

Το Επίπεδο Συνδέσμου Μετάδοσης Δεδομένων

Τμήμα Πληροφορικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Παν/μιο Θεσσαλίας

Προτεινόμενη Βιβλιογραφία

I. Computer Networking: A Top Down Approach Featuring the Internet, Jim Kurose, Keith Ross, 6th edition, Addison-Wesley (οι διαφάνειες του μαθήματος βασίζονται κυρίως σε αυτό το βιβλίο)

II. Δίκτυα Υπολογιστών, μια προσέγγιση από την πλευρά των συστημάτων, L. Peterson, B.S. Davie, Κλειδάριθμος.

Στόχοι της Ενότητας

Η παρουσίαση των υπηρεσιών που παρέχονται από το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων

Η παρουσίαση του πρωτοκόλλου PPP

Η παρουσίαση του Υποεπιπέδου Πρόσβασης στο Μέσο Μετάδοσης (Medium Access Control – MAC)

Η παρουσίαση βασικών εννοιών και τυποποιήσεων ενσύρματων και ασύρματων Τοπικών Δικτύων

Η παρουσίαση ενεργού και παθητικού εξοπλισμού Τοπικών Δικτύων και διαδικτύων

Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)

Περιγράφει τον τρόπο προσπέλασης σε ένα διαμοιραζόμενο κανάλι επικοινωνίας και πως ένα πλαίσιο δεδομένων μπορεί να μεταδοθεί χωρίς σφάλματα μεταξύ δύο «γειτονικών» (για το επίπεδο ζεύξης δεδομένων) μηχανών

Με τον όρο γειτονικές, εννοούμε ότι οι δύο μηχανές συνδέονται φυσικά με κάποιον επικοινωνιακό δίαυλο που λογικά λειτουργεί ως καλώδιο (τα bit φτάνουν με τη σειρά που έχουν σταλεί)

Λειτουργίες του Επιπέδου Ζεύξης Δεδομένων

Ορίζει τη **διεπαφή** μέσω της οποίας παρέχει τις υπηρεσίες του προς το επίπεδο δικτύου

Ο καθορισμός του πως τα bits που πρόκειται να μεταδοθούν από το φυσικό επίπεδο οργανώνονται σε **πλαίσια (frames)**

Ο χειρισμός των λαθών μετάδοσης (μπορεί να γίνει και στο επίπεδο μεταφοράς, όπως στην περίπτωση του Διαδικτύου)

Τη ρύθμιση της **ροής πλαισίων (flow control)**, ούτως ώστε αργοί δέκτες να μην υπερχειλίζουν από ταχείς πομπούς (μπορεί να γίνει και από το επίπεδο μεταφοράς)

Πλαισίωση (Framing)

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες που παρέχονται σε αυτό από το φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο **δεν παρέχει ουσιαστικά καμία εγγύηση** για τη μετάδοση (μπορεί να χαθούν ή να αλλοιωθούν τα δεδομένα)

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων **χωρίζει την ακολουθία των bits σε διακριτά πλαίσια και υπολογίζει το άθροισμα ελέγχου** για κάθε πλαίσιο

Στον παραλήπτη **το άθροισμα ελέγχου υπολογίζεται εκ νέου** προκειμένου να φανεί αν έχει γίνει κάποιο λάθος

Τεμαχισμός της ακολουθίας των bits (Fragmentation)

Μέτρηση Χαρακτήρων

Χαρακτήρες αρχής και τέλους με παραγέμισμα χαρακτήρων (**character stuffing**)

Σημαίες (flags) αρχής και τέλους, με παραγέμισμα bit (bit stuffing)

Παραβιάσεις της κωδικοποίησης του φυσικού επιπέδου

Μέτρηση Χαρακτήρων

Χρησιμοποιείται ένα πεδίο της επικεφαλίδας του πρωτοκόλλου στο οποίο το επίπεδο ζεύξης δεδομένων τοποθετεί το πλήθος των χαρακτήρων στο πλαίσιο

Πρόβλημα: ο αριθμός αυτός μπορεί να αλλοιωθεί από λάθος μετάδοσης!

Στην περίπτωση αυτή ο παραλήπτης δεν μπορεί να αναγνωρίζει τα όρια των πλαισίων που λαμβάνονται μετά το «προβληματικό» πλαίσιο και άρα πρέπει να ξαναμεταδοθούν

Χαρακτήρες Αρχής και Τέλους με Παραγέμισμα Χαρακτήρων

Κάθε πλαίσιο αρχίζει με την ακολουθία χαρακτήρων ASCII DLE STX (Data Link Escape και Start of Text) και τελειώνει με την ακολουθία DLE ETX

Σε περίπτωση μετάδοσης δυαδικών δεδομένων μπορεί να βρεθεί μια ακολουθία DLE STX ή DLE ETX!

Λύση: Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων του αποστολέα εισάγει ένα χαρακτήρα DLE πριν από κάθε χαρακτήρα DLE **των δεδομένων**. Έτσι τα δεδομένα δεν μπορούν να μπερδεύονται με τα όρια του πακέτου (αφού στα δεδομένα πάντα ένας χαρακτήρας DLE είναι διπλός)

Παραγέμισμα... γενικώς


Κάθε πλαίσιο αρχίζει και τελειώνει με μια ειδική ακολουθία bits που αποκαλείται σημαία (flag byte): αυτή είναι η 01111110

Οποτεδήποτε το επίπεδο ζεύξης δεδομένων του πομπού συναντά πέντε συνεχόμενα bits 1 στα δεδομένα εισάγει ένα 0. Ο δέκτης όταν δει πέντε συνεχόμενα bits 1 ακολουθούμενα από ένα 0, διαγράφει το 0

Παραγέμισμα... γενικώς

(a) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

(b) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0



Stuffed bits

(c) 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0

Έλεγχος Ζεύξης Δεδομένων Σημείου προς Σημείο (Point to Point DLC)

Ένας αποστολέας, ένας παραλήπτης, ένα κύκλωμα: ευκολότερο από κύκλωμα εκπομπής (broadcast link):

- χωρίς έλεγχο προσπέλασης μέσου (Media Access Control)
- δεν υπάρχει ανάγκη διευθυνσιοδότησης MAC (MAC addressing)
- π.χ. κύκλωμα dial-up, γραμμή ISDN

Δημοφιλή πρωτόκολλα DLC **σημείου προς σημείο:**

- PPP (point-to-point protocol)
- HDLC: High level data link control (το επίπεδο ζεύξης δεδομένων θεωρείται υψηλότερου επιπέδου στη στοίβα πρωτοκόλλων)!

Απαιτήσεις σχεδιασμού του PPP [RFC 1557]

- **Πλαισίωση πακέτου:** ενθυλάκωση (encapsulation) των δεδομένων του επιπέδου δικτύου σε πλαίσιο του επιπέδου ζεύξης δεδομένων
 - μεταφορά δεδομένων επιπέδου δικτύου κάθε πρωτοκόλλου επιπέδου δικτύου (όχι μόνο IP) *ταυτόχρονα*
 - δυνατότητα αποπολύπλεξης προς τα ανώτερα επίπεδα
- **Διαφάνεια bit (bit transparency):** πρέπει να μπορεί να μεταφέρει οποιαδήποτε ακολουθία από bit στα δεδομένα
- **Ανίχνευση λαθών** (όχι διόρθωση)
- **Κατάσταση σύνδεσης:** ανίχνευση, ενημέρωση του επιπέδου δικτύου για αστοχία κυκλώματος
- **Διαπραγμάτευση διεύθυνσης επιπέδου δικτύου:** το κάθε τελικό σημείο μπορεί να μάθει/ρυθμίσει τη διεύθυνση δικτύου του άλλου

PPP – I

Το PPP (Point-to-Point Protocol) καθορίζεται στο RFC 1661

Επιπλέον των όσων αναφέρθηκαν ήδη επιτρέπει την πιστοποίηση αυθεντικότητας (authentication)

Χρησιμοποιείται για μισθωμένες γραμμές μεταξύ δρομολογητών αλλά και για τις οικιακές τηλεφωνικές γραμμές

PPP – II

Το PPP παρέχει τα ακόλουθα:

- Πλαισίωση που διακρίνει τα όρια ενός πλαισίου
- Ένα πρωτόκολλο για τη **διαπραγμάτευση των επιλογών της σύνδεσης** (εγκατάσταση γραμμών, δοκιμή, απόλυση) που ονομάζεται Link Control Protocol (LCP)
- Πρωτόκολλο για τη **διαπραγμάτευση των επιλογών του επιπέδου δικτύου**. Το πρωτόκολλο αυτό είναι διαφορετικό για κάθε πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου που υποστηρίζεται (Network Control Protocol – NCP)

Τι δεν κάνει το PPP;

Διόρθωση λαθών, ανάνηψη από λάθη

Έλεγχο ροής

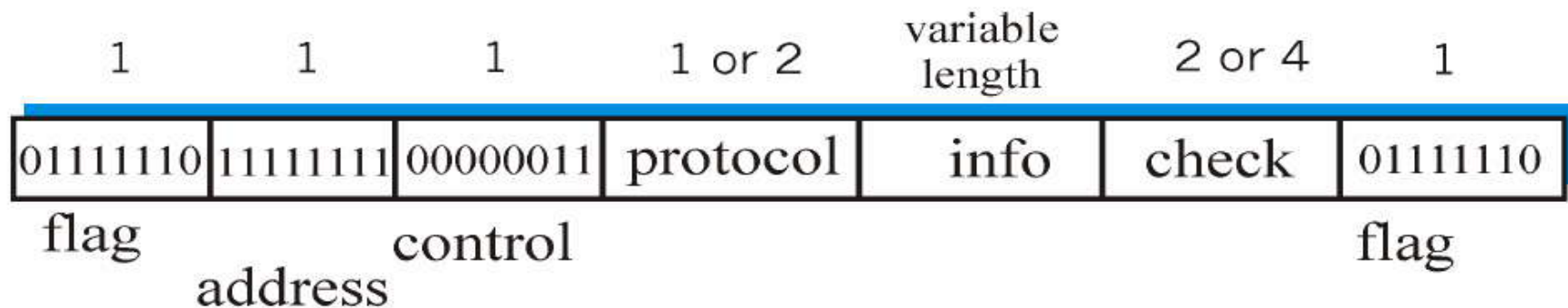
Τοποθέτηση πλαισίων στη σειρά που στάλθηκαν

Υποστήριξη συνδέσμων με πολλούς κόμβους

**Ανάνηψη από λάθη, έλεγχος ροής,
τοποθέτηση δεδομένων σε σωστή σειρά,
παραπέμπονται σε υψηλότερα επίπεδα!**

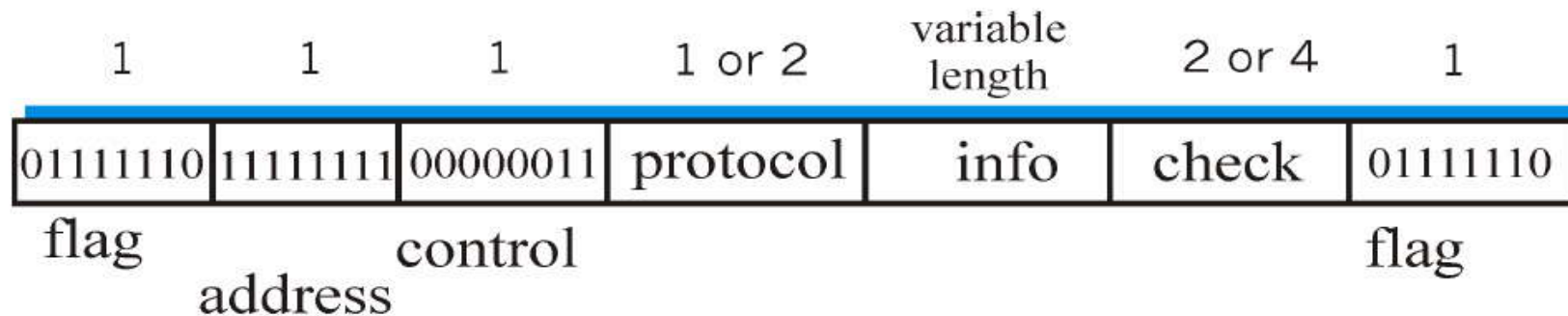
Πλαίσιο Δεδομένων του PPP – I

- **Flag:** οριοθέτηση (framing)
- **Address:** δε χρειάζεται (μόνο μια επιλογή)
- **Control:** προς το παρόν δεν κάνει κάτι (αξιοποίηση στο μέλλον)
- **Protocol:** πρωτόκολλο ανώτερου επιπέδου στο οποίο θα παραδοθεί το πλαίσιο (π.χ., PPP-LCP, IP, IPCP, etc)



Πλαίσιο Δεδομένων του PPP – II

- **info**: τα δεδομένα ανώτερου επιπέδου που μεταφέρονται
- **check**: CRC για ανίχνευση λαθών



Παραγέμισμα Byte – I

Η απαίτηση για “data transparency”: το πεδίο των δεδομένων πρέπει να επιτρέπεται να περιλαμβάνει την πληροφορία οριοθέτησης <01111110>

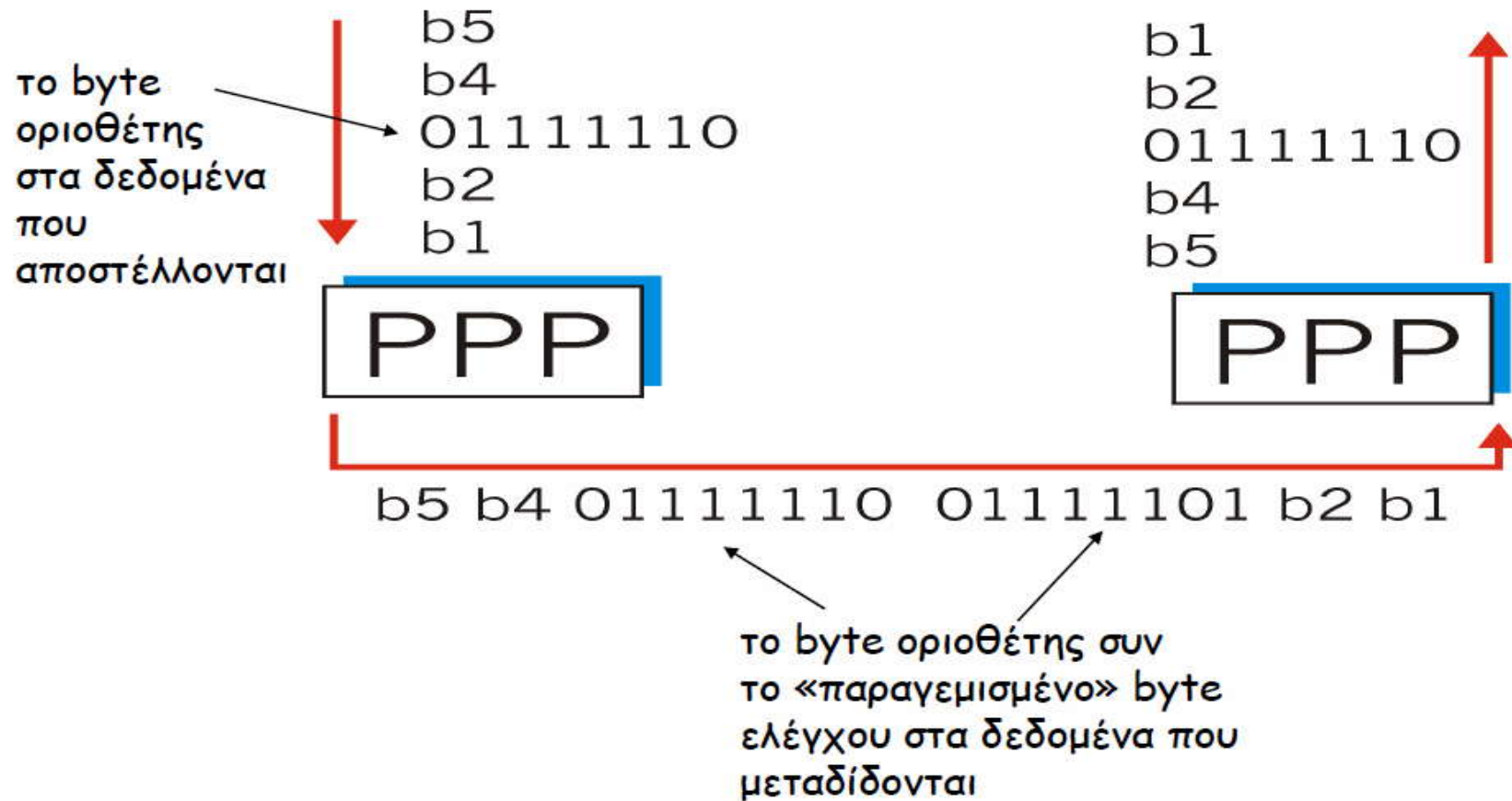
- Ερ: είναι το <01111110> που λαμβάνεται δεδομένα ή πληροφορία οριοθέτησης;

Sender: αποστέλλει (“stuffs”) ένα επιπλέον <011111101> byte πριν από κάθε <01111110> byte των δεδομένων

Receiver:

- ακολουθία bytes 011111101 011111110: απόρριψη πρώτου byte, συνέχιση λήψης δεδομένων
- ένα 01111110: οριοθέτης

Παραγέμισμα Byte – II



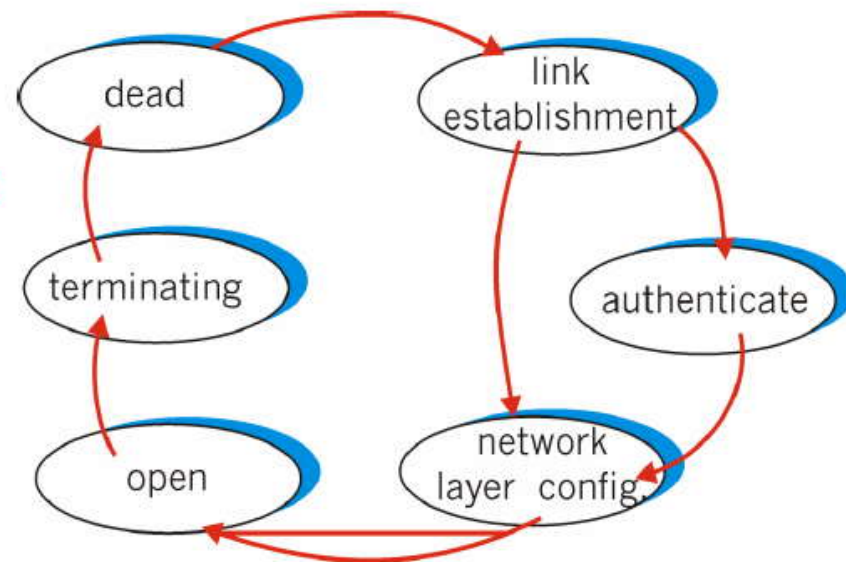
PPP – III

Πριν την ανταλλαγή δεδομένων επιπέδου δικτύου, οι ομότιμοι του ζεύξης δεδομένων πρέπει

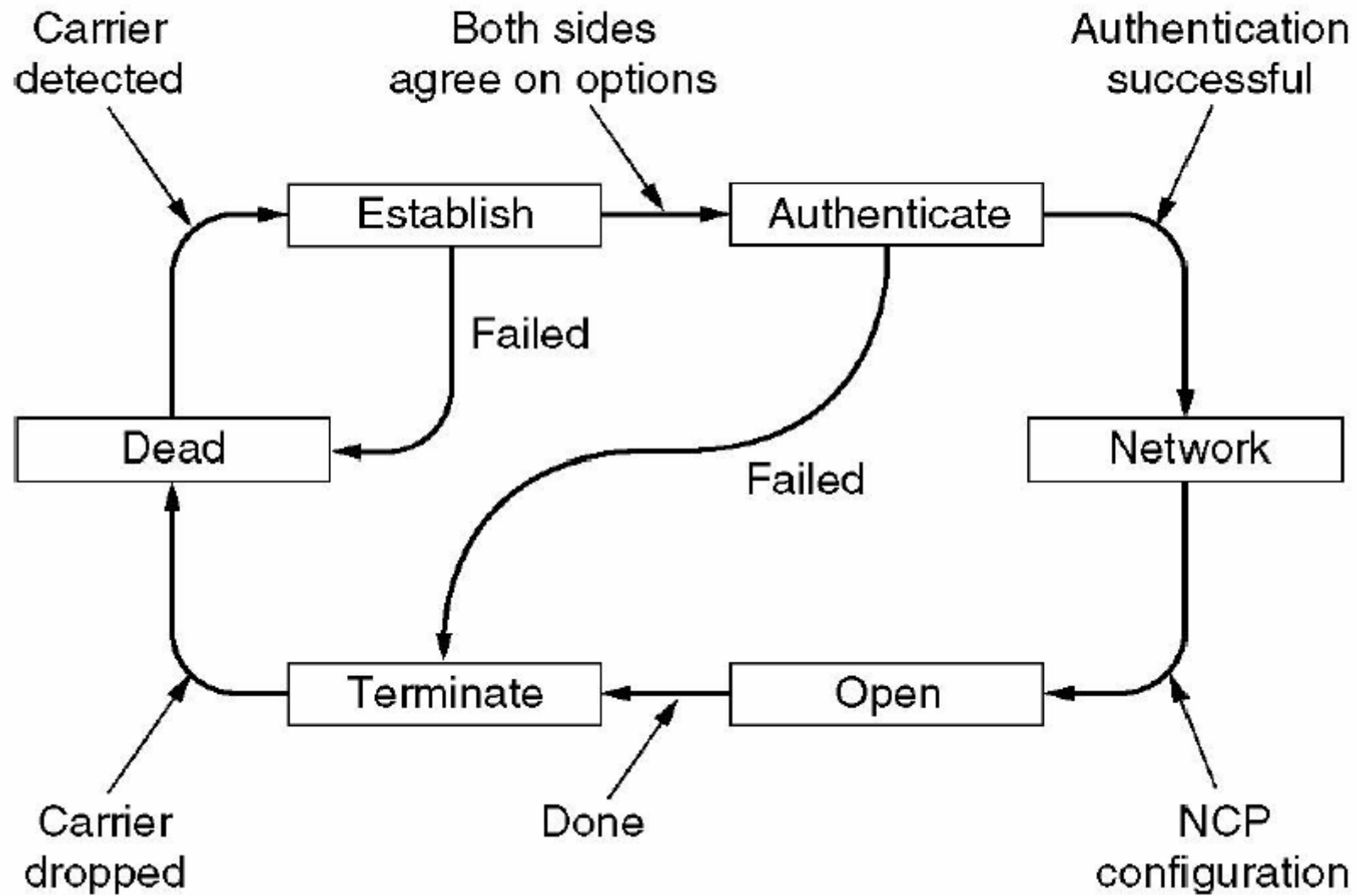
Να διαμορφώσουν το σύνδεσμο PPP (μέγιστο μέγεθος πλαισίου, αυθεντικότητα)

Μάθηση/ρύθμιση πληροφορίας επιπέδου δικτύου

- για το IP: μεταφορά μηνυμάτων IPCP (protocol field: 8021) για ρύθμιση/μάθηση διεύθυνσης IP



PPP – IV



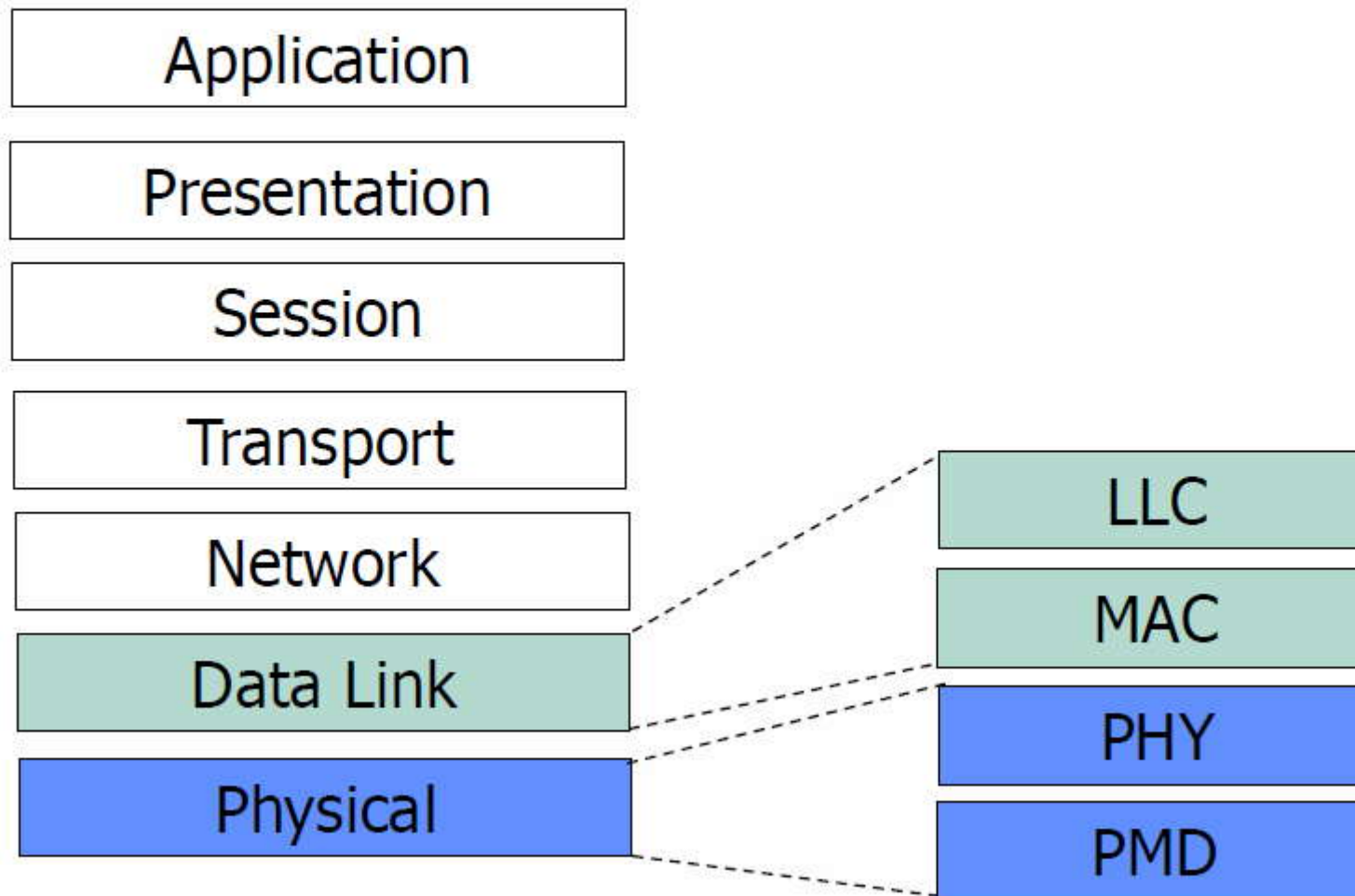
Δίκτυα Εκπομπής (Broadcast)

Δίκτυα Εκπομπής (σε αντίθεση με τα δίκτυα σημείου-προς-σημείο) είναι αυτά που αποτελούνται από ένα μέσο μετάδοσης στο οποίο συνδέονται όλοι οι σταθμοί

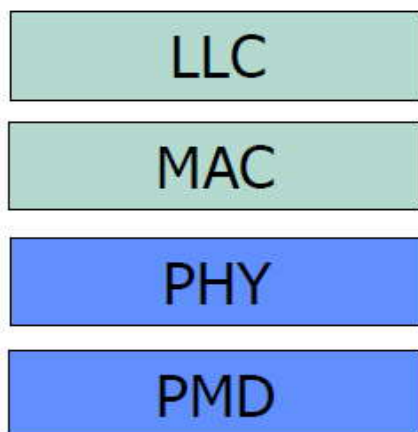
Οι δίαυλοι εκπομπής αναφέρονται και ως **δίαυλοι πολλαπλής πρόσβασης (multiaccess channels)** ή δίαυλοι **τυχαίας πρόσβασης**

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν τη σειρά μετάδοσης σε ένα τέτοιο μέσο, ανήκουν σε ένα υποεπίπεδο του Επιπέδου Ζεύξης Δεδομένων, το **υποεπίπεδο Πρόσβασης στο Μέσο Μετάδοσης**

Μοντέλο Αναφοράς OSI και Τοπικά Δίκτυα

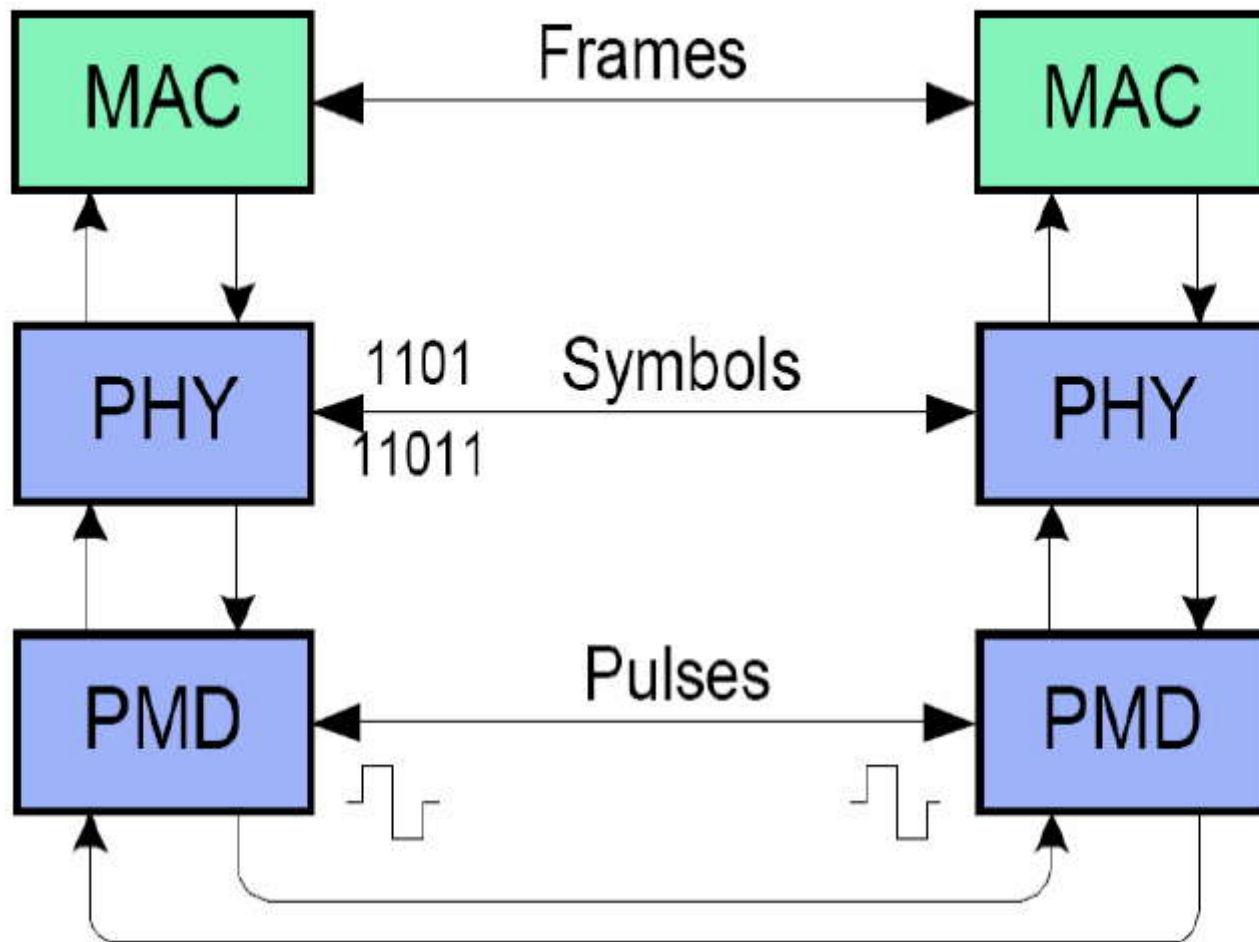


Λειτουργίες Υποεπιπέδων

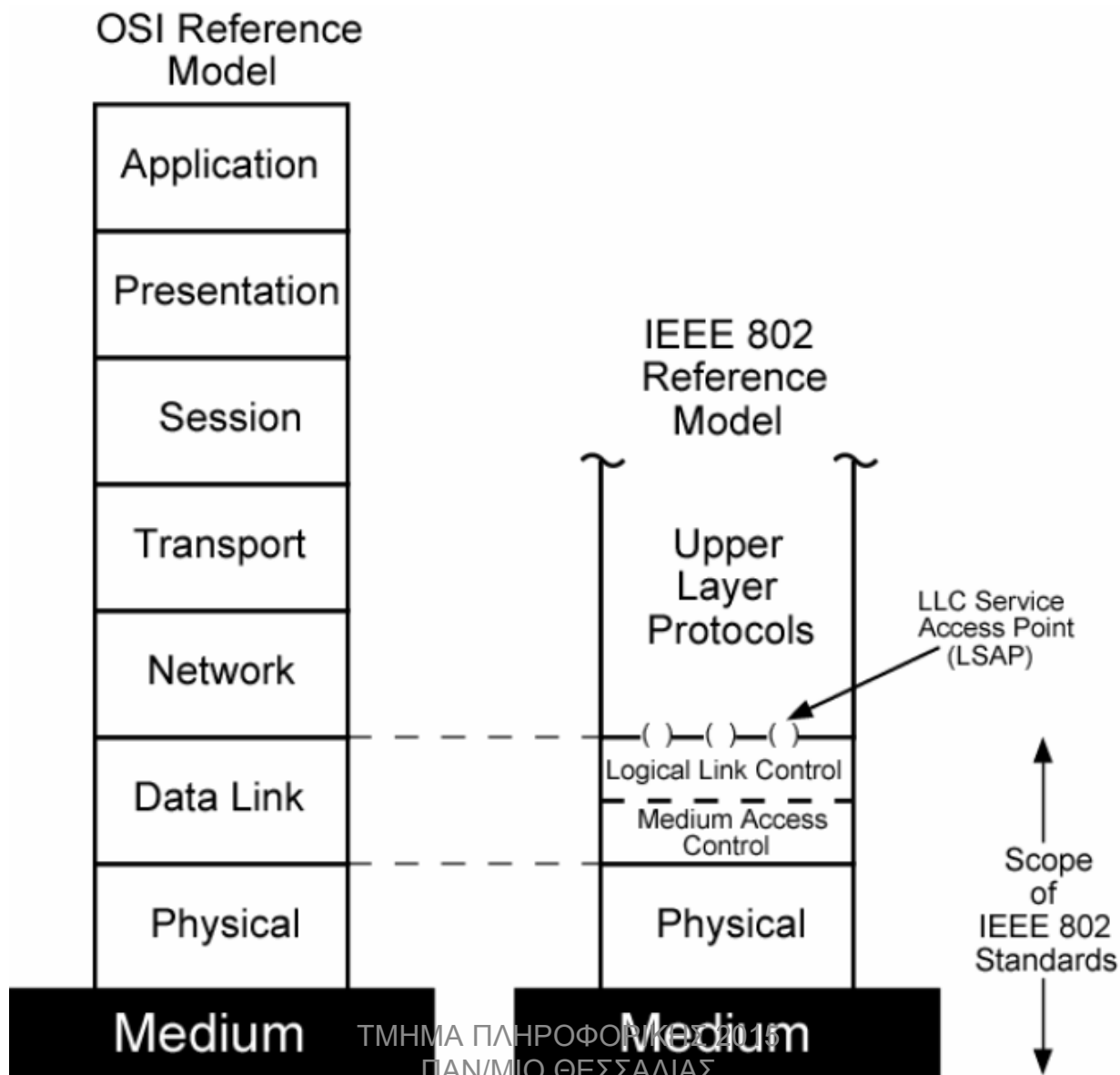


- LLC – Logical Link Control:
(απο)πολυπλέκει πακέτα από τα επίπεδα δικτύου
- MAC – Media Access Control:
μορφές πλαισίων, διευθυνσιοδότηση, διαμοιρασμός του μέσου
- PHY – Physical Medium Independent:
κωδικοποίηση/αποκωδικοποίηση bits σε παλμούς, συγχρονισμός ρολογιών των σταθμών
- PMD – Physical Medium Dependent:
χειρισμός υλικού και σύνδεσης στο φυσικό μέσο

Διασυνδέσεις μεταξύ επιπέδων



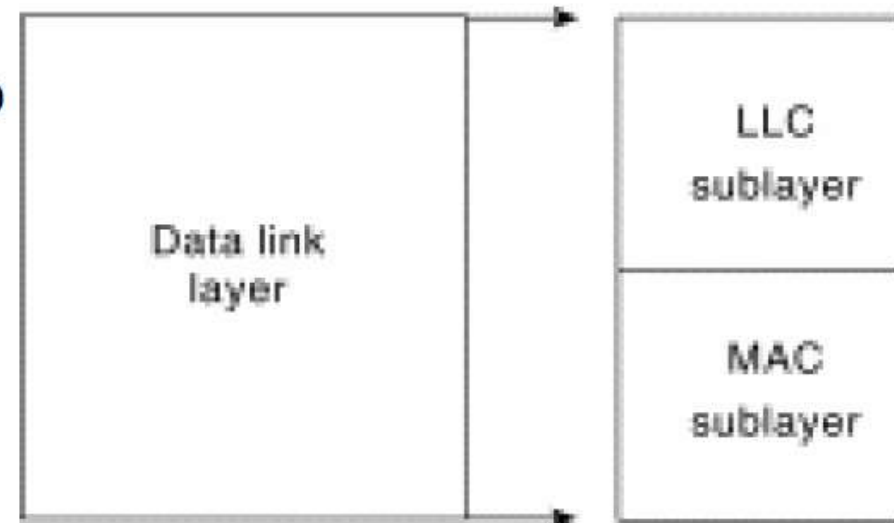
IEEE 802 και OSI



Λειτουργίες των Υποεπιπέδων

Σε όλα τα πρωτόκολλα IEEE 802, το επίπεδο ζεύξης δεδομένων διαιρείται σε δύο υποεπίπεδα:

- το υποεπίπεδο **ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης** (Media Access Control, MAC), και
- το υποεπίπεδο πελατών MAC ή αλλιώς και **υποεπίπεδο LLC** (Logical Link Control)



Υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικού Συνδέσμου (Logical Link Control – LLC)

Καλύπτεται σε μια ξεχωριστή τυποποίηση **IEEE 802.2** που είναι γενική για τα **τοπικά δίκτυα**

Σκοπός:

- Διεπαφή με τα υψηλότερα επίπεδα
- Διόρθωση λαθών
- Έλεγχος ροής

Υπάρχουν 3 είδη:

- **Type 1:** μη-αξιόπιστη μετάδοση πακέτων (το χρησιμοποιεί το IP)
- **Type 2:** αξιόπιστη υπηρεσία με σύνδεση
- **Type 3:** πακέτα δεδομένων με επαλήθευση

ΥποΕπίπεδο Πρόσβασης στο Μέσο Μετάδοσης (MAC)

Το υποεπίπεδο MAC ελέγχει την πρόσβαση του κόμβου στο μέσο μετάδοσης

Το υποεπίπεδο MAC είναι πολύ σημαντικό στα Τοπικά Δίκτυα, διότι συχνά χρησιμοποιείται δίαυλος πολλαπλής πρόσβασης (σε αντίθεση με τα WAN που χρησιμοποιούν συνδέσεις σημείου-προς-σημείο)

Το βασικό ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι ο τρόπος διαμοιρασμού του δικαιώματος χρήσης ενός διαύλου εκπομπής μεταξύ ανταγωνιζομένων χρηστών

Υπάρχουν στατικά και δυναμικά σχήματα ανάθεσης ενός διαύλου

Έλεγχος Πρόσβασης στο Μέσο Μετάδοσης (Media Access Control)

Τρεις τύποι ελέγχου πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης:

- Τμηματοποίηση καναλιού (Channel Partitioning)
 - TDMA, FDMA, CDMA
- Τυχαία πρόσβαση (Random Access)
 - Ανταγωνισμός για κάθε πακέτο
 - Aloha, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA
- Πρόσβαση «Με τη σειρά» (“Taking-turns”)

Δυναμική Εκχώρηση Διαύλου – Υποθέσεις Εργασίας

Μοντέλο Σταθμού: Αποτελείται από N ανεξάρτητους σταθμούς που παράγουν πλαίσια προς μετάδοση

Μοντέλο Διαύλου: Χρησιμοποιείται ένας δίαυλος και όλοι οι σταθμοί μπορούν να εκπέμπουν και να λάβουν. Όσον αφορά στο υλικό όλοι οι σταθμοί είναι ισοδύναμοι

Συγκρούσεις (Collisions): Εάν δύο πλαίσια μεταδοθούν ταυτόχρονα επικαλύπτονται χρονικά και το σήμα που προκύπτει είναι ακατανόητο = **σύγκρουση**

- Όλοι οι σταθμοί μπορούν να **ανιχνεύουν συγκρούσεις**
- Τα πλαίσια που συγκρούονται πρέπει να **μεταδίδονται αργότερα**

Δυναμική Εκχώρηση Διαύλου – Υποθέσεις Εργασίας (συνέχεια)

Συνεχής Χρόνος: Η μετάδοση του πλαισίου μπορεί να αρχίσει οποιαδήποτε στιγμή

Διακριτός Χρόνος: Ο χρόνος διαιρείται σε **χρονικά διαστήματα (σχισμές – slots)**. Κάθε σχισμή μπορεί να είναι άδεια, να περιέχει μια επιτυχή μετάδοση ή μια σύγκρουση

Ανίχνευση Φορέα (Carrier Sense): Οι σταθμοί μπορούν (ή όχι) να διακρίνουν αν ο δίαυλος είναι κατειλημμένος πριν δοκιμάσουν να τον χρησιμοποιήσουν. Αν είναι κατειλημμένος, κανένας σταθμός δεν δοκιμάζει να τον χρησιμοποιήσει αν δεν ελευθερωθεί

Παράδειγμα Λογικού Διαύλου: Δίκτυο Ethernet

Πρόκειται για μια ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία δικτύων, που χρησιμοποιεί **τοπολογία λογικού διαύλου**

Ανακαλύφθηκε στο Κέντρο Ερευνών της Xerox στο Palo Alto, στις αρχές της δεκαετίας του 1970

Αργότερα η DEC, η Intel και η Xerox συνεργάστηκαν για να σχεδιάσουν μια τυποποίηση που θα χρησιμοποιείτο στην παραγωγή: ονομάστηκε **DIX Ethernet**

Στην αρχική του εκδοχή το **Ethernet** αποτελείτο από ένα μοναδικό ομοαξονικό καλώδιο (**ether**) στο οποίο συνδέονται πολλοί υπολογιστές

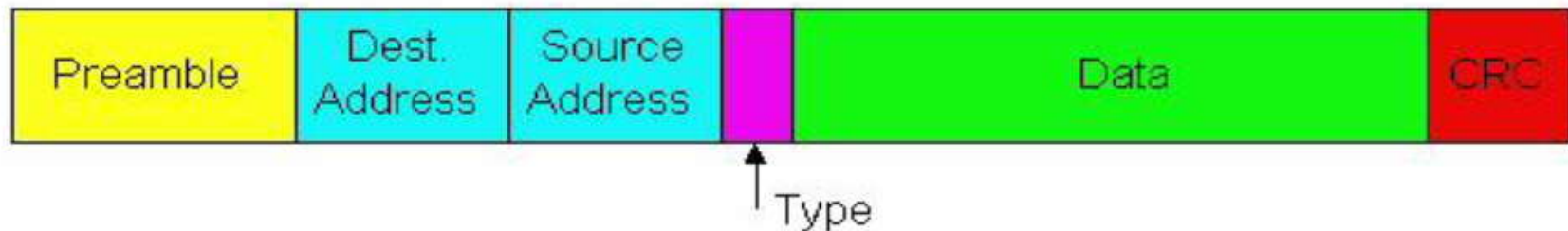
Παράδειγμα Λογικού Διαύλου: Δίκτυο Ethernet (συνέχεια)

Το αρχικό τμήμα δικτύου Ethernet (Ethernet segment) προέβλεπε μήκος 500μ, ενώ το πρότυπο απαιτούσε κατ' ελάχιστον απόσταση 3μ μεταξύ κάθε ζευγαριού συνδέσεων

Το αρχικό υλικό του Ethernet λειτουργούσε στα 10Mbps (Megabit per second). Μια επόμενη έκδοση, γνωστή και ως **Fast Ethernet**, λειτουργεί στα 100Mbps, ενώ οι πιο πρόσφατες εκδόσεις είναι η **Gigabit Ethernet** (λειτουργεί στα 1000Mbps ή **1Gbps**) και η 10 Gigabit Ethernet

Δομή Πλαισίου του Ethernet

- Ο αποστολέας ενσωματώνει το IP datagram (ή άλλο πακέτο πρωτοκόλλου επιπέδου δικτύου) σε ένα **πλαίσιο Ethernet (Ethernet frame)**

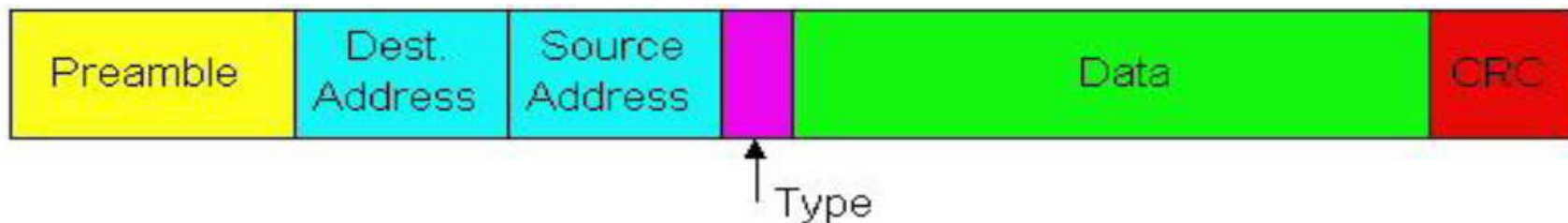


Preamble:

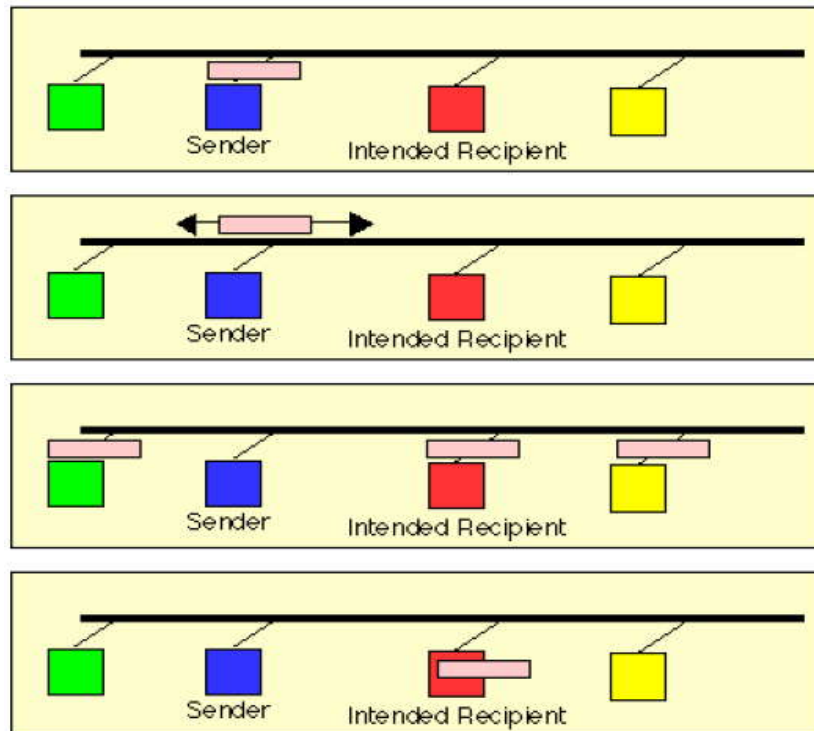
- 7 bytes με τιμή 10101010 ακολουθούνται από ένα byte με τιμή 10101011
- Χρησιμοποιείται για το **συγχρονισμό των ρυθμών των ρολογιών** του αποστολέα και του παραλήπτη

Δομή Πλαισίου του Ethernet

- **Διευθύνσεις:** 6 bytes
 - αν η κάρτα δικτύου λάβει πλαίσιο που έχει την ίδια με αυτή διεύθυνση προορισμού, ή με τη διεύθυνση εκπομπής (π.χ. πακέτο ARP), περνάει τα δεδομένα του πλαισίου στο επίπεδο δικτύου
 - αν η διεύθυνση είναι διαφορετική η κάρτα δικτύου αγνοεί το πλαίσιο
- **Τύπος (Type):** υποδεικνύει το πρωτόκολλο υψηλότερου επιπέδου, κυρίως IP, υποστηρίζονται και άλλα όπως Novell IPX και AppleTalk
- **CRC:** ελέγχεται στον παραλήπτη, αν ανιχνευτεί σφάλμα, το πλαίσιο απορρίπτεται



Λειτουργία Διευθύνσεων



— Το καλώδιο διαδίδει το σήμα και προς τις δύο κατευθύνσεις

— Το πλαίσιο αντιγράφεται μόνο από αυτούς για τους οποίους προορίζεται (**κόκκινος κόμβος**)

— Αντιστάσεις τερματισμού στις άκρες του καλωδίου απορροφούν την ενέργεια του πλαισίου, αποτρέποντας την **ανάκλαση** του σήματος πίσω στο καλώδιο

Μη-αξιόπιστη υπηρεσία χωρίς σύνδεση

Χωρίς σύνδεση: Δεν υπάρχει «χειραψία» (handshaking) μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη

Μη-αξιόπιστη: ο παραλήπτης δεν στέλνει acks ή nacks στον αποστολέα, απλά απορρίπτει τα εσφαλμένα πλαίσια

- Η ροή των τμημάτων δεδομένων (datagrams) που περνιέται στο επίπεδο δικτύου μπορεί να έχει κενά
- Τα κενά θα «γεμίσουν» αν η εφαρμογή χρησιμοποιεί **διόρθωση λαθών στο επίπεδο μεταφοράς** (δηλ. TCP)
- Αλλιώς η εφαρμογή θα «δει» τα κενά

Το Ethernet χρησιμοποιεί CSMA/CD

Χωρίς σχισμές

Ο προσαρμογέας δε μεταδίδει αν ακούσει ότι κάποιος άλλος μεταδίδει, άρα **αίσθηση φορέα (carrier sense)**

- Η μετάδοση διακόπτεται όταν αυτός που μεταδίδει ακούσει ότι κάποιος άλλος μεταδίδει, δηλαδή, **ανίχνευση σύγκρουσης (collision detection)**
- Πριν επιχειρηθεί επαναμετάδοση, ο προσαρμογέας περιμένει τυχαίο χρονικό διάστημα, άρα, **τυχαία πρόσβαση**

Διαμοιρασμός στο Ethernet

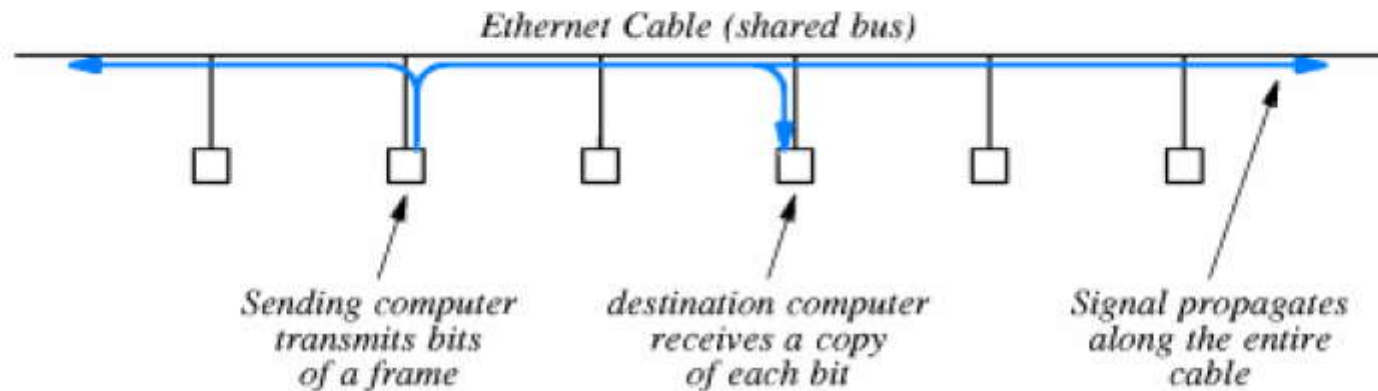


Figure 8.7 Conceptual flow of bits across an Ethernet. While transmitting a frame, a computer has exclusive use of the cable.

Το Ethernet ορίστηκε ως **δίκτυο διαύλου** στο οποίο πολλοί υπολογιστές **μοιράζονται ένα μοναδικό μέσο μετάδοσης**. Όταν ένας σταθμός μεταδίδει ένα πλαίσιο, οι υπόλοιποι πρέπει να περιμένουν

Ο αλγόριθμος CSMA/CD του Ethernet

1. Ο προσαρμογέας παίρνει το αυτόνομο πακέτο επιπέδου δικτύου και δημιουργεί πλαίσιο
2. Αν ανιχνεύσει το κανάλι **ανενεργό, μεταδίδει** το πλαίσιο. Αλλιώς, περιμένει έως ότου σταματήσει η μετάδοση και τότε μεταδίδει
3. Αν μεταδοθεί όλο το πλαίσιο χωρίς να ανιχνευθεί άλλη **ταυτόχρονη μετάδοση**, τότε το πλαίσιο μεταδόθηκε επιτυχώς!
4. Αν ακούσει άλλη μετάδοση όσο αυτός μεταδίδει, διακόπτει και **στέλνει σήμα σύγκρουσης (jam signal)**
5. Μετά τη διακοπή, ο προσαρμογέας εισέρχεται σε **εκθετική υποχώρηση (exponential backoff)**: μετά την m -οστή σύγκρουση, διαλέγει ένα K τυχαία από $\{0, 1, 2, \dots, 2^m - 1\}$. Στη συνέχεια περιμένει **$K * 512$ χρόνους bit** και επιστρέφει στο βήμα 2

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα και CSMA/CA

Οι ασύρματες τεχνολογίες LAN χρησιμοποιούν **παραλλαγή του CSMA/CD**

Οι παλιότερες συσκευές χρησιμοποιούσαν συχνότητες στα 900MHz που επέτρεπαν αποστολή δεδομένων στα 2Mbps

Η τυποποίηση **802.11** της IEEE ορίζει ασύρματα δίκτυα που λειτουργούν σε $\geq 11\text{Mbps}$ χρησιμοποιώντας συχνότητα στο εύρος των **2,4GHz**

Μια τυποποίηση γνωστή και ως **Bluetooth** ορίζει ένα ασύρματο δίκτυο σχεδιασμένο για μικρές αποστάσεις

Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα και CSMA/CA (συνέχεια)

Αντί για μετάδοση σημάτων σε καλώδιο, το υλικό των ασύρματων δικτύων χρησιμοποιεί κεραιές για τη **μετάδοση σημάτων RF**

Όλοι οι σταθμοί είναι συντονισμένοι στην ίδια συχνότητα, πράγμα που σημαίνει ότι τα ασύρματα LANs χρησιμοποιούν **διαμοιρασμό** του φυσικού μέσου

Υπάρχει μια βασική διαφορά από το μηχανισμό ελέγχου της πρόσβασης που χρησιμοποιούν τα ενσύρματα δίκτυα: ορισμένες ασύρματες μονάδες είναι πιθανό να μη λάβουν το μήνυμα λόγω **απόστασης ή εμποδίων**

Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο ΙΕΕΕ 802.11 (συνέχεια)

802.11b

- Λειτουργεί στο φάσμα 2.4-5 GHz
- Έως 11 Mbps
- Στο φυσικό επίπεδο direct sequence spread spectrum (DSSS)
 - Όλοι οι κόμβοι χρησιμοποιούν τον ίδιο κωδικό
- Χρησιμοποιείται ευρέως, με χρήση σταθμών βάσης

— 802.11a

- Εύρος 5-6 GHz range
- Έως 54 Mbps

— 802.11g

- Εύρος 2.4-5 GHz
- Έως 54 Mbps

— Όλα χρησιμοποιούν CSMA/CA για πολλαπλή πρόσβαση

— Όλα έχουν εκδόσεις δικτύων με σταθμό βάσης και ad-hoc

Προσέγγιση σταθμού βάσης

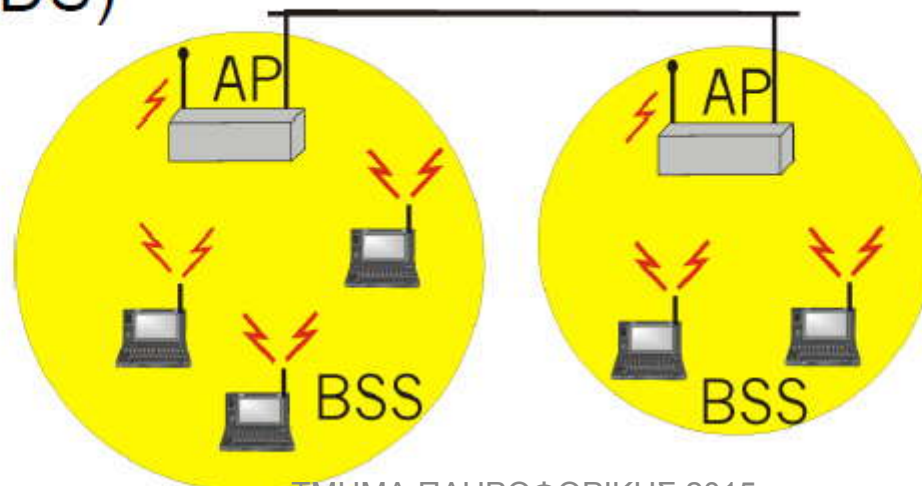
Οι ασύρματοι κόμβοι επικοινωνούν με ένα σταθμό βάσης:

- Σταθμός βάσης = access point (AP)

Το **Basic Service Set (BSS)** περιέχει:

- Ασύρματους κόμβους
- access point (AP): σταθμό βάσης

Τα BSSs συνδυάζονται για να δημιουργήσουν σύστημα διανομής (DS)



Προσέγγιση Δικτύου Ad Hoc

Χωρίς AP (π.χ., σταθμό βάση)

Οι ασύρματοι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους

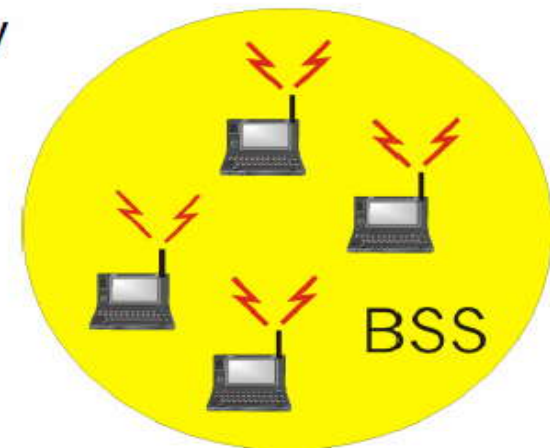
- μεταφορά πακέτου από τον ασύρματο κόμβο A στο B μπορεί να απαιτεί **δρομολόγηση μέσω των ασύρματων κόμβων X,Y,Z**

Εφαρμογές:

- συνάντηση φορητών σε χώρο συνεδριάσεων
- διασύνδεση προσωπικών συσκευών
- πεδίο μάχης ☹ (battlefield)

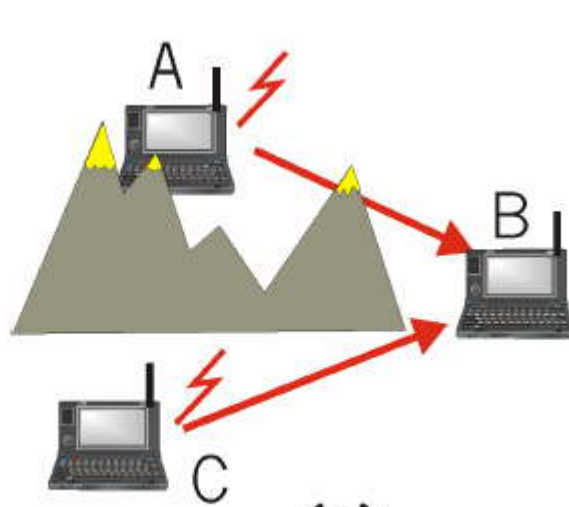
IETF MANET

(Mobile Ad hoc Networks) working group

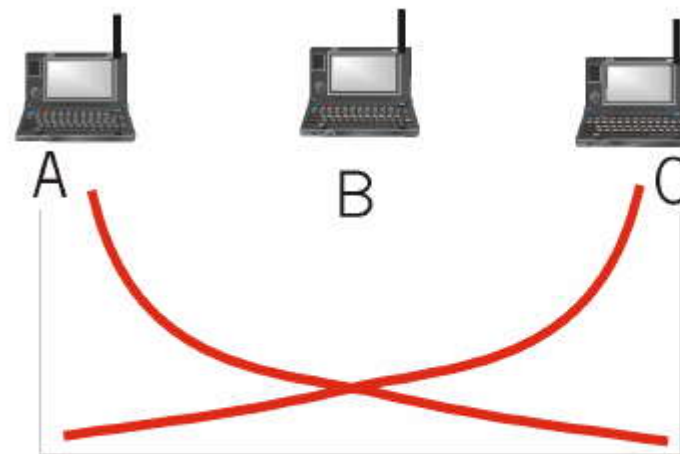


IEEE 802.11: Πολλαπλή Πρόσβαση

- Σύγκρουση αν 2 ή περισσότεροι κόμβοι μεταδώσουν ταυτόχρονα
- Το CSMA έχει νόημα:
 - Πάρε όλο το εύρος ζώνης αν είσαι ο μοναδικός που μεταδίδεις
 - Δεν πρέπει να προκαλέσεις σύγκρουση αν ακούσεις άλλη μετάδοση
- Η ανίχνευση σύγκρουσης δεν δουλεύει: **πρόβλημα κρυμμένου σταθμού (hidden terminal problem)**



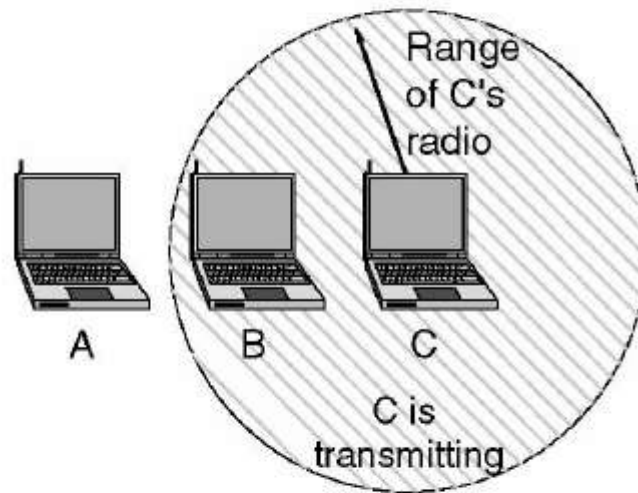
(a)



(b)

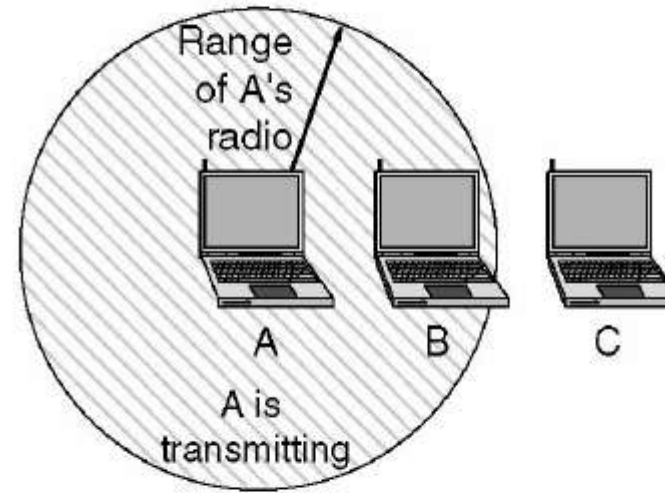
Το πρωτόκολλο υπο-επιπέδου MAC στο 802.11

A wants to send to B
but cannot hear that
B is busy



(a)

B wants to send to C
but mistakenly thinks
the transmission will fail



(b)

(α) Το πρόβλημα του **κρυμμένου σταθμού**

(β) Το πρόβλημα του **«εκτεθειμένου» σταθμού**

Το πρωτόκολλο MAC του ΙΕΕΕ 802.11: CSMA/CA

802.11 CSMA: αποστολέας

- Αν το κανάλι ακούγεται ανενεργό για **DIFS** sec

τότε μετάδωσε όλο το πλαίσιο (χωρίς ανίχνευση σύγκρουσης)

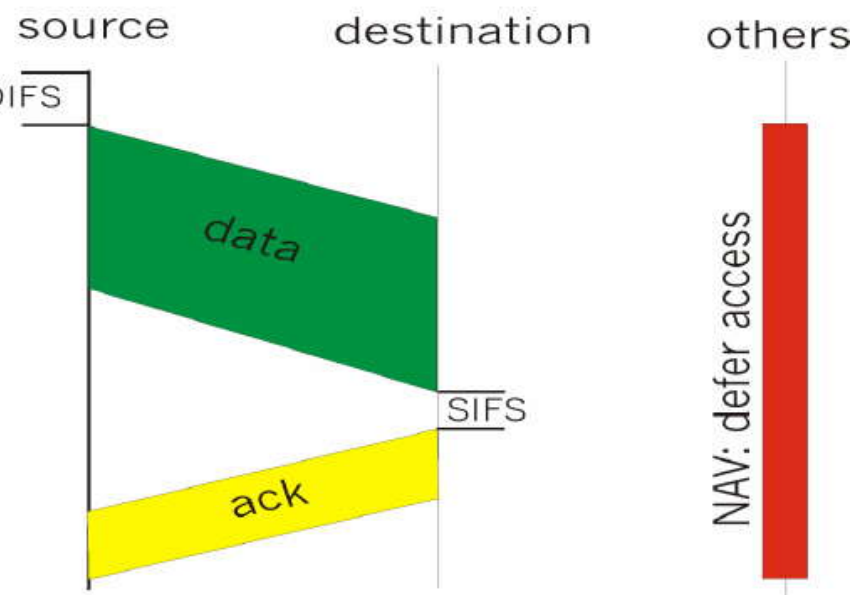
- Αν το κανάλι είναι κατειλημμένο τότε δυαδική υποχώρηση

802.11 CSMA: παραλήπτης

- if παραλήφθηκε OK

απάντησε ACK μετά από **SIFS**

(το ACK χρειάζεται λόγω του προβλήματος του κρυμμένου σταθμού)



Μηχανισμοί Αποφυγής Σύγκρουσης

Πρόβλημα:

- Δύο κόμβοι, κρυμμένοι ο ένας από τον άλλο, μεταδίδουν ολόκληρα πλαίσια στο σταθμό βάση
- Χαμένο εύρος ζώνης για μεγάλο χρονικό διάστημα!

Λύση:

- Μικρά πακέτα **κράτησης**
- Οι κόμβοι ανιχνεύουν το διάστημα κράτησης με το εσωτερικό "network allocation vector" (NAV)

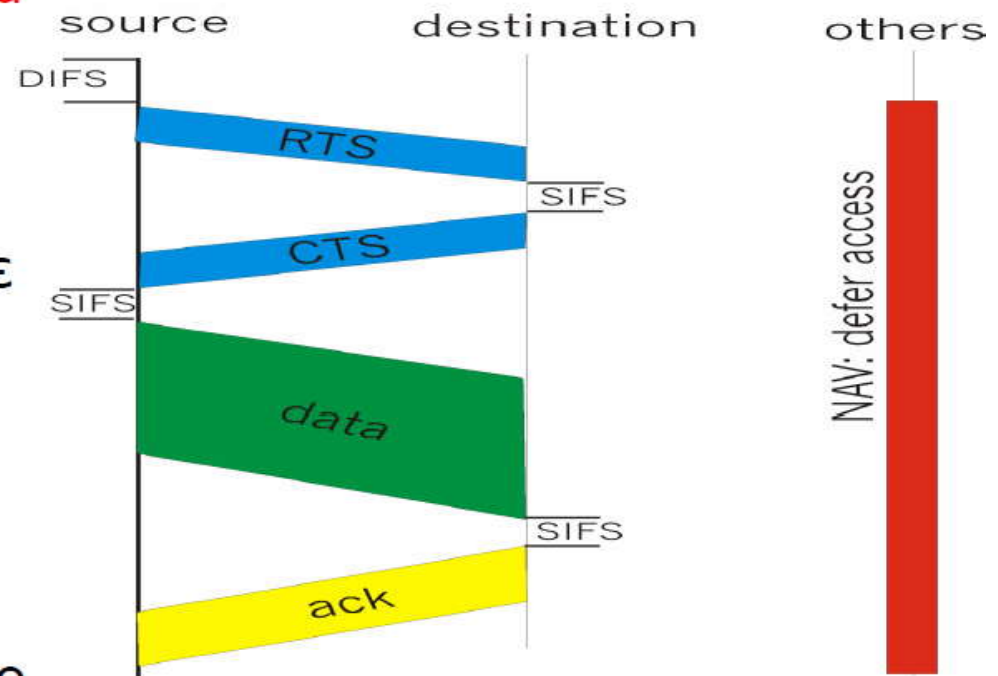
Αποφυγή σύγκρουσης: ανταλλαγή RTS-CTS

Ο αποστολέας μεταδίδει **μικρά πακέτα RTS** (request to send): δείχνει τη διάρκεια μετάδοσης

Ο παραλήπτης αποκρίνεται με **μικρά πακέτα CTS** (clear to send)

- ενημέρωση (πιθανώς κρυμμένων) κόμβων

Οι κρυμμένοι κόμβοι δεν θα μεταδώσουν για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα: NAV



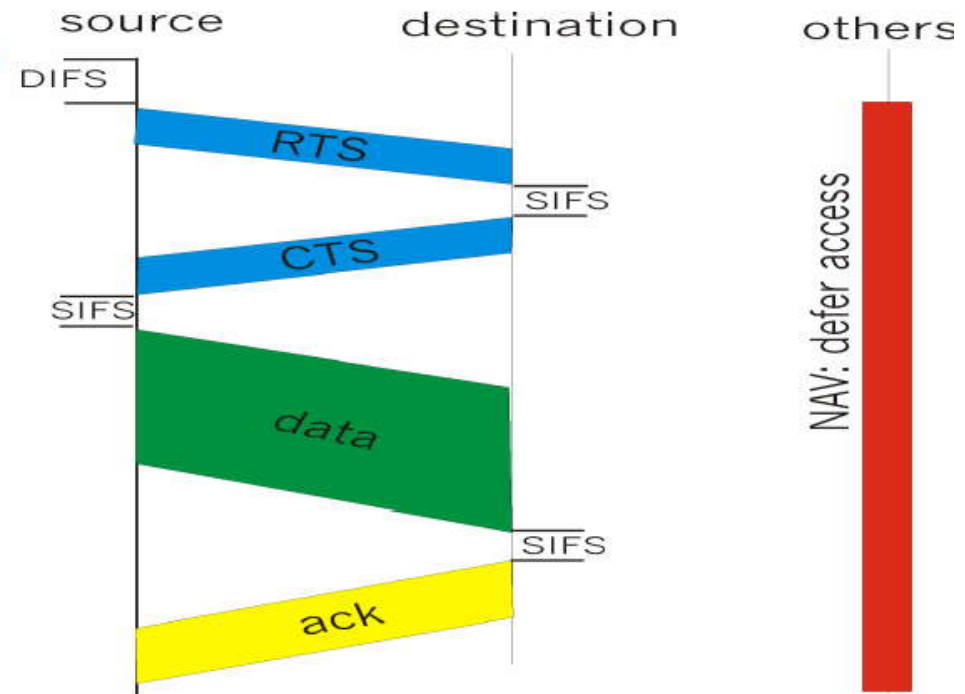
Αποφυγή σύγκρουσης: ανταλλαγή RTS-CTS

Μικρά RTS και CTS:

- οι συγκρούσεις λιγότερο πιθανές και με μικρότερη διάρκεια
- το τελικό αποτέλεσμα παρόμοιο με την **ανίχνευση σύγκρουσης**

Το IEEE 802.11 επιτρέπει:

- CSMA
- CSMA/CA: κρατήσεις
- περιοδικές ερωτήσεις (polling) από το AP



Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα και CSMA/CA (σύνοψη)

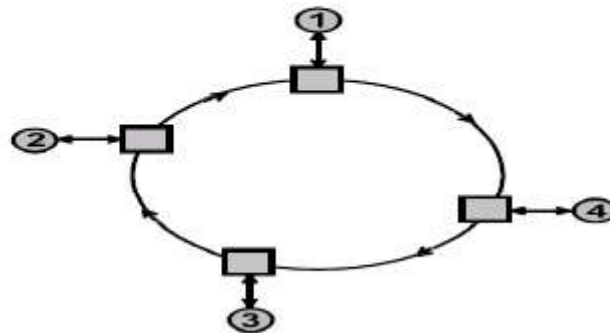
Μπορεί να υπάρξουν **συγκρούσεις** που να μη γίνουν αντιληπτές ή να προκληθούν συγκρούσεις επειδή δεν ακούγεται η μετάδοση από όλους

Για το λόγο αυτό τα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούν μια τροποποίηση του CSMA/CD που ονομάζεται **CSMA/CA** (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)

Σύμφωνα με αυτή, περιμένουμε απάντηση σε ένα πακέτο ελέγχου από το σταθμό προς τον οποίο προορίζεται η μετάδοση. Αυτό σημαίνει ότι όσοι λαμβάνουν μήνυμα από τον παραλήπτη θα σταματήσουν και θα περιμένουν. Μόλις ο αποστολέας λάβει την απάντηση μεταδίδει

Δακτύλιοι με Σκυτάλη (Token Ring)

- ❑ Τα πακέτα κυκλοφορούν **μέσα** στον δακτύλιο προς την **ίδια** κατεύθυνση
- ❑ Ένας κόμβος **μεταδίδει** και οι **μονάδες** διεπαφής των άλλων κόμβων **αναμεταδίδουν** τα εισερχόμενα **δεδομένα**.
- ❑ Ένας κόμβος **μπορεί να μεταδώσει** όταν έχει **μια «αδρανή σκυτάλη» (idle token)**
- ❑ Αν ένας κόμβος έχει την αδρανή σκυτάλη, τότε :
ή δίνει την αδρανή σκυτάλη στον **επόμενο κόμβο**
ή **μετατρέπει** την αδρανή σκυτάλη σε «**απασχολημένη σκυτάλη**» (**busy token**) και **ακολουθως μεταδίδει δεδομένα**



Δίαυλος με Σκυτάλη (Token Bus)

- Ένας διάυλος με σκυτάλη είναι παρόμοιος με έναν δακτύλιο με σκυτάλη (**token ring**)
- Στο **token ring**, όταν ένας κόμβος σταματήσει την εκπομπή, στέλνει μια αδρανή σκυτάλη (**idle token**) στον επόμενο κόμβο
- Στο **token bus**, ο επόμενος κόμβος ορίζεται αυθαίρετα. Επομένως πρέπει η σκυτάλη να περιέχει μια διεύθυνση. Έτσι, κερδίζουμε σε ευελιξία εις βάρος της απόδοσης.
- Θέματα:
 - α) Η απόδοση είναι χαμηλότερη από ότι στο **token ring** εξαιτίας της μεγαλύτερης καθυστέρησης μετάδοσης και της μεγαλύτερης καθυστέρησης διάδοσης
 - β) Χρειαζόμαστε ένα πρωτόκολλο ώστε να μπαίνουν και να βγαίνουν οι κόμβοι από το δίκτυο
- **Standard: IEEE 802.4 Token bus, coaxial cable, 10Mbps,** χρησιμοποιείται σπάνια πλέον



ρόλος του STP

Το πρωτόκολλο επικαλύπτοντος δέντρου (Spanning Tree Protocol STP) χρησιμοποιείται για να λύσει τα προβλήματα κυκλοφορίας βρόχου των πλαισίων με την τοποθέτηση των θυρών μεταγωγέα είτε σε κατάσταση προώθησης (forwarding) είτε σε κατάσταση αποκλεισμού (blocking) για τη διαμόρφωση ενός μόνο ενεργού μονοπατιού που ονομάζεται επικαλύπτον δέντρο (spanning tree).

Ο σκοπός του STP είναι να διατηρήσει μία loop-free τοπολογία του δικτύου, χωρίς βρόγχους σε δίκτυα με πολλαπλούς συνδέσμους μεταξύ μεταγωγέων.

Bridge Protocol Data Units

Οι Μονάδες Δεδομένων Πρωτοκόλλου Γέφυρας (BPDUs) είναι multicast πλαίσια και χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των γεφυρών STP.

Οι θύρες μεταγωγέα σε κατάσταση προώθησης μπορούν να λαμβάνουν και να διαβιβάζουν τα πλαίσια δεδομένων.

Οι θύρες μεταγωγέα σε κατάσταση αποκλεισμού δεν μπορούν να λαμβάνουν και να διαβιβάζουν τα πλαίσια (αλλά μπορεί να λαμβάνουν ακόμα BPDUs). Επίσης μπορούν να επεξεργάζονται και να προωθούν broadcast πλαίσια ευρείας εκπομπής

Bridge Protocol Data Units

Μια BPDU περιέχει τα ακόλουθα πεδία:

- *Το αναγνωριστικό γέφυρας (BID) της γέφυρας κορμού (Root) και της γέφυρας εκπομπής. Η BID είναι ένα πεδίο 8-byte που αποτελείται από την τιμή προτεραιότητας (0-65,535, 2 bytes) και τη MAC διεύθυνση γέφυρας (6 bytes). Η γέφυρα κορμού είναι η γέφυρα με το χαμηλότερο αναγνωριστικό γέφυρας.
- *Το κόστος για να φτάσει στη γέφυρα κορμού από αυτή τη γέφυρα (Κόστος διαδρομής κορμού- Root path cost)
- *Το αναγνωριστικό θύρας (port ID) της θύρας προέλευσης μεταγωγέα του πλαισίου BPDU.

STP διαδικασία σύγκλισης

- Εκλογή της γέφυρα κορμού. Υπάρχει μόνο μία γέφυρα κορμού ανά δίκτυο. Όλες οι θύρες γέφυρας κορμού τοποθετούνται σε κατάσταση προώθησης.
- Επιλογή της θύρας κορμού για όλες τις άλλες γέφυρες (non-root bridges). Η θύρα κορμού είναι η θύρα που βρίσκεται πιο κοντά στην γέφυρα κορμού, που σημαίνει ότι είναι η θύρα που λαμβάνει το χαμηλότερο κόστος BPDU από τη θύρα κορμού. Κάθε άλλη γέφυρα πρέπει να έχει μια θύρα κορμού.

Όλες οι θύρες κορμού τοποθετούνται σε κατάσταση προώθησης. Το ότι είναι η θύρα που βρίσκεται πιο κοντά στην γέφυρα κορμού δεν σημαίνει πάντα ότι είναι η κοντινότερη διαδρομή, αλλά ο πιο γρήγορος δρόμος για να φτάσει στην γέφυρα κορμού.

STP διαδικασία σύγκλισης

- Επιλέγει την καθορισμένη θύρα (designated) από την καθορισμένη γέφυρα για κάθε τμήμα LAN.

Η καθορισμένη γέφυρα είναι η γέφυρα με το χαμηλότερο κόστος για κάθε τμήμα που προωθεί τις χαμηλότερου κόστους BPDUs σε αυτό.

Αν το κόστος δύο θυρών είναι το ίδιο, η θύρα με το χαμηλότερο αναγνωριστικό γέφυρας BID θα επιλεγεί ως η καθορισμένη θύρα. Αν επίσης υπάρχει ισοπαλία τότε η θύρα με το χαμηλότερο αναγνωριστικό ID θα επιλεγεί ως η καθορισμένη θύρα. Όλες οι καθορισμένες θύρες τοποθετούνται σε κατάσταση προώθησης.

Όλα τα υπόλοιπες θύρες - οι μη-καθορισμένους θύρες, τοποθετούνται σε κατάσταση αποκλεισμού.

STP χρονοδιακόπτες

- Hello Time. Ο χρόνος αποστολής περιοδικών BPDUs από μια γέφυρα κορμού προς όλες τις άλλες. Το προεπιλεγμένο χρονικό διάστημα είναι 2 δευτερόλεπτα.
- MaxAge. Ο χρόνος που μια γέφυρα θα πρέπει να περιμένει πριν αλλάξει την τοπολογία STP από τη στιγμή που δεν έχει λάβει BPDUs από τη γέφυρα κορμού. Το προεπιλεγμένο χρονικό διάστημα είναι 20 δευτερόλεπτα.
- Εμπρόσθια Καθυστέρηση. Ο χρόνος που μια γέφυρα πρέπει να αφιερώσει για να ακούσει και να μάθει την καινούργια stp κατάσταση, όταν μια θύρα πρέπει να αλλάξει από κατάσταση αποκλεισμού σε κατάσταση προώθησης. Το προεπιλεγμένο χρονικό διάστημα της καθυστέρησης αυτής είναι 15 δευτερόλεπτα.

Ταχύ RSTP ρόλος

Το RSTP χρησιμοποιεί την ίδια διαδικασία όπως το STP ως προς την επιλογή της γέφυρα κορμού, θυρών κορμού, και καθορισμένης θύρας, καθώς και τους ίδιους κανόνες που εφαρμόζονται κατά τον προσδιορισμό των καταστάσεων αποκλεισμού και προώθησης των θυρών των μεταγωγέων. Το RSTP λειτουργεί μόνο σε μεταγωγείς που το υποστηρίζουν και είναι συμβατό επίσης και με τους μεταγωγείς που υποστηρίζουν το κλασσικό STP, στην περίπτωση αυτή όμως η γρήγορη ικανότητα σύγκλισης του RSTP θυσιάζεται στην αντίστοιχη ταχύτητα σύγκλισης του κλασσικού STP.

Ταχύ RSTP ρόλος

Το RSTP λειτουργεί ίδιο με STP, αλλά δεν λειτουργεί σε Switch-Hub, half-duplex δίκτυα, λειτουργεί μόνο σε Switch-Switch, full-duplex και Switch-PC full-duplex δίκτυα.

Στο RSTP προστίθενται 2 ακόμα είδη θύρας: Εναλλακτική διαδρομή προς τη γέφυρα κορμού (αναπληρωματική της θύρας κορμού). Είναι η θύρα που έλαβε την δεύτερη καλύτερη BPDU από άλλο μεταγωγό.

Αναπληρωματική της καθορισμένης θύρας για ένα τμήμα δικτύου. Η μία από αυτές θα τοποθετηθεί σε κατάσταση προώθησης (η άλλη θα αποτελεί την αναπληρωματική).

Προσδιορισμός Παραλήπτη σε ένα LAN

Κάθε σταθμός που συνδέεται σε ένα LAN έχει μια φυσική διεύθυνση (physical address ή MAC address)

Κάθε πλαίσιο που στέλνεται σε ένα LAN περιέχει τη φυσική διεύθυνση του αποστολέα και του παραλήπτη

Το υλικό προσαρμογής ενός σταθμού στο δίκτυο (δηλ. η κάρτα δικτύου) χειρίζεται τις λεπτομέρειες αποστολής και λήψης πλαισίων σε ένα διαμοιραζόμενο φυσικό μέσο

Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων

Λόγω του ότι έχουν προταθεί πολλές τεχνολογίες ΤΔ, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τον τρόπο με τον οποίο είναι παρόμοιες ή διαφέρουν οι τεχνολογίες αυτές

Για την κατανόηση των ομοιοτήτων, κάθε δίκτυο ταξινομείται σύμφωνα με την **τοπολογία (topology)** του

Υπάρχουν τρεις βασικά **λογικές και φυσικές τοπολογίες**: η τοπολογία **αστέρα** (star topology), η τοπολογία **διαύλου** (bus topology) και η τοπολογία **δακτυλίου** (ring topology)

10Base-T και 10Base-F

Πρόκειται για μια εκδοχή του Ethernet όπου χρησιμοποιείται **φυσική τοπολογία αστέρας**, προκειμένου να αποφεύγονται οι απενεργοποιήσεις όλου του δικτύου που οφείλονται σε κακή λειτουργία ενός συνδέσμου

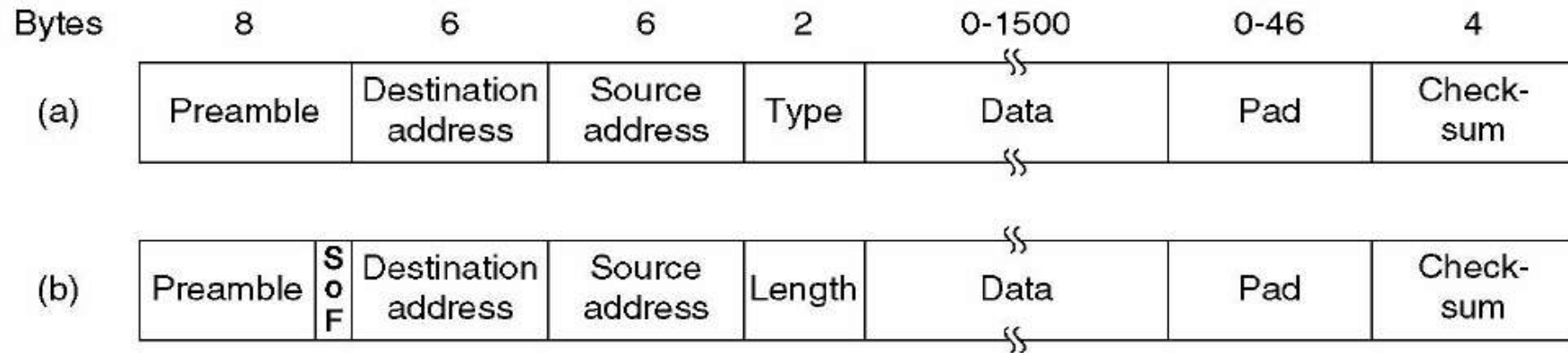
Χρησιμοποιείται ένα **κεντρικό σημείο (hub)** το οποίο αναμεταδίδει το σήμα που λαμβάνει από μια είσοδο σε όλες τις εξόδους (υλοποιώντας **λογικό δίαυλο**). Μέγιστη **υποστηριζόμενη απόσταση 100 μέτρα** (χρησιμοποιείται καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους)

Το 10Base-F χρησιμοποιεί οπτικές ίνες, είναι σαφώς πιο ακριβό αλλά λειτουργεί σε μεγάλες αποστάσεις (~2Km)

Καλωδίωση στο Ethernet

Name	Cable	Max. seg.	Nodes/seg.	Advantages
10Base5	Thick coax	500 m	100	Original cable; now obsolete
10Base2	Thin coax	185 m	30	No hub needed
10Base-T	Twisted pair	100 m	1024	Cheapest system
10Base-F	Fiber optics	2000 m	1024	Best between buildings

Το πλαίσιο στο Ethernet



Μορφές Πλαισίων: (α) DIX Ethernet, (β) IEEE 802.3

IEEE 802.3u (Fast Ethernet)

Είναι «προς τα πίσω» συμβατό με το 10Base-T (autosensing), χρησιμοποιεί πρωτόκολλο και μορφή πλαισίου του IEEE 802.3

Χρησιμοποιεί καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους υψηλής ποιότητας και **μέγιστη απόσταση ~100 μέτρα**

Φυσική τοπολογία αστέρα με hub (τύπου 10Base-T)

Υπάρχει δυνατότητα χρήσης οπτικής ίνας (100Base-FX), υποστηρίζοντας αποστάσεις 2χλμ.

Fast Ethernet

Name	Cable	Max. segment	Advantages
100Base-T4	Twisted pair	100 m	Uses category 3 UTP
100Base-TX	Twisted pair	100 m	Full duplex at 100 Mbps
100Base-FX	Fiber optics	2000 m	Full duplex at 100 Mbps; long runs

IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

Πρόκειται για την επέκταση σε ρυθμούς μετάδοσης 1Gbps του προτύπου 802.3

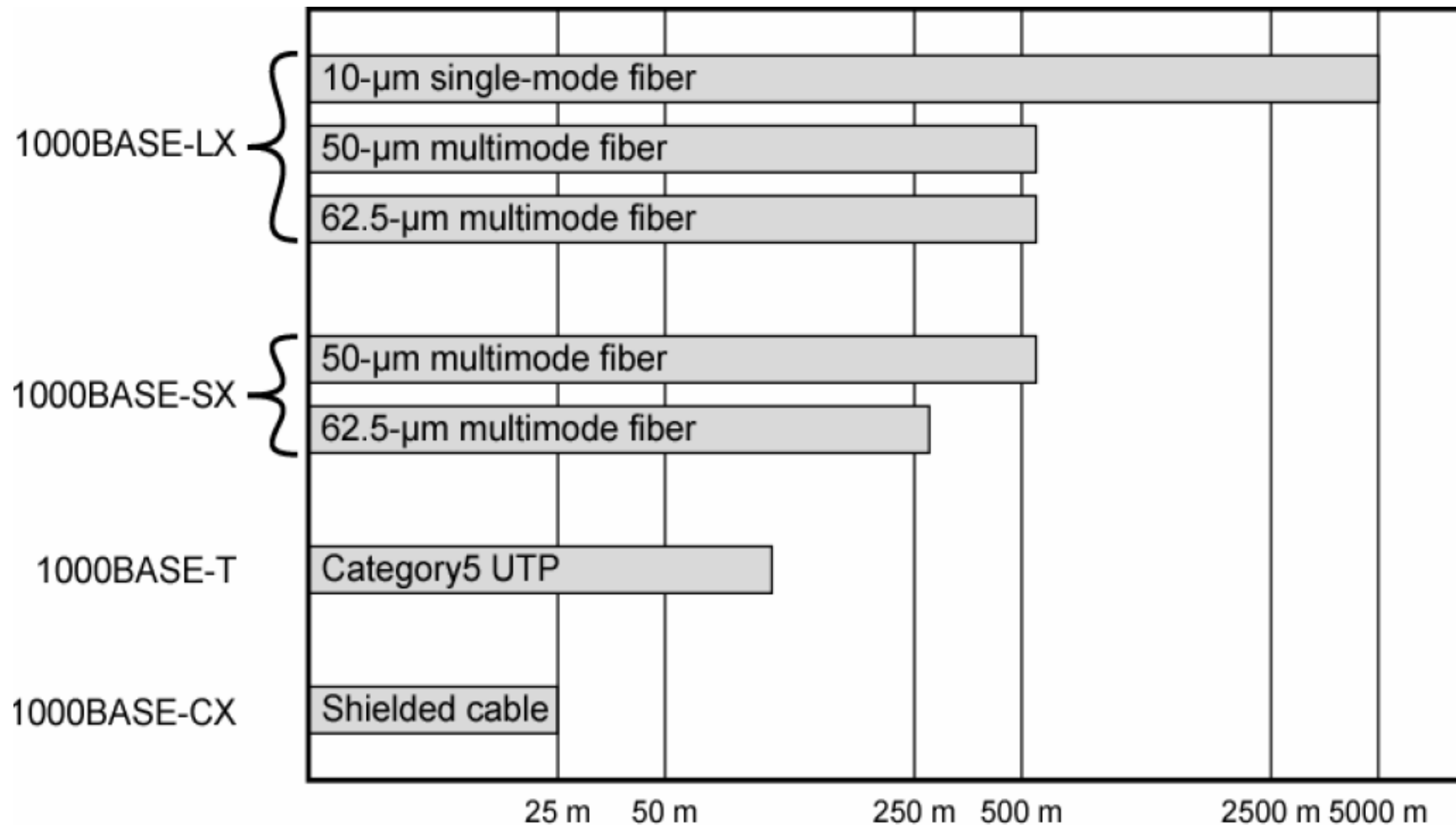
Το **Gigabit Ethernet** φαίνεται να αποτελεί μια απλή, σχετικά φθηνή και δοκιμασμένη λύση (λόγω του ήδη δοκιμασμένου και πετυχημένου Ethernet) για τις όλο και περισσότερο αυξανόμενες ανάγκες για τοπικά δίκτυα που υποστηρίζουν πολύ μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης

Χρησιμοποιεί καλωδίωση χαλκού υψηλής ποιότητας (Cat. 5e, 6) και οπτικής ίνας

Gigabit Ethernet

Name	Cable	Max. segment	Advantages
1000Base-SX	Fiber optics	550 m	Multimode fiber (50, 62.5 microns)
1000Base-LX	Fiber optics	5000 m	Single (10 μ) or multimode (50, 62.5 μ)
1000Base-CX	2 Pairs of STP	25 m	Shielded twisted pair
1000Base-T	4 Pairs of UTP	100 m	Standard category 5 UTP

Επιλογές Φυσικού Μέσου στο Gigabit Ethernet



10(!)GBase-X

Πρόκειται για την τυποποίηση IEEE 802.3ae για ταχύτητες έως **10 Gigabits per second(!)**

Απαιτεί ουσιαστικά **αντικατάσταση** της καλωδιακής υποδομής χαλκού, διότι χρειάζεται καλώδιο > Cat 6 (6a, 7) για να υποστηρίξει αποστάσεις 100m (55m με Cat 6)

Κατάλληλο για Data Centres, συνδέσεις δικτύου κορμού, και συστήματα πολλών επεξεργαστών όπου το 1Gbps μπορεί να αποτελεί περιοριστικό παράγοντα

Υποστηρίζεται **καλωδίωση οπτικών ινών** και των δύο τύπων σε διάφορες αποστάσεις και ταχύτητες

10GBase-X

Standard	Media Type	Type	Maximum Distance
10GBASE-SR	Fiber	850 nm MMF	300 m
10GBASE-LX4	Fiber	1310 nm MMF	10 Km
10GBASE-LRM	Fiber	850/1310 nm MMF	220 m
10GBASE-LR/ER	Fiber	1310 nm SMF	10-25 Km
10GBASE-T	Copper	Cat 6/6a	55 m/100 m

10GBase-X

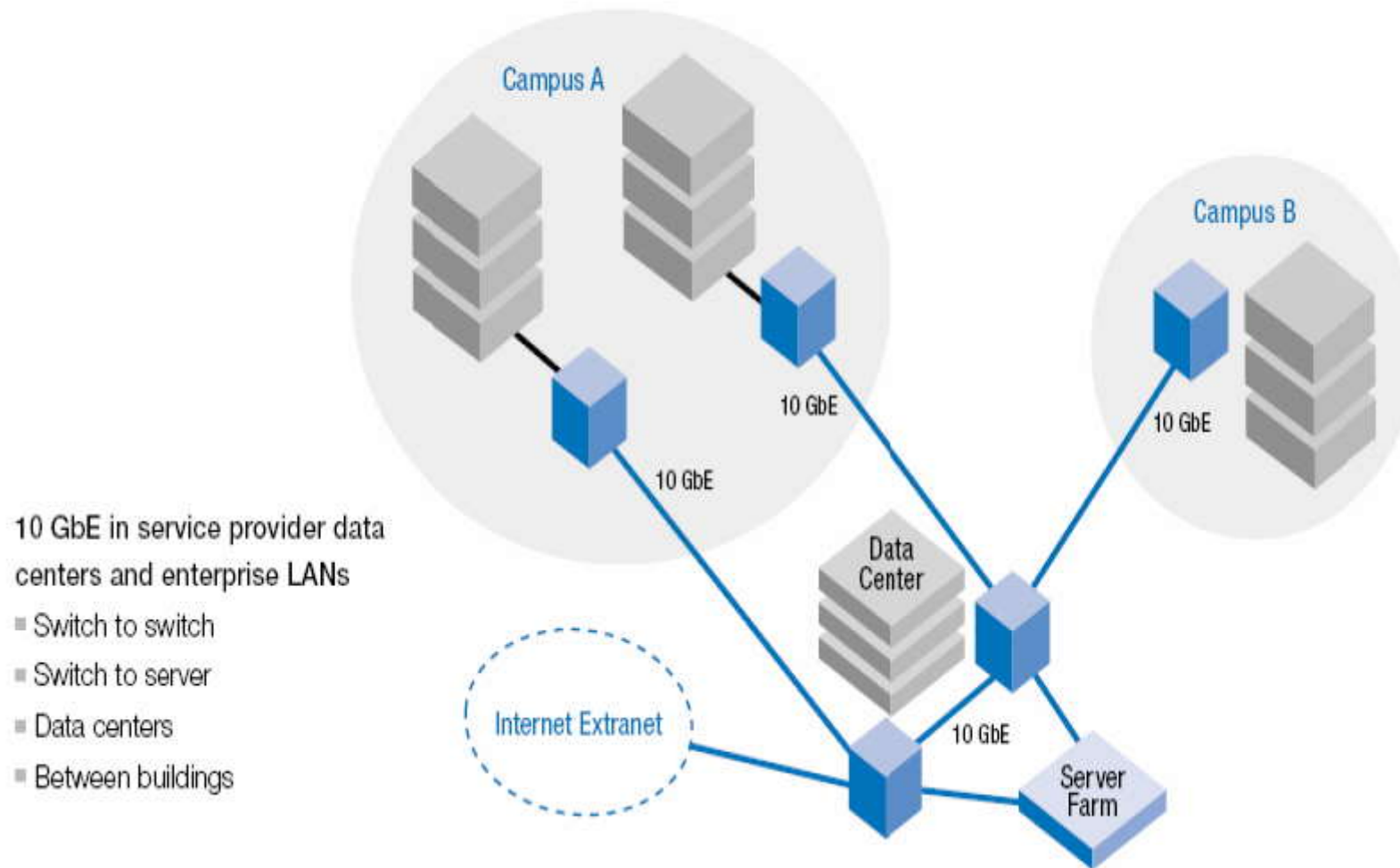
Το 10GBase-T είναι μόνο full-duplex και έτσι δε χρειάζεται πλέον το CSMA/CD!

Με **πολύτροπη οπτική ίνα** η μέγιστη απόσταση είναι **300m**, ενώ με **μονότροπη οπτική ίνα** και μετάδοση με **1550nm**, η μέγιστη απόσταση είναι **40km** (από 5km που ήταν στο Gigabit Ethernet)

Έτσι, καθίσταται εφικτή η διασύνδεση απομακρυσμένων σημείων ενός οργανισμού με την ίδια τεχνολογία που χρησιμοποιεί στο εσωτερικό κάθε επιμέρους σημείου

Ετοιμάζονται τυποποιήσεις για 40 και 100 Gbps

10GBase-X



Διάμετροι Δικτύων Ethernet

Μέγιστες **διάμετροι**:

- **10Base-5**: Τμήματα 500 m × 4 επαναλήπτες = 2.5 km
- **10Base-2**: Τμήματα 200(185) m × 4 επαναλήπτες = 925 m
- **10Base-T**: Τμήματα 100 m × 4 επαναλήπτες = 500 m
 - αν χρησιμοποιείται μόνο UTP
- **100Base-T**: Τμήματα 100m x 1 επαναλήπτη = 200 m

Τα νούμερα αυτά είναι προφανώς **διαφορετικά** με χρήση **ΟΠΤΙΚΩΝ ΙΝΩΝ**

Πλήρως Αμφίδρομο (Full Duplex) Ethernet

Συνδέσεις **σημείου-προς-σημείο** πάνω από συνεστραμμένο ζεύγος ή καλώδιο οπτικής ίνας

Οι δύο συσκευές ενός συνδέσμου μπορούν να στέλνουν δεδομένα όποτε το επιθυμούν

Πλεονεκτήματα:

- Το μήκος του τμήματος δικτύου περιορίζεται από τις δυνατότητες μεταφοράς σήματος του φυσικού μέσου
- Ο αλγόριθμος πολλαπλής πρόσβασης (CSMA/CD) δεν είναι πλέον απαραίτητος, μπορεί όμως να συνεχίσει να χρησιμοποιείται

Τυποποιήσεις 802.3x με προϋπόθεση χρήσης **μεταγωγέων (switches)**

Παθητικός και Ενεργός Εξοπλισμός Δικτύου

Παθητικός εξοπλισμός:

- καλωδιακή υποδομή,
- τερματισμός καλωδιακής υποδομής, και
- τυποποιήσεις

Ενεργός εξοπλισμός: Συσκευές δημιουργίας και διασύνδεσης τοπικών δικτύων (π.χ. switches)

Μέσα Μετάδοσης

Καλώδια χαλκού (Copper wires)

Οπτικές Ίνες (Glass Fibers)

Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία (Radio)

Δορυφόροι (Satellites)

- Γεωστατικοί Δορυφόροι (Geosynchronous Satellites)
- Δορυφόροι Χαμηλής Τροχιάς (Low Earth Orbit Satellites)

Μικροκυμματικές Ζεύξεις (Microwave)

Υπέρυθρα (Infrared)

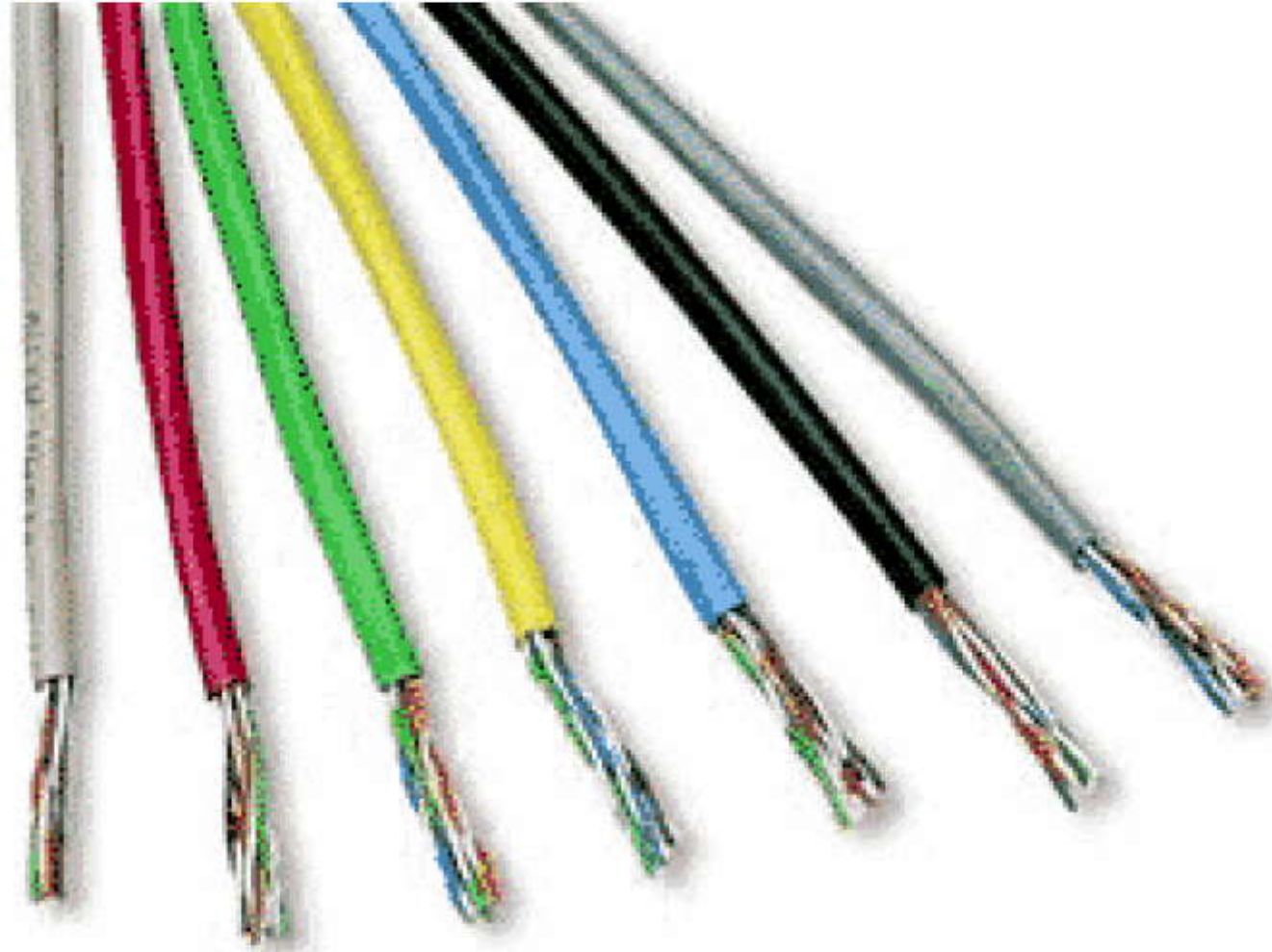
Καλώδια Χαλκού

Φθηνός, εύκολος στην εγκατάσταση και λόγω χαμηλής αντίστασης στο ηλεκτρικό ρεύμα σημαίνει ότι το σήμα ταξιδεύει μακρύτερα

Στόχος η ελαχιστοποίηση των παρεμβολών (ένα ηλεκτρικό σήμα που ταξιδεύει σε ένα καλώδιο λειτουργεί ως εκπομπός ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας)

Δύο βασικοί τύποι: **καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (twisted pair)** και **ομοαξονικό καλώδιο (coaxial cable)**

Καλώδια Συνεστραμμένου Ζεύγους – Ι



Καλώδια Συνεστραμμένου Ζεύγους – ΙΙ

Το **καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους** αποτελείται από σύρματα με πυρήνα χαλκό τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό

Δύο σύρματα συστρέφονται ώστε να δημιουργήσουν ζεύγος, και το ζευγάρι δημιουργεί ένα κύκλωμα που μπορεί να μεταφέρει δεδομένα

Η συστροφή των ζευγών περιορίζει την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια από το καλώδιο ενώ καθιστά το καλώδιο λιγότερο ευάλωτο σε παρεμβολές γειτονικών καλωδίων

Καλώδια Συνεστραμμένου Ζεύγους – III

Ένα καλώδιο είναι μια συλλογή από ένα ή περισσότερα ζεύγη τα οποία περιβάλλονται από μονωτικό υλικό

Δύο τύποι καλωδίου:

- Το **αθωράκιστο** καλώδιο συνεστραμμένου ζεύγους (Unshielded Twisted Pair - UTP), και
- το **θωρακισμένο** καλώδιο (Shielded Twisted Pair – STP) που παρέχει μεγαλύτερη προστασία από παρεμβολές

Κατηγορίες καλωδίων UTP: 1, 2, 3, 4, 5, 5e, 6, 7

Οπτικές Ίνες (Optical Fibers)

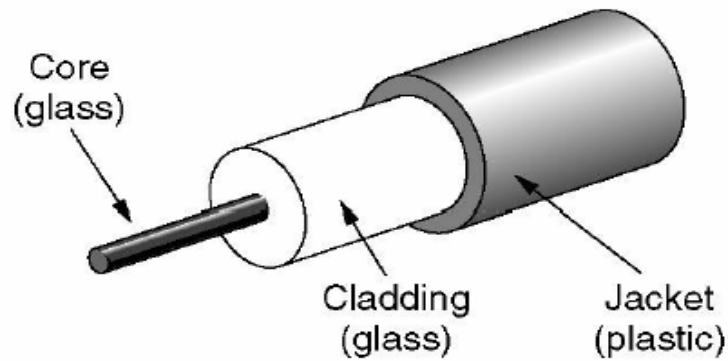
Ο πυρήνας του καλωδίου **οπτικών ινών** αποτελείται από **γυαλί**, το οποίο **μεταδίδει φως**. Προστατεύεται από μια πλαστική θήκη

Οι οπτικές ίνες έχουν τρία βασικά πλεονεκτήματα:

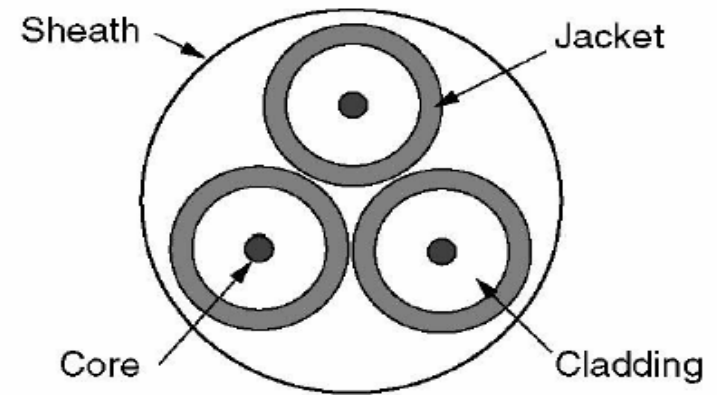
- λόγω του ότι χρησιμοποιούν φως δεν δημιουργούν και δεν επηρεάζονται από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία,
- η πληροφορία ταξιδεύει σε μεγαλύτερες αποστάσεις σε σχέση με τα καλώδια χαλκού, και
- μπορεί να κωδικοποιήσει περισσότερη πληροφορία από τα ηλεκτρικά σήματα

Δύσκολη εγκατάσταση και συντήρηση, μεγάλο κόστος

Οπτικές Ύνες



(a)



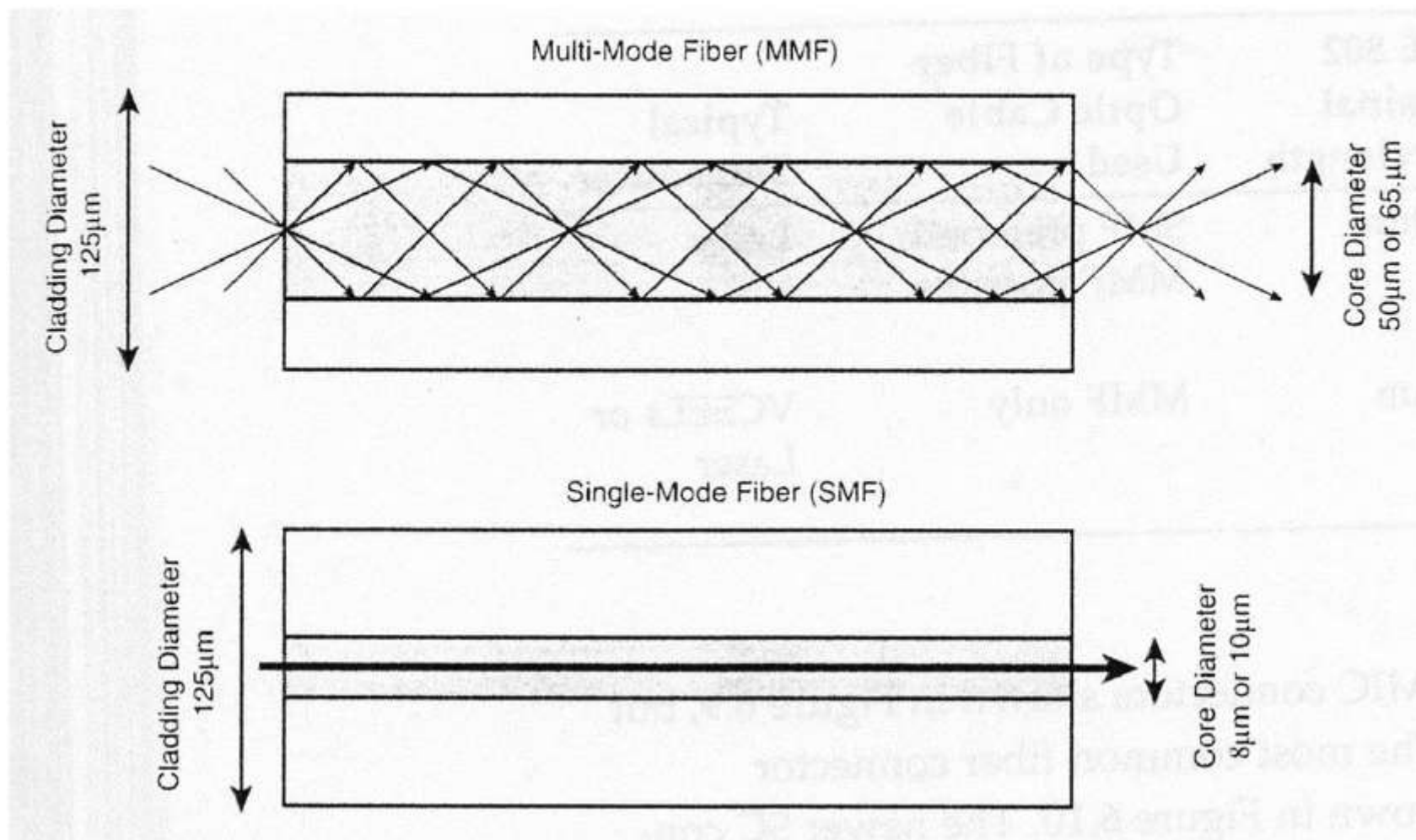
(b)

Καλώδια Οπτικής Ίνας

Ένα πλήρες καλώδιο αποτελείται από περισσότερες της μιας ανεξάρτητες οπτικές ίνες, οι οποίες περιβάλλονται από ένα εξωτερικό περίβλημα

Υπάρχουν αρκετοί τύποι καλωδίωσης οπτικής ίνας που ποικίλλουν στις φυσικές τους διαστάσεις και στην ενδυνάμει χωρητικότητα μετάδοσης δεδομένων. Οι δύο βασικοί είναι οι οπτικές ίνες **single-mode** (μονότροπες) και οι **multi-mode** (πολύτροπες)

Οπτικές Ίνες (συνέχεια)



Μήκη Κύματος Οπτικής Ύψας για MMF και SMF

Πηγή	Εφικτό Μήκος Κύματος	Ονομαστικό Μήκος Κύματος στο IEEE 802.3	Τύπος Καλωδίου Οπτικής Ύψας που χρησιμοποιείται	Τυπικός Transduser
Φως μεγάλου μήκους κύματος	1270nm-1355nm	1300nm	προτιμάται SMF, πιθανόν και MMF	Laser
Φως μικρού μήκους κύματος	770nm-860nm	850nm	μόνο MMF	VCSELs ή Laser

VCSEL: Vertical Cavity Surface Emitting Laser

Μέσα Μετάδοσης – Ανακεφαλαίωση

bit: διαδίδεται μεταξύ ζευγών εκπομπού / δέκτη

φυσικός σύνδεσμος (physical link): βρίσκεται μεταξύ εκπομπού και δέκτη

guided media:

- τα σήματα διαδίδονται σε «στερεά» μέσα: χαλκός, οπτική ίνα, ομοαξονικό καλώδιο

unguided media:

- τα σήματα (signals) διαδίδονται ελεύθερα, π.χ, ράδιο

Twisted Pair (TP)

- δύο μονωμένα καλώδια χαλκού
 - κατηγορία 3: παραδοσιακά τηλεφωνικά καλώδια, 10 Mbps Ethernet
 - κατηγορία 5 (ή 5e, 6): \geq 100Mbps Ethernet



Μέσα Μετάδοσης – Ανακεφαλαίωση

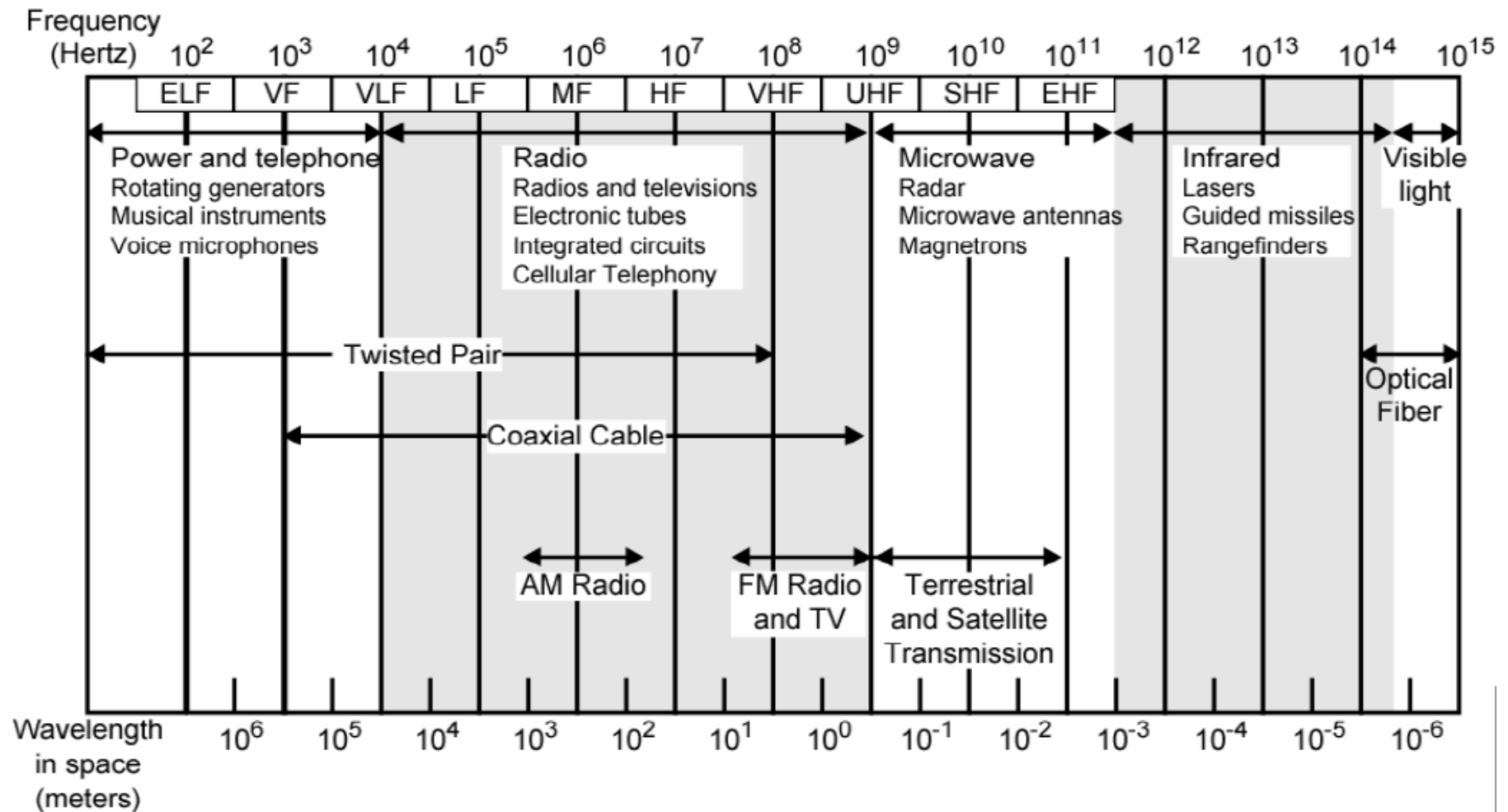
Ομοαξονικό καλώδιο

- δύο ομόκεντροι αγωγοί χαλκού
- αμφίδρομη
- βασικής ζώνης:
 - Ένα κανάλι στο καλώδιο (παραδοσιακό Ethernet)
- ευρείας ζώνης:
 - Πολλά κανάλια στο καλώδιο

Καλώδιο Οπτικής Ίνας

- ίνα γυαλιού που μεταφέρει παλμούς φωτός, κάθε παλμός και bit
- μετάδοση σημείου προς σημείο, υψηλής ταχύτητας (π.χ., 5 Gps)
- χαμηλός ρυθμός λαθών, επαναλήπτες σε μεγάλες αποστάσεις, ανοσία σε ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

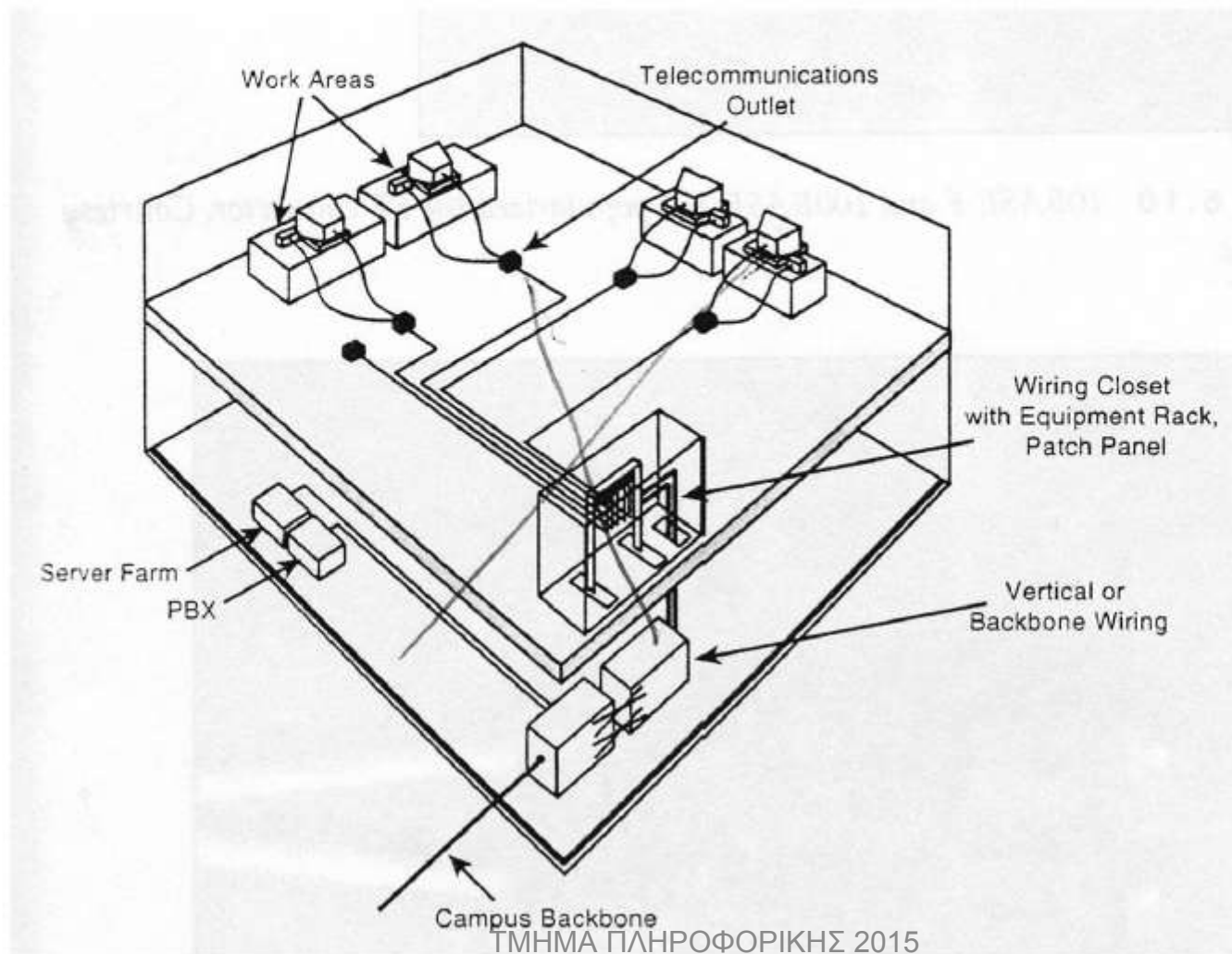


ELF = Extremely low frequency
 VF = Voice frequency
 VLF = Very low frequency
 LF = Low frequency

MF = Medium frequency
 HF = High frequency
 VHF = Very high frequency

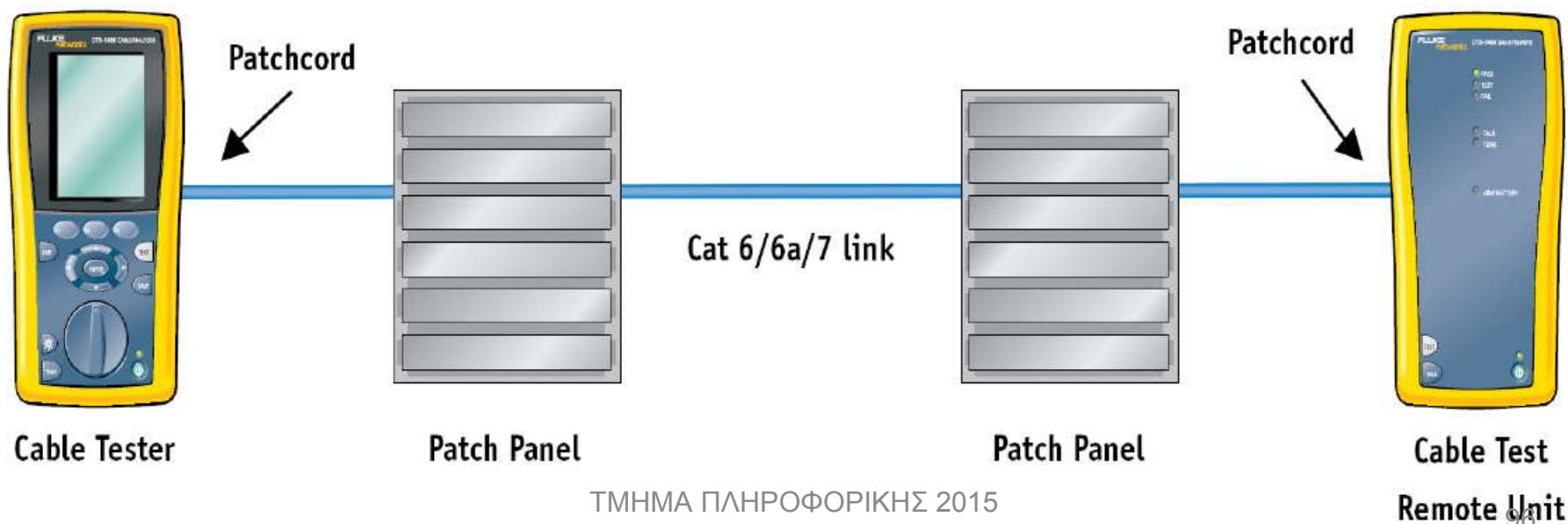
UHF = Ultrahigh frequency
 SHF = Superhigh frequency
 EHF = Extremely high frequency

Δομημένη Καλωδίωση – Μοντέλο ΕΙΑ/ΤΙΑ

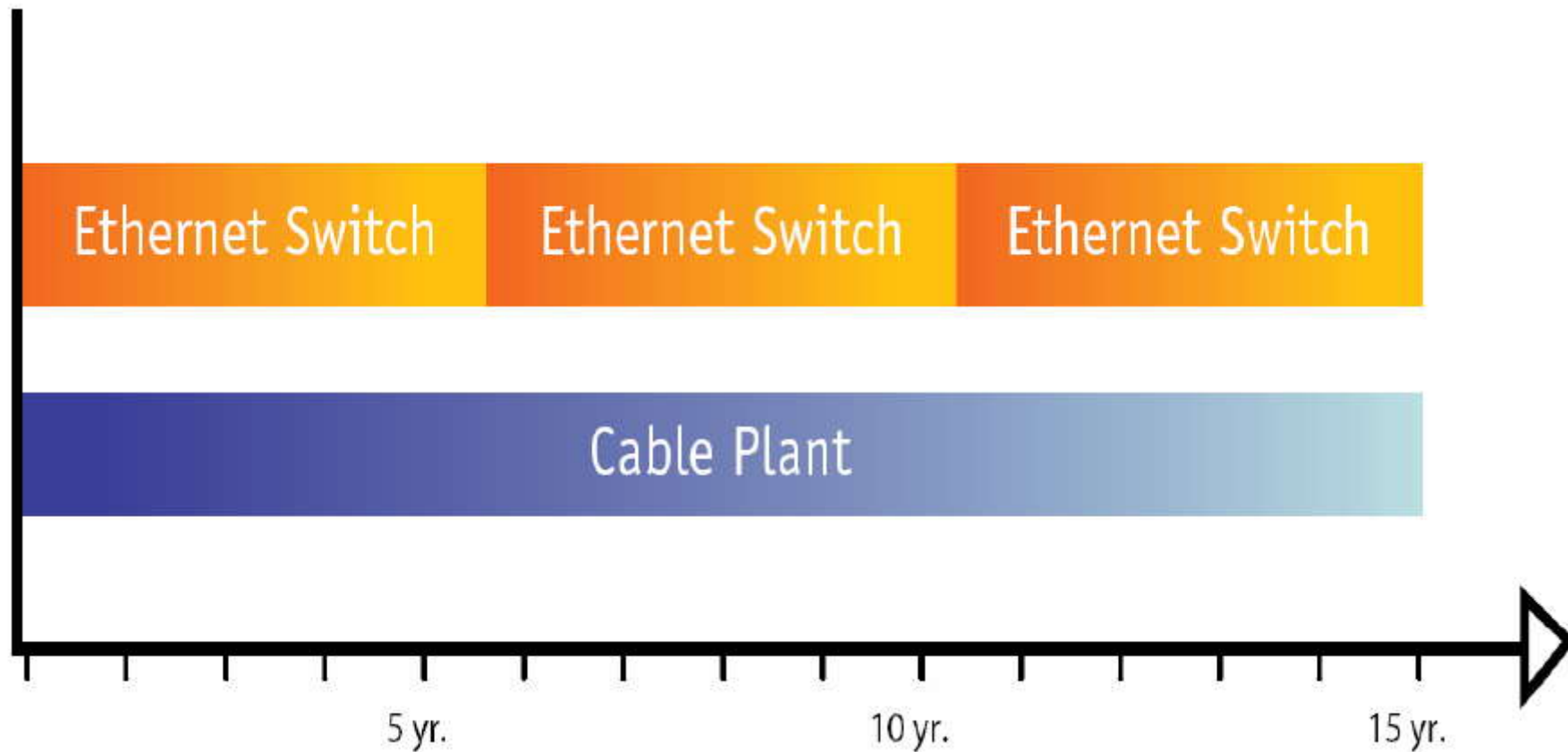


Πιστοποίηση Εγκατεστημένης Καλωδιακής Υποδομής

- Πιστοποίηση για την ποιότητα της εγκατεστημένης καλωδιακής υποδομής (υλικά και εργασίες)
- Αφορά ενσύρματα μέσα μετάδοσης και οι τυποποιήσεις για την πιστοποίηση προέρχονται από την TIA (TIA-568-B) και την ISO (τυποποίηση 11801)



Κύκλος Ζωής Καλωδιακής Υποδομής



Η Μετάδοση Δεδομένων

Υπάρχουν φυσικοί περιορισμοί στη δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να υποστηρίξει κάθε φυσικό μέσο

Τα συστήματα μετάδοσης, μεταδίδουν κωδικοποιημένα σήματα δεδομένων

Baud rate: το πλήθος των αλλαγών ανά δευτερόλεπτο της τιμής του σήματος

Ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση ενός χαρακτήρα (π.χ. ο χαρακτήρας b ή 01100010) εξαρτάται τόσο από τη μέθοδο κωδικοποίησης όσο και από την ταχύτητα σηματοδότησης

Ρυθμός Baud

Το υλικό μετάδοσης αποτιμάται σε baud, το πλήθος των αλλαγών του σήματος που δημιουργεί το υλικό ανά δευτερόλεπτο

Για το απλό RS-232 ο ρυθμός baud είναι ίσος με τον αριθμό των bits/sec, αφού οι αλλαγές του σήματος είναι δύο

Μέγιστος Ρυθμός Δεδομένων Διαύλου

Ο Nyquist συνειδητοποίησε το όριο που υπάρχει σε ένα δίαυλο μετάδοσης, με εύρος ζώνης H και V διακεκριμένες στάθμες:

Μέγιστος ρυθμός δεδομένων = $2H \log_2 V$ bit/sec.

Για παράδειγμα, ένας δίαυλος των 3KHz χωρίς θόρυβο δεν μπορεί να μεταδώσει **δυναμικά** σήματα με ρυθμό που να υπερβαίνει τα 6000bps

Εάν στο δίαυλο υπάρχει και **θόρυβος (ηλεκτρομαγνητικός)** τότε η κατάσταση επιδεινώνεται (θεώρημα Shannon):

Μέγιστος αριθμός bit/sec = $H \log_2(1+S/N)$ (άνω όριο),

Όπου S/N λόγος σήματος προς θόρυβο (signal-to-noise ratio)

Σημασία των Θεωρημάτων για τη Δικτύωση Δεδομένων

«Το θεώρημα του Nyquist ενθαρρύνει τους ειδικούς να ανακαλύψουν τρόπους να κωδικοποιήσουν τα bits σε ένα σήμα, διότι μια έξυπνη **κωδικοποίηση** επιτρέπει σε περισσότερα bits να μεταδοθούν ανά μονάδα χρόνου»

«Το θεώρημα του Shannon πληροφορεί τους ειδικούς ότι όσο έξυπνη και να είναι μια κωδικοποίηση δεν μπορεί να αντιπαρέλθει τους νόμους της Φυσικής, οι οποίοι επιβάλλουν ένα θεμελιώδες **όριο** στο πλήθος των bits/sec που μπορούν να μεταδοθούν σε ένα πραγματικό σύστημα επικοινωνίας» (Comer, 2001)

Αποστολή Σημάτων σε Μεγάλες Αποστάσεις

Η απόσταση που μπορεί να διαδοθεί το ηλεκτρικό ρεύμα είναι πεπερασμένη λόγω της **εξασθένησης** (signal loss) που δημιουργείται από την αντίσταση του χαλκού που μετατρέπει την ηλεκτρική ενέργεια σε θερμότητα

Τα συστήματα επικοινωνιών για μεγάλες αποστάσεις χρησιμοποιούν συνεχή, ταλαντούμενα σήματα που διαδίδονται μακρύτερα από τα άλλα σήματα (αντί να μεταδίδουν ηλεκτρικό ρεύμα που αλλάζει όταν αλλάζει η τιμή ενός bit). Τα σήματα αυτά ονομάζονται **φορείς (carriers)**

Αποστολή Σημάτων σε Μεγάλες Αποστάσεις (συνέχεια)

Ο εκπομπός τροποποιεί ελαφρά το φορέα του σήματος δημιουργώντας μια **διαμόρφωση (modulation)**

Η ίδια αρχή χρησιμοποιείται και για τη μετάδοση ραδιοφώνου, τηλεόρασης και τηλεφώνου

Ο εκπομπός δημιουργεί ένα συνεχώς ταλαντούμενο σήμα-φορέα, το οποίο διαμορφώνει ανάλογα με τα δεδομένα που αποστέλλονται. Ο δέκτης παρακολουθεί τον εισερχόμενο φορέα, ανιχνεύει τη διαμόρφωση, αποκαθιστά τα αρχικά δεδομένα και αγνοεί το φορέα

Αποστολή Σημάτων σε Μεγάλες Αποστάσεις (συνέχεια)

Η **κωδικοποίηση** πρέπει να είναι όσο το δυνατόν περισσότερο αποτελεσματική, διότι σύμφωνα με το θεώρημα του Nyquist, σε αυτή την περίπτωση τα bits/sec μπορούν να είναι πολλαπλάσια του baud

Ένας διαμορφωτής απαιτείται για τη μετάδοση δεδομένων και ένας αποδιαμορφωτής για τη λήψη (modulator – demodulator = modem)

Συχνότητα Φορέα και Πολύπλεξη

«Δύο ή περισσότερα σήματα που χρησιμοποιούν διαφορετικές συχνότητες φορέα μπορούν να μεταδοθούν πάνω από ένα μέσο ταυτόχρονα χωρίς παρεμβολή»
(Comer, 2001)

Τα δίκτυα υπολογιστών χρησιμοποιούν αυτή την αρχή για να επιτρέψουν σε πολλαπλές επικοινωνίες να μοιραστούν μια μοναδική φυσική σύνδεση

Τεχνολογίες Βασικής και Ευρείας Ζώνης (Baseband and Broadband)

Η **πολύπλεξη διαχωρισμού συχνοτήτων** (Frequency Division Multiplexing) είναι ο τεχνικός όρος που χρησιμοποιείται σε ένα δίκτυο που **χρησιμοποιεί πολλές συχνότητες φορέων για να επιτρέψει σε ανεξάρτητα σήματα να ταξιδέψουν μέσα από ένα μέσο**

Στην περίπτωση του FDM για να επιτευχθεί μεγαλύτερη απόδοση γίνεται χρήση μεγαλύτερου μέρους του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, δηλαδή του εύρους ζώνης ενός μέσου. Οι τεχνολογίες αυτές ονομάζονται **τεχνολογίες ευρείας ζώνης (broadband)**

Τεχνολογίες Βασικής και Ευρείας Ζώνης (συνέχεια)

Στην αντίθετη περίπτωση (όπου χρησιμοποιείται μικρό μέρος του φάσματος και στέλνεται ένα σήμα τη φορά) λέγονται **βασικής ζώνης (baseband)**

Στην περίπτωση συστημάτων οπτικής μετάδοσης, πολλαπλά μήκη κύματος φωτός στέλνονται πάνω από μια οπτική ίνα (**Wavelength Division Multiplexing (WDM) – Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**)

Τύποι Τοπικών Δικτύων που μπορούν να διασυνδεθούν

Τοπικά δίκτυα του ίδιου τύπου

Τοπικά δίκτυα διαφορετικού τύπου

Τοπικά δίκτυα που συνδέονται σε ένα κοινό δίκτυο κορμού (π.χ. ένα Ethernet και ένα Token Ring που συνδέονται σε ένα δίκτυο κορμού FDDI)

Τοπικά δίκτυα που συνδέονται στο δίκτυο ευρείας περιοχής ενός οργανισμού, παρέχοντας έτσι στους χρήστες τους πρόσβαση σε άλλα τοπικά δίκτυα και σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα (servers)

Μεταγωγείς (Switches ή Switching Hubs) – Ι

Πρόκειται για βελτίωση των hubs ώστε να φιλτράρουν τα πλαίσια με βάση τη διεύθυνση προορισμού. Είναι συσκευή που λειτουργεί στο επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων

Ένα πλαίσιο μεταδίδεται σε μια έξοδο μόνο αν το πλαίσιο απευθύνεται σε σταθμό που συνδέεται σε αυτή την έξοδο

Μια τέτοια συσκευή ονομάζεται μεταγωγέας (switch ή switching hub)

Ο μεταγωγέας μαθαίνει τις διευθύνσεις των σταθμών από τα πακέτα που ξεκινάνε από αυτούς τους σταθμούς

Μεταγωγείς – ΙΙ

Πρόκειται για συσκευές που περιέχουν πολλαπλούς διαύλους (busses) και διαθέτουν βασικές δυνατότητες δρομολόγησης

Οι δίαυλοι του μεταγωγέα διασυνδέονται σε έναν πίνακα μεταγωγής (switching matrix)

Μέσω του πίνακα μεταγωγής, ο μεταγωγέας έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει πολλαπλές, ταυτόχρονες, συνδέσεις σημείου-προς-σημείο, μεταξύ των θυρών του μεταγωγέα

Μεταγωγείς – ΙΙΙ

Ο μεταγωγέας διαβάζει τις πληροφορίες διεύθυνσης που περιέχονται στην επικεφαλίδα του πλαισίου και με βάση τη διαθεσιμότητα συνδέσεων στον πίνακα μεταγωγής, δημιουργεί ένα μονοπάτι από την εισερχόμενη θύρα, μέσω του πίνακα μεταγωγής προς την εξερχόμενη θύρα

Οι μεταδόσεις είναι σημείου-προς-σημείο, άρα δεν υπάρχει συμφόρηση και συγκρούσεις (τουλάχιστον όχι με την έννοια που υπάρχει σε γέφυρες και συγκεντρωτές), αφού οι υπόλοιποι σταθμοί δεν μπορούν να ακούσουν τις μεταδόσεις

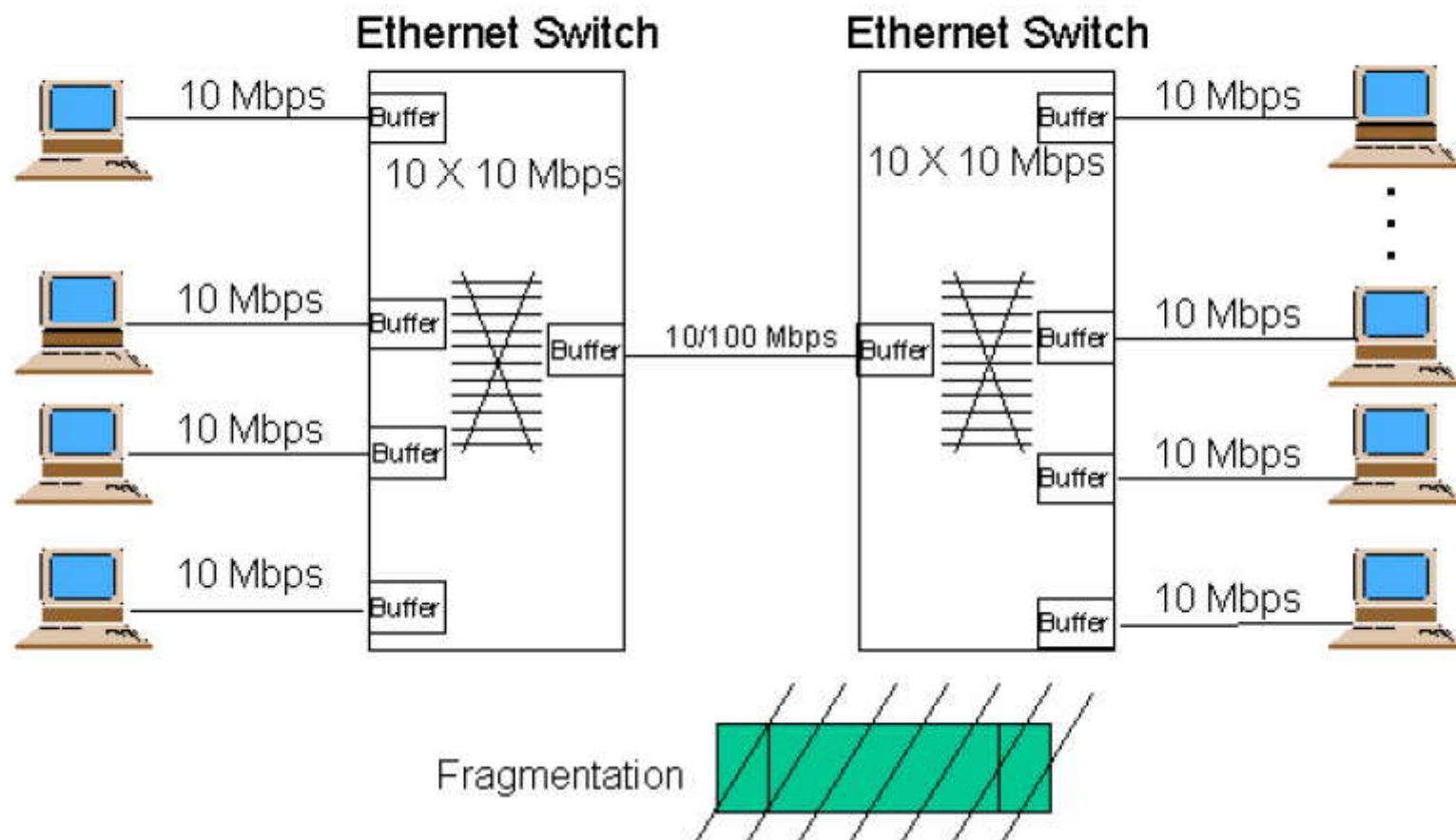
Μεταγωγείς – IV

Κάθε δίαυλος μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλούς λογικούς συνδέσμους, εφαρμόζοντας τεχνικές πολύπλεξης (πλαίσια αποθηκεύονται στην εισερχόμενη θύρα και προωθούνται μόλις υπάρξει δυνατότητα, συνυπάρχοντας στον ίδιο δίαυλο με πλαίσια άλλων μεταδόσεων)

Με τον τρόπο αυτό αποφεύγουμε τη δημιουργία συμφόρησης αφού δεν επιτρέπουμε τη μονοπώληση «δημοφιλών» διαδρομών του πίνακα μεταγωγής

Οι μεταγωγείς λειτουργούν με τεχνική αποθήκευσης-και-προώθησης (store-and-forward) ή αποκοπής (cut-through)

Μεταγωγείς – V



Μεταγωγείς – VI

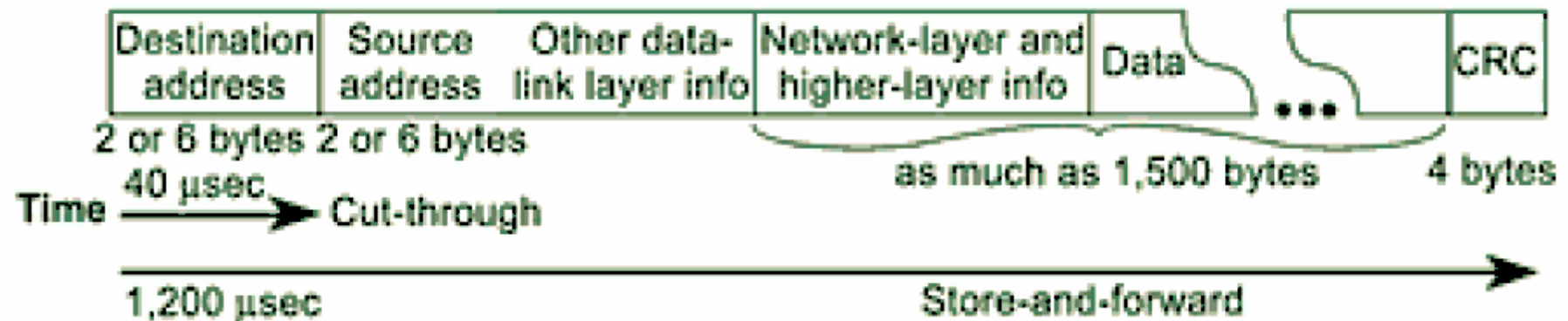
Όταν οι μεταγωγείς δουλεύουν cut-through, διαβάζουν μόνο την πληροφορία της διεύθυνσης και αμέσως προωθούν το πλαίσιο μέσω του πίνακα μεταγωγής (μειονέκτημα η πιθανότητα μετάδοσης εσφαλμένων πλαισίων)

Στην αποθήκευση-και-προώθηση ο μεταγωγέας μαζεύει πρώτα όλο το πλαίσιο και το ελέγχει για λάθη πριν το προωθήσει (μειονέκτημα η ταχύτητα)

Οι πραγματικές επιδόσεις των μεταγωγέων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αρχιτεκτονική κατασκευής τους και άρα από τον κατασκευαστή

Cut-through vs Store-and-forward

SWITCHING AN ETHERNET FRAME



Μεταγωγείς – VII

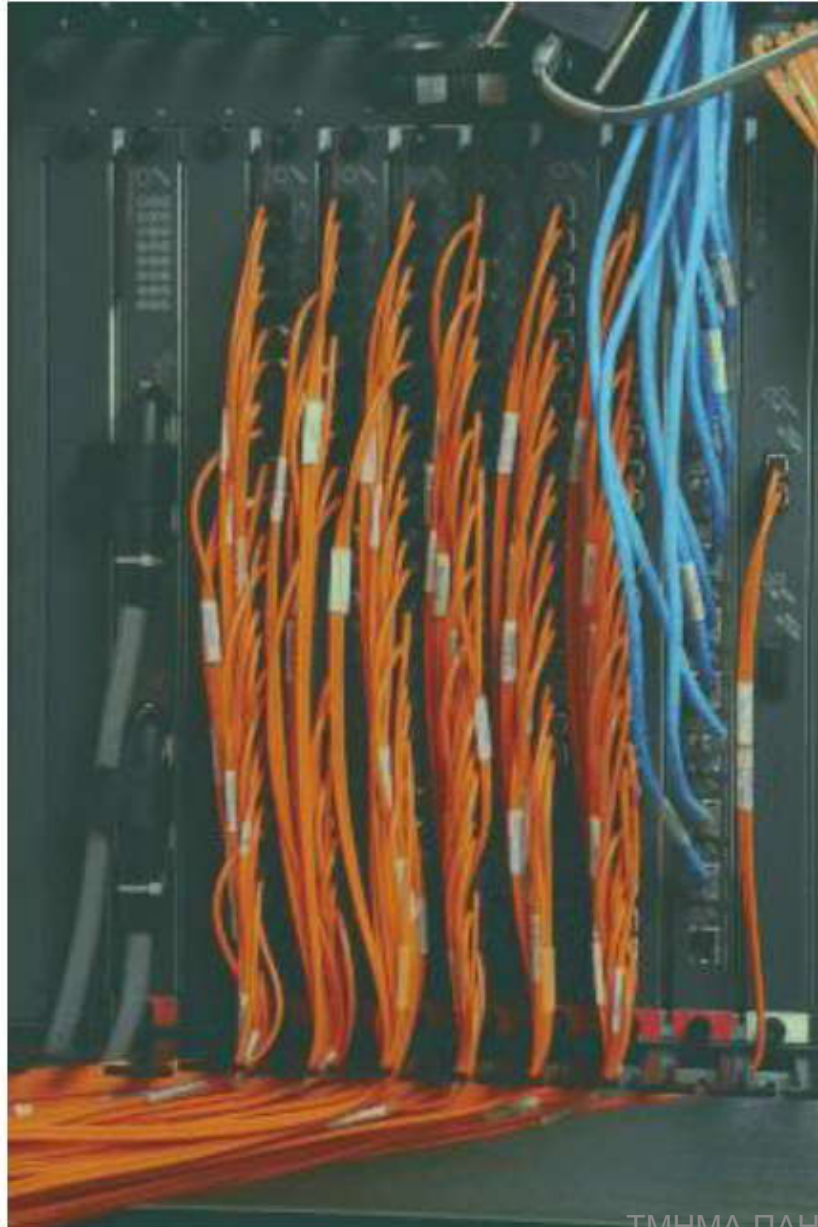
Στην περίπτωση δικτύου που έχει πολλαπλά switching hubs, γέφυρες κ.λπ. πρέπει να χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος του επικαλύπτοντος δένδρου (spanning tree) για την αποφυγή ανεπιθύμητων κύκλων στην κυκλοφορία

Οι ταχύτητες στις θύρες του switching hub μπορεί να είναι διαφορετικές (10/100/1000 Mbps).

Μεταγωγείς – VIII



Μεταγωγείς – ΙΧ



Ένα Ethernet Switch Catalyst 5500 της εταιρείας Cisco. Τα μπλε καλώδια είναι καλώδια συνεστραμμένου ζεύγους, ενώ τα πορτοκαλί είναι καλώδια οπτικής ίνας

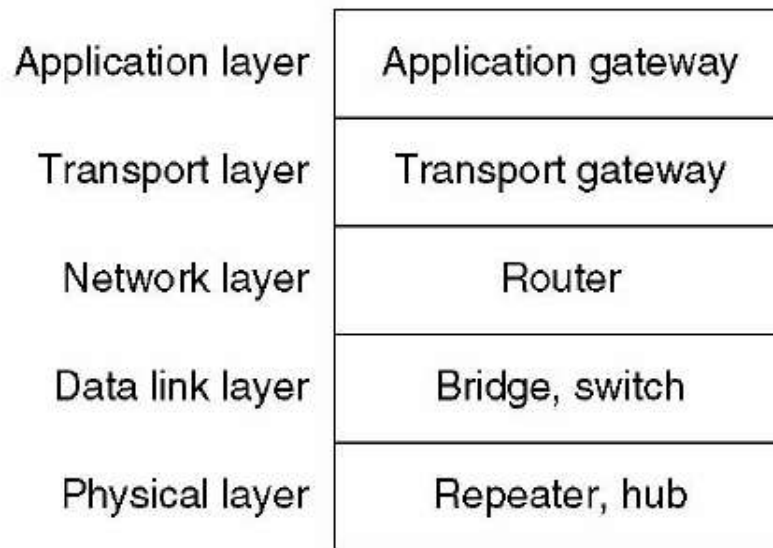
Μπορείτε να διακρίνετε (κατακόρυφα) τις κάρτες διεπαφών του switch, οι οποίες συνδέονται στο σασί του, και στις οποίες συνδέονται τα καλώδια

Μεταγωγείς – Χ

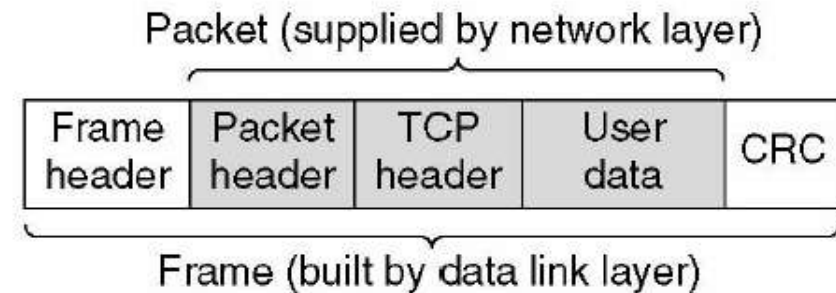


Μια πλακέτα διεπαφών (interface board) 24-θυρών 10/100 Mbps Ethernet για ένα switch Cisco Catalyst 5000. Τα κυκλώματα στα αριστερά της φωτογραφίας χειρίζονται τη μετάδοση και παραλαβή των πλαισίων Ethernet. Τα κυκλώματα στα δεξιά επικοινωνούν με το υπόλοιπο του switch. Τα κυκλώματα στο μέσο της πλακέτας υλοποιούν τις λειτουργίες μεταγωγής των πλαισίων

Repeaters, Hubs, Bridges, Switches, Routers



(a)



(b)

(a) Ποια συσκευή βρίσκεται σε ποιο επίπεδο

(b) Πλαίσια, πακέτα και επικεφαλίδες

Συνδυασμός Switches με Διαφορετικές Ταχύτητες – I

Μερικά switches μπορούν να διαβάζουν (=φιλτράρουν) και πληροφορίες από την επικεφαλίδα επιπέδου δικτύου

Ορισμένες (ή και όλες) θύρες ενός switch μπορούν να είναι full-duplex

Ένα switch μπορεί να έχει διαφορετικές ταχύτητες στις θύρες του: π.χ. 12 θύρες 10/100 Mbps και μια θύρα (uplink) 1Gbps για σύνδεση με switches του δικτύου κορμού

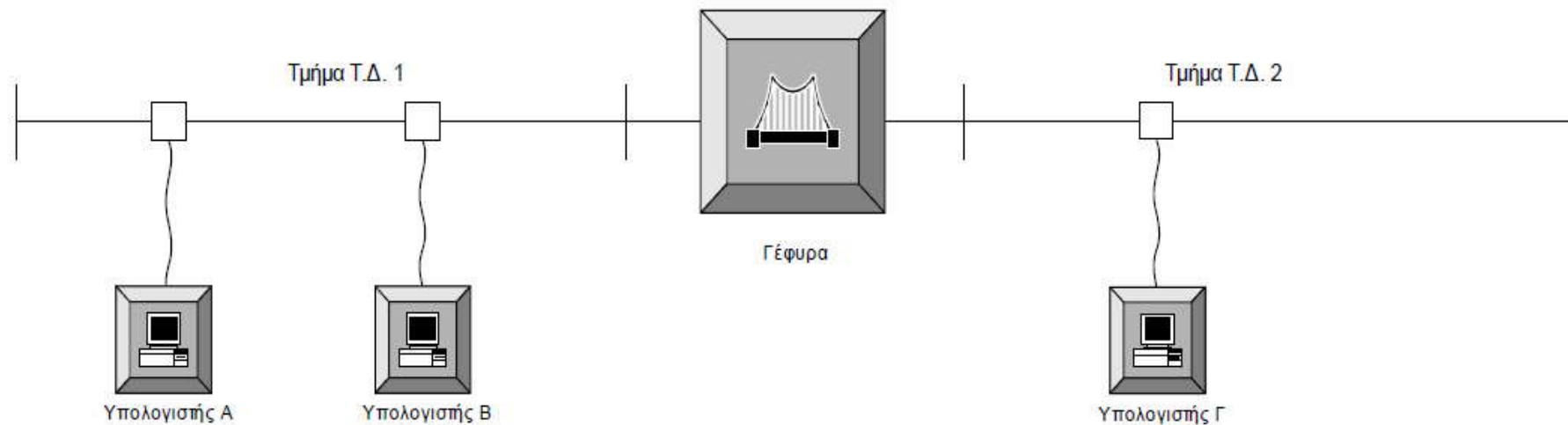
Γέφυρες IEEE 802.1 (Bridges)

Οι γέφυρες λειτουργούν στο Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων του μοντέλου αναφοράς OSI (λέγονται αλλιώς και MAC Bridges)

Βασικά χειρίζονται τη διασύνδεση διαφορετικών τύπων τοπικών δικτύων (από 802.x σε 802.y)

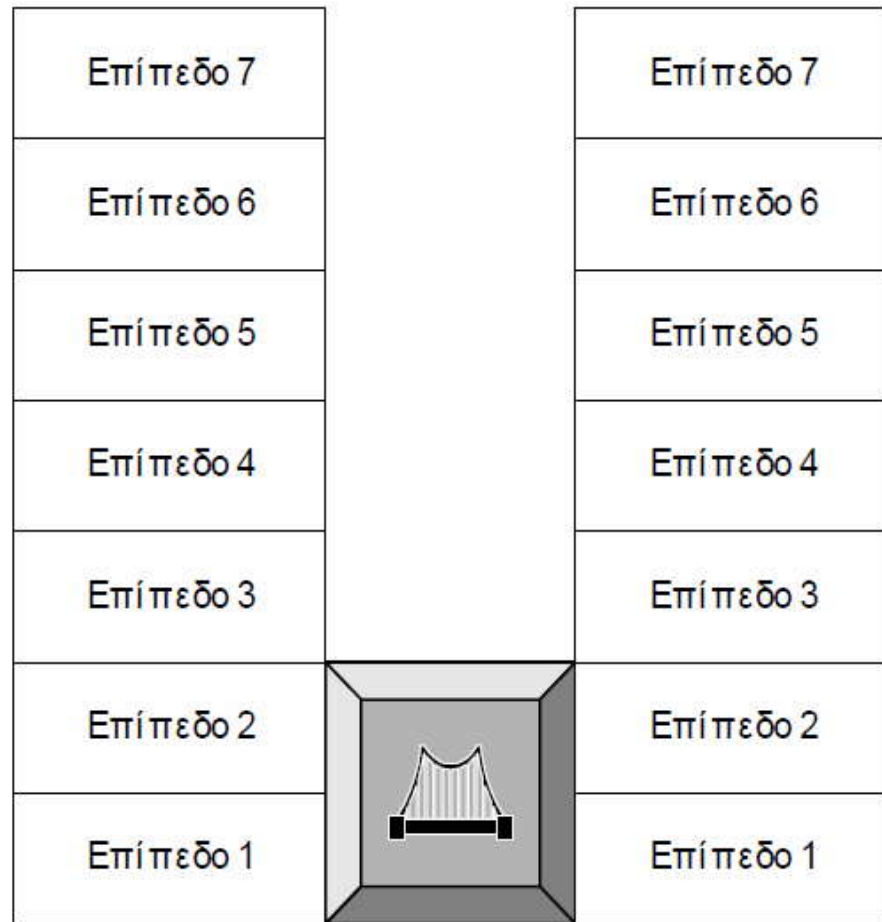
Υπάρχουν βασικά δύο κατηγορίες γεφυρών: μια διαφανής γέφυρα (transparent bridge) ή γέφυρα του επικαλύπτοντος δένδρου (spanning tree bridge) και οι γέφυρες δρομολόγησης πηγής (source route bridging)

Γέφυρες



- Στο σχήμα αυτό βλέπουμε μια γέφυρα να συνδέει δύο τοπικά δίκτυα. Στην πραγματικότητα μια γέφυρα μπορεί να συνδέει πολλά διαφορετικά τοπικά δίκτυα, έχοντας μια διεπαφή και ένα επίπεδο ζεύξης δεδομένων για το κάθε τοπικό δίκτυο

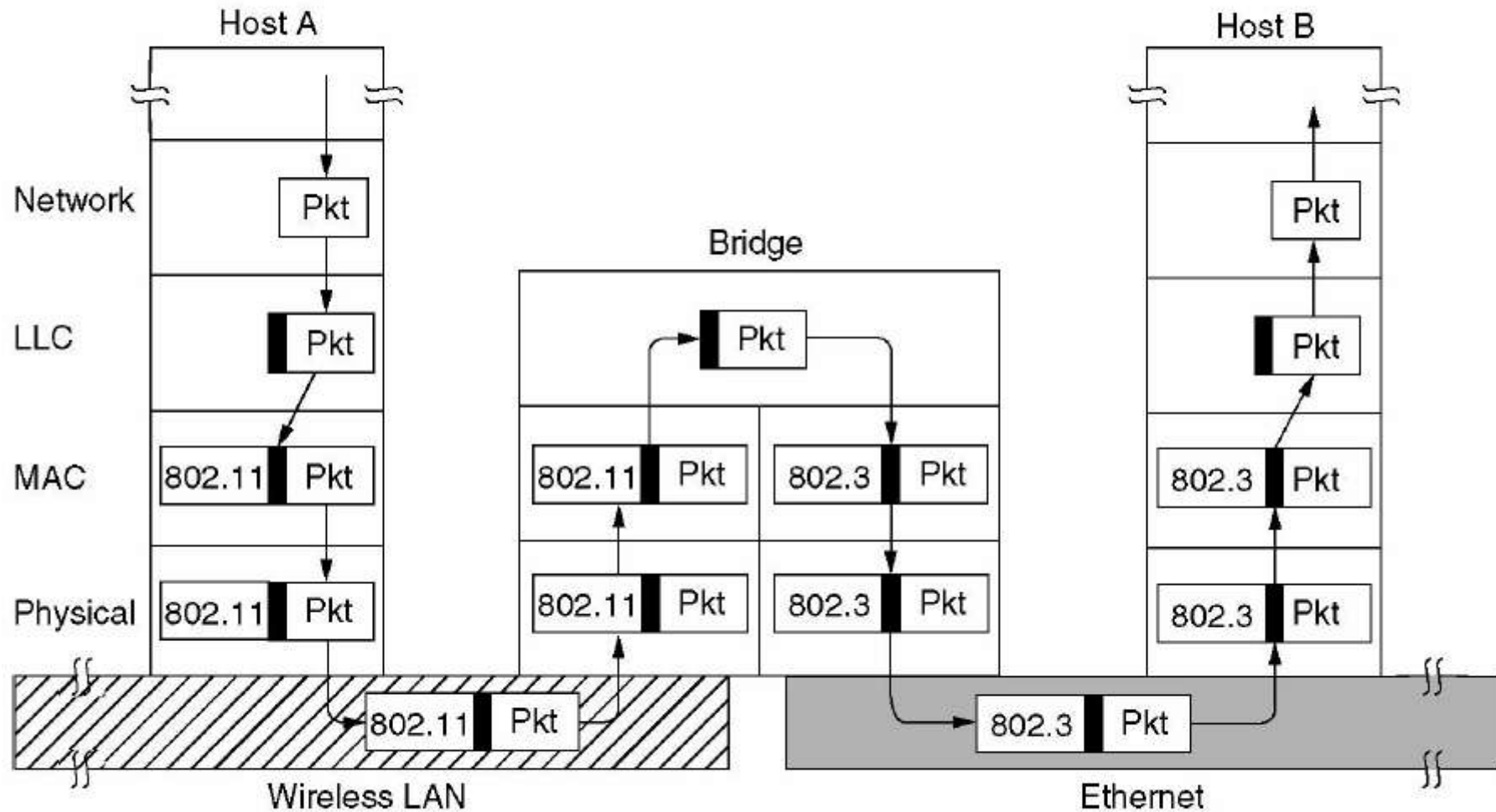
Γέφυρες



Γέφυρα

— Σύμφωνα με το πρότυπο 802.1, θα πρέπει να μπορεί κανείς να εγκαθιστά μια γέφυρα για να διασυνδέσει ορισμένα τοπικά δίκτυα, και αυτή να είναι σε θέση να λειτουργήσει αυτόματα, χωρίς να χρειάζεται να γίνει καμία απολύτως ρύθμιση, ενώ δεν θα πρέπει να επηρεάζεται και η λειτουργία των τοπικών δικτύων που διασυνδέονται μέσω της γέφυρας (transparent bridge)

Γέφυρες από 802.x σε 802.y



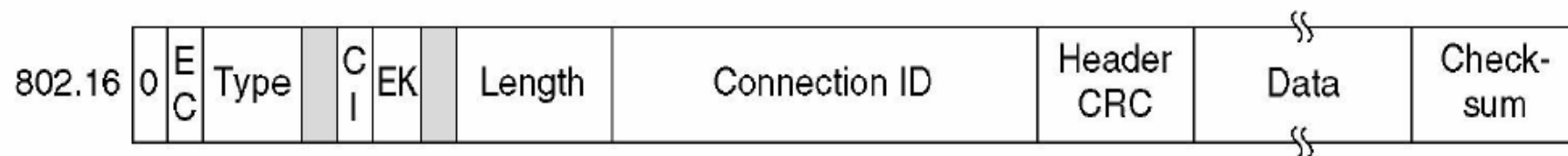
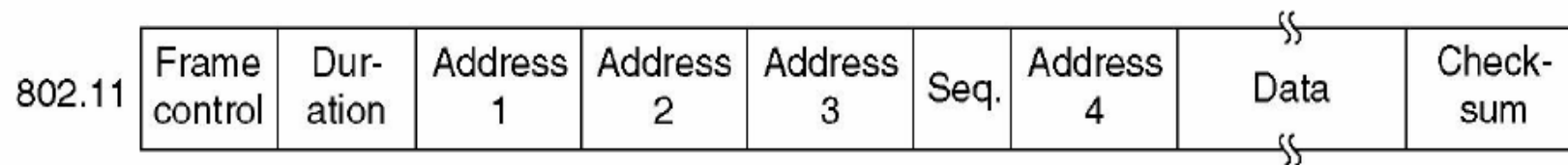
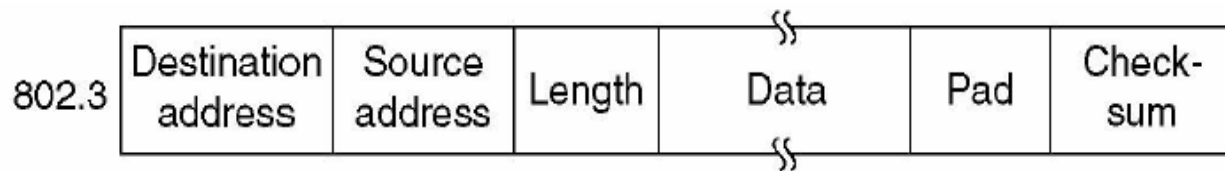
Λειτουργία μιας γέφυρας LAN από το 802.11 στο 802.3

«Άγνοια» πρωτοκόλλων

Η γέφυρα δε μεταφράζει από κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο υψηλού επιπέδου σε κάποιο άλλο. Αυτό είναι δουλειά των πυλών (gateways). Απλά αγνοεί το είδος της κίνησης που μεταφέρει, λειτουργώντας μόνο στο υπο-επίπεδο MAC

Η γέφυρα μπορεί να προκαλέσει χειρότερη απόδοση σε τοπικά δίκτυα αν δεν τοποθετηθεί σωστά. Η σωστή τοποθέτησή της όμως δεν είναι ιδιαίτερα δύσκολη υπόθεση (π.χ. δεν έχει νόημα να διαχωρίσεις χρήστες που επικοινωνούν τακτικά)

Το πρόβλημα των διαφορετικών μορφών πλαισίων...



Διαφανείς Γέφυρες (Transparent Bridges)

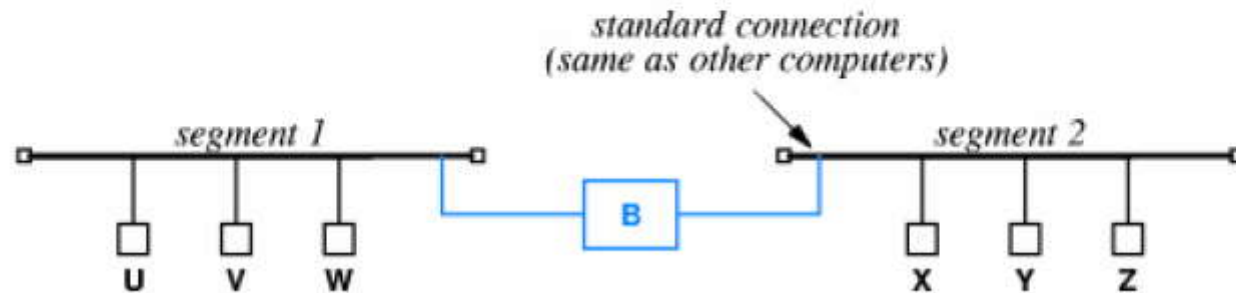
Οι βασικές λειτουργίες μιας 802.1 γέφυρας είναι η προώθηση και το φιλτράρισμα των πλαισίων

Μαθαίνει δυναμικά πληροφορίες φιλτραρίσματος πλαισίων (παρακολουθώντας τα πλαίσια που στέλνονται σε οποιοδήποτε από τα LAN τους)

Η διαδικασία δρομολόγησης ενός εισερχόμενου πλαισίου εξαρτάται από το LAN αφετηρίας και προορισμού

Με τον αλγόριθμο του επικαλύπτοντος δένδρου (spanning tree) εγκαθίσταται ένα μοναδικό μονοπάτι από ένα LAN σε ένα άλλο

Διαφανείς Γέφυρες (συνέχεια)



Event	Segment 1 List	Segment 2 List
Bridge boots	—	—
U sends to V	U	—
V sends to U	U, V	—
Z broadcasts	U, V	Z
Y sends to V	U, V	Z, Y
Y sends to X	U, V	Z, Y
X sends to W	U, V	Z, Y, X
W sends to Z	U, V, W	Z, Y, X

Διαφανείς Γέφυρες (συνέχεια)

Στο προηγούμενο σχήμα παρουσιάζεται η διαδικασία μάθησης μιας γέφυρας που συνδέει δύο τοπικά δίκτυα

Μόλις ξεκινήσει (boot) δεν γνωρίζει κανένα σταθμό, στη συνέχεια ο U στέλνει στον V (οπότε καταλαβαίνει από τη διεύθυνση πηγής ότι ο U είναι προσβάσιμος μέσω του δικτύου 1) και τον προσθέτει στη λίστα

Εφόσον δε γνωρίζει που βρίσκεται ο V θα μεταδώσει το πλαίσιο και στο δίκτυο 2, ενώ δε χρειάζεται. Στη συνέχεια στέλνει ο V στον U οπότε μαθαίνει ότι και ο V είναι προσβάσιμος μέσω του 1. Στη συνέχεια ότι πλαίσιο έρχεται για τον V ή το U από το 1 δε στέλνεται στο 2

Γέφυρες ή Μεταγωγείς;

Σε ένα ομοιογενές δίκτυο (όπου χρησιμοποιείται το ίδιο πρωτόκολλο υποεπιπέδου MAC σε όλα τα επιμέρους δίκτυα, π.χ. Ethernet) οι γέφυρες παύουν να έχουν νόημα

Σε τέτοια δίκτυα οι γέφυρες αντικαθίστανται από τους μεταγωγείς

Οι γέφυρες βρίσκονταν σε ευρεία χρήση παλαιότερα, σε οργανισμούς που προσπαθούσαν να διασυνδέσουν διαφορετικής τεχνολογίας τοπικά δίκτυα