

Δ.Ι.Ε.Κ.

# Δίκτυα Υπολογιστών Ι

Σημειώσεις Θεωρίας Μαθήματος

Ειδικότητα: Τεχνικός Δικτύων και Τηλεπικοινωνιών

## Πίνακας Περιεχομένων

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Πίνακας Περιεχομένων.....                                                         | 2  |
| Σκοπός & Διδακτικές Ενότητες Μαθήματος – Δίκτυα Υπολογιστών Ι .....               | 4  |
| Σκοπός του μαθήματος .....                                                        | 4  |
| Διδακτική Ενότητα 1: Εισαγωγή στα Δίκτυα Υπολογιστών .....                        | 4  |
| Διδακτική Ενότητα 2: Πρότυπα Αναφοράς Δικτύων.....                                | 4  |
| Διδακτική Ενότητα 3: Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer) .....        | 5  |
| Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στα Δίκτυα Υπολογιστών .....                                | 5  |
| Χρήση Δικτύων Υπολογιστών .....                                                   | 5  |
| Χρήση των δικτύων στην κοινωνία της πληροφορίας .....                             | 6  |
| Ταξινόμηση Δικτύων .....                                                          | 7  |
| Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία .....                                            | 7  |
| Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία μετάδοσης των δεδομένων .....                   | 10 |
| Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη – κλίμακα .....                           | 10 |
| Οργανισμοί Τυποποίησης .....                                                      | 10 |
| Λογισμικό Δικτύων .....                                                           | 11 |
| Η έννοια του επιπέδου (layer) σε ένα δίκτυο.....                                  | 11 |
| Πρωτόκολλα επικοινωνίας και αρχιτεκτονική δικτύου .....                           | 11 |
| Κατεύθυνση μετάδοσης δεδομένων σε ένα δίκτυο .....                                | 13 |
| Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων .....                                              | 13 |
| Κεφάλαιο 2ο: Πρότυπα Αναφοράς Δικτύων .....                                       | 14 |
| Το Πρότυπο Αναφοράς OSI (Open Systems Interconnection).....                       | 14 |
| Τα επτά επίπεδα του OSI .....                                                     | 15 |
| Φυσικό επίπεδο (Physical layer).....                                              | 15 |
| Επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (Data Link layer) .....                             | 16 |
| Επίπεδο δικτύου (Network layer) .....                                             | 16 |
| Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer) .....                                         | 17 |
| Επίπεδο συνόδου (Session layer) .....                                             | 17 |
| Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer) .....                                    | 18 |
| Επίπεδο εφαρμογής (Application layer) .....                                       | 18 |
| Το Πρότυπο Αναφοράς TCP/IP.....                                                   | 19 |
| Τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP .....                                               | 20 |
| Επίπεδο πρόσβασης δικτύου (Network Accesss layer) .....                           | 20 |
| Επίπεδο Διαδικτύου (Internet layer) .....                                         | 20 |
| Επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer) .....                                         | 21 |
| Επίπεδο Εφαρμογής (Application layer).....                                        | 22 |
| Αξιολόγηση και Σύγκριση των Προτύπων Αναφοράς OSI & TCP/IP.....                   | 22 |
| Ομοιότητες.....                                                                   | 23 |
| Διαφορές .....                                                                    | 23 |
| Κεφάλαιο 3ο: Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer).....                 | 24 |
| Μέσα Μετάδοσης Δεδομένων.....                                                     | 24 |
| Καλώδια Συνεστραμμένου Ζεύγους (Twisted Pair – Unshielded Twisted Pair CAT5)..... | 25 |
| Ομοαξονικά Καλώδια Βασικής Ζώνης (Baseband Coaxial Cable) .....                   | 25 |
| Ομοαξονικά Καλώδια Ευρείας Ζώνης (Broadband Coaxial Cable) .....                  | 26 |
| Οπτικές Ίνες.....                                                                 | 26 |
| Σύγκριση ενσύρματων μέσων μετάδοσης .....                                         | 29 |
| Ραδιοκύματα (Radiowaves) .....                                                    | 30 |
| Μικροκύματα (Microwaves).....                                                     | 31 |
| Δορυφορική επικοινωνία.....                                                       | 31 |
| Υπέρυθρα – Λέιζερ (Infrared) .....                                                | 32 |
| Δίκτυα Ευρείας Περιοχής .....                                                     | 33 |
| Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network – PSTN).....         | 33 |
| Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του PSTN .....                                       | 33 |

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Modems, Πρωτόκολλα V90, V34bis .....                                                                                                                 | 35 |
| Μισθωμένες Γραμμές.....                                                                                                                              | 35 |
| Ολοκληρωμένο Ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής ISDN (Integrated Switched Digital Network) .....                                                               | 36 |
| Αρχιτεκτονική ISDN .....                                                                                                                             | 37 |
| xDSL.....                                                                                                                                            | 38 |
| Δίκτυα Μεταγωγής Δεδομένων (Packet Switched Networks) .....                                                                                          | 40 |
| Δίκτυα X25.....                                                                                                                                      | 40 |
| Δίκτυα Frame Relay .....                                                                                                                             | 43 |
| Δίκτυα ATM .....                                                                                                                                     | 44 |
| Πρωτόκολλο Σημείου σε Σημείο (Point-to-Point Protocol PPP) .....                                                                                     | 46 |
| Μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου.....                                                                                                | 48 |
| Ο μηχανισμός CSMA/CD .....                                                                                                                           | 48 |
| Ο μηχανισμός CSMA/CA .....                                                                                                                           | 48 |
| Το Πέρασμα Κουπονιού .....                                                                                                                           | 49 |
| Πρωτόκολλα Τοπικού Δικτύου .....                                                                                                                     | 49 |
| Πρωτόκολλο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)..... | 50 |
| IEEE Standard 802.3, Ethernet.....                                                                                                                   | 51 |
| Fast Ethernet.....                                                                                                                                   | 53 |
| Δίκτυα αρτηρίας με κουπόνι IEEE 802.4 (Token Bus) .....                                                                                              | 53 |
| Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι IEEE 802.5 (Token Ring) .....                                                                                            | 54 |
| Δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων (FDDI – Fiber Distributed Data Interface) .....                                                   | 56 |
| Βιβλιογραφία.....                                                                                                                                    | 57 |

## Σκοπός & Διδακτικές Ενότητες Μαθήματος – Δίκτυα Υπολογιστών Ι

### Σκοπός του μαθήματος

Σκοπός του μαθήματος είναι η κατανόηση από τους καταρτιζόμενους των βασικών αρχών που διέπουν τα Δίκτυα Υπολογιστών και ειδικότερα τα Δίκτυα πρωτοκόλλου TCP/IP. Η διδακτέα ύλη καλύπτει το γενικό υπόβαθρο που πρέπει να έχει κάποιος καταρτιζόμενος των ΙΕΚ, σχετικά με Δίκτυα Η/Υ (Πρότυπα Αναφοράς OSI & TCP/IP) και τις βασικές τηλεπικοινωνιακές γνώσεις που πρέπει να έχει ώστε να είναι σε θέση πλήρως τη βασική λειτουργία Δικτύων Η/Υ.

### Διδακτική Ενότητα 1: Εισαγωγή στα Δίκτυα Υπολογιστών

Στόχοι: Ο καταρτιζόμενος να κατανοήσει την αναγκαιότητα της «Δικτύωσης» στη σύγχρονη κοινωνία και τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από αυτή. Επίσης είναι σκόπιμη η εις βάθος κατανόηση από τον καταρτιζόμενο των διαφόρων κατηγοριών των Δικτύων Η/Υ, ανάλογα με την προσέγγιση που ακολουθείται και τέλος η κατανόηση θεμελιωδών εννοιών, όπως επίπεδο Δικτύου, η έννοια του Πρωτοκόλλου και της Αρχιτεκτονικής Δικτύου.

Περιεχόμενα:

1. Χρήση Δικτύων Υπολογιστών στη σημερινή εποχή, αναγκαιότητα, πλεονεκτήματα, Κοινωνικές Προεκτάσεις
2. Ταξινόμηση Δικτύων
  - a. Ανάλογα με την Τοπολογία τους, Δίκτυα Αστέρα (Star), Δίκτυα Αρτηρίας (Bus)
  - b. Ανάλογα με την Τεχνολογία Μετάδοσης των Δεδομένων, Δίκτυα Εκπομπής (Broadcast Networks) – Δίκτυα Σημείου σε Σημείο (Point-to-Point Networks)
  - c. Ανάλογα με την Κλίμακά τους, Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks – LAN), Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WAN)
3. Λογισμικό Δικτύων
  - a. Η έννοια του επιπέδου (layer) σε ένα Δίκτυο
  - b. Η έννοια του πρωτοκόλλου
  - c. Η έννοια της Αρχιτεκτονικής Δικτύου
  - d. Κατεύθυνση Μετάδοσης Δεδομένων σε ένα Δίκτυο, Απλή (Simplex), Ημιδιπλή (Half-Duplex), Πλήρης Διπλή (Full-Duplex)
  - e. Connection Oriented Service, Connectionless Service

### Διδακτική Ενότητα 2: Πρότυπα Αναφοράς Δικτύων

Στόχοι: Ο καταρτιζόμενος να κατανοήσει τη δομή και τη λειτουργία των δύο πιο σημαντικών Πρότυπων Αναφοράς Δικτύων, το Πρότυπο OSI και το Πρότυπο TCP/IP. Επίσης είναι σημαντική η εις βάθος κατανόηση από τον καταρτιζόμενο των διαφορετικών φιλοσοφιών που διέπουν τις δύο αυτές διαφορετικές προσεγγίσεις στα Πρότυπα Αναφοράς Δικτύων Η/Υ.

Περιεχόμενα:

1. Το Πρότυπο Αναφοράς OSI (Open Systems Interconnection), Συνοπτική Περιγραφή της λειτουργίας κάθε επιπέδου
2. Το Πρότυπο Αναφοράς TCP/IP, συνοπτική περιγραφή της λειτουργίας κάθε επιπέδου
3. Αξιολόγηση και σύγκριση των Προτύπων Αναφοράς OSI & TCP/IP
4. Υιοθέτηση του Προτύπου Αναφοράς TCP/IP σε αυτό το εγχειρίδιο και λόγοι για τους οποίους ακολουθήθηκε η προσέγγιση αυτή και όχι το Πρότυπο Αναφοράς OSI

### Διδακτική Ενότητα 3: Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer)

Στόχοι: Ο καταρτιζόμενος να κατανοήσει πολύ καλά το υλικό των Δικτύων καθώς και τις αρχές και τη λειτουργία της Τηλεφωνίας (αναλογικής και ψηφιακής), τα Δημόσια Δίκτυα Μεταγωγής Δεδομένων και τέλος τα Πρωτόκολλα Σημείου σε Σημείο (ppp) και τα Πρωτόκολλα Τοπικού Δικτύου (Ethernet).

Περιεχόμενα:

1. Μέσα Μετάδοσης Δεδομένων
  - a. Καλώδια Συσπαστραμμένου Ζεύγους (Twisted Pair – Unshielded Twisted Pair CAT5)
  - b. Ομοαξονικά Καλώδια Βασικής Ζώνης (Baseband Coaxial Cable)
  - c. Ομοαξονικά Καλώδια Ευρείας Ζώνης (Broadband Coaxial Cable)
  - d. Οπτικές Ίνες
2. Ασύρματη Μετάδοση (Wireless Transmission), Radio Microwave Infrared & Millimetre Lightwave Transmission
3. Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network – PSTN)
  - a. Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του PSTN
  - b. Modems, Πρωτόκολλα V90, V34bis
  - c. Μισθωμένες Γραμμές και Baseband Modems, Σύγχρονη / Ασύγχρονη Μετάδοση
4. Ολοκληρωμένο Ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής ISDN (Integrated Switched Digital Network)
  - a. Αρχιτεκτονική ISDN
  - b. Υπηρεσίες ISDN
  - c. Αξιολόγηση και σύγκριση του ISDN με το PSTN
5. Δίκτυα Μεταγωγής Δεδομένων (Packet Switched Networks)
  - a. Δίκτυα X25
  - b. Δίκτυα Frame Relay
  - c. Δίκτυα ATM
6. Πρωτόκολλο Σημείου σε Σημείο (Point-to-Point Protocol PPP)
  - a. Αναγκαιότητα και λόγοι ύπαρξης του ppp (μέσω του ppp οποιοσδήποτε Η/Υ σε ένα σπίτι μπορεί να γίνει host στο Διαδίκτυο, ενώ παλιά κάθε Η/Υ χρησιμοποιούνταν σαν ένα απλό τερματικό)
  - b. Αρχιτεκτονική του ppp (LCP, NCP)
  - c. Μέθοδοι authentication του ppp (Chap, Pap)
  - d. Ευρεία Χρήση του ppp σε WAN δίκτυα
  - e. Multilink ppp
7. Πρωτόκολλα Τοπικού Δικτύου
  - a. Ethernet, Fast Ethernet, CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), MAC Address, IEEE Standard 802.3
  - b. Token Bus, Token Ring
  - c. FDDI

## Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή στα Δίκτυα Υπολογιστών

### Χρήση Δικτύων Υπολογιστών

*(Ερ.Πιστ.: Τι είναι το δίκτυο υπολογιστών; Ποιους στόχους εξυπηρετεί; Πού βρίσκουν εφαρμογή τα δίκτυα υπολογιστών;)*

Δίκτυο είναι ένα σύνολο υπολογιστών και συσκευών που διασυνδέονται για ανταλλαγή δεδομένων και επιτρέπουν σε πολλούς χρήστες να διαμοιράζονται κοινές βάσεις δεδομένων. Ο βασικότερος στόχος είναι η επικοινωνία κι η μεταφορά δεδομένων από τον διπλανό χρήστη μέχρι τον πιο μακρινό υπολογιστή του κόσμου. Εφαρμογές σε: σχολεία, πανεπιστήμια, τράπεζες, αστυνομικά κέντρα, ταχυδρομείο, Υπουργεία, εταιρείες εθνικές και διεθνής, επιχειρήσεις, οργανισμούς,

στα στρατόπεδα κα. Κυρίως βρίσκουν εφαρμογή σε σπίτια. Σε άλλα για εκπαιδευτικούς σκοπούς και σε άλλα για επαγγελματικούς από το σπίτι.

**Ορισμός:** Δίκτυο υπολογιστών είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων μεταξύ τους ηλεκτρονικών υπολογιστών και άλλων τερματικών διατάξεων, που επικοινωνούν με συγκεκριμένους κανόνες. Οι κανόνες αυτοί λέγονται πρωτόκολλα επικοινωνίας και είναι υπεύθυνα για την ποιότητα και την πιστότητα των πληροφοριών που μεταδίδονται στο κανάλι επικοινωνίας. Η αποτελεσματικότητα αυτών των κανόνων καθορίζει και την αποδοτικότητα του δικτύου.

Μερικά πρωτόκολλα επικοινωνίας είναι τα TCP/IP, ISO/OSI, SNMP, POP3, SMTP, FTP, TELNET κλπ.

### *Χρήση των δικτύων στην κοινωνία της πληροφορίας*

Η ευρύτατη χρήση των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιφέρει ριζικές αλλαγές σε πολλούς τομείς της οικονομικής και της κοινωνικής ζωής, η νέα (ηλεκτρονική) οικονομία, εκπαιδευτική διαδικασία, η υγεία, η ψυχαγωγία κτλ. Τα οφέλη των δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής:

- Διαμοιρασμός πόρων δικτύου. Η διασύνδεση των υπολογιστών έχει μεγάλη επίδραση στον εργασιακό χώρο, αφού αυξάνει τη λειτουργικότητά του, καθώς προσθέτει τα ακόλουθα:
  - Ο διαμοιρασμός εφαρμογών. Οι εφαρμογές λογισμικού υψηλού κόστους, όπως ένας προσομοιωτής ή ένα στατιστικό ή σχεδιαστικό πακέτο, μπορούν να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα από διαφορετικούς χρήστες στο δίκτυο, χωρίς να είναι απαραίτητη η εγκατάστασή τους σε καθέναν υπολογιστή ξεχωριστά.
  - Ο διαμοιρασμός περιφερειακών συσκευών. Όλα τα συστήματα ενός δικτύου μπορούν να χρησιμοποιούν οποιαδήποτε περιφερειακή συσκευή, όπως έναν έγχρωμο εκτυπωτή λέιζερ κτλ.
  - Ο διαμοιρασμός αρχείων. Διάφορα κοινόχρηστα αρχεία μπορούν να αποθηκεύονται σε ένα μόνο υπολογιστή του δικτύου, έτσι ώστε να είναι δυνατή η πρόσβασή τους σε όλους τους υπολογιστές των ενδιαφερόμενων χρηστών.
- Επικοινωνία και πληροφόρηση. Οι υπηρεσίες του Διαδικτύου αποτελούν εύχρηστους και άμεσους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών. Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η οπτική τηλεδιάσκεψη, οι ειδήσεις, τα κοινωνικά δίκτυα κτλ. είναι σήμερα πραγματικότητα για εκατομμύρια ανθρώπους σε όλο τον κόσμο. Ταυτόχρονα παραδοσιακές και νέες πηγές πληροφόρησης, όπως οι εφημερίδες, η τηλεόραση, το ραδιόφωνο, τα περιοδικά, είναι διαθέσιμα στο Διαδίκτυο για τους συνδρομητές - χρήστες του.

Η αύξηση της επεξεργαστικής δυνατότητας και η συνεχιζόμενη τεχνολογική εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιτρέψει την ανάπτυξη δικτυακών εφαρμογών ιδιαίτερης πολυπλοκότητας που απαιτούν μεγάλη ικανότητα μεταφοράς δεδομένων όπως: η τηλεδιάσκεψη, η αναγνώριση φωνής, η επεξεργασία εικόνας, οι μηχανολογικές και επιστημονικές εφαρμογές, τα συστήματα προσομοίωσης.

Επιπλέον εφαρμογές που αναπτύσσονται στα δίκτυα νέων τεχνολογιών επηρεάζουν σημαντικά αρκετούς τομείς της κοινωνικής και της οικονομικής δραστηριότητας, όπως: η τηλεϊατρική, η τηλεεκπαίδευση, το ηλεκτρονικό εμπόριο, τα ψυχαγωγικά προγράμματα.

*(Ερ. Πιστ.: Ποια είναι τα βασικά συστατικά στοιχεία ενός δικτύου; Δώστε παραδείγματα ανά κατηγορία.)*

Τα δομικά στοιχεία ενός δικτύου υπολογιστών είναι τα ακόλουθα:

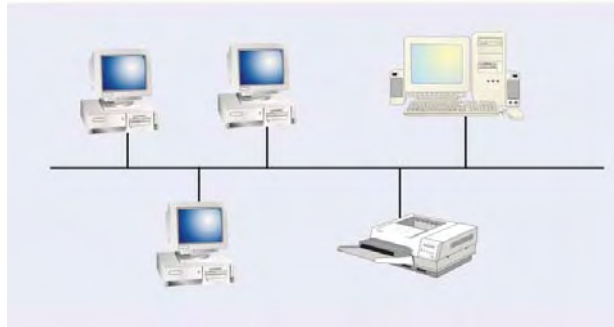
- Κόμβοι επικοινωνίας: ηλεκτρονικά συστήματα που διαθέτουν τουλάχιστον επεξεργαστή και μνήμη, π.χ. Η/Υ, δικτυακοί εκτυπωτές, επίγειοι δορυφορικοί σταθμοί αναμετάδοσης

- ο Φυσικό μέσο μετάδοσης ή σύνδεσμος: το μέσο μέσα από το οποίο θα περάσουν τα δεδομένα υπό μορφή σημάτων επικοινωνίας, π.χ. χάλκινα καλώδια, οπτικές ίνες, μικροκύματα
- ο Διατάξεις σύνδεσης: μονάδες υλικού που εξασφαλίζουν τη διασύνδεση των συσκευών και τη μεταφορά των πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου, π.χ. hubs, switches, routers, bridges
- ο Λογισμικό δικτύου: το σύνολο των προγραμμάτων που εξασφαλίζουν τη σύνδεση και ελέγχουν την επικοινωνία των υπολογιστών του δικτύου, π.χ. Windows NT, Unix, Windows 2000 Server, Windows XP, Linux
- ο Λογισμικό εφαρμογών δικτύου: προγράμματα εφαρμογών που έχουν σχεδιαστεί ειδικά για να εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες που τους προσφέρει ένα δίκτυο υπολογιστών, π.χ. Kerberos, HyperTerminal, Netscape, Firewall

## Ταξινόμηση Δικτύων

### Ταξινόμηση ως προς την τοπολογία

Τοπολογία δικτύου χαρακτηρίζεται η φυσική διάταξη των καλωδίων που συνδέουν τους κόμβους του δικτύου. Οι πιο γνωστές τοπολογίες είναι οι εξής:



Δίκτυο τοπολογίας Διαύλου

- ο Διαύλου, λεωφόρου ή αρτηρίας (bus): οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μέσω ενός καλωδίου του οποίου τα άκρα είναι ανοιχτά. Όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται άμεσα, χωρίς τη μεσολάβηση άλλων διατάξεων σε μία κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται δίαυλος (bus). Τα πακέτα μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου και μπορεί να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους. Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Επειδή οι κόμβοι βρίσκονται κοντά σε αυτόν που εκπέμπει, λαμβάνουν ισχυρότερο σήμα από αυτούς που βρίσκονται μακρύτερα, τίθεται περιορισμοί που αφορούν το υλικό του καλωδιακού μέσου, το μήκος του, τον αριθμό των συνδεδεμένων κόμβων και τα προσαρμοστικά υλικά που χρησιμοποιούνται στις συνδέσεις, ώστε να μην αποδυναμώνεται η ισχύς των σημάτων. Τα δίκτυα διαύλου δεν παρουσιάζουν κατασκευαστική πολυπλοκότητα και μπορούν εύκολα να αναδιαταχτούν ή να επεκταθούν προσθέτοντας ή αφαιρώντας διατάξεις. Επίσης, βλάβη σε κάποιον κόμβο δεν επηρεάζει το δίκτυο, αφού αυτός μπορεί εύκολα να απομονωθεί. Η χρήση της τοπολογίας διαύλου είναι κατάλληλη για μικρά τοπικά δίκτυα, δηλαδή δίκτυα όπου ο αριθμός των κόμβων είναι μικρός και η κυκλοφορία μικρή. Τα δίκτυα διαύλου παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση σε κάθε ενέργεια που προκαλεί αύξηση της κυκλοφορίας. Και βασικό μειονέκτημα αυτής της τοπολογίας είναι ότι εάν το καλώδιο της αρτηρίας κοπεί σε κάποιο σημείο το δίκτυο δεν μπορεί να λειτουργήσει.



#### Δίκτυο τοπολογίας Δακτυλίου

- ο Δακτυλίου (ring): οι υπολογιστές του δικτύου συνδέονται επίσης μέσω ενός μόνο καλωδίου, τα άκρα του όμως είναι μεταξύ τους ενωμένα. Στην τοπολογία δακτυλίου το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο, ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόχος. Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο διαμέσου μιας διάταξης που λέγεται αναμεταδότης. Η διάταξη αυτή έχει στόχο την ενίσχυση του σήματος και την αποστολή του στον κόμβο με τον οποίο είναι συνδεδεμένη. Οι συνδέσεις είναι μίας κατεύθυνσης, δηλαδή η ροή των πληροφοριών έχει την ίδια πάντα φορά επάνω στο δίκτυο (είτε αυτήν των δεικτών του ρολογιού είτε την αντίστροφη). Τα πακέτα μεταδίδονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς ιδιαίτερη καθυστέρηση και χωρίς επιβάρυνση του δικτύου με πληροφορίες δρομολόγησης, όπως η διεύθυνση του παραλήπτη. Κάθε κόμβος που βλέπει το μήνυμα ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Από τη στιγμή που πολλοί κόμβοι μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης απαιτείται έλεγχος προκειμένου να καθοριστεί πότε κάθε σταθμός μπορεί να μεταδώσει πακέτα. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι κεντρικός ή κατακεντρωμένος. Καταστροφή ενός κόμβου δε σημαίνει απαραίτητα και διακοπή της κυκλοφορίας, αφού υπάρχουν μέθοδοι απομόνωσής τους. Η τοπολογία δακτυλίου είναι καλή επιλογή όταν

- ο απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας στους κόμβους του δικτύου
- ο υπάρχει σε μικρές αποστάσεις μικρός αριθμός κόμβων οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης
- ο κάθε κόμβος πρέπει να μεταδώσει οπωσδήποτε πριν από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα

Τα δίκτυα δακτυλίου παρουσιάζουν:

- ο Σημαντική μέση καθυστέρηση μετάδοσης, ακόμη και στην περίπτωση μικρών φορτίων κίνησης.
- ο Μη αναλογική με το φορτίο αύξηση της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.
- ο Σταθερή χρησιμοποίηση του καναλιού της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης.

Επέκταση της τοπολογίας του δακτυλίου αποτελεί ο διπλός δακτύλιος, με αντίθετες κατευθύνσεις μετάδοσης σε κάθε δακτύλιο που χρησιμοποιείται στα δίκτυα υψηλών επιδόσεων.





- ο Αστέρα (star): σε αυτή την τοπολογία υπάρχει ένας κατακεντρωμένος ή κεντρικός υπολογιστής, ο οποίος συνδέεται με κάθε υπολογιστή του δικτύου απευθείας με μία μόνιμη γραμμή σύνδεσης. Δύο υπολογιστές ενός τέτοιου δικτύου συνδέονται μόνο μέσω του κεντρικού υπολογιστή. Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου, επειδή η μετάδοση κάποιου κόμβου γνωστοποιείται σε όλους τους άλλους κόμβους και επειδή μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδώσει επιτυχημένα κάθε χρονική στιγμή. Τα μηνύματα των κόμβων μεταδίδονται στον κεντρικό κόμβο, ο οποίος ενεργεί ανάλογα με τη μορφή ελέγχου που ασκείται. Υπάρχουν τρεις μορφές ελέγχου που μπορούν να υλοποιηθούν:
  - ο Στην πρώτη περίπτωση ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για όλες τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων. Τα μηνύματα που φθάνουν στον κεντρικό κόμβο υφίστανται επεξεργασία και αποστέλλονται σε κάποιον από τους κόμβους προκειμένου να σταλούν στον παραλήπτη.
  - ο Στη δεύτερη περίπτωση ο έλεγχος ασκείται από κάποιον περιφερικό κόμβο, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σαν διακόπτης μεταγωγής (επαναλήπτης), που εγκαθιστά συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, αποστέλλοντας τα μηνύματα σε όλους τους κόμβους.
  - ο Στην τρίτη περίπτωση ο έλεγχος είναι ισοκαταμερισμένος στους κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων.

Η τοπολογία άστρου αποτελεί καλή επιλογή όταν:

- ο Απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής-δεδομένων.
- ο Απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης.

Η υλοποίηση των δικτύων άστρου είναι πολύπλοκη, αφού ορισμένοι κόμβοι μπορεί να είναι απλές περιφερειακές μονάδες και άλλοι να ασκούν έλεγχο. Σε περίπτωση κεντρικού ελέγχου ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί παρόμοια με ένα ιδιωτικό κέντρο μεταγωγής, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία. Πολλά χαρακτηριστικά του δικτύου εξαρτώνται από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η χωρητικότητα του δικτύου, η δυνατότητα επέκτασής του όσον αφορά τον αριθμό των κόμβων που μπορεί να υποστηρίξει, ο ρυθμός μεταφοράς των γραμμών επικοινωνίας, η αξιοπιστία του κτλ.

- ο Δέντρου (tree): έχει ιεραρχική δομή σχήματος δέντρου, η ρίζα έχει την κύρια ευθύνη και μοιράζεται ιεραρχικά τους κόμβους των κλάδων του δέντρου.
- ο Δικτυωτού (mesh): λέγεται και πλέγμα και δεν έχει κάποια συγκεκριμένη μορφή.
- ο Μεικτή (mixed): αποτελεί συνένωση πολλών διαφορετικών τοπολογιών.

Οι κόμβοι του δικτύου που συνδέονται μεταξύ τους με γραμμές υψηλού ρυθμού μετάδοσης σχηματίζουν το λεγόμενο κορμό (backbone) του δικτύου, και οι κόμβοι αυτοί συχνά λειτουργούν ως πύλες (gateways) για δίκτυα χαμηλότερου ρυθμού μετάδοσης.

#### *Ταξινόμηση ως προς την τεχνολογία μετάδοσης των δεδομένων*

Με κριτήριο το είδος της σύνδεσης τα δίκτυα διακρίνονται στις ακόλουθες δύο κατηγορίες:

- ο Δίκτυα σημείου προς σημείο (Point-to-Point Networks): ο σύνδεσμος συνδέει δύο μόνο κόμβους κάθε φορά. Είναι η απλούστερη μορφή επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων που επιτυγχάνεται με απευθείας σύνδεσή τους με κάποια γραμμή επικοινωνίας. Όταν δύο κόμβοι δεν επικοινωνούν με απευθείας σύνδεση, επικοινωνούν μέσω άλλων κόμβων του δικτύου. Για αυτά τα δίκτυα υπάρχουν διάφορες τεχνικές δρομολόγησης. Γνωστά δίκτυα με συνδέσεις σημείου προς σημείο είναι το τηλεφωνικό δίκτυο, τα δίκτυα δεδομένων ευρείας περιοχής και το διαδίκτυο.
- ο Δίκτυα ανοικτής ακρόασης ή ευρείας εκπομπής (Broadcast Networks): ο σύνδεσμος συνδέει δύο ή και περισσότερους κόμβους ταυτόχρονα. Τα δίκτυα ευρείς εκπομπής διαθέτουν ένα μόνο κανάλι επικοινωνίας, το οποίο μοιράζονται όλοι οι κόμβοι που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο. Κάθε μήνυμα που στέλνεται παραλαμβάνεται από όλους ανεξαιρέτως τους χρήστες που βρίσκονται στο δίκτυο και για αυτό είναι εφοδιασμένο με τη διεύθυνση του παραλήπτη. Γνωστά δίκτυα ευρείας εκπομπής είναι αυτά του ραδιοφώνου, της τηλεόραση και τοπικά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών.

#### *Ταξινόμηση ως προς τη γεωγραφική κάλυψη – κλίμακα*

*(Ερ. Πιστ.: Πώς ταξινομούνται τα δίκτυα υπολογιστών με βάση τη γεωγραφική έκταση που καλύπτουν;)*

- ο Τοπικά δίκτυα (LAN – Local Area Networks): δίκτυα των οποίων η γεωγραφική κάλυψη είναι περιορισμένη. Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας δεν εκτείνονται πέρα από τα 100Km και οι ρυθμοί μετάδοσης είναι μέχρι τα 2Gbps. Τοπικό δίκτυο είναι το δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή και κοντινών κτιρίων. Τα κυριότερα πρότυπα τοπικών δικτύων είναι το Ethernet και το Token Ring.
- ο Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN – Metropolitan Area Networks): η κλίμακά τους είναι μεταξύ των τοπικών και των δικτύων ευρείας περιοχής και καλύπτουν μεγάλες γεωγραφικές αποστάσεις με χαρακτηριστικά τοπικών δικτύων. Ενσύρματα δίκτυα αυτής της κατηγορίας δεν υπερβαίνουν σε μήκος τα 200Km και οι ρυθμοί κυμαίνονται έως 100Mbps. Συνήθως πρόκειται για ιδιόκτητα δίκτυα.
- ο Ευρείας Περιοχής δίκτυα (WAN – Wide Area Networks): πρόκειται για υπεραστικά ή διεθνή δίκτυα, των οποίων οι ρυθμοί μετάδοσης πάνω από 622Mbps και φτάνουν και το 1Gbps. Το πλήθος των υπολογιστών σε ένα τέτοιο δίκτυο είναι τεράστιο και μπορεί να εξυπηρετήσει αρκετά εκατομμύρια χρήστες.

#### **Οργανισμοί Τυποποίησης**

*(Ερ. Πιστ.: Αναφέρατε δύο (2) από τους κυριότερους διεθνείς οργανισμούς, υπεύθυνους για τις τυποποιήσεις στον τομέα των δικτύων υπολογιστών)*

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

- ο ISO (International Standards Organization) – Διεθνής Οργανισμός Τυποποιήσεων: έχει δώσει σημαντικά πρότυπα στις επικοινωνίες δεδομένων όπως το μοντέλο αναφοράς OSI ([www.iso.ch](http://www.iso.ch))

- ITU (International Telecommunication Union) – Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών: διακυβερνητικός οργανισμός υπεύθυνος για την υιοθέτηση διεθνών συμβάσεων, ρυθμίσεων και προτύπων που αφορούν τις τηλεπικοινωνίες. ([www.itu.org](http://www.itu.org))
- IETF (Internet Engineering Task Force): ο κύριος οργανισμός προτύπων για το Internet. ([www.ietf.org](http://www.ietf.org))
- IAB (Internet Architecture Board): συμβουλευτική ομάδα που ασχολείται με το Internet, και επιβλέπει την IETF ([www.iab.org](http://www.iab.org))
- ETSI (European Telecommunications Standards Institute) – Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τυποποιήσεων στον τομέα των τηλεπικοινωνιών: σκοπός του η ενιαία πολιτική στις τηλεπικοινωνίες στις χώρες της Ευρώπης ([www.etsi.org](http://www.etsi.org))
- IEEE (Institute of Electronics and Electrical Engineers) – Ινστιτούτο Ηλεκτρονικών και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών: μη κερδοσκοπικός οργανισμός στον τομέα της τεχνολογικής ανάπτυξης, ο οποίος κυριαρχεί στη παγκόσμια βιβλιογραφία σε θέματα σχετικά με ηλεκτρονικούς υπολογιστές μέσα από τις τεχνολογικές αναφορές, τα συνέδρια και τη δημιουργία προτύπων.
- ΕΛΟΤ (Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης) ([www.elot.gr](http://www.elot.gr))

## Λογισμικό Δικτύων

### *Η έννοια του επιπέδου (layer) σε ένα δίκτυο*

Ο σχεδιασμός των πρώτων δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών έγινε δίνοντας βάρος στο υλικό. Με την πάροδο του χρόνου και την αλμστώδη εξέλιξη των επικοινωνιών τόσο ο σχεδιασμός όσο και η λειτουργία των δικτύων βασίστηκε περισσότερο στην ανάπτυξη λογισμικού δικτύων. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα και να βελτιωθεί η λειτουργία των δικτύων, το λογισμικό σχεδιασθηκε υπό μορφή επιπέδων ή στρωμάτων (layers), κάθε ένα από τα οποία δομείται επανω στο άλλο. Ο αριθμός, η λειτουργία και το όνομα κάθε επιπέδου διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο. Σκοπός ενός επιπέδου είναι να προσφέρει κάποιες υπηρεσίες στα επίπεδα που βρίσκονται επανω από αυτό, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής μετάδοση των πληροφοριών από υπολογιστή σε υπολογιστή. Σημειώνεται ότι κάθε επίπεδο δεχεται τις υπηρεσίες που του προσφέρουν τα κοτώτερα από αυτό επίπεδο, χωρίς να ονογνωρίζει τον τρόπο με τον οποίο προσφέρονται αυτές οι υπηρεσίες.

### *Πρωτόκολλα επικοινωνίας και αρχιτεκτονική δικτύου*

*(Ερ. Πιστ.: Τι είναι πρωτόκολλο επικοινωνίας και τι εννοούμε με τον όρο «ομότιμες διεργασίες»;)*

Για να ανταλλάξουν δεδομένα δύο σταθμοί, εκτός από την ύπαρξη διαδρομής μεταξύ τους, είτε απευθείας είτε μέσω δικτύου επικοινωνιών, χρειάζεται να ακολουθήσουν επιπλέον κάποιες συγκεκριμένες διαδικασίες, οι οποίες βασίζονται σε ένα σύνολο κανόνων.

**Ορισμός:** Πρωτόκολλο επικοινωνίας (communication protocol) ή απλά πρωτόκολλο (protocol) είναι ένα σύνολο κανόνων ή παραδοχών που πρέπει να ακολουθήσουν δύο τουλάχιστον υπολογιστές προκειμένου να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Το πρωτόκολλο επικοινωνίας αποτελεί την κοινή γλώσσα (κοινό κώδικα) μεταξύ των σταθμών σε ένα δίκτυο.

Κάθε πρωτόκολλο επικοινωνίας διαθέτει ένα σύνολο κανόνων οι οποίοι καθορίζουν ένα σύνολο βασικών λειτουργιών και κύρια σημεία τους είναι:

- Σύνταξη: περιλαμβάνει σημεία όπως η μορφή των δεδομένων και τα επίπεδα του σήματος
- Σημασιολογία: πληροφορίες ελέγχου για το χειρισμό των σφαλμάτων
- Συγχρονισμός: εναρμονισμός της ταχύτητας και της ακολουθίας των πακέτων

Μερικά παραδείγματα γνωστών πρωτοκόλλων είναι τα

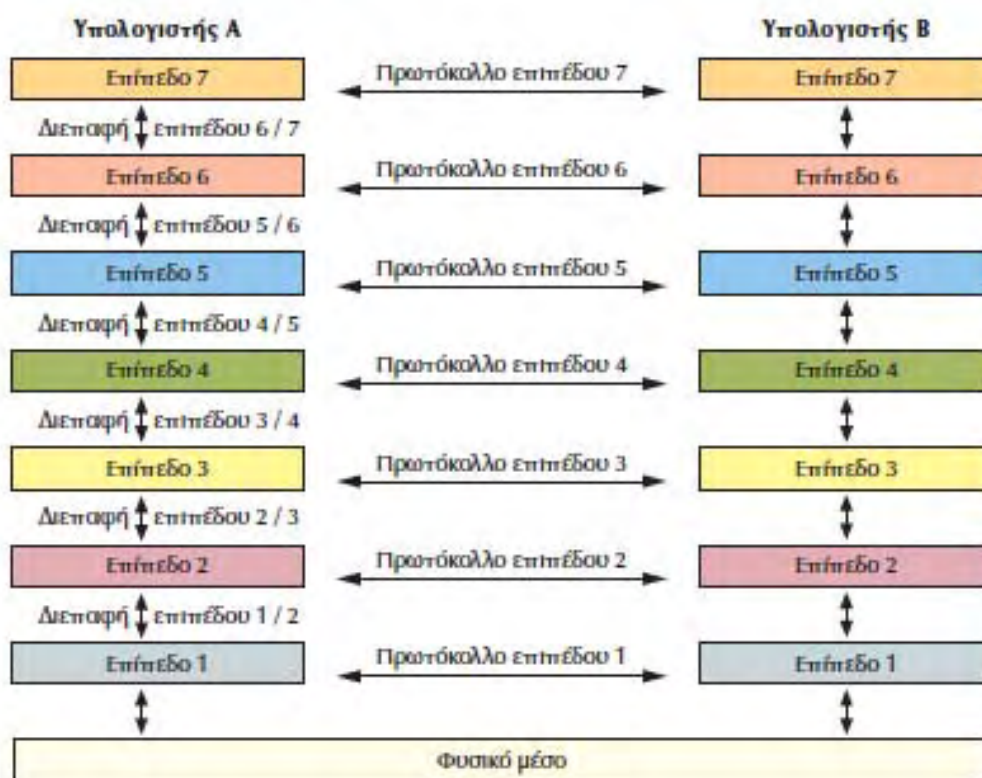
- TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol): Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης και πρωτόκολλο Internet
- HTTP (Hyper Text Transfer Protocol): Πρωτόκολλο Μεταφοράς Υπερκειμένου

Τα δίκτυα οργανώνονται σε επίπεδα προκειμένου να μειωθεί η πολυπλοκότητα του σχεδιασμού τους. Έτσι, όταν λέμε ότι δύο ηλεκτρονικοί υπολογιστές επικοινωνούν, στην ουσία εννοούμε ότι αυτό επιτυγχάνεται λόγω της επικοινωνίας των αντίστοιχων επιπέδων τους. Δηλαδή, αν κάποιο δίκτυο έχει οργανωθεί σε  $n$  επίπεδα, τότε κάθε επίπεδο του ενός υπολογιστή επικοινωνεί με το οντίστοιχο επίπεδο του άλλου υπολογιστή, με κοινό σκοπό να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται για να λειτουργήσει αυτή η επικοινωνία μεταξύ των αντίστοιχων επιπέδων των δυο υπολογιστών, αποτελούν το πρωτόκολλο του συγκεκριμένου επιπέδου.

Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται η σχέση μεταξύ επιπέδων και πρωτοκόλλων σε ένα δίκτυο του οποίου η επικοινωνία βασίζεται σε επτά επίπεδα.

Ορισμός: Τα αντίστοιχα επίπεδα σε κάθε υπολογιστή ονομάζονται ομότιμα, ενώ οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτά ονομάζονται ομότιμες διεργασίες.

Τα ομότιμα επίπεδα επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Το πρωτόκολλο ενός επιπέδου δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένο. Πολλές φορές σε ένα επίπεδο χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα πρωτόκολλα, αναλογα με την υπηρεσία που το επίπεδο αυτό είναι προγραμματισμένο να προσφέρει στο ανώτερο επίπεδο.



Ορισμός: το σύνολο των επιπέδων και των πρωτοκόλλων αποτελεί την αρχιτεκτονική του δικτύου (network architecture).

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. Μάλιστα, με σκοπό να γίνει πιο εύκολη η σχεδίαση και η υλοποίηση ενός δικτύου, χρησιμοποιούνται τα επίπεδα ή στρώματα, τα οποία λειτουργούν ως ανεξάρτητα δομικά στοιχεία. Σε

αυτή την περίπτωση, όπως στο παραπάνω σχήμα, έχουμε στρωματοποιημένη αρχιτεκτονική δικτύου.

#### Κατεύθυνση μετάδοσης δεδομένων σε ένα δίκτυο

(Ερ. Πιστ.: Ποια η κατεύθυνση μετάδοσης στην Απλή (Simplex), Ημίδιπλη (Half-Duplex) και Πλήρως Διπλή (Full-Duplex) επικοινωνία; Να αναφέρετε από ένα παράδειγμα μετάδοσης σήματος για κάθε κατηγορία.)

- Μονόπλευρη κατεύθυνση ή Απλή (simplex): Τα δεδομένα κινούνται πάντα προς μια κατεύθυνση, όπου ο ένας σταθμός είναι ο πομπός και ο άλλος ο δέκτης πχ. ραδιοφωνο
- Μη ταυτόχρονη αμφίπλευρη ή Ημίδιπλη (half-duplex): Τα δεδομένα μπορούν να κινούνται και προς τις δυο κατευθύνσεις, αλλά όχι ταυτόχρονα. Και οι 2 σταθμοί είναι και πομποί, αλλά κάθε φορά μεταδίδει μόνο ο ένας, πχ. ασύρματος
- Ταυτόχρονη αμφίπλευρη ή Διπλή (full-duplex): Τα δεδομένα μπορούν ταυτόχρονα να μεταδίδονται προς τις δυο κατευθύνσεις. Οι 2 σταθμοί μεταδίδουν ταυτόχρονα (το μέσο μετάδοσης μεταφέρει σήματα ταυτόχρονα και προς τις 2 κατευθύνσεις), πχ. τηλέφωνο

#### Διεπαφές και υπηρεσίες δικτύων

Σε ένα σύστημα επιπέδων επικοινωνίας κάθε επίπεδο επιτελεί ορισμένες λειτουργίες και προσφέρει πρωτογενείς υπηρεσίες στο αμέσως ανώτερο του μέσω μιας διεπαφής. Επειδή οι διεπαφές των επιπέδων είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα και την ποσότητα της επικοινωνίας, είναι σημαντικό να ορίζονται με ευκρίνεια από τους κατασκευαστές. Για να μπορεί ένα επίπεδο να προσφέρει τις υπηρεσίες του στο αμέσως σνώτερο του είναι ενδεχόμενο να χρησιμοποιεί υπηρεσίες που του προσφέρονται από το αμέσως κατώτερο του. Οι υπηρεσίες κάποιου επιπέδου προσφέρονται στο αμέσως ονώτερό στο σημείο πρόσβασης υπηρεσίας, τα οποία βρίσκονται επάνω στη διεπαφή των δύο επιπέδων, όπως



απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα.

Ένα σύστημα επικοινωνίας χρειάζεται απαραίτητα μία τουλάχιστον υπηρεσία με συνδεση. Η υπηρεσία αυτή είναι προγραμματισμένη να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα που σταλθηκαν από τον πομπό παραλήφθηκαν πράγματι από το δέκτη, δηλαδή ότι δεν υπήρξαν απώλειες δεδομένων για οποιονδήποτε λόγο. Σημειώνεται ότι η απώλεια δεδομένων κατά τη διέλευση τους μέσα από το δίκτυο, η οποία συμβαίνει είτε λόγω καταστροφής τους είτε λόγω ανεπανόρθωτα λανθασμένης λήψης τους, καθιστά μία υπηρεσία μη αξιόπιστη, δηλαδή χαρακτηρίζει την ποιότητα της. Επομένως κάποιες υπηρεσίες θεωρούνται λιγότερο αξιόπιστες από κάποιες άλλες, αναλογα με τον όγκο των δεδομένων που χάνουν. Οι πιο αξιόπιστες δε χάνουν ποτέ δεδομένα και συνήθως είναι αυτές που ο πομπός

λαμβάνει μια επιβεβαίωση από το δέκτη ότι πράγματι έλαβε τα δεδομένα που εκείνος έστειλε. Όμως η συνεπής επιβεβαίωση λήψης δημιουργεί καθυστερήσεις, αφού αυξάνει την ποσότητα των δεδομένων που περιμένουν να μεταβιβαστούν από το ένα μέρος στο άλλο, μειώνοντας έτσι την απόδοση του όλου συστήματος επικοινωνίας. Οι πλεοναστικές αυτές πληροφορίες, αν και είναι πολύ χρήσιμες για την αξιόπιστη μετάδοση των πληροφοριών, στην πράξη όμως δεν ενδιαφέρουν το χρήστη.

Οι υπηρεσίες που προσφέρονται κάθε φορά από το ένα επίπεδο επικοινωνίας στο άλλο εξαρτώνται από τις ανάγκες των χρηστών για αξιόπιστη επικοινωνία. Για παράδειγμα κατά τη μεταφορά ενός αρχείου χρειαζόμαστε αξιόπιστη επικοινωνία, γιατί η απώλεια ακόμα και ελάχιστων bits μπορεί να αποδειχτεί καταστροφική για την ολοκληρωμένη και σωστή μεταφορά του αρχείου. Στην περίπτωση όμως της τηλεδιάσκεψης ή της τηλεφωνικής επικοινωνίας, δεν αποτελεί καταστροφή, αφού αυτό που ενδιαφέρει περισσότερο είναι ο ρυθμός μετάδοσης και όχι η απόλυτη ακρίβεια των δεδομένων που μεταφέρονται.

Ένα επίπεδο μπορεί να προσφέρει στο ανώτερό του επίπεδο δύο ειδών υπηρεσίες:

- ο Προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (COS: Connection Oriented Service): οι υπηρεσίες αυτές διακρίνονται σε υπηρεσίες με σύνδεση και σε υπηρεσίες νοητού κυκλώματος. Βασίζονται στις αρχές του τηλεφωνικού συστήματος, σύμφωνα με το οποίο, πριν αρχίσει η μετάδοση των δεδομένων απαιτείται να έχει αποκατασταθεί η μεταξύ των δύο μερών σύνδεση με ένα κανάλι επικοινωνίας. Παράδειγμα υπηρεσίας με σύνδεση είναι η πραγματοποίηση μίας τηλεφωνικής συνομιλίας, όπου οι επιμέρους συνδέσεις παραμένουν ενεργές σε όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας έστω και αν στην πράξη δε μεταδίδονται δεδομένα συνεχώς.
- ο Μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (CLS: Connectionless Service): οι υπηρεσίες αυτές δεν απαιτούν την εγκατάσταση κάποιας συγκεκριμένης από άκρο σε άκρο γραμμή επικοινωνίας και έχουν βασιστεί στις αρχές του ταχυδρομικού συστήματος. Για παράδειγμα σε μία υπηρεσία χωρίς σύνδεση το πακέτο δεδομένων πρέπει να εφοδιαστεί με τα στοιχεία διεύθυνσης του παραλήπτη και να αποσταλεί, χωρίς να είναι προκαθορισμένη η διαδρομή που θα ακολουθήσει. Ο παραλήπτης δε γνωρίζει για την αποστολή των δεδομένων, και αν το πακέτο χαθεί ο μόνος που μπορεί να μάθει εάν έφτασε στον προορισμό του είναι ο αποστολέας.

Οι παραπάνω υπηρεσίες λειτουργούν και με τις ακόλουθες παραλλαγές:

- ο Επιβεβαιωμένα μη προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (ALS: Acknowledged connectionless Service): είναι υπηρεσίες παρόμοιες με αυτές χωρίς σύνδεση με τη διαφορά ότι ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τον αποστολέα ότι πράγματι έλαβε ότι του εστάλη. Συνήθως αυτές οι υπηρεσίες προσφέρονται από συστήματα που διαθέτουν τη μέγιστη δυνατή αξιοπιστία.
- ο Ανεπιβεβαίωτα προσανατολισμένες στη σύνδεση υπηρεσίες (UOS: Unconfirmed connection Oriented Service): αναφέρονται (με χιούμορ) και ως υπηρεσίες "στείλε και προσευχήσου". Η διαφορά με τις υπηρεσίες με σύνδεση είναι ότι ο αποστολέας ζητά σύνδεση και στέλνει τα δεδομένα ανεξάρτητα από την κατάσταση του παραλήπτη, ο οποίος μπορεί να μην είναι διαθέσιμος για επικοινωνία.

## Κεφάλαιο 2ο: Πρότυπα Αναφοράς Δικτύων

### Το Πρότυπο Αναφοράς OSI (Open Systems Interconnection)

(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε την αρχιτεκτονική διασύνδεσης ISO/OSI.)

Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων (OSI) αναπτύχθηκε από το διεθνή οργανισμό τυποποίησης ISO και ονομάστηκε έτσι, γιατί αποτέλεσε τη βάση αναφορών και το πλαίσιο καθορισμού των προτύπων διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων. Στόχος της ανάπτυξης αυτού του μοντέλου ήταν η δυνατότητα



επικοινωνίας των συστημάτων που προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και η υποστήριξη εφαρμογών κατανεμημένης επεξεργασίας, ανεξάρτητα από το χρησιμοποιούμενο υλικό και λογισμικό.

Το μοντέλο αναφοράς OSI αποτελείται από επτά ανεξάρτητα μεταξύ τους επίπεδα ή στρώματα, καθένα από τα οποία υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Το μοντέλο αναφοράς OSI ακολουθεί την αρχιτεκτονική των στρωμάτων ή επιπέδων (layered architecture), σύμφωνα με την οποία οι λειτουργίες του ανοικτού συστήματος στο οποίο αναφέρεται διαμοιράζονται σε ένα σύνολο κατακόρυφα διαρθρωμένων επιπέδων. Κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι τέτοιος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και διακριτές λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικό επίπεδο.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς OSI, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 7), είναι το ακόλουθο:

1. Επίπεδο 1 ή φυσικό επίπεδο: Αναλαμβάνει τη μεταφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης.
2. Επίπεδο 2 ή επίπεδο γραμμής δεδομένων: Αναλαμβάνει την προσαρμογή και τη μεταφορά των δεδομένων στο κανάλι μετάδοσης. Παραδίδει τα δεδομένα στο επίπεδο 1 (φυσικό επίπεδο) προκειμένου να μεταδοθούν.
3. Επίπεδο 3 ή επίπεδο δικτύου: Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
4. Επίπεδο 4 ή επίπεδο μεταφοράς: Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' άκρη σ' άκρη στο δίκτυο.
5. Επίπεδο 5 ή επίπεδο συνόδου: Ελέγχει τη δημιουργία και τον τερματισμό των συνδέσεων του επιπέδου 4 (επιπέδου μεταφοράς)
6. Επίπεδο 6 ή επίπεδο παρουσίασης: Αναλαμβάνει τη μορφοποίηση και την κωδικοποίηση των δεδομένων.
7. Επίπεδο 7 ή επίπεδο εφαρμογής: Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

### *Τα επτά επίπεδα του OSI*

#### *Φυσικό επίπεδο (Physical layer)*

Το φυσικό επίπεδο είναι το πρώτο επίπεδο του μοντέλου και είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή των δυαδικών ψηφίων που παραλαμβάνονται από το δέκτη σε σήμα κατάλληλο για μετάδοση από το μέσο επικοινωνίας, τη μετάδοσή τους και την επαναφορά τους σε δυαδική μορφή. Είναι το επίπεδο που είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση των bits μέσα από το τηλεπικοινωνιακό κανάλι, το οποίο μπορεί να είναι ένα ομοαξονικό καλώδιο, μία οπτική ίνα ή και ασύρματη ζεύξη. Το φυσικό επίπεδο ορίζει τις στάθμες οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση των δυαδικών ψηφίων μέσα από το κανάλι, καθώς και τον τρόπο κωδικοποίησης της πληροφορίας. Αναλαμβάνει τον καθορισμό των ηλεκτρικών και μηχανικών χαρακτηριστικών της σύνδεσης του σταθμού με το μέσο μετάδοσης, π.χ. αν χρησιμοποιείται καλώδιο ως μέσο μετάδοσης οι προδιαγραφές του φυσικού επιπέδου καθορίζουν πόσους ακροδέκτες έχει ο συνδετήρας, το ρόλο του κάθε ακροδέκτη, κλπ.

Το φυσικό επίπεδο επικοινωνεί μόνο με το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων και έχει την υποχρέωση να του παρέχει μία σειρά δυαδικών ψηφίων χωρίς να ελέγχει την ορθότητά τους.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το φυσικό επίπεδο είναι:

- ο Ενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ο Απενεργοποιεί τη φυσική σύνδεση.
- ο Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή δυαδικού ψηφίου.

- ο Επισημαίνει τα σφάλματα στη μετάδοση.

### *Επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων (Data Link layer)*

Το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων είναι υπεύθυνο για τη διόρθωση των σφαλμάτων των δεδομένων και πρέπει να παραδίδει στο φυσικό επίπεδο μία σειρά από δυαδικά ψηφία χωρίς σφάλματα. Φροντίζει να επιβεβαιώνει ότι τα δεδομένα πράγματι παραλήφθηκαν από την άλλη πλευρά, το οποίο γίνεται με τα πλαίσια επιβεβαίωσης λήψης που στέλνονται από τον δέκτη. Είναι υποχρέωση του επιπέδου διασύνδεσης δεδομένων να καθορίζει τα όρια των πλαισίων που στέλνει και να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων που δέχεται.

Στόχος του επιπέδου αυτού είναι να κάνει αξιόπιστη τη φυσική γραμμή σύνδεσης και από τα πακέτα του επιπέδου δικτύου να φτιάχνει πλαίσια δεδομένων, ορίζοντας που αυτά αρχίζουν και τελειώνουν προσθέτοντας τις κατάλληλες επικεφαλίδες και ουρές, να ανιχνεύει τα σφάλματα μετάδοσης, να επιδιορθώνει τα αλλοιωμένα δεδομένα ή να ζητά την επανεκπομπή τους.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο γρομμής δεδομένων είναι:

- ο Αποκαθιστά και ελευθερώνει τη ζεύξη των δεδομένων.
- ο Μεταφέρει δεδομένα.
- ο Αριθμεί και συγχρονίζει τα πλαίσια που διοχετεύονται στο φυσικό επίπεδο.
- ο Ανιχνεύει και διορθώνει τα σφάλματα των πλαισίων.
- ο Ελέγχει τη ροή των πλαισίων.

### *Επίπεδο δικτύου (Network layer)*

Το επίπεδο δικτύου ασχολείται με τη μεταφορά των πακέτων από τον πομπό προς το δέκτη, διαδικασία η οποία απαιτεί τη δρομολόγηση των πακέτων από ενδιάμεσους κόμβους, καθώς επίσης την απαρίθμηση και ταξινόμησή τους. Είναι επίσης υπεύθυνο για τον έλεγχο της συμμόρφωσης στο δίκτυο και μερικές φορές για τη χρέωση των πελατών που χρησιμοποιούν το υποδίκτυο. Τέλος, το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη λύση των προβλημάτων που δη μιοιργούνται, όταν ετερογενή δίκτυα προσπαθούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

Επομένως οι βασικές λειτουργίες του επιπέδου δικτύου είναι:

- ο η διευθυνσιοδότηση (ένας τρόπος αντιστοίχισης μίας μοναδικής διεύθυνσης σε καθέναν υπολογιστή που συμμετέχει στο δίκτυο),
- ο η δρομολόγηση των δεδομένων,
- ο η οργάνωσή τους σε πακέτα,
- ο η απαρίθμηση και
- ο η ταξινόμησή τους.
- ο η τοξινόμησή τους.

Για να επιτελέσει τις παραπάνω λειτουργίες, το επίπεδο αυτό πρέπει να γνωρίζει την τοπολογία του δικτύου και να επιλέγει τις κατάλληλες διαδρομές. Όταν ο πομπός και ο δέκτης ανήκουν σε διαφορετικά δίκτυα, είναι αρμοδιότητα του επιπέδου δικτύου να μεσολαβήσει για την ορθή μετάδοση των πακέτων και να κάνει τη διασύνδεση μεταξύ των διαφορετικών δικτύων. Τέλος, το επίπεδο δικτύου ασχολείται και με τον έλεγχο της συμφορησης, όπου προκύπτει το πρόβλημα όταν σε έναν υπολογιστή (κόμβο) φτάνουν περισσότερα πακέτα απο αυτά που μπορεί να δεχτεί. Ένας τρόπος επίλυσης του προβλήματος είναι ο έλεγχος της κυκλοφορίας των δεδομένων σε καθε υπολογιστη και η απαγόρευση μεταβίβασης τους σε άλλον υπολογιστή, όταν αυτός δεν μπορεί να τα δεχτεί και να τα επεξεργαστεί.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο δικτύου είναι:

- ο Αποκαθιστά και τερματίζει τις συνδέσεις μεταξύ διάφορων ηλεκτρονικών υπολογιστών συνδεδεμένων στο δίκτυο.
- ο Προσδιορίζει, με τη χρήση του συστήματος διευθυνσιοδότησής, τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές που επιθυμουν νο επικοινωνήσουν.
- ο Μεταφέρει τα δεδομένα σε μορφή πακέτων ή μηνυμάτων.
- ο Ελέγχει για σφάλματα.
- ο Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.



(Ερ. Πιστ.: Σε ποιο επίπεδο του μοντέλου OSI των επτά επιπέδων λειτουργεί ένας δρομολογητής (router);)

Ένας δρομολογητής λειτουργεί στο επίπεδο δικτύου του μοντέλο OSI.

### *Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer)*

(Ερ. Πιστ.: Ποιες είναι οι λειτουργίες του επιπέδου Μεταφοράς (transport layer) στο μοντέλο αναφοράς OSI; Πώς αυτό συνδέεται με τα επίπεδα Δικτύου και Συνόδου;)

Η βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς είναι η παραλαβή των δεδομένων από το αμέσως υψηλότερο επίπεδο (το επίπεδο συνόδου), ο τεμαχισμός τους (αν χρειαστεί σε μικρότερες μονάδες, η παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο (το επίπεδο δικτύου) και η διασφάλιση ότι όλες οι μονάδες θα φτάσουν σωστά στην άλλη πλευρά. Όλα αυτά πρέπει να γίνονται έτσι ώστε να μην επηρεάζεται το επίπεδο συνόδου από τις αλλαγές της τεχνολογίας υλικού. Το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που συνδέει τα χαμηλότερα επίπεδα, τα οποία υλοποιούνται μέσω του υλικού, με τα υψηλότερα επίπεδα, τα οποία υλοποιούνται κυρίως μέσω του λογισμικού. Επομένως το επίπεδο μεταφοράς, αποτελεί το σύνορο μεταξύ των τριών χαμηλότερων και των τριών υψηλότερων επιπέδων και έχει ως σκοπό να παρέχει μια ομοιογενή διασύνδεση επικοινωνίας στο επίπεδο συνόδου, ανεξάρτητα από την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών από το επίπεδο δικτύου.

Γενικά το επίπεδο μεταφοράς είναι υπεύθυνο για τη συνολικά επιτυχημένη και χωρίς λάθη μετάδοση δεδομένων. Πάρ' ότι το επίπεδο δικτύου ελέγχει τη μεταφορά των πληροφοριών από κόμβο σε κόμβο, το επίπεδο μεταφοράς είναι αυτό που εξασφαλίζει την αξιοπιστία της μετάδοσης και την αποφυγή δυσμενών καταστάσεων, όπως είναι η δημιουργία σφάλμάτων σε ενδιάμεσους κόμβους της γραμμής επικοινωνίας. Για να επιτευχθεί η καλύτερη αξιοποίηση του δικτύου και για να εξασφαλιστεί η ποιότητα των υπηρεσιών που το επίπεδο συνόδου μπορεί να ζητηθεί από το επίπεδο μεταφοράς, επιτελούνται διάφορες λειτουργίες σ' αυτό το επίπεδο, όπως είναι ο κατακερματισμός και η επανασυγκόλληση των δεδομένων. Το επίπεδο μεταφοράς επιτελεί επίσης εκείνες τις λειτουργίες οι οποίες συμβάλλουν:

- ο στη σωστή λήψη των πακέτων, ακόμη και αν έχει συμβεί κάποιο προσωρινό λάθος, κάτι που διορθώνεται με αναμετάδοση του λονθασμένου πακέτου,
- ο στον έλεγχο ροής των δεδομένων από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη, η οποίο σταματά ή περιορίζεται με ενέργειες του δέκτη
- ο στον έλεγχο ακολουθίας των πακέτων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο μεταφοράς είναι:

- ο Αποκοθιστά και τερματίζει τη σύνδεση στο επίπεδό του.
- ο Μεταδίδει τα δεδομένα στο βαθμό αξιοπιστίας που απαιτεί ο χρήστης.
- ο Επιτρέπει στο χρήστη να επιλέξει την ποιότητα εξυπηρέτησης της σύνδεσης.
- ο Ελέγχει τη ροή των δεδομένων.
- ο Παρέχει τη δυνατότητα πολυπλεξίας μέσω της ίδιας ζεύξης.

### *Επίπεδο συνόδου (Session layer)*

Το επίπεδο συνόδου επιτρέπει στους χρήστες διαφορετικών υπολογιστών να δημιουργούν συνόδους μεταξύ τους. Μια σύνοδος, για παραδειγμα, μπορεί να είναι η σύνδεση ενός χρήστη με ένα απομακρυσμένο σύστημα ή η μεταφορά αρχείων ανάμεσα σε δύο υπολογιστές. Το επίπεδο συνόδου ελέγχει επίσης την κυκλοφορία ανάμεσα στις δύο κατευθύνσεις, ενώ πολλές φορές παρέχει υπηρεσίες διαχείρισης κουπονιού, καθώς επίσης και υπηρεσίες συγχρονισμού ανάμεσα στις δύο πλευρές. Στην ουσία το επίπεδο αυτό δεν ασχολείται με τη μεταφορά των δεδομένων, για την οποία ευθύνη έχουν άλλα επίπεδα, αλλά αναλαμβάνει κυρίως τη διαχείριση και το συγχρονισμό του διαλόγου μεταξύ των εφαρμογών.

Έτσι το επίπεδο συνόδου αναλαμβάνει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ο Την εγκατάσταση μίας συνόδου με έναν ή περισσότερους σταθμούς.
- ο Την εξακρίβωση του χρήστη.
- ο Την εξακρίβωση της ποιότητας της συνόδου.
- ο Τον έλεγχο της ανταλλαγής δεδομένων.
- ο Τη διαχείριση της κατεύθυνσης της πληροφορίας. Οι σύνοδοι μπορούν να επιτρέψουν την ταυτόχρονη και προς τις δύο κατευθύνσεις ροή δεδομένων μεταξύ δύο σταθμών ή προς τη μία κατεύθυνση καθε στιγμής.
- ο Τον τερματισμό της σύνδεσης. Ο τερματισμός μπορεί να είναι είτε ομαλός είτε αποτελεσματικό κάποιου προβλήματος ή σφάλματος του χρήστη ή του δικτύου. Στην περίπτωση μη ομαλού τερματισμού πιθανόν να υπάρξει και απώλεια δεδομένων.
- ο Το συγχρονισμό των δεδομένων. Στόχος είναι η εισαγωγή σημείων ελέγχου μέσα στη διαδικασία μεταφοράς δεδομένων, ώστε σε περίπτωση σφαλματος ή προβλήματος κατά τη μετάδοση να μη χρειαστεί η επανεκπομπή όλων των δεδομένων, αλλά μόνο αυτών που δεν παραλήφθηκαν μετά το τελευταίο σημείο ελέγχου που είχε αποσταλεί πριν από το σφάλμα.
- ο Τη διαχείριση κουπονιού (token management). Για να μην παρουσιάζεται το φαινόμενο και οι δύο πλευρές σε μια σύνδεση να προσπαθούν να κάνουν ταυτόχρονα την ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα να δημιουργείται πρόβλημα, καθε πλευρά πριν προχωρήσει σε μια λειτουργία, ζητά άδεια από το επίπεδο συνόδου, το οποίο της παρέχει ένα ειδικό πακέτο που ονομάζεται κουπόνι (token) και της επιτρέπει τη συγκεκριμένη λειτουργία. Επομένως, εάν η άλλη πλευρά σκοπεύει να κάνει την ίδια ενέργεια, το κουπόνι το έχει ο άλλος στάθμος και αποτρέπεται έτσι η σύγκρουση. Βέβαια η λειτουργία με τη χρήση κουπονιού δε συναντάται σε όλα τα δίκτυα.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο συνόδου είναι:

- ο Αποκοθιστά και συντηρεί το διάλογο μεταξύ των δύο πλευρών, ώστε να εξοσφολίζεται η επιτυχής μεταφορά των δεδομένων.
- ο Διαχειρίζεται και ελέγχει την πρόσβαση σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- ο Κάνει επανορθωτικές διαδικασίες σε επίπεδο διαλόγου.

### *Επίπεδο παρουσίασης (Presentation layer)*

Το επίπεδο παρουσίασης ασχολείται με την ορθότητα της σύνταξης των δεδομένων που μεταδίδονται, αντίθετα με τα άλλα επίπεδα που ασχολούνται με την αξιοπιστη μεταβίβαση των δυαδικών ψηφίων από το ένα μέρος στο άλλο. Επομένως το επίπεδο αυτό δίνει τις απαραίτητες πληροφορίες για την αναπαράσταση και σύνταξη των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν οι εφαρμογές των σταθμών. Μια άλλη βασική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η συμπίεση και η αποσυμπίεση των δεδομένων, με την οποία μπορεί να ελαττωθεί ο όγκος των δεδομένων που μεταδίδονται προσαρμόζοντας το ρυθμό μετάδοσης στο διαθέσιμο εύρος ζώνης του καναλιού. Μ' αυτό τον τρόπο γίνεται οικονομία στο ευρος ζώνης του καναλιού αλλά και στο χρόνο μετάδοσης. Τελος, μια σημαντική λειτουργία του επιπέδου παρουσίασης είναι η κρυπτογράφηση των δεδομένων, η οποία αποσκοπεί στο να διασφαλιστεί το απόρρητο των διακινουμένων πληροφοριών, πράγμα που συχνά επιβαλλεται στις επικοινωνίες (τραπεζες, αγορες, τηλεδιασκεψεις κ.α.).

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο παρουσίασης είναι:

- ο Μετατρέπει τη σύνταξη των δεδομένων
- ο Συμπίεζει και αποσυμπίεζει τα δεδομένα
- ο Κρυπτογραφεί τα δεδομένα

### *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. Προσδιορίζει το πρωτόκολλο στο οποίο αναφέρονται οι εφαρμογές και δημιουργεί τα κατάλληλα μηνύματα, για να διαπιστώσει εάν είναι διαθέσιμη η αντίστοιχη εφαρμογή από την άλλη πλευρά του δικτύου. Παραδείγματα εφαρμογών είναι το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η μεταφορά αρχείων, η τηλεδιάσκεψη, κτλ.

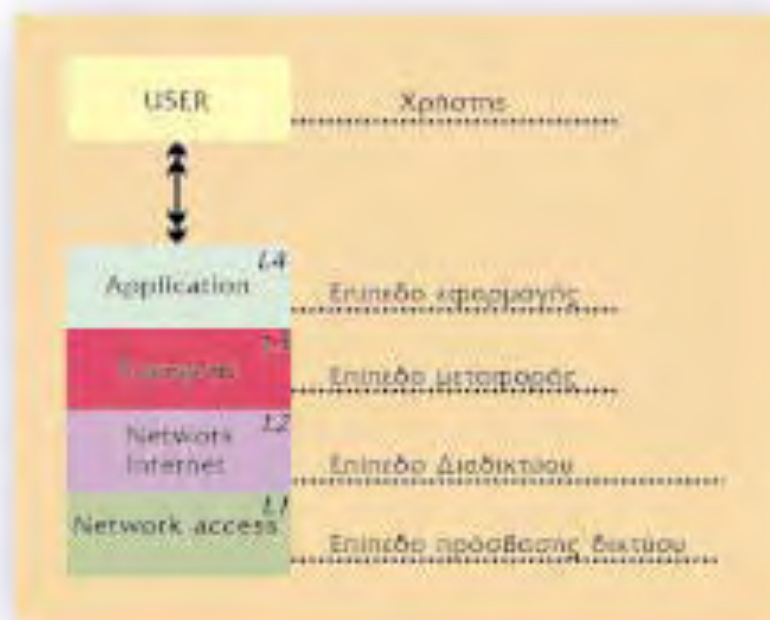
Συνοπτικά οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο εφαρμογής είναι:

- ο Εξακριβώνει την ταυτότητα των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν.
- ο Επιβεβαιώνει το κατά πόσο οι εφαρμογές είναι διαθέσιμες για το διάλογο που πρόκειται να ακολουθήσει.
- ο Παρέχει επιβεβαίωση και έλεγχο στο δικαίωμα διαλόγου.

### Το Πρότυπο Αναφοράς TCP/IP

Η δημιουργία του μοντέλου αναφοράς TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), μίας εναλλακτικής πρότασης του μοντέλου διασύνδεσης ανοικτών συστημάτων OSI, οφείλεται στη λειτουργία του ARPANET, ενός δικτύου που προηγήθηκε του Internet και το οποίο αργότερα μετεξελίχθηκε στη μορφή που γνωρίζουμε σήμερα. Το ARPANET ήταν ένα δίκτυο που δημιουργήθηκε για λογαριασμό του Υπουργείου Άμυνας των ΗΠΑ την εποχή του ψυχρού πολέμου. Η ιδέα ήταν τα διάφορα πολιτικά και στρατιωτικά κέντρα των ΗΠΑ να έχουν τη δυνατότητα επικοινωνίας οποιαδήποτε χρονική στιγμή, έστω και αν ένα μέρος του δικτύου επικοινωνίας είχε τεθεί για διάφορους λόγους εκτός λειτουργίας.

Το μοντέλο αναφοράς TCP/IP πήρε το όνομά του από τα δύο κυριότερα πρωτόκολλα του μοντέλου, το TCP και το IP. Σε αντιστοιχία με την αρχιτεκτονική του OSI, το πρότυπο αναφοράς TCP/IP αποτελείται από τέσσερα επίπεδα, ενώ κάθε επίπεδο υλοποιεί ένα συγκεκριμένο πρωτόκολλο. Τα επίπεδα του TCP/IP είναι το επίπεδο πρόσβασης δικτύου, το επίπεδο διαδικτύου, το επίπεδο μεταφοράς και το επίπεδο εφαρμογής, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.



Καθώς είναι μία αρχιτεκτονική στρωμάτων ή επιπέδων, κάθε επίπεδο χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες του αμέσως χαμηλότερου επιπέδου, ενώ παρέχει υπηρεσίες στο αμέσως υψηλότερο από αυτό επίπεδο. Ο αριθμός των επιπέδων είναι ο πλέον πρόσφορος, ώστε η αρχιτεκτονική να παραμένει απλή και ταυτόχρονα αυστηρά προσδιορισμένες λειτουργίες να τοποθετούνται σε διαφορετικά επίπεδα.

Το σύνολο των επιπέδων που υλοποιούνται στο μοντέλο αναφοράς TCP/IP, αρχίζοντας από το χαμηλότερο (επίπεδο 1) και προχωρώντας προς το υψηλότερο (επίπεδο 4), είναι το ακόλουθο:

1. Επίπεδο 1 ή επίπεδο πρόσβασης δικτύου. Αναλαμβάνει τη μετάφορά των σημάτων στο μέσο μετάδοσης. Το επίπεδο αυτό καθορίζει τις λειτουργίες του μέσου μετάδοσης και είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία με το δίκτυο.
2. Επίπεδο 2 ή επίπεδο Διαδικτύου ή δικτύου. Είναι υπεύθυνο για τις λειτουργίες δρομολόγησης και διευθυνσιοδότησης.
3. Επίπεδο 3 ή επίπεδο μεταφοράς. Αναλαμβάνει, χρησιμοποιώντας τις υπηρεσίες των χαμηλότερων προς αυτό επιπέδων, τη μεταφορά δεδομένων απ' ακρη σ' ακρη στο δίκτυο.
4. Επίπεδο 4 ή επίπεδο εφαρμογής. Πρόκειται για την εφαρμογή που εμφανίζεται στο χρήστη (το πρόγραμμα που χρησιμοποιεί).

Τα επίπεδα 1 έως και 3 αφορούν τις υπηρεσίες - λειτουργίες που προσφέρονται από το δίκτυο, ενώ το επίπεδο 4 είναι προσανατολισμένο στις λειτουργίες της εφαρμογής του χρήστη.

Η επικοινωνία δύο υπολογιστών που χρησιμοποιούν το μοντέλο αναφοράς TCP/IP πραγματοποιείται μέσω των ακόλουθων δύο μορφών διευθυνσιοδότησης:

- ο Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε υπολογιστή που συνδέεται στο δίκτυο, η οποία είναι γνωστή ως διεύθυνση IP και αποτελείται από 32 δυαδικά ψηφία.
- ο Μέσω μίας μοναδικής διεύθυνσης για κάθε εφαρμογή που λειτουργεί στον κάθε υπολογιστή. Αυτό επιτρέπει στο επίπεδο μεταφοράς να παραδίδει τα δεδομένα στη σωστή εφαρμογή. Οι διευθύνσεις αυτές είναι γνωστές ως θύρες (ports).

### *Τα τέσσερα επίπεδα του TCP/IP*

#### *Επίπεδο πρόσβασης δικτύου (Network Accesss layer)*

Το επίπεδο πρόσβασης δικτύου είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία του στοθμού με το δίκτυο. Ανιχνεύει την αρχιτεκτονική του δικτύου και ανάλογα διοχετεύει το πακέτο στο κανάλι επικοινωνίας. Επίσης είναι υπεύθυνο για την ποροχή μιας διεπαφής που θα του επιτρέψει την επικοινωνία με το επίπεδο Διαδικτύου.

Το επίπεδο αυτό καθορίζει το φυσικό μέσο που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των συσκευών μετάδοσης δεδομένων (σταθμών εργασίας ή προσωπικών υπολογιστών) με το δίκτυο. Το κυριο τμήμα του Διαδικτύου αποτελείται από έναν αριθμο υπολογιστών ειδικού σκοπού, που διασυνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας γραμμές επικοινωνίας παντός τύπου. Όλοι οι υπόλοιποι υπολογιστές και τα τοπικά δίκτυα συνδέονται στη συνέχεια σ' αυτούς τους ειδικού σκοπού υπολογιστές. Κατ' αυτό τον τρόπο διασυνδέονται μεταξύ τους οι υπολογιστές, χρησιμοποιώντας μια μεγάλη ποικιλία φυσικών μέσων, από τηλεφωνικές γραμμές (κοινές ή μισθωμένες) έως δορυφορικές ζεύξεις, κτλ.

Το μοντέλο ονοφορος TCP/IP δεν περιγράφει αναλυτικά το συγκεκριμένο επίπεδο ούτε τα πρωτόκολλα που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, για να επιτευχθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, με αποτέλεσμα τα χρησιμοποιούμενα σ' αυτό το επίπεδο πρωτόκολλα να ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος ή το είδος του δικτύου.

#### *Επίπεδο Διαδικτύου (Internet layer)*

Το επίπεδο Διαδικτύου είναι το ζωτικό επίπεδο του μοντέλου. Ο σκοπός του είναι η δρομολόγηση και η παράδοση των μονάδων πληροφορίας (PDU – Protocol Data Unit) στον παραλήπτη. Προσθέτει στις PDUs τη διεύθυνση του παραλήπτη και τις στέλνει στο δίκτυο, προκειμένου αυτές να φθάσουν, ανεξάρτητα η μία από την άλλη, στον προορισμό τους, περνώντας από διάφορους ενδιάμεσους σταθμούς οι οποίοι είναι εφοδιασμένοι με το αντίστοιχο πρωτόκολλο. Στις περιπτώσεις που δύο συστήματα είναι συνδεδεμένα σε διαφορετικά δίκτυα, απαιτούνται διαδικασίες οι οποίες θα επιτρέψουν τη μετάβαση των δεδομένων στον προορισμό τους διαμέσου πολλαπλών διασυνδεδεμένων δικτύων.

*(Ερ. Πιστ.: Τι γνωρίζετε για το IP (Internet Protocol); Ποιες είναι οι λειτουργίες του;)*

Το πρωτόκολλο της οικογένειας TCP/IP που είναι υπεύθυνο για την παροχή υπηρεσιών σ' αυτό το επίπεδο είναι το IP (Internet Protocol). Η μονάδα μεταφερόμενων δεδομένων σ' αυτό το επίπεδο είναι το πακέτο IP, ή όπως συνήθως λέγεται, IP datagram, εμπεριέχοντας έτσι την έννοια του αυτοδύναμου πακέτου, αυτού δηλαδή που διανύει ανεξάρτητα και με δικές του δυνάμεις προς τον προορισμό του. Το πακέτο IP περιέχει τόσο τη διεύθυνση του αποστολέα όσο και τη διεύθυνση του παραλήπτη, έτσι ώστε να μπορεί να διανεμηθεί και να δρομολογηθεί ανεξάρτητα από τα άλλα.

Καθεμία από τις διευθύνσεις IP έχει μήκος 32 δυαδικά ψηφία. Επειδή η απομνημόνευσή τους είναι εξαιρετικά δύσκολη, έχει επινοηθεί η παράσταση της διεύθυνσης με έναν απλούστερο τρόπο χρησιμοποιώντας δεκαδικούς αριθμούς. Μία IP διεύθυνση 32 δυαδικών ψηφίων χωρίζεται με τελείες σε τέσσερα πεδία των 8 δυαδικών ψηφίων. Κάθε πεδίο μετατρέπεται στον ισοδύναμο δεκαδικό αριθμό, ώστε τελικά η IP διεύθυνση να περιγράφεται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς χωρισμένους με τελείες. Στην πράξη έχει επικρατήσει αυτός ο τρόπος παρουσίασης των IP διευθύνσεων, ο οποίος εκτός από την ευκολία απομνημόνευσης έχει και το πλεονέκτημα της ιεράρχησης των διευθύνσεων αυτών. Παράδειγμα μίας IP διεύθυνσης είναι η 179.228.73.12 .

Συνοπτικά το IP πρωτόκολλο υποστηρίζει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- ο Καθορίζει τη διευθυνσιοδότηση, τη δρομολόγηση, την τμηματοποίηση και την επανασυναρμολόγηση των δεδομένων.
- ο Παρέχει ένα στοιχειώδη τρόπο ελέγχου ροής, όταν π.χ. μία πηγή δεδομένων αποστέλλει με μεγαλύτερους ρυθμούς από αυτούς που μπορεί να διαχειριστεί ο δέκτης.
- ο Παραλαμβάνει από το επίπεδο μεταφοράς δεδομένα μεγέθους 64Kbytes το πολύ, τα τεμαχίζει σε μικρότερα τμήματα και τα μεταδίδει στο δίκτυο.
- ο Το IP δεν εγγυάται ότι οι μονάδες δεδομένων θα διανεμηθούν οπωσδήποτε ή ότι θα διανεμηθούν σωστά.

Άλλα πρωτόκολλα που συνήθως χρησιμοποιούνται στο επίπεδο Διαδικτύου, εκτός από το IP, είναι το ICMP (Internet Control Messaging Protocol), το ARP (Address Resolution Protocol), το RARP (Reverse Address Resolution Protocol), κ.α.

### *Επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer)*

Το επίπεδο μεταφοράς παρέχει τους μηχανισμούς που εξασφαλίζουν την αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων. Είναι υπεύθυνο για την παραλαβή των δεδομένων από το επίπεδο εφαρμογής, τη διάσπασή τους σε μικρότερα μηνύματα, αν χρειαστεί, την παράδοσή τους στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο του Διαδικτύου και τη διασφάλιση ότι όλα τα μηνύματα φτάνουν σωστά στην άλλη πλευρά. Είναι ευθύνη των πρωτοκόλλων αυτού του επιπέδου να τοποθετήσουν σε σωστή σειρά τα PDUs ή να ζητήσουν την επαναμετάδοση των λανθασμένων ή χαμένων PDUs. Οι υπηρεσίες αυτού του επιπέδου παρέχονται από δύο πρωτόκολλα, το TCP και το UDP (User Datagram Protocol – Πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη).

*(Ερ. Πιστ.: Τι γνωρίζετε για το TCP (Transmission Control Protocol); Ποιες λειτουργίες εξυπηρετεί;)*

Το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης (TCP Transmission Control Protocol) είναι το κυριότερο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς στο μοντέλο σαναφορός TCP/IP. Παραλαμβάνει τα δεδομένα από το επίπεδο εφαρμογής και τα τεμαχίζει σε τμήματα των 64Kbytes το πολύ, τα οποία στέλνει μέσω του δικτύου στο ομότιμο επίπεδο ως ξεχωριστά πακέτα. Το TCP έχει τις ακόλουθες ιδιότητες:

- ο Είναι προσανατολισμένο στη σύνδεση (connection-oriented) και φροντίζει για τη δύνδεση δύο σημείων και τη μεταξύ τους επικοινωνίας εξασφαλίζοντας την αποστολή και την λήψη των PDUs.

- ο Η σύνδεση παρέχεται από το ένα άκρο στο άλλο Κάθε PDU του TCP έχει ένα συγκεκριμένο σημείο προορισμού και κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους το PDU αγνοείται από όλα τα ενδιάμεσα σημεία από τα οποία περνάει.
- ο Είναι αξιόπιστο. Το TCP δροντίζει να εξασφαλιστεί όχι μόνο η άφιξη των PDUs που στέλνονται στον προορισμό τους, αλλά και ότι αυτές φτάνουν εκεί με τη σωστή σειρά που στάλθηκαν.

Το TCP υποστηρίζει τις παρακάτω λειτουργίες:

- ο τη λογική σύνδεση και αποσύνδεση με το ομότιμό του πρωτόκολλο,
- ο τη μετάδοση των δεδομένων σε πακέτα που δεν υπερβαίνουν τα 64 Kbytes
- ο την αξιοπιστία της μετάδοσης,
- ο τον έλεγχο ροής των δεδομένων,
- ο την ολικά αμφίδρομη επικοινωνία

Προκειμένου το TCP να επικοινωνήσει με το επίπεδο εφαρμογής αλλά και οι εφαρμογές μεταξύ τους, χρησιμοποιείται η έννοια της θύρας ή πόρτας (port). Η θύρα είναι ένα πεδίο στην επικεφαλίδα του TCP και σε κάθε εφαρμογή αντιστοιχεί και μια ορισμένη τιμή. Οι πιο συνηθισμένες εφαρμογές έχουν μία συγκεκριμένη τιμή θύρας, όπως π.χ. το FTP τη θύρα 21, το SMTP τη θύρα 25, το Telnet τη θύρα 23.

### Επίπεδο Εφαρμογής (Application layer)

Επάνω από το επίπεδο μεταφοράς στο μοντέλο TCP/IP είναι το επίπεδο εφαρμογών, δεν υπάρχουν δηλαδή στο TCP/IP τα επίπεδα συνόδου και παρουσίασης όπως στο OSI, τα οποία η εμπειρία έχει δείξει ότι ελάχιστα χρησιμοποιούνται. Στο επίπεδο εφαρμογής υπάρχουν πολλά ευρέως διαδεδομένα πρωτόκολλα, όπως τα εξής:

- ο Πρωτόκολλο εξομοίωσης τερματικού (terminal emulator protocol – Telnet: επιτρέπει σε κάποιον χρήστη να συνδεθεί από τον υπολογιστή του με κάποιο απομακρυσμένο μηχάνημα.
- ο Πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (FTP – File Transfer Protocol): χρησιμοποιείται για μεταφορά αρχείων από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο.
- ο Πρωτόκολλο μεταφοράς απλού ταχυδρομείου (SMTP – Simple Mail Transfer Protocol): αφορά την αποστολή και λήψη ηλεκτρονικής αλληλογραφίας.
- ο Πρωτόκολλο HTTP (Hyper Text Transfer Protocol): αφορά τη μεταφορά ιστοσελίδων από το Διαδίκτυο στον υπολογιστή μας.

### Αξιολόγηση και Σύγκριση των Προτύπων Αναφοράς OSI & TCP/IP

Συγκρίνοντας τα δύο μοντέλα αναφοράς, OSI και TCP/IP, πρέπει να διευκρινιστεί ότι δε συγκρίνονται τα πρωτόκολλα που λειτουργούν στα διάφορα επίπεδα των μοντέλων.



### Ομοιότητες

- ο Και τα δύο μοντέλα αναφοράς περιγράφονται υπό μορφή επιπέδων.
- ο Σε κάθε επίπεδο δρουν κάποια πρωτόκολλα, που αναφέρονται και ως πρωτόκολλα του αντίστοιχου επιπέδου, π.χ. στο TCP/IP στο επίπεδο μεταφοράς μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα πρωτόκολλα, όπως το TCP ή το UDP. Συνεπώς η αντιστοιχία πρωτοκόλλων - επιπέδων δεν είναι μονοσήμαντα ορισμένη.
- ο Συνήθως κάθε επίπεδο περιλαμβάνει περισσότερα από ένα πρωτόκολλα. Το ποιο πρωτόκολλο θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από τις απαιτήσεις των χρηστών και της εφαρμογής που επιλέγουν για να επικοινωνήσουν.
- ο Και στα δύο μοντέλα αναφοράς τα πρωτόκολλα των υψηλότερων επιπέδων από το επίπεδο μεταφοράς (του επιπέδου μεταφοράς συμπεριλαμβανομένου) είναι ανεξάρτητα από το δίκτυο που χρησιμοποιείται για να επιτευχθεί η επικοινωνία.

### Διαφορές

- ο Η περιγραφή του OSI θεωρείται πληρέστερη από αυτήν του TCP/IP. Η μεγαλύτερη προσφορά του OSI είναι το γεγονός ότι κάνει ένα σαφή διαχωρισμό ανάμεσα στις έννοιες της υπηρεσίας, της διεπαφής και του πρωτοκόλλου. Στο TCP/IP ο διαχωρισμός αυτός δεν είναι ευδιάκριτος. Το OSI μοντέλο είναι θεωρητικό, καθώς πρώτα περιγράφηκε και στη συνέχεια γράφτηκαν τα πρωτόκολλα και όλο το λογισμικό που αφορούσε τη λειτουργία των διεπαφών και των υπηρεσιών. Στο TCP/IP πρώτα δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα και με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα δημιουργήθηκε και το μοντέλο.
- ο Στο TCP/IP δεν υπάρχει πρόβλημα συμφωνίας πρωτοκόλλων-μοντέλου, καθώς το μοντέλο περιγράφηκε με βάση τα υπάρχοντα πρωτόκολλα.
- ο Στο OSI το μοντέλο περιγράφηκε κάνοντας σαφή διαχωρισμό στις έννοιες που υιοθετήθηκαν από τα πρωτόκολλα. Η ανυπαρξία έτοιμων πρωτοκόλλων οδήγησε σε ένα αρκετά γενικό μοντέλο. Όταν υλοποιήθηκαν δίκτυα με βάση το OSI εμφανίστηκαν προβλήματα, όπως π.χ. στο επίπεδο γραμμής διασύνδεσης το OSI αρχικά αναφερόταν μόνο σε δίκτυα σημείου προς σημείου και δεν είχε λάβει υπόψη του τα δίκτυα εκπομπής με αποτέλεσμα να προστεθεί στη συνέχεια ένα υποεπίπεδο που να ασχολείται με τα δίκτυα εκπομπής.
- ο Στο OSI μοντέλο έχουμε επτά επίπεδα, ενώ στο TCP/IP έχουμε τέσσερα. Η χρήση των επτά επιπέδων σήμερα κρίνεται υπερβολική, ενώ την εποχή που έγινε φαινόταν ως η καλύτερη λύση. Η επιτροπή του ISO που πρότεινε το OSI δεν κατάφερε να περιγράψει ένα μοντέλο διαφορετικό από τη λύση των επτά επιπέδων που πρότεινε τότε η IBM από το φόβο μήπως αυτό αποτύχει.
- ο Το επίπεδο συνόδου του OSI έχει στην πραγματικότητα πολύ μικρή εφαρμογή, ενώ το επίπεδο παρουσίασης απουσιάζει εντελώς από τις περισσότερες εφαρμογές. Δικαιώνεται έτσι η περιγραφή του TCP/IP με τα λιγότερα επίπεδα.
- ο Το TCP/IP δεν κάνει σαφή διαχωρισμό μεταξύ του φυσικού επιπέδου και του επιπέδου διασύνδεσης δεδομένων, το οποίο αποτελεί μειονέκτημα για το TCP/IP, καθώς ο διαχωρισμός τους είναι απαραίτητος.
- ο Στο επίπεδο δικτύου του OSI υποστηρίζει τόσο την προσανατολισμένη όσο και τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Όμως στο επίπεδο μεταφοράς υποστηρίζει μόνο την προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία. Το μοντέλο TCP/IP υποστηρίζει στο επίπεδο Διαδικτύου μόνο τη μη προσανατολισμένη στη σύνδεση επικοινωνία, ενώ υποστηρίζει και τους δύο τρόπους επικοινωνίας στο επίπεδο μεταφοράς.
- ο Το OSI είναι ένα γενικό μοντέλο αναφοράς μέσα από το οποίο μπορούν να υλοποιηθούν και να περιγραφούν και άλλες σειρές πρωτοκόλλων. Στο

TCP/IP είναι αδύνατη η περιγραφή άλλων πρωτοκόλλων, καθώς αυτό φτιάχτηκε για να περιγράψει συγκεκριμένα πρωτόκολλα.

- ο Το TCP/IP έτυχε ευρύτερης αποδοχής από τον κόσμο σε σύγκριση με το OSI για τους εξής λόγους:
  - ο Το OSI προσπάθησε να αναπτυχθεί όταν το TCP/IP ήδη χρησιμοποιούνταν
  - ο Λόγω της αναλυτικής περιγραφής του OSI και του σαφή διαχωρισμού που έκανε μεταξύ των εννοιών του πρωτοκόλλου, της διεπαφής και της υπηρεσίας, οι πρώτες εφαρμογές που γράφτηκαν στα πλαίσιά του ήταν πολύπλοκες, δύσχρηστες και ακριβές. Αντίθετα τα βασικά πρωτόκολλα του TCP/IP (το TCP και το IP) ήταν καλογραμμένα και εύχρηστα.
  - ο Οι βασισμένες στο μοντέλο TCP/IP εφαρμογές ήταν και είναι δωρεάν διαθέσιμες και μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν και να ενσωματωθούν στα δίκτυα υπολογιστών.
  - ο Το OSI αποτελεί χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο αν και δεν έχει την καθολική αποδοχή που απολαμβάνει το TCP/IP λόγω και του ότι η λειτουργία του Διαδικτύου βασίζεται σε αυτό.

## Κεφάλαιο 3ο: Επίπεδο Διασύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer)

### Μέσα Μετάδοσης Δεδομένων

Κάθε πληροφορία, προκειμένου να μεταδοθεί από την πηγή στον προορισμό της πρέπει να χρησιμοποιήσει κάποιο ελαστικό μέσο, που λέγεται μέσο μετάδοσης. Το μέσο μετάδοσης παρέχει ένα φυσικό δρόμο ή αλλιώς, ένα κανάλι επικοινωνίας διαμέσου του οποίου θα αταλούν τα σήματα. Οι γραμμές επικοινωνίας έχουν ιδιότητες (χαρακτηριστικά).

Κάθε μέσο μετάδοσης αναλογικών σημάτων είναι σχεδιασμένο για ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων, το οποίο καθορίζει και το εύρος ζώνης του (bandwidth) του. Συνεπώς το εύρος ζώνης εκφράζει πάντα τη διαφορά ανάμεσα στη μέγιστη και στην ελάχιστη συχνότητα που μπορεί να εξασφαλίσει το μέσο μετάδοσης. Το εύρος ζώνης επιμερίζεται σε ζώνες συχνοτήτων μικρότερους εύρους, που ονομάζονται λογικά κανάλια.

Στην ψηφιακή μετάδοση η χωρητικότητα (capacity) ενός αναλογικού μέσου εκφράζει το μέγιστο ρυθμό με τον οποίο μπορούμε να στείλουμε ή να πάρουμε χωρίς σφάλμα κάποια πληροφορία από αυτά και έχει στενή σχέση με το εύρος ζώνης του. Γενικά, όσο μεγαλύτερο είναι το εύρος ζώνης του μέσου μετάδοσης, τόσο μεγαλύτερος είναι και ο ρυθμός μετάδοσης των δυαδικών ψηφίων. Στα συστήματα επικοινωνίας δεδομένων η χωρητικότητα μετριέται σε δυαδικά ψηφία ανά δευτερόλεπτο (bps: bits per seconds).

Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, τα μέσα μετάδοσης διακρίνονται σε τρεις γενικές κατηγορίες:

- ο Μέσα μετάδοσης στενής ζώνης (narrowband), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 45 έως 600 bps. Τα μέσα αυτά δεν έχουν επαρκή χωρητικότητα για να μεταδώσουν τηλεφωνικές συνδιαλέξεις και συναντώνται σε τηλεγραφικά κυκλώματα.
- ο Μέσα μετάδοσης βασικής ζώνης (baseband), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 1200 έως 33600 bps. Τυπικά χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία για τη μετάδοση σημάτων φωνής.
- ο Μέσα μετάδοσης ευρείας ζώνης (broadband), που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση ψηφιακών σημάτων με ρυθμούς από 48.000 έως 1.5Mbps. Η χωρητικότητά τους επιτρέπει να χρησιμοποιηθεί όλο το εύρος τους, μπορεί



όμως και να υποδιαιρεθούν σε λογικά κανάλια μικρότερης χωρητικότητας προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε τηλεφωνικές συνδιάλεξεις ή στη μετάδοση σημάτων χαμηλότερων ρυθμών μετάδοσης.

Όπως είναι γνωστό, η επικοινωνία μπορεί να είναι ενσύρμωτη ή ασύρματη. Στην ενσύρματη το μέσο μετάδοσης είναι το καλώδιο, ενώ στην ασύρματη η γήινη ατμόσφαιρα. Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης διακρίνονται στα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, στα ομοαξονικά καλώδια και στις οπτικές ίνες.

#### *Καλώδια Συνεστραμμένου Ζεύγους (Twisted Pair – Unshielded Twisted Pair CAT5)*

*(Ερ. Πιστ.: Ποιους βασικούς τύπους καλωδίων συνεστραμμένων ζευγών γνωρίζετε και ποιες είναι οι διαφορές τους;)*

Το παλαιότερο και πιο συνηθισμένο μέσο μετάδοσης είναι το συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων.

Αποτελείται από σύρματα με πυρήνα χαλκού, τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό. Αν δύο σύρματα συστραφούν το ένα γύρω από το άλλο, ώστε να πάρουν ελικοειδές σχήμα δημιουργούν κύκλωμα το οποίο μπορεί να μεταφέρει δεδομένα. Ένα καλώδιο αποτελείται από ένα ή περισσότερα τέτοια ζεύγη, τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό, και υπάρχει σε δύο μορφές: το αθωράκιστο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP: Unshielded Twisted Pair), συνηθισμένο στα τηλεφωνικά δίκτυα, και το θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (STP: Shielded Twisted Pair), που παρέχει προστασία από θόρυβο ή παρεμβολές. Το UTP καθορίζεται από την τυποποίηση EIA/TIA-568 (και τη νεότερη 568A) και χωρίζεται σε κατηγορίες από 1 έως 5, ανάλογα με το πόσο σφιχτό είναι το πλέξιμο των καλωδίων. Το σφιχτό πλέξιμο επιτρέπει γρηγορότερους ρυθμούς μετάδοσης και μείωση των παρεμβολών και των ηλεκτρικών αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε κοντινά όμοια ζεύγη. Τα ζεύγη των καλωδίων συστρέφονται ώστε να αποφεύγεται ο θόρυβος: δύο παράλληλοι αγωγοί που διαρρέονται από ρεύμα δημιουργούν γύρω τους μαγνητικό πεδίο το οποίο δημιουργεί θόρυβο στους αγωγούς (ρεύμα εξ επαγωγής ο ένας αγωγός στο γειτονικό αγωγό).

Το καλώδιο UTP κατηγορίας 5 (CAT5) υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης έως 100Mbps. Αποτελείται από τέσσερα συνεστραμμένα ζεύγη συρμάτων. Υποστηρίζει τις νεότερες τεχνολογίες δικτύων υψηλών επιδόσεων και δικτύων ευρείας περιοχής. Το καλώδιο αυτό έχει υψηλή χωρητικότητα και παρουσιάζει χαμηλή επικάλυψη.

Το καλώδιο UTP κατηγορίας 6 (CAT6) χρησιμοποιείται ειδικά για την σύνδεση ηλεκτρονικών υπολογιστών και συγκεκριμένα για την καλωδίωση δικτύων Gigabit Ethernet. Είναι συμβατό με τα καλώδια της κατηγορίας 5, παρέχει όμως υψηλότερη ηλεκτρική πιστότητα και λιγότερες ηλεκτρονικές παρεμβολές σε σύγκριση με αυτό. Είναι φτιαγμένο από τέσσερα ζεύγη περιπλεγμένων μονωμένων μεταλλικών ινών που περιβάλλονται από έναν κοινό μανδύα και η προδιαγραφή EIA-568-B επιβάλλει ένα μέγιστο μήκος 100 μέτρων για καλώδια αυτής της κατηγορίας.

Λόγω της ικανοποιητικής απόδοσης και του χαμηλού κόστους τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων χρησιμοποιούνται ευρύτατα.

#### *Ομοαξονικά Καλώδια Βασικής Ζώνης (Baseband Coaxial Cable)*

Το ομοαξονικό καλώδιο έχει ρυθμούς μετάδοσης παρόμοιους με το καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους το οποίο χρησιμοποιείται στα τηλεφωνικά ή στα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα. Ωστόσο το ομοαξονικό καλώδιο παρέχει καλύτερη θωράκιση από τα θωρακισμένα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών, με αποτέλεσμα να έχει δυνατότητα κάλυψης μεγαλύτερων αποστάσεων. Αξίζει να σημειωθεί ότι σήμερα οι νέες τυποποιήσεις συστημάτων δομημένης καλωδίωσης απαιτούν καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους ή οπτικής ίνας που προορίζεται για ψηφιακή μετάδοση, αφού τα μέσα αυτά μπορούν να μεταδίδουν σε ρυθμούς που

κυμαίνονται από 100Mbps έως 1Gbps, δηλαδή 10 έως 100 φορές υψηλότερα από τους αντίστοιχους ρυθμούς μετάδοσης του ομοαξονικού καλωδίου.

Το ομοαξονικό καλώδιο βασικής ζώνης αποτελείται από ένα δύσκαμπτο χάλκινο σύρμα, τον πυρήνα, ο οποίος περιβάλλεται από ένα μονωτικό υλικό. Το μονωτικό υλικό περιβάλλεται, με τη σειρά του, από έναν εξωτερικό αγωγό (μεταλλικό μανδύα), που έχει συνήθως τη μορφή πλέγματος. Ο εξωτερικός αγωγός, τέλος, περιβάλλεται από ένα προστατευτικό πλαστικό κάλυμμα. Μια τομή ενός τέτοιου καλωδίου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Τα ομοαξονικά καλώδια χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν ευρύτατα στα τοπικά δίκτυα, αφού για μικρές αποστάσεις μπορούν να έχουν αρκετά υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Επίσης χρησιμοποιούνταν και στο τηλεφωνικό σύστημα για την κάλυψη μεταδόσεων μεγάλων αποστάσεων, αφού διαθέτουν καλύτερη θωράκιση από τα συνεστραμμένα καλώδια.



### Ομοαξονικά Καλώδια Ευρείας Ζώνης (Broadband Coaxial Cable)

Το ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης είναι το τυποποιημένο ομοαξονικό καλώδιο αναλογικής μετάδοσης της καλωδιακής τηλεόρασης. Υποστηρίζει συχνότητες ευρείας ζώνης που φθάνουν μέχρι τα 450MHz καλύπτοντας αποστάσεις έως 100Km. Το ομοαξονικό καλώδιο ευρείας ζώνης έχει τη δυνατότητα να χωριστεί σε πολλά κανάλια εύρους ζώνης 6MHz συνήθως, από τα οποία αλλα χρησιμοποιούνται για τηλεοπτική μετάδοση, αλλά για μετάδοση δεδομένων και άλλα στην τηλεφωνία.

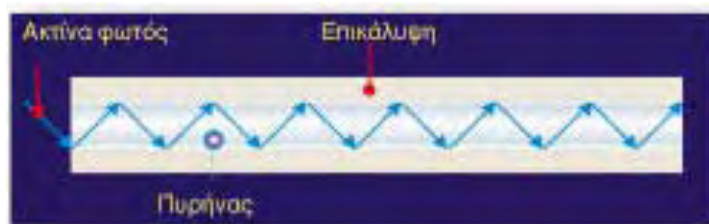
Η ουσιαστική διαφορά τους από τα ομοαξονικά καλώδια βασικής ζώνης είναι ότι χρησιμοποιούνται για μεταδόσεις που καλύπτουν μεγάλες αποστάσεις και επομένως απαιτούν ισχυρούς ενισχυτές. Όμως οι αναλογικοί ενισχυτές μπορούν να μεταδώσουν προς μία μόνο κατεύθυνση, με αποτέλεσμα να απαιτείται είτε διπλή καλωδίωση είτε χρησιμοποίηση δύο διαφορετικών συχνοτήτων ανά κατεύθυνση.

Τα ομοαξονικά καλώδια ευρείας ζώνης είναι από τεχνική άποψη κατώτερα των καλωδίων βασικής ζώνης, όμως είναι τόσο διαδεδομένη η χρήση τους, ώστε οι εταιρείες καλωδιακής τηλεόρασης αναμένεται ότι πολύ σύντομα θα είναι σε θέση να τα χρησιμοποιούν για την παροχή υπηρεσιών τηλεφώνου και για τη μετάδοση δεδομένων.

### Οπτικές Ίνες

(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε τον τρόπο λειτουργίας των οπτικών ινών.)

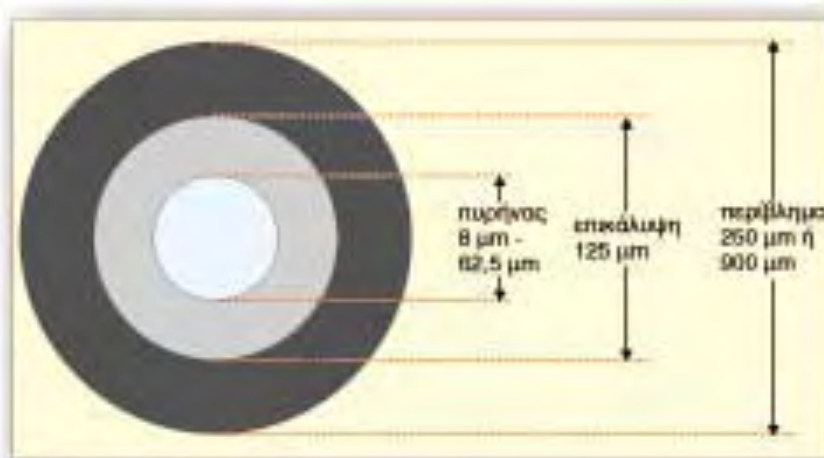
Με τις οπτικές ίνες η μεταφορά των πληροφοριών γίνεται με παλμούς φωτός και όχι με ηλεκτρικά σήματα.



Ένα οπτικό σύστημα μετάδοσης συνίσταται από τρία στοιχεία, την πηγή, το μέσο μετάδοσης, που είναι η οπτική ίνα, και τους οπτικο-ηλεκτρονικούς συζευκτές. Στην απλούστερη των περιπτώσεων η πηγή προσαρμόζεται στο ένα άκρο της οπτικής ίνας και ο συζευκτής στο άλλο. Οι παλμοί του φωτός μεταδίδονται διαμέσου της οπτικής ίνας στο άλλο άκρο, όπου ο συζευκτής τους μετατρέπει σε ηλεκτρικά σήματα. Σημειώνουμε ότι κάθε παλμός φωτός αντιπροσωπεύει το δυαδικό ψηφίο 1, ενώ η απουσία παλμού το δυαδικό ψηφίο 0.

Στα δίκτυα υπολογιστών τα δεδομένα δημιουργούνται από υπολογιστές και επομένως τα ηλεκτρικά σήματα θα πρέπει να μετατραπούν σε παλμούς φωτός. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και πάλι από το συζευκτή, ο οποίος τώρα παίρνει τα ηλεκτρικά σήματα που δημιουργούνται από τον υπολογιστή και τα χρησιμοποιεί άμεσα για τη δημιουργία παλμών φωτός, οι οποίοι αναπαριστούν την ίδια την πληροφορία. Φυσικά η αντίστροφη διαδικασία εκτελείται από έναν άλλο συζευκτή, ο οποίος βρίσκεται στο άλλο άκρο της οπτικής ίνας και μετατρέπει τους παλμούς φωτός στα αρχικά ηλεκτρικά σήματα που στάλθηκαν.

Το φως μεταδίδεται προς μία πάντα κατεύθυνση μέσα από τον πυρήνα της οπτικής ίνας, ο οποίος είναι ένα κυλινδρικό συνεχόμενο νήμα γυαλιού ή πλαστικού. Ο πυρήνας περιβάλλεται από μια μονωτική επικάλυψη και αυτή με τη σειρά της από ένα ειδικό προστατευτικό περίβλημα.



Ο πυρήνας και η μονωτική επικάλυψη είναι φτιαγμένοι από υλικά με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, έτσι ώστε: ο δείκτης ανάκλασης του φωτός στον πυρήνα να είναι λίγο μεγαλύτερος από αυτόν στην επικάλυψη. Αυτό προκαλείται συνεχόμενες ανακλάσεις του φωτός μέσα στον κυλινδρικό πυρήνα. Επειδή ο αγωγός από γυαλί είναι μονόπλευρης κατεύθυνσης και προκειμένου να εξασφαλιστεί η μετάδοση και από τα δύο άκρα, το οπτικό καλώδιο αποτελείται από περισσότερες από μία ανεξάρτητες οπτικές ίνες. Λόγω του ότι κάθε οπτική ίνα είναι λεπτή και ελαφριά, το οπτικό καλώδιο είναι πολύ λεπτότερο και ελφραύτερο σε σχέση με τα καλώδια άλλων υλικών κατασκευής.

(Ερ. Πιστ.: Να αναφέρετε τη διαφορά όσον αφορά στον τρόπο μετάδοσης της ακτίνας φωτός μέσα στις πολύτροπες (multimode) και μονότροπες (single mode) οπτικές ίνες. Ποιο είδος οπτικής ίνας μπορεί να μεταδώσει σε μεγαλύτερη απόσταση χωρίς επαναλήπτη;)

*(Ερ. Πιστ.: Τι είναι τα μονότροπα και τι τα πολύτροπα καλώδια οπτικών ινών;)*

Οι τύποι καλωδίωσης της οπτικής ίνας ποικίλλουν ανάλογα με τα φυσικά τους χαρακτηριστικά και τη χωρητικότητα μετάδοσης. Ανάλογα με το δείκτη ανάκλασης και ορισμένα χαρακτηριστικά της οπτικής διάδοσης οι οπτικές ίνες διακρίνονται σε μονότροπες και πολύτροπες. Στις πολύτροπες (multimode) οπτικές ίνες ο πυρήνας τους έχει σχετικά μεγάλο μέγεθος (από 50 – 100  $\mu\text{m}$ ) με αποτέλεσμα το φως να κυκλοφορεί μέσα στην οπτική ίνα όχι με την μορφή μιας και μοναδικής ακτίνας, αλλά πολλών και χρησιμοποιούνται για κοντινές αποστάσεις. Στις μονότροπες (singlemode) οπτικές ίνες το φως κυκλοφορεί με την μορφή μίας και μόνο ακτίνας, είναι λεπτότερες (μέχρι 10 $\mu\text{m}$ ), πιο σύνθετες στην κατασκευή και χρησιμοποιούνται για μεγαλύτερες αποστάσεις. Στις μονότροπες οπτικές ίνες ο πυρήνας τους είναι πολύ μικρός έτσι ώστε η ακτίνα φωτός να ταξιδεύει ως μία ευθεία γραμμή. Οι μονότροπες οπτικές ίνες μεταδίδουν συνεπώς σε μεγαλύτερες αποστάσεις χωρίς επαναλήπτη.

Επειδή το σύστημα οπτικής μετάδοσης δεν παρουσιάζει παρεμβολές από ηλεκτρικά ρεύματα, η οπτική ίνα έχει δυνατότητα υψηλών ρυθμών μετάδοσης σε πολύ μακρινές αποστάσεις, οι οποίοι φθάνουν τα 50Gbps.

*(Ερ. Πιστ.: Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας των οπτικών ινών;)*

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.

**Πλεονεκτήματα:** 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, αντοχή φόρτου εργασίας, αντοχή σε σφάλματα, δεν επηρεάζονται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, με αποτέλεσμα να συνιστάται η χρήση τους σε βιομηχανικό περιβάλλον και σε χώρους με υψηλό θόρυβο, δύσκολα υποκλέπτεται, καλύπτει μεγάλες αποστάσεις επειδή η εξασθένιση των σημάτων είναι μικρότερη από ό,τι στα χάλκινα και ομοαξονικά καλώδια, έχει υλικό εύκαμπτο κι ελαφρύ.

**Μειονεκτήματα:** Επειδή πρόκειται για γυαλί ή πλαστικό, μπορεί εύκολα να σπάσει. Η επεξεργασία του απαιτεί στοιχειώδεις και εμπειρικές γνώσεις. Υπάρχει δυσκολία υλοποίησης συνδέσεων, επειδή απαιτείται υψηλή προσαρμογή και ευθυγράμμιση της φωτεινής πηγής, για να μην υπάρχει διασπορά και για να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Τέλος είναι το πιο ακριβό μέσο μετάδοσης.

## Σύγκριση ενσύρματων μέσων μετάδοσης

|                          | Συνεστραμμένο ζεύγος                                         |                                              | Ομοαξονικό καλώδιο                                      | Οπτική ίνα                                   |                                        |                                       |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------|
| Ρυθμός μετάδοσης         | Ανάλογο με την κατηγορία, έως 100 Mbps                       |                                              | Ίδιος ή υψηλότερος από τα καλώδια συνεστραμμένων ζευγών | Από 100 Mbps έως μερικά Gbps                 |                                        |                                       |
| Απόσταση                 | Δεκάδες μέτρα                                                |                                              | Εκκτοντάδες μέτρα                                       | Πολλά χιλιόμετρα                             |                                        |                                       |
| Ευαισθησία σε παρεμβολές | Μέτρια                                                       |                                              | Μέτρια                                                  | Χαμηλή                                       |                                        |                                       |
| Τεχνολογική κατάσταση    | Ωριμή                                                        |                                              | Ωριμή                                                   | Αναπτυσσόμενη                                |                                        |                                       |
| Ευκολία εγκατάστασης     | Υψηλή                                                        |                                              | Μέτρια                                                  | Χαμηλή                                       |                                        |                                       |
| Ανάγκη αναμεταδοτών      | Κάθε 3 - 4 km                                                |                                              | Κάθε 3 - 4 km                                           | κάθε 40 - 60 km                              |                                        |                                       |
| Επιλογή                  | Αθιωρόεστοι: Αιγότερο αέξόεστο σε μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης | Θιωρόεεενο: Αιγότερο ευαίεεστο σε παρεμβολές | 50 Ωm, 5 mm: περισσότερο εαίεεστο (βασική ζώνη)         | 75 Ωm, 10 mm: μεγαλύτερο εύρος (κυρεία ζώνη) | Μονότροπη: υψηλότεροι ρυθμοί μετάδοσης | Πολύτροπη: φθηνότερη και πιο ευέλικτη |

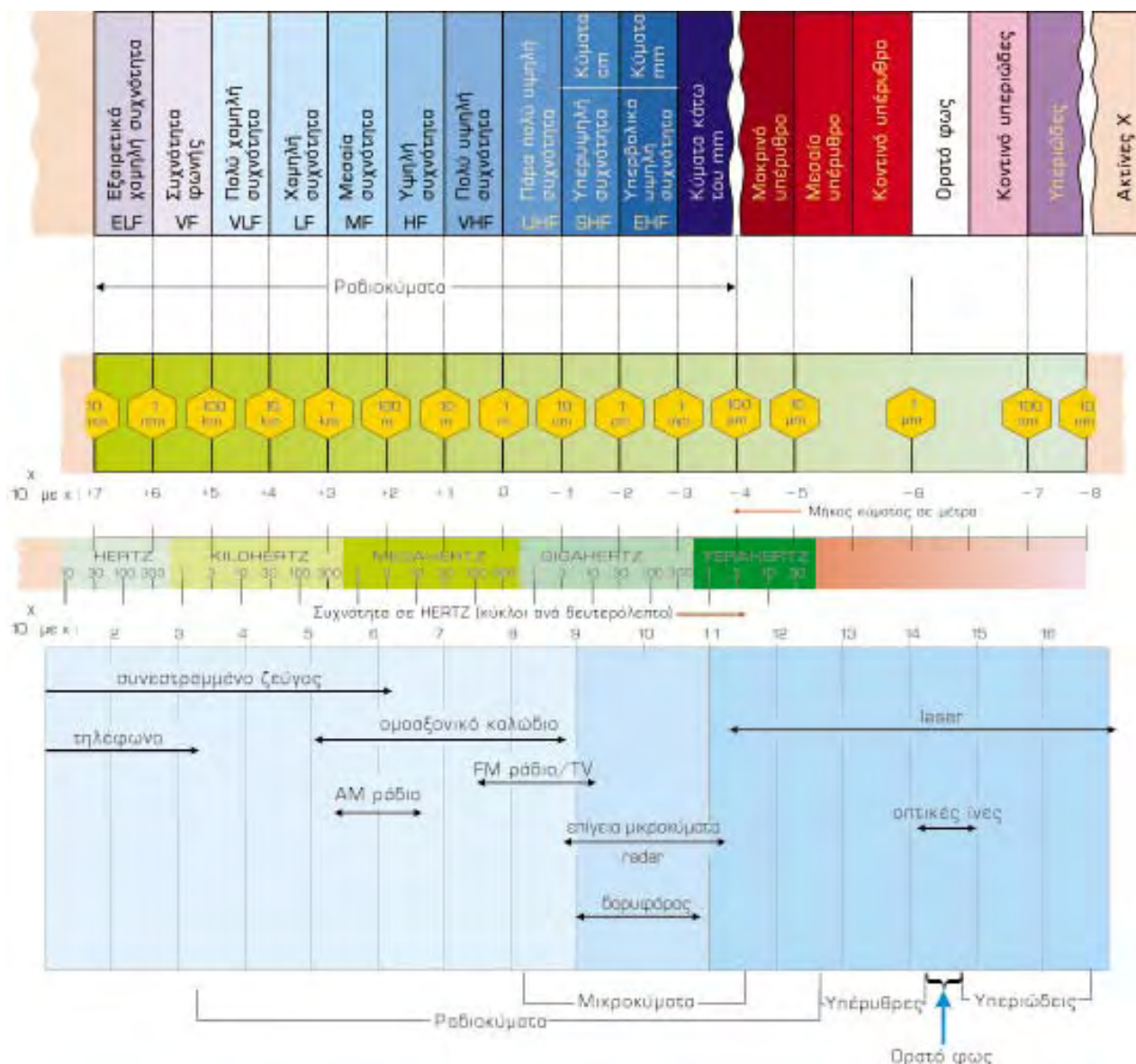
## Ασύρματη Μετάδοση (Wireless Transmission)

Οι ασύρματες μεταδόσεις δεν απαιτούν καλωδιακό μέσο για την επικοινωνία. Το μέσο μετάδοσης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η γήινη ατμόσφαιρα ή το διάστημα. Η περιοχή των συχνοτήτων που χρησιμοποιείται στα ασύρματα συστήματα κυμαίνεται από 10KHz έως 40GHz περίπου και με την εισαγωγή των λέιζερ φθάνει ως την περιοχή των οπτικών κυμάτων. Η κατανομή των συχνοτήτων φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

Η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων από τα οποία το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Οι ασύρματες μεταδόσεις με οπτική επαφή στηρίζονται στις υπέρυθρες ακτίνες, στην τεχνολογία των λέιζερ, στα μικροκύματα, καθώς και σε ορισμένες περιοχές του ραδιοφωνικού φάσματος. Σημειώνεται ότι η ασύρματη επικοινωνία μεταξύ σταθερών σημείων, σε συνδυασμό με την ενσύρματη, καλύπτει ένα μεγάλο μέρος της τηλεφωνικής κίνησης των υπεραστικών δικτύων.

Όπως είναι γνωστό, η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από κάποιον πομπό δεν είναι πάντα ευθύγραμμη. Τα κύματα που ακολουθούν την καμπύλωση της Γης και επομένως μεταδίδονται στην επιφάνεια της λέγονται επιφανειακά κύματα και είναι ιδιαίτερα χρησιμα στη ραδιοφωνία. Παράδειγμα επιφανειακών κυμάτων αποτελούν τα μακρά και μεσαία ραδιοκύματα. Όμως όσο το κύμα απομακρύνεται απο τον πομπό, τόσο ελαττώνεται η έντασή του με αποτέλεσμα σε μεγάλες αποστάσεις να έχει εξασθενήσει, να έχει χάσει δηλαδή ένα μεγάλο μέρος της έντασής του.





Εκτός από τα επιφανειακά κύματα υπάρχουν και τα κύματα χώρου, τα οποία ανακλώνται στην ιονόσφαιρα, που είναι ένα αγωγίμο στρώμα της ατμόσφαιρας. Τα κύματα χώρου, αφού ανακλαστούν στην ιονόσφαιρα, επιστρέφουν στο έδαφος έχοντας διανύσει μεγάλες αποστάσεις χωρίς η έντασή τους να έχει ελαττωθεί τόσο όσο στην περίπτωση των επιφανειακών κυμάτων. Στην κατηγορία των κυμάτων χώρου ανήκουν τα βραχέα κύματα της ραδιοφωνίας. Τα επιφανειακά κύματα των βραχέων κυμάτων απορροφώνται, ενώ τα κύματα χώρου υφίστανται διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα, χωρίς να εξέρχονται από την ατμόσφαιρα.

(Ερ. Πιστ.: Ποια είναι τα κυριότερα ασύρματα μέσα μετάδοσης δεδομένων;)

#### Ραδιοκύματα (Radiowaves)

Τις πιο γνωστές περιπτώσεις ασύρματων μέσων μετάδοσης αποτελούν οι ραδιοσυχνότητες, οι οποίες έχουν ευρύτατη εφαρμογή, όπως η ασύρματη σταθερή ή κινητή τηλεφωνία, η παράκτια επικοινωνία, η ραδιοεπικοινωνία, η ραδιοφωνία, η ασύρματη τηλεοπτική μετάδοση, κτλ. Για τη μετάδοση των σημάτων αυτών χρησιμοποιείται μια κεραία της οποίας το κύκλωμα διαρρέει εναλλασσόμενο ρεύμα, απελευθερώνοντας με αυτό τον τρόπο ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην ατμόσφαιρα. Στο άλλο άκρο ένα ασθενέστερο ηλεκτρικό ρεύμα, όπως αυτό που

δημιούργησε τα κύματα στον πομπό, παράγεται εξ επαγωγής στην κεραία λήψης, η οποία συλλέγει τα εκπεμπόμενα σήματα. Παρά το γεγονός ότι τα παραγόμενα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χρησιμοποιούνται σε πολλά είδη εκπομπών, συνηθίζεται να ονομάζονται ραδιοκύματα (radiowaves). Τα ραδιοκύματα έχουν χαμηλότερες συχνότητες από τα μικροκύματα, διανύουν εκατοντάδες χιλιόμετρα, αλλά είναι αρκετά ευαίσθητα στις παρεμβολές. Προσφέρουν υψηλό βαθμό ευελιξίας, μέτριες ταχύτητες και συνδέσεις κυμαινόμενης ποιότητας.

Ο κυρίως όγκος των ραδιοσυχνοτήτων κυμαίνεται από 30KHz έως 300MHz. Όλες αυτές οι συχνότητες μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες, ενώ, για να διευκολυνθεί η κατανομή της χρήσης και ο έλεγχός τους, υποδιαιρούνται σε δέκα ζώνες (λογικά κανάλια).

Ορισμένες συχνότητες έχουν δεσμευτεί με κυβερνητικές αποφάσεις για συγκεκριμένες χρήσεις επικοινωνίας (ηχού, εικόνας κτλ.). Αυτό οφείλεται τόσο στο γεγονός ότι κάποιες επηρεάζονται περισσότερο από παράγοντες όπως ο καιρός και οι αλλαγές στην ιονόσφαιρα όσο και στον απαιτούμενο έλεγχο των ραδιοηλεκτρονικών εκπομπών.

### *Μικροκύματα (Microwaves)*

Τα μικροκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα με μήκος που κυμαίνεται από 1 έως 30cm, δηλαδή μεγαλύτερο του ορατού φωτός και μικρότερο των ραδιοκυμάτων. Επομένως οι μικροκυματικές ζεύξεις καλύπτουν την περιοχή φάσματος από 300MHz έως 30GHz, όμως το κύριο πεδίο εφαρμογής τους βρίσκεται στην περιοχή μεταξύ 2 και 8 GHz. Σε περιπτώσεις κακών καιρικών συνθηκών, όπως ισχυρή βροχή, ομίλη, καπνός, κτλ., η μετάδοσή τους καθίσταται προβληματική.

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα μικρότερου μήκους των ραδιοκυμάτων, όπως τα υπερβραχεία και τα μικροκύματα, δεν ανακλώνται στην ιονόσφαιρα και επομένως μεταδίδονται αποκλειστικά σαν επιφανειακά κύματα. Επιπλέον μεταδίδονται ευθύγραμμα από το σταθμό εκπομπής προς το σταθμό λήψης, με αποτέλεσμα η μετάδοσή τους να έχει τα χαρακτηριστικά των κυμάτων φωτός παρά των ραδιοκυμάτων. Επομένως για την κάλυψη μεγάλων αποστάσεων απαιτούνται στις περισσότερες περιπτώσεις ενσχυόμενοι, ώστε να ενισχυθεί και να αναμεταδοθεί το σήμα. Προκειμένου να αποφευχθούν παρεμβολές, όπως η καμπυλότητα της γης, τα βουνά, τα ψηλά κτίρια κτλ, οι οποίες ενδεχομένως να παρεμποδίζουν την οπτική επαφή μεταξύ των κεραιών των δύο σταθμών, οι κεραίες τοποθετούνται σε ειδικούς πύργους που βρίσκονται σε ψηλά σημεία και σε απόσταση, ο ένας πύργος από τον άλλο δεκάδες χιλιόμετρα μακριά. Όσο ψηλότερα είναι οι πύργοι τόσο μεγαλύτερη είναι η δυνατότητα κάλυψης μεγάλων αποστάσεων.

Τα συστήματα των υπερ-βραχέων και των μικροκυματικών ζευξεων χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνική, στη ραδιοφωνική και στην τηλεοπτική επικοινωνία. Ανάλογα με τις διαβισβαστικές ικανότητές τους τα συστήματα μικροκυματικών ζεύξεων διακρίνονται σε συστήματα στενής ζώνης συχνοτήτων, τα οποία χρησιμοποιούνται στη ραδιοεπικοινωνία, και σε συστήματα ευρείας ζώνης συχνοτήτων, τα οποία χρησιμοποιούνται επιπλέον και στη μεταβίβαση τηλεοπτικών προγραμμάτων.

Οι μικροκυματικές ζεύξεις απαιτούν λιγότερο χρόνο εγκατάστασης, ενώ υπάρχει δυνατότητα επέκτασης του αρχικού σχεδιασμού, ανάλογα με τις ανάγκες. Λόγω των πλεονεκτημάτων τους οι ζεύξεις αυτές χρησιμοποιούνται μαζί με τις καλωδιακές και ειδικότερα τις ομοαξονικές στο υπεραστικό δίκτυο. Επίσης, πολλές φορές οι μικροκυματικές ζεύξεις χρησιμοποιούνται για λόγους ασφαλείας του δικτύου παράλληλα με καλωδιακές ζεύξεις, ώστε σε περίπτωση βλάβης μίας ζεύξης να εξασφαλίζεται η επικοινωνία με την άλλη.

### *Δορυφορική επικοινωνία*

Με τη δορυφορική επικοινωνία δημιουργήθηκε ένας δίαυλος πολύ υψηλής χωρητικότητας στο διάστημα. Τα δορυφορικά συστήματα αποτελούνται από τους επικοινωνιακούς δορυφόρους και τους αντίστοιχους σταθμούς εδάφους. Ο

επικοινωνιακός δορυφόρος πρέπει να βρίσκεται πάντοτε σε οπτική επαφή με το σταθμό εδάφους με τον οποίο επικοινωνεί. Για το λόγο αυτό ο δορυφόρος τοποθετείται σε γεωστατική τροχιά, δηλαδή στην τροχιά του ισημερινού και σε απόσταση περίπου 36.000Km πάνω από τη Γη. Στην απόσταση αυτή η γωνιακή ταχύτητα του δορυφόρου συμπίπτει με τη γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης, με αποτέλεσμα ο δορυφόρος να φαίνεται από το σταθμό εδάφους ακίνητος, στην ίδια πάντα θέση του διαστήματος.

Ένας δορυφόρος επικοινωνιών μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένας μικροκυματικός μεταλλάκτης και συγχρόνως ένας μεγάλος επαναλήπτης μικροκυμάτων που βρίσκεται στο διάστημα. Λαμβάνει με τις κεραίες του σήματα μικροκυμάτων, σε μια συγκεκριμένη ζώνη συχνοτήτων, από τους σταθμούς εκπομπής που βρίσκονται στη Γη, τα ενισχύει και τα αναμεταδίδει σε διαφορετική συχνότητα μέσω των αναμεταδοτών του στους αντίστοιχους σταθμούς λήψης. Κάθε αναμεταδότης χρησιμοποιεί διαφορετική συχνότητα για την αναμετάδοση, γιατί διαφορετικά το ισχυρό σήμα που αναμεταδίδει θα παρεμβαλλόταν στο αδύνατο σήμα που φτάνει στο δορυφόρο. Ο εξοπλισμός που βρίσκεται στο έδαφος και αποτελείται από ένα δέκτη, έναν πομπό και μία κεραία ονομάζεται επίγειος σταθμός.

Στη δορυφορική επικοινωνία η συσκευή η οποία λαμβάνει ένα σήμα, το ενισχύει, αλλάζει τη συχνότητα του και το αναμεταδίδει ονομάζεται δορυφορικός αναμεταδότης. Οι περισσότεροι δορυφόροι έχουν 12 - 20 αναμεταδότες. Το εύρος ζώνης που διαχειρίζεται κάθε αναμεταδότης διαφέρει από τον ένα δορυφόρο στον άλλο. Οι σύγχρονοι δορυφόροι έχουν αναμεταδότες εύρους ζώνης 36-50MHz. Ο τρόπος χρησιμοποίησης αυτού του εύρους ζώνης εξαρτάται από το είδος του εξοπλισμού που φέρει ο επίγειος σταθμός.

Λόγω της μεγάλης απόστασης που διανύουν τα σήματα (επίγειος σταθμός - δορυφόρος - επίγειος σταθμός) παρατηρείται μια καθυστέρηση στη μετάδοση των σημάτων (της τάξης των 500msec) και προς τις δύο κατευθύνσεις, που επιδρά ενοχλητικά, ιδιαίτερα στην τηλεφωνική επικοινωνία. Το μειονέκτημα αυτό, που με την εξέλιξη της τεχνολογίας συνεχώς αμβλύνεται, εξισορροπείται με το μεγάλο πλεονέκτημα του κόστους δέσμευσης ενός καναλιού ανεξάρτητα από την απόσταση που διανύουν τα σήματα. Η σύνδεση μεταξύ συνδρομητών από διαφορετικές χώρες γίνεται μέσω των σταθμών εδάφους του διεθνούς υπεραστικού δικτύου κάθε χώρας, οι οποίοι με τη σειρά τους συνδέονται με το δορυφόρο. Οι δορυφόροι που λειτουργούν με βάση την παραπάνω πορεία σύνδεσης ονομάζονται δορυφόροι έμμεσης εκπομπής.

Οι δορυφορικές ζεύξεις εκτείνονται στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα μεταξύ 2 και 30 GHz, δηλαδή καταλαμβάνουν την περιοχή από το τέλος των UHF έως την αρχή των SHF μικροκυμάτων. Συνηθέστερα για την κατερχόμενη επικοινωνία, δηλαδή από το δορυφόρο προς το σταθμό, χρησιμοποιούνται οι συχνότητες 3,7-4,2GHz, ενώ για την ανερχόμενη επικοινωνία, δηλαδή από το σταθμό προς το δορυφόρο, χρησιμοποιούνται οι συχνότητες 5,925-8,425GHz.

#### *Υπέρυθρα – Λείζερ (Infrared)*

Στη συνέχεια των μικροκυμάτων βρίσκονται τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγονται από άτομα και πυρήνες. Πρόκειται για τις υπέρυθρες ακτίνες, το ορατό φως και τις υπεριώδεις ακτίνες. Τόσο οι υπέρυθρες ακτίνες όσο και οι ακτίνες λείζερ έχουν ευρύτατη εφαρμογή στις περιπτώσεις που τα ενσύρματα μέσα λόγω υψηλού κόστους ή αδυναμίας εγκατάστασης είναι ανεπιθύμητα. Τέτοιες περιπτώσεις είναι, για παράδειγμα, τα δίκτυα περιορισμένης γεωγραφικής εμβέλειας, τα οποία περιλαμβάνουν τις σημεία προς σημείο συνδέσεις των κτιρίων ενός βιομηχανικού, εμπορικού ή εκπαιδευτικού συμπλέγματος κάποιας περιοχής ή ενός οικοδομικού τετραγώνου. Η ασύρματη επικοινωνία της τεχνολογίας αυτής είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στην περίπτωση που η σύνδεση των κτιρίων απαιτεί το σκάψιμο οδικών αρτηριών για την τοποθέτηση των καλωδίων. Η τοποθέτηση λείζερ ή ενός πομπού και ενός δέκτη υπέρυθρων στη στέγη κάθε κτιρίου είναι σαφώς οικονομικότερη επιλογή, χωρίς δυσκολίες στην εγκατάσταση ή ιδιαίτερες νομικές διατυπώσεις.



Η επικοινωνία με λέιζερ ή υπέρυθρες ακτίνες είναι ψηφιακή και κατευθυνόμενη, με αποτέλεσμα τη σχεδόν ασφαλή και χωρίς παρεμβολές επικοινωνία της δέσμης. Το σύστημα προσφέρει υψηλή χωρητικότητα σε πολύ χαμηλό κόστος και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό, όταν ο καιρός είναι καλός. Απαιτείται όμως ιδιαίτερη προσοχή, αφού καιρικοί παράγοντες όπως η βροχή, η ομίχλη, το χιόνι ή η υψηλή θερμοκρασία είναι σε θέση να παρεμβληθούν προκαλώντας αλλαγή στην κατεύθυνση της δέσμης.

### Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

Όταν η δραστηριότητα ενός δικτύου επεκτείνεται σε διάφορες πόλεις ή ανάγκη επικοινωνίας και δικτύωσης απαιτεί τη χρήση ενός WAN. Στις γραμμές ενός WAN μπορεί να χρησιμοποιούνται δίκτυα μεταγωγής (κυκλώματος ή πιο συχνά πακέτου), δορυφορικές και μικροκυματικές συνδέσεις, οπτικές ίνες, ή ακόμα και συστήματα καλωδιακής τηλεόρασης. Ο χρήστης που χρησιμοποιεί ένα WAN δεν πρέπει να καταλαβαίνει καμιά διαφορά ως προς τον τρόπο χρήσης του σε σχέση με ένα τοπικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει ότι το WAN είναι διάφανο ως προς τη λειτουργία του.

Είναι αρκετά δύσκολο (ειδικά από άποψης κόστους) για μια εταιρεία να εγκαταστήσει και να διαχειρίζεται από μόνη της τις γραμμές ενός WAN. Συνήθως είναι ευκολότερο να νοικιάσει τη χρήση τους από κάποιο φορέα που ειδικεύεται στις επικοινωνίες (π.χ. τον ΟΤΕ) ο οποίος συνήθως έχει ήδη έτοιμη την καλωδιακή υποδομή και μπορεί να καλύψει κάθε σημείο της χώρας. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στις υπηρεσίες δικτύων ευρείας περιοχής (υπηρεσίες WAN) όπως παρέχονται από τους φορείς τηλεπικοινωνιών μπορεί να είναι:

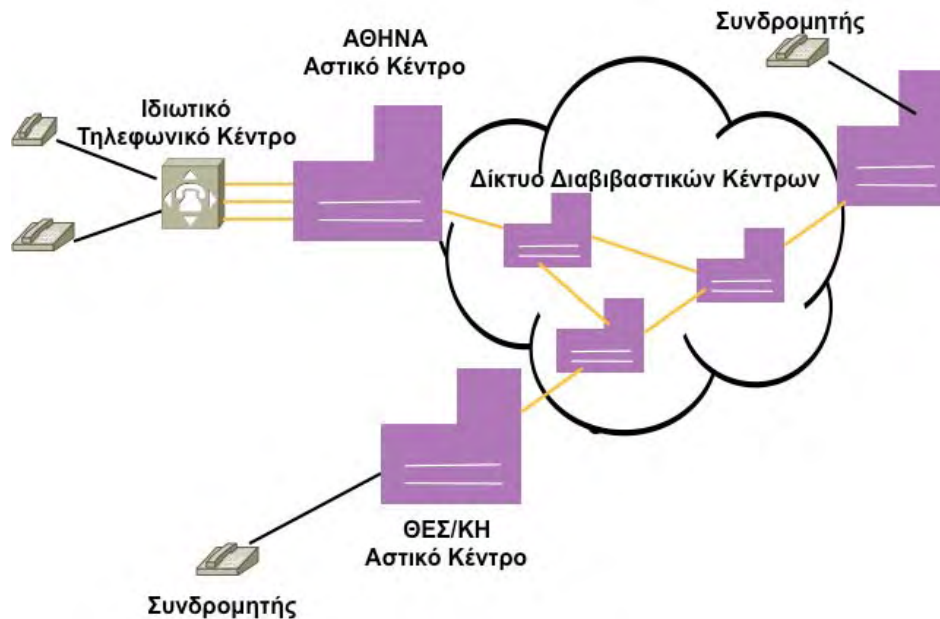
Α) Οι κλασικές: – Επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές (το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο) – Μόνιμες ή μισθωμένες γραμμές – Γραμμές που χρησιμοποιούν το πρότυπο X.25 Β) αλλά και οι πιο σύγχρονες: – Frame Relay – ISDN – ATM – xDSL  
Σημείωση: Από το 2001, υπάρχει στη χώρα μας πλήρη απελευθέρωση των τηλεπικοινωνιών. Έτσι πλέον κάθε εταιρία μπορεί να εγκαθιστά και να διαχειρίζεται εξοπλισμό και γραμμές κατάλληλες για WAN. Λόγω του αυξημένου ανταγωνισμού, υπάρχει και αντίστοιχη βελτίωση στην ποιότητα (και το κόστος) των παρεχόμενων τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.

### Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο (Public Switched Telephone Network – PSTN)

#### *Αρχιτεκτονική και Λειτουργία του PSTN*

*(Ερ. Πιστ.: Ποια η αρχιτεκτονική και η λειτουργία του PSTN;)*

Το γνωστό μας τηλεφωνικό δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιούμε εδώ και πολλά χρόνια για μετάδοση φωνής, μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση δεδομένων. Το τηλεφωνικό δίκτυο είναι γνωστό διεθνώς και με την ονομασία PSTN, Public Switched Telephone Network, το οποίο θα μπορούσαμε να μεταφράσουμε ως Δημόσιο Τηλεφωνικό Επιλογικό (ή Μεταγωγής) Δίκτυο. Η έννοια του “επιλογικού” σχετίζεται με την δυνατότητα που έχουμε να επιλέξουμε με ποιο συνδρομητή θα συνομιλήσουμε, σχηματίζοντας τον κατάλληλο αριθμό κλήσης. Θεωρώντας το ως δίκτυο μεταγωγής, θα λέγαμε ότι ανήκει στην κατηγορία της μεταγωγής κυκλώματος ενώ οι συνδέσεις που δημιουργούμε είναι προσωρινές.



Μέσω του τηλεφωνικού δικτύου, μπορούμε να έχουμε μετάδοση δεδομένων μεταξύ υπολογιστών, χρησιμοποιώντας τις γραμμές του για να δημιουργήσουμε ένα WAN. Υπάρχουν ωστόσο κάποιοι περιορισμοί: Το τηλεφωνικό δίκτυο σχεδιάστηκε για τη μετάδοση φωνής, αναλογικών δηλ. δεδομένων, και μάλιστα με μικρό εύρος συχνοτήτων (όσο χρειάζεται για να μεταδίδεται και να αναγνωρίζεται η ανθρώπινη φωνή) ενώ οι υπολογιστές μεταδίδουν γενικά ψηφιακά σήματα. Για να ξεπεράσουμε αυτό τον περιορισμό, χρησιμοποιούμε ειδικές συσκευές για την σύνδεση των υπολογιστών με το τηλεφωνικό δίκτυο, τα γνωστά μας modem.

Τα modems είναι συσκευές οι οποίες μετατρέπουν το ψηφιακό σήμα των υπολογιστών σε αναλογικό το οποίο μπορεί να μεταδοθεί μέσω της τηλεφωνικής γραμμής. Το modem που βρίσκεται στην άλλη μεριά της σύνδεσης αναλαμβάνει την ακριβώς αντίστροφη διαδικασία. Αν έχετε χρησιμοποιήσει modem για την σύνδεση σας στο Internet θα έχετε πιθανόν ακούσει τον χαρακτηριστικό ήχο που παράγεται από την μετατροπή (διαμόρφωση) του σήματος σε αναλογικό. Ουσιαστικά το modem μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε ήχο που μπορεί να μεταδοθεί μέσω της τηλεφωνικής γραμμής. Χαρακτηριστικά των επιλεγόμενων γραμμών:

- ο Πλεονεκτήματα: 1) Υψηλή Διαθεσιμότητα, 2) Μικρό Κόστος
- ο Μειονεκτήματα: 1) Μικρή Ταχύτητα, 2) Μεταβλητή Ποιότητα και Αξιοπιστία
- ο Βασική Χρήση: 1) Απομακρυσμένη Πρόσβαση, 2) Εφαρμογές χωρίς απαιτήσεις υψηλής ταχύτητας

Ο άλλος περιορισμός των επιλογικών τηλεφωνικών συνδέσεων είναι ο σχετικά μικρός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί. Η ταχύτητα δεν είναι σταθερή καθώς εξαρτάται από παράγοντες όπως η ποιότητα της γραμμής και του κυκλώματος που έχει σχηματιστεί μεταξύ των δύο υπολογιστών που επικοινωνούν.

Η μέγιστη πρακτική ταχύτητα μετάδοσης που έχει επιτευχθεί σε δίκτυο PSTN είναι σήμερα τα 56Kbps. Πρέπει να σημειώσουμε ότι η τεχνολογία αυτή έχει σταματήσει να αναπτύσσεται, καθώς έχει αντικατασταθεί από πιο σύγχρονες και έτσι δεν αναμένεται να αυξηθεί η ταχύτητα της στο μέλλον.

Σήμερα, οι επιλογικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων περιορισμένης χρονικά διάρκειας, όταν δεν δικαιολογείται το επιπλέον κόστος χρήσης αφιερωμένης γραμμής ή κάποιας άλλης πιο σύγχρονης τεχνολογίας. Γνωστές εφαρμογές της είναι η πρόσβαση στο Internet ή σε άλλες online υπηρεσίες χαμηλής ταχύτητας, η σύνδεση κάποιου απομακρυσμένου υπολογιστή (π.χ. ενός φορητού) με το τοπικό δίκτυο μιας εταιρίας, καθώς και η τηλεργασία.

Ακόμα, οι επιλογικές συνδέσεις χρησιμοποιούνται συχνά ως εφεδρικές σε περίπτωση βλάβης μιας μόνιμης γραμμής.

*(Ερ. Πιστ.: Τι είδους μεταγωγή δεδομένων χρησιμοποιείται στο Δημόσιο Τηλεφωνικό Δίκτυο (PSTN); Τι συνεπάγεται αυτό για τη διαθεσιμότητα του δικτύου;)*

Το PSTN είναι ένα δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος με αμφίδρομη επικοινωνία (circuitswitched duplex connection). Αυτό συνεπάγεται ότι η διαθεσιμότητα του δικτύου μπορεί να είναι περιορισμένη και να μην επιτευχθεί σύνδεση ακόμα και αν δεν υπάρχει μεγάλο φορτίο στο δίκτυο.

Για τη σύνδεση με το δίκτυο μέσω του PSTN πραγματοποιείται μία Dial-up διασύνδεση, η οποία κατά κανόνα χρησιμοποιείται από οικιακούς συνδρομητές (1 χρήστης) και χρησιμοποιεί την υπάρχουσα τηλεφωνική σύνδεση. Παρέχει μικρή ταχύτητα πρόσβασης και είναι μη σταθερή σύνδεση. Το κόστος είναι με βάση χρονοχρέωση, ενώ ο χρήστης πληρώνει και μία συνδρομή στον πάροχο.

*Modems, Πρωτόκολλα V90, V34bis*

Το modem είναι συσκευή διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης (modulator – demodulator). Τα modem τοποθετούνται πάντα ανά ζεύγη στα δύο άκρα μίας τηλεφωνικής γραμμής για να είναι εφικτή η επικοινωνία δύο υπολογιστών δια μέσου της τηλεφωνικής γραμμής.

*(Ερ. Πιστ.: Τι γνωρίζετε για το πρωτόκολλο V.90 των modems;)*

Το πρωτόκολλο V.90 (ITU-T recommendation 02/1999) είναι ένα ασύμμετρο πρωτόκολλο και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 56Kbps/download και 33.6Kbps/upload. Αναφέρεται ως ασύμμετρο πρωτόκολλο, καθώς δεν έχουμε την ίδια ταχύτητα και προς τις δύο κατευθύνσεις (download – upload). Το πρωτόκολλο V.90 αξιοποιεί το γεγονός ότι το PSTN των ανεπτυγμένων χωρών είναι ψηφιακό και οι πάροχοι υπηρεσιών σύνδεσης στο Διαδίκτυο συνδέονται στο PSTN με ψηφιακό τρόπο για να πετύχει την ταχύτητα των 56Kbps (σε αντίθεση με το πρωτόκολλο V.34 που πετυχαίνει μόνο 33.6Kbps). Αυτό συμβαίνει γιατί για την μεταφορά της πληροφορίας από τους εξυπηρετητές των παρόχων γίνεται μόνο μία φορά μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό.

*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.

Όταν απαιτείται υψηλότερη ποιότητα επικοινωνίας και ευκολότερη διαχείριση, χρησιμοποιούνται οι ψηφιακές μισθωμένες γραμμές. Οι ταχύτερες των ψηφιακών γραμμών κυμαίνονται από 19,2 Kbps μέχρι 45 Kbps (για την Ευρώπη) ή οι γραμμές T1 στα 1,544 Mbps (για τη Β. Αμερική και την Ιαπωνία).

Επειδή η μετάδοση είναι από άκρη σε άκρη ψηφιακή, για τη σύνδεση του δικτύου με τη γραμμή δε 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, ώστε να μπορεί να μεταδοθεί στη γραμμή, αφετέρου περιέχει ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα προστασίας των εγκαταστάσεων του παρόχου 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 και όχι του όγκου δεδομένων που διακινούνται μέσα σε 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.

- ο Πλεονεκτήματα:
  - ο Υψηλή Διαθεσιμότητα
  - ο Ασφάλεια, ανήκει αποκλειστικά στο χρήστη
  - ο Μικρό κόστος, στην περίπτωση διαρκούς μετάδοσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων
  - ο Υψηλές ταχύτητες
- ο Μειονεκτήματα:
  - ο Μεγάλο μηνιαίο πάγιο τέλος
  - ο Αν η γραμμή είναι ψηφιακή, δύσκολη η εφεδρεία σε περίπτωση προβλήματος στη γραμμή
- ο Βασική Χρήση:
  - ο Διασύνδεση τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση
  - ο Μόνιμη σύνδεση στο Internet

## Ολοκληρωμένο Ψηφιακό Δίκτυο Μεταγωγής ISDN (Integrated Switched Digital Network)

*(Ερ. Πιστ.: 132. Τι είναι και πώς λειτουργεί το ISDN;)*

Εκτός από τις κλασικές υπηρεσίες τηλεφωνίας (φωνής), τα τελευταία χρόνια παρουσιάστηκε μεγάλη ζήτηση για παροχή και άλλων υπηρεσιών (μετάδοση δεδομένων, εικόνας, video). Οι διάφοροι φορείς τηλεπικοινωνιών αναγκάστηκαν να δημιουργήσουν εξειδικευμένα δίκτυα (εκτός από το τηλεφωνικό που υπήρχε) για την μετάδοση των αντίστοιχων δεδομένων. Για παράδειγμα, ο ΟΤΕ ανέπτυξε τα δίκτυα Hellaspac και Hellascom για μετάδοση δεδομένων υπολογιστών. Ακόμα δημιουργήθηκαν δίκτυα για μετάδοση δεδομένων κειμένου telex (το οποίο όμως έχει πλέον καταργηθεί), δίκτυα καλωδιακής τηλεόρασης κ.α. Η ανάπτυξη ξεχωριστών δικτύων για κάθε διαφορετικό είδος υπηρεσίας, έχει μειονεκτήματα όπως:

- ο Μεγάλο κόστος διαχείρισης και συντήρησης των διαφορετικών τεχνολογιών από κάθε τηλεπικοινωνιακό φορέα.
- ο Αυξημένο κόστος για τον τελικό χρήστη, ο οποίος πρέπει να συντηρεί διαφορετικό εξοπλισμό για κάθε υπηρεσία, και να πληρώνει συνδρομή στον τηλεπικοινωνιακό φορέα. Με δεδομένο ότι ο φορέας έχει πολλά έξοδα για τα δίκτυα αυτά, οι τιμές των συνδρομών είναι αντίστοιχα αρκετά αυξημένες.
- ο Τα παραπάνω οδηγούν συνήθως σε αποθάρρυνση της εμπορικής ανάπτυξης.

Τα παραπάνω προβλήματα έρχεται να λύσει το Ψηφιακό Δίκτυο Ενοποιημένων Υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN). Το ISDN επιτρέπει τη μετάδοση φωνής, εικόνας, video και δεδομένων σε ψηφιακή μορφή χρησιμοποιώντας την υπάρχουσα υποδομή δισύρματων τηλεφωνικών καλωδίων. Με την βοήθεια του ISDN, το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο γίνεται ανεξάρτητο από το είδος της πληροφορίας που διακινείται, αφού μέσα από αυτό (και με καθαρά ψηφιακή μορφή), μπορεί πλέον να διακινήθούν δεδομένα υπολογιστών, φωνή, video. Αντίστοιχα, τυποποιείται και το είδος της διασύνδεσης διάφορων συσκευών (από διάφορους κατασκευαστές) στο δίκτυο, και δεν χρειάζεται ειδικός (και ενδεχομένως ακριβός) εξοπλισμός για την προσαρμογή τους. Το ISDN αποτελεί

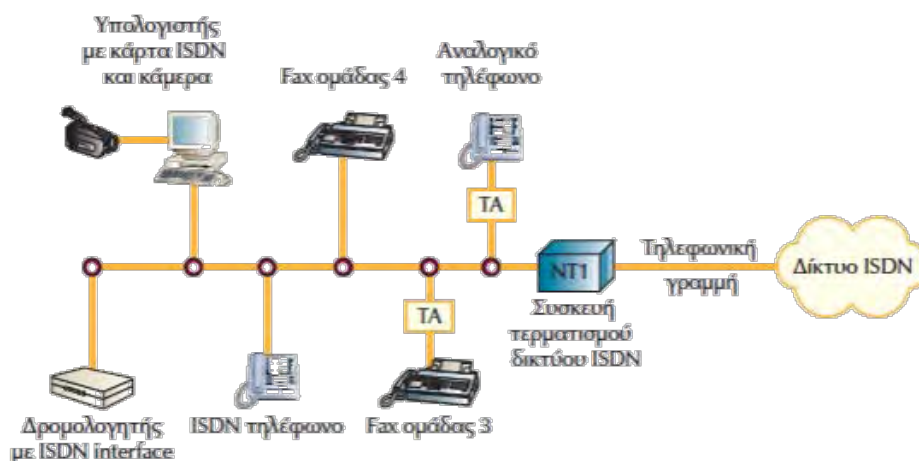
εξελιγμένο δίκτυο μεταγωγής κυκλωμάτων. Τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν το ISDN είναι:

- Ψηφιακή Μετάδοση: Όλα τα δεδομένα στο δίκτυο ISDN κινούνται σε ψηφιακή μορφή. Ακόμα και η φωνή (τηλεφωνική συνδιάλεξη) ψηφιοποιείται πριν σταλεί στη γραμμή.
- Η σηματοδότηση γίνεται μέσω ιδιαίτερου καναλιού (common channel signaling). Η σηματοδότηση περιλαμβάνει τα βοηθητικά σήματα με τα οποία γίνεται η διαχείριση μιας επικοινωνίας (π.χ. το κουδούνισμα σε μια τηλεφωνική κλήση, η διαδικασία έναρξης και λήξης μιας σύνδεσης κ.λ.π.)
- Ο ενιαίος τρόπος με τον οποίο συνδέονται συσκευές και χρήστες στο δίκτυο: Οι υπηρεσίες του δικτύου είναι όλες διαθέσιμες μέσω ενός και μόνο τύπου σύνδεσης (από την ίδια απόληξη (ρίζα)).

### Αρχιτεκτονική ISDN

(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε το ρόλο του NT1 (Network Termination Device) στο Ολοκληρωμένο Δίκτυο Ψηφιακής Μεταγωγής (ISDN); Μέχρι πόσες ISDN συσκευές μπορούν να συνδεθούν στο καλώδιο παθητικής αρτηρίας (passive bus) και πώς γίνεται η διευθυνσιοδότησή τους;)

Αν και το ISDN χρησιμοποιεί την ήδη υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή (τα ίδια χάλκινα τηλεφωνικά καλώδια που χρησιμοποιούνται στην κλασικό τηλεφωνικό σύστημα), ωστόσο απαιτεί την εγκατάσταση μιας ειδικής συσκευής στη μεριά του χρήστη. Πρόκειται για την συσκευή τερματισμού δικτύου NT1. Ο παροχέας της υπηρεσίας ISDN (π.χ. ΟΤΕ) εγκαθιστά τη συσκευή αυτή στο χώρο του συνδρομητή και την συνδέει στον κόμβο ISDN στο τηλεφωνικό κέντρο που μπορεί να βρίσκεται αρκετά χιλιόμετρα μακριά. Η σύνδεση γίνεται με το κανονικό καλώδιο (συνεστραμμένων ζευγών) του συνδρομητή που χρησιμοποιούνταν παλιότερα για το απλό τηλέφωνο. Η κίνηση έπειτα δρομολογείται στο δίκτυο του τηλεπικοινωνιακού φορέα με καθαρά ψηφιακό τρόπο (χρησιμοποιώντας τεχνικές μεταγωγής πακέτων, νοητού κυκλώματος κλπ). Η συσκευή τερματισμού NT1 μπορεί να συνδεθεί με μέχρι 8 συσκευές σε απόσταση μέχρι 150 μέτρα. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι είτε ειδικές για ISDN (μη ξεχνάμε ότι πρόκειται για ψηφιακά δεδομένα), είτε οι κλασικές αναλογικές τηλεφωνικές συσκευές μέσω του ειδικού τερματικού προσαρμογέα TA. Οι ειδικές συσκευές μπορεί να είναι ψηφιακά τηλέφωνα, FAX, εικονοτηλέφωνα κλπ.



Τερματικός Προσαρμογέας (TA): Όπως είπαμε ήδη, για να συνδέσουμε ένα κλασικό αναλογικό τηλέφωνο σε μια γραμμή ISDN, χρειάζεται ειδικός προσαρμογέας. Γιατί συμβαίνει αυτό; Καθώς το ISDN χρησιμοποιεί ψηφιακή μετάδοση, το κλασικό τηλέφωνο δεν μπορεί να συνδεθεί απευθείας – τα δεδομένα φωνής είναι αναλογικά. Ο προσαρμογέας TA διαθέτει ένα μετατροπέα αναλογικού

σε ψηφιακό (ADC, Analog to Digital Converter) ο οποίος μετατρέπει τη φωνή από τη συσκευή σε ψηφιακά δεδομένα, καθώς και μετατροπέα ψηφιακού σε αναλογικό (DAC, Digital to Analog Converter) ο οποίος κάνει την αντίστροφη διαδικασία. Στην πραγματικότητα ο προσαρμογέας αυτός βρίσκεται συνήθως ενσωματωμένος στη συσκευή NT1 που μας δίνει ο παροχέας. Για παράδειγμα ο ΟΤΕ δίνει τη συσκευή Netmod η οποία περιέχει μέσα και το ΤΑ.

Μπορούμε να συνδυάσουμε το βασικό και τον πρωτεύοντα ρυθμό για να δημιουργήσουμε ένα δίκτυο με μια κεντρική θέση και πολλές περιφερειακές. Στην κεντρική θέση μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σύνδεση πρωτεύοντος ρυθμού και στις περιφερειακές βασικού ρυθμού. Έτσι μπορούμε για παράδειγμα να συνδέσουμε ταυτόχρονα ένα κεντρικό υπολογιστή σε 30 περιφερειακούς υπολογιστές (23 για Αμερική και Ιαπωνία). Η υπηρεσία ISDN είναι χρήσιμη όταν η μετάδοση δεδομένων δεν είναι συνεχής και οι ανάγκες σε ταχύτητα κυμαίνονται. Καθώς γίνεται κλήση για την αποκατάσταση της σύνδεσης, ο συνδρομητής πληρώνει για όση ώρα μεταφέρει δεδομένα (σε αντίθεση με την ADSL που η μετάδοση είναι συνεχής και η χρέωση είναι πάγια). Καθώς σήμερα χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο άλλες τεχνολογίες με μόνιμη σύνδεση (ADSL), το ISDN συνήθως περιορίζεται για χρήση ως εφεδρική σύνδεση σε απομακρυσμένα μηχανήματα/δίκτυα, σε περίπτωση βλάβης της κύριας γραμμής.

- ο Πλεονεκτήματα:
  - ο Κόστος ανάλογο με την κίνηση
  - ο Μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων
  - ο Γρήγορη εγκαθίδρυση σύνδεσης
- ο Μειονεκτήματα:
  - ο Αν και αναπτύσσεται διαρκώς δεν είναι ακόμα παγκόσμια διαθέσιμο
  - ο Υψηλό κόστος για συνεχή μεταφορά δεδομένων
- ο Βασική Χρήση:
  - ο Σποραδική κίνηση που περιλαμβάνει φωνή, εικόνα, δεδομένα
  - ο Σαν εφεδρική γραμμή μαζί με τις ασύγχρονες επιλεγόμενες τηλεφωνικές γραμμές

Πλεονεκτήματα ISDN : 1) Υψηλές ταχύτητες για μεταφορά δεδομένων, ήχου, εικόνας, και πρόσβαση στο Internet. 2) Υψηλή πιστότητα στη μεταφορά ήχου και εικόνας. 3) Αξιοπιστία στη μεταφορά δεδομένων. 4) Μείωση του χρόνου που οδηγεί σε σημαντική μείωση του κόστους. 5) Συμπληρωματικές υπηρεσίες (αναγνώριση κλήσης, πληροφορίες χρέωσης κλπ.) που διευκολύνουν τις καθημερινές ανάγκες επικοινωνίας. 6) Περισσότεροι από ένα αριθμοί κλήσης στην ίδια τηλεφωνική γραμμή (μέχρι 8 στην Βασική Πρόσβαση), οι οποίοι μπορούν να αντιστοιχηθούν με ισάριθμες τερματικές συσκευές (FAX G3, FAX G4, Εικονοτηλέφωνα, Τηλεφωνικές συσκευές, Η/Υ κ.λ.π.).

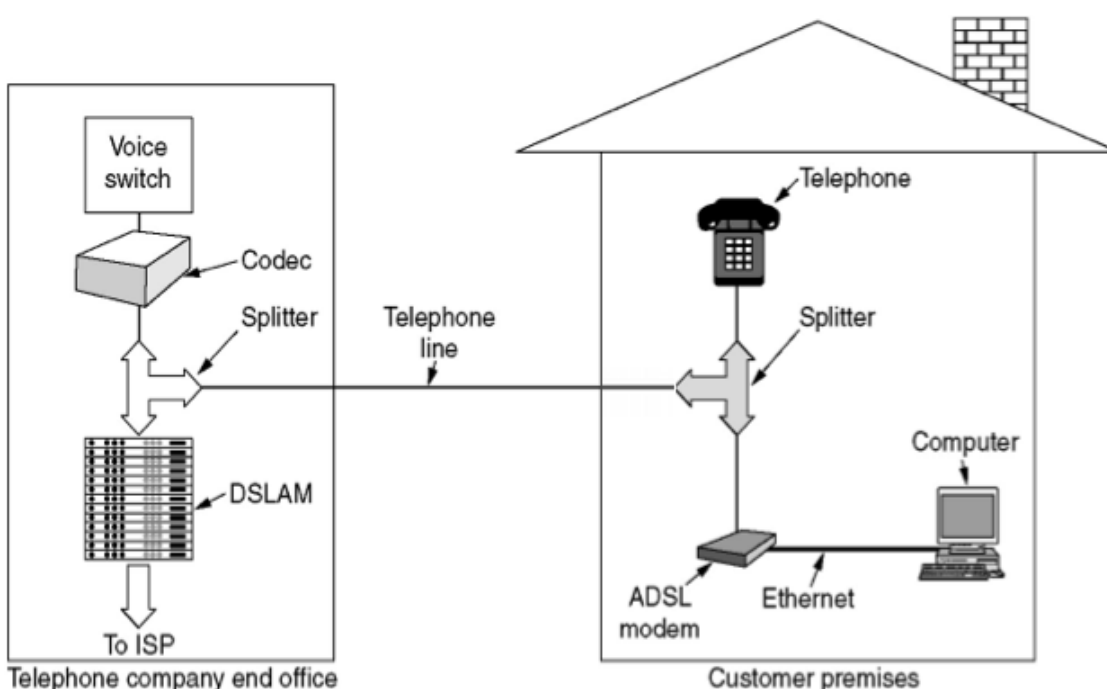
## xDSL

*(Ερ. Πιστ.: Τι γνωρίζετε για την τεχνολογία DSL;)*

Η τεχνολογία xDSL (Digital Subscriber Line) αποτελεί μια εξέλιξη της τεχνολογίας ISDN και συνεχίζει να χρησιμοποιεί τα χάλκινα τηλεφωνικά καλώδια που χρησιμοποιούνται ήδη για τη μετάδοση φωνής. Το τμήμα του καλωδίου που ξεκινάει από τον συνδρομητή και καταλήγει στον τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό του παροχέα, ονομάζεται συνδρομητικός (τοπικός) βρόχος (local loop). Η γραμμή DSL υπάρχει σε διάφορες παραλλαγές, έτσι το x στην ονομασία μπορεί να συμβολίζει το ADSL, R-ADSL, HDSL, SDSL, VDSL. Η τεχνολογία γενικά αποτελεί εξέλιξη του ISDN βασικού ρυθμού που παρέχει δύο κανάλια δεδομένων με ταχύτητα 64Kbps και ένα κανάλι σηματοδότησης ταχύτητας 16Kbps. Ο βασικός λόγος που ώθησε την ανάπτυξη της τεχνολογίας DSL είναι η χαμηλή ταχύτητα που επιτυγχάνονταν με τις προηγούμενες τεχνολογίες, ειδικά όσο αφορά τους οικιακούς χρήστες. Για παράδειγμα, η τυπική σύνδεση με τη βοήθεια modem σε PSTN γραμμή φτάνει μέχρι την ταχύτητα των 56Kbps (θεωρητικά) η οποία όμως δεν μπορεί να μεταφέρει το είδος των δεδομένων (πολυμέσα όπως ήχος και video, τηλεδιάσκεψη

κλπ) που απαιτούνται στις σύγχρονες εφαρμογές Internet. Πράγματι, τα 56Kbps σήμερα μόλις που επαρκούν για απλές χρήσεις όπως το email. Μεγάλες ταχύτητες μπορούν φυσικά να επιτευχθούν με τεχνολογία οπτικών ινών (Fiber to Home), το κόστος της όμως είναι γενικά απαγορευτικό για οικιακή χρήση.

Η τεχνολογία xDSL μπορεί να προσφέρει ταχύτητες της τάξης των Mbps. Χρησιμοποιεί τον συνδρομητικό βρόχο ως μέρος του κυκλώματος μεταφοράς των δεδομένων. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας δεν απαιτεί επαναλήπτες ή ενισχυτές, και υποστηρίζει ταχύτητες προτύπων E1 (2,048 Mbps) και T1 (1,544 Mbps) για μετάδοση δεδομένων. Ταυτόχρονα είναι δυνατή και η μετάδοση φωνής για λειτουργία ως κανονικό τηλεφωνικό δίκτυο. Σε κάθε άκρο της σύνδεσης χρησιμοποιείται μια συσκευή τερματισμού (baseband modem). Η συσκευή αυτή λειτουργεί όπως το modem, λαμβάνοντας ροή ψηφιακών δεδομένων και μετατρέποντας τη σε αναλογικό σήμα το οποίο είναι κατάλληλο για τη μεταφορά μέσω του συνδρομητικού βρόχου. Το σήμα αυτό είναι σημαντικά υψηλότερου ρυθμού (μεγαλύτερης συχνότητας) από το κλασικό τηλεφωνικό σήμα (φωνή).



Ανάλογα με το αν η ταχύτητα μετάδοσης προς τις δύο κατευθύνσεις είναι ίδια ή διαφορετική έχουμε τις παραλλαγές της σύγχρονης DSL (SDSL, ίδια ταχύτητα upstream και downstream) και ασύγχρονης DSL (ADSL, διαφορετικές ταχύτητες upstream / downstream). Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές xDSL που υποστηρίζουν αυτά τα είδη μεταδόσεων. Αν για παράδειγμα μας ενδιαφέρει η οικιακή χρήση, είναι σημαντικό να έχουμε μεγαλύτερη ταχύτητα στη λήψη δεδομένων, οπότε χρειαζόμαστε μεγαλύτερη ταχύτητα downstream (για να βλέπουμε ιστοσελίδες, να κατεβάζουμε αρχεία κλπ). Υπάρχουν περιπτώσεις που μας ενδιαφέρει να έχουμε μεγάλη ταχύτητα μετάδοσης (upstream) όπως για παράδειγμα αν παρέχουμε υπηρεσίες στο διαδίκτυο (web server κλπ) ή για τηλεδιάσκεψη. Μια τέτοια γραμμή DSL μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο μιας μισθωμένης γραμμής E1 ή T1.

Οι διάφορες παραλλαγές της τεχνολογίας DSL είναι σε διαρκή εξέλιξη ενώ ταυτόχρονα και το κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας τους όλο και μειώνεται. Για το λόγο αυτό αναμένεται ότι στα επόμενα χρόνια η τεχνολογία DSL θα έχει όλο και μεγαλύτερη εφαρμογή και θα αποτελεί την πλέον διαδεδομένη τεχνολογία για παροχή υπηρεσιών όπως η πρόσβαση τελικών χρηστών στο Διαδίκτυο και σε

online υπηρεσίες, η τηλεδιάσκεψη, το video κατά απαίτηση (video on demand), η δικτυακή τηλεόραση, μετάδοση φωνής, IP telephony κ.α.

- a. Πλεονεκτήματα:
  - a. Αξιοποίηση υπάρχουσας υποδομής
  - b. Πολύ υψηλές ταχύτητες. Χαμηλό κόστος εγκατάστασης και λειτουργίας
  - c. Υποστήριξη μετάδοσης δεδομένων και φωνής μέσα από την ίδια τηλεφωνική γραμμή
- b. Μειονεκτήματα:
  - a. Μικρή Απόσταση
- c. Βασική Χρήση:
  - a. Πρόσβαση σε Internet, intranet, τηλεφωνία μέσω IP (VoIP, Voice Over IP)
  - b. Διασύνδεση τοπικών δικτύων, υποκατάστατο γραμμών E1 και T1. Video κατά παραγγελία (Video on Demand), τηλεόραση υψηλής ευκρίνειας

*(Ερ. Πιστ.: Πώς επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη μετάδοση φωνής και δεδομένων μέσω ενός δισύρματου καλωδίου στην τεχνολογία aDSL; Πώς διαχωρίζονται τα δύο σήματα στην πλευρά του χρήστη;)*

Φιλοσοφία του ADSL : Η φιλοσοφία του ADSL είχε προταθεί στην αρχή της δεκαετίας από αναλυτές μελετών από τα εργαστήρια AT&T και Bell και το Πανεπιστήμιο Stanford και στηρίζεται σε ένα κανάλι υψηλού ρυθμού με καθοδική κατεύθυνση προς τον πελάτη και ένα με χαμηλότερο ρυθμό από τον πελάτη προς το δίκτυο (με ανοδική κατεύθυνση). Το κανάλι υψηλής ταχύτητας με καθοδική κατεύθυνση και το κανάλι χαμηλής ταχύτητας με ανοδική κατεύθυνση περιέχουν ψηφιακές πληροφορίες. Στο ADSL έχουμε πολύπλεξη της ψηφιακής πληροφορίας με ένα κανάλι αναλογικής φωνής δίνοντας τη δυνατότητα στους πελάτες να διατηρούν την υπηρεσία ενώ ταυτόχρονα έχουν πρόσβαση στις ψηφιακές υπηρεσίες του ADSL. Αυτό επιτυγχάνεται με πολύπλεξη στην συχνότητα μεταξύ τηλεφωνικής υπηρεσίας και ADSL μετάδοσης και είτε με πολύπλεξη στην συχνότητα είτε με καταστολή ηχούς μεταξύ ανοδικού και καθοδικού ADSL καναλιού.

### Δίκτυα Μεταγωγής Δεδομένων (Packet Switched Networks)

Τα πρώτα δίκτυα υπολογιστών προορίζονταν για να προσφέρουν περιορισμένες υπηρεσίες και να επιτυγχάνουν συνδέσεις σε μικρή κλίμακα. Επίσης σε αυτό συνέτεινε και το μεγάλο κόστος των υπολογιστών (δεν υπήρχαν ακόμη οι σημερινοί πανίσχυροι microprocessors, οι μνήμες ήσαν ακριβές, οι χωρητικότητές τους μικρές, κ.λ.π.), σε βαθμό που να είναι ακριβή η ανάπτυξη συστημάτων δικτύων τα οποία να κάνουν αποτελεσματικό routing ή switching και γενικότερη διαχείριση δικτύου. Η λύση ήταν επομένως η αγορά και εγκατάσταση αποκλειστικών κυκλωμάτων/ γραμμών σύνδεσης με συγκεκριμένα μεγάλα mainframe συστήματα. Η έλλειψη όμως κάποιων standards έκανε απαγορευτική την επέκταση τέτοιων συστημάτων προκειμένου να συνδεθούν με άλλα διαφορετικά συστήματα. Η ανάγκη για διασύνδεση διαφορετικών συστημάτων, που εν γένει είναι πολύ απομακρυσμένα μεταξύ τους, έκανε επιτακτική την ανάγκη χρήσης των δημοσίων δικτύων επικοινωνιών (παλαιότερα χρησιμοποιούνταν ιδιωτικές μισθωμένες γραμμές επικοινωνίας). Έτσι, προκειμένου να διασυνδεθούν πολλά ετερογενή περιβάλλοντα πάνω από ένα κοινό μέσο (δημόσια δίκτυα), έγινε απαραίτητη η σύσταση κάποιων standards που ορίζουν ακριβώς τον τρόπο σύνδεσης (interface) μεταξύ των συνδρομητών και του δικτύου.

### Δίκτυα X25

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 του 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).

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 χρησιμοποιούσε 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 στην ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων. Για το λόγο αυτό σήμερα χρησιμοποιούνται πολύ πιο «χαλαρά» πρωτόκολλα όσον αφορά τον έλεγχο λαθών και τις επαναμεταδόσεις.

- ο Πλεονεκτήματα:
  - ο Αξιοπιστία
  - ο Μικρό κόστος, στην περίπτωση σποραδικής κίνησης
  - ο Διαθέσιμη παντού
  - ο Διαχείριση του WAN από το φορέα
- ο Μειονεκτήματα:
  - ο Μικρή Ταχύτητα
  - ο Αργή απόκριση
  - ο Μόνο για δεδομένα
- ο Βασική Χρήση:
  - ο Εφαρμογές τερματικού προς κεντρικό υπολογιστή

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 καινούριες 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.

#### Το Πρωτόκολλο X.25

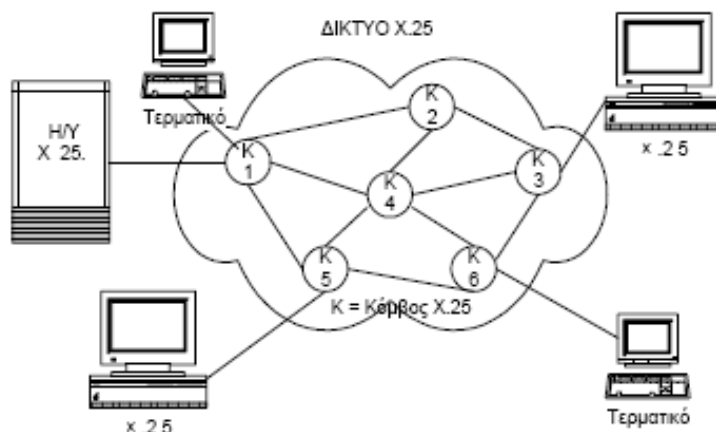
Το X.25 είναι μια σύσταση της CCITT που καθορίζει αυστηρά το interface μεταξύ συνδρομητών (DTE - Data Terminal Equipment) και του δικτύου μεταγωγής (DCE - Data Circuit Terminating Equipment). Η X.25 είναι συμβατή με το πρότυπο OSI του ISO και προδιαγράφεται για τα 3 πρώτα επίπεδά του. Τα επίπεδα από το 4ο και πάνω είναι στην αρμοδιότητα του χρήστη.

Data terminal equipment (DTE) : Ένα DTE είναι γενικά μια συσκευή που συνδέεται στο δίκτυο και η οποία λειτουργεί ανταλλάσσοντας πακέτα. Κλασσικό παράδειγμα είναι ένα σύγχρονο τερματικό. Για να συνδεθεί ένα ασύγχρονο τερματικό σε ένα δίκτυο μεταγωγής πακέτων, θα πρέπει να παρεμβληθεί ειδική συσκευή που λέγεται PAD - Packet Assembler Disassembler, η οποία πρώτα συγκεντρώνει δεδομένα σε πακέτα και μετά τα προωθεί στο δίκτυο.

Data Circuit Terminating Equipment (DCE) : Ένα DCE είναι γενικά ένας κόμβος ενός δικτύου μεταγωγής πακέτων και ο οποίος είναι επιφορτισμένος με καθήκοντα προώθησης των εισερχόμενων κλήσεων προς άλλα DTEs, κ.λ.π. Συνήθως, τα DCEs είναι οι κόμβοι του δικτύου στους οποίους συνδέονται τα διάφορα DTEs.

**Λειτουργία X.25 :** Το X.25 είναι ακριβώς ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας το οποίο ορίζει ένα σύνολο καθορισμών / προδιαγραφών για το DTE / DCE interface. Τα βασικά του καθήκοντα είναι τα εξής : 1) Ανταλλαγή κωδικών για αποκατάσταση μιας σύνδεσης (Link Set-Up). 2) Αλληλουχία λειτουργιών που αφορούν στη μετάδοση / λήψη δεδομένων, στη διαχείριση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων, στην εξασφάλιση έγκυρης και σωστής λήψης πληροφοριών.

**Τυπικό Δίκτυο X.25 :** Ένα X.25 δίκτυο, αποτελείται από επικοινωνιακούς κόμβους μεταγωγής πακέτων, συνδεδεμένων ανά δύο point – to – point (Connected Mesh Topology). Υπάρχει επομένως ένας τουλάχιστον φυσικός δρόμος επικοινωνίας μεταξύ οποιονδήποτε δύο κόμβων του δικτύου. Αυτό φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



#### Βασική Ιδέα X.25

Η τακτική αποστολής δεδομένων σε πολλά μικρά πακέτα έχει μια σειρά από πλεονεκτήματα, σε σχέση με την αποστολή των δεδομένων σε ένα μοναδικό και μεγάλο πακέτο :

- 1) Πιο αποτελεσματική δρομολόγηση πακέτων, μιας και ένα πακέτο δεν πρόκειται να μονοπωλεί κάποια DTE/DCE σύνδεση για πολύ χρόνο, μπλοκάροντας έτσι την προώθηση άλλων πακέτων.
- 2) Αν κάποιο πακέτο ληφθεί λάθος, τότε χρειάζεται να ξανασταλλεί μόνο αυτό το πακέτο και όχι όλα τα προηγούμενα.
- 3) Ασφάλεια Δεδομένων: προκειμένου κάποιος να κλέψει δεδομένα από το δίκτυο θα πρέπει να κλέψει όλα τα επιμέρους πακέτα της πληροφορίας και μάλιστα να τα διατάξει και στη σωστή σειρά.
- 4) Μεγαλύτερη Αξιοπιστία: η ανταλλαγή πακέτων κατά τη διάρκεια μιας σύνδεσης παρέχει επίσης ένα μηχανισμό επιβεβαίωσης της μέχρι εκείνη τη στιγμή σωστής επικοινωνίας.

(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε τα επίπεδα του πρωτοκόλλου X.25.)

#### Επίπεδα X.25

- ο Φυσικό επίπεδο: Το Φυσικό Επίπεδο (Επίπεδο-1) λέγεται και Επίπεδο bits. Εδώ μας ενδιαφέρει η μεταφορά bits πληροφορίας, με όσο αξιόπιστο τρόπο γίνεται. Το επίπεδο αυτό ορίζει συστάσεις για τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά (επιτρεπόμενες ηλεκτρικές τάσεις, ρυθμοί μετάδοσης, κ.λ.π.), τα μηχανικά χαρακτηριστικά (χρησιμοποιούμενα καλώδια, connectors, κ.λ.π.), τα λειτουργικά και διαδικαστικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για μια φυσική DTE/DCE. Για μια τέτοια σύνδεση δεν καθορίζεται το μέσο, αλλά συνήθως είναι πάνω από μια αφιερωμένη γραμμή ενός επιλεγόμενου τηλεφωνικού δικτύου (PSTN) με modem στις δύο άκρες του, προκειμένου να συνδεθούμε στο Δημόσιο Δίκτυο Δεδομένων (PDN - Public Data Network). Οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων μπορούν να φθάσουν έως και 48.000 bps.
- ο Data Link Layer (Επίπεδο 2): Σκοπός του επιπέδου αυτού είναι η αξιόπιστη, χωρίς σφάλματα μεταφορά δεδομένων μεταξύ των δύο άκρων ενός λογικού κυκλώματος. Ενώ στο επίπεδο-1 αποκαθίσταται η φυσική σύνδεση

DTE/DCE και αποστέλλονται απλά bits, στο επίπεδο-2 γίνεται μια πρώτη οργάνωση και απόδοση έννοιας στα bits του επιπέδου-1. Τώρα στέλνονται πλαίσια (frames) και μάλιστα με αξιόπιστο τρόπο. Λέγοντας αξιόπιστο, εννοούμε ότι το πρωτόκολλο αναλαμβάνει να εκτελέσει τις απαραίτητες διαδικασίες προκειμένου τα πλαίσια αυτά να φθάνουν τελικά σωστά στον προορισμό τους και με τη σωστή σειρά (π.χ. εντοπίζει σφάλματα αποστολής και ξαναστέλνει τα λανθασμένα). Δύο είναι τα βασικά χαρακτηριστικά του επιπέδου αυτού:

- Υπάρχει επιβεβαίωση σωστής λήψης από το δίκτυο.
- Η επικοινωνία DTE/DCE είναι σύγχρονη, point-to-point και Full Duplex (ταυτόχρονης διπλής κατεύθυνσης).
- Network Layer (Επίπεδο 3) : (packet – layer protocol) Το πρωτόκολλο αυτό περιγράφει την ανταλλαγή πακέτων (packets) μεταξύ DTE και DCE. Οι βασικές λειτουργίες που ορίζονται είναι οι εξής :
  - Δημιουργία πακέτων ελέγχου και μεταφοράς δεδομένων.
  - Διαδικασίες ανταλλαγής των πακέτων αυτών μεταξύ DTE/DCE.
  - Δημιουργία και εποπτεία Νοητών Κυκλωμάτων. Ένα DTE μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα περισσότερα του ενός νοητά κυκλώματα PVC ή SVC προς διάφορους συνδρομητές (DTEs).

### *Δίκτυα 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 από ότι οι παλιότερες τεχνολογίες. Το Frame Relay, είναι σύγχρονη τεχνολογία γρήγορης μεταγωγής πακέτων μεταβλητού μεγέθους. Σε αυτή την τεχνολογία έχουν αφαιρεθεί αρκετές λειτουργίες ελέγχου οι οποίες δεν είναι απαραίτητες σε αξιόπιστο και ασφαλές ψηφιακό περιβάλλον. Επίσης, έχει προδιαγραφεί η διεπαφή μεταξύ τερματικής συσκευής (DTE) και δικτύου (DCE).

Τα δίκτυα τεχνολογίας Frame Relay είναι αρκετά δημοφιλή γιατί εκτελούν πολύ πιο γρήγορα από άλλα συστήματα μεταγωγής πακέτου βασικές λειτουργίες προώθησης πακέτων. Αυτό συμβαίνει επειδή με τη χρήση μόνιμων νοητών κυκλωμάτων είναι εκ των προτέρων καθορισμένη η διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα μιας σύνδεσης από άκρη σε άκρη. Δεν είναι ανάγκη να υπάρχουν συσκευές που να τεμαχίζουν και να επανασυναρμολογούν τα πακέτα ή να αποφασίζουν για την καλύτερη διαδρομή.

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. 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 τη σύνδεση με τον πλησιέστερο κόμβο, δρομολογητή με κάρτα Frame Relay και συσκευή CSU/DSU για τον μετασχηματισμό του ψηφιακού σήματος.

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 μία 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.

- Πλεονεκτήματα:
  - Υψηλές ταχύτητες και μικρότερες καθυστερήσεις λόγω περιορισμένου ελέγχου ροής και σφαλμάτων
  - Αξιοποίηση των σύγχρονων μεθόδων ψηφιακής μετάδοσης
  - Διαχείριση του WAN από το φορέα και όχι από το χρήστη
  - Φθηνότερη μόνιμη σύνδεση σε σχέση με την αφιερωμένη γραμμή

- ο Μειονεκτήματα:
  - ο Σχετικά υψηλό αρχικό κόστος (μισθωμένη γραμμή για την πρόσβαση στον κόμβο Frame Relay)
- ο Βασική Χρήση:
  - ο Διασύνδεση πολλών απομακρυσμένων τοπικών δικτύων
  - ο Η καλύτερη εναλλακτική λύση ως προς τις ψηφιακές αφιερωμένες γραμμές (από άκρη σε άκρη)

### Δίκτυα ATM

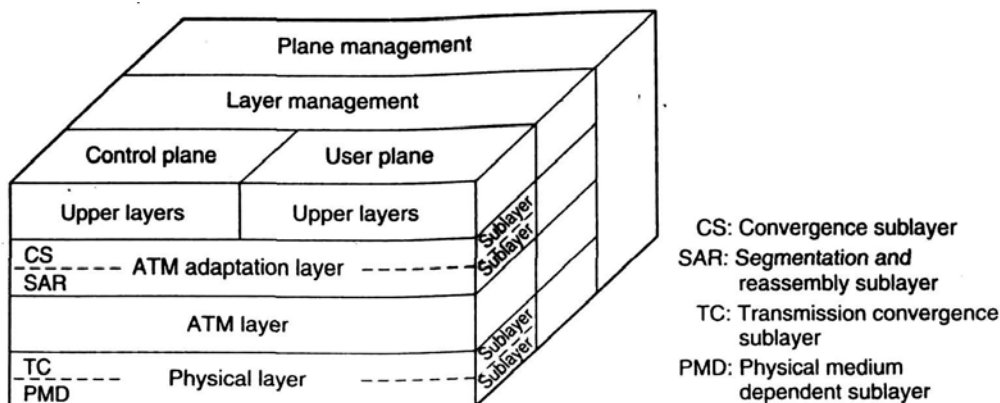
(Ερ. Πιστ.: Τι είδους μεταγωγή δεδομένων γίνεται στα δίκτυα ATM; Σε ποια επίπεδα του μοντέλου OSI λειτουργεί και με ποιο τρόπο επιτυγχάνονται μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης;)

(Ερ. Πιστ.: Ποια είναι η βασική αρχή λειτουργίας των δικτύων ATM;)

Ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) είναι σύγχρονος 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 της 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 στα 622 Mbps.

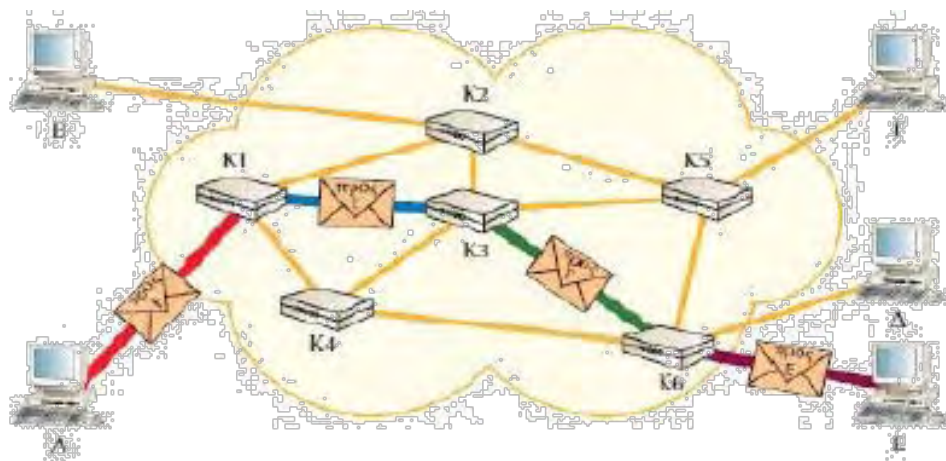
Το μοντέλο ATM αποτελείται από 3 επίπεδα:

- ο Φυσικό επίπεδο: ασχολείται με το φυσικό μέσο (τάση, ρυθμός μετάδοσης, κτλ.) Το ATM έχει σχεδιαστεί για να είναι ανεξάρτητο από το μέσο μετάδοσης, απλά αναφέρεται ότι η μετάδοση πρέπει να γίνεται με ομοαξονικά καλώδια, οπτικές ίνες και γενικά μέσα μετάδοσης ευρείας ζώνης.
- ο Το επίπεδο ATM: ασχολείται με τη μετάδοση των πακέτων (ονομάζονται κελιά) και καθορίζει τα χαρακτηριστικά και τα περιεχόμενά τους. Ασχολείται με την εγκατάσταση και αναγνώριση κυκλωμάτων καθώς και με τον έλεγχο της συμφόρησης.
- ο Επίπεδο προσαρμογής ATM (ATM Adaptation layer): επειδή οι περισσότερες εφαρμογές δεν εργάζονται με κελιά το επίπεδο προσαρμογής ATM επιτρέπει την αποστολή πακέτων με μέγεθος μεγαλύτερο του ενός κελιού. Τα πακέτα αυτά χωρίζονται σε μικρότερα κομμάτια ενός κελιού και μεταδίδονται ενώ στο δέκτη επανασυναρμολογούνται δίνοντας το αρχικό πακέτο.



(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε τη δομή ενός δικτύου ATM.)

Η τεχνολογία ATM προδιαγράφηκε αρχικά για τη δημιουργία του ISDN ευρείας ζώνης και αναμένεται να παίξει πολύ σημαντικό ρόλο στο μέλλον των επικοινωνιών υψηλής ταχύτητας. Ένα δίκτυο ATM αποτελείται από μεταγωγείς ATM 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.



Σαν 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 υποδομής σε καθαρά ATM περιβάλλοντα 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.

- ο Πλεονεκτήματα:
  - ο Πολύ υψηλές ταχύτητες (έως και 2,4 Gbps)
  - ο Μεταφορά φωνής, εικόνας και δεδομένων ακόμη και σε πραγματικό χρόνο
  - ο Βέλτιστη αξιοποίηση του διαθέσιμου εύρους ζώνης
- ο Μειονεκτήματα:
  - ο Πρότυπα που ακόμη αναπτύσσονται
  - ο Όχι ευρέως διαθέσιμη
- ο Βασική Χρήση:
  - ο Κίνηση μεγάλου όγκου φωνής, εικόνας και δεδομένων

#### Πλεονεκτήματα ATM:

- 1) Ευελιξία : Παρέχει στον πελάτη ενιαία πλατφόρμα για τη μετάδοση πολλών τύπων πληροφορίας καθιστώντας με αυτό τον τρόπο μη αναγκαία τη χρήση διαφορετικών δικτύων δεδομένων και φωνής. Έχει δυνατότητα υποστήριξης πολλών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών στενής ζώνης (ταχύτητες μετάδοσης < 2 Mbps) και ευρείας ζώνης (ταχύτητα μετάδοσης > 2 Mbps) χάρη στη δυνατότητα πολύπλεξης .
- 2) Επεκτασιμότητα : Ο πελάτης προκειμένου να ικανοποιήσει τις σημερινές και μελλοντικές του ανάγκες εύκολα και γρήγορα μπορεί : να επιλέξει την κατάλληλη ταχύτητα πρόσβασης στο δίκτυο, να αυξήσει ή να μειώσει πολύ εύκολα την ταχύτητα μετάδοσης, να μεταβάλλει τον αριθμό των σημείων διασύνδεσής του.
- 3) Ταχύτητα : Η δομή του πρωτοκόλλου ATM επιτρέπει την επίτευξη μεγάλης διεκπεραιωτικής ικανότητας της τάξης των Gbps.

- 4) Οικονομία : Είναι οικονομική λύση για διασυνδέσεις μεγάλων αποστάσεων καθώς και για διασύνδεση πολλαπλών σημείων. Ο χρήστης, με ένα σημείο πρόσβασης, μπορεί : να χρησιμοποιήσει πολλά κυκλώματα και να χρεωθεί το εύρος ζώνης που συνολικά χρησιμοποιεί χωρίς να χρειάζεται να ζητά μεγαλύτερη χωρητικότητα από αυτή που τελικά έχει ανάγκη και να ελαττώσει τις δαπάνες του για εξοπλισμό πρόσβασης αφού καταργούνται οι πολλαπλές και διαφορετικές συνδέσεις.
- 5) Αξιοπιστία : Εγγυάται τις παραμέτρους ποιότητας της πληροφορίας (Quality of Service parameters) καθιστώντας αξιόπιστη τη μετάδοση από άκρο σε άκρο. Ακόμη, το δίκτυο μετάδοσης τύπου SDH που χρησιμοποιείται για τη διασύνδεση των κόμβων του δικτύου παρέχει δυνατότητες εφεδρικής δρομολόγησης και προστασίας αυτόματης αναδρομολόγησης.
- 6) Ασφάλεια : Προσφέρει ασφάλεια στη μετάδοση της πληροφορίας λόγω των κοινών χαρακτηριστικών των ιδεατών κυκλωμάτων του με τα μισθωμένα κυκλώματα. Ακόμη το δίκτυο εξασφαλίζει υψηλή ασφάλεια στη μετάδοση πληροφοριών λόγω του ότι ανήκει αποκλειστικά στον ΟΤΕ, ο οποίος έχει την πλήρη διαχείριση του δικτύου από άκρο σε άκρο, χωρίς να μεσολαβούν άλλοι παροχείς.
- 7) Εκσυγχρονισμός : Είναι ιδανικό ως δίκτυο υποδομής για δίκτυα άλλων τεχνολογιών (π.χ. IP και Frame Relay) παρέχοντας με αυτό τον τρόπο οικονομίες κλίμακας στην ανάπτυξη δικτύων - κορμού επιχειρήσεων και παροχών τηλεπικοινωνιακών υπηρεσιών.
- 8) Μεγάλη Γεωγραφική Έκταση : Παρέχει πανελλαδική κάλυψη με κόμβους στις μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας οι οποίοι διασυνδέονται κυρίως με ταχύτητα μετάδοσης μεγαλύτερη από 155 Mbps καθώς και διεθνείς διασυνδέσεις με Ευρώπη και Αμερική.

*(Ερ. Πιστ.: Ποιες είναι οι κατηγορίες υπηρεσιών που προσφέρει το ATM;)*

Παρεχόμενες Υπηρεσίες : το HellasStream μπορεί να παρέχει μια ευρεία ποικιλία υπηρεσιών, ακόμα και των πιο απαιτητικών όπως είναι οι υπηρεσίες πολυμέσων (multimedia) μερικές από τις οποίες είναι : Video on demand, Τηλε-εκπαίδευση, Τηλε-ιατρική, Εικονο-τηλεφωνία, Διασύνδεση τοπικών δικτύων, Ενοποίηση Φωνής και Δεδομένων (VoATM).

## Πρωτόκολλο Σημείου σε Σημείο (Point-to-Point Protocol PPP)

*(Ερ. Πιστ.: Τι γνωρίζετε για το πρωτόκολλο PPP (Point to Point Protocol);)*

Το πρωτόκολλο PPP είναι το ευρύτερα αναπτυγμένο πρωτόκολλο για τη σύνδεση μέσω

τηλεφώνου (dial up) (σύνδεση σημείου προς σημείο) και μπορεί να παρέχει έλεγχο ταυτότητας σύνδεσης, κρυπτογράφηση μετάδοσης και συμπίεση. Ουσιαστικά ενθυλακώνει τα TCP/IP πακέτα του υπολογιστή-πελάτη και τα προωθεί στον εξυπηρετητή μέσω της σειριακής γραμμής επικοινωνίας (layer two -L2-point-to-point links). Ο εξυπηρετητής λαμβάνει τα πακέτα και τα προωθεί στο Internet.

Είναι full-duplex και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες τεχνολογίες φυσικού μέσου (twisted pair, fiber, satellite). Προτιμάται έναντι του πρωτοκόλλου Serial Line Internet Protocol (SLIP), αφού μπορεί να χειριστεί ασύγχρονη (asynchronous) και σύγχρονη (synchronous) επικοινωνία, να διαμοιράσει μία γραμμή σε πολλούς χρήστες και σε αντίθεση με το SLIP, διαθέτει αναγνώριση σφαλμάτων.

Πρωτόκολλο για τη διασύνδεση Η/Υ ή τερματικών Point to point, όπου εγκαθιδρύ σύνδεση κι ελέγχει πρωτόκολλα απ' άκρο σ' άκρο. Το PPP σχεδιάστηκε με σκοπό να ξεπεράσει τις αδυναμίες του SLIP και παρέχει μηχανισμούς για την μεταφορά αυτόνομων πακέτων πολλαπλών πρωτοκόλλων μέσα από point-to-point σειριακές γραμμές. Εκτός από αυτό παρέχει μηχανισμούς για πολύπλεξη πρωτοκόλλων δικτύων (network protocol multiplexing), διαμόρφωση σύνδεσης (link

configuration), έλεγχο ποιότητας σύνδεσης (link-quality testing), εξακρίβωση γνησιότητας (authentication), συμπίεση επικεφαλίδας (header compression), ανίχνευση λαθών (error detection) και διαπραγμάτευση σύνδεσης (link-option negotiation).

Τα βασικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το PPP είναι τα ακόλουθα:

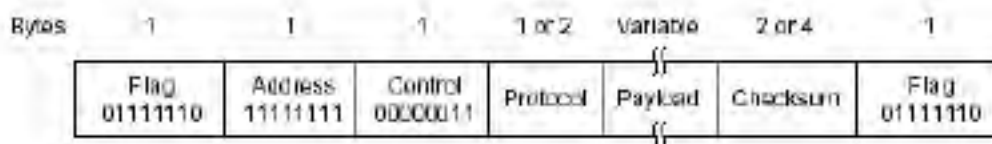
- ο Το πρωτόκολλο High Level Data Link Control (HDLC) το οποίο χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση των δεδομένων στη γραμμή.
- ο Το Link Control Protocol (LCP) το οποίο παρέχει τις λειτουργίες εγκαθίδρυσης και ελέγχου της σύνδεσης. LCP πλαίσια στέλνονται πριν αποσταλούν τα δεδομένα. Το πρωτόκολλο αυτό κάνει τον έλεγχο της γραμμής (ρύθμιση, έλεγχος, τερματισμό).
- ο Το Network Control Protocol (NCP) το οποίο διαχειρίζεται τα διάφορα πρωτόκολλα τα οποία μπορούν να ενσωματωθούν στο PPP. Το NCP διαπραγματεύεται και υποστηρίζει διάφορα πρωτόκολλα του επιπέδου δικτύου (πχ IP) και χρησιμοποιείται για την εκχώρηση δυναμικών IP διευθύνσεων από τον πάροχο του Internet.

Μεταξύ των πρωτοκόλλων PPPoA και PPPoE η βασική διαφορά βρίσκεται στο πώς περιγράφονται τα δεδομένα κατά τη μεταφορά τους ανάμεσα στο DSL Modem και το dslam του ISP, στο αμέσως χαμηλότερο επίπεδο από το IP στο Data Link layer.

- Με το PPPoA τα PPP πακέτα ενθυλακώνονται απευθείας σε πακέτα ATM (cells)
- Με το PPPoE πρώτα περικλείονται από μια επικεφαλίδα PPPoE προκειμένου να μπορούν να περάσουν μέσα από ένα ethernet δίκτυο, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σε οποιοδήποτε μηχάνημα του δικτύου να σχηματίσει απευθείας PPP link με τον πάροχο του Internet

Δεν χρησιμοποιούμε PPPoE αν μας αρκεί να συνδεόμαστε στο Internet απευθείας από το DSL Router. Έχει νόημα μόνο αν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε κάποιο άλλο μηχάνημα του δικτύου (π.χ. ένα PC) σαν router προκειμένου να έχουμε καλύτερο έλεγχο πάνω στο traffic -ή τέλος πάντων για οποιοδήποτε λόγο να το συνδέσουμε απευθείας στο Internet.

*(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε αναλυτικά τη δομή του πλαισίου δεδομένων του PPP (Point To Point Protocol).)*



**Fig. 3-27. The ppp full frame format for unnumbered mode operation**

Ένα παράδειγμα χρήσης του PPP: Ας υποθέσουμε πως θέλουμε να συνδεθούμε στο Internet με τον υπολογιστή μας.

1. Όταν κάνουμε click connect το modem καλεί τον αριθμό του πάροχου Internet για να αποκαταστήσει μία φυσική σύνδεση με τον δρομολογητή.
2. Ο υπολογιστής αρχίζει να στέλνει LCP πακέτα για να διαπραγματευτεί τα χαρακτηριστικά της ppp σύνδεσης. Αυτά τα πακέτα στέλνονται μέσα σε πλαίσια PPP και διαπραγματεύονται στοιχεία όπως: το μέγιστο μέγεθος του payload, αυθεντικοποίηση (π.χ. ζητά password), επιβλέπει την ποιότητα της γραμμής (πχ. πόσα πακέτα χάθηκαν), συμπιέζει τις επικεφαλίδες (χρήσιμο για αργές συνδέσεις).
3. Μετά ο υπολογιστής διαπραγματεύεται χαρακτηριστικά που αφορούν το επίπεδο δικτύου, πχ καταχώριση της IP διεύθυνσης για την αναταλλαγή πακέτων.

### Μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου

Οι σύνδεσμοι πολλαπλής πρόσβασης έχουν τον εξής λειτουργικό περιορισμό: σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή, επιτρέπουν μόνο σε έναν από τους διασυνδεδεμένους κόμβους να έχει την αποκλειστική χρήση του για τη μετάδοση δεδομένων. Έτσι, καθώς περιμένουμε να υπάρχουν περισσότεροι του ενός κόμβοι που να έχουν δεδομένα προς μετάδοση την ίδια χρονική στιγμή, τα τοπικά δίκτυα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με μηχανισμούς οι οποίοι θα ρυθμίζουν την προσπέλαση των κόμβων στο φυσικό μέσο.

Τρεις είναι οι κύριοι μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου:

1. η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – CSMA/CD),
2. η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – CSMA/CA), και
3. το Πέρασμα Κουπονιού (token passing)

#### Ο μηχανισμός CSMA/CD

Ο μηχανισμός CSMA/CD βασίζεται σε μία ιδιότητα που πρέπει να διαθέτουν οι διασυνδεδεμένοι κόμβοι, η οποία ονομάζεται ακρόαση φέροντος. Αν ένας κόμβος διαθέτει αυτή την ιδιότητα, τότε μπορεί να παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης και, σε κάθε χρονική στιγμή, να αναγνωρίζει αν μεταφέρονται δεδομένα στο δίκτυο ή αυτό είναι αδρανές. Αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι μεταδώσουν δεδομένα στο δίκτυο την ίδια χρονική στιγμή (έχοντας προηγουμένως ανιχνεύσει ο καθένας ότι το φυσικό μέσο είναι ελεύθερο), τότε έχουμε το φαινόμενο της σύγκρουσης (collision). Στη σύγκρουση, τα δύο ή περισσότερα πλαίσια, που μεταδίδονται ταυτόχρονα, επικαλύπτονται χρονικά και το σήμα που προκύπτει είναι παραποιημένο και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω. Η σύγκρουση μπορεί να ανιχνευθεί από όλους τους κόμβους.

Όταν υλοποιείται ο μηχανισμός CSMA/CD, τότε ο κόμβος του τοπικού δικτύου, που έχει δεδομένα προς μετάδοση, ακολουθεί την ακόλουθη διαδικασία:

1. Περιμένει μέχρις ότου το κανάλι καταστεί αδρανές.
2. Όταν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι αδρανές, τότε μεταδίδει τα δεδομένα του και ταυτόχρονα παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης.
3. Στην περίπτωση που ανιχνεύσει σύγκρουση, τότε σταματάει τη μετάδοση δεδομένων, περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και ξεκινά πάλι από το βήμα 1.

#### Ο μηχανισμός CSMA/CA

Ο μηχανισμός CSMA/CD που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο δεν μπορεί να υλοποιηθεί, όταν οι κόμβοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν και να ανιχνεύουν συγκρούσεις την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, στα ασύρματα τοπικά δίκτυα, όταν ένα κόμβος μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο, το σήμα του «πνίγει», λόγω της ισχύος του, οποιοδήποτε άλλο σήμα φτάνει σ' αυτόν τον κόμβο. Έτσι, δεν μπορεί να ακούσει τους άλλους κόμβους του δικτύου, που ενδέχεται να μεταδίδουν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις συγκρούσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (CSMA/CA). Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτού του μηχανισμού είναι ότι απαιτεί την επιβεβαίωση λήψης ενός πλαισίου, υλοποιώντας ένα σχήμα παύσης και αναμονής.

Στα δίκτυα CSMA/CA, όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, ελέγχει αρχικά εάν το κανάλι είναι αδρανές. Εάν είναι, τότε μεταδίδει τα δεδομένα. Εάν δεν είναι, τότε επιλέγει με τυχαίο τρόπο ένα χρόνο αναμονής και καταχωρεί την τιμή του σ' έναν απαριθμητή υποχώρησης. Όσο χρόνο το κανάλι είναι αδρανές, ο απαριθμητής υποχώρησης μειώνεται. Όσο χρόνο το κανάλι είναι απασχολημένο, η τιμή του απαριθμητή υποχώρησης δε μεταβάλλεται. Όταν μηδενιστεί η τιμή αυτού του απαριθμητή, ο κόμβος επιχειρεί ξανά τη μετάδοση των δεδομένων του. Καθώς η πιθανότητα να έχουν επιλέξει δύο διαφορετικοί κόμβοι την ίδια τιμή για τον



απαριθμητή υποχώρησης είναι μικρή, η πιθανότητα εμφάνισης σύγκρουσης είναι επίσης μικρή. Όχι όμως και μηδενική. Πώς λοιπόν οι κόμβοι αναγνωρίζουν ότι υπήρξε σύγκρουση και ότι πρέπει να αναμεταδώσουν τα πλαίσιά τους; Αυτός ακριβώς ο σκοπός εξυπηρετείται με την απαίτηση της επιβεβαίωσης λήψης πλαισίων. Εάν ένας κόμβος δε λάβει την αντίστοιχη επιβεβαίωση λήψης για το πλαίσιο που μετέδωσε, τότε θεωρεί ότι αυτό είναι αποτέλεσμα σύγκρουσης και ξεκινά τη διαδικασία επανεκπομπής του.

### *Το Πέρασμα Κουπονιού*

Στα τοπικά δίκτυα που ελέγχουν την προσπέλαση του φυσικού μέσου με το πέρασμα κουπονιού (token passing), ένα ειδικό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο καλείται κουπόνι, μεταφέρεται συνεχώς από κόμβο σε κόμβο του δικτύου. Όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, τότε θα πρέπει να περιμένει να φτάσει το κουπόνι σε αυτόν. Μόλις λάβει το κουπόνι, αυτόματα σηματοδοτείται το πράσινο φως για τη μετάδοση και αποστέλλει το πλαίσιο δεδομένων στο δίκτυο. Όταν η μετάδοση του πλαισίου ολοκληρωθεί, αποδεσμεύει το κουπόνι, έτσι ώστε να μπορέσει να αξιοποιηθεί από κάποιον άλλον κόμβο του δικτύου.

Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι το ότι μπορεί να υπολογιστεί ένα άνω όριο στο χρόνο που ένας κόμβος πρέπει να περιμένει, μέχρις ότου του δοθεί η ευκαιρία να αποστείλει τα δεδομένα του στο δίκτυο. Γι' αυτό και τα τοπικά δίκτυα που υλοποιούν τεχνικές περάσματος κουπονιού χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου όπως π.χ. στη βιομηχανία, όπου τα διάφορα συστήματα παραγωγής πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

### **Πρωτόκολλα Τοπικού Δικτύου**

Τα πρωτόκολλα τοπικών δικτύων χωρίζονται στα ακόλουθα:

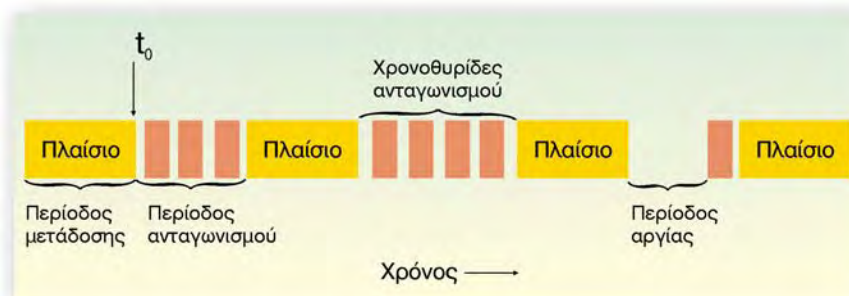
- a. Τεχνολογία πρώτης γενιάς (1970-1984): Γνωρίσματα ενός τοπικού δικτύου πρώτης γενιάς είναι η περιορισμένη έκτασή του (λίγες δεκάδες χιλιόμετρα), ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσής του (10-20Mbps) και το ιδιοκτησιακό καθεστώς εκμετάλλευσής τους. Διαθέτουν μία γραμμή επικοινωνίας την οποία μοιράζονται όλοι οι κόμβοι του δικτύου. Παραδείγματα δικτύων αυτής της κατηγορίας είναι αυτά που υλοποιούν τα εξής πρότυπα:
  - a. Δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αναγνώριση συγκρούσεων: Πρότυπα IEEE 802.3 (CSMA/CD, Ethernet)
  - b. Δίκτυα διαύλου με κουπόνι διέλευσης: Πρότυπο IEEE 802.4
  - c. Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι διεύλευσης: Πρότυπο IEEE 802.5
- b. Τεχνολογία δεύτερης γενιάς (1985-1990): Χαρακτηριστικό τους η εξέλιξη της υφιστάμενης τεχνικής μεταγωγής πακέτων του προτύπου IEEE 802.5. Δίκτυα κατάλληλα για μετάδοση ενός μόνο τύπου πληροφορίας με ρυθμούς που φθάνουν τα 155Mbps σε αποστάσεις ενός μικρού δικτύου ευρείας περιοχής. Σημαντικό πρότυπο της δεύτερης γενιάς τοπικών δικτύων είναι τα
  - a. FDDI-I: Fiber Distributed Data Interface I
  - b. FDDI-II Fiber Distributed Data Interface II
- c. Τεχνολογία τρίτης γενιάς (1990-2000): Χαρακτηριστικό τους η εξέλιξη της υφιστάμενης μεταγωγής πακέτων του προτύπου IEEE 802.3. Χωρητικότητα μεγαλύτερη των 150Mbps. Σημαντικά πρότυπα αυτής της κατηγορίας:
  - a. Δίκτυα 100Base-T ή Fast Ethernet
  - b. Δίκτυο Gigabit Ethernet

*Πρωτόκολλο Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων - CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)*

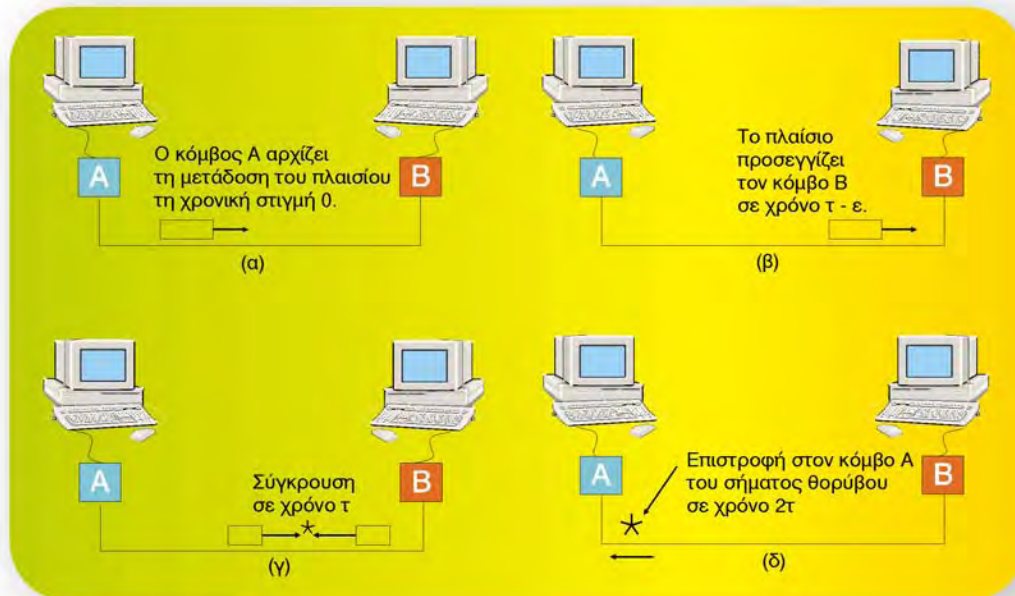
Το κανάλι στο CSMA/CD είναι συγχρονισμένο σε κάθε χρονοθυρίδα και μπορεί να βρίσκεται σε μια από τις ακόλουθες τρεις καταστάσεις:

- d. Κατάσταση αργίας. Στην περίπτωση αυτή δεν επιχειρείται μετάδοση από κανέναν κόμβο του καναλιού. Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το κανάλι παραμένει σε αργία λέγεται περίοδος αργίας.
- e. Κατάσταση μετάδοσης. Το κανάλι είναι απασχολημένο από κάποια επιτυχημένη μετάδοση. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι κόμβοι διαπιστώνουν ότι κάποιος άλλος κόμβος έχει δεσμεύσει το κανάλι και δεν επιχειρούν να μεταδώσουν. Αυτό το χρονικό διάστημα απασχόλησης του καναλιού λέγεται περίοδος μετάδοσης.
- f. Κατάσταση ανταγωνισμού. Το κανάλι είναι απασχολημένο από κάποια σύγκρουση. Στην περίπτωση αυτή όλοι οι κόμβοι διαπιστώνουν ή ότι έχουν οι ίδιοι έμπλακεί σε κάποια σύγκρουση και επομένως διακόπτουν τη συνέχιση της μετάδοσης του πακέτου τους ή ότι κάποιοι άλλοι κόμβοι έχουν έμπλακεί σε σύγκρουση και έχουν δεσμεύσει το κανάλι και επομένως δεν επιχειρούν να μεταδώσουν. Αυτό το χρονικό διάστημα απασχόλησης του καναλιού λέγεται περίοδος ανταγωνισμού. Σημειώνεται ότι η περίοδος ανταγωνισμού περιλαμβάνει το χρόνο που απαιτείται προκειμένου το κανάλι να επιλύσει τις συγκρούσεις και να καταστεί και πάλι έτοιμο για μετάδοση.

Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι διάφοροι περίοδοι και οι καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκεται το κανάλι.



Το κρίσιμο σε αυτό το πρωτόκολλο αφορά τη διάρκεια της περιόδου ανταγωνισμού και ειδικότερα το χρόνο που απαιτείται για την αναγνώριση μιας σύγκρουσης, δείτε το παρακάτω σχήμα. Σ' ένα δίκτυο εκπομπής βασικής ζώνης ο χρόνος αναγνώρισης μιας σύγκρουσης είναι διπλάσιος από την καθυστέρηση διάδοσης του σήματος στο καλωδιακό μέσο. Η καθυστέρηση αυτή, που συμβολίζεται με το  $\tau$ , αφορά το χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να μεταδοθεί μεταξύ των πιο απομακρυσμένων κόμβων του δικτύου. Επομένως η διάρκεια μετάδοσης κάθε πλαισίου θα πρέπει να είναι τέτοια, που να επιτρέπει την αναγνώριση των συγκρούσεων πριν από το τέλος της μετάδοσης του, δηλαδή τουλάχιστον  $2\tau$ , διαφορετικά οι συγκρούσεις δε θα αναγνωρίζονται έγκαιρα. Το άμεσο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι το μήκος του καλωδίου δεν πρέπει να είναι πολύ μεγάλο, ώστε οι συγκρούσεις να μπορούν να αναγνωρίζονται.



Η αναγνώριση των συγκρούσεων είναι μια διαδικασία κατά την οποία ο κόμβος παρακολουθεί, μέσω κάποιας διάταξης, το καλωδιακό μέσο σε όλη τη διάρκεια της μετάδοσης. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι ο κόμβος συγκρίνει την ισχύ ή το πλάτος του παλμού του σήματος που λαμβάνει με αυτό που έστειλε. Αν το σήμα που θα λάβει ο κόμβος είναι διαφορετικό από αυτό που έστειλε, τότε διαπιστώνει ότι συνέβη σύγκρουση.

Ένα σημείο που πρέπει να υπολογιστεί είναι η διάρκεια αποχής ενός κόμβου που ανίχνευσε μία σύγκρουση. Είναι φυσικό η διάρκεια αυτή να διαφέρει από κόμβο σε κόμβο, ώστε να μην επαναλαμβάνονται μεταδόσεις που καταλήγουν σε συνεχόμενες συγκρούσεις. Επίσης πρέπει να υπολογιστεί η πιθανότητα συμμετοχής κάποιου κόμβου σε επανειλημμένες συγκρούσεις και να λαμβάνονται μέτρα, ώστε η συμμετοχή του στον ανταγωνισμό να είναι ανάλογη του αριθμού των συγκρούσεων στις οποίες έχει εμπλακεί. Στον δυαδικό αλγόριθμο εκθετικής εποχής που χρησιμοποιείται η διάρκεια αποχής μετρίεται σε χρονοθυρίδες. Έτσι μετά από μία σύγκρουση, ο χρόνος χωρίζεται σε χρονοθυρίδες διάρκειας  $2\tau$  και μετά από  $k$  συγκρούσεις στις οποίες έχει εμπλακεί ένας κόμβος ο αριθμός των χρονοθυρίδων που παραλείπει επιλέγεται τυχαία από το διάστημα 0 έως  $2^k - 1$ .

### IEEE Standard 802.3, Ethernet

(Ερ. Πιστ.: Ποιοι είναι οι κυριότεροι τύποι του Ethernet;)

Μεταξύ των προτύπων IEEE 802, η οικογένεια IEEE 802.3 έχει καθιερωθεί ως η επικρατέστερη τεχνολογία για την ανάπτυξη τοπικών δικτύων. Περιλαμβάνει μία μεγάλη ποικιλία πρωτοκόλλων με ταχύτητες μετάδοσης από 10Mbps έως 10Gbps, τα οποία έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό: χρησιμοποιούν το CSMA/CD ως τη μέθοδο προσπέλασης του φυσικού μέσου. Το πρότυπο IEEE 802.3 βασίστηκε στο Ethernet, ένα σύστημα CSMA/CD που ανέπτυξαν μηχανικοί της Xerox.

Ανάλογα με την ταχύτητα μετάδοσης πλαισίων, τα τοπικά δίκτυα 802.3 χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- g. δίκτυα Ethernet με ταχύτητα μετάδοσης 10Mbps
- h. δίκτυα Fast Ethernet με ταχύτητα μετάδοσης 100Mbps
- i. δίκτυα Gigabit Ethernet με ταχύτητα μετάδοσης 1Gbps

Στις μέρες μας τα δίκτυα 802.3 υλοποιούνται με καλώδια συνεστραμμένων ζευγών είτε με οπτικές ίνες. Η φυσική τοπολογία που επιλέγεται είναι του αστέρα, αν και μπορούμε να συναντήσουμε και συνδέσουμε Ethernet σημείου προς σημείο. Τα πρότυπα δικτύων 802.3 ονομάζονται με έναν ειδικό τρόπο, ο οποίος συνοψίζει τα

χαρακτηριστικά του και αποτελείται από τρία τμήματα. Το πρώτο τμήμα αντιστοιχεί στην ταχύτητα μετάδοσης, το δεύτερο στην περιοχή συχνοτήτων όπου εκτελείται η μετάδοση του σήματος και το τρίτο στο φυσικό μέσο μετάδοσης που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση ενός δικτύου. Η κωδικοποίηση των βασικών προτύπων γίνεται ως εξής: XBase/BroadBandT, όπου X η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων σε Mbps, Base/Broadband ο τύπος σηματοδότησης και Y το μέγιστο μήκος του τμήματος. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα βασικά πρότυπα του IEEE 802.3 και τα χαρακτηριστικά τους. Στις εκδόσεις για οπτική ίνα (Fiber) ως φυσικό μέσο μετάδοσης η κωδικοποίηση που χρησιμοποιείται είναι 10Base-F.

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

Τα τοπικά δίκτυα Ethernet υλοποιούνται συνήθως σε τοπολογία αστέρα. Στο κέντρο του αστέρα βρίσκεται μία ειδική συσκευή, η οποία ονομάζεται συγκεντρωτής (hub). Ο συγκεντρωτής είναι εξοπλισμένος με πολλές θύρες και υλοποιεί το διαμοιρασμό του μέσου πολλαπλής πρόσβασης προωθώντας το πλαίσιο που λαμβάνει από μία θύρα του σε όλες τις υπόλοιπες θύρες. Ως άμεση συνέπεια του μηχανισμού CSMA/CD, μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή.

Η απόδοση ενός δικτύου Ethernet μπορεί να βελτιωθεί, εάν υλοποιηθεί με μεταγωγέα (switch) αντί για συγκεντρωτή. Ο μεταγωγέας, αντί να προωθεί ένα εισερχόμενο πλαίσιο σε όλους τους κόμβους που διασυνδέονται σ' αυτόν, το προωθεί μόνο προς τον παραλήπτη του. Συγκεκριμένα, κατά την άφιξη ενός πλαισίου σε κάποια από τις θύρες του, ο μεταγωγέας εκτελεί τα παρακάτω βήματα:

1. Διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού του πλαισίου.
2. Προσδιορίζει τον κατάλληλο εξερχόμενο σύνδεσμο.
3. Εάν ο εξερχόμενος σύνδεσμος είναι αδρανής, τότε προωθεί το πλαίσιο σ' αυτόν προς μετάδοση. Αν είναι απασχολημένος, τότε υποχωρεί και επιχειρεί τη μετάδοση του πλαισίου μετά από τυχαίο χρόνο, σύμφωνα με το CSMA/CD.

Οι μεταγωγείς Ethernet σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν τη δυνατότητα πολλαπλών μεταδόσεων ανά χρονική στιγμή, αρκεί τα μεταδιδόμενα πλαίσια να εκπέμπονται από διαφορετικό σύνδεσμο. Έτσι, με αυτές τις ταυτόχρονες μεταδόσεις πλαισίων, επιτυγχάνεται βελτίωση στην απόδοση του δικτύου. Η απαιτούμενη καλωδίωση και η διεπαφή των υπολογιστών με το δίκτυο είναι ακριβώς οι ίδιες στα δύο σενάρια υλοποίησης του τοπικού δικτύου και στην περίπτωση που χρησιμοποιηθεί μεταγωγέας (switch) και στην περίπτωση του συγκεντρωτή (hub).



(Ερ. Πιστ.: Πώς λειτουργεί το πρωτόκολλο (τεχνολογία μετάδοσης) Ethernet;)

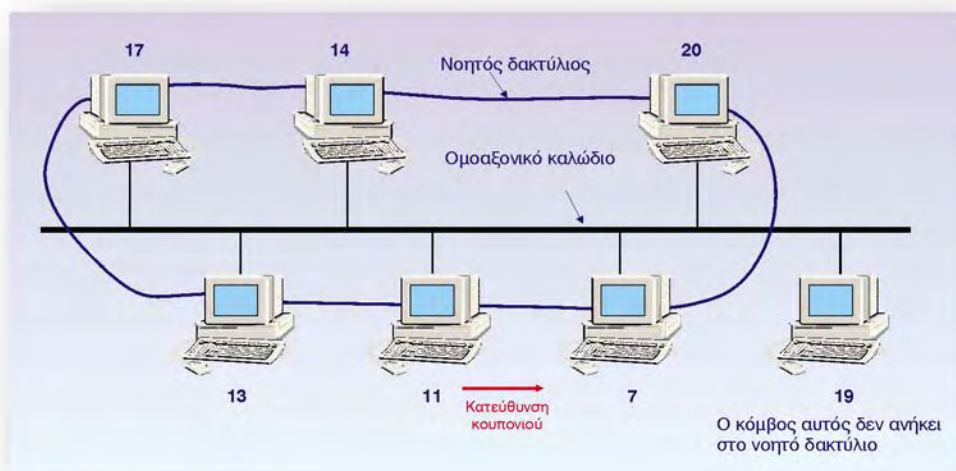
Βασίζεται στο πρωτόκολλο CSMA/CD.

### Fast Ethernet

Το Fast Ethernet είναι το πρότυπο 100Mbps Ethernet, το οποίο είναι μέρος του προτύπου IEEE 802.3 και ορίζεται από το πρότυπο IEEE 802.3u. Υπάρχουν οι εξής τρεις τύποι φυσικού μέσου (καλωδίου) που έχουν προδιαγραφεί για την εκπομπή σημάτων: 100Base-T4, καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (UTP), 100Base-TX, καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους που αποτελείται από δύο ζεύγη συρμάτων και 100Base-FX, σύνδεσμος οπτικής ίνας, ο οποίος χρησιμοποιεί δύο καλώδια οπτικής ίνας.

### Δίκτυα αρτηρίας με κουπόνι IEEE 802.4 (Token Bus)

Το πρότυπο IEEE 802.4 υλοποιείται σε δίκτυα διαύλου που εφαρμόζουν ως μέθοδο πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης το κουπόνι διέλευσης. Αν και το πρότυπο IEEE 802.4 χρηρίζεται σε τοπολογία διαύλου χρησιμοποιεί ένα νοητό δακτύλιο προκειμένου να δώσει δικαίωμα μετάδοσης, όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα. Κάθε κόμβος γνωρίζει τις διευθύνσεις των κόμβων με τους οποίους επικοινωνεί άμεσα (αριστερά - δεξιά) και οι οποίοι ενδεχεται να μη βρίσκονται δίπλα του. Όταν ενεργοποιηθεί για πρώτη φορά ο νοητός δακτύλιος, ο κόμβος με την υψηλότερη αριθμηση μπορεί να στείλει πρώτος το πακέτο του. Στη συνέχεια ο κόμβος που μετέδωσε δίνει το δικαίωμα μετάδοσης στον αμέσως επόμενο του, στέλνοντας ένα ειδικό πακέτο ελέγχου, το οποίο είναι γνωστό ως κουπόνι διέλευσης (token passing). Το κουπόνι περνά διαδοχικά, από κόμβο σε κόμβο, προς την ίδια πάντα κατεύθυνση και με λογική σειρά η οποία βασίζεται στη διεύθυνση κάθε κόμβου και μπορεί να μην αντιστοιχεί στη φυσική διάταξη των κόμβων του δικτύου.



Το πρωτόκολλο αυτό αφορά γραμμική τοπολογία χρησιμοποιώντας ομοαξονικό καλώδιο σαν μέσο μεταφοράς και επιτρέπει σηματοδότηση για φωνή και εικόνα με ταχύτητες 1Mb/s, 5Mb/s και 10Mb/s. Επίσης έχει την ικανότητα να διακρίνει διάφορες προτεραιότητες στη μετάδοση δεδομένων. Στην περίπτωση αυτή αναγνώριση συγκρούσεων δεν είναι απαραίτητη διότι μόνο ένα τερματικό εκπέμπει πακέτα κάθε φορά μέχρι να εξαντληθεί το απόθεμα πακέτων ή να εξαντληθεί ο χρόνος κράτησης του κουπονιού.

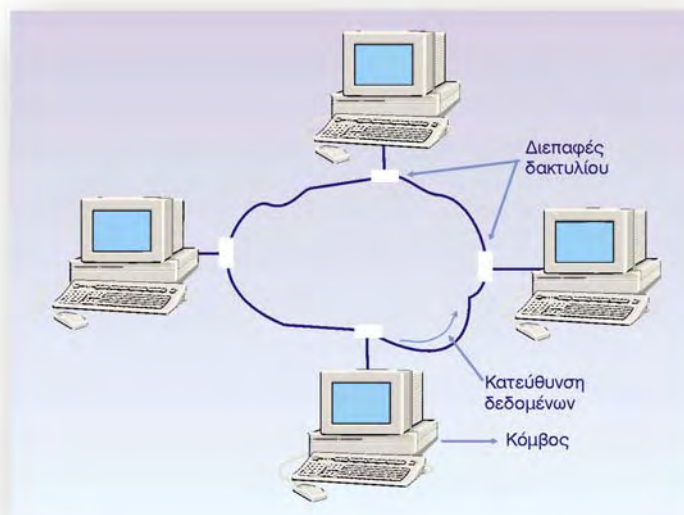
Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου του κουπονιού διέλευσης είναι ότι αφ' ενός ο έλεγχος του δικτύου είναι κατανομημένος και δε συμβαίνουν συγκρούσεις και αφ' ετέρου η χωρητικότητα του δικτύου μπορεί να υπολογιστεί με αρκετή ακρίβεια. Το δίκτυο διαύλου με κουπόνι διέλευσης δεν έτυχε μεγάλης αποδοχής λόγω της

πολυπλοκότητας του, όμως είναι διαθέσιμο στο εμπόριο και υλοποιήθηκε σε αρκετά βιομηχανικά συστήματα αυτοματισμού.

### *Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι IEEE 802.5 (Token Ring)*

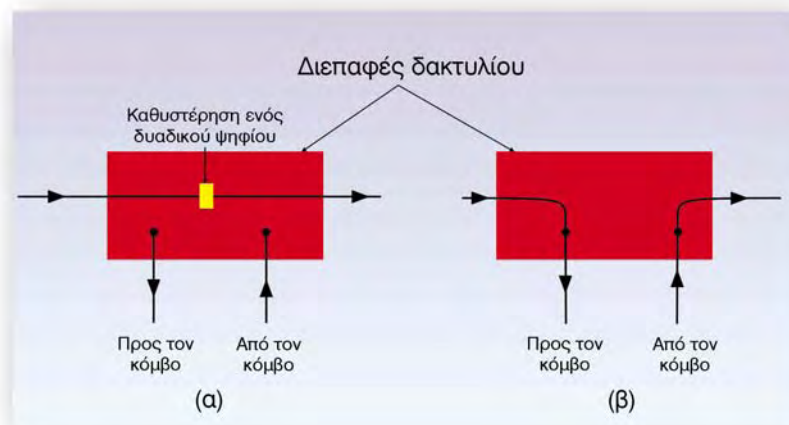
*(Ερ. Πιστ.: Περιγράψτε τη λειτουργία του πρωτοκόλλου (τεχνολογία μετάδοσης) token ring.)*

Το πρότυπο IEEE 802.5 υλοποιείται σε δίκτυα δακτυλίου που εφαρμόζουν ως μέθοδο πρόσβασης στο δίκτυο το κουπόνι διέλευσης. Η μέθοδος παρουσιάστηκε από την εταιρεία IBM, η οποία υποστήριξε το δακτύλιο ως το καταλληλότερο σχήμα για τα τοπικά δίκτυα. Γενικότερα οι δακτύλιοι έκαναν την εμφάνισή τους στις αρχές της δεκαετίας του 1970 και χρησιμοποιήθηκαν τόσο στα τοπικά όσο και στα δίκτυα ευρείας περιοχής. Πρόκειται για συνδέσεις σημείου προς σημείο που συμβαίνει να σχηματίζουν δοακτύλιο. Το φυσικό μέσο σένδεσης των κόμβων μπορεί να είναι καλώδιο UTP, ομοαξονικό καλώδιο ή οοπτική ίνα. Η μέθοδος πρόσβασης στο μέσο είναι η ίδια μ' αυτήν που εφαρμόζεται στο πρότυπο IEEE 802.4, όμως η υλοποίησή της διαφέρει. Το πρότυπο IEEE 802.5 διαφέρει από τα πρότυπα IEEE 802.3, CSMA/CD και Ethernet ως προς το ότι δεν παρακολουθείται συνεχώς το μέσο μετάδοσης, αφού στο πρότυπο αυτό δε συμβαίνουν συγκρούσεις.



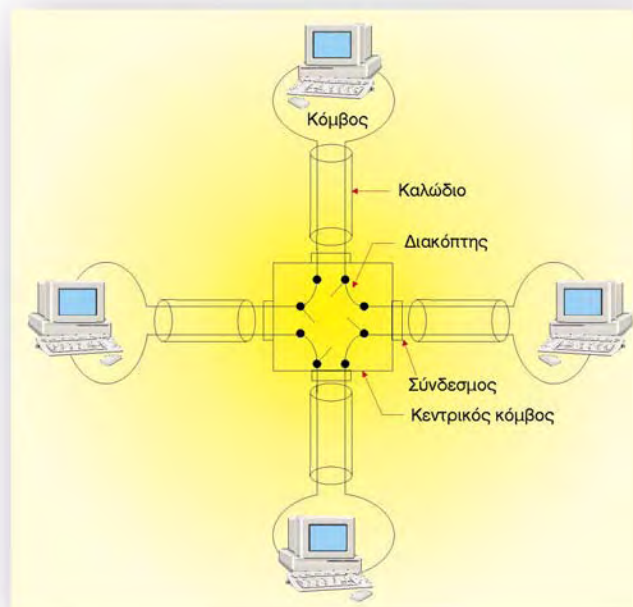
Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται οι διεπαφές ενός δικτύου τοπολογίας δακτυλίου. Η μέθοδος πρόσβασης στο δίκτυο αυτό απαιτεί την ύπαρξη ενός κουπονιού, το οποίο, όταν οι κόμβοι δε μεταδίδουν πακέτα, περιφέρεται γύρω από το δακτύλιο. Όταν κάποιος κόμβος πρόκειται να μεταδώσει ένα πακέτο, πρέπει να σταματήσει την περιφορά του κουπονιού και να το αποσύρει από το δακτύλιο για όσο χρόνο διαρκεί η μεταδοσή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τη στιγμιαία μετατροπή του κουπονιού από πακέτο ελέγχου σε πακέτο δεδομένων μέσω της αντιστροφής ενός δυαδικού ψηφίου από τους τρεις χαρακτήρες που διαθέτει. Επειδή υπάρχει μόνο ένα κουπόνι στο δακτύλιο, ένας μόνο κόμβος μπορεί να μεταδώσει πακέτο σε δεδομένη στιγμή με αποτέλεσμα να μην εμφανίζονται συγκρούσεις.

Κάθε διεπαφή του δακτυλίου λειτουργεί σε δύο καταστάσεις, στην κατάσταση ακρόασης, κατά την οποία τα εισερχόμενα δυαδικά ψηφία αντιγράφονται στην έξοδο, και στην κατάσταση μετάδοσης, η οποία μπορεί να υπάρξει μόνο όταν το κουπόνι σταματήσει την περιφορά του. Στην κατάσταση μετάδοσης η διεπαφή χωρίζει τη σύνδεση σε είσοδο και έξοδο, βάζοντας τα δεδομένα της στο δακτύλιο. Κάθε διεπαφή διαθέτει συνήθως αποταμιευτή πακέτων προκειμένου η καθυστέρηση που προκαλείται από την εναλλαγή των δύο καταστάσεων να μη γίνεται αντιληπτή στους κόμβους.



Όταν ο κόμβος αποστέλλει και το τελευταίο δυαδικό ψηφίο του τελευταίου πακέτου του, αναδημιουργεί το κουπόνι, ενώ, όταν λάβει το αντίγραφο του πακέτου που έστειλε, η διεπαφή επιστρέφει σε κατάσταση ακρόασης. Σημειώνεται ότι δεν τίθεται όριο μεγέθους των πακέτων και ότι ο αποστολέας είναι υπεύθυνος για την απόσυρση των δυαδικών ψηφίων που έστειλε, όταν αυτά κανοντας το γύρο του δακτυλίου επιστρέψουν και πάλι σ' αυτόν. Συνήθως ο αποστολέας συγκρίνει τα δεδομένα που έστειλε μ' αυτά που έλαβε για λόγους αξιοπιστίας.

Το πρότυπο IEEE 802.5 περιγράφει τα δίκτυα δακτυλίου που χρησιμοποιούν ως μέθοδο πρόσβασης στο μέσο το κουπόνι διέλευσης. συνήθως το φυσικό μέσο με το οποίο υλοποιείται είναι το θωρακισμένο καλώδιο συνεστραμμένων ζευγών (STP). Οι ρυθμοί μετάδοσης που επιτυγχάνονται είναι 1 και 4 Mbps, αν και νέα έκδοση έχει φτάσει και σε 16Mbps.



Το βασικό πρόβλημα στα δίκτυα τοπολογίας απλού δακτυλίου είναι ότι σε ενδεχόμενη βλάβη του καλωδίου το δίκτυο καταρρέει. Το πρότυπο IEEE 802.5 αντιμετωπίζει το πρόβλημα αυτό με επιτυχία χρησιμοποιώντας την τοπολογία αστέρα, αν και δεν ανήκει στις προδιαγραφές του. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα η φυσική σύνδεση του κεντρικού κόμβου με όλους τους κόμβους του δικτύου γίνεται μέσω ενός καλωδίου που περιλαμβάνει τουλάχιστον δύο

συνεστραμμένα ζεύγη με κατεύθυνση από και προς τον κόμβο. Με αυτό τον τρόπο διατηρείται η νοητή τοπολογία του δικτύου να είναι δακτύλιος. Μέσα στον κεντρικό κόμβο υπάρχουν διακόπτες που διευκολύνουν την κυκλοφορία σε περίπτωση βλάβης κάποιου τμήματος του καλωδίου και θέτουν εκτός λειτουργίας τον κόμβο που υπέστη βλάβη ώστε να μην καταρρεύσει το δίκτυο.

*Δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων (FDDI – Fiber Distributed Data Interface)*

Το πρότυπο FDDI αναπτύχθηκε στα μέσα της δεκαετίας του 1980, όταν οι σταθμοί εργασίας είχαν εξαντλήσει το εύρος ζώνης των υπάρχοντων τοπικών δικτύων που βασιζόνταν στο Ethernet και στο δακτύλιο με κουπόνι διέλευσης. Το FDDI είναι ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων που χρησιμοποιεί ως φυσικό μέσο μετάδοσης τις πολύτροπες οπτικές ίνες, τοπολογία διπλού δακτυλίου και μέθοδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο το κουπόνι διέλευσης. Έχει ικανότητα μετάδοσης δεδομένων συνήθως τα 100Mbps και η μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κόμβων του δικτύου είναι 2Km. Το πρότυπο μπορεί να επιτρέψει τη σύνδεση μέχρι και 1000 κόμβων σε μία μέγιστη απόσταση 200Km. Το FDDI χρησιμοποιεί αντί για λέιζερ, πηγές φωτός με διόδους φωτοεκπομπής (LEDs) λόγω του χαμηλότερου κόστους. Το FDDI-I βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.5

Η καλωδίωση του FDDI αποτελείται από δύο δακτυλίους οπτικών ινών, ο ένας λέγεται βασικός δακτύλιος και μεταδίδει με τη φορά των δεικτών του ρολογιού και ο άλλος δευτερεύων και μεταδίδει αντίστροφα. Στην περίπτωση που κάποιος από τους δακτυλίους σπάσει, ο άλλος χρησιμοποιείται ως εφεδρικός. Στο FDDI υπάρχουν δύο κατηγορίες κόμβων, οι κόμβοι κλάσης A που συνδέονται και με τους δύο δακτυλίους και οι κόμβοι κλάσης B που συνδέονται μόνο με τον έναν από τους δύο.



## Βιβλιογραφία

1. Haykin S. (2009): Συστήματα Επικοινωνίας (μεταφρασμένο), Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
2. Tanenbaum A. (2003): Δίκτυα Υπολογιστών (μεταφρασμένο), Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
3. Αρβανίτης Κ., Κολυβάς Γ., Ούτσιος Σ.: Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών. ΤΕΕ, ΥΠΕΠΘ, Τομέας Ηλεκτρονικών Υπολογιστικών Συστημάτων και Δικτύων, 2ος κύκλος, Α' τάξη. <http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/electronic/biblia.php>
4. Μπούρας Χρ.: Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων, Σημειώσεις διαλέξεων, Τμ. Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής. <http://ru6.cti.gr/bouras/lessons.php?id=1&action=general>
5. Τσιλιγκιρίδης Θ., Αλεξίου Γ., Μπούρας Χρ., Μαμαλούκας Χρ., Αγγελόπουλος Π.: Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών Ι & ΙΙ. ΤΕΕ, ΥΠΕΠΘ, Τομέας Πληροφορικής – Δικτύων Η/Υ, 1<sup>ος</sup> Κύκλος, Β' τάξη. <http://www.pi-schools.gr/lessons/tee/computer/>