
ΕΑΠ – Θ.Ε. ΠΛΗ36

Σύγχρονα Δίκτυα και Υπηρεσίες

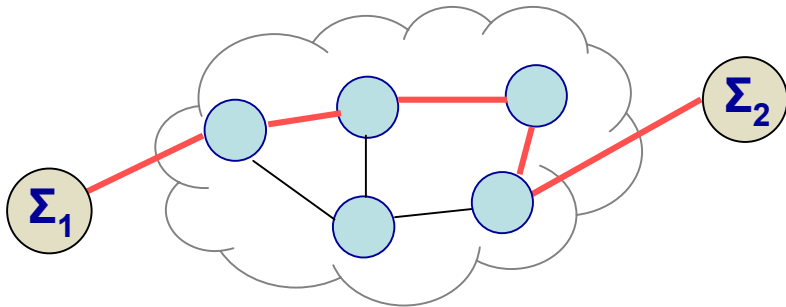
Διαφάνειες ΟΣΣ 01
Ακ. Έτος 2007-2008

Δρ. Ι. Μαριάς
Λέκτορας
Τμήμα Πληροφορικής – Ο.Π.Α.

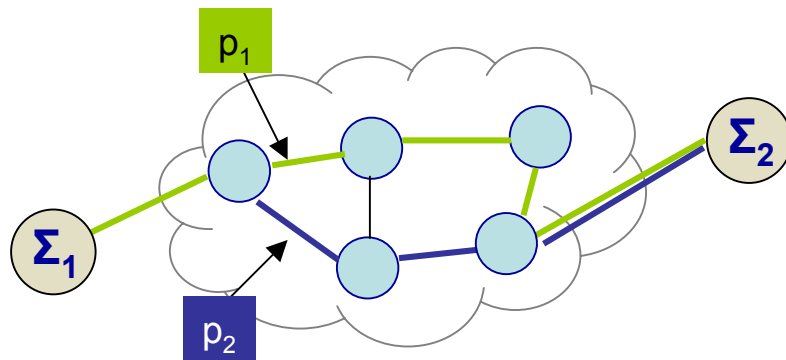
Μεταγωγή Κυκλώματος ή Πακέτου

□ Μεταγωγή Κυκλώματος

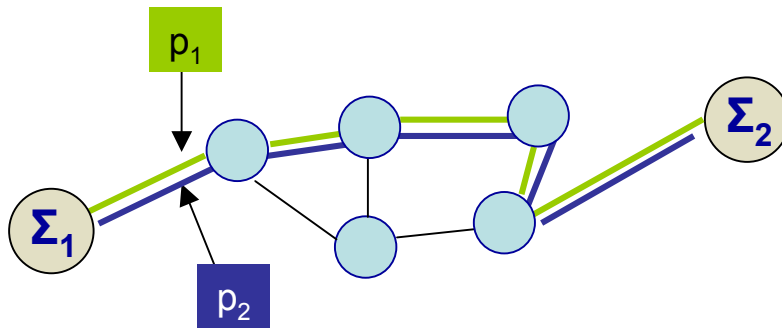
- Συνδέονται όσα κυκλώματα χρειάζεται και εγκαθιδρύουν φυσικό κύκλωμα από άκρη σε άκρη
- Το κύκλωμα ενεργό καθ'όλη τη διάρκεια της επικοινωνίας
 - ακόμα και όταν δεν ανταλλάσσουν πληροφορία
 - σταθερός ρυθμός μετάδοσης
- Διαφανής μετάδοση δεδομένων
 - τα δεδομένα δεν υποβάλλονται σε επεξεργασία κατά τη διέλευσή τους από το δίκτυο



Μεταγωγή Κυκλώματος ή Πακέτου



μεταγωγή με αυτοδύναμα πακέτα



μεταγωγή με ιδεατά κυκλώματα

□ Μεταγωγή Πακέτου

- τα προς μετάδοση δεδομένα κατακερματίζονται σε μικρότερα τμήματα
 - ονομάζονται πακέτα
- Τα πακέτα μιας ροής δεδομένων δρομολογούνται για τον προορισμό
 - μέσω διαφορετικών διαδρομών (μεταγωγή με αυτοδύναμα πακέτα)
 - από την ίδια πάντα διαδρομή (μεταγωγή με ιδεατά κυκλώματα),
- Στον προορισμό τα αρχικά δεδομένα επανασυνθέτονται από τα ληφθέντα πακέτα

Ποιότητα Υπηρεσίας

□ Αναγκαιότητα

- 3-play

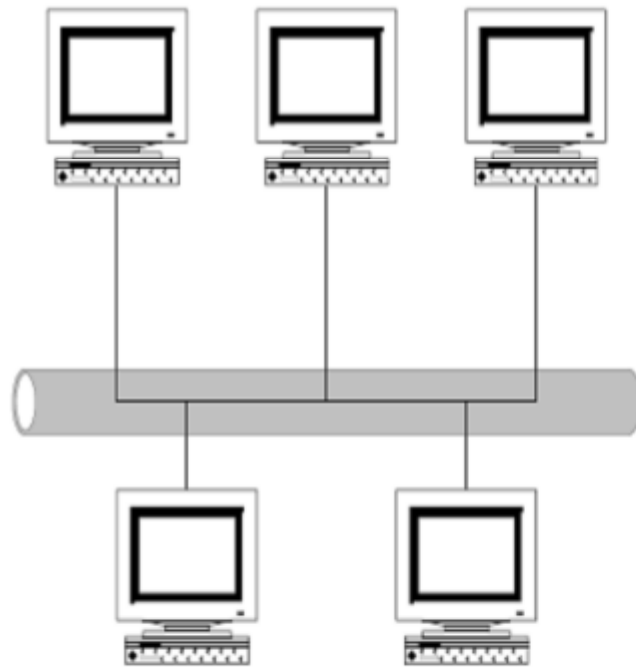
- Φωνή (VoIP), Δεδομένα. Video πάνω από IP
- Ένας λογαριασμός για όλα – ένας πάροχος για όλα

□ Παράμετροι

- Διαφορετικές ανάγκες ανά υπηρεσία

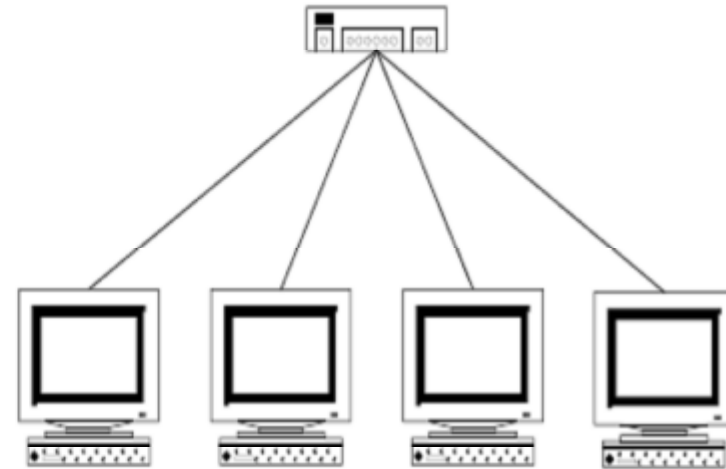
- Παραδείγματα μετάδοσης δεδομένων
 - μεγέθους έως S MByte, σε χρόνο μικρότερο από T sec με πιθανότητα σφάλματος μετάδοσης πακέτου μικρότερη από P
 - ελάχιστο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων τα R MB/sec, μέγιστο ρυθμό σφάλματος μετάδοσης πακέτου ίσο με P
 - ΚΟΚ

Ethernet



Τοπολογία διαύλου
- Ομοαξονικό καλώδιο

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ



Τοπολογία αστέρα
- καλώδια συνεστραμμένων ζευγών,
οπτικές ίνες ή ασύρματες ζεύξεις

Ethernet

□ Χαρακτηριστικά

- Το πακέτο Ethernet μετατρέπεται από δυαδική ακολουθία σε ηλεκτρικό σήμα
 - διαδίδεται στο καλωδίο
- **Δίαυλος**
 - Οι διασυνδεδεμένοι υπολογιστές λαμβάνουν το πακέτο
 - εάν προορίζεται για αυτούς το επεξεργάζονται, αλλιώς το απορρίπτουν
- **Αστέρας**
 - Ο συγκεντρωτής είναι επαναλήπτης
 - προωθεί πακέτα από κάθε θύρα στις υπόλοιπες

Ethernet

□ Χαρακτηριστικά – CSMA/CD

- Carrier Sense
 - Πάντα ακούω το κανάλι
- Multiple Access
 - Αν αδρανές στέλλω πακέτο
- Collision Detection
 - Αν σύγκρουση ματαιώνω και στέλνω μετά από τυχαίο χρονικό διάστημα

Ethernet

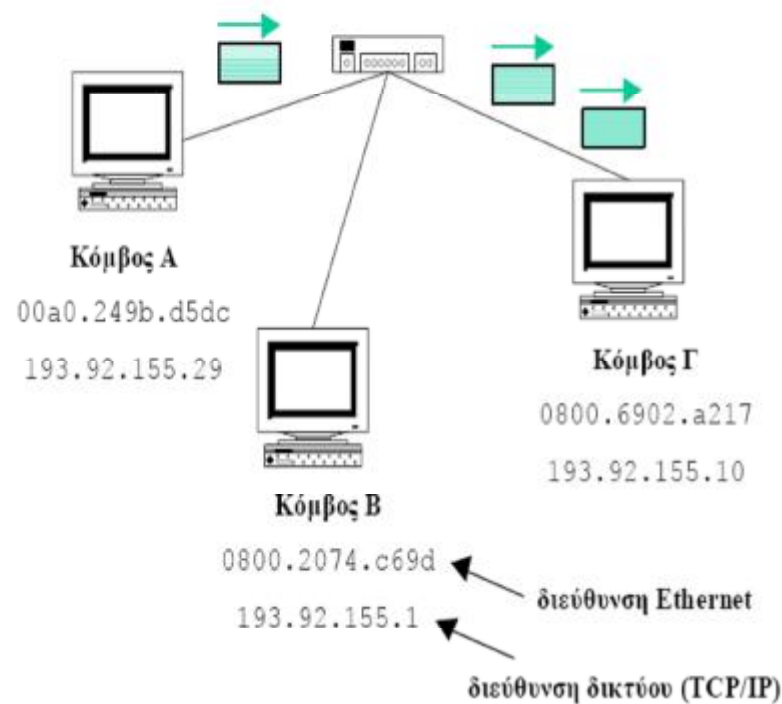
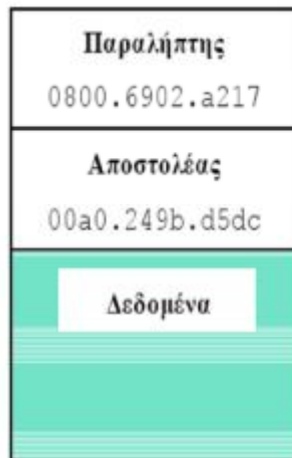
□ Αρχές Λειτουργίας

- Κάθε κόμβος έχει δύο διευθύνσεις
- διεύθυνση Ethernet
 - Μοναδική στον κόσμο.
 - 12 δεκαεξαδικοί αριθμοί, (εύρος 48 bits).
 - Αναγραφή σε ομάδες των τεσσάρων αριθμών (π.χ. 00a0.249b.d5dc).
 - Τα πρώτα 24 bits χορηγούνται από IEEE σε κάθε κατασκευαστή
 - Τα άλλα 24 bits χαρακτηρίζουν μοναδικά κάθε κάρτα του κατασκευαστή.
 - Η ffff.ffff.ffff (δηλ. Όλα τα bits 1) έχει δεσμευθεί ως διεύθυνση εκπομπής
- τη διεύθυνση δικτύου
 - χαρακτηρίζει μοναδικά εντός του δικτύου στο οποίο ανήκει
 - μεταβλητή του λογισμικού συστήματος
 - Π.χ., Internet Protocol Address: 193.92.155.29.

Ethernet

□ Αρχές Λειτουργίας

μορφή πακέτου Ethernet :

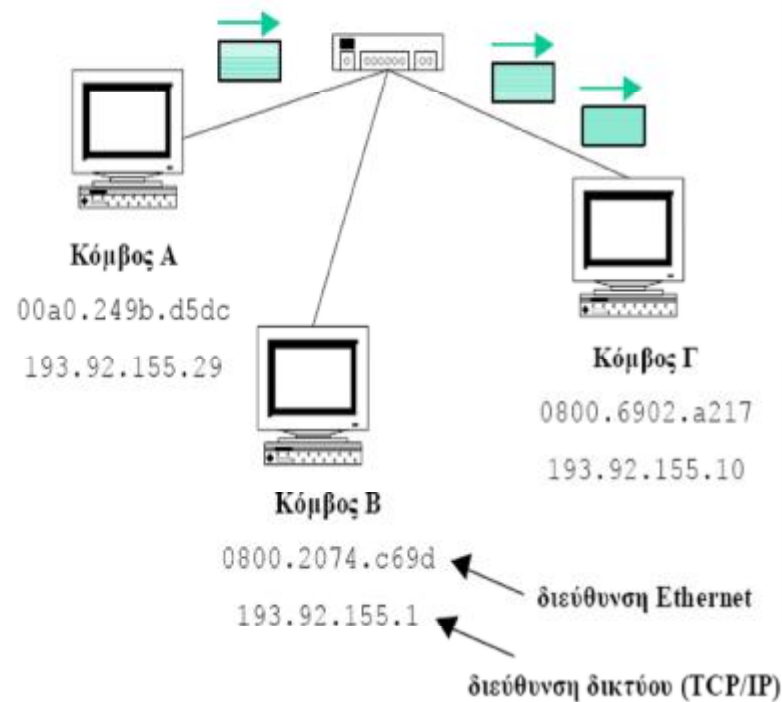
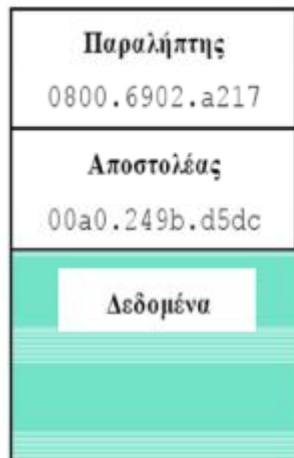


- τα προς μετάδοση δεδομένα κατακερματίζονται σε πακέτα
- Για κάθε πακέτο
 - ενσωματώνονται διευθύνσεις Ethernet αποστολέα/παραλήπτη
 - Αποστέλλεται κατά CSMA/CD
 - Λαμβάνεται από όλους τους κόμβους (αν όχι σύγκρουση)
 - Επεξεργάζεται μόνο από παραλήπτη
- Ερώτημα: πώς γνωρίζει ο αποστολέας τη διεύθυνση Ethernet του παραλήπτη ;

Ethernet

□ Πρωτόκολλο ARP

μορφή πακέτου Ethernet :



- σε κάθε κόμβο υπάρχει πίνακας αντιστοίχισης διεύθυνσης δικτύου και Ethernet
- Ο αποστολέας αν δεν ξέρει δ/σνη Ethernet παραλήπτη στέλνει πακέτο εκπομπής με ερώτημα:
 - εάν είσαι ο κόμβος με IP διεύθυνση 193.92.155.10, τότε απάντησέ μου
- Έτσι απαντά ο Γ και γεμίζει ο πίνακας ARP

Ethernet

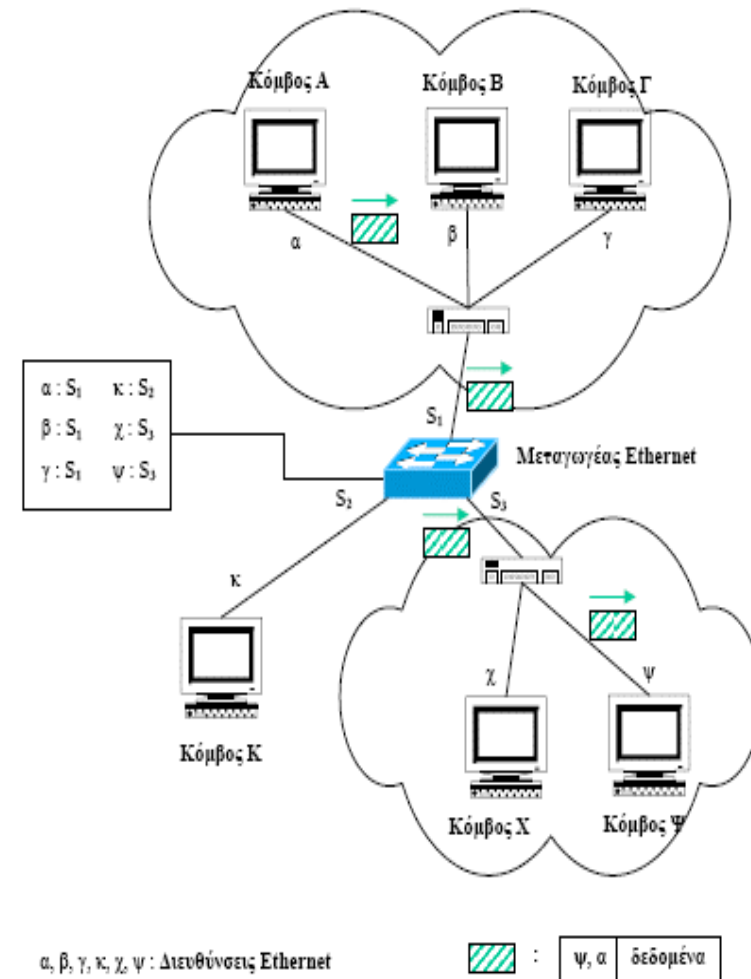
□ Μεταγωγή

- Ανάγκη για
 - άρση περιορισμών μήκους και αύξηση αριθμού κόμβων
 - βελτίωση απόδοσης
- Διασύνδεση πολλών υποδίκτυων Ethernet με μικρό πλήθος μεταγωγέων Ethernet (Ethernet switches)
 - Το switch έχει δύο ή περισσότερες θύρες Ethernet
 - μεταβιβάζει περισσότερα από ένα εισερχόμενα πακέτα κάθε χρονική στιγμή
 - αρκεί αυτά να έχουν διαφορετικές εξερχόμενες θύρες
 - πολλαπλάσιος ρυθμό μετάδοσης σε σχέση με συγκεντρωτές

Ethernet

□ Μεταγωγή

- Ανάγκη για πίνακα ανεύρεσης (look up table)
- Αντιστοιχεί κάθε διεύθυνση Ethernet σε μία από τις θύρες του μεταγωγέα
- Πως ενημερώνεται;
 - διαβάζει το πεδίο “διεύθυνση αποστολέα” σε κάθε πακέτο και ανανεώνει τα entries
- Υπάρχει χρονική ισχύς εγγραφής



Δρομολογητές

- ❑ Οι μεταγωγείς Ethernet ενοποιούν μικρά υποδίκτυα Ethernet σε μεγαλύτερο
 - το οποίο εκτείνεται σε τοπικά γεωγραφικά όρια
- ❑ Ένας άλλος τρόπος διασύνδεσης τμημάτων Ethernet είναι με δρομολογητές
 - προτιμάται για ανάπτυξη διαδικτύων, δηλαδή για σύνδεση απομακρυσμένων τοπικών δικτύων

Δρομολογητές

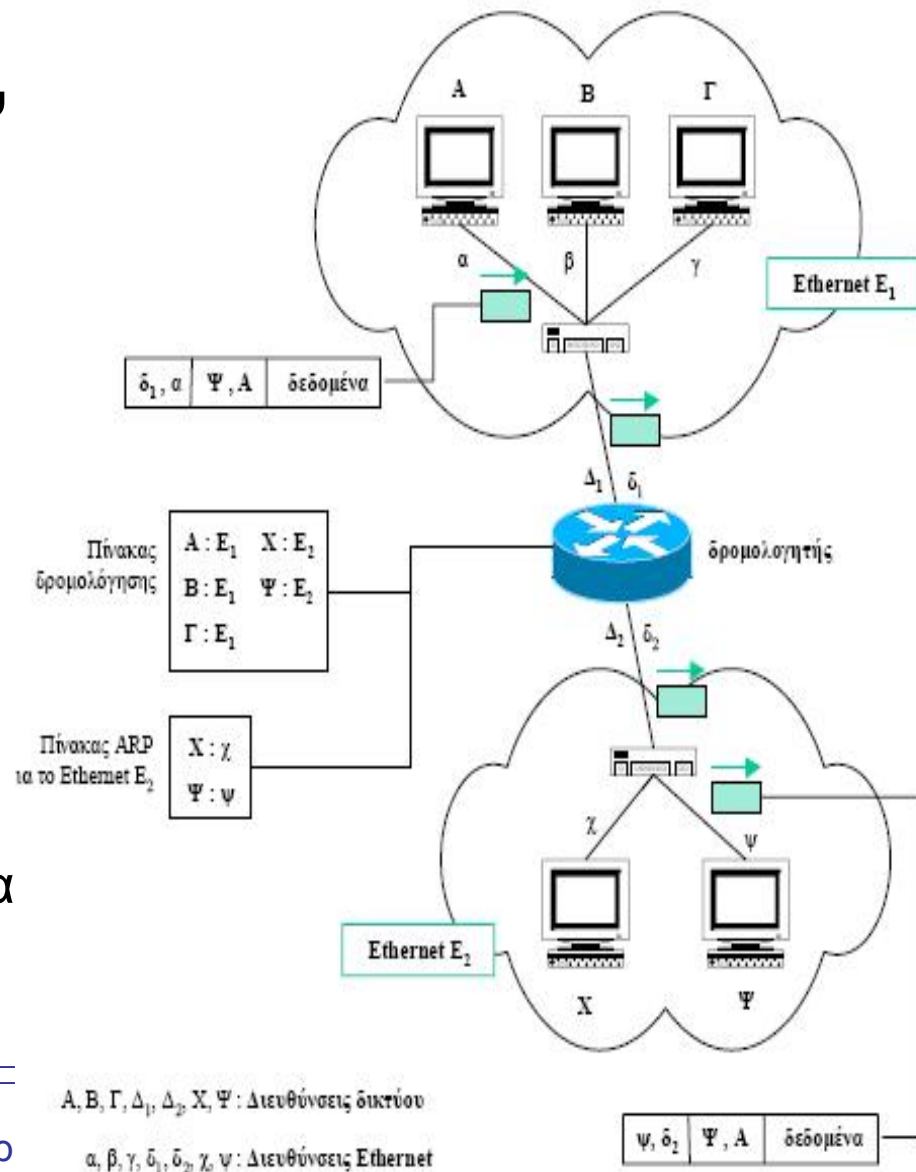
❑ Ο δρομολογητής

- είναι μία συσκευή δικτύου εξοπλισμένη με δύο ή περισσότερες θύρες,
- προωθεί εισερχόμενα πακέτα κυκλοφορίας σε εξερχόμενους συνδέσμους.
- Σε αντίθεση με τους μεταγωγείς Ethernet, *η επεξεργασία των πακέτων βασίζεται στη διεύθυνση δικτύου και όχι στη διεύθυνση Ethernet του παραλήπτη.*

❑ Επιπλέον, ο δρομολογητής *τροποποιεί τις διευθύνσεις Ethernet* στα διερχόμενα πακέτα.

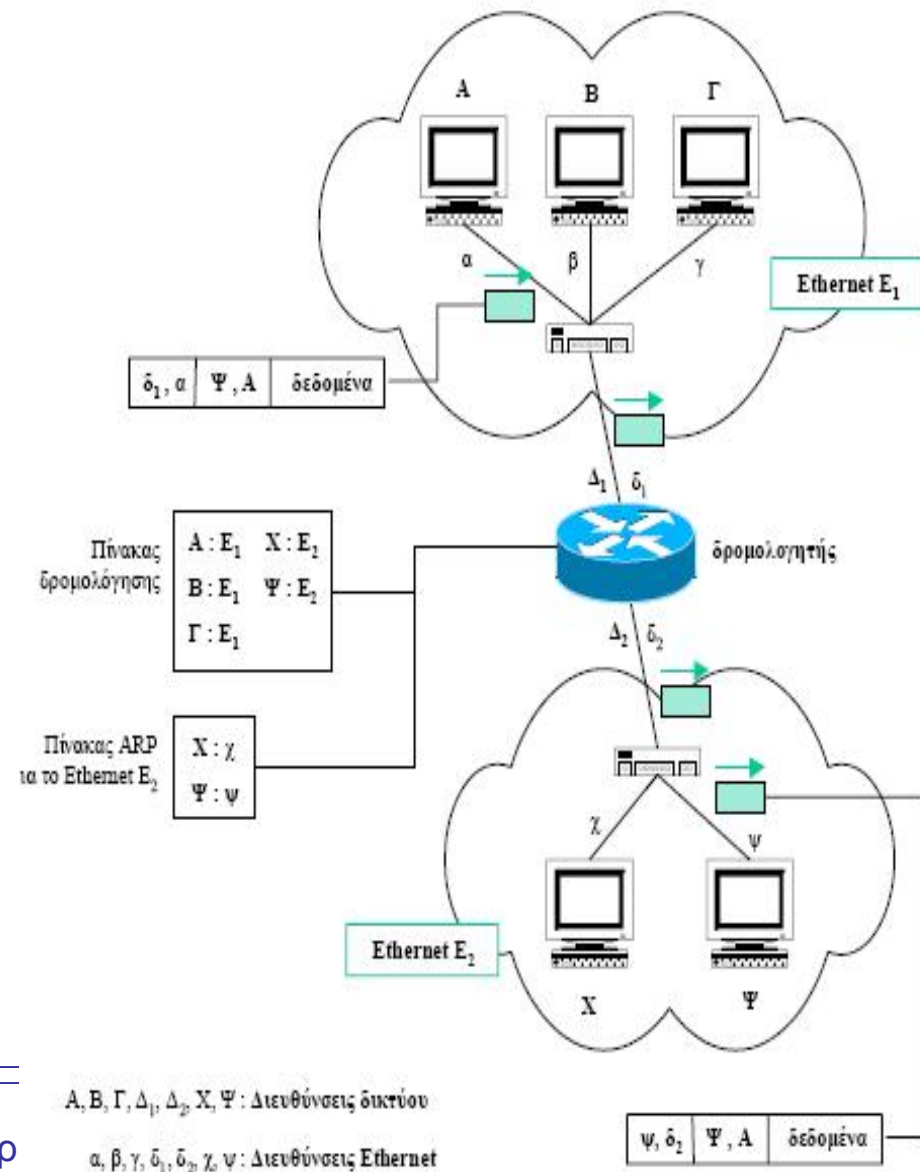
Δρομολογητές

- ❑ Ο Α θέλει να μεταφέρει αρχείο στο Ψ
- ❑ Ας θεωρήσουμε κενό τον πίνακα ARP του κόμβου Α
- ❑ ο Α θα στείλει πακέτο εκπομπής στο τοπικό δίκτυο E1 ζητώντας να μάθει τη διεύθυνση Ethernet του Ψ
- ❑ Το πακέτο εκπομπής θα το λάβουν οι Β, Γ και Δ1. Κανένας από αυτούς δεν έχει διεύθυνση δικτύου του Ψ
 - άρα ο Α δε θα λάβει απάντηση
- ❑ Τι γίνεται σε τέτοιες περιπτώσεις;
- ❑ Πού θα στείλει ο κόμβος Α τα πακέτα προς Ψ;



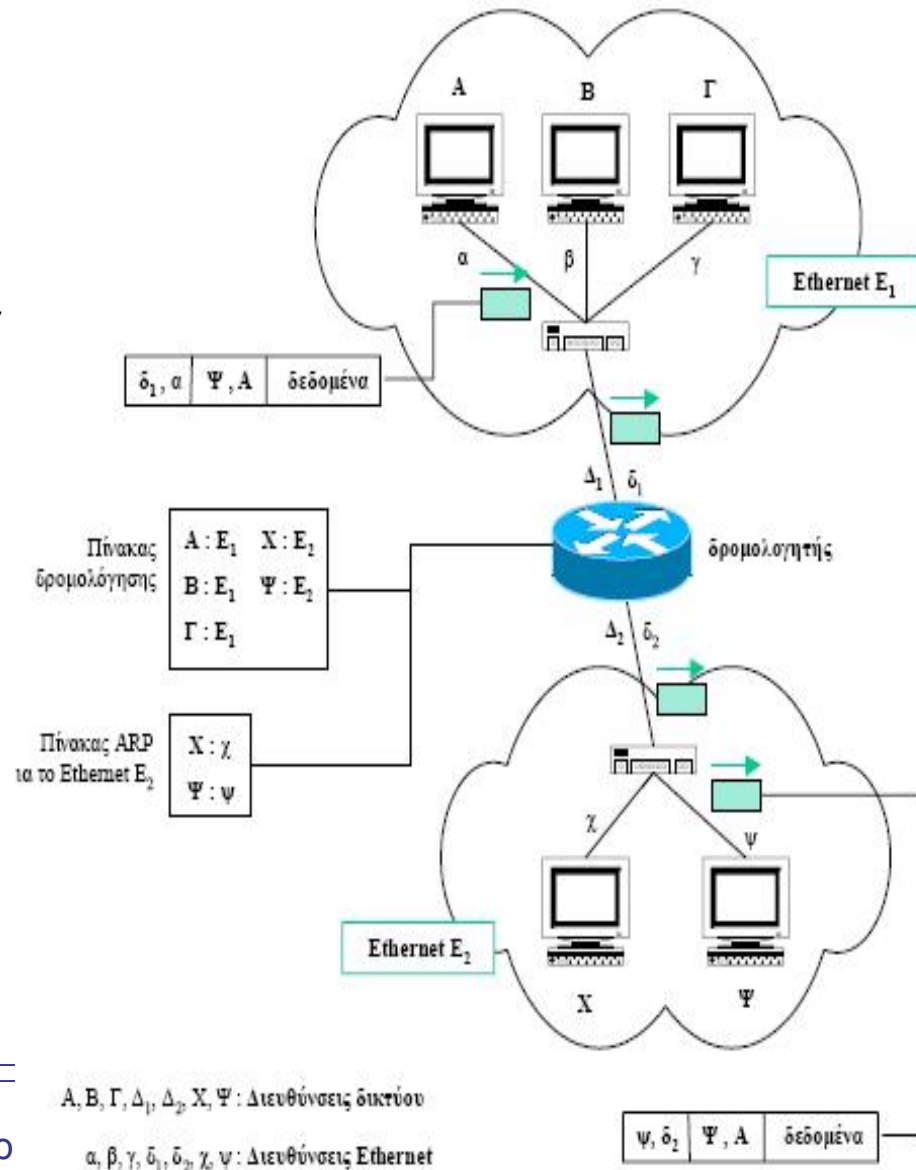
Δρομολογητές

- ❑ Τη λύση δίνει η προκαθορισμένη πύλη (default gateway)
 - Ή πύλη ενός δικτύου.
- ❑ Η πύλη είναι ένας δρομολογητής,
- ❑ προωθεί πακέτα εκτός τοπικού δικτύου, βασιζόμενη στη διεύθυνση δικτύου του προορισμού του πακέτου
- ❑ είναι μεταβλητή του λογισμικού
- ❑ χορηγείται από το διαχειριστή του δικτύου
 - όπως ακριβώς και η διεύθυνση δικτύου.



Δρομολογητές

- ❑ Πως μεταβιβάζεται η πληροφορία
- ❑ το πακέτο που στέλνει ο Α είναι:
 - $[\delta_1, \alpha | \Psi, A | \text{δεδομένα}]$
- ❑ Όταν ο δρομολογητής δει το εισερχόμενο πακέτο $[\Psi, A | \text{δεδομένα}]$, συμβουλευεται *πίνακα δρομολόγησης*
 - routing table: αντιστοιχεί διεύθυνση δικτύου σε μία από τις θύρες του router
- ❑ Διαπιστώνει ότι ο Ψ (προορισμός) ανήκει στο τοπικό δίκτυο E2.
- ❑ Συμβουλευεται πίνακα ARP για το Ethernet E2
 - θα μάθει ότι η διεύθυνση Ethernet του κόμβου Ψ είναι η ψ .
- ❑ Σχηματίζει πακέτο $[\psi, \delta_2 | \Psi, A | \text{δεδομένα}]$ και προωθήσει προς δ_2



Internet Protocol (IP)

□ Πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου

- κύριο εργαλείο για την δια-λειτουργία ετερογενών διαδικτύων
- χωρίς περιορισμούς στο μέγεθός (scalability)

□ Δύο είναι οι σημαντικότερες λειτουργίες

- η παράδοση αυτοδύναμων πακέτων (datagrams) στον προορισμό
 - χωρίς προγενέστερη εγκαθίδρυση νοητού κυκλώματος μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη
 - Χωρίς εγγύηση
 - Όλη η πληροφορία δρομολόγησης στο datagram
- η κατάτμηση και συναρμολόγηση των αυτοδύναμων πακέτων
 - υποστηρίζονται σύνδεσμοι με διαφορετικά μεγέθη Μέγιστης Μονάδας Μετάδοσης
 - Maximum Transmission Unit (MTU)

Internet Protocol (IP)

0	4	8	16	19	31
έκδοση	μήκος επικεφαλίδας	τύπος υπηρεσίας	μήκος πακέτου		
αναγνώριση ταυτότητας			δυαδικοί ενδείκτες	μετατόπιση τεμαχίου	
χρόνος ζωής πακέτου	πρωτόκολλο		άθροισμα ελέγχου		
διεύθυνση πηγής					
διεύθυνση προορισμού					
Επιλογές (πεδίο μεταβλητού μήκους)				παραγέμισμα	
δεδομένα					

Η μορφή της επικεφαλίδας του πακέτου IPv4.

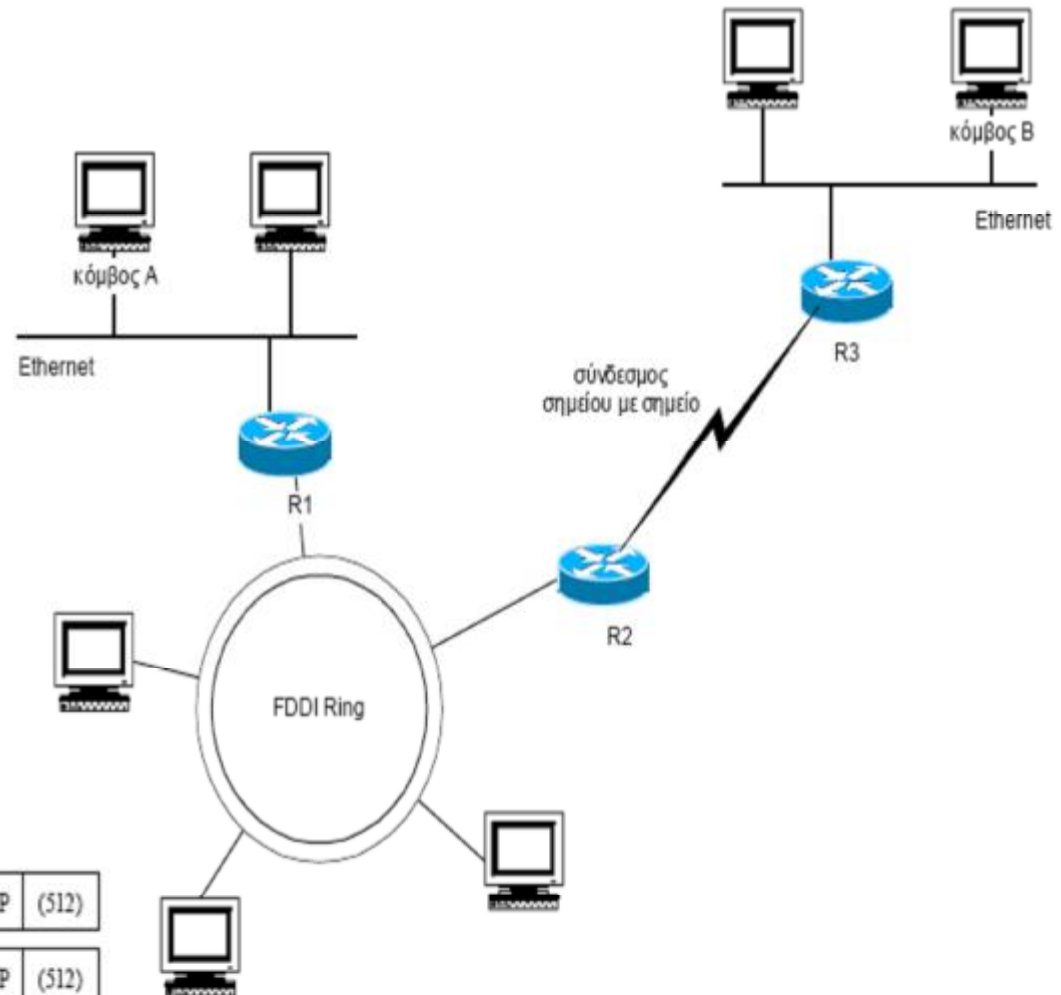
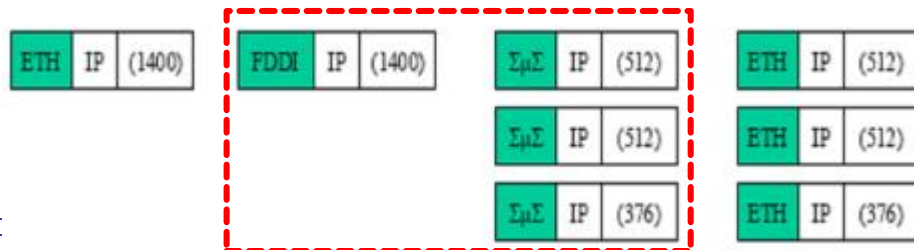
Internet Protocol (IP)

□ Κατάτμηση πακέτων

- Σε κάθε τύπο δικτύου το μέγιστο της πληροφορίας που μπορεί να ενθυλακωθεί σ' ένα πλαίσιο μεταφοράς είναι προκαθορισμένο.
- ορίζεται ως *Μέγιστη Μονάδα Μετάδοσης* (Maximum Transmission Unit – MTU)
 - Στο Ethernet το MTU είναι 1500 bytes
 - Στα δίκτυα FDDI το MTU είναι 4500 bytes.
- Εάν το μήκος του πακέτου που θέλει να αποστείλει το IP είναι μεγαλύτερο από τη MTU του δικτύου, τότε κατάτμηση και συναρμολόγηση του πακέτου IP
 - Στον αποστολέα το πακέτο τεμαχίζεται σε τόσα κομμάτια όσα υπαγορεύει το MTU του δικτύου.
 - Αυτά μεταφέρονται ως αυτοδύναμα διαμέσου του δικτύου
 - Στον παραλήπτη συναρμολογούνται, επανασυνθέτοντας την αρχική πληροφορία

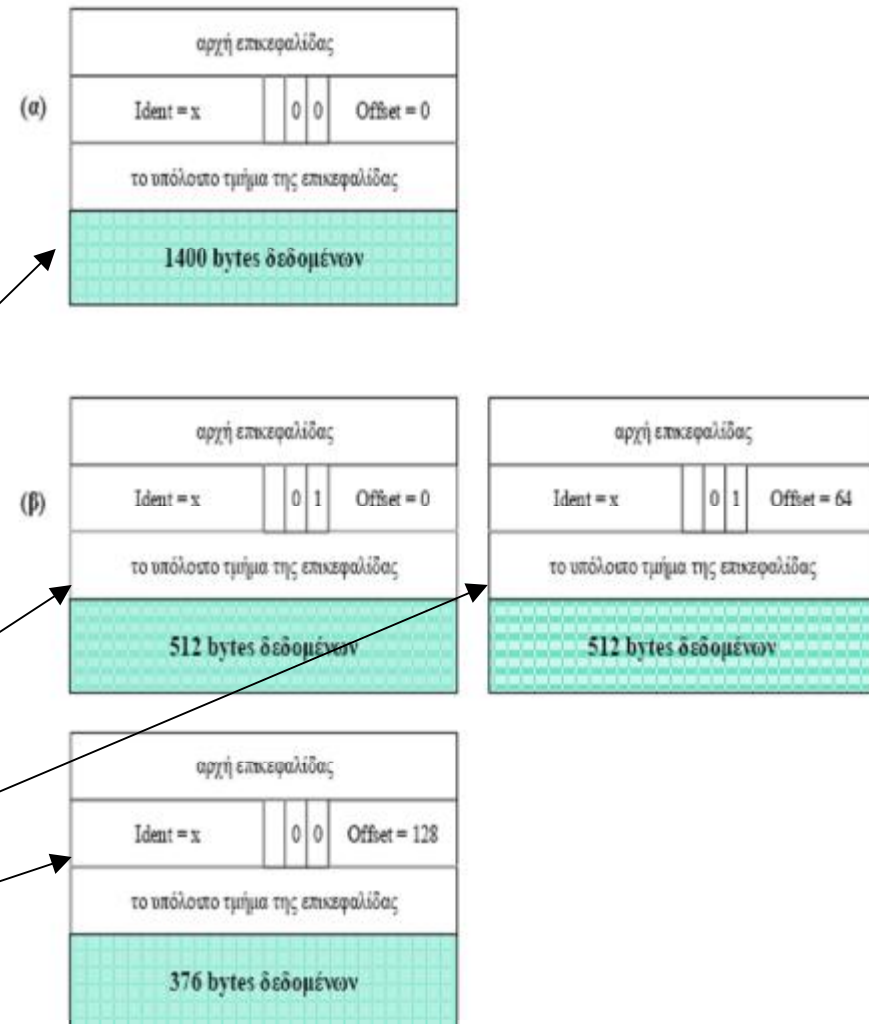
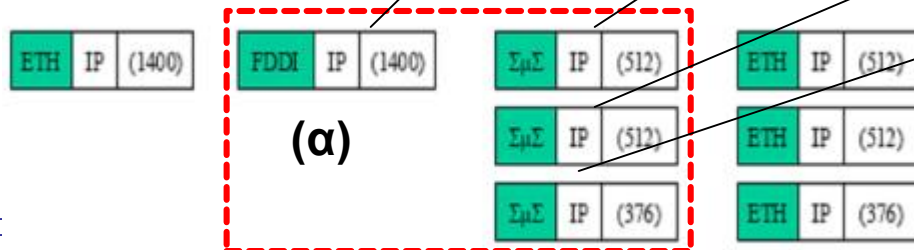
Internet Protocol (IP)

- ❑ Αυτοδύναμο πακέτο IP από τον A προς B.
- ❑ Μήκους 1420 bytes
 - 1400 bytes δεδομένα και 20 bytes επικεφαλίδα
- ❑ Σύνδεσμος – ζεύξη Ethernet:MTU:1500, FDDI:MTU:4500, RtP:MTU:512
- ❑ Στο κάτω σχήμα διακρίνονται τα αυτοδύναμα πακέτα που διαμορφώνονται



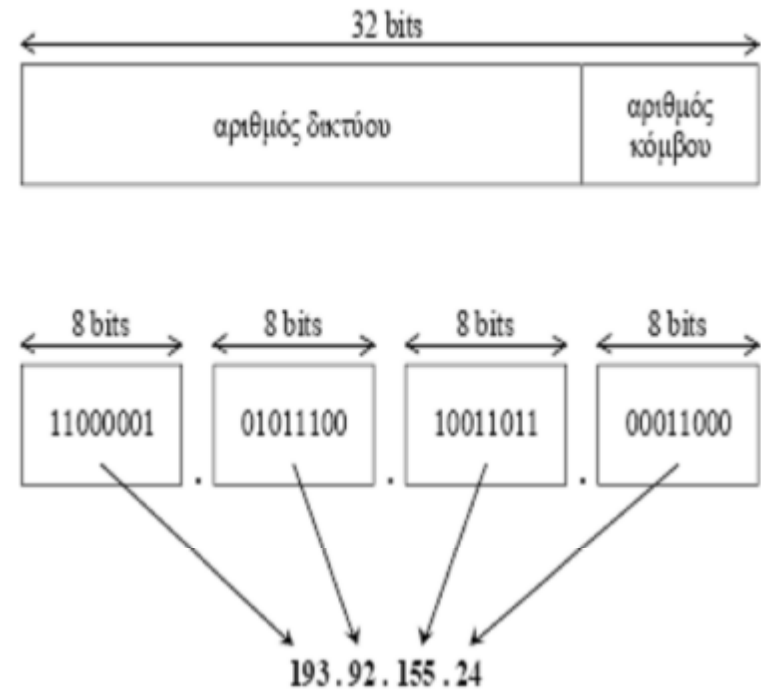
Internet Protocol (IP)

- ❑ Πεδία κατάτμησης
- ❑ Αναγνώριση ταυτότητας (*Id*)
 - Μοναδικός προσδιοριστής πακέτου που ανήκει το τεμάχιο
- ❑ Δυαδικοί δείκτες (*Flags*).
 - Reserved
 - DF (Don't Fragment)
 - MF (More Fragments)
- ❑ Μετατόπιση τεμαχίου (*Offset*)
 - απόσταση των δεδομένων του τεμαχίου από την αρχή των δεδομένων, όπως αυτά υπήρχαν στο αρχικό πακέτο IP.



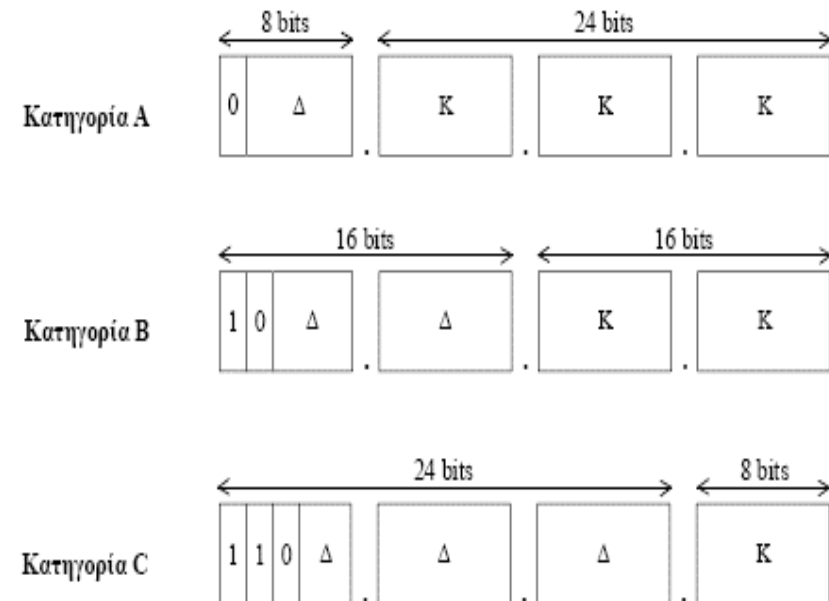
Internet Protocol Addressing

- ❑ Σε κάθε κόμβο του Διαδικτύου έχει εκχωρηθεί μία διεύθυνση, εύρους 32 bits, η οποία χωρίζεται σε δύο μέρη:
 - στον *αριθμό δικτύου*
 - στον *αριθμό κόμβου*
- ❑ Ο αριθμός δικτύου προσδιορίζει ένα δίκτυο
 - εκχωρείται από διεθνής οργανισμούς
- ❑ Ο αριθμός κόμβου προσδιορίζει έναν κόμβο μέσα σ' ένα δίκτυο
 - Εκχωρείται από το διαχειριστή δικτύου.
- ❑ Η διεύθυνση IP ενός κόμβου έχει εύρος 32 bits
 - ❑ Αυτά ομαδοποιούνται σε τμήματα των 8 bits και διαχωρίζονται με τελείες
 - ❑ Απεικονίζονται σε δεκαδική μορφή
- ❑ Η μικρότερη τιμή που λαμβάνει τμήμα 8 bits είναι 0 και η μεγαλύτερη 255.



Internet Protocol Addressing

- πέντε κατηγορίες διευθύνσεων
 - ονομάζονται A, B, C, D και E
- Οι τρεις πρώτες κατηγορίες για εμπορική χρήση
- Η D για *multicasting*.
- Η E έχει δεσμευθεί για πειράματα
- Τα πρώτα bits της διεύθυνσης υποδεικνύουν την κατηγορία στην οποία ανήκει



- διεύθυνση της A ξεκινάει με "0". Αριθμός δικτύου εύρος 8 bits, αριθμός κόμβου εύρος 24 bits
- διεύθυνση της B ξεκινάει με "10", αριθμοί δικτύου και κόμβου έχουν μήκος 16 bits έκαστος
- διεύθυνση της C ξεκινάει με "110", εύρος του αριθμού δικτύου 24 bits και εύρος αριθμού κόμβου 8 bits

Internet Protocol Addressing

- ❑ Το συνολικό πλήθος των διευθύνσεων IPv4 είναι ίσο με $2^{32} = 4.294.967.296$
- ❑ Το 50% αυτών των διευθύνσεων ανήκουν στην κατηγορία A,
- ❑ Το 25% στην B
- ❑ Μόλις 536.870.912 (το 12,5%) είναι C
- ❑ Ένα δίκτυο κατηγορίας B μπορεί να έχει μέχρι 65.534 κόμβους

Κατηγορία	Τιμές των πρώτων bits	Περιοχή διευθύνσεων	Πλήθος bits δικτύου/κόμβου	Μέγιστο πλήθος δικτύων	Μέγιστο πλήθος κόμβων ανά δίκτυο
A	0	1.0.0.0 έως 126.0.0.0	7/24	$126 (2^7 - 2)$	$16.777.214 (2^{24} - 2)$
B	1, 0	128.0.0.0 έως 191.255.0.0	14/16	$16.384 (2^{14})$	$65.534 (2^{16} - 2)$
C	1, 1, 0	192.0.0.0 έως 223.255.255.0	21/8	$2.097.152 (2^{21})$	$254 (2^8 - 2)$

- ❑ Η παροχή διευθύνσεων άρχισε να χαρακτηρίζεται ως **σπατάλη**
- ❑ Σπατάλη εμφανής στην κατηγορία A: δεσμεύονται 16.777.214 διευθύνσεις για τη χρήση ενός μόνο δικτύου

Internet Protocol Addressing

□ IP Subnets

- Λύνουν το πρόβλημα της επάρκειας διευθύνσεων και επιτρέπει αποτελεσματικότερη διαχείριση .
- Βασική ιδέα για τον ορισμό υποδικτύων
 - Κατακερματίζουμε τον αριθμό κόμβου μιας τυπικής διεύθυνσης IP σε δύο τμήματα:
 - στον αριθμό υποδικτύου και
 - στον αριθμό κόμβου μέσα σ' αυτό το υποδίκτυο
- Έτσι η διευθυνσιοδότηση στα δίκτυα IP μετατρέπεται από σχήμα δύο επιπέδων σε σχήμα τριών επιπέδων

Ιεραρχικό σχήμα διευθυνσιοδότησης IP δύο επιπέδων



Ιεραρχικό σχήμα διευθυνσιοδότησης IP τριών επιπέδων



Internet Protocol Addressing

□ IP Subnets

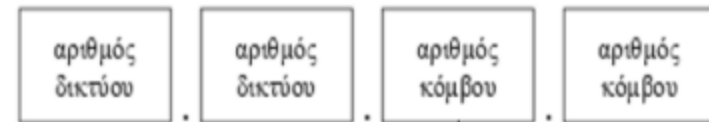
- Το πλήθος των bits που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό του αριθμού υποδικτύου δηλώνεται στη μάσκα υποδικτύου (subnet mask).
- Η μάσκα υποδικτύου έχει ίδια μορφή με τη διεύθυνση IP.

□ Κανόνας: τα bits που αντιστοιχούν στα πεδία δικτύου και υποδικτύου λαμβάνουν τιμή “1”, ενώ τα bits που αντιστοιχούν στο πεδίο κόμβου λαμβάνουν την τιμή “0”

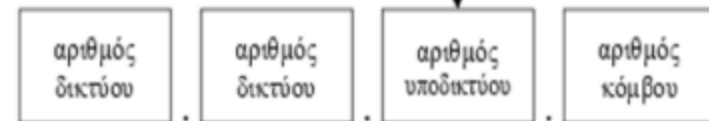
Internet Protocol Addressing

- IP Subnets - Παράδειγμα
- διαμοιράσουμε δίκτυο κατηγορίας B, χρησιμοποιώντας για ορισμό των υποδικτύων 8 bits από τον αριθμό κόμβου.
- η μάσκα υποδικτύου σ' αυτήν την περίπτωση είναι η 255.255.255.0.
- Με αυτήν τη μάσκα μοιράζουμε ένα δίκτυο B, των 65.543 διευθύνσεων κόμβων, σε
 - $2^8 - 2 = 254$ υποδίκτυα, με
 - $2^8 - 2 = 254$ κόμβους σε κάθε υποδίκτυο

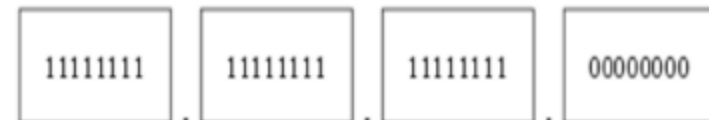
Η διεύθυνση IP κατηγορίας B πριν τον ορισμό υποδικτύων



Η διεύθυνση IP κατηγορίας B μετά τον ορισμό υποδικτύων



Δυαδική αναπαράσταση της μάσκας υποδικτύου



Δεκαδική αναπαράσταση της μάσκας υποδικτύου



Internet Protocol Addressing

□ IP Subnets – Δρομολόγηση

- Όπως και η τυπική δρομολόγηση (IP address – θύρα)
- Εδώ ο routing table έχει και τα στοιχεία της subnet mask και την εξής διαδικασία

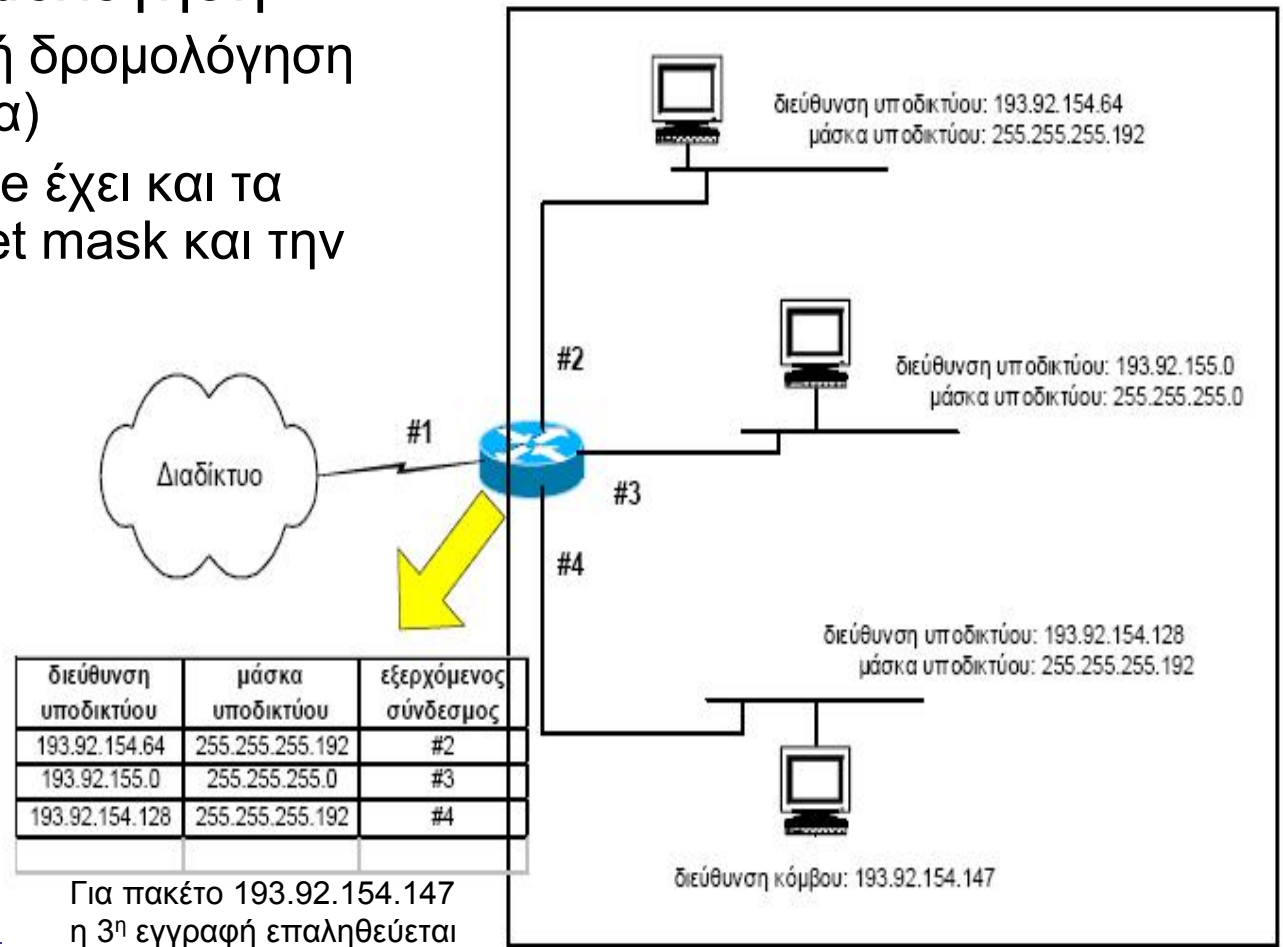
Έστω D dest. addr. πακέτου

Για κάθε εγγραφή του Πίνακα Δρομολόγησης (διεύθυνση υποδικτύου, μάσκα υποδικτύου, εξερχόμενος σύνδεσμος) do:

$D1 = D \text{ AND } \text{μάσκα υποδικτύου}$

If $D1 =$ διεύθυνση υποδικτύου:

Then προώθησε το πακέτο στον εξερχόμενο σύνδεσμο.

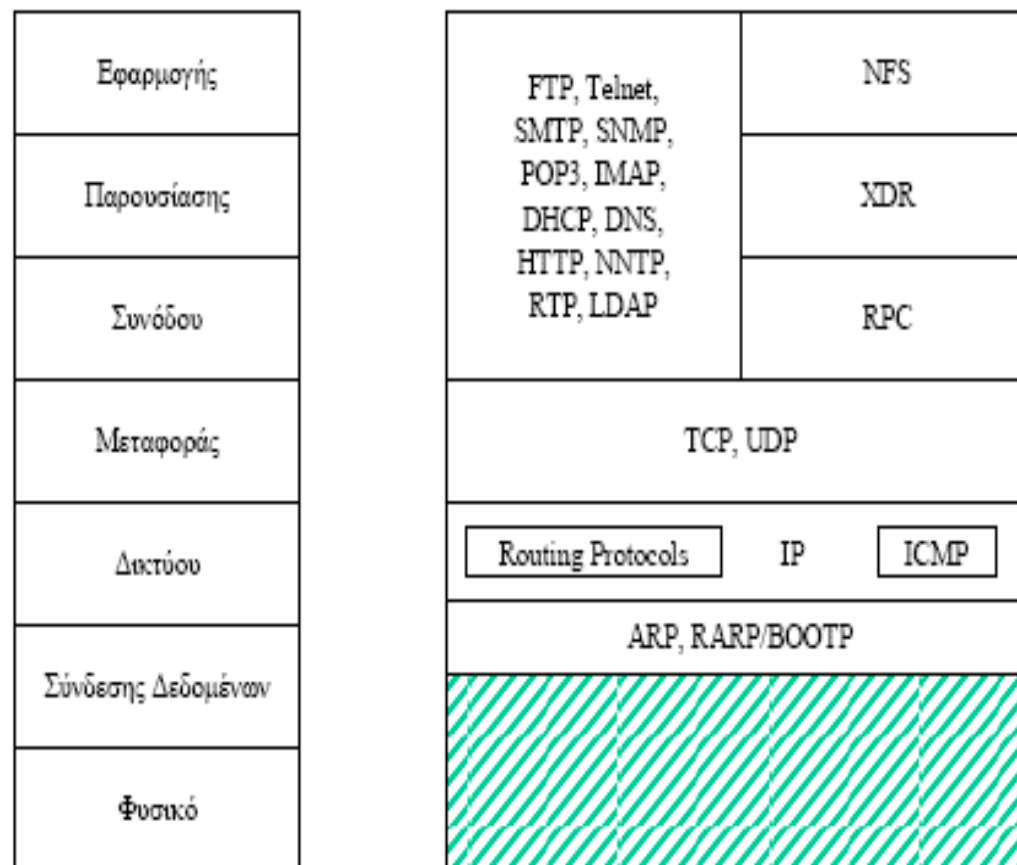


Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

- ❑ Προσδιορισμού Διεύθυνσης (ARP).
- ❑ Αντίστροφου Προσδιορισμού Διεύθυνσης (RARP).
- ❑ Εκκίνησης (Bootstrap Protocol – BOOTP).
- ❑ Δυναμικής Διαμόρφωσης Κόμβου (DHCP).
- ❑ Μηνύματος Ελέγχου Διαδικτύου (ICMP).
- ❑ Αυτοδύναμου Πακέτου Χρήστη (UDP).
- ❑ Ελέγχου Μετάδοσης (TCP)
- ❑ πρωτόκολλα δρομολόγησης (RIP/OSPF)
- ❑ πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής.

Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

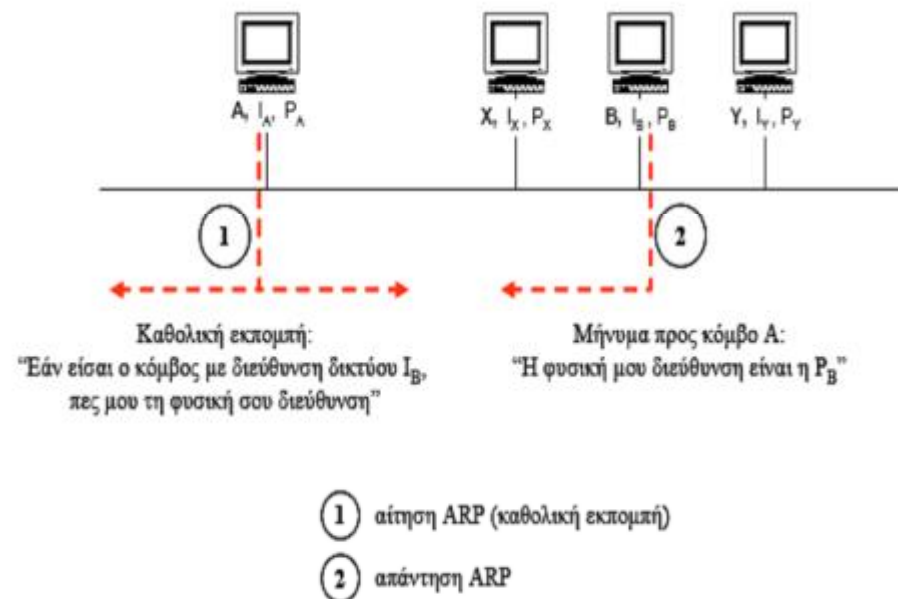
□ Κατά OSI



Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

□ ARP

- αντιστοίχιση της διεύθυνσης δικτύου του προορισμού με τη φυσική του (Ethernet) διεύθυνση
- Ύπαρξη πίνακα αντιστοίχισης
- Ειδικό πακέτο εκπομπής – απόκρισης
- Χρόνος ζωής εγγραφής ~15min



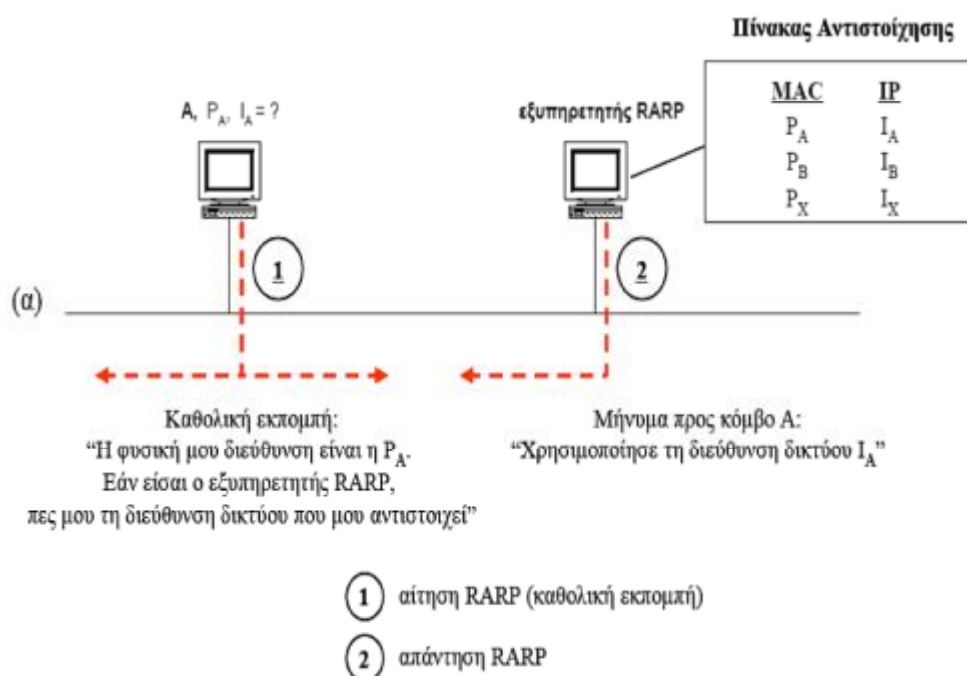
Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

- ❑ Τα πρωτόκολλα RARP, BOOTP και DHCP
 - κάθε κόμβος σ' ένα δίκτυο προσδιορίζεται μοναδικά από τη διεύθυνση δικτύου του (μεταβλητή του λειτουργικού)
 - Η απόδοση τιμής στη διεύθυνση δικτύου
 - Στατικά ή δυναμικά
- ❑ Το αντίστροφο πρόβλημα του Προσδιορισμού Διεύθυνσης
 - Συσκευές που δε διαθέτουν σκληρό δίσκο για αποθήκευση μεταβλητών
 - δικτυακός εκτυπωτής
 - Κατά την εκκίνησή τους γνωρίζουν μόνο τη φυσική τους διεύθυνση
 - στο υλικό
 - Δηλώνοντας τη φυσική διεύθυνση σε ειδικό εξυπηρετητή λαμβάνουν τη διεύθυνση δικτύου που τους έχει εκχωρηθεί (δυναμικά)
 - Την αποθηκεύουν στη μνήμη τους
 - μέχρι το τερματισμό της λειτουργίας τους

Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

□ Το πρωτόκολλο RARP

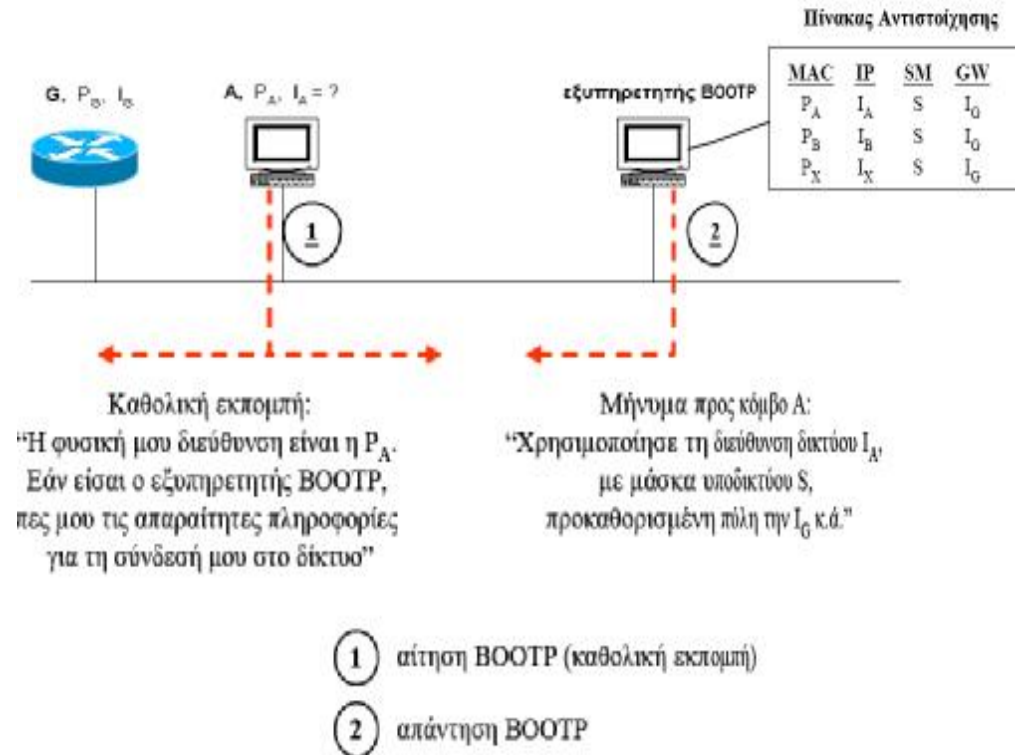
- Ίδια ιδέα με ARP
- Ωστόσο, την απάντηση της αίτησης για διεύθυνση IP την παρέχει ειδικός εξυπηρετήτης που διατηρεί πίνακα αντιστοίχησης



Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

□ Το πρωτόκολλο BOOTP

- Ίδια ιδέα με RARP
- Ωστόσο ο εξυπηρετής διατηρεί και επιστρέφει και άλλες χρήσιμες πληροφορίες στον αιτούμενο κόμβο:.



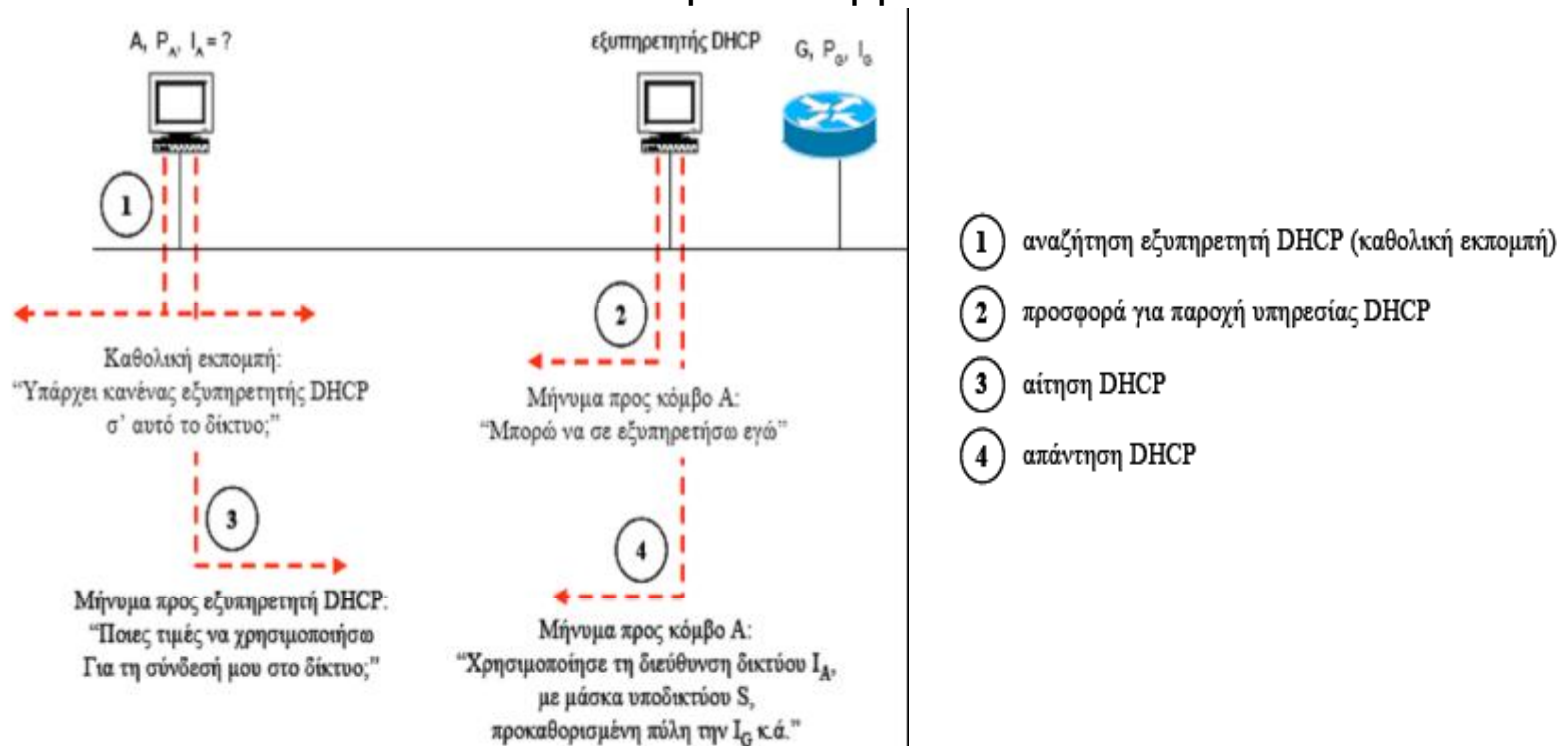
Πρόσθετες πληροφορίες

- τη μάσκα υποδικτύου,
- τη διεύθυνση δικτύου της προκαθορισμένης πύλης,
- τη διεύθυνση δικτύου ενός εξυπηρετητή αρχείων
- το όνομα αρχείου για το λογισμικό που ο κόμβος θα πρέπει να αποκτήσει για να εκκινήσει τη λειτουργία

Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

□ Το πρωτόκολλο DHCP

- Ίδια ιδέα με RARP/BOOTP
- Ωστόσο, επιλέγει δυναμικά (από μια δεξαμενή IP address) αυτήν που τελικά θα αποδώσει στον αιτούμενο κόμβο



Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

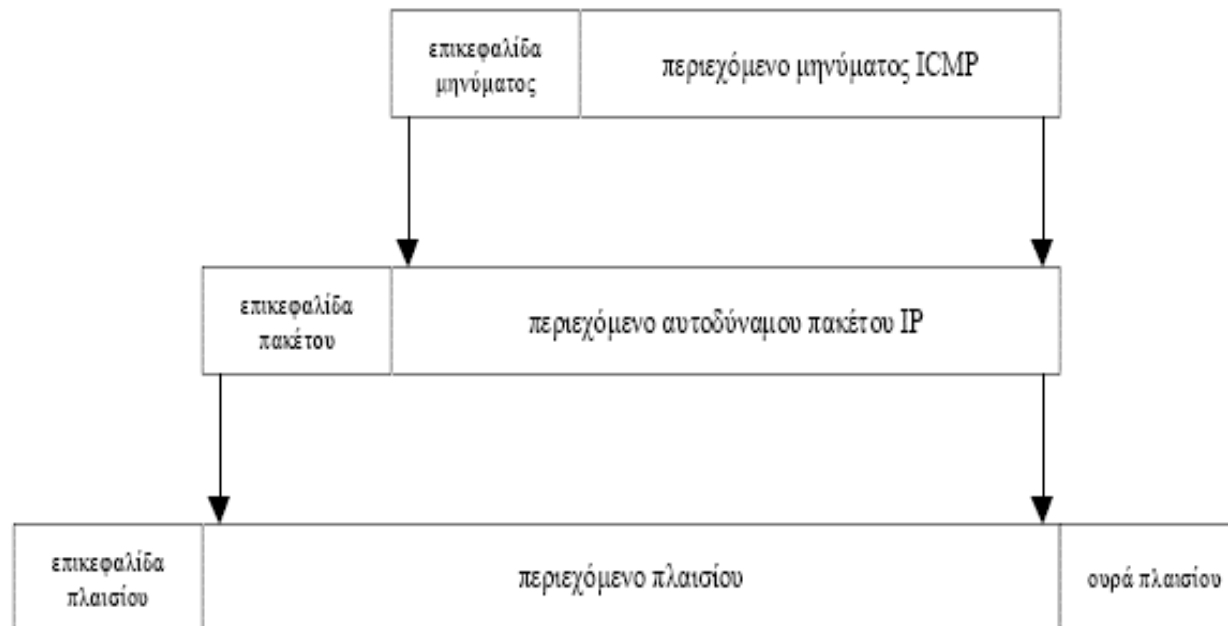
□ Το πρωτόκολλο ICMP

- Μεταφορά μηνυμάτων ελέγχου
 - Έλεγχος αν ένας εξυπηρέτης είναι ενεργός
 - Έλεγχος δυνατότητας πρόσβασης σε ένα εξυπηρέτη προορισμό,
 - Αναζήτηση πληροφοριών για τη μάσκα υποδικτύου που εφαρμόζεται
 - ΚΟΚ
- Αναφορά λαθών/σφαλμάτων
 - Ένα πακέτο μπορεί να μη φθάσει στον προορισμό του για πολλούς λόγους:
 - ενδιάμεσος δρομολογητής, σύνδεσμος διαδρομής ή παραλήπτης κόμβος τέθηκαν εκτός λειτουργίας,
 - οι πίνακες δρομολόγησης των ενδιάμεσων κόμβων είναι λανθασμένοι
 - ένα τεμάχιο του πακέτου αλλοιώθηκε κατά τη μεταφορά
 - ο απαριθμητής του “χρόνου ζωής πακέτου” μηδενίστηκε
 - ΚΟΚ

Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

❑ Το πρωτόκολλο ICMP

- Μετάδοση με ενθυλάκωση



Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

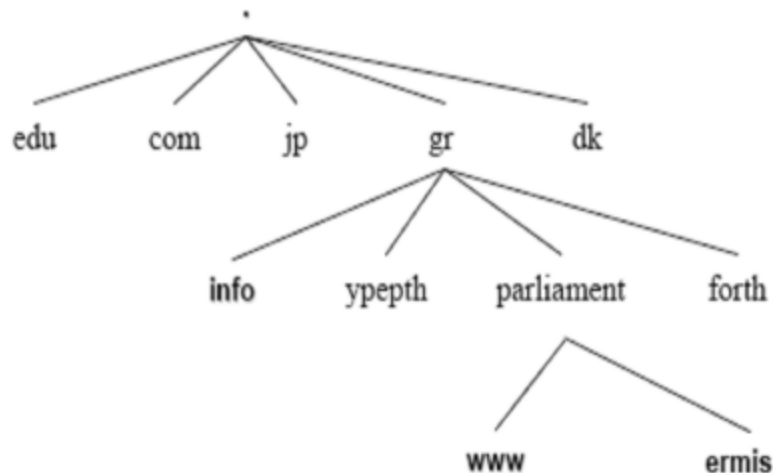
□ Πρωτόκολλα επιπέδου εφαρμογής

- *Μεταφοράς Αρχείων (File Transfer Protocol – FTP).*
- *Διαχείρισης Δικτύου (Simple Network Management Protocol – SNMP).*
- *Μεταφοράς Ταχυδρομείου (Simple Mail Transfer Protocol – SMTP).*
- *Μεταφοράς Υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol – HTTP).*
- *Δικτυακό Σύστημα Αρχείων (Network File System – NFS).*
- *Ταχυδρομικό Πρωτόκολλο 3 (Post Office Protocol 3 – POP3).*
- *Διαλογικής Πρόσβασης Ταχυδρομείου (Interactive Mail Access Protocol – IMAP).*
- *Πρόσβασης Καταλόγου (Lightweight Directory Access Protocol – LDAP).*
- *Μεταφοράς σε Πραγματικό Χρόνο (Real-time Transport Protocol – RTP).*
- *Μεταφοράς Νέων του Δικτύου (Network News Transfer Protocol – NNTP).*

Άλλα πρωτόκολλα Διαδικτύου

□ Domain Name Service (DNS)

- Θυμάται κανείς την IP διεύθυνση της ιστοσελίδας του ΕΑΠ;
- Δε χρειάζεται γιατί η υπηρεσία DNS μπορεί να αντιστοιχίσει μία αριθμητική διεύθυνση IP σε μία συμβολική διεύθυνση .
 - Αλλά και το αντίστροφο
- Το Internet έχει χωριστεί σε διάφορες περιοχές (domains).
 - αντιστοιχούν είτε σε χώρα (π.χ., .gr για την Ελλάδα, .dk για την Δανία), είτε
 - σε τύπο οργανισμού (π.χ., .edu για εκπαιδευτικό οργανισμό, .com για εταιρεία).



- Σε κάθε περιοχή υπάρχουν είτε συστήματα είτε “υποπεριοχές”.
- Αυτό συνεχίζεται και μορφοποιεί δενδρική δομή περιοχών Διαδικτύου
- Στα φύλλα του δένδρου υπάρχουν όλα τα συστήματα του Διαδικτύου.

IPv6

- ❑ Κύρια συνέπεια του «φτωχού» χώρου διευθύνσεων
 - 4δισ IP address ΔΕΝ είναι αρκετές
 - Η χρήση υποδικτύων λύνει μόνο προσωρινά το πρόβλημα
- ❑ Επέκταση του χώρου διευθύνσεων.
 - Το εύρος της διεύθυνσης IPv6 είναι 128 bits.
- ❑ Κατά συνέπεια, οι διευθύνσεις IPv6 είναι συνολικά:
 - 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456
- ❑ Επιφάνεια της Γης είναι 511.263.971.197.990 τμ,
- ❑ Επομένως διαθέτουμε 665.570.793.348.866.943.898.599 διευθύνσεις IPv6 για κάθε τετραγωνικό μέτρο γης...

IPv6

- ❑ *Υποστήριξη των υπηρεσιών πραγματικού χρόνου.*
 - διαχωρισμός πακέτων σε ροές δεδομένων για τις οποίες ο αποστολέας έχει ζητήσει ειδικό χειρισμό.
- ❑ *Απλοποίηση της μορφής της επικεφαλίδας.*
 - για να μειωθεί ο χρόνος επεξεργασίας στους ενδιάμεσους δρομολογητές
- ❑ *Ασφάλεια*
 - εξασφάλιση μυστικότητας, απόδειξη της γνησιότητας και της ακεραιότητας του περιεχομένου του πακέτου.
- ❑ *Δυνατότητα δυναμικού ή αυτοπροσδιορισμού της διεύθυνσης.*
 - ύπαρξη εξυπηρετητών διάθεσης διευθύνσεων ή
 - Κάθε κόμβος κατασκευάζει από μόνος του τη διεύθυνσή
- ❑ *Υποστήριξη των κινητών κόμβων.*

IPsec

- ❑ Το διαδίκτυο θα ήταν ασφαλές μέσο για διακίνηση πληροφορίας εάν (κατ' ελάχιστον) υποστηρίζει:
- ❑ **Πιστοποίηση ταυτότητας** πηγών πληροφορίας
 - Εξακριβώνεται η ταυτότητα της πηγής της κυκλοφορίας,
 - Αποκλεισμός πλαστοπροσωπίας
 - Αυθεντικοποίηση
- ❑ **Εμπιστευτικότητα** διακινούμενων δεδομένων
 - Επιτυγχάνεται η μυστικότητα διακινούμενων δεδομένων (data privacy),
 - Αποκλείεται το οποιοδήποτε όφελος σε κάποιον ωτακουστή
- ❑ **Ακεραιότητα** των διακινούμενων δεδομένων
 - Επιτυγχάνεται το αδιάβλητο των μεταφερόμενων δεδομένων
 - Αποκλείεται η οποιαδήποτε παραποίηση της διακινούμενης πληροφορίας

IPsec

❑ Κύριο μέσο εξασφάλιση ανωτέρω: **Κρυπτογραφία**

❑ Σχεδιαστικοί στόχοι

- Ανεπηρέαστες εφαρμογές
- Αντιμετώπιση προβλήματος στα άκρα του δικτύου (δρομολογητές πρόσβασης) και όχι στους ενδιάμεσους δρομολογητές κορμού
 - Εξασφάλιση κλιμάκωσης
 - Μη τροποποίηση συσκευών στο δίκτυο κορμού

❑ Λύση: IPSec οικογένεια πρωτοκόλλων

- Επικουρούν στο επίπεδο δικτύου (IP)

IPsec

- ❑ Δύο βασικά πρωτόκολλα οικογένειας IPsec
- ❑ Επικεφαλίδα Αυθεντικοποίησης (Authentication Header – AH)
 - πιστοποίηση ταυτότητας των πηγών πληροφορίας και
 - ακεραιότητα των διακινούμενων δεδομένων
- ❑ Ασφαλές Ενθυλακωμένο Φορτίο (Encapsulation Security Payload – ESP)
 - Πιστοποίηση ταυτότητας των πηγών πληροφορίας και
 - Εμπιστευτικότητα δεδομένων
 - Ακεραιότητα των διακινούμενων δεδομένων

IPsec

❑ Security Association

❑ Λογικό κανάλι επικοινωνίας μεταξύ δύο κόμβων που επικοινωνούν

- μονόδρομο
- προσδιορίζεται μοναδικά από την ακόλουθη τριάδα:
 - από τη διεύθυνση IP της πηγής δημιουργίας κυκλοφορίας
 - από το πρωτόκολλο ασφαλείας (AH ή ESP), και
 - από ένα προσδιοριστή της σύνδεσης που καλείται *Δείκτης Παραμέτρου Ασφαλείας (Security Parameter Index – SPI)*.

❑ Για εγκαθίδρυση SA: Internet Security Association and Key Management Protocol (ISAKMP).

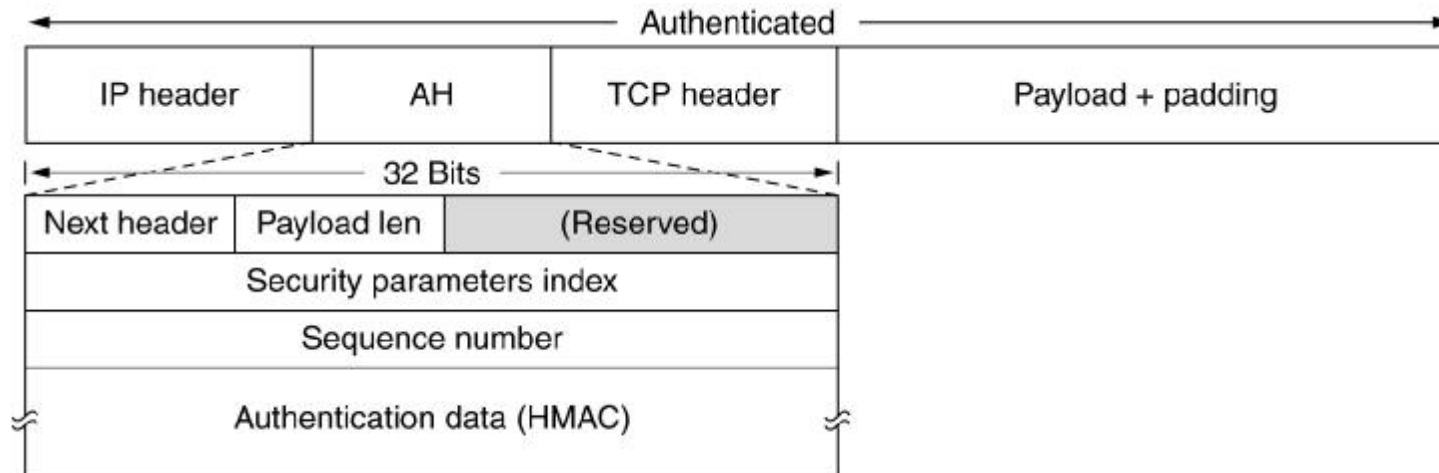
❑ Για ανταλλαγή κλειδιών: Internet Key Exchange (IKE)

IPsec

□ Τρόποι λειτουργίας του IPsec

- Τρόπος μεταφοράς (transport mode)
 - Προσθήκη της κεφαλίδας IPsec μετά την κεφαλίδα IP
 - Στην κεφαλίδα IP αλλάζει το πρωτόκολλο (IPsec)
- Τρόπος σήραγγας (tunnel mode)
 - Ολόκληρο το πακέτο IP ενθυλακώνεται σε ένα νέο πακέτο
 - Χρήση σήραγγας μεταξύ δύο δρομολογητών ανάμεσα στα άκρα

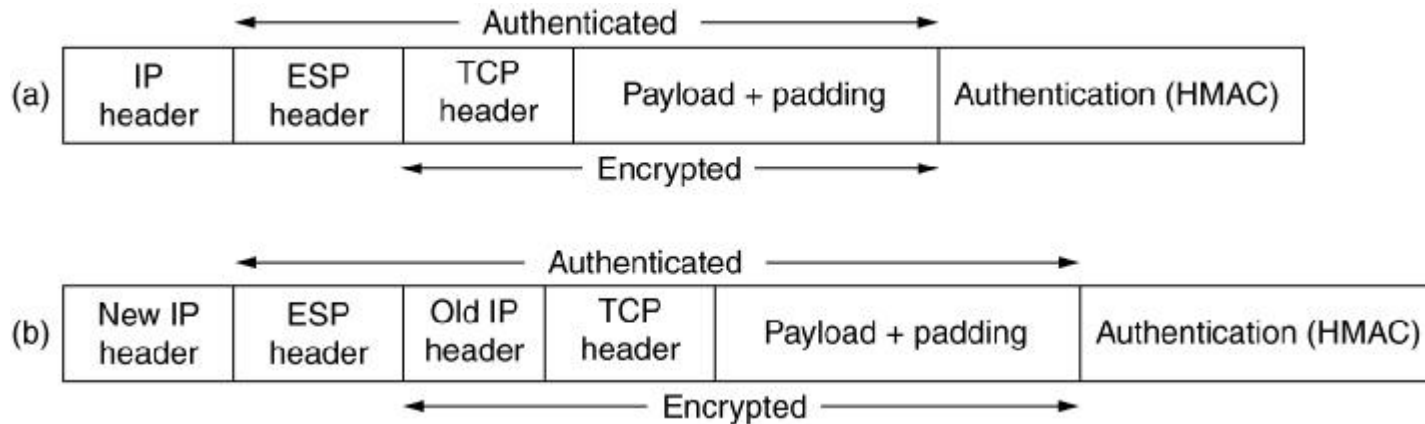
IPsec



❑ Κεφαλίδα πιστοποίησης ταυτότητας (AH) σε transport mode

- Επόμενη κεφαλίδα: πρωτόκολλο που ακολουθεί (TCP/UDP)
- Μήκος κεφαλίδας (λέξεις 32 bit) μείον 2 (ελάχιστο μέγεθος)
- SPI: Αναγνωριστικό σύνδεσης: δείχνει ποιούς αλγορίθμους χρησιμοποιούμε
- Αριθμός σειράς: για anti-replay attack
- HMAC: σύνοψη πακέτου κρυπτογραφημένη με κλειδί
 - Παραλείπονται τα πεδία που αλλάζουν συνεχώς (TTL)

IPsec



❑ Κεφαλίδα ενθυλακωμένου ασφαλούς ωφέλιμου φορτίου

- (a) transport mode, (b) tunnel mode
- Κρυπτογραφείται όλο το πακέτο (b) ή μόνο το φορτίο του (a)
- Αυθεντικοποιείται όλο το πακέτο (b) ή μόνο το φορτίο του (a)
- Η πιστοποίηση ταυτότητας βρίσκεται στο τέλος (HMAC)

Μεταγωγή – Γεφύρωση - Δρομολόγηση

❑ Μεταγωγέας

- Διασυνδέει τοπικά δίκτυα Ethernet
- βασική λειτουργία η επέκταση τοπικών δικτύων

❑ Γέφυρα

- Διασυνδέει διαφορετικά τοπικά δίκτυα (Ethernet με Token Ring)
- βασική λειτουργία η μετατροπή της μορφής των πλαισίων (π.χ. από πλαίσιο Ethernet σε πλαίσιο Δακτυλίου με κουπόνι)

❑ Δρομολογητής

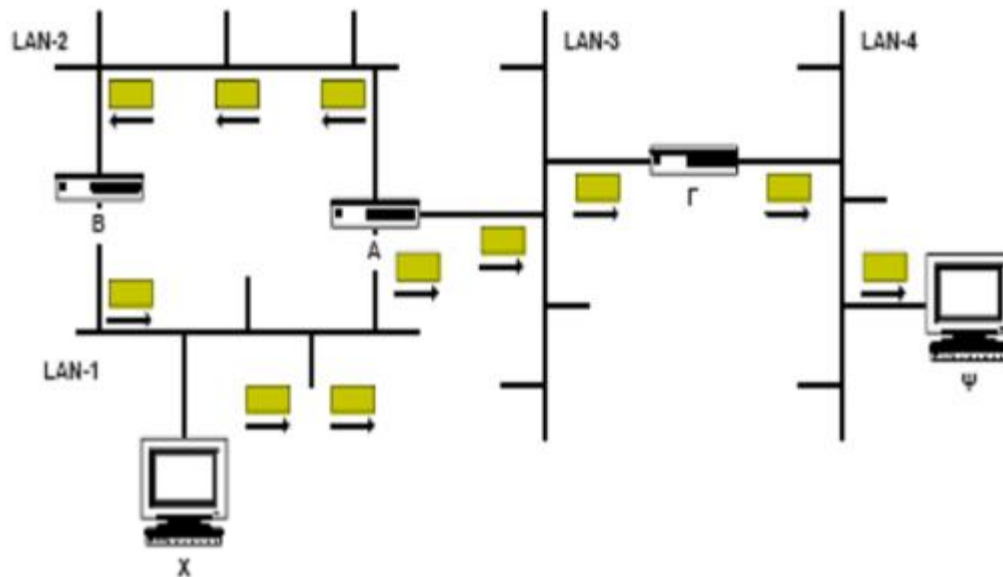
- Διασυνδέει απομακρυσμένα τοπικά δίκτυα σε διαδίκτυο
- Δρομολόγηση

Γεφύρωση

- ❑ **Εμφάνιση βρόχων**
- ❑ Τα επιμέρους τοπικά δίκτυα διασυνδέονται με περισσότερες από μία γέφυρες.
- ❑ Δύναται να εμφανίζονται βρόχοι
 - πρόβλημα καθώς μπορεί να δημιουργήσει ατέρμονη κυκλοφορία στο δίκτυο.

Γεφύρωση

□ Εμφάνιση βρόχων



Πακέτο από X σε Ψ

- ιδανική διαδρομή:
 $X \rightarrow A \rightarrow \Gamma \rightarrow \Psi$
- Το πλαίσιο όμως προωθείται στο τοπικό δίκτυο 2,
- επαναπροωθείται, μέσω της γέφυρας B, στο τοπικό δίκτυο 1,
- μπορεί να συνεχίσει ατέρμονη ανακύκλωση στο βρόχο $\text{LAN-1} \rightarrow A \rightarrow \text{LAN-2} \rightarrow B$.

Γεφύρωση

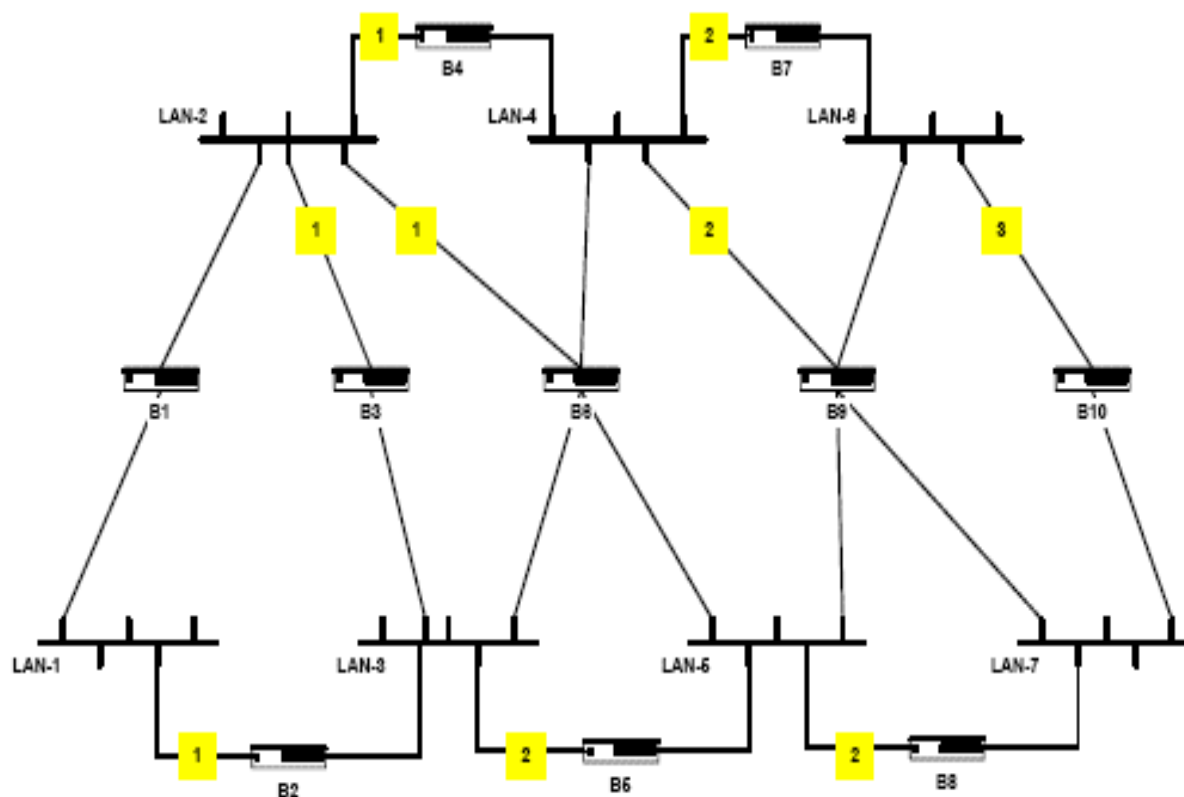
- ❑ **Εμφάνιση βρόχων και δένδρο επικάλυψης**
- ❑ Αν θεωρήσουμε το εκτεταμένο τοπικό δίκτυο ως γράφο
- ❑ η λύση στο πρόβλημα των βρόχων δίνεται αν κατασκευάσουμε υπο-γράφο που καλύπτει όλους τους κόμβους του γράφου αλλά δεν περιέχει βρόχους.
- ❑ Αυτός ο υπογράφος ονομάζεται **δένδρο επικάλυψης (spanning tree)**.

Γεφύρωση

- ❑ **Αλγόριθμος δένδρο επικάλυψης**
- ❑ Επίλεξε τη γέφυρα με το μικρότερο αναγνωριστικό χαρακτηριστικό
 - Αυτή θα παίξει το ρόλο της *ρίζας* του δένδρου επικάλυψης
 - μπορεί να προωθεί τα πλαίσια σε όλες τις θύρες της.
- ❑ Για κάθε γέφυρα υπολόγισε τη μικρότερη διαδρομή προς τη ρίζα
 - σημείωσε ποιες από τις θύρες της βρίσκονται στη διαδρομή
 - Ως μικρότερη διαδρομή ορίζεται αυτή που διασχίζει το μικρότερο πλήθος από τοπικά δίκτυα
- ❑ Για κάθε τοπικό δίκτυο, επέλεξε μία από τις γέφυρές του και όρισέ την ως υπεύθυνη για προώθηση πλαισίων προς ρίζα

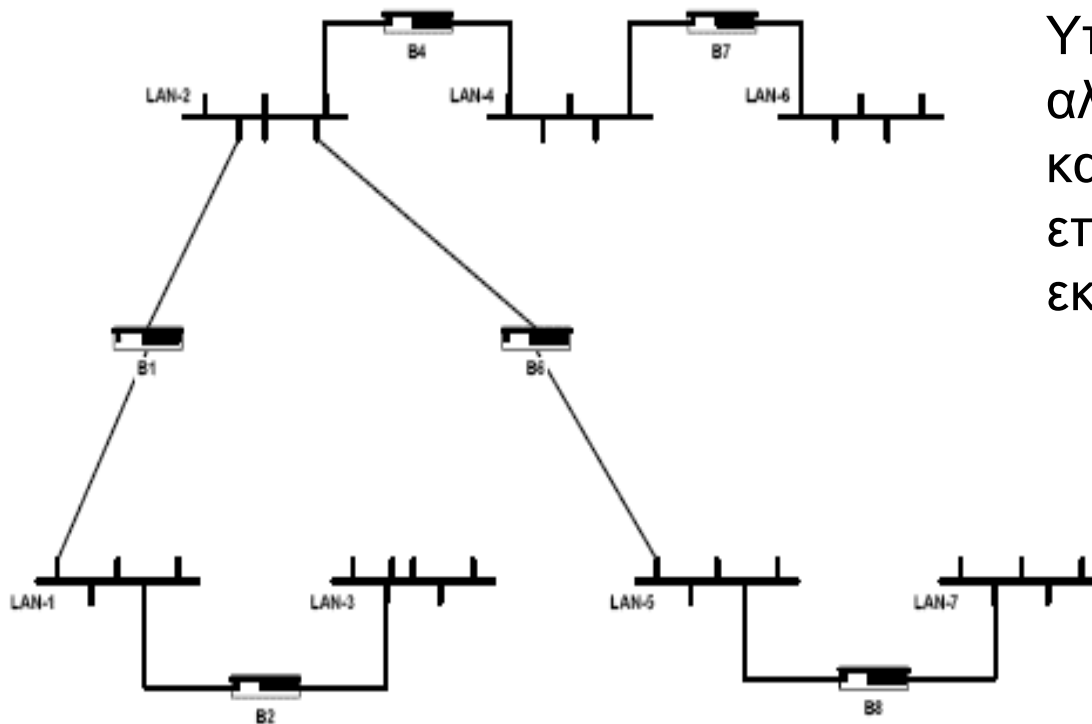
Γεφύρωση

Παράδειγμα - εκτεταμένο δίκτυο



Γεφύρωση

Παράδειγμα - τελικό δίκτυο επικάλυψης



Υπάρχει ένας κατανεμημένος αλγόριθμος και πρωτόκολλο κατασκευής του δένδρου επικάλυψης σ' ένα εκτεταμένο τοπικό δίκτυο:

Πρωτόκολλο Δένδρου Επικάλυψης (Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1d/w),

Γεφύρωση

802.1d/w

Στηρίζεται σε μηνύματα διαμόρφωσης που περιέχουν

- ☐ το αναγνωριστικό της γέφυρας που αποστέλλει το μήνυμα,
- ☐ το αναγνωριστικό της γέφυρας για την οποία η αποστολέας πιστεύει ότι είναι η ρίζα
- ☐ την απόσταση της γέφυρας που στέλνει το μήνυμα από τη ρίζα.

Για κάθε θύρα μιας γέφυρας:

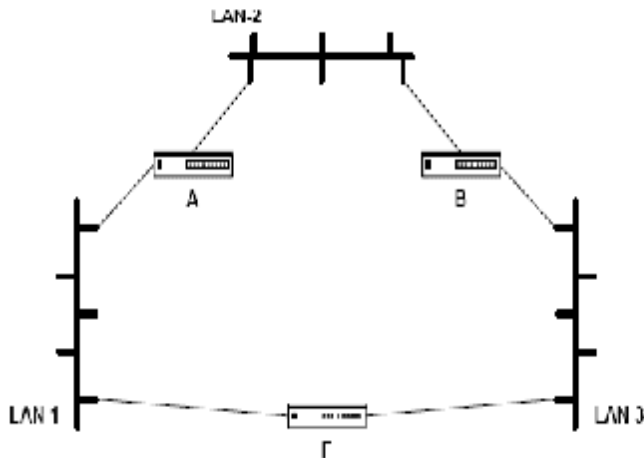
καταχωρείται το καλύτερο μήνυμα από το σύνολο των ληφθέντων μηνυμάτων που έχουν αποστείλει οι άλλες γέφυρες και των μηνυμάτων που έχει αποστείλει αυτή η γέφυρα

Γεφύρωση

802.1d/w

Πότε όμως ένα νέο μήνυμα θεωρείται καλύτερο από το καταχωρηθέν;
όταν το νέο μήνυμα δηλώνει:

- (α) μία ρίζα με μικρότερο αναγνωριστικό,
- (β) την ίδια ρίζα, αλλά με μικρότερη απόσταση, και
- (γ) την ίδια ρίζα, την ίδια απόσταση, αλλά η γέφυρα που έχει αποστείλει το μήνυμα έχει μικρότερο αναγνωριστικό από αυτό της υπό θεώρηση γέφυρας.



	A1	A2	H2	H3	I1	I3
0	(A, A, 0)	(A, A, 0)	(D, D, 0)	(D, D, 0)	(Γ, Γ, 0)	(Γ, Γ, 0)
1			(A, A, 0)	(B, B, 0)	(A, A, 0)	(B, B, 0)
2				(B, A, 1)		(Γ, A, 1)
3						

Αρχικά, οι γέφυρες θεωρούν τον εαυτό τους ως ρίζα και στέλνουν από τις θύρες τους τα μηνύματα που απεικονίζονται στην πρώτη γραμμή του πίνακα

Δρομολόγηση

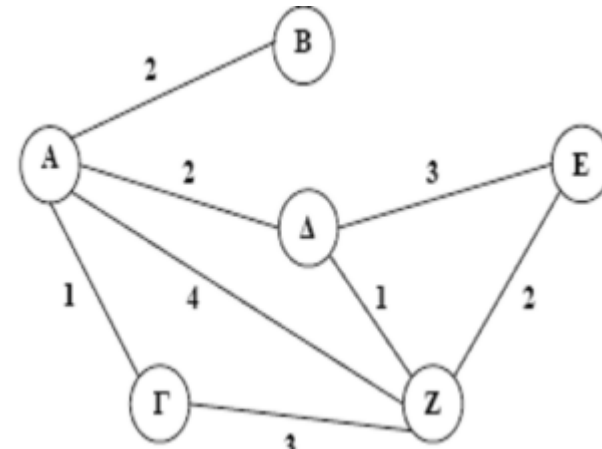
- ❑ Όταν ένας δρομολογητής λάβει ένα πακέτο, τότε διαβάζει τη διεύθυνση προορισμού του πακέτου
- ❑ Έπειτα συμβουλευέται τον πίνακα δρομολόγησης
 - Ο πίνακας δρομολόγησης αντιστοιχεί μία διεύθυνση δικτύου σε μία από τις θύρες του δρομολογητή
- ❑ Έτσι είναι σε θέση να καθορίσει σε ποια εξερχόμενη θύρα θα προωθήσει το πακέτο
- ❑ Ερώτημα «πώς ενημερώνεται ο πίνακας δρομολόγησης;»
- ❑ Η απάντηση είναι «με τη διαδικασία της δρομολόγησης»
- ❑ δρομολόγηση είναι η διαδικασία επιλογής διαδρομών για τα πακέτα πληροφορίας που διατρέχουν το δίκτυο.

Δρομολόγηση

□ Μοντέλο θεώρησης Δικτύου: Γράφος

- Οι κόμβοι είναι οι τερματικοί κόμβοι ή οι δρομολογητές
- Συνήθως οι τερματικοί κόμβοι συνδέονται με έναν και μοναδικό σύνδεσμο με κάποιον εσωτερικό κόμβο του δικτύου
 - απόφαση για την προώθηση κυκλοφορίας είναι τετριμμένη
- Στο γράφο περιλαμβάνουμε μόνο τους δρομολογητές του.
- Οι ακμές του γράφου αναπαριστούν τους συνδέσμους του δικτύου

Σε κάθε ακμή του γράφου αντιστοιχίζουμε ένα κόστος, το οποίο υποδηλώνει την αξία χρήσης του συνδέσμου για την προώθηση της εξερχόμενης κυκλοφορίας μέσω αυτού

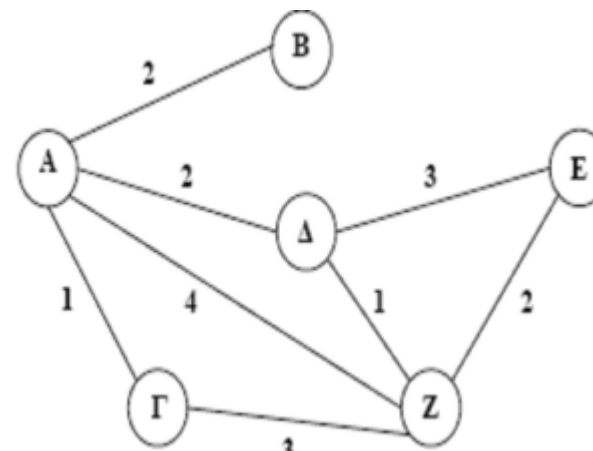


Δρομολόγηση

□ Μοντέλο θεώρησης Δικτύου: Γράφος

□ Κόστος συνδέσμων

- Οικονομικό
- Αριθμός κόμβων επεξεργασίας (μονάδα σε κάθε σύνδεσμο)
- Απόδοση
 - διαμετακομιστικής ικανότητας (throughput) και
 - καθυστέρησης μεταφοράς (latency)
 - Πιθανότητας σφάλματος.



Δρομολόγηση

□ Τύποι αλγορίθμων δρομολόγησης

- Στατική δρομολόγηση vs Δυναμική δρομολόγηση
- Δρομολόγηση Μίας διαδρομής vs Πολλαπλών διαδρομών
- Επίπεδη δρομολόγηση vs Ιεραρχική δρομολόγηση
- Δρομολόγηση με Διάνυσμα Αποστάσεων vs Δρομολόγηση με Κατάσταση Συνδέσμων

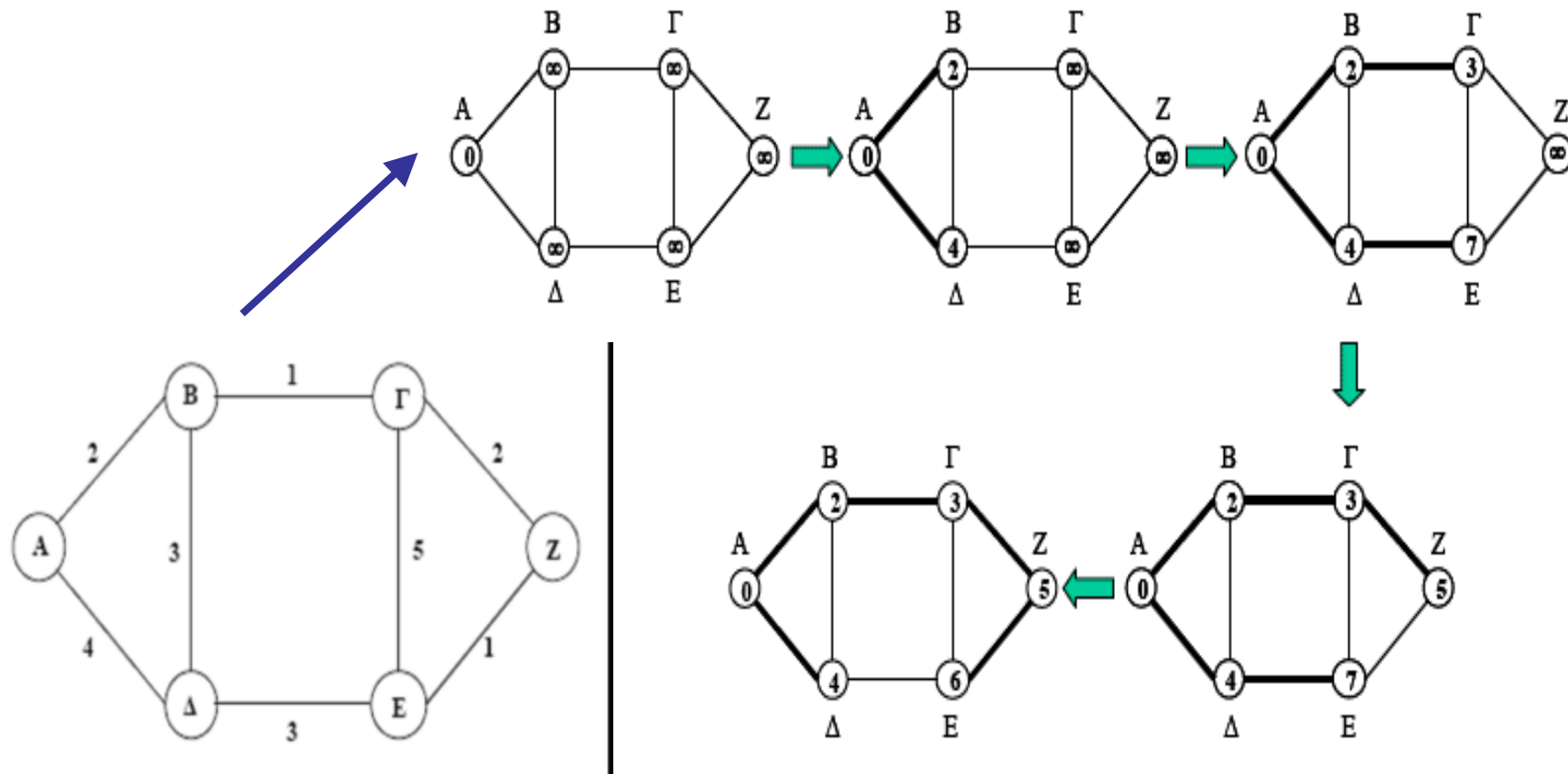
Δρομολόγηση

□ Ο αλγόριθμος των Bellman-Ford

- Θεωρεί έναν κόμβο προορισμού προς τον οποίο οι υπόλοιποι κόμβοι θα πρέπει να βρουν τις βέλτιστες διαδρομές
- Αρχικά, κάθε κόμβος θεωρεί τον εαυτό του ως προορισμό και καταχωρεί ως κόστος διαδρομής (απόσταση) μία μεγάλη τιμή, πχ ∞
- Στα επόμενα βήματα κάθε κόμβος στέλνει στους γειτονικούς του ένα μήνυμα
 - περιέχει την τρέχουσα απόστασή του από τον προορισμό.
- Ο παραλήπτης του μηνύματος συγκρίνει την απόστασή του από τον προορισμό με αυτή που προκύπτει εάν δρομολογήσουμε την κυκλοφορία μέσω του αποστολέα του μηνύματος.
- Εάν η νέα απόσταση είναι μικρότερη, τότε καταχωρείται αυτή ως η βέλτιστη διαδρομή

Δρομολόγηση

□ Ο αλγόριθμος των Bellman-Ford



Δρομολόγηση

❑ Ο αλγόριθμος του Dijkstra

- Ας φανταστούμε το δίκτυο ως N σφαίρες, τοποθετημένες στο πάτωμα
- Έστω ότι συνδέονται μεταξύ τους με σκοινιά
 - Τα σκοινιά έχουν διαφορετικά μήκη
- Αρχικά, σηκώνουμε τη «σφαίρα 1» - προορισμός
- Συνεχίζουμε να σηκώνουμε σιγά-σιγά τη σφαίρα 1, μέχρις ότου και μία δεύτερη σφαίρα, η «σφαίρα 2», σηκωθεί από το πάτωμα.
 - βρήκαμε τη βέλτιστη διαδρομή από τη σφαίρα 1 προς τη σφαίρα 2, την οποία αποτελεί ο απευθείας σύνδεσμός τους.
- Συνεχίζουμε να σηκώνουμε τη σφαίρα 1, μέχρις ότου μία τρίτη σφαίρα σηκωθεί
 - Η βέλτιστη διαδρομή από τη σφαίρα 1 προς τη 3 αποτελείται, είτε από τον απευθείας σύνδεσμό τους, είτε από την ζεύξη των συνδέσμων 1-2 και 2-3
- Αυτό συνεχίζεται μέχρις ότου σηκώσουμε όλες τις σφαίρες από το πάτωμα

Δρομολόγηση

□ Ο αλγόριθμος Dijkstra

