

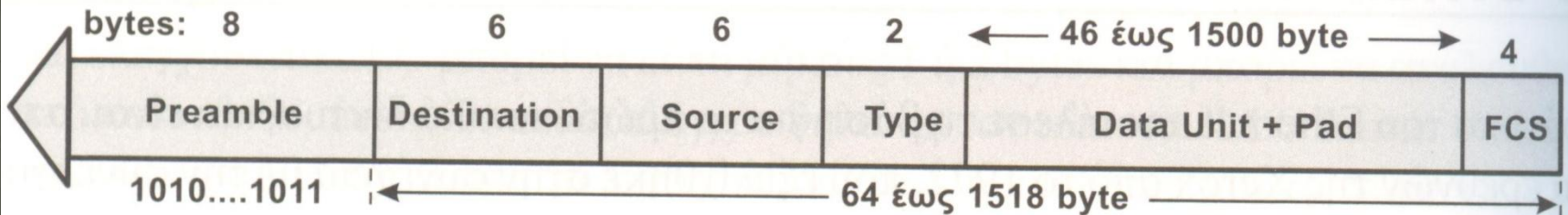
Τοπικά Δίκτυα
Local Area Networks
(LAN)
συνέχεια...

Το πλαίσιο του Ethernet

- ◆ Τα byte αποστέλλονται αντεστραμμένα στη γραμμή δηλ. ταξιδεύει πρώτο το LSB (least significant bit)
- ◆ Τα πεδία της αρχικής έκδοσης του Ethernet και της σημερινής μορφής του 802.3 έχουν μικρές διαφορές

Το πλαίσιο του Ethernet

A) ΠΛΑΙΣΙΟ ETHERNET



Το πλαίσιο του Ethernet

Preamble: πεδίο των 8 byte που χρησιμοποιείται για συγχρονισμό και αναγνώριση πλαισίου

- ◆ Έχει τη μορφή 10101010...1011
- ◆ Τα δύο τελευταία bit χρησιμοποιούνται από τον δέκτη για τον συγχρονισμό των byte που ακολουθούν

Το πλαίσιο του Ethernet

- ◆ Η εναλλαγή των bit διευκολύνει τον συγχρονισμό των κυκλωμάτων ανίχνευσης
- ◆ Το μεγάλο μέγεθος διευκολύνει τη μετάδοση μέσω πολλών επαναληπτών γιατί κατά τη μετάδοση μέσω ενός επαναλήπτη πολλά από τα αρχικά bit χάνονται έως ότου συγχρονιστεί ο επαναλήπτης

Το πλαίσιο του Ethernet

Destination και **Source** (address)
πεδία των 6 byte που προσδιορίζουν
μοναδικά την διεύθυνση του
παραλήπτη και του αποστολέα
(*Πλήρη ανάλυση στη συνέχεια*)

Το πλαίσιο του Ethernet

Type: πεδίο των 2 byte, αναφέρεται και ως Ethertype, προσδιορίζει τον τύπο του πρωτοκόλλου που χρησιμοποιείται στα ανώτερα επίπεδα

(π.χ. 0800h=IP, 0805h=X25, 0600h=XNS της XEROX, 8137h ή 8138h=IPX της Novell)

Η τιμή του πάντα μεγαλύτερη ή ίση του 0600h

Το πλαίσιο του Ethernet

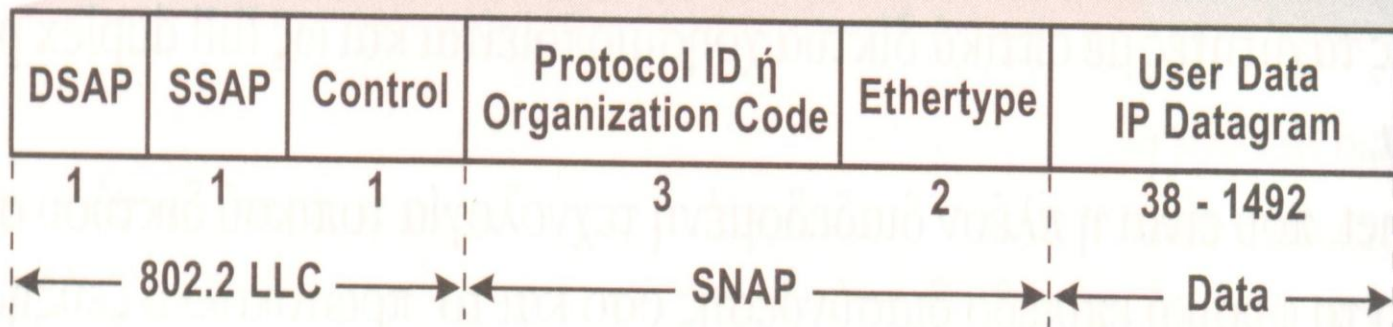
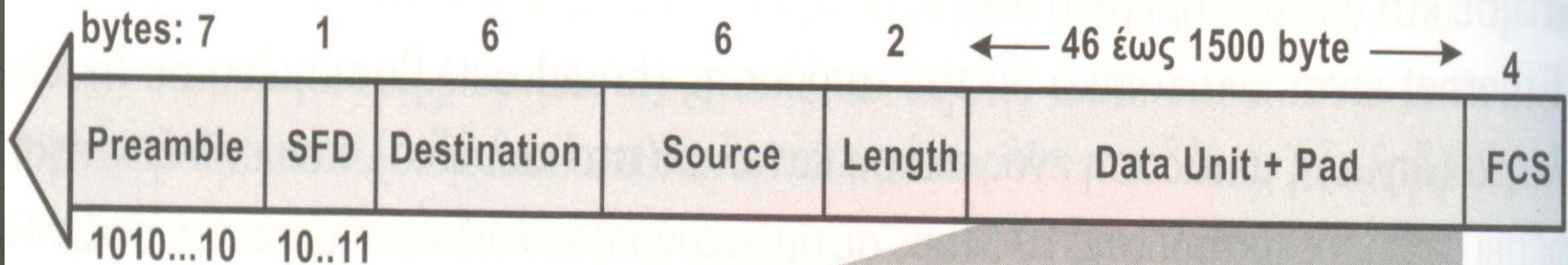
Data: πεδίο μεταβλητό με ελάχιστο μήκος 46 και μέγιστο 1500 bytes

FCS: πεδίο των 4 byte για την αναγνώριση σφαλμάτων που χρησιμοποιεί τον κώδικα CRC-32 ελέγχοντας τα πεδία των διευθύνσεων, type και data

Αν υπάρχει πρόβλημα ενημερώνονται τα πρωτόκολλα ανωτέρων επιπέδων

Το πλαίσιο του IEEE 802.3

B) ΠΛΑΙΣΙΟ IEEE 802.3



Το πλαίσιο του ΙΕΕΕ 802.3

- ◆ Η ΙΕΕΕ τυποποίησε το Ethernet στην επίσημη προδιαγραφή 802.3 τροποποιώντας ελαφρώς μερικά σημεία

Preamble: αποτελείται από 7 byte "10101010" ενώ το 8^ο είναι «10101011» και ονομάζεται Start Frame Delimiter

Το πλαίσιο του IEEE 802.3

- ◆ Ο συνδυασμός τους είναι ίδιος με το Ethernet και σηματοδοτεί την άφιξη του frame

Destination: αποτελείται πάλι από 6 byte (48 bit) και είναι η MAC address του σταθμού παραλαβής. Προαιρετικά έχει προβλεφθεί η δυνατότητα χρήσης μικρότερης διεύθυνσης των 2 byte

Το πλαίσιο του IEEE 802.3

Source: είναι η MAC address του αποστολέα με μήκος ίσο με τη διεύθυνση προορισμού δηλαδή 6 byte

Length: είναι στην ίδια θέση με το πεδίο type του Ethernet αλλά εδώ προσδιορίζει το μήκος των data σε bytes (max 1500)

Το πλαίσιο του ΙΕΕΕ 802.3

- ◆ Από την τιμή του διακρίνουμε το πλαίσιο αν είναι Ethernet ή 802.3
- ◆ Μπορούν να συνυπάρχουν στο ίδιο τοπικό δίκτυο σταθμοί Ethernet και σταθμοί 802.3

Data: πεδίο που αποτελείται από 46-1500 bytes. Το ελάχιστο μέγεθος του πλαισίου είναι 64 bytes. Τα άλλα πεδία είναι σταθερά, αυτό μεταβλητό

Το πλαίσιο του ΙΕΕΕ 802.3

- ◆ Η ΙΕΕΕ πριν την καθαρή πληροφορία προέβλεψε να υπάρχει προμετωπίδα του επιπέδου 802.2 LLC (DSAP, SSAP & Control)
- ◆ Δεδομένου ότι συχνά υπάρχει η ανάγκη πολύπλεξης περισσοτέρων του ενός πρωτοκόλλων ανωτέρων επιπέδων (π.χ. IP, UDP κ.λ.π.)

Το πλαίσιο του ΙΕΕΕ 802.3

- ◆ Στις περιπτώσεις που το πλαίσιο μεταφέρει πακέτα IP ακολουθεί ακόμη ένας header του πεδίου πληροφορίας (SubNetwork Access Protocol) συμβάλλοντας στην ενθυλάκωση IP πακέτων. Αποτελείται από το Protocol ID και το Ethertype. Τα πεδία DSAP=AAh SSAP=AAh Control=03h.

Το πλαίσιο του IEEE 802.3

- ◆ Απομένουν 38 byte ως ελάχιστο μήκος, ενώ αν η πληροφορία είναι μικρότερη συμπληρώνεται με 00h χαρακτήρες μέχρι το ελάχιστο μήκος σε byte όπως και στο Ethernet
- FCS:** όπως ακριβώς και στο Ethernet

MAC address

- ◆ Η μοναδική στον κόσμο διεύθυνση που έχει κάθε κάρτα δικτύου στο ηλεκτρονικό κύκλωμα της θύρας διασύνδεσης. Έχει μέγεθος 48 bit και είναι εργοστασιακά τοποθετημένη
- ◆ Η ταυτότητα αυτή είναι ηλεκτρονικά αναγνώσιμη και αποτελεί τη φυσική ταυτότητα κάθε μονάδας που συνδέεται σε ένα τοπικό δίκτυο

MAC address

- ◆ Αν ένας σταθμός έχει 2 κάρτες δικτύου έχει και δυο MAC address μια για κάθε κάρτα
- ◆ Οι τύποι είναι MAC-48, EUI-48 (Extended Unique Identifier), EUI-64
- ◆ Η ΙΕΕΕ έχει την παγκόσμια διαχείριση
- ◆ Με τα 48 bit εκτιμάται ότι θα κάλυπταν τις ανάγκες μέχρι το 2100 ενώ με τα 64 δια παντός...

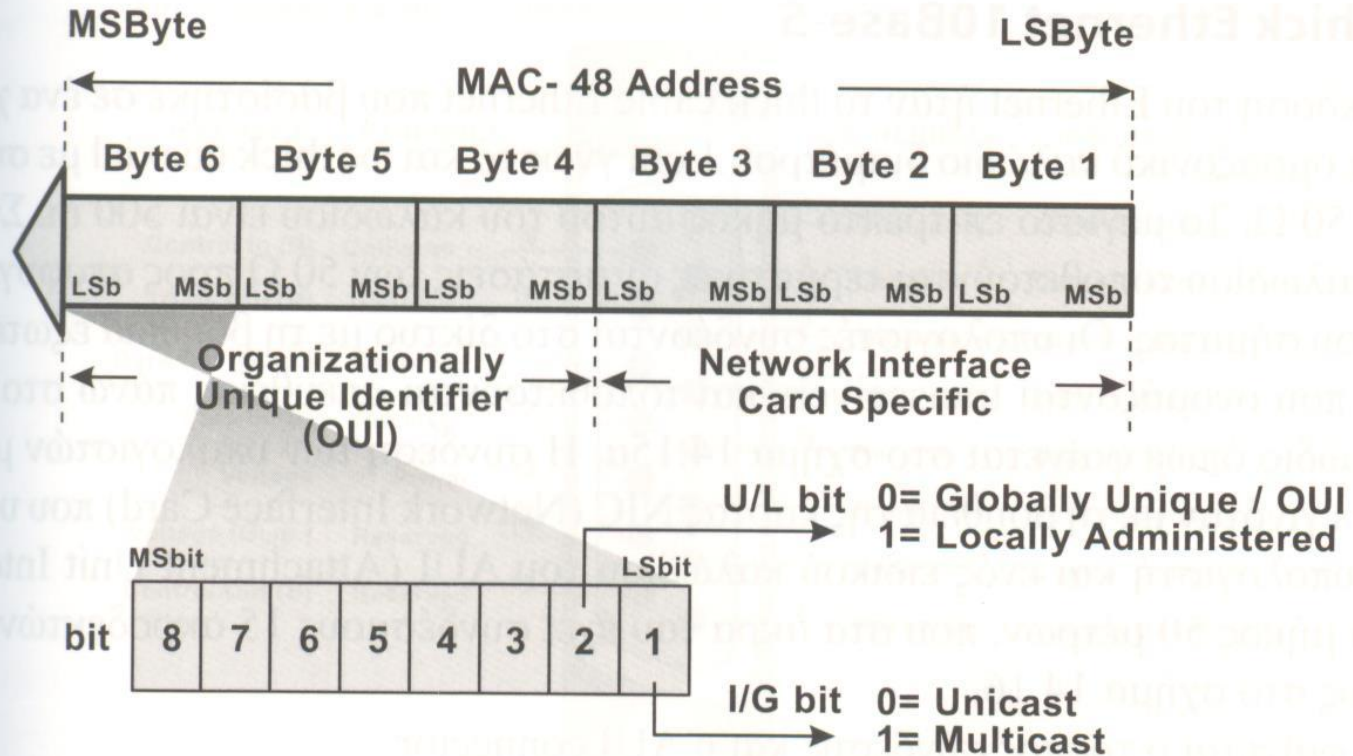
MAC address

- ◆ Από τα 48 bit, τα πρώτα 24 (3 οκτάδες) χορηγούνται από την ΙΕΕΕ για κάθε κατασκευαστή καρτών δικτύου (Network Interface Card) και αποτελούν την ταυτότητα της εταιρείας (Organizationally Unique Identifier)
- ◆ Τα υπόλοιπα 24 bit (για τα MAC-48 & EUI-48) χορηγούνται από τον κατασκευαστή

MAC address

- ◆ Στο EUI-64 τα bit είναι 40
- ◆ Κάθε κατασκευαστής μπορεί να κατασκευάσει 2^{24} (ή 2^{40}) διαφορετικές κάρτες (ακριβέστερα θύρες επικοινωνίας) = 16.777.216 ή 1.099.511.627.776
- ◆ Για περισσότερες κάρτες θα πρέπει να πάρει πρόσθετη διεύθυνση κατασκευαστή

MAC address



μα 14-14 Η φυσική διεύθυνση MAC-48 Address

MAC address

- ◆ Η ΙΕΕΕ προβλέποντας ότι ένας κατασκευαστής μπορεί να μην ακολουθήσει την ενιαία πολιτική διευθυνσιοδότησης, χαρακτήρισε το 2^ο bit από το τέλος της πιο σημαντικής 24αδας (ταυτότητα εταιρείας) ως U/L (universal/local).
- ◆ 0 σημαίνει ότι ακολουθεί παγκόσμια διευθυνσιοδότηση ενώ 1 σημαίνει αυθαίρετη

MAC address

- ◆ Το 1^ο bit (I/G) από το τέλος της πιο σημαντικής 24αδας διακρίνει αν το πλαίσιο απευθύνεται ένα αποδέκτη (unicast) ή σε ομάδα (multicast)
- ◆ Επειδή στο Ethernet τα bit κάθε οκτάδας αντιστρέφονται κατά την αποστολή (bit reversed) τελικά στο μέσο αποστέλλεται πρώτο το LSB σε κάθε byte της διεύθυνσης MAC

MAC address

- ◆ Για την παράσταση της MAC address χρησιμοποιείται η μορφή:

xx:xx:xx:hh:hh:hh ή

xx-xx-xx-hh-hh-hh

xx= τα byte του OUI σε hex μορφή

hh= τα byte της κάρτας σε hex μορφή

- ◆ Οι διευθύνσεις EUI-64 χρησιμοποιούνται στο IPv6

MAC address

- ◆ Με λογισμικό μετατρέπονται οι υπάρχουσες MAC-48 address σε EUI-64
- ◆ Η MAC address σχετίζεται με τη διεύθυνση IP με το πρωτόκολλο ARP (Address Resolution Protocol) σε IPv4 ενώ με το NDP (Neighbor Discovery Protocol) για το IPv6

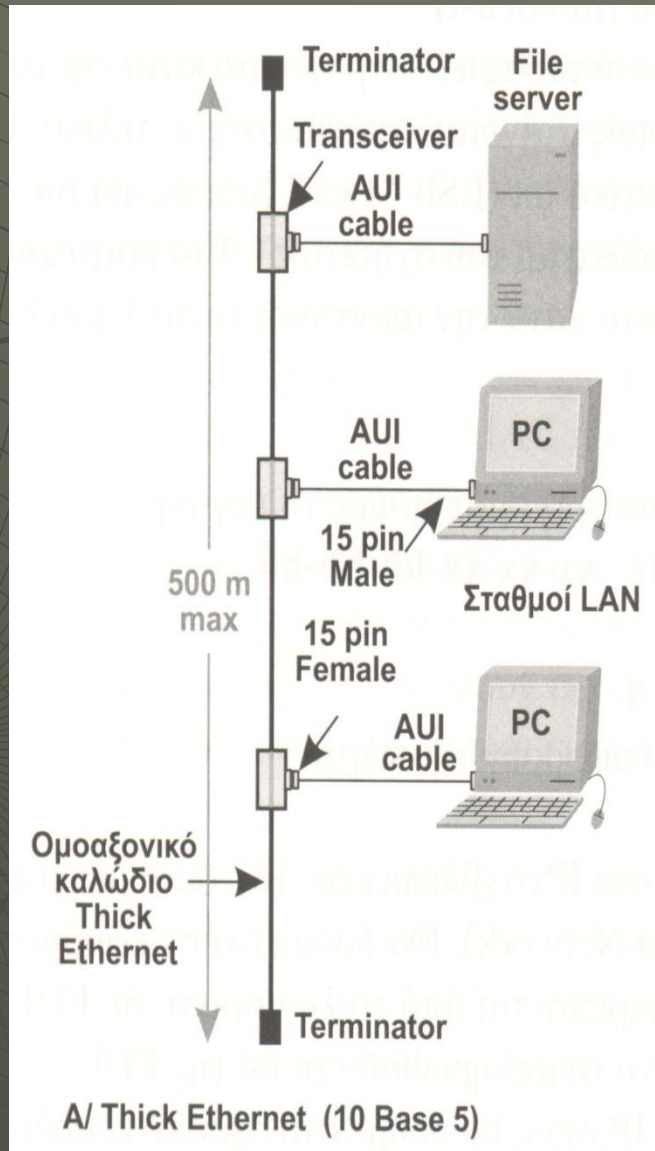
Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ Η πρώτη έκδοση ήταν το thick cable Ethernet που βασίστηκε σε ομοαξονικό καλώδιο διαμέτρου 1 cm (thick coaxial) με σύνθετη αντίσταση 50 Ω. Μέγιστο επιτρεπτό μήκος 500m
- ◆ Στα δύο άκρα τοποθετούνται τερματικές αντιστάσεις των 50 Ω για αποφυγή ανακλάσεων του σήματος

Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ Οι υπολογιστές συνδέονται στο δίκτυο με συσκευές που ονομάζονται transceivers και τοποθετούνται πάνω στο ομοαξονικό καλώδιο. Η σύνδεση των υπολογιστών (της κάρτας NIC) με τους transceivers γινόταν με ειδικό καλώδιο AUI (Attachment Unit Interface) με μέγιστο μήκος 50 μέτρων

Thick Ethernet 10Base-5



Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ Με τα 5 υλικά γινόταν η υλοποίηση του δικτύου
 - 1) ομοαξονικό καλώδιο 50 Ω
 - 2) τερματικές αντιστάσεις 50 Ω
 - 3) κάρτες δικτύου
 - 4) transceivers
 - 5) καλώδιο AUI

Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ NIC: υπήρχε σε κάθε σταθμό για να τον συνδέσει στο τοπικό δίκτυο. Η κάρτα εκτελεί όλες τις λογικές και φυσικές προσαρμογές στο Ethernet (π.χ. δημιουργία πλαισίου) και έχει μοναδική διεύθυνση MAC
- ◆ Transceiver: Το σημείο σύνδεσης κάθε σταθμού με το ομοαξονικό καλώδιο κορμού

Thick Ethernet 10Base-5

Δεν είναι μια απλή σύνδεση καθώς διαθέτει ηλεκτρονικά κυκλώματα που εκτός από την εκπομπή και λήψη σημάτων πάνω στο καλώδιο αναγνωρίζουν και πιθανή σύγκρουση δύο ή περισσότερων σημάτων. Μέχρι 100 μπορούν να τοποθετηθούν με απόσταση τουλάχιστον 2,5 μέτρα μεταξύ τους

Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ ΑΥΙ: ένα πολύπλοκο καλώδιο με μέγιστο μήκος 50 μέτρα που καταλήγει σε 15πολικά connector
- ◆ Για την επέκταση σε μεγαλύτερες αποστάσεις και περισσότερους σταθμούς απαιτείται και επαναλήπτης (repeater) που στην ουσία αποτελείται από 2 transceivers για τη σύνδεση δυο τμημάτων καλωδίου

Thick Ethernet 10Base-5

- ◆ Μέγιστος αριθμός επαναληπτών σύμφωνα με την ΙΕΕΕ ήταν 4 (μέγιστο μήκος 2,5 Km)
- ◆ Μέγιστος αριθμός σταθμών εργασίας ήταν 1024
- ◆ Λόγω κόστους και επειδή ήταν δύσχρηστο εγκαταλείφθηκε νωρίς αλλά αποτέλεσε τη βάση δημιουργίας των τοπικών δικτύων

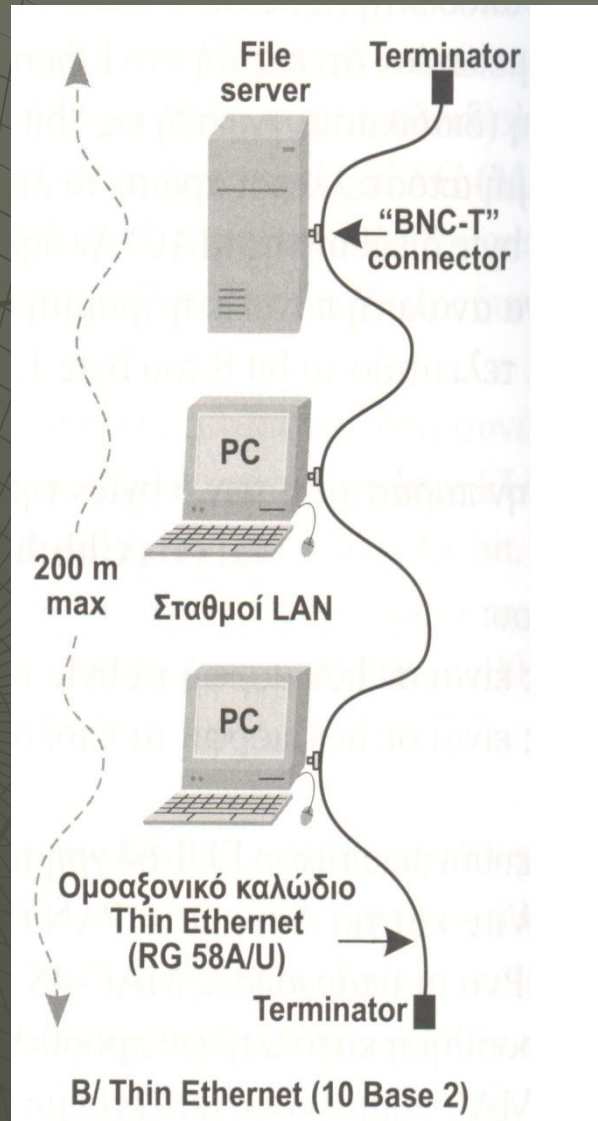
Thin Ethernet 10Base-2

- ◆ Αποτέλεσε βελτίωση του thick Ethernet καθώς μεταφέρθηκε η λειτουργία του transceiver στην κάρτα δικτύου NIC καταργώντας τον εξωτερικό transceiver και το καλώδιο AUI
- ◆ Ακολουθεί όλα τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του Ethernet

Thin Ethernet 10Base-2

- ◆ Χρησιμοποιεί ομοαξονικό καλώδιο μικρότερης διαμέτρου, εύκαμπτο και χαμηλότερου κόστους τύπου RG 58A/U των 50 Ω
- ◆ Η σύνδεση του υπολογιστή με το καλώδιο γίνεται με ομοαξονικό BNC connector τύπου "T" και συνδέεται απευθείας πάνω στην κάρτα NIC

Thin Ethernet 10Base-2



Thin Ethernet 10Base-2

- ◆ Μέγιστο μήκος για κάθε τμήμα ομοαξονικού καλωδίου είναι τα 185 μέτρα (σε σχέση με τα 500 του thick) λόγω της μικρότερης ταχύτητας του ηλεκτρομαγνητικού σήματος στο λεπτότερο καλώδιο και της μεγαλύτερης απόσβεσής του
- ◆ 30 σταθμοί το πολύ συνδέονται έναντι των 100 του thick ethernet

Thin Ethernet 10Base-2

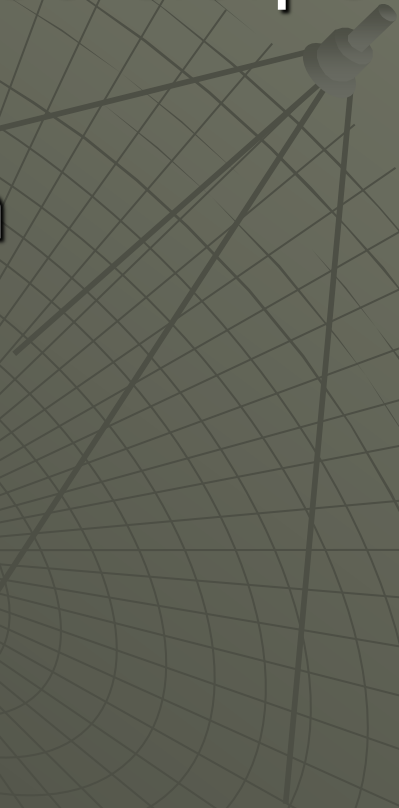
- ◆ Οι σταθμοί έπρεπε να απέχουν τουλάχιστον 0,5 μέτρα μεταξύ τους
- ◆ 5 τμήματα μπορούσαν να συνδεθούν σειριακά μεταξύ τους μέσω 4 επαναληπτών
- ◆ Μέγιστο μήκος δικτύου 925 μέτρα και πλήθος σταθμών 150
- ◆ Η χρήση του έχει εγκαταλειφθεί όπως και του thick

10Base-T (Twisted pair Ethernet)

- ◆ Μια ουσιαστική διαφορά της νέας μορφής είναι η υιοθέτηση της γεωγραφικής τοπολογίας αστέρα αντί της τοπολογίας bus με ομοαξονικό καλώδιο. Τώρα ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται τα συνεστραμμένα χάλκινα καλώδια UTP. Υπάρχει απλοποίηση της εγκατάστασης και μείωση του κόστους

10Base-T (Twisted pair Ethernet)

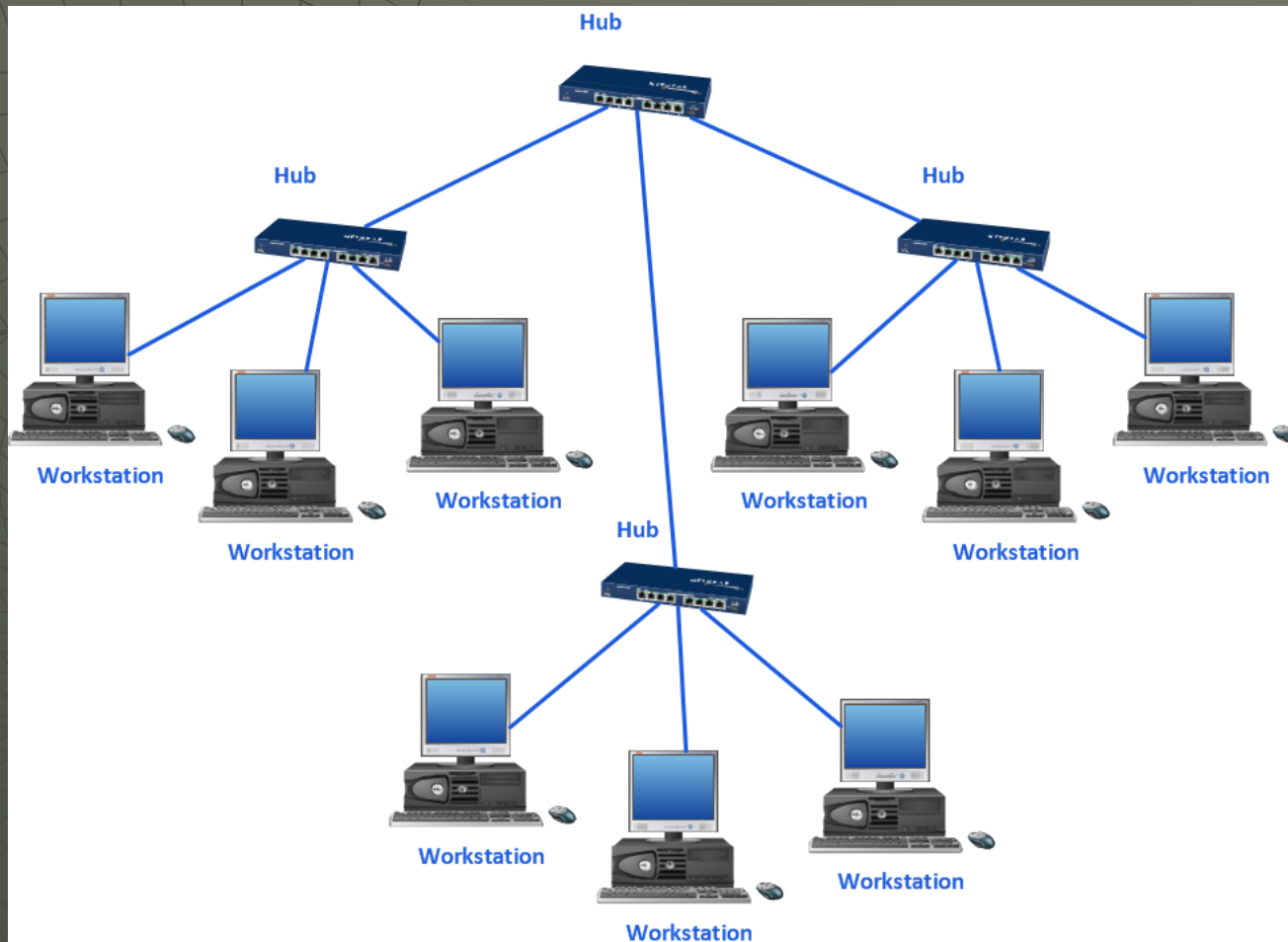
- ◆ Υπάρχουν δύο είδη υλοποιήσεων
 - A) με hub
 - B) με switch



Υλοποίηση με hub

- ◆ Στο κέντρο του αστέρα αρχικά χρησιμοποιήθηκαν συσκευές hub (για συγκέντρωση και κεντρική διασύνδεση όλων των σταθμών εργασίας). Κάθε σταθμός συνδέεται με το hub με ανεξάρτητο καλώδιο. Μεταγενέστερα τα hub αντικαταστάθηκαν από συσκευές συγκέντρωσης (switches)

Υλοποίηση με hub



Υλοποίηση με hub

- ◆ Στο 10Base-T χρησιμοποιούνται τα 2 από τα 4 ζεύγη καλωδίων UTP. Διαχωρίζεται έτσι το κοινό μέσο σε δύο κανάλια αντί του ενός στα ομοαξονικά.
- ◆ Ο διαχωρισμός των καναλιών εκπομπής και λήψης δεν επηρεάζει την επικοινωνία hub με κάθε σταθμό

Υλοποίηση με hub

- ◆ Η επικοινωνία είναι half duplex με τεχνική προσπέλασης CSMA/CD
- ◆ Τα σύρματα κάθε ζεύγους είναι συνεστραμμένα για να αποφεύγεται η παραδιαφωνία μεταξύ εκπομπής και λήψης.
- ◆ Μέγιστη απόσταση μεταξύ hub και σταθμούς εργασίας είναι 100 μέτρα

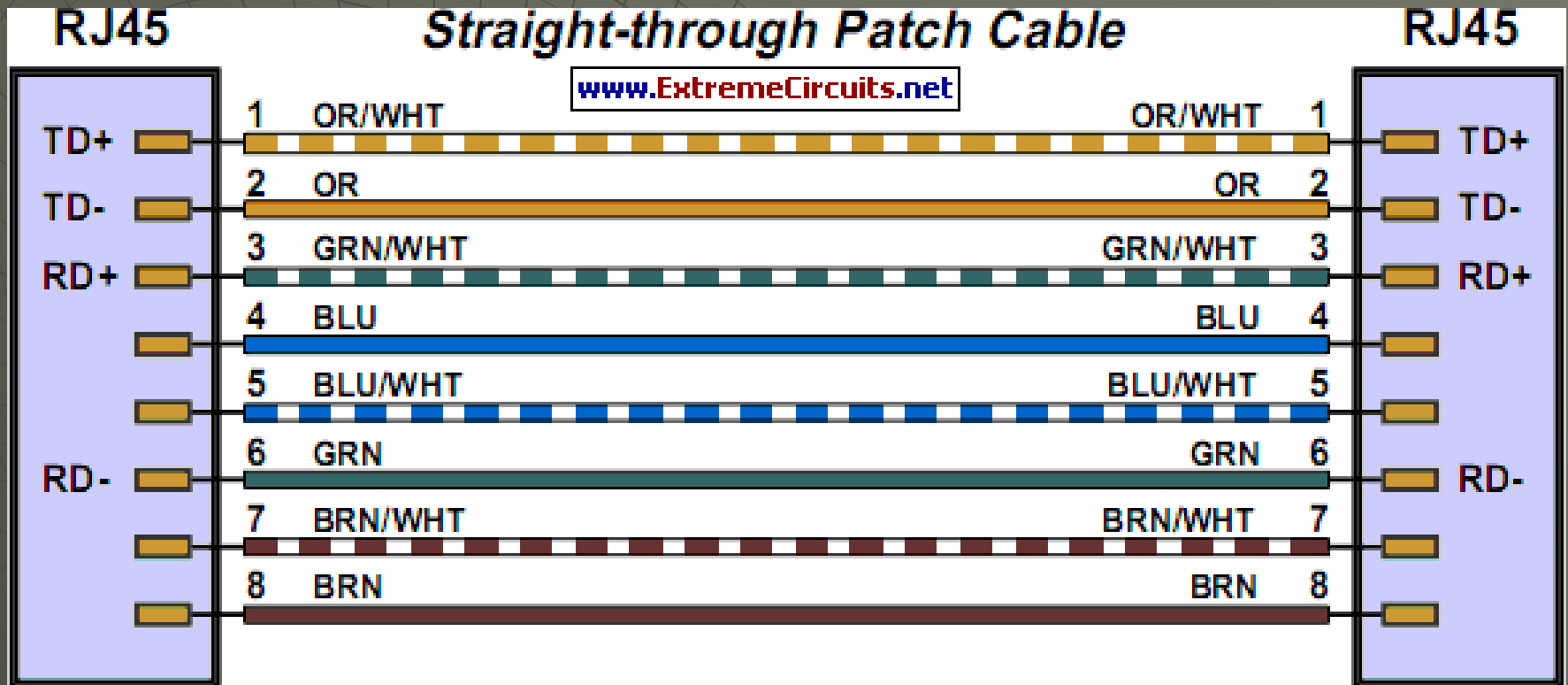
Υλοποίηση με hub

- ◆ Το hub μπορεί να έχει πολλές θύρες (4,8,12, 16, 24..) που υλοποιούνται με συνδέσμους RJ-45
- ◆ Το hub ενεργεί ως επαναλήπτης που όταν λαμβάνει δεδομένα από οποιονδήποτε σταθμό, τα στέλνει ταυτόχρονα (broadcast) σε όλους τους άλλους σταθμούς που είναι συνδεδεμένοι στις θύρες του

Υλοποίηση με hub

- ◆ Μπορούμε να συνδέσουμε σε ένα hub και άλλα hub σε ιεραρχική διάταξη
- ◆ Μέχρι τέσσερα hub σε μια ακολουθία, περιορισμός που προκύπτει σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ethernet (4 το πολύ σε σειρά επαναλήπτες)
- ◆ Η κάρτα NIC έχει ενσωματωμένο τον transceiver και συνδέεται και αυτή με σύνδεσμο RJ-45

Υλοποίηση με hub



Υλοποίηση με hub

- ◆ Όταν δεν υπάρχουν για αποστολή πλαίσια, κάθε πομπός στέλνει ανά 16 msec παλμούς ελέγχου απλής πολικότητας που ελέγχουν τη σύνδεση
- ◆ Κάθε δέκτης στις δύο άκρες του καλωδίου παρακολουθεί τους παλμούς και σε περίπτωση έλλειψης για διάστημα $> 100\text{msec}$ =πρόβλημα

Υλοποίηση με hub

- ◆ Οι παλμοί έχουν συγκεκριμένη πολικότητα και ο δέκτης λαμβάνοντάς τους ελέγχει αν η πολικότητα των καλωδίων είναι σωστή. Τα περισσότερα hub αλλά και NIC έχουν τη δυνατότητα αντιστροφής της πολικότητας για να αντιμετωπίσουν πιθανή λανθασμένη πολικότητα των καλωδίων σύνδεσης

Υλοποίηση με hub

- ◆ Πλεονέκτημα της υλοποίησης είναι η εύκολη προσθαφαίρεση σταθμών χωρίς να χρειάζεται η διακοπή λειτουργίας του δικτύου όπως στα Thick και Thin Ethernet
- ◆ Όπως και στο κλασικό Ethernet εμφανίζονται συγκρούσεις όταν δεδομένα από διαφορετικούς σταθμούς φτάνουν ταυτόχρονα στο hub

Υλοποίηση με hub

- ◆ Οι συγκρούσεις αντιμετωπίζονται με επανεκπομπή από τις κάρτες δικτύου των σταθμών εργασίας σύμφωνα με τις διαδικασίες CSMA/CD.
- ◆ Η επικοινωνία εξακολουθεί να είναι half duplex

Υλοποίηση με switches

- ◆ Η προηγούμενη υλοποίηση με hub εμφανίζεται ως μια «ενιαία περιοχή συγκρούσεων» (Collision domain) και γι αυτό δεν μπορούμε να υλοποιήσουμε δίκτυα μεγάλου πλήθους χρηστών χωρίς να αυξήσουμε τις συγκρούσεις
- ◆ Αυτός είναι ο λόγος που κατασκευάστηκαν τα switches

Υλοποίηση με switches

- ◆ Είναι συσκευές ως μετεξέλιξη των hub και λειτουργούν εσωτερικά ως γέφυρες β επιπέδου
- ◆ Ένα switch είναι μια γέφυρα με πολλαπλές θύρες και ως γέφυρα διαχωρίζει το δίκτυο σε περισσότερα τμήματα που το καθένα αποτελεί μικρότερη περιοχή συγκρούσεων

Υλοποίηση με switches

- ◆ Με τον τρόπο αυτό αυξήθηκε πολύ η αποδοτικότητα του δικτύου καθώς ελαχιστοποιήθηκαν οι συγκρούσεις
- ◆ Χρησιμοποιεί την ίδια γεωγραφική τοπολογία αστέρα και μπορεί να διασυνδέεται ελεύθερα με απλά hub, με σταθμούς εργασίας ή με άλλα switch

Υλοποίηση με switches

- ◆ Λόγω του ότι λειτουργεί ως γέφυρα, δεν υπάρχει ο περιορισμός των 4 επαναληπτών και συνεπώς μπορεί να αυξάνεται απεριόριστα η περίμετρος ενός δικτύου εφόσον κάθε τμήμα είναι μικρότερο των 100 μέτρων του UTP
- ◆ Όταν μια πόρτα αφιερώνεται αποκλειστικά για ένα σταθμό →

Υλοποίηση με switches

- ◆ → δεν υπάρχει η ανάγκη για μηχανισμό αναγνώρισης συγκρούσεων και η σύνδεση μπορεί να είναι full duplex
- ◆ Σημαντική βελτίωση της αποδοτικότητας στην εκμετάλλευση του καναλιού καθώς έχουμε 2 ταυτόχρονα κανάλια (εκπομπής και λήψης) των 10 Mbps

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Στα τέλη της δεκαετίας του 1980 ξεκίνησε η χρήση οπτικών ινών για να ξεπεραστούν τα όρια της απόστασης (100 m συνεστραμμένα ζεύγη και 500 ή 185 m τα ομοαξονικά). Η αρχή έγινε για σύνδεση μεταξύ hub ή switches
- ◆ Η χρήση της οπτικής ίνας έχει πολλά πλεονεκτήματα

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Ανεπηρέαστες από τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο, κεραυνούς, εσφαλμένες γειώσεις που είναι πολύ σημαντικό όταν συνδέονται κτίρια μεταξύ τους μέσω εξωτερικών αγωγών
- ◆ Με το πρότυπο του 1987 επέτρεψε την απόσταση μέχρι 1 km στη διασύνδεση επαναληπτών ή hub

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Το πλήθος των επαναληπτών παρέμεινε 4 καθώς και η συνολική διάμετρος του δικτύου τα 2,5 Km(FOIRL)
- ◆ Το 1993 η ΙΕΕΕ τυποποίησε την επικοινωνία με πολύτροπες ίνες (δύο των 62,5/125) για την βασική επικοινωνία του Ethernet (10Mbps, baseband, με τεχνική προσπέλασης CSMA/CD) σε full duplex

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Με αυτή την τυποποίηση διπλασιάστηκε η απόσταση στα 2 Km (μεταξύ επαναληπτών) επιτρέποντας στο κομβικό δίκτυο να επεκταθεί στα 4 Km χωρίς τη χρήση γεφυρών. Αποστάσεις μεγαλύτερες δεν μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με CSMA/CD λόγω της αδυναμίας ανίχνευσης έγκαιρα μιας σύγκρουσης

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Με αυτή την τυποποίηση μπορούσε να χρησιμοποιηθεί οπτική ίνα μεταξύ hub και NIC
- ◆ Η 10Base-FB είναι μόνο για διασύνδεση μεταξύ επαναληπτών ή hub
- ◆ Έτσι μπορούσαν να συνδεθούν μέχρι 15 επαναλήπτες σε σειρά αλλά κάθε σύνδεση μέχρι 2 Km

Fiber Ethernet (10Base-F)

- ◆ Αυτό επιτυγχάνεται με «σύγχρονη μετάδοση» που δεν έχει η 10Base-F που έχει «ασύγχρονη μετάδοση»
- ◆ Χάνονται bit συγχρονισμού από το header των πακέτων με αποτέλεσμα τον περιορισμό στο μέγιστο πλήθος των επαναληπτών εν σειρά
- ◆ Δεν χρησιμοποιείται πλέον έχοντας ταχύτητες της τάξης των Gbps

Fast Ethernet

- ◆ Στις αρχές της δεκαετίας του 1990 στην προσπάθεια ανάπτυξης ταχύτερου δικτύου δημιουργήθηκαν τεχνικές που είχαν ταχύτητες 100 Mbps όπως η 100Base-T
- ◆ Ξεπεράστηκε το πρόβλημα της μικρής χωρητικότητας έως 40% του δικτύου των 10Mbps (οι χρήστες είχαν μέση ταχύτητα μέχρι 4 Mbps)

100Base-T

- ◆ Με την νέα τυποποίηση IEEE 802.3u ως ενισχυμένη έκδοση του 10Base-T χρησιμοποιώντας CSMA/CD. Με αυτή τη συμβατότητα υπήρχε δυνατότητα σταθμοί των 10 και 100 Mbps να χρησιμοποιούν το ίδιο hub
- ◆ Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές που είχαν διαφορετική αποδοχή

100Base-T

- ◆ **100Base-TX** που επικράτησε με UTP κατηγορίας 5 και 10πλάσια ταχύτητα σε σχέση με το 10base-T. Η χρήση δύο ζευγών επιτρέπει full duplex επικοινωνία φθάνοντας έτσι τα 200 Mbps (100 εκπομπή+100 λήψη). Χρησιμοποιεί σύνδεσμο RJ-45, κώδικα μετάδοσης MLT-3 που είναι της μορφής PAM τριών επιπέδων

100Base-T

- ◆ Συγκεντρώνει την ενέργεια του σήματος στη ζώνη μέχρι τα 30 MHz ελαχιστοποιώντας την απόσβεση του σήματος αλλά και τις παρεμβολές. Τα hub και οι NIC έχουν αυτόματη ανίχνευση για ταχύτητες 10/100 Mbps ώστε να υπάρχει συμβατότητα
- ◆ Μέγιστη απόσταση τα 100 m αλλά μέγιστος αριθμός επαναληπτών 2

100Base-T

- ◆ **100Base-T4** για καλωδιώσεις UTP κατηγορίας 3. Δεν έχει full duplex επικοινωνία και γι αυτό στην πράξη έχει εγκαταλειφθεί
- ◆ **100base-T2** επιτυγχάνει full duplex επικοινωνία με χρήση 2 ζευγών ταυτόχρονα για εκπομπή και λήψη. Στην πράξη δεν υιοθετήθηκε ευρέως
- ◆ Με χρήση οπτικών ινών έχουμε:

100Base-T

- ◆ **100Base-SX** με 2 πολύτροπες ίνες στα 850 nm με εμβέλεια 550m συμβατή της 10Base-FL
- ◆ **100Base-FX** με 2 πολύτροπες ίνες των 62,5/125μm με connectors ST και SC. Κωδικοποιείται το σήμα με 4B/5B και στη συνέχεια εκπέμπεται με διαμόρφωση NRZI. Μέγιστη απόσταση σταθμού 100 m

100Base-T

Μέγιστη διάμετρος δικτύου 2 Km σε full duplex

- ◆ **100Base-BX** χρησιμοποιεί μόνοτροπη ίνα πολυπλέκοντας εκπομπή και λήψη γι αυτό οι πομποδέκτες στις δύο άκρες είναι διαφορετικοί. Επιτυγχάνει αποστάσεις 10,20 και 40 χιλιόμετρα

100Base-T

100Base-LX με 2 μονότροπες ίνες μια για εκπομπή και μια για λήψη με εμβέλεια έως 10 χιλιόμετρα

Gigabit Ethernet

- ◆ Η επόμενη έκδοση του Ethernet μετά το Fast Ethernet που προσφέρει ρυθμό μετάδοσης 1000 Mbps με full duplex σε UTP και οπτικές ίνες
- ◆ Η αρχική τυποποίηση IEEE 802.3z έγινε τον Ιούνιο του 1998 γνωστή ως **1000Base-X** με διάφορες παραλλαγές για οπτικές ίνες αρχικά

Gigabit Ethernet

- ◆ Το 1999 η τυποποίηση 802.3ab ήταν για καλώδια UTP κατηγορίας 5, 5e και 6 γνωστή **1000Base-T**
- ◆ Για να υπάρχει συμβατότητα με τις προηγούμενες εκδόσεις του Ethernet (όσον αφορά το πλαίσιο) αλλαγές μπορεί να γίνουν μόνο στο μέσο και τα χαρακτηριστικά μετάδοσης

Gigabit Ethernet

- ◆ Το 2004 η IEEE 802.3ah πρόσθεσε δύο πρότυπα (1000base-LX10 και 1000Base-BX10) για ίνες σε αποστάσεις 10Km επιτρέποντας πλέον το Ethernet να χρησιμοποιείται πλέον και σε δίκτυα πρόσβασης

Gigabit φυσικό επίπεδο

- ◆ Διάφορες εναλλακτικές για καλώδια χαλκού:

1000Base-T: Η πιο διαδεδομένη με καλωδίωση UTP κατηγορίας 5 (καλύτερα με 5e, 6, 7) για αποστάσεις έως 100m. Χρησιμοποιεί και τα 4 ζεύγη του UTP. Κωδικοποίηση με 8B1Q4 διαμόρφωση πλάτους 5 επιπέδων και TCM

Gigabit φυσικό επίπεδο

- ◆ Τα δεδομένα ανά 8 bit μοιράζονται στον πομπό σε 4 παράλληλα ρεύματα, κωδικοποιούνται και αποστέλλονται ταυτόχρονα και στα 4 ζεύγη με ρυθμό συμβόλων 125 Mbaud. Ο δέκτης πρέπει να τακτοποιήσει στη σειρά. Το κάθε ζεύγος επιτυγχάνει bit rate 250Mbps οπότε 1000Mbps στο σύνολο

Gigabit φυσικό επίπεδο

- ◆ Η εκπομπή και η λήψη σε κάθε ζεύγος γίνεται ταυτόχρονα με τεχνική echo cancellation. Καθώς η επικοινωνία είναι point to point, full duplex δεν υπάρχουν συγκρούσεις και δεν χρειάζεται η CSMA/CD !!!
- ◆ Για ιστορικούς λόγους όμως την υποστηρίζουν ως εναλλακτική

Gigabit φυσικό επίπεδο

1000Base-TX: Συχνά συγχέεται με την προηγούμενη αλλά έχει διαφορετικό πρότυπο και μόνο 2 ζεύγη προς κάθε κατεύθυνση για UTP κατηγορίας 6 ή 7. Στη πράξη δεν χρησιμοποιείται

1000Base-CX: Αφορά ειδικά διαξονικά STP με ειδικούς συνδέσμους DE-9 μέχρι 25m. Τείνει να εγκαταλειφθεί

Gigabit φυσικό επίπεδο

- 1000Base-KX**: Τμήμα της τυποποίησης 802.3ap. Για συνδέσεις σε backplane συσκευές με πλακέ χάλκινους αγωγούς για κοντινές αποστάσεις. Ένα ζεύγος για εκπομπή και ένα για λήψη με ταχύτητες 1,25Gbps
- ◆ Για μετάδοση με οπτικές ίνες η γενική κατηγορία είναι **1000Base-X**

Gigabit φυσικό επίπεδο

- ◆ Αφορά full duplex και υποδιαιρείται σε κατηγορίες ανάλογα με την ίνα και τον τρόπο εκπομπής

1000Base-SX: Η πιο δημοφιλής για εγκαταστάσεις εντός κτιρίων. Για πολύτροπες ίνες (62,5/125 μm) με φως μήκους κύματος 770-860 nm για αποστάσεις 220m ή έως 550 m με πολύτροπη ίνα 50/100 μm

Gigabit φυσικό επίπεδο

1000Base-LX: Για μονότροπη ίνα και απόσταση μέχρι 5Km ή πολύτροπη για απόσταση μέχρι 550m

1000Base-LX10: Παρόμοια με την προηγούμενη αλλά για απόσταση έως 10Km. Σχεδιάστηκε στο πρότυπο 802.3ah για τη χρήση του Ethernet σε δίκτυα πρόσβασης. Σε χρήση ως 1000Base-LX ή 1000Base-LH

Gigabit φυσικό επίπεδο

1000Base-EX: Είναι παρόμοια με την LX10 αλλά φθάνει σε αποστάσεις 40Km μέσω ζεύγους μονότροπης ίνας στα 1310nm

1000Base-BX10: Επικοινωνία με μια μονότροπη με μήκος κύματος 1490nm προς μια κατεύθυνση και 1310nm προς της άλλη για 10Km. Οι οπτικοί πομποδέκτες εκπέμπουν σε διαφορετικό λάμδα

Gigabit φυσικό επίπεδο

1000Base-ZX: Για μονότροπες ίνες με μήκος κύματος 1550nm και για απόσταση μέχρι 70 Km. Χωρίς επίσημη τυποποίηση αλλά χρησιμοποιείται από κατασκευαστές. Υπάρχει και η **1000Base-EZX** που φθάνει τα 120Km

- ◆ Η κωδικοποίηση στις προηγούμενες μορφές είναι 8B/10B

Gigabit φυσικό επίπεδο

- ◆ Τα 8 bit χρήσιμης πληροφορίας μετατρέπονται σε 10 bit προς μετάδοση. Επομένως 1000Mbps χρήσιμης μετάδοσης αντιστοιχεί σε 1250Mbps μετάδοσης στο καλώδιο
- ◆ Η υλοποίηση σε υψηλές ταχύτητες γίνεται μόνο με χρήση switch που παρέχουν την δυνατότητα διασύνδεσης σε διαφορετικές ταχύτητες

Gigabit επίπεδο MAC

- ◆ Χρησιμοποιείται η ίδια δομή πλαισίου με μικρές ίσως τροποποιήσεις που έχουν σχέση με τη διαδικασία μετάδοσης και ελέγχου ροής παρά με τη μορφή του πλαισίου
- ◆ Το ελάχιστο όριο των 64byte είναι γιατί δεν μπορεί η μετάδοση να είναι μικρότερη από το παράθυρο συγκρούσεων για να γίνονται αντιληπτές

Gigabit επίπεδο MAC

- ◆ Στα 10 Mbps για 64 byte είχαμε $\text{max}=2500\text{m}$. Στα 100 Mbps $\text{max}=200\text{m}$. Στα 1000 Mbps έπρεπε να είναι 20 που είναι **πρόβλημα...**
- ◆ Με το **Carrier Extension** σαν τροποποίηση του MAC διατηρήθηκε η απόσταση στα 200m.
- ◆ Κάθε φορά που ένας σταθμός θέλει να εκπέμψει πλαίσιο <512 bits \rightarrow

Gigabit επίπεδο MAC

→ Το επίπεδο MAC του σταθμού προσθέτει bit για να φθάσει τα 512 παρακολουθώντας ταυτόχρονα τις συγκρούσεις. Ο σχεδόν 10πλασιασμός (64->512) επιτρέπει τη διατήρηση των 200m. Τα μικρά πλαίσια όμως έχουν έτσι μη χρήσιμα bit και έτσι μειώνεται η πραγματική διαμετακομιστική ικανότητα (throughput)

Gigabit επίπεδο MAC

- ◆ Στην ακραία περίπτωση που όλα τα πλαίσια είναι μικρά, τότε το throughput του δικτύου πέφτει στα $(64/512)*1000=125\text{Mbps}$ λίγο παραπάνω από το Fast Ethernet
- ◆ Με το Frame Bursting, (μια δεύτερη τροποποίηση που έγινε στο επίπεδο MAC) διορθώνεται το προηγούμενο μειονέκτημα

Gigabit επίπεδο MAC

- ◆ Όταν ένας σταθμός έχει να εκπέμψει πολλαπλά μικρά πλαίσια, το επίπεδο MAC φροντίζει για τη διαδοχική εκπομπή τους χωρίς την απαίτηση για έλεγχο CSMA/CD στο καθένα, με αποτέλεσμα τη δραματική μείωση της καθυστέρησης μεταξύ πλαισίων, βελτιστοποιώντας την εκμετάλλευση του μέσου

10Gigabit Ethernet

- ◆ Το 2002 η τυποποίηση 802.3ae υποστηρίζει την εξέλιξη του Ethernet με ρυθμό μετάδοσης 10Gbps. Το 10 Gigabit Ethernet εμφανίζεται και σαν 10GE, 10 GbE ή 10GigE
- ◆ Διαφέρει σε σχέση με τα προηγούμενα (10,100,1000 Mbps) γιατί λειτουργεί κυρίως με οπτικές ίνες, point to point και full duplex

10Gigabit Ethernet

- ◆ Παραλλαγές για χάλκινα καλώδια είναι για μικρές αποστάσεις ή ιδιαίτερων απαιτήσεων
- ◆ Δεν υποστηρίζεται CSMA/CD ούτε υλοποίηση με hubs
- ◆ Από το 2002 μέχρι το 2008 η τυποποίηση 802.3ae εμπλουτίστηκε με διάφορους τύπους ανάλογα με την υλοποίηση

10Gigabit Ethernet

- ◆ Σε οπτικές ίνες έχουμε:

10GBaseSR: για πολύτροπες ίνες σε μικρές αποστάσεις 26-82m (Short Range) με 850 nm. Με καλύτερης ποιότητας ίνες μπορεί να φτάσει τα 400m. Έχει εμπορική επιτυχία

10GBaseLX4: με πολύπλεξη WDM φθάνει τα 240-300m σε πολύτροπες ενώ τα 10 Km με μονότροπη ίνα

10Gigabit Ethernet

10GBaseLR, 10GBaseER:

υποστηρίζουν αποστάσεις 10-40 Km με μονότροπη ίνα

10GBaseSW, 10GBaseLW,

10GBaseEW: για λειτουργίες σε συσκευές WAN τύπου SDH σε ταχύτητες τύπου STM

10GBaseLRM: υποστηρίζει 220m σε πολύτροπες και 300m σε μονότροπη

10Gigabit Ethernet

- ◆ Σε καλώδια χαλκού έχουμε:
 - 10GBaseT**: το πρότυπο 802.3an που εκδόθηκε το 2006 για UTP μέχρι 100m. Απαιτεί καλώδιο κατηγορίας 6a αλλά έχει μεγάλη κατανάλωση
 - 10GBaseCX4**: το 2004 εκδόθηκε το πρότυπο 802.3ak για συνδέσεις μέχρι 15m με μικρό κόστος αλλά καλώδια χοντροκομμένα και interface XAUI

10Gigabit Ethernet

- 10GBaseCR**: γνωστό και ως **10GBaseCX** ή **10GSPF+Cu** που χρησιμοποιεί τον σύνδεσμο SPF+ Direct Attach και διαξονικό καλώδιο χαλκού μικρής απόστασης 7 m
- ◆ Για διασυνδέσεις back plane σε routers, blade servers κλπ. έχουμε:
- 10GBaseKX4**: σύμφωνα με το πρότυπο 802.3ap βασισμένο στο 10BaseCX4

10Gigabit Ethernet

- 10GBaseKR:** περιγράφεται επίσης στο 802.3ap αλλά βασίζεται στην κωδικοποίηση του 10GbaseLR. Προτιμάτε περισσότερο και καλύπτει μέχρι 1m σε τυπωμένα κυκλώματα
- ◆ Σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.3ae το φυσικό επίπεδο διαχωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα. Το Physical Media Dependent (PMD)

10Gigabit Ethernet

- ◆ Το Physical Coding Sublayer (PCS) στο οποίο γίνεται η κωδικοποίηση σήματος για τη μετάδοση καθώς και η πολύπλεξη ανωτέρων επιπέδων
- ◆ Το PCS προσδιορίζεται σε δύο τύπους. Το LAN PHY και το WAN PHY
- ◆ Εδώ το Ethernet από πρωτόκολλο τοπικού δικτύου έχει νέο ρόλο ως πρωτόκολλο μετάδοσης για WAN

10Gigabit Ethernet

- ◆ Για απόσταση μέχρι 40 Km με μονότροπη ίνα
- ◆ Παρουσιάζεται πλέον η δυνατότητα το Ethernet να χρησιμοποιηθεί σε δίκτυα LAN, MAN, WAN ως μία ενιαία τεχνική από άκρο σε άκρο στο 2^ο επίπεδο του OSI
- ◆ Στην πράξη μπορεί ένα πακέτο να ταξιδέψει χωρίς καμία μετατροπή πρωτοκόλλου

10Gigabit Ethernet

- ◆ Συγκρίνοντας με τις προηγούμενες εκδόσεις έχουμε:
- ◆ *Ίδια δομή του πλαισίου* (έτσι δεν απαιτούνται τροποποιήσεις πρωτοκόλλων)
- ◆ *Δεν υπάρχουν συγκρούσεις* (δεν απαιτείται CSMA/CD)
- ◆ *Συμβάλλει τα μέγιστα στην ενοποίηση LAN, MAN, WAN* (αφορά το 2^ο OSI)

10Gigabit Ethernet

- ◆ Με μικρό μέγεθος πακέτου έχουμε πλεονέκτημα σε γραμμές που βάζουν πολλά σφάλματα και απαιτούν επανεκπομπές
- ◆ Με τη χρήση οπτικών ινών και Gigabit Ethernet η πιθανότητα σφάλματος έχει μειωθεί σημαντικά
- ◆ Έχει γίνει θέμα πλέον να αυξηθεί το μέγεθος του πλαισίου Ethernet

10Gigabit Ethernet

- ◆ Ο τεμαχισμός σε μικρότερα πακέτα και η επανασυγκόλληση στη λήψη, απαιτεί επεξεργαστική ισχύ λόγω των πολλών Interrupts που στέλνονται στη CPU
- ◆ Το μέγιστο πλαίσιο είναι 1500 bytes και όταν εμφανιστεί κάτι μεγαλύτερο αυτό απορρίπτεται από τους δέκτες
- ◆ Πρόταση για *Jumbo Ethernet frames*

10Gigabit Ethernet

- ◆ Μέγιστο μέγεθος 9000 bytes όμως δεν έχει τυποποιηθεί από την 802.3 για λόγους συμβατότητας
- ◆ Αρκετοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν πλαίσια διαφόρων MTU (4470, 9180, 9192 κ.λ.π.) ή ακόμα και *Super Jumbo frames* έως 64000 bytes

40 & 100 Gigabit Ethernet

- ◆ Το 2007 ξεκίνησε η προσπάθεια για 40 και 100 Gbps με τη τυποποίηση 802.3ba που δημοσιεύτηκε το 2010
- ◆ Η τυποποίηση σκοπό έχει καλύψει με ενιαία αρχιτεκτονική και τις δύο ταχύτητες σε διάφορες αποστάσεις με ίνα και μικρές αποστάσεις με χαλκό ή πάνω σε backplane συσκευών

40 & 100 Gigabit Ethernet

- ◆ Για τα 40 Gbps έχουμε:

40GBase-SR4 (Sort Range): για πολύτροπη ίνα με laser εκπομπή στα 850 nm. Χρησιμοποιεί 4 ίνες των 10Gbps για εκπομπή και άλλες 4 για λήψη. Για αποστάσεις 100m σε ίνες τύπου OM3 ενώ 150m σε ίνες OM4

40GBase-LR4 (Long Range): για ίνα μονότροπη 1300nm με laser

40 & 100 Gigabit Ethernet

- ◆ Πολυπλέκει 4 μήκη κύματος πάνω στην ίνα που το καθένα έχει 10 Gbps για αποστάσεις 10 Km

40GBase-ER4 (Extended Range):
παρόμοια με την προηγούμενη αλλά με μεγαλύτερη ισχύ εκπομπής και ευαισθησία δέκτη ώστε να αυξηθεί η εμβέλεια στα 40Km

40 & 100 Gigabit Ethernet

40GBase-FR: ακολουθεί την 802.3bg για μονότροπη ίνα με laser στα 1500 αλλά και 1300 nm. Σειριακά σε ένα μόνο κανάλι για απόσταση 2 Km

40GBase-T: ακολουθεί την 802.3bg για UTP κατηγορίας 8. Χρησιμοποιεί και τα 4 ζεύγη με μέγιστη απόσταση τα 30m

40 & 100 Gigabit Ethernet

- ◆ Για τα 100 σχεδιάζονται:

100GBase-SR10: με 10 πολύτροπες ανά κατεύθυνση των 10Gbps έως 150m

100GBase-SR4: με 4 πολύτροπες ανά κατεύθυνση των 25 Gbps

100GBase-LR4: με 1 μονότροπη και πολύπλεξη 4 WDM των 25 Gbps για 10Km

40 & 100 Gigabit Ethernet

100GBase-ER4: με 1 μονότροπη και πολύπλεξη 4 WDM των 25 Gbps για 30-40Km

100GBase-PSM4: με 4 μονότροπες των 25 Gbps για 500m

100GBase-ZR: με 1 μονότροπη ίνα στα 1547 nm και 120 Gbps για 70+ Km

◆ Όλες οι τυποποιήσεις διατηρούν →

40 & 100 Gigabit Ethernet

- Τη μορφή του πλαισίου, το ελάχιστο και μέγιστο μέγεθος, μόνο για full duplex και κωδικοποίηση 64b/66b
- ◆ Τα 100Gbps απαιτούν πολύπλεξη οπτικών πομποδεκτών στα 25 Gbps και εμφανίζει αρκετές δυσκολίες τόσο σε οπτικό όσο και ηλεκτρικό επίπεδο λόγω των πολύ υψηλών συχνοτήτων σε σχέση με τη βατή των 10Gbps

40 & 100 Gigabit Ethernet

- ◆ Το 2015 η τυποποίηση 802.3bj τυποποιεί και διάφορα interfaces για backplanes σε κόμβους υψηλής ταχύτητας (40-100 Gbps) καθώς και μετάδοση μικρού μήκους για τοπικές διασυνδέσεις συσκευών μέσω διαξονικών χάλκινων καλωδίων

Metro Ethernet

- ◆ Metropolitan Ethernet η επέκταση από τοπικό δίκτυο σε ευρύτερες περιοχές. Προσδιορίζει τη λειτουργία συνδέσεων με τεχνολογία Ethernet μέσω ενός μητροπολιτικού δικτύου οπτικών ινών. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να ενωθούν σε ένα δίκτυο σταθμοί εργασίας από διαφορετικές περιοχές μια πόλης

Metro Ethernet

- ◆ Η υπηρεσία χορηγείται συνήθως από παρόχους και λειτουργούς δικτύων οπτικών ινών σε μια πόλη. Λειτουργεί ως εναλλακτική μέθοδος πρόσβασης αντί μισθωμένων γραμμών με μεγάλο ρυθμό μετάδοσης και χαμηλότερο κόστος
- ◆ Απαιτεί υποδομή οπτικών ινών και χρησιμοποιείται από εταιρικά δίκτυα

Metro Ethernet

- ◆ Στην πράξη παρέχονται ταχύτητες από 2 Mbps-1Gbps ενώ το μεγάλο πλεονέκτημα είναι ότι οι αλλαγές στις ταχύτητες γίνονται πολύ εύκολα αφού πρόκειται για ένα δίκτυο με διασύνδεση στο χρήστη σε ένα switch
- ◆ Ένα τέτοιο δίκτυο έχει τη δική του ιεραρχία με δίκτυο κορμού, διανομής και προσπέλασης

Metro Ethernet

- ◆ Για την ανάπτυξη και τυποποίηση έχει δημιουργηθεί το Metro Ethernet Forum από το 2001 μεταξύ παρόχων και κατασκευαστών για την επίλυση θεμάτων του Metro Ethernet