

ΔΙΠΑΕ

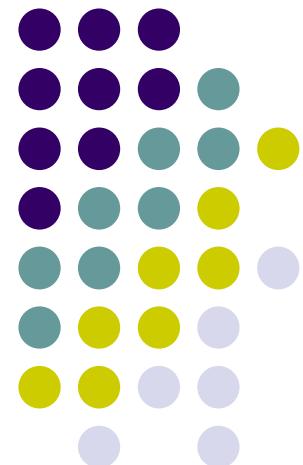
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Και Ηλεκτρονικών Συστημάτων

ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ

ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΩΝ

Βίτσας Βασίλειος





Γεωγραφική διαίρεση δικτύων

Ταξινόμηση δικτύων ανάλογα με την έκταση τους

- Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks, WAN)
- Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks, LAN)
- Μητροπολιτικά (ή Αστικά) Δίκτυα (Metropolitan Area Networks, MAN)



Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks, WAN)

Δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide area network - WAN)

Όπως λέει και η ίδια η έκφραση τα δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) είναι ένα σύνολο από υπολογιστές, τερματικά, τηλεπικοινωνιακές συσκευές, τηλεπικοινωνιακές γραμμές και συνδέσεις, τα οποία εκτείνονται σε ευρεία γεωγραφική περιοχή, αστική και υπεραστική, φεύγοντας από τα στενά πλαίσια ενός συγκεκριμένου χώρου. Παραδείγματα τέτοιων δικτύων είναι τα διάφορα τραπεζικά δίκτυα που εκτείνονται σε όλη την Ελλάδα και διεθνώς, είναι τα των αεροπορικών εταιριών, τα δημόσια δίκτυα δεδομένων, το Ίντερνετ κ.λπ.



Τοπικά Δίκτυα (Local Area Networks, LAN)

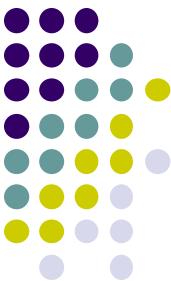
Τοπικά είναι τα δίκτυα εκείνα όπου όλα τα στοιχεία που τα απαρτίζουν όπως οι υπολογιστές, οι επικοινωνιακές συσκευές (π.χ. Hub, switches), οι διασυνδέσεις, οι γραμμές, βρίσκονται στον ίδιο γεωγραφικό χώρο. Κλασικό παράδειγμα είναι το δίκτυο Ethernet.

Ο διαχωρισμός μεταξύ τοπικών δικτύων που συνήθως είναι υψηλής ταχύτητας και δικτύων ευρείας περιοχής (WAN), οφείλεται στο ότι χρησιμοποιούν εντελώς διαφορετικές τεχνικές λειτουργίας. Συνήθως όλοι οι υπολογιστές σε ένα δίκτυο LAN είναι συνδεδεμένοι σε ένα κοινό μέσο μετάδοσης. Χρησιμοποιούνται ειδικοί τρόποι προσπέλασης του κοινού μέσου μετάδοσης, διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας και υψηλότερες ταχύτητες. Συχνά τα δίκτυα WAN καλούνται να διασυνδέουν τοπικά δίκτυα.

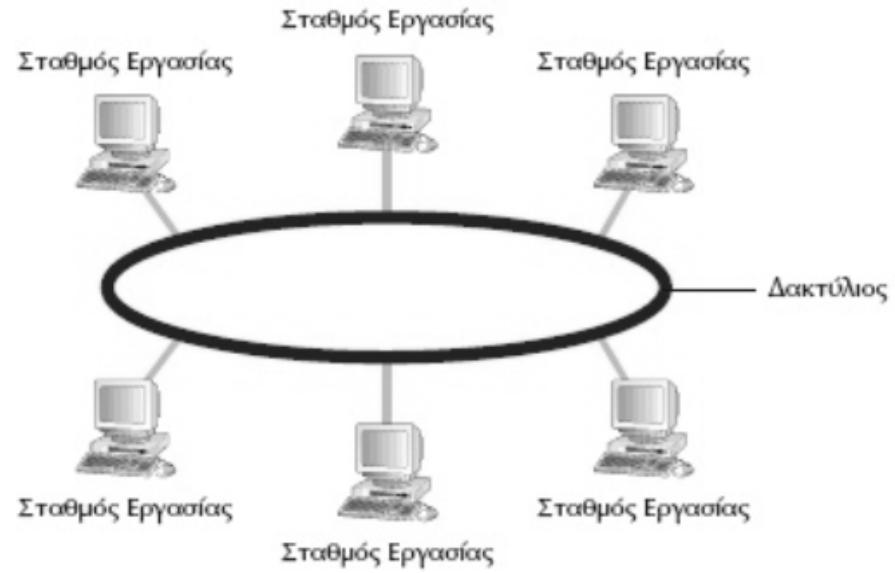
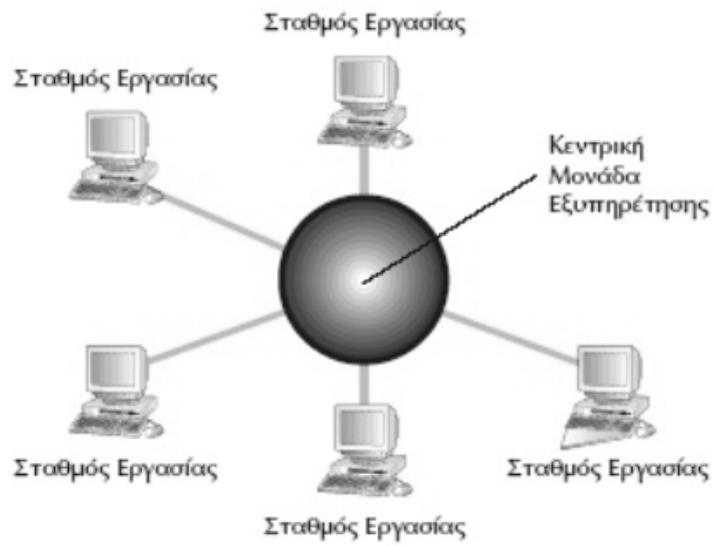
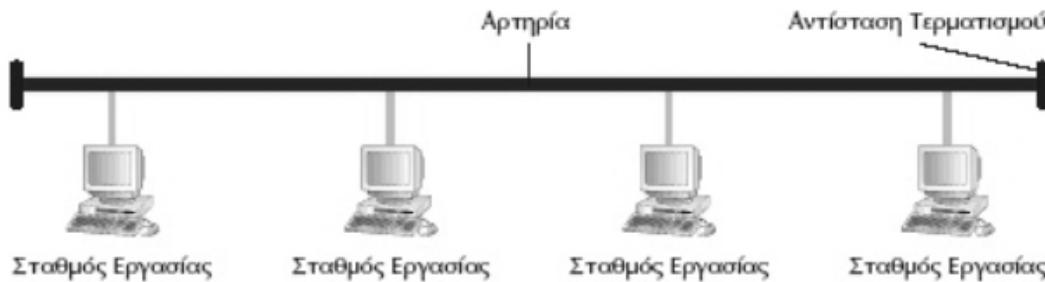


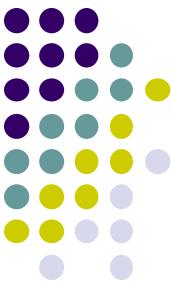
Μητροπολιτικά (ή Αστικά) Δίκτυα (MAN)

Μια υποδιαίρεση δικτύων είναι τα αστικά ή μητροπολιτικά δίκτυα (MAN) που περιορίζονται στο να εξυπηρετούν τα όρια μιας πόλης. Τα δίκτυα αυτά αναπτύσσονται ξεπερνώντας τους περιορισμούς σε ταχύτητα και απόσταση των τοπικών δικτύων. Καλύπτουν τις μεγάλες ανάγκες επικοινωνίας μέσα στην ίδια πόλη, με συχνότερη χρήση τη διασύνδεση επιχειρηματικών τοπικών δικτύων. Χρησιμοποιώντας κυρίως οπτικές ίνες επιτυγχάνουν ρυθμούς μετάδοσης της τάξης των Gbps.

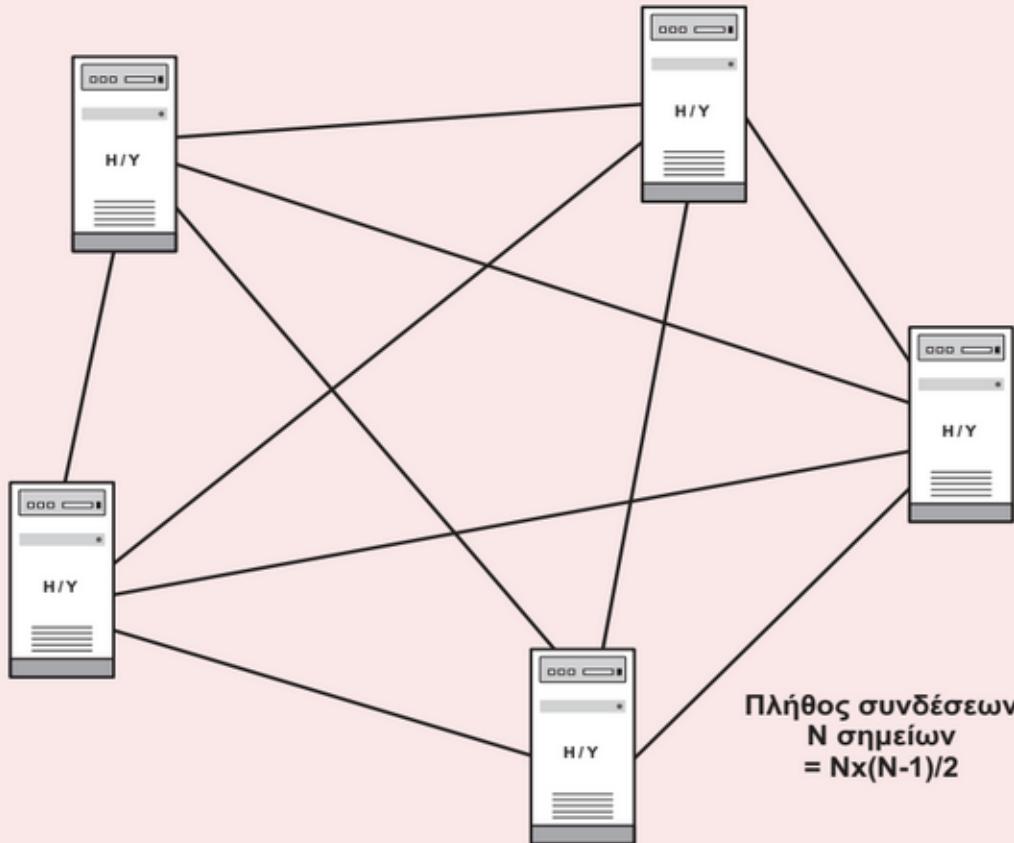


Τοπολογική Διαίρεση Δικτύων



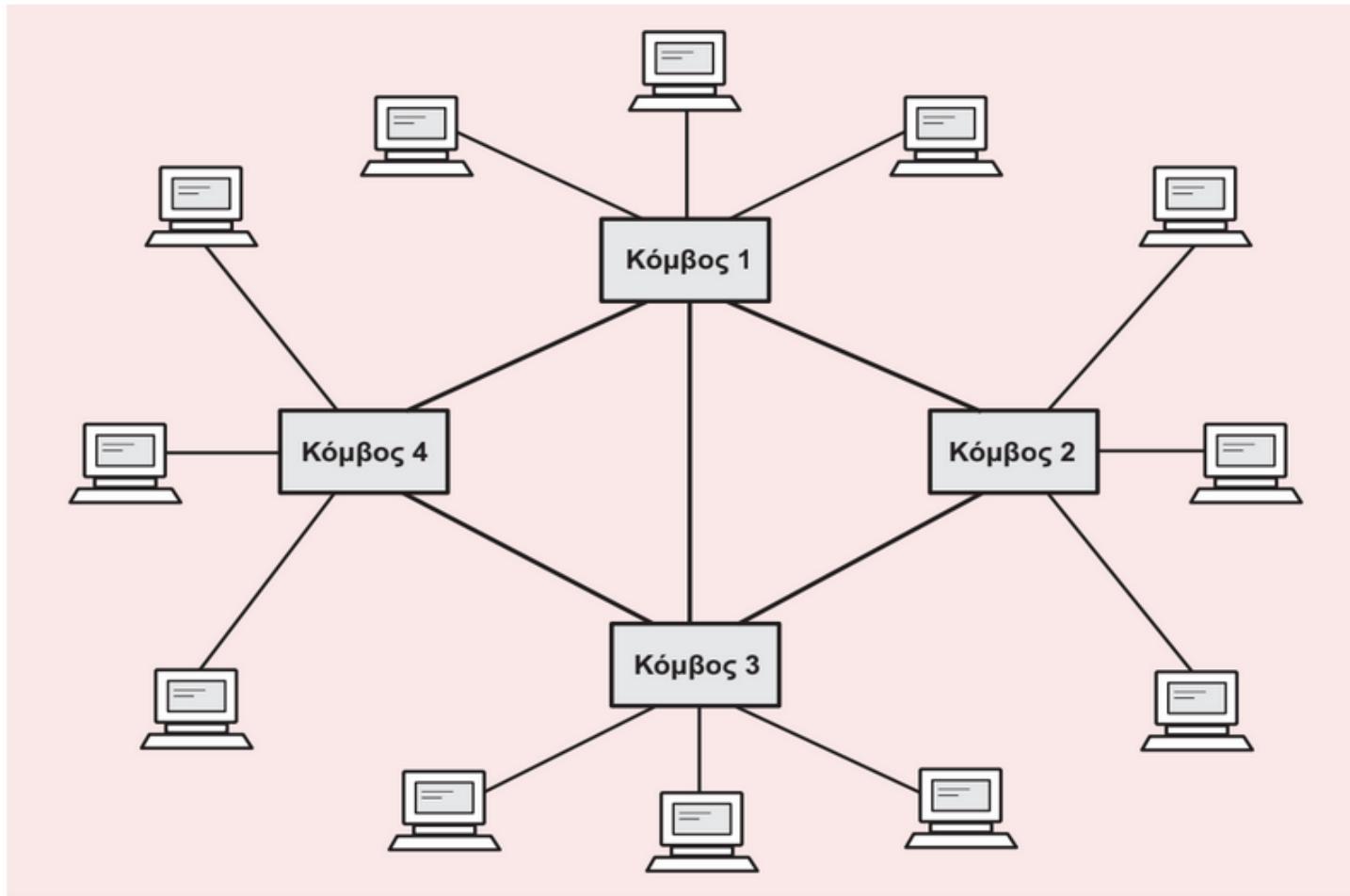
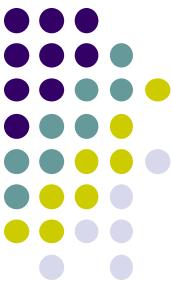


Δίκτυο βρόγχου (Mesh)



Σχήμα 11-5 Δίκτυο βρόγχου

Κομβικά Σύνθετα Δίκτυα (Nodal)



Σχήμα 11-6 Κομβικό δίκτυο



Δίκτυα μεταγωγής

- Παρέχουν την δυνατότητα σε κάθε συνδρομητή να καλεί επιλογικά τον ανταποκριτή του.
- Αποτελούνται από κόμβους συνδεδεμένους μεταξύ τους, οι οποίοι αναλαμβάνουν τη δρομολόγηση της πληροφορίας από τον αποστολέα στον παραλήπτη.
- Μερικοί κόμβοι δεν έχουν συνδεδεμένους σταθμούς και απλά παίζουν τον ρόλο του διεκπεραιωτή της πληροφορίας.
- Υπάρχει εναλλακτική διαδρομή επικοινωνίας



Δίκτυα μεταγωγής

Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)

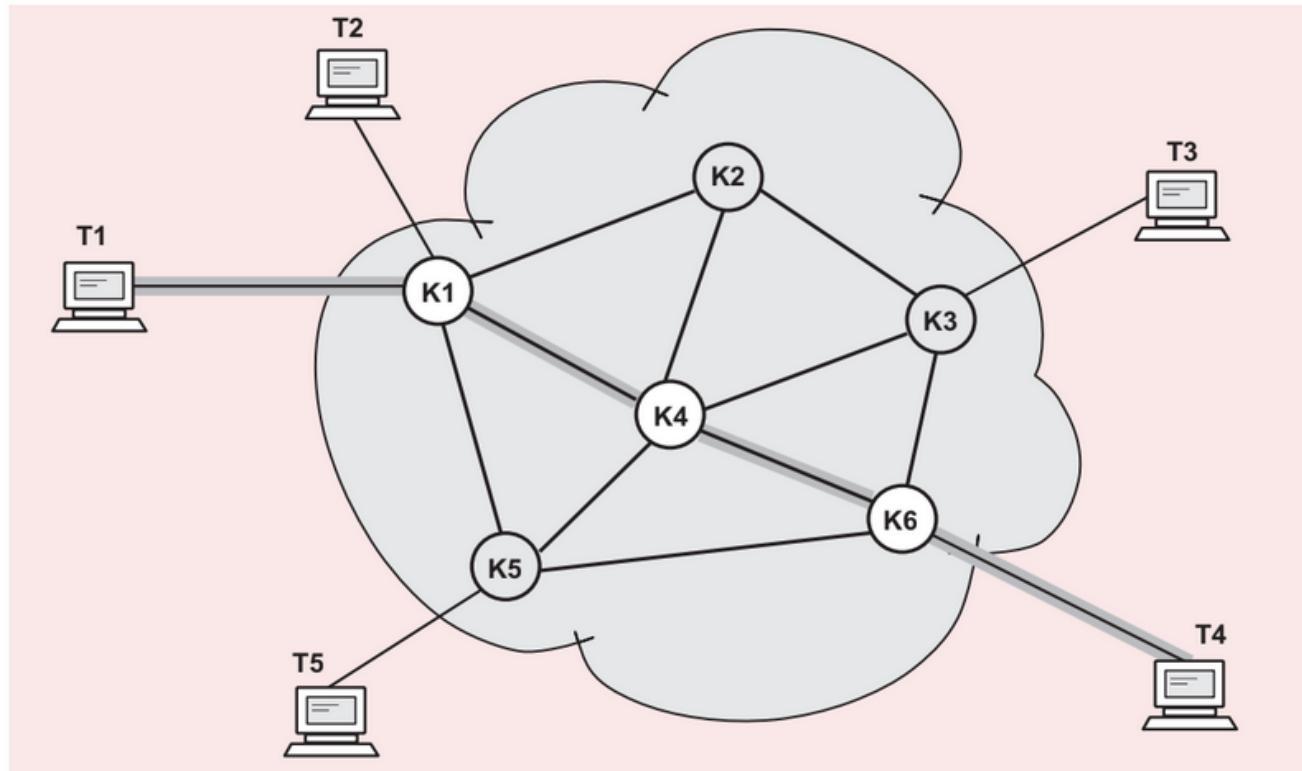
Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching)

Datagram

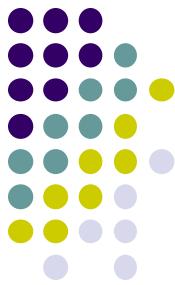
Virtual Circuit

Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)



Σχήμα 11-7 Σύνδεση με μεταγωγή κυκλώματος

Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)



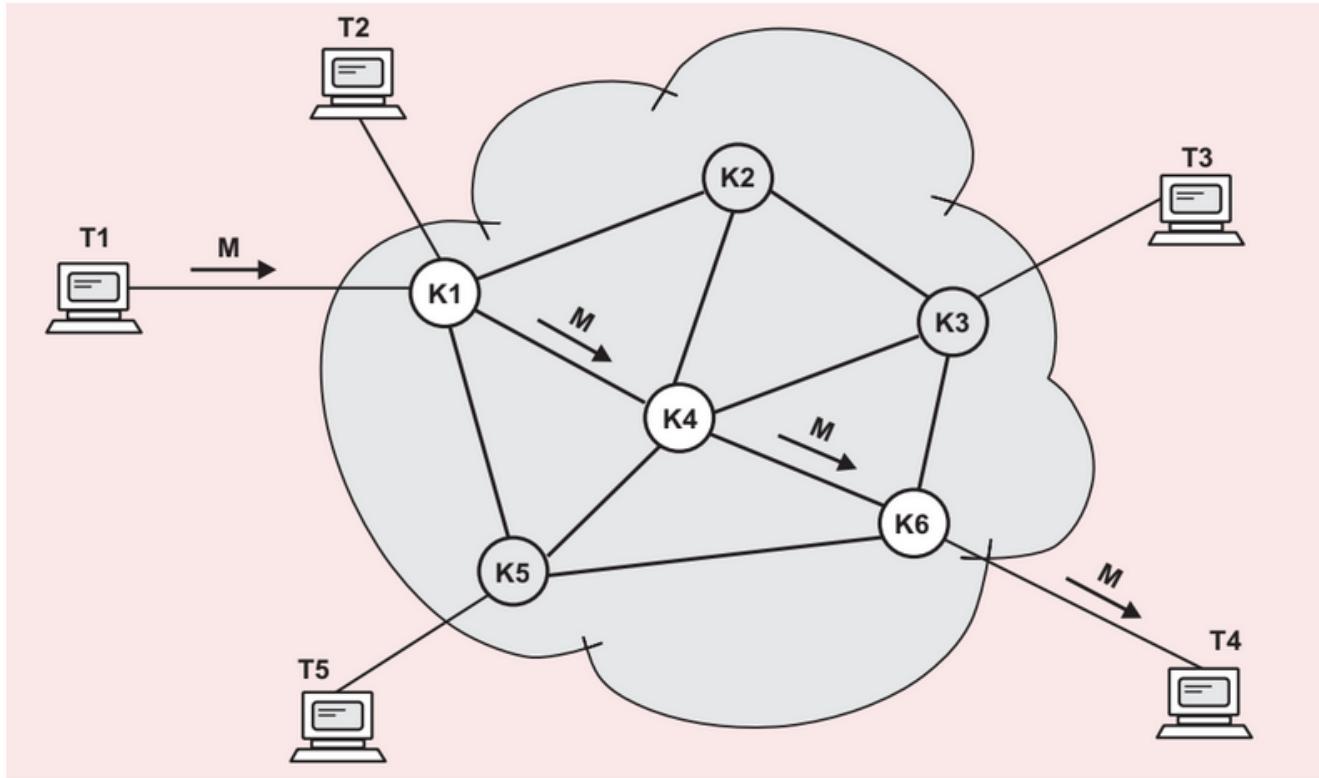
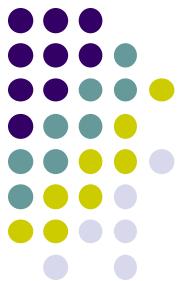
- Αφιερώνεται μια φυσική ζεύξη μεταξύ των συνδρομητών για όλη την διάρκεια της επικοινωνίας τους.
- Η φυσική ζεύξη απασχολείται πλήρως και αποκλειστικά για την επικοινωνία των συνδρομητών
- Κοινό τηλεφωνικό δίκτυο
- Φάση αποκατάστασης και τερματισμού επικοινωνίας

Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)



- Η γραμμή παραμένει κατειλημμένη ακόμα και όταν δεν μεταφέρονται πληροφορίες.
- Οι χρήστες χρησιμοποιούν όλη την μεταφορική ικανότητα (throughput) της γραμμής με μόνη καθυστέρηση την αρχική αποκατάσταση της σύνδεσης
- Διαθεσιμότητα αποστολέα/παραλήπτη;
- Είναι κατάλληλη για real-time εφαρμογές;
- Πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα;
- Αποτελεσματική χρήση ζεύξεων;

Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)



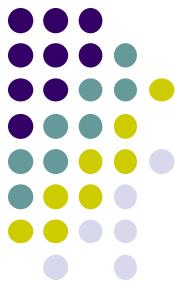
Σχήμα 11-8 Σύνδεση με μεταγωγή μηνυμάτων

Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)



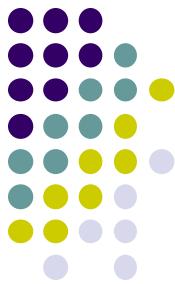
- Ο αποστολέας οργανώνει την πληροφορία σε μήνυμα και το δίνει στο δίκτυα για διεκπεραίωση
- Το δίκτυο προωθεί το μήνυμα από κόμβο σε κόμβο μέχρι τον τελικό παραλήπτη
- Το δίκτυο αναλαμβάνει την διεκπεραίωση των μηνυμάτων και όχι την αποκατάσταση του φυσικού δρόμου
- Κάθε μήνυμα περιλαμβάνει την διεύθυνση του παραλήπτη ώστε ο κάθε κόμβος να το προωθεί
- Κάθε κόμβος αποθηκεύει το μήνυμα πριν το στείλει στον επόμενο κόμβο (store and forward)

Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)



- Πολλαπλή αποστολή ενός μηνύματος σε πολλούς αποδέκτες
- Άριστη εκμετάλλευση των φυσικών συνδέσεων επειδή
 - (α) το κανάλι απασχολείται με την μετάδοση ενός μηνύματος αποκλειστικά και εκ περιτροπής και (β) υπάρχει μόνο μία κεφαλίδα ανά μήνυμα
- Λύνει το πρόβλημα διαθεσιμότητας αποστολέα/παραλήπτη;
- Πλεονεκτήματα / μειονεκτήματα;
- Αποτελεσματική χρήση ζεύξεων;

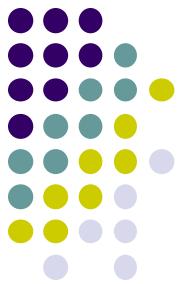
Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)



Μερικά από τα πλεονεκτήματα της τεχνικής message switching έναντι της circuit switching είναι:

- Δεν ενδιαφέρει αν την ώρα που ο αποστολέας στέλνει το μήνυμα, ο αποδέκτης είναι σε θέση να το δεχτεί. Το δίκτυο μπορεί να φυλάξει το μήνυμα και να το στείλει αργότερα.
- Η εκμετάλλευση των φυσικών συνδέσεων (γραμμών) είναι πολύ καλύτερη, αφού ένα κανάλι μπορεί να διεκπεραιώσει μηνύματα πολλών χρηστών.
- Η τεχνική message switching παρέχει τη δυνατότητα πολλαπλής αποστολής του αυτού μηνύματος σε πολλούς χρήστες.
- Ο έλεγχος σφαλμάτων και γενικά οι διαδικασίες προστασίας από τα σφάλματα μπορούν να γίνουν από το δίκτυο.
- Οι δύο τερματικοί σταθμοί έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν μηνύματα γραμμένα σε διαφορετικό κώδικα και με διαφορετική ταχύτητα. Τη δουλειά της μετατροπής κάνουν οι ακραίοι κόμβοι στους οποίους έχει δηλωθεί από πριν με ποια ταχύτητα και με ποιο κώδικα συνεννοείται ο συγκεκριμένος τερματικός σταθμός.

Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)



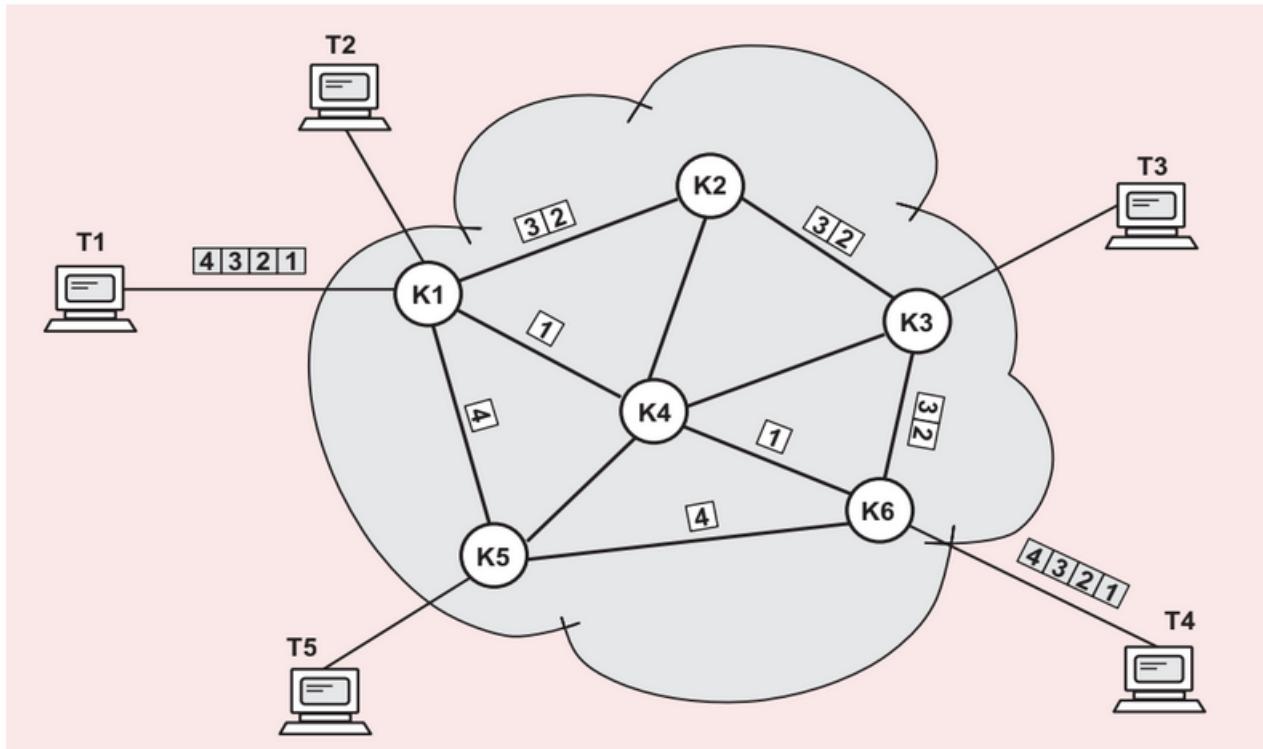
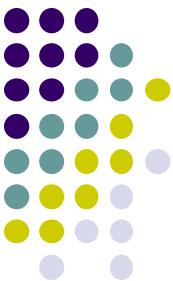
Ένα μειονέκτημα της τεχνικής αυτής είναι ότι δεν είναι κατάλληλη για real time εφαρμογές, επειδή οι καθυστερήσεις στους κόμβους είναι αγνώστου διαρκείας. Στην πράξη η τεχνική μεταγωγής μηνυμάτων είναι η λιγότερο εφαρμοσμένη από τις άλλες δύο.

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching)



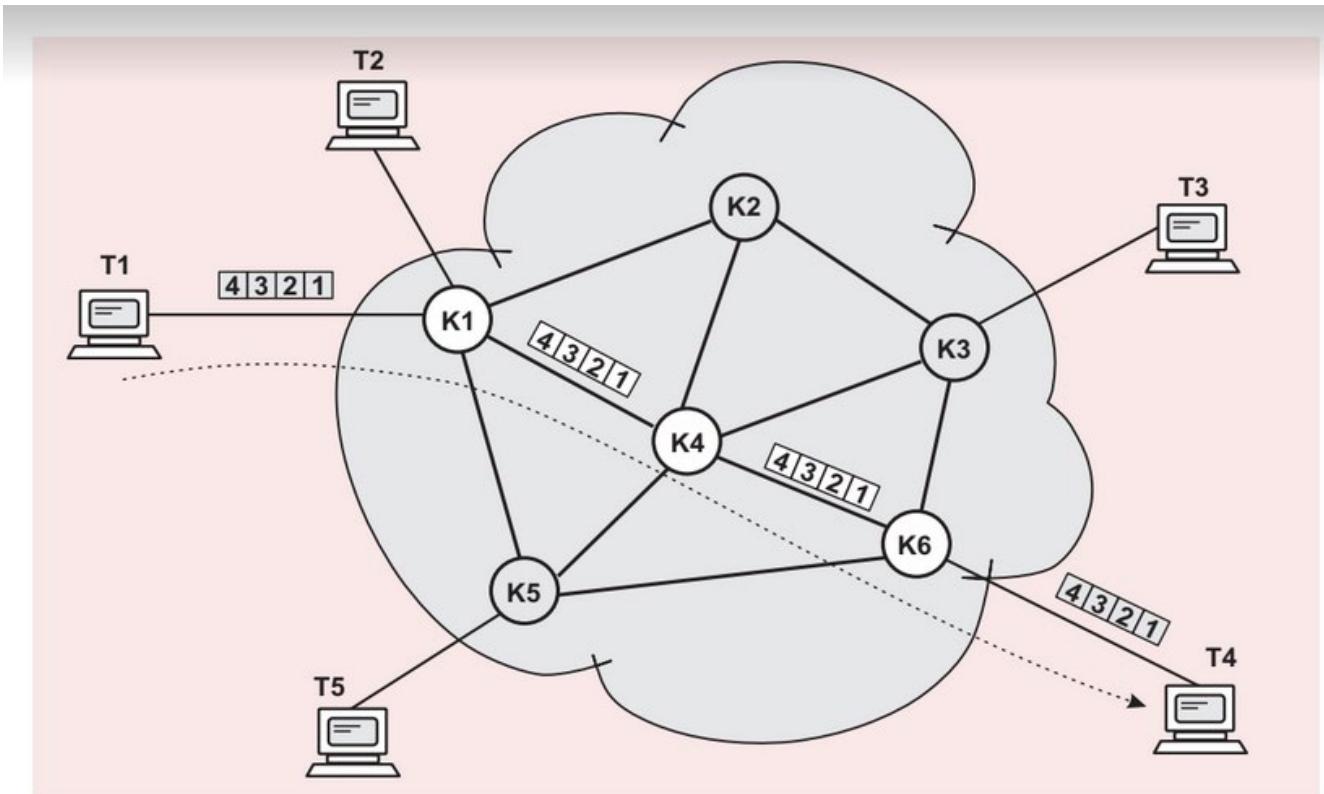
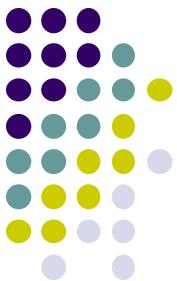
- Προσπάθεια εκμετάλλευσης των πλεονεκτημάτων του circuit και του message switching
- Το μήνυμα τεμαχίζεται σε πακέτα μικρού μεγέθους

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching) -- Datagram



Σχήμα 11-9 Χρήση της τεχνικής datagram

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching) – Virtual Circuit



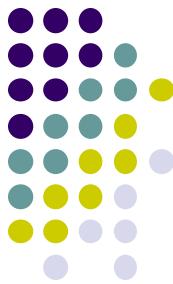
Σχήμα 11-10 Σύνδεση με νοητά κυκλώματα

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching) -- Datagram



- Τα πακέτα θα φθάσουν στον παραλήπτη χρησιμοποιώντας το καθένα τον δικό του συντομότερο δρόμο
- Τα πακέτα μπορεί να φθάσουν με διαφορετική σειρά από αυτή που στάλθηκαν
- Ο προορισμός πρέπει να τα τοποθετήσει εκ νέου στην σωστή σειρά
- Δεν υπάρχει φάση αποκατάστασης επικοινωνίας
- Μεγάλο overhead επειδή η κεφαλίδα περιλαμβάνει την διεύθυνση του παραλήπτη

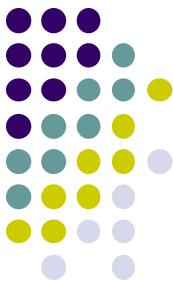
Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching) – Virtual Circuit



- Πριν αποσταλούν τα πακέτα, αποκαθίσταται μια νοητή σύνδεση μεταξύ των ακραίων σταθμών
- Υπάρχει φάση αποκατάστασης επικοινωνίας με call request – call accept
- Έχει σημαντική διαφορά από την circuit switching γιατί η γραμμή παραμένει κοινόχρηστη για περισσότερους χρήστες
- Μικρό overhead επειδή η κεφαλίδα περιλαμβάνει τον αριθμό του νοητού κυκλώματος

Μεταγωγή πακέτου

Datagram vs Virtual Circuit

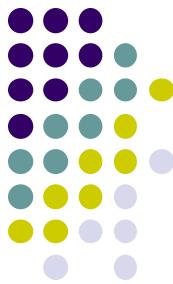


Πλεονεκτήματα της virtual circuit έναντι της datagram είναι:

- Γρήγορη και σωστή ταξινόμηση των παραληφθέντων μηνυμάτων.
- Έλεγχος ορθότητας της σειράς λήψης των πακέτων.
- Επιβεβαίωση του ότι όλα τα πακέτα παραλήφθηκαν σωστά.
- Υπάρχει επιπλέον η δυνατότητα για δικτυακό flow control (έλεγχο ροής) ούτως ώστε αν ο παραλήπτης έχει προσωρινή αδυναμία λήψης, ειδοποιεί τον αποστολέα να σταματήσει μέχρι νεότερης εντολής.
- Μικρές διακυμάνσεις του χρόνου απόκρισης λόγω της σταθερής διαδρομής.
- Μικρό overhead καθώς δεν απαιτείται η ύπαρξη της πλήρους διεύθυνσης του παραλήπτη σε κάθε πακέτο.

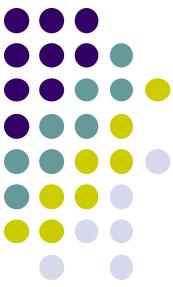
Μεταγωγή πακέτου

Datagram vs Virtual Circuit



Πλεονεκτήματα της datagram τεχνικής:

- Αυξημένη διαθεσιμότητα καθώς αν ένας κόμβος χαλάσει, τα νοητά κυκλώματα (virtual circuit) που διέρχονται από τον κόμβο αυτό θα χαθούν, ενώ με τη datagram τα πακέτα θα διοχετευθούν από εναλλακτικούς δρόμους μέσω άλλων κόμβων.
- Ευκολία αναδρομολόγησης καθώς σε περίπτωση συμφόρησης σε κάποια μέρη του δικτύου, με την τεχνική virtual circuit είναι αρκετά πιο δύσκολο να αναδρομολογηθούν τα μηνύματα προς άλλη κατεύθυνση απ' ότι με τη datagram.
- Στη datagram δεν απαιτείται φάση έναρξης συνομιλίας (Call request, Call accept).



Δίκτυα μεταγωγής

Μεταγωγή κυκλώματος (Circuit Switching)

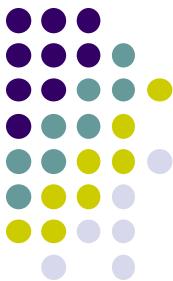
Μεταγωγή μηνύματος Message Switching)

Μεταγωγή πακέτου (Packet Switching)

Datagram

Virtual Circuit

- Ποιες μέθοδοι ταιριάζουν για εφαρμογές πραγματικού χρόνου; (real time applications)
- Διάταξη ως προς την εκμετάλλευση των φυσικών συνδέσεων



Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

Αντιμετωπίζει το πρόβλημα επικοινωνίας υπολογιστών διαφορετικών κατασκευαστών

Θέσπιση τυποποιημένων κανόνων που τηρούνται από όλους τους κατασκευαστές

Το 1977 ο διεθνής οργανισμός τυποποιήσεων ISO σε συνεργασία με τον διεθνή οργανισμό τηλεπικοινωνιακών τυποποιήσεων ITU (International Telecommunications Union) ξεκίνησε μια προσπάθεια τυποποίησης στον σχεδιασμό συστημάτων επικοινωνίας

Το 1983 ανακοινώθηκε το μοντέλο του OSI (Open System Interconnection), δηλαδή «πρότυπο ανοιχτής διασύνδεσης συστημάτων»

Ο όρος «ανοιχτό» σημαίνει ότι επιτρέπει την «ανοιχτή» επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών διαφορετικού τύπου και κατασκευαστή αφού οι διεπαφές των επιπέδων είναι γνωστές σε όλους



Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

Διαστρωμάτωση

Η στρατηγική αντιμετώπισης κάθε σύνθετου πολύπλοκου προβλήματος είναι αυτό να διαχωριστεί σε περισσότερα μικρότερα επιμέρους θέματα. Το μοντέλο OSI διαχώρισε έτσι τις διάφορες λειτουργίες που απαιτούνται για την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων, κατανέμοντας τες σε επτά διακριτά επίπεδα ή στρώματα (layers) που σχετίζονται μεταξύ τους με λογική ιεράρχηση.

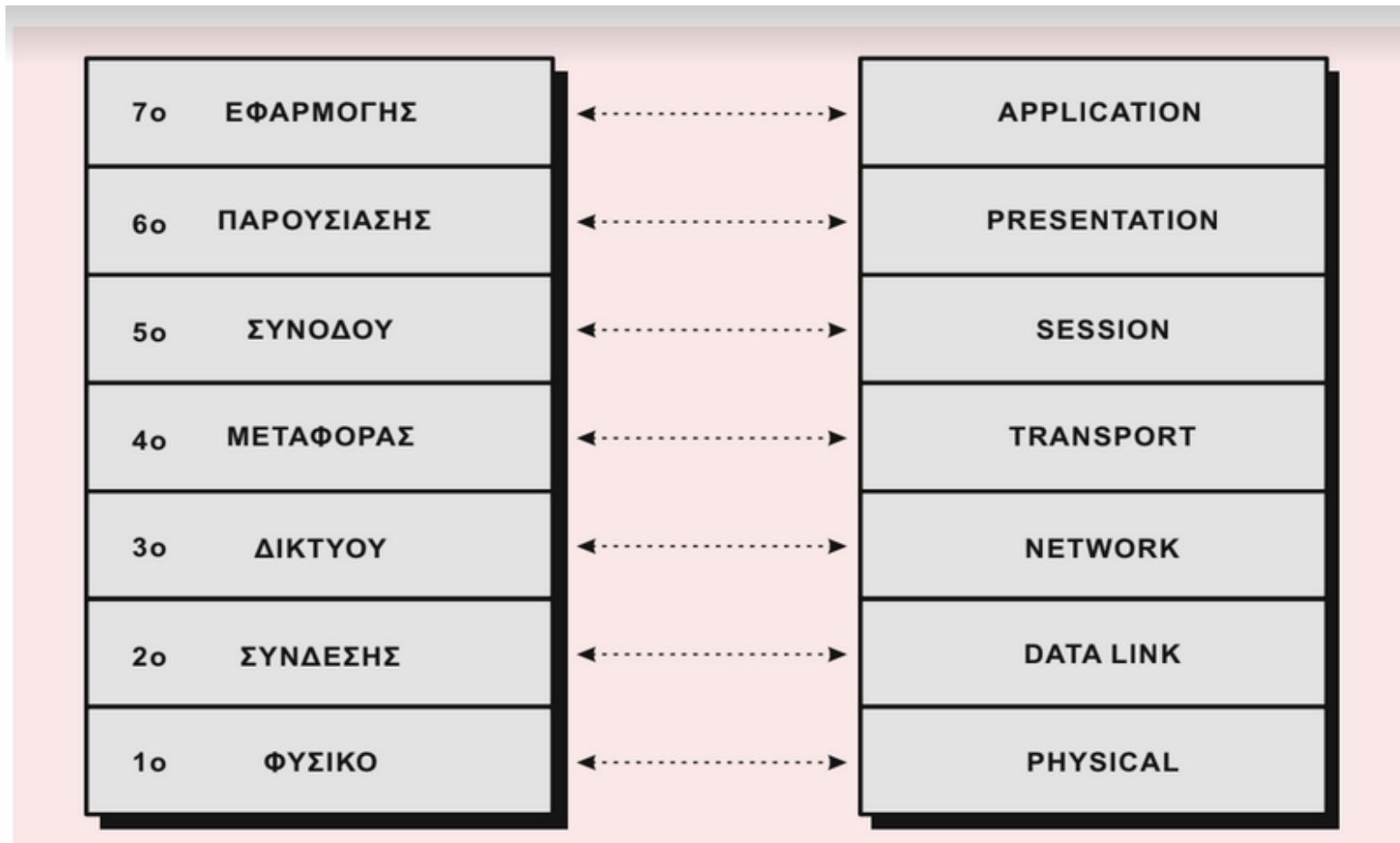


Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

Στην κορυφή της ιεράρχησης του μοντέλου OSI, δηλαδή στο ανώτερο 7ο επίπεδο είναι οι μηχανογραφικές εφαρμογές με τα εργαλεία που παράγουν και χρησιμοποιούν τα προς ανταλλαγή δεδομένα. Ακολουθεί το έκτο επίπεδο που εξασφαλίζει ότι τα δεδομένα έχουν κωδικοποιηθεί με συμφωνημένο και κοινό για όλους τρόπο ή άλλως τα μεταφράζει. Το πέμπτο επίπεδο οργανώνει τον διάλογο σε συνόδους με αρχή και τέλος και διευθετεί τρόπους αλληλοαναγνώρισης των επικοινωνούντων, ενώ το τέταρτο προετοιμάζει τα δεδομένα για μετάδοση οργανώνοντας τα σε αριθμημένα μπλοκ. Το τρίτο επίπεδο διασπά τα μπλοκ σε μικρότερα πακέτα και φροντίζει για τη δρομολόγηση τους στο δίκτυο, δίνοντας κατάλληλη διευθυνσιοδότηση και μαρκάροντας τα πακέτα με τις διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη. Το δεύτερο επίπεδο τυποποιεί τις επιμέρους point to point ζεύξεις ώστε να εξασφαλίζεται η χωρίς σφάλματα μετάδοση με επανεκπομπή ή διόρθωση, ενώ τέλος το πρώτο επίπεδο τυποποιεί τα θέματα μετάδοσης στα φυσικά μέσα όπως interface, συνδέσμους, ηλεκτρικά χαρακτηριστικά, διαμορφώσεις, πολύπλεξη, συσκευές μετάδοσης κ.λπ.



Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

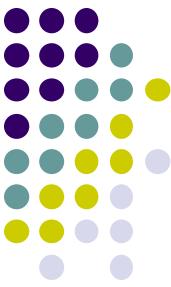


Σχήμα 11-12 Τα 7 επίπεδα του προτύπου OSI



Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

Ο παραπάνω διαχωρισμός λειτουργιών σε ανεξάρτητες ενότητες βοήθησε την απλοποίηση του θέματος και την τυποποίηση διαφορετικών λύσεων για κάθε επίπεδο. Η πράξη απέδειξε πως ο διαχωρισμός αυτός ιδίως στα τέσσερα κατώτερα δικτυακά στρώματα προσφέρει εξαιρετικά πλεονεκτήματα. Ο διαχωρισμός απεναντίας των ανώτερων στρωμάτων στο μοντέλο παρέμεινε σε θεωρητικό επίπεδο, στην πράξη δεν βρήκε μεγάλη αποδοχή και σε μεγάλο βαθμό εγκαταλείφθηκε αφήνοντας την κυριαρχία στο Ιντερνετικό ιεραρχικό μοντέλο TCP/IP που θα δούμε στο κεφ.15.



Διαστρωμάτωση – Πρότυπο OSI

Πλεονεκτήματα

Διαλειτουργικότητα μεταξύ συσκευών διαφορετικών κατασκευαστών
Εξειδικευμένες εταιρείες προσφέρουν συσκευές και λογισμικό σε ένα
μόνο επίπεδο

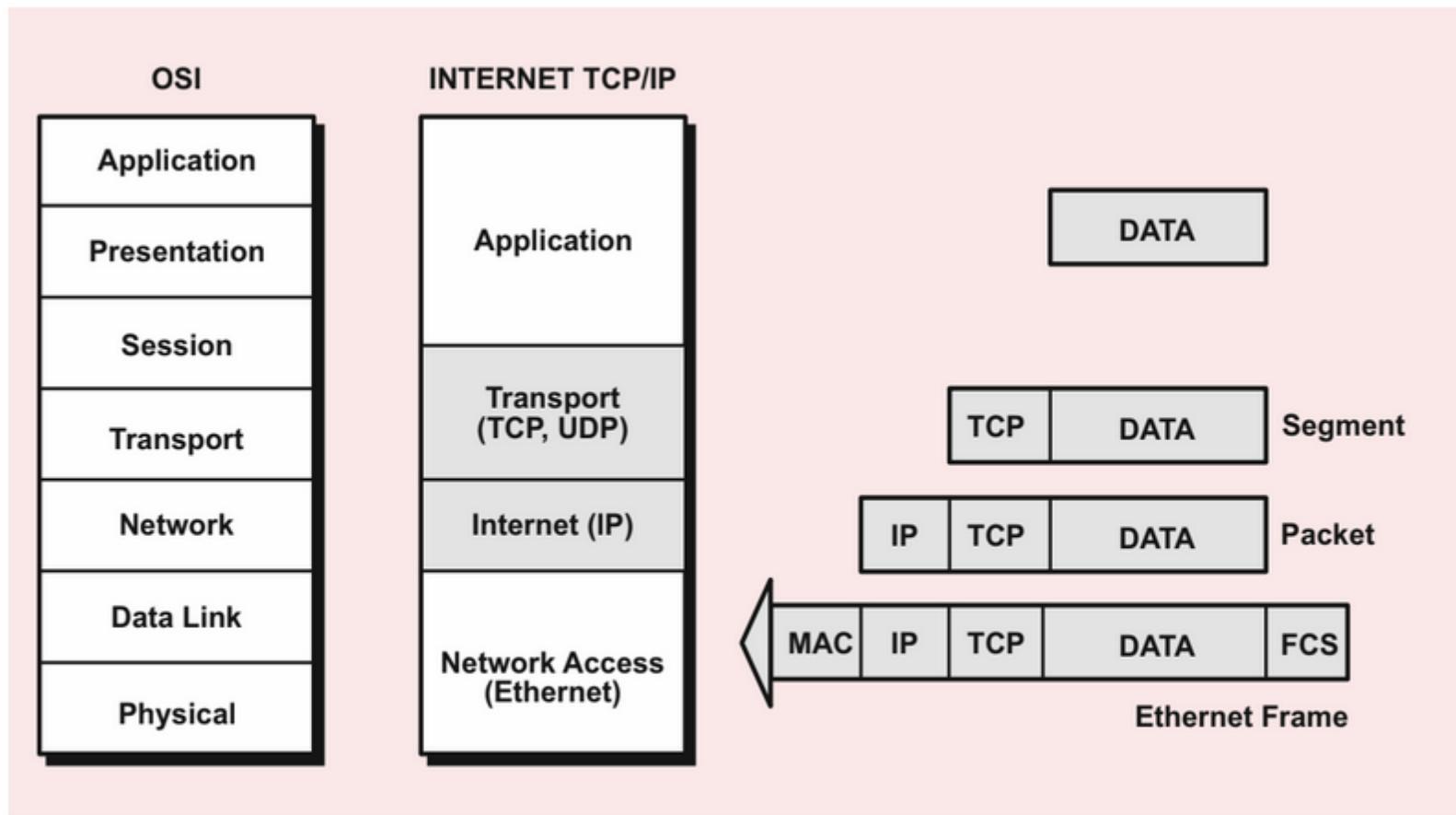
Ευκολία στον εντοπισμό και αντιμετώπιση λειτουργικών
προβλημάτων και βλαβών

Οι λειτουργίες σε διαφορετικά επίπεδα είναι ανεξάρτητες μεταξύ
τους ώστε τυχόν αλλαγές σε ένα επίπεδο να μην έχουν επίδραση
στα άλλα. Παράδειγμα;

Η επικοινωνία μεταξύ συστημάτων γίνεται πάντα σε ομότιμα
επίπεδα βάσει ενός κοινά αποδεκτού πρωτοκόλλου.



Πρότυπο OSI vs TCP/IP



Σχήμα 11-13 Σύγκριση OSI - TCP/IP και διαδοχική ενθυλάκωση



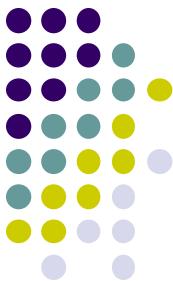
Πρότυπο OSI

Φυσικό Επίπεδο – Physical Layer

1. Φυσικό επίπεδο (Physical Layer): Ασχολείται με την μετάδοση των bit μέσω των διαφόρων φυσικών μέσων. Βασικός σκοπός του πρώτου επιπέδου είναι να παραλαμβάνει τα δεδομένα που του παραδίδει το αμέσως ανώτερο (δεύτερο) επίπεδο και να τα μεταφέρει bit προς bit μέσω του μέσου μετάδοσης στην άλλη άκρη μιας point to point ζεύξης.

Κατά τη διαδρομή τους τα δεδομένα διασχίζοντας το δίκτυο περνούν συνήθως από πολλές διαδοχικές ζεύξεις. Το φυσικό επίπεδο σε κάθε τέτοια ζεύξη είναι διαφορετικό και μπορεί κάθε φορά να υλοποιείται με διαφορετική τεχνολογία όπως με τοπικές καλωδιακές συνδέσεις, χάλκινες γραμμές με modem, συστήματα οπτικής μετάδοσης, ασυρματικές ζεύξεις, συστήματα PDH/SDH κ.λπ.

Το φυσικό επίπεδο περιλαμβάνει και όλα τα ηλεκτρικά, μηχανικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά των διασυνδέσεων (interface) των υπολογιστικών συστημάτων των συμβαλλομένων μερών. Στο επίπεδο αυτό καθορίζεται ο τύπος του connector και οι ακροδέκτες, τα σήματα μετάδοσης, ο συγχρονισμός των συσκευών, με ποια ηλεκτρική τάση θα παρίσταται το bit 1 και με ποια το bit 0, τα μήκη κύματος του φωτός στην οπτική ίνα, το αν η επικοινωνία είναι half ή full duplex κ.λπ.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων – Link Layer

2. Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer): Το επίπεδο αυτό φροντίζει για την αξιόπιστη μεταφορά των δεδομένων πάνω από τις φυσικές ζεύξεις του πρώτου επιπέδου που μεταφέρουν τα bit. Περιλαμβάνει τις διαδικασίες και τις λειτουργίες για την αποκατάσταση μιας “λογικής ζεύξης” πάνω σε μια φυσική σύνδεση μεταξύ δύο γειτονικών σημείων στο δίκτυο, όπως μεταξύ δύο κόμβων ή μεταξύ κόμβου και υπολογιστή.

Τα δεδομένα οργανώνονται σε πλαίσια (frames) περιορισμένου μεγέθους, απαριθμούνται και αποστέλλονται το ένα μετά το άλλο προς την απέναντι πλευρά της ζεύξης. Αν υπάρξουν προβλήματα κατά την μετάδοση ζητείται επανεκπομπή έως ότου επιβεβαιωθεί η χωρίς σφάλματα λήψη τους. Εκτός από τα πλαίσια που μεταφέρουν δεδομένα υπάρχουν και ειδικά πλαίσια ελέγχου για τη δημιουργία της λογικής σύνδεσης ανάμεσα στα δυο άκρα της τοπικής ζεύξης. Έτσι ρυθμίζονται θέματα έναρξης και τέλους μιας μετάδοσης, έλεγχος ροής, ενδιάμεσες διακοπές, επανεκκίνηση απαριθμητών κ.λπ.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων – Link Layer

Τα δεδομένα που μεταφέρουν τα πλαίσια είναι σε μορφή πακέτων που παραλήφθηκαν από το αμέσως ανώτερο (τρίτο) επίπεδο. Αυτή είναι η διαδικασία ενθυλάκωσης πακέτων σε πλαίσια. Για παράδειγμα ένα πλαίσιο ethernet (2ο επίπεδο) μπορεί να μεταφέρει ένα IP πακέτο (3ο επίπεδο). Το δεύτερο επίπεδο δηλαδή προσφέρει μια αξιόπιστη υπηρεσία μεταφοράς προς τα ανώτερα επίπεδα ώστε αυτά να μην έχουν να ασχοληθούν με προβλήματα σφαλμάτων της φυσικής σύνδεσης.

Κατά τη διαδρομή τους τα δεδομένα που διασχίζουν ένα μεγάλο δίκτυο περνούν συνήθως από πολλές διαδοχικές ζεύξεις. Το δεύτερο επίπεδο σε αυτές είναι ανεξάρτητο και μπορεί κάθε τέτοια ζεύξη να υλοποιείται με διαφορετικά πρωτόκολλα δευτέρου επιπέδου όπως ethernet, frame relay, ATM κ.λπ. Τα δεδομένα που διακινεί το δεύτερο επίπεδο πάνω στις γραμμές ονομάζονται πλαίσια (frames) εκτός αν το πρωτόκολλο είναι ATM όπου εκεί ονομάζονται κελιά και έχουν σταθερό μέγεθος.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων – Link Layer

Στα τοπικά δίκτυα όπου το μέσο συνδέει όχι δύο αλλά πολλαπλούς χρήστες, ή σε δίκτυα με δυνατότητα point to multipoint όπως π.χ. τα δίκτυα οπτικής πρόσβασης PON, το δεύτερο επίπεδο γίνεται πολύπλοκο καθώς έχει να συντονίσει περισσότερους συνομιλητές που χρησιμοποιούν το ίδιο φυσικό μέσο μετάδοσης. Για τον σκοπό αυτό στο δεύτερο επίπεδο δημιουργούνται υποστρώματα (sublayer) που υποστηρίζουν πρωτόκολλα ελέγχου της πρόσβασης στο κοινό μέσο (media access control) και φροντίζουν για τον συγχρονισμό των χρηστών ώστε να μην εκπέμπουν την ίδια χρονική στιγμή και αλληλοπαρεμβάλλονται. Η MAC address στα interfaces των υπολογιστών και των δικτυακών συσκευών είναι διεύθυνση για τέτοιες λειτουργίες δευτέρου επιπέδου που χρησιμοποιείται στη διακίνηση των Ethernet frames όπως θα δούμε στο κεφάλαιο 13.5.

Συνοπτικά οι υπηρεσίες που προσφέρει το επίπεδο αυτό είναι:

- Δημιουργία, διατήρηση και απελευθέρωση της λογικής σύνδεσης μεταξύ των άκρων.
- Μεταφορά δεδομένων, αρίθμηση - συγχρονισμός frame, διαφάνεια μετάδοσης.
- Έλεγχος σφαλμάτων και έλεγχος ροής των frame.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων – Link Layer

Συσκευές που λειτουργούν καθαρά στο δεύτερο επίπεδο είναι: bridges τοπικών δικτύων, ethernet switches, κόμβοι frame relay, κόμβοι ATM. Επίσης υλοποιήσεις δευτέρου επιπέδου θα βρούμε πάντα και στις θύρες κόμβων υψηλότερων επιπέδων όπως routers, firewalls, gateways κ.λπ.

Μερικά γνωστά πρωτόκολλα που έχουν τυποποιηθεί για το δεύτερο επίπεδο είναι HDLC, LAPB, Frame Relay, ATM, 802.3 (MAC – LLC), FDDI, PPP.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Δικτύου – Network Layer

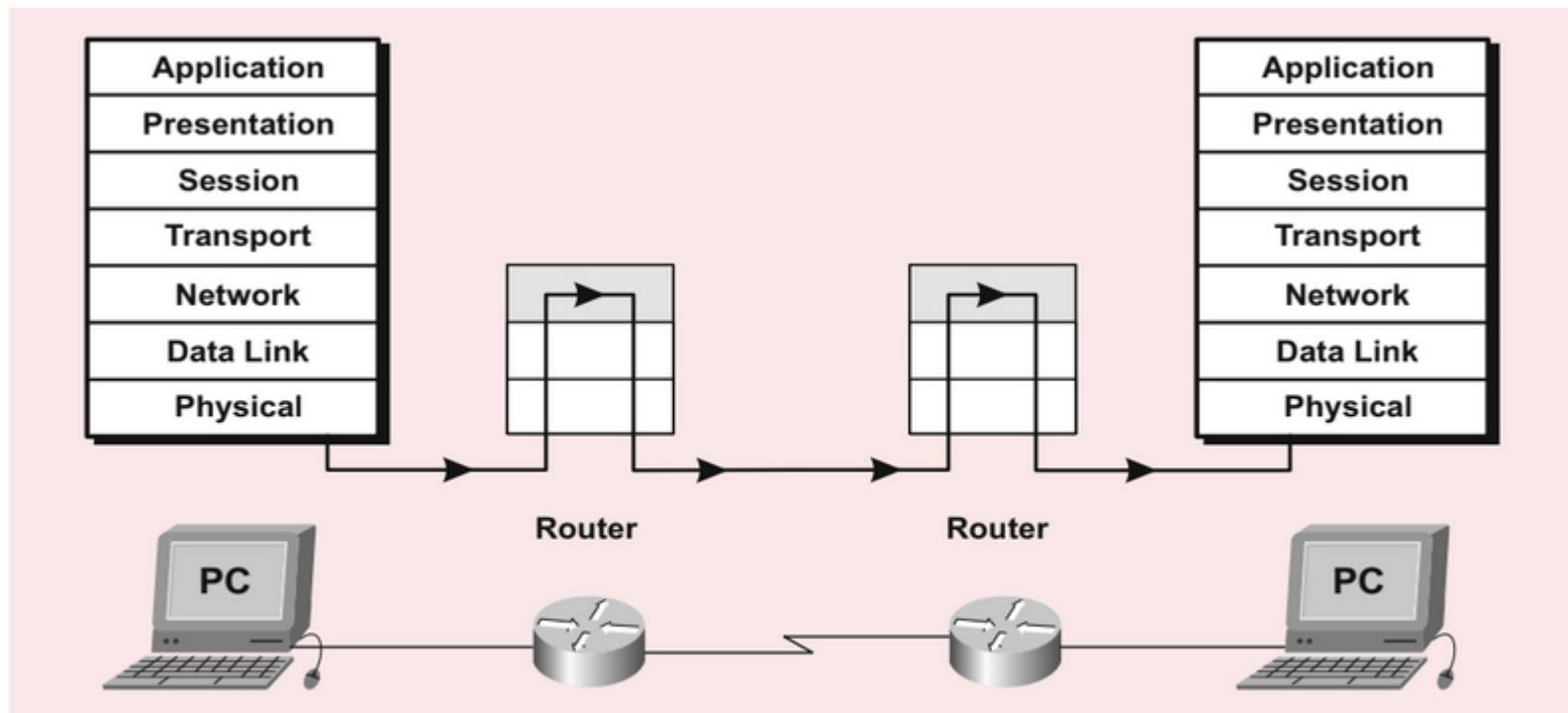
3. Επίπεδο Δικτύου (Network Layer). Ενώ το 2ο επίπεδο φροντίζει για την επικοινωνία μεταξύ των άκρων μιας απλής γραμμής, το 3ο επίπεδο παρέχει τα μέσα για την αποκατάσταση, υποστήριξη και τερματισμό συνδέσεων μεταξύ των άκρων του δικτύου, δηλαδή επικοινωνία όπου ενδιάμεσα μπορεί να μεσολαβούν περισσότερες της μιας γραμμής. Αν μεταξύ των ακραίων επικοινωνούντων υπολογιστών παρεμβάλλονται δύο ή περισσότερα διαφορετικά δίκτυα το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για τη διασύνδεσή τους, και την πιθανή μετάφραση και προσαρμογή διαφορετικών διευθυνσιοδοτήσεων. Βασική πάντως λειτουργία του επιπέδου είναι η δρομολόγηση πακέτων (packet) εντός ενός δικτύου. Τα δεδομένα που διακινεί το τρίτο επίπεδο μέσω του δικτύου ονομάζονται πάντα πακέτα.

Τα δεδομένα παραλαμβάνονται από το ανώτερο επίπεδο (transport layer) υπό μορφή μεγαλύτερων πακέτων που ονομάζονται segments, διαχωρίζονται αμέσως σε μικρότερα πακέτα απαριθμούνται και δρομολογούνται μέσω του δικτύου προς τον τελικό αποδέκτη.



Πρότυπο OSI

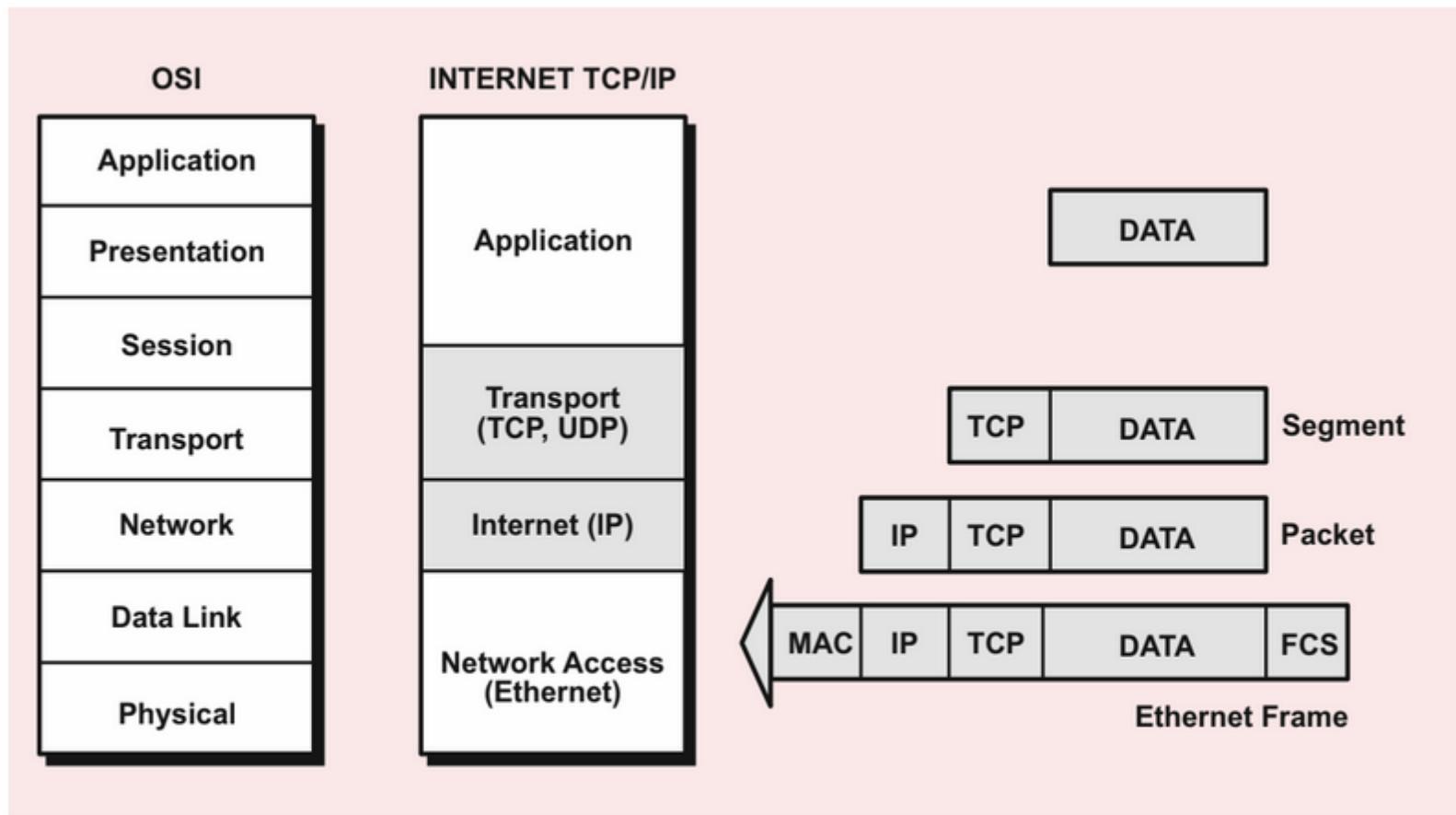
Επίπεδο Δικτύου – Network Layer



Σχήμα 11-15 Οι δρομολογητές (router) στο μοντέλο OSI



Πρότυπο OSI vs TCP/IP



Σχήμα 11-13 Σύγκριση OSI - TCP/IP και διαδοχική ενθυλάκωση



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Δικτύου – Network Layer

Η δρομολόγηση είναι ένα ουσιαστικό θέμα στα δίκτυα και γίνεται με διάφορους τρόπους γιαντό έχουν αναπτυχθεί και διαφορετικά πρωτόκολλα. Σε ορισμένα δίκτυα η διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα πακέτα προκαθορίζεται με τη δημιουργία νοητών κυκλωμάτων από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη, όπως π.χ. στα δίκτυα X.25. Άλλοτε τα πακέτα στέλνονται στο δίκτυο και οι κόμβοι του δικτύου αποφασίζουν δυναμικά την εκάστοτε καλύτερη διαδρομή, όπως γίνεται στα δίκτυα IP.

Οι διαδρομή που ακολουθεί ένα πακέτο, για να διατρέξει το δίκτυο από άκρη σε άκρη, συνήθως περιλαμβάνει πολλές διαδοχικές ζεύξεις. Σε κάθε νέα ζεύξη το πακέτο μεταφορτώνεται από το πλαίσιο (frame) της προηγούμενης ζεύξης πάνω σε ένα νέο πλαίσιο της επόμενης ζεύξης. Για να διατρέξει δηλαδή το πακέτο όλη τη διαδρομή, συνεχώς μεταφορτώνεται από πλαίσιο σε πλαίσιο.

Κύριες υπηρεσίες που μπορεί να προσφέρει το τρίτο επίπεδο είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός συνδέσεων μεταξύ των άκρων του δικτύου.
- Διευθυνσιοδότηση ακραίων σημείων και κόμβων του δικτύου
- Δρομολόγηση πακέτων (routing) δια μέσου του δικτύου.
- Μεταφορά δεδομένων (πακέτων).
- Απαρίθμηση και έλεγχος σφαλμάτων.
- Έλεγχος ροής δεδομένων.

Γνωστά πρωτόκολλα στο επίπεδο δικτύου είναι τα IP (IPv4, IPv6), ICMP, IGMP, X.25.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Μεταφοράς – Transport Layer

4. Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer). Ο σκοπός του είναι να παρέχει αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων απαλλαγμένη σφαλμάτων μεταξύ δυο υπολογιστών μέσω ενός ή περισσότερων δικτύων.

Στο τρίτο επίπεδο ορισμένα πρωτόκολλα δεν προστατεύουν από σφάλματα καθώς γραμμές μπορεί να διακοπούν ή πακέτα να φθάσουν μέσω διαφορετικών διαδρομών με λανθασμένη αλληλουχία, ακόμα λόγω επανεκπομπών να φθάσουν και διπλά πακέτα.



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Μεταφοράς – Transport Layer

Την πραγματική από άκρου σε άκρο μετάδοση από υπολογιστή σε υπολογιστή την ελέγχει το επίπεδο μεταφοράς που υλοποιείται στον ακραίο υπολογιστή. Αυτό παρέχει τις διαδικασίες για την αποκατάσταση της ορθότητας της πληροφορίας μετά από κάθε πιθανό σφάλμα, τον έλεγχο ροής της πληροφορίας από άκρο σε άκρο και τον έλεγχο ακολουθίας των μηνυμάτων.

Στην ουσία το επίπεδο αυτό λαμβάνει από την εφαρμογή τα μηνύματα που θέλει να ανταλλάξει και επειδή π.χ. το δίκτυο δέχεται μικρότερου μήκους μηνύματα, το 4ο επίπεδο αναλαμβάνει να τα τεμαχίσει ώστε να είναι κατάλληλα για μεταφορά, ενώ στην πλευρά του δέκτη αναλαμβάνει να τα ανασυγκολλήσει για να τα παραδώσει στα ανώτερα επίπεδα. Το τέταρτο επίπεδο θα δούμε οτι περιλαμβάνει πρωτόκολλα που προσφέρουν “αξιόπιστη” μετάδοση όπως για παράδειγμα το TCP, ή πρωτόκολλα που προσφέρουν “μη αξιόπιστη” μετάδοση όπως π.χ. το απλούστερο UDP (βλ. κεφ. 15). Αν αναρωτιέται κανείς γιατί ποτέ θα επιδιώκαμε “μη αξιόπιστη μετάδοση” η απάντηση είναι οτι σε ορισμένες εφαρμογές, όπως μεταδοση φωνής, η σποραδική απώλεια ενός πακέτου είναι ανεκτή για την ποιότητα επικοινωνίας, ενώ εκεί η αξιόπιστη μετάδοση με μηχανισμούς επανεκπομπών θα χειροτέρευε λόγω καθυστερήσεων το ποιοτικό αποτέλεσμα, αυξάνοντας και την πολυπλοκότητα του πρωτοκόλλου.



Πρότυπο OSI

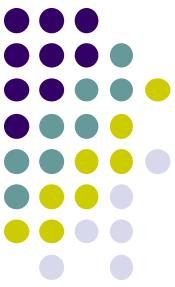
Επίπεδο Μεταφοράς – Transport Layer

Το τέταρτο επίπεδο είναι ουσιαστικά ένα software interface μεταξύ των τριών χαμηλότερων επιπέδων του προτύπου OSI που υλοποιούν τις καθαρά δικτυακές λειτουργίες, και των υψηλότερων επιπέδων που σχετίζονται στενότερα με τους υπολογιστές και τις εφαρμογές που αυτοί εξυπηρετούν. Στην ουσία είναι το πρώτο επίπεδο που είναι υπό τον έλεγχο του χρήστη αφού τα τρία χαμηλότερα υλοποιούνται από δικτυακές συσκευές.

Οι υπηρεσίες που προσφέρει είναι:

- Αποκατάσταση και τερματισμός της από άκρου σε άκρο σύνδεσης σε επίπεδο μεταφοράς.
- Τμηματοποίηση των μηνυμάτων που παίρνει από την εφαρμογή για να τα προωθήσει στο δίκτυο.
- Καθορισμός και επιλογή από το χρήστη της ποιότητας εξυπηρέτησης της σύνδεσης.
- Δυνατότητα πολύπλεξης συνόδων (sessions) μέσω της ίδιας ζεύξης.
- Έλεγχος ροής.

Γνωστά πρωτόκολλα του τετάρτου επιπέδου θεωρούνται τα TCP και UDP παρότι ουσιαστικά ανήκουν στην ιντερνετική πλατφόρμα TCP/IP:



Πρότυπο OSI

Ανώτερα επίπεδα

Επίπεδο Συνόδου – Session Layer

Επίπεδο Παρουσίασης – Presentation Layer

Επίπεδο Εφαρμογών – Application Layer



Πρότυπο OSI

Επίπεδο Εφαρμογών – Application Layer

7. Επίπεδο Εφαρμογών (Application Layer). Είναι το τελευταίο επίπεδο προς το χρήστη, αυτό που παρέχει τον τρόπο για να μπορεί η μια εφαρμογή να συνομιλεί με την άλλη. Το επίπεδο εφαρμογών δεν αφορά την ίδια την εφαρμογή ή το πρόγραμμα που εκτελεί την επικοινωνία της εφαρμογής. Απλώς είναι ένα επίπεδο που προσφέρει τυποποιημένες υπηρεσίες σχετικές με τις επικοινωνιακές ανάγκες των εφαρμογών. Η ανάγκη για παράδειγμα μεταφοράς αρχείων μεταξύ εφαρμογών καλύπτεται με τυποποιημένο τρόπο με το πρωτόκολλο FTP - File Transfer Protocol.

Υπηρεσίες που προσφέρει το 7ο επίπεδο εκτός από την μεταφορά πληροφορίας είναι:

- Εξακρίβωση της ταυτότητας των εφαρμογών που θέλουν να επικοινωνήσουν.
- Επιβεβαίωση της διαθεσιμότητας τους για συνομιλία.
- Επιβεβαίωση / έλεγχος στο δικαίωμα συνομιλίας.
- Συμφωνία στις αρμοδιότητες για το πώς θα γίνουν οι επανορθωτικές διαδικασίες.
- Συμφωνία στις διαδικασίες για τον έλεγχο ροής των συναλλαγών και την αξιοπιστία της πληροφορίας.

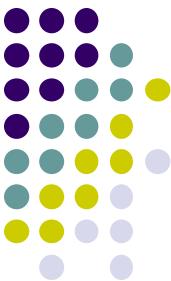
Γνωστά πρωτόκολλα στο επίπεδο εφαρμογών είναι HTTP, FTP (File Transfer Protocol), Telnet, DHCP, DNS, IMAP, POP, RPC, RTP, SMTP, SNMP, SOAP, SSH.



Hub vs Switch

Εφαρμογή κατανόησης διαστρωμάτωσης

Σε πτιο επίπεδο λειτουργεί το Hub
και σε πτιο το Switch;



Hub vs Switch

HUB

Βελτίωση/παραλλαγή των Thick και Thin Ethernet είναι το 10 Base-T ή Twisted Pair Ethernet

Η πρώτη έκδοσή του ήταν η 10BaseT με βασική ταχύτητα τα 10 Mbps. Μια πολύ ουσιαστική διαφορά της νέας μορφής είναι η υιοθέτηση της γεωγραφικής τοπολογίας αστέρα (star), αντί για την τοπολογία bus του παλιού ομοαξονικού, χρησιμοποιώντας τώρα ως μέσο μετάδοσης τα συνεστραμμένα χάλκινα καλώδια UTP.

Η χρήση τοπολογίας αστέρα βοηθά σημαντικά στην ανίχνευση και αποκατάσταση βλαβών/διακοπών του καλωδίου

Η χρήση καλωδίου συνεστραμμένων ζευγών αντί ομοαξονικού καλωδίου βοηθά στην ευχρηστία



Hub vs Switch

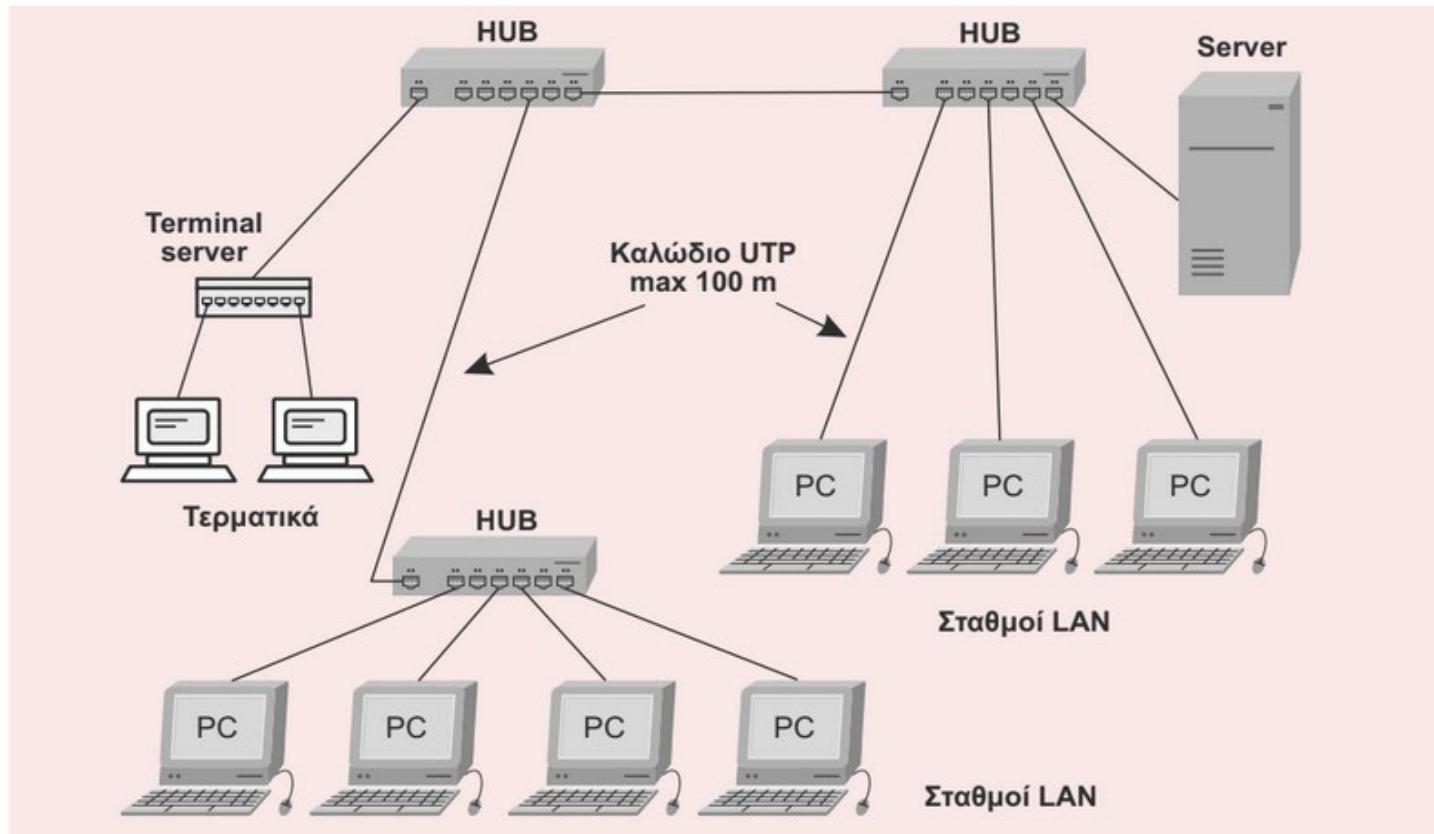
HUB

Στο 10Base-T χρησιμοποιούνται τα 2 από τα 4 ζεύγη συνεστραμμένων καλωδίων του UTP, ένα δηλαδή για εκπομπή και ένα για λήψη, διαχωρίζοντας έτσι το κοινό μέσο σε 2 ξεχωριστά κανάλια, αντί του ενός που είχαμε στα ομοαξονικά. Ο διαχωρισμός των καναλιών εκπομπής και λήψης σε διαφορετικά ζεύγη συρμάτων όμως δεν επηρεάζει τον τρόπο επικοινωνίας του hub με το σταθμό, που εξακολουθεί να είναι half duplex και να ακολουθεί τις ίδιες διαδικασίες CSMA/CD που περιγράψαμε στα ομοαξονική μορφή. Θα δούμε στη συνέχεια ότι η εξέλιξη της επικοινωνίας σε full duplex θα γίνει αργότερα με τη εισαγωγή της χρήσης του switch στη θέση του hub.

Hub vs Switch

HUB

To hub ανάλογα με τις ανάγκες μπορεί να έχει πολλές θύρες (π.χ. 4, 8, 12, 16, 24...) που υλοποιούνται με συνδέσμους RJ45 (8P8C) όπως φαίνεται στο σχήμα 13.18.



Σχήμα 13-18 10BaseT Ethernet

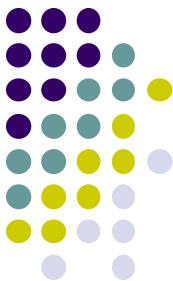


Hub vs Switch

HUB

Κάθε hub ενεργεί ως **επαναλήπτης** (βλέπε κεφ. 14.1) που όταν λαμβάνει δεδομένα από οποιοδήποτε σταθμό τα αποστέλλει ταυτόχρονα (broadcast) σε όλους τους άλλους σταθμούς που είναι συνδεδεμένοι στις θύρες του. Στις θύρες ενός hub μπορούμε να συνδέσουμε άλλα hub σε ιεραρχική διάταξη. Μέχρι τέσσερα hub μπορούν να συνδεθούν σε τέτοια ακολουθία, περιορισμός που προκύπτει από τις απαιτήσεις του Ethernet για τέσσερις το πολύ σε σειρά επαναλήπτες.

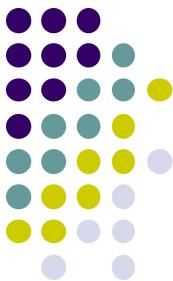
Ένα ακόμα ουσιαστικό πλεονέκτημα των hub είναι ότι μπορούμε πλέον εύκολα να προσθαφαιρέσουμε σταθμούς στο δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται να διακόψουμε την λειτουργία του όπως στα Thick και Thin Ethernet.



Hub vs Switch

HUB

Τα δεδομένα που λαμβάνει το hub σε μια πόρτα τα αναγεννά και τα μεταδίδει ταυτόχρονα σε όλες τις πόρτες του. Όπως και στο κλασικό Ethernet έτσι και στην υλοποίηση με hub εμφανίζονται συγκρούσεις (collision) όταν δεδομένα από διαφορετικούς σταθμούς εργασίας φθάνουν ταυτόχρονα στο hub. Οι συγκρούσεις αυτές αντιμετωπίζονται με επανεκπομπή από τις κάρτες δικτύου των σταθμών εργασίας βάσει των διαδικασιών CSMA/CD όπως έχει ήδη περιγραφεί, η δε επικοινωνία εξακολουθεί να είναι half duplex.

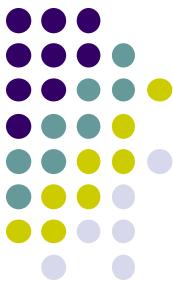


Hub vs Switch

Switch

Η τοπολογία αστέρα με hub και UTP καλώδια διευκολύνει πολύ στην υλοποίηση τοπικών δικτύων. Το δίκτυο Ethernet όμως που υλοποιείται με hub εμφανίζεται ως μια “ενιαία περιοχή συγκρούσεων” (**Collision domain**) και γι αυτό δεν μπορούμε να υλοποιήσουμε με hub δίκτυα μεγάλου πλήθους χρηστών χωρίς να αυξήσουμε τις συγκρούσεις.

Για το λόγο αυτό κατασκευάστηκαν τα switches συσκευές που είναι μετεξέλιξη των hub και λειτουργούν εσωτερικά ως γέφυρες β' επιπέδου (βλέπε ανάλυση κεφ.14.2). Ένα switch δηλαδή είναι μια γέφυρα με πολλαπλές θύρες και ως γέφυρα διαχωρίζει το δίκτυο σε περισσότερα τμήματα (segments) που το καθένα από αυτά αποτελεί μια **μικρότερη περιοχή συγκρούσεων** (collision domain). Με τον τρόπο αυτό αυξήθηκε πολύ η αποδοτικότητα του δικτύου καθώς ελαχιστοποιήθηκαν οι συγκρούσεις.

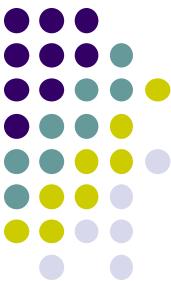


Hub vs Switch

Switch

Λόγω του ότι το switch λειτουργεί ως γέφυρα, δεν υπάρχει πλέον ο περιορισμός των τεσσάρων επαναληπτών και συνεπώς μπορεί να αυξάνεται απεριόριστα η περίμετρος ενός δικτύου Ethernet, εφόσον το κάθε τμήμα είναι μικρότερο των 100 μ του UTP.

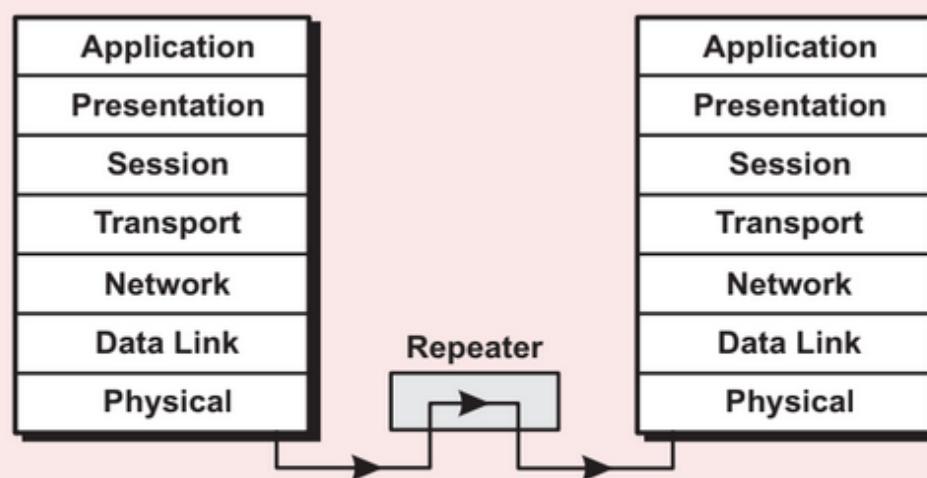
Στις περιπτώσεις όπου μια πόρτα του switch αφιερώνεται αποκλειστικά για τη διασύνδεση ενός μόνο σταθμού εργασίας, δεν υπάρχει η ανάγκη ύπαρξης μηχανισμού αναγνώρισης συγκρούσεων (CSMA/CD) και η σύνδεση αυτή μπορεί πλέον να προγραμματισθεί στο switch ως full duplex, πράγμα το οποίο οδηγεί σε σημαντική βελτίωση της αποδοτικότητας στην εκμετάλλευση του καναλιού, καθώς έχουμε 2 **ταυτόχρονα** κανάλια (εκπομπή και λήψη) των 10 Mbps. Μετέπειτα θα δούμε πως οι ταχύτητες στις θύρες αυξήθηκαν σταδιακά από τα 10 στα 100 και 1000 Mbps και αργότερα στα 10 Gbps. Τα switch θα αναλύσουμε διεξοδικά στο κεφ. 14.3.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Επαναλήπτες (Repeaters)

Ο επαναλήπτης χρησιμοποιήθηκε στις αρχικές φάσεις εξάπλωσης των τοπικών δικτύων. Λειτουργεί στο φυσικό επίπεδο και στην ουσία αναγεννά το ηλεκτρικό σήμα ώστε να μπορεί να επεκτείνει το τοπικό δίκτυο σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Λαμβάνει το σήμα από την μια του πλευρά, το αναγεννά και το περνά σε ένα άλλο καλωδιακό τμήμα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να αυξηθεί και ο αριθμός των συνδεδεμένων σταθμών.

Ο επαναλήπτης σημειωτέον συνδέει δύο ίδια LAN, δύο Ethernet ή δύο Token ring.



Σχήμα 14-1 Οι επαναλήπτες στο μοντέλο OSI



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Επαναλήπτες (Repeaters)

Ο επαναλήπτης εκπέμπει προς το επόμενο τμήμα του δικτύου μόνο αν ανιχνεύσει εισερχόμενο πακέτο (Ethernet frame) στην είσοδό του. Για την ανίχνευση του frame περιμένει τις εναλλαγές από 0 σε 1 που υπάρχουν στην αρχή του frame. Όταν ο επαναλήπτης αρχίσει την εκπομπή του είναι προφανές ότι θα έχουν πλέον χαθεί μερικά από τα bits συγχρονισμού. Αυτό δημιουργεί ένα περιορισμό ως προς το μέγιστο πλήθος των διαδοχικών επαναληπτών που πρακτικά περιορίζεται στους τέσσερις.

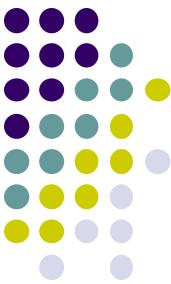
Η πρώτη εφαρμογή επαναληπτών ήταν για επέκταση του μήκους των δικτύων 10 Mbps Ethernet και μπορούσε να επιτευχθεί βάσει του κανόνα 5-4-3 που προέβλεπε ότι πέντε διαδοχικά τμήματα Ethernet μπορούν να διασυνδεθούν με τη χρήση τεσσάρων το πολύ επαναληπτών, αλλά μόνο τα τρία από τα πέντε τμήματα μπορούν να έχουν συνδεδεμένους υπολογιστές. Οι περιορισμοί αυτοί οφείλονταν στις απαιτήσεις χρονισμού της CSMA/CD καθώς και στις ανάγκες συγχρονισμού των επαναληπτών.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Συγκεντρωτές (Hubs)

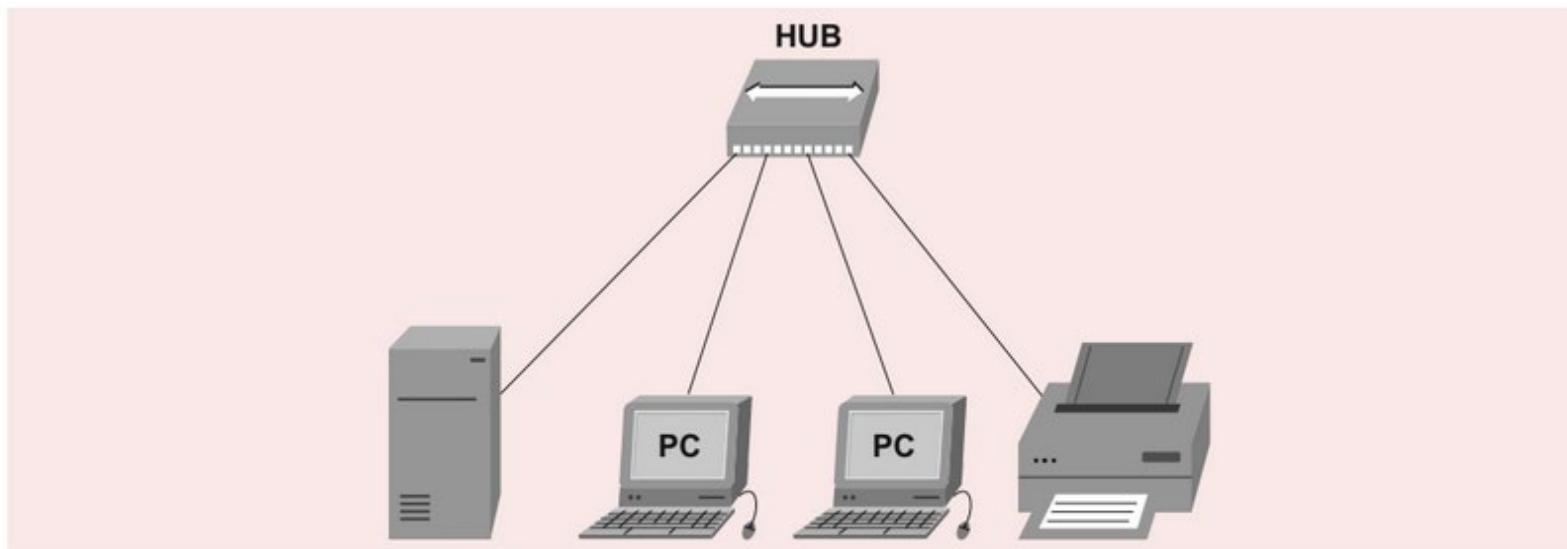
Tα hub είναι εύχρηστες και χαμηλού κόστους συσκευές, ονομάζονται και συγκεντρωτές γραμμών και είναι Ethernet επαναλήπτες πολλαπλών θυρών.

Τα συναντάμε συνήθως ως σημεία συγκέντρωσης 4-8-12-16 ή και 24 γραμμών, στις απλές υλοποιήσεις τοπικών δικτύων Ethernet 10/100 Mbps. Το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι ότι μετατρέπουν την τοπολογία bus του Ethernet στην πιο εύχρηστη τοπολογία αστέρα αλλά διατηρούν τη φιλοσοφία bus στο φυσικό και λογικό επίπεδο. Το bus διατηρείται στο εσωτερικό του hub ώστε να δημιουργεί ενιαία περιοχή συγκρούσεων (collision domain) για τους συνδεδεμένους χρήστες.

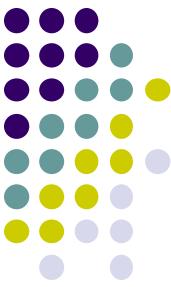


Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Συγκεντρωτές (Hubs)

Τα hub απαιτούν τροφοδοσία ρεύματος καθώς αναγεννούν το σήμα bit προς bit, ώστε κάθε εισερχόμενο frame από μια πόρτα, να το στείλουν ταυτόχρονα σε όλες τις άλλες. Το δίκτυο μπορεί να επεκταθεί με διαδοχική σύνδεση hub μέχρι και τέσσερα επίπεδα που είναι το πρακτικό όριο όλων των επαναληπτών.

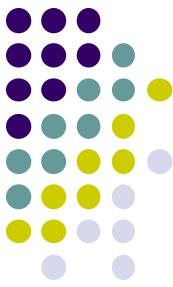


Σχήμα 14-2 Τοπικό δίκτυο με hub



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Συγκεντρωτές (Hubs)

Προφανές μειονέκτημα της επέκτασης των δικτύων με hub είναι ότι παράλληλα με το δίκτυο επεκτείνουν και την περιοχή συγκρούσεων και για αυτό η χρήση τους πρέπει να περιορίζεται για λίγους και μικρής κίνησης χρήστες. Για επεκτάσεις σε μεγαλύτερα τοπικά δίκτυα πρέπει να επιλέγεται η χρήση Ethernet switch και routers.

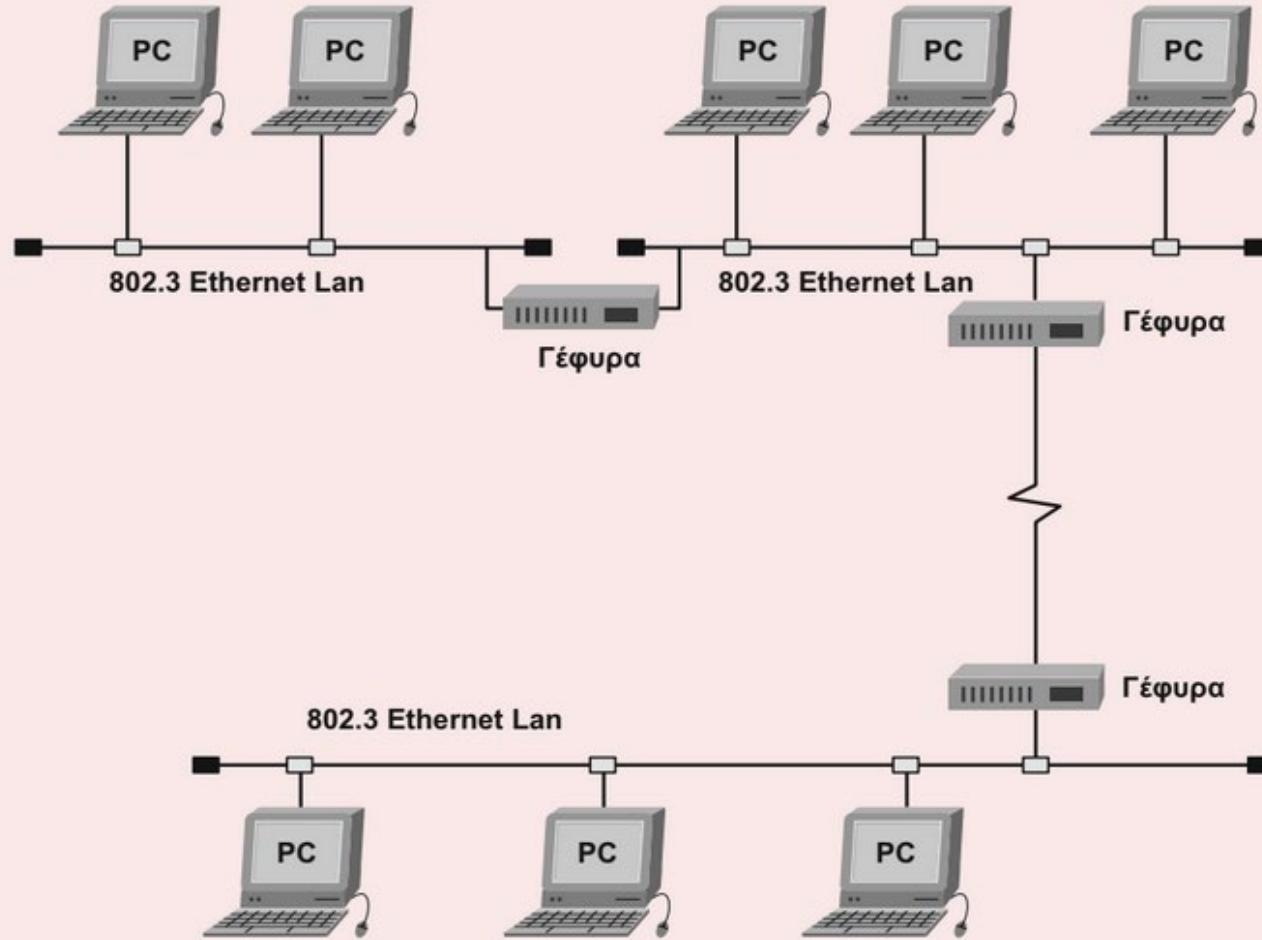


Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)

Οι γέφυρες είναι συσκευές που κυριάρχησαν τις δεκαετίες του 1980 και 1990 στη διασύνδεση των τοπικών δικτύων μεταξύ τους, ενώ σήμερα τις συναντάμε στη βελτιωμένη μορφή τους με πολλαπλές θύρες, που στην πράξη είναι τα switch. Είναι σημαντικό όμως πριν πάμε στα switch να εξετάσουμε πρώτα στις βασικές αρχές λειτουργίας και τους τύπους των γεφυρών για να κατανοηθεί καλύτερα η λειτουργικότητα στο κατά OSI δεύτερο επίπεδο διασύνδεσης.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)



Σχήμα 14-3 Τοπικές και απομακρυσμένες γέφυρες



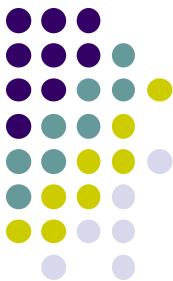
Διασυνδέσεις Τοπικών Δίκτυων Γέφυρες (Bridges)

Με τις γέφυρες μπορούμε να συνδέσουμε δύο τοπικά δίκτυα μεταξύ τους ή μπορούμε να χωρίσουμε ένα μεγάλο τοπικό δίκτυο με πολλούς χρήστες σε μικρότερα αυτόνομα τμήματα (**collision domains**) ώστε να μειώσουμε το πλήθος των συγκρούσεων.

Σε αντίθεση με τους επαναλήπτες, που λειτουργούν στο φυσικό επίπεδο, δηλαδή στην ουσία επανεκπέμπουν τα εισερχόμενα bit, αναγεννώντας την ηλεκτρική τους μορφή, οι γέφυρες λειτουργούν στο δεύτερο επίπεδο (data link), είναι δηλαδή έξυπνες συσκευές που διαβάζουν την προμετωπίδα των frames και διαχειρίζονται τις διευθύνσεις παραλήπτη - αποστολέα του δευτέρου επιπέδου (MAC-Media Access Control).

Οι γέφυρες αποθηκεύουν στην μνήμη τους, σε κατάλληλους **πίνακες διευθύνσεων**, τις MAC διευθύνσεις σε συνδυασμό με τις θύρες που είναι συνδεδεμένοι οι σταθμοί, ώστε να μπορούν στη συνέχεια εξετάζοντας στο κάθε εισερχόμενο frame τη διεύθυνση MAC του παραλήπτη, να το δρομολογούν προς τη σωστή κατεύθυνση.

Με τον τρόπο αυτό μια γέφυρα που συνδέει δυο δίκτυα αναγνωρίζει τα μηνύματα που προορίζονται για το άλλο δίκτυο και τα δρομολογεί προς τα εκεί, όπως και το αντίστροφο.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)

Οι γέφυρες σε αντίθεση με τους επαναλήπτες, είναι συσκευές **store and forward** δηλαδή παραλαμβάνουν ένα πλήρες πλαίσιο (frame) και στη συνέχεια αφού εξετάσουν τα πεδία του δευτέρου επιπέδου και την ύπαρξη σφαλμάτων μέσω του FCS- Frame Check Sequence, το απορρίπτουν ή το προωθούν προς τη σωστή κατεύθυνση.

Με γέφυρες επίσης μπορούμε να συνδέσουμε και δύο απομακρυσμένα τοπικά δίκτυα μεταξύ τους. Ενώ στην τοπική σύνδεση δυο δικτύων αρκεί μια μόνο γέφυρα με δύο θύρες επικοινωνίας, στην απομακρυσμένη λειτουργία χρησιμοποιούνται δύο γέφυρες (μία σε κάθε πλευρά), που διασυνδέονται με modem ή κάποια άλλη μορφή WAN σύνδεσης (σχήμα 14.3). Υπό αυτή την οπτική γωνία οι γέφυρες διακρίνονται σε τοπικές (local) ή σε απομακρυσμένες (remote).

Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)



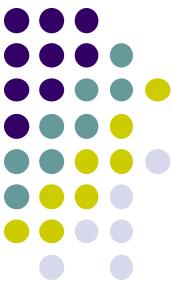
Οι γέφυρες είναι χρήσιμες για:

- διαίρεση ενός τοπικού δικτύου με πολλούς χρήστες σε τμήματα (Collision domains), για τη βελτίωση της απόδοσης του με την μείωση των συγκρούσεων.
- σύνδεση διαφόρων προϋπαρχόντων τοπικών δικτύων, σε ένα κτίριο.
- σύνδεση τοπικών δικτύων διαφορετικού τύπου (π.χ. 802.3 με 802.5).
- διαίρεση ενός τοπικού δικτύου σε περισσότερα, λόγω μεγάλου μήκους καλωδίων.
- σύνδεση δύο τοπικών δικτύων γεωγραφικά απομακρυσμένων.

Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)



Οι γέφυρες βλέπουν όλα τα πακέτα που διακινούνται στο κάθε τοπικό δίκτυο και εξετάζουν τη διεύθυνση αποδέκτη που υπάρχει στο πεδίο διεύθυνσης MAC των πλαισίων. Αν ο αποδέκτης είναι στο ίδιο LAN με τον αποστολέα η γέφυρα αγνοεί το πακέτο. Αντιθέτως αν ο αποδέκτης είναι σε διαφορετικό LAN η γέφυρα αποδέχεται το πακέτο και το δρομολογεί προς το δεύτερο LAN.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)

Διακρίνουμε πέντε τύπους γεφυρών:

- Διαφανείς (Transparent)
- Source Routing (SR)
- Source routing transparent (SRT)
- Μεταφραστικές (Translational - TL)
- Encapsulating

Θα ασχοληθούμε ΜΟΝΟ με τις Διαφανείς (Transparent) γέφυρες!



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)

Οι **Διαφανείς** (*transparent bridges*) συναντώνται κυρίως στα δίκτυα Ethernet και φέρουν το όνομά τους από το γεγονός ότι οι H/Y των συνδεδεμένων LAN δεν χρειάζεται να ασχολούνται ή να γνωρίζουν τη γεφύρωση. Αυτό σημαίνει ότι ο σταθμός αποστολής τοποθετεί στη “διεύθυνση προορισμού” (destination MAC address) του πλαισίου Ethernet τη διεύθυνση του παραλήπτη σταθμού αγνοώντας την ύπαρξη ενδιάμεσων γεφυρών.

Οι γέφυρες αυτές μαθαίνουν την τοπολογία του δικτύου από μόνες τους, παρατηρώντας τις διευθύνσεις MAC των πλαισίων. Μια διαφανής γέφυρα αποφασίζει για το αν θα προωθήσει ή όχι και σε ποιο LAN ένα πλαίσιο που λαμβάνει, διαβάζοντας την “διεύθυνση προορισμού” του πλαισίου και δρομολογεί βάσει του πίνακα διευθύνσεων που έχει αυτόμata κατασκευάσει.

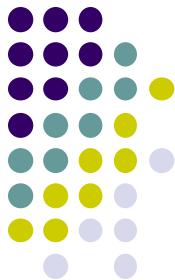


Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Γέφυρες (Bridges)

Ο τρόπος που ενημερώνεται ο πίνακας διευθύνσεων είναι κάτι σαν αυτοεκπαίδευση. Την πρώτη φορά που η γέφυρα λαμβάνει ένα frame, εφόσον δεν υπάρχει ακόμη αντίστοιχη εγγραφή στον πίνακα διευθύνσεων, το αποστέλλει προς όλες τις κατευθύνσεις.

Ταυτόχρονα παρατηρώντας την “διεύθυνση αποστολέα” του πλαισίου αυτού, μαθαίνει σε ποιο δίκτυο ανήκει ο συγκεκριμένος αποστολέας και ενημερώνει τον πίνακα διευθύνσεων. Παρατηρώντας συνεχώς τα πλαίσια ολοκληρώνει τον πίνακα της τοπολογίας του δικτύου και τον διατηρεί στην μνήμη της. Έτσι όταν έρθει ένα πλαίσιο με σταθμό προρισμού που περιέχεται στον πίνακα, η γέφυρα το δρομολογεί κατάλληλα. Σημειωτέον ότι τα Ethernet switch υλοποιούν transparent bridging μορφή γεφύρωσης.

Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

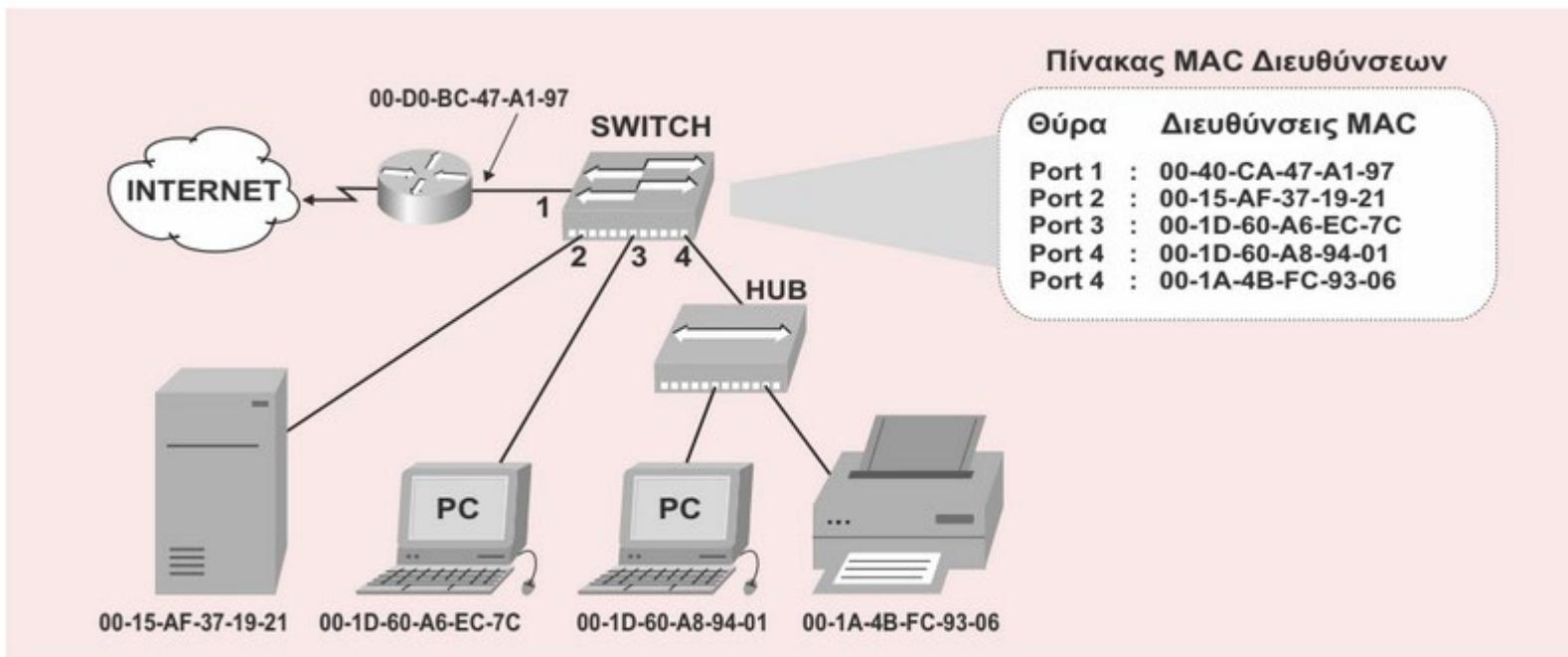


Τα Ethernet switch είναι διαφανείς γέφυρες (transparent bridge) πολλαπλών θυρών. Λειτουργούν όπως και οι γέφυρες στο δεύτερο ιεραρχικό επίπεδο και δρομολογούν τα πλαίσια Ethernet βάσει της MAC address. Δημιουργούν τοπικά δίκτυα LAN, διασυνδέοντας σε τοπολογία αστέρα τερματικούς σταθμούς, servers, printers κ.λπ ή διασυνδέοντας άλλα LAN. Επίσης χρησιμοποιούνται για να διαχωρίσουν ένα μεγάλο LAN σε μικρότερα τμήματα (segment) ώστε αυτά να αποτελέσουν ξεχωριστά πεδία συγκρούσεων (**collision domain**) αυξάνοντας τις επιδόσεις και τη συνολική χωρητικότητα του δικτύου.

Τα σύγχρονα LAN δημιουργούνται πλέον αποκλειστικά με χρήση switch που αντικατέστησαν τις γέφυρες, όπως τα παλαιότερα τα hub αντικατέστησαν τους επαναλήπτες.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch



Σχήμα 14-5 Ο πίνακας διευθύνσεων στο switch



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Η λειτουργία του switch

Παρόλο που το switch, λόγω των πολλαπλών θυρών, μοιάζει με το hub προσφέροντας και αυτό τοπολογία αστέρα, στην ουσία εσωτερικά η λειτουργία του switch είναι εντελώς διαφορετική από αυτή του hub.

Το Ethernet hub είναι ένας απλός επαναλήπτης, δηλαδή όταν το hub λαμβάνει ένα πλαίσιο Ethernet, που φθάνει στο ζευγάρι λήψης του καλωδίου UTP μιας θύρας, το hub το επανεκπέμπει ταυτόχρονα και σε πραγματικό χρόνο, προς όλα τα ζεύγη εκπομπής των υπολοίπων θυρών του. Με τον τρόπο αυτό, σε μια χρονική στιγμή έχουμε μια και μόνο εκπομπή σε όλο το τοπικό δίκτυο, όπως ακριβώς γινόταν στην αρχική ομοαξονική bus μορφή και για το λόγο αυτό συνεχίζει να λειτουργεί στους σταθμούς ο μηχανισμός αναγνώρισης συγκρούσεων (collision).

Με την προσθήκη κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων το hub μετεξελίχθηκε σε switch δηλαδή πολλαπλή γέφυρα (multiIPort bridge) που μπορεί πλέον να αναγνωρίζει σε ποια θύρα είναι συνδεδεμένος ο κάθε σταθμός. Με τον τρόπο αυτό το πακέτο μπορεί να προωθηθεί μοναδικά προς στη συγκεκριμένη θύρα του παραλήπτη και έτσι αποφεύγεται η άσκοπη γενική εκπομπή (broadcasting) προς τις υπόλοιπες θύρες του switch.

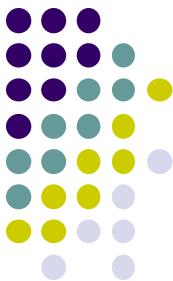


Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Κατά την αποστολή του πρώτου μηνύματος από το σταθμό προς τη θύρα, το Switch διαβάζει τη διεύθυνση του αποστολέα (source MAC address από το header του πλαισίου Ethernet) και την αποθηκεύει στην μνήμη του, χτίζοντας με τον τρόπο αυτό ένα πίνακα διευθύνσεων όπου αντιστοιχίζονται οι θύρες του switch με τις διευθύνσεις MAC των συνδεδεμένων συσκευών. Πρακτικά ο πίνακας διευθύνσεων χτίζεται σε μικρό χρονικό διάστημα μετά την έναρξη λειτουργίας του switch επειδή οι υπολογιστές, οι routers κ.λπ. εκπέμπουν πολύ συχνά διάφορα πακέτα (π.χ. ARP Request) στις Ethernet θύρες τους.

Έτσι όταν σε μια θύρα του switch φθάνει ένα πλαίσιο, το switch εξετάζει τη διεύθυνση αποδέκτη (Destination MAC address) που υπάρχει στην αρχή της προμετωπίδας του πλαισίου Ethernet και το προωθεί στην κατάλληλη θύρα, συμβουλευόμενος τον εσωτερικό πίνακα διευθύνσεων. Αυτός ο μηχανισμός είναι και η βάση του Ethernet switching.

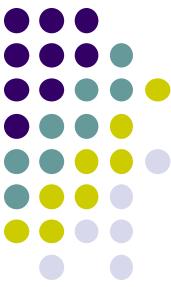
Αν η MAC address του αποδέκτη του πακέτου είναι άγνωστη στο Switch δηλαδή αν δεν έχει ποτέ καταγραφεί στον εσωτερικό πίνακα διευθύνσεων, τότε το Switch εκπέμπει το πακέτο προς όλες τις πόρτες του, εκτός βέβαια από αυτή στην οποία το παρέλαβε. Η διαδικασία αυτής είναι γνωστή ως flooding. Με την πρώτη απάντηση του αποδέκτη δίνεται η ευκαιρία στο switch να εντοπίσει τη θέση του, δηλαδή τον αριθμό της θύρας που ήρθε το πακέτο απάντησης, και να τον καταγράψει στην μνήμη του ώστε οι επόμενες εκπομπές προς το σταθμό αυτό να είναι πλέον στοχευμένες προς τη συγκεκριμένη θύρα που ανήκει.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Σε ότι αφορά τα broadcast πακέτα του δευτέρου επιπέδου (είναι αυτά που η MAC address διεύθυνση του αποδέκτη είναι FF-FF-FF-FF-FF-FF δηλαδή και τα 48 bit έχουν τιμή 1), τα switch τα προωθούν και τα εκπέμπουν προς όλες ανεξαρτήτως τις θύρες τους. Έτσι το διευρυμένο τοπικό δίκτυο με τη χρήση switch, εξακολουθεί να παραμένει ένα ενιαίο **broadcast domain**.

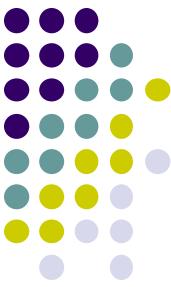
Με τις παραπάνω διαδικασίες γίνεται προφανές ότι τα switch λειτουργούν διαφανώς για τους υπολογιστές, δηλαδή οι υπολογιστές στέλνουν τα frames τοποθετώντας στην MAC address αποδέκτη τη διεύθυνση του τελικού παραλήπτη και όχι τη διεύθυνση του ενδιάμεσου switch, του οποίου μάλιστα αγνοούν την παρουσία. Για το λόγο αυτό λέμε ότι τα switch λειτουργούν ως transparent bridges.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα των switch σε σχέση με τα hub είναι ότι έχουμε περισσότερες από μια ταυτόχρονες εκπομπές από διαφορετικούς χρήστες χωρίς να δημιουργείται σύγκρουση μέσα στο switch. Εσωτερικά στο switch δεν υπάρχει πλέον ένα κοινόχρηστο bus όπως στο hub, αλλά δημιουργούνται δυναμικά πολλαπλά νοητά bus που εξυπηρετούν ανεξάρτητα τις συνδέσεις ανά δύο, μεταξύ των εκάστοτε επικοινωνούντων θυρών. Το χαρακτηριστικό της απεριόριστης δυνατότητας πολλαπλών διασυνδέσεων το συναντάμε ως ‘non blocking’. Στην ουσία το switch αποδίδει την μέγιστη χωρητικότητα σε κάθε θύρα σύνδεσης, σε αντίθεση με το hub που μοιράζει τη συνολική χωρητικότητα ανάλογα με το πλήθος των χρηστών.

Επιπλέον υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης στο ίδιο switch συσκευών με διαφορετική ταχύτητα (π.χ. 10 και 100 Mbps) πράγμα που δεν συμβαίνει με τα hub. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα σύνδεσης ενός server στο 1 Gbps, ενώ οι σταθμοί εργασίας να παραμένουν στα 10 ή 100 Mbps, επιτυγχάνοντας έτσι υψηλότερη διαμετακομιστική ικανότητα.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Κατά τη φάση της προώθησης των πακέτων από τα switch, χρησιμοποιούνται δυο κύριες τεχνικές, η store and forward και η cut-through.

Με την **store and forward** ακολουθείται η ίδια τεχνική που ακολουθούν οι κλασικές γέφυρες δηλαδή το Switch παραλαμβάνει ολόκληρο το πλαίσιο Ethernet αποθηκεύοντας σε γρήγορη προσωρινή μνήμη και ελέγχει την ορθότητά του από πιθανά σφάλματα μετάδοσης πριν την αποστολή του στη θύρα του παραλήπτη. Αν το πλαίσιο έχει σφάλματα, απλώς απορρίπτεται αφήνοντας στα ανώτερα επίπεδα επικοινωνίας τον παραπέρα χειρισμό. Η τεχνική αυτή έχει το πλεονέκτημα του ελέγχου σφαλμάτων, ώστε να μην επανεκπέμπονται και φορτίζουν το δίκτυο τυχόν προβληματικά frames. Επίσης έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί η αποστολή να γίνει σε θύρα διαφορετικής ταχύτητας από αυτήν της λήψης επιτρέποντας διασύνδεση σταθμών με διαφορετικές ταχύτητες (π.χ. 10 Mbps με 1 Gbps).

Με την τεχνική **cut-through** το switch διαβάζει κατά τη λήψη ενός πλαισίου Ethernet τη Διεύθυνση Παραλήπτη (Destination address) που υπάρχει στον header του πλαισίου και ξεκινά άμεσα την εκπομπή του πλαισίου προς τον συγκεκριμένο παραλήπτη, πριν ακόμα ολοκληρωθεί η λήψη όλου του πλαισίου.

Με τον τρόπο αυτό επιταχύνεται δραματικά η ταχύτητα και οι επιδόσεις του switch επειδή γλυτώνουμε την καθυστέρηση μιας πρόσθετης σειριακής μετάδοσης (serialization delay) κάνοντας το switch να λειτουργεί σχεδόν όπως το hub. Προφανές μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα switch μπορούν να την εφαρμόσουν μόνο πάνω σε θύρες ίδιας ταχύτητας. Επιπλέον χάνεται και η δυνατότητα ελέγχου σφαλμάτων.



Διασυνδέσεις Τοπικών Δικτύων Switch

Στην πράξη συναντάμε switch με 8-16-24-32-48 ή και με περισσότερες θύρες ανάλογα με τον κατασκευαστή και τον τύπο. Στην πράξη σήμερα ακολουθείται η φιλοσοφία κατακερματισμού του τοπικού δικτύου (micro-segmentation) με την οποία κάθε σταθμός καταλαμβάνει μια θύρα ώστε να μην υπάρχουν πρακτικά μεγάλα τμήματα (segments ή collision domains) τοπικού δικτύου και έτσι να εξαλείφονται παντελώς οι συγκρούσεις πακέτων. Δηλαδή με τη χρήση του switch, το συνολικό LAN διασπάται σε τόσες περιοχές συγκρούσεων, όσες και οι θύρες του switch.

Η αξία του full duplex

Το επόμενο λογικό βήμα που ακολούθησαν τα switch μετά την εξάλειψη των συγκρούσεων ήταν να μετατρέψουν την επικοινωνία μεταξύ θύρας switch και σταθμού εργασίας από Half Duplex, που προβλέπει το συμβατικό Ethernet, σε Full Duplex (FDX) υπερδιπλασιάζοντας έτσι τη χωρητικότητα του δικτύου. Το συνολικό αποτέλεσμα που επέφεραν τα switch είναι η σημαντική αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου διότι κάθε σταθμός μπορεί να εκπέμπει και να λαμβάνει ταυτόχρονα στην μέγιστη ταχύτητα της θύρας του, χωρίς να φοβάται για πιθανές συγκρούσεις με τους άλλους σταθμούς που επίσης εκπέμπουν και λαμβάνουν ταυτόχρονα (FDX) στην μέγιστη φυσική ταχύτητα. Αυτό δίνει και το πρόσθετο πλεονέκτημα της εξάλειψης των περιορισμένων αποστάσεων που είχαμε πριν με τα hub. Με τη χρήση switch και FDX επικοινωνίας η διάμετρος του τοπικού δικτύου μπορεί να αυξηθεί απεριόριστα. Θύρες με μονότροπες οπτικές ίνες καλύπτουν απροβλημάτιστα δεκάδες χλμ χωρίς καν ενδιάμεσους ενισχυτές.



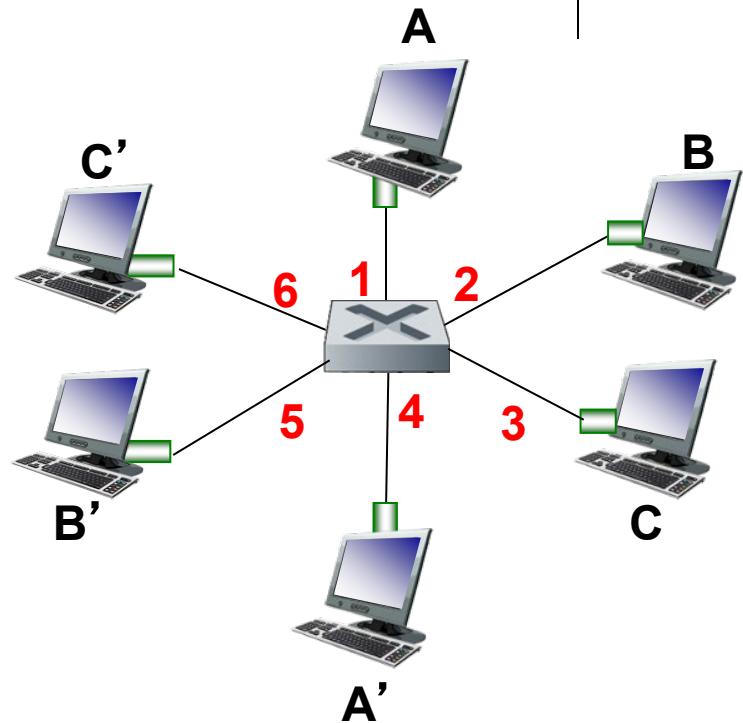
Ethernet switch

- link-layer device: takes an *active* role
 - store, forward Ethernet frames
 - examine incoming frame's MAC address, **selectively** forward frame to one-or-more outgoing links when frame is to be forwarded on segment, uses CSMA/CD to access segment
- *transparent*
 - hosts are unaware of presence of switches
- *plug-and-play, self-learning*
 - switches do not need to be configured

Switch: *multiple simultaneous transmissions*



- hosts have dedicated, direct connection to switch
- switches buffer packets
- Ethernet protocol used on *each* incoming link, but no collisions; full duplex
 - each link is its own collision domain
- **switching:** A-to-A' and B-to-B' can transmit simultaneously, without collisions



***switch with six interfaces
(1,2,3,4,5,6)***



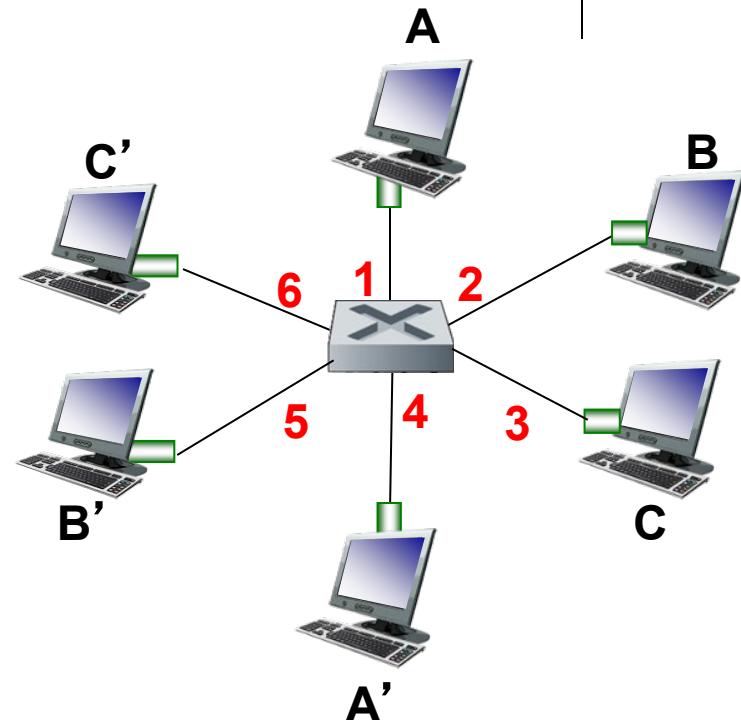
Switch forwarding table

Q: how does switch know
A' reachable via interface
4, B' reachable via
interface 5? **switch has a
switch table, each entry:**

- (MAC address of host,
interface to reach host,
time stamp)
- looks like a routing table!

Q: how are entries created,
maintained in switch table?

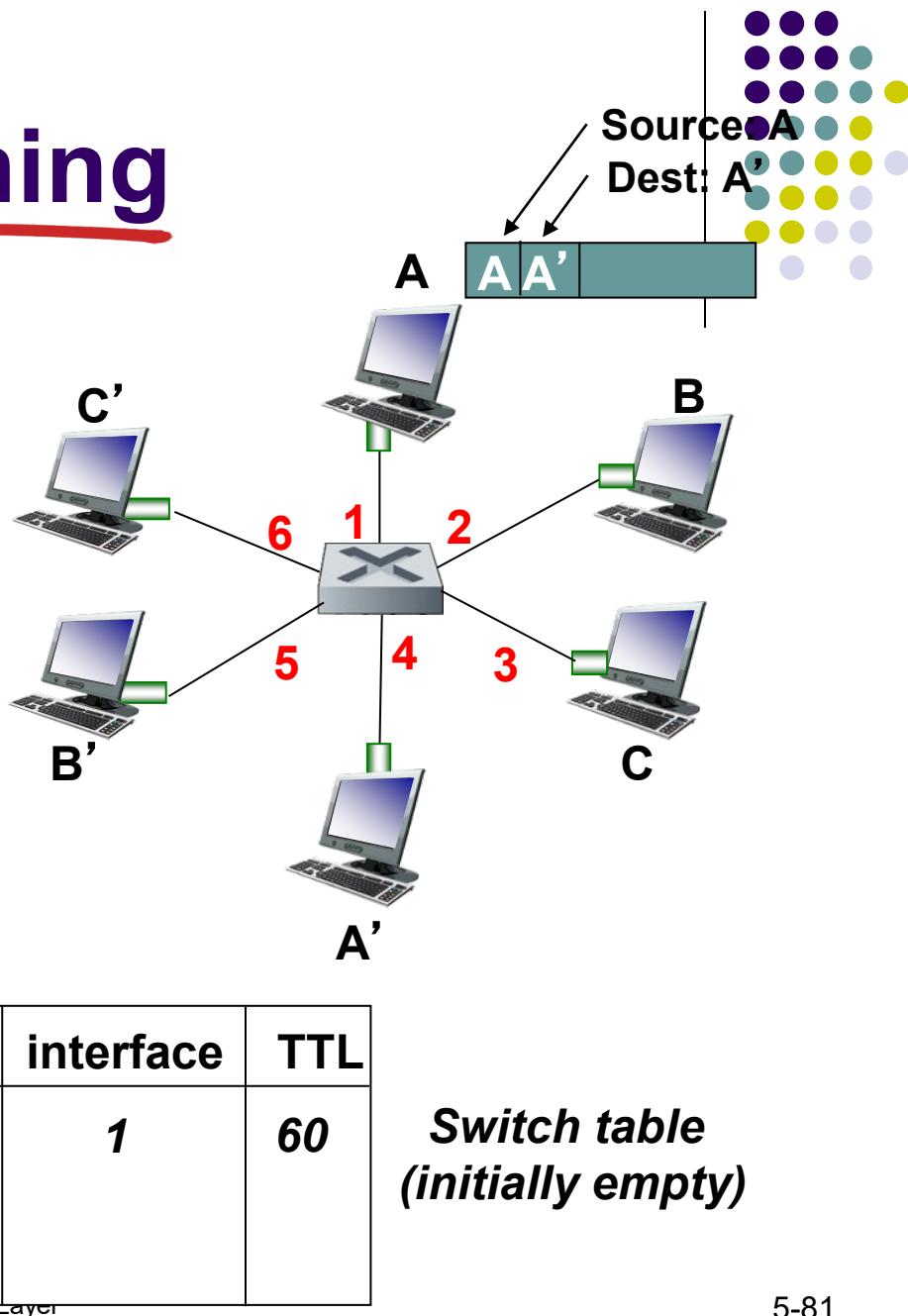
- something like a routing
protocol?



*switch with six interfaces
(1,2,3,4,5,6)*

Switch: self-learning

- switch *learns* which hosts can be reached through which interfaces
 - when frame received, switch “learns” location of sender: incoming LAN segment
 - records sender/location in switch table



Switch: frame filtering/forwarding



when frame received at switch:

1. record incoming link, MAC address of sending host
2. index switch table using MAC destination address
3. if entry found for destination
 - then {
 - if destination on segment from which frame arrived
 - then drop frame
 - else forward frame on interface indicated by entry

Self-learning, forwarding: example



- frame destination, A', location unknown:

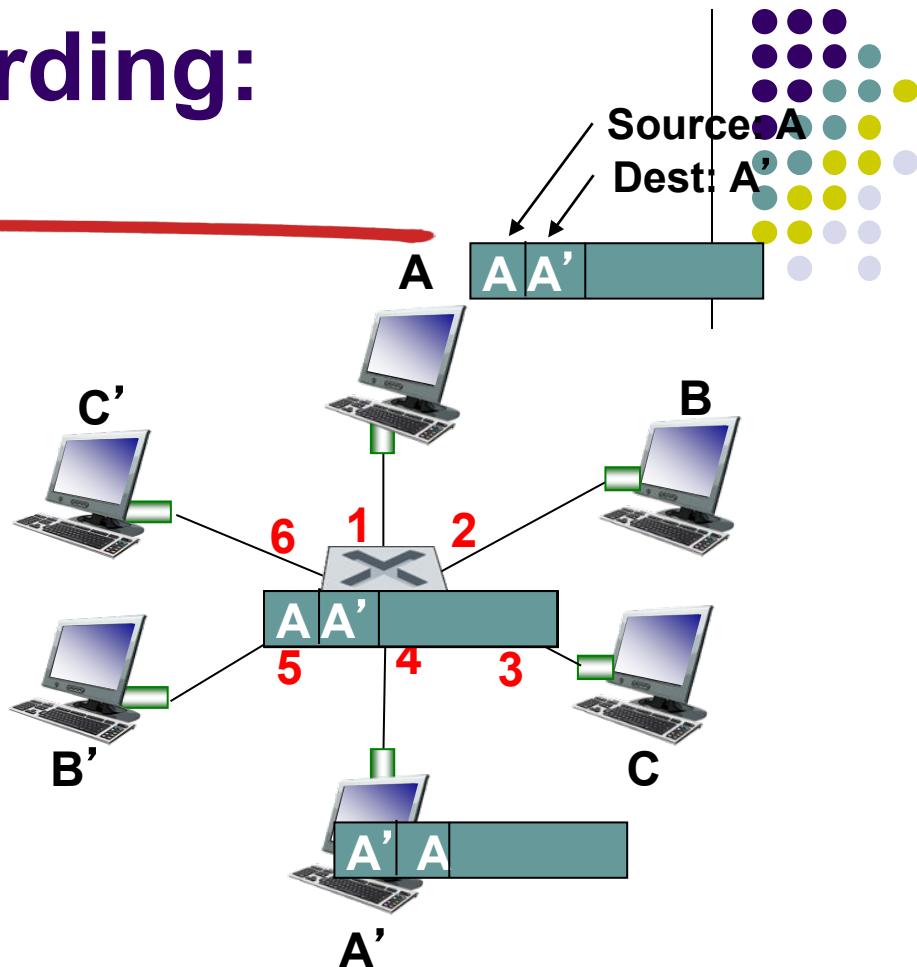
flood

- destination A location known:

selectively

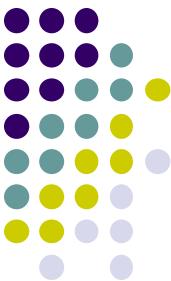
send

on just one link



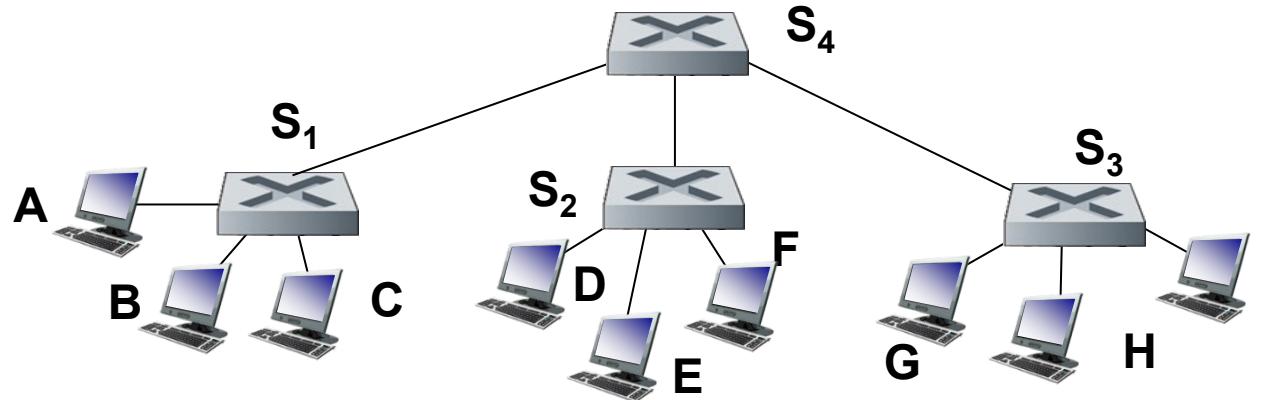
MAC addr	interface	TTL
A	1	60
A'	4	60

*switch table
(initially empty)*



Interconnecting switches

- ❖ switches can be connected together



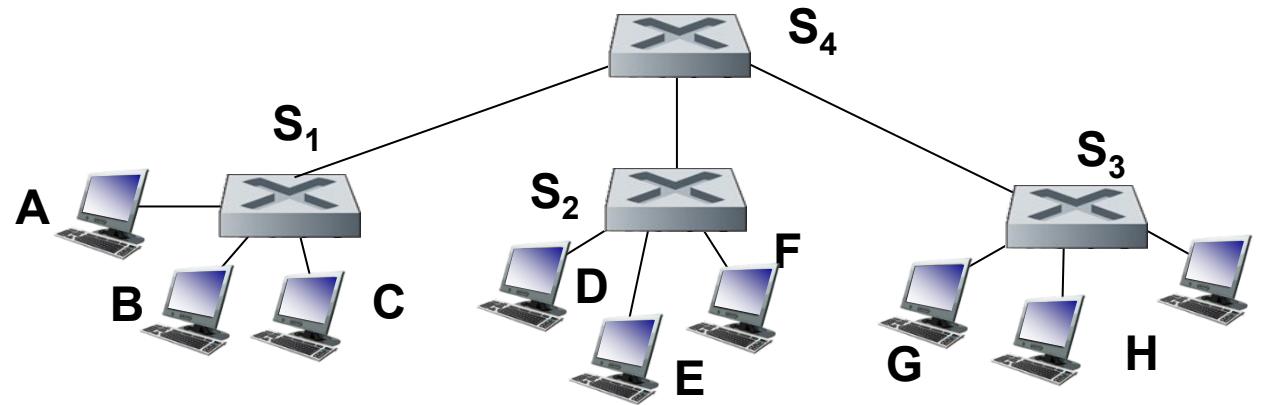
Q: sending from A to G - how does S_1 know to forward frame destined to F via S_4 and S_3 ?

- ❖ **A:** self learning! (works exactly the same as in single-switch case!)

Self-learning multi-switch example



Suppose C sends frame to I, I responds to C



- ❖ **Q:** show switch tables and packet forwarding in S_1 , S_2 , S_3 , S_4