

# Κεφάλαιο 8

## Πρότυπα τοπικών δικτύων

---

**Μάθημα 8.1:** Τεχνολογική εξέλιξη

**Μάθημα 8.2:** Πρότυπο ALOHA

**Μάθημα 8.3:** Πρότυπο CSMA

**Μάθημα 8.4:** Πρότυπα CSMA/CD, IEEE 802.3 και Ethernet

**Μάθημα 8.5:** Πρότυπο IEEE 802.4 - Δίκτυα διαύλου με κουπόνι διέλευσης

**Μάθημα 8.6:** Πρότυπο IEEE 802.5 - Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης

**Μάθημα 8.7:** Πρότυπο N-ISDN

**Ανακεφαλαίωση**

**Ερωτήσεις**



## Κεφάλαιο 8: Πρότυπα τοπικών δικτύων

### Σκοπός

Στόχος του Κεφαλαίου 8 είναι να ενημερώσει το μαθητή σχετικά με την τεχνολογική εξέλιξη των τοπικών δικτύων υπολογιστών, καθώς και σχετικά με τα πιο γνωστά πρότυπα των ασύρματων και ενσύρματων τοπικών δικτύων. Είναι επίσης απαραίτητο να κατανοήσει ο μαθητής τις προϋποθέσεις που απαιτούνται για την εφαρμογή αυτών των προτύπων, καθώς και τον τρόπο λειτουργίας τους.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Με την ολοκλήρωση της μελέτης αυτού του κεφαλαίου ο μαθητής θα πρέπει:

- ✓ Να μπορεί να περιγράψει την τεχνολογική εξέλιξη των τοπικών δικτύων.
- ✓ Να διακρίνει τα βασικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών προτύπων.
- ✓ Να γνωρίζει τα κυριότερα πρότυπα των ασύρματων τοπικών δικτύων, όπως είναι το *ALOHA* και το *CSMA*.
- ✓ Να γνωρίζει τα κυριότερα πρότυπα των ενσύρματων τοπικών δικτύων, όπως είναι το *CSMA/CD - Ethernet*, τα δίκτυα διαύλου και δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης, καθώς και το δίκτυο *N-ISDN*.

### Προερωτήσεις

1. Ποια είναι τα κυριότερα στάδια στην εξέλιξη των τοπικών δικτύων;
2. Ποια είναι τα κυριότερα πρότυπα των ασύρματων τοπικών δικτύων;
3. Ποια είναι τα κυριότερα πρότυπα των ενσύρματων τοπικών δικτύων;
4. Γνωρίζεις πώς επιδρά η επιλογή ενός προτύπου στην απόδοση ενός δικτύου;



## Μάθημα 8.1: Τεχνολογική εξέλιξη

### 8.1.1 Εισαγωγή

Όπως έχει ήδη διαφανεί από τα προηγούμενα μαθήματα, η τεχνολογική εξέλιξη των τοπικών δικτύων ηλεκτρονικών υπολογιστών διακρίνεται σε διάφορα στάδια. Τρία είναι ωστόσο τα κυριότερα από αυτά, για τα οποία γίνεται λόγος στη συνέχεια.

### 8.1.2 Τεχνολογία τοπικών δικτύων πρώτης γενιάς (1970-1984)

Παλαιότερα τα βασικά γνωρίσματα ενός τοπικού δικτύου υπολογιστών ήταν:

- ✓ η περιορισμένη έκτασή του, που δεν υπερέβαινε τις λίγες δεκάδες χιλιόμετρα,
- ✓ ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσής του, που ήταν της τάξης των 10-20 Mbps, και
- ✓ το ιδιοκτησιακό καθεστώς νομής και εκμετάλλευσής του.

Δίκτυα αυτής της μορφής, που αναπτύχθηκαν πειραματικά στην αρχή της δεκαετίας του 1970, χαρακτηρίζονται σήμερα ως **τοπικά δίκτυα υπολογιστών πρώτης γενιάς**. Υπήρξαν αποτέλεσμα της άποψης ότι μαζί με τα δίκτυα σημείου προς σημείο, για τα οποία η τεχνική της αποθήκευσης και της προώθησης των πακέτων μεταγωγής άρχιζε να φανερώνει –μέσω των αποτελεσμάτων του *ARPANET*– την εμβέλεια και την αποτελεσματικότητά της, έπρεπε να αντιμετωπιστούν και τα επίγεια δίκτυα ευρείας εκπομπής. Τοπικά δίκτυα αυτής της μορφής διαθέτουν μία γραμμή επικοινωνίας την οποία μοιράζονται όλοι οι κόμβοι του δικτύου. Κάθε χρήστης εκπέμπει τα πακέτα του στη μοναδική γραμμή επικοινωνίας και αυτά λαμβάνονται από όλους τους κόμβους που βρίσκονται στο δίκτυο. Κάθε κόμβος διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου, η οποία αναγράφεται στο πεδίο της επικεφαλίδας του, και αν συμπίπτει με τη δική του διεύθυνση, αποδέχεται το πακέτο, διαφορετικά το απορρίπτει. Σύμφωνα με τη νέα **μέθοδο πολλαπλής πρόσβασης** (*multiple access method*) στο μέσο μετάδοσης, οι κόμβοι διεκδικούν σε ανταγωνιστική βάση τη μοναδική γραμμή επικοινωνίας προκειμένου να μεταδώσουν τα πακέτα τους. Για το λόγο αυτό εξάλλου αναφέρεται και ως **ανταγωνιστική μέθοδος** (*contention method*) πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης. Οι γενικές προϋποθέσεις που ισχύουν για τη δέσμευση της χωρητικότητας της γραμμής επικοινωνίας των δικτύων της κατηγορίας αυτής αναπτύχθηκαν στο Μάθημα 7.4.

Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών πρώτης γενιάς είναι κατάλληλα για μετάδοση ενός

<sup>1</sup> Δεν έχει υπάρξει μέχρι σήμερα αντίστοιχη ελληνική ονομασία.

<sup>2</sup> Το πρωτόκολλο αυτό διαφέρει από το CSMA/CD στο ότι δεν έχει τη δυνατότητα αναγνώρισης μιας σύγκρουσης. Η ελληνική ονομασία που επικρατεί για το CSMA είναι **πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος**.



Στα ενσύρματα δίκτυα η ανταγωνιστική μέθοδος πρόσβασης στηρίζεται στην προσαρμογή των πρωτοκόλλων ALOHA<sup>1</sup> και CSMA<sup>2</sup> (*Carrier Sense Multiple Access*) που εφαρμόζονται έως σήμερα στα ασύρματα δίκτυα ανοικτής ακρόασης, όπως είναι οι ραδιοεπικοινωνίες, τα κινητά δίκτυα επικοινωνιών, οι δορυφορικές επικοινωνίες κτλ.



μόνο τύπου πληροφορίας (δεδομένων), με ρυθμούς που δεν υπερβαίνουν τα 20 Mbps και σε αποστάσεις μικρότερες των 50 km. Αντιπροσωπευτικά παραδείγματα δικτύων αυτής της κατηγορίας, τα οποία φέρουν το όνομα του προτύπου που υλοποιούν, είναι τα ακόλουθα:

- ✓ **Δίκτυα πολλαπλής πρόσβασης με ανίχνευση φέροντος και αναγνώριση συγκρούσεων:** Πρότυπα *IEEE 802.3 (CSMA/CD, Ethernet)*.
- ✓ **Δίκτυα διαύλου με κουπόνι διέλευσης:** Πρότυπο *IEEE 802.4*.
- ✓ **Δίκτυα δακτυλίου με κουπόνι διέλευσης:** Πρότυπο *IEEE 802.5*.

Όλα τα παραπάνω πρότυπα αναφέρθηκαν στο Μάθημα 7.5 και θα περιγραφούν λεπτομερέστερα στα αμέσως επόμενα μαθήματα.

Το βασικό πρόβλημα των τοπικών δικτύων που χρησιμοποιούν ανταγωνιστικές μεθόδους πρόσβασης είναι ο καθορισμός της **ισομοιρίας** (*fair share*), δηλαδή της δυνατότητας κάθε κόμβου να έχει τις ίδιες ευκαιρίες μετάδοσης των πακέτων του από την κοινή γραμμή επικοινωνίας. Η δυνατότητα αυτή, από την οποία άλλωστε καθορίζεται και η απόδοση του δικτύου, εξαρτάται από το ρυθμό διέλευσης και την καθυστέρηση της μετάδοσης. Η καθυστέρηση μετρά το μέσο χρόνο που περιμένει ένας κόμβος του δικτύου προκειμένου να μεταδώσει το πακέτο του. Αρκετοί παράγοντες επιδρούν στον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζεται η ισομοιρία. Για παράδειγμα, ίδια καθυστέρηση σε όλους τους κόμβους του δικτύου μπορεί να ευνοεί ορισμένους μόνο από αυτούς οι οποίοι διαθέτουν πολλά πακέτα που δεν είναι επείγοντα.

Από τα πρωτόκολλα επικοινωνίας το πρωτόκολλο Διαδικτύου (*IP: Internet Protocol*) έχει καταστεί *de facto* πρότυπο διασύνδεσης συστημάτων που αναπτύχθηκαν από διάφορους κατασκευαστές και θεωρείται το πιο εύχρηστο πρωτόκολλο διασύνδεσης. Τυπικά είναι μέρος της ομάδας των πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς (*TCP*) του επιπέδου μεταφοράς. Λόγω της μεγάλης υποστήριξης του *TCP/IP* σε υλικό και λογισμικό, ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται σε πάρα πολλά τοπικά δίκτυα και ειδικότερα σ' αυτά που λειτουργούν σε περιβάλλον *Unix*. Το λειτουργικό σύστημα *Unix* υποστηρίζει το *TCP/IP* για πολλά χρόνια, αντισταθμίζοντας το κόστος του στην αγορά. Τόσο η Apple Computer όσο και η Microsoft προώθησαν σημαντικά το *TCP/IP*, διευκολύνοντας μ' αυτό τον τρόπο την πρόσβαση των χρηστών σε δίκτυα *TCP/IP* και σε υπηρεσίες όπως το Διαδίκτυο και τα ενδοδίκτυα (*intranets*).

### 8.1.3 Τεχνολογία τοπικών δικτύων δεύτερης γενιάς (1985-1990)

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας των επικοινωνιών και την ανάγκη για παροχή ολοκληρωμένων υπηρεσιών ψηφιακής επικοινωνίας με πληροφορίες<sup>3</sup> όλων των τύπων η

<sup>3</sup> Οι ολοκληρωμένες υπηρεσίες ψηφιακής επικοινωνίας συμπεριλαμβάνουν όλους τους τύπους των πληροφοριών που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος, όπως είναι τα πάσης φύσεως στατικά δεδομένα (π.χ. κείμενα, γραφικά, στατικές εικόνες), η φωνή, η προσομοίωση κίνησης, οι κινούμενες εικόνες, το βίντεο κτλ.



τάση ανάπτυξης νέων τύπων δικτύων που να υπερβαίνουν τους φραγμούς της χωρητικότητας και των ρυθμών μετάδοσης γινόταν ολοένα και πιο πιεστική.

Η **δεύτερη γενιά τοπικών δικτύων** χαρακτηρίζεται από την περαιτέρω εξέλιξη της υφιστάμενης τεχνικής μεταγωγής πακέτων του προτύπου *IEEE 802.5*, καθώς και από την ανάπτυξη νέων τεχνικών προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα στις εφαρμογές. Τα δίκτυα αυτής της γενιάς είναι κατάλληλα για μετάδοση ενός μόνο τύπου πληροφορίας (δεδομένων) με ρυθμούς που φτάνουν τα 155 Mbps. Οι αποστάσεις που μπορούν να καλύψουν είναι μεγάλες και συναγωνίζονται στο ανώτερό τους όριο τις μικρότερες των δικτύων ευρείας περιοχής. Τα δίκτυα υπολογιστών δεύτερης γενιάς συμπεριλήφθηκαν στα μητροπολιτικά δίκτυα (*MAN*)<sup>4</sup> και χρησιμοποιούνται κυρίως ως κορμός στη διασύνδεση των τοπικών δικτύων με άλλα τοπικά δίκτυα αλλά και με δίκτυα ευρείας περιοχής. Παρά το γεγονός ότι έγινε προσπάθεια να μεταδοθούν μέσω αυτών των δικτύων και άλλοι τύποι πληροφορίας, χρήσιμοι για την ανάπτυξη εφαρμογών πολυμέσων, ο **ισοχρονισμός** αποδείχτηκε ο σημαντικότερος ανασταλτικός παράγοντας.

Τα πρότυπα της δεύτερης γενιάς τοπικών δικτύων που έχουν γίνει αποδεκτά είναι κυρίως τα ακόλουθα:

- ✓ **Δίκτυο διεπαφής κατανεμημένων δεδομένων με οπτική ίνα-I** (*FDDI-I: Fiber Distributed Data Interface-I*): Πρότυπο *ANSI X3T9.5*, το οποίο είναι συμβατό με το πρότυπο *IEEE 802.5*.
- ✓ **Δίκτυο διεπαφής κατανεμημένων δεδομένων με οπτική ίνα-II** (*FDDI-II: Fiber Distributed Data Interface-II*): Πρότυπο επέκτασης του *ANSI X3T9.5* προκειμένου το δίκτυο να παρέχει ισοχρονισμό.
- ✓ **Δίκτυο διπλού διαύλου με κατανεμημένη ουρά αναμονής** (*DQDB: Distributed Queue Dual Bus*): Πρότυπο *IEEE 802.6-MAN*.
- ✓ **Δίκτυο μεταγωγικής υπηρεσίας δεδομένων πολλών εκατομμυρίων δυαδικών ψηφίων** (*SMDS: Switched Multi-Megabit Data Service*): Πρότυπο *SMDS*.

Από τα δίκτυα αυτά μόνο για το *FDDI-I* εκδηλώθηκε μεγάλο ενδιαφέρον στον κόσμο της αγοράς, παρά το σχετικά υψηλό κόστος του (βλ. Ενότητα Δ), ενώ τόσο το *DQDB* όσο και το *SMDS* είχαν περιορισμένη απήχηση (βλ. Ενότητα Ε).

### 8.1.4 Τεχνολογία τοπικών δικτύων τρίτης γενιάς (1990 - 2000)

Η **τρίτη γενιά τοπικών δικτύων** χαρακτηρίζεται από την περαιτέρω εξέλιξη της υφιστάμενης τεχνικής μεταγωγής πακέτων του προτύπου *IEEE 802.3*, καθώς και από



**Ισοχρονισμός** είναι η ιδιότητα μιας σύνδεσης του δικτύου να εξασφαλίζει την παροχή σταθερού ρυθμού μετάδοσης και μικρή, κάτω ενός ορισμένου ορίου, καθυστέρηση.

<sup>4</sup> *MAN (Metropolitan Area Networks)*. Ονομασία που επικράτησε λόγω της μεγάλης γεωγραφικής κάλυψης των δικτύων αυτής της κατηγορίας. Με εξαίρεση τα δίκτυα *FDDI*, που συγκαταλέγονται στα τοπικά δίκτυα, όλα τα άλλα δίκτυα αυτής της κατηγορίας (*DQDB*, *SMDS*) μπορούν να συγκαταλεχθούν στα δίκτυα ευρείας περιοχής.



την ανάπτυξη νέων τεχνικών προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη διαθέσιμη χωρητικότητα από αυτήν των 150 Mbps των δικτύων της προηγούμενης γενιάς. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις δικτύων αυτής της κατηγορίας, τα οποία φέρουν το όνομα του προτύπου που υλοποιούν, είναι:

- ✓ **Δίκτυα 100Base-T ή Fast Ethernet:** Πρότυπο *IEEE 802.3u* και όλα τα σχετικά με αυτό πρωτόκολλα.
- ✓ **Ισόχρονα δίκτυα Ethernet (ISO-Ethernet: Isochronous Ethernet):** Πρότυπο *IEEE 802.9*.
- ✓ **Δίκτυα με αίτημα προτεραιότητας στην πρόσβαση (demand priority access LAN):** Πρότυπο *IEEE 802.12*, με κύριους εκπροσώπους τα **100Base-VG (Voice Grade)** και **100Base-VGAnyLAN**.
- ✓ **Δίκτυο Gigabit Ethernet:** Πρότυπο *Gigabit Ethernet*, το οποίο υποστηρίζει ρυθμούς μετάδοσης κοντά στο 1 Gbps<sup>5</sup>.

Παράλληλα, από το 1990, γίνονται προσπάθειες προκειμένου να αναπτυχθούν τα ονομαζόμενα **τοπικά δίκτυα νέας γενιάς (ATM-based LANs)**, τα οποία βασίζονται στις αρχές της τεχνικής του ασυγχρόνιστου τρόπου μεταφοράς (*ATM*). Δίκτυα αυτής της κατηγορίας εξομοιώνουν τη συμπεριφορά των τοπικών δικτύων *IEEE 802.4* και *IEEE 802.5* με αυτήν του *ATM*. Η τεχνική της **εξομοίωσης τοπικών δικτύων (LANE: LAN Emulation)** είναι αρκετά πρόσφατη, με προοπτικές μελλοντικής ανάπτυξης. Δίκτυα αυτής της τεχνολογίας είναι ικανά να προσφέρουν πραγματικό ισοχρονισμό, που είναι και η κύρια απαίτηση για τη μετάδοση πληροφοριών όλων των τύπων κυκλοφορίας.

Όλα αυτά τα δίκτυα χαρακτηρίζονται ως τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων και αποτελούν αντικείμενο μελέτης στην Ενότητα Δ. Στην παρούσα ενότητα θα περιγράψουμε λεπτομερέστερα τη λειτουργία των πιο βασικών προτύπων της πρώτης γενιάς – με έμφαση στα δίκτυα που επικρατούν σήμερα στην αγορά – καθώς και τους τρόπους υλοποίησης αυτών των προτύπων.



### Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Πρώτη, δεύτερη και τρίτη γενιά τοπικών δικτύων, μέθοδος πολλαπλής πρόσβασης στο μέσο, ανταγωνιστική μέθοδος πρόσβασης στο μέσο, ισοχρονισμός.

<sup>5</sup> 1 Gbps: 1 Giga bits per second (1 Gbps = 1.000 Mbps = 10<sup>9</sup> bps).