

# Κεφάλαιο 11

## Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων

Μάθημα 11.1: Γενικά στοιχεία

Μάθημα 11.2: Αρχιτεκτονική

Μάθημα 11.3: Ενδοδίκτυα

Ανακεφαλαίωση

Ερωτήσεις



## Κεφάλαιο 11: Εισαγωγή στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων

### Σκοπός

Σκοπός του Κεφαλαίου 11 είναι να γνωρίσει ο μαθητής τις βασικές αρχές των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, τις τεχνικές υλοποίησής τους, τις αρχιτεκτονικές και τις τυποποιήσεις τους. Επιπλέον στόχος είναι να αντιληφθεί ο μαθητής ότι τα ενδοδίκτυα είναι μια πρωταρχικής σημασίας υλοποίηση των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων, με δομή και εφαρμογές βασισμένες σε πρωτόκολλα παγκόσμιου ιστού και Διαδικτύου.

### Προσδοκώμενα αποτελέσματα

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

- ✓ Να διακρίνει τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα από τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων.
- ✓ Να αναγνωρίζει τις διάφορες τεχνικές των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων.
- ✓ Να διακρίνει τις διάφορες αρχιτεκτονικές και τις υλοποιήσεις των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων.
- ✓ Να αναγνωρίζει τις τυποποιήσεις (πρότυπα) των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων.

### Προερωτήσεις

1. Τι γνωρίζεις για τα ενδοδίκτυα;
2. Τι είναι ασφάλεια σε ένα τοπικό δίκτυο υψηλών επιδόσεων;
3. Ποιες τοπολογίες τοπικών δικτύων γνωρίζεις και πώς αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων;



## Μάθημα 11.1: Γενικά στοιχεία

### 11.1.1 Βασικές έννοιες

Τα τελευταία χρόνια τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα είχαν φτάσει στα όριά τους. Η αύξηση των κόμβων αλλά και των ενεργών χρηστών είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του φόρτου κυκλοφορίας αυτών των δικτύων. Σ' αυτό συνέτεινε η ευρεία χρήση γραφικών και εργαλείων λογισμικού για την υποστήριξη εφαρμογών οι οποίες απαιτούν από το δίκτυο ικανό εύρος ζώνης, καθώς επίσης και η εξασφάλιση πρόσθετων ποιοτικών χαρακτηριστικών τα οποία σχετίζονται με χρονικούς περιορισμούς για την αποδεκτή παράδοση του τεράστιου όγκου δεδομένων που διακινούνται. Για παράδειγμα, τα παραδοσιακά τοπικά δίκτυα δεν μπορούν να ανταποκριθούν στις ανάγκες των εργαλείων και εφαρμογών συνεργασίας για μετάδοση φωνής, εικόνας και δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως είναι μια συνεργατική εφαρμογή για την πραγματοποίηση τηλεδιάσκεψης. Στον πίνακα 11.1 δίνονται οι ρυθμοί μετάδοσης για εκπομπή και λήψη βίντεο σε σχέση με την ποιότητά του.

Κακή ποιότητα βίντεο	64-200 Kbps
Καλή ποιότητα βίντεο	0,5-3 Mbps
Υψηλή ποιότητα βίντεο	2-8 Mbps

Πίνακας 11.1: Ρυθμοί μετάδοσης βίντεο διαφορετικής ποιότητας

Γενικά, τα παραδοσιακά δίκτυα δεν μπορούν να καλύψουν υψηλής ποιότητας υπηρεσίες και εφαρμογές, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δίκτυα με πολλούς χρήστες. Επιπλέον οι χρήστες γίνονταν με τον καιρό περισσότερο ανυπόμονοι, απαιτώντας από το τοπικό δίκτυο μικρότερους χρόνους απόκρισης και καλύτερη ποιότητα. Για την κάλυψη των παραπάνω απαιτήσεων δημιουργήθηκαν τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων, που σήμερα παρέχουν ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 100 Mbps έως και 1 Gbps.

Στον πίνακα 11.2 δίνονται ορισμένα συγκριτικά στοιχεία που αφορούν τους χρόνους που απαιτούνται για τη μετάδοση δεδομένων συγκεκριμένου όγκου (25 Kbits, 2,5 Mbits, 213 Mbits, 961 Mbits και 25 Tbits) και ρυθμού μετάδοσης (28,8 Kbps, 10 Mbps και 1 Gbps). Για παράδειγμα, τα 213 Mbits με ρυθμό μετάδοσης 10 Mbps απαιτούν περίπου 0,4 min ή 24 sec για να μεταδοθούν. Για μικρό όγκο δεδομένων, κάτω των 2,5 Mbits, η διαφορά στο χρόνο που απαιτείται για τη μετάδοση είναι αμελητέα και δε γίνεται αντιληπτή από το χρήστη. Για μεγαλύτερο όμως όγκο δεδομένων, όπως αποδεικνύεται από τα στοιχεία του πίνακα, η διαφορά είναι συντριπτική. Αυτή ακριβώς η διαφορά αποτέλεσε το έναυσμα για την υλοποίηση δικτυακών εφαρμογών που ανταλλάσσουν μεγάλο όγκο δεδομένων.

Στην αύξηση του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων συνέβαλε αποφασιστικά η χρήση της οπτικής ίνας ως φυσικού μέσου μετάδοσης. Οι τεχνικές μετάδοσης μέσω οπτικών



		Ρυθμός μετάδοσης		
Όγκος δεδομένων	Χρόνος	28,8 Kbps	10 Mbps	1 Gbps
	25 Kbits	0,9 sec	0,002 sec	0,0002 sec
	2,5 Mbits	88,9 sec	0,25 sec	0,002 sec
	213 Mbits	2,1 hrs	0,4 min	0,2 sec
	961 Mbits	9,5 hrs	1,6 min	0,9 sec
	25 Tbits	240 years	243 days	57 hrs

Πίνακας 11.2: Συγκριτικοί χρόνοι ρυθμού μετάδοσης και όγκου δεδομένων

ινών με τα γνωστά χαρακτηριστικά τους (μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων σε πολύ μικρό χρόνο και με μικρό ποσοστό λάθους) έφτασαν σε ικανοποιητικό επίπεδο ωρίμανσης, έγιναν οικονομικά προσιτές και έκαναν έτσι δυνατή την υλοποίηση προτύπων για δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

## 11.1.2 Υπηρεσίες και επιλογές μετάδοσης

Όπως είναι γνωστό, με τον όρο υπηρεσία (*service*) εννοούμε κάποια δυνατότητα που παρέχεται από ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο στους χρήστες του. Επομένως είναι φυσικό η υπηρεσία να ικανοποιεί τις απαιτήσεις του χρήστη.

Υπάρχουν τρεις κατηγορίες υπηρεσιών που παρέχονται από ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, οι οποίες εξαρτώνται από το είδος της κυκλοφορίας που μεταδίδεται και δρουν συμπληρωματικά.

- ✓ **Υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου (*non-real time service*)**. Προϋποθέτει τη μετάδοση μιας ακανόνιστης ή καταιγιστικής (*bursty*) ροής πληροφοριών. Για παράδειγμα, ένας χρήστης τερματικού που στέλνει εντολές σε ένα απομακρυσμένο σύστημα απαιτεί μια μη πραγματικού χρόνου υπηρεσία.

Επειδή η μετάδοση αυτής της μορφής είναι ασυγχρόνιστη, η υπηρεσία λέγεται και **υπηρεσία ασυγχρόνιστης μετάδοσης**. Σημειώνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις τα δεδομένα που μεταδίδονται δεν είναι επείγοντα, με το νόημα ότι μια μικρή καθυστέρηση δεν προκαλεί απώλεια πληροφορίας. Συχνά είναι χρήσιμο να τίθενται προτεραιότητες στα δεδομένα μιας ασυγχρόνιστης μετάδοσης. Το *FDDI*, για παράδειγμα, θέτει οκτώ επίπεδα προτεραιότητας.

- ✓ **Υπηρεσία πραγματικού χρόνου (*real time service*)**. Παρέχει εγγυημένα μέγιστη χωρητικότητα και μέγιστη καθυστέρηση πρόσβασης. Η περίπτωση αυτή καλύπτει μεταδόσεις από κόμβους που παράγουν δεδομένα με σταθερό ρυθμό (π.χ. φωνή και βίντεο). Όταν οι κόμβοι συνδεθούν στο δίκτυο, πρέπει να εγγυώνται ότι θα μεταδίδουν με σταθερό ρυθμό (συγχρονισμένη μετάδοση). Η χωρητικότητα διατίθεται σε όλους τους κόμβους που πρόκειται να μεταδώσουν συγχρονισμένα τα δεδομένα τους και το δίκτυο εγγυάται την πρόσβαση των κόμβων μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα. Οι κόμβοι μπορούν πάντα να μεταδίδουν τα δεδομένα τους συγχρονισμένα, ενώ είναι πιθανόν να μην τους



Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι ο όρος του συγχρονισμού δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για την περιγραφή μιας υπηρεσίας αλλά για την περιγραφή του μηχανισμού μετάδοσης στα χαμηλότερα επίπεδα ενός δικτύου, όταν ανταλλάσσονται πληροφορίες. Συγχρονισμένη μετάδοση σημαίνει ότι ο δέκτης και ο πομπός είναι συγχρονισμένοι μέσω ενός κοινού ρολογιού. Τα περισσότερα συστήματα υψηλών ρυθμών μετάδοσης είναι συγχρονισμένα.



επιτρέπεται να μεταδίδουν τα δεδομένα τους ασυγχρόνιστα. Η απουσία συγχρονισμένης κυκλοφορίας μπορεί να θεωρηθεί και ως πλεονέκτημα, αφού τότε είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της υπηρεσίας πραγματικού χρόνου για τη διέλευση μηνυμάτων. Λόγω του συγχρονισμένου τρόπου μετάδοσης των δεδομένων η υπηρεσία αυτή λέγεται και **υπηρεσία συγχρονισμένης μετάδοσης**.

- ✓ **Υπηρεσία ισόχρονης μετάδοσης** (*isochronous transmission service*). Είναι μια περίπτωση της υπηρεσίας πραγματικού χρόνου. Συγκεκριμένα, εκτός από την εγγύηση μέγιστης χωρητικότητας που παρέχεται από την υπηρεσία πραγματικού χρόνου, παρέχονται επιπλέον και εγγυήσεις σταθερής καθυστέρησης μεταξύ δύο διαδοχικών ευκαιριών πρόσβασης, όπως επίσης και σταθερή χρονική διάρκεια μετάδοσης. Υπάρχουν πολλές εφαρμογές, όπως είναι η φωνή, το βίντεο και τα πολυμέσα, που απαιτούν υπηρεσίες ισόχρονης μετάδοσης. Παραδείγματα ισόχρονης μετάδοσης είναι ένα κανάλι σταθερού ρυθμού μετάδοσης 64 Kbps που προορίζεται για PCM ψηφιοποίηση φωνής – δειγματοληψίας 8 KHz με 8 bits ανά δείγμα – ή οι δίσκοι CD που δημιουργούν 32 bits στη συχνότητα των 44,1 KHz για συνολικό ρυθμό 1,4 Mbps.

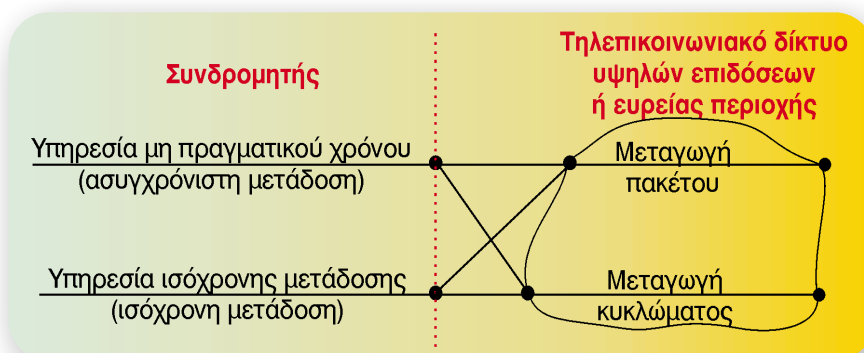
Όπως είναι γνωστό, οι δυνατότητες των υψηλότερων επιπέδων που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά των πληροφοριών διαμέσου του δικτύου εξαρτώνται από το αν το δίκτυο χρησιμοποιεί τεχνική μεταγωγής κυκλώματος ή τεχνική μεταγωγής πακέτου (Μαθήματα 6.2, 6.3). Γενικά:

- ✓ Αν ο χρήστης απαιτεί κάποια υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου (ασυγχρόνιστη μετάδοση), τότε αυτή μπορεί να παρασχεθεί μέσω κάποιου δικτύου που χρησιμοποιεί τεχνικές μεταγωγής πακέτου ή, εναλλακτικά, μεταγωγής κυκλώματος σταθερής χωρητικότητας (σχήμα 11.1).
- ✓ Αν ο χρήστης απαιτεί κάποια υπηρεσία πραγματικού χρόνου (συγχρονισμένη μετάδοση), τότε αυτή μπορεί να παρασχεθεί μέσω κάποιου δικτύου μεταγωγής πακέτου.
- ✓ Αν ο χρήστης απαιτεί κάποια υπηρεσία ισόχρονης μετάδοσης, τότε αυτή μπορεί να παρασχεθεί από κάποιο δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος. Ισόχρονη κυκλοφορία μπορεί να παρασχεθεί, σε περιορισμένη όμως κλίμακα, και από ορισμένα δίκτυα μεταγωγής πακέτου (σχήμα 11.1).

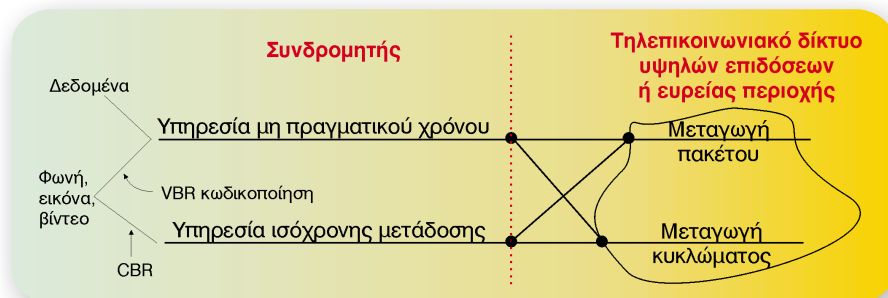
Γενικά, υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις συνδυασμού των απαιτήσεων των χρηστών για τις παρεχόμενες από το δίκτυο υπηρεσίες με τις δυνατότητες μεταφοράς των πληροφοριών, οι οποίες απεικονίζονται στο σχήμα 11.2.

Οι δυνατότητες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- ✓ Υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου (δεδομένα χωρίς κωδικοποίηση) σε κύκλω-



Σχήμα 11.1: Χρησιμοποίηση εναλλακτικών μηχανισμών μετάδοσης για την παροχή διαφορετικών υπηρεσιών



Σχήμα 11.2: Χρήση σχημάτων κωδικοποίησης σε τηλεπικοινωνιακά δίκτυα υψηλών επιδόσεων ή ευρείας περιοχής

μα μεταγωγής σταθερής χωρητικότητας. Στην απλούστερη των περιπτώσεων αφορά τη μετάδοση δεδομένων μεταξύ των πιο απομακρυσμένων τερματικών κάποιου μεγάλου υπολογιστικού συστήματος μέσω 9,6 Kbps κυκλώματος μεταγωγής. Επομένως πρόκειται για ασυγχρόνιστη κυκλοφορία που μεταδίδεται σε κύκλωμα μεταγωγής. Η περίπτωση αυτή δεν απαιτεί κάποιο σχήμα κωδικοποίησης.

- ✓ Υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου (VBR κωδικοποίηση) σε κύκλωμα μεταγωγής σταθερής χωρητικότητας. Για παράδειγμα, είναι γνωστό ότι η φωνή και το βίντεο επιδέχονται πολύ καλύτερα τη **μεταβλητού ρυθμού κωδικοποίησης** (VBR: *Variable Bit Rate coding*) λόγω των φυσικών μεταβολών που χαρακτηρίζουν την ομιλία και την κίνηση. Άλλες περιπτώσεις στις οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθεί VBR σχήμα κωδικοποίησης είναι η τηλεομοιοτυπία ή μια οθόνη εικόνων, τα γραφικά κτλ.
- ✓ Υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου (VBR κωδικοποίηση, δεδομένα χωρίς κωδικοποίηση) σε δίκτυο μεταγωγής πακέτων. Η περίπτωση αυτή παρέχει τη δυνατότητα για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα στη μετάδοση δεδομένων, προσφέροντας υψηλότερη ποιότητα υπηρεσιών, αφού γίνεται χρήση σχημάτων κωδικοποίησης που ανταποκρίνονται στις φυσικές μεταβολές τις οποίες παρουσιάζουν τα αρχικά σήματα που μεταδίδονται (φωνή, βίντεο κτλ.). Η υπηρεσία αυτή είναι γενική και ως εκ τούτου συμπεριλαμβάνει και τη μετάδοση δεδομένων που είναι ασυγχρόνιστα και δεν απαιτούν σχήμα κωδικοποίησης.
- ✓ Ισόχρονη υπηρεσία (CBR κωδικοποίηση) σε δίκτυο μεταγωγής πακέτου. Η ισόχρονη κυκλοφορία ενός δικτύου μεταγωγής πακέτου λέγεται **προσομοίωση κυκλώματος** (*circuit emulation*). Όπως θα δούμε και στην Ενότητα Ε, η προσομοίωση κυκλώματος αποτελεί ένα μεγάλο θέμα, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιείται η τεχνική *ATM*. Σ' αυτή την περίπτωση το δίκτυο μπορεί να εξασφαλίσει στο συνδρομητή ένα κύκλωμα σταθερής χωρητικότητας, ακόμη και αν το δίκτυο είναι τύπου μεταγωγής πακέτων *ATM*. Σημειώνεται επίσης ότι η φωνή και το βίντεο είναι παραδείγματα ισόχρονων υπηρεσιών, μόνο αν χρησιμοποιούν σχήματα **σταθερού ρυθμού κωδικοποίησης** (CBR: *Constant Bit Rate coding*). Πριν από την ανάπτυξη των δικτύων ευρείας ζώνης (*B-ISDN*, *ATM*, *SONET* κτλ.) και ορισμένων δικτύων υψηλών ρυθμών μετάδοσης (π.χ. *N-ISDN*, *FDDI-II*, *LATM*) όλα τα σχήματα κωδικοποίησης για τη φωνή και το βίντεο ήταν σταθερού ρυθμού, επειδή αυτά έπρεπε να ταιριάζουν με τις δυνατότητες των δικτύων (κυκλώματα σταθερής χωρητικότητας). Επομένως τα σχήματα κωδικοποίησης ήταν καθορισμένα από το μηχανισμό μετάδοσης του δικτύου.
- ✓ Ισόχρονη υπηρεσία (CBR κωδικοποίηση) σε κύκλωμα σταθερού ρυθμού μετάδοσης. Τέτοια κυκλώματα μπορούν να παρασχεθούν χρησιμοποιώντας αρκετά είδη δικτύων, όπως είναι τα *SONET DQDB*, *ATM*, *ISDN* κτλ.



### 11.1.3 Ταξινόμηση

Τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων τα οποία πρόκειται να αναφερθούν στη συνέχεια είναι τα ακόλουθα:

- ✓ **δίκτυο οπτικής διασύνδεσης κατανεμημένων δεδομένων** (*FDDI: Fiber Distributed Data Interface* ή *FDDI-I* και *FDDI-II*),
- ✓ **Switching Ethernet** (*Μεταγωγικό Ethernet*),
- ✓ **100 Mbps Ethernet** (*Fast Ethernet*),
- ✓ **Gigabit Ethernet** και
- ✓ **τοπικό δίκτυο ασυγχρόνιστου τρόπου μεταφοράς** (*LATM: Local Asynchronous Transfer Mode*).

Η ανάπτυξη του *Switching Ethernet*, του *100 Mbps Ethernet*, καθώς και του *Gigabit Ethernet* στηρίχτηκε στο κλασικό *Ethernet*, ακολουθεί τη βασική φιλοσοφία του και διατηρεί κατά ένα μεγάλο μέρος την ίδια αρχιτεκτονική. Με δεδομένο ότι το πρότυπο *Ethernet* είναι το πιο διαδεδομένο πρότυπο των τοπικών δικτύων, η νέα αρχιτεκτονική των δικτύων υψηλών επιδόσεων διατήρησε μια συμβατότητα με τα ήδη εγκατεστημένα τοπικά δίκτυα που ακολουθούν το πρότυπο *Ethernet*, διασφαλίζοντας έτσι την επένδυση της ήδη εγκατεστημένης υποδομής.

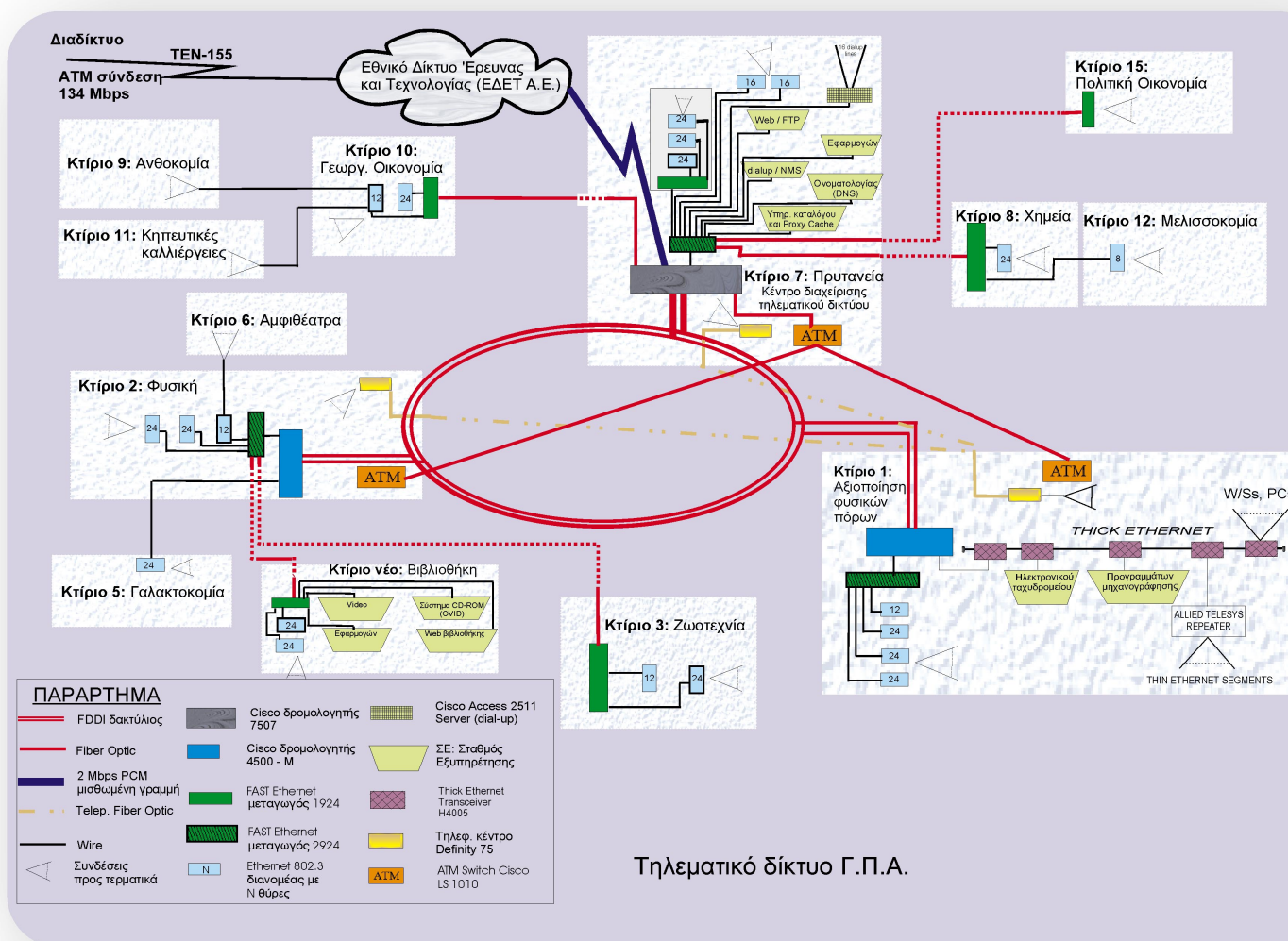
Το *100Base-VGAnyLAN* είναι ένα υβριδικό σχήμα του προτύπου *Ethernet* και των μεθόδων πρόσβασης στο φυσικό μέσο που χρησιμοποιεί ο δακτύλιος με κουπόνι διέλευσης (*Token Ring*), ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως επέκταση των δύο αρχικών προτύπων των τοπικών δικτύων. Τέλος, το *LATM* είναι εφαρμογή του γνωστού προτύπου *ATM* για δίκτυα ευρείας περιοχής στα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων.

### 11.1.4 Χρήσεις

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή αυτού του μαθήματος, τα τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων δημιουργήθηκαν για να καλύψουν ανάγκες εφαρμογών στις οποίες ο ρυθμός μετάδοσης και η αξιοπιστία είναι βασικοί λειτουργικοί παράγοντες. Πρόκειται για εφαρμογές που απαιτούν τη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων με αυστηρούς χρονικούς περιορισμούς, όπως είναι η περίπτωση ενός πλαισίου βίντεο το οποίο θα πρέπει να φτάσει στον προορισμό του, πριν ολοκληρωθεί η απεικόνιση του προηγούμενου πλαισίου. Άλλες περιπτώσεις τέτοιων εφαρμογών είναι η τηλεδιάσκεψη, όπου απαιτείται συγχρονισμένη μετάδοση φωνής, εικόνας, κειμένου και άλλων μορφών πληροφορίας, τα πολυμέσα, καθώς και τα **ενδοδίκτυα** (*intranets*).

Μία άλλη σημαντική εφαρμογή των τοπικών δικτύων υψηλών επιδόσεων είναι η χρησιμοποίησή τους ως **δικτύων κορμού** (*backbone networks*) για τη διασύνδεση ετερογενών τοπικών δικτύων με διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης. Τα διασυνδεδεμένα τοπικά δίκτυα σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι χαμηλότερων, ίσων ή και υψηλότερων επιδόσεων από το δίκτυο κορμού. Σημειώνεται ότι το κόστος εγκατάστασης ενός τοπικού δικτύου υψηλών επιδόσεων είναι συνήθως αρκετά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο κόστος ενός παραδοσιακού τοπικού δικτύου. Στο σχήμα 11.3 φαίνεται ένα τέτοιο δίκτυο κορμού.





Σχήμα 11.3: Παράδειγμα τοπικού δικτύου υψηλών επιδόσεων (δίκτυο Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών)



### Λέξεις που πρέπει να θυμάται

Τοπικά δίκτυα υψηλών επιδόσεων, υπηρεσία μη πραγματικού χρόνου, υπηρεσία πραγματικού χρόνου, υπηρεσία ισόχρονης μετάδοσης, μεταβλητού ρυθμού κωδικοποίηση, σταθερού ρυθμού κωδικοποίηση, προσομοίωση κυκλώματος, *FDDI*, *Switching Ethernet*, *Fast Ethernet*, *Gigabit Ethernet*, *LATM*, ενδοδίκτυα, δίκτυα κορμού.