



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών

Ενότητα 6: Στρώμα ζεύξης δεδομένων

Μιχαήλ Λογοθέτης

Πολυτεχνική Σχολή

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Σκοποί ενότητας

- Επεξήγηση των λειτουργιών του στρώματος ζεύξης δεδομένων
- Επεξήγηση της σχέσης του στρώματος ζεύξης δεδομένων με το υπερκείμενο στρώμα δικτύου
- Περιγραφή των τεχνικών ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών
- Περιγραφή των πρωτοκόλλων πολλαπλής προσπέλασης
- Περιγραφή των Δικτύων Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks – LANs) και των συσκευών διασύνδεσης σε LANs
- Επεξήγηση του αλγορίθμου δέντρου επικάλυψης



Περιεχόμενα ενότητας

- Βασική ορολογία στο στρώμα ζεύξης δεδομένων
- Βασικοί τύποι ζεύξεων
- Σχέση στρώματος ζεύξης δεδομένων με το υπερκείμενο στρώμα δικτύου
- Βασικές λειτουργίες των πρωτοκόλλων του στρώματος ζεύξης δεδομένων
- Τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών
- Πρωτόκολλα πολλαπλής προσπέλασης
- Δικτύων Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks – LANs)
- Συσκευές διασύνδεσης σε LANs
- Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης



Data-Link Layer (Στρώμα ζεύξης δεδομένων)

ΟΡΟΛΟΓΙΑ

❖ Κόμβοι (nodes):

Hosts, Routers (και bridges), όλα αυτά τα λέμε κόμβους (nodes).

❖ Ζεύξεις (links)

Οι ζεύξεις (links) επικοινωνίας ενώνουν τους γειτονικούς κόμβους.

❖ Frames

Messages, Segments, Datagrams, **Frames (τα πακέτα του Στρώματος Ζεύξης Δεδομένων)**.

ΣΚΟΠΟΣ

Το στρώμα ζεύξης δεδομένων σκοπό έχει να μεταδώσει το datagram που θα λάβει από το στρώμα δικτύου, σε ένα συγκεκριμένο link. ονόματα: Ethernet, IEEE 802.11, token ring, PPP.



Διαφορετικά Links - Βασικοί Τύποι Ζεύξεων

Σημειωτέον ότι:

Σε κάθε link μιας διαδρομής επικοινωνίας μεταξύ δύο τερματικών κόμβων μπορούμε να έχουμε διαφορετικά πρωτόκολλα στρώματος ζεύξης δεδομένων (π.χ. PPP στο link από το PC σου στο σπίτι, μέχρι τον router του ISP (Internet Service Provider), και στα υπόλοιπα links, Ethernet).

- **Διαφορετικά πρωτόκολλα = διαφορετική ποιότητα εξυπηρέτησης** από κάθε πρωτόκολλο. Π.χ. ένα πρωτόκολλο μπορεί να εξασφαλίζει ασφαλή μετάδοση των δεδομένων (π.χ. το PPP), ενώ ένα άλλο όχι (π.χ. το Ethernet – παρότι το Ethernet είναι το πιο σπουδαίο).

Κάτι πολύ βασικό: υπάρχουν 2 πολύ διαφορετικοί τύποι links:

- **Broadcast channels (κανάλια εκπομπής)**
- **Point-to-point channels**



Σχέση στρώματος ζεύξης δεδομένων με το υπερκείμενο στρώμα δικτύου:

- **ΑΝΑΛΟΓΟΝ:**

- Πάτρα - Θεσσαλονίκη. Πάρε το τραίνο για Αθήνα, πήγαινε με ταξί στο αεροδρόμιο, από το αεροδρόμιο Θεσσαλονίκης στο κέντρο της πόλης με λεωφορείο.
- Κάθε ένα από τα 4 τμήματα της διαδρομής αυτής ελέγχεται από τελείως διαφορετικές εταιρείες. Χρησιμοποιούνται δε διαφορετικοί τρόποι μεταφοράς (τραίνο, ταξί, αεροπλάνο, λεωφορείο), ωστόσο καθένας τους προσφέρει την βασική υπηρεσία της μεταφοράς επιβάτη (του τουρίστα) από μία τοποθεσία σε μια άλλη. Η υπηρεσία αυτή λαμβάνεται υπ' όψη από τον υπάλληλο του πρακτορείου ταξιδίων στον καθορισμό της διαδρομής του τουρίστα.

- **Να διακρίνουμε το ανάλογον τώρα:**

- (α) Τουρίστας αντιστοιχεί σε ένα datagram.
- (β) Κάθε τμήμα της διαδρομής του ταξιδιού αντιστοιχεί σε link.
- (γ) Ο τρόπος μεταφοράς αντιστοιχεί στο πρωτόκολλο του στρώματος ζεύξης δεδομένων.
- (δ) Ο υπάλληλος του πρακτορείου που σχεδίασε την διαδρομή αντιστοιχεί σε πρωτόκολλο δρομολόγησης (network layer).



Άλλες λειτουργίες (υπηρεσίες) των πρωτοκόλλων του στρώματος ζεύξης δεδομένων

- ❖ Framing (Πλαισίωση) (π.χ. ... physical address)
- ❖ Link Access (πρόσβαση στην ζεύξη επικοινωνίας) - MAC (Media Access Control)
- ❖ Reliable Delivery (Αξιόπιστη Μετάδοση)
- ❖ Flow Control (Έλεγχος Ροής)
- ❖ Error Detection (Ανίχνευση Λαθών)
- ❖ Error Correction (Διόρθωση Λαθών)
- ❖ Half-duplex και Full-duplex (Μονοκατευθυντήρια και Δικατευθυντήρια/ Αμφίδρομη Μετάδοση).

Επειδή πολλές απ' αυτές τις λειτουργίες υπάρχουν και στο στρώμα μεταφοράς, μη ξεχνάς ότι στο στρώμα μεταφοράς όλες οι υπηρεσίες προσφέρονται μεταξύ των τερματικών hosts (end-to-end), ενώ στο στρώμα ζεύξης δεδομένων προσφέρονται μεταξύ δύο γειτονικών κόμβων.



Adapters (Προσαρμοστές)

- ❖ Το μέρος ενός κόμβου όπου υλοποιούνται τα πρωτόκολλα του στρώματος ζεύξης δεδομένων λέγεται **adaptor** (θα το ξέρεις και από το PC σου). Λέγεται επίσης **PCMCIA κάρτα** και επίσης **Network Interface Card**. Σε μια κάρτα-adaptor διακρίνουμε εννοιολογικά 2 μέρη:
 - **Bus Interface:** περιλαμβάνει την επικοινωνία του adaptor με τον υπόλοιπο κόμβο (π.χ. την ηλεκτρική τροφοδοσία της κάρτας)
 - **Link Interface:** περιλαμβάνει την υλοποίηση του πρωτοκόλλου του στρώματος ζεύξης δεδομένων και συνήθως δίνει το όνομα σε όλη την κάρτα-adaptor π.χ. Ethernet card/adaptor, αν το πρωτόκολλο του στρώματος ζεύξης δεδομένων είναι το Ethernet.



ΟΙ ΠΙΟ ΣΠΟΥΔΑΙΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΕΣ ΤΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΤΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΖΕΥΞΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- A. Error Detection και Error Correction Techniques –
Τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών

- B. Multiple Access Protocols (Πρωτόκολλα πολλαπλής
προσπέλασης)



Error Detection και Error Correction Techniques – Τεχνικές ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών

Το στρώμα ζεύξης δεδομένων φημίζεται για τον πλούτο των τεχνικών ανίχνευσης και διόρθωσης λαθών, σε επίπεδο bit. Ονομαστικά:

- Parity check.
- Checksum. Είδαμε ότι αν το αποτέλεσμα του checksum στο δέκτη είναι μια κωδική λέξη όλο «1» (111...), αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κανένα λάθος στην επικοινωνία. Διαφορετικά υπάρχουν λάθη.
- Cyclic Redundancy Check (CRC). Τα bits που στέλνουμε θεωρούνται ως συντελεστές (0 ή 1) πολυωνύμων, και κάνουμε πράξεις μεταξύ πολυωνύμων για να βγάλουμε άκρη (να βρούμε τα λάθη).



Multiple Access Protocols (Πρωτόκολλα πολλαπλής προσπέλασης) (1)

Μιλάμε για πρωτόκολλα link access, για την περίπτωση των broadcast channels που χρησιμοποιούνται συχνά στα LAN (Local Area Networks) (πρωτόκολλο Ethernet) ή στα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless LAN) (πρωτόκολλο IEEE 802.11). Η βασική λειτουργία (υπηρεσία) των πρωτοκόλλων αυτών είναι ο συντονισμός της πρόσβασης στο κοινό μέσο μετάδοσης (link) των πολλών κόμβων που θέλουν να στείλουν και να λάβουν frames (**Multiple Access Problem**).



Multiple Access Protocols (Πρωτόκολλα πολλαπλής προσπέλασης) (2)

- **ΑΝΑΛΟΓΟΝ:** Το **Cocktail Party** όπου πολλοί κάθονται γύρω από ένα τραπέζι για μια γενική συζήτηση, αναλόγως των ενδιαφερόντων του καθενός. Ο αέρας είναι το κοινό κανάλι εκπομπής. Ποιος παίρνει τον λόγο και πότε; Να ορισμένοι κανόνες που όλοι οι ομοτράπεζοι πρέπει να τηρούν:
 - ✓ Δώσε και στον άλλο την ευκαιρία να μιλήσει.
 - ✓ Μη μιλάς αν δεν σου απευθύνουν τον λόγο.
 - ✓ Μη μονοπωλείς την συζήτηση.
 - ✓ Σήκωνε το χέρι σου αν έχεις κάποια ερώτηση.
 - ✓ Μη διακόπτεις αυτόν που μιλάει.
 - ✓ Μη κοιμάσαι όταν κάποιος άλλος έχει τον λόγο.
- Τα δίκτυα υπολογιστών έχουν παρόμοιους κανόνες πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης που λέγονται **Multiple Access Protocols**. Το σύνολο των πρωτοκόλλων αυτών απαρτίζουν το υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων που λέγεται **MAC (Media Access Control) sublayer**.



Multiple Access Protocols - Κατηγορίες

- ❖ **Channel Partitioning protocols (πρωτόκολλα επιμερισμού του καναλιού).**
- ❖ **Random Access Protocols (Πρωτόκολλα Τυχαίας Προσπέλασης).**
- ❖ **Taking-Turns Protocols (Πρωτόκολλα που μεταδίδεις όταν έλθει η σειρά σου).**



Channel Partitioning protocols (πρωτόκολλα επιμερισμού του καναλιού) (1)

▪ Σύστημα *TDM (Time Division Multiplexing)*

Αν το κανάλι έχει π.χ. ταχύτητα μετάδοσης (bandwidth) R bits/sec και έχουμε N κόμβους που θέλουν να χρησιμοποιήσουν το κανάλι αυτό, σύμφωνα με το σύστημα (πρωτόκολλο) TDM κάθε κόμβος θα λάβει ένα μέρος του συνολικού bandwidth – κατά μέσον όρον το R/N . Το bandwidth αυτό αποδίδεται στους κόμβους χρονικά, δηλαδή ανά τακτά χρονικά διαστήματα (time slots) κάθε κόμβος έχει δικαίωμα μετάδοσης με ταχύτητα R/N .

▪ Σύστημα *FDM (Frequency Division Multiplexing)*

Ομοίως, σύμφωνα με το σύστημα (πρωτόκολλο) FDM κάθε κόμβος θα λάβει πάλι ένα μέρος του συνολικού bandwidth R του καναλιού, ανάλογα με τον αριθμό N των κόμβων που θέλουν να μοιραστούν το κανάλι. Το bandwidth αυτό (R/N) αποδίδεται στους κόμβους όχι χρονικά αλλά ταυτόχρονα, εκπέμποντας όμως κάθε κόμβος σε διαφορετική συχνότητα (απαιτούνται N συχνότητες).



Channel Partitioning protocols (πρωτόκολλα επιμερισμού του καναλιού) (2)

Πρωτόκολλο Code Division Multiple Access (CDMA)

Δίνεται σε κάθε έναν από τους N κόμβους, διαφορετικός κώδικας, με βάση το οποίο θα κωδικοποιήσουν πρώτα τα δεδομένα τους και μετά θα τα στείλουν στο κανάλι εκπομπής. Τα στέλνουν ταυτόχρονα. Οι άλλοι κόμβοι ακούν μεν τα πάντα, αλλά ξέρουν να αποκωδικοποιήσουν μόνο εκείνα που πράγματι απευθύνονται σε αυτούς. Στο ανάλογο του cocktail party, φαντάσου ότι οι ομοτράπεζοι είναι ανά δύο ίδιας εθνικότητας και μιλούν την ίδια γλώσσα (ανά δύο μόνον). Επομένως μπορούν εύκολα να συνεννοηθούν θεωρώντας τις συζητήσεις των διπλανών τους ως κοινό θόρυβο. Πρωτόκολλα CDMA χρησιμοποιούνται στα ασύρματα LAN.



Random Access Protocols (Πρωτόκολλα Τυχαίας Προσπέλασης) (1)

- ❖ Ο κόμβος μεταδίδει στο κανάλι (link) με την μέγιστη επιτρεπτή ταχύτητα (R). Όταν συμβεί σύγκρουση αυτοί που έστειλαν τα frames που συγκρούστηκαν, τα ξαναστέλνουν ξανά και ξανά μέχρι να μη συμβεί καμιά σύγκρουση. Αλλά πριν τα ξαναστείλουν καθυστερούν για ένα μικρό, αλλά τυχαίο χρονικό διάστημα (delay). Κάθε κόμβος που ξαναστέλνει περιμένει για ένα δικό του τυχαίο χρονικό διάστημα ανεξάρτητα από τον άλλον, που και αυτός κάνει την ίδια δουλειά. Κάποιος θα ευνοηθεί από την τύχη και θα έχει το μικρότερο delay και επομένως θα κατορθώσει πρώτος να στείλει με επιτυχία το frame του.

Ορισμένα ονόματα τέτοιων πρωτοκόλλων:

- Slotted ALOHA
- ALOHA
- CSMA (Carrier Sense Multiple Access).



Random Access Protocols (Πρωτόκολλα Τυχαίας Προσπέλασης) (2)

Στα Slotted ALOHA και ALOHA πρωτόκολλα ένας κόμβος αρχίζει να μεταδίδει όποτε θέλει χωρίς να λαμβάνει υπ' όψη του τι κάνουν οι άλλοι. Σύμφωνα όμως με το **CSMA** τηρείται ο εξής κανόνας:

ΑΦΟΥΓΚΡΑΣΟΥ ΠΡΟΤΟΥ ΜΙΛΗΣΕΙΣ.

Που σημαίνει ότι αν κάποιος άλλος μεταδίδει, τότε πρέπει να περιμένει ένα μικρό αλλά τυχαίο χρονικό διάστημα προτού ξανα-αφουγκραστεί το κανάλι, μέχρι φυσικά να το βρει ελεύθερο και να μεταδώσει – διαφορετικά επαναλαμβάνεται η διαδικασία.

- CSMA/CD (CSMA with Collision Detection). Σύμφωνα με το **CSMA/CD** τηρείται και ένας δεύτερος κανόνας.

ΑΝ ΚΑΠΟΙΟΣ ΑΛΛΟΣ ΑΡΧΙΣΕΙ ΝΑ ΜΙΛΑΕΙ

ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΣΤΙΓΜΗ ΜΕ ΣΕΝΑ, ΣΤΑΜΑΤΑ ΝΑ ΜΙΛΑΣ ΕΣΥ.

Αυτό στη γλώσσα των δικτύων καλείται **collision detection**. Πότε θα ξαναρχίσει την μετάδοση αυτός που σταμάτησε, το καθορίζουν οι λεπτομέρειες του πρωτοκόλλου. Το **Ethernet** είναι μια μορφή ενός **CSMA/CD** πρωτοκόλλου.



Taking-Turns Protocols (Πρωτόκολλα που μεταδίδεις όταν έλθει η σειρά σου)

- ❖ Τα πρωτόκολλα πολλαπλής προσπέλασης έχουν 2 επιθυμητές ιδιότητες:
 - Όταν υπάρχει μόνον ένας κόμβος που θέλει να μεταδώσει, αυτός έχει την μέγιστη διεκπεραιωτική ικανότητα (R)
 - Όταν υπάρχουν N κόμβοι, τότε η διεκπεραιωτική ικανότητα (throughput) κάθε κόμβου είναι (R/N).
- ❖ Τα πρωτόκολλα ALOHA και CSMA έχουν την πρώτη ιδιότητα αλλά όχι την δεύτερη. Γι' αυτό δημιουργήθηκαν τα πρωτόκολλα που μεταδίδεις όταν έλθει η σειρά σου. Από τα πάρα πολλά που υπάρχουν 2 είναι τα πιο αξιόλογα:
- ❖ **Το πρωτόκολλο polling.** Ένας κόμβος αναλαμβάνει τον συντονισμό της μετάδοσης, ρωτώντας τον έναν μετά τον άλλον, κυκλικά, τους κόμβους αν έχουν να μεταδώσουν κάτι. Υπάρχει λοιπόν κεντρικός έλεγχος.
- ❖ **Το πρωτόκολλο token-passing.** Δεν υπάρχει κόμβος συντονιστής. Υπάρχει το token (είναι ένα ειδικό μικρό πακέτο που πηγαίνει κυκλικά από τον έναν κόμβο στον άλλον). Αν κάποιος έχει να στείλει κάτι κρατά το token (μέχρι να τελειώσει την μετάδοση) διαφορετικά το στέλνει στον διπλανό του. Υπάρχει λοιπόν καταναμημένος έλεγχος.

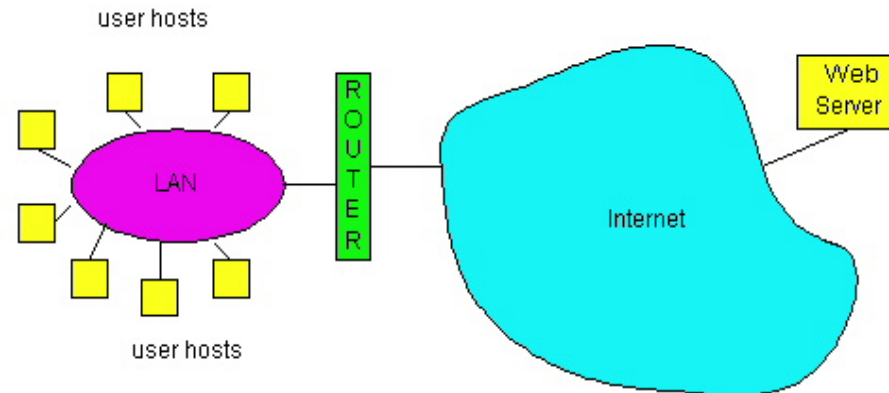


Local Area Networks (LANs)- Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (1)

- Τα πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης χρησιμοποιούνται με πολλούς διαφορετικούς τύπους καναλιών εκπομπής, όπως σε ασύρματα και δορυφορικά κανάλια αλλά και σε ενσύρματα δίκτυα, τα LANs (τοπικά δίκτυα υπολογιστών).
- LAN είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που εκτείνεται σε μια μικρή γεωγραφική περιοχή, όπως σε ένα κτίριο ή σε ένα ολόκληρο πανεπιστήμιο. Στα πανεπιστήμια η πρόσβαση στο Internet (Διαδίκτυο) γίνεται σχεδόν αποκλειστικά μέσω LAN. Ο υπολογιστής ενός χρήστη (user host) είναι ένας κόμβος του LAN, και το LAN προσφέρει την πρόσβαση στο Internet μέσω ενός router (δρομολογητή), όπως δείχνει το ακόλουθο σχήμα:



Local Area Networks (LANs)- Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (2)



Το LAN είναι ένα link ανάμεσα σε κάθε user host και τον router. Επομένως χρησιμοποιεί πρωτόκολλα του στρώματος ζεύξης δεδομένων και ειδικά τα πρωτόκολλα πολλαπλής πρόσβασης αφού περισσότεροι του ενός user hosts ζητούν πρόσβαση στο Internet.

Κατηγορίες LAN (ανάλογα με τις τεχνολογίες και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται):

- Ethernet LANs (Random Access Protocols – CSMA/CD)
- Token-passing LANs (Πρωτόκολλα που μεταδίδεις όταν έλθει η σειρά σου, λαμβάνοντας το token με καταναμημένο έλεγχο).



Συσκευές Διασύνδεσης LANs

- ❖ Τα πανεπιστήμια απαρτίζονται από Τμήματα, και συνήθως κάθε Τμήμα διαχειρίζεται το δικό του Ethernet LAN. Τα διάφορα Ethernet LANs διασυνδέονται μεταξύ τους με:

Hubs

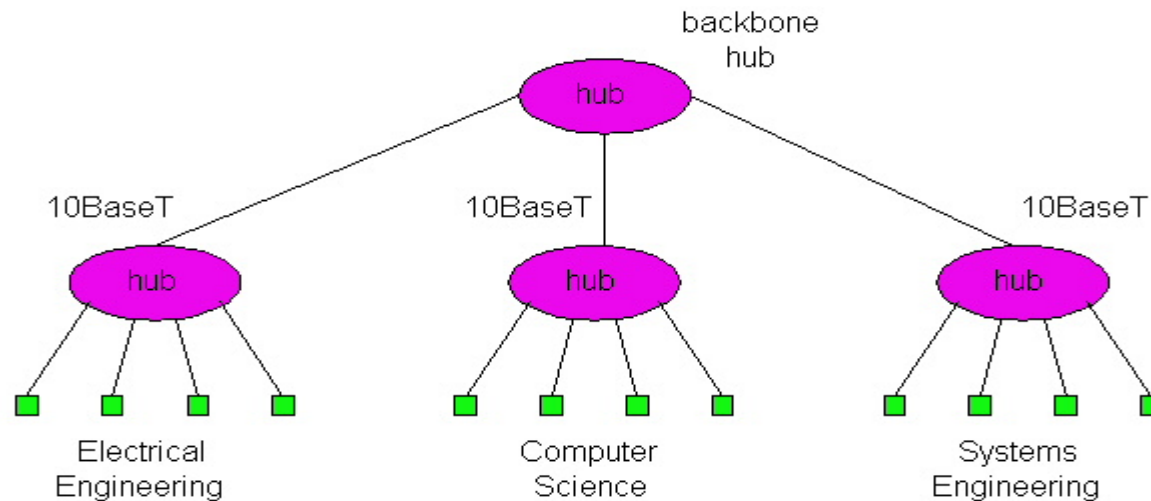
Bridges

Switches



Τι είναι το hub

- Είναι μια απλή συσκευή που παίρνει μια είσοδο (δηλ. τα bits ενός frame) και επαναμεταδίδει την είσοδο στις εξόδους του. Πρόκειται για **repeater** (επαναμεταδότη) που δουλεύει πάνω σε bits. Είναι δηλαδή συσκευή του φυσικού στρώματος. Όταν ένα bit έρχεται σε μια διεπαφή (interface) του hub, το hub απλά εκπέμπει (broadcasts) το bit πάνω σε όλες τις άλλες διεπαφές.

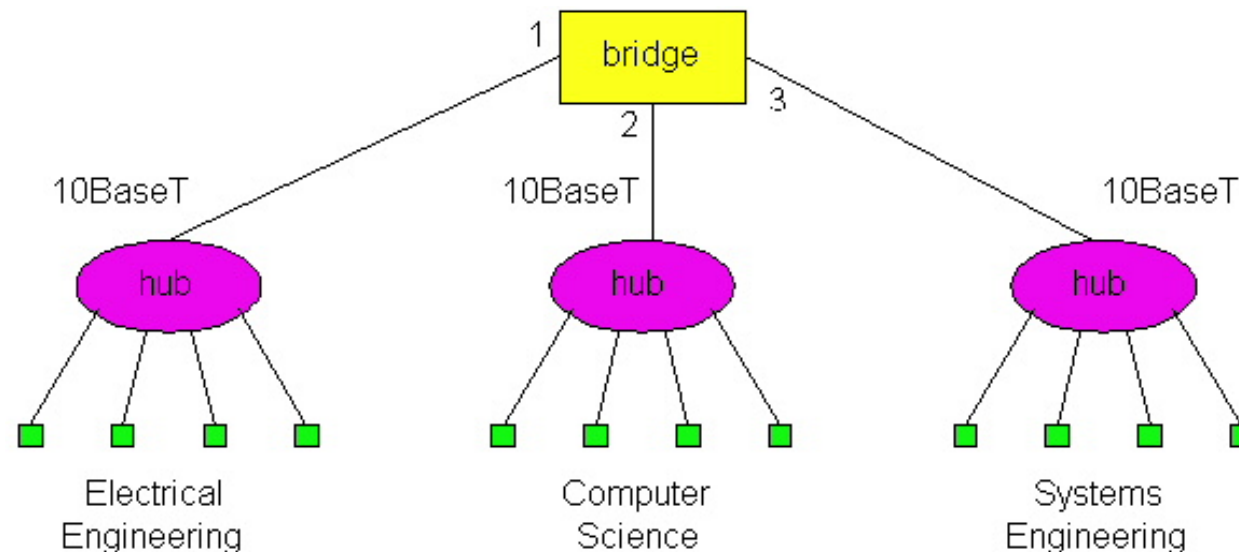


Όπως δείχνει το ανωτέρω σχήμα κάθε host ενός Τμήματος είναι συνδεδεμένος σε hub και τα hubs των τριών Τμημάτων διασυνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός τετάρτου (λέγεται backbone hub, γιατί διασυνδέει μόνο hubs), σχηματίζοντας μια ιεραρχική δομή δικτύου.



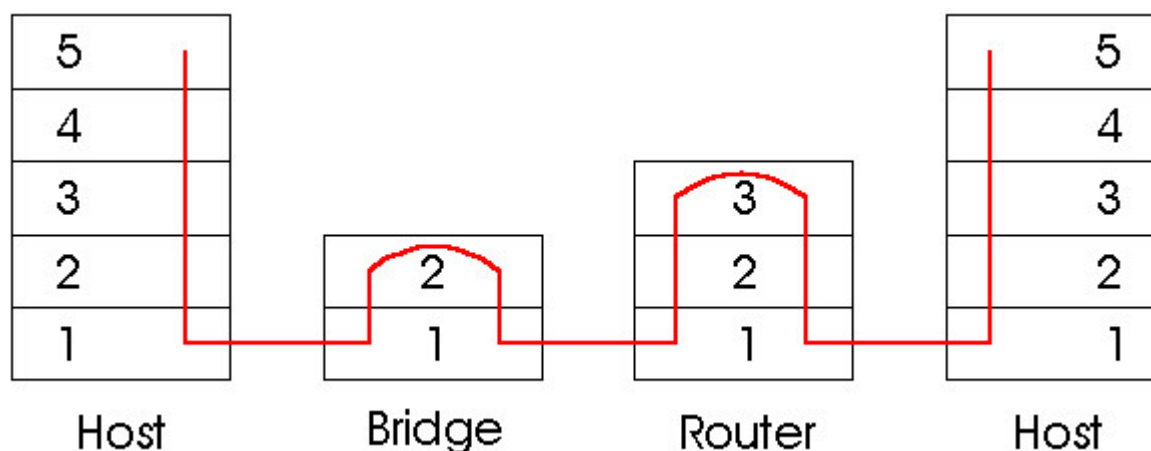
Τι είναι bridge

- Αντιθέτως προς τα hubs που είναι συσκευές του φυσικού στρώματος (δουλεύουν με bits όπως είπαμε), οι bridges είναι συσκευές του στρώματος ζεύξης δεδομένων. Όταν ένα frame έρχεται σε μια διεπαφή μιας bridge, η bridge δεν αντιγράφει το frame σε όλες τις άλλες διεπαφές της όπως το hub, αλλά εξετάζει την διεύθυνση προορισμού του frame και προσπαθεί να προωθήσει το frame στην διεπαφή εκείνη που θα το οδηγήσει στον προορισμό του. Τα σχήμα που ακολουθεί δείχνει τα τρία Τμήματα να διασυνδέονται μέσω μιας bridge (έχει διευθύνσεις στις διεπαφές της).



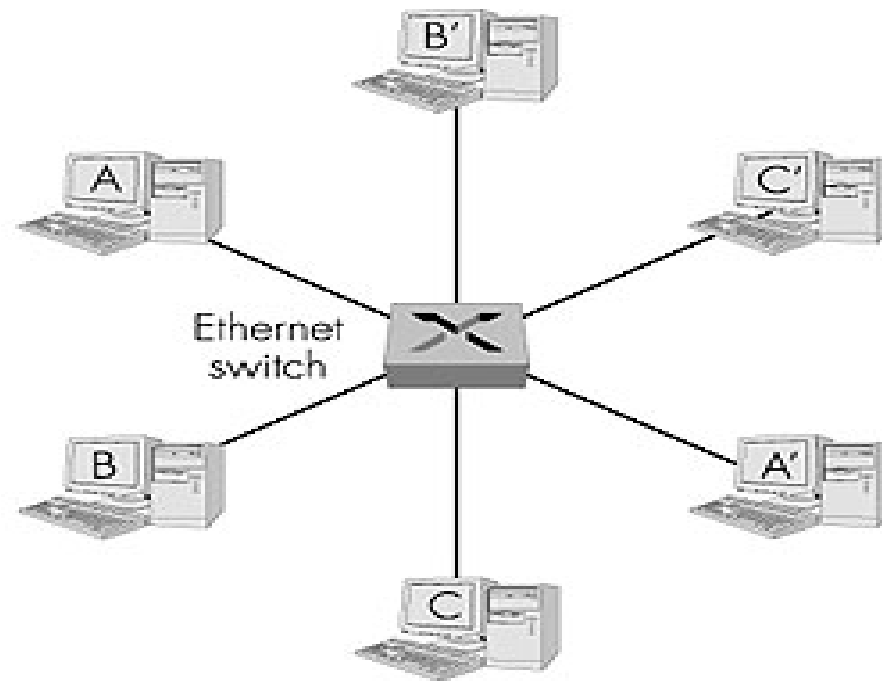
Διαφορές μεταξύ Host - Bridge - Router

Το σχήμα που ακολουθεί δείχνει γραφικά την διαφορά μεταξύ bridge και router. Οι routers είναι συσκευές του στρώματος δικτύου και δουλεύουν με τις IP διευθύνσεις ενώ οι bridges ως συσκευές του στρώματος ζεύξης δεδομένων δουλεύουν με LAN (Ethernet) διευθύνσεις (physical addresses).



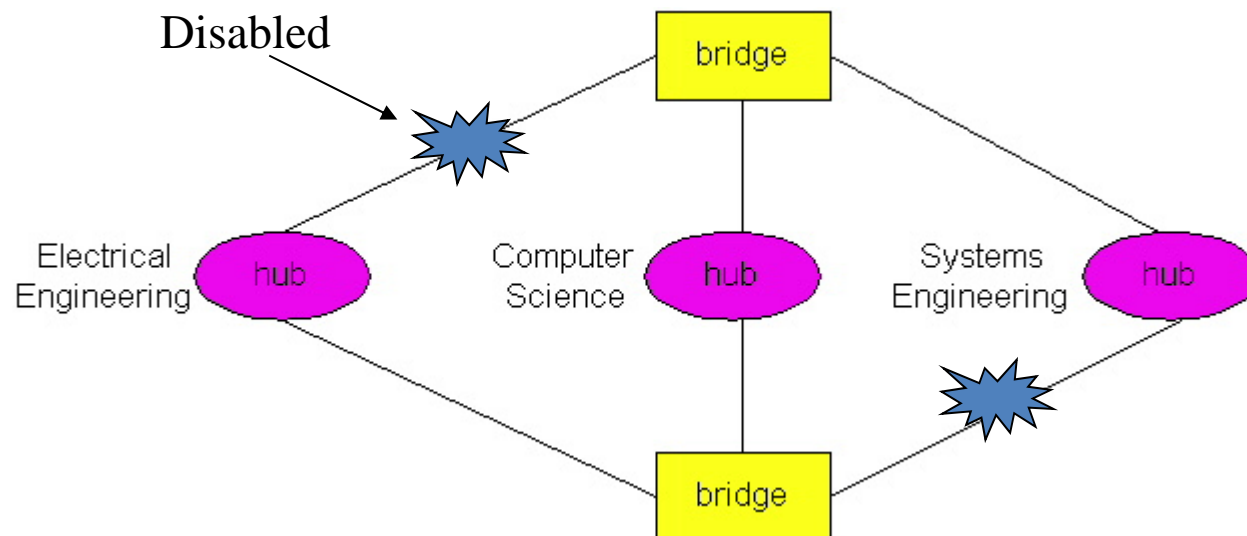
Τι είναι οι switches

Είναι συσκευές του στρώματος ζεύξης δεδομένων που σκοπό έχουν να διασυνδέσουν τα Ethernet LANs ταχύτατα χρησιμοποιώντας physical addresses – δέχονται μεγάλο αριθμό διεπαφών. Μπορούμε να έχουμε ταυτόχρονες συνδέσεις χωρίς συγκρούσεις πακέτων (π.χ. στο κατωτέρω σχήμα A–B και A'–B').

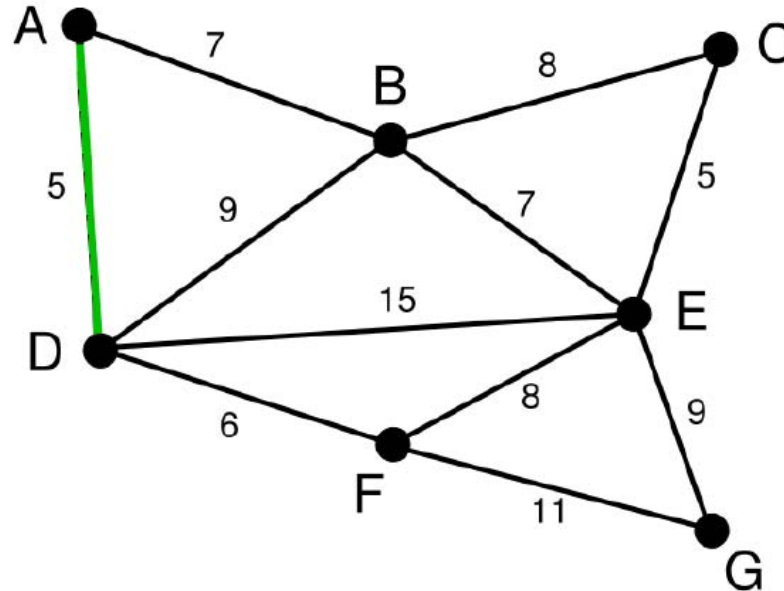


Γέφυρες – Δέντρο Επικάλυψης

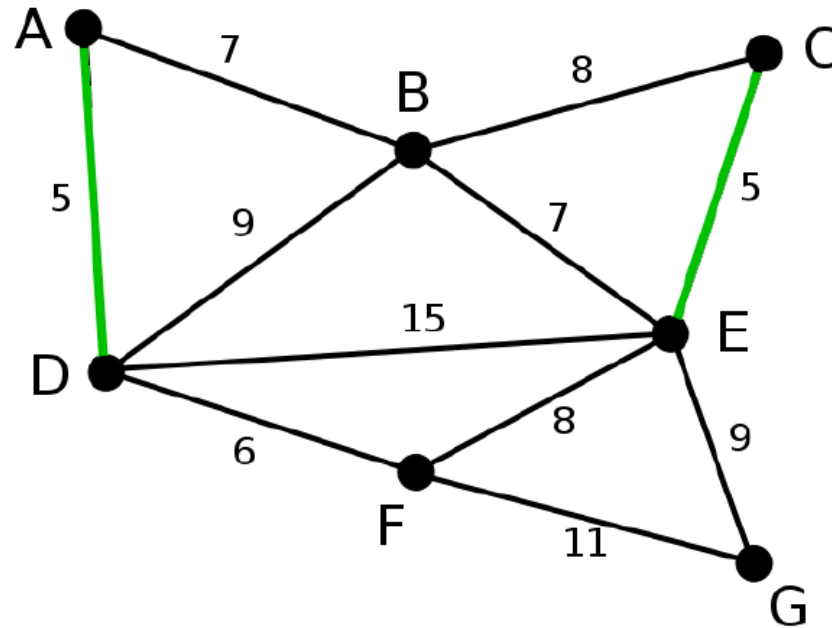
- Για μεγαλύτερη αξιοπιστία, επιθυμούμε να έχουμε επιπρόσθετες (περιττές) διαδρομές (paths) μεταξύ πομπού και δέκτη.
- Σε LANs όπου μέσω γεφυρών προκύπτουν πολλαπλές διαδρομές – βρόχοι, τα πακέτα πιθανόν να πολλαπλασιάζονται και να προωθούνται από γέφυρα σε γέφυρα επ' άπειρον.
- Λύση: οι γέφυρες οργανώνονται σε δέντρο επικάλυψης (spanning tree) απενεργοποιώντας κάποια ή ΚΑΙ ΟΛΑ τα interfaces (ports). (Δηλ. μια γέφυρα ενδεχομένως να μπει “stand by”).



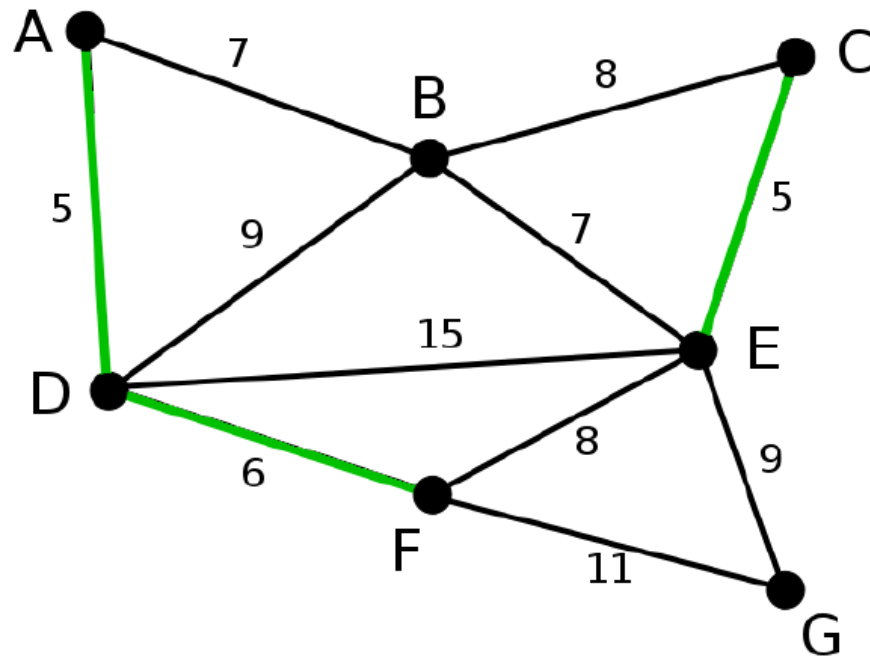
Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης (1)



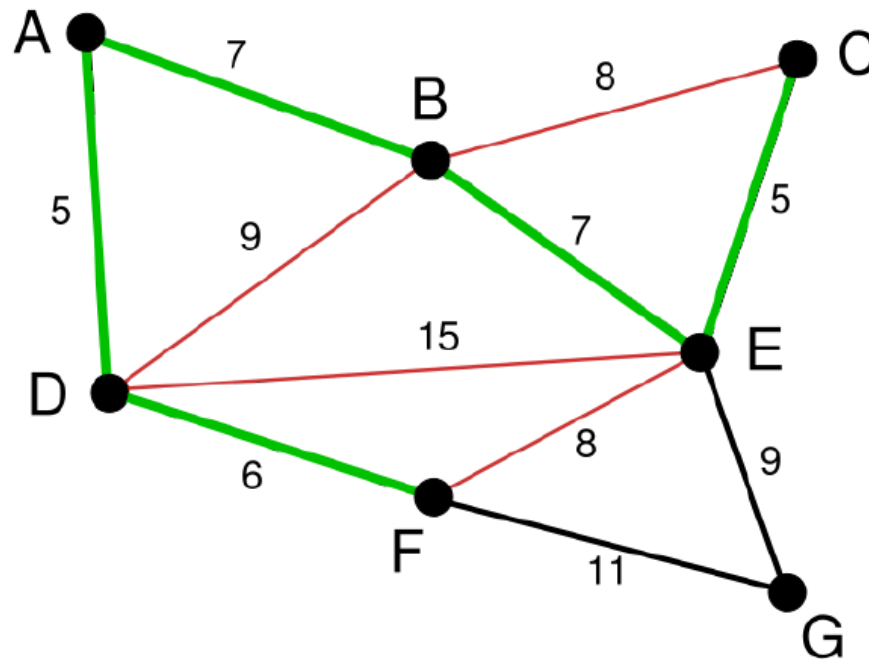
Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης (2)



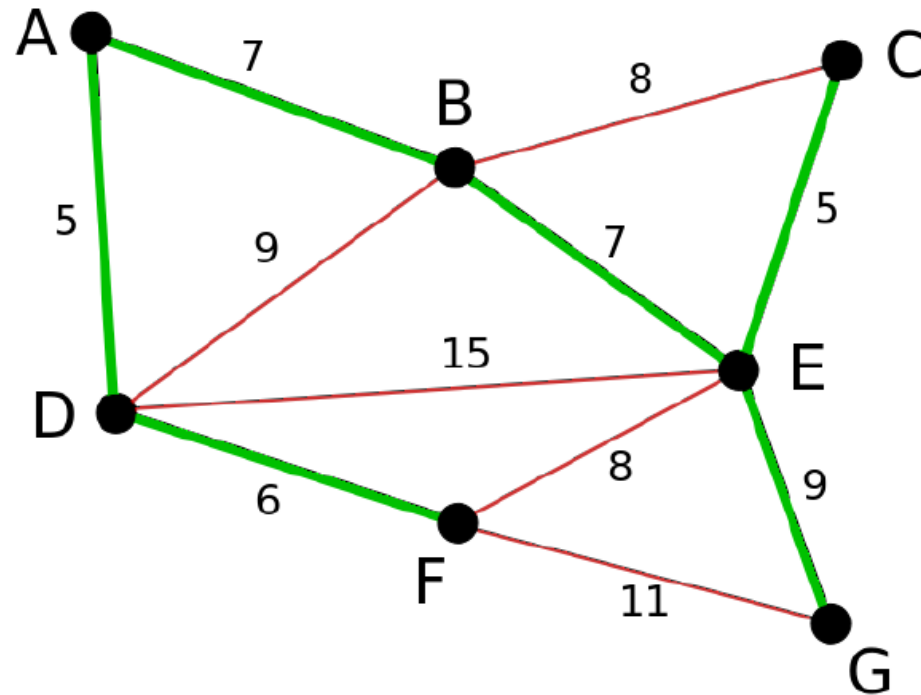
Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης (3)



Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης (4)



Αλγόριθμος δέντρου επικάλυψης (5)



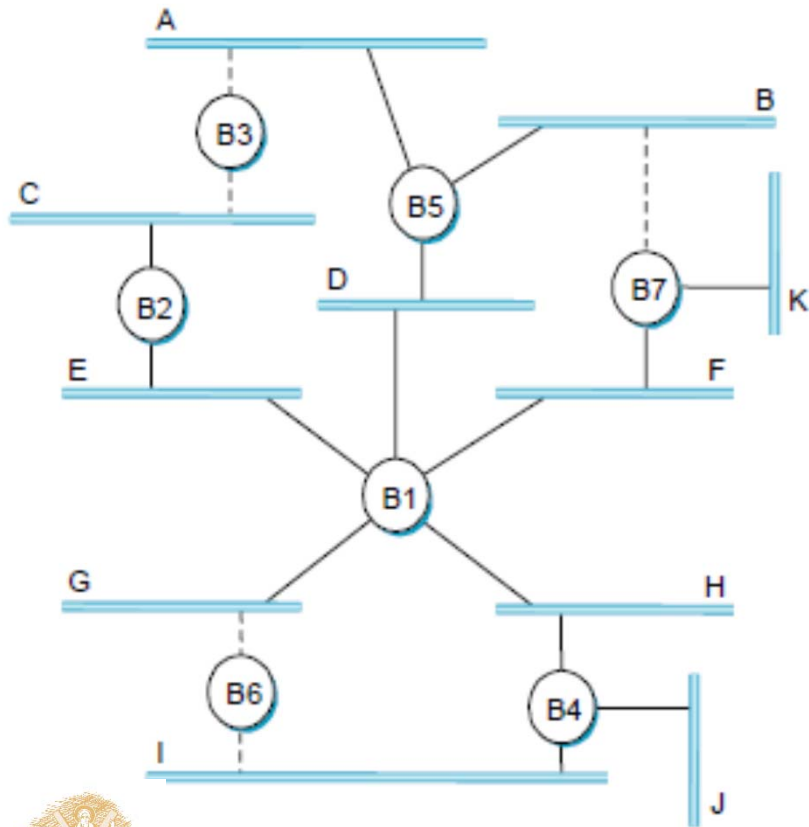
Αυτό είναι το δέντρο επικάλυψης!



Δέντρο επικάλυψης - Παράδειγμα

Παράδειγμα εφαρμογής του Spanning Tree σε LAN, όπου Bridges διασυνδέουν LAN segments (τμήματα) (π.χ. η γέφυρα B5 διασυνδέει τα LAN A, B και D)

ΜΕ ΜΙΑ ΜΑΤΙΑ



- B1 = Root Bridge (έχει το μικρότερο νούμερο ID).
- B3 και B5 μπορούν να εξυπηρετήσουν το LAN A, αλλά επιλέγεται η B5 (designated port) επειδή είναι πιο κοντά στην Root.
- B5 και B7 μπορούν να εξυπηρετήσουν το LAN B, αλλά επιλέγεται η B5 (designated port) επειδή έχει μικρότερο ID (ίση απόσταση από Root).
- Ομοίως για τις υπόλοιπες γέφυρες.



Τέλος Ενότητας

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Πανεπιστημίου Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.00.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Μιχαήλ Λογοθέτης. «Δίκτυα Επικοινωνίας Υπολογιστών. Στρώμα ζεύξης δεδομένων». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/EE604/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων

Το Έργο αυτό κάνει χρήση του ακόλουθου έργου:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες/Πίνακες

[1] J. Kurose and K. Ross, Δικτύωση Υπολογιστών – Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω, 6^η έκδοση, Γκιούρδας, 2013

