

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), Συμπύεση 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

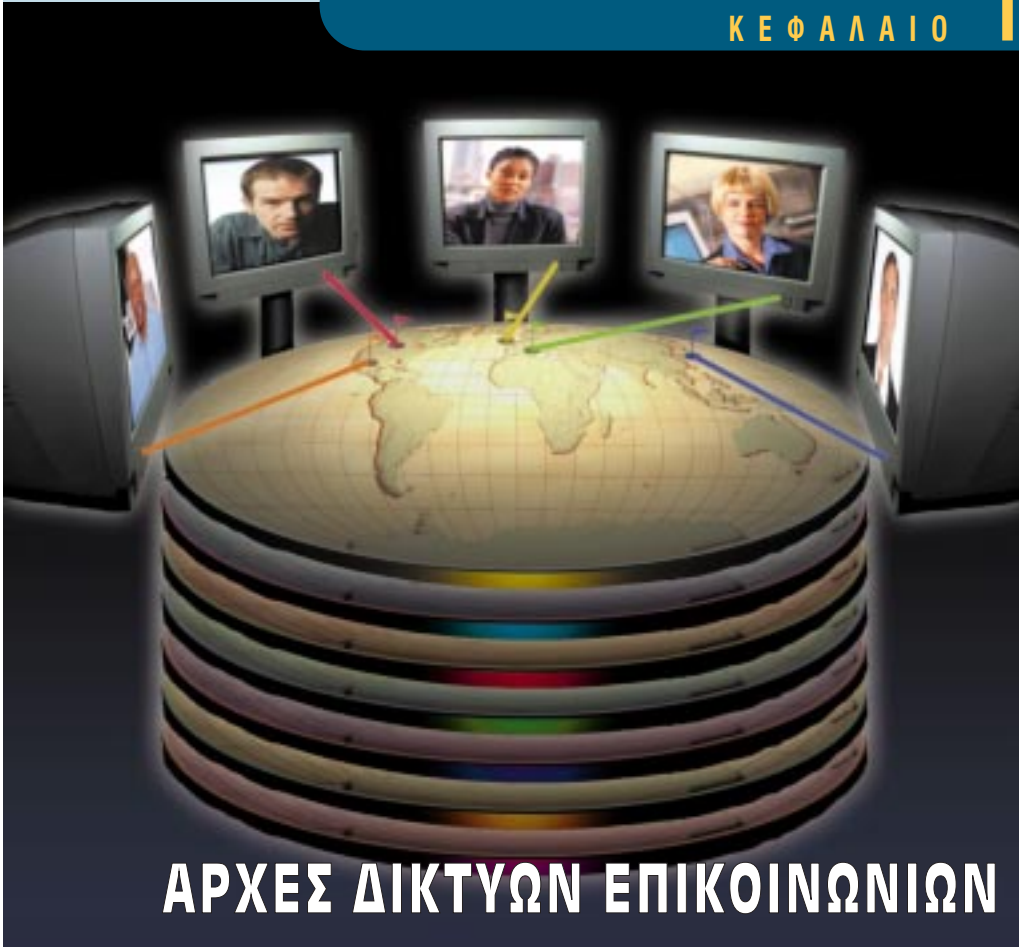
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

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 εξηγείτε 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

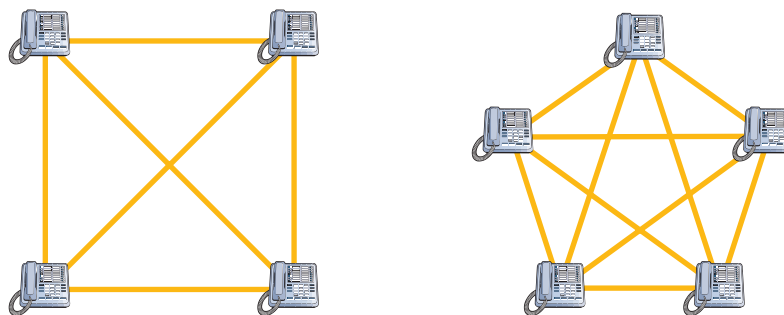
Οι νέες τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας αλλάζουν ραγδαία τον τρόπο εργασίας, διασκέδασης, επικοινωνίας και συναλλαγής και οδηγούν στην Κοινωνία της Πληροφορίας. Τα δίκτυα επικοινωνίας αποτελούν απαραίτητη προϋπόθεση για την Κοινωνία της Πληροφορίας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα σας δοθούν οι βασικές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



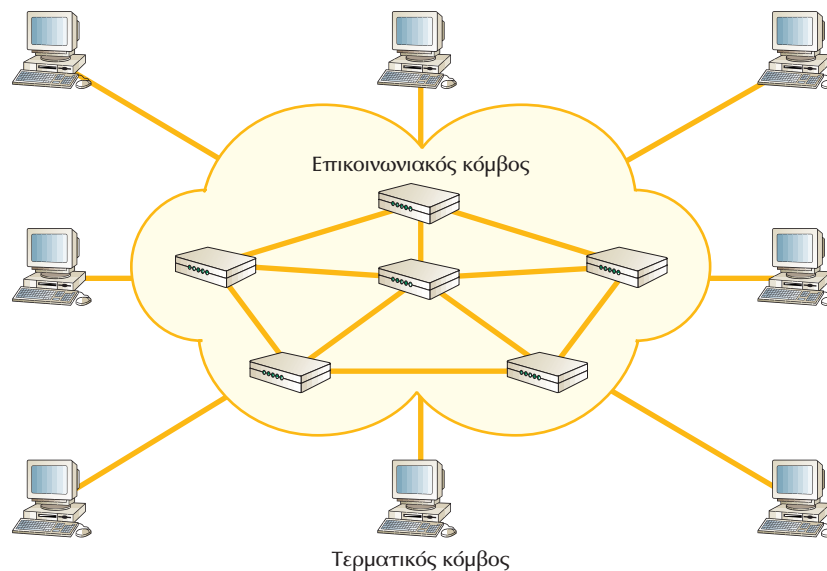
Σχήμα 1-1 Αριθμός συνδέσεων για 4, 5 συνδρομητές

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).

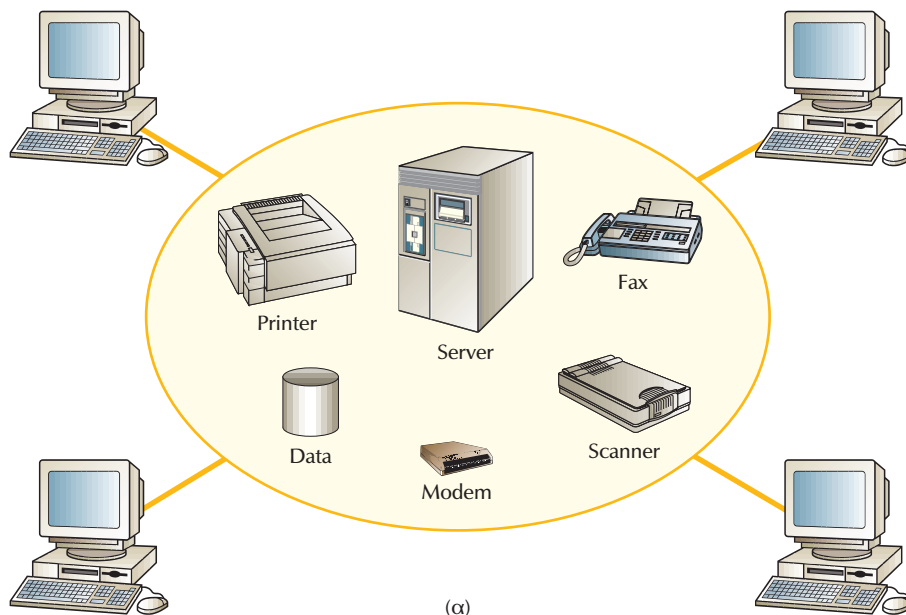


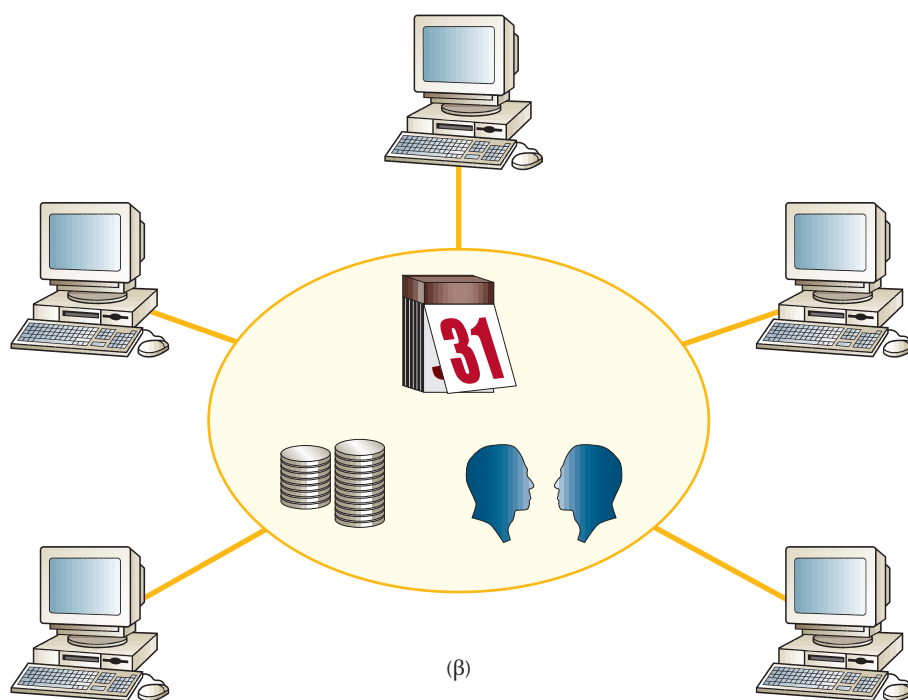
Σχήμα 1-2 Τερματικοί και επικοινωνιακοί κόμβοι σε ένα επικοινωνιακό δίκτυο

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				
		1	2	3	4	5
ΑΡΙΣΤΕΡΟΣ ΤΟΙΧΟΣ	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

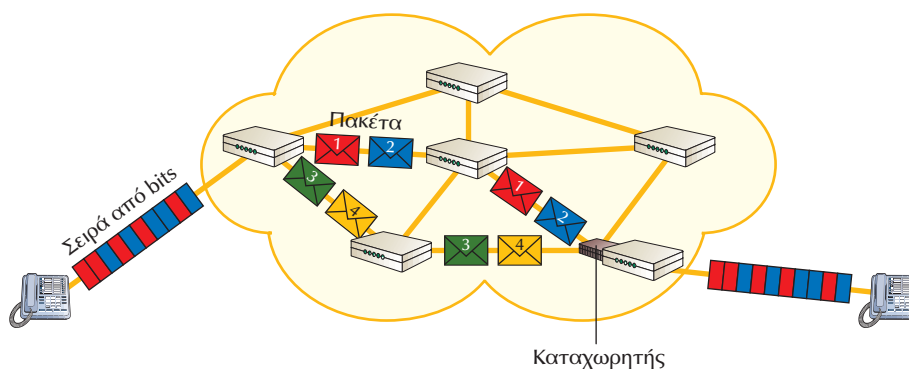
Ας δούμε τώρα μερικά παραδείγματα υπηρεσιών δικτύων επικοινωνίας και την αντίστοιχη κατηγορία, στην οποία ανήκουν. Εκεί όπου απαιτείται σταθερός ρυθμός μετάδοσης bits μέσα από το δίκτυο επικοινωνίας, χρησιμοποιείται σύγχρονη

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

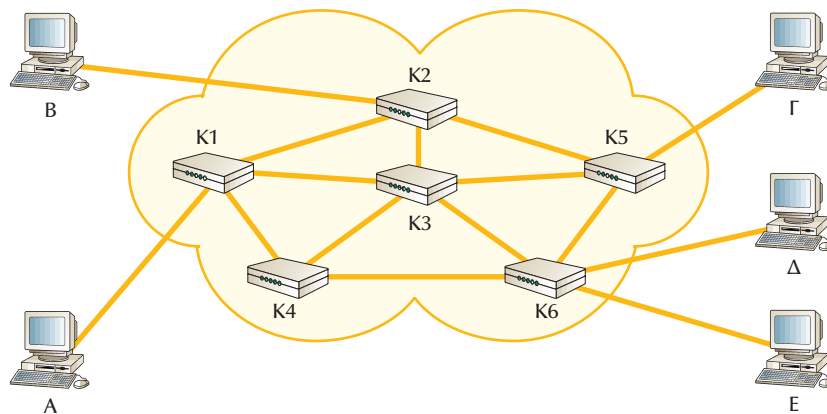
1.4 Μεταγωγή και πολυπλεξία

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.

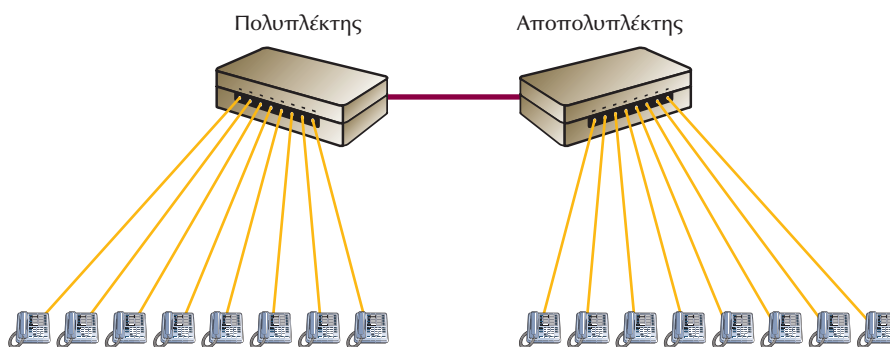
Οι κόμβοι μεταγωγής δεν ασχολούνται με το περιεχόμενο της πληροφορίας, αλλά μόνο με το πως θα προωθήσουν την πληροφορία κατάλληλα από κόμβο σε κόμβο, μέχρι αυτή να φθάσει στον προορισμό της. Το Σχήμα 1-9 δείχνει ένα απλό δίκτυο μεταγωγής. Οι σταθμοί, στους οποίους παρέχονται οι υπηρεσίες επικοινωνίας 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

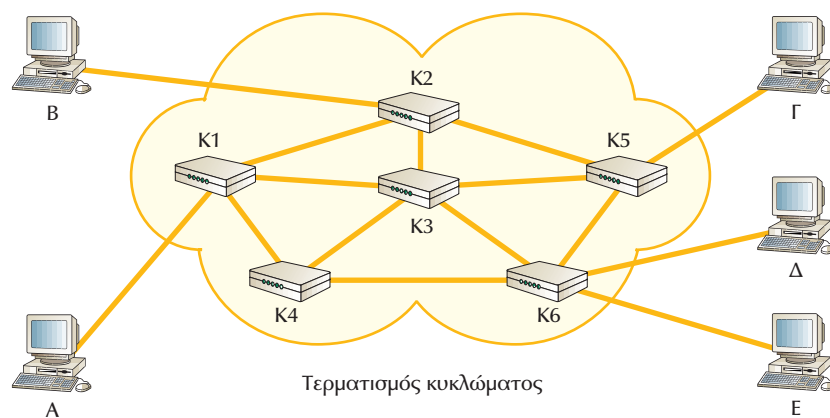
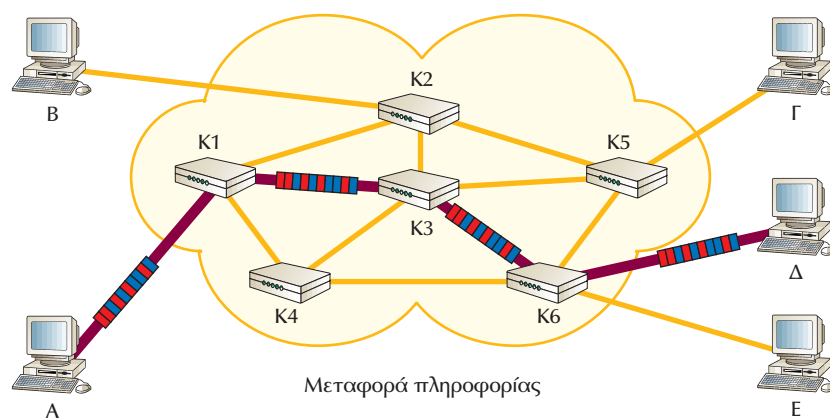
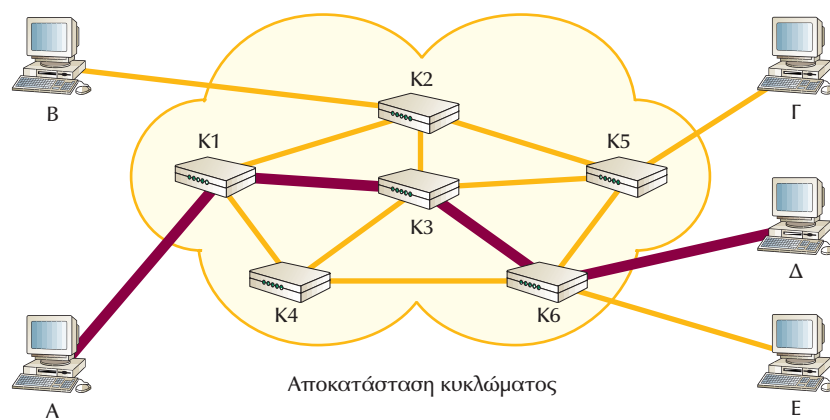
Στα δίκτυα επικοινωνίας χρησιμοποιούνται δύο αρκετά διαφορετικές τεχνικές μεταγωγής, η **μεταγωγή κυκλώματος (circuit switching)** και η **μεταγωγή πακέτου (packet switching)**. Η διαφορά τους βρίσκεται στο τρόπο, με τον οποίο οι κόμβοι του δικτύου προωθούν (μετάγουν) την πληροφορία από τη μια γραμμή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

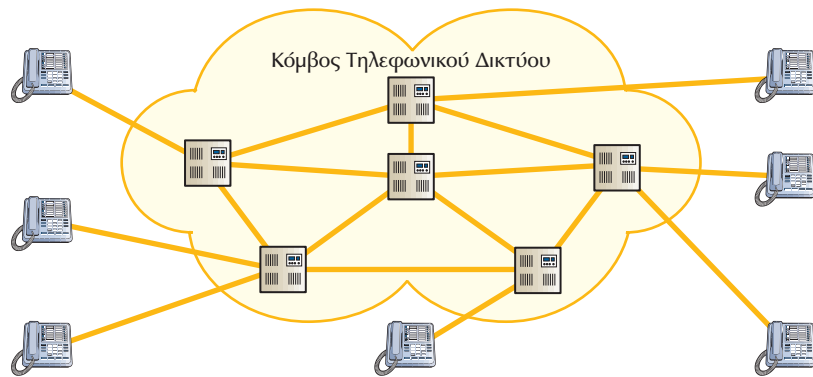
Η τεχνική της μεταγωγής κυκλώματος μπορεί να είναι αρκετά αναποτελεσματική. Η χωρητικότητα του τηλεπικοινωνιακού καναλιού, ένας αρκετά πολύτιμος πόρος ενός δικτύου, αφιερώνεται σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας των δύο σταθμών, ακόμη κι αν δεν μεταδίδεται πληροφορία. Για τηλεφωνική σύνδεση, η χρήση 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.

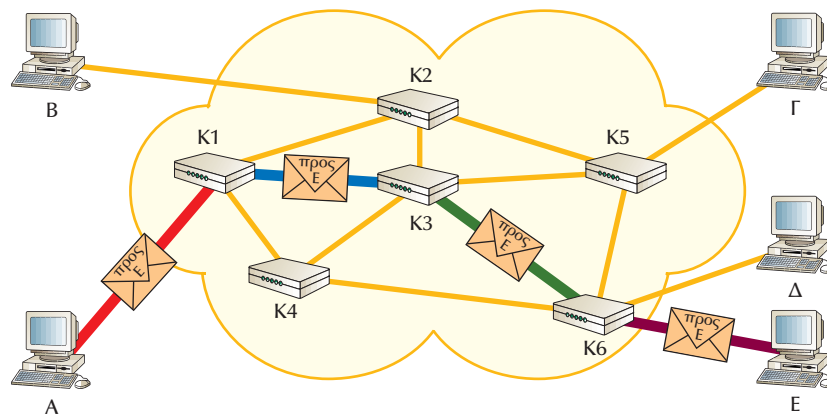
1.5.2 Μεταγωγή πακέτου

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 προτεραιοτήτων. 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

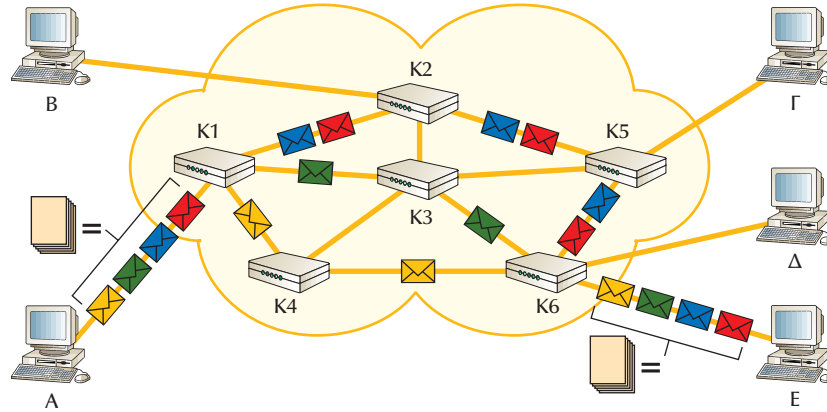
Όπως είδαμε, όταν ένας σταθμός θέλει να στείλει μήνυμα μέσα από δίκτυο μεταγωγής πακέτων, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το μέγιστο μέγεθος του πακέτου, που υποστηρίζει το δίκτυο, το τεμαχίζει σε πακέτα και τα στέλνει, ένα – ένα στο δίκτυο. Το ερώτημα, που προκύπτει, είναι με ποιόν τρόπο το δίκτυο θα 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.

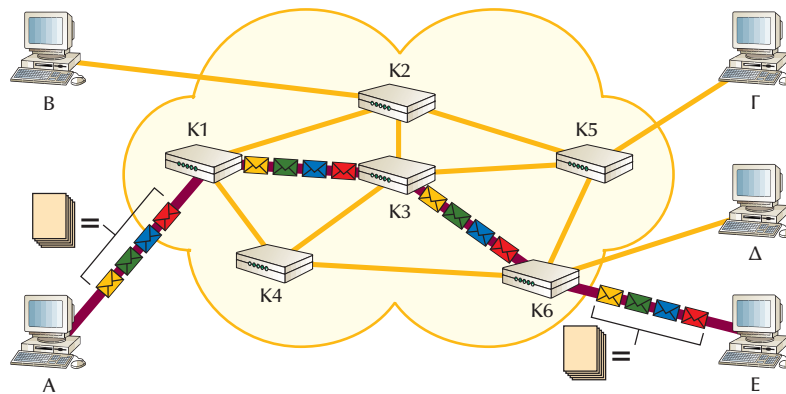
Σημείωση

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).

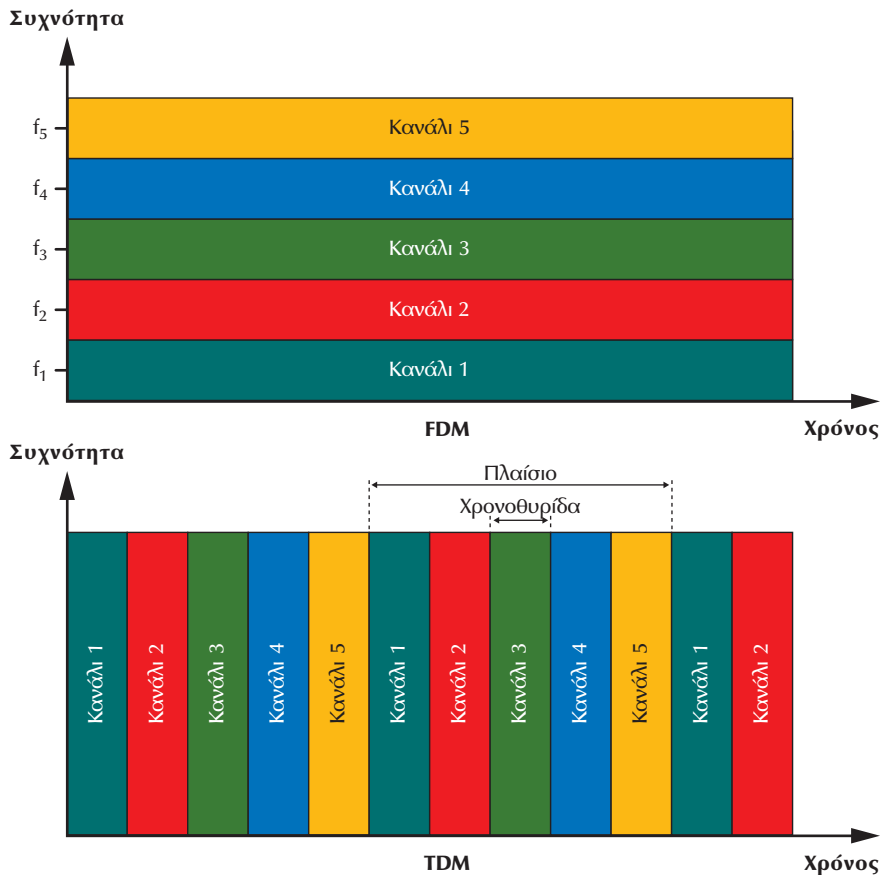
Πλεονέκτημα της μεθόδου νοητού κυκλώματος έναντι της μεθόδου του αυτοδύναμου πακέτου είναι η ταξινομημένη παραλαβή των πακέτων, κάτι που συνεπάγεται την εύκολη και χωρίς ελέγχους και καθυστερήσεις μετάδοση και ανασύσταση του μηνύματος. Επίσης, ο κόμβος μεταγωγής δεν χρειάζεται να παίρνει περίπλοκες αποφάσεις 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

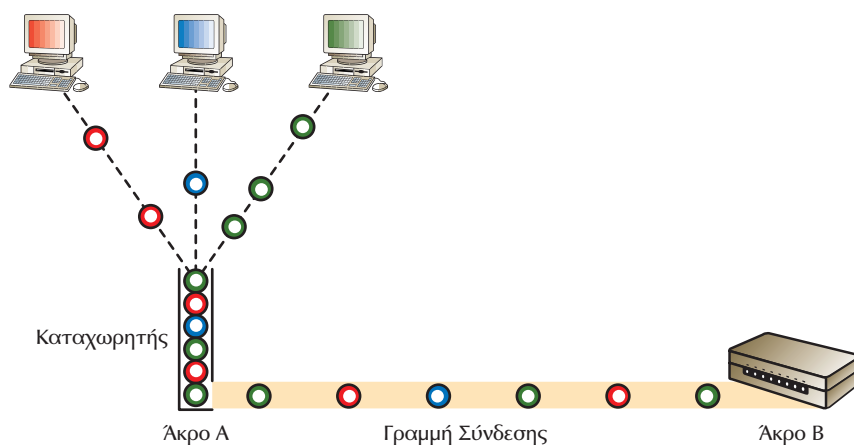
Υπάρχουν δύο συγκεκριμένες τεχνικές πολυπλεξίας: η πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας και η πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου.

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.

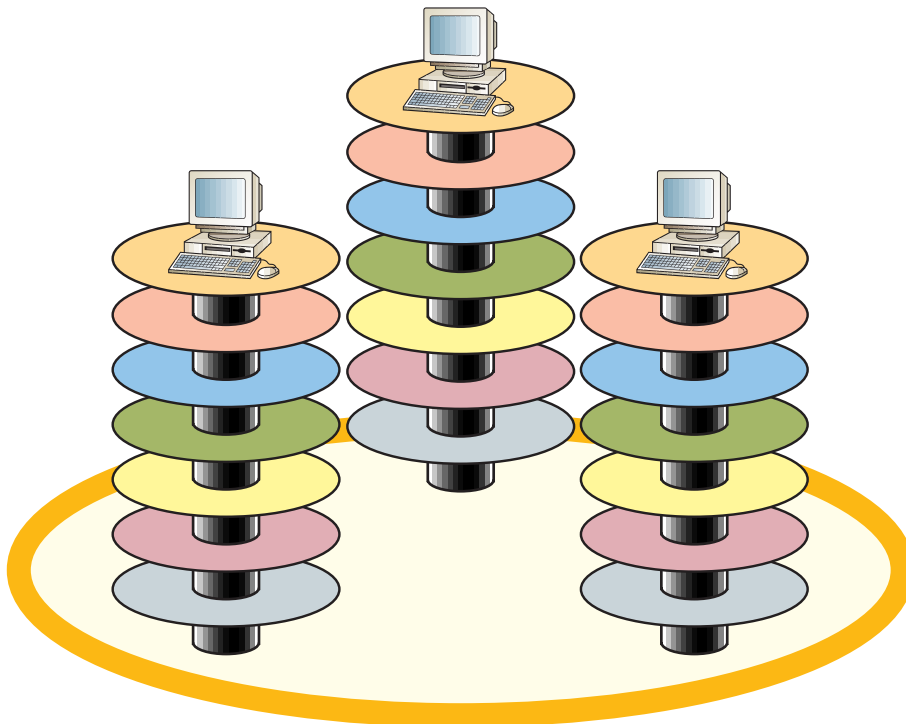
Ο ρόλος των διαφόρων τμημάτων του λογισμικού και του υλικού στη διεργασία της επικοινωνίας, η μεταξύ τους σχέση, και τα πρωτόκολλα τα οποία πρέπει να ακολουθούνται, καθορίζονται από την **αρχιτεκτονική δικτύου (network architecture)**. Μάλιστα, με σκοπό να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση και υλοποίηση ενός 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

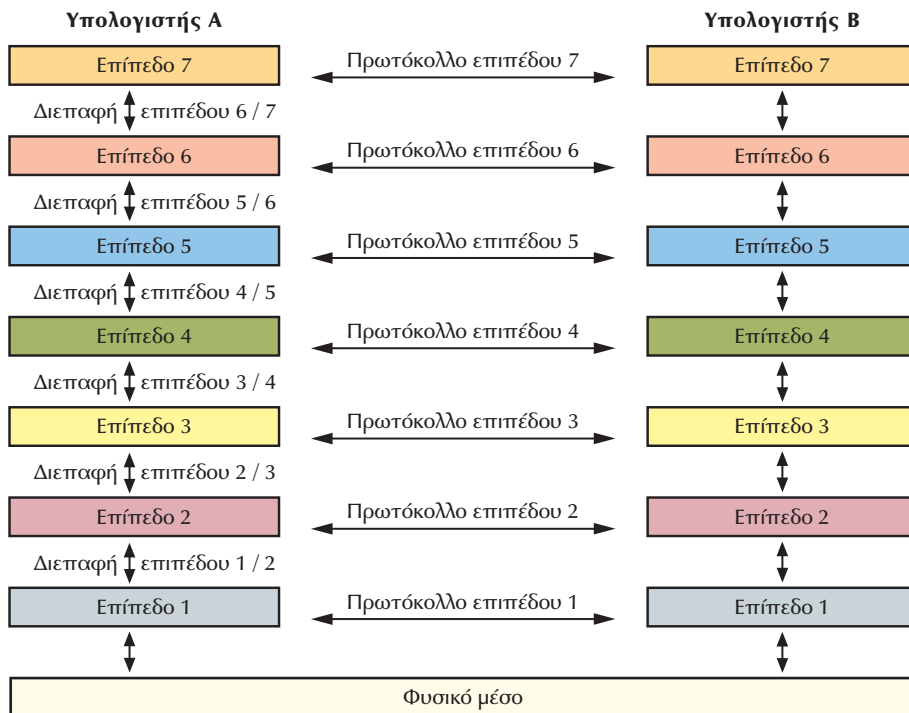
Μερικές από τις ανεξάρτητες λειτουργίες οι οποίες απαιτούνται στις επικοινωνίες δικτύου και είναι δυνατόν να υλοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα, είναι η μετατροπή των δεδομένων σε ηλεκτρικό σήμα, η ανίχνευση και η διόρθωση λαθών, η προώθηση των δεδομένων στον προορισμό, η κρυπτογράφηση των δεδομένων.



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

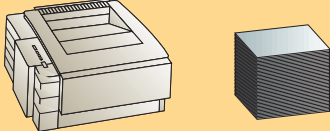
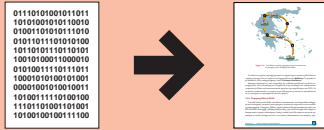
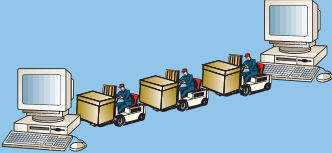
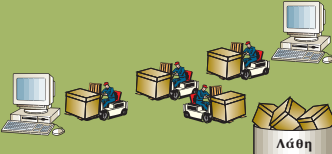
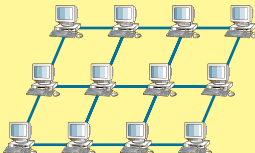

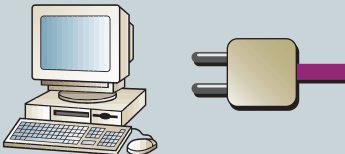
Ανοικτά συστήματα (open systems) είναι τα συστήματα, στα οποία η αρχιτεκτονική δεν αποτελεί μυστικό. Τα συστήματα αυτά μπορούν να συντεθούν από συσκευές διαφορετικών κατασκευαστών, που ακολουθούν τα ίδια πρωτόκολλα και πρότυπα.

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.

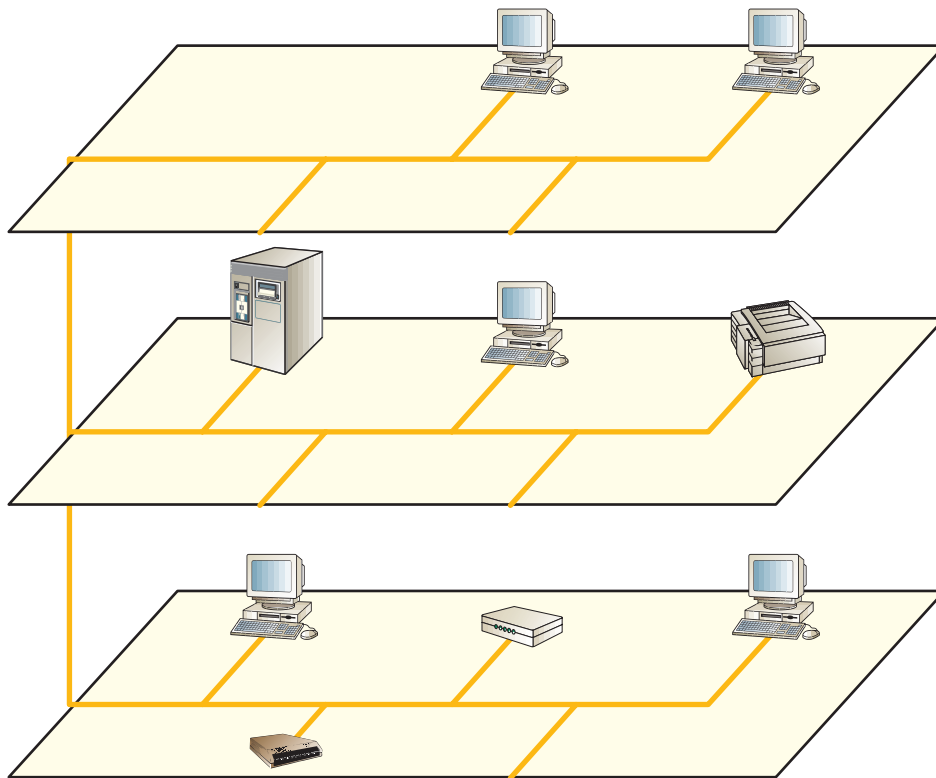
1.9 Κατηγορίες δικτύων ανάλογα με τη γεωγραφική τους έκταση

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

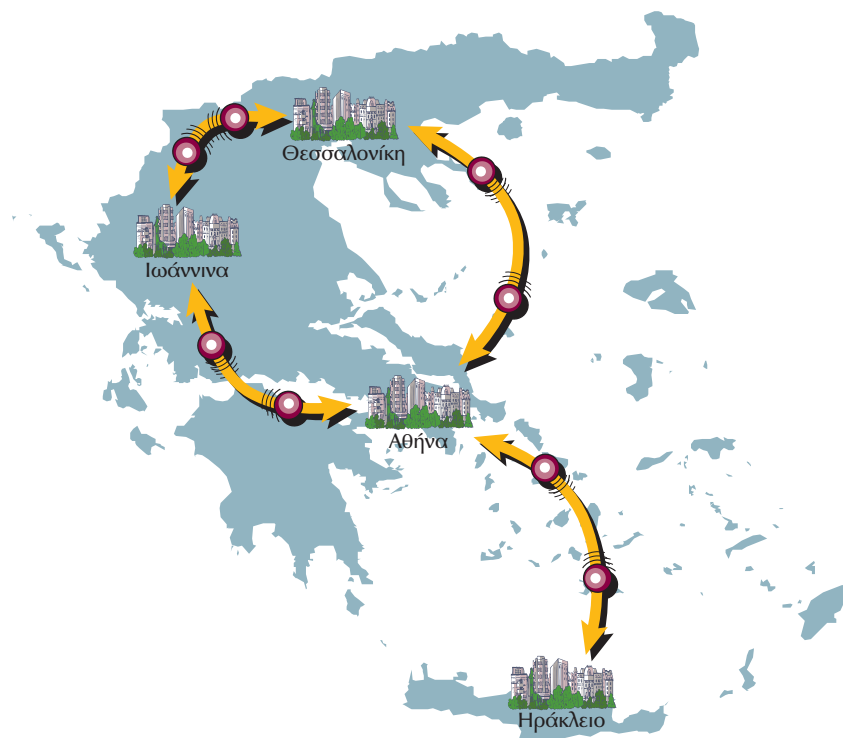
Στα τοπικά δίκτυα χρησιμοποιείται ειδική παραλλαγή της στατιστικής πολυπλεξίας αντί της μεθόδου μεταγωγής, που προτιμάται στα δίκτυα ευρείας περιοχής. Συγκεκριμένα, η μέθοδος, που χρησιμοποιείται, λέγεται **πολλαπλή πρόσβαση (multiple access)**. Στη μέθοδο αυτή, δεν υπάρχουν ενδιάμεσοι κόμβοι μεταγωγής. 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. Φιλοδοξεί 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 ενωποιημένες 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.