



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Βοηθητικά
Πρωτόκολλα
Ελέγχου IP

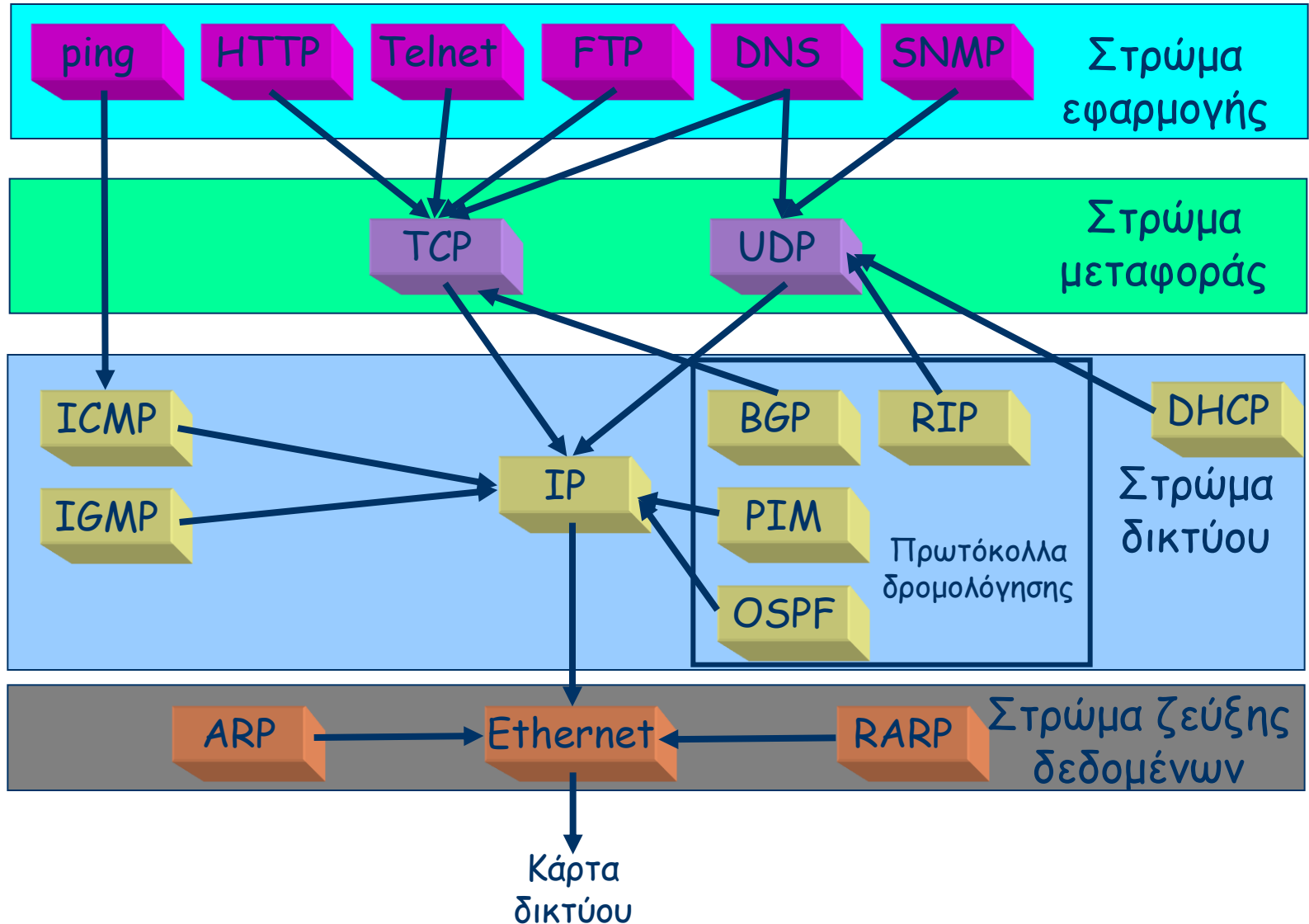
Πρωτόκολλα στρώματος δικτύου στο Internet



- Στο Internet, το IP χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων. Όμως για την εύρυθμη λειτουργία του IP χρησιμοποιείται μια πλειάδα άλλων πρωτοκόλλων, όπως:
- Πρωτόκολλα ελέγχου στο στρώμα δικτύου
 - ICMP, IGMP, BOOTP, DHCP
- Πρωτόκολλα δρομολόγησης
 - RIP, OSPF, RIM, BGP
- Πρωτόκολλα για την επίλυση διευθύνσεων
 - ARP, RARP (λογικά τοποθετούνται στο στρώμα ζεύξης δεδομένων)
 - NAT (εξάντληση διευθύνσεων IPv4)
- Πρωτόκολλα για την υποβοήθηση της κινητικότητας χρηστών
 - Mobile IP, Cellular IP



Αντιστοιχία στρωμάτων OSI και πρωτοκόλλων σουίτας TCP/IP





Αναζήτηση διευθύνσεων IP

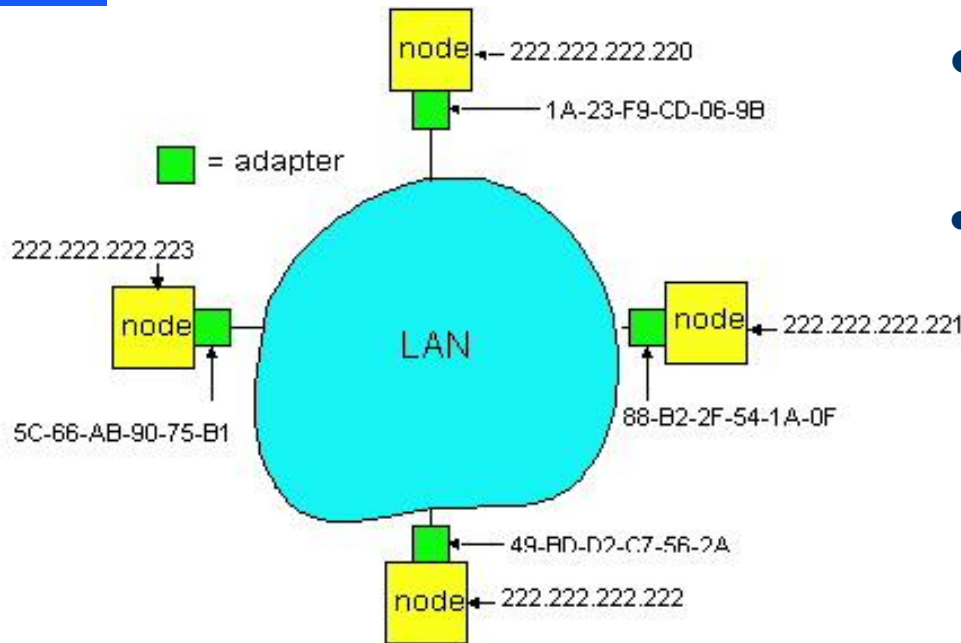
Πρωτόκολλο ARP

Πρωτόκολλο ARP



- Δεδομένης της διεύθυνσης IP, να βρεθεί η διεύθυνση MAC
- Μια λύση είναι να υπάρχει κάπου στο σύστημα ένα αρχείο διάρθρωσης που να αντιστοιχεί τις διευθύνσεις IP σε Ethernet
 - 197.15.3.1 \Rightarrow 0A:4B:00:00:07:08
- Καλύτερη λύση το **πρωτόκολλο επίλυσης διευθύνσεων, ARP**

ARP: Address Resolution Protocol



- Κάθε κόμβος IP (Host, Router) έχει ένα πίνακα **ARP**
- Πίνακας ARP: Ζεύγη διευθύνσεων IP/MAC κάποιων κόμβων του some LAN
- $\langle \text{IP address}; \text{MAC address}; \text{TTL} \rangle$
 $\langle \dots; \dots; \dots \rangle$
 $\langle \dots; \dots; \dots \rangle$

TTL: χρόνος μετά τον οποίο η αντιστοίχιση ξεχνιέται (συνήθως 20 min)

Λειτουργία



- Ο Α γνωρίζει την διεύθυνση IP του Β και θέλει να μάθει την φυσική διεύθυνση (MAC) του Β
- Ο Α **εκπέμπει** μια αίτηση ARP που περιέχει την διεύθυνση IP του Β
 - όλες οι μηχανές στο LAN λαμβάνουν την αίτηση ARP
- Ο Β λαμβάνει το πακέτο ARP και απαντά με τη φυσική του διεύθυνσή του
- Ο Α αποθηκεύει το ζεύγος IP-προς-φυσική διεύθυνση μέχρι που να παλιώσει η πληροφορία
 - όταν εκπνεύσει ο χρόνος η πληροφορία διαγράφεται



Δυο ερωτήσεις για το ARP

- Τι συμβαίνει όταν το ARP request απευθύνεται σε υπολογιστή που δεν υπάρχει;
Αποστέλλονται πολλά ARP request και τελικά το ARP εγκαταλείπει
- Τι συμβαίνει εάν ο υπολογιστής στείλει ARP request για την δικιά του διεύθυνση IP (απρόκλητο -gratuitous ARP);
Οι άλλες μηχανές το χειρίζονται σαν να ήταν κανονικό ARP request

Απρόκλητο ARP



- αποστολή ARP από host για τη δικιά του διεύθυνση
 - Χρήσιμο κατά την εκκίνηση για να ανιχνευθεί εάν μια διεύθυνση IP έχει αποδοθεί σε άλλη μηχανή
 - επίσης μπορεί να ενημερώσει τους πίνακες των άλλων με την δική του διεύθυνση

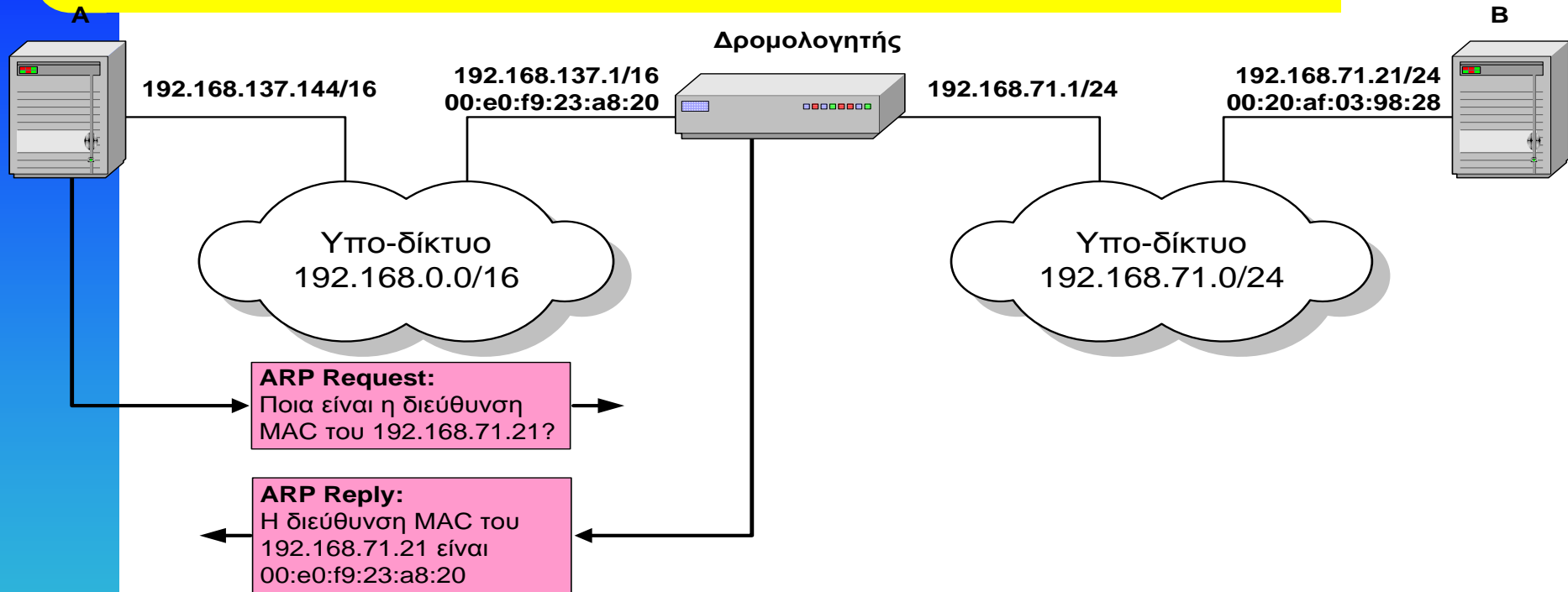


Βελτιστοποιήσεις

- Ο προορισμός ενημερώνει τον πίνακα ARP με τις διευθύνσεις της πηγής (σύντομα θα κληθεί να απαντήσει)
- **Πληρεξούσιο ARP (Proxy ARP)**: ένας δρομολογητής μπορεί να λειτουργεί ως πληρεξούσιος (proxy) για πολλές διευθύνσεις IP, απαντώντας εκ μέρους τους
 - Απαντά στην ARP request που φτάνει σε ένα από τα υπο-δίκτυά του για υπολογιστή που βρίσκεται σε άλλο υποδίκτυό του



Πληρεξούσιο ARP



- **Γιατί ο A στέλνει ARP και δεν προωθεί το πακέτο IP;**
 - Για τον A, ο B βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο με αυτόν, άρα είναι άμεσα προσβάσιμος (χωρίς χρήση δρομολογητή)

Τρωτά σημεία

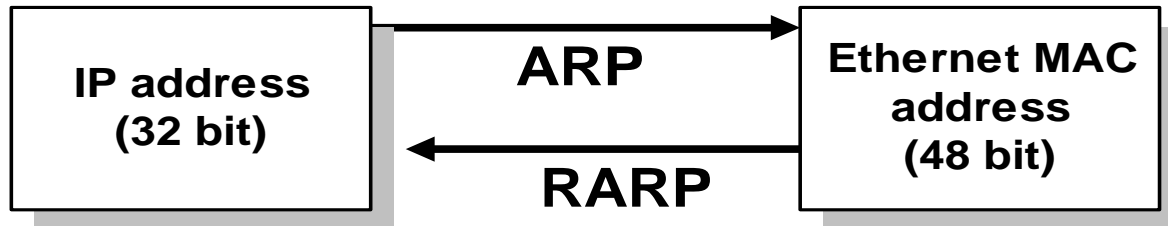


- Δεν υπάρχει μηχανισμός πιστοποίησης αυθεντικότητας των αιτήσεων και αποκρίσεων ARP
 - Οι αιτήσεις και απαντήσεις ARP μπορεί να παραποιηθούν
- Το ARP δεν διαθέτει μνήμη κατάστασης
 - Οι απαντήσεις ARP μπορεί να σταλούν χωρίς αντίστοιχο ARP Request
- Σύμφωνα με την προδιαγραφή του πρωτόκολλου ARP:
 - ο κόμβος που θα λάβει πακέτο ARP packet (Request ή Reply) πρέπει να ενημερώσει τον τοπικό πίνακα ARP (ARP cache) με την πληροφορία που περιέχεται στα αντίστοιχα πεδία
- Συνήθης εκμετάλλευση αυτών των τρωτών σημείων:
 - Αποστέλλεται παραποιημένο ARP Request ή Reply ώστε να ενημερωθεί ο πίνακας ενός απομακρυσμένου μηχανήματος με μια κίβδηλη εγγραφή (ARP Poisoning)
 - Έτσι η κίνηση IP δρομολογείται προς άλλους host

Πρωτόκολλο RARP



- Ποια είναι η διεύθυνση IP για δοθείσα διεύθυνση Ethernet;
 - π.χ., κατά την εκκίνηση ενός σταθμού εργασίας χωρίς δίσκο (π.χ., X-terminals)
- Πρωτόκολλο αντίστροφης επίλυσης διευθύνσεων, RARP
- Το RARP χρησιμοποιεί εκπομπή στο τοπικό δίκτυο. Τέτοιες εκπομπές δεν προωθούνται από τους δρομολογητές, οπότε χρειάζεται:
 - Ένας εξυπηρετητής RARP σε κάθε δίκτυο



- Λειτουργεί όπως το ARP
- Το πακέτο RARP είναι ίδιο με το ARP
 - Operation: αίτηση RARP (3) ή απάντηση RARP (4)
- Το RARP δεν χρησιμοποιείται πλέον
- Δίνει μόνο διευθύνσεις IP (όχι τον default δρομολογητή ούτε την μάσκα του υποδικτύου)

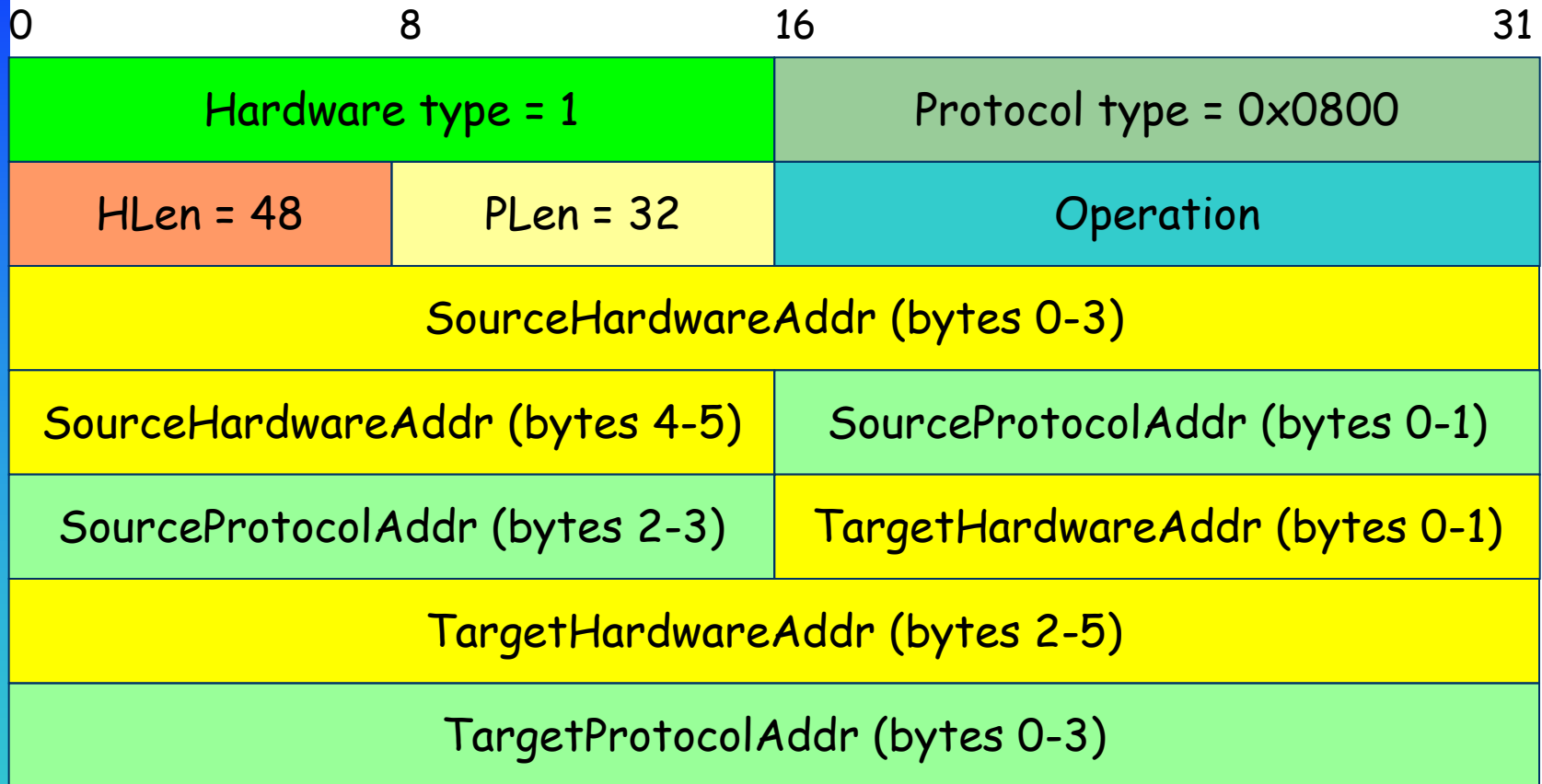


Πακέτο ARP

- Το ARP δεν ειδικεύεται σε Ethernet & IP μόνο
 - Hardware Type: τύπος φυσικής διεύθυνσης (π.χ., Ethernet)
 - Protocol Type: τύπος πρωτοκόλλου ανωτέρου στρώματος (π.χ., IP)
 - HLEN & RLEN: μήκος φυσικής διεύθυνσης (hardware) & μήκος διεύθυνσης πρωτοκόλλου
 - Operation: αίτηση ARP (1) ή απάντηση ARP (2)
 - Source/Target-Physical/Protocol addresses: οι αντίστοιχες φυσικές/πρωτοκόλλου διευθύνσεις πηγής/προορισμού



Μορφή πακέτου ARP/RARP



Ενθυλάκωση πακέτου ARP σε Ethernet



Destination Address (bytes 0-3)		0
Destination Address (bytes 4-5)	Source Address (bytes 0-1)	
Source Address (bytes 2-5)		
Protocol type = 0x0806	ARP (28 bytes)	
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)		
ARP (28 bytes)	Pad (18 bytes)	
Pad (18 bytes)		
Pad (18 bytes)		
Pad (18 bytes)		
Pad (18 bytes)		
CRC (4 bytes)		15



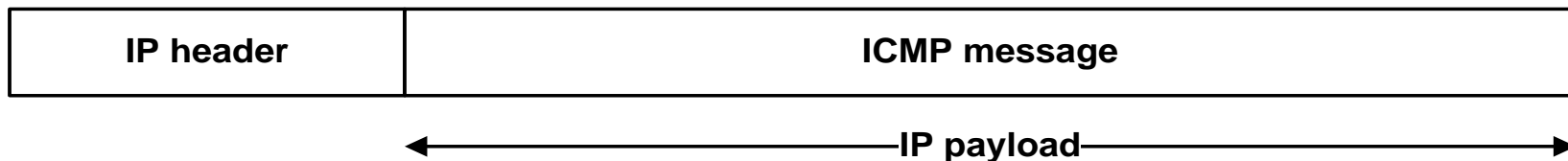
Πρωτόκολλα ελέγχου

ICMP

ICMP



- Το IP δεν παρέχει άμεσους τρόπους που να δείχνουν τι έγινε με τα πακέτα IP
- Απαιτείται μηχανισμός για αναφορά λαθών
- Το ICMP είναι ένα βοηθητικό (helper) πρωτόκολλο που παρέχει στο IP τη δυνατότητα
 - αναφοράς λαθών (errors)
 - απλών ερωτήσεων (queries)
- Τα μηνύματα ICMP ενθυλακώνονται σε πακέτα IP!



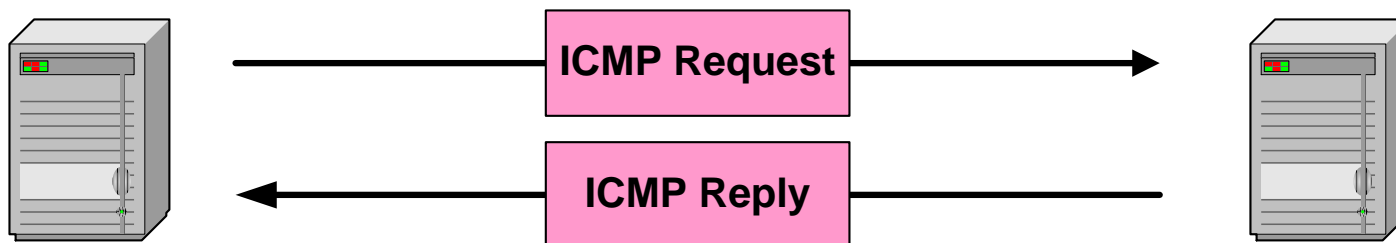
Internet Control Message Protocol



- Το ICMP αποτελεί λογικό μέρος του IP, αλλά στην πραγματικότητα ενθυλακώνεται σε πακέτα IP (**protocol=1**)
- Το ICMP μήνυμα στέλνεται πίσω προς την πηγή του πακέτου που δημιούργησε το πρόβλημα
 - Αναξιόπιστο
- Τα μηνύματα ICMP συνήθως παράγονται και επεξεργάζονται από το λογισμικό IP (λειτουργικό σύστημα) και όχι από τις εφαρμογές χρήστη
- Ορίζεται στο RFC 792



ICMP μηνύματα ερωτήσεων



Υπολογιστής

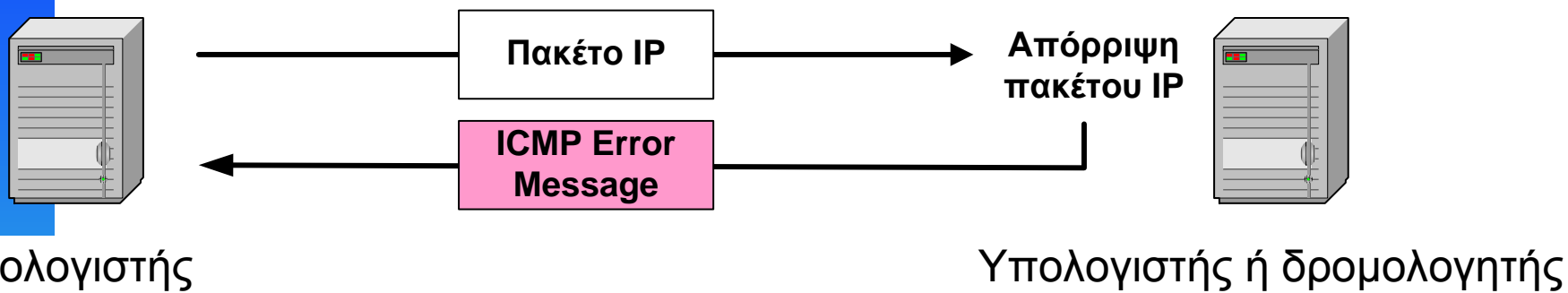
Δρομολογητής ή υπολογιστής

ICMP query:

- **Request** αποστέλλεται από υπολογιστή προς δρομολογητή ή άλλο υπολογιστή
- **Reply** γυρνάει στον υπολογιστή που ερώτησε



ICMP μηνύματα λαθών



- Τα ICMP μηνύματα λαθών αναφέρουν καταστάσεις λάθους
- Συνήθως αποστέλλονται όταν απορρίπτεται κάποιο πακέτο
- Συνήθως περνάν από το ICMP απ' ευθείας στην εφαρμογή

Περιορισμοί στην παραγωγή μηνυμάτων ICMP



- Τίθενται περιορισμοί για να αποφευχθούν πλημμύρες
- Δεν επιτρέπονται μηνύματα ICMP σε απάντηση:
 - Μηνυμάτων λάθους ICMP (ok για queries)
 - Πακέτων IP που δεν τηρούν τους κανόνες για την επικεφαλίδα
 - Αρκετό μήκος πλαισίου
 - σωστό IP checksum
 - IP πακέτων εκπομπής ή πολλαπλής διανομής
 - Άκυρης διεύθυνσης πηγής
 - Θραυσμάτων πλην του πρώτου

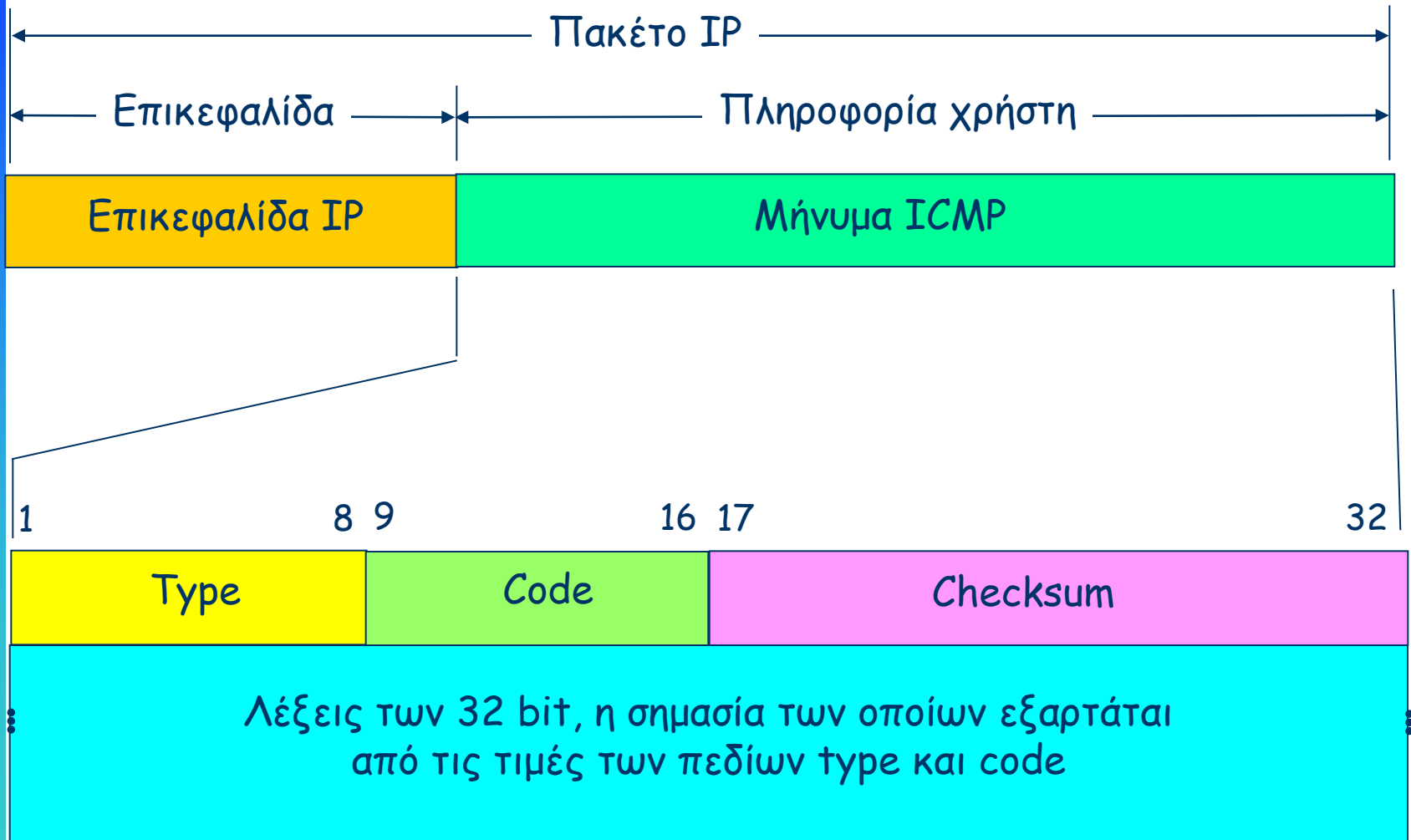


Τύποι μηνυμάτων ICMP

- Μορφή μηνύματος ICMP:
`type, code, checksum, δεδομένα`
- Type: 15 τύποι μηνυμάτων
- Code: δείχνει ειδικού υπο-τύπους
- Checksum: καλύπτει όλο το μήνυμα ICMP
- Δεδομένα: ανάλογα με τις τιμές των πεδίων `type` και `code`
 - Εάν δεν υπάρχουν δεδομένα τότε 4 byte τίθενται στο 0
→ το μήνυμα ICMP έχει ελάχιστο μήκος 8 byte



Μορφή μηνύματος ICMP





ICMP μηνύματα λάθους

Συνήθη μηνύματα λάθους ICMP



Type Code περιγραφή

3	0-15	απρόσιτος προορισμός (destination unreachable) Ειδοποίηση ότι το πακέτο IP δεν προωθήθηκε και απορρίφθηκε Το πεδίο Code περιέχει την εξήγηση
5	0-3	παράκαμψη (redirect) Πληροφορεί για την ύπαρξη εναλλακτικής διαδρομής και οδηγεί σε ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης Το πεδίο Code περιέχει το λόγο αλλαγής της διαδρομής

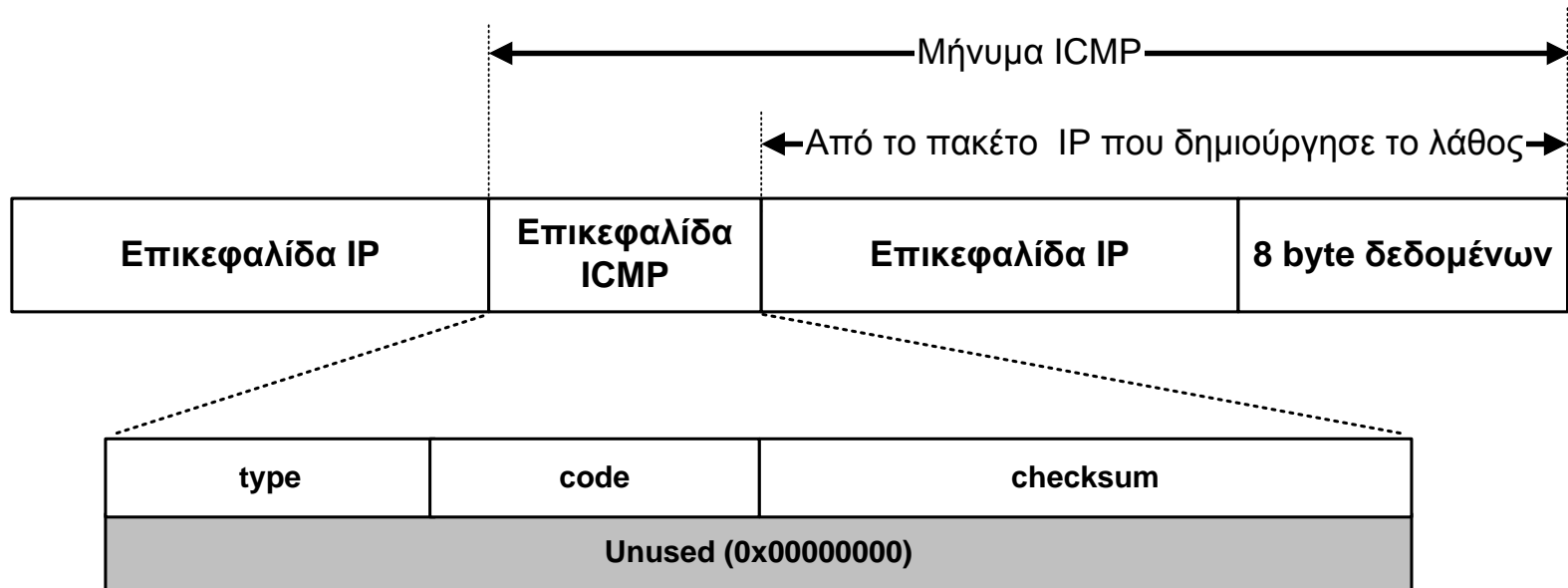


Συνήθη ICMP μηνύματα λάθους

<u>Type</u>	<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
4		σιγή πηγής (source quench) Έλεγχος ροής
11	0,1	λήξη χρόνου (time exceeded) Το TTL μηδενίσθηκε (Code 0) ή έληξε ο χρόνος ανασυναρμολόγησης των θραυσμάτων (code 1)
12	0,1	πρόβλημα με παραμέτρους (parameter problem) Αποστέλλεται όταν η επικεφαλίδα IP δεν είναι έγκυρη (Code 0) ή όταν λείπει μια προαιρετική επιλογή (option) της επικεφαλίδας



Μορφή μηνύματος λάθους ICMP



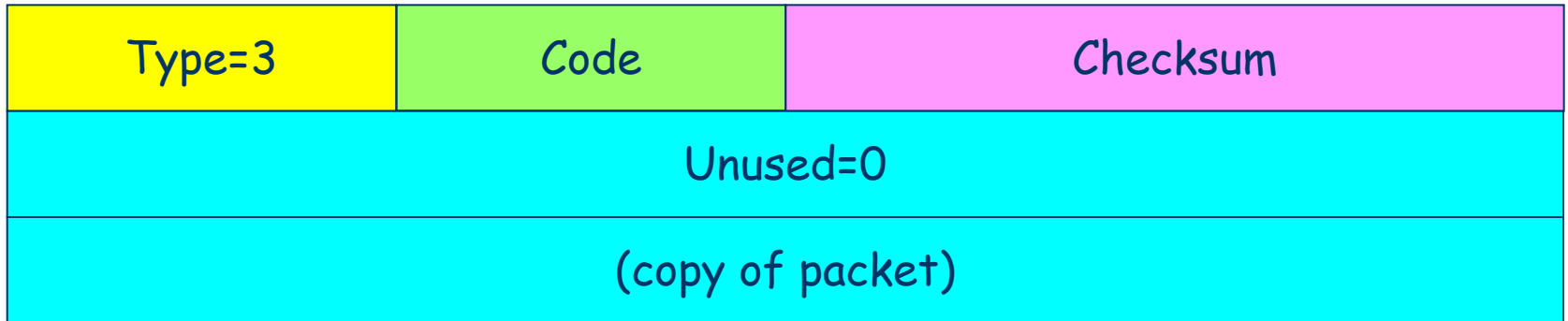
Μορφή μηνύματος λάθους ICMP



- Ιστορικά, τα μηνύματα λάθους ICMP επέστρεφαν την επικεφαλίδα IP του πακέτου που δημιούργησε το λάθος και τα πρώτα 8 byte δεδομένων
 - Δεν επαρκεί σήμερα για πιο πολύπλοκες περιστάσεις, όπως IP σε IP
- Οι νέοι κανόνες: Θα περιλαμβάνει το περισσότερο δυνατό, χωρίς το μήκος του πακέτου ICMP > 576 byte (το επίσημο μήκος πακέτου στο Internet)



ICMP Destination Unreachable (Type=3)



<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
0	απρόσιτο δίκτυο προορισμού (ο δρομολογητής δεν έχει διαδρομή προς τα εκεί: δεν έχει εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης)
1	απρόσιτος host προορισμού (ο τελευταίος δρομολογητής δεν μπορεί να φτάσει τον host: ο host έπρεπε να είναι άμεσα προσβάσιμος, αλλά δεν απαντά σε ARP)

ICMP Destination Unreachable (Type=3)

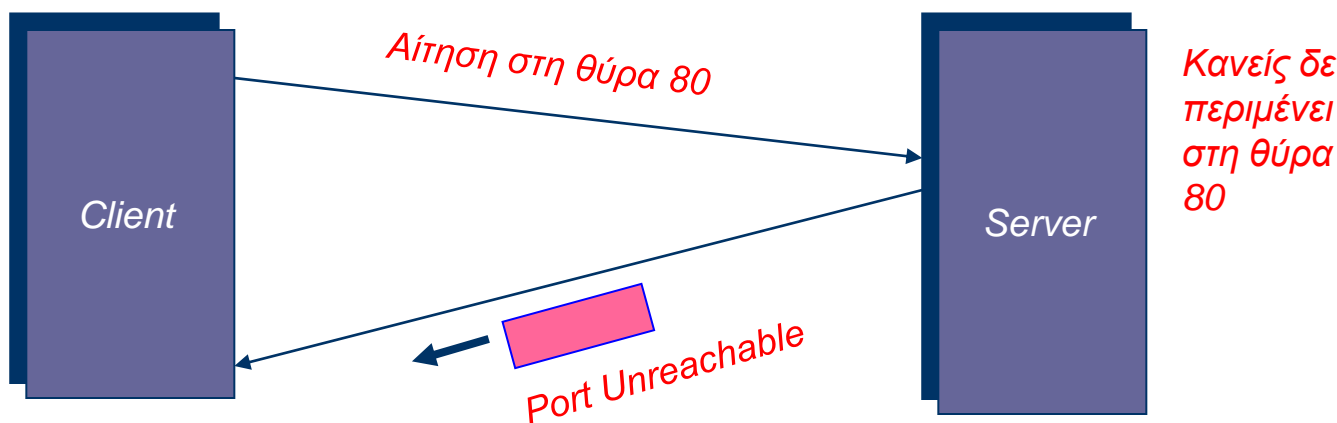


- 2 απρόσιτο πρωτόκολλο προορισμού
(ο host δεν διαθέτει το πρωτόκολλο στρώματος 4:
το πρωτόκολλο στο πεδίο Protocol της επικεφαλίδας IP δεν
υποστηρίζεται από τον προορισμό)
- 3 απρόσιτη θύρα προορισμού
(το πρωτόκολλο μεταφοράς στον προορισμό δε μπορεί να
προωθήσει το πακέτο: η θύρα δεν έχει προσδεμένη
διεργασία - Συνήθως UDP)



ICMP Destination Unreachable

- RFC 792: Εάν στον προορισμό το IP δε μπορεί να παραδώσει το πακέτο επειδή το υποδεικνυόμενο πρωτόκολλο δεν είναι ενεργό, ο προορισμός μπορεί να στείλει στην πηγή το μήνυμα ICMP destination unreachable
- Παράδειγμα:



ICMP Destination Unreachable (Type=3)



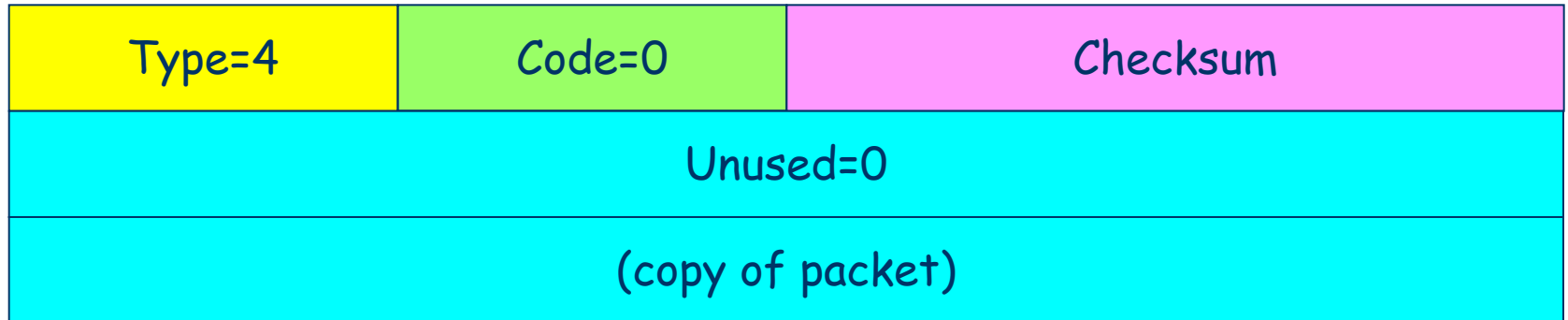
Code περιγραφή

- | | |
|----|--|
| 4 | απαιτείται θρυμματισμός, αλλά το DF bit = 1
[μπορεί να επιστρέφει μια τιμή MTU στην
αχρησιμοποίητη 2η λέξη]
Ο host μπορεί να αλλάξει το μέγεθος του πακέτου ώστε να
αποφευχθεί ο θρυμματισμός χρησιμοποιώντας αυτή την τιμή
της MTU ή άλλη συνήθη τιμή (path MTU discovery) |
| 6 | άγνωστο δίκτυο προορισμού |
| 7 | άγνωστος host προορισμού |
| 11 | απρόσιτο δίκτυο για τον τύπο υπηρεσίας |
| 12 | απρόσιτος host για τον τύπο υπηρεσίας |

- Ορίζονται και άλλοι κωδικοί στο RFC 1122



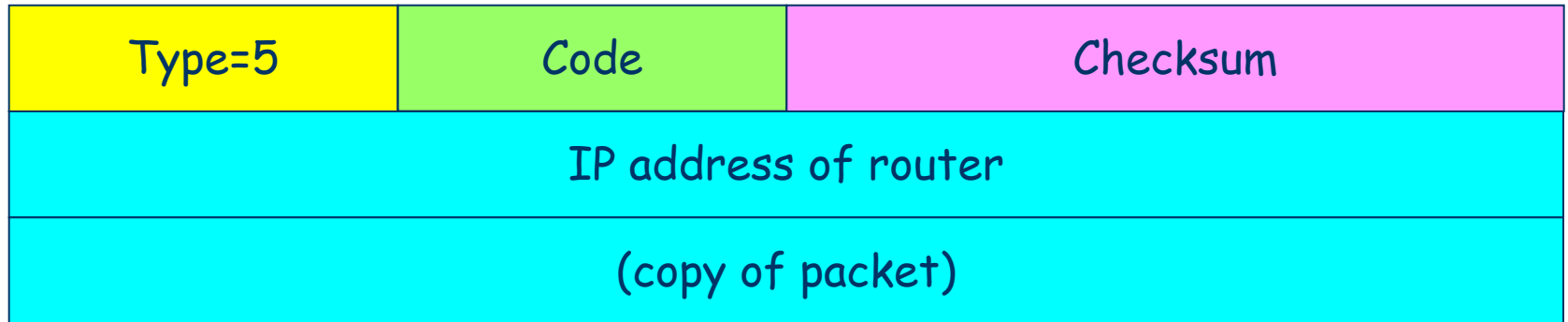
ICMP Source Quench (Type=4)



- Έλεγχος ροής στο IP
- Η αρχική ιδέα ήταν οι δρομολογητές να υποδεικνύουν στους host να σταματήσουν να στέλνουν
- Εάν τα πακέτα έρχονται πολύ γρήγορα, ο δέκτης τα απορρίπτει και στέλνει το μήνυμα ICMP Source Quench στον αποστολέα
- Παράγει επιπλέον κίνηση σε περίπτωση σε περιόδους υψηλής φόρτισης
- Δεν χρησιμοποιείται πλέον



ICMP Redirect (Type=5)

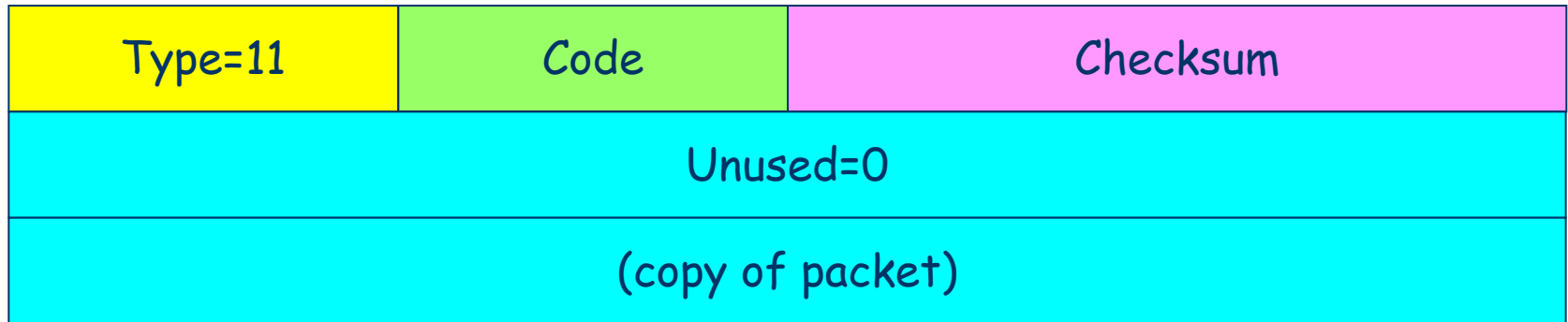


- Από δρομολογητή προς host: Οι δρομολογητές υποτίθεται ότι ξέρουν τις σωστές διαδρομές
- Δείχνει ότι χρησιμοποιείται λάθος δρομολογητής για το πρώτο βήμα
- Η παράκαμψη δείχνει τον σωστό δρομολογητή

<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
0	παράκαμψη για το δίκτυο (obsolete)
1	παράκαμψη για τον host
2	παράκαμψη για τον τύπο υπηρεσίας και δίκτυο
3	παράκαμψη για τον τύπο υπηρεσίας και host



ICMP Time Exceeded (Type=11)

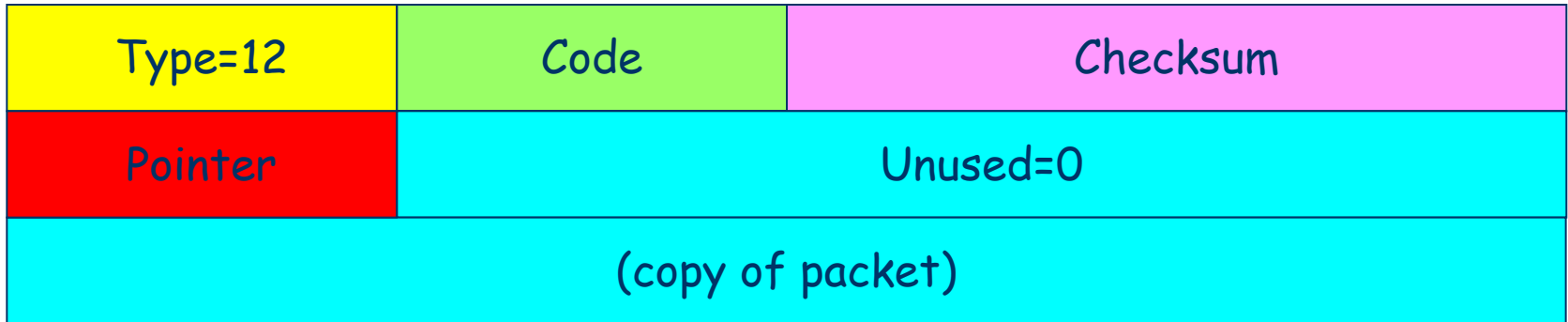


- Στέλνεται από τον δρομολογητή που απορρίπτει πακέτο επειδή το TTL μηδενίσθηκε ή όταν ο χρόνος εξέπνευσε περιμένοντας κάποιο θραύσμα
- Η traceroute χρησιμοποιεί επωφελώς αυτή την ένδειξη λάθους

<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
0	εκπνοή μετρητή TTL
1	εκπνοή χρόνου συναρμολόγησης



ICMP Parameter Problem (Type=12)



- Γενικής χρήσης για λάθη που δεν καλύπτονται αλλιώς

Code περιγραφή

- | | |
|---|---|
| 0 | Το πεδίο pointer δείχνει την απόσταση του byte όπου εμφανίζεται το λάθος σε σχέση με την αρχή της επικεφαλίδας IP |
| 1 | λείπει υποχρεωτική επιλογή (ο pointer δεν χρησιμοποιείται) |



ICMP μηνύματα ερώτησης

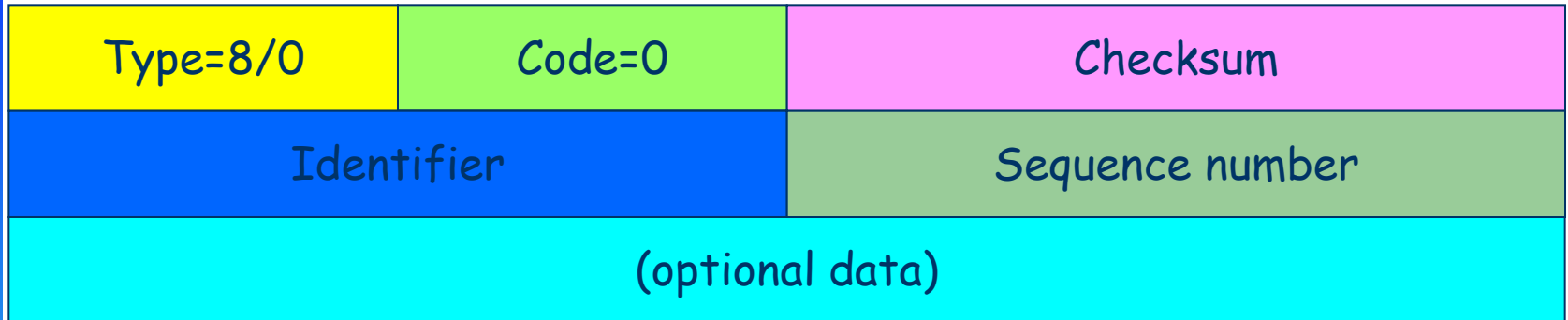
Συνήθη ICMP μηνυμάτα ερώτησης



<u>Type</u>	<u>περιγραφή</u>
0	απάντηση ηχούς (echo reply - ping)
8	αίτηση ηχούς (Echo request - ping)
9	διαφήμιση δρομολογητή (router advertisement)
10	αναζήτηση δρομολογητή (router solicitation)
13	αίτηση χρονικής σφραγίδας (Time Stamp Request)
14	απάντηση χρονικής σφραγίδας (Time Stamp Reply)
15	αίτηση πληροφορίας (Information request) obsolete
16	απάντηση πληροφορίας (Information reply) obsolete
17	αίτηση μάσκας δικτύου (Address Mask Request)
18	απάντηση μάσκας δίκτυο (Address Mask Reply)



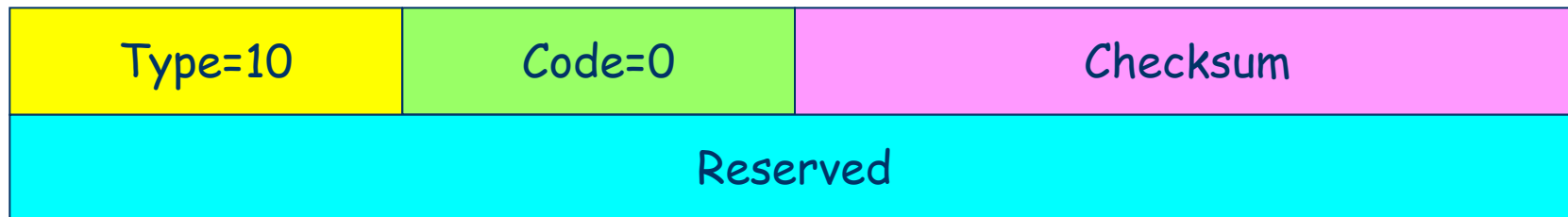
ICMP Echo request/reply (Type=8/0)



- Συνήθως χρησιμοποιείται ως σύντομος τρόπος εξακρίβωσης της ύπαρξης σύνδεσης ("πρόγραμμα ping program").
- Επίσης μπορεί να δείξει απώλειες, αντίγραφα και αλλαγές σειράς (με χρήση του sequence number)
- Ο Identifier επιτρέπει το ταίριασμα των αιτήσεων με τις απαντήσεις
- Optional data είναι δεδομένα μεταβλητού μήκους που επιστρέφονται στον αποστολέα



ICMP Router Solicitation (Type=10)



- Συνήθως στέλνεται από host (κατά τη διάρκεια της εκκίνησης) για να βρει κοντινούς δρομολογητές
- Ο δρομολογητής που το λαμβάνει απαντά με Router Advertisement
- Μπορεί να περιέχει τη διεύθυνση αποστολής 0.0.0.0
- Εάν υποστηρίζεται πολλαπλή διανομή στέλνεται στο 224.0.0.2 [όλοι οι δρομολογητές]
- Αλλιώς, τοπική εκπομπή (όλα 1)



ICMP Router Advertisement (Type=9)

Type=12	Code=0	Checksum
Num addrs	Addr size	Lifetime
Router address 1		
Preference Level 1		
...		

- Στέλνεται από δρομολογητές περιοδικά για να υποδειχθούν διαδρομές.
- Χρήσιμο για να βρεθεί ο default router όταν υπάρχουν τουλάχιστον δύο δρομολογητές [αλλά σήμερα το DHCP είναι πιο δημοφιλές]
- Στέλνεται στο 224.0.0.1 [όλα τα συστήματα] ή με τοπική εκπομπή
- Το Num addrs δίνει το πλήθος των μπλοκ διεύθυνσεων που ακολουθούν
- Το Addr size δίνει το μέγεθος της διεύθυνσης (1 για IPv4)
- Το Lifetime είναι η διάρκεια σε sec που η πληροφορία είναι έγκυρη (συνήθως 30 min)
- Ο host διαλέγει τη διεύθυνση με το μεγαλύτερο preference level



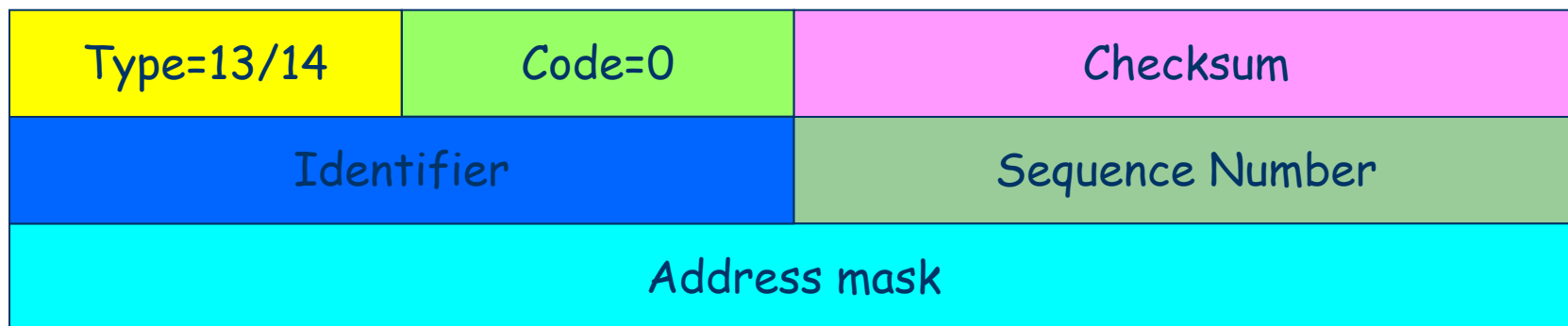
ICMP Timestamp Request/Reply (Type=13/14)

Type=13/14	Code=0	Checksum
Identifier	Sequence Number	
Originate timestamp		
Receive timestamp		
Transmit timestamp		

- Χρησιμοποιείται για συγχρονισμό των ρολογιών και εκτίμηση του χρόνου διαδρομής
- Χρόνοι σε msec από τα μεσάνυχτα UTC
- Originate timestamp: αμέσως πριν σταλεί από την πηγή
- Receive timestamp : μόλις το έλαβε ο παραλήπτης
- Transmit timestamp : αμέσως πριν σταλεί από τον παραλήπτη



ICMP Address Mask Request/Reply (Type=17/18)



- Χρησιμοποιείται για να βρεθεί η μάσκα του υποδικτύου με ICMP
- Ο host μπορεί να το στείλει κατά την εκκίνηση (σε γνωστό δρομολογητή ή εκπομπή με αποστολέα 0.0.0.0)
- Συνήθως σήμερα χρησιμοποιείται το DHCP



Δυναμική εκχώρηση διευθύνσεων IP

RARP, BOOTP, DHCP



Πώς παίρνει ένας host διεύθυνση IP;

- Η διεύθυνση που εκχωρείται από τον διαχειριστή καταγράφεται σε αρχείο ή παραμέτρους του λειτουργικού συστήματος
- Λαμβάνεται δυναμικά μέσω δυναμικής εκχώρησης

Δυναμική εκχώρηση διευθύνσεων IP



- Η δυναμική εκχώρηση διευθύνσεων IP είναι επιθυμητή για πολλούς λόγους:
 - Οι διευθύνσεις IP αποδίδονται όταν ζητηθούν
 - Αποφεύγεται η χειροκίνητη διάρθρωση του IP
 - Υποστηρίζεται η κινητικότητα των υπολογιστών (laptops)
- Τρία πρωτόκολλα:
 - **RARP** (μέχρι 1985, δεν χρησιμοποιείται πια)
 - **BOOTP** (1985-1993)
 - **DHCP** (από 1993)
- Σήμερα το DHCP χρησιμοποιείται ευρέως

Εκκίνηση (Bootstapping)



- Ο υπολογιστής εκκινεί με ένα απλό πρόγραμμα (boot program)
- Το πρόγραμμα boot φορτώνει το λειτουργικό σύστημα
- Σε μηχανές χωρίς δίσκο (diskless), ο υπολογιστής χρειάζεται τη διεύθυνση IP του εξυπηρετητή όπου βρίσκεται η εικόνα του λειτουργικού συστήματος
- Χρειάζεται επίσης τη δικιά του διεύθυνση IP
- Γνωρίζει μόνο τη δικιά του φυσική διεύθυνση

Μια λύση



- Reverse ARP: Ποια είναι η διεύθυνση IP για τη φυσική διεύθυνση xx:xx:xx:xx:xx:xx;
- ICMP: Ποια είναι η μάσκα του υποδικτύου;
- ICMP: Ποιος είναι ο default δρομολογητής;
- **Πρόβλημα:** Που είναι το αρχείο για τη διεύθυνση IP nnn.nnn.nnn.nnn;



BOOTP (Bootstrap Protocol)

- Το πρωτόκολλο εκκίνησης (bootstrap) BOOTP χρησιμοποιεί μηνύματα UDP
- Ο υπολογιστής μπορεί να διαρθρώσει τις παραμέτρους IP κατά την εκκίνηση
- Διαχωρισμός της διάρθρωσης (configuration) από το φόρτωμα (download) αρχείων
- Τρεις υπηρεσίες:
 - Εκχώρηση διεύθυνσης IP
 - Εύρεση της διεύθυνσης IP του εξυπηρετητή BOOTP
 - Προσδιορισμός ονόματος του αρχείου που θα φορτώσει και εκτελέσει ο πελάτης (boot file name)

BOOTP



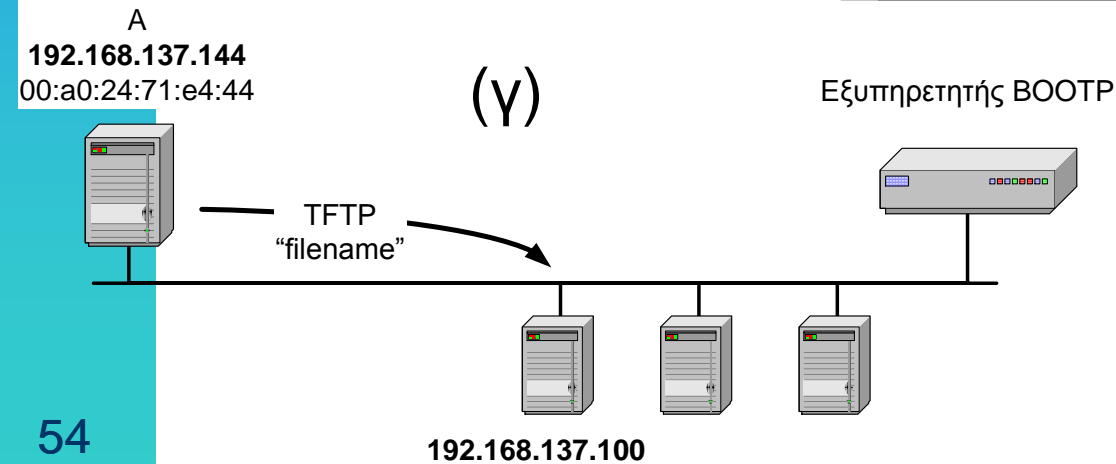
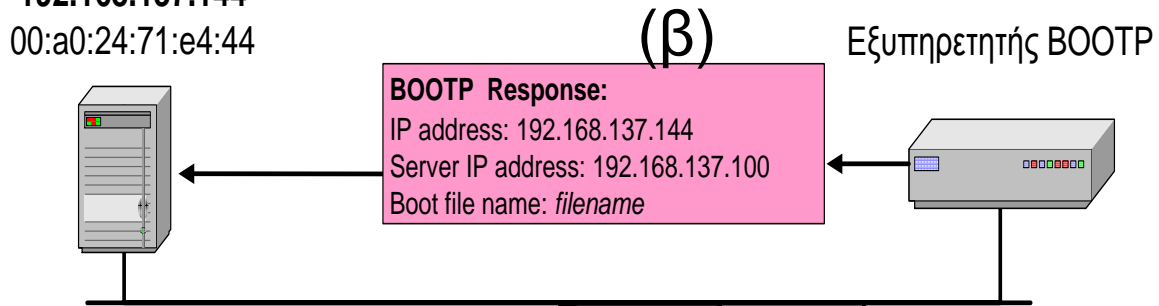
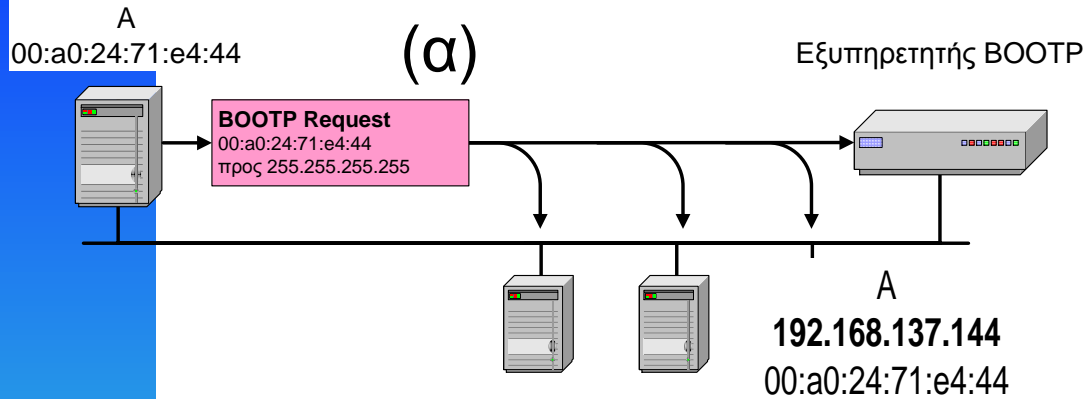
- Η απάντηση στην αίτηση BOOTP δεν εκχωρεί μόνο τη διεύθυνση IP, προσδιορίζει επίσης τον Default Router και τη μάσκα υποδικτύου
- Χρησιμοποιεί δεδομενογράμματα UDP
 - UDP Port 67 (server)
 - UDP Port και 68 (host)
 - με διευθύνσεις εκπομπής (255.255.255.255)
 - Αυτές οι διευθύνσεις δεν προωθούνται

BOOTP



- Η boot image λαμβάνεται με το πρόγραμμα TFTP (Trivial File Transfer Protocol)
- Η αντιστοίχιση διευθύνσεων IP είναι στατική!
- **Πρόβλημα:** Γιατί να χάνεται μια διεύθυνση που δεν χρησιμοποιείται;

Λειτουργία BOOTP



Πρωτόκολλο DHCP



- Επιτρέπει σε κάποιο host, όταν εκκινεί, να αποκτήσει δυναμικά την IP διεύθυνσή του, τη μάσκα υποδικτύου, τον default gateway, τον εξυπηρετητή DNS, κ.α., από εξυπηρετητή του δικτύου
 - Μέσω του DHCP οι host μπορούν να μοιράζονται μια ομάδα διευθύνσεων IP
 - Οι διευθύνσεις μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν, αφού δίδονται στον host όταν εισέρχεται στο δίκτυο και διατηρούνται μόνο όσο είναι συνδεδεμένος
 - Μπορεί να υποστηριχθεί κινητικότητα των host

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol



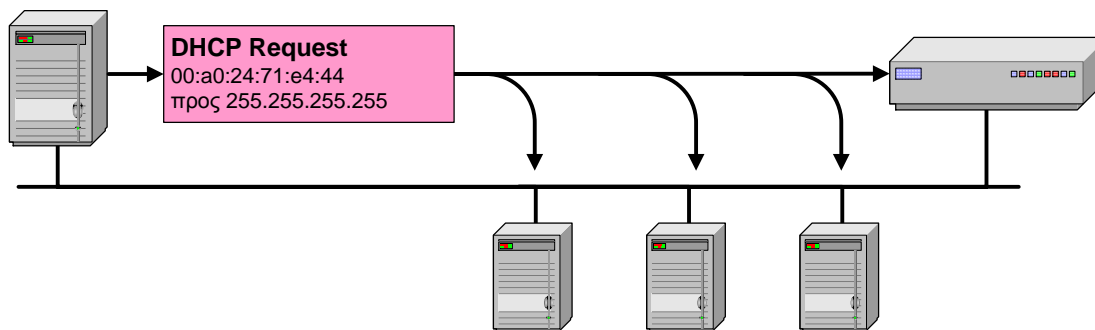
- Επέκταση του BOOTP (πολλές ομοιότητες)
 - Σχεδιάσθηκε το 1993
 - Χρησιμοποιεί τις ίδιες πόρτες με το BOOTP
 - Επεκτάσεις:
 - Υποστηρίζει προσωρινές εκχωρήσεις ("δάνεια") διευθύνσεων IP
 - Ο πελάτης DHCP μπορεί να λάβει όλες τις σχετικές με το IP παραμέτρους
 - Το DHCP είναι ο προτιμώμενος μηχανισμός
 - Το DHCP υποστηρίζει και πελάτες BOOTP

Λειτουργία DHCP (γενικά)



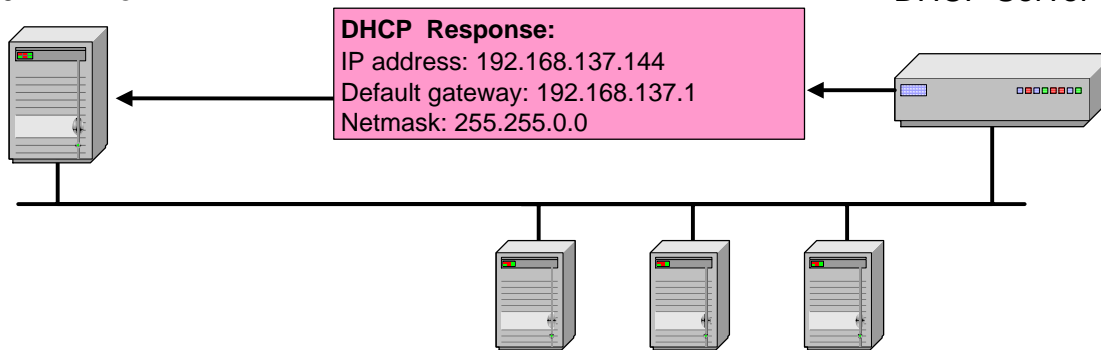
A
00:a0:24:71:e4:44

DHCP Server



A
192.168.137.144
00:a0:24:71:e4:44

DHCP Server





Συνοπτική λειτουργία DHCP:

- ο host εκπέμπει το μήνυμα **DHCP discover**
- ο εξυπηρετητής DHCP απαντά με **DHCP offer**
- ο host ζητά διεύθυνση IP με το **DHCP request**
- ο εξυπηρετητής DHCP στέλνει διεύθυνση με **DHCP ack**

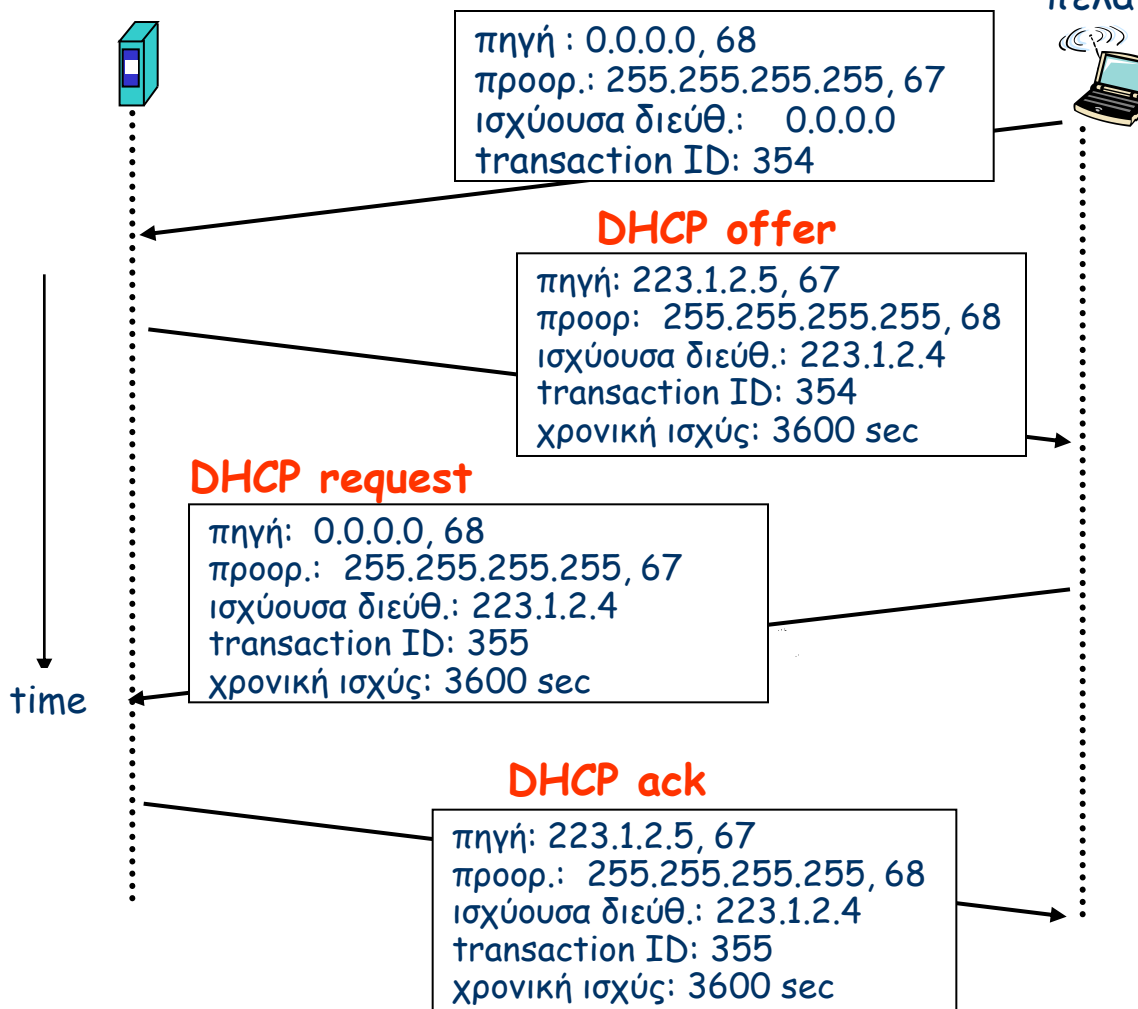
DHCP: σενάριο πελάτη εξυπηρετητή



Εξυπηρετητής DHCP: 223.1.2.5

DHCP discover

νεοαφιχθείς
πελάτης





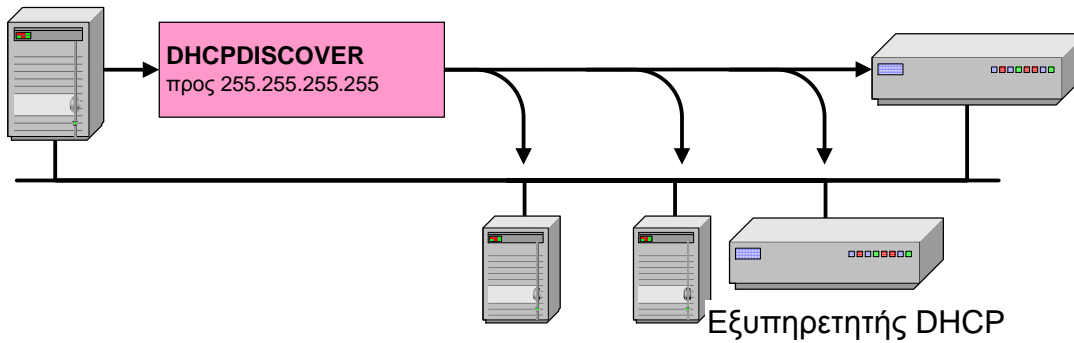
- Οι εξυπηρετητές DHCP διαθέτουν ομάδες διευθύνσεων IP
- Το DHCP επιτρέπει τον δανεισμό διευθύνσεων IP για κάποιες χρονικές περιόδους
- Όταν το δάνειο λήξει, ο εξυπηρετητής μπορεί να την ξαναδανίσει
 - Τα δάνεια ανανεώνονται όταν παρέλθει το 50% της χρονικής τους διάρκειας



Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

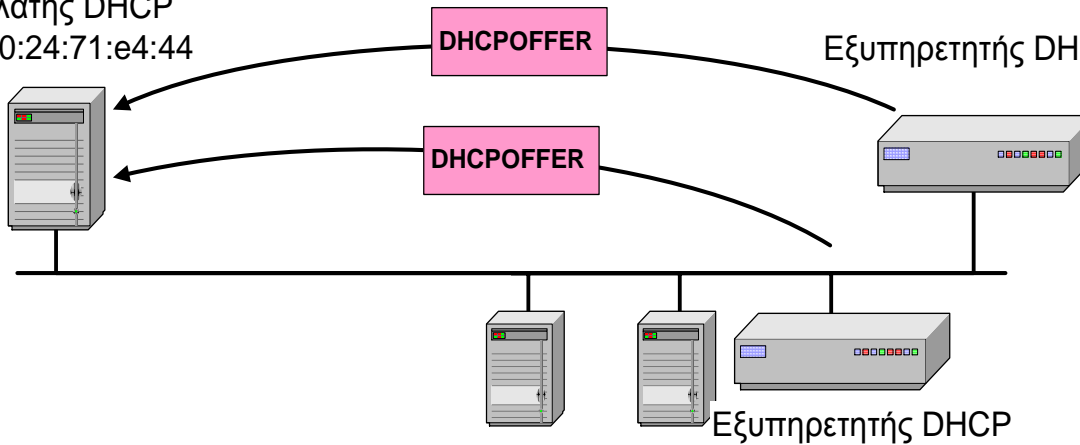
Εξυπηρετητής DHCP



Ανακάλυψη

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

Εξυπηρετητής DHCP



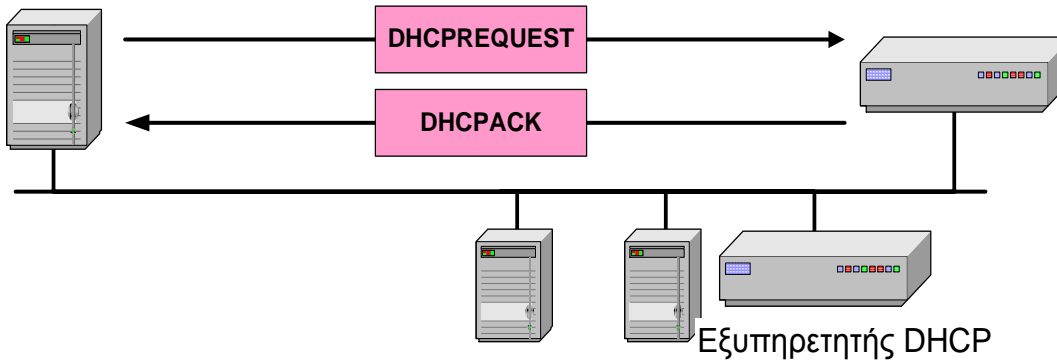
Προσφορές



Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

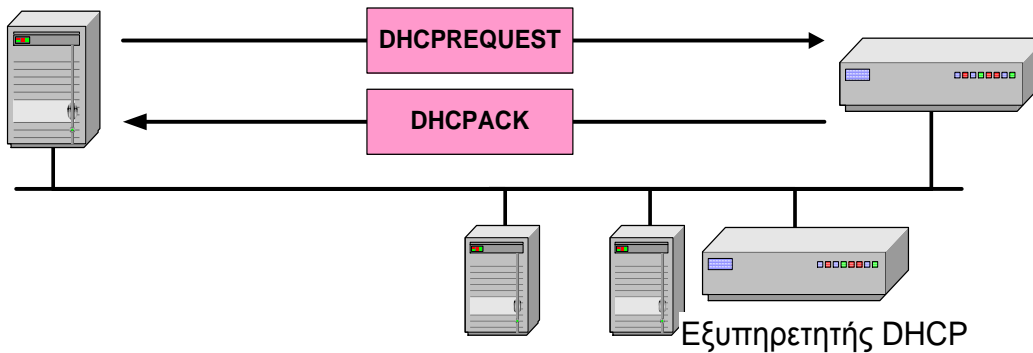
Εξυπηρετητής DHCP



Αίτηση για “δάνειο”

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

Εξυπηρετητής DHCP



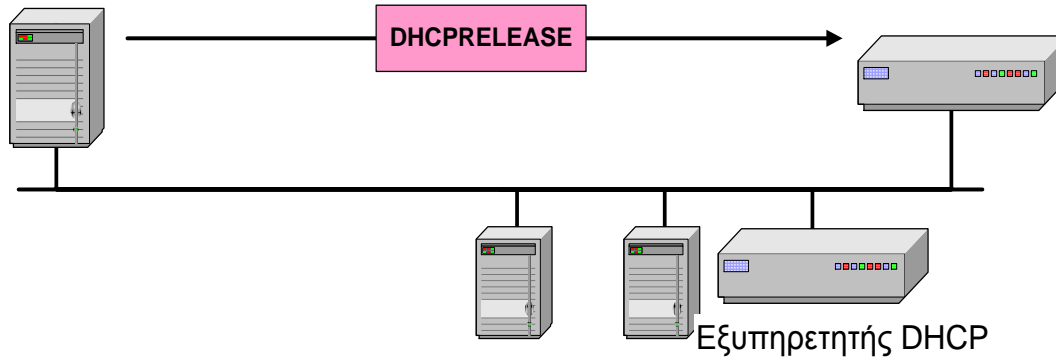
Ανανέωση “δανείου”



Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

Εξυπηρετητής DHCP



Λήξη “δάνειου”

Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)



- Μόλις ο host εκκινήσει εκπέμπει ένα μήνυμα *discover*
- Οι εξυπηρετητές DHCP απαντούν με το μήνυμα *offer* που ορίζει διευθύνσεις IP
- Ο host επιλέγει μία και εκπέμπει την αίτηση *request* προς τον εξυπηρετητή
- Όλοι οι άλλοι εξυπηρετητές αποχωρούν και ο επιλεγθείς εξυπηρετητής στέλνει *ack*
- Η διεύθυνση IP παραχωρείται με δάνειο για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα
- Ο host πρέπει να το ανανεώσει με μήνυμα *lease* εάν ο χρόνος λήξει
- Όταν ο host τελειώσει στέλνει ένα *release*
- Ο εξυπηρετητής επαναχρησιμοποιεί διευθύνσεις IP όταν το δάνειο λήξει

Μήνυμα BOOTP/DHCP



OpCode	Τύπος υλικού	Μήκος διεύθυνσης υλικού	Μετρητής βημάτων
Δευτερόλεπτα		Αχρησιμοποίητο (BOOTP) Σημαίεις (DHCP)	
Transaction ID			
Διεύθυνση IP πελάτη			
Η IP διεύθυνσή σας			
Διεύθυνση IP εξυπηρετητή			
Διεύθυνση IP πύλης			
Διεύθυνση υλικού πελάτη (16 byte)			
Όνομα εξυπηρετητή (64 byte)			
Όνομα boot file (128 byte)			
Επιλογές			



BOOTP/DHCP

- OpCode: 1 (Request), 2 (Reply)
 - Ο τύπος μηνύματος DHCP περιλαμβάνεται στις επιλογές
- Hardware Type: 1 (Ethernet)
- Hardware address length: 6 (Ethernet)
- Hop count: τίθεται στο 0 από τον πελάτη
- Transaction ID: Ακέραιος αριθμός (για να προσδιορισθεί η απάντηση στην αίτηση)
- Seconds: αριθμός δευτερολέπτων από την εκκίνηση (boot) του πελάτη
- Client IP address, your IP address, server IP address, Gateway IP address, client hardware address, server host name, boot file name: ο πελάτης συμπληρώνει ό,τι ξέρει και αφήνει τα άλλα κενά

Τύποι μηνυμάτων DHCP



- Ο τύπος μηνύματος στέλνεται ως επιλογή

Τιμή	Τύπος μηνύματος
1	DHCPDISCOVER
2	DHCPOFFER
3	DHCPREQUEST
4	DHCPDECLINE
5	DHCPACK
6	DHCPNAK
7	DHCPRELEASE
8	DHCPINFORM



Άλλες επιλογές

- Άλλες πληροφορίες που στέλνει το DHCP ως επιλογές:

Subnet Mask, Name Server, Hostname, Domain Name, Forward On/Off, Default IP TTL, Broadcast Address, Static Route, Ethernet Encapsulation, X Window Manager, X Window Font, DHCP Msg Type, DHCP Renewal Time, DHCP Rebinding, Time SMTP-Server, SMTP-Server, Client FQDN, Printer Name, ...



Πολλαπλή διανομή στο IP

IGMP

Εφαρμογές με πολλούς αποδέκτες



- Πολλές εφαρμογές στο διαδίκτυο στέλνουν δεδομένα προς πολλαπλούς αποδέκτες
 - Ραδιοφωνική εκπομπή ή βίντεο
 - Τηλεδιάσκεψη
- Το δίκτυο πρέπει να έχει μηχανισμούς για την υποστήριξη τέτοιων εφαρμογών



Πολλαπλή διανομή (multicast)

- Η πολλαπλή διανομή αναφέρεται σε επικοινωνία ένας προς πολλούς ή πολλοί-προς-πολλούς
- Πολλαπλή διανομή IP είναι η υλοποίηση του μηχανισμού στο διαδίκτυο
- Η πολλαπλή διανομή IP ορίζεται από τους δέκτες
 - Οι δέκτες δηλώνουν το ενδιαφέρον τους για τη λήψη δεδομένων
- Η πολλαπλή διανομή IP απαιτεί και άλλα βοηθητικά πρωτόκολλα (IGMP, δρομολόγηση πολλαπλής διανομής)



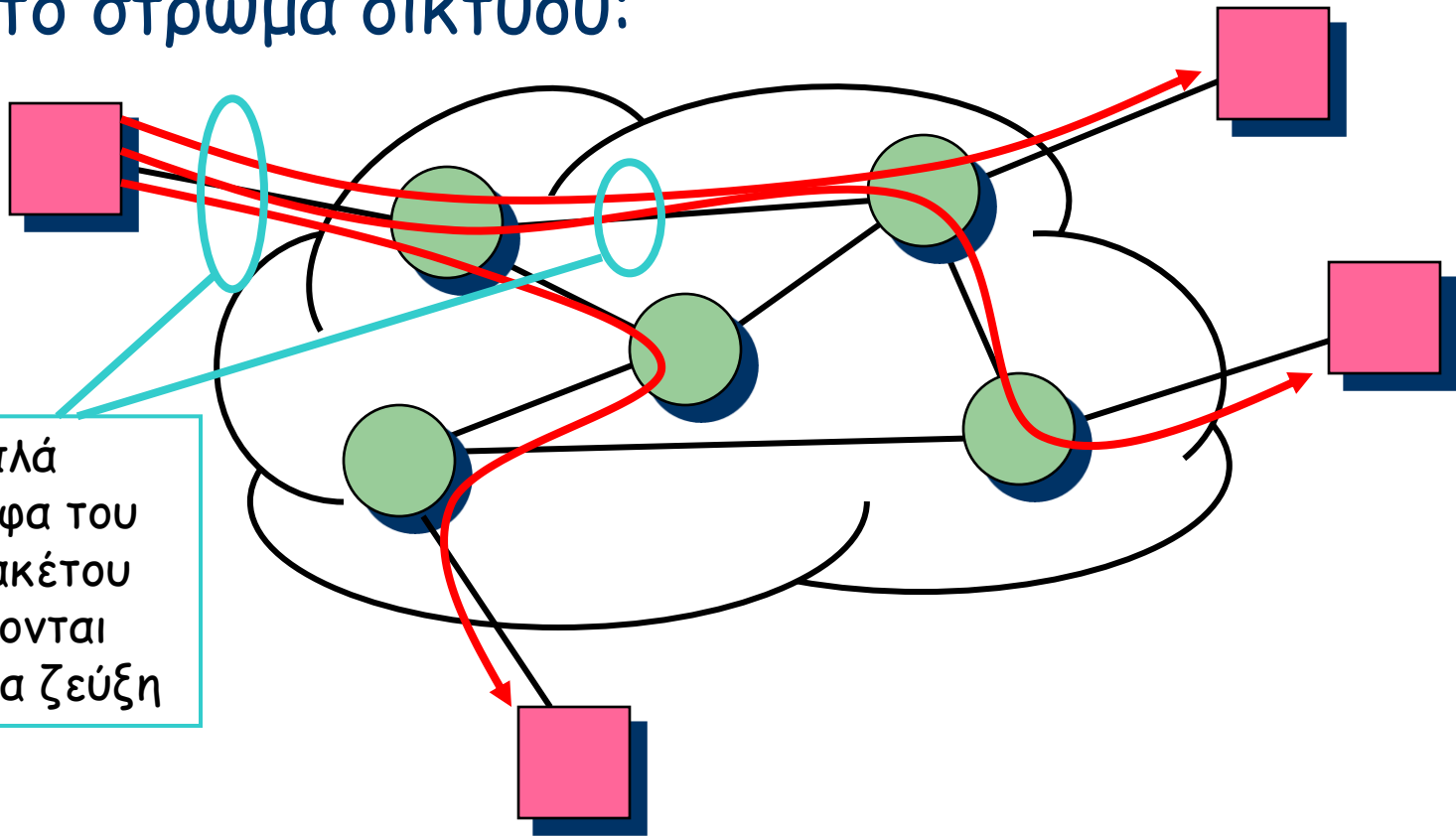
Ομάδες πολλαπλής διανομής

- Το σύνολο των δεκτών μιας μετάδοσης πολλαπλής διανομής αποκαλείται ομάδα πολλαπλής διανομής (multicast group)
 - Οι ομάδες πολλαπλής διανομής προσδιορίζονται από τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής
 - Ο χρήστης που επιθυμεί να λάβει μια μετάδοση πολλαπλής διανομής εντάσσεται (join) στην αντίστοιχη ομάδα πολλαπλής διανομής (γίνεται μέλος της ομάδας)
- Αφού γίνει μέλος, το δίκτυο κατασκευάζει τις αναγκαίες διαδρομές ώστε να λάβει τα δεδομένα που αποστέλλονται στην ομάδα πολλαπλής διανομής

Πολλαπλή διανομή σε δίκτυο δεδομένων



- Χωρίς υποστήριξη της πολλαπλής διανομής στο στρώμα δικτύου:

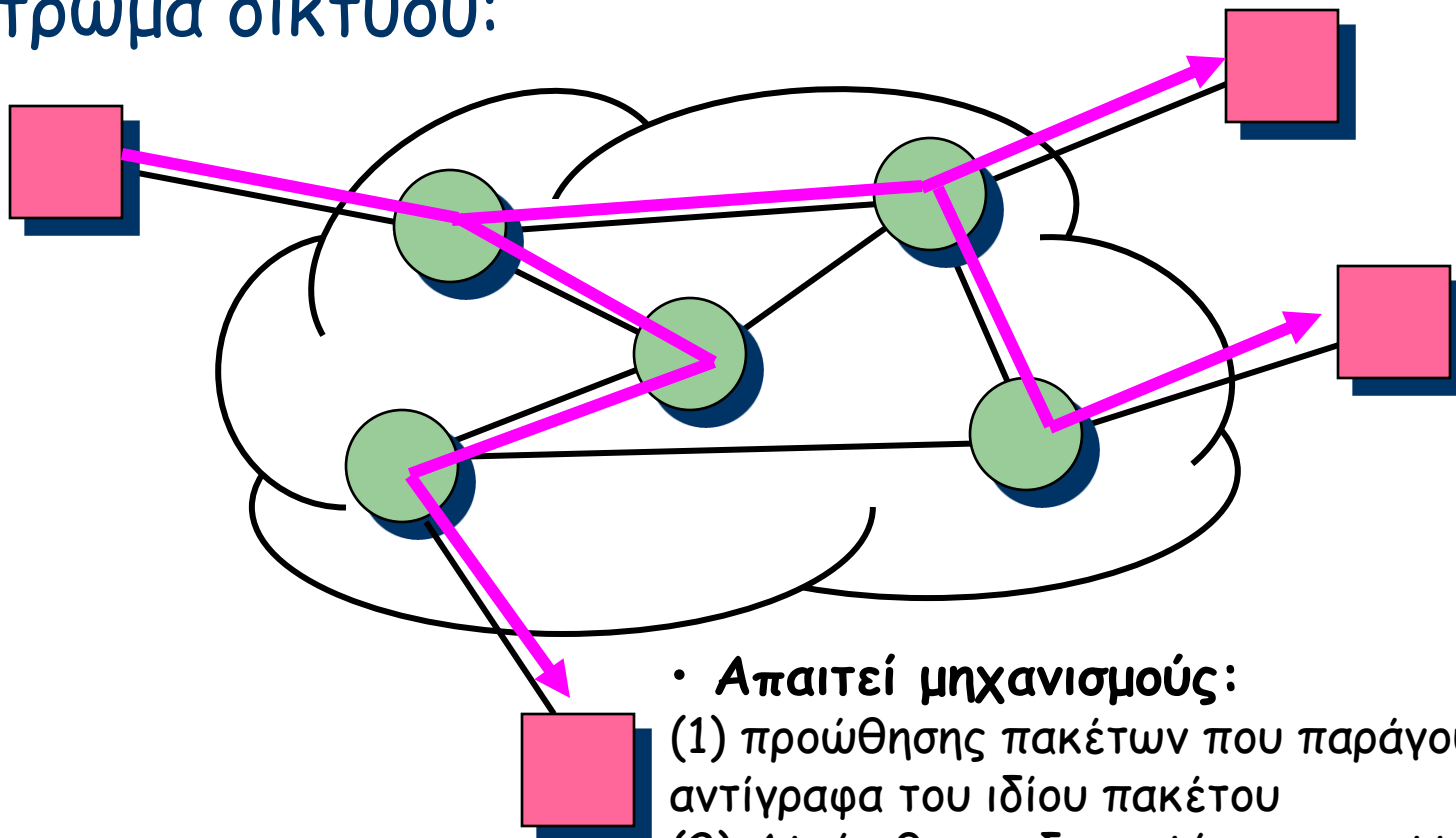


Πολλαπλά αντίγραφα του ίδιου πακέτου μεταδίδονται στην ίδια ζεύξη

Πολλαπλή διανομή σε δίκτυο δεδομένων



- Με υποστήριξη της πολλαπλής διανομής στο στρώμα δικτύου:



- **Απαιτεί μηχανισμούς:**

- (1) προώθησης πακέτων που παράγουν αντίγραφα του ίδιου πακέτου
- (2) Αλγόριθμους δρομολόγησης πολλαπλής διανομής για τη δυναμική κατασκευή επικαλύπτοντος δένδρου



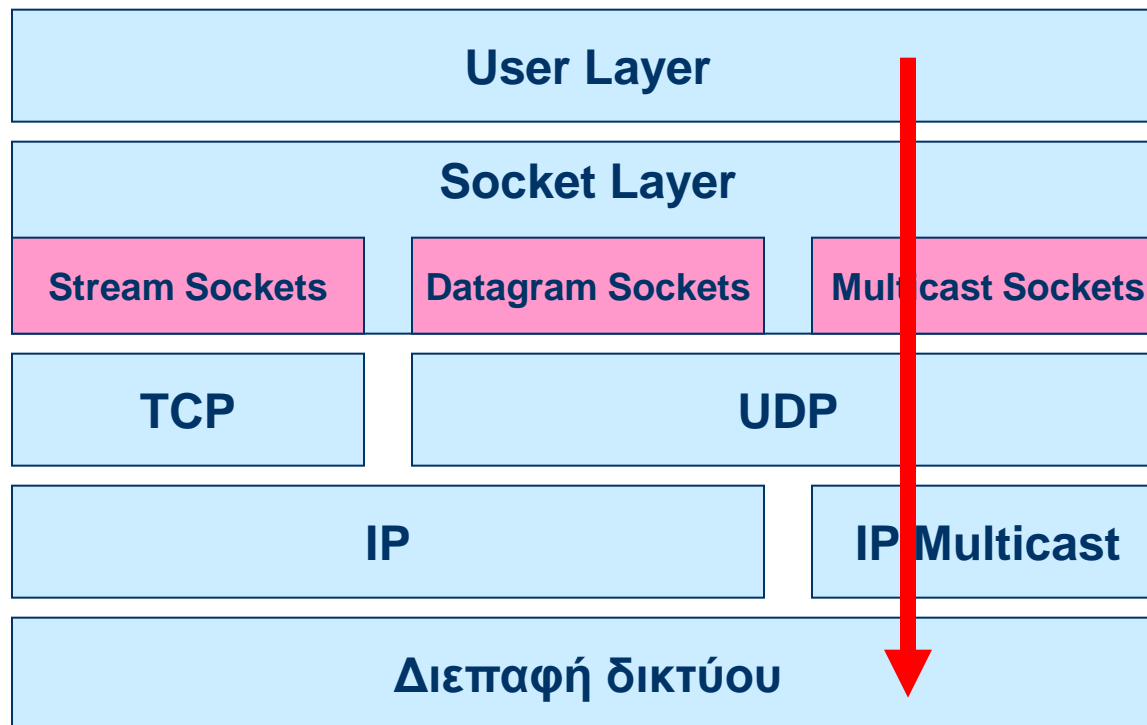
Πολλαπλή διανομή IP

- Οι ομάδες πολλαπλής διανομής προσδιορίζονται με διευθύνσεις IP της περιοχής 224.0.0.0 - 239.255.255.255 (class D)
- Οποιοσδήποτε host (διεπαφή) μπορεί να ενταχθεί στην ομάδα πολλαπλής διανομής δυναμικά
 - δεν υπάρχει έλεγχος πρόσβασης
- Κάθε πακέτο IP που αποστέλλεται στην ομάδα πολλαπλής διανομής μεταδίδεται σε όλα τα μέλη της ομάδας
 - καμία ασφάλεια, έλλειψη ελέγχου ροής
 - ο αποστολέας δεν είναι υποχρεωτικά μέλος της ομάδας
- Η πολλαπλή διανομή IP δεν είναι αξιόπιστη

Πολλαπλή διανομή στο Internet



- Η πολλαπλή διανομή στο IP υποστηρίζει μόνο UDP
- Δεν υπάρχει πολλαπλή διανομή TCP !





Πολλαπλή διανομή στο Internet

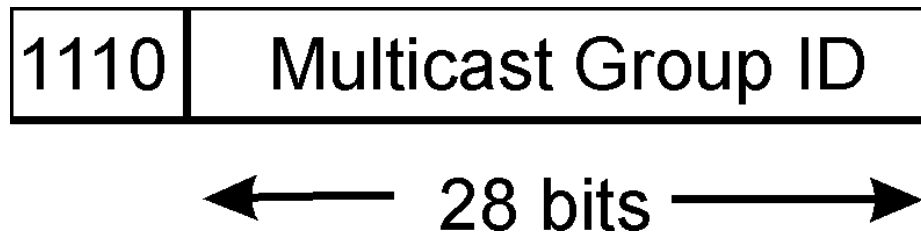
- Τρεις είναι οι κύριες συνιστώσες της υπηρεσίας πολλαπλής διανομής στο Internet:

- Διευθυνσιοδότηση ομάδων
- Διαχείριση ομάδων πολλαπλής διανομής
- Δρομολόγηση πολλαπλής διανομής



Διευθύνσεις πολλαπλής διανομής

- Όλες οι διευθύνσεις κατηγορίες D διατίθενται για πολλαπλή διανομή:



- Οι διευθύνσεις αποδίδονται δυναμικά
- Όταν η εφαρμογή τερματίσει, η διεύθυνση πολλαπλής διανομής ελευθερώνεται

Όλες οι διευθύνσεις Class D είναι διευθύνσεις multicast



Class D

1	1	1	0	multicast group id
---	---	---	---	--------------------

28 bit

Class	Από	Έως
D	224 .0.0.0	239 .255.255.255

- Οι διευθύνσεις πολλαπλής διανομής εκχωρούνται δυναμικά
- Δεδομένογραμμα IP που στέλνεται σε διεύθυνση multicast προωθείται σε όλους που έχουν ενταχθεί στην ομάδα multicast
- Αν τελειώσει κάποια εφαρμογή, η διεύθυνση multicast (έμμεσα) ελευθερώνεται

απαίτηση: ύπαρξη υποδομής για την παράδοση των δεδομένογραμμάτων πολλαπλής διανομής σε όλους τους host που εντάχθηκαν στην υπόψη ομάδα πολλαπλής διανομής



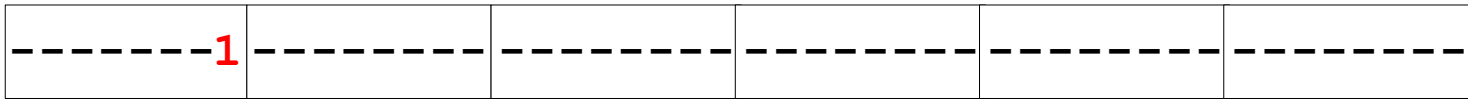
Τύποι διευθύνσεων multicast

- Η περιοχή των διευθύνσεων από 224.0.0.0 μέχρι και 224.0.0.255 είναι δεσμευμένη για να χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης και άλλα πρωτόκολλα διερεύνησης και διατήρησης της τοπολογίας κατωτέρων στρωμάτων
- Οι δρομολογητές πολλαπλής διανομής δεν προωθούν τα δεδομενογράμματα με διευθύνσεις σε αυτή την περιοχή
- Παραδείγματα ειδικών και δεσμευμένων διευθύνσεων class D:
 - 224.0.0.1** All systems on this subnet
 - 224.0.0.2** All routers on this subnet
 - 224.0.1.1** NTP (Network Time Protocol)
 - 224.0.0.9** RIP-2 (routing protocol)

Μετάφραση διευθύνσεων πολλαπλής διανομής

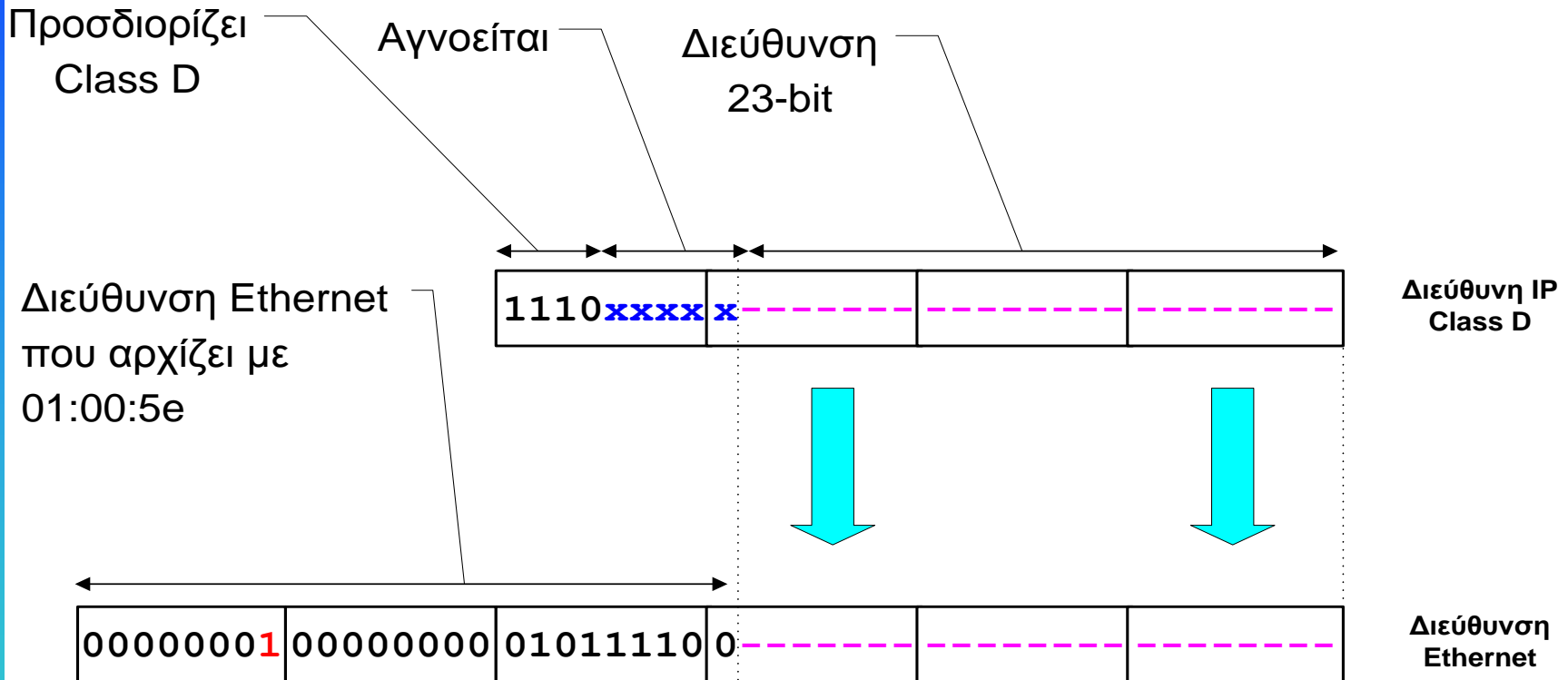


- Στις διευθύνσεις Ethernet (MAC), η τιμή 1 του 48^{ου} bit (το πλέον αριστερό bit του πρώτου byte) υποδεικνύει διεύθυνση πολλαπλής διανομής



- Η διεύθυνση Ethernet που ξεκινά με 01:00:5e είναι αφιερωμένη στην πολλαπλή διανομή IP

Μετάφραση διευθύνσεων πολλαπλής διανομής





- Το **Internet Group Management Protocol (IGMP)** είναι ένα απλό πρωτόκολλο για την υποστήριξη πολλαπλής διανομής IP
- Το IGMP ορίζεται στο RFC 1112
- Το IGMP λειτουργεί στο στρώμα ζεύξης δεδομένων (π.χ., ένα τμήμα Ethernet)
- Το IGMP χρησιμοποιείται από δρομολογητές που υποστηρίζουν πολλαπλή διανομή ώστε να παρακολουθούν την κατάσταση των μελών μιας ομάδας
- Υποστηρίζει:
 - Την ένταξη στην ομάδα
 - Ερωτήσεις για τα μέλη της ομάδας
 - Αποστολή αναφορών για τα μέλη της ομάδας

Πρωτόκολλο IGMP

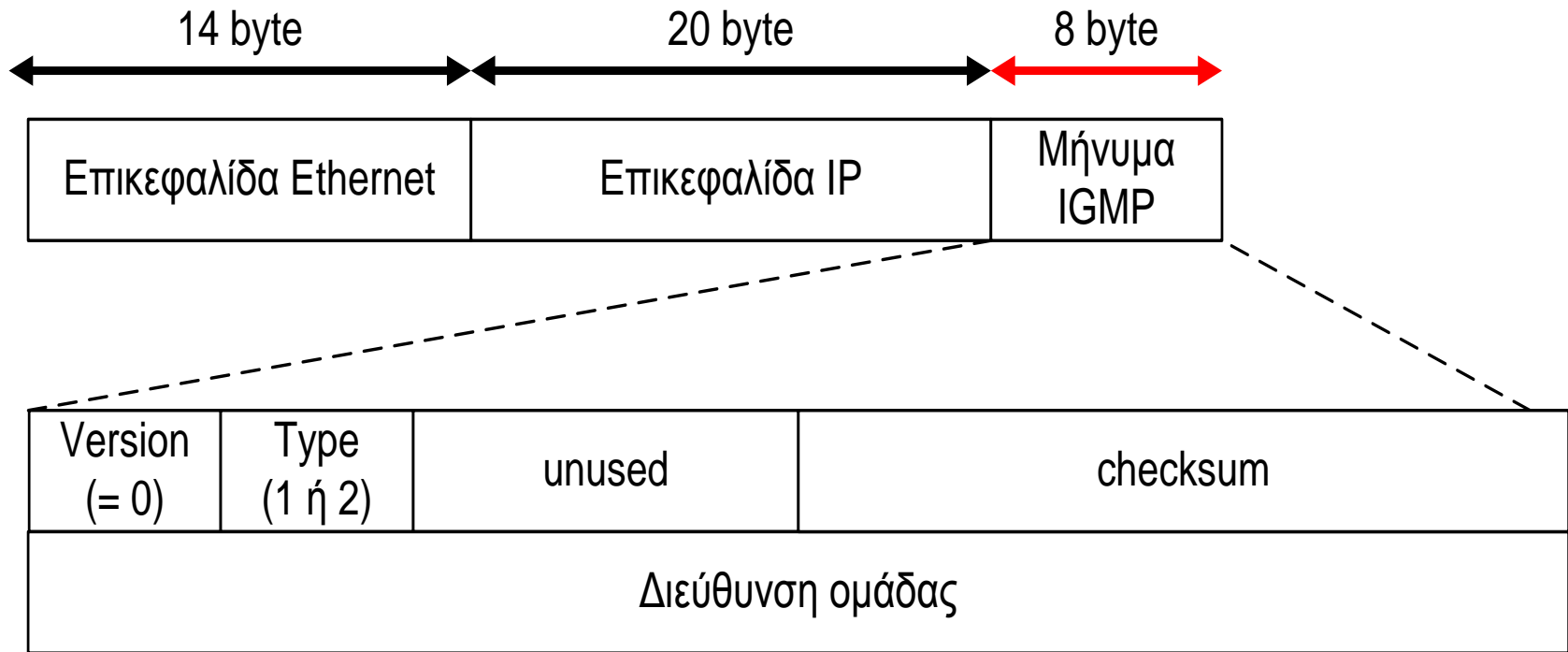


- Ο host στέλνει μια αναφορά IGMP (**IGMP report**) όταν εντάσσεται στην ομάδα πολλαπλής διανομής
- Δεν αποστέλλεται αναφορά όταν ο host φεύγει από την ομάδα
- Ο δρομολογητής αποστέλλει συστηματικά κατά περιόδους μια ερώτηση IGMP (**IGMP query**) προς όλους τους host
- Ο host απαντά σε μια ερώτηση (IGMP query) με μια αναφορά IGMP (**IGMP report**)
- Ο δρομολογητής διατηρεί πίνακα με τις ομάδες πολλαπλής διανομής
 - Πρωθεί πακέτα μόνο εάν υπάρχει ένας τουλάχιστον host στην ομάδα
 - Σημείωση: Ο δρομολογητής δε καταγράφει ποιος host εντάσσεται



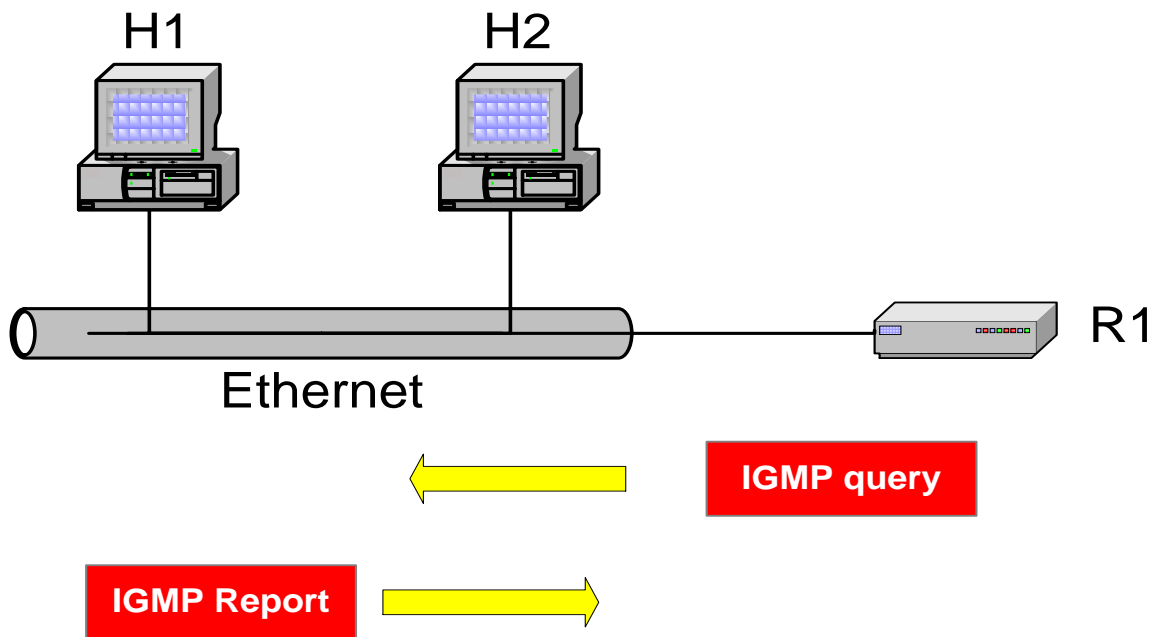
Η μορφή των μηνυμάτων IGMP

- Τα μηνύματα IGMP έχουν μήκος 8 byte μόνο



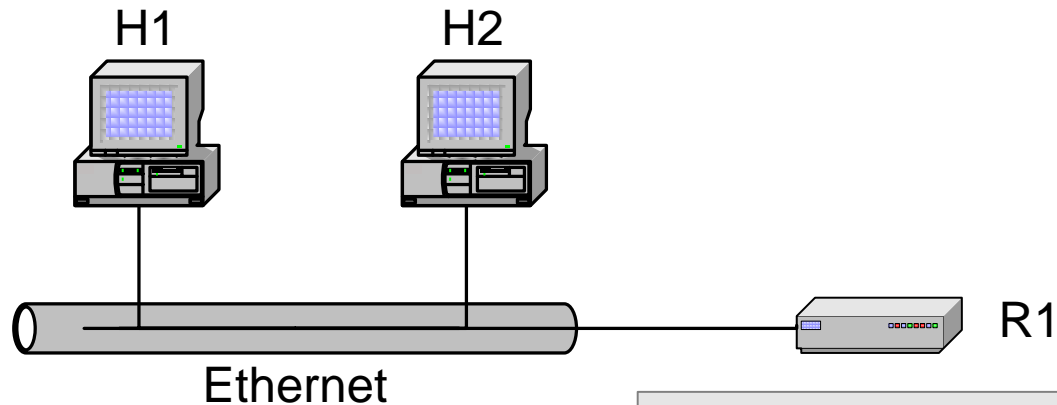
- Type 1 = από τον δρομολογητή
- Type 2 = από τον host

Πρωτόκολλο IGMP





Πρωτόκολλο IGMP



Γενική ερώτηση IGMP
Διεύθυνση ομάδας IGMP = 0
Διεύθυνση IP προορισμού = 224.0.0.1
Διεύθυνση IP πηγής = διεύθυνση IP δρομολογητή

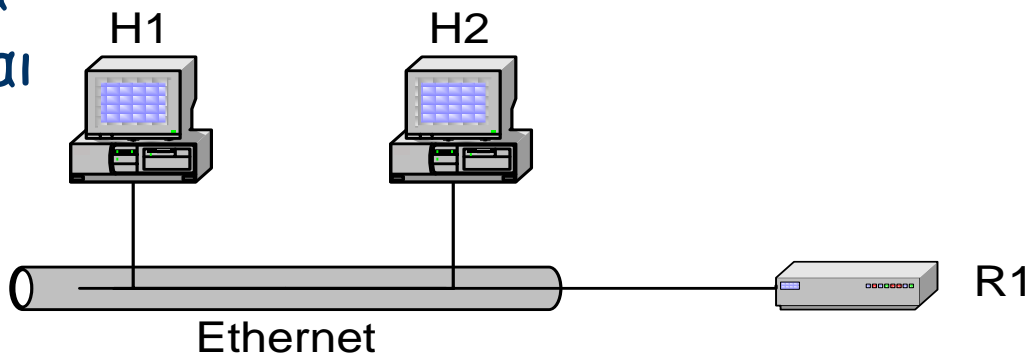
Ερώτηση IGMP προς συγκεκριμένη ομάδα
Διεύθυνση ομάδας IGMP = διεύθυνση ομάδας
Διεύθυνση IP προορισμού = διεύθυνση ομάδας
Διεύθυνση IP πηγής = διεύθυνση IP δρομολογητή

Αναφορά IGMP
Διεύθυνση ομάδας IGMP = διεύθυνση ομάδας
Διεύθυνση IP προορισμού = διεύθυνση ομάδας
Διεύθυνση IP πηγής = διεύθυνση IP host



IGMP: μήνυμα αποχώρησης (IGMP.v2)

- Αν ένας host εγκαταλείπει μια ομάδα πολλαπλής διανομής και είναι ο τελευταίος που στέλνει αναφορά, στέλνει μήνυμα "Leave group"



IGMP Leave Group
IGMP group address = **group address**
Destination IP address = **224.0.0.2**
Source IP address = host's IP address



- Ο δρομολογητής απαντά με "group-specific query" για να βεβαιωθεί ότι πράγματι δεν υπάρχει άλλος host στην ομάδα



IGMP group-specific query
IGMP group address = **group address**
Destination IP address = **group address**
Source IP address = router's IP address



- Η 3^η έκδοση του IGMP προσθέτει την ικανότητα ένταξης σε ομάδα πολλαπλής διανομής σε ειδικές διευθύνσεις πηγής (source addresses)
- Μπορεί επίσης να αποκλείει source addresses
- Τούτο επιτρέπει την εφαρμογή της Source Specific Multicasting (SSM)

Δίκτυα με πολλούς δρομολογητές πολλαπλής διαδρομής



- Μόνο ένας δρομολογητής ασχολείται με ερωτήσεις IGMP (**Querier**)
 - Ο δρομολογητής με τη μικρότερη διεύθυνση IP
- Ένας δρομολογητής προωθεί τα πακέτα στο δίκτυο (**Forwarder**)

