



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Τοπικά δίκτυα



- Τοπικό δίκτυο Ethernet και οι διάφορες τεχνολογίες υλοποίησής του
- Τρόποι διασύνδεσης τμημάτων LAN



Περιεχόμενα

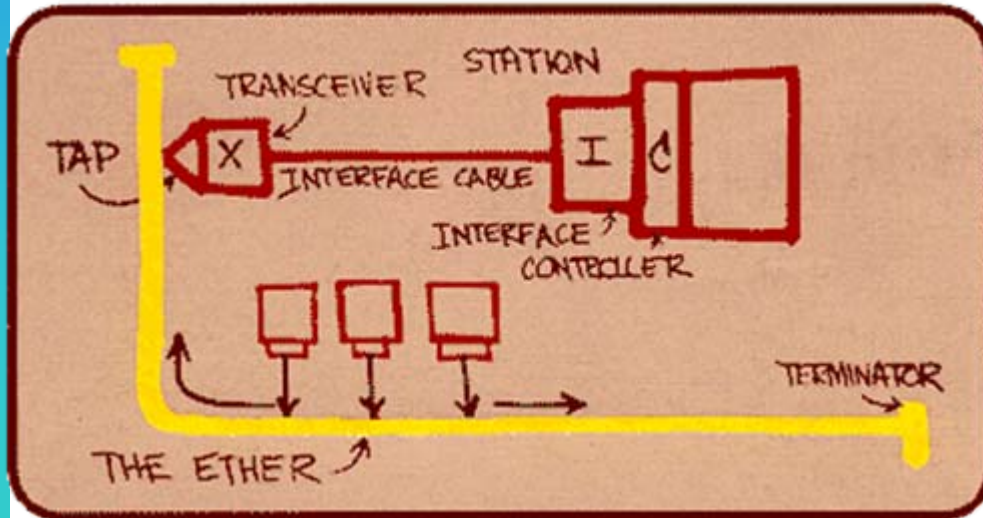
- Ethernet
 - Βασικά στοιχεία
 - Πρωτόκολλο CSMA/CD
 - Τεχνολογίες
- Διασύνδεση τμημάτων LAN
 - Επαναλήπτες
 - Γέφυρες
 - Hub
 - Μεταγωγείς

Ethernet



Η "επικρατέστερη" τεχνολογία LAN:

- η πρώτη τεχνολογία LAN που χρησιμοποιήθηκε ευρέως
- φθηνή τεχνολογία
- απλούστερη και φθηνότερη από τα LAN με σκυτάλη και τα ATM-LAN
- χρησιμοποιεί πρωτόκολλο CSMA/CD
- ταχύτητες μετάδοσης: 10, 100Mbps, 1Gbps (και 10Gbps)

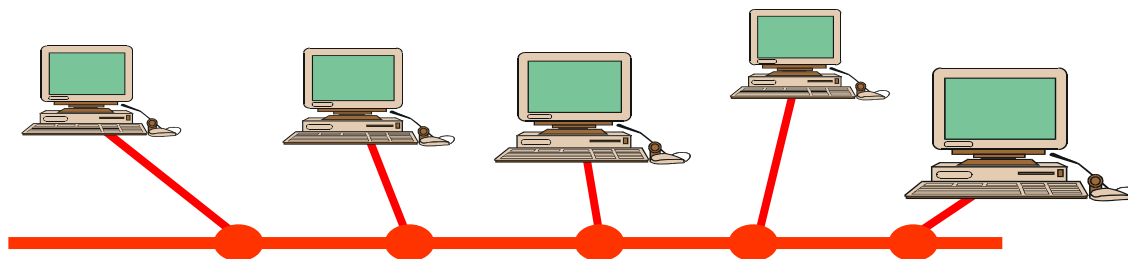


Το πρώτο σκαρίφημα του Metcalfe που οδήγησε στο Ethernet 10Base5

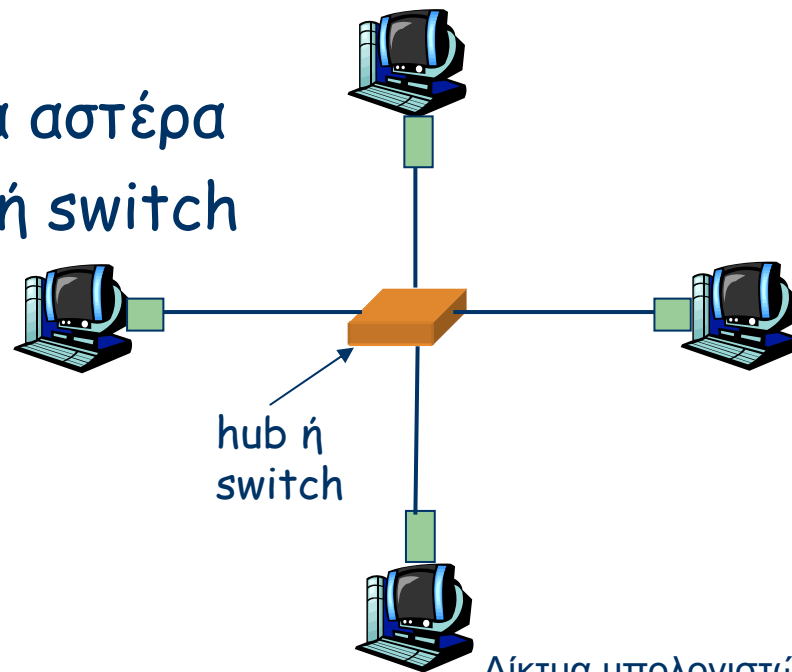


Τοπολογία αστέρα

- Η τοπολογία αρτηρίας ήταν δημοφιλής μέχρι τα μέσα της δεκαετίας 1990



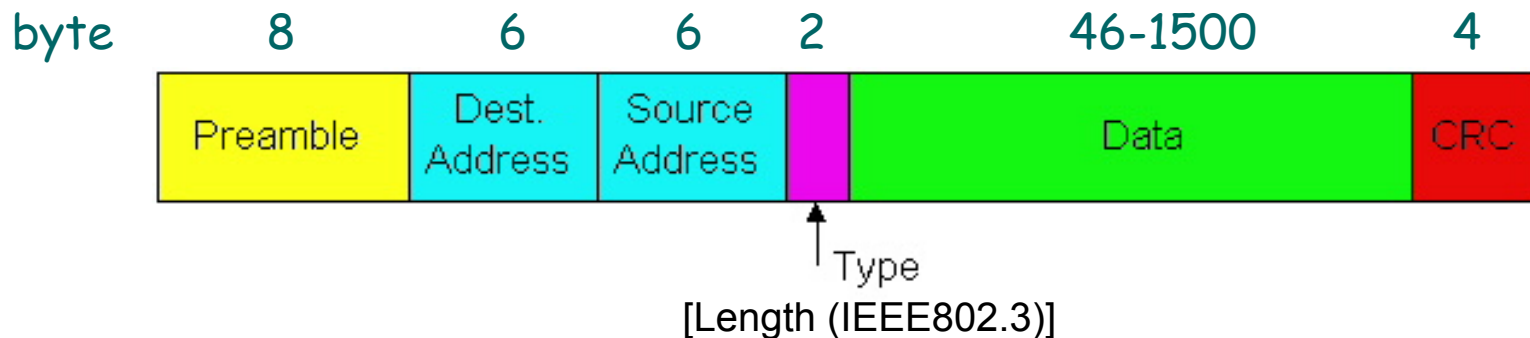
- Τώρα επικρατεί η τοπολογία αστέρα
- Επιλογές διασύνδεσης: hub ή switch



Δομή πλαισίου Ethernet



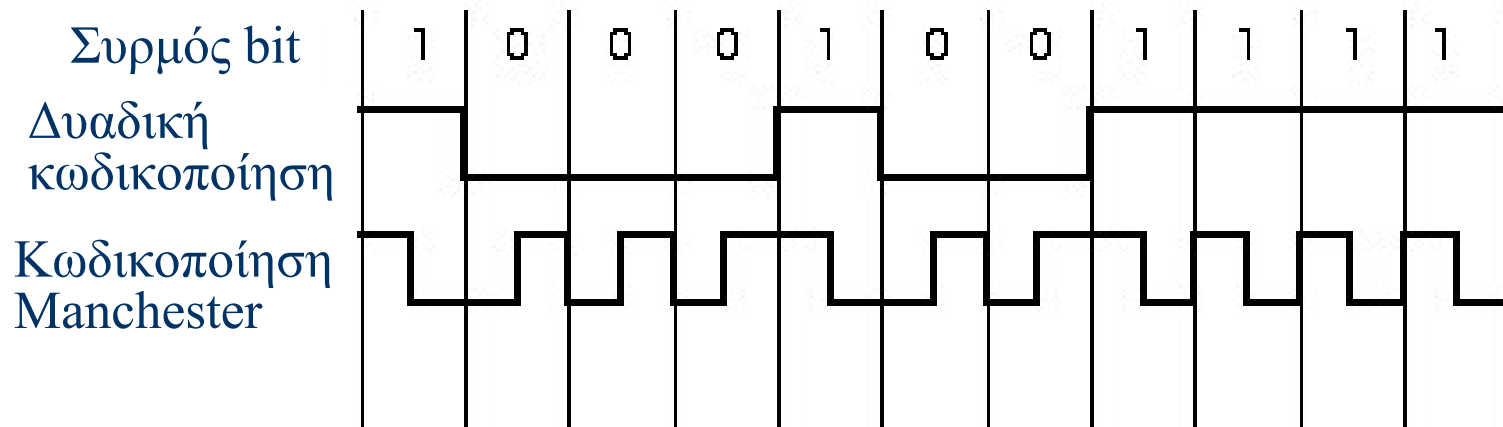
Κοινή δομή πλαισίου για όλες τις τεχνολογίες Ethernet.



Preamble:

- 7 byte της μορφής 10101010 ακολουθούμενα από 1 byte της μορφής 10101011
- χρησιμοποιείται για τον συγχρονισμό του δέκτη με τον αποστολέα

Μετάδοση βασικής ζώνης - Κωδικοποίηση Manchester



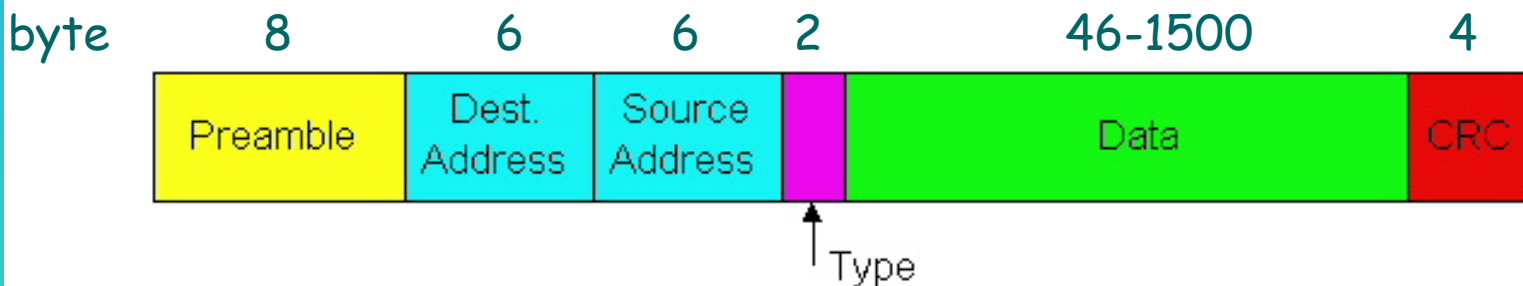
- Χρησιμοποιείται στο 10BaseT
- Σε κάθε bit υπάρχει μετάβαση
- Επιτρέπει το συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη
 - δεν απαιτείται κεντρικό ρολόι μεταξύ των κόμβων





Δομή πλαισίου Ethernet

- **Address:** 6 byte σε κάθε πεδίο
 - πλαίσιο με σωστή διεύθυνση προορισμού ή με διεύθυνση εκπομπής (π.χ. πακέτο ARP) γίνεται δεκτό, αλλιώς απορρίπτεται
- **Type:** δείχνει το πρωτόκολλο του ανώτερου στρώματος, κυρίως IP (0x0800). Μπορεί να υποστηρίζονται και άλλα πρωτόκολλα, όπως π.χ. ARP (0x0806), RARP (0x8035), Novell IPX (0x8037).
- **CRC:** ελέγχεται στον δέκτη, αν ανιχνευθεί σφάλμα το πλαίσιο απορρίπτεται.



[Length (IEEE802.3)] <1536 ή 0x0600

Αναξιόπιστη υπηρεσία χωρίς σύνδεση



- **Χωρίς σύνδεση:** δεν ανταλλάσσεται σηματοδοσία μεταξύ των καρτών προσαρμογής εκπομπής και λήψης.
- **Αναξιόπιστη:** η κάρτα προσαρμογής λήψης δεν στέλνει ACK ή NACK στην κάρτα προσαρμογής εκπομπής
 - η ροή των δεδομενογραμμάτων, που διαβιβάζονται στο στρώμα δικτύου, μπορεί να έχει κενά
 - τα κενά θα συμπληρωθούν αν η εφαρμογή χρησιμοποιεί TCP
 - αλλιώς, τα κενά θα γίνουν αντιληπτά στην εφαρμογή

Το Ethernet χρησιμοποιεί CSMA/CD



- Όχι χρονοσχισμές
- Η κάρτα προσαρμογής δεν μεταδίδει, όταν ανιχνεύσει ότι κάποια άλλη κάρτα μεταδίδει, δηλαδή, έχουμε **ανίχνευση φέροντος (carrier sense)**
- Η κάρτα προσαρμογής που μεταδίδει σταματά, όταν ανιχνεύσει ότι στέλνει και κάποια άλλη κάρτα, δηλαδή, έχουμε **ανίχνευση σύγκρουσης (collision detection)**
- Η κάρτα προσαρμογής περιμένει για τυχαίο χρονικό διάστημα πριν επιχειρήσει επαναμετάδοση, δηλαδή, έχουμε **τυχαία πρόσβαση (random access)**

Αλγόριθμος CSMA/CD του Ethernet



1. Η κάρτα προσαρμογής λαμβάνει το datagram από το στρώμα δικτύου και δημιουργεί ένα πλαίσιο
2. Αν ανιχνεύσει ελεύθερο δίαυλο, αρχίζει τη μετάδοση του πλαισίου, αλλιώς, αναστέλλει τη μετάδοση μέχρι να ελευθερωθεί ο δίαυλος.
3. Αν μεταδώσει όλο το πλαίσιο χωρίς να ανιχνεύσει άλλη μετάδοση, παύει η ενασχόλησή της με το υπόψη πλαίσιο.
4. Αν ανιχνεύσει άλλη μετάδοση, σταματά τη μετάδοση και στέλνει **σήμα συνωστισμού (jam signal)**.
5. Μετά την παύση μετάδοσης, πραγματοποιεί **εκθετική υποχώρηση**: μετά την n -στη σύγκρουση, επιλέγει τυχαίο K από το $\{0,1,2,\dots,2^m-1\}$, όπου $m=\min(n,10)$. Περιμένει $K*512$ διάρκειες bit και επιστρέφει στο Βήμα 2.

Αλγόριθμος CSMA/CD του Ethernet



Σήμα συνωστισμού: εξασφαλίζει την ενημέρωση όλων των άλλων σταθμών για τη σύγκρουση. Έχει μήκος 48 bit.

Διάρκεια bit: είναι 0.1 μ sec για Ethernet 10 Mbps. Για $m=10$, δηλαδή $K=1023$, ο χρόνος αναμονής είναι περίπου 52.4 msec

Εκθετική υποχώρηση (Exponential Backoff):

- **Στόχος:** προσαρμογή των προσπαθειών επαναμετάδοσης στο εκτιμώμενο τρέχον φορτίο
 - μεγάλο φορτίο: η τυχαία αναμονή θα είναι μεγαλύτερης διάρκειας
- πρώτη σύγκρουση: επιλογή του K από $\{0,1\}$. Η καθυστέρηση είναι $K \times 512$ διάρκειες bit
- μετά τη δεύτερη σύγκρουση: επιλογή του K από $\{0,1,2,3\}$...
- μετά 10 συγκρούσεις, επιλογή του K από $\{0,1,2,3,4,\dots,1023\}$

Απόδοση του CSMA/CD

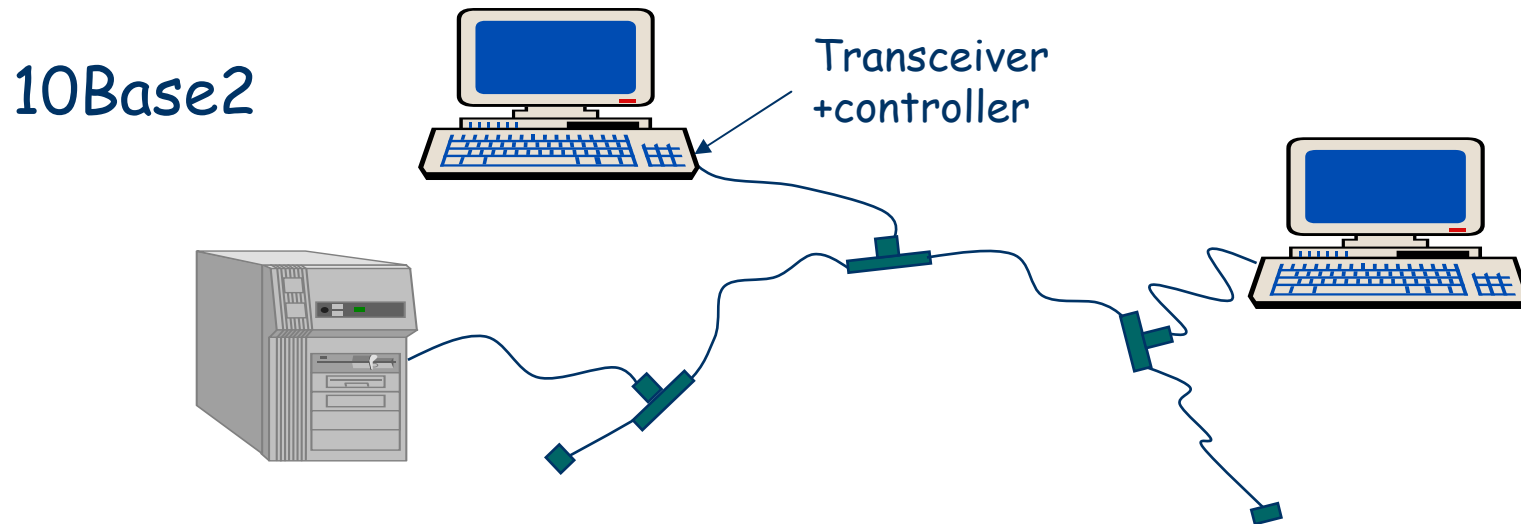
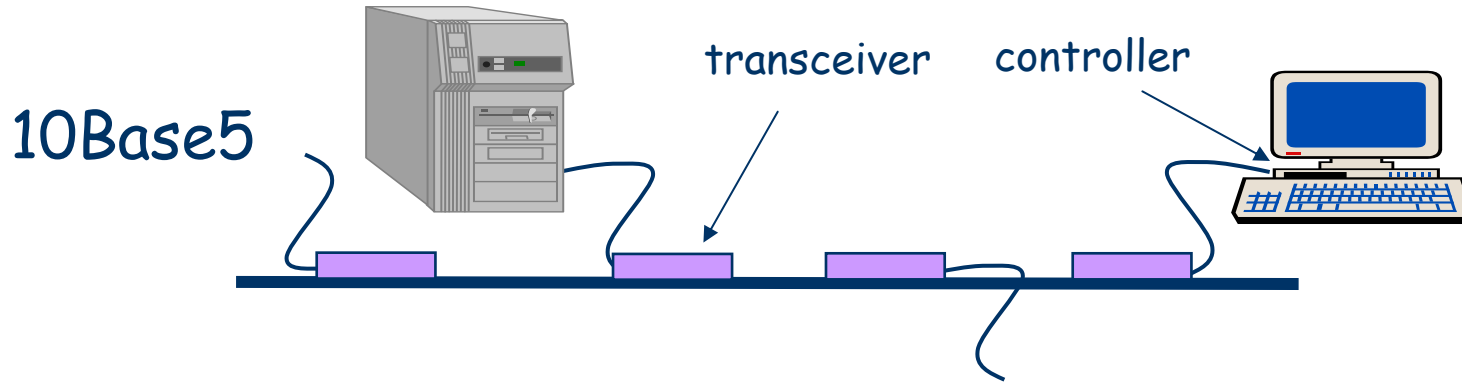


- PROP = μέγιστος χρόνος διάδοσης μεταξύ 2 σταθμών στο LAN
- TRANSF = χρόνος για τη μετάδοση πλαισίου μέγιστου μήκους

$$\eta = \frac{1}{1 + 5PROP / TRANSF}$$

- $\eta \rightarrow 1$ καθώς το $PROP \rightarrow 0$
- $\eta \rightarrow 1$ καθώς το $TRANSF \rightarrow \infty$
- Πολύ καλύτερη απόδοση από εκείνη του ALOHA, για αποκεντρωμένη πρόσβαση

Τεχνολογίες του Ethernet

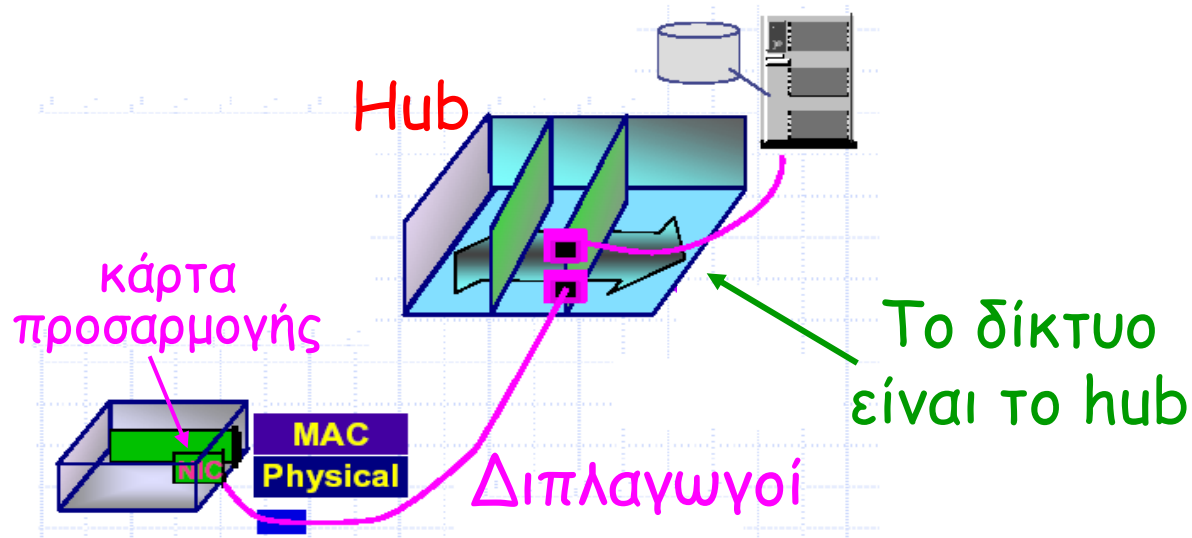
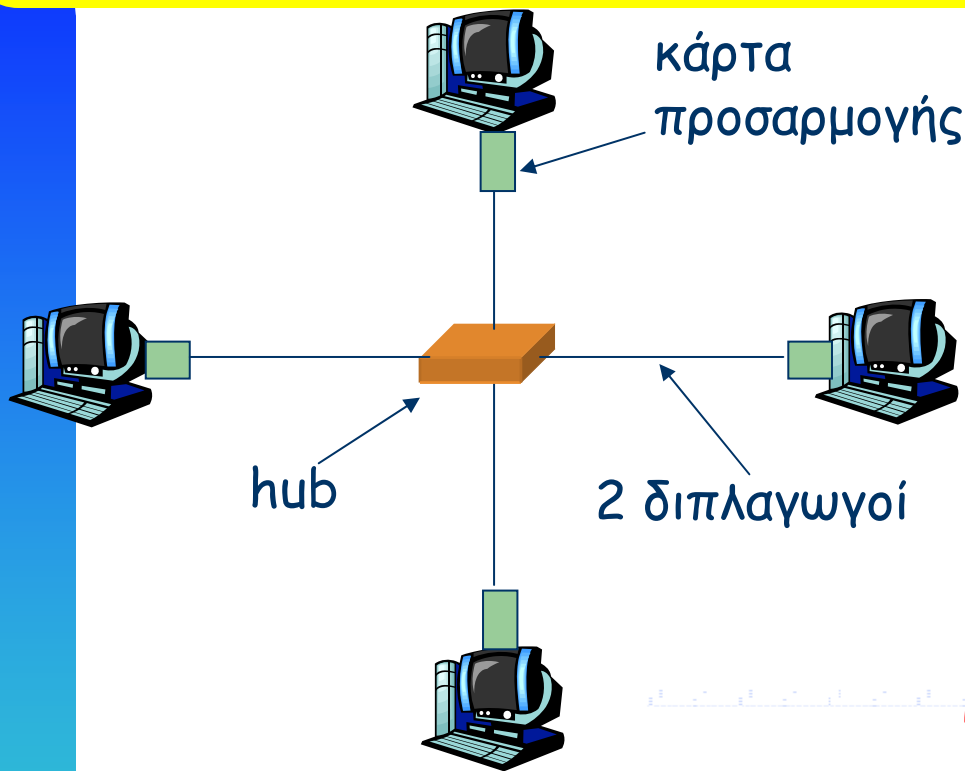


Τεχνολογίες του Ethernet



- Τα προβλήματα του εντοπισμού των διακοπών του καλωδίου Ethernet, οδήγησαν σε διαφορετική σχεδίαση της καλωδίωσης
- Όλοι οι σταθμοί συνδέονται με καλώδιο στον **ακτινικό επαναλήπτη ή πλήμνη (hub)**
- Η σχεδίαση αυτή ονομάζεται **10BaseT** (Τ σημαίνει διπλαγωγός: twisted pair).
 - Για ταχύτητα 100 Mbps έχουμε το **100 BaseT**
 - Η απόσταση των κόμβων από το hub δεν υπερβαίνει τα 100 m
- Το Gigabit Ethernet (1 Gbps) χρησιμοποιεί και διπλαγωγούς και οπτικές ίνες.
- Οι τεχνολογίες Ethernet προτυποποιούνται από τις ομάδες εργασίας IEEE 802.3

Ethernet 10BaseT και 100BaseT



Ethernet 10BaseT και 100BaseT



Τα hub είναι στην ουσία επαναλήπτες στο φυσικό στρώμα:

- τα bit που εισέρχονται στο hub από μια ζεύξη επαναλαμβάνονται σε όλες τις άλλες ζεύξεις με τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης
- τα πλαίσια δεν αποθηκεύονται προσωρινά
- δεν γίνεται ανίχνευση συγκρούσεων στο hub. Οι κάρτες των σταθμών ανιχνεύουν τις συγκρούσεις.
- όλοι οι σταθμοί ανήκουν στην ίδια επικράτεια συγκρούσεων
- τα hub παρέχουν λειτουργίες διαχείρισης δικτύου



● Πλεονεκτήματα

- Απλοποιημένη και φθηνή καλωδίωση
- Το hub μπορεί να συγκεντρώνει πληροφορία επίβλεψης, στατιστικά στοιχεία για να τα εμφανίζει στους διαχειριστές των LAN
- Το hub μπορεί να αποσυνδέει σταθμούς με θόρυβο (απενεργοποίηση πόρτας)
- Υποστήριξη πολλών φυσικών μέσων

● Μειονεκτήματα

- η μέγιστη απόσταση κόμβου από το hub είναι 100 m (150 m με UTP κατηγορίας 5)
- το κόστος (όχι πλέον)

100BaseT: Ταχύ Ethernet



- Πρότυπο ΙΕΕΕ 802.3u
- Δεν είναι νέο πρότυπο αλλά προσθήκη στο υπάρχον πρότυπο 802.3, για να δοθεί έμφαση στην προς τα πίσω συμβατότητα
- Βασική ιδέα:
 - Διατήρηση της μορφής των πακέτων
 - Διατήρηση του CSMA/CD
 - Μείωση της διάρκειας των bit από 100 nsec σε 10 nsec
 - Δεν χρησιμοποιούνται 10Base5 ή 10Base2 με μειωμένο μέγιστο μήκος κατά ένα παράγοντα 10
 - Χρησιμοποιείται καλωδίωση 10Base-T. Περιορίζονται τα μήκη απ' άκρη σ' άκρη (επικράτεια συγκρούσεων) για να διατηρείται η κανονικοποιημένη καθυστέρηση διάδοσης μικρή

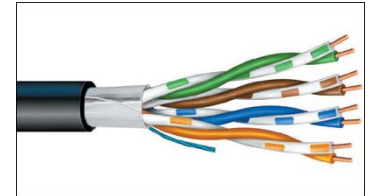
Ταχύ Ethernet



- Με καλώδιο 3 UTP, **100Base-T4**



- Με καλώδιο 5 UTP, **100Base-TX**

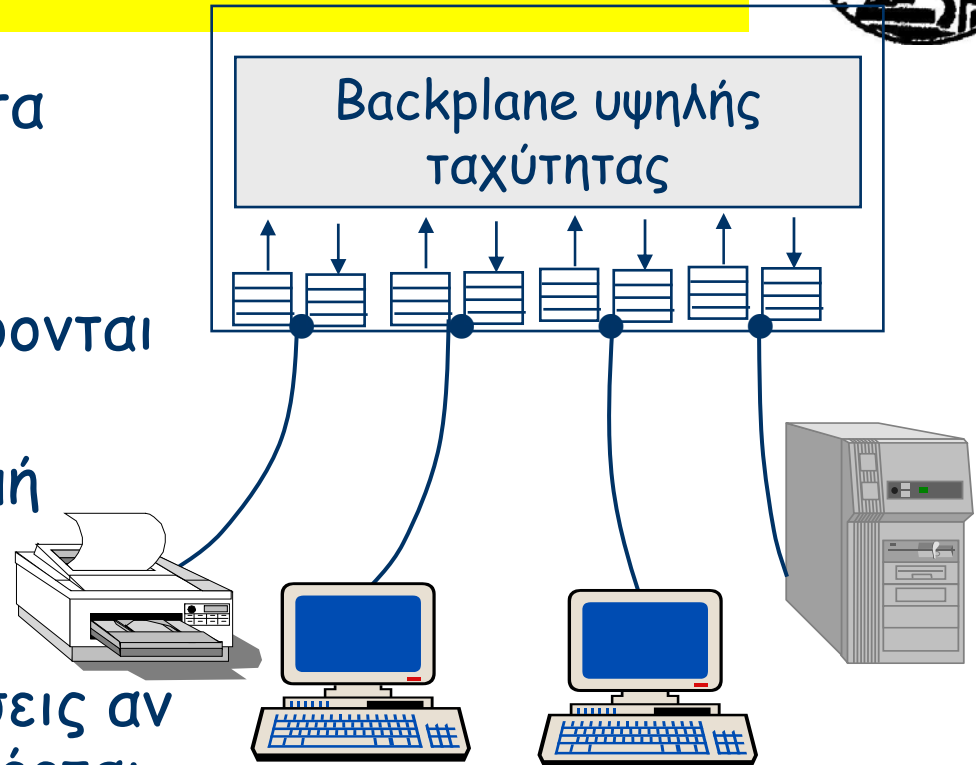


- Λειτουργεί και ως hub και ως μεταγωγέας
- **Hub**: μοναδική επικράτεια συγκρούσεων
- **Μεταγωγέας Ethernet**
 - backplane υψηλότερης ταχύτητας
 - αμφίδρομη μετάδοση χωρίς συγκρούσεις
 - μπορεί να εξυπηρετήσει μίγμα σταθμών των 10 Mbps και 100 Mbps, ώστε να είναι δυνατή η αναβάθμιση

Μεταγωγέας Ethernet



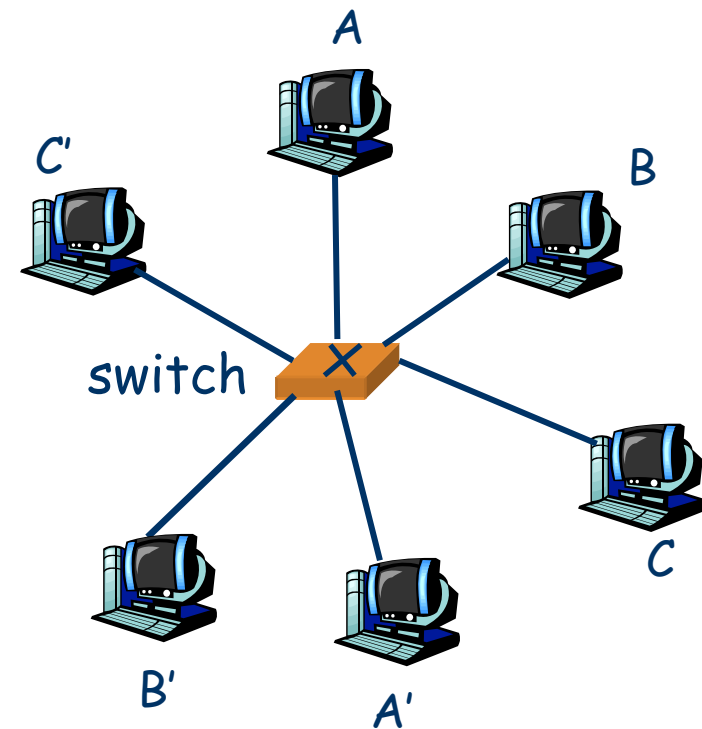
- Κάθε θύρα αποθηκεύει τα εισερχόμενα πλαίσια
- Τα εισερχόμενα πλαίσια εξετάζονται και μεταφέρονται στην κατάλληλη έξοδο
- Κάθε εισερχόμενη γραμμή είναι και ένα πεδίο σύγκρουσης
- Δεν υπάρχουν συγκρούσεις αν μόνο ένας σταθμός συνδέεται σε κάθε είσοδο
- Αν αφιερωθεί ξεχωριστή γραμμή για κάθε κατεύθυνση έχουμε αμφίδρομο τρόπο λειτουργίας



Μεταγωγέας Ethernet



- Κάθε host έχει δική του σύνδεση στον μεταγωγέα
- Αν υπάρχει αμφίδρομη λειτουργία για κάθε host, δεν υπάρχει περίπτωση σύγκρουσης εξερχόμενου και εισερχόμενου πλαισίου
- Επειδή οι μεταγωγείς αποθηκεύουν και προωθούν, ο μεταγωγέας θα μεταδίδει το πολύ ένα πλαίσιο τη φορά προς κάθε υπολογιστή
- Δεν χρειάζεται CSMA/CD



Ταχύ Ethernet: Φυσικό στρώμα



100BaseT4

- 4 διπλαγωγοί cat 3
- Ένας διπλαγωγός για εκπομπή, ένας για λήψη και οι άλλοι δύο έχουν τη δυνατότητα να μεταχθούν προς την τρέχουσα κατεύθυνση μετάδοσης
- Κωδικοποίηση MLT-3: 25MHz και 8B6T, $25 \times (8/6) = 33.3$ Mbps

100BaseTX

- 2 διπλαγωγοί STP ή 2 διπλαγωγοί UTP cat 5
- Ένας διπλαγωγός προς το hub και ένας από αυτό
- Κωδικοποίηση 4B5B στα 125 MHz, $125 \times (4/5) = 100$ Mbps
- Πλήρως αμφίδρομο σύστημα
- Απόσταση μεταξύ σταθμού και hub 100 m

100BaseFX

- 2 πολύτροπες οπτικές ίνες
- Κωδικοποίηση 4B5B
- Μέγιστο μήκος τμήματος 400 m για hub και 2 km για switch

Gigabit Ethernet



- IEEE 802.3z
- Υποστηρίζει δύο τρόπους λειτουργίας
 - αμφίδρομη (full-duplex)
 - ημιαμφίδρομη (half-duplex)
- Με τον πρώτο τρόπο λειτουργεί ως μεταγωγέας, οπότε το πρωτόκολλο CSMA/CD δεν χρησιμοποιείται
- Με τον δεύτερο τρόπο λειτουργεί ως hub και εφαρμόζεται το πρωτόκολλο CSMA/CD
- Διατηρεί τη μορφή πλαισίου Ethernet
 - Carrier extension (επέκταση του πλαισίου στα 512 byte)
 - Frame bursting (αποστολή πολλών πλαισίων ελαχίστου μήκους σε κάθε μετάδοση)
- Υπάρχει τώρα και 10 Gigabit Ethernet (802.3ae)

Gigabit Ethernet: Φυσικό στρώμα



- **1000BaseSX**
 - Μικρό μήκος κύματος, πολύτροπη ίνα
 - Μέγιστο τμήμα 550 m, κωδικοποίηση 8B/10B
- **1000BaseLX**
 - Μεγάλο μήκος κύματος, μονότροπη ίνα
 - Μέγιστο τμήμα 2000 m, κωδικοποίηση 8B/10B
- **1000BaseCX**
 - Χάλκινες συνδέσεις, θωρακισμένος διπλαγωγός
 - Μέχρι 25m, κωδικοποίηση 8B/10B
- **1000BaseT**
 - 4 ζεύγη, κατηγορίας 5 UTP, πλήρως αμφίδρομα με ακυρωτή ηχούς και διαμόρφωση PAM-5

Διασύνδεση LAN

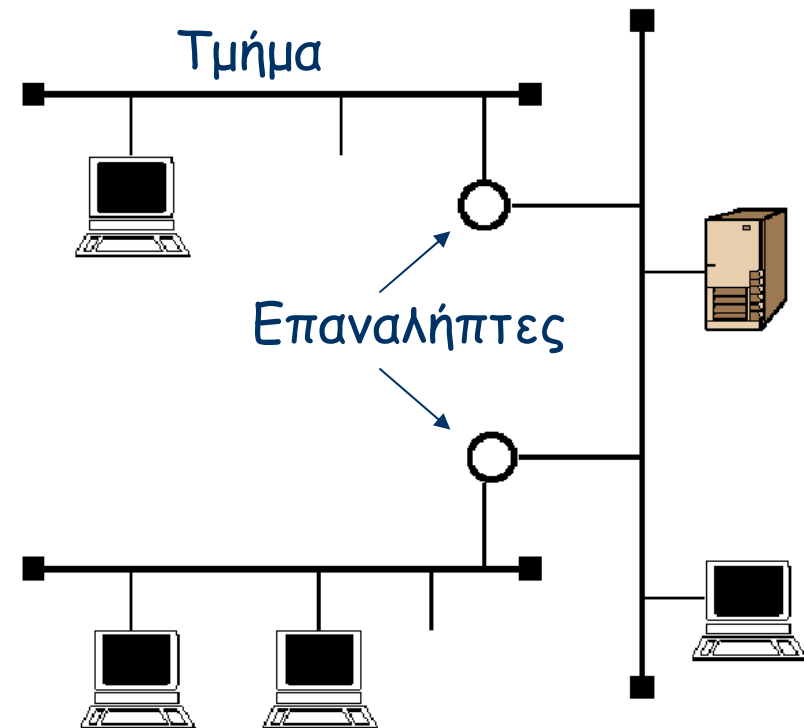


- Επαναλήπτες (Repeaters)
- Hubs
- Γέφυρες (Bridges)
- Μεταγωγείς (Switches)
 - Οι μεταγωγείς είναι στην ουσία γέφυρες με πολλές πόρτες.
 - Ό,τι αναφερθεί για τις γέφυρες ισχύει επίσης και για τους μεταγωγείς.

Επαναλήπτες



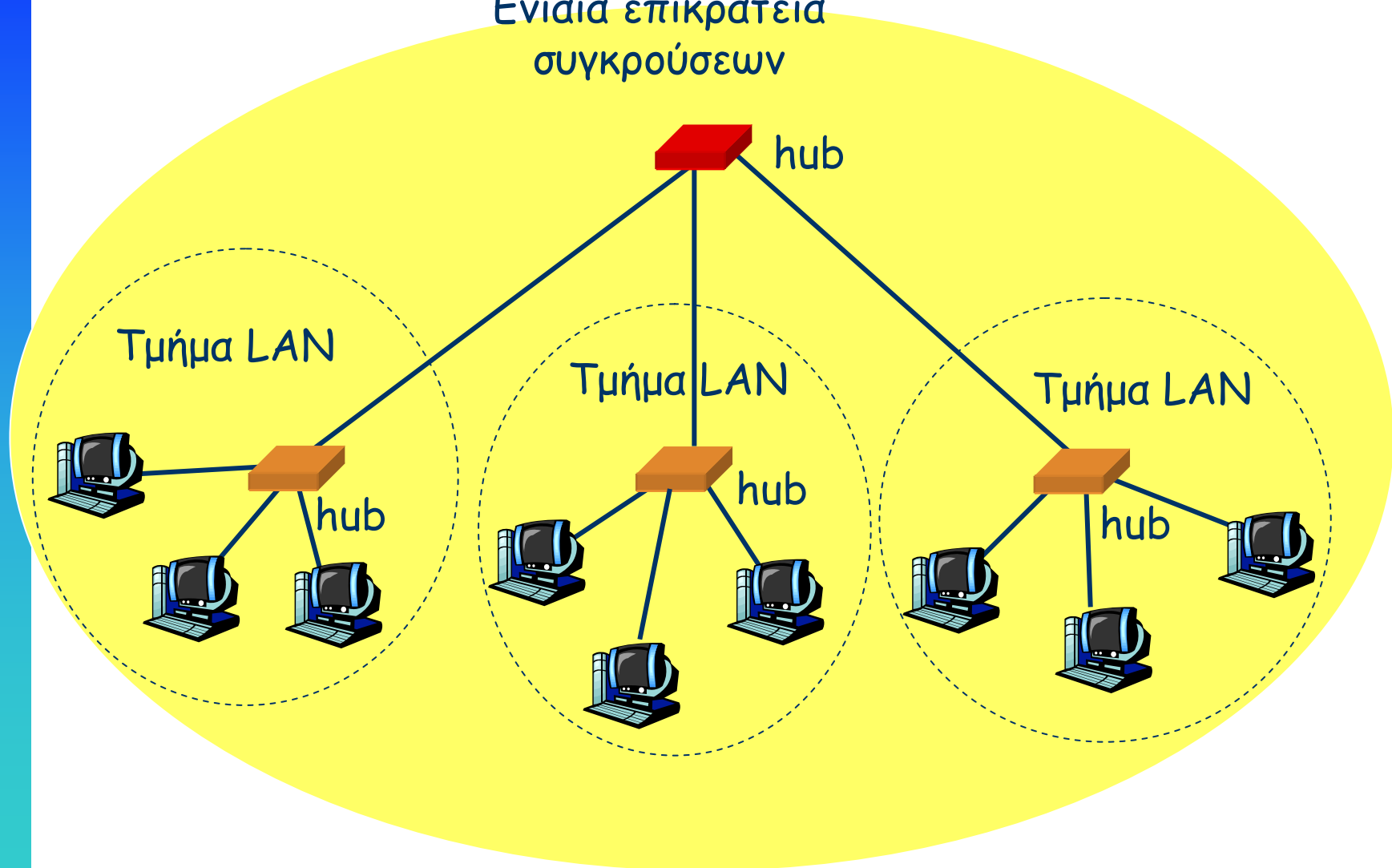
- Λειτουργούν στο φυσικό στρώμα
- Μεταδίδουν και προς τις δύο κατευθύνσεις
- Ενώνουν δύο τμήματα καλωδίου
- Δεν έχουν χώρο προσωρινής αποθήκευσης
- Δεν υπάρχει λογική απομόνωση των τμημάτων
- Αν δύο σταθμοί σε διαφορετικά τμήματα στείλουν ταυτόχρονα, τα πακέτα συγκρούονται
- Μόνο μία διαδρομή τμημάτων και επαναληπτών μεταξύ δύο οιασδήποτε σταθμών



Διασύνδεση με hub



Ενιαία επικράτεια
συγκρούσεων



Διασύνδεση με hub



- Κάθε συνδεδεμένο LAN αναφέρεται ως **τμήμα (segment)** του LAN
- Τα hub **δεν απομονώνουν** τις επικράτειες σύγκρουσης. Ένας κόμβος μπορεί να συγκρούεται με οιοδήποτε κόμβο που βρίσκεται σε οποιοδήποτε τμήμα του LAN
- Πλεονεκτήματα των hub:
 - απλές, φθηνές διατάξεις
 - τα πολλαπλά στρώματα παρέχουν "ευγενική" υποβάθμιση λειτουργίας: τα τμήματα του LAN συνεχίζουν να λειτουργούν εάν κάποιο hub πάθει βλάβη
 - επεκτείνουν τη μέγιστη απόσταση μεταξύ των κόμβων (100m ανά hub)

Περιορισμοί στη χρήση των hub



- το ενιαίο πεδίο συγκρούσεων έχει ως αποτέλεσμα το να μην αυξάνει η μέγιστη διέλευση
 - η διέλευση στα πολλαπλά στρώματα είναι η ίδια με εκείνη του ενός τμήματος
- κάθε τεχνολογία Ethernet έχει περιορισμούς ως προς
 - μέγιστο αριθμό κόμβων ανά επικράτεια συγκρούσεων
 - μέγιστη απόσταση μεταξύ δύο κόμβων ανά επικράτεια συγκρούσεων
 - μέγιστος αριθμός επιπέδων σε πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική

οι οποίοι θέτουν φραγμούς και στον συνολικό αριθμό host και στη γεωγραφική κάλυψη ενός πολυεπίπεδου LAN

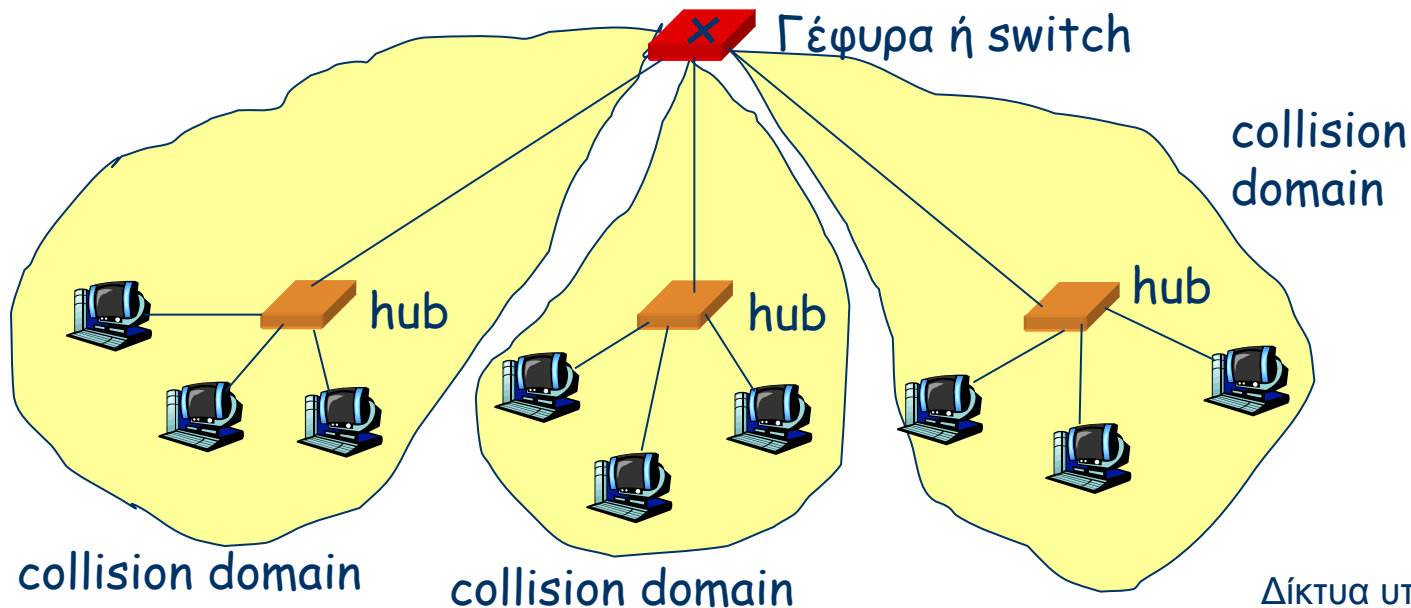


- **Συσκευή στρώματος ζεύξης δεδομένων**
 - αποθηκεύει και προωθεί πλαίσια Ethernet
 - εξετάζει την επικεφαλίδα του πλαισίου και το προωθεί **επιλεκτικά** βάσει της διεύθυνσης MAC του προορισμού
 - όταν το πλαίσιο πρόκειται να προωθηθεί σε κάποιο τμήμα, χρησιμοποιεί CSMA/CD για την πρόσβαση στο τμήμα αυτό
 - μπορεί να συνδέει Ethernet διαφορετικού τύπου
- **διαφανής**
 - οι host αγνοούν την ύπαρξη της γέφυρας
- **συνδέεται αμέσως και λειτουργεί (plug-and-play), είναι αυτοεκπαιδευόμενη**
 - η γέφυρα δεν χρειάζεται καμιά αρχική ρύθμιση

Γέφυρες: απομόνωση κίνησης



- Η εγκατάσταση γέφυρας χωρίζει το LAN σε τμήματα LAN
- οι γέφυρες φιλτράρουν τα πλαίσια:
 - μερικά πλαίσια κάποιου τμήματος LAN δεν προωθούνται συνήθως σε άλλα τμήματα LAN
 - τα τμήματα αποτελούν ξεχωριστές **ΕΠΙΚΡΑΤΕΙΕΣ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΝ** (collision domains)



Γέφυρες: Φιλτράρισμα, προώθηση



- **φιλτράρισμα**: η ικανότητα μια γέφυρας να καθορίζει κατά πόσο ένα πλαίσιο πρέπει να προωθηθεί ή όχι μέσω κάποιας διεπαφής
- **προώθηση**: η ικανότητα να προσδιορίζει τις διεπαφές προς τις οποίες πρέπει να κατευθυνθεί ένα πλαίσιο και στη συνέχεια να προωθεί το πλαίσιο στις διεπαφές αυτές
- Το φιλτράρισμα και η προώθηση γίνονται με τη βοήθεια του **πίνακα της γέφυρας**

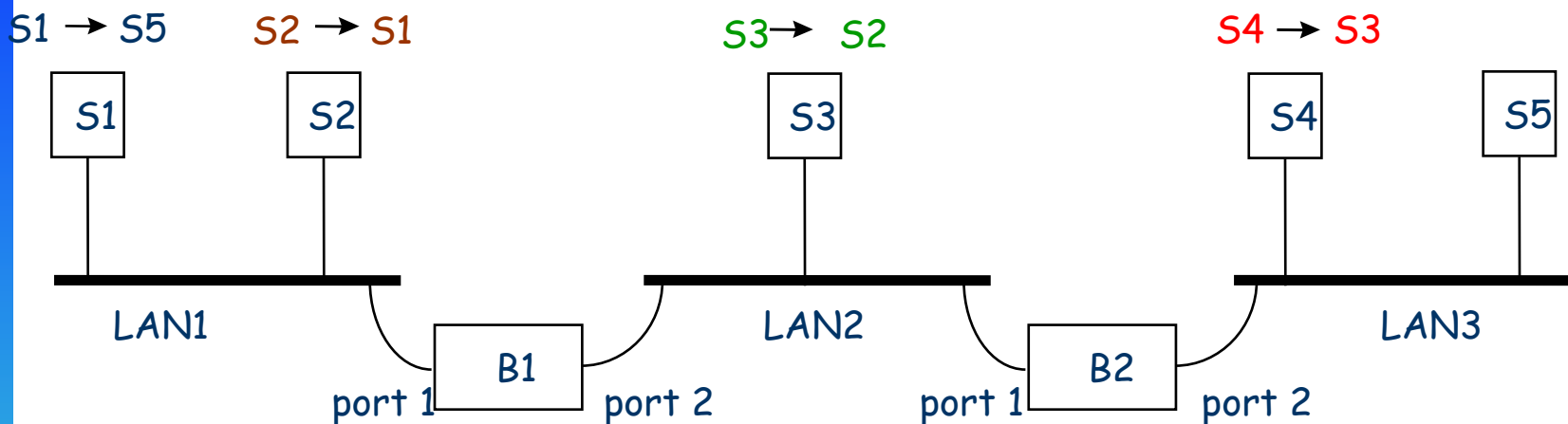
ΑΥΤΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ



- οι γέφυρες **μαθαίνουν** ποιοι host είναι προσβάσιμοι και από ποιες διεπαφές: διατηρούν πίνακες προώθησης
 - όταν λαμβάνεται ένα πλαίσιο, η γέφυρα **"μαθαίνει"** τη **θέση του αποστολέα**, δηλαδή το LAN εισόδου
 - καταγράφει τη θέση του αποστολέα στον **πίνακα προώθησης**
- καταχώρηση στον πίνακα προώθησης:
 - (Node MAC Address, Bridge Interface, Time Stamp)
 - οι παλιές καταχωρήσεις στον πίνακα προώθησης διαγράφονται (ο χρόνος διατήρησης μπορεί να είναι 60 min)

Διεύθυνση MAC	Διεπαφή	Χρόνος
00-30-05-59-8C-1C	1	10:43
00-15-58-09-2E-EF	3	10:45

ΑΥΤΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΦΥΡΩΝ



Address	Port
S1	1
S3	2
S4	2
S2	1

Address	Port
S1	1
S3	1
S4	2

Φιλτράρισμα/Πρωώθηση πλαισίων



Όταν η γέφυρα λαμβάνει ένα πλαίσιο :

Συμβουλευέται τον πίνακα χρησιμοποιώντας την MAC dest. address

if υπάρχει εγγραφή για τον προορισμό
then{

if ο προορισμός είναι στο τμήμα από όπου ήρθε το πλαίσιο
then απορρίπτει το πλαίσιο

else προωθεί το πλαίσιο στην έξοδο που αναφέρει ο πίνακας

}

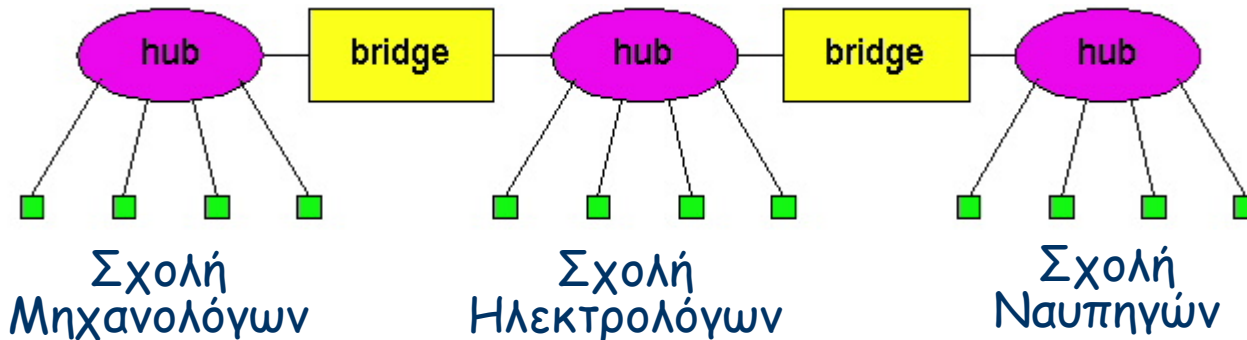
else χρησιμοποιεί **πλημμύρα**

προωθεί το πλαίσιο σε όλες τις εξόδους εκτός εκείνης από την οποία ήρθε

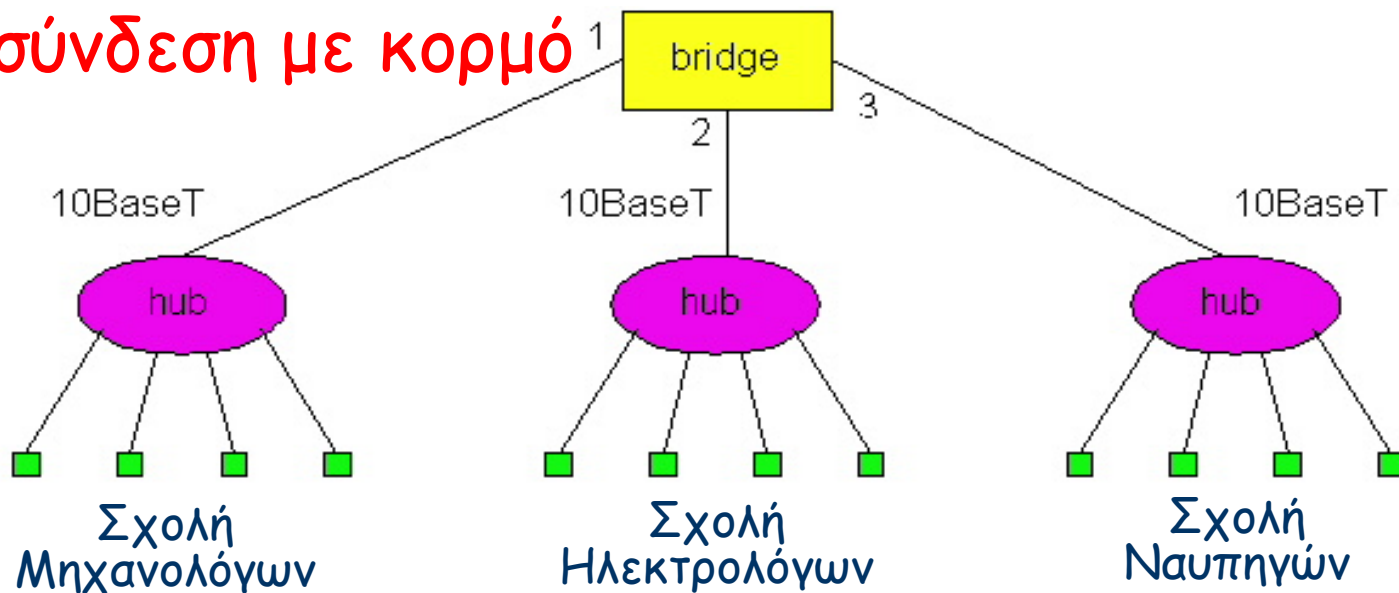
Διασύνδεση LAN μέσω γεφυρών



Διασύνδεση χωρίς κορμό



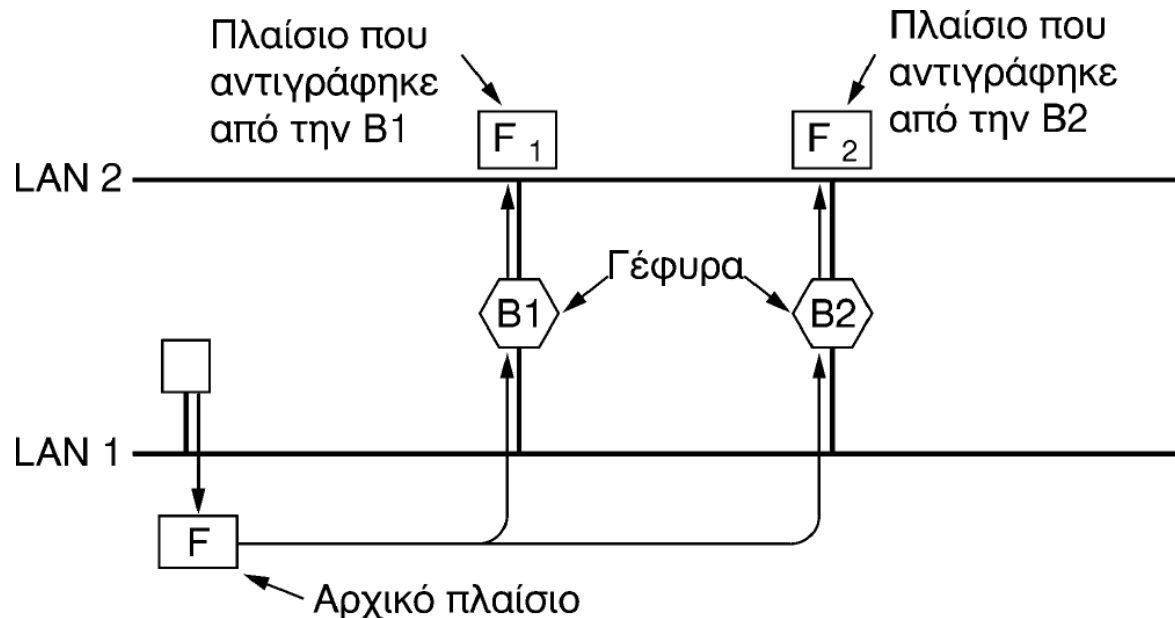
Διασύνδεση με κορμό



Επικαλύπτον δέντρο γεφυρών



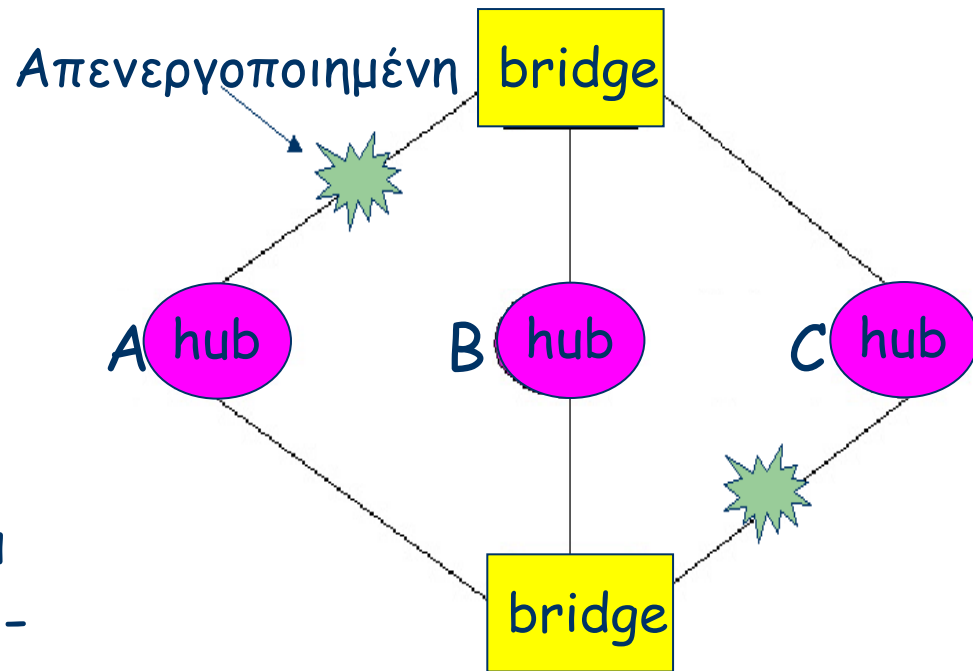
- για μεγαλύτερη αξιοπιστία στην ιεραρχική σχεδίαση, είναι επιθυμητό να υπάρχουν εναλλακτικές διαδρομές από την πηγή στον προορισμό
- με πολλές ταυτόχρονες διαδρομές, δημιουργούνται βρόχοι και οι γέφυρες μπορεί να πολλαπλασιάζουν και να προωθούν ένα πλαίσιο για πάντα





Επικαλύπτον δέντρο γεφυρών

- **Λύση:** οι γέφυρες οργανώνονται σε ένα επικαλύπτον δέντρο απομονώνοντας ένα υποσύνολο των διεπαφών
- **κόμβοι** = τμήματα LAN, **κλάδοι** = γέφυρες
- Το επικαλύπτον δέντρο μπορεί να βελτιστοποιήσει τα κόστη (π.χ., μεγιστοποίηση του εύρους ζώνης)



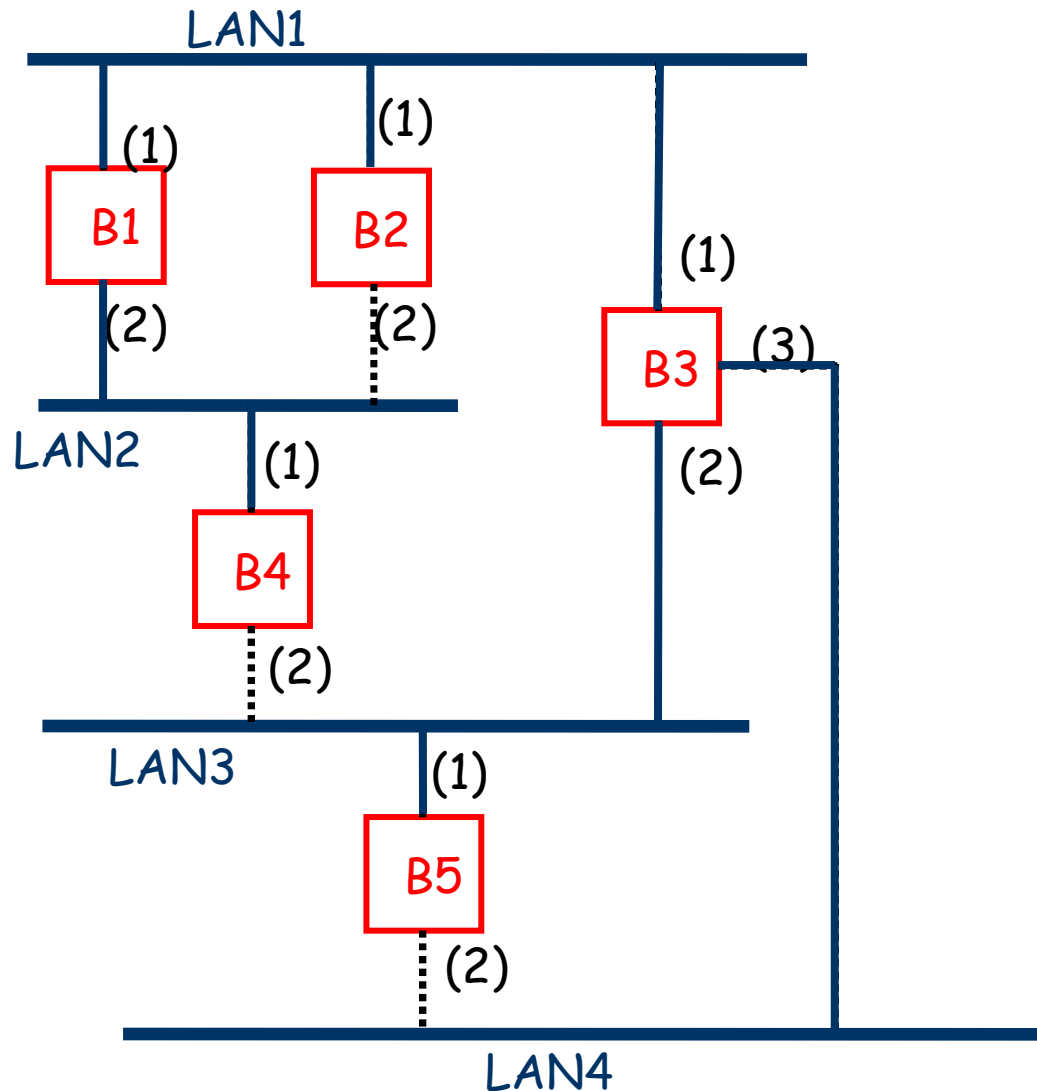
Οργάνωση δικτύων σε δέντρα



Πώς οι γέφυρες εγκαθιστούν επικαλύπτον δέντρο;

- Κατανεμημένο πρωτόκολλο επικαλύπτοντος δέντρου
 - Αποφασίζεται πρώτα ποια γέφυρα είναι η ρίζα του δέντρου
 - Η γέφυρα με τον μικρότερο σειριακό αριθμό γίνεται η ρίζα
 - Κατασκευάζεται ένα δέντρο με τα συντομότερα μονοπάτια από τη ρίζα προς κάθε γέφυρα και κάθε LAN
 - Αν μια γέφυρα ή ένα LAN αποτύχει, υπολογίζεται νέο δέντρο

Οργάνωση δικτύων σε δέντρα



Διασύνδεση με μεταγωγέα



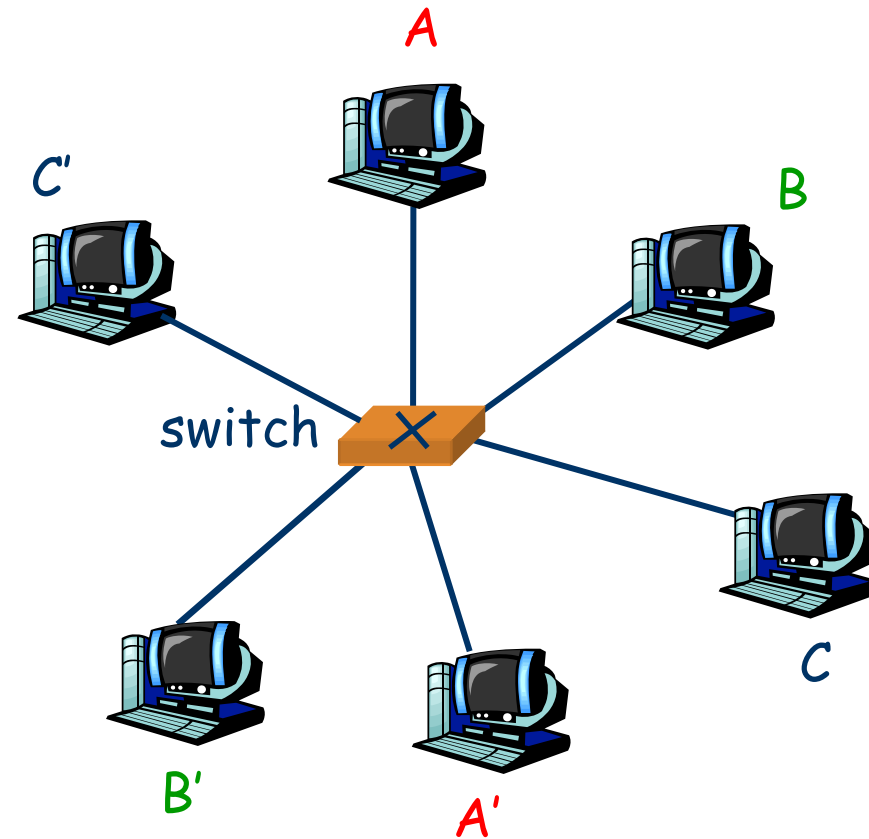
Ο μεταγωγέας πακέτων Ethernet γενικεύει τις γέφυρες

- Η μεταγωγή απαλείφει τις συγκρούσεις
- Η προσωρινή αποθήκευση αντιμετωπίζει τον ανταγωνισμό
- Δεν απαιτείται πρόσβαση στο μέσο

Μεταγωγέας Ethernet



- Ουσιαστικά, είναι γέφυρα με πολλές πόρτες
- Προωθεί πλαίσια (στρώμα 2), φιλτράρει χρησιμοποιώντας διευθύνσεις LAN
- **Μεταγωγή:** A-προς-A' και B-προς-B' ταυτόχρονα, χωρίς συγκρούσεις
- μεγάλος αριθμός διεπαφών
- **συνήθης χρήση:** ανεξάρτητοι host, συνδέονται στον μεταγωγέα με τοπολογία αστέρα
 - Ethernet, αλλά δίχως συγκρούσεις

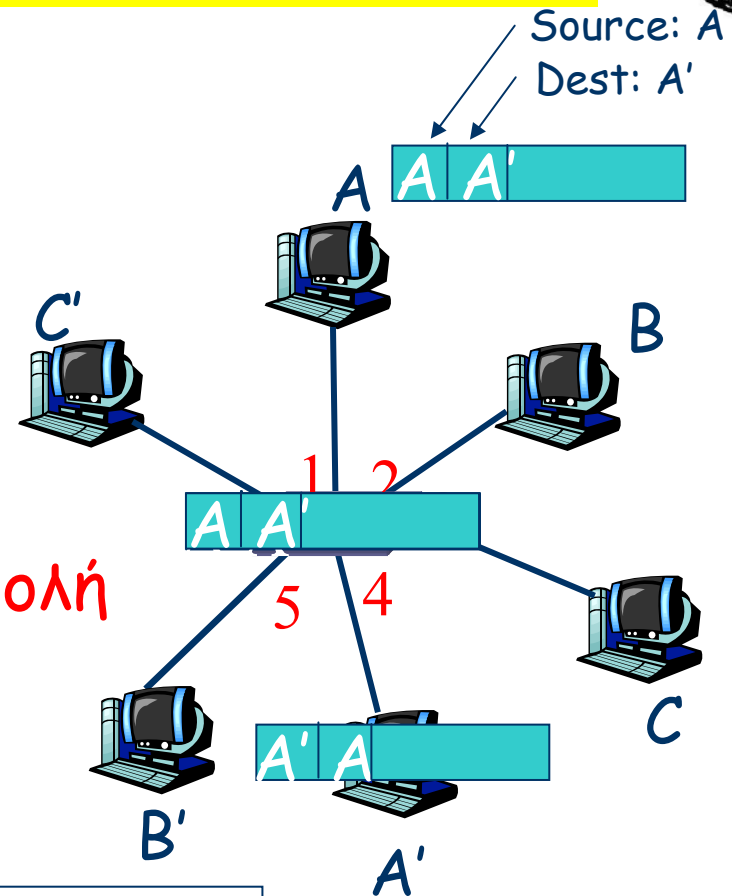


Μεταγωγέας Ethernet



ΑΥΤΟΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ-ΠΡΩΪΘΗΣΗ

- προορισμός πλαισίου άγνωστος: **πλημμύρα**
- θέση προορισμού A γνωστή: **επιλεκτική αποστολή**



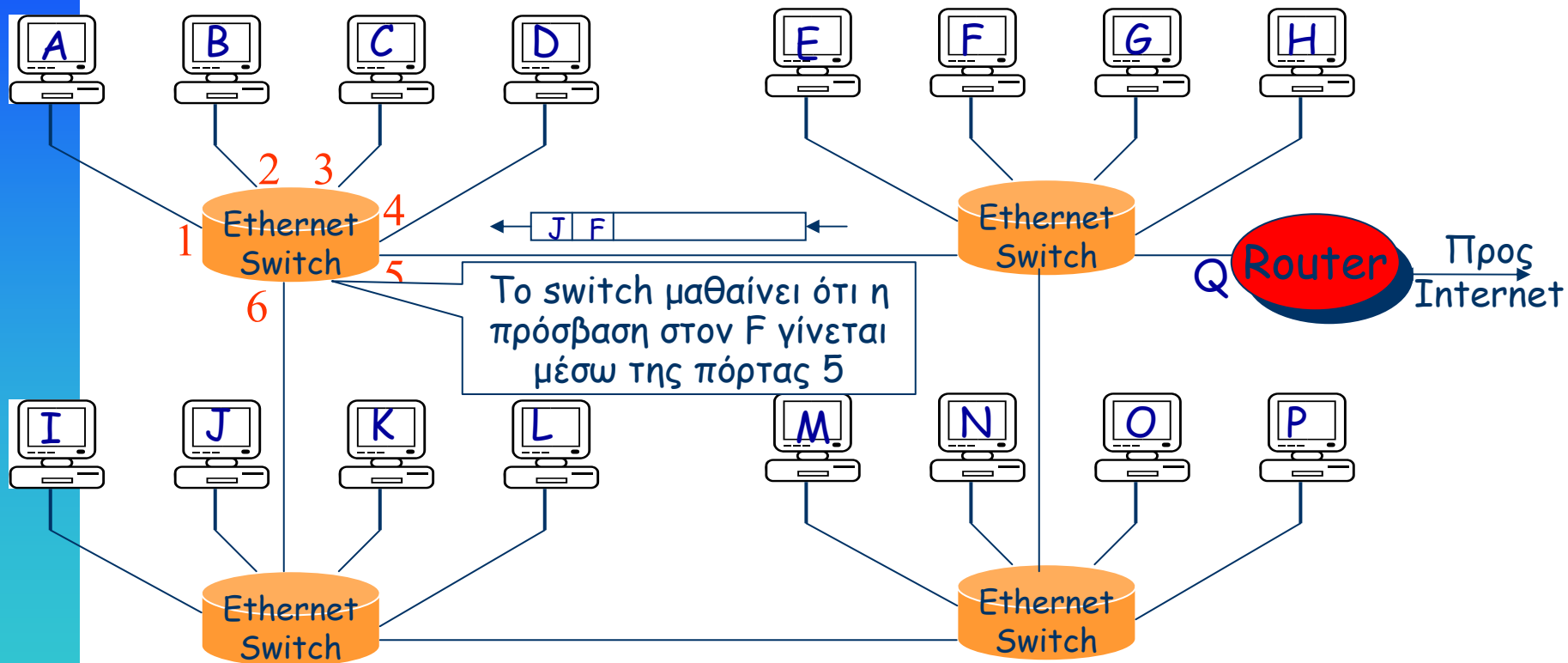
MAC addr	Port
A	1
A'	4

Πίνακας μεταγωγέα
(αρχικά άδειος)



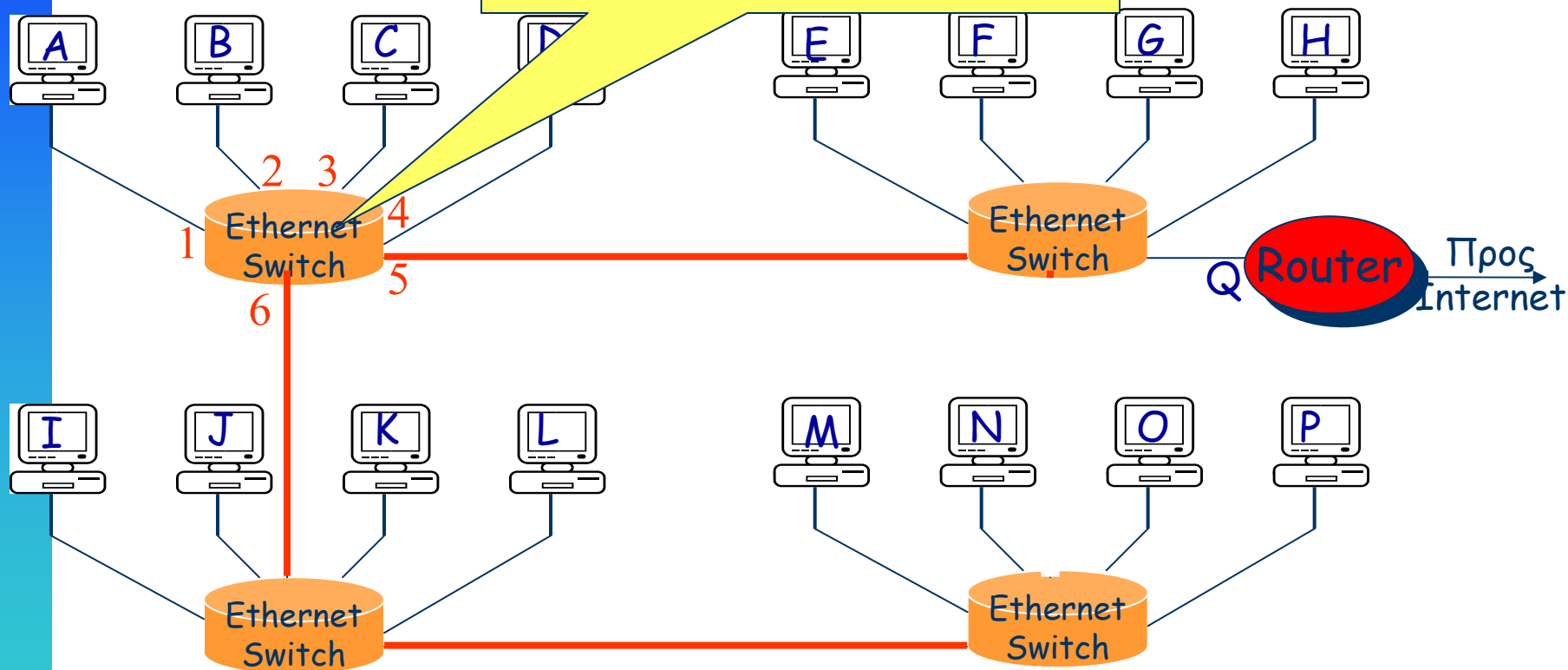
Μεταγωγέας Ethernet

Αυτοεκπαίδευση





Ethernet address	Port
A	1
B	2
C	3
D	4
E, F, G, H, Q	5
I, J, K, L, M, N, O, P	6



Οι βρόχοι αποφεύγονται με επικαλύπτον δέντρο

LAN με μεταγωγή

