ πιθανό κάπου στο δίκτυο να συμβεί κάποιο σφάλμα και κάποια πακέτα να μην φθάσουν ποτέ στον προορισμό τους. Σε αυτές τις περιπτώσεις τα πακέτα πρέπει να ξανασταλούν. Οι ενέργειες αυτές αποτελούν διεργασίες του πρωτοκόλλου TCP.

Ας δούμε τώρα, πως μέσω της τεχνολογίας TCP/IP πραγματοποιείται η επικοινωνία στο Διαδίκτυο. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, το Διαδίκτυο δεν είναι ένα μοναδικό δίκτυο, αλλά αποτελείται από πολλά διαφορετικά δίκτυα, τα οποία διασυνδέονται μεταξύ τους με ειδικές συσκευές που ονομάζονται **δρομολογητές**. Τα δίκτυα αυτά, παρόλο που αποτελούν τμήματα ενός μεγαλύτερου δικτύου, είναι ολοκληρωμένα, ανεξάρτητα δίκτυα, η επικοινωνία των οποίων βασίζεται στα πρωτόκολλα TCP/IP. Προκειμένου να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο λειτουργίας του Διαδικτύου ακολουθεί χαρακτηριστικό παράδειγμα.



Σχήμα 7-7 Επικοινωνία στο Διαδίκτυο

Παράδειγμα

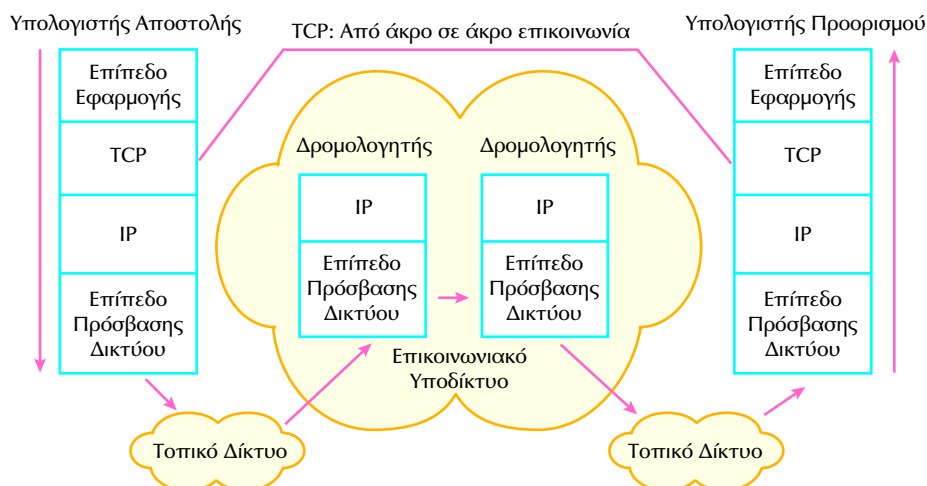
Ας θεωρήσουμε, ότι έχουμε δύο υπολογιστές συνδεδεμένους στο Διαδίκτυο, οι οποίοι ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα και ότι μία εφαρμογή, που εκτελείται στον έναν υπολογιστή, πρέπει να μεταφέρει ένα πακέτο στην αντίστοιχη εφαρμογή, που εκτελείται στον άλλο. Μία απλοποιημένη διαδικασία δίνεται στο Σχήμα 7-7.

Τα δεδομένα κατεβαίνουν τα πρωτόκολλα του υπολογιστή αποστολής και καθώς φθάνουν στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου σχηματίζουν το προς μετάδοση πακέτο. Από το επίπεδο πρόσβασης δικτύου το πακέτο μεταβιβάζεται στο τοπικό δίκτυο. Το τοπικό δίκτυο δρομολογεί το πακέτο στον δρομολογητή και από εκεί το πακέτο μεταφέρεται από δρομολογητή σε δρομολογητή, μέσω του επικοινωνιακού υποδικτύου, στο Διαδίκτυο, μέχρι να φτάσει στο δίκτυο προορισμού. Σε κάθε

βήμα ο εκάστοτε δρομολογητής αναλύει την επικεφαλίδα του πακέτου, για να καθορίσει, εάν το πακέτο απευθύνεται στο δικό του τοπικό δίκτυο. Όταν τελικά το πακέτο φτάσει στον δρομολογητή του δικτύου προορισμού, ο δρομολογητής αναγνωρίζει, ότι το πακέτο απευθύνεται στο δικό του δίκτυο, το οδηγεί σε αυτό και, τέλος, το τοπικό δίκτυο προωθεί το πακέτο στον υπολογιστή προορισμού. Όταν το πακέτο φτάσει στον υπολογιστή προορισμού περνά τα επίπεδα προς τα επάνω, μέχρι να φτάσει στο επίπεδο εφαρμογής. Το επίπεδο εφαρμογής παραδίδει το πακέτο στην κατάλληλη εφαρμογή, και, έτσι η μεταφορά του από την πηγή στον προορισμό έχει ολοκληρωθεί.

7.3 Πρωτόκολλο TCP

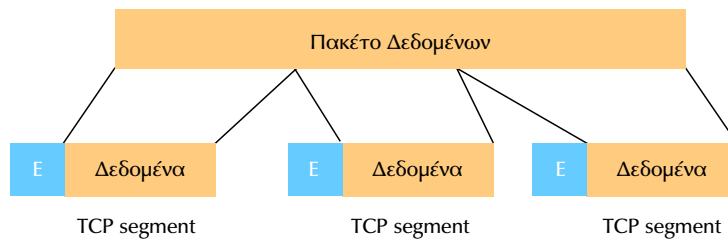
Το πρωτόκολλο **Ελέγχου Μετάδοσης (Transmission Control Protocol, TCP)** είναι το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς της τεχνολογίας TCP/IP. Παρέχει υπηρεσίες προσανατολισμένες σε σύνδεση και εξασφαλίζει την αξιοπίστη μεταφορά δεδομένων και την από άκρο σε άκρο επικοινωνία (Σχήμα 7-8).



Σχήμα 7-8 Επικοινωνία στο επίπεδο δικτύου

Το πρωτόκολλο TCP λαμβάνει από τα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου τα προς μετάδοση δεδομένα και τα μεταδίδει, μόνο όταν συμπληρωθεί πακέτο με μέγεθος ίσο με αυτό, που έχει συμφωνηθεί κατά την εγκατάσταση της σύνδεσης. Αντίστοιχα όταν το TCP λαμβάνει μηνύματα με μέγεθος μεγαλύτερο από το μέγεθος του συμφωνημένου πακέτου, τα σπάει σε μικρότερα. Καθένα από αυτά τα πακέτα, τα οποία αποτελούν τη μονάδα μεταφοράς στο πρωτόκολλο TCP, ονο-

μάζεται **τμήμα (segment)**. Κάθε τμήμα (Σχήμα 7-9) αποτελείται από την επικεφαλίδα (E), την οποία δημιουργεί το πρωτόκολλο TCP και τα προς μετάδοση δεδομένα, που ήρθαν από το ανώτερο επίπεδο. Τα πεδία της επικεφαλίδας βοηθούν το πρωτόκολλο TCP να διαχειρισθεί τα διάφορα τμήματα, που λαμβάνει.



Σχήμα 7-9 Διάσπαση δεδομένων σε TCP τμήματα

Όταν τα TCP τμήματα φθάσουν στον προορισμό τους, το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο να τα τοποθετήσει στη σωστή σειρά και να τα επανασυνθέσει, έτσι ώστε να σχηματίσουν και πάλι το αρχικό μήνυμα. Ο προσδιορισμός της σειράς των τμημάτων γίνεται με βάση το πεδίο της επικεφαλίδας, το οποίο ονομάζεται **Αριθμός Σειράς** και προσδιορίζει τη θέση του τμήματος στο αρχικό πακέτο. Για παράδειγμα, εάν το πεδίο έχει τιμή 3, αυτό σημαίνει, ότι το τμήμα είναι το τρίτο σε σειρά από αυτά στα οποία διασπάσθηκε το αρχικό πακέτο.

Σε περίπτωση που συμβεί κάποιο σφάλμα μετάδοσης και ένα τμήμα δεν φθάσει στον προορισμό του, το πρωτόκολλο TCP είναι υπεύθυνο για την επαναμετάδοσή του. Για να πραγματοποιηθεί η μετάδοση των τμημάτων, το TCP τα διαβιβάζει στο πρωτόκολλο IP, που είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση και την παράδοσή τους στον τελικό προορισμό. Το πρωτόκολλο IP δεν γνωρίζει και δεν χρειάζεται να γνωρίζει, πως κάποιο τμήμα σχετίζεται με κάποιο άλλο, που προηγήθηκε ή έρχεται μετά από αυτό.

Προκειμένου να εξασφαλίσουμε, ότι ένα τμήμα έφθασε στον προορισμό του, ο παραλήπτης πρέπει να στείλει πίσω επιβεβαίωση. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται ως εξής: όταν ο παραλήπτης πρέπει να στείλει ένα τμήμα στον αποστολέα, τοποθετεί σε ένα πεδίο της επικεφαλίδας του τμήματος έναν αριθμό, που δηλώνει, ότι όλα τα δεδομένα μέχρι και αυτόν τον αριθμό οκτάδας, έχουν φθάσει σωστά στον παραλήπτη. Το πεδίο, που χρησιμοποιείται, ονομάζεται **Αριθμός Επιβεβαίωσης**. Για παράδειγμα, στέλνοντας ένα τμήμα με αριθμό επιβεβαίωσης 1.500 σημαίνει, ότι έχουμε λάβει όλα τα δεδομένα μέχρι τον αριθμό οκτάδας 1.500. Εάν ο αποστολέας δεν λάβει επιβεβαίωση εντός λογικού χρονικού ορίου στέλνει τα δεδομένα ξανά.

Άλλη λειτουργία, που εκτελεί το πρωτόκολλο TCP, είναι ο έλεγχος της ποσότητας δεδομένων, που μπορούν να μεταδίδονται κάθε φορά. Η λειτουργία αυτή

είναι γνωστή ως **έλεγχος ροής** και πραγματοποιείται μέσω πεδίου, που βρίσκεται στην επικεφαλίδα του τμήματος και ονομάζεται **Παράθυρο**. Προφανώς, δεν είναι λογικό, να περιμένουμε, να επιβεβαιωθεί ένα τμήμα, προκειμένου να σταλεί το αμέσως επόμενο. Αυτό θα οδηγούσε στην αδικαιολόγητη μείωση του ρυθμού μετάδοσης. Από την άλλη πλευρά, όμως, δεν μπορεί κανείς να στέλνει συνεχώς δεδομένα, χωρίς να γνωρίζει, εάν ο υπολογιστής προορισμού είναι σε θέση να τα δεχθεί. Για παράδειγμα, εάν η ταχύτητα αποστολής δεδομένων είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα απορρόφησής τους στον υπολογιστή προορισμού, τότε είναι δυνατό να γεμίσει η περιοχή προσωρινής αποθήκευσης εισερχόμενων δεδομένων και να οδηγηθούμε σε αναγκαστική απόρριψή τους από τον υπολογιστή προορισμού. Έτσι και τα δύο άκρα κάθε σύνδεσης πρέπει να υποδεικνύουν πόσα νέα δεδομένα μπορούν να δεχθούν βάζοντας τον αντίστοιχο αριθμό οκτάδων στο κατάλληλο πεδίο της επικεφαλίδας του τμήματος.

Παράδειγμα

Εάν το πεδίο Παράθυρο έχει τεθεί σε 1.000 και το πεδίο Επιβεβαίωση σε 12.000, σημαίνει, ότι το άκρο, που έχει δηλώσει αυτές τις τιμές είναι σε θέση να δεχθεί δεδομένα, που βρίσκονται στην περιοχή από 12.000 οκτάδες έως $12.000 + 1.000 = 13.000$ οκτάδες.

Μέχρι τώρα είπαμε, ότι το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο, για να προωθήσει ένα πακέτο στον υπολογιστή προορισμού. Δεν έχουμε αναφέρει όμως τίποτε για το πως το TCP παραδίδει τα πακέτα στις εφαρμογές, στις οποίες κατευθύνονται.

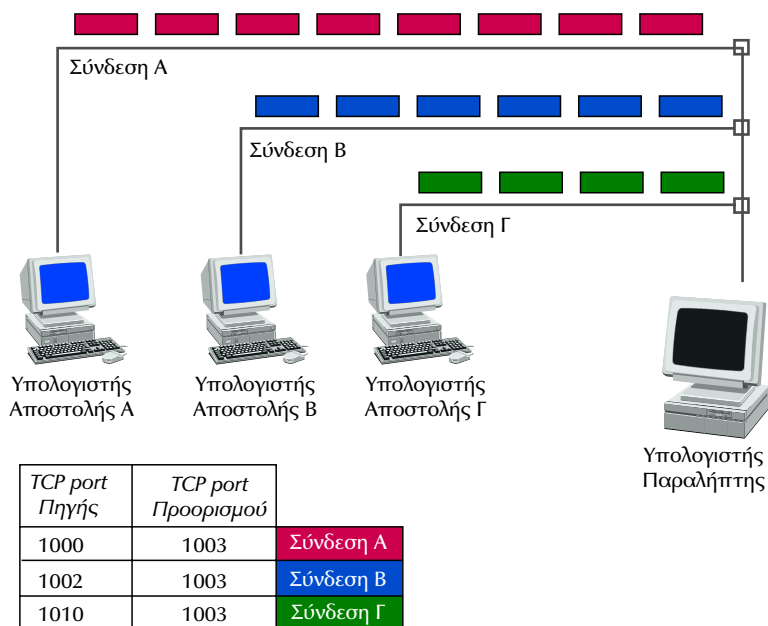
Είναι φανερό, ότι δεν είναι αρκετό να μεταφέρουμε απλά ένα τμήμα στο σωστό προορισμό. Το TCP πρέπει να γνωρίζει επίσης, σε ποια σύνδεση ανήκει κάθε τμήμα. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως αποπολύπλεξη. Η πληροφορία, που χρειάζεται για να πραγματοποιηθεί η αποπολύπλεξη των τμημάτων, βρίσκεται στην επικεφαλίδα τους. Πιο συγκεκριμένα, για να μπορέσει το TCP να συσχετίσει τα διάφορα τμήματα με τις συνδέσεις, στις οποίες ανήκουν χρησιμοποιεί τις **TCP θύρες (TCP ports)**. Τα TCP ports είναι αφηρημένα σημεία επικοινωνίας, που το καθένα είναι ένας θετικός ακέραιος αριθμός των 16 bits και αποτελούν πεδία της επικεφαλίδα των TCP τμημάτων.

Παράδειγμα

Για να κατανοήσουμε καλύτερα, πως δουλεύουν τα TCP ports, ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Φανταστείτε ότι τρεις διαφορετικοί άνθρωποι μεταφέρουν αρχεία στον ίδιο προορισμό, για παράδειγμα μία εταιρία. Οι άνθρωποι αυτοί έχουν υποχρέωση να παραδώσουν τα αρχεία στο προσωπικό υποδοχής της

εταιρείας και, στη συνέχεια, το προσωπικό υποδοχής είναι υπεύθυνο να τα προωθήσει στα τμήματα, στα οποία προορίζονται.

Για να μπορέσει ο παραλήπτης να προσδιορίσει ποιος έστειλε τι, θα πρέπει να υπάρχει ένας κωδικός, που να δηλώνει από που ήρθε κάθε αρχείο. Το ρόλο αυτό παίζει το TCP port πηγής, το οποίο καθορίζεται από τον αποστολέα. Έτσι, για παράδειγμα, τα αρχεία, που παραδίδει καθένας από τους τρεις μεταφορείς, θα πρέπει να έχουν κοινό TCP port πηγής. Για το προσωπικό υποδοχής, όμως, δεν έχει καμία σημασία ποιος έστειλε τα αρχεία. Αυτό που τους ενδιαφέρει είναι που κατευθύνονται, ώστε να τα παραδώσουν στα σωστά τμήματα. Χρειάζεται, επομένως, να υπάρχει άλλος κωδικός, που να προσδιορίζει τον παραλήπτη. Το ρόλο αυτό παίζει το TCP port προορισμού. Όταν τα αρχεία φθάσουν τελικά στον προορισμό τους, είναι απαραίτητοι και οι δύο προηγούμενοι κωδικοί, προκειμένου να προσδιορισθεί ποια αρχεία πραγματεύονται το ίδιο θέμα. Έτσι, για παράδειγμα, το τμήμα με TCP port 1003, το οποίο, όπως είναι επόμενο, λαμβάνει όλα τα αρχεία, που φέρουν ως TCP port προορισμού το 1003, γνωρίζει ότι όλα τα αρχεία με TCP port πηγής 1000 πραγματεύονται το ίδιο θέμα, ενώ αυτά με TCP port πηγής 1002 πραγματεύονται κάποιο άλλο θέμα (Σχήμα 7-10).

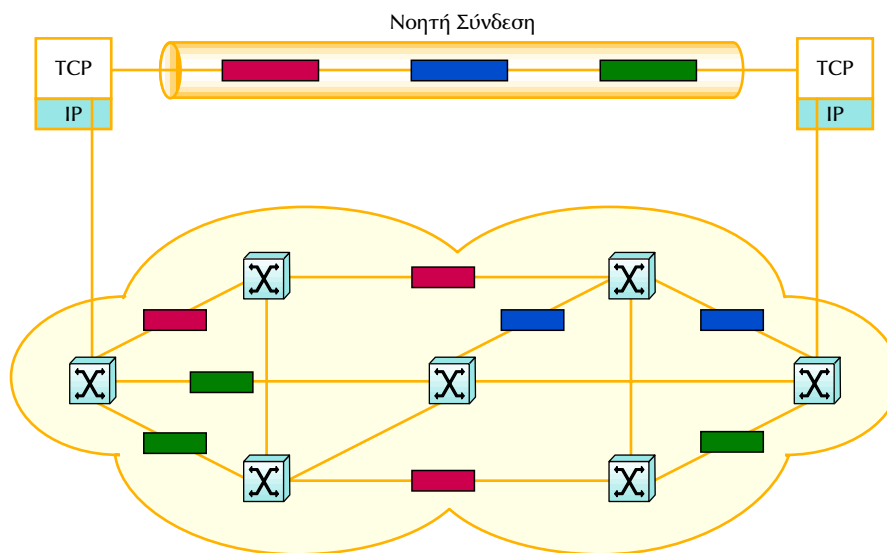


Σχήμα 7-10 Συσχέτιση εισερχομένων τμημάτων και συνδέσεων με βάση τα TCP ports

Σε αναλογία με το παραπάνω παράδειγμα κάθε φορά, που εγκαθίσταται μία νέα σύνδεση, προσδιορίζονται τα TCP ports πηγής και προορισμού, τα οποία γίνονται γνωστά και στα δύο άκρα της σύνδεσης. Η συνήθης πρακτική είναι τα προγράμματα χρηστών, να χρησιμοποιούν τυχαία TCP ports, που ανατίθενται δυναμικά κάθε φορά, που απαιτείται η εγκατάσταση νέας σύνδεσης. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένες εφαρμογές, που χρησιμοποιούν συγκεκριμένα TCP ports, τα οποία τους έχουν επίσημα ανατεθεί. Η επικοινωνία των χρηστών με αυτές τις εφαρμογές γίνεται μέσω των προκαθορισμένων TCP ports με βάση την εξής σύμβαση: οποιαδήποτε αίτηση χρήστη χρησιμοποιεί αυτά τα TCP ports απευθύνεται στις αντίστοιχες εφαρμογές. Έτσι, για παράδειγμα, η εφαρμογή μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol, FTP) χρησιμοποιεί πάντα το TCP port 21. Κάθε φορά, που θέλουμε να επικοινωνήσουμε με αυτή την εφαρμογή, θέτουμε σαν TCP port προορισμού το 21. Ο εξυπηρετητής της εφαρμογής FTP γνωρίζει, ότι όλα τα τμήματα με TCP port προορισμού 21 απευθύνονται σε αυτόν και προχωρά στην επεξεργασία τους.

7.3.1 TCP συνδέσεις

Στην παρουσίαση του πρωτοκόλλου TCP είπαμε, ότι πρόκειται για πρωτόκολλο προσανατολισμένο σε **σύνδεση**. Τι είναι όμως η TCP σύνδεση και πως το πρωτόκολλο συσχετίζει τα TCP τμήματα με τη σύνδεση, στην οποία, ανήκουν; Τα ερωτήματα αυτά θα απαντηθούν στην παρούσα παράγραφο.



Σχήμα 7-11 TCP Σύνδεση

Ο όρος σύνδεση στο πρωτόκολλο TCP έχει την έννοια νοητής σύνδεσης, που εγκαθίσταται από το πρωτόκολλο TCP και χρησιμοποιείται για να συνδέσει δύο τελικά σημεία. Φανταστείτε την σύνδεση αυτή σαν νοητό σωλήνα, που συνδέει τα δύο άκρα και χρησιμοποιείται για να μεταφέρει τα δεδομένα από το ένα άκρο στο άλλο (Σχήμα 7-11). Η σύνδεση είναι νοητή, γιατί δεν υπάρχει συγκεκριμένος δρόμος, τον οποίο ακολουθούν όλα τα τμήματα, προκειμένου να φτάσουν από την πηγή στο προορισμό. Αντίθετα, κάθε τμήμα (ή καλύτερα τα κομμάτια, στα οποία διασπάται κάθε τμήμα καθώς διέρχεται από το πρωτόκολλο IP και μεταδίδεται στο φυσικό μέσο) ακολουθεί τη δική του διαδρομή, με αποτέλεσμα τα τμήματα της σύνδεσης να φτάνουν στον προορισμό μπερδεμένα τόσο μεταξύ τους όσο και με τμήματα άλλων συνδέσεων. Το πρωτόκολλο TCP αναλαμβάνει με βάση ορισμένα αναγνωριστικά στοιχεία να προσδιορίσει, ποια τμήματα ανήκουν σε κάθε σύνδεση και τα να παραδώσει στην ανάλογη εφαρμογή.

Για να κατανοήσουμε καλύτερα τον τρόπο, που δουλεύουν οι TCP συνδέσεις και πως αυτές προσδιορίζονται από το πρωτόκολλο TCP είναι καλύτερα να τις εξετάσουμε μέσα από παράδειγμα.

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε ότι μέσω της εφαρμογής μεταφοράς αρχείων (*File Transfer Protocol, FTP*) θέλουμε να στείλουμε αρχείο σε έναν άλλο υπολογιστή. Για να μπορέσει να ξεκινήσει η διαδικασία αποστολής του αρχείου δεν είναι αρκετή μόνο η γνώση της IP διεύθυνσης προορισμού. Αρχικά, θα πρέπει να αποκαταστήσουμε μία σύνδεση με τον FTP εξυπηρετητή στο απέναντι άκρο. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει, όταν συνδεθούμε με τον υπολογιστή προορισμού, να δηλώσουμε, ότι θέλουμε να μιλήσουμε με τον FTP εξυπηρετητή. Η επικοινωνία με τον FTP εξυπηρετητή γίνεται μέσω του TCP port.

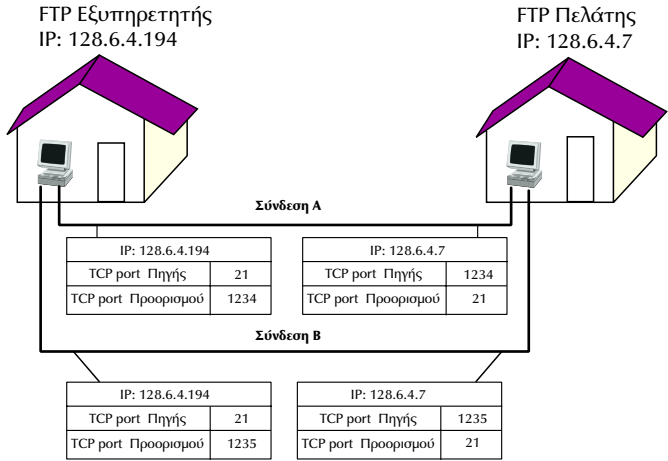
Έτσι, για την μεταφορά αρχείου η τυπική σειρά των διαδικασιών, που εκτελούνται, είναι η ακόλουθη: Πρώτα, τρέχει η εφαρμογή FTP στην πλευρά αυτού, που θέλει να μεταφέρει το αρχείο. Αυτή θα ανοίξει μία σύνδεση με τον FTP εξυπηρετητή του απέναντι άκρου χρησιμοποιώντας για το δικό της άκρο κάποιο τυχαίο TCP port, ας πούμε το 1234. Αντίθετα, θα προσδιορίσει σαν TCP port προορισμού το 21, γιατί αυτό είναι, που έχει ανατεθεί στον FTP εξυπηρετητή. Για την πραγματοποίηση της επικοινωνίας, συμμετέχουν δύο διαφορετικά προγράμματα. Το πρόγραμμα FTP, που τρέχει στην πλευρά του αποστολέα και η εκτέλεσή του ξεκίνησε από το χρήστη και το πρόγραμμα, που εκτελείται στο απέναντι άκρο από τον FTP εξυπηρετητή. Το πρόγραμμα FTP, που εκτελείται από τον αποστολέα (διεργασία πελάτη του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή), είναι πρόγραμμα, που έχει σχεδιαστεί να δέχεται εντολές από το τερματικό του χρήστη και έχει σαν έργο να τις περνά στο άλλο άκρο. Το πρόγραμμα, που εκτελεί ο FTP εξυπηρετητής (διεργασία εξυπηρετητή του μοντέλου πελάτη – εξυπηρετητή), έχει σχεδιαστεί να δέχεται εντολές μέσω σύνδεσης δικτύου με

TCP port 21. Για το πρόγραμμα, που τρέχει στον υπολογιστή του αποστολέα, δεν χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί κάποιο συγκεκριμένο TCP port, γιατί κανείς δεν πρόκειται να το αναζητήσει. Όμως, για το πρόγραμμα, που εκτελείται από τον FTP εξυπηρετητή, πρέπει να χρησιμοποιηθεί το συγκεκριμένο TCP port (21), έτσι ώστε ο FTP εξυπηρετητής να αναγνωρίσει, ότι τα εισερχόμενα τμήματα απευθύνονται σε αυτόν.

Κάθε σύνδεση περιγράφεται πλήρως από τέσσερις αριθμούς: Τις IP διευθύνσεις της πηγής και του προορισμού και τα TCP ports κάθε άκρου. Οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζουν με μοναδικό τρόπο μία TCP σύνδεση και είναι αυτοί, που χρησιμοποιούνται, προκειμένου το πρωτόκολλο TCP να προσδιορίσει ποια τμήματα ανήκουν σε κάθε σύνδεση. Επομένως, όλα τα πακέτα, που φέρουν την ίδια τετράδα αριθμών ανήκουν στην ίδια σύνδεση. Αυτό σημαίνει, ότι η ίδια τετράδα αριθμών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δύο διαφορετικές συνδέσεις. Προκειμένου να αποφευχθούν σφάλματα, θα πρέπει τουλάχιστον ένας από τους τέσσερις αριθμούς των δύο συνδέσεων να είναι διαφορετικός. Αυτό μπορεί να συμβεί στην περίπτωση, που δύο διαφορετικοί χρήστες, που χρησιμοποιούν τον ίδιο υπολογιστή, στέλνουν αρχεία στον ίδιο υπολογιστή προορισμού. Το σενάριο αυτό (Σχήμα 7-12) μπορεί να οδηγήσει σε συνδέσεις με τα χαρακτηριστικά που δίνονται στον Πίνακα 7-1.

	Internet διευθύνσεις πηγής και προορισμού	TCP ports πηγής και προορισμού
Σύνδεση Α	128.6.4.7, 128.6.4.194	1234, 21
Σύνδεση Β	128.6.4.7, 128.6.4.194	1235, 21

Πίνακας 7.1. Internet διευθύνσεις και TCP ports.



Σχήμα 7-12 TCP Συνδέσεις

Δεδομένου ότι και στις δύο συνδέσεις ο υπολογιστής πηγής και ο υπολογιστής προορισμού είναι ίδιοι, οι IP διευθύνσεις πηγής και προορισμού θα είναι ίδιες. Επιπρόσθετα, επειδή και στις δύο συνδέσεις εκτελείται η ίδια λειτουργία, μεταφορά αρχείου, στο ένα άκρο και των δύο συνδέσεων πρέπει να έχει ανατεθεί το TCP port της εφαρμογής FTP. Η μόνη διαφορά, που παρουσιάζεται στις δύο συνδέσεις είναι το TCP port, που έχει ανατεθεί στο άκρο του προγράμματος, που εκτελείται από το χρήστη.

7.4 Πρωτόκολλο UDP

Μέχρι τώρα περιγράψαμε συνδέσεις, που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP. Θυμηθείτε, ότι το TCP είναι υπεύθυνο για το τεμαχισμό των μηνυμάτων σε τμήματα και την επανασύνδεσή τους στον προορισμό. Εντούτοις, σε πολλές εφαρμογές έχουμε μηνύματα, που χωρούν σε ένα τμήμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων μηνυμάτων αποτελούν οι ερωτήσεις, που στέλνει ένα σύστημα, προκειμένου να προσδιορίσει μία άγνωστη διεύθυνση προορισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις μοιάζει ανόητο να χρησιμοποιούμε το πρωτόκολλο TCP. Φυσικά, το TCP κάνει πολύ περισσότερα από το να σπάει τα μηνύματα σε τμήματα. Στην περίπτωση, όμως μίας ερώτησης, που χωρά σε ένα τμήμα, δεν χρειαζόμαστε όλη την πολυπλοκότητα, που εισάγει το πρωτόκολλο TCP, προκειμένου να εξασφαλίσουμε την αξιόπιστη μετάδοση της. Για τέτοιες εφαρμογές, που δεν χρειάζονται όλη την πολυπλοκότητα του πρωτοκόλλου TCP, έχει σχεδιαστεί ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, το οποίο ονομάζεται **Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη (User Datagram Protocol, UDP)**. Το UDP είναι πρωτόκολλο, που παρέχει υπηρεσίες αυτοδύναμου πακέτου.

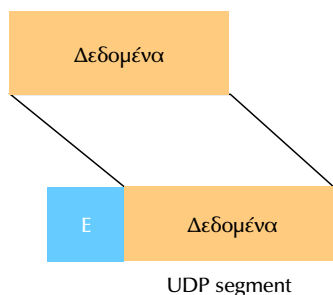
Το UDP χρησιμοποιείται, κυρίως, από εφαρμογές, στις οποίες ο κρίσιμος παράγοντας είναι η ταχύτητα και στις οποίες δεν έχει νόημα η επαναμετάδοση των δεδομένων για την αποκατάσταση τυχόν σφαλμάτων, που συνέβησαν κατά την μετάδοση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων εφαρμογών είναι η μετάδοση φωνής. Στην μετάδοση φωνής δεν έχει νόημα η επαναμετάδοση πακέτων (λέξεων), ενώ θα πρέπει να μειωθεί στο ελάχιστο η καθυστέρηση, που εισάγει το πρωτόκολλο έτσι, ώστε να μην παρατηρούνται μεγάλες καθυστερήσεις, διαφορετικά ο παραλήπτης θα αντιλαμβάνεται ομιλία πολύ κακής ποιότητας.

Η διαφορά του UDP από το TCP είναι, ότι το UDP δεν εκτελεί τόσες λειτουργίες όσες το TCP. Δεν τεμαχίζει τα δεδομένα σε πολλαπλά τμήματα. Δεν κρατά αντίγραφα από τα δεδομένα, που έχουν σταλεί, ώστε σε περίπτωση, που δεν φτάσουν έγκαιρα στον προορισμό ή συμβούν σφάλματα μετάδοσης, να γίνει επαναμετάδοσή τους. Δεν εξασφαλίζει, ότι τα τμήματα θα παραδοθούν στον προορισμό τους με τη σειρά, που στάλθηκαν από τον αποστολέα. Επομένως, στην περίπτωση, που χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο UDP, καταστάσεις, όπως: απώλεια μηνύματος, πολλαπλά αντίγραφα, μεγάλες καθυστερήσεις, λήψη μηνυμάτων εκτός σειράς, έλεγχος ροής, διακοπή της επικοινωνίας πρέπει να τις χειρίζονται οι εφαρμογές.

Η επικοινωνία του πρωτοκόλλου UDP με τα προγράμματα εφαρμογής γίνεται μέσω αφηρημένων σημείων επικοινωνίας, που ονομάζονται **UDP θύρες (UDP ports)**. Κάθε UDP port προσδιορίζεται από ένα θετικό ακέραιο αριθμό των 16 bits, ο οποίος βρίσκεται στην επικεφαλίδα του UDP τμήματος. Εάν κάποια εφαρμογή θέλει να χρησιμοποιήσει το πρωτόκολλο UDP, πρέπει να συσχετισθεί με κάποιο UDP port. Η ανάθεση των UDP port στις εφαρμογές γίνεται από το λειτουργικό σύστημα. Τα UDP ports παρέχουν τη δυνατότητα στο λογισμικό του πρωτοκόλλου UDP να χρησιμοποιείται ταυτόχρονα από διαφορετικές εφαρμογές και χρησιμοποιούνται, όπως ακριβώς και τα αντίστοιχα TCP ports.

Ας δούμε, όμως, πιο αναλυτικά, πως μία εφαρμογή μπορεί να επικοινωνήσει με κάποια άλλη μέσω του πρωτοκόλλου UDP. Το μονοπάτι επικοινωνίας μεταξύ της εφαρμογής και του πρωτοκόλλου UDP πραγματοποιείται μέσω των UDP ports. Όπως και στο πρωτόκολλο TCP, έτσι και στο UDP για ορισμένες εφαρμογές έχουν καθορισθεί συγκεκριμένα ports, που είναι ευρέως γνωστά και χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο για την επικοινωνία με τους εξυπηρετητές αυτών των εφαρμογών. Οποιοδήποτε τμήμα φέρει στην επικεφαλίδα του τον αριθμό του UDP port, που έχει ανατεθεί σε συγκεκριμένη εφαρμογή, αναγνωρίζεται από τον εξυπηρετητή της εφαρμογής, ο οποίος, στη συνέχεια, προχωρά στην επεξεργασία του τμήματος. Για παράδειγμα, ο εξυπηρετητής του **Απλού Πρωτοκόλλου Διαχείρισης Δικτύου (Simple Network Management Protocol, SNMP)**, περιμένει και λαμβάνει μηνύματα, που φέρουν σαν UDP port τον αριθμό 161. Για την εφαρμογή αυτή θα μιλήσουμε στο 8ο Κεφάλαιο.

Κάθε UDP τμήμα, όπως και το TCP τμήμα, αποτελείται από δύο μέρη, την επικεφαλίδα και τα προς μετάδοση δεδομένα (Σχήμα 7-13).



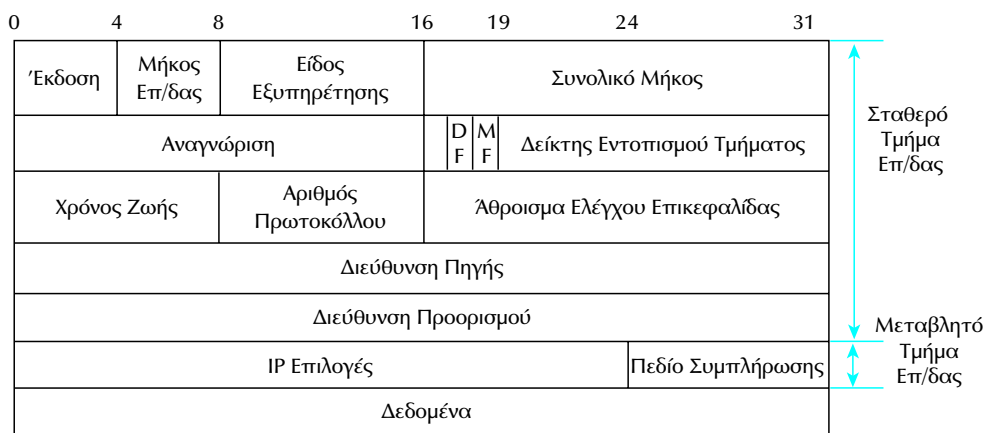
Σχήμα 7-13 Δημιουργία UDP τμήματος

Κάθε εισερχόμενο IP αυτοδύναμο πακέτο, που στην IP επικεφαλίδα του έχει την ένδειξη UDP διαβιβάζεται από το πρωτόκολλο IP στο πρωτόκολλο UDP. Η βασική λειτουργικότητα, που προσθέτει το πρωτόκολλο UDP σε αυτές του πρωτοκόλλου IP, είναι η πολυπλεξία της πληροφορίας διαφορετικών εφαρμογών με βάση τα UDP ports.

7.5 Πρωτόκολλο IP

Το πρωτόκολλο **Διαδικτύου (Internet Protocol, IP)** είναι το βασικό πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου της τεχνολογίας TCP/IP. Η λειτουργία του βασίζεται στην ιδέα των **αυτοδύναμων πακέτων (datagrams)**, τα οποία μεταφέρονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο από την πηγή στον προορισμό, χωρίς να εξασφαλίζεται η αξιόπιστη μετάδοσή τους. Όλοι οι έλεγχοι αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων έχουν τοποθετηθεί στο επίπεδο μεταφοράς και πραγματοποιούνται από το πρωτόκολλο TCP.

Κάθε φορά, που το πρωτόκολλο TCP (ή UDP) θέλει να μεταδώσει ένα τμήμα, το προωθεί στο πρωτόκολλο IP προσδιορίζοντας τη διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού. Αυτή η διεύθυνση αποτελεί και το μόνο στοιχείο, το οποίο έχει ενδιαφέρον για το πρωτόκολλο IP. Έτσι, το IP δεν ενδιαφέρεται καθόλου για το τι περιέχει το τμήμα ή πως αυτό συσχετίζεται με προηγούμενα ή επόμενα τμήματα, που λαμβάνει από το πρωτόκολλο TCP (ή UDP) και τα οποία πρέπει να προωθήσει στον προορισμό τους. Κάθε φορά, που το IP λαμβάνει ένα TCP (ή UDP) τμήμα, προσθέτει σε αυτό τη δική του επικεφαλίδα και σχηματίζει με αυτό το τρόπο ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, του οποίου το μέγιστο μήκος έχει καθορισθεί στα 64 Kbytes. Από τη στιγμή, που το πρωτόκολλο IP έχει σχηματίσει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, ο ρόλος του περιορίζεται στο να βρει την κατάλληλη διαδρομή, που θα το οδηγήσει και θα το παραδώσει στον προορισμό του. Η μορφή του IP αυτοδύναμου πακέτου δίνεται στο Σχήμα 7-14.



Σχήμα 7-14 IP αυτοδύναμο πακέτο

Από τη στιγμή, που έχει προσδιορισθεί η διαδρομή ενός αυτοδύναμου πακέτου και προκειμένου να φθάσει στον προορισμό του, μεταδίδεται μέσω των φυσικών δικτύων, τα οποία περιγράφονται στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου του

μοντέλου TCP/IP ή στα δύο χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου του OSI. Τα φυσικά δίκτυα, ανάλογα με τη τεχνολογία, που ακολουθούν, ενδέχεται να χρησιμοποιούν μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς διαφορετικό από αυτό των IP αυτοδύναμων πακέτων (64 Kbytes). Για να αντιμετωπιστεί ένα τέτοιο ενδεχόμενο, το πρωτόκολλο IP έχει τη δυνατότητα διάσπασης των αυτοδύναμων πακέτων σε μικρότερα τμήματα, που ονομάζονται **κομμάτια (fragments)**. Τα κομμάτια αυτά, όταν φθάσουν στον τελικό προορισμό τους, ανασυντίθενται και σχηματίζουν το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Η διάσπαση των αυτοδύναμων πακέτων πραγματοποιείται στον πρώτο δρομολογητή, ο οποίος, στην προσπάθειά του να μεταδώσει το αυτοδύναμο πακέτο μέσω φυσικού δικτύου, διαπιστώνει, ότι το φυσικό δίκτυο, στο οποίο πρέπει να σταλεί, χρησιμοποιεί μέγιστο μήκος πακέτου μικρότερο από το μήκος του αυτοδύναμου πακέτου. Τα κομμάτια, που δημιουργούνται από τη διάσπαση ενός αυτοδύναμου πακέτου, αποτελούν νέα εντελώς ανεξάρτητα αυτοδύναμα πακέτα, που το καθένα ακολουθεί δική του διαδρομή. Προκειμένου το πρωτόκολλο IP του υπολογιστή προορισμού να προσδιορίσει σε ποιο αυτοδύναμο πακέτο ανήκει το κάθε κομμάτι, που λαμβάνει, χρησιμοποιεί το πεδίο **Αναγνώριση** της IP επικεφαλίδας. Όλα τα κομμάτια, που έχουν την ίδια τιμή σε αυτό το πεδίο, ανήκουν στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο.

Μέχρι τώρα είδαμε, πως με τη βοήθεια του πεδίου Αναγνώριση, το πρωτόκολλο IP συσχετίζει τα κομμάτια που λαμβάνει με το αυτοδύναμο πακέτο, στο οποίο ανήκουν. Πως όμως το IP, όταν λαμβάνει ένα πακέτο γνωρίζει, ότι αυτό είναι ξεχωριστό αυτοδύναμο πακέτο και όχι κομμάτι ενός μεγαλύτερου αυτοδύναμου πακέτου; Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται το πεδίο **ένδειξης ύπαρξης περισσότερων κομματιών (More Fragments, MF)**. Εάν το πεδίο MF έχει τεθεί σε 1, σημαίνει, ότι το αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπασθεί σε περισσότερα κομμάτια. Όλα τα κομμάτια, στα οποία έχει διασπασθεί το αυτοδύναμο πακέτο, εκτός από το τελευταίο, θέτουν το πεδίο MF σε 1. Εάν ο υπολογιστής προορισμού, για κάποιο λόγο, δεν έχει την δυνατότητα να συναρμολογήσει ένα αυτοδύναμο πακέτο, εάν αυτό διασπασθεί σε κομμάτια, θέτει το πεδίο **ένδειξης απαγόρευσης διάσπασης αυτοδύναμου πακέτου (Don't Fragment, DF)** σε 1. Η τιμή 1 στο πεδίο DF σημαίνει, ότι απαγορεύεται η διάσπαση του αυτοδύναμου πακέτου σε μικρότερα κομμάτια. Στην περίπτωση που, ενώ απαγορεύεται η διάσπαση του αυτοδύναμου πακέτου, αυτό πρέπει να μεταδοθεί μέσω δικτύου που υποστηρίζει πακέτα μικρότερου μήκους, εάν υπάρχει εναλλακτική διαδρομή, το δίκτυο παρακάμπτεται. Διαφορετικά, το αυτοδύναμο πακέτο απορρίπτεται.

Άλλη σημαντική ερώτηση, που προκύπτει, είναι με ποιο τρόπο το πρωτόκολλο IP προσδιορίζει τη θέση κάθε κομματιού μέσα στο αυτοδύναμο πακέτο, ώστε να τοποθετήσει τα κομμάτια, που λαμβάνει, στη σωστή σειρά, προκειμένου να συναρμολογήσει το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Η λειτουργία αυτή πραγματοποιείται μέσω του πεδίου **Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος**. Ο Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος προσδιορίζει σε ποιο σημείο του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου ανήκει το συγκεκριμένο κομμάτι και μετρείται σε οκτάδες οκτάδων (οκτάδες bytes).

Πέρα από τα πεδία της IP επικεφαλίδας, στα οποία έχουμε ήδη αναφερθεί, πολύ σημαντικά πεδία για τις λειτουργίες του IP είναι οι **Internet διευθύνσεις πηγής** και **προορισμού**, ο **Αριθμός Πρωτοκόλλου** και το **Άθροισμα Ελέγχου**. Η διεύθυνση πηγής προσδιορίζει την IP διεύθυνση του υπολογιστή, που στέλνει το αυτοδύναμο πακέτο (το πεδίο αυτό είναι απαραίτητο, ώστε το απέναντι άκρο να γνωρίζει ποιος έστειλε το αυτοδύναμο πακέτο). Η διεύθυνση προορισμού είναι η IP διεύθυνση του υπολογιστή, στον οποίο πρέπει να παραδοθεί το αυτοδύναμο πακέτο. Η διεύθυνση αυτή ενημερώνει τους δρομολογητές ή τα άλλα ενδιαμέσα συστήματα δικτύου, από τα οποία περνά το αυτοδύναμο πακέτο κατά την περιπλάνησή του στο Διαδίκτυο, για το ποιος είναι ο προορισμός του, ώστε να το προωθήσουν σε αυτόν. Το πεδίο Αριθμός Πρωτοκόλλου πληροφορεί το πρωτόκολλο IP στο απέναντι άκρο, σε ποιο πρωτόκολλο ανωτέρου επιπέδου πρέπει να παραδώσει το αυτοδύναμο πακέτο (για παράδειγμα στο TCP ή στο UDP). Ο Αριθμός Πρωτοκόλλου λαμβάνει τη τιμή, που αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς, το οποίο έστειλε στο πρωτόκολλο IP το τμήμα, από το οποίο δημιουργήθηκε το αυτοδύναμο πακέτο. Το πεδίο Άθροισμα Ελέγχου επιτρέπει στο πρωτόκολλο IP στο απέναντι άκρο να ελέγξει την ορθότητα της επικεφαλίδας του αυτοδύναμου πακέτου. Ο έλεγχος αυτός είναι επιβεβλημένος, γιατί, καθώς το αυτοδύναμο πακέτο περνά από δρομολογητή σε δρομολογητή, η επικεφαλίδα του συνεχώς τροποποιείται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η πιθανότητα να συμβεί κάποιο σφάλμα.

Το πεδίο **Έκδοση** χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει την έκδοση του πρωτοκόλλου IP, στην οποία ανήκει το αυτοδύναμο πακέτο. Είναι σημαντικό, όλοι όσοι εμπλέκονται στη διαχείριση ενός αυτοδύναμου πακέτου να ακολουθούν την ίδια έκδοση πρωτοκόλλου.

Το πεδίο **Μήκος Επικεφαλίδας** δηλώνει το μήκος της επικεφαλίδας σε λέξεις των 32-bits. Η μικρότερη τιμή, που μπορεί να πάρει, είναι 5. Το μήκος αυτό προσδιορίζει το μήκος του σταθερού τμήματος της επικεφαλίδας (Σχήμα 7-14). Επειδή το μεταβλητό μήκος της επικεφαλίδας δεν έχει απαραίτητα μήκος πολλαπλάσιο των 32 bits, χρησιμοποιείται το πεδίο **Συμπλήρωσης**, ώστε το συνολικό μήκος της επικεφαλίδας να είναι πάντα πολλαπλάσιο των 32 bits. Το πεδίο **IP Επιλογές** χρησιμοποιείται για ειδικές λειτουργίες του πρωτοκόλλου. Το πεδίο **Συνολικό Μήκος** δίνει το μήκος όλου του αυτοδύναμου πακέτου (επικεφαλίδας και δεδομένων). Το μέγιστο μήκος του είναι 65.536 bytes ($64 \text{ Kbytes} = 64 * 1.024 \text{ bytes} = 65.536 \text{ bytes}$). Στην περίπτωση, που ένα αυτοδύναμο πακέτο έχει διασπασθεί σε κομμάτια, το πεδίο δίνει το μήκος του συγκεκριμένου κομματιού και όχι ολόκληρου του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.

Το πεδίο **Είδος Εξυπηρέτησης** χρησιμοποιείται, για να δηλώσει ο υπολογιστής, τι είδους εξυπηρέτηση ζητάει από το επικοινωνιακό υποδίκτυο. Τα χαρακτηριστικά, που προσδιορίζουν την υπηρεσία, που προσφέρει το υποδίκτυο και που χρησιμοποιούνται από το IP, για να περιγράψουν τις απαιτήσεις του είναι: η ρυθμοαπόδοση, η αξιοπιστία και η καθυστέρηση.

Το πεδίο **Χρόνος Ζωής** είναι μετρητής, που χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει το χρόνο ζωής των αυτοδύναμων πακέτων. Κάθε φορά που ένα αυτοδύναμο πακέτο διέρχεται από δρομολογητή, το πεδίο μειώνεται τουλάχιστον κατά ένα. Όταν το πεδίο πάρει την τιμή μηδέν, το αυτοδύναμο πακέτο απορρίπτεται. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται, για να καταστρέφονται αυτοδύναμα πακέτα, τα οποία είτε έχουν χάσει το δρόμο τους και έχουν καθυστερήσει πολύ να φτάσουν στον προορισμό τους είτε έχει συμβεί κάποιο σφάλμα στη διεύθυνση προορισμού, με αποτέλεσμα να περιφέρονται άσκοπα στο δίκτυο ή να έχουν κλειδωθεί σε ατέρμονο βρόχο.

Στην συνέχεια, ακολουθεί παράδειγμα, για να καταλάβουμε καλύτερα το τρόπο, με τον οποίο γίνεται η διάσπαση των αυτοδύναμων πακέτων σε κομμάτια, αλλά και πως χρησιμοποιούνται τα πεδία της IP επικεφαλίδας.

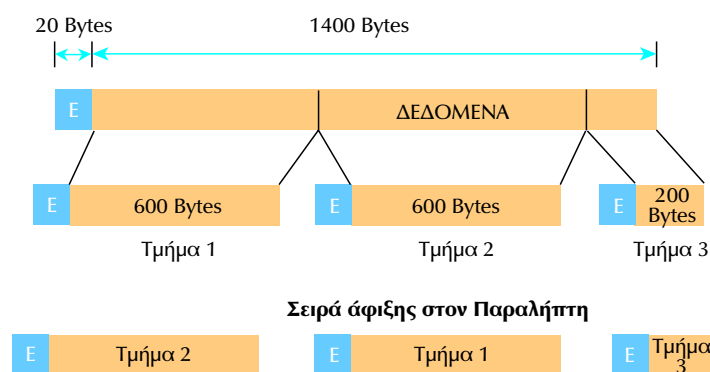
Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι έχουμε ένα αυτοδύναμο πακέτο 1.400 bytes δεδομένων, με επικεφαλίδα των 20 bytes, το οποίο πρέπει να μεταδοθεί μέσω φυσικού δικτύου, που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 620 bytes.

Για να μεταδοθεί αυτό το αυτοδύναμο πακέτο, πρέπει να διασπασθεί σε τρία κομμάτια τα δύο εκ των οποίων έχουν μήκος 620 bytes (20 bytes επικεφαλίδα και 600 bytes δεδομένα) και το τρίτο 220 bytes (20 bytes επικεφαλίδα και 200 bytes δεδομένα). Έτσι, το πεδίο Συνολικό Μήκος για τα δύο πρώτα κομμάτια είναι 620 bytes, ενώ για το τρίτο 220 bytes. Στα δύο πρώτα κομμάτια το πεδίο MF έχει την τιμή 1, που δηλώνει, ότι δεν είναι τα τελευταία κομμάτια του αυτοδύναμου πακέτου, ενώ στο τρίτο κομμάτι το MF έχει τεθεί σε 0. Το πεδίο Αναγνώρισης έχει σε όλα τα κομμάτια την ίδια τιμή, π.χ. 100, δηλώνοντας, έτσι, ότι και τα τρία κομμάτια ανήκουν στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο. Το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος για το πρώτο κομμάτι παίρνει τη τιμή 0, για το δεύτερο τη τιμή 75 (600 bytes / 8) και για το τρίτο τη τιμή 150 (1200 / 8). Σε αντιστοιχία με την υπόθεση, που έγινε για την επικεφαλίδα του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου, ότι έχει μήκος 20 bytes, αποτελείται δηλαδή μόνο από το σταθερό της τμήμα, το ίδιο θεωρούμε, ότι ισχύει και για τα τρία νέα κομμάτια, που προκύπτουν. Επομένως, τα σχηματιζόμενα κομμάτια δεν έχουν πεδία IP Επιλογών και Συμπλήρωσης στην επικεφαλίδα τους, ενώ το πεδίο Μήκος Επικεφαλίδας έχει τη τιμή 5 (τα 20 bytes αντιστοιχούν σε 5 λέξεις των 32 bits). Το πεδίο DF έχει τη τιμή 0, αφού δεν υπάρχει απαγόρευση διάσπασης του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου. Το πεδίο Χρόνος Ζωής είναι πιθανό να έχει διαφορετική τιμή για καθένα ένα από τα νεο-σχηματιζόμενα κομμάτια κατά την άφιξη τους στον προορισμό τους, αφού το πεδίο αυτό μεταβάλλεται, καθώς τα κομμάτια διέρχονται μέσω του επικοινωνιακού υποδικτύου και κατευθύνονται προς το τελικό προορισμό τους. Επίσης, το πεδίο Αθροισμα Ελέγχου διαφέρει για καθένα από τα νεο-σχη-

ματιζόμενα κομμάτια. Τέλος, τα πεδία Έκδοση, Είδος Εξυπηρέτησης, Αριθμός Πρωτοκόλλου και Διευθύνσεις Πηγής και Προορισμού είναι ίδια για όλα τα κομμάτια και προκύπτουν από απλή μεταφορά των αντίστοιχων πεδίων του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.

Ας δούμε τώρα, πως ο υπολογιστής προορισμού συναρμολογεί το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο από τα κομμάτια, που λαμβάνει, εξετάζοντας τα πεδία Αναγνώρισης, MF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος της επικεφαλίδας τους. Ας υποθέσουμε, ότι τα κομμάτια φθάνουν με την εξής σειρά: πρώτα το δεύτερο μετά το τρίτο και τελευταίο το πρώτο. Το πρωτόκολλο IP, μόλις λάβει το δεύτερο κομμάτι από το πεδίο MF (1), καταλαβαίνει ότι δεν αποτελεί ξεχωριστό αυτοδύναμο πακέτο, ενώ από το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος (65) καταλαβαίνει, ότι το κομμάτι αυτό δεν είναι το πρώτο του αυτοδύναμου πακέτου. Έτσι, το κομμάτι τοποθετείται σε χώρο αναμονής, μέχρι να φθάσουν και τα υπόλοιπα κομμάτια, για να μπορέσει να σχηματισθεί το αρχικό αυτοδύναμο πακέτο. Με την άφιξη του τρίτου κομματιού από το πεδίο Αναγνώρισης (100) το πρωτόκολλο IP αντιλαμβάνεται, ότι το κομμάτι ανήκει στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο με το προηγούμενο, ενώ από το πεδίο MF (0) βλέπει, ότι πρόκειται για το τελευταίο κομμάτι του αυτοδύναμου πακέτου. Με την άφιξη του πρώτου κομματιού από το πεδίο Αναγνώρισης (100) αντιλαμβάνεται, ότι και αυτό ανήκει στο ίδιο αυτοδύναμο πακέτο, ενώ από το πεδίο Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος (0) καταλαβαίνει, ότι είναι το πρώτο κομμάτι του αυτοδύναμου πακέτου. Εξετάζοντας τα πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος όλων των κομματιών, διαπιστώνει, ότι όλα τα κομμάτια του αυτοδύναμου πακέτου έχουν φθάσει και είναι έτοιμο να προχωρήσει στη συναρμολόγηση του αρχικού αυτοδύναμου πακέτου.



Σχήμα 7-15 Αυτοδύναμο πακέτο 1.400 bytes δεδομένων, διάσπασή του σε τμήματα και σειρά άφιξης των τμημάτων στο προορισμό τους

7.6 Διευθυνσιοδότηση

Είδαμε, ότι η IP διεύθυνση προορισμού είναι αυτή, που υποδεικνύει σε ένα σύστημα, που να παραδώσει ένα αυτοδύναμο πακέτο. Συχνά, στη τεχνολογία TCP/IP ο όρος διεύθυνση χρησιμοποιείται μαζί με τους όρους όνομα και διαδρομή, οι οποίοι και αυτοί σχετίζονται με την παράδοση ενός αυτοδύναμου πακέτου στον προορισμό του.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των IP διευθύνσεων, ας δούμε, πως η διεύθυνση, το όνομα και η διαδρομή σχετίζονται μεταξύ τους. Η διεύθυνση προσδιορίζει, που βρίσκεται μία συσκευή, συνήθως τη φυσική ή τη λογική της θέση στο δίκτυο. Το όνομα είναι ένας ιδιαίτερος προσδιορισμός για μία συσκευή ή ακόμη και για ένα ολόκληρο δίκτυο. Τέλος, η διαδρομή είναι το μονοπάτι, που πρέπει να ακολουθήσει ένα αυτοδύναμο πακέτο, για να φτάσει στη διεύθυνση προορισμού. Συνήθως, για λόγους ευκολίας, προσδιορίζουμε τον παραλήπτη με ένα συμβολικό όνομα, που του έχει ανατεθεί, στη συνέχεια, το όνομα αυτό μετατρέπεται από το σύστημα στην αντίστοιχη διεύθυνση προορισμού, και, τέλος, καθορίζεται το μονοπάτι, που πρέπει να ακολουθήσει ένα πακέτο, για να φτάσει στον προορισμό του.

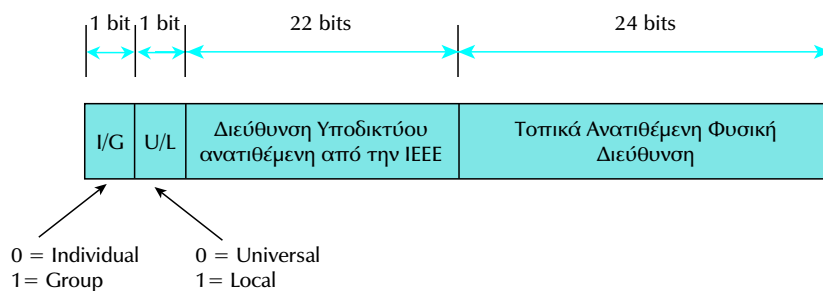
7.6.1 Διεύθυνση Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο (Media Access Control, MAC Διεύθυνση)

Κάθε συσκευή σε ένα δίκτυο, η οποία επικοινωνεί με άλλες, εκτός από τη **διεύθυνση επιπέδου IP**, διαθέτει και μία **φυσική διεύθυνση**, η οποία ονομάζεται και **διεύθυνση υλικού (hardware address)**. Οι φυσικές διευθύνσεις είναι μοναδικές, διαφορετικά δεν θα υπήρχε τρόπος προσδιορισμού των συσκευών στο δίκτυο και είναι συνήθως ενσωματωμένες στην κάρτα δικτύου από τον κατασκευαστή. Σύμφωνα με το μοντέλο OSI, αυτές οι διευθύνσεις αναφέρονται στο υποεπίπεδο **Ελέγχου Προσπέλασης στο Μέσο (Media Access Control – MAC)**, γι' αυτό ονομάζονται και MAC διευθύνσεις.

Στο υπο-επίπεδο ελέγχου προσπέλασης στο μέσο εκτελείται ανάλυση των εισερχομένων πακέτων και ελέγχεται η MAC διεύθυνση προορισμού τους. Εάν η διεύθυνση προορισμού αντιστοιχεί στη MAC διεύθυνση της συσκευής, τότε το αυτοδύναμο πακέτο περνά στα ανώτερα επίπεδα, διαφορετικά αγνοείται. Διατηρώντας αυτή την ανάλυση στο χαμηλότερο επίπεδο του OSI αποτρέπονται αδικαιολόγητες καθυστερήσεις, που θα εισήγαγε το πέρασμα όλων των πακέτων στα ανώτερα επίπεδα, προκειμένου να γίνει εκεί η ανάλυση και ο έλεγχος της διεύθυνσης προορισμού.

Το μήκος της MAC διεύθυνσης ποικίλει ανάλογα με το σύστημα, αν και τα περισσότερα συστήματα, μεταξύ των οποίων και το Ethernet, χρησιμοποιούν διευθύνσεις 48 bits. Όπως είναι φυσικό, για να επιτευχθεί η επικοινωνία, σε κάθε πακέτο αναγράφονται δύο διευθύνσεις: του παραλήπτη και του αποστολέα.

Σήμερα, το **Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE)** έχει αναλάβει το έργο ανάθεσης φυσικών διευθύνσεων σε παγκόσμιο επίπεδο. Σε κάθε οργανισμό ή εταιρία η IEEE αναθέτει μία μοναδική **ταυτότητα οργανισμού (Organization Unique Identifier – OUI)**, η οποία έχει μήκος 24 bits, επιτρέποντας στον οργανισμό να χρησιμοποιήσει και διανείμει τα άλλα 24 bits της φυσικής διεύθυνσης, όπως αυτός θέλει (Σχήμα 7-16).



Σχήμα 7-16 Δομή φυσικής διεύθυνσης

Η μορφή της φυσικής διεύθυνσης δίνεται στο Σχήμα 7-16, όπου τα πρώτα 24 bits αποτελούν την OUI: Το λιγότερο σημαντικό bit της διεύθυνσης προσδιορίζει, αν η διεύθυνση είναι ατομική ή ομαδική. Εάν το bit είναι 0, η διεύθυνση αναφέρεται σε ατομική διεύθυνση. Αν είναι 1 τότε το υπόλοιπο τμήμα της διεύθυνσης προσδιορίζει σύνολο διευθύνσεων, για το οποίο απαιτείται περαιτέρω ανάλυση. Αν όλα τα bit της OUI έχουν τεθεί σε 1, η διεύθυνση έχει ιδιαίτερη σημασία, σύμφωνα με την οποία όλοι οι υπολογιστές του συστήματος γίνονται αποδέκτες του μηνύματος.

Το επόμενο bit προσδιορίζει ποια αρχή έχει κάνει την ανάθεση της διεύθυνσης. Αν είναι 0, τότε η διεύθυνση έχει δοθεί σε παγκόσμιο επίπεδο από την IEEE, ενώ αν είναι 1, έχει ανατεθεί τοπικά. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται, γιατί, αν μία διεύθυνση που έχει ανατεθεί τοπικά, αποκωδικοποιηθεί σε διεύθυνση, που έχει ανατεθεί από την IEEE, θα προέκυπταν σημαντικά προβλήματα διευθυνσιοδότησης. Κάτι τέτοιο θα καταργούσε αυτόματα τη μοναδικότητα των φυσικών διευθύνσεων, αφού μία διεύθυνση, που ανατίθεται τοπικά, δεν αποκλείεται να είναι ίδια με κάποια άλλη διεύθυνση, που ανατίθεται από την IEEE.

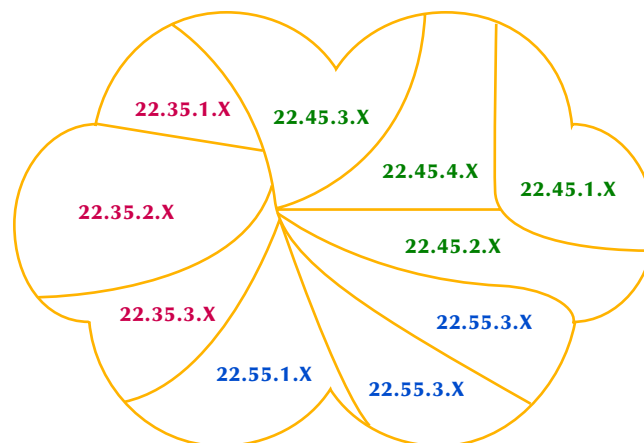
Τα επόμενα 22 bits συνθέτουν τη φυσική διεύθυνση υποδικτύου, που ανατέθηκε από την IEEE στον συγκεκριμένο οργανισμό. Το επόμενο σύνολο των 24 bits προσδιορίζει διευθύνσεις, η διαχείριση των οποίων γίνεται τοπικά από τον οργανισμό. Οργανισμοί, στους οποίους ανατίθενται διευθύνσεις υποδικτύου (OUI) από την IEEE, είναι οι εταιρίες κατασκευής καρτών δικτύου, για παράδειγμα Ethernet, οι οποίες

επιλέγουν τις διευθύνσεις των καρτών, που κατασκευάζουν, από την περιοχή διευθύνσεων (24 bits τοπικά ανατιθέμενης φυσικής διεύθυνσης) που τους έχει ανατεθεί. Αν κάποιος οργανισμός εξαντλήσει την περιοχή διευθύνσεων, που του έχει αναθέσει η ΙΕΕΕ, μπορεί να ζητήσει και δεύτερη διεύθυνση υποδικτύου (ΟUI).

7.6.2 IP διευθύνσεις

Η τεχνολογία TCP/IP χρησιμοποιεί διευθύνσεις 32 bits, προκειμένου να προσδιορίσει ένα υπολογιστή σε ένα δίκτυο αλλά και το ίδιο το δίκτυο. Η IP διεύθυνση προσδιορίζει τη σύνδεση μιας συσκευής στο δίκτυο και όχι την ίδια την συσκευή. Έτσι, όταν η θέση μιας συσκευής στο δίκτυο αλλάζει, τότε πρέπει να αλλάξει και η IP διεύθυνση της. Επίσης, μία συσκευή μπορεί να έχει περισσότερες από μία IP διευθύνσεις, στην περίπτωση που είναι συνδεδεμένη σε περισσότερα από ένα δίκτυα (κάθε διεύθυνση προσδιορίζει τη σύνδεση μίας συσκευής σε ένα δίκτυο). Αυτό συμβαίνει στην περίπτωση των δρομολογητών, όπου έχουν μία διεύθυνση για κάθε δίκτυο, στο οποίο συνδέονται.

Οι IP διευθύνσεις ακολουθούν ιεραρχική αρχιτεκτονική και αντανακλούν την εσωτερική, ιεραρχική διαίρεση του δικτύου σε υποδίκτυα. Η διαίρεση δικτύου σε υποδίκτυα παρουσιάζεται στο Σχήμα 7-17, όπου έχουμε ιεραρχία τριών επιπέδων (ο αστερίσκος αντιστοιχεί στον τέταρτο αριθμό κάθε διεύθυνσης, ο οποίος προσδιορίζει τον υπολογιστή). Από το Σχήμα 7-17 βλέπουμε, ότι έχουμε το δίκτυο 22, το οποίο έχει διαιρεθεί σε τρία υποδίκτυα: τα 35, 45 και 55. Επιπλέον, κάθε ένα από αυτά τα υποδίκτυα διαιρείται επίσης σε μικρότερα υποδίκτυα, που προσδιορίζονται από το τρίτο αριθμό της διεύθυνσης.



Σχήμα 7-17 Ιεραρχική διαίρεση δικτύου σε υποδίκτυα και χωρισμός διευθύνσεων σε υποδιευθύνσεις

Η γενική μορφή μιας IP διεύθυνσης δίνεται στο Σχήμα 7-18, όπου το πεδίο Δίκτυο προσδιορίζει το δίκτυο, με το οποίο είναι συνδεδεμένος ο υπολογιστής και το πεδίο Υπολογιστής το συγκεκριμένο υπολογιστή.



Σχήμα 7-18 Δομή διεύθυνσης IP

Η διαχείριση του αριθμητικού χώρου των IP διευθύνσεων γίνεται από το **Κέντρο Πληροφορίας Δικτύου (Network Information Center, NIC)**. Όλα τα TCP/IP διαδίκτυα, που είναι συνδεδεμένα στο παγκόσμιο Διαδίκτυο, πρέπει να χρησιμοποιούν αριθμούς δικτύου, που τους ανατίθενται από το NIC. Διαφορετικά, αν ο καθένας επιλέγει αυτόνομα τις δικές του διευθύνσεις, τότε αναλαμβάνει το ρίσκο της δημιουργίας σύγχυσης και χάους, όταν το δίκτυο του συνδεθεί στο Διαδίκτυο.

Αρχικά, όταν σχεδιάστηκε το Διαδίκτυο, υπήρχε η αίσθηση, ότι τελικά θα υπάρξουν πάρα πολλά δίκτυα. Αυτό οδήγησε στη σκέψη να δεσμευτούν για το τμήμα Δικτύου (Σχήμα 7-18) της IP διεύθυνσης 24 bits, ώστε να υπάρξουν διαθέσιμες διευθύνσεις για όλα τα πιθανά δίκτυα, που θα δημιουργηθούν. Παρόλο που τα περισσότερα από αυτά τα δίκτυα προβλέπονταν να είναι μικρά, εντούτοις υπήρχε η αντίληψη, ότι θα υπάρξουν και μερικά πολύ μεγάλα δίκτυα, τα οποία πιθανόν να απαιτούσαν 24 bits για το τμήμα Υπολογιστή της IP διευθύνσεις, προκειμένου να απεικονίσουν όλους τους υπολογιστές, που περιλαμβάνουν.

Οι δύο αυτές σκέψεις οδηγούσαν σε IP διευθύνσεις 48 bits. Κάτι τέτοιο, όμως, δεν ήταν επιθυμητό από τους σχεδιαστές του δικτύου, οι οποίοι σκόπευαν να χρησιμοποιήσουν διευθύνσεις 32 bits. Για να το επιτύχουν αυτό, έκαναν την υπόθεση, ότι τα περισσότερα δίκτυα θα είναι μικρά. Έτσι, δημιούργησαν τέσσερις διαφορετικές δομές διευθύνσεων (μία πέμπτη είναι δεσμευμένη για μελλοντική χρήση), οι οποίες χρησιμοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος του δικτύων. Οι δομές αυτές (Σχήμα 7-19) κατατάσσουν τις διευθύνσεις σε τέσσερις κλάσεις τις: A, B, C και D.

Η κλάση της διεύθυνσης καθορίζεται από τα πρώτα τέσσερα πιο σημαντικά bits της διεύθυνσης. Έτσι, όπως φαίνεται και από το Σχήμα 7-19, οι διευθύνσεις της κλάσης A αρχίζουν με 0, της κλάσης B με 10, της κλάσης C με 110 της κλάσης D με 1110, ενώ διευθύνσεις, που αρχίζουν με 1111 κρατούνται για μελλοντική χρήση.

Class A	0	Δίκτυο (7 bits)	Υπολογιστής (24 bits)
Class B	10	Δίκτυο (14 bits)	Υπολογιστής (16 bits)
Class C	110	Δίκτυο (21 bits)	Υπολογιστής (8 bits)
Class D	1110	Ομαδική Διεύθυνση (28 bits)	

Σχήμα 7-19 Κλάσεις IP Διευθύνσεων

Η **κλάση Α** είναι για μεγάλα δίκτυα με πολλούς υπολογιστές. Για το λόγο αυτό, δεσμεύονται 24 bits για το τμήμα Υπολογιστή και 7 bits για το τμήμα Δικτύου. Έτσι, η κλάση Α επιτρέπει την ύπαρξη 128 δικτύων με 16 εκατομμύρια υπολογιστές το καθένα.

Η **κλάση Β** είναι για μεσαία δίκτυα. Για το τμήμα Υπολογιστή της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται 16 bits, ενώ για το τμήμα Δικτύου 14 bits επιτρέποντας έτσι την ύπαρξη 16.384 δικτύων με 65.536 υπολογιστές το καθένα.

Για τα δίκτυα **κλάσης C** χρησιμοποιούνται μόνο 8 bits από το τμήμα Υπολογιστή, ενώ τα άλλα 21 χρησιμοποιούνται από το τμήμα Δικτύου. Έτσι, ο αριθμός των συσκευών, που μπορεί να είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, περιορίζεται στις 256, ενώ ο αριθμός των δικτύων φθάνει τα 2 εκατομμύρια.

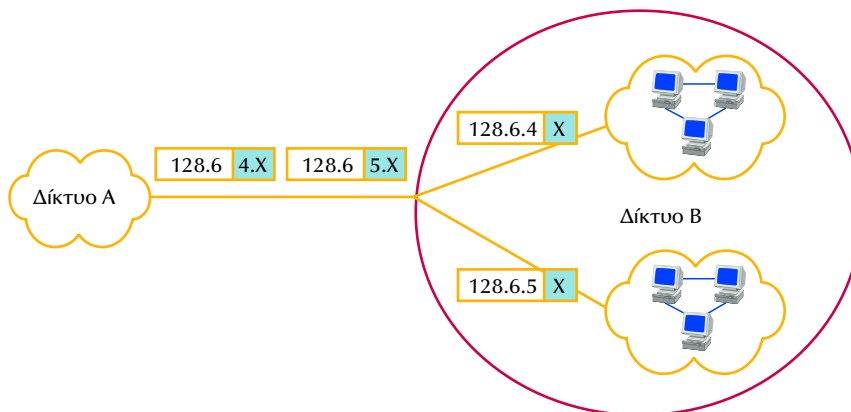
Οι διευθύνσεις της **κλάσης D** επιτρέπουν την ύπαρξη ομαδικών διευθύνσεων (multicast), διευθύνσεων δηλαδή, που απευθύνονται σε ομάδα υπολογιστών.

Οι IP διευθύνσεις συνηθίζεται να παρουσιάζονται σαν τέσσερα σύνολα των 8 bits, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από τελεία. Έτσι, οι IP διευθύνσεις παίρνουν την μορφή *δίκτυο.υπολογιστής.υπολογιστής.υπολογιστής* για την κλάση Α ή *δίκτυο.δίκτυο.δίκτυο.υπολογιστής* για την κλάση C (ανάλογα σε ποιο τμήμα της διεύθυνσης, Δικτύου ή Υπολογιστή, ανήκει η κάθε οκτάδα). Συνήθως, οι IP διευθύνσεις γράφονται στη δεκαδική τους μορφή, όπως για παράδειγμα 147.10.13.28, η οποία, εάν πρόκειται για διεύθυνση κλάσης Β, δηλώνει ότι η διεύθυνση του δικτύου είναι 147.10 και η τοπική του υπολογιστή 13.28.

Βλέπουμε, λοιπόν, ότι από μία διεύθυνση μπορούν εύκολα να εξαχθούν τα τμήματα, που αφορούν το δίκτυο και τον υπολογιστή. Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία και διευκολύνει την αποτελεσματική δρομολόγηση των αυτοδύναμων πακέτων.

7.6.3 Υποδίκτυα και Μάσκα Υποδικτύου

Πολλοί μεγάλοι οργανισμοί συνηθίζουν να διαιρούν τα δίκτυά τους σε επιμέρους υποδίκτυα, αφήνοντας ένα μικρό αριθμό bits για τον προσδιορισμό των τελικών υπολογιστών.



Σχήμα 7-20 Εσωτερική οργάνωση δικτύου οργανισμού σε υποδίκτυα

Παράδειγμα

Ας υποθέσουμε, ότι σε ένα μεγάλο οργανισμό έχει ανατεθεί η διεύθυνση δικτύου 128.6.X.X κλάσης Β. Ο οργανισμός αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει τη τρίτη οκτάδα της διεύθυνσης, για να προσδιορίσει σε ποιο τοπικό δίκτυο, π.χ. Ethernet, ανήκει ένας υπολογιστής. Αυτή η διαίρεση δεν έχει καμία σημασία έξω από το δίκτυο του οργανισμού, με αποτέλεσμα οποιοσδήποτε υπολογιστής κάποιου άλλου οργανισμού να χειρίζεται όλα τα αυτοδύναμα πακέτα που απευθύνονται στη διεύθυνση 128.6.X.X με τον ίδιο ακριβώς τρόπο, χωρίς να εξετάζει καθόλου τη τρίτη οκτάδα της διεύθυνσης. Έτσι, οι υπολογιστές, που δεν ανήκουν στον οργανισμό, δρομολογούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο μέσω του ίδιου δρομολογητή αυτοδύναμα πακέτα, που απευθύνονται στις διευθύνσεις 128.6.4.X και 128.6.5.X. Σε αντίθεση στο εσωτερικό του οργανισμού, τα αυτοδύναμα πακέτα, που προορίζονται για το δίκτυο 128.6.4, τα διαχειριζόμαστε με διαφορετικό τρόπο από αυτό των αυτοδύναμων πακέτων, που έχουν ως τελικό προορισμό το δίκτυο 128.6.5. Οι δρομολογητές, δηλαδή του οργανισμού έχουν ξεχωριστές εγγραφές για καθένα από τα δίκτυα 128.6.4 και 128.6.5 (Σχήμα 7-20). Αντίθετα, οι δρομολογητές, που βρίσκονται έξω από τον οργανισμό, έχουν κοινή εγγραφή για όλες τις διευθύνσεις 128.6.X.X.

Ο διαχωρισμός του δικτύου του οργανισμού του προηγούμενου παραδείγματος μπορεί να γίνει επίσης, εάν αντί της διεύθυνσης κλάσης Β, χρησιμοποιηθούν ξεχωριστές διευθύνσεις κλάσης C για κάθε υποδίκτυο. Η χρήση διευθύνσεων κλάσης C μπορεί να είναι επίσης αξιόπιστη για τον οργανισμό, αλλά δυσκολεύει τα

πράγματα για τον υπόλοιπο κόσμο, αφού οι δρομολογητές θα πρέπει να έχουν μία εγγραφή για κάθε υποδίκτυο του οργανισμού και όχι μία για όλα τα υποδίκτυα, όπως στην περίπτωση των διευθύνσεων κλάσης B. Εάν κάθε ινστιτούτο ή οργανισμός χρησιμοποιούσε διευθύνσεις κλάσης C, τότε θα υπήρχε ένας πολύ μεγάλος αριθμός δικτύων, για τα οποία οι δρομολογητές θα έπρεπε να διατηρούν εγγραφές. Αντίθετα, με τη χρήση διευθύνσεων κλάσης B και την υποδιαίρεση τους σε υποδίκτυα εσωτερικά στον οργανισμό, κρύβουμε την εσωτερική δομή του δικτύου του οργανισμού και κάνουμε τα πράγματα πιο εύκολα για τον υπόλοιπο κόσμο.

Ο διαχωρισμός των διευθύνσεων στα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή γίνεται πολύ εύκολα με εξαιρετικά ευέλικτο τρόπο, που επιτρέπει στο σχεδιαστή του δικτύου, να καθορίζει ποια bits της διεύθυνσης προσδιορίζουν το δίκτυο ή το υποδίκτυο, στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής προορισμού. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με τη χρήση μάσκας 32 bits, όπου τα bits που έχουν τεθεί 1 προσδιορίζουν τα bits, που απαρτίζουν τη διεύθυνση δικτύου ή υποδικτύου. Η πράξη AND μεταξύ της μάσκας και της IP διεύθυνσης θα μας δώσει τη διεύθυνση δικτύου ή υποδικτύου.

Παράδειγμα

Στο Σχήμα 7-21 βλέπουμε μάσκα, στην οποία τα πρώτα 18 bits έχουν τεθεί σε 1. Στην περίπτωση αυτή αντιλαμβάνεται κάποιος, ότι για τη διεύθυνση υποδικτύου χρησιμοποιούνται τα πρώτα 18 bits.

1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	Μάσκα Υποδικτύου AND
1 1 0 1 0 0 0 0	0 1 0 1 0 1 0 1	0 1 0 1 1 0 1 0	1 0 1 0 1 1 0 0	IP Διεύθυνση
1 1 0 1 0 0 0 0	0 1 0 1 0 1 0 1	0 1 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0	Διεύθυνση Υποδικτύου

Σχήμα 7-21 Εξαγωγή διεύθυνσης υποδικτύου με χρήση Μάσκας υποδικτύου

Όπως και στην περίπτωση των φυσικών διευθύνσεων, εάν όλα τα bits της IP διεύθυνσης τεθούν σε 1, τότε η διεύθυνση αποτελεί την ομαδική διεύθυνση του τρέχοντος δικτύου, δηλαδή, το μήνυμα απευθύνεται σε όλα τα δίκτυα χαμηλότερης ιεραρχίας στο τρέχον δίκτυο. Εάν θέλουμε να στείλουμε μήνυμα σε όλους τους υπολογιστές ενός μόνο υποδικτύου, αρκεί να θέσουμε σε 1 όλα τα bits του τμήματος Υπολογιστή και να θέσουμε τη διεύθυνση του υποδικτύου στο τμήμα Δικτύου

της διεύθυνσης. Έτσι, η διεύθυνση 255.255.255.255 (το 255 είναι η δεκαδική μορφή του οκταψήφιου δυαδικού αριθμού, του οποίου όλα τα ψηφία είναι 1) δηλώνει, ότι το μήνυμα προορίζεται για όλους τους υπολογιστές του δικτύου (ανεξάρτητα από το υποδίκτυο στο οποίο βρίσκονται). Αντίθετα, η διεύθυνση 147.10.255.255 δηλώνει, ότι το μήνυμα απευθύνεται σε όλους τους υπολογιστές του υποδικτύου 147.10.

Η εντυπωσιακή ανάπτυξη του Διαδικτύου, που σημειώθηκε τα τελευταία χρόνια, είχε ως αποτέλεσμα να εμφανιστούν τα πρώτα προβλήματα λόγω του πεπερασμένου χώρου διευθύνσεων. Η εκθετική αύξηση των διασυνδεδεμένων δικτύων στο Διαδίκτυο συνετέλεσε, αφενός, στη μείωση του ελεύθερου διαθέσιμου χώρου διευθύνσεων και, αφετέρου, στην αύξηση του μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης. Αυτοί οι δύο παράγοντες σε συνδυασμό με το γεγονός, ότι οι περισσότεροι από τους οργανισμούς, στους οποίους είχαν ανατεθεί διευθύνσεις κλάσεων A, B και C δεν έκαναν ουσιαστική χρήση όλου του εκχωρημένου χώρου διευθύνσεων, δημιούργησαν την ανάγκη εμφάνισης αποδοτικότερων σχημάτων διαχείρισης των διευθύνσεων. Αξίζει εδώ να αναφέρουμε, ότι, αν κάποιος χρειαζόταν περισσότερες από 256 διευθύνσεις, έπρεπε να πάρει διεύθυνση κλάσης B, που υποστηρίζει 65.536 διευθύνσεις. Προκειμένου να αντιμετωπισθούν αυτά τα προβλήματα, προτάθηκε η **Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγηση Υπερ-περιοχών (Classless InterDomain Routing -CIDR)**. Το σύστημα CIDR καταργεί τις κλάσεις διευθύνσεων, με αποτέλεσμα τα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή κάθε διεύθυνσης να καθορίζονται κατά περίπτωση με βάση τις ανάγκες κάθε οργανισμού. Το μέγεθος των τμημάτων Δικτύου και Υπολογιστή προσδιορίζονται από έναν αριθμό, που συνοδεύει τις διευθύνσεις και δηλώνει το μέγεθος της μάσκας δικτύου (τμήμα Δικτύου) κάθε διεύθυνσης. Ο αριθμός αυτός ονομάζεται πρόθεμα. Για παράδειγμα, στη διεύθυνση 207.13.01.48/25 το /25 είναι το πρόθεμα δικτύου και σημαίνει, ότι τα πρώτα 25 bits της διεύθυνσης χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του δικτύου και τα υπόλοιπα 7 για τον προσδιορισμό του συγκεκριμένου υπολογιστή.

Το σύστημα CIDR επιτρέπει την ανάθεση μεγάλων συνεχόμενων περιοχών αριθμών σε αυτούς που παρέχουν υπηρεσίες Διαδικτύου (Internet Service Providers – ISPs), οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την ανάθεση μικρότερων υποσυνόλων αριθμών στους πελάτες τους, ανάλογα με τις ανάγκες του καθενός. Με αυτό το τρόπο, επιτυγχάνεται η ομαδοποίηση των διευθύνσεων, που εξυπηρετούνται από τον ίδιο ISP. Η ομαδοποίηση αυτή επιτρέπει τη δρομολόγηση της κίνησης προς το σωστό προορισμό, διατηρώντας μόνο μία εγγραφή για όλους τους προορισμούς / διευθύνσεις, που εξυπηρετούνται από τον ίδιο ISP.

7.7 Πρωτόκολλο ARP

Μέχρι τώρα έχουμε αναφέρει, ότι, για να μεταδοθούν τα IP αυτοδύναμα πακέτα στο φυσικό μέσο, πρέπει αυτά να μετατραπούν σε πακέτα φυσικού δι-

κτύου (π.χ. Ethernet). Όμως, δεν έχει ειπωθεί τίποτε για το πως η IP διεύθυνση αντιστοιχίζεται στην Ethernet διεύθυνση, στην οποία πρέπει να στείλουμε τα δεδομένα. Για να είναι δυνατή η αποστολή δεδομένων μεταξύ συστημάτων, τα οποία δεν γνωρίζουν το ένα την φυσική διεύθυνση του άλλου, θα πρέπει να παρεμβάλλεται ένα σύστημα μετατροπής των IP διευθύνσεων στις αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις. Στην πράξη το έργο αυτό αναλαμβάνεται από ξεχωριστό πρωτόκολλο, το οποίο ονομάζεται **Πρωτόκολλο Μετατροπής Διεύθυνσης (Address Resolution Protocol – ARP)**.

Ένας τρόπος για να πραγματοποιηθεί η μετατροπή των IP διευθύνσεων στις αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις, θα μπορούσε να ήταν η διατήρηση πινάκων σε κάθε υπολογιστή. Οι πίνακες αυτοί θα αντιστοιχούσαν κάθε IP διεύθυνση στην κατάλληλη φυσική. Το πρόβλημα, που προκύπτει στην περίπτωση αυτή, είναι τόσο το μέγεθος των αρχείων, όσο και η ανάγκη για τη συνεχή ενημέρωσή τους, η οποία θα αποτελούσε πραγματικό εφιάλτη για το διαχειριστή του συστήματος.

Το πρωτόκολλο ARP με τη δυναμική μετατροπή των διευθύνσεων, που εισάγει, συντελεί στην επίλυση αυτών των προβλημάτων. Σκοπός του είναι να μετατρέπει τις IP διευθύνσεις στις αντίστοιχες φυσικές, έτσι ώστε οι εφαρμογές να απαλλαγούν από αυτό το έργο. Κεντρικό στοιχείο του πρωτοκόλλου ARP είναι ένας πίνακας, σε μια στήλη του οποίου είναι καταχωρημένες οι IP διευθύνσεις, ενώ σε μια άλλη στήλη υπάρχουν οι αντίστοιχες φυσικές διευθύνσεις. Κάθε εγγραφή του πίνακα αντιστοιχεί σε μία συσκευή. Ο Πίνακας 7-2 αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ARP πίνακα.

IP διεύθυνση	Ethernet διεύθυνση
223.1.2.1	08-00-39-00-2F-C3
223.1.2.3	08-00-5A-21-A7-22
223.1.2.4	08-00-10-99-AC-54

Πίνακας 7-2 ARP Πίνακας

Όταν το πρωτόκολλο ARP λαμβάνει την IP διεύθυνση μιας συσκευής, διερευνά τον ARP πίνακα, για να δει, εάν υπάρχει η αντίστοιχη εγγραφή. Εάν βρει εγγραφή, που αντιστοιχεί σε αυτήν τη διεύθυνση, τότε επιστρέφει την αντίστοιχη φυσική διεύθυνση. Διαφορετικά, εάν δεν βρει ανάλογη εγγραφή, στέλνει ένα μήνυμα στο δίκτυο, το οποίο ονομάζεται ARP αίτηση. Η ARP αίτηση περιέχει την IP διεύθυνση του υπολογιστή προορισμού και απευθύνεται σε όλες τις συσκευές του τοπικού δικτύου. Εάν μία συσκευή αναγνωρίσει στην IP διεύθυνση προορισμού της αίτησης την δική της IP διεύθυνση στέλνει απάντηση στη συσκευή, που δημιούργησε την ARP αίτηση. Η απάντηση περιέχει τη φυσική της διεύθυνση. Η συσκευή, που δημιούργησε την ARP αίτηση, δημιουργεί μια νέα εγγραφή στον ARP πίνακα και καταχωρεί σε αυτήν τη φυσική διεύθυνση, που μόλις έλαβε. Με

αυτόν το τρόπο, το πρωτόκολλο προσδιορίζει τη φυσική διεύθυνση οποιασδήποτε συσκευής με βάση την IP διεύθυνσή της και ταυτόχρονα ενημερώνεται ο πίνακας ARP.

Κάθε φορά που η ARP μονάδα λαμβάνει μία ARP αίτηση, χρησιμοποιεί την πληροφορία, που μεταφέρει η αίτηση, για να ενημερώσει τον ARP πίνακα της. Με αυτόν το τρόπο επιτυγχάνεται η δυναμική προσαρμογή του συστήματος στις αλλαγές των φυσικών διευθύνσεων ή στις προσθήκες νέων συσκευών στο δίκτυο. Χωρίς τη χρήση του ARP πίνακα θα απαιτούνταν η συνεχής αποστολή ARP αιτήσεων, αφού δεν θα υπήρχε μηχανισμός αποθήκευσης των φυσικών διευθύνσεων για μελλοντική χρήση. Κάτι τέτοιο θα είχε επιπτώσεις και στην επίδοση του δικτύου, αφού θα αύξανε σημαντικά την εισερχόμενη κίνηση στο δίκτυο. Παρόλα αυτά μερικά απλά σχήματα δικτύων εγκαταλείπουν τη χρήση του πίνακα και χρησιμοποιούν για κάθε φυσική διεύθυνση, που πρέπει να προσδιοριστεί, την αποστολή νέας ερώτησης. Αυτό είναι εφικτό μόνο σε μικρά δίκτυα, όπου ο αριθμός των υπολογιστών είναι μικρός, ώστε να αποφεύγονται προβλήματα υπερφόρτισης του δικτύου.

Ένα προφανές ελάττωμα του πρωτοκόλλου ARP είναι ότι, εάν μία συσκευή δεν γνωρίζει την IP διεύθυνσή της, δεν υπάρχει τρόπος να δημιουργήσει αίτηση, για να την προσδιορίσει. Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί όταν μία νέα συσκευή εισάγεται στο δίκτυο. Στην περίπτωση αυτή, η μόνη διεύθυνση, την οποία γνωρίζει η συσκευή είναι η φυσική της διεύθυνση. Απλή λύση σε αυτό το πρόβλημα δίνει το **Πρωτόκολλο Αντίστροφης Μετατροπής Διεύθυνσης (Reserve Address Resolution Protocol – RARP)**, το οποίο κάνει την αντίστροφη δουλειά από το πρωτόκολλο ARP. Ενσωματώνει, δηλαδή, σε μία ερώτηση μία φυσική διεύθυνση και περιμένει σαν απάντηση την αντίστοιχη IP διεύθυνση. Αν και οι ερωτήσεις του πρωτοκόλλου RARP απευθύνονται σε όλες τις συσκευές του δικτύου, εντούτοις σύμφωνα με τους κανόνες του πρωτοκόλλου μπορούν να απαντήσουν μόνο ειδικές συσκευές, που ονομάζονται RARP εξυπηρετητές.

Παράδειγμα

Για να κατανοήσουμε, πως δουλεύει το ARP πρωτόκολλο, ας δούμε το ακόλουθο παράδειγμα. Ας υποθέσουμε, ότι βρισκόμαστε στο σύστημα 128.6.4.194 και θέλουμε να συνδεθούμε με το σύστημα 128.6.4.7. Το σύστημα, πρώτα, θα ελέγξει, εάν το 128.6.4.7 βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με το 128.6.4.194, οπότε μπορεί να μιλήσει κατευθείαν μέσω του φυσικού δικτύου (π.χ. Ethernet). Στην συνέχεια, θα ψάξει στον ARP πίνακα διευθύνσεων να δει, εάν υπάρχει καταχωρημένη η διεύθυνση 128.6.4.7, ώστε να πάρει κατευθείαν την αντίστοιχη Ethernet διεύθυνση. Εάν ναι, τότε θα τοποθετήσει την Ethernet διεύθυνση στην Ethernet επικεφαλίδα και θα στείλει το πακέτο. Αν δεν υπάρχει καταχώρηση για το σύστημα 128.6.4.7 στον APR πίνακα τότε, πρέπει πρώτα να προσδιορισθεί η Ethernet διεύθυνση του συστήματος 128.6.4.7 και στη συνέχεια να σταλεί το πακέτο. Για το λόγο αυ-

τό, χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο ARP, το οποίο στέλνει μία ARP ερώτηση. Ουσιαστικά η ARP ερώτηση λέει: «Χρειάζομαι την Ethernet διεύθυνση του 128.6.4.7». Όλες οι συσκευές, που είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο, βλέπουν την ARP ερώτηση. Όταν μία συσκευή αναγνωρίσει την IP διεύθυνσή της, πρέπει να απαντήσει. Έτσι, η συσκευή 128.6.4.7 βλέπει την ερώτηση, αναγνωρίζει την IP διεύθυνσή της και απαντά με μία ARP απάντηση λέγοντας: «Η φυσική διεύθυνση του 128.6.4.7 είναι 8:0:20:1:56:34». (Θυμίζουμε, ότι οι Ethernet διευθύνσεις είναι 48 bits, δηλαδή 6 οκτάδες).

Το σύστημα, που γεννά ARP ερώτηση, καταχωρεί την πληροφορία, που λαμβάνει ως απάντηση στον ARP πίνακα, έτσι ώστε τα επόμενα πακέτα, που κατευθύνονται στον ίδιο προορισμό να δρομολογηθούν κατευθείαν. Τα περισσότερα συστήματα χειρίζονται τους ARP πίνακες με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαγράφουν εγγραφές, που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί για ορισμένο χρονικό διάστημα.

Ο ARP πίνακας είναι αναγκαίος, γιατί οι IP και οι φυσικές (π.χ. Ethernet) διευθύνσεις είναι εντελώς ασυσχέτιστες μεταξύ τους και δεν υπάρχει αλγόριθμος, με τον οποίο θα μπορούσαμε να προσδιορίσουμε τη μία από την άλλη. Ας ξαναθυμηθούμε, ότι η IP διεύθυνση επιλέγεται από το διαχειριστή του δικτύου με βάση την περιοχή αριθμών / διευθύνσεων, που του έχει παραχωρήσει το NIC, ενώ η φυσική (π.χ. Ethernet) διεύθυνση επιλέγεται από τον κατασκευαστή των καρτών δικτύου με βάση την περιοχή διευθύνσεων, που του έχει ανατεθεί από την IEEE.

Ένα δεύτερο παράδειγμα μετατροπής διευθύνσεων θα βοηθήσει να κατανοήσουμε ακόμη καλύτερα το τρόπο λειτουργίας του ARP.

Παράδειγμα

Σε φυσιολογικές συνθήκες λειτουργίας μία εφαρμογή δικτύου, όπως η απομακρυσμένη σύνδεση (TELNET), στέλνει ένα μήνυμα εφαρμογής στο πρωτόκολλο TCP, το οποίο με τη σειρά του στέλνει το αντίστοιχο TCP μήνυμα στο πρωτόκολλο IP. Η IP διεύθυνση προορισμού είναι γνωστή τόσο στην εφαρμογή όσο και στα πρωτόκολλα TCP και IP. Καθώς το TCP μήνυμα έχει σταλεί στο IP επίπεδο, το πρωτόκολλο IP δημιουργεί ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, που είναι έτοιμο να δοθεί στον οδηγό Ethernet, για να σταλεί στο δίκτυο. Για να γίνει όμως αυτό, πρέπει πρώτα να βρεθεί η Ethernet διεύθυνση προορισμού. Η εύρεση της Ethernet διεύθυνσης γίνεται μέσω του ARP πίνακα. Εάν ο πίνακας δεν έχει την πληροφορία διαθέσιμη, τότε το πρωτόκολλο ARP στέλνει αίτηση και το προς μετάδοση IP αυτοδύναμο πακέτο τοποθετείται σε ουρά αναμονής. Ουσιαστικά η ARP αίτηση (Σχήμα 7-22) μεταφέρει το εξής μήνυμα: «Εάν η IP διεύθυνσή σου αντιστοιχεί στην 223.1.2.2. IP διεύθυνση προορισμού, τότε πες μου την Ethernet διεύθυνσή σου».

Όλοι οι υπολογιστές του δικτύου λαμβάνουν την ARP ερώτηση και κάθε ARP μο-

νάδα εξετάζει την IP διεύθυνση προορισμού. Εάν η διεύθυνση προορισμού ταιριάζει με την δική της IP διεύθυνση, στέλνει απάντηση κατευθείαν στην Ethernet διεύθυνση αποστολέα. Η ARP απάντηση μεταφέρει το εξής μήνυμα: «Ναι αυτή είναι η δική μου IP διεύθυνση, επέτρεψέ μου να σου δώσω την Ethernet διεύθυνσή μου». Η ARP απάντηση (Σχήμα 7-22) έχει τα πεδία αποστολέα και προορισμού αντεστραμμένα σε σχέση με την ARP αίτηση.

Η απάντηση λαμβάνεται από τον υπολογιστή, που έστειλε την αίτηση. Η ARP μονάδα του εξετάζει την απάντηση και προσθέτει τις IP και Ethernet διευθύνσεις του αποστολέα στον ARP πίνακα. Με αυτό το τρόπο μία νέα εγγραφή καταχωρείται δυναμικά στον ARP πίνακα. Όπως είπαμε πριν, το IP αυτοδύναμο πακέτο, που πρέπει να μεταδοθεί, περιμένει σε ουρά αναμονής. Το πακέτο αυτό απομακρύνεται από την ουρά αναμονής και αφού γίνει η μετατροπή της IP διεύθυνσής του στην Ethernet διεύθυνση με βάση τον ενημερωμένο πλέον ARP πίνακα, σχηματίζεται το Ethernet πακέτο και διαβιβάζεται στο δίκτυο.

IP διεύθυνση αποστολέα	223.1.2.1
Ethernet διεύθυνση αποστολέα	08-00-39-00-2F-C3
IP διεύθυνση προορισμού	223.1.2.2
Ethernet διεύθυνση προορισμού	<Κενό>

ARP Αίτηση

IP διεύθυνση αποστολέα	223.1.2.2
Ethernet διεύθυνση αποστολέα	08-00-28-00-38-A9
IP διεύθυνση προορισμού	223.1.2.1
Ethernet διεύθυνση προορισμού	08-00-39-00-2F-C3

ARP Απάντηση

Σχήμα 7-22 ARP Αίτηση και Απάντηση

Συνοψίζοντας, λοιπόν, το σενάριο των διεργασιών, που λαμβάνουν χώρα στον υπολογιστή του αποστολέα, έχουμε την παρακάτω ακολουθία ενεργειών:

- Δημιουργείται η ARP ερώτηση.
- Το IP αυτοδύναμο πακέτο μπαίνει σε ουρά αναμονής.
- Λαμβάνεται η ARP απάντηση και μία νέα εγγραφή καταχωρείται στον ARP πίνακα.
- Μετατρέπεται η IP διεύθυνση στην αντίστοιχη Ethernet με βάση τον ενημερωμένο ARP πίνακα.
- Το IP αυτοδύναμο πακέτο βγαίνει από την ουρά αναμονής, σχηματίζεται ένα Ethernet πακέτο και μεταδίδεται στο δίκτυο.

Στην περίπτωση που κανένας υπολογιστής στο δίκτυο δεν απαντήσει σε μία ARP αίτηση, τότε, ακολούθως, δεν θα υπάρξει εγγραφή στον ARP πίνακα και το πρωτόκολλο IP θα απορρίψει το IP αυτοδύναμο πακέτο, που περιμένει σε αναμονή.

7.8 Σύστημα Ονομάτων Περιοχών (Domain Name System, DNS)

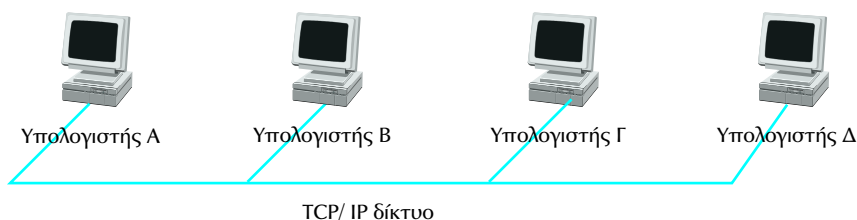
Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, τα δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP χρησιμοποιούν διεύθυνση 32 bits, προκειμένου να δρομολογήσουν ένα αυτοδύναμο πακέτο στο προορισμό του. Κατά σύμβαση έχει επικρατήσει οι IP διευθύνσεις να παριστάνονται με τη μορφή τεσσάρων δεκαδικών αριθμών, που χωρίζονται μεταξύ τους με τελεία (π.χ. 128.174.5.50). Επειδή όμως οι χρήστες βρίσκουν αρκετά δύσκολο να θυμούνται διευθύνσεις αυτής της μορφής, χρησιμοποιούν αντί αυτών των διευθύνσεων συμβολικά ονόματα, με τα οποία αναφέρονται στους υπολογιστές και στα δίκτυα.

Ας εξετάσουμε, όμως, πιο προσεκτικά, τι είναι το όνομα, τι ακριβώς προσδιορίζει και ποια η διαφορά του από τη διεύθυνση. Όπως είναι γνωστό η διεύθυνση προσδιορίζει συγκεκριμένη σύνδεση σε ένα δίκτυο, με αποτέλεσμα, εάν ένας υπολογιστής μετακινηθεί και τοποθετηθεί σε κάποια άλλη θέση του δικτύου, να αλλάζει και η διεύθυνση του. Σε αντίθεση με τη διεύθυνσή του, το όνομα ενός υπολογιστή χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τον ίδιο τον υπολογιστή προσφέροντάς του ένα αναγνωριστικό στοιχείο, που θα τον διακρίνει από τους άλλους υπολογιστές του δικτύου. Επομένως, εύκολα αντιλαμβανόμαστε, ότι το όνομα ενός υπολογιστή, που μετακινείται σε μια νέα θέση του δικτύου, μπορεί να παραμείνει το ίδιο. Το όνομα, δηλαδή αναφέρεται στον συγκεκριμένο υπολογιστή, ενώ η διεύθυνση σε σημείο επαφής με το δίκτυο. Από τη στιγμή που ένας υπολογιστής μπορεί να έχει μία ή περισσότερες διευθύνσεις, επειδή έχει μία ή περισσότερες συνδέσεις σε διαφορετικά δίκτυα, κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί να έχει ένα ή περισσότερα ονόματα. Στην περίπτωση που ένας υπολογιστής δεν αλλάξει απλά θέση σε ένα δίκτυο, αλλά μετακινηθεί σε διαφορετικό δίκτυο τότε, όπως είναι προφανές, το όνομα του και πάλι μπορεί να παραμείνει το ίδιο, ενώ η διεύθυνση του πρέπει να αλλάξει.

Αρχικά είπαμε, ότι οι χρήστες αναφέρονται με ονόματα όχι μόνο σε συγκεκριμένες συσκευές (υπολογιστές), αλλά και σε ολόκληρα δίκτυα. Ενώ τα ονόματα των ατομικών υπολογιστών είναι, συνήθως, περιγραφικά, ώστε ο συγκεκριμένος υπολογιστής να είναι εύκολα αναγνωρίσιμος μέσα στο δίκτυο, τα ονόματα των δικτύων αντικατοπτρίζουν, συνήθως, το όνομα του οργανισμού, στον οποίο ανήκουν. Σε μεγάλα δίκτυα, τα ονόματα των ατομικών υπολογιστών είναι, συνήθως, συμβολικά και προκύπτουν από κωδικοποίηση, που αντικατοπτρίζει το τύπο της συσκευής, το χώρο, στον οποίο βρίσκεται, ή ακόμη και την ιδιαίτερη εργασία την οποία εκτελεί ή και τον χρήστη της. Τα ονόματα αυτά είναι εύκολα κατανοητά από τους ανθρώπους, που χρησιμοποιούν καθημερινά το δίκτυο, αλλά δύσκολα θα σήμαιναν κάτι για κάποιον άλλο.

Όταν θέλουμε να επικοινωνήσουμε με μία απομακρυσμένη συσκευή, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε την IP διεύθυνσή της, προκειμένου να την προσδιορίσουμε στο Διαδίκτυο και να κάνουμε δυνατή την εγκατάσταση επικοινωνίας μαζί της. Αντί, λοιπόν, να απαιτούμε από τους χρήστες να απομνημονεύουν τις διευθύνσεις των συσκευών, είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται τα συμβολικά ονόματα, που τους έχουν ανατεθεί.

Η μετατροπή από το συμβολικό όνομα στην πραγματική IP διεύθυνση της συσκευής προορισμού πραγματοποιείται, από τον υπολογιστή του αποστολέα. Κάθε υπολογιστής διατηρεί ένα αρχείο, όπου σε κάθε συμβολικό όνομα μιας συσκευής αντιστοιχεί μία IP διεύθυνση. Έτσι, κάθε φορά που ένα μήνυμα πρέπει να σταλεί σε κάποιον υπολογιστή, το λογισμικό του IP πρωτοκόλλου του αποστολέα ανατρέχει στο αρχείο διευθύνσεων και αναζητά τη διεύθυνση προορισμού, χρησιμοποιώντας ως κλειδί αναζήτησης το όνομα του υπολογιστή προορισμού.



Σχήμα 7-23 TCP/IP δίκτυο αποτελούμενο από τέσσερις υπολογιστές

Στην συνέχεια, δίνουμε παράδειγμα, για να κατανοήσουμε καλύτερα, πως ένα όνομα υπολογιστή αντιστοιχεί σε μία διεύθυνση δικτύου. Ας θεωρήσουμε το TCP/IP δίκτυο του Σχήματος 7-23, το οποίο αποτελείται από τέσσερις υπολογιστές.

Μερικές γραμμές από το αρχείο IP διευθύνσεων και συμβολικών ονομάτων, για το παραπάνω δίκτυο, δίνονται στον Πίνακα 7-3.

IP διεύθυνση	Όνομα
223.1.2.1	Α
223.1.2.2	Β
223.1.2.3	Γ
223.1.3.2	Δ

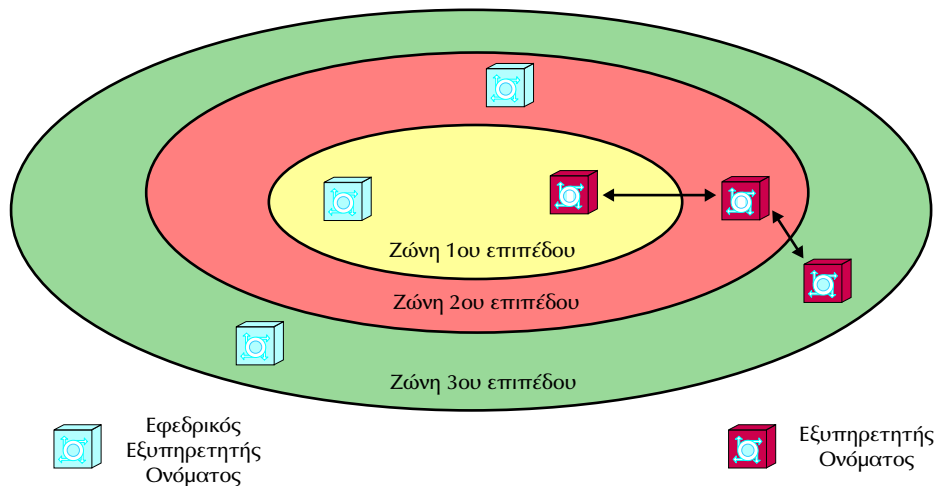
Πίνακας 7-3 Τμήμα αρχείου διευθύνσεων και συμβολικών ονομάτων

Στον παραπάνω πίνακα στην πρώτη στήλη δίνεται η IP διεύθυνση και στη δεύτερη το όνομα, που χρησιμοποιείται για τον υπολογιστή.

Όπως είναι λογικό αυτή η προσέγγιση (αρχεία διευθύνσεων – συμβολικών ονομάτων σε κάθε υπολογιστή) δουλεύει καλά σε μικρά δίκτυα, όπου ο αριθμός των συσκευών προορισμού είναι μικρός. Όταν, όμως, έχουμε συναλλαγές με ολόκληρο το Διαδίκτυο, είναι αδιανόητο να περιμένουμε, ότι όλα τα συμβολικά ονόματα και οι αντίστοιχες διευθύνσεις θα χωρέσουν σε ένα ASCII αρχείο. Το μέγεθος του αρχείου δεν είναι, όμως, το μόνο πρόβλημα. Το γεγονός, ότι τα μεγάλα δίκτυα τροποποιούνται συνεχώς, οδηγεί στην ανάγκη να εκτελούνται καθημερινά εκατοντάδες τροποποιήσεις και νέες εγγραφές στα αρχεία ονομάτων και διευθύνσεων. Ο χρόνος, που θα απαιτούνταν, για να ενημερωθούν τα αρχεία κάθε υπολογιστή (ή έστω τα αρχεία επιλεγμένων δρομολογητών των αυτόνομων συστημάτων) θα ήταν υπερβολικά μεγάλος και, επομένως, απαγορευτικός.

Η λύση του προβλήματος δόθηκε με την ανάπτυξη του **Συστήματος Ονομάτων Περιοχής (Domain Name System - DNS)**. Το DNS είναι μηχανισμός απεικόνισης των διευθύνσεων σε ονόματα και το αντίστροφο. Το DNS περιέχει ένα χώρο ονομάτων **ιεραρχικά οργανωμένο** και η λειτουργία του στηρίζεται σε μία κατανεμημένη βάση δεδομένων. Η ιεραρχική δομή του χώρου ονομάτων είναι αυτή, που εξασφαλίζει και την επεκτασιμότητά του, αφού δεν υπάρχει περιορισμός στο βάθος της ιεραρχίας. Η ύπαρξη της κατανεμημένης βάσης δεδομένων επιβάλλεται από τον όγκο των δεδομένων, που πρέπει να τηρούνται και τη συχνότητα των υποβληθέντων ερωτήσεων. Εάν στη θέση της κατανεμημένης βάσης δεδομένων υπήρχε μία κεντρική βάση, θα υπήρχαν σημαντικά προβλήματα επικοινωνίας από το μεγάλο αριθμό ερωτήσεων, που θα δέχονταν καθημερινά από εκατομμύρια υπολογιστών, που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο.

Για τη λειτουργία του, το σύστημα DNS χρησιμοποιεί τους **εξυπηρετητές ονό-**

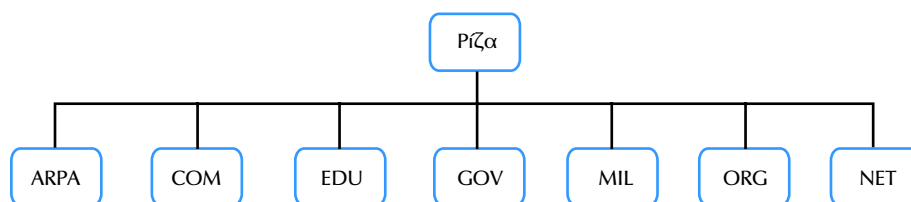


Σχήμα 7-24 Οργάνωση δικτύου σε ζώνες

ματος (name servers), οι οποίοι βρίσκονται σε διάφορα σημεία στο δίκτυο, παρέχουν πληροφορία απεικόνισης των ονομάτων σε διευθύνσεις και συνεργάζονται μεταξύ τους. Κάθε εξυπηρετητής ονόματος εξυπηρετεί συγκεκριμένο τμήμα περιοχής (δικτύου) ή όλη την περιοχή, εάν το δίκτυο είναι μικρό. Το τμήμα αυτό ονομάζεται **ζώνη** (Σχήμα 7-24). Με αυτό το τρόπο, η βάση δεδομένων διαιρείται σε μη επικαλυπτόμενα τμήματα (ζώνες). Οι εξυπηρετητές ονόματος κάθε ζώνης (βασικοί και εφεδρικοί) δεν βρίσκονται όλοι στην ίδια τοποθεσία. Αυτό συμβαίνει, για να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μία κεντρική διακοπή στην παροχή ρεύματος ή μία φυσική καταστροφή να θέσει εκτός λειτουργίας όλους τους εξυπηρετητές της ίδιας ζώνης. Με την οργάνωση των εξυπηρετητών κατά ζώνες, που συνδέονται ιεραρχικά μεταξύ τους, η ιεραρχική οργάνωση των ονομάτων ακολουθείται και από τους εξυπηρετητές. Έτσι, το σύστημα DNS λειτουργεί με τη μορφή συνόλου φωλιασμένων ζωνών (Σχήμα 7-24). Κάθε εξυπηρετητής ονόματος επικοινωνεί με τους εξυπηρετητές της αμέσως υψηλότερης και χαμηλότερης (εάν υπάρχει) ιεραρχικά ζώνης.

7.8.1 Χώρος Ονομάτων του DNS

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, ο χώρος ονομάτων του συστήματος DNS χρησιμοποιεί ιεραρχική αρχιτεκτονική, που διαιρεί το χώρο σε σύνολο περιοχών, οι οποίες περαιτέρω μπορούν να διαιρεθούν σε άλλες υποπεριοχές. Η δομή αυτή οδηγεί σε δέντρο, όπως δείχνει και το Σχήμα 7-25, στο οποίο έχουν επιλεγεί αυθαίρετα κάποιες πρώτες κατηγορίες περιοχών.



Σχήμα 7-25 Βασικές περιοχές χώρου ονομάτων DNS

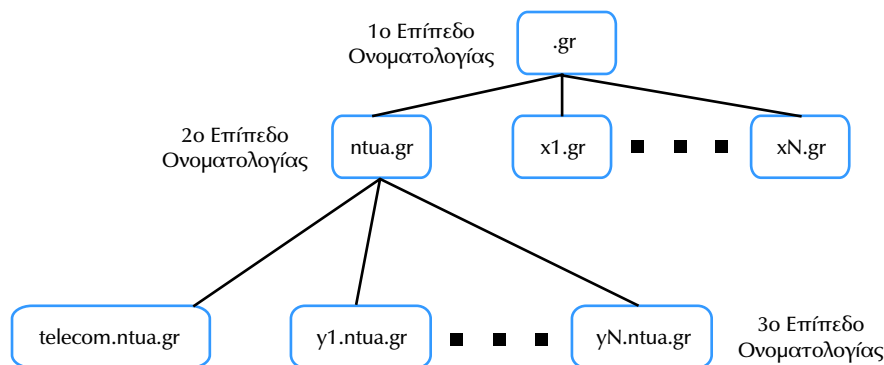
Το **πρώτο επίπεδο περιοχών** ονομάζονται **βασικές περιοχές** και βρίσκονται στα δεξιά του ονόματος. Στις ΗΠΑ, υπάρχουν επτά τέτοιες περιοχές, στις οποίες κατατάσσονται τα δίκτυα ανάλογα με τις δραστηριότητές τους, και είναι οι ακόλουθες:

- .arpa: Ειδικοί οργανισμοί Διαδικτύου
- .com: Εταιρίες
- .edu: Εκπαιδευτικά ιδρύματα
- .gov: Κυβερνητικοί οργανισμοί
- .mil: Στρατιωτικοί οργανισμοί
- .net: Κέντρα διοίκησης δικτύου
- .org: Ο,τιδήποτε δεν μπορεί να καταταγεί σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες

Εκτός από τις παραπάνω βασικές περιοχές, που αναφέρονται στις ΗΠΑ, υπάρχει επίσης μία βασική περιοχή για κάθε χώρα. Οι περιοχές αυτές, συνήθως, προσδιορίζονται από μικρό τμήμα του ονόματος της χώρας στην οποία απευθύνονται. Για παράδειγμα ο κωδικός της Ελλάδας είναι .gr και του Καναδά .ca.

Κάτω από κάθε βασική περιοχή υπάρχει δεύτερο επίπεδο περιοχών, που προσδιορίζει συνήθως τον οργανισμό, στον οποίο ανήκει το δίκτυο. Οι **περιοχές δευτέρου επιπέδου** ονομάζονται **domains** και καθεμία είναι μοναδική. Συνήθως, τα **ονόματα (domain names)**, που τους εκχωρούνται, είναι αντιπροσωπευτικά και αντικατοπτρίζουν την εταιρία ή τον οργανισμού, στον οποίο ανήκουν. Τα domain names βρίσκονται αριστερά των ονομάτων των βασικών περιοχών και διαχωρίζονται από αυτά με τελεία. Για παράδειγμα, το σύστημα *ntua.gr* ανήκει στη βασική περιοχή της Ελλάδας και το domain name *ntua* αναφέρεται στην περιοχή, που έχει παραχωρηθεί στο Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο Ε.Μ.Π. (National Technical University of Athens – NTUA).

Ο οργανισμός ή η εταιρία, στην οποία έχει παραχωρηθεί ένα domain name, είναι ο αποκλειστικός υπεύθυνος για τη διαχείρισή του. Έτσι, εάν ο διαχειριστής του συστήματος διαιρέσει το δίκτυο σε μικρότερα υποδίκτυα, η διαίρεση αυτή μπορεί να επεκταθεί και στην περιοχή ονομάτων του οργανισμού. Κάθε νέο υποδίκτυο αντιστοιχεί σε **περιοχή ονομάτων τρίτου επιπέδου**, που ονομάζεται **subdomain**. Στην ονοματολογία του χώρου ονομάτων, βρίσκεται στα αριστερά των domain names και διαχωρίζεται από αυτά με τελεία. Για παράδειγμα, το σύστημα *telecom.ntua.gr* (Σχήμα 7-26) ανήκει στη βασική περιοχή της Ελλάδας .gr, στο domain name του Ε.Μ.Π. *ntua.gr*, του οποίου αποτελεί ένα subdomain. Το σύστημα *telecom.ntua.gr* αντικατοπτρίζει την περιοχή ονομάτων, που έχει παραχωρηθεί σε ένα από τα πολλά εργαστήρια του Ε.Μ.Π., στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών, προκειμένου να απεικονίσει το δικό του δίκτυο.



Σχήμα 7-26 Ιεραρχική οργάνωση χώρου ονομάτων DNS

Ας δούμε όμως ένα παράδειγμα, για να κατανοήσουμε καλύτερα την λειτουργία του χώρου ονομάτων του συστήματος DNS.

Παράδειγμα

Όπως είδαμε παραπάνω τα ονόματα, που χρησιμοποιούνται, για να περιγράψουν υπολογιστές και δίκτυα είναι δεντρικές δομές ονομάτων, όπου η ρίζα του δέντρου βρίσκεται στα δεξιά. Για παράδειγμα το όνομα:

`ektor.telecom.ntua.gr`

προσδιορίζει το μηχάνημα “ektor”, που βρίσκεται στην περιοχή “telecom”, που δηλώνει τις μηχανές του Εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών, το οποίο ανήκει στην περιοχή “ntua” του Εθνικού Μετσόβειου Πολυτεχνείου και έχει καταχωρηθεί στη βασική περιοχή .gr της Ελλάδας.

7.9 Δρομολόγηση

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης αποτελεί τμήμα του επιπέδου δικτύου και έχει σκοπό να κατευθύνει ένα πακέτο από την πηγή στον προορισμό του. Έτσι, εάν θέλουμε να δώσουμε τον ορισμό του όρου δρομολόγηση, μπορούμε να πούμε, ότι δρομολόγηση ονομάζεται το έργο εύρεσης του πως θα φτάσει ένα πακέτο στο προορισμό του. Για να προσεγγίσουμε το πρόβλημα, ας φανταστούμε ένα μικρό παιδί, που προσπαθεί να βρει το τραπέζι των γονέων του σε ένα εστιατόριο. Για έναν ενήλικα το πρόβλημα είναι πολύ απλό, αφού για αυτόν είναι ορατή η πλήρης εικόνα της δομής του εστιατορίου και, επομένως, εύκολα μπορεί να επιλέξει την καλύτερη διαδρομή. Όμως, το παιδί βλέπει ένα σύνολο από μονοπάτια μεταξύ των τραπεζιών, από τα οποία δυσκολεύεται να επιλέξει όχι μόνο το καλύτερο αλλά και το σωστό.

Η χρονική στιγμή, στην οποία λαμβάνονται οι αποφάσεις δρομολόγησης, εξαρτάται από το δίκτυο και, ειδικότερα, από το αν αυτό χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα ή νοητά κυκλώματα. Στην περίπτωση που το δίκτυο χρησιμοποιεί νοητά κυκλώματα, τότε η επιλογή της διαδρομής, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα, λαμβάνεται κατά την εγκατάσταση του νοητού κυκλώματος και όλα τα δεδομένα της ίδιας σύνδεσης ακολουθούν τον ίδιο δρόμο (νοητό κύκλωμα). Εάν το δίκτυο χρησιμοποιεί αυτοδύναμα πακέτα, τότε τα πακέτα της ίδιας σύνδεσης δεν είναι απαραίτητο να ακολουθούν την ίδια διαδρομή. Η απόφαση για τη διαδρομή, που θα ακολουθήσει κάθε πακέτο, λαμβάνεται για καθένα ξεχωριστά.

Ανεξάρτητα από το αν οι διαδρομές επιλέγονται ανεξάρτητα για κάθε αυτοδύναμο πακέτο ή για κάθε νοητό κύκλωμα, υπάρχουν ορισμένες ιδιότητες, που είναι επιθυμητές για κάθε αλγόριθμο δρομολόγησης. Αυτές είναι οι εξής: ορθότητα, απλότητα, ανθεκτικότητα, δικαιοσύνη και βελτιστοποίηση. Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, η ορθότητα, η απλότητα και η δικαιοσύνη δεν χρειάζονται

περισσότερη ανάλυση. Η ανθεκτικότητα αναφέρεται στο γεγονός, ότι ο αλγόριθμος πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση, που κάποιος κόμβος ή γραμμή τεθεί εκτός λειτουργίας. Η βελτιστοποίηση στοχεύει στην καλύτερη δυνατή χρησιμοποίηση των πόρων του δικτύου όπως για παράδειγμα, στην μεγιστοποίηση της συνολικής κίνησης, που εξυπηρετείται από το δίκτυο.

Το έργο της δρομολόγησης σε ένα δίκτυο είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι χρειάζεται συντονισμός και συνεργασία μεταξύ όλων των κόμβων του δικτύου και όχι μόνο μεταξύ των γειτονικών, όπως απαιτείται από τα πρωτόκολλα των χαμηλότερων επιπέδων της αρχιτεκτονικής OSI ή TCP/IP (όπως στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων). Έτσι, για τη δρομολόγηση σε ένα δίκτυο συνεργάζονται πολλοί αλγόριθμοι, οι οποίοι δουλεύουν λιγότερο ή περισσότερο ανεξάρτητα μεταξύ τους. Οι βασικές λειτουργίες του αλγόριθμου δρομολόγησης είναι πρώτον η επιλογή της διαδρομής για τη μεταφορά των δεδομένων από την πηγή στον προορισμό και δεύτερο η παράδοση των πακέτων στον προορισμό τους, όταν οι διαδρομές έχουν καθορισθεί. Η παράδοση των πακέτων στον προορισμό επιτυγχάνεται με τη χρήση των πινάκων δρομολόγησης. Η επιλογή της διαδρομής, όπως και η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης, αποτελεί δύσκολο πρόβλημα, το οποίο επηρεάζει την επίδοση του δικτύου. Τα βασικά μέτρα επίδοσης, που επηρεάζονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης, είναι η ρυθμοαπόδοση και η μέση καθυστέρηση.

Ας δούμε όμως, πως ο αλγόριθμος δρομολόγησης επηρεάζει την ρυθμοαπόδοση και τη μέση καθυστέρηση. Τα πακέτα, που μεταφέρονται μέσω του δικτύου, υφίστανται μέση καθυστέρηση, που εξαρτάται από τις διαδρομές, που ακολουθούν. Οι διαδρομές αυτές επιλέγονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης. Επομένως, οι αποφάσεις του αλγόριθμου δρομολόγησης επηρεάζουν άμεσα τη μέση καθυστέρηση, που υφίσταται η κίνηση σε ένα δίκτυο. Επιπρόσθετα, όταν η καθυστέρηση σε ένα δίκτυο αυξάνει, αυτό σημαίνει ότι η εισερχόμενη κίνηση δεν μπορεί να εξυπηρετηθεί. Φανταστείτε τις γραμμές του δικτύου σαν μία μεγάλη οδική αρτηρία. Όταν η κίνηση είναι αυξημένη, η ροή των αυτοκινήτων γίνεται με μικρή ταχύτητα. Εάν η κίνηση ξεπεράσει κάποια ανώτατα όρια, τότε δημιουργείται κυκλοφοριακή συμφόρηση και τα αυτοκίνητα κινούνται με μεγάλη δυσκολία. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και στο δίκτυο.

Στην περίπτωση που η μέση καθυστέρηση της κίνησης αυξάνει επικίνδυνα, ενεργοποιείται ένας μηχανισμός προστασίας, ο οποίος ονομάζεται έλεγχος ροής και εμποδίζει την είσοδο νέου φορτίου στο δίκτυο. Ο έλεγχος ροής επιδιώκει την εξισορρόπηση της ρυθμοαπόδοσης με την καθυστέρηση. Έτσι, όσο αποτελεσματικότερος είναι ο αλγόριθμος δρομολόγησης στο να διατηρεί χαμηλά την καθυστέρηση, τόσο περισσότερη κίνηση μπορεί να δεχθεί το δίκτυο και κατά συνέπεια τόσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμοαπόδοση, που επιτυγχάνεται.

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης διακρίνονται, πρώτον, σε **κατανεμημένους** και **συγκεντρωτικούς** και δεύτερο, σε **στατικούς** και **προσαρμοζόμενης δρομολόγησης**.

Στους συγκεντρωτικούς αλγόριθμους οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται από έναν κεντρικό κόμβο. Ο κόμβος αυτός πρέπει να έχει πλήρη γνώση της κατάστασης του δικτύου, με αποτέλεσμα την αύξηση του μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης. Αυτό συνεπάγεται, ότι ο κόμβος πρέπει να έχει μεγάλες δυνατότητες τοπικής αποθήκευσης και απαιτείται περισσότερος χρόνος από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (Central Processing Unit, CPU), για να σαρώνει τους μεγάλους πίνακες δρομολόγησης σε μικρό χρόνο. Αντίθετα, στους κατανεμημένους αλγόριθμους, οι αποφάσεις δρομολόγησης λαμβάνονται κατανεμημένα (μεταξύ των κόμβων του δικτύου) και οι κόμβοι ανταλλάσσουν πληροφορίες, όταν απαιτείται.

Οι στατικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης χρησιμοποιούν σταθερές διαδρομές για τη μεταφορά δεδομένων, ανεξάρτητα από τις συνθήκες κίνησης, που επικρατούν στο δίκτυο. Αλλαγές στις διαδρομές γίνονται μόνο όταν μία γραμμή ή ένας κόμβος τεθούν εκτός λειτουργίας. Οι αλγόριθμοι αυτοί δεν επιτυγχάνουν υψηλές ρυθμοαποδόσεις και χρησιμοποιούνται κυρίως σε πολύ απλά δίκτυα. Σε αντίθεση, στους αλγόριθμους προσαρμοζόμενης δρομολόγησης οι διαδρομές τροποποιούνται ανάλογα με τις συνθήκες φόρτισης των γραμμών του δικτύου. Η λειτουργία τους στηρίζεται στην αρχή, ότι, όταν κάποιο τμήμα του δικτύου υποστεί συμφόρηση λόγω αυξημένης εισερχόμενης κίνησης, τότε ο αλγόριθμος δρομολόγησης τροποποιεί τις διαδρομές και οδηγεί την κίνηση εκτός των τμημάτων, που έχουν υποστεί την συμφόρηση. Οι αποφάσεις τους βασίζονται σε μετρήσεις ή εκτιμήσεις της τρέχουσας τοπολογίας του δικτύου.

Σημαντική Παρατήρηση

Τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι αλγόριθμοι δρομολόγησης λαμβάνουν τις αποφάσεις τους, είναι τα ακόλουθα:

- Συντομότερη διαδρομή, η οποία καθορίζεται με βάση:
είτε τον αριθμό τμημάτων (γραμμών), που την αποτελούν,
είτε την μέση καθυστέρηση (ουράς και μετάδοσης), που εισάγει
είτε τη χρησιμοποίηση του εύρους ζώνης
- Αριθμός πακέτων, που περιμένουν προς μετάδοση στην ουρά εξόδου
- Κόστος γραμμής. Το κόστος γραμμής είναι συνάρτηση, στην οποία συμμετέχουν με διαφορετική βαρύτητα οι ακόλουθοι παράγοντες: μέση καθυστέρηση, μέσο μήκος ουράς, χρήση εύρους ζώνης.

7.9.1 Δρομολόγηση σε δίκτυα TCP/IP

Η μέχρι τώρα περιγραφή των πρωτοκόλλων TCP/IP αποδεικνύει, ότι το πρωτόκολλο IP είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά των αυτοδύναμων πακέτων στον προορισμό, που δηλώνεται από τη διεύθυνση προορισμού, αλλά δεν έχει ειπωθεί ακόμη τίποτε για το πως αυτό πραγματοποιείται.

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση του πώς πραγματοποιείται η δρομολόγηση στα δίκτυα TCP/IP, πρέπει πρώτα να σημειώσουμε τη διαφορά μεταξύ τελικών υπολογιστών (hosts) και συσκευών δρομολόγησης (δρομολογητών). Οι τελικοί υπολογιστές παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης μόνο για τα δικά τους αυτοδύναμα πακέτα και δεν προωθούν παραπέρα τυχόν αυτοδύναμα πακέτα, που λαμβάνουν και που δεν απευθύνονται σε αυτούς. Αντίθετα, οι δρομολογητές παίρνουν αποφάσεις δρομολόγησης για όλα τα αυτοδύναμα πακέτα, που λαμβάνουν και τα προωθούν στον προορισμό τους. Η διάκριση των συσκευών σε τελικούς υπολογιστές και δρομολογητές είναι περισσότερο λογική και όχι φυσική, αφού σα δρομολογητές μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε ειδικές συσκευές (η συνήθης περίπτωση) είτε απλοί υπολογιστές γενικού σκοπού. Στην δεύτερη περίπτωση, μία συσκευή αναλαμβάνει το διπλό έργο του δρομολογητή και του τελικού υπολογιστή. Αυτό συμβαίνει συνήθως σε μικρά δίκτυα.

Βασικό στοιχείο του πρωτοκόλλου IP, το οποίο συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία δρομολόγησης, είναι ο πίνακας δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο IP χρησιμοποιεί αυτόν τον πίνακα, για να πάρει όλες τις αποφάσεις, που σχετίζονται με τη δρομολόγηση των IP αυτοδύναμων πακέτων στον προορισμό τους.

Συνήθως, τα μεγάλα επικοινωνιακά κέντρα έχουν δρομολογητές, που διασυνδέουν πολλά δίκτυα μεταξύ τους. Η δρομολόγηση στο IP βασίζεται, κυρίως, στη διεύθυνση του δικτύου προορισμού. Κάθε υπολογιστής έχει πίνακα με διευθύνσεις δικτύων, σε καθεμία από τις οποίες αντιστοιχεί ένας δρομολογητής. Στον δρομολογητή αυτό πρέπει να σταλούν τα δεδομένα, προκειμένου να προωθηθούν στο δίκτυο προορισμού. Σημειώστε, ότι ο δρομολογητής δεν χρειάζεται να είναι απευθείας συνδεδεμένος με το δίκτυο προορισμού, απλά να αποτελεί την καλύτερη επιλογή μεταξύ των δρομολογητών, που μπορούν να οδηγήσουν στο δίκτυο προορισμού.

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης, που χρησιμοποιείται από το πρωτόκολλο IP για τη δρομολόγηση των αυτοδύναμων πακέτων, διακρίνει δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση της **άμεσης δρομολόγησης**, ο υπολογιστής αποστολέας βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον υπολογιστή προορισμού και, επομένως, τα αυτοδύναμα πακέτα παραδίδονται αμέσως. Στην δεύτερη περίπτωση της **έμμεσης δρομολόγησης**, ο υπολογιστής αποστολέας βρίσκεται σε διαφορετικό δίκτυο από τον υπολογιστή προορισμού.

Όταν ένας υπολογιστής πρέπει να στείλει ένα αυτοδύναμο πακέτο, ελέγχει πρώτα, εάν η διεύθυνση προορισμού ανήκει στο δικό του τοπικό δίκτυο. Εάν ναι, τότε το αυτοδύναμο πακέτο στέλνεται κατευθείαν. Διαφορετικά, το σύστημα αναμένει να βρει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης για το δίκτυο, στο οποίο ανήκει η διεύθυνση προορισμού. Όταν βρεθεί η αντίστοιχη εγγραφή, το αυτοδύναμο πακέτο στέλνεται στο δρομολογητή, που προσδιορίζεται από αυτήν. Με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, το οποίο σήμερα διασυνδέει εκατομμύρια υπολογιστές, το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης αυξάνει επικίνδυνα, σε σημείο που να γίνεται προβληματική η διαχείρισή του. Για αυτό το λόγο, αναπτύχθηκαν διάφορες στρατηγικές με στόχο να μειώσουν το μέγεθος των πινάκων δρομολόγησης.

Μία στρατηγική είναι η χρησιμοποίηση ενός ορισμένου από πριν (προεπιλεγμένου) δρομολογητή. Σε πολλά δίκτυα, συνήθως, υπάρχει ένας μόνο δρομολογητής, που οδηγεί έξω από αυτά. Ένας τέτοιος δρομολογητής μπορεί να συνδέει ένα τοπικό δίκτυο στο δίκτυο κορμού. Σε αυτή την περίπτωση, δεν χρειάζεται να έχουμε στον πίνακα δρομολόγησης ξεχωριστή εγγραφή για κάθε δίκτυο, που υπάρχει στον κόσμο. Απλά, ορίζουμε τον δρομολογητή ως προεπιλεγμένο και γνωρίζουμε εκ των προτέρων, ότι όλη η εξερχόμενη κίνηση του δικτύου, ανεξάρτητα από τον προορισμό της, διεκπεραιώνεται από αυτόν. Προεπιλεγμένος δρομολογητής μπορεί να χρησιμοποιείται ακόμη και στην περίπτωση, που το δίκτυο διαθέτει περισσότερους από έναν δρομολογητές. Σε αυτή την περίπτωση, κάθε εξερχόμενο από το δίκτυο αυτοδύναμο πακέτο, στην επικεφαλίδα του οποίου δεν καθορίζεται κάποια ειδική διαδρομή (δρομολογητής), προωθείται προς τον προεπιλεγμένο δρομολογητή. Εάν ο προεπιλεγμένος δρομολογητής δεν μπορεί να προωθήσει κάποιο αυτοδύναμο πακέτο στον προορισμό του, υπάρχει η πρόβλεψη, ώστε οι δρομολογητές να στέλνουν μήνυμα, που να αναφέρει: «Δεν είμαι η καλύτερη επιλογή δρομολογητή - χρησιμοποίησε τον δρομολογητή Χ». Το μήνυμα αυτό στέλνεται μέσω του πρωτοκόλλου ICMP. Τα μηνύματα αυτά χρησιμοποιούνται από τα περισσότερα λογισμικά επιπέδου δικτύου, για να εισάγουν νέες εγγραφές και να ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησης.

Παράδειγμα

Αν υποθέσουμε, ότι το δίκτυο με διεύθυνση 128.6.4, το οποίο βρίσκεται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, έχει δύο δρομολογητές: τον 128.6.4.59 και τον 128.6.4.1. Ο δρομολογητής 128.6.4.59 συνδέει το δίκτυο με μεγάλο αριθμό δικτύων, που και αυτά βρίσκονται στο Πανεπιστήμιο Αθηνών ενώ ο δρομολογητής 128.6.4.1 οδηγεί κατευθείαν στο Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Αν υποθέσουμε επίσης, ότι έχουμε θέσει το δρομολογητή 128.6.4.59 σαν προεπιλεγμένο και δεν έχουμε άλλες εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης. Τι θα συμβεί, εάν θέλουμε να στείλουμε ένα αυτοδύναμο πακέτο στο Πανεπιστήμιο Πειραιά; Επειδή δεν υπάρχει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης για το δίκτυο του Πανεπιστημίου Πειραιά, το αυτοδύναμο πακέτο θα σταλεί στον προεπιλεγμένο δρομολογητή 128.6.4.59. Αυτός όμως δεν είναι ο σωστός δρομολογητής, οπότε προωθεί το αυτοδύναμο πακέτο στο δρομολογητή 128.6.4.1 και παράλληλα στέλνει πίσω στο σύστημα, από το οποίο προήλθε το αυτοδύναμο πακέτο, μήνυμα λάθους λέγοντας «για να πας στο δίκτυο του Πανεπιστημίου Πειραιά χρησιμοποίησε το δρομολογητή 128.6.4.1» Το λογισμικό επιπέδου IP θα προσθέσει μία νέα εγγραφή στο πίνακα δρομολόγησης και κάθε επόμενο αυτοδύναμο πακέτο, που προορίζεται για το Πανεπιστήμιο Πειραιά, θα πηγαίνει κατευθείαν στο δρομολογητή 128.6.4.1. Το μήνυμα λάθους θα σταλεί με το πρωτόκολλο ICMP.

Ο αλγόριθμος δρομολόγησης μπορεί να προσδιορίζει το επόμενο βήμα του στη διαδρομή όχι με βάση τη διεύθυνση δικτύου προορισμού αλλά με βάση τον υπολογιστή προορισμού.

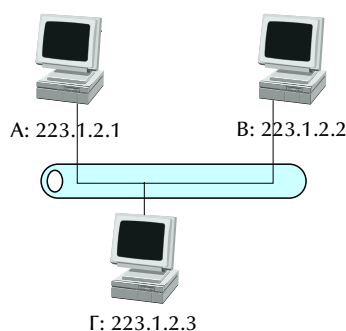
Παρακάτω δίνεται συνοπτικά ο αλγόριθμος δρομολόγησης, που χρησιμοποιεί το IP.

Ξεχώρισε τη διεύθυνση προορισμού (ΔΠ) από το αυτοδύναμο πακέτο
Υπολόγισε τη διεύθυνση δικτύου προορισμού (ΔΔΠ) από τη ΔΠ
(Αν) η ΔΔΠ είναι διεύθυνση δικτύου, με το οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένος ο δρομολογητής,
προώθησε το αυτοδύναμο πακέτο προς τον προορισμό του από το δίκτυο με διεύθυνση ΔΔΠ.
(**Διαφορετικά**) αν η ΔΠ υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης με βάση τον υπολογιστή προορισμού,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο, όπως ορίζεται στον πίνακα
(**Διαφορετικά**) αν η ΔΔΠ υπάρχει στον πίνακα δρομολόγησης,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο, όπως ορίζεται στον πίνακα
(**Διαφορετικά**) αν έχει προσδιορισθεί πρότυπη διαδρομή,
δρομολόγησε το αυτοδύναμο πακέτο προς τον υπεύθυνο δρομολογητή
διαφορετικά σημείωσε λάθος στη δρομολόγηση

Στη συνέχεια θα εξετάσουμε με περισσότερη λεπτομέρεια την άμεση και έμμεση δρομολόγηση και τους πίνακες δρομολόγησης στο TCP/IP.

7.9.2 Άμεση δρομολόγηση

Ας θεωρήσουμε το TCP/IP δίκτυο του Σχήματος 7-27 και ας δούμε πως πραγματοποιείται η δρομολόγηση σε αυτό. Κάθε ένας από τους τρεις υπολογιστές, Α, Β και Γ, από τους οποίους αποτελείται το δίκτυο, έχει ένα Ethernet σημείο διεπαφής με τη δική του Ethernet διεύθυνση, καθώς και μία IP διεύθυνση.



Σχήμα 7-27 TCP/IP δίκτυο αποτελούμενο από τρεις υπολογιστές

Όταν ο υπολογιστής A στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στο B, στην επικεφαλίδα του ορίζονται σαν IP διευθύνσεις πηγής και προορισμού οι IP διευθύνσεις των υπολογιστών A και B αντίστοιχα. Ομοίως στην επικεφαλίδα του Ethernet πακέτου, που σχηματίζεται κατά τη μετάδοση του αυτοδύναμου πακέτου στο φυσικό δίκτυο, ορίζονται σαν Ethernet διευθύνσεις πηγής και προορισμού οι Ethernet διευθύνσεις των υπολογιστών A και B αντίστοιχα (Πίνακας 7-4).

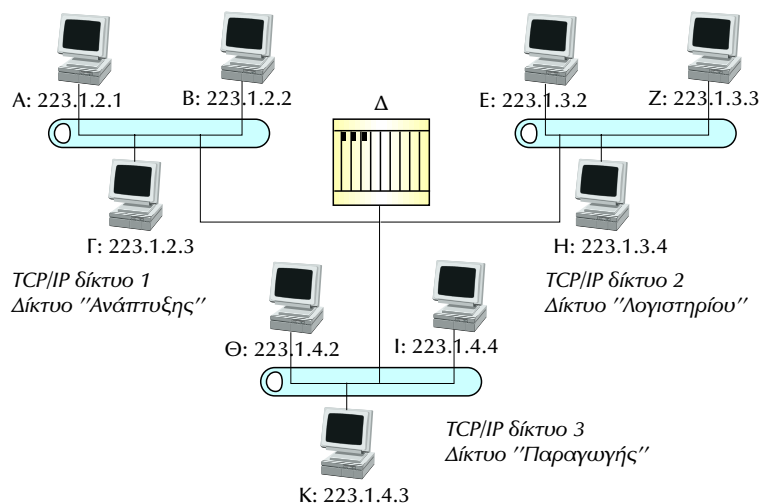
	Διεύθυνση Πηγής	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	Διεύθυνση A	Διεύθυνση B
Ethernet επικεφαλίδα	Διεύθυνση A	Διεύθυνση B

Πίνακας 7-4 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον A στο B

Για αυτή την απλή περίπτωση μεταφοράς δεδομένων από τον A στο B, το πρωτόκολλο IP δεν προσφέρει κάποια επιπλέον υπηρεσία σε σχέση με αυτές, που ήδη παρέχονται από το φυσικό δίκτυο Ethernet. Αντίθετα, οι λειτουργίες του πρωτοκόλλου IP επιβαρύνουν το δίκτυο αφού, απαιτείται επιπλέον επεξεργασία για τη δημιουργία, μετάδοση και ανάλυση της IP επικεφαλίδας.

Όταν το πρωτόκολλο IP του B λάβει το IP αυτοδύναμο πακέτο από τον A, ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού και εξετάζει, εάν είναι ίδια με τη δική του. Αν ναι, τότε περνά το αυτοδύναμο πακέτο στα ανώτερα επίπεδα. Η επικοινωνία αυτή του A με το B χρησιμοποιεί άμεση δρομολόγηση.

7.9.3 Έμμεση Δρομολόγηση



Σχήμα 7-28 TCP/IP διαδίκτυο αποτελούμενο από τρία TCP/IP δίκτυα

Ας θεωρήσουμε το δίκτυο του Σχήματος 7-28 το οποίο αποτελείται από τρία (3) TCP/IP δίκτυα και το οποίο δίνει μια πιο ρεαλιστική εικόνα ενός TCP/IP διαδικτύου από ό,τι το δίκτυο του Σχήματος 7-27. Τα τρία TCP/IP δίκτυα συνδέονται μέσω του δρομολογητή (Δ), χρησιμοποιούν ως φυσικό δίκτυο ένα Ethernet δίκτυο και το καθένα αποτελείται από τρεις υπολογιστές.

Ο υπολογιστής Δ είναι ένας IP δρομολογητής, που συνδέει τα τρία TCP/IP δίκτυα και, επομένως, έχει τρεις (3) IP και τρεις (3) Ethernet διευθύνσεις (μία για κάθε δίκτυο). Όταν ο υπολογιστής Α στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στον υπολογιστή Β, η διαδικασία που ακολουθείται, είναι ακριβώς ίδια με αυτήν, που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Γενικότερα, κάθε επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, που βρίσκονται στο ίδιο TCP/IP δίκτυο, γίνεται σύμφωνα με την άμεση δρομολόγηση και ακολουθεί τη διαδικασία της προηγούμενης παραγράφου. Εξετάζοντας το Σχήμα 7-28 βλέπουμε, ότι ο υπολογιστής Δ είναι συνδεδεμένος και στα τρία δίκτυα. Επομένως, η επικοινωνία του Δ με τους υπολογιστές Α, Ε και Θ πραγματοποιείται σύμφωνα με την άμεση δρομολόγηση. Αυτό συμβαίνει γιατί καθένα από τα παραπάνω ζευγάρια υπολογιστών βρίσκονται στο ίδιο TCP/IP δίκτυο.

Όταν, όμως, ο υπολογιστής Α επικοινωνεί με υπολογιστή, που βρίσκεται στην άλλη πλευρά του δρομολογητή (για παράδειγμα τον Ε), η επικοινωνία δεν είναι πια άμεση. Αυτή η επικοινωνία ονομάζεται έμμεση. Εάν ο Α στείλει IP αυτοδύναμο πακέτο στον Ε, το προς μετάδοση πακέτο φέρει ως IP και Ethernet διευθύνσεις πηγής τις αντίστοιχες διευθύνσεις του Α, ως IP διεύθυνση προορισμού την αντίστοιχη διεύθυνση του Ε, ενώ ως Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του Δ (Πίνακας 7-5). Αυτό συμβαίνει, επειδή ο Α δεν στέλνει το πακέτο κατευθείαν στον Ε. Το πακέτο πηγαίνει πρώτα στον Δ, ο οποίος θα το προωθήσει στη συνέχεια στον Ε.

	Διεύθυνση Προέλευσης	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	A	E
Ethernet επικεφαλίδα	A	Δ

Πίνακας 7-5 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον Α στον Ε

Το πρωτόκολλο IP του Δ λαμβάνει το αυτοδύναμο πακέτο, και αφού εξετάσει την IP διεύθυνση προορισμού, λέει: «Αυτή δεν είναι η δική μου διεύθυνση» και στέλνει το αυτοδύναμο πακέτο κατευθείαν στον Ε θέτοντας ως Ethernet διεύθυνση προορισμού την Ethernet διεύθυνση του Ε.

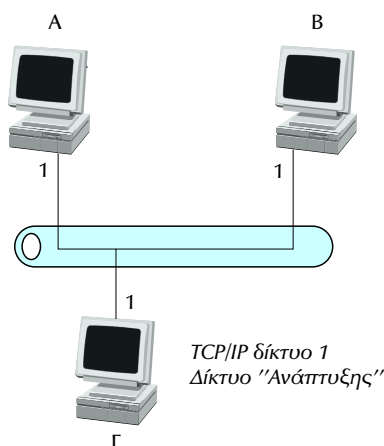
	Διεύθυνση Προέλευσης	Διεύθυνση Προορισμού
IP επικεφαλίδα	A	E
Ethernet επικεφαλίδα	Δ	E

Πίνακας 7-6 Διευθύνσεις του Ethernet πακέτου ενός IP αυτοδύναμου πακέτου, που πηγαίνει από τον Α στο Ε (αφού περάσει από το Δ)

7.9.4 Πίνακας Δρομολόγησης

Στις προηγούμενες παραγράφους εξετάσαμε τι γίνεται κατά τη δρομολόγηση στο Διαδίκτυο, εδώ θα μελετήσουμε το πως γίνεται.

Ένα ερώτημα, που δημιουργείται, είναι πως το πρωτόκολλο IP προσδιορίζει το σημείο διεπαφής δικτύου, που πρέπει να χρησιμοποιήσει, προκειμένου να δρομολογήσει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στο προορισμό του. Η απάντηση δίνεται με τη βοήθεια του πίνακα δρομολόγησης. Το πρωτόκολλο IP βρίσκει το σημείο διεπαφής δικτύου από τον πίνακα δρομολόγησης, χρησιμοποιώντας ως κλειδί αναζήτησης τη διεύθυνση δικτύου προορισμού. Η διεύθυνση δικτύου προορισμού, όπως έχουμε ήδη περιγράψει, προκύπτει από την IP διεύθυνση προορισμού. Ο πίνακας δρομολόγησης έχει μία εγγραφή για κάθε διαδρομή. Οι βασικές στήλες του πίνακα δρομολόγησης είναι οι εξής: αριθμός δικτύου IP, αναγνωριστικό άμεσης ή έμμεσης δρομολόγησης, IP διεύθυνση δρομολογητή και αριθμός διεπαφής δικτύου. Τον πίνακα αυτόν συμβουλευεται το πρωτόκολλο IP για κάθε εξερχόμενο αυτοδύναμο πακέτο. Οι αποφάσεις, που λαμβάνει το πρωτόκολλο IP συμβουλευόμενο τον πίνακα δρομολόγησης, αφορούν το εάν θα στείλει το αυτοδύναμο πακέτο με άμεση ή έμμεση δρομολόγηση και την επιλογή του σημείου διεπαφής δικτύου χαμηλότερου επιπέδου, στο οποίο θα προωθήσει το αυτοδύναμο πακέτο.

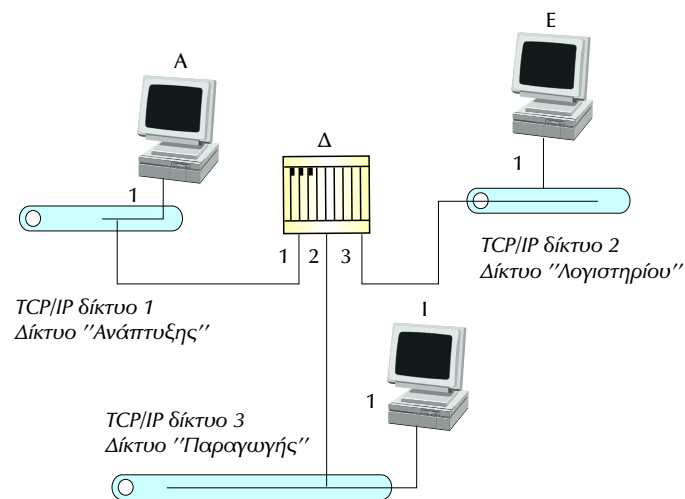


Σχήμα 7-29 Διεπαφές των υπολογιστών A, B και Γ του TCP/IP δικτύου, που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 7-27

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1

Πίνακας 7-7 Πίνακας δρομολόγησης του υπολογιστή A

Όταν ο υπολογιστής A στέλνει ένα αυτοδύναμο πακέτο στο B, προσδιορίζει σαν IP διεύθυνση προορισμού την IP διεύθυνση του B (223.1.2.2). Το πρωτόκολλο IP από την IP διεύθυνση του B παίρνει τη διεύθυνση του δικτύου, στο οποίο ανήκει ο B (223.1.2) με τη χρήση κατάλληλης μάσκας. Στη συνέχεια, διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης, για να δει, εάν υπάρχει εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο. Στον πίνακα του παραδείγματός μας υπάρχει ίδια διεύθυνση στην πρώτη καταχώρηση του πίνακα. Οι άλλες πληροφορίες της καταχώρησης υποδεικνύουν, ότι οι υπολογιστές σε αυτό το δίκτυο μπορεί να προσπελασθούν άμεσα μέσω του σημείου διεπαφής ένα. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια ενός ARP πίνακα από την IP διεύθυνση του υπολογιστή B προκύπτει και η Ethernet διεύθυνση του, και το Ethernet πακέτο διαβιβάζεται κατευθείαν στον υπολογιστή B μέσω του σημείου επαφής ένα.



Σχήμα 7-30 Διεπαφές των υπολογιστών A, Δ, E και I του TCP/IP δικτύου, που παρουσιάστηκε στο Σχήμα 7-28

Ας δούμε τώρα, τι γίνεται στην περίπτωση της έμμεσης δρομολόγησης. Όπως προαναφέραμε ο δρομολογητής Δ είναι συνδεδεμένος και στα τρία δίκτυα του Σχήματος 7-28. Έχει, επομένως, τρία σημεία διεπαφής δικτύου (Σχήμα 7-30), στα οποία δρομολογεί τα εισερχόμενα αυτοδύναμα πακέτα ανάλογα με το δίκτυο, στο οποίο κατευθύνονται.

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1
Λογιστηρίου (223.1.3)	Έμμεση	Δ	1
Παραγωγής (223.1.4)	Έμμεση	Δ	1

Πίνακας 7-8 Πίνακας δρομολόγησης του υπολογιστή Α

Όταν ο Α στέλνει ένα IP αυτοδύναμο πακέτο στον Ε, προσδιορίζει ως IP διεύθυνση προορισμού την αντίστοιχη διεύθυνση του Ε (223.1.3.2). Το πρωτόκολλο IP από την IP διεύθυνση του Ε λαμβάνει τη διεύθυνση του δικτύου στο οποίο ανήκει ο Ε (223.1.3). Στη συνέχεια, διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης, για να δει, εάν υπάρχει εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο. Στον πίνακα του παραδείγματός μας υπάρχει ίδια διεύθυνση στη δεύτερη καταχώρηση του πίνακα. Η καταχώρηση αυτή υποδεικνύει, ότι οι υπολογιστές του δικτύου 223.1.3 μπορούν να προσπελαθούν με έμμεση δρομολόγηση μέσω του δρομολογητή Δ. Στην συνέχεια, με τη βοήθεια ARP πίνακα, από την IP διεύθυνση του υπολογιστή Δ προκύπτει η Ethernet διεύθυνση του, και το Ethernet πακέτο διαβιβάζεται κατευθείαν στον υπολογιστή Δ μέσω του σημείου επαφής ένα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε, ότι στο IP αυτοδύναμο πακέτο παραμένει ακόμη ως IP διεύθυνση προορισμού η IP διεύθυνση του υπολογιστή Ε. Όταν το Ethernet πακέτο φθάσει στο σημείο διεπαφής 1 (διεπαφή του υπολογιστή Δ με το δίκτυο Ανάπτυξης) περνά στο IP πρωτόκολλο του υπολογιστή Δ. Το πρωτόκολλο IP ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού και, αφού διαπιστώσει, ότι δεν αντιστοιχεί στην IP διεύθυνση του Δ, αποφασίζει να το προωθήσει στον προορισμό του.

Το πρωτόκολλο IP του υπολογιστή Δ από την IP διεύθυνση προορισμού του αυτοδύναμου πακέτου (διεύθυνση του υπολογιστή Ε) παίρνει τη διεύθυνση του δικτύου, στο οποίο ανήκει ο Ε (223.1.3) και διερευνά την πρώτη στήλη του πίνακα δρομολόγησης (Πίνακας 7-9) για να δει, εάν υπάρχει κάποια εγγραφή με την ίδια καταχώρηση στη στήλη Δίκτυο.

Δίκτυο	Αναγνωριστικό Άμεσης/ Έμμεσης Δρομολόγησης	Δρομολογητής	Αριθμός Διεπαφής
Ανάπτυξης (223.1.2)	Άμεση	<κενό>	1
Λογιστηρίου (223.1.3)	Άμεση	<κενό>	3
Παραγωγής (223.1.4)	Άμεση	<κενό>	2

Πίνακας 7-9 Πίνακας δρομολόγησης του Δ

Η διεύθυνση, εντοπίζεται στη δεύτερη εγγραφή του πίνακα. Τότε, το πρωτόκολλο IP στέλνει το IP αυτοδύναμο πακέτο κατευθείαν στον υπολογιστή E μέσω του σημείου διεπαφής 3. Στο αυτοδύναμο πακέτο, που κατευθύνεται στον υπολογιστή E, η IP διεύθυνση προορισμού, είναι η αντίστοιχη του E. Το ίδιο ισχύει και για την Ethernet διεύθυνση προορισμού. Όταν το Ethernet πακέτο φθάσει στον υπολογιστή E μέσω του σημείου διεπαφής 3, διαβιβάζεται στο πρωτόκολλο IP του υπολογιστή E. Το πρωτόκολλο IP ελέγχει την IP διεύθυνση προορισμού, αναγνωρίζει, ότι είναι η δικιά του και περνά το αυτοδύναμο πακέτο στα πρωτόκολλα ανωτέρου επιπέδου.

7.10 Πρωτόκολλα δρομολόγησης

Από τη μέχρι τώρα περιγραφή της δρομολόγησης στα TCP/IP δίκτυα βλέπουμε, ότι ένα IP αυτοδύναμο πακέτο, που ταξιδεύει στο Διαδίκτυο, μπορεί να περάσει από πολλούς δρομολογητές και δίκτυα μέχρι τελικά να φθάσει στον προορισμό του. Το μονοπάτι, που ακολουθεί, δεν καθορίζεται από μία κεντρική αρχή, αλλά είναι αποτέλεσμα των οδηγιών, που παίρνει από τους πίνακες δρομολόγησης, που συναντά στο ταξίδι του. Κάθε δρομολογητής καθορίζει μόνο τον επόμενο σταθμό του αυτοδύναμου πακέτου και βασίζεται σε αυτόν, προκειμένου το αυτοδύναμο πακέτο να οδηγηθεί στον προορισμό του.

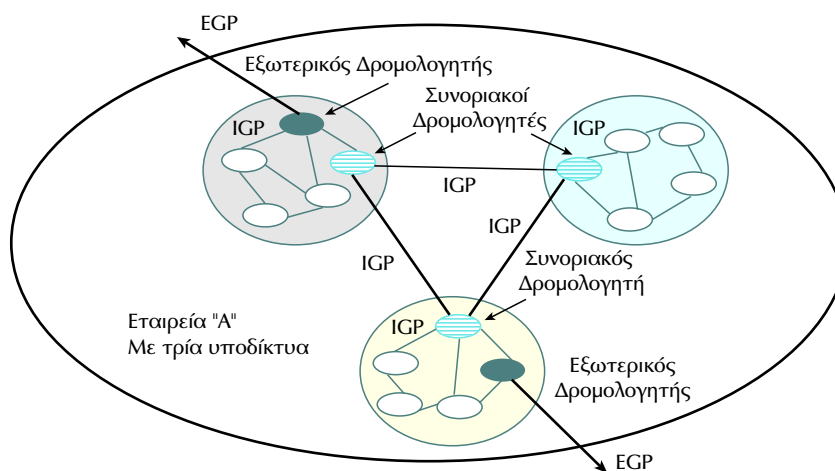
Η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης ενός δικτύου είναι πολύ κρίσιμο έργο, ο βαθμός δυσκολίας του οποίου εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος του δικτύου. Είναι προφανές, ότι πιθανά λάθη στους πίνακες δρομολόγησης μπορούν να οδηγήσουν σε επικοινωνιακά σφάλματα, τα οποία είναι εξαιρετικά δύσκολο να διαγνωσθούν και να διορθωθούν. Επιπρόσθετα, η συνεχής μεταβολή της διάρθρωσης των δικτύων, που επιβάλλεται από την εξυπηρέτηση νέων αναγκών και απαιτήσεων, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο το έργο της διαχείρισης των πινάκων δρομολόγησης.

Σε μικρά δίκτυα, οι πίνακες δρομολόγησης γεμίζουν χειροκίνητα από το διαχειριστή του δικτύου, ενώ σε μεγαλύτερα, το έργο αυτό έχει αυτοματοποιηθεί και πραγματοποιείται από το πρωτόκολλο δρομολόγησης, το οποίο μεταφέρει και κατανέμει την απαιτούμενη πληροφορία σε όλο το δίκτυο. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι τεχνικές, που χρησιμοποιούνται από τους δρομολογητές, για να επικοινωνήσουν ο ένας με τον άλλο και να ενημερώνονται για τις αλλαγές, που σημειώνονται στις διαδρομές και στον τρόπο προσέγγισης των διαφόρων δικτύων.

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης, που χρησιμοποιούνται, για τον καθορισμό των διαδρομών, για τη συμπλήρωση, δηλαδή, των πινάκων δρομολόγησης, ποικίλουν και εξαρτώνται από τη δόμηση των δικτύων και τη σχέση που έχουν μεταξύ τους τα προς διασύνδεση δίκτυα.

Με την ανάπτυξη του Διαδικτύου, κατέστη αδύνατο κάθε δρομολογητής να διατηρεί πίνακες δρομολόγησης με στοιχεία για ολόκληρο το δίκτυο. Αυτό οδήγησε στη τμηματοποίηση των δικτύων, όπου κάθε δρομολογητής είναι υπεύθυνος

για τη δρομολόγηση σε συγκεκριμένο τμήμα του δικτύου. Η ιδέα αυτή προϋποθέτει την ύπαρξη συνεργασίας μεταξύ γειτονικών δρομολογητών, όπου ο καθένας παρέχει στους άλλους πληροφορίες για τα τοπικά δίκτυα, που είναι συνδεδεμένα με αυτόν. Με αυτό τον τρόπο, το δίκτυο διαιρείται σε μικρότερα υποδίκτυα, τα οποία με τη σειρά τους μπορούν να αποτελούνται από περισσότερα του ενός φυσικά δίκτυα (Σχήμα 7-31). Στην περίπτωση που ένα υποδίκτυο έχει περισσότερους από ένα δρομολογητές, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους, ένας από αυτούς ορίζεται ως **συνοριακός δρομολογητής (boundary router)** και είναι υπεύθυνος για τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας με τα γειτονικά υποδίκτυα.



Σχήμα 7-31 Διαίρεση δικτύου σε μικρότερα υποδίκτυα

Η επικοινωνία του δικτύου με τα άλλα δίκτυα γίνεται μέσω συγκεκριμένων δρομολογητών, που ονομάζονται **εξωτερικοί δρομολογητές** και χειρίζονται όλη την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο, η εσωτερική δομή του δικτύου και των υποδικτύων του δεν είναι ορατή από τα υπόλοιπα δίκτυα, που είναι διασυνδεδεμένα με αυτό. Τα δίκτυα, η εσωτερική δομή των οποίων δεν είναι ορατή από τον υπόλοιπο κόσμο, ονομάζονται **αυτόνομα συστήματα**.

Επισήμανση

Οι εξωτερικοί δρομολογητές αναλαμβάνουν τη διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταξύ αυτόνομων συστημάτων, ενώ οι συνοριακοί χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ υποδικτύων του ίδιου αυτόνομου συστήματος.

Τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται για την εσωτερική επικοινωνία στα αυτόνομα συστήματα, ονομάζονται **Εσωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης (Interior Gateway Protocols – IGP)**. Τυπικά πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας είναι το **Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol – RIP)** και το **Πρωτόκολλο Βραχύτερου Μονοπατιού (Open Shortest Path First – OSPF)**. Τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ αυτόνομων συστημάτων, ονομάζονται **Εξωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης (Exterior Gateway Protocols – EGP)**. Όλα τα πρωτόκολλα βασίζονται στη συχνή μεταφορά πληροφορίας μεταξύ των δρομολογητών για την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης.

Στην συνέχεια, παρουσιάζουμε σε συντομία το πρωτόκολλο RIP, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία εντός των αυτόνομων συστημάτων και το πρωτόκολλο EGP, που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ αυτόνομων συστημάτων.

7.10.1 Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης (Routing Information Protocol, RIP)

Το πρωτόκολλο RIP δουλεύει καλύτερα σε μικρά δίκτυα, όπου οι ζεύξεις είναι ίσης ταχύτητας. Ο λόγος είναι, ότι το μέτρο που χρησιμοποιείται, για να προσδιορίσει το καλύτερο μονοπάτι, είναι η απόσταση από τον προορισμό σε βήματα (hops). Με τον όρο βήμα, εννοούμε το πέρασμα μέσω ενός δρομολογητή. Ως μέγιστη απόσταση έχει ορισθεί αυτή των 16 βημάτων. Έτσι, όλοι οι υπολογιστές, που είναι συνδεδεμένοι στο ίδιο φυσικό δίκτυο (π.χ. Ethernet), απέχουν μεταξύ τους μηδέν βήματα. Στην περίπτωση που ένας δρομολογητής συνδέει απευθείας δύο δίκτυα, οι υπολογιστές του ενός δικτύου απέχουν από τους υπολογιστές του άλλου δικτύου ένα βήμα. Καθώς η πληροφορία δρομολόγησης περνά από ένα δρομολογητή, ο δρομολογητής αυξάνει κατά ένα τον αριθμό των βημάτων. Ως διάμετρος δικτύου ορίζεται ο μεγαλύτερος αριθμός βημάτων μέσα στο δίκτυο. Δεδομένου ότι σα μέγιστη απόσταση έχουν ορισθεί τα 16 βήματα (όταν η απόσταση πάρει τη τιμή 16 το πακέτο απορρίπτεται), το πρωτόκολλο RIP δεν επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών, που απέχουν πάνω από 15 βήματα, όταν δηλαδή παρεμβάλλονται μεταξύ τους περισσότεροι από 15 δρομολογητές. Από την παρουσίαση του πρωτοκόλλου είναι φανερό, ότι αυτό δεν λαμβάνει υπόψη του την ταχύτητα των ζεύξεων. Έτσι, εάν οι ζεύξεις έχουν διαφορετική ταχύτητα, αυτή η διαφορά δεν αντικατοπτρίζεται στη μονάδα μέτρησης της απόστασης. Για παράδειγμα, μεταξύ μίας σύνδεσης 56 kbps, που προσδιορίσθηκε ότι είναι ενός βήματος και μίας 2 Mbps δύο βημάτων θα επιλέγονταν η πρώτη, παρόλο που η καθυστέρηση μετάδοσης, που εισάγει, είναι πολύ μεγαλύτερη. Επιπλέον, ο αλγόριθμος δεν λαμβάνει υπόψη του την κίνηση, που διεκπεραιώνει κάθε ζεύξη. Έτσι, ακόμη και εάν η ζεύξη έφτανε στα όρια της χωρητικότητάς της όσο αφορά την κίνηση, που μεταφέρει, ο αλγόριθμος θα συνέχιζε να την επιλέγει σαν την καλύτερη διαδρομή. Φανταστείτε το σαν δύο οδικές διαδρομές, που οδηγούν από την περιοχή Α στην

περιοχή Β. Η μία διαδρομή είναι 5 χιλιομέτρων και η άλλη 8. Άρα, με βάση το πρωτόκολλο RIP, η καλύτερη είναι η πρώτη. Όταν, όμως, η κίνηση στην πρώτη διαδρομή είναι μεγάλη και η κυκλοφορία πραγματοποιείται με δυσκολία, τότε καλύτερη διαδρομή είναι η Β, η οποία θα μας οδηγήσει γρηγορότερα και χωρίς καθυστερήσεις στον προορισμό μας. Με βάση όμως τον αλγόριθμο RIP, ένας οδηγός, ο οποίος δεν γνωρίζει την κατάσταση των δύο δρόμων, θα κατευθυνθεί στην πρώτη διαδρομή, η οποία θα προταθεί από τον αλγόριθμο ως η καλύτερη.

7.10.2 Εξωτερικό Πρωτόκολλο Πύλης (Exterior Gateway Protocol, EGP)

Το πρωτόκολλο EGP αφορά δρομολογητές διαφορετικών αυτόνομων συστημάτων και προσδιορίζει τον τρόπο, με τον οποίο αυτοί συνεργάζονται για την ανταλλαγή πληροφορίας δρομολόγησης. Το EGP προσδιορίζει σε ποια δίκτυα μπορούμε να φθάσουμε μέσω ενός δρομολογητή, δεν μας ενημερώνει, όμως, για το κόστος (την απόστασή τους) και για το πόσο καλή είναι η σύνδεση. Αυτό συμβαίνει, γιατί το κόστος στα διάφορα αυτόνομα συστήματα μπορεί να προσδιορίζεται με βάση διαφορετικά κριτήρια ή ακόμη και διαφορετικά πρωτόκολλα. Αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει ενιαία μονάδα μέτρησης.

Επίσης το γεγονός, ότι η δρομολόγηση γίνεται με βάση την ύπαρξη ή μη κάποιας διαδρομής προς το δίκτυο προορισμού, συνεπάγεται, ότι η τοπολογία του τελικού διασυνδεδεμένου δικτύου πρέπει να είναι τοπολογία δέντρου. Διαφορετικά, εάν υπάρχουν βρόχοι, είναι μεγάλη η πιθανότητα ένα πακέτο να κλειδώσει σε ένα βρόχο.

Το πρωτόκολλο περιλαμβάνει τρεις διαδικασίες:

- Τη διερεύνηση της επιθυμίας γειτονικών δρομολογητών για συνεργασία μεταξύ τους.
- Τον έλεγχο της δυνατότητας επικοινωνίας ενός δρομολογητή με τους γειτονικούς δρομολογητές.
- Τη γνώση των δικτύων, με τα οποία μπορεί να επικοινωνήσει ένας δρομολογητής μέσω κάθε γειτονικού δρομολογητή.

Η πρώτη διαδικασία χρησιμοποιείται, για να ρωτήσουν οι δρομολογητές τους γειτονικούς τους, που ανήκουν σε διαφορετικά συστήματα, εάν επιθυμούν την ανταλλαγή πληροφορίας δρομολόγησης. Οι δρομολογητές αυτοί μπορεί να δεχθούν ή να απορρίψουν την πρόταση συνεργασίας.

Η δεύτερη διαδικασία έχει σχέση με τη διατήρηση της ήδη υπάρχουσας σχέσης συνεργασίας με γειτονικό δρομολογητή. Στα πλαίσια της διαδικασίας αυτής, ο δρομολογητής στέλνει περιοδικά μηνύματα στο γειτονικό δρομολογητή και περιμένει την απάντησή του, για να βεβαιωθεί, ότι συνεχίζεται η επικοινωνία μεταξύ τους.

Η τρίτη διαδικασία σχετίζεται με την απόκτηση πληροφορίας δρομολόγησης. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο ένας δρομολογητής στέλνει ερώτηση και ο άλλος σε απάντηση του επιστρέφει τη λίστα δικτύων, με τα οποία έχει διαδρομές, καθώς και εκτίμηση του κόστους καθεμίας, το οποίο όμως έχει τοπική σημασία για το αυτόνομο σύστημα.

7.11 Πρωτόκολλα εφαρμογής

7.11.1 Γενικές αρχές

Μέχρι τώρα περιγράψαμε, πως η ροή δεδομένων διασπάται σε αυτοδύναμα πακέτα, πως αυτά μεταφέρονται από έναν υπολογιστή σε άλλο και πως, τελικά, αυτά συναρμολογούνται στον υπολογιστή προορισμού. Παρόλα αυτά, για να είναι δυνατή η επικοινωνία σε επίπεδο εφαρμογών, χρειάζεται κάτι περισσότερο. Για παράδειγμα, για τη μεταφορά ενός αρχείου πρέπει να υπάρχει τρόπος να ανοίξουμε μία σύνδεση με συγκεκριμένο υπολογιστή, να αποκτήσουμε πρόσβαση σε αυτόν, να ζητήσουμε το αρχείο, που επιθυμούμε και στη συνέχεια να ξεκινήσει η μετάδοση του αρχείου. Όλες αυτές οι ενέργειες γίνονται από τα πρωτόκολλα εφαρμογής, τα οποία τρέχουν πάνω από τα πρωτόκολλα TCP/IP. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής χειρίζονται τις σύνδεσης δικτύου σαν απλή ροή οκτάδων (bytes), σαν να ήταν δηλαδή απλές τηλεφωνικές γραμμές μέσα από τις οποίες πραγματοποιείται η μεταφορά δεδομένων.

Από τη στιγμή που το πρωτόκολλο TCP ανοίγει μία σύνδεση, τα πρωτόκολλα εφαρμογής τη χειρίζονται σαν να ήταν απλό σύρμα, που συνδέει την πηγή με τον προορισμό. Τα πρωτόκολλα εφαρμογής καθορίζουν τι πρέπει να στέλνουμε μέσα από αυτή τη σύνδεση. Προσδιορίζουν, δηλαδή, το σύνολο των εντολών, που καταλαβαίνει η εφαρμογή και τη δομή, στην οποία πρέπει να σταλούν. Γενικά, αυτό που αποστέλλεται από τις διάφορες εφαρμογές είναι συνδυασμός δεδομένων και εντολών. Επειδή, δυστυχώς, δεν συμφωνούν όλοι οι υπολογιστές μεταξύ τους στο πως θα παρουσιάζονται τα δεδομένα, τα πρωτόκολλα εφαρμογής είναι υπεύθυνα για τη συμφωνία κοινού τρόπου παρουσίασης. Μεταξύ των διαφορετικών τύπων υπολογιστών παρατηρούνται διαφορές στους κωδικούς χαρακτήρων (ASCII, EBCDIC), στη σύμβαση τέλους γραμμής και στο εάν τα τερματικά περιμένουν οι χαρακτήρες να στέλνονται ένας κάθε φορά ή ανά γραμμή. Προκειμένου να επιτρέψουμε σε υπολογιστές διαφορετικών τύπων να επικοινωνούν μεταξύ τους, κάθε πρωτόκολλο εφαρμογής ορίζει συγκεκριμένο τρόπο παρουσίασης των δεδομένων. Σημειώστε ότι τα πρωτόκολλα TCP και IP δεν ενδιαφέρονται καθόλου για την παρουσίαση των δεδομένων.

7.11.2 Βασικές και προηγμένες υπηρεσίες Διαδικτύου

Στην συνέχεια, γίνεται σύντομη αναφορά στις πιο χαρακτηριστικές εφαρμογές, που υποστηρίζει η τεχνολογία TCP/IP και είναι διαθέσιμες στο Διαδίκτυο.

Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο

Το **ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail)** είναι εφαρμογή, που επιτρέπει την αποστολή μηνυμάτων / επιστολών μεταξύ δύο ή περισσότερων χρηστών με ηλεκτρονικό τρόπο. Τα πλεονεκτήματα, που προσφέρει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο σε σχέση με το συμβατικό, σχετίζονται με το κόστος, τη ταχύτητα παράδοσης και τη φιλικότητα προς το χρήστη. Έτσι, ο χρήστης απολαμβάνει υπη-

ρεσίες με μικρότερο κόστος και μεγαλύτερη ταχύτητα παράδοσης, χωρίς να χρειάζεται να μετακινείται σε ταχυδρομικά γραφεία και να περιμένει σε ουρές αναμονής μέχρι να εξυπηρετηθεί.

Τα τελευταία χρόνια, με την εξάπλωση και την ευρεία χρήση του Διαδικτύου μεγάλο τμήμα των εγγράφων, που ανταλλάσσονται μεταξύ υπηρεσιών και εταιρειών διακινούνται μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ενώ έχουν αναπτυχθεί και ειδικά προγράμματα εφαρμογών πολύ φιλικά προς το χρήστη, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από μη εξειδικευμένο προσωπικό. Τα προγράμματα αυτά υποστηρίζουν παράδοση του ίδιου μηνύματος σε πολλούς χρήστες, ενημέρωση του αποστολέα, ότι το μήνυμα έχει φθάσει στον προορισμό του και αυτόματη διαχείριση της αλληλογραφίας, ώστε, σε περιπτώσεις απουσίας των χρηστών, αυτή να μη χάνεται. Τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι τα ακόλουθα:

Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ γρήγορο. Για παράδειγμα, για να φτάσει ένα μικρό γράμμα από την Ελλάδα στο Los Angeles κάνει περίπου δύο λεπτά. Εδώ θα πρέπει να σημειώσουμε, ότι ο χρόνος παράδοσης ενός μηνύματος εξαρτάται από τη ταχύτητα των συνδέσεων του δικτύου και είναι ανεξάρτητος από τη φυσική γεωγραφική θέση του παραλήπτη. Έτσι, για παράδειγμα ένα μήνυμα μπορεί να χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να φτάσει στο Los Angeles από ότι σε κάποια πόλη της Πορτογαλίας, λόγω του ότι η επικοινωνία με Los Angeles γίνεται μέσω ταχύτερων συνδέσεων.
- Ο χρήστης δεν χρειάζεται να παρακολουθεί τη μεταφορά του μηνύματος μέσω του ταχυδρομείου, σε αντίθεση με την αποστολή FAX ή την απλή τηλεφωνική κλήση. Το μήνυμα, από την στιγμή που σταλεί, είναι στη διάθεση του παραλήπτη, μόλις ο τελευταίος μπει στον υπολογιστή του και ενεργοποιήσει το πρόγραμμα διαχείρισης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- Είναι πιο οικονομικό από το συμβατικό ταχυδρομείο. Μέσα από μία απλή τηλεφωνική γραμμή μπορεί να μεταδοθεί μεγάλος αριθμός μηνυμάτων και επιστολών, στις οποίες μπορούν (αν υπάρχει το κατάλληλο λογισμικό) να ενσωματωθούν και αρχεία εικόνας και ήχου.
- Μπορεί να προσδιορισθεί μεγάλος αριθμός αποδεκτών, χωρίς να χρειάζεται να γίνει καμία παρέμβαση από τον αποστολέα.
- Το κόστος της υπηρεσίας είναι χαμηλό.

Μειονεκτήματα:

- Δεν υπάρχει απόλυτη εγγύηση, ότι το μήνυμα έφτασε στον προορισμό του.

Το σύστημα του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αποτελείται από κειμενογράφο, που χρησιμοποιείται για τη σύνταξη του μηνύματος και σύστημα μεταφοράς αρχείων για τη μεταφορά των μηνυμάτων στους παραλήπτες τους.

Στην τεχνολογία TCP/IP για τη μεταφορά του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου χρησιμοποιείται το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου (Simple**

Mail Transfer Protocol, SMTP). Στη συνέχεια, δίνεται συνοπτική παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του πρωτοκόλλου SMTP.

Αρχικά, το SMTP θέτει στον εξυπηρετητή ονόματος αρκετές ερωτήσεις, προκειμένου να προσδιορίσει, που θα στείλει το μήνυμα. Από τη στιγμή που έχει προσδιορίσει τη διεύθυνση προορισμού, είναι έτοιμο να ανοίξει μία TCP σύνδεση χρησιμοποιώντας σαν TCP port προορισμού το 25. Το TCP port 25 είναι αυτό, που χρησιμοποιείται από τον εξυπηρετητή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Ο υπολογιστής, που στέλνει το μήνυμα είναι ο SMTP πελάτης, ενώ ο υπολογιστής προορισμού είναι ο SMTP εξυπηρετητής. Με την εγκατάσταση αυτής της σύνδεσης το πρόγραμμα ξεκινά να στέλνει στοιχεία εντολών, όπως το όνομα του αποστολέα και τους αποδέκτες, που πρέπει να λάβουν το μήνυμα. Στη συνέχεια, στέλνει εντολή, που προσδιορίζει, ότι αρχίζει το μήνυμα. Σε αυτό το σημείο, το άλλο άκρο σταματά να χειρίζεται αυτά, που λαμβάνει, σαν εντολές και είναι έτοιμο να λάβει το μήνυμα. Με το τέλος της αποστολής του μηνύματος, το πρόγραμμα στέλνει ειδικό χαρακτήρα, που ειδοποιεί και τα δύο άκρα, ότι το πρόγραμμα αρχίζει να στέλνει και πάλι εντολές.

Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)

Το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol, FTP)** επιτρέπει τη μεταφορά αρχείων μεταξύ υπολογιστών, που χρησιμοποιούν τεχνολογία TCP/IP. Η λειτουργία του βασίζεται στην αρχιτεκτονική πελάτη - εξυπηρετητή, που παρουσιάστηκε στην Παράγραφο 7.2.2 και χρησιμοποιεί την αξιόπιστη από άκρο σε άκρο υπηρεσία, που προσφέρει το πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς TCP. Στην πράξη, το πρωτόκολλο FTP επιτρέπει τη δημιουργία ενός αντιγράφου από αρχείο κάποιου συστήματος σε άλλο. Έτσι, ο χρήστης, που εργάζεται στον προσωπικό του υπολογιστή, μπορεί να πάρει ή να στείλει αρχεία σε άλλο υπολογιστή. Η ασφάλεια του συστήματος εξασφαλίζεται με την υλοποίηση ελέγχου εξουσιοδότησης για κάθε χρήστη, που ζητά πρόσβαση στο σύστημα. Ο έλεγχος εξουσιοδότησης πραγματοποιείται με τη χρήση του ονόματος χρήστη και του κωδικού πρόσβασης. Το όνομα χρήστη και ο κωδικός πρόσβασης εκχωρούνται από το διαχειριστή του συστήματος και ελέγχονται κάθε φορά, που ο χρήστης ζητά πρόσβαση στο σύστημα. Μέσω του πρωτοκόλλου FTP ο χρήστης δεν έχει πλήρη πρόσβαση στο σύστημα, αλλά μονάχα δικαίωμα αντιγραφής αρχείων.

Όταν η σύνδεση με το απομακρυσμένο σύστημα αποκατασταθεί, το πρωτόκολλο FTP μας επιτρέπει να αντιγράψουμε ένα ή περισσότερα αρχεία στον υπολογιστή μας. Ο όρος μεταφορά υποδηλώνει, ότι το αρχείο μεταφέρεται από το ένα σύστημα στο άλλο, αλλά το πρωτότυπο αρχείο δεν επηρεάζεται.

Η λειτουργία της υπηρεσίας μεταφοράς αρχείου είναι περισσότερο πολύπλοκη από αυτή του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο. Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείου συνδυάζει δύο διαφορετικές συνδέσεις. Αρχικά, ξεκινά όπως και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Το πρόγραμμα του χρήστη στέλνει εντολές, όπως, «δώσε μου πρόσβαση σαν X

χρήστης», «ο κωδικός μου είναι ΧΧ», «στείλε μου το αρχείο με το όνομα Ζ». Αφού οι εντολές για αποστολή δεδομένων έχουν σταλεί, ξεκινά η δεύτερη σύνδεση για τη μετάδοση των δεδομένων. Φυσικά θα ήταν δυνατό να στέλνονταν και τα δεδομένα από την ίδια σύνδεση, όπως κάνει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο. Επειδή, η μεταφορά αρχείων συχνά απαιτεί πολύ χρόνο, οι σχεδιαστές του πρωτοκόλλου ήθελαν να επιτρέψουν στους χρήστες να μπορούν να συνεχίζουν την αποστολή εντολών, ενώ η μεταφορά του αρχείου βρίσκεται σε εξέλιξη. Για παράδειγμα, μπορεί ο χρήστης να θέλει να υποβάλει μία ερώτηση ή ακόμη και να εγκαταλείψει τη μεταφορά του αρχείου. Για την επικοινωνία με τον FTP εξυπηρετητή, η σύνδεση για την αποστολή των εντολών γίνεται μέσω του TCP port 21, ενώ για την αποστολή των δεδομένων μέσω του TCP port 20. Εδώ πρέπει να αναφέρουμε, ότι αυτός που ζητά το αρχείο, είναι ο FTP πελάτης, ενώ το απομακρυσμένο σύστημα, στο οποίο ζητάμε πρόσβαση, είναι ο FTP εξυπηρετητής.

Για τη μεταφορά αρχείων, εκτός από το πρωτόκολλο FTP, χρησιμοποιείται και το **Πρωτόκολλο Απλής Μεταφοράς Αρχείων (Trivial File Transfer Protocol, TFTP)**. Είναι πολύ απλό πρωτόκολλο, το οποίο στερείται ασφάλειας, δεν εκτελεί έλεγχο εξουσιοδότησης και βασίζεται στο πρωτόκολλο (επιπέδου μεταφοράς) UDP.

Απομακρυσμένη Σύνδεση (Telecommunications Network, Telnet)

Το πρόγραμμα **Απομακρυσμένης Σύνδεσης (Telecommunications Network, Telnet)** επιτρέπει, την προσπέλαση σε προγράμματα εφαρμογών, που υπάρχουν σε διάφορους υπολογιστές του δικτύου, από οποιοδήποτε υπολογιστή του δικτύου ή άλλου διασυνδεδεμένου με αυτό δίκτυο. Με αυτόν το τρόπο, ένας χρήστης, που εργάζεται στον υπολογιστή του μπορεί να συνδεθεί με έναν απομακρυσμένο υπολογιστή και να εκτελεί προγράμματα εφαρμογών στο δεύτερο μέσα από το τερματικό του. Οι εντολές, που πληκτρολογεί στο τερματικό του, μεταφέρονται μέσω της σύνδεσης στο απομακρυσμένο υπολογιστή και ο χρήστης εργάζεται σαν να βρίσκονταν εμπρός από τον απομακρυσμένο υπολογιστή. Ο απομακρυσμένος υπολογιστής μπορεί να βρίσκεται οπουδήποτε. Είτε να ανήκει στο ίδιο τοπικό δίκτυο με τον πρώτο, είτε σε κάποιο άλλο δίκτυο της ίδιας εταιρίας, είτε σε οποιοδήποτε σημείο του Διαδικτύου. Η μόνη προϋπόθεση είναι ο χρήστης να έχει άδεια πρόσβασης στο απομακρυσμένο σύστημα.

Επειδή οι εφαρμογές, που εκτελούνται σε κάθε υπολογιστή, είναι μέχρις ένα βαθμό εξαρτημένες από τον τύπο του υπολογιστή, θα πρέπει, για να είναι δυνατή η πραγματοποίηση της απομακρυσμένης σύνδεσης, να υπάρχει πρωτόκολλο, που θα εξασφαλίζει την επικοινωνία μεταξύ του τερματικού, που χρησιμοποιεί ο χρήστης και του τερματικού, στο οποίο είναι γραμμένη η εφαρμογή. Το έργο αυτό έχει αναλάβει το **πρωτόκολλο Telnet**, με το οποίο υλοποιείται η ιδέα του εικονικού τερματικού στην τεχνολογία TCP/IP. Με τον όρο εικονικό τερματικό, εννοούμε μία αφηρημένη δομή, η οποία αποτελεί τον ενδιάμεσο μεταξύ των τερματικών του χρήστη και της εφαρμογής. Και τα δύο προαναφερθέντα τερματικά

εκτελούν τις απαιτούμενες μετατροπές για την αντιστοίχιση των καταστάσεων τους σε αυτές του εικονικού τερματικού, ώστε να υπάρχει κοινή γλώσσα επικοινωνίας. Έτσι, μέσω του πρωτοκόλλου Telnet καθορίζονται οι παράμετροι επικοινωνίας και τα χαρακτηριστικά τερματικού, που πρέπει να χρησιμοποιούνται και από τα δύο μέρη κατά τη διάρκεια της σύνδεσης.

Το πρωτόκολλο Telnet, όπως και τα FTP και SMTP, ακολουθεί το μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή, όπου ο υπολογιστής του χρήστη έχει τον Telnet πελάτη και ο απομακρυσμένος υπολογιστής, στον οποίο βρίσκεται η εφαρμογή, τον εξυπηρετητή. Η επικοινωνία με τον Telnet εξυπηρετητή γίνεται μέσω του TCP port 23.

Όταν ξεκινά η εκτέλεση του προγράμματος, ο χρήστης δηλώνει το όνομα ή τη διεύθυνση του υπολογιστή, με τον οποίο θέλει να συνδεθεί. Από τη στιγμή, που έχει εγκατασταθεί η απομακρυσμένη σύνδεση, ο,τιδήποτε γράφει ο χρήστης στην οθόνη του υπολογιστή του, μεταφέρεται στο απομακρυσμένο σύστημα. Μεταξύ των δύο συστημάτων υπάρχει μόνο μία σύνδεση, από την οποία μεταφέρονται εντολές και δεδομένα. Όταν ο χρήστης χρειάζεται να στείλει εντολή (π.χ. να στείλει το τύπο του τερματικού ή να αλλάξει κάποια επιλογή λειτουργίας) χρησιμοποιείται ένας ειδικός χαρακτήρας για να δείξει, ότι ο επόμενος χαρακτήρας είναι εντολή. Όπως και το πρωτόκολλο FTP έτσι και το Telnet εκτελεί έλεγχο εξουσιοδότησης, προκειμένου να εξασφαλίσει την ασφάλεια του συστήματος. Ο έλεγχος εξουσιοδότησης βασίζεται στο όνομα χρήστη και στο κωδικό πρόσβασης, που εκχωρεί ο διαχειριστής του απομακρυσμένου συστήματος στους χρήστες με δικαιώματα πρόσβασης.

Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW)

Ο **Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW ή Web)** είναι ένα σύστημα, που δημιουργήθηκε, αρχικά, για τη διακίνηση ακαδημαϊκών πληροφοριών μεταξύ ομάδων, που βρίσκονταν σε γεωγραφικά διασκορπισμένες περιοχές. Το σύστημα, που δημιουργήθηκε, συνδύασε τις τεχνικές ανάκλησης πληροφοριών με τη τεχνολογία υπερκειμένων, σχηματίζοντας έτσι ένα εύκολο στη χρήση παγκόσμιο σύστημα πληροφοριών. Στον Παγκόσμιο Ιστό η πληροφορία είναι δομημένη με τη μορφή **υπερμέσων (hypermedia)**, περιλαμβάνει, δηλαδή, εκτός από κείμενα και εικόνες, αρχεία ήχου, αρχεία κινούμενης εικόνας (video) και γενικά οποιοδήποτε είδος πολυμέσων. Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι ο Παγκόσμιος Ιστός είναι μία πλατφόρμα, που υποστηρίζει την επικοινωνία πολυμέσων μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος επικοινωνίας με το χρήστη. Με άλλα λόγια, ο Παγκόσμιος Ιστός αποτελεί ένα γραφικό τρόπο απεικόνισης και μετάδοσης των πληροφοριών. Το περιβάλλον αυτό παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης διαφόρων **δεσμών (links)**, οι οποίοι οδηγούν σε πληροφορίες, οπουδήποτε κι αν αυτές βρίσκονται μέσα στο Διαδίκτυο.

Το υπερκείμενο είναι μορφή παρουσίασης γραπτού κειμένου, στην οποία η διαδοχή των τμημάτων του δεν ακολουθεί κατά ανάγκη τη φυσική σειρά παρουσίασης, που επιβάλλεται από τη σελιδοποίηση του κειμένου. Οι αυτοτελείς ενότητες

υπερκειμένου, που προβάλλονται στην οθόνη του υπολογιστή, ονομάζονται **Ιστοσελίδες**. Σε μία Ιστοσελίδα κάποια τμήματα μπορεί να αποτελούνται από μία μόνο λέξη ή ακόμη και από ολόκληρο το κείμενο. Τμήματα, τα οποία παραπέμπουν σε άλλα τμήματα τη ίδιας ή άλλων Ιστοσελίδων ονομάζονται κόμβοι. Οι αναφορές ή παραπομπές ενός τμήματος σε ένα άλλο ονομάζονται σύνδεσμοι (links).

Με τη χρήση των συνδέσμων ο αναγνώστης ενός υπερκειμένου δεν διαβάζει απλά κείμενο, αλλά έχει τη δυνατότητα να κινείται μέσα σε αυτό. Θα λέγαμε, ότι «περιηγείται» ανάμεσα στους κόμβους της Ιστοσελίδας, αλλά και όλων των άλλων Ιστοσελίδων, στις οποίες αυτή οδηγεί. Το γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας επιτρέπει στο χρήστη να επιλέγει με το ποντίκι του έντονα φωτιζόμενες (highlighted) λέξεις, οι οποίες μπορεί να τον οδηγήσουν είτε σε κάποιο άλλο τμήμα της Ιστοσελίδας είτε σε κάποια άλλη Ιστοσελίδα. Μέσω των έντονα φωτιζόμενων (highlighted) λέξεων πραγματοποιούνται οι μεταβάσεις (συνδέσεις) μεταξύ των τμημάτων των διαφόρων Ιστοσελίδων. Τα εργαλεία, με τα οποία διεκπεραιώνεται η ανάγνωση ενός υπερκειμένου ονομάζονται «**όργανα πλοήγησης – περιήγησης**» (**browsers**). Ο όρος περιήγηση εκφράζει τη δυνατότητα του αναγνώστη να διαβάζει το κείμενο με τη σειρά, που αυτός θεωρεί καλύτερη, κινούμενος μέσω των διαθέσιμων συνδέσμων μεταξύ των διαφόρων τμημάτων των Ιστοσελίδων.

Τα τελευταία χρόνια με την εξέλιξη των πληροφοριακών συστημάτων δόθηκε η δυνατότητα το υπερκείμενο να μην περιλαμβάνει μόνο κείμενο αλλά και άλλες μορφές μέσων, όπως: ήχο, εικόνα, γραφικά, κινούμενα σχέδια ή κινούμενες εικόνες. Τα συστήματα υπερκειμένου, που περιλαμβάνουν και άλλες μορφές μέσων πλην του κειμένου, ονομάζονται υπερμέσα (hypermedia).

Αν και μέσω του WWW υπάρχει πρόσβαση σε όλα σχεδόν τα πρωτόκολλα τεχνολογίας Διαδικτύου (για παράδειγμα FTP, Telnet), το πρωτόκολλο, που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά υπερκειμένου, είναι το **Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol, HTTP)**, το οποίο και αυτό βασίζεται στο μοντέλο πελάτη-εξυπηρετητή. Οι εξυπηρετητές παγκόσμιου ιστού (Web servers) είναι συστήματα μόνιμα συνδεδεμένα στο Διαδίκτυο, τα οποία φιλοξενούν τις Ιστοσελίδες, που είναι διαθέσιμες προς πρόσβαση. Μέσω των Ιστοσελίδων παρέχεται ένα σημείο παρουσίας στο παγκόσμιο ιστό τόσο για επιχειρήσεις και οργανισμούς όσο και για ιδιώτες, εξυπηρετώντας βασικά σκοπούς πληροφόρησης αλλά και προβολής. Πελάτες παγκόσμιου ιστού (Web clients), μέσω των οποίων γίνεται η πρόσβαση στους εξυπηρετητές και η ανάγνωση των Ιστοσελίδων, έχουν αναπτυχθεί για όλες σχεδόν τις πλατφόρμες και τα λειτουργικά συστήματα υπολογιστών μέσω προγραμμάτων πλοήγησης (browsers). Από τα περισσότερο δημοφιλή προγράμματα πλοήγησης είναι τα: Netscape Navigator, Netscape Communicator και Microsoft Internet Explorer.

Οργανισμοί αλλά και ιδιώτες μπορούν να κατασκευάσουν τη δική τους θέση στον παγκόσμιο ιστό (Web site), η οποία αποτελείται από έναν εξυπηρετητή συνδεδεμένο στο Διαδίκτυο σε μόνιμη βάση, ο οποίος φιλοξενεί τις Ιστοσελίδες του οργανισμού. Αν και συνήθως οι μεγάλες επιχειρήσεις και οργανισμοί έχουν τους

δικούς τους εξυπηρετητές, οι μικρότεροι χρήστες μπορούν να φιλοξενηθούν από τους εξυπηρετητές των εταιριών παροχής υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Providers, ISPs). Οι τελευταίοι οργανώνουν λογικά τους εξυπηρετητές τους κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν πολλούς διαφορετικούς χρήστες και πολλές Ιστοσελίδες.

Σήμερα, μέσω του παγκόσμιου ιστού (WWW) μπορεί κάποιος να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες από διάφορες πηγές σε διάφορα σημεία της γης. Η πρόσβαση στην πληροφορία γίνεται μέσω της διεύθυνσης παγκοσμίου ιστού (WWW διεύθυνση). Σε κάθε θέση παγκοσμίου ιστού (Web site) και Κεντρική Ιστοσελίδα εταιρίας ή οργανισμού (Home page) ανατίθεται μία μοναδική διεύθυνση παγκόσμιου ιστού (WWW διεύθυνση). Είναι αυτονόητο, ότι λόγω του μεγάλου αριθμού Κεντρικών Ιστοσελίδων (Home pages) και, επομένως, διευθύνσεων είναι πολύ δύσκολο κάποιος να τις θυμάται όλες. Έτσι, ακόμη και στην περίπτωση, που οι διευθύνσεις παγκόσμιου ιστού μας είναι άγνωστες, μπορούμε να κινηθούμε και να αναζητήσουμε πληροφορία στο παγκόσμιο ιστό είτε μέσω των συνδέσμων, που παρέχουν οι Ιστοσελίδες προς άλλες με σχετικό (ή όχι) περιεχόμενο είτε, μέσω ειδικών μηχανών αναζήτησης.

Για την αναζήτηση πληροφορίας στο παγκόσμιο ιστό έχουν αναπτυχθεί ειδικά εργαλεία αναζήτησης. Οι μηχανές αυτές συμβουλευόμενες τις βάσεις δεδομένων, που διαθέτουν, μας οδηγούν στην πληροφορία, που ζητήσαμε. Χαρακτηριστικά παραδείγματα μηχανών αναζήτησης είναι οι: Aliweb, Alta Vista, Lycos, Excite, Infoseek, In, thea κ.λπ.

Η δημοτικότητα του παγκόσμιου ιστού είναι καταπληκτική. Από 130 Web sites που υπήρχαν το 1993, το 1994 ξεπέρασαν τις 10.000, το 1996 τις 100.000 και το 1997 υπολογίζεται ότι ξεπέρασαν τις 650.000. Το 1994 μέσω του παγκόσμιου ιστού διακινούνταν περίπου το 6 % της συνολικής κίνησης του Διαδικτύου, ενώ το 1995 το ποσοστό αυτό αυξήθηκε στο 24 %. Ο αριθμός χρηστών του παγκόσμιου ιστού ήταν περίπου 5 εκατομμύρια το 1996 και αναμένεται να φτάσει τα 22 εκατομμύρια το 2000.

Ασύρματο Διαδίκτυο

Η ανάπτυξη του **Ασύρματου Πρωτοκόλλου Εφαρμογής (Wireless Application Protocol, WAP)**, καθώς επίσης και η παρουσίαση των πρώτων κινητών συσκευών προηγμένης τεχνολογίας που υποστηρίζουν αυτό το πρωτόκολλο, δίνουν πλέον την δυνατότητα στους χρήστες για ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο.

Έτσι σήμερα μπορεί κανείς χρησιμοποιώντας το κινητό του τηλέφωνο να:

- Περιπλανηθεί και να πραγματοποιεί συναλλαγές στο Διαδίκτυο.
- Να αναζητά πληροφορίες από βάσεις δεδομένων.
- Να στέλνει και να δέχεται ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail).
- Να κάνει κρατήσεις εισιτηρίων.
- Να ενημερώνεται για τους τραπεζικούς του λογαριασμούς, να πληρώνει λογαριασμούς και να μεταφέρει χρήματα.
- Να ενημερώνεται για τις τιμές στο χρηματιστήριο.

Ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP (Intranets)

Τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει η ανάπτυξη δικτύων οργανισμών ή επιχειρήσεων, τα οποία χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του Διαδικτύου και τα πρότυπα περιεχομένων του Παγκόσμιου Ιστού. Αυτά τα δίκτυα ονομάζονται ιδιωτικά εσωτερικά δίκτυα τεχνολογίας TCP/IP (intranets) και, συνήθως, χρησιμοποιούνται από οργανισμούς ή επιχειρήσεις, που επιθυμούν να έχουν πρόσβαση στο δίκτυό τους μόνο μέλη του προσωπικού τους.

Το intranet είναι, δηλαδή, πολύ απλά ένα δίκτυο Internet στο εσωτερικό μιας επιχείρησης. Με το τρόπο αυτό, οι υπολογιστές της επιχείρησης επικοινωνούν μεταξύ τους, όπως ακριβώς επικοινωνούν οι υπολογιστές στο Διαδίκτυο. Ένα δίκτυο intranet δεν περιορίζεται σε συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, αντίθετα μπορεί να εκτείνεται σε διάφορες περιοχές, όπου βρίσκονται γραφεία ή εγκαταστάσεις του οργανισμού, επιτρέποντας, όμως, πρόσβαση μόνο εσωτερικά στον οργανισμό.

Χαρακτηριστικές υπηρεσίες, που μπορεί να προσφέρει ένα intranet είναι:

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.
- Πρόσβαση στο Διαδίκτυο και αναζήτηση πληροφοριών με χρήση εργαλείων Web.
- Ηλεκτρονική διακίνηση εγγράφων.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά των intranets, είναι ότι είναι εύκολα επεκτάσιμα, παρέχουν στους χρήστες τη δυνατότητα εύκολης αναζήτησης, ανεύρεσης και πρόσβασης πληροφοριών (χρησιμοποιούν WWW clients, browsers), είναι συμβατά με τις περισσότερες υπολογιστικές πλατφόρμες και μπορούν να ενσωματώσουν εύκολα τις ήδη υπάρχουσες πηγές πληροφοριών του οργανισμού.

Τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου

Το Διαδίκτυο παρέχει επίσης τη δυνατότητα μετάδοσης φωνής, παρακάμπτοντας το σταθερό τηλεφωνικό δίκτυο. Η τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου πραγματοποιείται με τη χρήση ειδικού λογισμικού, που είναι εγκατεστημένο σε προσωπικό υπολογιστή πολυμέσων: διαθέτει, δηλαδή, κάρτα ήχου, μικρόφωνο, ηχεία και προφανώς σύνδεση στο Διαδίκτυο. Τα διάφορα είδη λογισμικού, που έχουν αναπτυχθεί, είναι φιλικά προς το χρήστη. Τα περισσότερα από αυτά υποστηρίζουν επικοινωνία μονής εναλλακτικής κατεύθυνσης (half duplex). Μπορεί, δηλαδή, να μιλά ένας κάθε φορά και όχι και οι δύο ταυτόχρονα. Όμως με τη χρήση κατάλληλων modem και λογισμικού τελευταίας τεχνολογίας είναι δυνατή και η επικοινωνία διπλής κατεύθυνσης (full duplex). Σε όλες, όμως, τις περιπτώσεις θα πρέπει να υπάρχει συμβατό λογισμικό και στα δύο μέρη.

Ανεξάρτητα από το εάν η επικοινωνία είναι διπλής ή μονής εναλλακτικής κατεύθυνσης (full ή half duplex), η μετάδοση φωνής στα δίκτυα μεταγωγής πακέτου παρουσιάζει κάποια προβλήματα. Το γεγονός, ότι δεν υπάρχει σταθερή σύνδεση, από την οποία να διέρχονται τα δεδομένα (όπως στο τηλεφωνικό δίκτυο), σε συνδυασμό με τις υψηλές απαιτήσεις της φωνής σε θέματα συγχρονισμού και καθυστέρησης δημιουργούν προβλήματα στην επικοινωνία. Έτσι, πιθανή απώλεια πακέτων, που μεταφέρουν δεδομένα φωνής, ή τυχόν μεγάλες κα-

θυστερήσεις, που μπορούν να παρατηρηθούν, έχουν σαν αποτέλεσμα την παροχή φωνητικής τηλεφωνίας χαμηλής ποιότητας.

Άλλο σημαντικό μειονέκτημα είναι, ότι και τα δύο μέρη πρέπει να έχουν προγραμματίσει την κλήση εκ των προτέρων, είτε μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, είτε μέσω σύντομης τηλεφωνικής κλήσης. Αυτό συμβαίνει γιατί το υπάρχον λογισμικό δεν επιτρέπει σε αυτόν που καλεί να ειδοποιεί τον καλούμενο μέσω σήματος κουδουνίσματος.

Μετάδοση εικόνας και ήχου μέσω του Διαδικτύου

Η μετάδοση αρχείων video μέσω του Διαδικτύου αρχικά παρουσίαζε κάποιες δυσκολίες, λόγω των αυξημένων τους απαιτήσεων σε χώρο αποθήκευσης και σε συνδέσεις υψηλών ταχυτήτων (ώστε να είναι δυνατή η ικανοποιητική προβολή των αρχείων). Οι χρήστες δυσκολεύονταν να χειριστούν αρχεία γραφικών, ήχου και video μέσω του Διαδικτύου λόγω του μεγάλου τους μεγέθους και, επομένως, του μεγάλου εύρους ζώνης, που απαιτούνταν κατά την μετάδοσή τους. Προκειμένου να γίνει δυνατή η μετάδοση video μέσω του Διαδικτύου, αναπτύχθηκαν ειδικές τεχνικές συμπίεσης και πρωτόκολλα, που μεταφέρουν συμπιεσμένο σήμα. Η συμπίεση είναι τεχνική, που προσφέρει τη δυνατότητα μεταφοράς σήματος με εύρος ζώνης μεγαλύτερο από αυτό, που επιτρέπει το κανάλι. Επιτυγχάνει, δηλαδή, την ελαχιστοποίηση της μεταδιδόμενης πληροφορίας, διατηρώντας, όμως, την ποιότητά της. Για τις τεχνικές συμπίεσης αναπτύχθηκαν τα συστήματα MPEG1 και MPEG2, ενώ για τη μετάδοση εικόνας και ήχου στο Διαδίκτυο αναπτύχθηκε το πρωτόκολλο H.323. Η ποιότητα της μεταδιδόμενης εικόνας φθάνει τα 12-15 καρέ το δευτερόλεπτο, αλλά δεν έχει φθάσει ακόμη στα επιθυμητά επίπεδα.

Η συμπίεση των αρχείων σε συνδυασμό με την εμφάνιση νέων τεχνικών μετάδοσης, με τις οποίες επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες και η δυνατότητα μεγάλων χώρων αποθήκευσης στους τελικούς χρήστες συντέλεσαν στο να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα μετάδοσης. Δίνεται, έτσι, στους χρήστες η δυνατότητα να επικοινωνούν σε πραγματικό χρόνο και να ανταλλάσσουν μεταξύ τους αρχεία πολυμέσων. Ο χρήστης μπορεί, σήμερα, να μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο εικόνα από κάμερα, που είναι συνδεδεμένη στον υπολογιστή του και να συμμετέχει με αυτόν το τρόπο από το γραφείο του σε τηλεδιάσκεψη μέσω του Διαδικτύου. Για να μπορέσει να λειτουργήσει ένα σύστημα, που μεταφέρει σήμα ήχου και video μέσω του Διαδικτύου σε πραγματικό χρόνο, θα πρέπει να έχει σύνδεση τουλάχιστον στα 64 Kbps.

Παράδειγμα εφαρμογής ομαδικής επικοινωνίας μέσω του Διαδικτύου αποτελεί η εφαρμογή CU-SeeMe, που δημιουργήθηκε από ερευνητές του Cornell University και επιτρέπει την επικοινωνία μέχρι οκτώ ή δώδεκα ατόμων ταυτόχρονα. Με το πρόγραμμα CU-SeeMe δεν μεταδίδεται συνεχής εικόνα, αλλά η μετάδοση της εικόνας γίνεται κάθε φορά, που αυτή αλλάζει. Αυτή η τεχνική υστερεί όσον αφορά τη φυσικότητα της εικόνας, παρόλα αυτά, όμως, επιτρέπει την επικοινωνία (φωνή και εικόνα) σε πραγματικό χρόνο μεταξύ δύο ατόμων ή μικρών ομάδων μέσω δικτύου, που βασίζεται στην τεχνολογία TCP/IP.

Για να πραγματοποιηθεί η τηλεδιάσκεψη μέσω του Διαδικτύου απαιτείται υπολογιστής, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με κάρτα ήχου διπλής κατεύθυνσης (full duplex), κάρτα video και κάμερα. Χρειαζόμαστε, επίσης, μικρόφωνο, ηχεία, ακουστικά και modem για τη σύνδεση στο Διαδίκτυο. Φυσικά, δεν πρέπει να παραλείψουμε το κατάλληλο λογισμικό, το οποίο πρέπει να είναι διαθέσιμο (το ίδιο ή συμβατό) σε όλους τους χρήστες.

Συνομιλία πραγματικού χρόνου στο Διαδίκτυο με την μορφή κειμένου

Μέσω του Διαδικτύου μπορούμε να συζητάμε με τους φίλους μας, ανταλλάσσοντας μηνύματα σε μορφή κειμένου σε πραγματικό χρόνο. Τα μηνύματα και οι απαντήσεις, που πληκτρολογούμε στον υπολογιστή μας, εμφανίζονται την ίδια ακριβώς στιγμή στις οθόνες όλων όσων συμμετέχουν στην συζήτησή μας.

Δίνεται, έτσι η δυνατότητα να δημιουργούνται ομάδες χρηστών, οι οποίοι συζητούν για συγκεκριμένα θέματα ειδικού ενδιαφέροντος. Με αυτό το τρόπο ορίζονται περιοχές (χώροι) συζητήσεων, όπου μπορεί ο καθένας να πάρει μέρος ανάλογα με τα ενδιαφέροντα του. Τα προγράμματα, που υποστηρίζουν τέτοιες εφαρμογές χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα TCP/IP και δεν χρειάζεται να αναπτυχθεί κάποιο ειδικό πρωτόκολλο, όπως στην περίπτωση της μεταφοράς εικόνας και ήχου. Για να συμμετάσχουμε σε τέτοια συζήτηση, πρέπει να κάνουμε τα εξής βήματα:

- Αρχικά, να έχουμε εγκαταστήσει στον υπολογιστή μας το κατάλληλο λογισμικό.
- Αφού συνδεθούμε στο Διαδίκτυο, εκτελούμε το λογισμικό και δίνουμε την διεύθυνση του χρήστη ή του εξυπηρετητή, που φιλοξενεί το χώρο συζητήσεων, στον οποίο θέλουμε να συνδεθούμε.
- Περιμένουμε μέχρι να μας απαντήσει είτε ο συγκεκριμένος χρήστης, με τον οποίο συνδεθήκαμε, είτε ένας οποιοσδήποτε χρήστης από αυτούς που συμμετέχουν στο χώρο, που θέλουμε να συνδεθούμε.
- Μόλις ο χρήστης ή κάποιος από την ομάδα, που καλέσαμε, απαντήσει, είμαστε έτοιμοι να ξεκινήσουμε την επικοινωνία μας. Στην οθόνη του υπολογιστή μας αρχίζουν και εμφανίζονται σε ένα τμήμα αυτά, που πληκτρολογεί ο χρήστης με τον οποίο συνδεθήκαμε και σε ένα άλλο τμήμα, αυτά που πληκτρολογούμε εμείς.

Προγράμματα που υποστηρίζουν γραπτή επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο, είναι πολλά, από τα οποία τα πιο χαρακτηριστικά τα: Talk, WinTalk, Chat, IRC (Internet Relay Chat), IRCII For Windows.

Ηλεκτρονικό Εμπόριο

Με τον όρο ηλεκτρονικό εμπόριο εννοούμε κάθε είδος εμπορικής δραστηριότητας, που πραγματοποιείται με τη χρήση ηλεκτρονικών μέσων. Η χρησιμοποίηση των τηλεπικοινωνιακών δικτύων, προσφέρει τη δυνατότητα διεκπεραίωσης εμπορικών συναλλαγών από απόσταση, χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία των ατόμων, που λαμβάνουν μέρος στην συναλλαγή. Με το τρόπο αυτό, οι συναλλαγές πραγματοποιούνται αυτόματα, ηλεκτρονικά και από απόσταση, χωρίς

να απαιτείται ούτε καν η χρήση χαρτιού ή fax. Οι συναλλαγές γίνονται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών, που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο και για την επικοινωνία τους χρησιμοποιούν συνήθως τηλεφωνικές γραμμές.

Το ηλεκτρονικό εμπόριο δεν αναφέρεται σε κάποια συγκεκριμένη τεχνολογία. Αντίθετα, συμπεριλαμβάνει όλους τους μηχανισμούς και τεχνολογίες, που συμμετέχουν στην ολοκλήρωση μιας εμπορικής συναλλαγής μέσω υπολογιστή. Παραδείγματα τέτοιων μηχανισμών είναι η **Ηλεκτρονική Ανταλλαγή Δεδομένων (Electronic Data Interchange – EDI)**, που ορίζει μία τυποποιημένη μορφή ανταλλαγής πληροφοριών και το e-mail.

Η πρακτική, που συνήθως ακολουθείται από τις επιχειρήσεις που υποστηρίζουν το ηλεκτρονικό εμπόριο, είναι η ακόλουθη:

- Αρχικά δημιουργείται μία θέση (Web Site) στο Διαδίκτυο, στο οποίο υπάρχουν κατάλογοι και διαφήμιση των προϊόντων τους.
- Μέσα από τις ιστοσελίδες τους, παρέχουν στους καταναλωτές τη δυνατότητα επικοινωνίας μαζί τους είτε με την αποστολή γραπτών μηνυμάτων (e-mail), είτε με κλήση (συνήθως ατελώς) στο τηλεφωνικό τους κέντρο.
- Για την εξυπηρέτηση των πελατών υπάρχουν ειδικά εκπαιδευμένοι αντιπρόσωποι, που απαντούν στις κλήσεις, που δέχεται το τηλεφωνικό κέντρο και καλύπτουν τις ανάγκες των καταναλωτών.
- Δίνεται η δυνατότητα στους καταναλωτές να δώσουν παραγγελίες προϊόντων μέσω του Διαδικτύου, συνήθως με χρέωση της πιστωτικής τους κάρτας, αλλά ακόμη και με εξόφληση του τιμολογίου κατά την παραλαβή της παραγγελίας.
- Τα προϊόντα αποστέλλονται είτε ηλεκτρονικά είτε φυσικά και παραλαμβάνονται από τον πελάτη στη διεύθυνση, που επιθυμεί.

Παρόλο που, αρχικά, υπήρχε η αντίληψη ότι το ηλεκτρονικό εμπόριο είναι κατάλληλο για συγκεκριμένα μόνο προϊόντα, όπως βιβλία, περιοδικά, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, λογισμικό και CDs, σήμερα βλέπουμε ότι έχει επεκταθεί και σε άλλους τομείς όπως έπιπλα, τρόφιμα, παιχνίδια, λουλούδια κ.α. Αν και τα τελευταία χρόνια με τη ραγδαία εξάπλωση και χρήση του Διαδικτύου έχει αρχίσει να αναπτύσσεται σημαντικά, εντούτοις για να μπορέσει να φτάσει στο βαθμό ανάπτυξης που όλοι θα επιθυμούσαν χρειάζεται να λυθεί ένας αριθμός σημαντικών ζητημάτων όπως: η προστασία, η ασφάλεια και η νομική κάλυψη των εμπλεκόμενων.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Επικοινωνιακό υποδίκτυο ονομάζεται το σύνολο των κόμβων που παρεμβάλλονται κατά την αποστολή ενός πακέτου από τη πηγή στο προορισμό. Το επικοινωνιακό υποδίκτυο μπορεί να βασίζεται είτε στη φιλοσοφία των νοητών κυκλωμάτων, είτε στην αντίστοιχη των αυτοδύναμων πακέτων. Η τεχνολογία TCP/IP χρησιμοποιεί τα αυτοδύναμα πακέτα και αποτελεί πρότυπο, παγκόσμια

αποδεκτό, για τη διασύνδεση των δικτύων υπολογιστών. Το Διαδίκτυο, το οποίο βασίζεται στη τεχνολογία TCP/IP, είναι το μεγαλύτερο δίκτυο στον κόσμο με εκατομμύρια μικρότερα δίκτυα συνδεδεμένα σε αυτό.

Τα βασικότερα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται από την τεχνολογία TCP/IP, είναι τα IP και ICMP στο επίπεδο Δικτύου, τα TCP και UDP στο επίπεδο Μεταφοράς και ένα σύνολο πρωτοκόλλων Εφαρμογής. Για τη δρομολόγηση των πακέτων από την πηγή στο προορισμό χρησιμοποιούνται οι IP διευθύνσεις, οι οποίες αντιστοιχίζονται στις φυσικές από το πρωτόκολλο ARP. Επειδή είναι αρκετά δύσκολο οι χρήστες να θυμούνται τις IP διευθύνσεις, χρησιμοποιούν αντί αυτών συμβολικά ονόματα. Η μετατροπή των ονομάτων στις αντίστοιχες IP διευθύνσεις γίνεται από το σύστημα Ονομάτων Περιοχών (DNS). Οι αποφάσεις για τη δρομολόγηση των πακέτων λαμβάνονται από τον αλγόριθμο δρομολόγησης με την βοήθεια του πίνακα δρομολόγησης. Η επικοινωνία των δρομολογητών και η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης πραγματοποιείται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.

Οι κυριότερες εφαρμογές της τεχνολογίας TCP/IP και Διαδικτύου είναι οι εξής: Telnet, FTP, e-mail, συνομιλία πραγματικού χρόνου στο Διαδίκτυο, WWW, ασύρματο Internet, τηλεφωνία μέσω Διαδικτύου, Intranets και ηλεκτρονικό εμπόριο.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Για να διεκπεραιωθεί η μεταφορά των πακέτων από την πηγή στο προορισμό μεταξύ των κόμβων του επικοινωνιακού υποδικτύου απαιτείται η συνεργασία οντοτήτων επιπέδου:
 - α. Συνόδου
 - β. Μεταφοράς
 - γ. Δικτύου
 - δ. Διασύνδεσης δεδομένων
 - ε. Φυσικού Επιπέδου
2. Αντιστοιχήστε τα παρακάτω:

Νοητά κυκλώματα	•	• Τα πακέτα ακολουθούν τον ίδιο δρόμο
Αυτοδύναμα πακέτα	•	• Κάθε πακέτο ακολουθεί την δική του διαδρομή
3. Αντιστοιχήστε τα παρακάτω:

TCP/IP internet	•	• Παγκόσμιο δίκτυο, που χρησιμοποιεί τη τεχνολογία TCP/IP
Internet	•	• Κάθε TCP/IP δίκτυο
Intranet	•	• Κάθε ιδιωτικό δίκτυο, που χρησιμοποιεί τα πρωτόκολλα επικοινωνίας του Internet και τα πρότυπα περιεχομένων του WWW

4. Σχεδιάστε τη στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική των μοντέλων OSI και TCP/IP και δείξτε την αντιστοιχία μεταξύ των επιπέδων.
5. Ποιες από τις παρακάτω λειτουργίες αντιστοιχούν στο επίπεδο μεταφοράς, ποιες στο επίπεδο δικτύου, ποιες και στα δύο:
 - α. Διασπά τα προς μετάδοση πακέτα σε μικρότερα
 - β. Παρέχει τις λογικές διευθύνσεις
 - γ. Είναι υπεύθυνο για τη δρομολόγηση των πακέτων
 - δ. Παρέχει από άκρο σε άκρο επικοινωνία
6. Τι είναι τα TCP port και τι εξυπηρετούν;
7. Τι είναι ο έλεγχος ροής και πως εκτελείται από το πρωτόκολλο TCP;
8. Εξηγείστε με ποιο τρόπο μπορούν να πολυπλεχθούν τα δεδομένα τριών συσκευών, που κατευθύνονται στον ίδιο προορισμό και δώστε σχηματικό διάγραμμα με τα αντίστοιχα TCP port.
9. Αντιστοιχείστε τις παρακάτω λειτουργίες του πρωτοκόλλου TCP με τα αντίστοιχα πεδία της TCP επικεφαλίδας, που χρησιμοποιούνται για την υλοποίησή τους:

Έλεγχος ροής	•	Αριθμός Σειράς
Επιβεβαίωση λήψης δεδομένων	•	Παράθυρο
Θέση τμήματος στο αρχικό πακέτο	•	Επιβεβαίωση
10. Τι είναι η TCP σύνδεση και πως προσδιορίζεται;
11. Τι είναι τα UDP port και τι εξυπηρετούν;
12. Ποια από τα παρακάτω είναι αληθή:
 - α. Το UDP δεν τεμαχίζει τα δεδομένα
 - β. Το UDP εκτελεί περισσότερες λειτουργίες από το TCP
 - γ. Το UDP είναι απλούστερο από το TCP
 - δ. Το UDP εξασφαλίζει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων, ενώ το TCP όχι
13. Ποια είναι η καταλληλότερη λέξη, για να περιγράψει τις διαφορές μεταξύ UDP, TCP;
14. Ποιο είναι το μέγιστο μήκος πακέτου, που υποστηρίζει το IP:
 - α. 64 bytes
 - β. 64 Kbytes
 - γ. 64 Mbytes
 - δ. 128 Kbytes
15. Δώστε τη δομή του IP αυτοδύναμου πακέτου και εξηγήστε την λειτουργία των πεδίων της επικεφαλίδας του;

16. Δώστε τις τιμές των πεδίων Μήκος επικεφαλίδας, Συνολικό Μήκος, DF, MF και Δείκτης Εντοπισμού Τμήματος για ένα αυτοδύναμο πακέτο μήκους δεδομένων 5.000 bytes και επικεφαλίδας 20 bytes, το οποίο πρέπει να μεταδοθεί μέσω δικτύου που υποστηρίζει πακέτα συνολικού μήκους 820 bytes. Θεωρείστε ότι η επικεφαλίδα των αυτοδύναμων πακέτων, που προκύπτουν, αποτελείται μόνο από το σταθερό τμήμα της.
17. Εάν σε IP αυτοδύναμο πακέτο έχει τεθεί το πεδίο DF σε 1 και ένας δρομολογητής βρει, ότι είναι αδύνατο να το προωθήσει επειδή το δίκτυο υποστηρίζει μικρότερου μεγέθους πακέτα τι θα συμβεί;
18. Ποιες είναι οι τιμές των πεδίων DF και MF για ένα μη τεμαχισμένο αυτοδύναμο πακέτο;
19. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο λαμβάνεται με πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος 0 και MF 1. Σε ποιο συμπέρασμα οδηγήσετε;
20. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο λαμβάνεται με πεδία Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος 200 και MF 1. Σε ποιο συμπέρασμα οδηγήσετε;
21. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες στέλνεται με DF 1 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύων που υποστηρίζουν πακέτα με μέγιστο μέγεθος 2.000 και 4.470 οκτάδες. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα;
22. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες και Πεδίο Αναγνώρισης 100 στέλνεται με DF 0 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύου που υποστηρίζει πακέτα με μέγιστο μέγεθος 2.000 οκτάδες. Το δίκτυο προορισμού υποστηρίζει πακέτα των 1.500 οκτάδων. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα; εάν ναι, κάντε λίστα των πακέτων, που θα προκύψουν αναφέροντας τις τιμές των πεδίων: Αναγνώριση, MF, DF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος.
23. Ένα IP αυτοδύναμο πακέτο με μέγεθος 1.500 οκτάδες και Πεδίο Αναγνώρισης 100 στέλνεται με DF 0 σε δίκτυο με μέγεθος πακέτου 1.500 οκτάδες. Το μονοπάτι προς τον προορισμό γίνεται διαμέσου δικτύου που υποστηρίζει πακέτα με μέγιστο μέγεθος 625 οκτάδες. Το δίκτυο προορισμού υποστηρίζει πακέτα των 1.500 οκτάδων. Θα πραγματοποιηθεί διάσπαση του πακέτου σε μικρότερα; εάν ναι, κάντε λίστα των πακέτων, που θα προκύψουν αναφέροντας τις τιμές των πεδίων: Αναγνώριση, MF, DF και Δείκτη Εντοπισμού Τμήματος.

24. Δώστε τη δομή της MAC διεύθυνσης και εξηγήστε τη λειτουργία κάθε πεδίου;
25. Δώστε τη γενική μορφή των IP διευθύνσεων και εξηγήστε τη λειτουργία κάθε πεδίου;
26. Πόσες κλάσεις IP διευθύνσεων γνωρίζετε και ποιος ήταν ο λόγος, που οδήγησε στη δημιουργία τους;
27. Εξηγήστε πως με διεύθυνση κλάσης A μπορεί να γίνει διαίρεση ενός δικτύου σε υποδίκτυα εσωτερικά από έναν οργανισμό.
28. Εξηγήστε, πως με μία μάσκα υποδικτύου μπορούμε να πάρουμε τη διεύθυνση υποδικτύου, γνωρίζοντας την IP διεύθυνση υπολογιστή. Δώστε παράδειγμα.
29. Δώστε την έννοια των διευθύνσεων 255.255.255.255 και 124.56.255.255.
30. Πως προσδιορίζονται τα τμήματα Δικτύου και Υπολογιστή διεύθυνσης IP στο σύστημα Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγησης Υπερ-περιοχών (CIDR);
31. Ποια είναι η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου ARP:
 - α. Η μετατροπή των ονομάτων σε IP διευθύνσεων
 - β. Η μετατροπή των IP διευθύνσεων σε MAC διευθύνσεις
 - γ. Ο καθορισμός των διαδρομών, που θα ακολουθήσουν τα πακέτα
32. Δώστε με μία φράση τη διαφορά μεταξύ των πρωτοκόλλων ARP και RARP.
33. Γιατί χρειάζεται το πρωτόκολλο ARP;
34. Η IP διεύθυνση προσδιορίζει:
 - α. Μία συγκεκριμένη σύνδεση στο δίκτυο
 - β. Μία συσκευή του δικτύου
 - γ. Μία διαδρομή
35. Εξηγήστε με μία φράση, γιατί η διατήρηση αρχείων σε κάθε υπολογιστή δεν αποτελεί καλή λύση ούτε για τη μετατροπή των IP σε MAC διευθύνσεις ούτε για τη μετατροπή των συμβολικών ονομάτων σε IP διευθύνσεις.
36. Δώστε τους βασικούς κανόνες ονοματολογίας του χώρου ονομάτων DNS καθώς και ένα παράδειγμα εφαρμογής τους.
37. Ποιος είναι ο ρόλος ενός DNS εξυπηρετητή;
38. Εξηγήστε, πως ο αλγόριθμος δρομολόγησης επηρεάζει τη ρυθμοαπόδοση και τη μέση καθυστέρηση ενός δικτύου.
39. Δώστε τα κριτήρια, με βάση τα οποία οι αλγόριθμοι δρομολόγησης λαμβάνουν τις αποφάσεις τους.

40. Αντιστοιχήστε τους παρακάτω αλγόριθμους δρομολόγησης με την κατάλληλη μέθοδο λήψης αποφάσεων:
- | | | |
|---|---|--|
| Συγκεντρωτικός αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Χρησιμοποιούνται σταθερές διαδρομές |
| Κατανεμημένος αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις λαμβάνονται από κεντρικό κόμβο |
| Στατικός αλγόριθμος δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις λαμβάνονται κατανεμημένα (μεταξύ των κόμβων του δικτύου) |
| Αλγόριθμος Προσαρμοζόμενης δρομολόγησης | • | Οι αποφάσεις βασίζονται σε εκτιμήσεις ή μετρήσεις της τρέχουσας τοπολογίας του δικτύου |
41. Πως λειτουργεί η χρήση ενός προεπιλεγμένου δρομολογητή;
42. Δώστε τον αλγόριθμο δρομολόγησης, που χρησιμοποιεί το IP.
43. Θεωρήστε, ότι τέσσερα δίκτυα (α,β,γ,δ) αποτελούμενα από πέντε υπολογιστές το καθένα, συνδέονται μέσω δρομολογητή. Για πακέτο με πηγή υπολογιστή του δικτύου α και προορισμό υπολογιστή του δικτύου β, δώστε τις IP και Ethernet διευθύνσεις (εικονικές), σημειώνοντας τους ενδιάμεσους σταθμούς, από τους οποίους θα περάσει και τις τροποποιήσεις που θα υποστεί.
44. Δώστε με μία φράση το ρόλο των πρωτοκόλλων δρομολόγησης.
45. Δώστε τις κατηγορίες, στις οποίες διακρίνονται τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
46. Ποιο είναι το βασικό μειονέκτημα του πρωτοκόλλου RIP (το οποίο ισχύει για όλα τα πρωτόκολλα δρομολόγησης απόστασης δικτύου);
47. Αναφέρατε τις διαδικασίες του πρωτοκόλλου EGP.
48. Τι πλεονεκτήματα προσφέρει το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο σε σχέση με το συμβατικό;
49. Ποια η κυριότερη διαφορά του πρωτοκόλλου FTP από το πρωτόκολλο Telnet και SMTP;
50. Περιγράψτε με μία φράση τον Παγκόσμιο Ιστό.
51. Τι είναι το υπερκείμενο και τι τα υπερμέσα;
52. Τι είναι το intranet και ποια τα πλεονεκτήματα που προσφέρει;
53. Ποια προβλήματα παρουσιάζονται κατά τη μετάδοση φωνητικής τηλεφωνίας μέσω του Internet;

54. Ποια ήταν τα σημαντικότερα προβλήματα, που έπρεπε να ξεπεραστούν για τη μετάδοση εικόνας και ήχου μέσω του Διαδικτύου;
55. Περιγράψτε σε βήματα, πως επιτυγχάνεται η συνομιλία σε πραγματικό χρόνο με τη μορφή κειμένου στο Διαδίκτυο.
56. Ποια είναι η συνήθης πρακτική που ακολουθείται από τις επιχειρήσεις που υποστηρίζουν το ηλεκτρονικό εμπόριο;

Βιβλιογραφία

1. Θ. Αποστολόπουλος, *Δίκτυα Υπολογιστών*, Αθήνα 1994.
2. Θ. Αποστολόπουλος, *Ανώτερα επίπεδα σε δίκτυα υπολογιστών*, Αθήνα 1995.
3. Μωυσή Α. Μπουντουριδίδη, *Μία Γενική Παρουσίαση του Internet και του Παγκόσμιου Ιστού*, 1996, <http://www.math.upatras.gr/~mboundour>.
4. Μωυσή Α. Μπουντουριδίδη, *Τηλεματική και Εκπαίδευση από Απόσταση*, <http://www.math.upatras.gr/~mboundour>.
5. Comer D., *Internetworking with TCP/IP, Vol. 1: Principles, Protocols and Architecture*, 3rd Ed., Prentice Hall, 1995.
6. Hedrick C. L., *Introduction to the Internet protocols*, Computer Science Facilities Group, Rutgers University, July 1987.
7. Karanjit Siyan, *Inside TCP/IP*, Third Edition, Macmillan Computer Publishing, ISBN 156-205-714-6.
8. Leiner, Cerf, Clark, Kahn, Kleinrock, Lynch, Postel, Roberts and Wolff, *Brief History of the Internet*, Internet Society (ISOC) 1998.
9. Ramteke T., *Networks*, Prentice Hall, 1994.
10. *RFC 768: User datagram Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Sciences Institute, September 1981.
11. *RFC 791: Internet Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Sciences Institute, September 1981.
12. *RFC 792: Internet Control Message Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Science Institute, September 1981.
13. *RFC 793: Transmission Control Protocol*, Editor: J. Postel, USC/Information Science Institute, September 1981.
14. *RFC 1180: TCP/IP tutorial*, Editors: T.J Socolofsky, C.J. Kale, Spider System Ltd., January 1991.
15. *RFC 1518: An Architecture for IP Address Allocation with CIDR*, Editors: Y. Rekhter, T.J. Watson Research Center, IBM Corp.; T. Li, Cisco Systems, Inc. September 1993.
16. *RFC 1519: Classless interdomain Routing (CIDR): An Address Assignment and Aggregation Strategy*, V. Fuller, BARRNet, T. Li, Cisco Systems, Inc.; J. Yu, MERIT; K. Varadhan, OARnet. September 1993.

17. *RFC 1520: Exchanging Routing Information across Provider Boundaries in the CIDR Environment*, Y. Rekhter, T.J. Watson Research Center, IBM Corp.; C. Topolcic, CNRI. September 1993.
18. *RFC 2151: Internet and TCP/IP Tools and Utilities*, Editors: G. Kessler, S. Shephard, Hill Associates, June 1997.
19. Stallings W., *Data & Computer Communications*, 6th ed., Prentice Hall, 2000.
20. Tanenbaum A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1992.



ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου
θα είστε ικανοί:

- Να κατανοήσετε τι εννοούμε διαχείριση δικτύου και ποιες είναι οι πέντε περιοχές που καλύπτει η διαχείριση δικτύου.
- Να γνωρίζετε τα βασικότερα μοντέλα διαχείρισης.
- Να κατανοήσετε τη δομή της διαχειρίσιμης πληροφορίας.
- Να κατανοείτε τις έννοιες, που σχετίζονται με την ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων.
- Να κατανοείτε την ορολογία, που χρησιμοποιείται, για τα θέματα ασφάλειας των πληροφοριακών συστημάτων.
- Να γνωρίζετε και να κατανοείτε τις πλέον διαδεδομένες μεθόδους παραβίασης ασφάλειας στα πληροφοριακά συστήματα.

Εισαγωγή

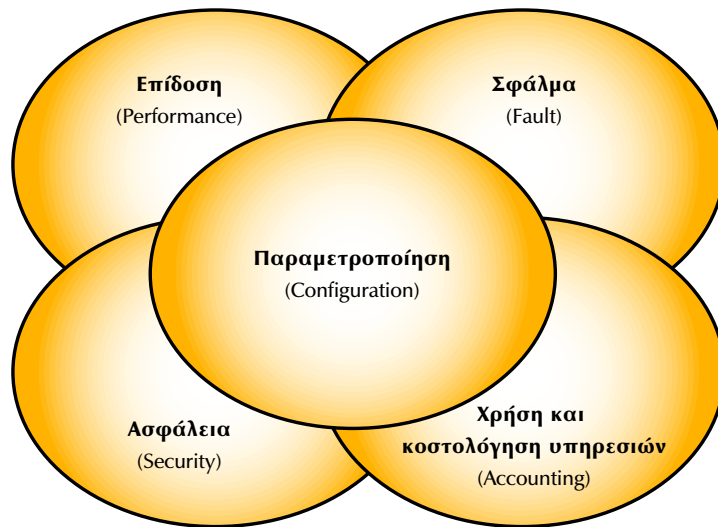
Η ανάγκη σήμερα για διαδικτύωση γίνεται ολοένα και πιο επιτακτική. Όλες σχεδόν οι επιχειρήσεις έχουν προχωρήσει στη εγκατάσταση τοπικών δικτύων. Αρκετές από αυτές έχουν προχωρήσει στη διασύνδεση απομακρυσμένων τοπικών δικτύων με τη βοήθεια γραμμών WAN. Οι δομές των δικτύων έχουν γίνει αρκετά πολύπλοκες. Ακόμα και τα εσωτερικά δίκτυα τείνουν να αποκτήσουν αυξημένη πολυπλοκότητα. Πολλές φορές η ύπαρξη συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές αυξάνει την πολυπλοκότητα των δικτύων και ταυτόχρονα τη δυσκολία στη διαχείρισή τους.

Η ανάγκη για κεντρική διαχείριση μεγάλου, σύνθετου και πολλές φορές καταμεμημένου δικτύου είναι προφανής. Η ύπαρξη, όμως, ενιαίας και κεντρικής διαχείρισης σύνθετου δικτύου συναντά συχνά εμπόδια από την ύπαρξη συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών, καθώς και από τον τρόπο, που ο κάθε κατασκευαστής υλοποιεί τους μηχανισμούς διαχείρισης. Για να ξεπεραστούν τα προβλήματα στον τρόπο διαχείρισης έχουν γίνει και συνεχίζονται να γίνονται προσπάθειες δημιουργίας προτύπων.

Μέρος του έργου διαχείρισης δικτύου αποτελεί και η ασφάλεια του. Η ασφάλειά του δικτύου είναι αρκετά σύνθετο θέμα, περικλείει πολλές παραμέτρους και είναι πολύ σημαντική η δυνατότητα εγκατάστασης μηχανισμών κεντρικής εποπτείας και διαχείρισης αυτών. Γίνονται επίσης προσπάθειες για τη δημιουργία κάποιων προτύπων. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε σε θέματα που σχετίζονται με τη διαχείριση και την ασφάλεια δικτύου, δύο παράγοντες πολύ σημαντικοί για την εύρυθμη λειτουργία και αξιοπιστία του.

8.1 Διαχείριση Δικτύου

Ο Διεθνής Οργανισμός προτυποποίησης (**International Organization for Standardization, ISO**) έχει ορίσει το πλαίσιο εργασίας (framework) για το μοντέλο διαχείρισης δικτύων OSI. Με βάση το μοντέλο, έχουν ορισθεί πέντε περιοχές διαχείρισης: η **διαχείριση παραμέτρων του δικτύου (configuration management)**, η **διαχείριση επίδοσης του δικτύου (performance management)**, η **διαχείριση σφαλμάτων (fault management)**, η **διαχείριση του κόστους των υπηρεσιών (accounting management)** και τέλος, η **διαχείριση ασφάλειας (security management)**.



Σχήμα 8-1 Μοντέλο OSI για Διαχείριση Δικτύων

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε με περισσότερες λεπτομέρειες στο έργο των πέντε διαφορετικών περιοχών διαχείρισης, που έχει ορίσει το πλαίσιο εργασίας του μοντέλου OSI.

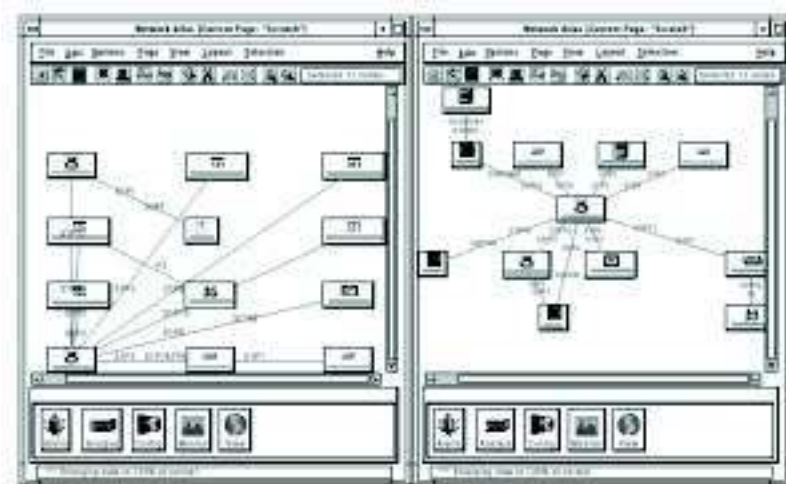
8.1.1 Διαχείριση παραμέτρων (Configuration Management)

Με τον όρο διαχείριση παραμέτρων, εννοούμε τη διαδικασία αλλαγής της τοπολογίας του δικτύου καθώς και τη ρύθμιση των παραμέτρων των συσκευών, που το αποτελούν, είτε σε επίπεδο υλικού είτε σε επίπεδο λογισμικού, προκειμένου να διασφαλίσουμε τη σωστή λειτουργία του δικτύου ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις. Η αρχική εγκατάσταση του δικτύου καθώς και η ρύθμιση των παραμέτρων των συσκευών, που το αποτελούν, δεν συνιστούν με βάση τον επίσημο ορισμό του μοντέλου OSI μέρος της διαχείρισης δικτύου. Παρόλα αυτά, είναι πολύ συνηθισμένο να χρησιμοποιούμε τα ίδια εργαλεία (εφαρμογές, ειδικό λογισμικό) για την αρχική εγκατάσταση δικτύου όσο και για τη μετέπειτα παρακολούθηση και διαχείρισή του. Γι' αυτό συχνά και η αρχική διαμόρφωση δικτύου, θεωρείται από πολλούς μέρος της διαχείρισης του.

Ένα από τα σημαντικότερα έργα είναι και η τεκμηρίωση του δικτύου. Τεκμηρίωση τόσο των συσκευών που το αποτελούν με τις ρυθμίσεις που έχουν (π.χ πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν, αριθμό ενεργών θυρών, φίλτρα που υπάρχουν κ.ο.κ.), όσο και της τοπολογίας του δικτύου και του τρόπου λειτουργίας.

Η τεκμηρίωση του δικτύου βοηθείται σημαντικά από την ύπαρξη λογισμικού, που ανακαλύπτει και καταγράφει σε **βάση δεδομένων καταλόγου υλικών (inventory database)** όλες τις συσκευές ενός δικτύου, καθώς και τον τρόπο δια-

σύνδεσή τους. Συνήθως, γίνεται καταγραφή όλων των ενεργών συσκευών που απαρτίζουν ένα δίκτυο όπως δρομολογητές, μεταγωγείς (switches), γέφυρες, επαναλήπτες (hubs), τα είδη των τοπικών δικτύων, όπως τμήματα ethernet, token ring κ.ο.κ, καθώς επίσης και οι τυχόν wan γραμμές, όπως ppp μισθωμένες ή επιλεγόμενες (ISDN), συνδέσεις X.25, Frame Relay κ.ο.κ. Αν το λογισμικό, που διαθέτουμε, χρησιμοποιείται και για διαχείριση συστημάτων, τότε γίνεται ανακάλυψη μέσω του δικτύου και των ηλεκτρονικών υπολογιστών, εκτυπωτών και γενικότερα κάθε συσκευής, που διασυνδέεται στο δίκτυο. Οι εφαρμογές, που διαχειρίζονται το δίκτυο, μπορούν να σχηματίσουν γραφικές απεικονίσεις των συσκευών του δικτύου και την μεταξύ τους συνδεσμολογία.



Σχήμα 8-2 Παράδειγμα Διαγράμματος Δικτύου
(από πρόγραμμα διαχείρισης δικτύου)

8.1.2 Διαχείριση επίδοσης του δικτύου (Performance Management)

Για τη διαχείριση της απόδοσης του δικτύου πρέπει, πρώτα, να ορίσουμε τι θέλουμε να μετράμε, να σχεδιάσουμε, τον τρόπο που θα γίνονται οι μετρήσεις και στη συνέχεια να υλοποιήσουμε τις μετρήσεις μας. Σε ένα δίκτυο είναι λογικό να μετρώνται σε τακτά χρονικά διαστήματα διάφορα χαρακτηριστικά, όπως:

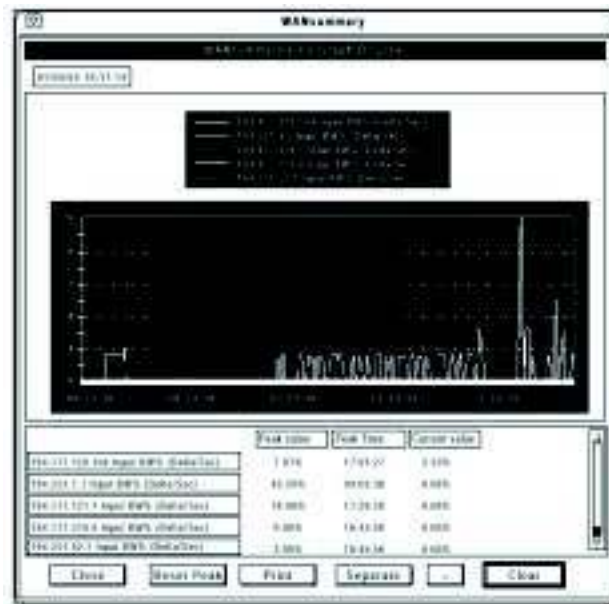
- το ποσοστό χρησιμοποίησης των WAN γραμμών ή των διαφόρων τμημάτων τοπικού δικτύου
- η ανάλυση του ποσοστού κίνησης ανά πρωτόκολλο π.χ. IP, IPX, Netbios κ.ο.κ
- το ποσοστό λαθών σε σχέση με όλη την κίνηση
- ο χρόνος καθυστέρησης διαφόρων σημείων του δικτύου
- ο χρόνος απόκρισης κάποιων συσκευών
- ο καθορισμός κατωφλίων σε μερικές μετρούμενες παραμέτρους. Όταν οι τιμές των παραμέτρων υπερβούν τις τιμές που έχουν ορισθεί ως κατώφλια τότε θα πρέπει να δημιουργούνται κάποιοι συναγερμοί (alarm).

Είναι δυνατόν να αποθηκευτούν οι μετρήσεις επίδοσης για μελλοντική επεξερ-

γασία. Οι διαχειριστές του δικτύου θα πρέπει να αναλύουν τις μετρήσεις και να μπορούν να εντοπίσουν σημεία συμφόρησης ή προβληματικής λειτουργίας του δικτύου. Με βάση τα συμπεράσματα από την ανάλυση των μετρήσεων είναι πιθανό να χρειαστεί να πραγματοποιηθεί η ανασχεδίαση μερικών σημείων του δικτύου. Όταν πραγματοποιούνται αλλαγές στο δίκτυο, με βάση τις μετρήσεις που θα ληφθούν, θα πρέπει να ελέγχεται στο κατά πόσο πέτυχαν το σκοπό, για τον οποίο έγιναν.

Συνήθως οι τιμές μπορούν να καταγραφούν σε πίνακες ή /και σε μορφή γραφημάτων.

(α)



(β)

The screenshot shows a 'WAN Summary' window with a table titled 'WAN Summary' and a subtitle 'WAN Summary'. The table displays utilization for multiple links. The columns are: Router (IP Addr), BW, Link Speed, Input BW%, Input Discard, Input Errors, Output BW%, Output Discard, and Output Errors.

Router (IP Addr)	BW	Link Speed	Input BW%	Input Discard	Input Errors	Output BW%	Output Discard	Output Errors
194.112.128.184	1	1140000	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
194.112.127.1	1	1140000	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	0.00
194.112.128.1	1	1140000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
194.112.128.0	0	1140000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
194.112.127.1	1	1140000	0.21	0.00	0.00	40.12	0.00	0.00
194.112.127.1	1	1140000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Σχήμα 8-3 Παραδείγματα διαχείρισης απόδοσης δικτύου, με την βοήθεια προγράμματος διαχείρισης δικτύου.

(α) ποσοστό χρησιμοποίησης WAN σύνδεσης σε μορφή γραφήματος
(β) μετρήσεις WAN σύνδεσης σε πίνακα

8.1.3 Διαχείριση σφαλμάτων (Fault Management)

Το έργο της διαχείρισης σφαλμάτων είναι η αναγνώριση ύπαρξης προβλήματος / δυσλειτουργίας, ο εντοπισμός του σημείου, που υπάρχει το πρόβλημα, η επίλυση του προβλήματος ή η τεκμηρίωσή του και η προώθηση της περιγραφής του προβλήματος σε άλλη ομάδα. Συνήθως γίνεται και καταγραφή των προβλημάτων (τύπος λάθους, τοποθεσία, βαθμός κρισιμότητας κ.λ.π.) και τι λύση δόθηκε, για μελλοντική χρήση, όπως για παράδειγμα δημιουργία στατιστικών στοιχείων για κάποιες συσκευές. Μερικά προβλήματα είναι εύκολο να εντοπιστούν, όπως για παράδειγμα η μη λειτουργία συσκευής, η διακοπή σύνδεσης. Ο στόχος, όμως, της διαχείρισης δεν πρέπει να σταματά εκεί, αλλά να μπορεί να προβλέπει τη δημιουργία πιθανών προβλημάτων πριν αυτά επηρεάσουν τους χρήστες του δικτύου. Το κομμάτι πρόβλεψης πιθανών προβλημάτων σχετίζεται άμεσα με τη διαχείριση επίδοσης του δικτύου.



Σχήμα 8-4 Οθόνη με καταγεγραμμένα alarm δικτύου (από πρόγραμμα διαχείρισης δικτύου)

Τα προβλήματα έρχονται με τη μορφή συναγερμού (alarm) και συνήθως γίνεται καταγραφή σε αρχεία (logs) ή /και με μορφή αλλαγής της χρωματικής ένδειξης σε κάποιες γραφικές απεικονίσεις του δικτύου. Η λύση των προβλημάτων διαφέρει κάθε φορά και όπως είναι φυσικό εξαρτάται από το πρόβλημα. Μερικές φορές χρειάζεται η αποσύνδεση προβληματικών συσκευών από το δίκτυο, ή αντικατάσταση ελαττωματικού υλικού, ή ρύθμιση παραμέτρων στο λογισμικό των συσκευών.

8.1.4 Διαχείριση κόστους (Accounting Management)

Το έργο της διαχείρισης κόστους ενός δικτύου περιλαμβάνει την παρακολούθηση της χρήσης των πόρων του δικτύου, την ανάλυση των διαθέσιμων επιπέδων των πόρων του δικτύου για συγκεκριμένες ομάδες χρηστών, την αντιστοίχιση του κόστους της χρήσης, την καταγραφή της χρήσης των δικτυακών πόρων

από τις διάφορες ομάδες χρηστών και την εξασφάλιση ότι οι χρήστες δεν κάνουν χρήση υπηρεσιών, που δεν είναι συμφωνημένες.

8.1.5 Διαχείριση ασφάλειας (Security Management)

Η διαχείριση ασφάλειας περιλαμβάνει τον έλεγχο πρόσβασης σε συσκευές, δεδομένα και προγράμματα, απέναντι σε κάθε μη εξουσιοδοτημένη χρήση ηθελημένη ή μη, την επίβλεψη για προσπάθειες παραβίασης των κανόνων ασφάλειας και λήψη των απαραίτητων μέτρων προκειμένου να εξασφαλισθεί η ασφάλεια των πόρων του δικτύου. Η εξασφάλιση ασφάλειας σε πόρους του συστήματος αποτελεί πολύπλοκο και δύσκολο θέμα και αναλυτικότερη αναφορά σε μεθόδους επίτευξής της θα γίνει σε επόμενες παραγράφους.

Τα μέτρα ασφάλειας για καταναμημένο πληροφορικό σύστημα δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να είναι αποσπασματικά σε ένα τομέα, αλλά να περιλαμβάνουν όλους τους τομείς που συγκροτούν το πληροφορικό σύστημα. Θα μπορούσαμε να πούμε, ότι ο οργανισμός, που έχει εγκαταστήσει και χρησιμοποιεί πληροφορικό σύστημα, θα πρέπει να δεσμευτεί για την οργάνωση και τήρηση κανόνων ασφάλειας. Τα μέτρα ασφάλειας πρέπει να αφορούν:

- τη φυσική προστασία των πόρων του συστήματος από πρόσβαση μη εξουσιοδοτημένων ατόμων.
- την ασφάλεια των συστημάτων που συνδέονται σε δίκτυο. Το κομμάτι αυτό ανήκει επίσης στη διαχείριση ασφάλειας των συστημάτων (για παράδειγμα μηχανισμοί ασφάλειας σε επίπεδο λειτουργικού συστήματος)
- την ασφάλεια του δικτύου και την προστασία των δεδομένων, που μεταφέρονται με αυτό.

8.2 Πρότυπα διαχείρισης

Όπως έχουμε αναφέρει και στην αρχή του κεφαλαίου, γίνονται προσπάθειες για τη δημιουργία προτύπων, που θα αφορούν τις μεθόδους διαχείρισης των συστημάτων, που συμμετέχουν σε ολοκληρωμένο πληροφορικό σύστημα. Ο οργανισμός ISO περιγράφει με διάφορους κωδικούς έργων το μοντέλο διαχείρισης συστημάτων που ακολουθούν το μοντέλο OSI, γνωστό ως **Πρωτόκολο Πληροφοριών Κοινής Διαχείρισης (Common Management Information Protocol, CMIP)**. Επίσης, γνωστό πρότυπο διαχείρισης συστημάτων, που αναφέρεται κυρίως στην αρχιτεκτονική TCP/IP, είναι το **Απλό Πρωτόκολο Διαχείρισης Δικτύου (Simple Network Management Protocol, SNMP)**.

Υπάρχουν και άλλα μοντέλα διαχείρισης, αλλά τα παραπάνω είναι τα πλέον διαδεδομένα. Πολλοί κατασκευαστές αρχίζουν, πέρα από την ύπαρξη δικών τους μοντέλων, να βγάζουν προϊόντα συμβατά με ένα από τα παραπάνω μοντέλα. Εκτός από τα δύο μοντέλα, που προαναφέραμε, αρκετές εταιρείες είχαν αντιληφθεί την ανάγκη δημιουργίας ολοκληρωμένης διαχείρισης και ανέπτυξαν δικιά

τους μοντέλα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η εταιρία IBM, που έχει προτείνει την αρχιτεκτονική ONA. Το NetView ένα από τα πρώτα προϊόντα για διαχείριση δικτύου, που συμβαδίζει με την αρχιτεκτονική ONA. Στη συνέχεια, θα περιγράψουμε την αρχιτεκτονική των μοντέλων διαχείρισης CMIP και SNMP.

8.2.1 Πρότυπο CMIP

Ο διεθνής οργανισμός τυποποίησης ISO έχει δημιουργήσει την αρχιτεκτονική του πλαισίου εργασίας με τον κωδικό ISO 7498-4 για τη διαχείριση του μοντέλου OSI. Με βάση τον κωδικό ISO 10164-1 έως 15, περιγράφονται οι πέντε περιοχές ολοκληρωμένης διαχείρισης τις οποίες παρουσιάσαμε στην παράγραφο 8-1. Τις ξαναθυμίζουμε: η **διαχείριση παραμέτρων δικτύου (configuration management)**, **διαχείριση επίδοσης δικτύου (performance management)**, **διαχείριση σφαλμάτων (fault management)**, **διαχείριση κόστους υπηρεσιών (accounting management)** και τέλος **διαχείριση ασφάλειας (security management)**.

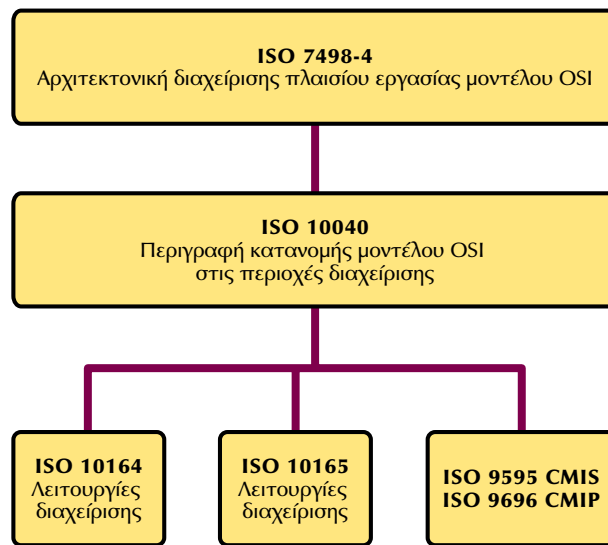
Το έργο με τον κωδικό ISO 100040, περιγράφει το τρόπο κατανομής των διαφόρων πληροφοριακών συστημάτων τύπου OSI, μεταξύ των διαφορετικών περιοχών διαχείρισης (management domains). Η περιγραφή αυτή βασίζεται:

- στην ύπαρξη συστημάτων διαχείρισης (managers)
- στα συστήματα προς διαχείριση (managed systems), τα οποία για να παρέχουν στα συστήματα διαχείρισης την δυνατότητα διαχείρισής τους, έχουν εγκατεστημένο κάποιο ειδικό λογισμικό, γνωστό ως agent.

Επίσης ο οργανισμός ISO στο έργο με κωδικό ISO 10165-1 έως 4, **περιγράφει τη δομή της διαχειρίσιμης πληροφορίας σε δενδρική δομή, γνωστή ως Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης (management information base, MIB)**. Στη δομή αυτή περιγράφονται τα αντικείμενα της διαχείρισης, καθώς και η πληροφορία, που πρέπει να χαρακτηρίζει το κάθε αντικείμενο.

Με τους κωδικούς ISO 9595 και 9596-1 και 2 προσδιορίζεται το **Πρωτόκολλο Πληροφοριών Κοινής Διαχείρισης (Common Management Information Protocol, CMIP)** και η υπηρεσία **Κοινών Πληροφοριών Διαχείρισης (Common Management Information Service, CMIS)** βάσει των οποίων γίνεται η ανταλλαγή πληροφοριών διαχείρισης. Οι εντολές, που μπορεί να στείλει ο σταθμός διαχείρισης προς το agent, είναι:

- m-get, για να διαβάσει τιμές από το MIB του λογισμικού agent του διαχειριζόμενου σταθμού.
- m-set, για να θέσει τιμές σε παραμέτρους του MIB του agent.
- m-action, για να ενεργοποιηθεί συγκεκριμένη ενέργεια στο agent.
- m-create, για να προστεθεί χαρακτηριστικό σε agent π.χ. το ανέβασμα κάποιου πρωτοκόλλου.
- m-delete. για να διαγραφεί χαρακτηριστικό από agent.

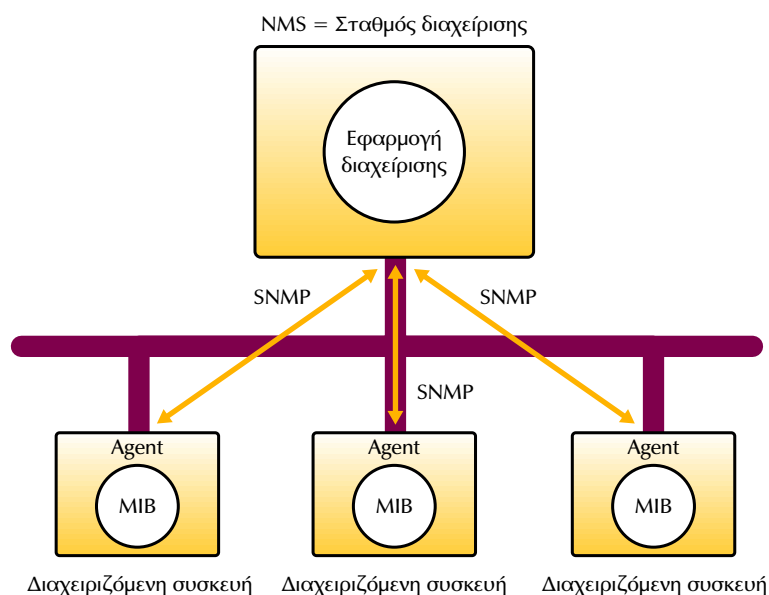


Σχήμα 8-5 Διάγραμμα των προτύπων Διαχείρισης

8.2.2 Πρότυπο διαχείρισης SNMP

Το πρωτόκολλο διαχείρισης SNMP είναι σήμερα το πλέον διαδεδομένο. Η εξέλιξη του είναι συνεχόμενη και παρουσιάζονται νέες πρότυπες εκδόσεις του πρωτοκόλλου. Η δομή του πρωτοκόλλου SNMP είναι απλή, αλλά τα χαρακτηριστικά που διαθέτει είναι αρκετά για να δώσουν λύσεις σε προβλήματα διαχείρισης σε ετερογενή δίκτυα. Το SNMP είναι πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής και σχεδιάστηκε για την ανταλλαγή πληροφορίας διαχείρισης ανάμεσα σε συσκευές που συνδέονται σε δίκτυο. Στα δίκτυα που η διαχείριση γίνεται με χρήση του πρωτοκόλλου SNMP, υπάρχει η έννοια του **σταθμού διαχείρισης (management station)**, η έννοια του λογισμικού agent, με το οποίο έχουν εφοδιαστεί οι σταθμοί εργασίας προς διαχείριση, που συνδέονται στο δίκτυο, καθώς και η έννοια του **MIB (-management information base)**, δηλαδή η καταγραφή της διαχειρίσιμης πληροφορίας σε ειδική δενδρική μορφή. Η γραφική αναπαράσταση του μοντέλου SNMP φαίνεται στο Σχήμα 8-6.

Η διαχειριζόμενη συσκευή μπορεί να είναι οτιδήποτε συνδέεται στο δίκτυο: υπολογιστές, εκτυπωτές, δικτυακές συσκευές, modems κ.λ.π. Επειδή αρκετές συσκευές μπορεί να μην έχουν μεγάλη δυνατότητα επεξεργασίας (για παράδειγμα λόγω χαμηλών επιδόσεων του επεξεργαστή που φέρουν), το λογισμικό διαχείρισης είναι έτσι σχεδιασμένο, ώστε να επιβαρύνει το ελάχιστο δυνατό τις επιδόσεις της συσκευής. Οι σταθμοί διαχείρισης όμως που τρέχουν και την εφαρμογή διαχείρισης, επιβαρύνονται με την επεξεργασία της πληροφορίας, που συλ-



Σχήμα 8-6 Μοντέλο Διαχείρισης SNMP

λέγουν από τους διάφορους agent και, συνήθως, είναι υπολογιστές μέσα σε δίκτυο, επιφορτισμένοι με αυτήν τη δραστηριότητα μόνο. Το λογισμικό παρέχει, συνήθως, τη δυνατότητα για γραφικές απεικονίσεις της κατάστασης του δικτύου, εξαγωγή στατιστικών στοιχείων και προβολή τους με διάφορους τρόπους. Είναι δυνατή η παρουσία ενός ή και περισσότερων σταθμών διαχείρισης. Επίσης, είναι δυνατόν να γίνει διαχωρισμός αρμοδιοτήτων μεταξύ των σταθμών διαχείρισης και ο καθένας από αυτούς να ελέγχει συγκεκριμένο κομμάτι του δικτύου και οι σταθμοί εργασίας να ανταλλάσσουν μεταξύ τους πληροφορίες, που εμείς θεωρούμε κρίσιμες.

Για τη δομή του MIB και τις διάφορες τυποποιήσεις του θα έχουμε τη δυνατότητα να αναφερθούμε με λεπτομέρειες παρακάτω. Μπορούμε, όμως, να αναφέρουμε μερικά γενικά παραδείγματα πληροφοριών, που καταχωρούνται στο MIB, όπως:

- Ο αριθμός και η κατάσταση των θυρών συσκευής. Για παράδειγμα, ότι η συσκευή έχει τέσσερις θύρες από τις οποίες είναι σε κατάσταση λειτουργίας οι τρεις.
- Καταχωρήσεις διαφόρων λαθών που εμφανίστηκαν κατά την λειτουργία της συσκευής.
- Ο αριθμός των bytes ή / και πακέτων που πέρασαν από θύρα της συσκευής όση ώρα λειτουργούσε.

- Αριθμούς bytes / πακέτων για κάθε θύρα ανά πρωτόκολλο, π.χ IP.
- Πληροφορίες για τη θέση της συσκευής, το όνομα της, άτομα τα οποία μπορούμε να καλέσουμε σε περίπτωση που χρειαστούμε κάποια βοήθεια (π.χ να τεθεί προσωρινά εκτός λειτουργίας όταν βρίσκεται σε χώρο απομακρυσμένο από εμάς).

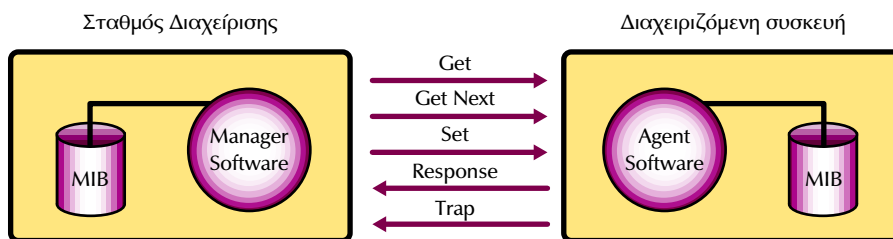
Τύποι εντολών στο πρωτόκολλο SNMP

Ο σταθμός διαχείρισης για να διαχειριστεί συσκευή, στέλνει μήνυμα προς το agent της συσκευής και αυτό με την σειρά του προβαίνει ανάλογα με τον τύπο του μηνύματος στην αντίστοιχη ενέργεια.

Το SNMP είναι πρωτόκολλο χωρίς επιβεβαίωση και κάνει χρήση του πρωτοκόλλου **UDP (User datagram Protocol)** για να επικοινωνήσει με τα agents των διαχειριζόμενων συσκευών.

Οι δυνατοί τύποι εντολών στο SNMP είναι:

Get
Get Next
Response
Set
Trap



Σχήμα 8-7 Εντολές που ανταλλάσσονται στο πρότυπο διαχείρισης SNMP

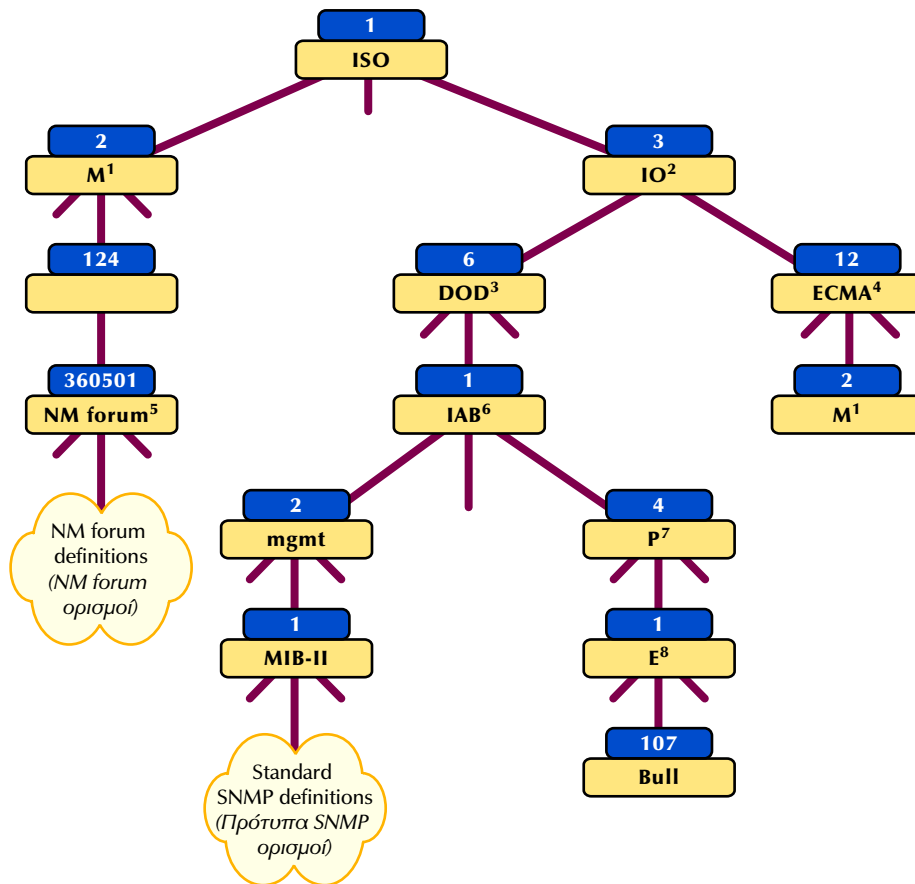
Από τις παραπάνω εντολές, άλλες στέλνονται από το σταθμό διαχείρισης και άλλες από το agent της διαχειριζόμενης συσκευής. Ο σταθμός διαχείρισης μπορεί να στείλει τις εντολές get, getnext και set. Με την εντολή get ο σταθμός μπορεί να διαβάσει την τιμή παραμέτρου του MIB, ενώ με την getnext διαβάζει την τιμή της επόμενης παραμέτρου. Με την εντολή set μπορεί να μεταβάλει την τιμή παραμέτρου στο MIB της διαχειριζόμενης συσκευής. Με τη σειρά του, το agent της διαχειριζόμενης συσκευής απαντά στις ερωτήσεις get και getnext του σταθμού

διαχείρισης με την εντολή response. Δηλαδή, με την εντολή response ο agent στέλνει την τιμή που ζητά η εντολή get ή getnext. Επίσης, το agent της διαχειριζόμενης συσκευής στέλνει με την εντολή trap σημαντικά συμβάντα, όπως alarm ή γεγονότα, που εμείς έχουμε ζητήσει από το agent να στέλνει, όταν συμβούν για άμεση ενημέρωση του σταθμού διαχείρισης. Τέλος, το agent μπορεί, αν ζητηθεί από την εντολή set να αλλάξει παραμέτρους στην συσκευή, όπως για παράδειγμα να απενεργοποιήσει ένα πρωτόκολλο ή μια θύρα. **Κάθε SNMP μήνυμα περιλαμβάνει το πεδίο community. Το πεδίο community λειτουργεί σαν είδος κωδικού (password).** Κάθε συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και την οποία πρόκειται να διαχειριστούμε με το πρωτόκολλο SNMP, ρυθμίζεται για το ποια ονόματα του πεδίου community θα θεωρεί ως σωστά. Συνήθως, υπάρχει community, που επιτρέπει μόνο την ανάγνωση (read) τιμών από το MIB και community, που επιτρέπει την ανάγνωση και εγγραφή (read / write) τιμών του MIB της διαχειριζόμενης συσκευής. Πιο συνηθισμένα community ονόματα είναι το public για ανάγνωση και το private για ανάγνωση / εγγραφή. Έτσι, εάν κάποιος σταθμός διαχείρισης επιχειρήσει να επικοινωνήσει μέσω agent με community διαφορετικά από αυτά που έχει δηλωμένα ο agent, η επικοινωνία δεν θα είναι εφικτή. Επιπλέον, μπορούμε να δηλώσουμε στο agent συγκεκριμένες IP διευθύνσεις τις οποίες θα αναγνωρίζει ως σταθμούς διαχείρισης καθώς και σε ποιες IP διευθύνσεις θα στέλνει τα traps. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζουμε ότι το agent δεν θα βρεθεί υπό την διαχείριση κατά λάθος, ή ακόμα και εσκεμμένα, σταθμών που δεν είναι οι πραγματικοί σταθμοί διαχείρισης, επιτυγχάνοντας έτσι μεγαλύτερη ασφάλεια. Οι εκδόσεις 2 και 3 του πρωτοκόλλου SNMP έχουν ενσωματωμένα και άλλα χαρακτηριστικά ασφάλειας.

Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης (Management Information Base, MIB)

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει η διαχειρίσιμη πληροφορία αποθηκεύεται σε βάση δεδομένων γνωστή ως MIB. Η δομή του MIB έχει μορφή ανεστραμμένου δένδρου, όπου ξεκινώντας από τη ρίζα προχωρούμε προς τα φύλλα. Κάθε φύλλο αντιπροσωπεύει και ένα διαχειριζόμενο αντικείμενο. Σε κάθε φύλλο έχει δοθεί ένας αριθμός. Με τον τρόπο αυτό, η διαδρομή για ένα φύλλο, μπορεί να προσδιορισθεί από ακολουθία αριθμών OID (object identifier), ξεκινώντας από τον αριθμό της ρίζας και συνεχίζοντας με τους αριθμούς του κάθε φύλλου, που μεσολαβεί στη διαδρομή. Η ρίζα του δένδρου, που έχει την τιμή 1, είναι ο οργανισμός ISO. Τα επόμενα φύλλα που ακολουθούν, φαίνονται στο Σχήμα 8-8.

Για παράδειγμα, το φύλλο MIB II μπορεί να προσδιορισθεί με την παρακάτω ακολουθία αριθμών: 1.3.6.1.2.1.



¹ Member (Μέλος)

² International organizations (Διεθνείς οργανισμοί)

³ Department of Defense USA (Υπουργείο Άμυνας ΗΠΑ)

⁴ European Computer Manufacturing Association (Ένωση Ευρωπαϊκών Κατασκευαστών Υπολογιστών)

⁵ NM forum (Δημόσια συζήτηση για διαχείριση δικτύων)

⁶ Internet Architecture Board (Επιτροπή Αρχιτεκτονικής του Διαδικτύου)

⁷ Private (Ιδιωτικές εταιρείες)

⁸ Enterprises (Επιχειρήσεις)

Σχήμα 8-8 Δένδρο καταχώρησης των διαφόρων οργανισμών και προτύπων

Όπως μπορούμε να δούμε στο Σχήμα 8-8 κάτω από τη διαδρομή 1.3.6.1.4.1 έχουν δοθεί συγκεκριμένοι αριθμοί για φύλλα, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες εταιρείες. Για παράδειγμα στη διαδρομή 1.3.6.1.4.1.107 υπάρχει το αντικείμενο για την εταιρεία Bull. Μετά το συγκεκριμένο αντικείμενο, οι εταιρείες έχουν τη δυνατότητα να δημιουργήσουν τα δικά τους αντικείμενα και να δώσουν σε αυτά τους

αριθμούς, που επιθυμούν. Έτσι, οι εταιρείες έχουν τη δυνατότητα να εμπλουτίσουν τη διαχειριζόμενη πληροφορία συσκευής, πέρα από τα καθιερωμένα πρότυπα όπως για παράδειγμα το MIB II, με δικά τους MIB.

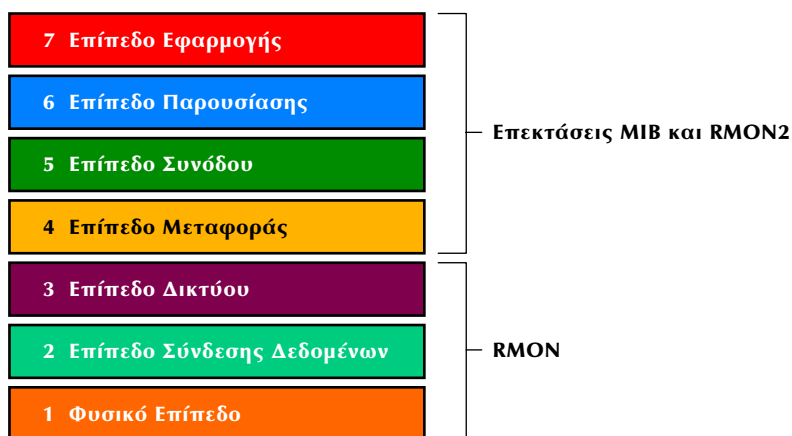
Υπάρχει σύσταση με το όνομα **Δομή Πληροφορίας Διαχείρισης (Structure of Management Information, SMI)** που προσδιορίζει το τρόπο δόμησης MIB. Το SMI και τους ακόλουθους τύπους δεδομένων μέσα στο MIB:

- Διευθύνσεις Δικτύων: Αναπαριστά τη διεύθυνση για κάποια οικογένεια πρωτοκόλλου.
- Μετρητές: Μη αρνητικοί ακέραιοι αριθμοί, που αυξάνουν μέχρι να φθάσουν τη μέγιστή τους τιμή, όπου και ξαναμηδενίζονται. Παράδειγμα μετρητή είναι ο αριθμός, που δείχνει τον αριθμό των bytes, που δέχθηκε πόρτα δικτυακής συσκευής.
- Μετρητές gauges: Μη αρνητικοί ακέραιοι αριθμοί, που αυξάνουν ή μειώνονται, αλλά κλειδώνουν σε μέγιστη τιμή. Παράδειγμα τέτοιου μετρητή, είναι για το μήκος της ουράς πακέτων εξόδου (σε πακέτα).
- Μετρητές χρόνου: Πραγματοποιούν μετρήσεις σε μονάδα χρόνου (π.χ σε sec), από τη στιγμή, που συνέβη ένα γεγονός. Για παράδειγμα ο χρόνος από τη στιγμή, που ξεκίνησε, η λειτουργία συσκευής.

Πρότυπα MIB II, RMON, RMON2

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, έχουν καταβληθεί και συνεχίζουν να καταβάλλονται προσπάθειες για την καθιέρωση προτύπων για τη διαχείριση του δικτύου, όπως για παράδειγμα το MIB II (1.3.6.1.2.1). Στο MIB II κρατιέται η απαραίτητη πληροφορία για τις πλέον απαραίτητες ενέργειες διαχείρισης των συσκευών, που συνδέονται σε δίκτυο.

Εκτός από το MIB II, υπάρχουν και άλλα πρότυπα που παρέχουν περισσότερες δυνατότητες για την παρακολούθηση και διαχείριση των συσκευών, που συνδέονται σε δίκτυο. Το πρότυπο RMON είναι επέκταση του MIB II. Το RMON, αρχικά, όριζε εννέα ομάδες παραμέτρων για την επιτήρηση και διαχείριση τμήματος δικτύου Ethernet στο φυσικό επίπεδο και στο επίπεδο σύνδεσης δεδομένων του μοντέλου OSI. Στη συνέχεια, προστέθηκαν άλλες οχτώ ομάδες παραμέτρων, προκειμένου να είναι δυνατή η παρακολούθηση και η διαχείριση δικτύων τύπου Token Ring.

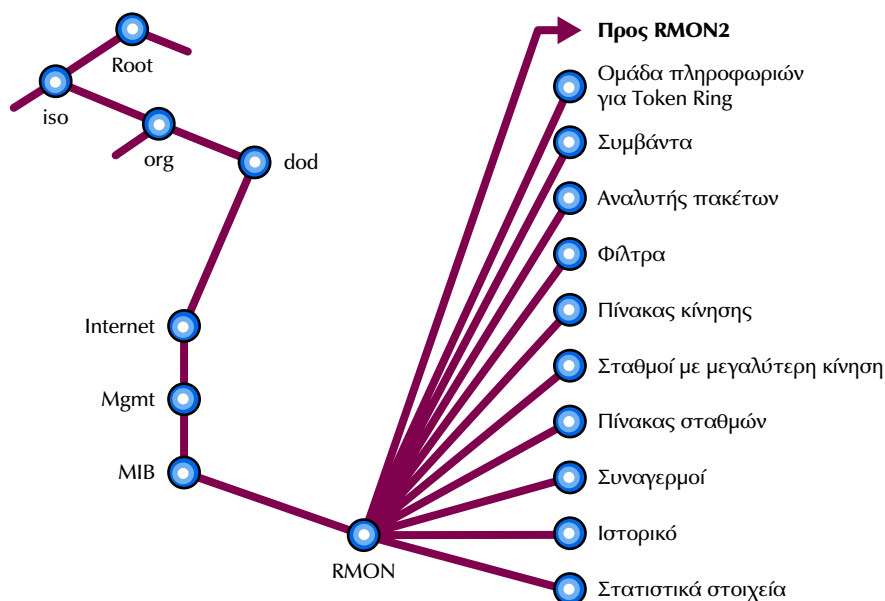


Σχήμα 8-9 Αντιστοιχία της διαχειριζόμενης πληροφορίας στα δένδρα RMON & RMON2, με τα επίπεδα του μοντέλου OSI

Καθώς η πολυπλοκότητα των δικτύων μεγαλώνει, έγινε φανερή η απαίτηση για δημιουργία προτύπου, που θα επιτρέπει τη συλλογή στοιχείων και για τα υπόλοιπα επίπεδα του μοντέλου OSI. Το RMON2 παρέχει πλέον τη δυνατότητα συλλογής στοιχείων και διαχείρισης των υπολοίπων επιπέδων του OSI μοντέλου. Ένα επίσης πρότυπο είναι υπό εξέλιξη το SMON και αφορά την δημιουργία ενός MIB για switches και καταγραφή πληροφοριών για τυχόν εικονικά δίκτυα (VLANs).

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις ομάδες παραμέτρων RMON για δίκτυα τύπου Ethernet. Το RMON μπορεί να υποστηρίζεται από δικτυακή συσκευή που συνδέεται σε Ethernet δίκτυο. Οι ομάδες είναι:

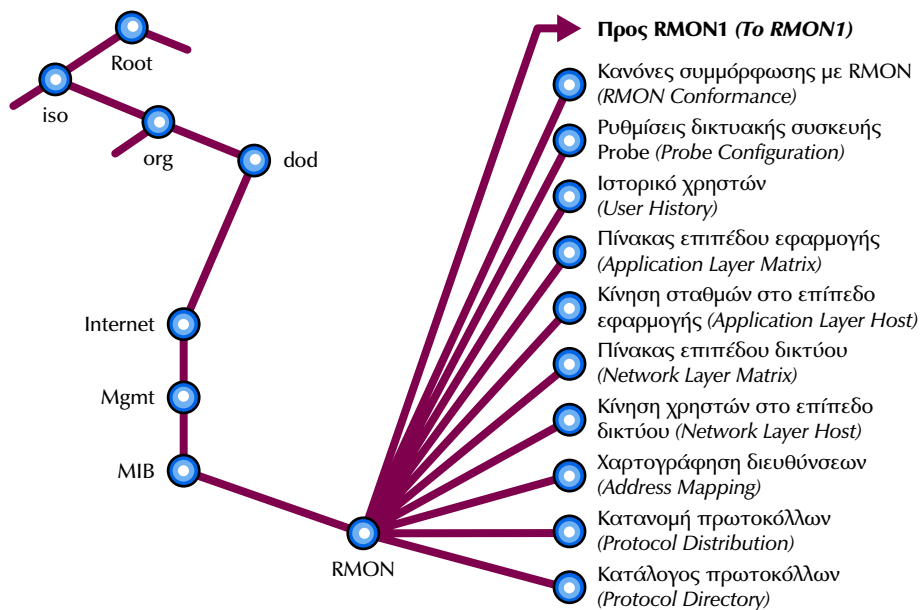
- 1. Statistics:** παρέχει πληροφορίες, που απαιτούνται για την κατανόηση της επίδοσης τμήματος δικτύου. Τα στατιστικά περιλαμβάνουν μετρήσεις σε αληθινό χρόνο πακέτων, οκτάδων, πακέτα πολλαπλών εκπομπών, πακέτα, που απορρίφθηκαν, λάθη κ.ο.κ.
- 2. History:** παρέχει ιστορικά δεδομένα για διάφορες παραμέτρους τμήματος δικτύου, που βοηθούν στην καλύτερη ανάλυση της συμπεριφοράς του.
- 3. Host Table:** παρέχει πληροφορίες για την κίνηση, που δημιουργούν οι διάφοροι σταθμοί, που συνδέονται στο τμήμα του δικτύου, που μετράμε. Παρέχει τη δυνατότητα εντοπισμού της συσκευής, που δημιουργεί την περισσότερη κίνηση μέσα στο δίκτυο.
- 4. HostTopN:** παρέχει στατιστικά στοιχεία ταξινομημένα με βάση τους σταθμούς που δημιουργούν την περισσότερη κίνηση στο δίκτυο.
- 5. Traffic Matrix:** παρέχει στοιχεία για την κίνηση και τα λάθη για όλους τους δυνατούς συνδυασμούς ζευγαριών επικοινωνίας μεταξύ των σταθμών εργασίας μέσα στο δίκτυο.



Σχήμα 8-10 Οι ομάδες πληροφοριών του RMON

- 6. Alarm:** αναφέρει αλλαγές στα χαρακτηριστικά λειτουργίας δικτύου. Συνήθως alarm δημιουργούνται από την ενεργοποίηση κατωφλίων για διάφορες παραμέτρους του MIB.
- 7. Event:** καταγράφει συμβάντα στο δίκτυο. Και στην περίπτωση αυτή η καταγραφή γεγονότων προέρχεται, συνήθως, από την ενεργοποίηση κατωφλίων από το διαχειριστή του δικτύου.
- 8. Filters:** παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης φίλτρων, που βασίζονται σε λογικούς κανόνες (π.χ. and, or, not). Όταν ικανοποιούνται οι κανόνες φίλτρου, μπορεί να ενεργοποιούνται μηχανισμοί όπως καταγραφής (log) συμβάντος, ή δημιουργίας alarm κ.λ.π.
- 9. Packet Capture:** είναι η μόνη από τις ομάδες, που περιλαμβάνει και τα επτά επίπεδα του μοντέλου OSI. Με τη λειτουργία αυτή είναι δυνατή η αντιγραφή των πακέτων που κυκλοφορούν μέσα στο δίκτυο καθώς και η δυνατότητα ανάλυσή τους. Η ενεργοποίηση της αντιγραφής μπορεί να ελεγχθεί, επίσης, με βάση την ικανοποίηση κριτηρίων όπως ο τύπος του πρωτοκόλλου επικοινωνίας κ.ο.κ.

Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στις ομάδες παραμέτρων RMON2 για δίκτυα τύπου Ethernet. Το RMON2 μπορεί να υποστηρίζεται από δικτυακή συσκευή, που συνδέεται σε Ethernet δίκτυο. Οι ομάδες παραμέτρων είναι:



Το πρότυπο RMON, το οποίο περιγράφηκε στο σχήμα 8-10, αναφέρεται και σαν RMON1.

Σχήμα 8-11 Οι ομάδες πληροφοριών του RMON2

1. **Protocol Directory Group:** περιέχει σε κατάλογο όλα τα πρωτόκολλα, που μπορεί να καταλάβει η συσκευή, που υποστηρίζει το RMON2.
2. **Protocol Distribution:** κρατά στατιστικά στοιχεία για το ποσοστό της κίνησης, που δημιουργεί το κάθε πρωτόκολλο ανά τμήμα LAN ή ανά επίπεδο στο μοντέλο OSI.
3. **Address Mapping:** συσχετίζει τον αριθμό θύρας συσκευής με τη φυσική της διεύθυνση (MAC address) και τη διεύθυνση δικτύου (π.χ. IP address).
4. **Network Layer Host:** περιέχει στατιστικά στοιχεία για την κίνηση συγκεκριμένων σταθμών μέσα στο δίκτυο, βασισμένα στη διεύθυνση δικτύου που έχουν.
5. **Network Layer Matrix:** περιέχει στατιστικά στοιχεία για την κίνηση μεταξύ ζευγαριών επικοινωνίας από σταθμούς μέσα στο δίκτυο, βασισμένα στη διεύθυνση δικτύου, που έχουν.
6. **Network Layer TopN Matrix:** περιέχει στατιστικά στοιχεία του τρίτου επιπέδου του μοντέλου OSI, για τις πλέον ενεργές συνομιλίες μεταξύ των σταθμών μέσα στο δίκτυο.
7. **Application Layer Host:** περιέχει στατιστικά στοιχεία για την κίνηση ανά σταθμό στο δίκτυο σε επίπεδο εφαρμογής.

8. **Application Layer Matrix:** περιέχει στατιστικά στοιχεία για την κίνηση, που δημιουργούν στο δίκτυο, οι σταθμοί εργασίας στις μεταξύ τους συνομιλίες σε επίπεδο εφαρμογής.
9. **User History:** κρατά στατιστικά ιστορικά στοιχεία για μεταβλητές (32 bit ακέραιες μεταβλητές) που έχει ορίσει ο ίδιος ο χρήστης.
10. **Probe Configuration:** περιέχει τις καθιερωμένες ρυθμίσεις της συσκευής δικτύου, που κρατά το RMON2.

Πρέπει να επισημάνουμε, ότι δεν έχουν εκδοθεί έως την ώρα που γράφεται το βιβλίο πρότυπα MIB για άλλου τύπου δίκτυα εκτός από τα δίκτυα τύπου Ethernet και Token Ring που, έχουμε αναφέρει. Για παράδειγμα δεν υπάρχουν πρότυπα MIB για δίκτυα τύπου FDDI, ATM. Στις περιπτώσεις αυτές ο κάθε κατασκευαστής έχει αναπτύξει τα δικά του MIB. Για να γίνει διαχείριση αυτών των δικτύων, θα πρέπει να έχουμε φορτώσει στο σταθμό διαχείρισης του δικτύου μας τις δομές των MIB των κατασκευαστών.

8.2.3 Προγράμματα Διαχείρισης

Στην αγορά κυκλοφορούν αρκετά προγράμματα διαχείρισης, που βασίζουν τον τρόπο λειτουργίας τους στα πρότυπα που προαναφέραμε. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε μερικά: το Open View της HP, το Tivoli της IBM, το Unicenter TNG της C.A., το Open Master της Bull. Τα παραπάνω προγράμματα διαχείρισης έχουν συνήθως, την δυνατότητα να συνεργαστούν και με επιμέρους προγράμματα διαχείρισης, που παρέχουν οι κατασκευαστές δικτυακού εξοπλισμού (π.χ. το πρόγραμμα διαχείρισης Optivity της Nortel). Έτσι, είναι εφικτή η διαχείριση και των επιπρόσθετων χαρακτηριστικών, που προσδίδουν οι κατασκευαστές στα προϊόντα τους.

8.3 Ασφάλεια Δικτύων

Με την ανάπτυξη των δικτύων παρουσιάστηκε η ανάγκη προστασίας της πληροφορίας, που μεταδίδεται ή αποθηκεύεται. Στην ενότητα αυτή θα γίνει παρουσίαση προβλημάτων ασφάλειας δικτύων, υπηρεσιών ασφάλειας για την αντιμετώπιση τους, τεχνικών υλοποίησης των υπηρεσιών αυτών καθώς και των προϋποθέσεων ύπαρξης συστήματος ασφάλειας.

8.3.1 Ασφάλεια πληροφοριών

Η ασφάλεια των συστημάτων ασχολείται με την προστασία αντικειμένων που αξίζουν να προστατευθούν, τα αγαθά. Τα αγαθά με την σειρά τους έχει νόημα να προστατευθούν μόνο και μόνο επειδή έχουν κάποια αξία. Η αξία των αγαθών μπορεί να μειωθεί εάν υποστούν ζημιά. Από την στιγμή, που μπορεί να προκύψουν κίνδυνοι που θα μειώσουν την αξία των αγαθών πρέπει να ληφθούν μέτρα προστασίας για τα αγαθά, κάτι που συνεπάγεται και κάποιο κόστος (τόσο σε

χρήμα όσο και σε κόπο). Η μερική προστασία των αγαθών, είτε για λόγους υπερβολικού κόστους των μέτρων προστασίας, είτε για λόγους αδυναμίας ύπαρξης των κατάλληλων μηχανισμών, που μπορούν να εξασφαλίσουν την απόλυτη ασφάλεια, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία επισφάλειας των αγαθών. Ο ιδιοκτήτης των αγαθών θα πρέπει να κρίνει, ποια είναι η πιο επωφελής ισορροπία ανάμεσα στο κόστος για τη λήψη μέτρων προστασίας και στην επισφάλεια των αγαθών με τις συνέπειες της. Ιδιοκτήτης μπορεί να είναι το πρόσωπο που κατέχει ή είναι υπεύθυνο για ολόκληρο ή για μέρος αγαθού. Σε πληροφοριακό σύστημα, σαν αγαθά μπορούν να θεωρηθούν οι πληροφορίες, που διακινούνται σε αυτό (ή τα δεδομένα) και οι υπολογιστικοί πόροι που χρησιμοποιούμε για να διαχειριστούμε τις πληροφορίες και τα δεδομένα. Ο ιδιοκτήτης διατηρεί το δικαίωμα να καθορίσει πως μπορεί να χρησιμοποιηθεί, να μεταβληθεί ή να διατεθεί το αγαθό. Εκτός, όμως, από τους ιδιοκτήτες, τα αγαθά είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται και από τους χρήστες. Οι χρήστες μπορεί να είναι ή να μην είναι τα ίδια πρόσωπα με τους ιδιοκτήτες. Πρέπει να διευκρινίσουμε, ότι με τους όρους ιδιοκτήτες ή χρήστες, δεν αναφερόμαστε αποκλειστικά σε πρόσωπα αλλά και σε διεργασίες, που κάνουν χρήση μέρους ή ολόκληρου του πληροφοριακού συστήματος. Από τη στιγμή, που υπάρχει η έννοια της ιδιοκτησίας, πρέπει να εισάγουμε και την έννοια της εξουσιοδότησης. Ως εξουσιοδότηση μπορούμε να ορίσουμε την άδεια που παρέχει ο ιδιοκτήτης για συγκεκριμένο σκοπό, όπως για παράδειγμα, την άδεια για χρήση κάποιων υπολογιστικών πόρων ή την πρόσβαση σε συγκεκριμένο σύνολο δεδομένων βάσης δεδομένων. Έτσι, για την πρόσβαση σε κάποια μέσα ή πληροφορίες υπάρχει η έννοια του εξουσιοδοτημένου ή του μη εξουσιοδοτημένου.

Μεγάλο μέρος της ασφάλειας πληροφοριών ασχολείται με την εξασφάλιση της συνεχούς παροχής υπηρεσιών στους εξουσιοδοτημένους χρήστες και την προστασία τους από τους μη εξουσιοδοτημένους. Υπάρχουν τέσσερα ζητούμενα στα πλαίσια πολιτικής ασφάλειας, για να εξασφαλισθεί η χρήση των αγαθών από εξουσιοδοτημένους χρήστες:

- **Αυθεντικότητα (authentication):** Η απόδειξη της ταυτότητας του χρήστη για παροχή πρόσβασης στα αγαθά συστήματος.
- **Ακεραιότητα (Integrity):** Η διασφάλιση ότι τα δεδομένα έχουν υποστεί αλλαγές μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα.
- **Εμπιστευτικότητα (Confidentiality):** Ο περιορισμός της πρόσβασης στα δεδομένα μόνο σε άτομα που επιτρέπεται να έχουν πρόσβαση σε αυτά.
- **Μη άρνηση ταυτότητας (Non repudiation):** Η δυνατότητα απόδοσης πράξεων σε συγκεκριμένο χρήστη.

Από τα τέσσερα παραπάνω ζητούμενα μπορούμε να συνθέσουμε και την έννοια της **Εγκυρότητας (Validity)**: ως την απόλυτη ακρίβεια και πληρότητα μιας πληροφορίας. Η εγκυρότητα είναι ο συνδυασμός της Ακεραιότητας και της Αυθεντικότητας.

Επίσης, θα πρέπει να διασφαλίσουμε στους εξουσιοδοτημένους χρήστες, που πιθανόν να κοστολογούνται για τη δυνατότητα πρόσβασης τους σε πληρο-

φορίες, ότι δεν συντρέχει περίπτωση άρνησης παροχής υπηρεσιών, για τις οποίες έχουν εξουσιοδοτήσει. Έτσι, μπορούμε να ορίσουμε και την **Διαθεσιμότητα Πληροφοριών (Information Availability)**: ως την αποφυγή προσωρινής ή μόνιμης άρνησης διάθεσης πληροφορίας σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.

Με όσα έχουν αναφερθεί σε αυτήν την ενότητα μπορούμε να προχωρήσουμε στους παρακάτω ορισμούς της ασφάλειας και της ασφάλειας πληροφοριών:

- **Ασφάλεια (Security)**: Η προστασία της Διαθεσιμότητας, της Ακεραιότητας και της Εμπιστευτικότητας Πληροφοριών.
- **Ασφάλεια Πληροφοριών (Information Security)**: Ο συνδυασμός της Εμπιστευτικότητας, της Εγκυρότητας και της Διαθεσιμότητας Πληροφοριών.

Με βάση όσα προαναφέρθηκαν μπορούμε να ορίσουμε ως Παραβίαση (violation) ασφάλειας σε πληροφοριακό σύστημα, την παραβίαση ενός ή περισσότερων ιδιοτήτων, όπως διαθεσιμότητα, εμπιστευτικότητα και εγκυρότητα.

Ένα πληροφοριακό σύστημα είναι εκτεθειμένο σε κινδύνους. Οι κίνδυνοι μπορούν να διαχωριστούν στις απειλές και στις αδυναμίες.

Με τον όρο απειλές αναφερόμαστε σε ενέργειες ή γεγονότα, που μπορούν να οδηγήσουν στην κατάρρευση κάποιου από τα χαρακτηριστικά ασφάλειας πληροφοριών (όπως αυτά ορίστηκαν πιο πάνω). Οι απειλές μπορεί να προέρχονται είτε από φυσικά γεγονότα (π.χ. πυρκαγιά) είτε από ανθρώπινες ενέργειες, που μπορεί να είναι σκόπιμες ή τυχαίες. Ενώ με τον όρο αδυναμίες αναφερόμαστε στα σημεία του πληροφοριακού συστήματος, που αφήνουν περιθώρια για παραβιάσεις. Οι αδυναμίες μπορεί να οφείλονται σε ανεπαρκή γνώση για υποστήριξη του συστήματος από το ανθρώπινο δυναμικό, ή σε από κατασκευής δυσλειτουργίες του ίδιου του συστήματος (π.χ. ελαττώματα στο λογισμικό).

Στην προσπάθεια μας να δημιουργήσουμε πλαίσιο ασφάλειας για πληροφοριακό σύστημα, θα πρέπει πρώτα να εκτιμήσουμε και να συνυπολογίσουμε διάφορους παράγοντες, πριν προχωρήσουμε στη λήψη μέτρων ασφάλειας. Πρώτα από όλα, θα πρέπει να εντοπίσουμε ποια αγαθά πραγματικά χρήζουν ανάγκης προστασίας και να προσπαθήσουμε να βρούμε τους πιθανούς κινδύνους. Στη συνέχεια, θα πρέπει να προχωρήσουμε σε ένα πρώτο σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής ασφάλειας και υπολογισμό του κόστους υλοποίησής της. Στο κόστος θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται το κόστος των υλικών που απαιτούνται για την υλοποίηση της λύσης, το κόστος του ανθρώπινου δυναμικού, που θα κληθεί να πραγματοποιήσει την εγκατάσταση, καθώς και το μόνιμο λειτουργικό κόστος για τη συντήρηση πλαισίου ασφάλειας στο πληροφοριακό σύστημα.

Σε περίπτωση που το κόστος για τα μέτρα προστασίας, που πρέπει να ληφθούν, ξεπερνούν τα προβλεπόμενα όρια, θα πρέπει να προβούμε σε νέες παραδοχές ή και συμβιβασμούς στο τι πραγματικά θα καλύπτει και σε ποιο βαθμό η πολιτική ασφάλειας, θα υλοποιηθεί. Με τον τρόπο αυτό αποδεχόμαστε την απομένουσα επικινδυνότητα και επισφάλεια μετά την εγκατάσταση των σχετικών μέτρων προστασίας.

Τώρα που αναφερθήκαμε γενικά σε θέματα ασφάλειας και έννοιες ασφάλειας

πληροφοριών, μπορούμε να προχωρήσουμε σε πιο τεχνική εξέταση των μεθόδων που συνήθως ακολουθούνται για την επίτευξη παραβιάσεων, αλλά και στα αντίμετρα, που κάποιος μπορεί να υλοποιήσει, για να προστατέψει το πληροφοριακό του σύστημα.

8.3.2 Επεξήγηση Ορολογίας

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση βασικών τεχνικών για την παραβίαση της ασφάλειας των δικτύων υπολογιστών καθώς και σε τεχνικές προστασίας αυτών, θα αναφερθούμε στην χρησιμοποιούμενη ορολογία. Μερικοί από τους όρους θα γίνουν πλήρως κατανοητοί, όταν θα ενταχθούν μέσα στα πλαίσια τεχνικής ασφάλειας, που θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Οι ακόλουθοι όροι είναι από τους πιο βασικούς και ευρέως χρησιμοποιούμενους σε θέματα ασφάλειας πληροφοριακών συστημάτων:

- **Κρυπτογράφηση (Encryption):** Η μέθοδος (συνήθως μαθηματικός αλγόριθμος, το αποτέλεσμα του οποίου μπορεί με αναστροφή να μας δώσει την είσοδο του αλγόριθμου) κωδικοποίησης της αρχικής πληροφορίας, έτσι ώστε να είναι αναγνώσιμη μόνο κατόπιν αποκωδικοποίησής της (αποκρυπτογράφησης της).
- **Αποκρυπτογράφηση (Decryption):** Η μέθοδος (η ανάστροφη λειτουργία του αλγόριθμου κρυπτογράφησης) αποκωδικοποίησης για την ανάκτηση της αρχικής κωδικοποιημένης πληροφορίας.
- **Κλειδί (Key):** Πέρα από την γνωστή εικόνα που όλοι μας έχουμε για το κλειδί, μπορούμε να θεωρήσουμε και ως κλειδί ένα ψηφιακό κωδικό (κάποιος αριθμός από bits), που χρησιμοποιείται από τους αλγόριθμους κρυπτογράφησης ή αποκρυπτογράφησης.
- **Δημόσιο Κλειδί (Public Key):** Ψηφιακός κωδικός που χρησιμοποιείται για την κρυπτογράφηση / αποκρυπτογράφηση πληροφοριών καθώς και για τη πιστοποίηση ψηφιακών υπογραφών. Το δημόσιο κλειδί μοιράζεται σε όλους τους χρήστες ασφαλούς δικτύου και συνδυάζεται πάντα με ιδιωτικό κλειδί.
- **Ιδιωτικό Κλειδί (Private Key):** Ψηφιακός κωδικός, για κρυπτογράφηση / αποκρυπτογράφηση και πιστοποίηση ψηφιακών υπογραφών, που ανήκει μόνο σε ένα χρήστη, είναι καθαρά προσωπικό και συνδυάζεται με δημόσιο κλειδί.
- **Μυστικό Κλειδί (Secret Key):** Ψηφιακός κωδικός, που είναι γνωστός στα δύο μέρη, προκειμένου να επικοινωνήσουν με χρήση κρυπτογράφησης / αποκρυπτογράφησης.
- **Λειτουργία Κατατεμαχισμού (Hash Function):** Μαθηματική συνάρτηση, το αποτέλεσμα της οποίας δεν μπορεί με αναστροφή να μας παράγει την αρχική είσοδο.
- **Σύνοψη Μηνύματος (Message Digest):** Η τιμή, που δίνει η λειτουργία κατατεμαχισμού.
- **Ψηφιακή Υπογραφή (Digital Signature):** Αριθμός από bits, προστιθέμενος στο τέλος μηνύματος για να εξασφαλίσει την αυθεντικότητα και ακεραιότητα του μηνύματος.

8.3.3 Μέθοδοι Παραβίασης

Σε δίκτυο υπολογιστών εμπιστευτική πληροφορία μπορεί να υπάρχει αποθηκευμένη σε μέσα αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι, μνήμες κ.λ.π.), ή να κυκλοφορεί μέσω του δικτύου με τη μορφή πακέτων. Η ύπαρξη πληροφοριών σε αυτές τις δύο καταστάσεις μπορεί να απειληθεί με διαφόρους τρόπους από ενέργειες χρηστών τόσο του εσωτερικού δικτύου, όσο και από χρήστες του Διαδικτύου στην περίπτωση που έχουμε σύνδεση και με αυτό. Στη συνέχεια θα αναφερθούμε στους πλέον συνηθισμένους τρόπους επιθέσεων, που χρησιμοποιούνται για την παραβίαση της ασφάλειας δικτύου υπολογιστών:

- Επιθέσεις στους κωδικούς πρόσβασης (Password attacks)

Όπως είναι γνωστό, οι μυστικοί προσωπικοί κωδικοί (passwords) είναι η πλέον κοινή μέθοδος ελέγχου της πρόσβασης σε υπολογιστικά συστήματα. Υπάρχουν δύο είδη passwords:

– **Τα επαναχρησιμοποιούμενα passwords**, που μπορούν να χρησιμοποιούνται πολλές φορές για την πρόσβαση στο σύστημα.

– **Τα passwords μιας χρήσης**. Τα passwords αυτά αλλάζουν συνεχώς και μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο μία φορά για πρόσβαση στο σύστημα.

Τα περισσότερα είδη λειτουργικών συστημάτων, όπως το Unix ή τα Windows, προσφέρονται με σύστημα πιστοποίησης χρηστών με τον πρώτο τύπο passwords.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας η προστασία με χρήση μόνο passwords, αποτελεί σύστημα ασθενούς προστασίας της πρόσβασης.

Για την παραβίαση κωδικών πρόσβασης υπάρχουν προγράμματα, που σε μικρό χρονικό διάστημα μπορούν να δοκιμάσουν πολλούς συνδυασμούς χαρακτήρων και αριθμών. Άλλος τρόπος είναι η παρακολούθηση των πλήκτρων (key stroke monitoring), όταν κάποιος εισάγει τον κωδικό του και αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, όπως η εκτέλεση προγράμματος, που παρακολουθεί τα πλήκτρα, που έχουν χρησιμοποιηθεί σε ένα πληκτρολόγιο και η αποθήκευση σε ένα αρχείο, ή ο δύσκολος τρόπος της παρακολούθησης της ακτινοβολίας της οθόνης.

Ένας άλλος τρόπος για την παραβίαση κωδικών πρόσβασης αναφέρεται σαν social engineering και επικεντρώνει στην παραπλάνηση χρηστών για την απόκτηση πληροφοριών. Για παράδειγμα, η περίπτωση, που κάποιος προσποιείται τον υπάλληλο γραφείου βοήθειας (help desk) και ζητά το password χρήστη, για να διορθώσει ανύπαρκτο πρόβλημα στο υπολογιστικό σύστημα. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται και το λεγόμενο shoulder surfing, δηλαδή το γεγονός της τυχαίας παρακολούθησης της πληκτρολόγησης του password άλλου χρήστη.

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα απόκτησης του password με τη χρήση φυσικής βίας. Οι περιπτώσεις φυσικής βίας μπορούν να ενταχθούν σε δύο κατηγορίες: στην εξωτερική και στην εσωτερική βία. Με την εξωτερική βία είναι προφανές, ότι ένας χρήστης, όταν θα κινδυνεύσει η σωματική του ακεραιότητα, μπορεί να αποκαλύψει το password, που χρησιμοποιεί. Με την εσωτερική βία αναφερόμα-

στε στην περίπτωση, όπου κάποιος αντιγράφει νόμιμα ή παράνομα κρυπτογραφημένα passwords και μετά εκτελεί πρόγραμμα crack, για να τα αποκρυπτογραφήσει. Το πρόγραμμα crack παίρνει λέξεις από λεξικό και τις κρυπτογραφεί με τον ίδιο αλγόριθμο, που χρησιμοποιεί το λειτουργικό σύστημα για την κρυπτογράφηση των password των χρηστών. Το πρόγραμμα συγκρίνει το αποτέλεσμα της κρυπτογράφησης με τα υποκλαπέντα passwords και όταν αυτά συμπέσουν, τότε έχουν βρεθεί τα πραγματικά passwords. Τα προγράμματα crack ειδικά για συστήματα Unix είναι αρκετά διαδεδομένα και εξελιγμένα.

- **Παρακολούθηση Δικτύου (Network Monitoring ή Network Packet Sniffing)**

Όπως είναι γνωστό, η επικοινωνία των υπολογιστών μέσω δικτύου βασίζεται σε πρωτόκολλα και τα δεδομένα μεταφέρονται με τη μορφή πακέτων. Πολλές εφαρμογές μεταδίδουν τα πακέτα σε μορφή καθαρού κειμένου (clear text), δηλαδή χωρίς να προβούν από μόνες τους σε κάποιο είδος κωδικοποίησης ή κρυπτογράφησης. Από την στιγμή, που τα πακέτα μεταδίδονται χωρίς κωδικοποίηση, μπορούν να συλληχθούν με κάποιους τρόπους, να συναρμολογηθούν και να παράγουν στο ακέραιο το σύνολο της πληροφορίας. Τα προγράμματα, που κάνουν ανίχνευση πακέτων (packet sniffing), χρησιμοποιούν την κάρτα δικτύου του υπολογιστή σε κατάσταση promiscuous mode. Στην κατάσταση promiscuous mode, η κάρτα δικτύου διαβάζει και αποθηκεύει όλα τα πακέτα, που κυκλοφορούν στο δίκτυο, που συνδέεται. Τα προγράμματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην διάγνωση προβλημάτων από τους διαχειριστές δικτύων, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί πολύ ισχυρό εργαλείο για τους επίδοξους εισβολείς. Εκτός του ότι μπορεί να συλλέξουν εμπιστευτική πληροφορία την ώρα, που διέρχεται μέσα από τις γραμμές του δικτύου, είναι πολύ πιθανό να αποκαλύψει και μεταδιδόμενα passwords (η αποκάλυψη των passwords με τον τρόπο αυτό είναι γνωστή και ως Man – In – The – Middle). Επομένως μπορεί η παρακολούθηση των πακέτων στο δίκτυο να χρησιμοποιηθεί και ως μέσο για την παραβίαση των passwords.

- **Μεταμφίηση (Masquerade)**

Επίθεση με μεταμφίηση παρατηρείται όταν ο επιτιθέμενος, που βρίσκεται σε άλλο δίκτυο από το δικό μας, προσποιείται ότι βρίσκεται στο δικό μας. Ειδικά στα πρωτόκολλα TCP/IP, η μέθοδος μεταμφίησης είναι γνωστή και ως IP Spoofing, όπου ο επιτιθέμενος ανήκει σε άλλο δίκτυο και προσποιείται ότι η διεύθυνση του ανήκει στο δικό μας εύρος IP διευθύνσεων. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για να ξεγελάσει ο επιτιθέμενος το firewall που συνδέει το εσωτερικό μας δίκτυο με το διαδίκτυο ή γενικότερα με δίκτυο, που δεν θεωρείται έμπιστο (trusted). Συνήθως το IP Spoofing περιορίζεται στο να εισάγει δεδομένα ή εντολές σε υπάρχον πακέτο δεδομένων, κατά τη διάρκεια επικοινωνίας τύπου client / server ή σε δίκτυα σημείο προς σημείο.

Για να γίνει εφικτή η αμφίδρομη επικοινωνία, ο επιτιθέμενος θα πρέπει να αλλάξει τους πίνακες δρομολόγησης, που έδειχναν προς τη διεύθυνση, που έχει προσποιηθεί ότι βρίσκεται (spoofed IP address). Με τον τρόπο αυτό ο επιτιθέμενος θα μπορεί να λαμβάνει όλα τα πακέτα που προορίζονταν για τη spoofed IP

διεύθυνση. Στην περίπτωση αυτή, ο επιτιθέμενος μπορεί κλέψει passwords. Επίσης μπορεί προσποιούμενος, ότι είναι κάποιος από το δίκτυο μας, να στείλει προς τους συνεργάτες μας ή τους πελάτες μας e-mails.

- **Άρνηση Παροχής Υπηρεσίας (Denial of Service)**

Οι επιθέσεις άρνησης παροχής υπηρεσιών διαφοροποιούνται από τις άλλες, που έχουμε αναφέρει, στο ότι δεν προσπαθούν να πετύχουν πρόσβαση στο δίκτυό μας, ή να συλλέξουν πληροφορίες, που διακινούνται σε αυτό. Οι επιθέσεις αυτές εστιάζονται κυρίως στην εξάντληση των ορίων των πόρων του δικτύου, όπως για παράδειγμα τον αριθμό των πακέτων, που μπορεί να χειριστεί ταυτόχρονα ένας δρομολογητής, ή στις διεργασίες στις οποίες μπορεί να αντεπεξεχθεί κεντρικός εξυπηρετητής στο δίκτυο μας (π.χ. web server, mail server). Παραδείγματα τέτοιων επιθέσεων παρατηρούνται πολλά τον τελευταίο καιρό, όπως αυτά που σημειώθηκαν στα site του Yahoo, CNN στις αρχές του 2000. Εάν από ένα εξυπηρετητή ζητηθεί να εξυπηρετήσει πολύ μεγαλύτερο όγκο εργασιών από ότι είναι σχεδιασμένος να εξυπηρετήσει μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, τότε είναι λογικό, ότι θα καταρρεύσει. Στο παράδειγμα που προαναφέραμε τα sites δέχθηκαν μέσα σε τρεις ώρες απαίτηση για εξυπηρέτηση διεργασιών, που δέχονται μέσα σε ένα ολόκληρο χρόνο.

Οι επιθέσεις αυτού του είδους δεν χρειάζονται αυξημένες γνώσεις σε σχέση με τις άλλες είδους επιθέσεις, που προαναφέραμε. Βέβαια είναι αποτελεσματικότερες, εάν υπάρχει πληροφόρηση για την αρχιτεκτονική του δικτύου, που πρόκειται να δεχθεί επίθεση.

- **Επιθέσεις στο επίπεδο των Εφαρμογών (Application-Layer Attacks)**

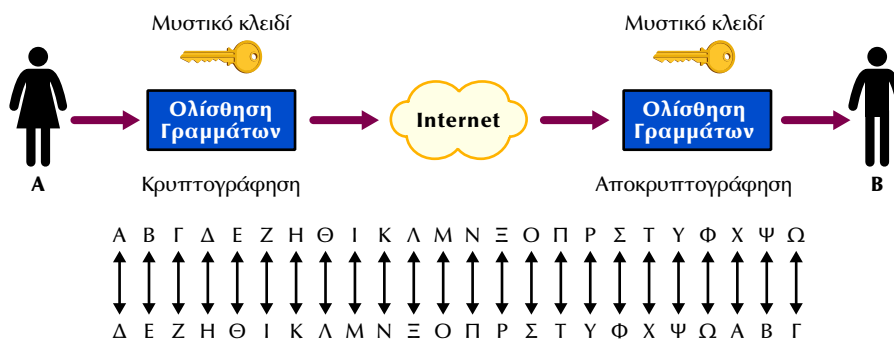
Όπως είναι γνωστό, πολλές φορές εφαρμογές, όπως HTTP, ActiveX, Telnet, Ftp, Telnet κ.λ.π., παρουσιάζουν αδυναμίες στον κώδικά τους (γνωστές και ως τρύπες, holes). Οι γνώστες αυτών των αδυναμιών μπορεί να τις εκμεταλλευθούν, προκειμένου να αποκτήσουν πρόσβαση στο σύστημα, με απώτερο σκοπό την δημιουργία σε αυτό προβλημάτων ή τη συλλογή πληροφοριών.

8.3.4 Τεχνικές ασφάλειας

Στη συνέχεια, θα παρουσιάσουμε κάποιες βασικές τεχνικές ασφάλειας των πληροφοριών σε δίκτυο ηλεκτρονικών υπολογιστών. Πρέπει να σημειώσουμε ότι ο τομέας της ασφάλειας δεδομένων σε κατανεμημένο πληροφοριακό σύστημα είναι από τους πλέον εξελισσόμενους και υπάρχει συνεχής παρουσία νέων προϊόντων σε θέματα ασφάλειας από τις εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο αυτό.

- **Συμμετρική Κρυπτογράφηση**

Η συμμετρική κρυπτογράφηση πολλές φορές αναφέρεται και ως κρυπτογράφηση συμμετρικού κλειδιού. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κύρια για την εξασφάλιση της εμπιστευτικότητας των μεταδιδόμενων πληροφοριών πάνω από ένα κανάλι επικοινωνίας.



Σχήμα 8-12 Επικοινωνία με χρήση συμμετρικής κρυπτογράφησης

Στην περίπτωση που (σχήμα 8–12), δύο χρήστες ο Α και ο Β θέλουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους με ασφάλεια, θα πρέπει και οι δύο να συμφωνήσουν στη χρησιμοποίηση του ίδιου αλγόριθμου κρυπτογράφησης, καθώς επίσης και στη χρήση κοινού κλειδιού.

Πολύ απλοϊκός αλγόριθμος κρυπτογράφησης είναι ο Caesar Cipher, που, όπως φαίνεται στο σχήμα 8–12, αντικαθιστά το κάθε γράμμα του αλφαβήτου σε ένα μήνυμα με ένα άλλο γράμμα μερικές θέσεις πιο κάτω στο αλφάβητο. Ο αλγόριθμος ολισθαίνει τα γράμματα προς τα αριστερά, όταν κρυπτογραφεί κάποιο μήνυμα, ενώ προς τα δεξιά, όταν πρόκειται να αποκρυπτογραφήσει ήδη κρυπτογραφημένο μήνυμα. Στο σχήμα 8–12 ο συμφωνημένος αριθμός ολίσθησης στο αλφάβητο από τους χρήστες Α και Β είναι τρία γράμματα. Εύκολα καταλαβαίνουμε ότι, εάν κάποιος δει το κρυπτογραφημένο μήνυμα και γνωρίζει τον αλγόριθμο, θα μπορέσει σχετικά εύκολα να αποκρυπτογραφήσει το μήνυμα και αυτό γιατί ο αλγόριθμος, που προαναφέραμε, δεν είναι ιδιαίτερα σύνθετος.

Υπάρχουν προγράμματα, που προσπαθούν να αποκρυπτογραφήσουν μήνυμα, δοκιμάζοντας αρκετούς αλγόριθμους. Εάν ο αλγόριθμος είναι περίπλοκος, το σπάσιμό του ακόμα και με σύγχρονους υπολογιστές με μεγάλη υπολογιστική ισχύ, απαιτεί πολύ χρόνο, ακόμα και χρόνια, οπότε και η αποκάλυψη της πληροφορίας να μην έχει πλέον νόημα. Έχουν αναπτυχθεί πολλοί αλγόριθμοι κρυπτογράφησης, που στηρίζονται σε σύνθετη λογική και περίπλοκους μαθηματικούς συνδυασμούς. Πολλοί αλγόριθμοι μάλιστα, δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένοι, ενώ άλλοι δεν είναι καταχωρημένοι στη βιβλιογραφία, επειδή προστατεύονται ως κρατικά μυστικά. Είναι συνηθισμένο από χώρες, που έχουν αναπτύξει αλγόριθμους, να μην επιτρέπουν στις εταιρείες, που τους έχουν ενσωματώσει στη λειτουργία των προϊόντων τους, να εξαγουν στην πλήρη έκδοσή τους σε άλλες χώρες, χωρίς την έκδοση σχετικής άδειας.

Μερικοί από τους πλέον διαδεδομένους αλγόριθμους κρυπτογράφησης είναι το **Πρότυπο Κρυπτογράφησης Δεδομένων (Data Encryption Standard, DES)**, ο **3DES (triple DES)** και ο **Διεθνής Αλγόριθμος Κρυπτογράφησης Δεδομένων**

(International Data Encryption Algorithm, IDEA). Οι αλγόριθμοι αυτοί δέχονται ως είσοδο μηνύματα των 64 bits. Εάν το μήνυμα έχει μεγαλύτερο μήκος, θα πρέπει να σπάσει σε τμήματα των 64 bits.

Όπως αναφέραμε η μέθοδος της συμμετρικής κρυπτογράφησης προσφέρει κυρίως εμπιστευτικότητα στην επικοινωνία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την αυθεντικότητα και ακεραιότητα, αλλά όπως θα δούμε στη συνέχεια, υπάρχουν άλλες καλύτερες τεχνικές για τους σκοπού αυτούς. Πρόκληση αποτελεί η συχνή αλλαγή του χρησιμοποιούμενου κλειδιού καθώς, επίσης και η δημιουργία και η διανομή του κλειδιού με χρήση μη έμπιστου δικτύου, όπου ελλοχεύει ο κίνδυνος υποκλοπής του. Γίνονται πάντως προσπάθειες για την ανάπτυξη τεχνικών για διανομή του κλειδιού με χρήση μη έμπιστου δικτύου, με πιο γνωστό τον αλγόριθμο Diffie – Hellman.

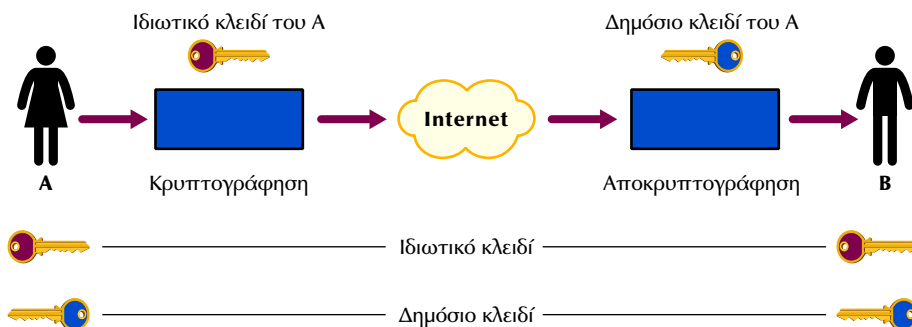
- **Ασυμμετρική Κρυπτογράφηση**

Η ασυμμετρική κρυπτογράφηση αναφέρεται, πολλές φορές, και ως κρυπτογράφηση δημοσίου κλειδιού. Ο μηχανισμός της βασίζεται στην χρήση δύο κλειδιών, ενός δημοσίου κλειδιού και ενός ιδιωτικού. Πρέπει να διευκρινίσουμε, ότι οι αλγόριθμοι ασυμμετρικής κρυπτογράφησης λειτουργούν με τη χρήση δύο διαφορετικών κλειδιών ανά κατεύθυνση και για τον λόγο αυτό ονομάζεται και ασυμμετρική.

Μερικές από τις πιο κοινές χρήσεις της ασυμμετρικής κρυπτογράφησης είναι:

- η εξασφάλιση εμπιστευτικότητας στη μεταδιδόμενη πληροφορία
- η εξασφάλιση αυθεντικότητας

Για να καταλάβουμε, πως διασφαλίζεται η εμπιστευτικότητα και η αυθεντικότητα με τη χρήση της ασυμμετρικής κρυπτογράφησης, θα αναλύσουμε βήμα προς βήμα την επικοινωνία μεταξύ του A και του B.

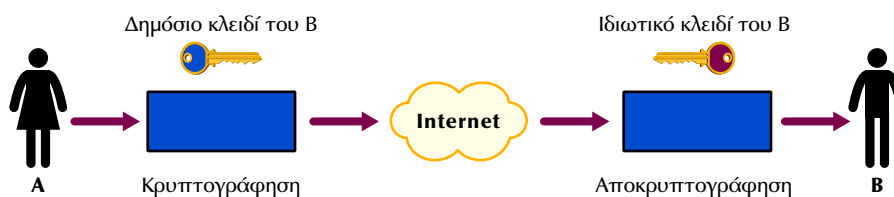


Σχήμα 8-13 Επικοινωνία με χρήση ασυμμετρικής κρυπτογράφησης

Εάν δύο άτομα ο A και ο B, θέλουν να επικοινωνήσουν, χρειάζεται πρώτα από όλα να έχει ο καθένας από ένα διαφορετικό ζευγάρι δημόσιο / ιδιωτικό κλειδί.

Επίσης, θα πρέπει ο καθένας να είναι γνώστης του δημοσίου κλειδιού του άλλου. Πρέπει να σημειώσουμε ότι η πληροφορία κρυπτογραφείται με το δημόσιο κλειδί και αποκρυπτογραφείται με το ιδιωτικό ή το αντίστροφο. Εδώ πάλι υπάρχει ζήτημα σχετικά με τον τρόπο, που θα μοιραστούν τα δημόσια κλειδιά πάνω από ένα μη ασφαλές δίκτυο.

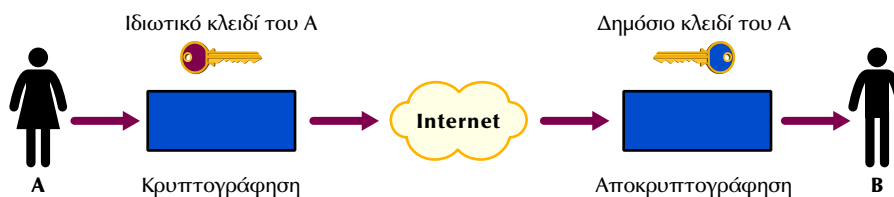
Εάν ο Α θέλει να εξασφαλίσει την εμπιστευτικότητα των δεδομένων, που θα στείλει προς τον Β, δηλαδή να εξασφαλίσει ότι μόνο ο Β θα μπορεί να καταλάβει το περιεχόμενο του μηνύματος, τότε θα κρυπτογραφήσει το μήνυμα, που πρόκειται να μεταδώσει με το δημόσιο κλειδί του Β.



Σχήμα 8-14 Εμπιστευτικότητα Δεδομένων με χρήση δημοσίου κλειδιού

Με τον τρόπο αυτό, έχουμε εξασφαλίσει ότι μόνο ο Β θα μπορέσει να αποκρυπτογραφήσει το μήνυμα κάνοντας χρήση του ιδιωτικού του κλειδιού, που γνώστης του είναι βέβαια μόνο ο Β.

Στη συνέχεια, θα δούμε με ποιόν τρόπο μπορεί να εξασφαλισθεί η αυθεντικότητα στην επικοινωνία μεταξύ του Α και Β. Για παράδειγμα, πως ο Β θα είναι σίγουρος ότι το μήνυμα έχει σταλεί από τον Α και όχι από κάποιον, που προσποιείται ότι είναι ο Α.



Σχήμα 8-15 Αυθεντικοποίηση αποστολέα με χρήση δημοσίου κλειδιού

Εάν ο Α κρυπτογραφήσει το μήνυμα με το ιδιωτικό του κλειδί, τότε ο Β θα μπορέσει να το αποκρυπτογραφήσει κάνοντας χρήση του δημοσίου κλειδιού του Α. Εάν η αποκρυπτογράφηση είναι επιτυχής τότε ο Β ξέρει ότι ο Α είναι αυτός που του έστειλε το μήνυμα, αφού μόνο αυτός έχει το ιδιωτικό κλειδί.

Από όσα έχουμε αναφέρει, γίνεται αντιληπτό, ότι η ασυμμετρική κρυπτογράφηση στηρίζεται στο ότι τα ιδιωτικά κλειδιά είναι γνωστά από τους πραγματικούς τους κατόχους και ότι δεν έχουν διαρρεύσει σε άλλα άτομα. Για να αποφευχθούν προβλήματα κλοπής των κλειδιών, που είναι αποθηκευμένα στα λειτουργικά συστήματα των υπολογιστών, έχουν αναπτυχθεί τεχνικές, που κάνουν χρήση έξυπνων καρτών (smartcard).

Οι μηχανισμοί παραγωγής των ζευγαριών δημοσίου / ιδιωτικού κλειδιού είναι σύνθετοι και οδηγούν στη δημιουργία δύο πολύ μεγάλων τυχαίων αριθμών. Η δημιουργία αυτή απαιτεί μεγάλη υπολογιστική ισχύ και πρέπει να τηρείται η εκπλήρωση αυστηρών μαθηματικών κριτηρίων.

Μερικοί από τους πιο κοινούς αλγόριθμους ασυμμετρικής κρυπτογράφησης είναι οι RSA (Rivest, Shamir, Adelman) και ElGamal.

- **Ψηφιακές υπογραφές**

Η ψηφιακή υπογραφή είναι σύνοψη μηνύματος η οποία προσκολλάται στο τέλος ηλεκτρονικού εγγράφου. Η ψηφιακή υπογραφή χρησιμοποιείται κύρια για την απόδειξη της ταυτότητας του αποστολέα καθώς και για την ακεραιότητα των δεδομένων.

Οι ψηφιακές υπογραφές προκύπτουν από το συνδυασμό αλγόριθμου κατατεμαχισμού και ασυμμετρικής κρυπτογραφίας. Οι αλγόριθμοι κατατεμαχισμού δέχονται συνήθως ως είσοδο μηνύματα τυχαίου μήκους και παράγουν συνόψεις μηνύματος συγκεκριμένου μήκους. Οι πλέον διαδεδομένοι αλγόριθμοι κατατεμαχισμού είναι: **Message Digest 4 (MD4)**, **Message Digest 5 (MD5)** και **Secure Hash Algorithm (SHA)**.

Στη συνέχεια, θα δούμε πως δημιουργείται η ψηφιακή υπογραφή και πως αυτή με τη σειρά της εξασφαλίζει την αυθεντικότητα και την ακεραιότητα, στην επικοινωνία μέσου του δικτύου δύο χρηστών, του Α και Β. Πρώτα από όλα, θα πρέπει οι Α και Β να έχουν συμφωνήσει σε αλγόριθμο δημοσίου κλειδιού (π.χ. τον Digital Signature Standard) και σε αλγόριθμο κατατεμαχισμού (π.χ. MD5). Θα πρέπει, επίσης, να έχουν δημιουργήσει οι Α και Β το ζευγάρι δημοσίου / ιδιωτικού κλειδιού και να ανταλλάξουν τα δημόσια κλειδιά τους. Ας υποθέσουμε, στη συνέχεια, ότι ο Α θέλει να στείλει έγγραφο στον Β κάνοντας χρήση ψηφιακής υπογραφής. Θα πρέπει ο Α να βάλει ως είσοδο στον αλγόριθμο κατατεμαχισμού το έγγραφο και να παράγει το message digest. Στη συνέχεια θα πρέπει να κρυπτογραφήσει το message digest με το ιδιωτικό του κλειδί. Το αποτέλεσμα της κρυπτογράφησης του message digest είναι η ψηφιακή υπογραφή του Α για το συγκεκριμένο έγγραφο και τίθεται στο τέλος του αρχικού εγγράφου. Στη συνέχεια, ο Α θα αποστείλει το αρχικό μήνυ-

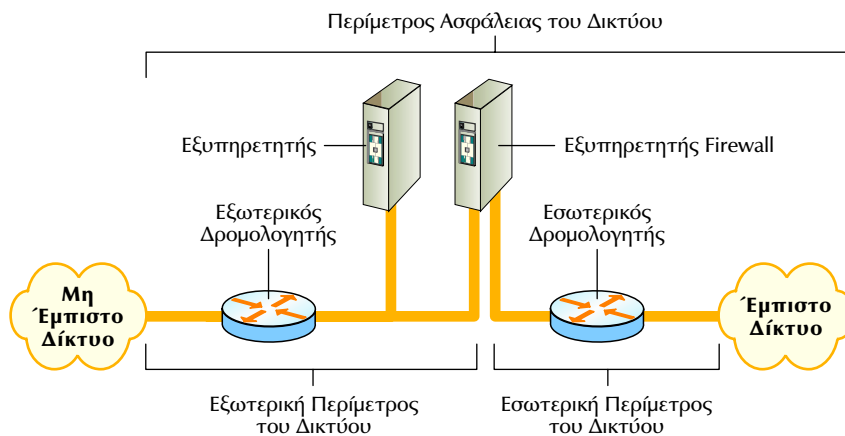
μα μαζί με τη ψηφιακή υπογραφή στον Β. Με την σειρά του, ο Β θα πάρει το κρυπτογραφημένο μέρος και θα το αποκρυπτογραφήσει με το δημόσιο κλειδί του Α. Το αποτέλεσμα της αποκρυπτογράφησης είναι το message digest του εγγράφου. Στη συνέχεια, ο Β θα πάρει το αρχικό έγγραφο και θα το περάσει από τον αλγόριθμο κατατεμαχισμού και θα παράγει message digest, το οποίο θα συγκρίνει, εάν είναι το ίδιο με το message digest που προέκυψε από την αποκρυπτογράφηση. Εάν τα δύο message digest είναι ίδια, ο Β μπορεί να είναι σίγουρος, ότι το μήνυμα έχει σταλεί από τον Α αφού μπόρεσε να κάνει αποκρυπτογράφηση με το δημόσιο κλειδί του Α και ότι το έγγραφο δεν έχει υποστεί αλλαγές από τρίτους κατά την αποστολή, αφού τα δύο message digest είναι τα ίδια.

8.3.5 Τεχνολογίες ασφάλειας

Όπως αναφέραμε και στην αρχή της παραγράφου 8.3.4, υπάρχει πληθώρα τεχνικών, που προσπαθούν να εξασφαλίσουν λύσεις για τα βασικά στοιχεία που συνθέτουν πολιτική ασφάλειας. Ταυτόχρονα, στην αγορά κυκλοφορούν πολλά προϊόντα ασφάλειας. Επιγραμματικά θα αναφερθούμε ορισμένες από τις πιο δημοφιλείς λύσεις για την εμπιστευτικότητα των δεδομένων και την πιστοποίηση των χρηστών:

- **Σταθερά passwords και passwords μιας χρήσης για πιστοποίηση χρηστών**
- **SSL / SSH / SOCKS** – συστήματα κρυπτογράφησης δεδομένων για την εξασφάλιση της ακεραιότητας και εμπιστευτικότητας των δεδομένων
- **Radius / Tacacs** – συστήματα για πιστοποίηση dial up χρηστών και εκχώρηση συγκεκριμένων δικαιωμάτων
- **PAP / CHAP** – συστήματα για πιστοποίηση δικτυακών συσκευών αλλά όχι χρηστών σε συνδέσεις point to point
- **Single Sign On** – βασίζεται σε πιστοποιήσεις ενός παράγοντα. Είναι συνήθως, λιγότερο ασφαλές από τη χρήση πολλαπλών passwords
- **Κέρβερος** – κρυπτογράφηση για τη διασφάλιση της εμπιστευτικότητας των δεδομένων και πιστοποίηση χρηστών
- **IPSec (IP Security)** – Το Internet Protocol Security είναι αναπτυσσόμενο πρότυπο για ασφάλεια στο επίπεδο του δικτύου. Προηγούμενες προσεγγίσεις ασφάλειας εστιάζονταν στο επίπεδο της εφαρμογής με βάση το OSI μοντέλο. Το IPSec παρέχει δύο επιλογές ασφάλειας:
 - Αυθεντικότητα της Επικεφαλίδας των Ip πακέτων (Authentication Header – AH), όπου παρέχεται η δυνατότητα αυθεντικοποίησης του αποστολέα των πακέτων
 - ESP (Encapsulation Security Payload), όπου υποστηρίζει την αυθεντικότητα τόσο της επικεφαλίδας των πακέτων όσο και των δεδομένων.Το IPSec είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για δίκτυα VPN καθώς επίσης και για χρήστες που συνδέονται στο δίκτυό με χρήση επιλεγόμενων τηλεφωνικών γραμμών.

- **Firewall** – Με την έννοια Firewall αναφερόμαστε στο σύνολο των προγραμμάτων / φίλτρων, που έχουμε εγκαταστήσει σε πύλες (σημεία σύνδεσης) του εσωτερικού μας δικτύου με άλλα δίκτυα, π.χ το Internet ή άλλο ιδιωτικό / δημοσίο δίκτυο, που δεν ελέγχονται από εμάς. Οι συσκευές που εγκαθίστανται τα προγράμματα / φίλτρα και συνθέτουν ένα Firewall, είναι δρομολογητές και εξυπηρετητές ειδικοί για τον σκοπό αυτόν.



Σχήμα 8-16 Παράδειγμα δικτύου με χρήση firewall

Στο παραπάνω Σχήμα 8-16 βλέπουμε διαχωρισμό του εσωτερικού δικτύου επιχείρησης με τα υπόλοιπα δίκτυα με την βοήθεια αρχιτεκτονικής βασισμένης σε δρομολογητές και εξυπηρετητές. Οι χρήστες, που βρίσκονται στο τμήμα του δικτύου ευρείας περιοχής πίσω από τον εσωτερικό δρομολογητή, θεωρούμε, ότι ανήκουν στο λεγόμενο έμπιστο δίκτυο αφού συνδέονται άμεσα σε δομή που ελέγχεται, διαχειρίζεται και γενικότερα διέπεται από κανόνες ασφάλειας, που καθορίζονται πλήρως από την επιχείρηση, που κατέχει το δίκτυο. Αντίθετα, το τμήμα του δικτύου ευρείας περιοχής, που συνδέεται στον εξωτερικό δρομολογητή ονομάζεται μη έμπιστο δίκτυο. Η επιχείρηση δεν διαχειρίζεται χρήστες, που ανήκουν στο μη έμπιστο δίκτυο, δηλαδή δεν διέπονται από τις ίδιες διαδικασίες ελέγχου αυθεντικότητας με τους χρήστες του εσωτερικού δικτύου.

Στην παραπάνω τοπολογία, το firewall δημιουργείται από φίλτρα στους δύο δρομολογητές καθώς και από προγράμματα στον firewall server.

Με τους κανόνες, που έχουμε επιβάλει στο firewall, μπορούμε να επιτρέψουμε την πρόσβαση από τα μη έμπιστα δίκτυα προς συγκεκριμένους εξυπηρετη-

τές του εσωτερικού μας δικτύου, καθώς επίσης και το είδος των εφαρμογών, που επιτρέπεται να χρησιμοποιήσουν οι μη έμπιστοι χρήστες, για να συνδεθούν σε αυτούς. Για παράδειγμα μπορούμε να επιτρέψουμε πρόσβαση σε συγκεκριμένες IP διευθύνσεις του εσωτερικού δικτύου και με συγκεκριμένα πρωτόκολλα, όπως HTTP, ενώ προσπάθειες σύνδεσης με άλλα πρωτόκολλα όπως telnet, ftp, tftp rlogin κ.λ.π να απορρίπτονται από το firewall. Το φιλτράρισμα των πρωτοκόλλων γίνεται με βάση τον αριθμό πόρτας που χρησιμοποιούν στην TCP/IP δομή. Στη συνέχεια, το firewall εξετάζει τις επικεφαλίδες των πακέτων από τα μη έμπιστα δίκτυα προς τα έμπιστο δίκτυο, ανιχνεύοντας και απορρίπτοντας άμεσα τα πακέτα με προορισμούς προς απαγορευμένες TCP πόρτες και IP διευθύνσεις. Υπάρχουν αρκετές αρχιτεκτονικές στην τοπολογία διασύνδεσης δρομολογητών και εξυπηρετητών, που συνθέτουν ένα firewall. Ανάλογα με την πολυπλοκότητα της τοπολογίας τόσο πιο δύσκολη είναι η παραβίαση της ασφάλειας του εσωτερικού δικτύου επιχείρησης.

8.3.6 Αποφυγή καταστροφών

Κάθε επιχείρηση που έχει αναπτύξει πληροφοριακό σύστημα και βασίζει την λειτουργία της στην εύρυθμη και απρόσκοπτη λειτουργία του πληροφοριακού συστήματός της, θα πρέπει να είναι σε ετοιμότητα να αντιμετωπίσει προβλήματα τα μικρά ή μεγάλα, που πιθανόν θα προκύψουν.

Τα προβλήματα ενός μοντέρνου και καταναμημένου πληροφοριακού συστήματος δεν περιορίζονται μόνο στις βλάβες του ενεργού ή παθητικού εξοπλισμού, αλλά συμπεριλαμβάνουν και δυσλειτουργίες των λειτουργικών συστημάτων, των πρωτοκόλλων επικοινωνίας καθώς και των ίδιων των δεδομένων. Τα προβλήματα μπορεί να προέρχονται από συνηθισμένες αστοχίες του εξοπλισμού ενεργού ή παθητικού (π.χ αστοχία σκληρού δίσκου, κάψιμο τροφοδοτικού), από κακές ρυθμίσεις – προγραμματισμούς, από εγγενείς δυσλειτουργίες του εξοπλισμού ή λογισμικού (π.χ bugs), από φυσικές καταστροφές (π.χ πλημμύρες, σεισμούς) αλλά και από κακόβουλες ενέργειες (π.χ επιθέσεις από χάκερ, ή τρομοκρατικές επιθέσεις). Μια επιχείρηση, που σέβεται τους πελάτες της αλλά και το όνομα της, θα πρέπει να είναι σε θέση να αντεπεξέλθει στα προβλήματα, ανεξάρτητα από το μέγεθος και την προέλευση τους, στον ελάχιστο δυνατό χρόνο και με τις λιγότερες συνέπειες, τόσο για την ίδια την εταιρεία όσο και για τους πελάτες της. Για παράδειγμα φανταστείτε τι πλήγμα είναι για την αξιοπιστία μίας τράπεζας ή μιας χρηματιστηριακής εταιρείας η μη εξυπηρέτηση των πελατών της, λόγω τεχνικών προβλημάτων για μεγάλο χρονικό διάστημα. Από όλα όσα έχουμε αναφέρει, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα, ότι είναι απαραίτητη η ύπαρξη σχεδίων αποφυγής καταστροφών.

Στο σημείο αυτό, θα αναφερθούμε σε κάποιες έννοιες που σχετίζονται άμεσα με το σχεδιασμό της αποφυγής καταστροφών πληροφοριακού συστήματος:

- **Ανάκαμψη (Recovery)** – Η αποκατάσταση της λειτουργίας πληροφοριακού συστήματος σε επιθυμητό επίπεδο μετά από κάποιο δυσλειτουργία.
- **Σχέδιο Συνέχειας (Continuity Plan)** – Η σαφής και πλήρης περιγραφή των ενεργειών που θα πραγματοποιηθούν, ώστε να επιτευχθεί ανάκαμψη μετά από σοβαρή παραβίαση.
- **Εφεδρικό Αντίγραφο Πληροφοριών (Information back up)** – Η τήρηση αντιγράφων των πληροφοριών, που θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί, για να επιτευχθεί ανάκαμψη. Θα μπορούσαμε να συμπεράνουμε ότι απαίτηση για ανάκαμψη πληροφοριακού συστήματος σε μηδέν χρόνο, δηλαδή στην ουσία να μην σταματά ποτέ η λειτουργία του, συνεπάγεται κλωνοποίηση δομής του δικτύου δύο ή ίσως και παραπάνω φορές. Αυτό, όσο και να φαίνεται υπερβολικό, συμβαίνει σε επιχειρήσεις, που βασίζουν την παροχή υπηρεσιών σε πελάτες εξολοκλήρου στο πληροφοριακό τους σύστημα. Αυτό, βέβαια, συνεπάγεται για την επιχείρηση πολύ υψηλό κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης.

Μια επιχείρηση πρέπει να προβεί στη διαβάθμιση της κρισιμότητας των επιμέρους στοιχείων, που συνθέτουν το πληροφοριακό της σύστημα. Με βάση την ανάλυση των κινδύνων που θα προκύψουν, σε περίπτωση καταστροφής κάποιων βαθμίδων του πληροφοριακού συστήματος, θα πρέπει να ληφθούν και τα αντίστοιχα μέτρα προστασίας. Τα περισσότερα πληροφοριακά συστήματα, σήμερα, είναι κατανομημένα και οι εφαρμογές τους κάνουν χρήση της αρχιτεκτονικής client – server. Στις περιπτώσεις αυτές, το κτίριο με τον κεντρικό υπολογιστή (main site) αποτελεί το πιο κρίσιμο σημείο του συστήματος. Για το λόγο αυτό υπάρχουν πολλοί οργανισμοί που έχουν υλοποιήσει δύο κεντρικά sites, έτσι ώστε σε περίπτωση καταστροφής του ενός αυτόματα να αναλάβει το δεύτερο. Η ύπαρξη δύο site προϋποθέτει δύο κεντρικά σχεδόν ισοδύναμα υπολογιστικά συστήματα, καθώς και την κατάλληλη τηλεπικοινωνιακή υποδομή για την πρόσβαση των διαφόρων κατανομημένων σημείων με τα δύο κεντρικά site. Επίσης, τα κεντρικά site θα πρέπει να περιλαμβάνουν πρόβλεψη για επαλληλία των κεντρικών switches, routers καθώς και εναλλακτικότητα στη διασύνδεση των διαφόρων εσωτερικών LAN. Βέβαια πέρα από τις προβλέψεις για την εναλλακτικότητα της δικτυακής υποδομής, θα πρέπει να έχουν καταστρωθεί και σχέδια για αντίστοιχες εφεδρικές λύσεις τόσο για τα συστήματα εξοπλισμού του πληροφοριακού συστήματος όσο και για τις εφαρμογές και τα δεδομένα (π.χ. την πολιτική των back up).

Γενικά, δεν υπάρχει καθιερωμένη συνταγή, για τη μορφή σχεδίου αποφυγής καταστροφών για μια επιχείρηση, αφού αυτό ποικίλει με βάση τη δομή του πληροφοριακού συστήματος, τη σπουδαιότητά του καθώς και το χρηματικό ποσό, που είναι διατεθειμένη να ξοδέψει η επιχείρηση. Το σίγουρο είναι ότι πρόκειται για πολύ σοβαρό έργο, η αναβολή ή ο κακός σχεδιασμός του οποίου μπορεί να αποδειχθεί μοιραίο κάποια στιγμή για την ίδια την επιχείρηση.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκαν θέματα σχετικά, με τη διαχείριση των συστημάτων, καθώς και με την ασφάλεια τους. Αρχικά, παρουσιάστηκαν οι πέντε περιοχές, που πρέπει να καλύπτει η πλήρης διαχείριση κατανεμημένου πληροφοριακού συστήματος. Στη συνέχεια, έγινε παρουσίαση των δύο σημαντικότερων μοντέλων διαχείρισης, του **CMIP** και του **SNMP**. Μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στο μοντέλο **SNMP**, που είναι το πιο διαδεδομένο. Επίσης, έγινε ανάλυση του τρόπου δόμησης της διαχειριζόμενης πληροφορίας στη δομή του **MIB**. Αναφορά έγινε στη διαχειριζόμενη πληροφορία που παρέχεται από τα πρότυπα **MIB II**, **RMON** και **RMON2**.

Μετά την παρουσίαση των θεμάτων, που αφορούν τη διαχείριση των πληροφοριακών συστημάτων, ακολούθησε η παρουσίαση των θεμάτων ασφαλείας αυτών.

Στην αρχή έγινε ανάλυση των εννοιών, που αφορούν την ασφάλεια γενικότερα. Στη συνέχεια, έγινε επεξήγηση της ορολογίας που χρησιμοποιείται στις τεχνικές ασφαλείας. Μετά, ακολούθησε παρουσίαση των σημαντικότερων μεθόδων, που υπάρχουν, προκειμένου να παραβιασθεί η ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων. Ακολούθως έγινε επεξήγηση των βασικότερων μεθόδων για την εξασφάλιση της αυθεντικότητας και ακεραιότητας της μεταδιδόμενης πληροφορίας σε δίκτυο υπολογιστών. Μετά αναφέρθηκαν οι πιο διαδεδομένες τεχνολογίες για την εξασφάλιση της ασφαλείας, και αναφέρθηκε πιο τμήμα καλύπτει η κάθε τεχνολογία. Τέλος, αναλύθηκε η κρισιμότητα της πρόβλεψης και υλοποίησης αποφυγής καταστροφών στα πληροφοριακά συστήματα.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Αναφέρατε τις πέντε περιοχές που καλύπτει η διαχείριση δικτύου, καθώς και λεπτομέρειες για την κάθε περιοχή.
2. Ποια είναι η αλληλουχία των SNMP εντολών μεταξύ του σταθμού διαχείρισης και διαχειριζόμενου agent για το διάβασμα μεταβλητής του MIB και στη συνέχεια αλλαγής της τιμής του.
3. Σε τι χρειάζονται τα communities στο SNMP;
4. Με ποιο τρόπο μπορούμε να αποτρέψουμε τη διαχείριση των agents από σταθμούς που προσπαθούν να διαχειριστούν τους agents με χρήση του σωστού community name, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι οι πραγματικοί managers;
5. Ποιο γκρουπ του RMON δίνει πληροφορίες και για τα επτά επίπεδα του μοντέλου OSI;

6. Περιγράψτε με δικά σας λόγια τις έννοιες: αυθεντικότητα, ακεραιότητα, εμπιστευτικότητα και εγκυρότητα.
7. Ποιοι μπορεί να είναι οι λόγοι, για τους οποίους αρκετές φορές δεν λαμβάνουμε μέτρα ασφάλειας για όλους τους πιθανούς κινδύνους, που αντιμετωπίζει το πληροφοριακό μας σύστημα;
8. Αναφέρατε τους τρόπους που μπορεί να γίνει αποκάλυψη των σταθερών passwords, που χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση στα συστήματα.
9. Ποια μέθοδος εξασφαλίζει καλύτερα την αυθεντικότητα των μηνυμάτων:
 - α) η συμμετρική κρυπτογράφηση.
 - β) η ασυμμετρική κρυπτογράφηση.
10. Τι εννοούμε με τον όρο εικονικά ιδιωτικά δίκτυα;
11. Τι ρόλο αναλαμβάνει ο firewall μέσα σε δίκτυο και σε ποια σημεία του δικτύου μας συνήθως τον τοποθετούμε;
12. Αναφέρατε ενδεικτικά μέτρα στο δικτυακό – τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό για την αποφυγή καταστροφών κατανεμημένου πληροφοριακού συστήματος.

Βιβλιογραφία

1. Αλεξόπουλος Α., Λαγογιάννης Γ., *Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών*, 1997.
2. Γκρίτζαλης Δ., Τμ. Πληροφορικής Οικονομικό Παν/μιο Αθηνών, Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Αθήνα 1996, *Ασφάλεια στις Τεχνολογίες Πληροφοριών & Επικοινωνιών*.
3. ΕΠΥ 1995, *Ασφάλεια Πληροφοριών Τεχνικά Νομικά & Κοινωνικά Θέματα*.
4. Breyer Robert and Riley Sean, *Switched and Fast Ethernet: How It Works and How to Use It*, Ziff- Davis Press 1995.
5. Brown Steven, *Implementing Virtual Private Networks*, McGraw Hill, 1999.
6. Doraswamy Naganand, Harkins Dan, *IPSec The New Security Standard for the Internet, Intranets, Virtual Private Networks*, PTR PH, 1999.
7. Manuals, *White papers και Tutorials από site εταιρειών δικτυακών προϊόντων*, όπως:
 - α) Cisco: www.cisco.com
 - β) Nortel: <http://www.nortelnetworks.com/>
 - γ) Lucent: www.lucent.com
 - δ) Cabletron: www.cabletron.com
 - ε) Rad: www.rad.com
 - στ) 3Com: www.3com.com
8. Tanebaum A., *Computer Networks*, Prentice Hall, 1994.



Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

ΣΤΟΧΟΙ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

Στο τέλος αυτού του κεφαλαίου
θα έχετε γνωρίσει:

- Τις δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών και τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να επηρεάσουν τη ζωή μας.
- Το ρόλο που παίζει η ενοποίηση των υπηρεσιών, στην πορεία προς την Κοινωνία της Απόλυτης Επικοινωνίας.
- Τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, θετικές και αρνητικές των δικτύων υπολογιστών.
- Τα ηθικά και νομικά προβλήματα που δημιουργεί η Κοινωνία της Πληροφορίας

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια όλοι μας γινόμαστε μάρτυρες μιας επανάστασης. Μιας επανάστασης, που αφορά, τον τρόπο που επικοινωνούμε, αναζητούμε, διακινούμε και ανταλλάσσουμε πληροφορίες. Τα επιτεύγματα της τεχνολογίας μέρα με τη μέρα επηρεάζουν ολοένα και περισσότερο τη ζωή μας.

Η “αγαθή” διαχείριση των μέσων αυτών είναι το μεγαλύτερο τελικά ζητούμενο παίρνοντας την συνέχεια στην αλματώδη ανάπτυξή τους ως δεδομένη.

Στο κεφάλαιο αυτό φιλοδοξούμε να δρομολογήσουμε έναν προβληματισμό πάνω σε σειρά οικονομικών, κοινωνικών και γενικά ανθρωπιστικών θεμάτων τα οποία άπτονται της τεχνολογικής εξέλιξης στον τομέα των επικοινωνιών και των δικτύων.

9.1 Οι δυνατότητες που προσφέρονται

9.1.1 Η επανάσταση της πληροφορικής και ο ρόλος των δικτύων

Στις αρχές του εικοστού αιώνα, η ανθρωπότητα γνώρισε την βιομηχανική επανάσταση και ταυτόχρονα έγινε μάρτυρας σημαντικότερων αλλαγών στον τρόπο ζωής, στο εργασιακό καθεστώς, αλλά και στη δομή της κοινωνίας. Πολλά επαγγέλματα, που σήμερα ονομάζονται παραδοσιακά, δέχθηκαν πλήγματα μέχρι σημείου αφανισμού, ενώ άλλα αναγκάστηκαν να αναπροσαρμοσθούν ριζικά και να υιοθετήσουν τα καλούδια, που προσέφερε η βιομηχανική εποχή. Η συγκέντρωση πολλών βιομηχανικών μονάδων παραγωγής σε συγκεκριμένες περιοχές είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλουπόλεων κοντά σε αυτές, αφού ο κόσμος έβρισκε εύκολα δουλειά. Θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πολλά για τις αλλαγές, που δρομολογήθηκαν, από την βιομηχανική εποχή, αλλά δεν είναι αυτός ο σκοπός μας.

Από τα μέσα της δεκαετίας του εβδομήντα άρχισαν να μπαίνουν σταδιακά στην ζωή μας οι υπολογιστές και η πληροφορική. Ειδικότερα, όταν οι υπολογιστές έφτασαν στη μορφή του προσωπικού υπολογιστή, η εξάπλωση τους ήταν και παραμένει ραγδαία. Πολλοί άρχισαν πάλι να μιλούν για το τέλος της βιομηχανικής επανάστασης και την αρχή της επανάστασης της πληροφορικής. Όπως με την βιομηχανική επανάσταση όπου πολλοί έχασαν την δουλειά τους, έτσι και με την έλευση της πληροφορικής, σε όλους σχεδόν τους κλάδους της οικονομικής δραστηριότητας, δρομολογήθηκαν σημαντικές εξελίξεις στον εργασιακό χώρο.

Οι πραγματικά εντυπωσιακές δυνατότητες των σύγχρονων υπολογιστών στην αποθήκευση και επεξεργασία της πληροφορίας έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλων βάσεων δεδομένων, όπου η κατοχή και γνώση των πληροφοριών αποτελεί σημαντικό περιουσιακό στοιχείο για όσους διαθέτουν τέτοιες βάσεις δεδομένων. Γρήγορα έγινε αντιληπτό, ότι η κατοχή των πληροφοριών και η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτές, πέρα από περιουσιακό στοιχείο αποτελεί και πηγή δύναμης και εξουσίας. Η δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ των υπολογιστών και η μεταξύ τους ανταλλαγή πληροφοριών έδωσε νέα διάσταση στην προσπάθεια πρόσβασης

σε ολοένα περισσότερες βάσεις δεδομένων. Η εύρεση νέων πληροφοριών μετά από το δυναμικό συνδυασμό των πληροφοριών σε διάφορες βάσεις πολλαπλασιάζει την αξία της πληροφορίας ως έννοια.

Πέρα από την επανάσταση της πληροφορικής, μεγάλες εξελίξεις παρουσιάζονται και στον χώρο των τηλεπικοινωνιών. Μερικά χρόνια πριν, για τους περισσότερους από εμάς η έννοια των τηλεπικοινωνιών ήταν συνυφασμένη, με την σταθερή τηλεφωνία, το ραδιόφωνο και την τηλεόραση. Τα τρία αυτά μέσα είχαν συμβάλει και θα συνεχίζουν να συμβάλλουν με τον τρόπο τους, στο είδος της πληροφορίας, που μπορούν να μεταφέρουν. Αν εξαιρέσει κάποιος την τηλεφωνία, που έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία, τα δύο άλλα είδη αρκούνται στην μονόδρομη εκπομπή πληροφοριών, που πολλές φορές μπορούν να γίνουν και τρόπος ελεγχόμενης διοχέτευσης πληροφοριών.

Τα πράγματα όμως και στο χώρο των τηλεπικοινωνιών γνωρίζουν και αυτά τη δική τους επανάσταση. Μερικές και μόνο αναφορές, όπως η ασύρματη - κινητή τηλεφωνία, η αμφίδρομη ψηφιακή τηλεόραση είναι μερικά μόνο δείγματα της επανάστασης που γίνεται στον χώρο.

Η επανάσταση, όμως, στο χώρο των τηλεπικοινωνιών, δεν σημαίνει μόνο εναλλακτικούς τρόπους επικοινωνίας, αλλά συσχετίζεται και με την ποσότητα και την ταχύτητα, που οι πληροφορίες μπορούν να μεταφερθούν. Με την πληροφορική μπορούμε να επεξεργαζόμαστε και να αποθηκεύουμε μεγάλο όγκο πληροφοριών, που έχουμε τη δυνατότητα να συλλέξουμε και να μεταφέρουμε με διαφόρους τρόπους, αξιόπιστα και γρήγορα από άλλα σημεία, με τη χρήση εξελιγμένων τηλεπικοινωνιακών υποδομών. Ο συνδυασμός των τηλεπικοινωνιών με την πληροφορική έχει ως συνέπεια την δημιουργία εκτεταμένων δικτύων υπολογιστών.

9.1.2 Ενσύρματες – ασύρματες επικοινωνίες

Πολλοί αναρωτιούνται εάν το μέλλον στις επικοινωνίες, θα είναι ενσύρματο ή ασύρματο. Η καλύτερη απάντηση στο παραπάνω ερώτημα είναι, ότι κάθε μορφή διαδικτύωσης θα συνεχίσει να υφίσταται, αφού κάθε μορφή έρχεται να καλύψει συγκεκριμένες ανάγκες και απαιτήσεις. Είναι, όμως, γεγονός ότι τα τελευταία χρόνια ο τομέας των ασύρματων τηλεπικοινωνιών έχει γνωρίσει αλματώδη ανάπτυξη. Η μεγάλη ανάπτυξη των ασυρματικών τρόπων μετάδοσης, πέρα από την ευρεία χρήση, που έχουν από τους μεγάλους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς (π.χ ΟΤΕ), άρχισε σταδιακά να επηρεάζει με προσφορά πλήθους νέων υπηρεσιών και τους τελικούς χρήστες. Παραδείγματα αποτελούν η κινητή τηλεφωνία, η χρήση δορυφορικών τηλεφώνων, καθώς και οι προστιθέμενες υπηρεσίες, που συνοδεύουν τις παραπάνω μορφές τηλεφωνίας (π.χ χρήση μηνυμάτων SMS). Η ύπαρξη των παραπάνω τεχνολογιών ασυρματικής επικοινωνίας, σε συνδυασμό με την ύπαρξη φορητών υπολογιστών και άλλων μικροσυσκευών με δυνατότητα επεξεργασίας (π.χ PDA's), δημιούργησαν άμεσα και την έννοια του κινητού χρήστη, καθώς και την απαίτηση της σύνδεσης του σε συγκεκριμένα δίκτυα (π.χ το Internet, εταιρικά Intranet). Οι σχετικά χαμηλές ταχύτητες μετα-

φορές δεδομένων των τωρινών δικτύων κινητής τηλεφωνίας (GSM - έως 14kbps) δεν θα είναι για πολύ ακόμα χρόνο πρόβλημα, αφού υπάρχει η δυνατότητα άμεσης αναβάθμισης (GPRS – ταχύτητες έως 118kbps). Σύντομα δε θα εμφανιστούν και τα κινητά τρίτης γενιάς (UMTS) με πραγματικά εντυπωσιακές δυνατότητες, όπως μεταφορά δεδομένων έως και 2Mbps, δυνατότητα μεταφοράς εικόνας σε πραγματικό χρόνο και πλήθος άλλων υπηρεσιών.

Τεχνολογία, που σύντομα θα διευκολύνει την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ κινητών τηλεφώνων, υπολογιστών, PDA's και γενικότερα των ηλεκτρονικών οικιακών συσκευών (π.χ βίντεο, βιντεοκάμερες, τηλεοράσεις) είναι η γνωστή ως bluetooth. Με την τεχνολογία bluetooth θα μπορούν οι συσκευές, που προαναφέραμε, να επικοινωνούν (π.χ στο σπίτι ή στο γραφείο) ασυρματικά μεταξύ τους, απαλλάσσοντας μας έτσι από την ανάγκη εγκατάστασης των κατάλληλων καλωδίων. Στην ουσία, οι συσκευές θα μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους σαν να βρίσκονται διασυνδεδεμένες σε τοπικό δίκτυο, μόνο που αντί για δομημένη καλωδίωση θα χρησιμοποιούμε ασυρματικές ζεύξεις. Η ταχύτητα επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών σε πρώτο στάδιο προβλέπεται να είναι έως 1Mbps και σε δεύτερο στάδιο μέχρι 2Mbps.

Οι ενσύρματες επικοινωνίες και, κυρίως, τα δίκτυα των οπτικών ινών θα συνεχίσουν να αποτελούν τα δίκτυα κορμού (backbone) των τηλεπικοινωνιακών οργανισμών, αφού συνδυάζουν τη μεγάλη αξιοπιστία με τις πολύ μεγάλες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων. Πέρα από τα δίκτυα κορμού, που κατά κύριο λόγο θα είναι ενσύρματα, μια άλλη κατηγορία δικτύων, που θα συνεχίσουν στην πλειοψηφία να είναι ενσύρματα, είναι τα μητροπολικά δίκτυα (MAN), καθώς επίσης και οι συνδέσεις κεντρικών κόμβων διαφόρων μηχανογραφικών κέντρων σε οπτικούς δακτυλίους. Επίσης, η υπάρχουσα υποδομή δικτύων με καλώδια χαλκού, που αποτελεί και την μεγαλύτερη εγκατεστημένη βάση, θα αναβαθμιστεί με τη χρήση των τεχνολογιών ISDN και xDSL. Οι τεχνολογίες xDSL, υπόσχονται υψηλό εύρος ζώνης κάνοντας χρήση των απλών τηλεφωνικών χάλκινων καλωδίων. Υπάρχουν διάφορα πρότυπα (για αυτό υπάρχει και το πρόθεμα "x") όπως, HDSL, SDSL, ADSL, VDSL. Το ADSL είναι αρκετά ώριμο σαν τεχνολογία και φαίνεται άμεσα το πλέον εμπορικά εκμεταλλεύσιμο, προσφέροντας ταχύτητες για τη μεταφορά δεδομένων προς το χρήστη (downstream) από 1.5Mbps έως 8.5Mbps, αναλόγα με την απόσταση του συνδρομητή από το τοπικό συνδρομητικό κέντρο, ενώ η ταχύτητα για τη μετάδοση δεδομένων από το χρήστη προς το συνδρομητικό κέντρο (upstream) κυμαίνεται από 16Kbps έως 640Kbps. Στο μέλλον το VDSL υπόσχεται ταχύτητες 12.9Mbps έως 52.8Mbps για το downstream και 1.5Mbps έως 2.3Mbps για το upstream. Με τη χρήση των τεχνολογιών ISDN και xDSL, η τηλεφωνική δικτυακή υποδομή θα παραμείνει σε αξία για αρκετά χρόνια.

Με βάση όσα έχουμε αναφέρει, βλέπουμε, ότι όντως υπάρχει μεγάλη άνθιση των ασυρματικών επικοινωνιών που πραγματικά δίνει σημαντικές δυνατότητες

διασύνδεσης των κινητών χρηστών. Επίσης, θα δημιουργηθούν και δίκτυα κορμού με υψηλό εύρος ζώνης κάνοντας χρήση μικροκυματικών ζεύξεων. Από την άλλη πλευρά και στα ενσύρματα δίκτυα θα παρουσιασθεί μεγάλη ανάπτυξη. Ειδικά τα δίκτυα με οπτικές ίνες, που προσφέρουν υψηλές ταχύτητες και μεγάλη αξιοπιστία και εξυπηρετούν την ανάπτυξη δικτύων κορμού, αλλά και τα παραδοσιακά δίκτυα των χάλκινων καλωδίων, με την ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών θα παραμείνουν στο προσκήνιο με αξιώσεις για αρκετά ακόμα χρόνια.

9.1.3 Ενοποίηση των Δικτύων και υπηρεσιών

Αρχικά, η έννοια του δικτύου στις τηλεπικοινωνίες ήταν συνυφασμένη με τα δίκτυα της τηλεφωνίας. Με το πέρασμα των χρόνων, και την εμφάνιση των υπολογιστών και με τη διασύνδεση τους, άρχισαν να αναπτύσσονται και άλλα δίκτυα αποκλειστικά για μετάδοση δεδομένων. Το αποτέλεσμα ήταν η ύπαρξη χωριστών δικτύων για την τηλεφωνία και χωριστών για τη μετάδοση δεδομένων. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, τόσο της πληροφορικής όσο και των τηλεπικοινωνιών, οδηγούμαστε στην ενοποίηση των δικτύων. Έτσι ένας οργανισμός δεν θα χρειάζεται να αναπτύσσει και να συντηρεί δύο ξεχωριστά δίκτυα, ένα για τηλεφωνία και ένα δεδομένα.

Η τηλεφωνία όπως και η κινούμενη εικόνα, είναι εφαρμογές πραγματικού χρόνου και, επομένως, άκρως ευαίσθητες σε καθυστερήσεις μετάδοσης. Επίσης, ζητούν συγκεκριμένο εύρος ζώνης κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας, που στην περίπτωση, που θέλουμε να επικοινωνήσουμε με κινούμενη εικόνα και φωνή μαζί (τηλεδιάσκεψη, videoconference), οι απαιτήσεις για εύρος ζώνης είναι αυξημένες. Από τη άλλη για μετάδοση δεδομένων υπάρχει μεγαλύτερη ανοχή σε καθυστερήσεις μετάδοσης ακόμα και σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Στη μετάδοση, όμως, των δεδομένων δεν είναι τόσο προβλέψιμες οι απαιτήσεις για εύρος ζώνης, καθώς επίσης και οι επιπτώσεις, που έχουν σε αυτό η οποιαδήποτε αλλαγή, όπως για παράδειγμα η ενεργοποίηση πρωτοκόλλου που δεν το χρησιμοποιήσαμε μέχρι τώρα, ή αλλαγή στην τοπολογία των κεντρικών εξυπηρετητών (servers). Επίσης, στη μετάδοση δεδομένων είναι αρκετά συχνό το φαινόμενο των ριπών, δηλαδή κίνησης σε ακανόνιστο χρονικό διάστημα και με ακανόνιστη απαίτηση εύρους ζώνης.

Η τεχνολογία μέχρι πριν μερικά χρόνια δεν μπορούσε να συγκεράσει τις ιδιαιτερότητες της κάθε μορφής κίνησης (φωνής, εικόνας, δεδομένων). Σήμερα, όμως υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξης δικτύων με πολύ υψηλό εύρος ζώνης. Επίσης με την αύξηση της υπολογιστικής ισχύος των επεξεργαστών, είναι εφικτή η υλοποίηση νέων αλγόριθμων υψηλής συμπίεσης στα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (on fly), με άμεσο αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου εύρους ζώνης χωρίς επιπτώσεις στη ποιότητα μετάδοσης της φωνής και της εικόνας. Χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε, ότι στην κλασική τηλεφωνία η φωνή χρειάζεται 64Kbps, ενώ με τη χρήση τεχνικών συμπίεσης η απαίτηση του εύρους ζώνης φθάνει σε 4-7 Kbps. Ταυτόχρονα, τα πρωτόκολλα για μετάδοση και δρομολόγη-

ση δεδομένων ενσωματώνουν μηχανισμούς προτεραιοτήτων. Έτσι, δεδομένα με αυστηρές απαιτήσεις στο θέμα της καθυστέρησης, όπως φωνή και κινούμενη εικόνα, μπορούν να εξυπηρετηθούν πρώτα από τα άλλα δεδομένα και εφαρμογές που δεν είναι τόσο ευαίσθητα σε καθυστερήσεις μετάδοσης.

Βλέπουμε λοιπόν, ότι με την ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι πλέον εφικτό το πάντρεμα των δικτύων τηλεφωνίας και δεδομένων. Μεγάλο ερώτημα αποτελεί για το ποια θα είναι η τεχνολογία, που τελικά θα επικρατήσει από αυτές που είναι ώριμες σήμερα, όπως τεχνολογία IP ή ATM, στο οποίο δεν μπορούμε να απαντήσουμε με σιγουριά. Είναι γεγονός, όμως, ότι οι τεχνολογίες IP δείχνουν να κερδίζουν έδαφος ίσως και λόγω της μεγάλης ανάπτυξης που γνωρίζει το Διαδίκτυο.

Το όφελος, όμως, από την ανάπτυξη ενός μόνο δικτύου για φωνή, εικόνα και δεδομένα δεν περιορίζεται μόνο στο οικονομικό μέρος της ανάπτυξης και συντήρησης ενός και μόνο ενιαίου ομοιογενούς δικτύου. Μεγάλο όφελος προκύπτει και από τη δυνατότητα ενοποίησης και των παρεχόμενων υπηρεσιών από την ύπαρξη ενιαίου δικτύου. Για παράδειγμα, θα μπορούμε να έχουμε ένα και μόνο ηλεκτρονικό κουτί αλληλογραφίας για όλες τις μορφές δεδομένων. Θα έγκειται στη διακριτική ικανότητα του ιδιοκτήτη της ταχυδρομικής ηλεκτρονικής θυρίδας να διαβάσει την αλληλογραφία του με το μέσο, που ο ίδιος θα επιλέξει, ανεξάρτητα από το μέσο, που επέλεξε, ο αποστολέας για τη μετάδοση του μηνύματος.

9.2 Προς την Κοινωνία της Απόλυτης Επικοινωνίας

Η εμφάνιση και εξάπλωση της «κοινωνίας της πληροφορίας» είναι πλέον πραγματικό γεγονός. Τι είναι όμως η κοινωνία της πληροφορίας, πως αυτή ορίζεται και ποιες μπορεί να είναι οι επιπτώσεις και οι αλλαγές, που θα φέρει στην ζωή μας;

Το βασικό χαρακτηριστικό της νέας πραγματικότητας, που δημιουργείται, είναι η ανάδειξη της πληροφορίας σε κεντρικό αγαθό, γύρω από το οποίο δεν θα οικοδομηθεί απλώς μία νέα τεχνολογική πραγματικότητα, αλλά μια νέα κοινωνία. Με τον όρο πληροφορία δεν εννοούμε την άχρωμη ηλεκτρονική μορφή (-bytes) μετάδοσης των δεδομένων στο φυσικό μέσο. Αντίθετα, αναφερόμαστε στην πληροφορία ως μέσο έκφρασης διαφόρων κοινωνικών, πολιτικών, πολιτιστικών, τεχνολογικών και άλλων δραστηριοτήτων. Η κοινωνία της πληροφορίας εκμεταλλεύεται τις νέες δυνατότητες, που προσφέρουν οι τεχνολογίες αποθήκευσης, μετάδοσης και επεξεργασίας δεδομένων, δίνει τη δυνατότητα χρησιμοποίησης πληροφοριών χαμηλού κόστους σε ευρεία κλίμακα.

Μέσω των εντυπωσιακών επιτευγμάτων των τεχνολογιών της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών και ιδιαίτερα μέσω του Διαδικτύου είναι δυνατή η διακίνηση και ανταλλαγή όλων των προϊόντων της ανθρώπινης δημιουργίας, τα οποία μπορούν να απεικονισθούν σε ψηφιακή μορφή. Το Διαδίκτυο έχει γίνει πλέον το δημοφιλέστερο μέσο διακίνησης, έκφρασης και αντιπαράθεσης επιστημονικών, πολιτικών και κοινωνικών τοποθετήσεων, ιδεών και απόψεων. Με τη νέα τεχνολογία (Διαδίκτυο, Παγκόσμιος Ιστός) είναι δυνατή η ανταλλαγή πληροφοριών σε

παγκόσμιο επίπεδο σε μηδενικό χρόνο. Σύμφωνα με τελευταία στοιχεία, 186 χώρες έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο, ενώ ανάμεσα στις προτεραιότητες των περισσότερο χωρών είναι η ανάπτυξη και παροχή σύγχρονης τηλεπικοινωνιακής και πληροφοριακής υποδομής. Με τον τρόπο αυτό θα δοθεί η δυνατότητα στους πολίτες όχι μόνο να γνωρίσουν αλλά και να εκμεταλλευτούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό, τις δυνατότητες και ευκαιρίες που δημιουργεί η νέα τάξη πραγμάτων, η «κοινωνία της πληροφορίας».

«Οι νέες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας είναι πια κομμάτι της καθημερινότητας. Τις χρησιμοποιούμε κάθε φορά, που χρησιμοποιούμε κινητό τηλέφωνο ή πιστωτική κάρτα, όταν στο ταμείο του σουπερμάρκετ «σαρώνονται» οι κωδικοί των προϊόντων που αγοράσαμε, ή όταν χρησιμοποιούμε ένα από τα χιλιάδες προϊόντα και υπηρεσίες που ενσωματώνουν ή βασίζονται στις νέες τεχνολογίες. Με περισσότερο ή λιγότερο ορατό τρόπο, οι τεχνολογίες αυτές αλλάζουν το πως ζούμε, δουλεύουμε, διασκεδάζουμε, μαθαίνουμε και συναναστρεφόμαστε.

Στο κατώφλι του 21ου αιώνα, η ραγδαία εξέλιξη αυτών των νέων τεχνολογιών, η ευρεία τους διάχυση σε όλη την οικονομία και η ενσωμάτωσή τους σε όλες σχεδόν τις διαστάσεις της καθημερινής ζωής χτίζουν μία παγκόσμια Κοινωνία της Πληροφορίας με νέα δεδομένα και νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη, την απασχόληση, την ευημερία και την ποιότητα ζωής των Ελλήνων. Μέλημα της πολιτείας είναι η νέα αυτή κοινωνία, που διαμορφώνεται να είναι μια κοινωνία για όλους.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Η νέα τεχνολογία προσφέρει ένα νέο τρόπο επικοινωνίας με την ανταλλαγή κειμένου, ήχου και εικόνας, που καλύπτει το σύνολο των επικοινωνιακών μας αναγκών. Σήμερα, μέσω του Διαδικτύου είναι δυνατή η πρόσβαση σε οποιαδήποτε πληροφορία σε οποιοδήποτε δίκτυο στο κόσμο, αρκεί να υπάρχει διασύνδεση με το Διαδίκτυο. Με αυτό το τρόπο, το Διαδίκτυο αναδεικνύεται στη μεγαλύτερη πηγή γνώσεων στην ιστορία της ανθρωπότητας. Οποιαδήποτε σύγκρισή και εάν επιχειρηθεί μεταξύ του Διαδικτύου με τις μεγαλύτερες βιβλιοθήκες του κόσμου, μπορεί να χαρακτηριστεί ατυχής, γιατί αφενός μεν μέσω του Διαδικτύου είναι δυνατή η πρόσβαση σε οποιαδήποτε ηλεκτρονική βιβλιοθήκη σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου και αφετέρου επειδή το ίδιο το διαδίκτυο λειτουργεί σαν μία παγκόσμια βιβλιοθήκη πληροφοριών, όπου ο καθένας μπορεί εύκολα και γρήγορα να βρει αυτό, που ζητάει, με την χρήση μιας απλής μηχανής αναζήτησης.

Η τεχνολογική πρόοδος, που έχει σημειωθεί στο τομέα των τηλεπικοινωνιών και ειδικότερα η ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων μεταγωγής και μετάδοσης

δίνουν τη δυνατότητα στους τηλεπικοινωνιακούς οργανισμούς να αναβαθμίζουν τις υπηρεσίες, που παρέχουν και να προσφέρουν νέες, μέσω των δικτύων τους. Έτσι, ο χρήστης μπορεί να απολαμβάνει υπηρεσίες μετάδοσης φωνής, δεδομένων, εικόνας και βίντεο σε υψηλές ταχύτητες με υψηλή ποιότητα και μειωμένο κόστος. Επιπρόσθετα, μέσω ασύρματων και δορυφορικών συστημάτων είναι δυνατή η παροχή στο χρήστη οποιασδήποτε μορφής πληροφορίας σε οποιοδήποτε σημείο και εάν αυτός βρίσκεται. Δεν αποτελεί πλέον αναγκαία προϋπόθεση να βρίσκεται κανείς στο γραφείο ή στο σπίτι του προκειμένου να έχει πρόσβαση στις διάφορες πηγές πληροφόρησης. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να ενημερώνεται καθώς κινείται προς τον τόπο εργασίας του ή κατά τη διάρκεια ενός επαγγελματικού ταξιδιού μέσω ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι η πρόοδος της τεχνολογίας συμβάλλει, ώστε η πληροφορία να είναι διαθέσιμη οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε μορφή (φωνή, δεδομένα, εικόνα) τη θελήσει ο χρήστης, οδηγώντας έτσι, προς την κοινωνία της απόλυτης επικοινωνίας. Οι χρήστες δεν περιορίζονται πλέον στη χρήση του τηλεφώνου ή τη αποστολή κειμένου για τη μεταξύ τους επικοινωνία. Αντίθετα, μπορούν να εξασφαλίσουν μια πολύ πιο φυσική επικοινωνία χρησιμοποιώντας μία κάμερα και ένα μικρόφωνο. Και πάλι, βέβαια, αυτή η μορφή επικοινωνίας διαφέρει πολύ από μία πρόσωπο με πρόσωπο συζήτηση, όμως τώρα οι συνομιλητές έχουν τη δυνατότητα όχι μόνο να ακούν ο ένας τον άλλο αλλά και να βλέπουν τις εκφράσεις των προσώπων τους. Μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε, ότι η εκμετάλλευση όλων των δυνατοτήτων, που παρέχει η κοινωνία της πληροφορίας οδηγεί στην κοινωνία της απόλυτης επικοινωνίας. Απόλυτη με την έννοια της επικοινωνίας, στην οποία συμμετέχουν όλες οι μορφές έκφρασης (έκφραση προσώπου, τόνος φωνής, κείμενο), με την έννοια της επικοινωνίας, στην οποία μπορεί να συμμετέχει ο οποιοσδήποτε ανεξάρτητα από το σημείο, στο οποίο βρίσκεται και τέλος με την έννοια της πρόσβασης σε οποιαδήποτε πηγή πληροφορίας σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου, χωρίς να υπάρχουν γεωγραφικοί ή άλλου είδους περιορισμοί.

Οι περισσότερες χώρες του κόσμου έχοντας συνειδητοποιήσει τις σημαντικές αλλαγές, που λαμβάνουν χώρα και θέλοντας να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη νέα τάξη πραγμάτων, αναπτύσσουν σχέδια δράσης για τη δημιουργία της κοινωνίας της πληροφορίας προς όφελος του πολίτη, της ανάπτυξης και της απασχόλησης. Έτσι, στις ΗΠΑ ήδη υλοποιείται ένα σχέδιο για την πρόσβαση των σχολείων, βιβλιοθηκών, νοσοκομείων και κέντρων υγείας σε προχωρημένη τηλεπικοινωνιακή και πληροφοριακή υποδομή μέχρι το 2000. Στη Γερμανία μέχρι το 2001 προβλέπεται η διασύνδεση όλων των σχολείων της χώρας μεταξύ τους και η πρόσβασή τους στο Διαδίκτυο και σε άλλα εκπαιδευτικά δίκτυα, ενώ παράλληλα προωθείται και η ανάπτυξη κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού. Μικρότερες χώρες, όπως η Ουγγαρία και η Πορτογαλία, στοχεύουν στην πρόσβαση όλων των σχολείων στο Διαδίκτυο και στην ανάπτυξη κατάλληλου εκπαιδευτικού και μορφωτικού περιεχομένου. Στη χώρα μας βρίσκονται ήδη σε εξέλιξη τα προ-

γράμματα «Ασκοί του Αιόλου» και «EDUnet», που στοχεύουν στη διασύνδεση όλων των σχολείων της χώρας στο Διαδίκτυο. Επίσης, βρίσκεται σε εξέλιξη η ενέργεια «Σχολικές Βιβλιοθήκες», όπου μέσα από διάφορα προγράμματα, επιχειρείται η δημιουργία 500 βιβλιοθηκών σε σχολεία της Μέσης Εκπαίδευσης.

«Πρωταρχική υποχρέωση της πολιτείας είναι η εξασφάλιση ίσων ευκαιριών στη μάθηση για την ενεργή και ισότιμη συμμετοχή όλων στο ψηφιακό κόσμο.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Όσον αφορά τη δημόσια διοίκηση, στη Φιλανδία όλες οι δημόσιες υπηρεσίες παρέχουν πληροφορίες στο Διαδίκτυο, ενώ ανάλογες δράσεις υλοποιούνται στις ΗΠΑ, στον Καναδά, στην Ιαπωνία και στις περισσότερες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην πολιτεία της Χαβάης έχει αναπτυχθεί ένα πολυγλωσσικό δίκτυο, μέσω του οποίου είναι δυνατή η πρόσβαση όλων των πολιτών σε υπηρεσίες πληροφόρησης και σε εθνικές και διεθνείς βάσεις δεδομένων. Επιπλέον, στο άμεσο μέλλον με την ανάπτυξη των Intranets της δημόσιας διοίκησης θα είναι δυνατή η πρόσβαση σε όλες τις δημόσιες υπηρεσίες από οποιαδήποτε γεωγραφική περιοχή. Στη χώρα μας ήδη τα περισσότερα Υπουργεία συντηρούν σελίδες στο Διαδίκτυο, που όχι μόνο παρέχουν πληροφορίες στους πολίτες, αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις επιτρέπουν και την παροχή αμφίδρομων υπηρεσιών.

«Στόχος η μετατροπή της υπάρχουσας δημόσιας πληροφορίας σε ψηφιακή μορφή και η εξασφάλιση πλήρους ηλεκτρονικής πρόσβασης πολιτών και επιχειρήσεων.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Στο τομέα της υγείας, στη Νορβηγία έχει αναπτυχθεί ένα κλειστό δίκτυο ιατρικών εφαρμογών βασισμένο στη δορυφορική επικοινωνία μεταξύ των νοσοκομείων σε παγκόσμιο επίπεδο. Στη χώρα μας από το 1989 λειτουργεί μονάδα τηλε-ιατρικής στο Σισμανόγλειο Νοσοκομείο στην Αθήνα, από το 1996 το Ωνάσειο Καρδιοχειρουργικό Κέντρο έχει συνδεθεί με τα κέντρα Υγείας της Μυκόνου, Σκιάθου, Νάξου, Σαντορίνης, Πλωμαρίου στη Λέσβο, Μήλου, Λίνδου στη Ρόδο και με το περιφερειακό ιατρείο της Αμοργού. Επίσης από το 1998 οκτώ (από τα 14) κέντρα υγείας της Κρήτης είναι συνδεδεμένα on-line με το Πανεπιστήμιο Κρήτης και το Βενιζέλειο Νοσοκομείο Ηρακλείου. Στον τομέα της απασχόλησης, χιλιάδες

νέες θέσεις εργασίας έχουν δημιουργηθεί στη Βόρεια Αμερική και Ευρώπη στην περιοχή της παροχής υπηρεσιών μέσω Διαδικτύου και στην κινητή τηλεφωνία.

Τέλος, αξίζει να αναφέρουμε το τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνεται η Ευρωπαϊκή Ένωση την ουσιαστική συμμετοχή του πολίτη στην κοινωνία της πληροφορίας. Έτσι, σύμφωνα με μελέτη που προέρχεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση:

- αν χρησιμοποιούμε το φαξ και το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο έχουμε βάλει ένα δάχτυλο στην “Κοινωνία της Πληροφορίας”,
- αν ταξιδεύουμε στο Διαδίκτυο (Internet / WWW) έχουμε βάλει ένα πόδι στην “Κοινωνία της Πληροφορίας”,
- αν εργαζόμαστε, μαθαίνουμε και επικοινωνούμε με συναδέλφους μέσα από ένα δίκτυο τότε βρισκόμαστε στην “Κοινωνία της Πληροφορίας”.

9.3 Οικονομικές και Κοινωνικές Επιπτώσεις

Η εξάπλωση και ευρεία χρήση των δικτύων υπολογιστών, καθώς επίσης και η διασύνδεσή τους σε παγκόσμιο επίπεδο επιφέρει σημαντικές επιδράσεις τόσο στον οικονομικό όσο και στον κοινωνικό τομέα. Η νεοεμφανιζόμενη κοινωνία της πληροφορίας δημιουργεί σημαντικές ευκαιρίες προς όφελος της κοινωνίας αλλά ταυτόχρονα εγκυμονεί και πολλούς κινδύνους.

«Οι τεχνολογίες πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών αλλάζουν τον τρόπο εργασίας, διασκέδασης, επικοινωνίας και συναλλαγής, και μεταλλάσσουν τις βάσεις του οικονομικού ανταγωνισμού.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Η ευρεία χρήση των νέων επικοινωνιακών τεχνολογιών και δικτύων, όπως για παράδειγμα το Διαδίκτυο, συμβάλλουν στην παροχή αντικειμενικής πληροφόρησης υψηλής ποιότητας, γεγονός, που βοηθά τον πολίτη στη λήψη αποφάσεων. Επιτρέπουν την ελεύθερη διακίνηση και ανταλλαγή ιδεών και προσφέρουν νέες μεθόδους κοινωνικού διαλόγου, συνεισφέροντας, έτσι στη διεύρυνση της δημοκρατίας. Διευκολύνουν τη δημιουργία διαδικασιών δημόσιου διαλόγου σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο, συμβάλλοντας ουσιαστικά στην ανάπτυξη μιας ανοικτής κυβέρνησης και στην συμμετοχή των πολιτών στις δημοκρατικές διαδικασίες και στον πολιτικό σχεδιασμό. Ανοίγουν νέο δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ κυβέρνησης και τοπικής αυτοδιοίκησης με τους πολίτες και εξασφαλίζουν μεγαλύτερη διαφάνεια.

Ο νέος τρόπος ηλεκτρονικής μεταφοράς των εγγράφων αλλά και γενικότερα η ψηφιακή διακίνηση των αγαθών και η αποϋλοποίησή, που επιτυγχάνεται στην παραγωγή των προϊόντων (παραγωγή προϊόντων με λιγότερα υλικά), έχουν ευεργετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Για παράδειγμα, ο ηλεκτρονικός τηλεφωνικός κατάλογος και οι ψηφιακές βιβλιοθήκες μειώνουν σημαντικά την κατανά-

λωση χαρτιού, ενώ η ηλεκτρονική διακίνηση του ταχυδρομείου μπορεί να περιορίσει σημαντικά την κατανάλωση ενέργειας και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.

Η επιρροή, που διαθέτουν τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης στη διαμόρφωση της κοινής γνώμης γίνεται ακόμη μεγαλύτερη με τη σύγκλιση των τεχνολογιών. Τα νέα μέσα επικοινωνίας (Διαδίκτυο, Παγκόσμιος Ιστός) διαθέτουν και αυτά τεράστια δύναμη επιβολής απόψεων και ιδεών. Αποτέλεσμα αυτού είναι, ότι μία πιθανή δημιουργία μονοπωλίων στο χώρο της ενημέρωσης και των νέων επικοινωνιακών μέσων μπορεί να δράσει αρνητικά και να εμποδίσει την πολυφωνία και την αντικειμενική πληροφόρηση.

Η παγκόσμια διασύνδεση, η πρόσβαση σε κάθε είδους πηγή πληροφορίας και η ανταλλαγή απόψεων σε παγκόσμιο επίπεδο αποδεικνύεται ευεργετική για την ανάπτυξη της επιστημονικής έρευνας. Το ότι σήμερα η τεχνολογία και η επιστήμη εξελίσσονται με πολύ γρήγορους ρυθμούς κατά ένα μεγάλο βαθμό το οφείλουν και στο γεγονός, ότι η διακίνηση της γνώσης γίνεται γρήγορα και εύκολα. Έτσι μέσω του Διαδικτύου, η διεθνής επιστημονική κοινότητα έχει τη δυνατότητα να συνεργάζεται, να ανταλλάσσει απόψεις ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης και να έχει πρόσβαση σε πλήθος πληροφοριών και επιστημονικών συγγραμμάτων.

Όμως η χρήση της νέας τεχνολογίας μπορεί να συνεισφέρει ακόμη και στη μείωση των κοινωνικών και γεωγραφικών διακρίσεων. Μέσω της απομακρυσμένης πρόσβασης και ιδίως του Διαδικτύου επιτυγχάνεται η μείωση των αποστάσεων και δίνεται η δυνατότητα στις γεωγραφικά απομακρυσμένες περιοχές να βγουν από την απομόνωσή τους. Για παράδειγμα, σε παραμεθόριες νησιωτικές ή ορεινές περιοχές, όπου λόγω του υψηλού κόστους, είναι δύσκολο να αναπτυχθούν σύγχρονες υποδομές σε τομείς, όπως η υγεία (μεγάλα άρθρα εξοπλισμένα νοσοκομεία) ή η παιδεία (σύγχρονες βιβλιοθήκες), τα νέα επικοινωνιακά δίκτυα μπορούν να δώσουν τη λύση. Οι εφαρμογές τηλε-ιατρικής και τηλε-εκπαίδευσης μπορούν να εξυπηρετήσουν και να καλύψουν τις ανάγκες αυτών των περιοχών προσφέροντας καλύτερες υπηρεσίες υγείας και εκπαίδευσης. Σε περιπτώσεις, που απαιτείται, εξειδικευμένη ιατρική φροντίδα, η τηλε-ιατρική μπορεί ακόμη και να σώσει ζωές. Επίσης, οι εφαρμογές τηλε-εκπαίδευσης και η χρήση του Διαδικτύου προσφέρουν σε επιστημονικό δυναμικό υψηλού επιπέδου τη δυνατότητα συνεχούς εκπαίδευσης και ενημέρωσης σε οποιαδήποτε γεωγραφική θέση και εάν βρίσκεται.

«Τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών και οι συναφείς υπηρεσίες αναδεικνύονται ήδη σε ρόλο ισοδύναμο με τις συνηθισμένες συγκοινωνιακές υποδομές, όπως οι αυτοκινητόδρομοι, το σιδηροδρομικό δίκτυο και οι λιμενικές εγκαταστάσεις.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Η νέα τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φορέας ομαλής κοινωνικής ένταξης και υποστήριξης των ατόμων με ειδικές ανάγκες και ειδικές ικανότητες.

Παρόλο που οι ανάγκες των ατόμων αυτών είναι άμεσα εξαρτημένες από τα ιδιαίτερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν, η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει όχι μόνο στη βελτίωση της καθημερινής τους ζωής, αλλά και στην ένταξή τους στο εργασιακό περιβάλλον και στην αύξηση της παραγωγικότητάς τους. Άτομα με κινητικά προβλήματα έχουν πλέον τη δυνατότητα μέσω της τηλε-εργασίας να εργάζονται από το σπίτι τους. Άτομα με προβλήματα όρασης μπορούν μέσω ειδικών τερματικών να περιηγούνται στο Διαδίκτυο έχοντας έτσι ένα ανοικτό παράθυρο στον κόσμο, ενώ άτομα με προβλήματα ακοής μπορούν να χρησιμοποιούν ειδικές τηλεφωνικές συσκευές ή να επικοινωνούν μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Ο εκσυγχρονισμός της δημόσιας διοίκησης (ανάπτυξη τηλεπικοινωνιακής και πληροφοριακής υποδομής) δίνει τη δυνατότητα αποκέντρωσης και καλύτερης εξυπηρέτησης των πολιτών. Παράλληλα, όμως, επιτυγχάνεται η καλύτερη επικοινωνία και συνεργασία των δημοσίων φορέων και αυξάνεται η ευελιξία και αποτελεσματικότητά τους. Με την παροχή πληροφοριών και τη διεκπεραίωση συναλλαγών σε ηλεκτρονική μορφή μέσω του Διαδικτύου, ο πολίτης απολαμβάνει υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Η φυσική παρουσία του δεν είναι πλέον αναγκαία στα κατά τόπους κέντρα εξυπηρέτησης δημόσιας διοίκησης, προκειμένου να διεκπεραιώσει τις συναλλαγές του με το δημόσιο. Δεν χρειάζεται πια να μετακινείται, δεν είναι υποχρεωμένος να περιμένει ώρες ολόκληρες σε ουρές αναμονής μέχρι να εξυπηρετηθεί και απαλλάσσεται επιτέλους, από τη γραφειοκρατία των δημοσίων οργανισμών. Επίσης προσφέρεται η δυνατότητα σε δημότες, που κατοικούν μακριά από τους δήμους ή τις κοινότητες στα μητρώα, των οποίων είναι καταχωρημένοι, να εξυπηρετούνται στους τόπους διαμονής τους κάνοντας χρήση των δυνατοτήτων, που προσφέρει η νέα τεχνολογία.

Όσον αφορά την οικονομία, η τεχνολογία της πληροφορίας δρα ευεργετικά στην ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Ειδικότερα συντελεί στην:

- βελτίωση των προϊόντων
- μείωση του χρόνου και κόστους παραγωγής
- αύξηση της παραγωγικότητας
- δυνατότητα ποιοτικού ελέγχου των παραγόμενων προϊόντων ή προσφερόμενων υπηρεσιών, σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα
- προώθηση των προϊόντων μέσω σύγχρονων δικτύων διανομής
- επέκταση της αγοράς
- δημιουργία νέων προϊόντων προσαρμοσμένων στις απαιτήσεις του πελάτη
- καλύτερη εσωτερική επικοινωνία και γρήγορη μεταφορά στοιχείων, πληροφοριών και εγγράφων
- δυνατότητα πρόσβασης στα αρχεία εργασίας από οποιοδήποτε σημείο
- καλύτερη αρχειοθέτηση σε ηλεκτρονική μορφή με εξοικονόμηση χώρου και χρόνου
- άμεση πληροφόρηση και ενημέρωση

Νέοι ρόλοι και επιχειρηματικές ευκαιρίες εμφανίζονται με το ηλεκτρονικό εμπόριο. Ο παγκόσμιος ιστός και το χαμηλό κόστος παρουσίας των επιχειρήσε-

ων σε αυτόν, επιτρέπει στις επιχειρήσεις να απευθύνονται σε μεγαλύτερο αγοραστικό κοινό, που βρίσκεται έξω από τα στενά γεωγραφικά όρια της επιχείρησης. Έτσι, δίνονται στις επιχειρήσεις δυνατότητες ανάπτυξης και διεύρυνσης των δραστηριοτήτων τους, ενώ παράλληλα το αγοραστικό κοινό μπορεί να επιλέγει ανάμεσα σε μεγαλύτερη ποικιλία προϊόντων και υπηρεσιών. Πρέπει να γίνει κατανοητό, ότι η υιοθέτηση της νέας τεχνολογίας αποτελεί αναγκαία προϋπόθεση, ώστε η επιχείρηση να μπορέσει να ακολουθήσει τους ρυθμούς της αγοράς, να γίνει ανταγωνιστική και να κατακτήσει μεγαλύτερο μερίδιο αγοράς.

«Στην Κοινωνία της Πληροφορίας, η ανάπτυξη και η ανταγωνιστικότητα βασίζονται στην αφομοίωση και χρήση νέων τεχνολογιών. Τα κέρδη ανήκουν στους πρωτοπόρους: οι επιχειρήσεις και τα κράτη που θα αξιοποιήσουν τα νέα εργαλεία παραγωγής θα αποκομίσουν και τα περισσότερα οφέλη.»

«Για τις ελληνικές επιχειρήσεις, η πληροφορική και οι τηλεπικοινωνίες δικτύου περιορίζουν τα μειονεκτήματα του μικρού μεγέθους και της απόστασης από τα κέντρα αποφάσεων και τις αγορές και τους επιτρέπουν πρόσβαση και ένταξη στην παγκόσμια αγορά.»

Αποσπάσματα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Η παγκόσμια διασύνδεση, που παρέχεται μέσω του Διαδικτύου, οδηγεί καταρχήν στην παγκοσμιοποίηση της κοινωνίας της πληροφορίας και επακόλουθα στην παγκοσμιοποίηση των αγορών. Καθημερινά ένας πολύ μεγάλος όγκος πληροφοριών, υπηρεσιών και προϊόντων διακινούνται από χώρα σε χώρα. Οι δυνατότητες, που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών για την διακίνηση και ανταλλαγή κειμένων, ήχων, εικόνων και βίντεο, συντελούν στη δημιουργία ενός νέου πεδίου πολιτιστικής έκφρασης και παρέχουν σημαντικές ευκαιρίες γνώσης και πληροφόρησης για την πολιτιστική κληρονομιά και δημιουργία. Σε αυτό το πλαίσιο το Διαδίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο προβολής και προώθησης του πολιτισμού. Από την άλλη πλευρά, όμως, το Διαδίκτυο αντιμετωπίζεται και ως απειλή για την πολιτιστική κληρονομιά λόγω της εισαγωγής πολιτιστικών προϊόντων από άλλες χώρες. Ο κίνδυνος αυτός είναι μεγαλύτερος για τις χώρες, που δεν μπόρεσαν να ακολουθήσουν τις γρήγορες τεχνολογικές εξελίξεις και ιδιαίτερα στους τομείς του υλικού (hardware) και λογισμικού (software). Για αυτό ακριβώς το λόγο αρκετές χώρες δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην ανάγκη προστασίας της γλώσσας και του πολιτισμού τους, έχοντας ως βασική επιδίωξη την ανάπτυξη κατάλληλου υψηλού επιπέδου εγχώριου περιεχομένου, το οποίο θα τους εξασφαλίσει δυναμική παρουσία στο διαδίκτυο.

Η παγκοσμιοποίηση, η οποία συντελείται με την παγκόσμια διασύνδεση, έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνολο από προβλήματα και ζητήματα, που προκύπτουν, να χρήζουν διεθνούς αντιμετώπισης. Τα επιμέρους κράτη είναι πλέον αναρμόδια να

αντιμετωπίσουν από μόνο τους τα προβλήματα, που εμφανίζονται. Η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας και ο διεθνής ανταγωνισμός έχουν σαν αποτέλεσμα όλο και περισσότερα θέματα να γίνονται αντικείμενο υπερεθνικών οργάνων, αφού αναφέρονται πλέον σε διεθνή και όχι σε εθνικό επίπεδο. Για παράδειγμα, θέματα, όπως η ασφάλεια των επικοινωνιών, τα πνευματικά δικαιώματα, η γνησιότητα των ψηφιακών υπογραφών, απαιτούν διεθνή συνεργασία και συντονισμένη προσπάθεια.

Πέρα από όλα τα θετικά, που προσφέρει η παγκόσμια διασύνδεση, δίνει παράλληλα και τη δυνατότητα για εύκολη και γρήγορη διάδοση των «ιών» σε παγκόσμιο επίπεδο. Λέγοντας «ιούς» εννοούμε μικρά, συνήθως, προγράμματα, τα οποία εκτελούνται αυτόματα (ερήμην του χρήστη) από τον υπολογιστή και τον οδηγούν σε καταστροφικές λειτουργίες (για παράδειγμα διαγραφή ή αλλοίωση αρχείων από το σκληρό δίσκο). Η ταχύτητα διάδοσης των «ιών» μέσα από το Διαδίκτυο είναι εντυπωσιακή. Έτσι, ένας ιός, που δημιουργήθηκε στις Φιλιππίνες ή την Μαλαισία, μπορεί μέσα σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, συνήθως της τάξης των μερικών ημερών ή ακόμη και ωρών, να κάνει την παρουσία του σε ολόκληρο τον κόσμο και να προκαλέσει ζημιές αρκετών εκατομμυρίων δολαρίων. Επομένως, είναι φανερό, ότι η ασφάλεια των δικτύων και η αντιμετώπιση οποιασδήποτε μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης αναδεικνύονται σε μείζονα θέματα της νέας τάξης πραγμάτων.

Η κοινωνία της πληροφορίας επηρεάζει σημαντικά και το τομέα της εργασίας. Η συγκέντρωση του πληθυσμού σε μεγάλα βιομηχανικά κέντρα, η οποία υπαγορεύτηκε από την βιομηχανική επανάσταση, δεν αποτελεί πλέον απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των περιοχών και την εξασφάλιση θέσεων εργασίας. Η ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής καθιστούν την απασχόληση λιγότερο εξαρτημένη από γεωγραφικές και χρονικές παραμέτρους. Προσφέρουν δυνατότητες για δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και στην περιφέρεια, αφού, αφενός είναι δυνατή η απασχόληση του προσωπικού χωρίς να είναι απαραίτητη η φυσική παρουσία του στο χώρο εργασίας (τηλε-εργασία), αφετέρου οι νέοι τρόποι διακίνησης αγαθών και το ηλεκτρονικό εμπόριο ανοίγουν νέες προοπτικές για τις επιχειρήσεις της περιφέρειας.

Στην κοινωνία της πληροφορίας πρωταρχικό ρόλο παίζει πλέον ο ανθρώπινος παράγοντας, αφού η γνώση, η πληροφορία και η επεξεργασία της πληροφορίας αποτελεί πλέον κεφάλαιο. Δημιουργείται, συνεχώς, η ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό, το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιήσει και να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες, που προσφέρει η νέα τεχνολογία. Εάν όμως η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών δεν συνοδεύεται από την αύξηση της παραγωγικότητας και την ανάπτυξη, τότε μοιραία η χρήση της νέας τεχνολογίας, αντί να δημιουργήσει θα μειώσει τις θέσεις εργασίας. Γενικότερα όσον αφορά το τομέα της εργασίας αναμένεται στο άμεσο μέλλον το άνοιγμα νέων θέσεων εργασίας σε τομείς, όπως η παραγωγή λογισμικού και ο έλεγχος τηλεματικών υπηρεσιών και εφαρμογών (τηλε-ιατρική, τηλε-εργασία, τηλε-εκπαίδευση) και η μείωση θέσεων εργασίας χαμηλής εξειδίκευσης.

Η κοινωνία της πληροφορίας, όπως αναφέραμε, δημιουργεί πολλές ευκαιρίες και δίνει μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης. Θα πρέπει, όμως, να διασφαλίσουμε, ότι οι ευκαιρίες αυτές παρέχονται σε όλους τους πολίτες και ότι όλοι οι πολίτες έχουν την ίδια δυνατότητα πρόσβασης στα νέα επικοινωνιακά μέσα. Για την αποφυγή του κοινωνικού αποκλεισμού, τη διαίρεση της κοινωνίας σε “πληροφοριακά” έχοντες και μη έχοντες απαιτείται παροχή του ίδιου επιπέδου τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στο σύνολο της χώρας και παράλληλα η συνεχής εκπαίδευση και επιμόρφωση των πολιτών. Το μεγαλύτερο τμήμα του εργατικού δυναμικού στην πλειοψηφία του δεν είναι έτοιμο να δεχθεί τις νέες τεχνολογίες και τις επιπτώσεις τους. Αυτό δρα αρνητικά στο σύνολο της κοινωνίας, που δεν μπορεί να εκμεταλλευτεί τις δυνατότητες και τις προοπτικές ανάπτυξης, που εμφανίζονται. Επομένως, χρειάζεται ενημέρωση και ευαισθητοποίηση των εργαζομένων, ώστε να αντιληφθούν, ότι η τεχνολογία προσφέρει νέες δυνατότητες, βοηθά στην αύξηση της παραγωγικότητας, βοηθά τον ίδιο τον εργαζόμενο να αναπτύξει τις δεξιότητές του και αποτελεί σύμμαχο και όχι ανταγωνιστή του.

«Μέλημα της πολιτείας είναι η Κοινωνία της Πληροφορίας που διαμορφώνεται να είναι μια κοινωνία για όλους, χωρίς διακρίσεις σε πληροφοριακά έχοντες και μη-έχοντες όπου διαφυλάσσονται τα δικαιώματα του πολίτη καθώς και η ελευθερία έκφρασης και πληροφόρησης.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

9.4 Ηθικά και νομικά θέματα

Αναφερθήκαμε μέχρι τώρα στις θετικές, κυρίως επιπτώσεις των νέων τεχνολογιών και δικτύων στην οικονομική και κοινωνική ζωή. Στην παρούσα παράγραφο θα προσπαθήσουμε να εκτιμήσουμε τη σοβαρότητα των κινδύνων και προβλημάτων που οι τρέχουσες πληροφοριακές και επικοινωνιακές εξελίξεις φέρνουν στο προσκήνιο.

Οι κίνδυνοι, που δημιούργησαν, μέχρι σήμερα για τον άνθρωπο, η τεχνολογία και η βιομηχανική επανάσταση εντοπίζονταν κυρίως σε ένα πιθανό πυρηνικό ατύχημα ή μία περιβαλλοντολογική καταστροφή. Με την κοινωνία της πληροφορίας δημιουργείται μία νέα απειλή, που αφορά τη διατάραξη των ανθρωπίνων σχέσεων. Έτσι, έχουμε μετατόπιση του κινδύνου από το πεδίο των σχέσεων του ανθρώπου με τη φύση στο πεδίο των ανθρωπίνων σχέσεων.

Όπως έχει κατ' επανάληψη ειπωθεί, ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του διαδικτύου είναι η ελεύθερη διακίνηση ιδεών. Παρόλα αυτά η ελευθερία της έκφρασης, που προσφέρει, έχει αρκετές φορές κατακριθεί λόγω του ότι δίνει την ευκαιρία για την διακίνηση ύποπτου υλικού. Στο Διαδίκτυο, όπως και σε κάθε άλλη μορφή

έκφρασης της κοινωνίας μας, υπάρχει το “καλό” και το “κακό”, το “ωφέλιμο” και το “επιβλαβές”. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις, που το διαδίκτυο μετατρέπεται από μέσο ενημέρωσης και αντικειμενικής πληροφόρησης, σε πεδίο έκφρασης και προβολής ρατσιστικής και φασιστικής προπαγάνδας, διακίνησης και προώθησης πορνογραφικού υλικού, ακόμη και προβολής συμπτωμάτων παιδοφιλίας. Η ελεύθερη διακίνηση και η δωρεάν πρόσβαση στο παραπάνω υλικό, που παρέχεται μέσω του Διαδικτύου, σε συνδυασμό με τη χρήση του από ομάδες χρηστών μικρής ηλικίας πολλαπλασιάζει τα προβλήματα, που παρουσιάζονται, και αυξάνει τους κινδύνους. Δεδομένου ότι οι ομάδες αυτές παρουσιάζουν αυξημένη δεκτικότητα και επηρεάζονται εύκολα από τα ερεθίσματα, που δέχονται και τα πρότυπα, που τους παρουσιάζονται, συμπεραίνει κανείς, ότι το νέο μέσο μπορεί να δράσει αρνητικά στη διαμόρφωση του χαρακτήρα των νέων ατόμων και να οδηγήσει σε εσφαλμένες συμπεριφορές. Αν αναλογιστούμε επιπλέον τις ιδιαίτερες ευαισθησίες, που παρουσιάζουν, ορισμένες ομάδες χρηστών (θρησκευτικές και κοινωνικές μειονότητες) και τις λεπτές ισορροπίες που χαρακτηρίζουν τις ανθρώπινες σχέσεις διαπιστώνουμε, ότι η διακίνηση επιβλαβούς υλικού μέσω του Διαδικτύου μπορεί να οδηγήσει σε ακραίες συμπεριφορές και να διαταράξει τις ανθρώπινες σχέσεις.

«Η παραβατικότητα δεν είναι άγνωστη στον κυβερνοχώρο. Στις «λεωφόρους των πληροφοριών» οι γνωστές μορφές εγκλημάτων (απάτη, δυσφήμιση, ξέπλυμα χρήματος, προσβολή δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας) βρίσκουν νέα μέσα, ενώ παρατηρούνται νέες μορφές κολάσιμης συμπεριφοράς (hacking, προσβολή ιδιωτικής ζωής, προβολή αθέμιτου περιεχομένου). Η εγκληματικότητα αφορά ευρύ φάσμα τομέων: εθνική ασφάλεια, προστασία ανηλίκων (παιδική πορνογραφία), οικονομικά εγκλήματα (απάτη, πειρατεία πιστωτικών καρτών, ξέπλυμα χρήματος), προστασία της προσωπικότητας και της φήμης («ηλεκτρονική παρενόχληση», συκοφαντική δυσφήμιση), πνευματική ιδιοκτησία (διανομή χωρίς άδεια των έργων που προστατεύονται από τις διατάξεις για την πνευματική ιδιοκτησία).»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, προκειμένου να αντιμετωπισθούν τα παραπάνω προβλήματα και να επιτευχθεί ισορροπία ανάμεσα στην ελεύθερη διακίνηση ιδεών και στην προστασία του δημοσίου συμφέροντος, έχει επικρατήσει ο διαχωρισμός μεταξύ επιβλαβούς και παράνομου περιεχομένου. Επιπλέον, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο για τις τηλεπικοινωνίες με απόφασή του απαγόρευσε τη διακίνηση παρανόμου περιεχομένου στο Διαδίκτυο και συγκεκριμένα της παιδικής πορνογραφίας. Όσον αφορά το επιβλαβές περιεχόμενο και την αντιμετώπιση του προβλήματος πρόσβασης των ανηλίκων σε αυτό, προτάθηκε υιοθέτηση μέτρων, που θα επιτρέψουν τον έλεγχο και την παρέμβαση των γονέων.

Άλλο βασικό πλεονέκτημα, που αποδίδεται στο Διαδίκτυο, είναι, ότι εκμηδενίζει τις αποστάσεις και συντελεί στη δημιουργία μιας παγκόσμιας κοινότητας. Κατά πόσο όμως αυτό αληθεύει και δεν αποτελεί απλά ένα ποθητό αλλά στην ουσία μη πραγματοποιήσιμο στόχο; Στην πράξη, ένας χρήστης είναι πρακτικά αδύνατο να συμμετέχει σε όλες τις συζητήσεις, που λαμβάνουν χώρα στο διαδίκτυο. Ανάλογα με τα ενδιαφέροντα και τις προτιμήσεις του επιλέγει και τους συνομιλητές του. Έτσι να μην βρίσκεται και κινείται σε μία παγκόσμια κοινότητα, όμως συζητά και συναναστρέφεται μόνο με ένα μικρό τμήμα αυτής, το οποίο απαρτίζεται από άτομα με κοινά ενδιαφέροντα. Με αυτόν το τρόπο ο χρήστης συνεχίζει να λειτουργεί μέσα σε μία κλειστή ομάδα χρηστών. Η μόνη διαφορά είναι ότι ενώ πριν λειτουργούσε σε ένα απομονωμένο τμήμα της τοπικής κοινωνίας, τώρα λειτουργεί σε ένα απομονωμένο τμήμα του διαδικτύου.

Για να γίνει αυτό πιο κατανοητό, αρκεί να αναφέρουμε το εξής: μπορεί όλος ο κόσμος να έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο, όμως η γενική τάση είναι ο Έλληνας να μιλά μόνο με τον Έλληνα, ο φίλαθλος της ΑΕΚ να συζητά μόνο με άλλους φιλάθλους της ΑΕΚ κ.ο.κ. Αυτό βέβαια εγκυμονεί πολλούς κινδύνους, γιατί, αντί να ανοίγονται νέοι ορίζοντες, να διευρύνεται η οπτική γωνία, με την οποία οι χρήστες αντιμετωπίζουν πράγματα και καταστάσεις και να διευκολύνεται η συνειδητή ένταξή τους στην παγκόσμια κοινότητα, απορρίπτονται κάθε τι, που διαφοροποιείται από τις προτιμήσεις τους και ενισχύεται η κοινωνική τους απομόνωση.

Ο κατακερματισμός των χρηστών του Διαδικτύου σε απομονωμένες μεταξύ τους ομάδες με συγκεκριμένα ενδιαφέροντα μπορεί από την μία πλευρά να έχει αρνητικές επιπτώσεις για την κοινωνική ζωή και τις σχέσεις των ανθρώπων, από την άλλη, όμως, διευκολύνει τα συμφέροντα αυτών, που στοχεύουν στην εμπορική εκμετάλλευση του Διαδικτύου. Ο εντοπισμός και προσδιορισμός των ξεχωριστών ομάδων, που λειτουργούν στο διαδίκτυο, δίνει τη δυνατότητα στους εμπορικούς κύκλους να γνωρίζουν τις προτιμήσεις και δυνατότητές τους και να προχωρούν σε κατάλληλες προσφορές ανάλογα με τα ενδιαφέροντα και τα οικονομικά τους περιθώρια. Έτσι, κάτω από το όνομα της παγκοσμιοποίησης δίνεται, στην ουσία, η ευκαιρία σε ορισμένους να αναγνωρίζουν τις προτιμήσεις των χρηστών και να τις εκμεταλλεύονται, προκειμένου να μεγιστοποιήσουν το κέρδος τους.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρέμβει το κράτος και να προστατεύσει τον πολίτη, έτσι ώστε οι ενέργειες, οι επιλογές και οι συνήθειές του να μην μπορούν να γίνουν αντικείμενο καταγραφής, καταχώρησης και εκμετάλλευσης από τρίτους. Το βασικό συστατικό της νέας τάξης πραγμάτων, η πληροφορία, θα πρέπει να προστατευθεί με ειδική νομοθεσία, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στην ελευθερία δράσης των ατόμων. Η κοινωνία της πληροφορίας πρέπει να προστατεύει το προσωπικό απόρρητο, έτσι ώστε να μην εμφανισθούν προβλήματα εμπιστοσύνης εκ μέρους της διεθνούς κοινής γνώμης. Στην προστασία των δεδομένων θα πρέπει να συμπεριλαμβάνεται η προστασία των προσωπικών στοιχείων, ο εμπιστευτικός χαρακτήρας των πληροφοριών, που μεταδίδονται ή/και αποθηκεύονται, καθώς και η προστασία της ιδιωτικής ζωής.

Η ελεύθερη διακίνηση αγαθών και πολιτιστικών προϊόντων μέσα από το Διαδίκτυο δεν θα πρέπει να γίνεται ανεξέλεγκτα, να ξεπερνά τα όρια της νομιμότητας και να φτάνει στο σημείο της πειρατικής διακίνησης και εκμετάλλευσης. Αυτή τη στιγμή η λαθραία διακίνηση λογισμικού και πολιτιστικών προϊόντων, ιδιαίτερα τραγουδιών, αποτελούν ένα μεγάλο τμήμα της διακινούμενης πληροφορίας μέσω του Διαδικτύου. Επομένως, αποτελεί επιτακτική ανάγκη ο καθορισμός των δικαιωμάτων της πνευματικής ιδιοκτησίας, έτσι ώστε από τη μία να προστατεύονται τα δικαιώματα των κατόχων περιεχομένου και από την άλλη να εξασφαλίζεται η ελεύθερη διακίνηση της πληροφορίας και της γνώσης.

«Η προστασία της πνευματικής δημιουργίας είναι μία από τις περιοχές στις οποίες οι τεχνικές και νομικές λύσεις που σχετίζονται με τους όρους χρήσης της πληροφορίας είναι πρωτεύουσας σημασίας. Ο παραδοσιακός ρόλος του copyright, να ενισχύει τη δημιουργικότητα και να προστατεύει το δημιουργό, δοκιμάζεται από τις εξελίξεις, την εμφάνιση πολλών “δημιουργών”, την ψηφιακή αξιοποίηση και διάδοση των έργων με πρωτόγνωρες μορφές, καθώς η ευκολία και η ακρίβεια της “αντιγραφής” ανατρέπει τη διάκριση πρωτότυπου και αντίγραφου.»

Απόσπασμα από το κείμενο «Η Ελλάδα στην κοινωνία της Πληροφορίας»

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Όπως η βιομηχανική επανάσταση στις αρχές του 19ου αιώνα έτσι και η επανάσταση της πληροφορικής σήμερα δημιουργεί μία νέα τάξη πραγμάτων, στην οποία η πληροφορία αναδεικνύεται σε κεντρικό αγαθό. Η Κοινωνία της Πληροφορίας εκμεταλλευόμενη τις νέες δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, προσφέρει νέες ευκαιρίες για ανάπτυξη και συντελεί στην βελτίωση της ποιότητας ζωής μας. Οι περισσότερες χώρες, έχοντας συνειδητοποιήσει τις σημαντικές αλλαγές που λαμβάνουν χώρα, αναπτύσσουν σχέδια δράσης προκειμένου να διαδραματίσουν πρωταγωνιστικό ρόλο και να μη βρεθούν στο περιθώριο των εξελίξεων. Η εξάπλωση και ευρεία χρήση των δικτύων υπολογιστών επηρεάζει σημαντικά πολλούς τομείς: ενημέρωση, περιβάλλον, έρευνα, περιφερειακή ανάπτυξη, οικονομία, εργασία, πολιτισμός. Παράλληλα όμως δημιουργεί και ορισμένους κινδύνους και ηθικά και νομικά προβλήματα, που θα πρέπει να αντιμετωπισθούν έγκαιρα. Με την Κοινωνία της Πληροφορίας δημιουργείται μία νέα μεγάλη απειλή για τον άνθρωπο που αφορά την διατάραξη των ανθρωπίνων σχέσεων.

Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Ποιο είναι το βασικό χαρακτηριστικό της Κοινωνίας της Πληροφορίας.
2. Πως αντιλαμβάνεστε την έννοια της απόλυτης επικοινωνίας.
3. Αναφέρατε τους τομείς της κοινωνικής και οικονομικής ζωής στους οποίους επιδρά είτε θετικά είτε αρνητικά η Κοινωνία της Πληροφορίας.
4. Περιγράψτε εν συντομία πως η Κοινωνία της Πληροφορίας επηρεάζει τους παρακάτω τομείς:
 - α. Ενημέρωση
 - β. Περιβάλλον
 - γ. Έρευνα
 - δ. Περιφερειακή Ανάπτυξη
 - ε. Οικονομία
 - στ. Εργασία
 - ζ. Πολιτισμό
5. Ποιος είναι ο ρόλος του ανθρώπινου παράγοντα στην Κοινωνία της Πληροφορίας και τι υποχρεώσεις δημιουργεί στην πολιτεία.
6. Ποια είναι η νέα απειλή, που δημιουργεί η κοινωνία της Πληροφορίας για τον άνθρωπο.
7. Με βάση τις παρακάτω λέξεις κλειδιά αναλύστε τους κινδύνους, που κρύβει η Κοινωνία της Πληροφορίας.
 - α. Ελεύθερη διακίνηση ιδεών
 - β. Δημιουργία παγκόσμιας κοινότητας
 - γ. Προσωπικά δεδομένα
 - δ. Πνευματικά δικαιώματα

Βιβλιογραφία

1. <http://www.primeminister.gr/is2/index.htm>: *Η Ελλάδα στην Κοινωνία της Πληροφορίας, Στρατηγική και Δράσεις*.
2. Μωυσή Α. Μπουντουρίδη, Τηλεματική και Εκπαίδευση από Απόσταση, <http://thalis.math.upatras.gr/~mboudour/>.
3. Μωυσή Α. Μπουντουρίδη, Κοινωνικές και Πολιτικές Διαστάσεις Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, <http://thalis.math.upatras.gr/~mboudour/>.
4. Μωυσή Α. Μπουντουρίδη, *Internet και Κοινωνία*, Ομιλία στο Συνέδριο «Πληροφορική και Διαδύκτιο: Εφαρμογές και Προοπτικές για την Ανάπτυξη της Περιφέρειας», 11-12 Σεπτεμβρίου 1999, Αργοστόλι, Κεφαλονιά.

5. Forum Επικοινωνιών: Πολιτικές Ανάπτυξης των Επικοινωνιών, Αποτελέσματα εργασιών 1ης ομάδας εργασίας, http://ns1.eet.gr/forum_com/publications/.
6. Forum Επικοινωνιών: Νέες Τηλεπικοινωνιακές τεχνολογίες και οι επιπτώσεις τους στην κοινωνία, Αποτελέσματα εργασιών 3ης ομάδας εργασίας, http://ns1.eet.gr/forum_com/publications/.
7. Forum Επικοινωνιών: Κοινωνία της Πληροφορίας «Ένα Επικοινωνιακό Σχέδιο για την Κοινωνία της Πληροφορίας», Αποτελέσματα εργασιών 4ης ομάδας εργασίας, http://ns1.eet.gr/forum_com/publications/.
8. Tanenbaum A., *Δίκτυα Υπολογιστών*, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1992.

Ορολογία

Address Resolution Protocol (ARP)	Πρωτόκολλο Μετατροπής Διευθύνσεων
Accounting management	Διαχείριση κόστους υπηρεσιών
Advanced Research Projects Agency (ARPA)	Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων του Υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α
Amplitude distortion	Παραμόρφωση πλάτους
Application layer	Επίπεδο εφαρμογής
Asymmetrical digital subscriber line (ADSL)	Ασύμμετρη ψηφιακή συνδρομητική γραμμή
Asynchronous Transfer Mode (ATM)	Ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς
Authentication	Αυθεντικότητα
Back up	Αντίγραφο
Backbone cabling	Κατακόρυφη καλωδίωση
Balanced Transmission Line	Ισοσταθμισμένη Γραμμή Μετάδοσης
Bandsplit	Χωριστών ζωνών
Bandwidth (BW)	Εύρος ζώνης
Basic Rate Interface (BRI)	Διεπαφή βασικού ρυθμού
Baud rate	Ρυθμός μετάδοσης συμβόλων
Bit rate	Ρυθμός μετάδοσης bit
Boundary router	Συνοριακός (ακραίος) δρομολογητής
Bridge	Γέφυρα
Broadband ISDN (B-ISDN)	ISDN ευρείας ζώνης
Broadcast	Ευρεία εκπομπή
Broadcasting services	Υπηρεσίες εκπομπής
Browsers	Προγράμματα πλοήγησης – περιήγησης

Buffer	Επίστρωση οπτικής ίνας
Bus Topology	Τοπολογία Αρτηρίας
Byte	Οκτάδα
Carrier Sense multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)	Πολλαπλή Προσπέλαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων
Cell	Κυψέλη, κύτταρο, κελί
Central Processing Unit (CPU)	Κεντρική μονάδα επεξεργασίας
Chanell Service Unit/Data Service Unit (CSU/DSU)	Μονάδα εξυπηρέτησης καναλιού - δεδομένων
Circuit switching	Μεταγωγή κυκλώματος
Cladding	Επίστρωση οπτικής ίνας
Classless InterDomain Routing (CIDR)	Ανεξαρτήτου Κλάσεων Δρομολόγηση Υπερ-περιοχών
Client-server	Πελάτης-εξυπηρετητής
Coaxial Cable	Ομοαξονικό καλώδιο
Collision	Σύγκρουση
Collision domain	Πεδίο συγκρούσεων
Committed Information Rate (CIR)	Δεσμευμένος ρυθμός πληροφορίας
Common Management Information Protocol, CMIP	Πρωτόκολλο Πληροφοριών Κοινής Διαχείρισης
Common Management Information Service, CMIS	Υπηρεσία Πληροφοριών Κοινής Διαχείρισης
Communication protocol	Πρωτόκολλο επικοινωνίας
Confidentiality	Εμπιστευτικότητα
Configuration management	Διαχείριση παραμέτρων
Connection oriented service	Υπηρεσία με σύνδεση
Connectionless service	Υπηρεσία χωρίς σύνδεση
Consulting Committee on International Telegraph and Telephone (CCITT)	Διεθνής Συμβουλευτική Επιτροπή Τηλεγραφίας και Τηλεφωνίας
Continuity plan	Σχέδιο συνέχειας
Cross connect cables	Καλώδια μικτονόμησης
Data Communication Equipment (DCE)	Εξοπλισμός Επικοινωνίας Δεδομένων
Data compression	Συμπύεση δεδομένων

Data Encryption Standard (DES)	Πρότυπο Κρυπτογράφησης Δεδομένων
Data link layer	Επίπεδο σύνδεσης δεδομένων
Data Terminal Equipment (DTE)	Τερματικός Εξοπλισμός Δεδομένων
Datagram	Αυτοδύναμο πακέτο
Decryption	Αποκρυπτογράφηση
Differential Phase Shift Keying (DPSK)	Διαφορική Διαμόρφωση Μετατόπισης Φάσης
Digital Signature	Ψηφιακή υπογραφή
Digital Subscriber Line (DSL)	Ψηφιακή συνδρομητική γραμμή
Domain	Περιοχή
Domain Name System (DNS)	Σύστημα Ονομάτων Περιοχών
Don't Fragment (DF)	Πεδίο ένδειξης απαγόρευσης διάσπασης αυτοδύναμου πακέτου
Downlink	Καθοδική ζεύξη
Electronic Industry Association / Telecommunications Industry Association	Σύνδεσμος Ηλεκτρονικής Βιομηχανίας / Σύνδεσμος Τηλεπικοινωνιακής Βιομηχανίας
E-mail	Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο
Encapsulation bridge	Γέφυρα ενθυλάκωσης
Encryption	Κρυπτογράφηση
Error correction	Έλεγχος λαθών
European Computer Manufacturing Association (ECMA)	Ευρωπαϊκή Ένωση Κατασκευαστών Υπολογιστών
Exterior Gateway Protocols (EGP)	Εξωτερικά Πρωτόκολλα Πύλης
Far End Cross Talk	Παραδιαφωνία μεταξύ μακρινών άκρων σε καλώδιο συνεστραμένων ζευγών
Fault management	Διαχείριση σφαλμάτων
Fiber optic	Οπτική ίνα
File Transfer Protocol (FTP)	Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων
Flow control	Έλεγχος ροής
Forwarding table	Πίνακας προώθησης
Fragment	Τεμάχιο
Frequency Division Multiplexing (FDM)	Πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας

Frequency Shift Keying (FSK)	Διαμόρφωση Μετατόπισης Συχνότητας
FTP (Foiled twisted pair)	Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών με τη χρήση φύλλου αλουμινίου
Full duplex	Διπλής κατεύθυνσης
Group Delay	Παραμόρφωση φάσης
Half duplex	Μονής εναλλακτικής κατεύθυνσης
Handshake	Αποκατάσταση επαφής
Hardware	Υλικό
Hash	Κατατεμαχισμός
High-bit-rate digital subscriber line (HDSL)	Ψηφιακή συνδρομητική γραμμή υψηλού ρυθμού
Highlighted	Φωτιζόμενος
Home page	Κεντρική Ιστοσελίδα
Hop	Βήμα
Host	Τελικός υπολογιστής
Hypermedia	Υπερμέσα
Hypertext Transfer Protocol (HTTP)	Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου
Information availability	Διαθεσιμότητα πληροφοριών
Information rate	Ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας
Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)	Ινστιτούτο ηλεκτρολόγων και ηλεκτρονικών μηχανικών
Integrated Services Digital Network (ISDN)	Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών
Integrity	Ακεραιότητα
Interface	Διεπαφή
Interior Gateway Protocols (IGP)	Εσωτερικά πρωτόκολλα πύλης
International Data Encryption Algorithm (IDEA)	Διεθνής Αλγόριθμος Κρυπτογράφησης Δεδομένων
International Telecommunication Union (ITU)	Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών
Internet	Διαδίκτυο
Internet Control Message Protocol (ICMP)	Πρωτόκολλο Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου

Internet Protocol (IP)	Πρωτόκολλο Διαδικτύου
Internet Service Providers (ISPs)	Πάροχοι υπηρεσιών Διαδικτύου
Intranet	Εσωτερικό ιδιωτικό δίκτυο τεχνολογίας TCP/IP
Inventory database	Βάση δεδομένων καταλόγου υλικών
Layered architecture	Στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική
Link	Ζεύξη
Link Access Protocol for Modem (LAPM)	Πρωτόκολλα Ελέγχου Πρόσβασης της Γραμμής για Modem
Local Area Networks (LANs)	Τοπικά Δίκτυα
Logical Link Control (LLC)	Ελεγχος Λογικής Σύνδεσης
Management Information Base (MIB)	Βάση Πληροφοριών Διαχείρισης
Media Access Control (MAC)	Ελεγχος Πρόσβασης στο Μέσο
More Fragments (MF)	Πεδίο ένδειξης ύπαρξης περισσοτέρων κομματιών
Multicast	Πολλαπλή Εκπομπή
Multimode Fiber optic	Πολύτροπη οπτική ίνα
Multiple access	Πολλαπλή πρόσβαση
Multistation Access Unit (MSAU)	Μονάδες Πρόσβασης Πολλαπλών Σταθμών
Near End Cross Talk (NEXT)	Παραδιαφωνία μεταξύ κοντινών άκρων σε καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών
Network architecture	Αρχιτεκτονική δικτύου
Network Information Card (NIC)	Κάρτα δικτύου
Network Information Center (NIC)	Κέντρο Πληροφορίας Δικτύου
Network layer	Επίπεδο δικτύου
Network packet sniffing	Ανίχνευση πακέτων σε δίκτυο
Non Repudiation	Μη άρνηση ταυτότητας
Open Shortest Path First (OSPF)	Πρωτόκολλο Βραχύτερου Μονοπατιού
Open systems	Ανοικτά συστήματα
Open Systems Interconnection reference model (OSI)	Μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων
Organization Unique Identifier (OUI)	Μοναδική ταυτότητα οργανισμού

Packet Assembler/Disassembler (PAD)	Μονάδα συναρμολόγησης/ αποσυναρμολόγησης πακέτων
Packet switching	Μεταγωγή πακέτου
Packet Switching Node (PSN)	Κόμβος μεταγωγής πακέτου
Patch panel	Κατανεμητής
Performance management	Διαχείριση επίδοσης
Permanent Virtual Circuits (PVCs)	Μόνιμα νοητά (ιδεατά) κυκλώματα
Physical layer	Φυσικό επίπεδο
Presentation layer	Επίπεδο παρουσίασης
Primary Rate Interface (PRI)	Διεπαφή πρωτεύοντος ρυθμού
Public Switched Telephone Network (PSTN)	Δημόσιο τηλεφωνικό δίκτυο μεταγωγής
Public/Private Key	Δημόσιο/Ιδιωτικό Κλειδί
Punchdown block	Οριολωρίδα
Quadrature Amplitude Modulation (QAM)	Διαμόρφωση Ορθογωνισμού πλάτους
Rack	Ικρίωμα
Recovery	Ανάκαμψη
Repeater	Επαναλήπτης
Reverse Address Resolution Protocol (RARP)	Πρωτόκολλο Ανάστροφης Μετατροπής Διευθύνσεων
Ring Topology	Τοπολογία Δακτυλίου
Router	Δρομολογητής
Routing Information Protocol (RIP)	Πρωτόκολλο Πληροφορίας Δρομολόγησης
Security management	Διαχείριση ασφάλειας
Segment	Τμήμα δικτύου
Service Access Points (SAPs)	Σημεία Πρόσβασης για Εξυπηρέτηση
Session layer	Επίπεδο συνόδου
Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)	Πρωτόκολλο Μεταφοράς Απλού Ταχυδρομείου
Simple Network Management Protocol (SNMP)	Απλό Πρωτόκολλο Διαχείρισης Δικτύων

Single mode Fiber optic	Μονότροπη οπτική ίνα
Source Root bridge	Γέφυρα πηγαίας δρομολόγησης
Spanning tree bridge	Γέφυρα με δένδρο συνδέσεων
Star Topology	Τοπολογία Αστέρα
Statistical TDM	Στατιστική πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου
Store and forward	Αποθήκευση και προώθηση
STP (Shielded Twisted Pair)	Θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών με τη χρήση μεταλλικού πλέγματος
Switch	Μεταγωγέας
Switched Virtual Circuits (SVCs)	Μεταγωγίμα νοητά (ιδεατά) κυκλώματα
Switching	Μεταγωγή
TCP port	TCP θύρα
Thicknet / Thinnet	Παχύ / Λεπτό ομοαξονικό καλώδιο
Time Division Multiplexing (TDM)	Πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου
Timeslots	Χρονοθυρίδες
Token Bus Topology	Τοπολογία Αρτηρίας με Κουπόνι
Translating bridge	Γέφυρα μετάφρασης
Transmission Control Protocol (TCP)	Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης Διαδικτύου
Transparent bridge	Διαφανής γέφυρα
Transport layer	Επίπεδο μεταφοράς
Trivial File Transfer Protocol (TFTP)	Πρωτόκολλο τετριμμένης μεταφοράς αρχείων
Twisted pair	Συνεστραμένο ζεύγος
UDP port	UDP θύρα
Uplink	Ανοδική ζεύξη
User Datagram Protocol (UDP)	Πρωτόκολλο Αυτοδύναμων Πακέτων Χρήστη
Unshielded Twisted Pair (UTP)	Αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμένων ζευγών
Validity	Εγκυρότητα
Very-high-speed digital subscriber line (VDSL)	Ψηφιακή συνδρομητική γραμμή πολύ υψηλού ρυθμού

Video	Κινούμενη εικόνα
Virtual circuit	Νοητό Κύκλωμα
Virtual LAN	Εικονικό τοπικό δίκτυο
Wave division Multiplexing	Πολυπλεξίας κύματος
Web site	Θέση στο Παγκόσμιο Ιστό
Wide Area Networks (WANs)	Δίκτυα Ευρείας Περιοχής
World Wide Web (WWW)	Υπηρεσία Παγκόσμιου Ιστού
Telecommunications Network (Telnet)	Απομακρυσμένη σύνδεση

