



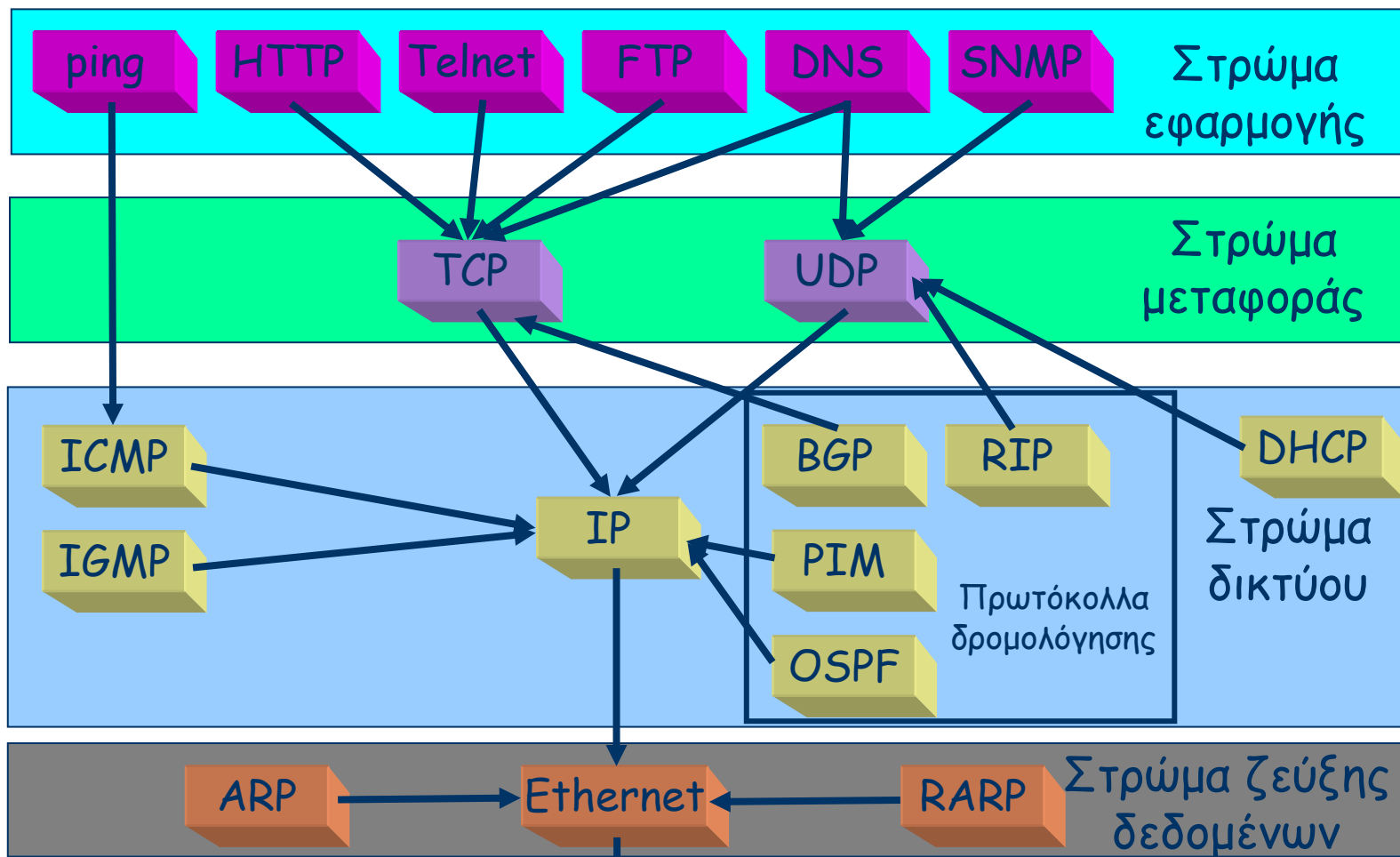
Κινητικότητα στο Διαδίκτυο



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

Αντιστοιχία στρωμάτων OSI και πρωτοκόλλων σουίτας TCP/IP



Κάρτα
δικτύου

Δίκτυα υπολογιστών

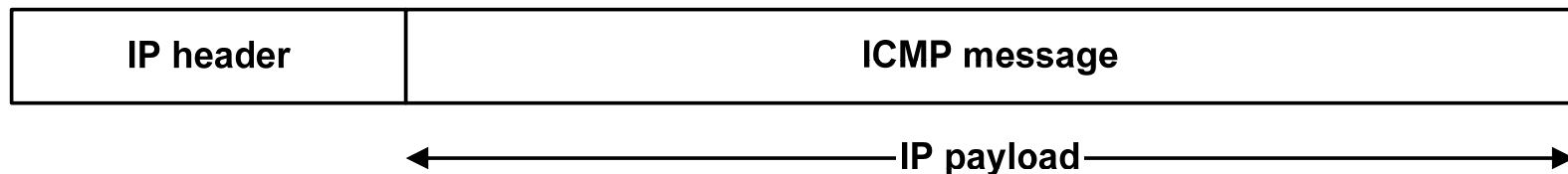


ICMP

Internet Control Message Protocol



- 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!



ICMP

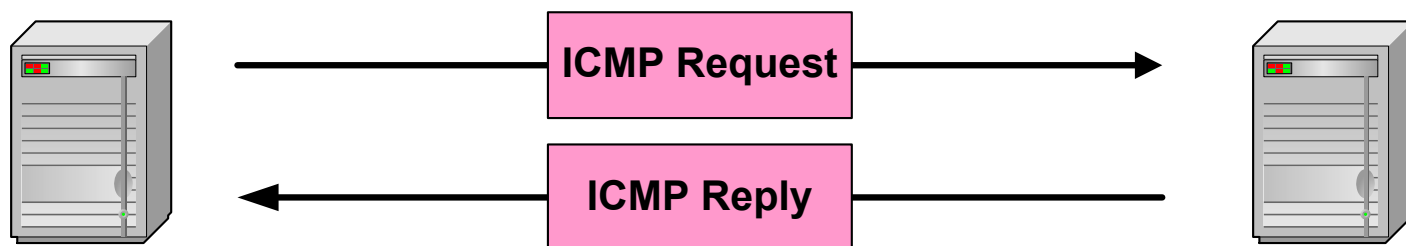


Internet Control Message Protocol

- 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

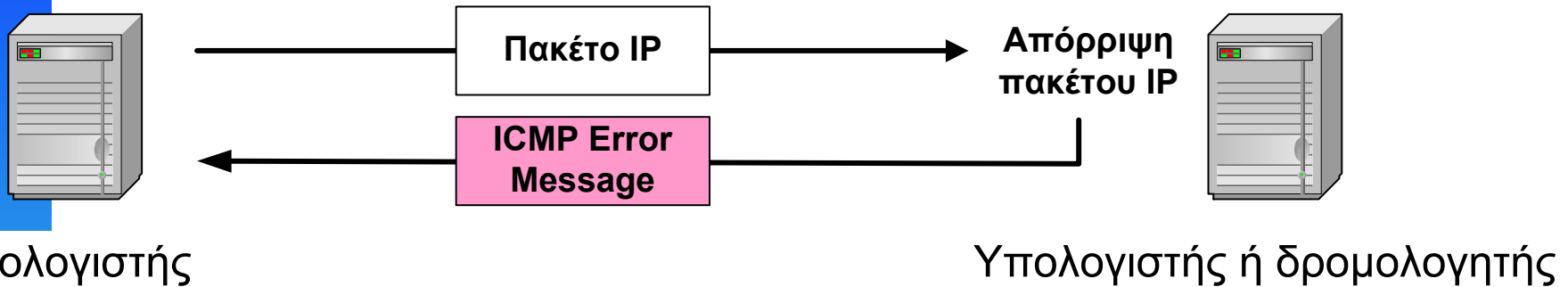
Δρομολογητής ή υπολογιστής

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

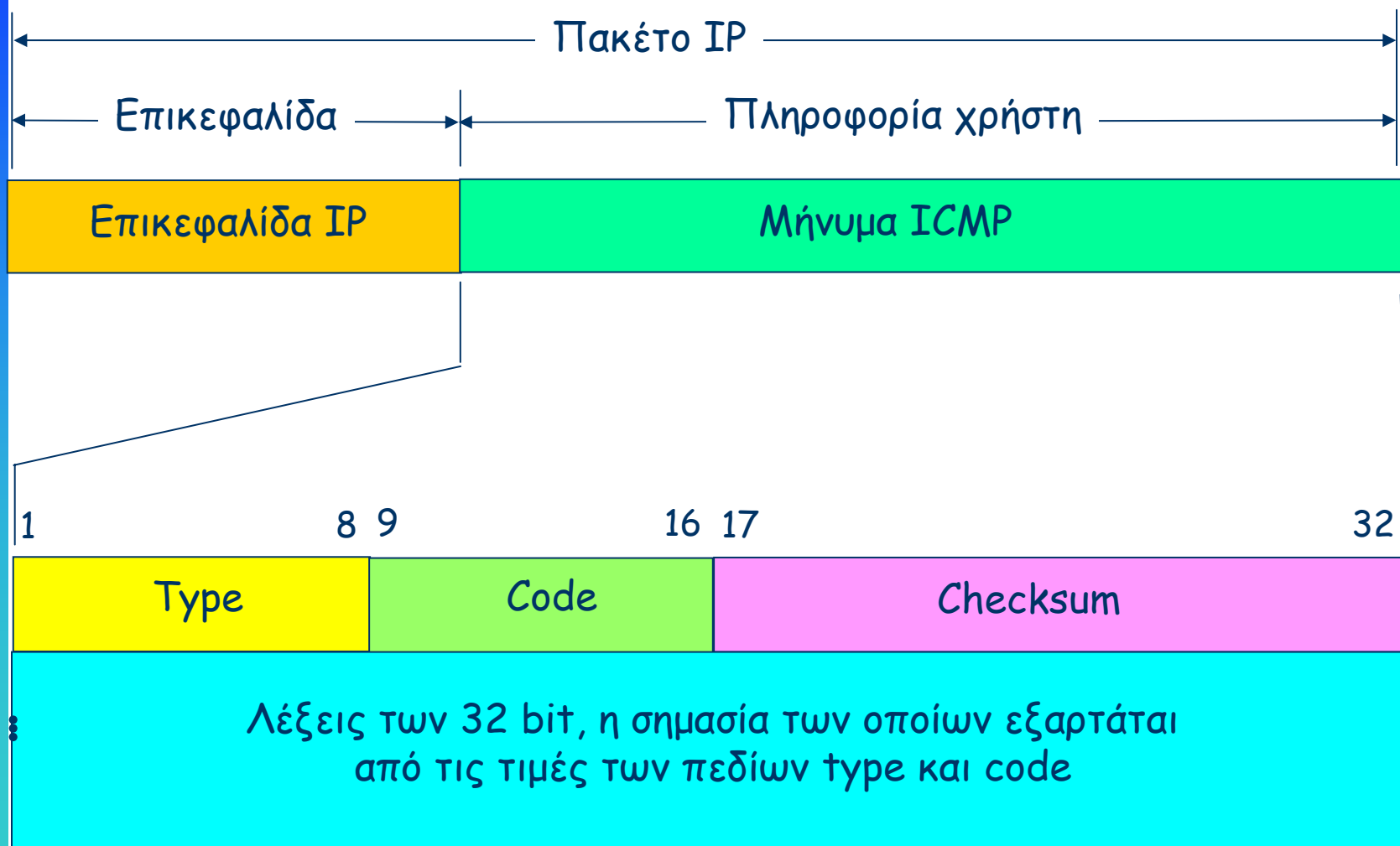


Τύποι μηνυμάτων ICMP

- **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



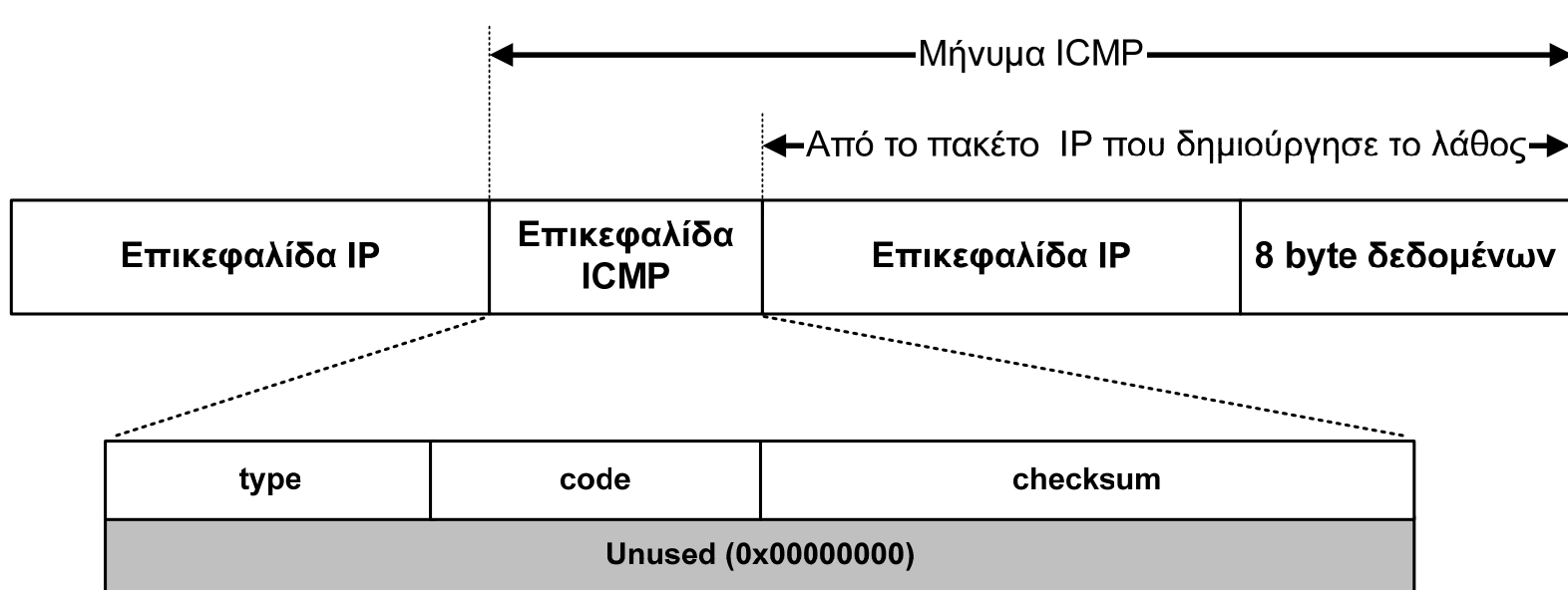
Τύποι ICMP μηνυμάτων λάθους



Type περιγραφή

- 3 απρόσιτος προορισμός (destination unreachable)
- 4 σιγή πηγής (source quench) (έλεγχος ροής)
- 5 παράκαμψη (redirect) - αλλαγή διαδρομής
- 11 λήξη χρόνου (time exceeded)
- 12 πρόβλημα με παραμέτρους (parameter problem)

ICMP μήνυμα λάθους



Τύποι ICMP μηνυμάτων λάθους

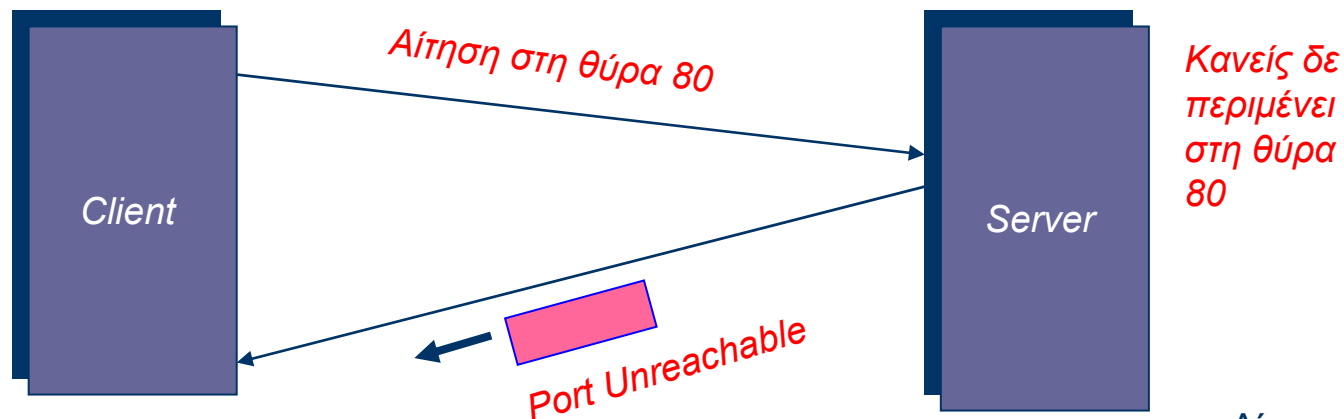


- Ιστορικά, τα μηνύματα λάθους ICMP επιστρέφανε την επικεφαλίδα IP του πακέτου που δημιούργησε το λάθος και τα πρώτα 8 byte δεδομένων
 - Δεν επαρκεί σήμερα για πιο πολύπλοκες περιστάσεις, όπως IP σε IP
 - Οι νέοι κανόνες: Θα περιλαμβάνει το περισσότερο δυνατό χωρίς το μήκος του πακέτου $ICMP > 576$ byte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



ICMP Destination Unreachable

- 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)



<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
6	άγνωστο δίκτυο προορισμού
7	άγνωστος host προορισμού
11	απρόσιτο δίκτυο για τον τύπο υπηρεσίας
12	απρόσιτος host για τον τύπο υπηρεσίας
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)

- Ορίζονται και άλλοι κωδικοί στο RFC 1122

ICMP Destination Unreachable (Type=3)



Type=3	Code	Checksum
Unused=0		
(copy of packet)		

<u>Code</u>	<u>περιγραφή</u>
0	απρόσιτο δίκτυο προορισμού (ο δρομολογητής δεν έχει διαδρομή προς τα εκεί)
1	απρόσιτος host προορισμού (ο τελευταίος δρομολογητής δεν μπορεί να φτάσει τον host)
2	απρόσιτο πρωτόκολλο προορισμού (ο host δεν διαθέτει το πρωτόκολλο στρώματος 4)
3	απρόσιτη θύρα προορισμού (η θύρα δεν έχει προσδεμένη διεργασία. Συνήθως UDP)



ICMP Source Quench (Type=4)

Type=4	Code=0	Checksum
Unused=0		
(copy of packet)		

- 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)

Type=5	Code	Checksum
IP address of router		
(copy of packet)		

- 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 Δίκτυα υπολογιστών



ICMP Time Exceeded (Type=11)

Type=11	Code	Checksum
Unused=0		
(copy of packet)		

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

Code περιγραφή

0 εκπνοή μετρητή TTL

1 εκπνοή χρόνου συναρμολόγησης



ICMP Parameter Problem (Type=12)

Type=12	Code	Checksum
Pointer	Unused=0	
(copy of packet)		

- Γενικής χρήσης για λάθη που δεν καλύπτονται αλλιώς

Code περιγραφή

- | | |
|---|--|
| 0 | Ο 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) |



Τύποι ICMP μηνυμάτων 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)

Type=8/0	Code=0	Checksum
Identifier		Sequence number
(optional data)		

- 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)

Type=10	Code=0	Checksum
Reserved		

- 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 διευθύνσεων 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 UT
- 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)

Type=13/14	Code=0	Checksum
Identifier		Sequence Number
Address mask		

- 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 μια 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



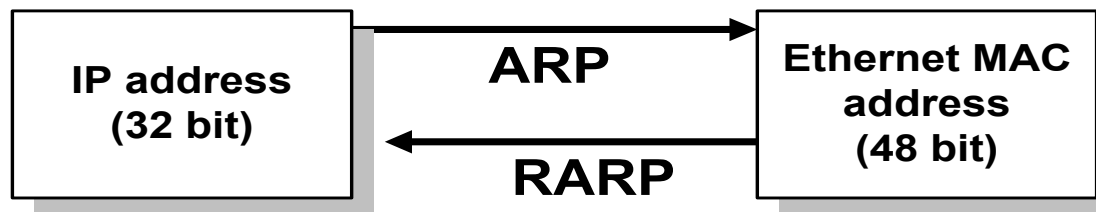
- Η δυναμική εκχώρηση διευθύνσεων IP είναι επιθυμητή για πολλούς λόγους:
 - Οι διευθύνσεις IP αποδίδονται όταν ζητηθούν
 - Αποφεύγεται η χειροκίνητη διάρθρωση του IP
 - Υποστηρίζεται η κινητικότητα των υπολογιστών (laptops)
- Τρία πρωτόκολλα:
 - **RARP** (μέχρι 1985, δεν χρησιμοποιείται πια)
 - **BOOTP**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



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

Πρωτόκολλο RARP



- 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)



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 την διεύθυνση IP του εξυπηρετητή όπου βρίσκεται η εικόνα του λειτουργικού συστήματος
- Χρειάζεται επίσης την δικιά του διεύθυνση IP
- Γνωρίζει μόνο την δικιά του φυσική διεύθυνση

Μια λύση



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



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
 - Το όνομα του αρχείου που θα φορτώσει και εκτελέσει ο πελάτης (boot file name)

BOOTP



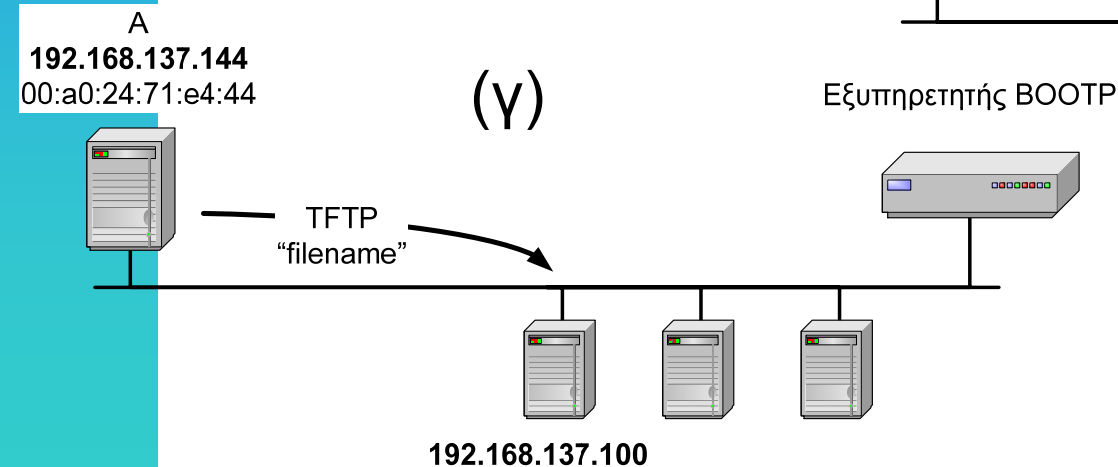
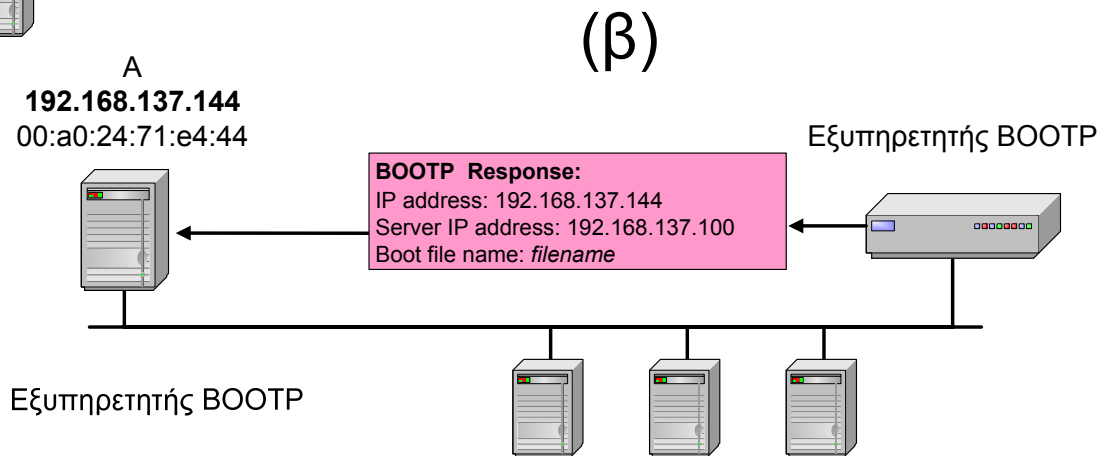
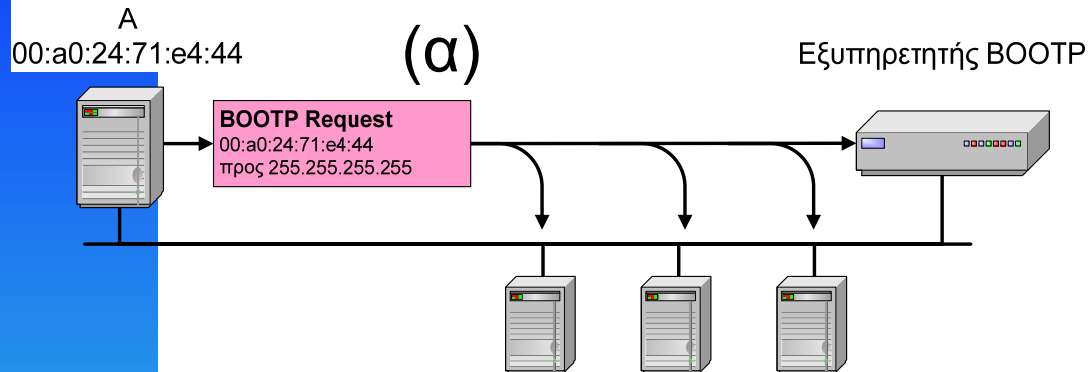
- Η απάντηση στην αίτηση BOOTP δεν εκχωρεί μόνο τη διεύθυνση IP, προσδιορίζει επίσης τον Default Router και τη μάσκα υποδικτύου
- Χρησιμοποιεί δεδομενογράμματα UDP
 - UDP Port 67 (server)
 - UDP Port και 68 (host)
 - με διευθύνσεις εκπομπής (255.255.255.255)
 - Αυτές οι διευθύνσεις δεν προωθούνται

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



DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

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



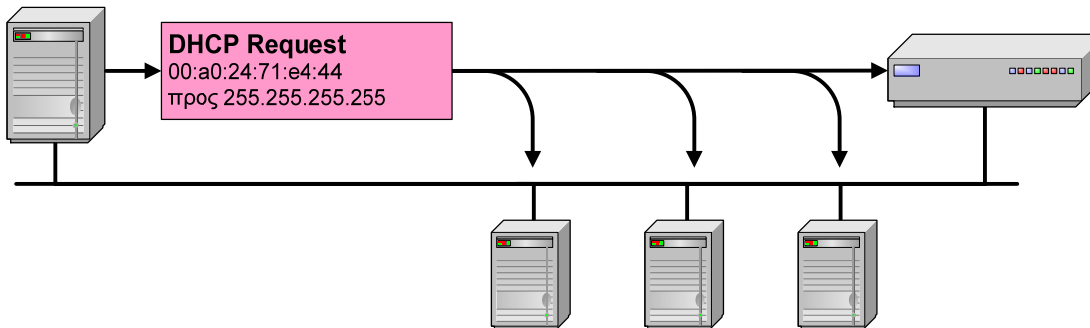
- Επέκταση του BOOTP (πολλές ομοιότητες)
 - Σχεδιάσθηκε το 1993
 - Χρησιμοποιεί τις ίδιες πόρτες με το BOOTP
 - Επεκτάσεις:
 - Υποστηρίζει προσωρινές εκχωρήσεις ("δάνεια") διευθύνσεων IP
 - Ο πελάτης DHCP μπορεί να λάβει όλες τις σχετικές με το IP παραμέτρους
 - Το DHCP είναι ο προτιμώμενος μηχανισμός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

Λειτουργία DHCP (γενικά)



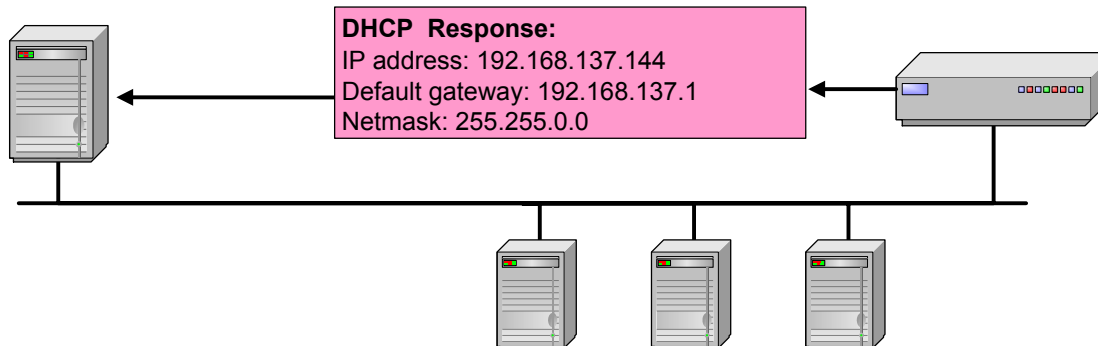
A
00:a0:24:71:e4:44

DHCP Server



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

DHCP Server



Πρωτόκολλο DHCP



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**

Πρωτόκολλο DHCP



- 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

Μήνυμα BOOTP/DHCP



OpCode	Τύπος υλικού	Μήκος διεύθυνσης υλικού	Μετρητής βημάτων
Δευτερόλεπτα		Αχρησιμοποίητο (BOOTP) Σημαίες (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			

Υπάρχουν περισσότερες από 100 επιλογές

Δίκτυα υπολογιστών

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:

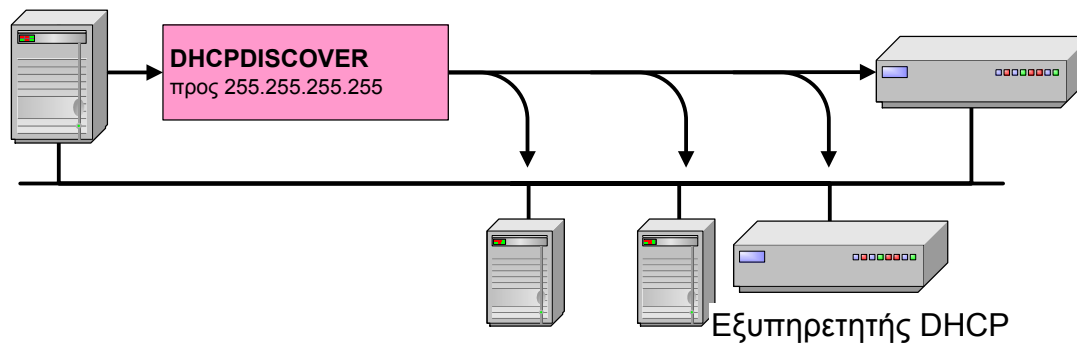
Subnet Mask, Name Server, Hostname, Domain Name, Forward On/Off, Default IP TTL, Broadcast Address, Static Route, Ethernet Encapsulation, X Window Manager, X Window Font, DHCP Msg Type, DHCP Renewal Time, DHCP Rebinding, Time SMTP-Server, SMTP-Server, Client FQDN, Printer Name, ...

Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)



Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

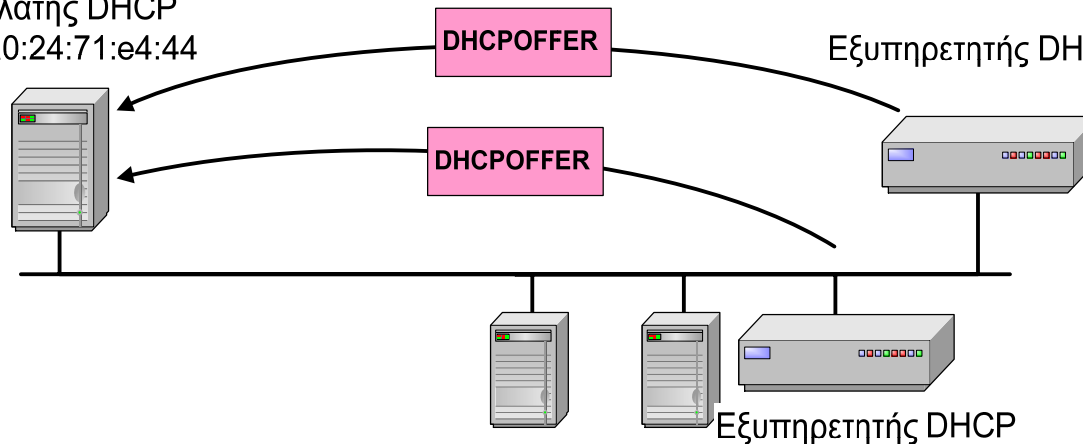
Εξυπηρετητής DHCP



Ανακάλυψη

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

Εξυπηρετητής DHCP



Προσφορές

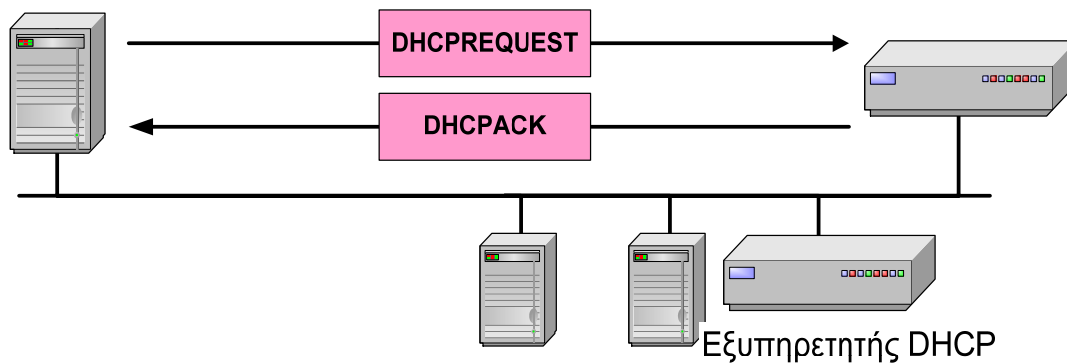
Δίκτυα υπολογιστών



Λειτουργία DHCP (λεπτομέρειες)

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

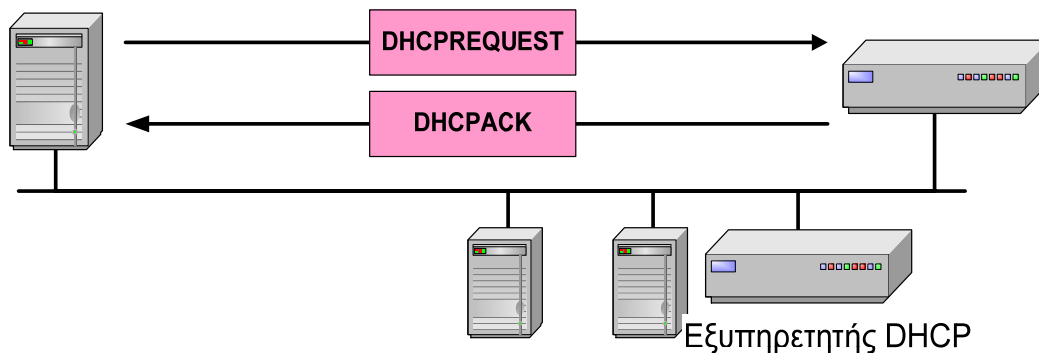
Εξυπηρετητής DHCP



Αίτηση για “δάνειο”

Πελάτης DHCP
00:a0:24:71:e4:44

Εξυπηρετητής DHCP



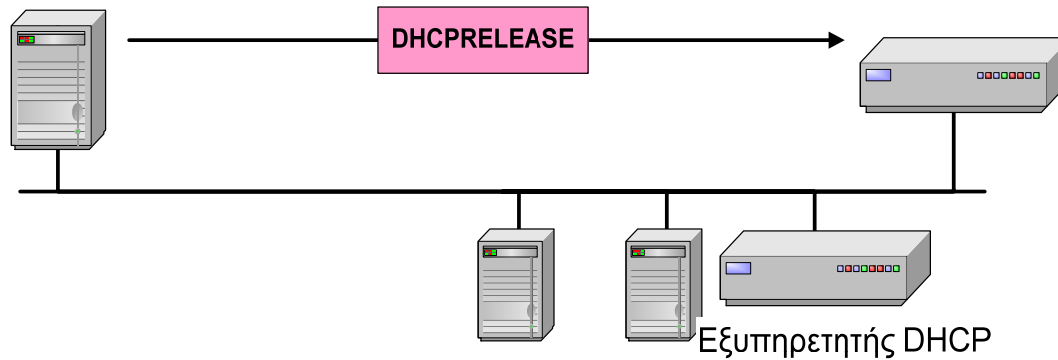
Ανανέωση “δανείου”

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

DHCP: σενάριο πελάτη εξυπηρετητή



Εξυπηρετητής DHCP: 223.1.2.5

DHCP discover

νεοαφικθείς
πελάτης

πηγή : 0.0.0.0, 68
προορ.: 255.255.255.255, 67
ισχύουσα διεύθ.: 0.0.0.0
transaction ID: 354

DHCP offer

πηγή: 223.1.2.5, 67
προορ.: 255.255.255.255, 68
ισχύουσα διεύθ.: 223.1.2.4
transaction ID: 354
χρονική ισχύς: 3600 sec

DHCP request

πηγή: 0.0.0.0, 68
προορ.: 255.255.255.255, 67
ισχύουσα διεύθ.: 223.1.2.4
transaction ID: 355
χρονική ισχύς: 3600 sec

DHCP ack

πηγή: 223.1.2.5, 67
προορ.: 255.255.255.255, 68
ισχύουσα διεύθ.: 223.1.2.4
transaction ID: 355
χρονική ισχύς: 3600 sec

Δίκτυα υπολογιστών

time

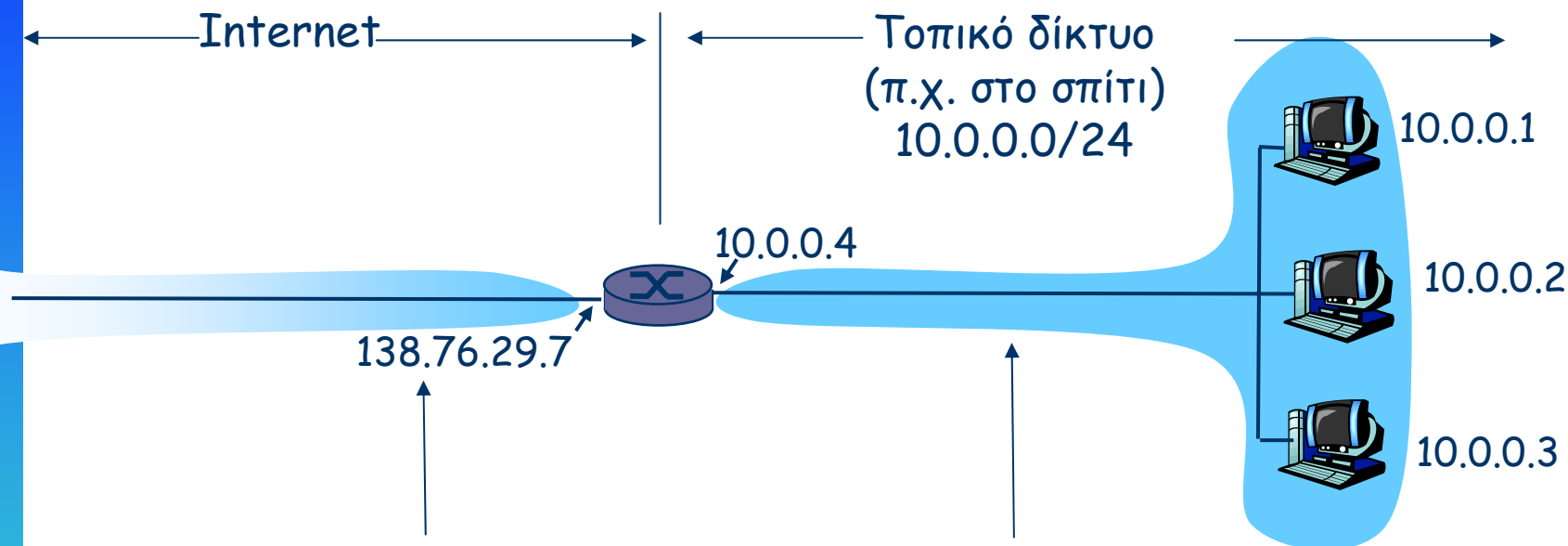


Έλλειψη διευθύνσεων: μία λύση NAT

NAT: Network
Address Translation



Μετάφραση διευθύνσεων δικτύου (NAT)



Όλα τα πακέτα που *φεύγουν* από το τοπικό δίκτυο έχουν την *ίδια* διεύθυνση: 138.76.29.7, αλλά διαφορετικούς αριθμούς θυρών

πακέτα εντός του τοπικού δικτύου έχουν τις συνήθεις 10.0.0.0/24 διευθύνσεις πηγής προορισμού



Μετάφραση διευθύνσεων δικτύου

- Το τοπικό δίκτυο προβάλλει μόνο μία διεύθυνση IP προς τον εξωτερικό κόσμο:
 - δεν απαιτείται να εκχωρηθεί ομάδα διευθύνσεων από τον ISP: μία μόνο διεύθυνση IP χρησιμοποιείται από όλες τις συσκευές
 - μπορεί να αλλάξουν οι διευθύνσεις των συσκευών σε ένα τοπικό δίκτυο χωρίς να λάβει γνώση ο εξωτερικός κόσμος
 - μπορεί να αλλάξει ο ISP χωρίς να αλλάξουν οι διευθύνσεις των συσκευών στο τοπικό δίκτυο
 - οι συσκευές μέσα στο τοπικό δίκτυο δεν έχουν άμεσες διευθύνσεις, ορατές από τον έξω κόσμο



Ο δρομολογητής NAT:

- *εξερχόμενα πακέτα*: αντικαθιστά την διεύθυνση IP πηγής και τον αριθμό θύρας κάθε εξερχόμενου πακέτου με τη διεύθυνση IP του NAT και ένα νέο αριθμό θύρας
 - οι μακρινοί host απαντούν χρησιμοποιώντας την διεύθυνση IP του NAT ως διεύθυνση προορισμού.
- *πίνακας μετατροπής*: διατηρεί πίνακα με τις αντιστοιχίες για κάθε μετατρεπόμενο ζεύγος
- *εισερχόμενα πακέτα*: αντικαθιστά τη διεύθυνση IP NAT και τον αριθμό θύρας των πεδίων προορισμού κάθε εισερχόμενου πακέτου με τον αντίστοιχο συνδυασμό διεύθυνσης IP πηγής και αριθμού θύρας που διατηρεί στον πίνακά του

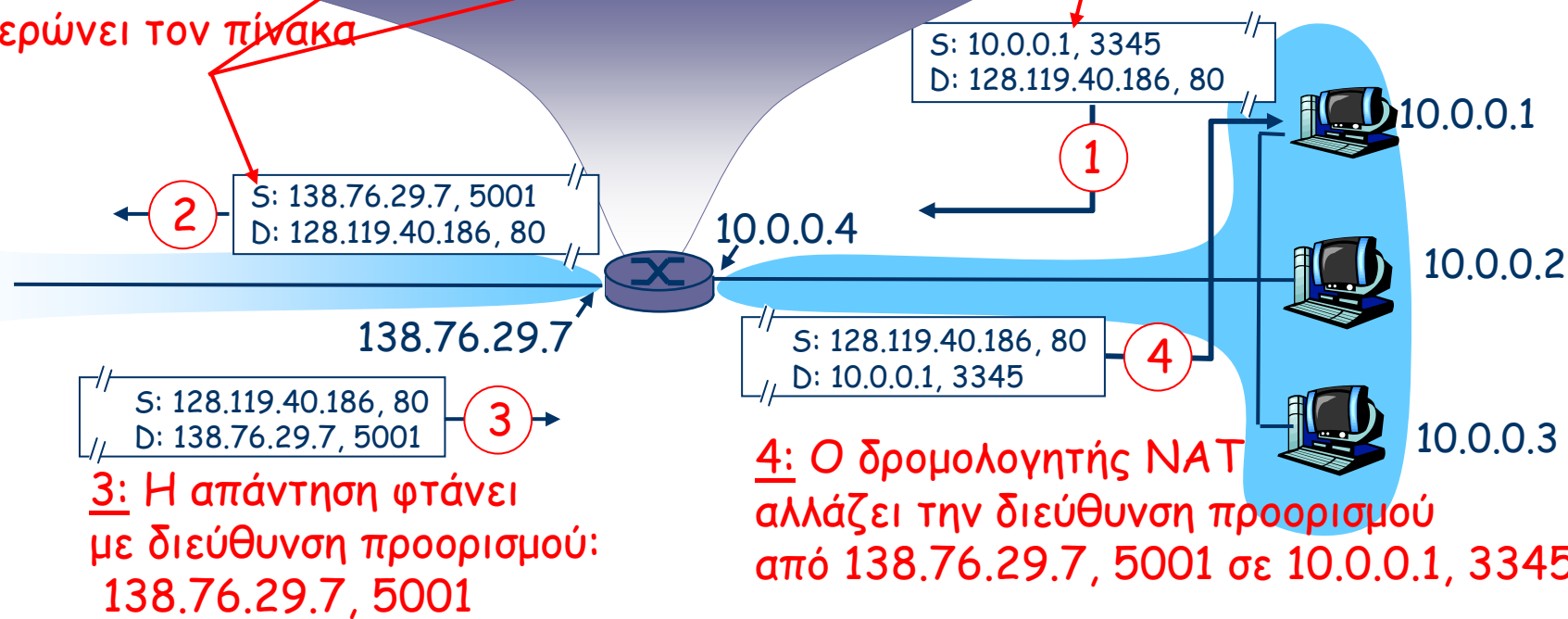


NAT: Network Address Translation

2: Ο δρομολογητής NAT αλλάζει την διεύθυνση πηγής από 10.0.0.1, 3345 σε 138.76.29.7, 5001 και ενημερώνει τον πίνακα

Πίνακας μετάφρασης NAT	
WAN addr	LAN addr
138.76.29.7, 5001	10.0.0.1, 3345
.....	

1: Ο host 10.0.0.1 στέλνει πακέτο στο 128.119.40, 80



3: Η απάντηση φτάνει με διεύθυνση προορισμού: 138.76.29.7, 5001

4: Ο δρομολογητής NAT αλλάζει την διεύθυνση προορισμού από 138.76.29.7, 5001 σε 10.0.0.1, 3345



- πεδίο των 16-bit για τον αριθμό θύρας:
 - 60,000 ταυτόχρονες συνδέσεις με μία μόνο διεύθυνση από την πλευρά του LAN
- Αμφισβητούμενη χρήση του NAT:
 - καταστρατήγηση της έννοιας απ' άκρη σ' άκρη
 - οι δρομολογητές πρέπει να επεξεργάζονται πληροφορίες μέχρι το στρώμα δικτύου
 - η έλλειψη διευθύνσεων θα απαλειφθεί στο IPv6
 - πολλά πρωτόκολλα εφαρμογής δεν δουλεύουν με NAT (π.χ. FTP, SIP, IPsec) εάν δε ληφθεί ειδική πρόνοια



Κινητικότητα

Mobile IP

Κινητικότητα



- από την άποψη του **δικτύου**:

ακίνησια

υψηλή κινητικότητα



κινητός χρήστης
που χρησιμοποιεί
το ίδιο σημείο
πρόσβασης (AP)

κινητός χρήστης,
συνδεόμενος/
αποσυνδεόμενος
στο δίκτυο χρησι-
μοποιώντας DHCP.

κινητός χρήστης που
διέρχεται από πολλά
AP ενώ επικοινωνεί

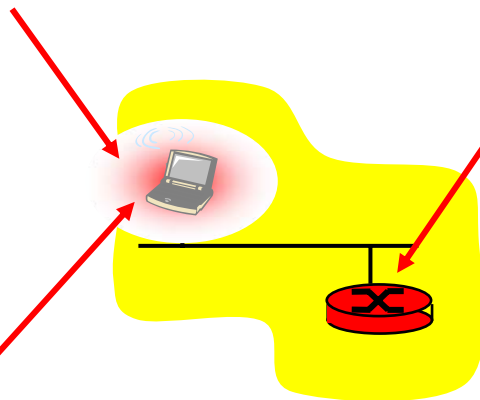
Ορολογία



οικείο δίκτυο: μόνιμη θέση του κινητού host

πράκτορας οικείων: οντότητα που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού host, όταν αυτός είναι εκτός του οικείου δικτύου

μόνιμη διεύθυνση: διεύθυνση στο οικείο δίκτυο, που μπορεί πάντα να χρησιμοποιηθεί για να επικοινωνήσει κανείς με τον κινητό host



WAN

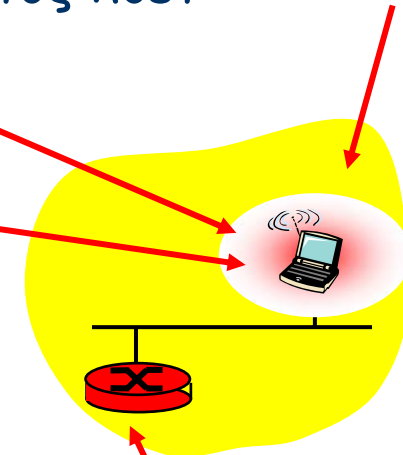
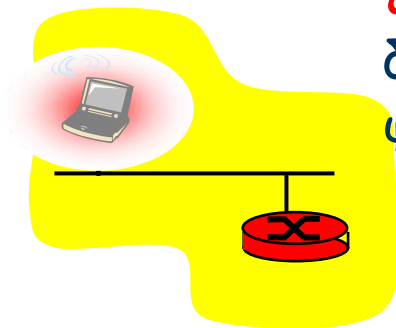




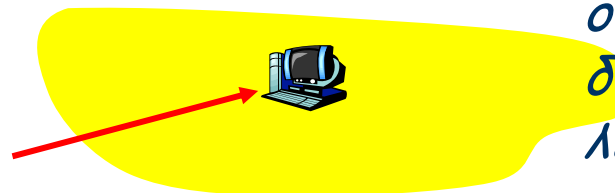
μόνιμη διεύθυνση: παραμένει σταθερή

φιλοξενούν δίκτυο: δίκτυο όπου βρίσκεται προσωρινά ο κινητός host

Care-of-address: διεύθυνση στο φιλοξενούν δίκτυο



καλών: επιθυμεί να επικοινωνήσει με τον κινητό χρήστη



πράκτορας επισκεπτών: οντότητα στο φιλοξενούν δίκτυο που πραγματοποιεί λειτουργίες κινητικότητας για λογαριασμό του κινητού host.

Δίκτυα υπολογιστών

Προσεγγίσεις στο θέμα

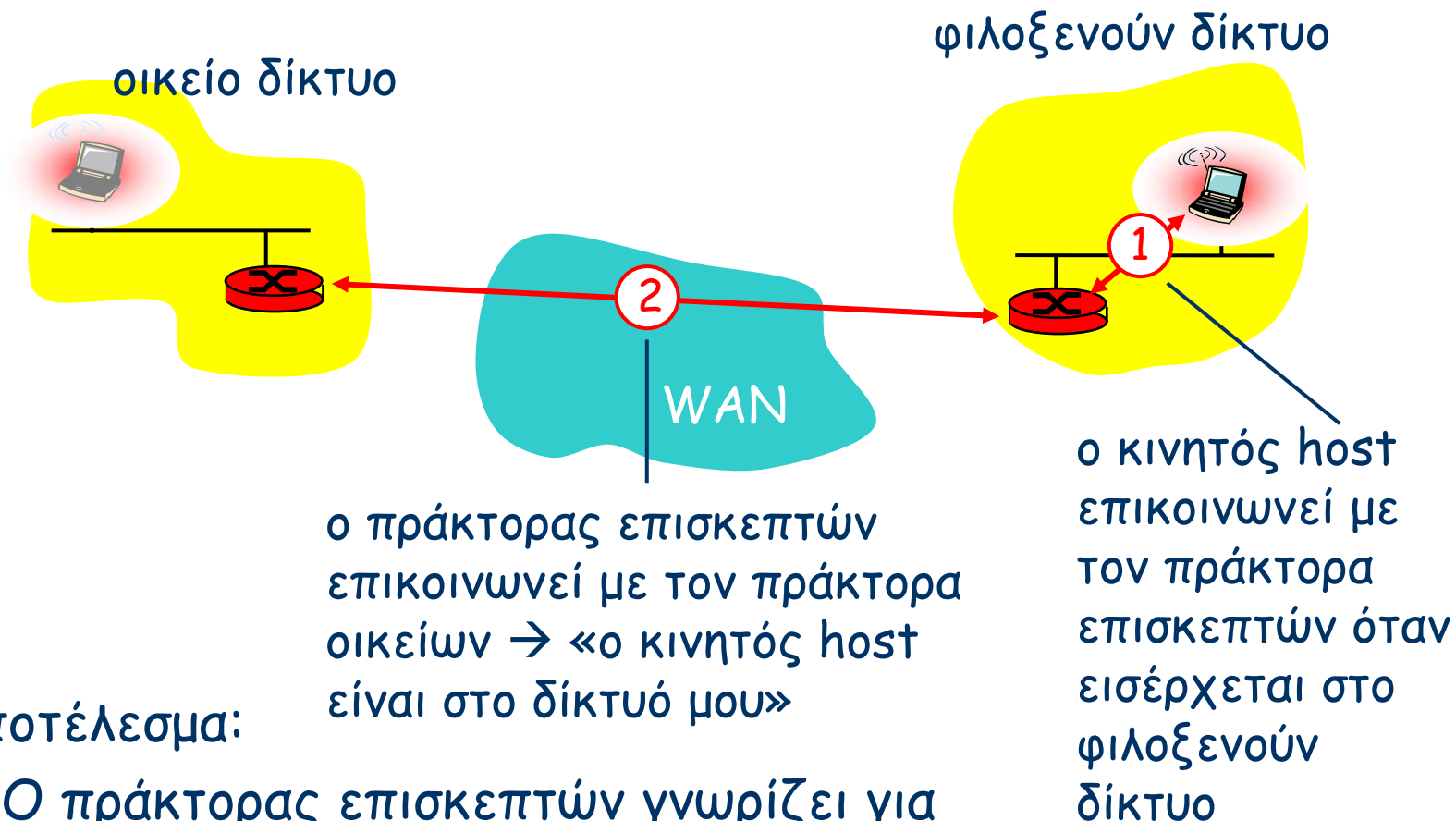


- *Να το αντιμετωπίσουν οι δρομολογητές:* οι δρομολογητές διαφημίζουν τη μόνιμη διεύθυνση των κινητών host που φιλοξενούν, μέσω ανταλλαγής πινάκων δρομολόγησης.
 - οι πίνακες δείχνουν πού είναι κάθε κινητός host
 - δεν απαιτούνται αλλαγές στα ακραία συστήματα!
- *Να το αντιμετωπίσουν τα ακραία συστήματα:*
 - *έμμεση δρομολόγηση:* η κίνηση από τον καλούντα στον κινητό οδεύει μέσω του πράκτορα οικείων και προωθείται στον φιλοξενούν δίκτυο
 - *άμεση δρομολόγηση:* ο καλών λαμβάνει τη νέα διεύθυνση του κινητού και επικοινωνεί απευθείας με το κινητό

Προσεγγίσεις στο θέμα



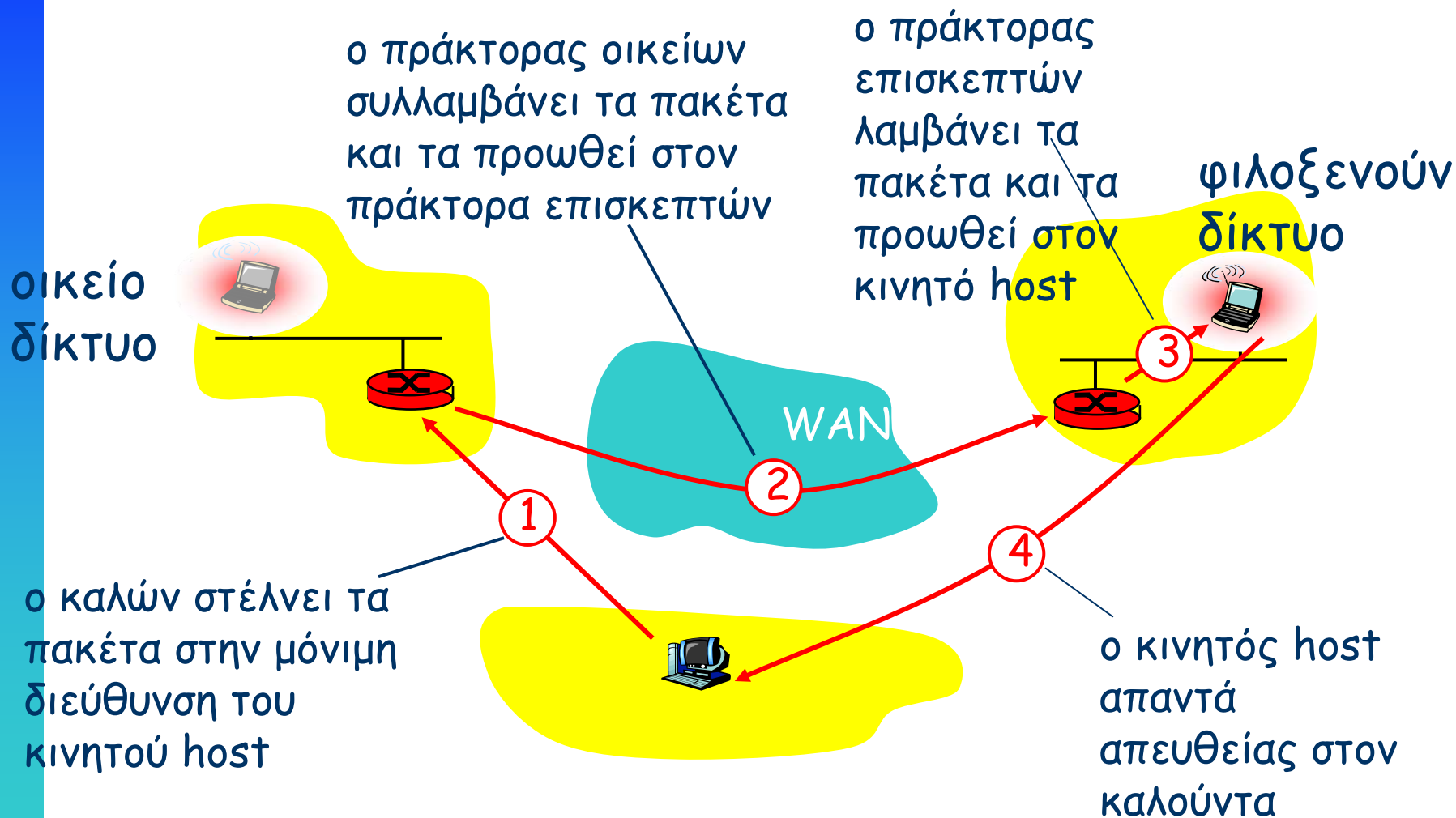
- *Η παροχή κινητικότητας μέσω δρομολογητών δεν κλιμακώνεται*
 - εκατομμύρια κινητοί host
 - τεράστιοι πίνακες δρομολόγησης
- *Η αντιμετώπιση στα ακραία συστήματα η μόνη πρακτική λύση!*



Αποτέλεσμα:

- Ο πράκτορας επισκεπτών γνωρίζει για τον κινητό host
- Ο πράκτορας οικείων γνωρίζει τη θέση του κινητού host

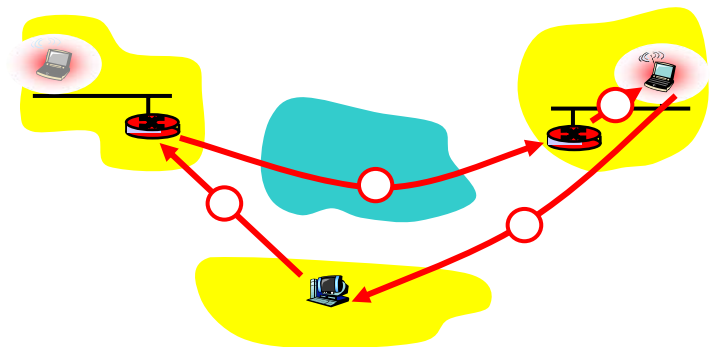
Κινητικότητα μέσω έμμεσης δρομολόγησης



Κινητικότητα μέσω έμμεσης δρομολόγησης



- Ο κινητός host χρησιμοποιεί δύο διευθύνσεις:
 - **μόνιμη διεύθυνση**: χρησιμοποιείται από τον καλούντα (η θέση του κινητού είναι **διαφανής** στον καλούντα)
 - **care-of-address**: χρησιμοποιείται από τον πράκτορα οικείων για να προωθήσει δεδομενογράμματα στον κινητό host
- οι λειτουργίες του πράκτορα επισκεπτών μπορεί να γίνουν και από τον ίδιο τον κινητό host
- **τριγωνική δρομολόγηση**: καλών - οικείο δίκτυο - κινητό
 - αναποτελεσματική όταν ο καλών και ο κινητός host είναι στο ίδιο δίκτυο



Μετακίνηση μεταξύ δικτύων



- όταν ο κινητός host μετακινείται σε άλλο δίκτυο
 - εγγράφεται στον νέο πράκτορα επισκεπτών
 - ο νέος πράκτορας επισκεπτών επικοινωνεί με τον πράκτορα οικείων
 - ο πράκτορας οικείων ενημερώνει την care-of-address του κινητού
 - τα πακέτα συνεχίζουν να προωθούνται στον κινητό host (αλλά με νέα care-of-address)
- η μετακίνηση μεταξύ φιλοξενούντων δικτύων είναι διαφανής: *οι συνδέσεις σε εξέλιξη μπορεί να διατηρηθούν*

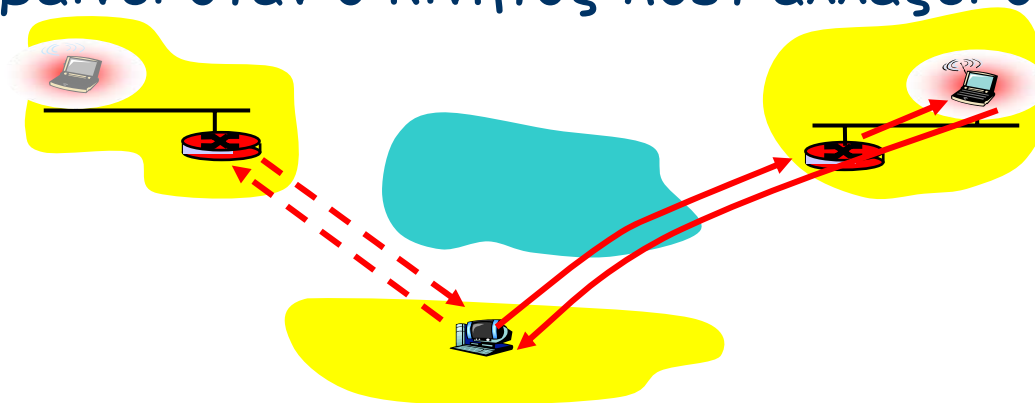
Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης



Κινητικότητα μέσω άμεσης δρομολόγησης



- Αποφεύγει το πρόβλημα της τριγωνικής δρομολόγησης
- **μη-διαφανής στον καλούντα:** ο καλών πρέπει να λάβει την care-of-address από τον πράκτορα οικείων
 - Τι συμβαίνει όταν ο κινητός host αλλάζει δίκτυα;

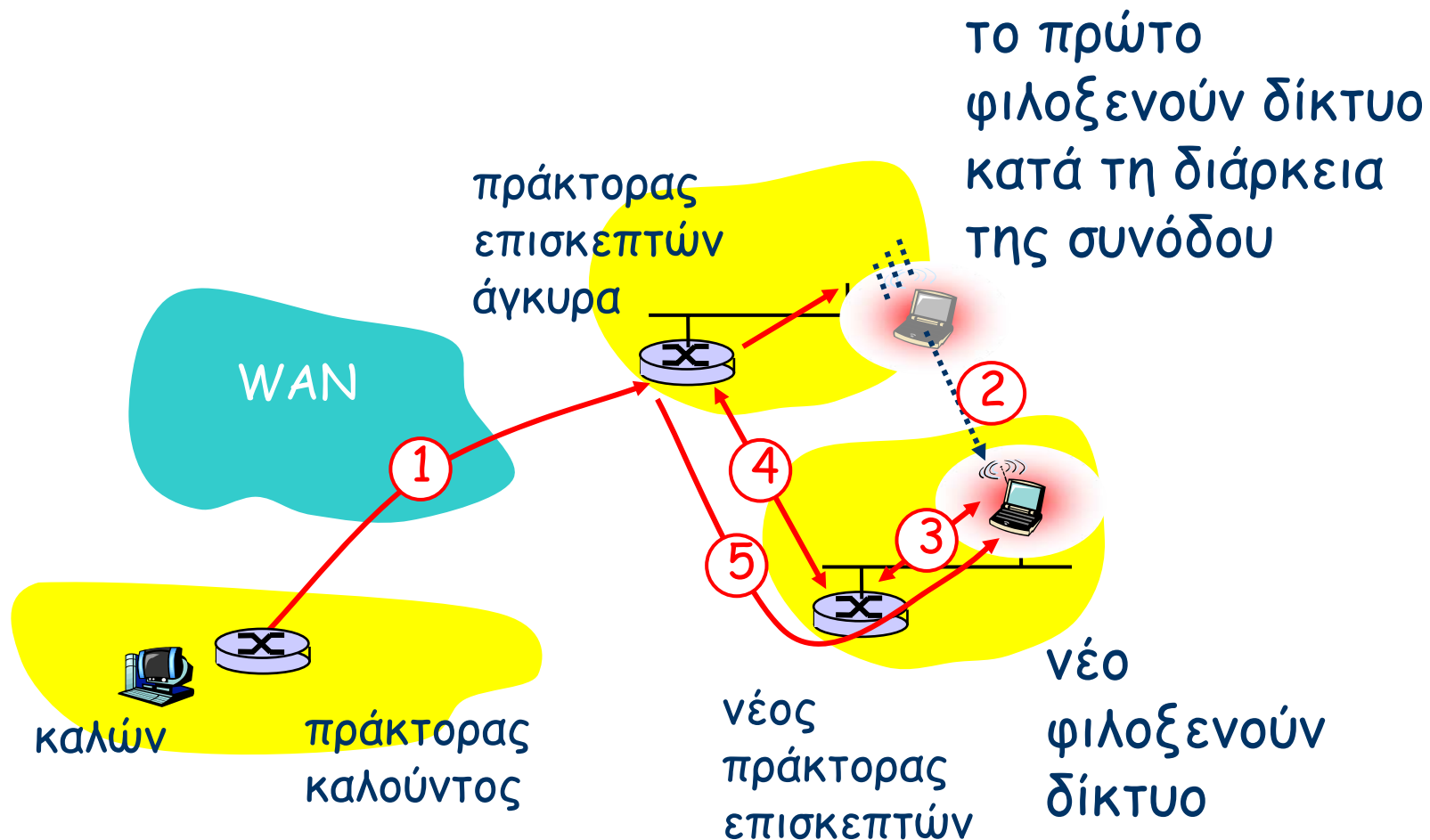




Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

- Μια λύση είναι η δημιουργία νέου πρωτοκόλλου που να ειδοποιεί τον καλούντα για την αλλαγή της CoA
- Εναλλακτικά, ο πράκτορας επισκεπτών (FA) του πρώτου φιλοξενούντος δικτύου λειτουργεί ως άγκυρα
- Τα δεδομένα πάντα στέλνονται στον FA άγκυρα
- Όταν ο κινητός host μετακινηθεί ο νέος πράκτορας επισκεπτών φροντίζει για την προώθηση σε αυτών των δεδομένων από τον FA άγκυρα (αλυσίδα)

Μετακίνηση μεταξύ δικτύων

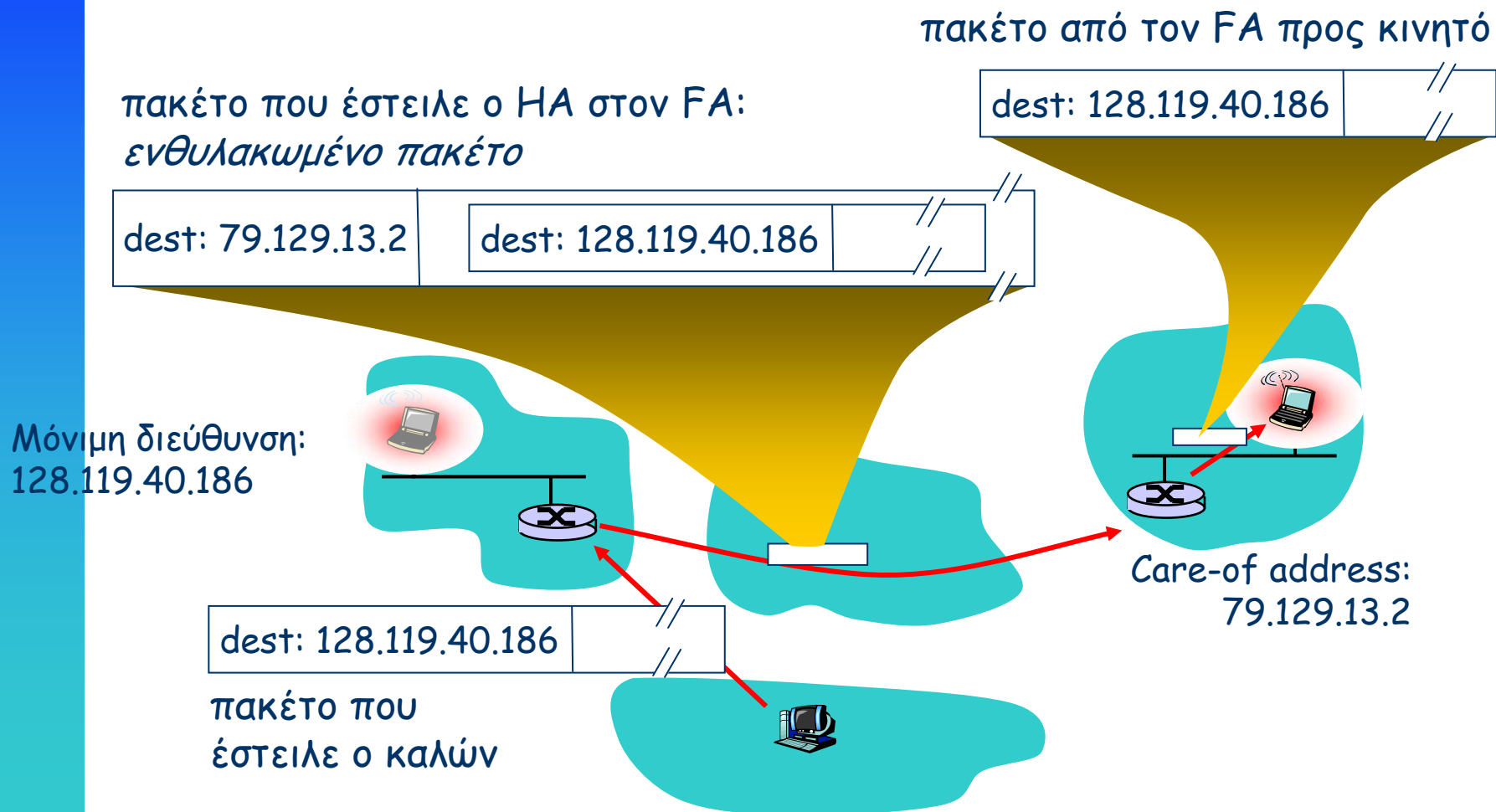




Πρωτόκολλα κινητικότητας



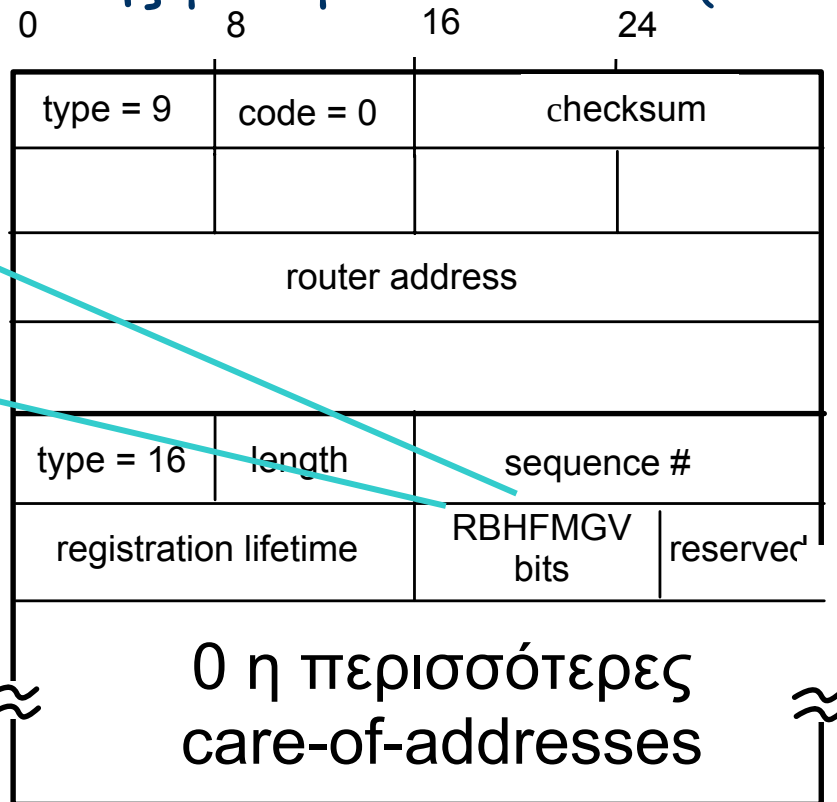
Πρώθηση σε κινητό host



Εύρεση πρακτόρων



- διαφήμιση πρακτόρων:** οι πράκτορες οικείων/επισκεπτών διαφημίζουν τις υπηρεσίες τους μέσω της εκπαιδευμένης μηνυμάτων ICMP (τύπος = 9)



H,F bit: πράκτορας οικείων, επισκεπτών

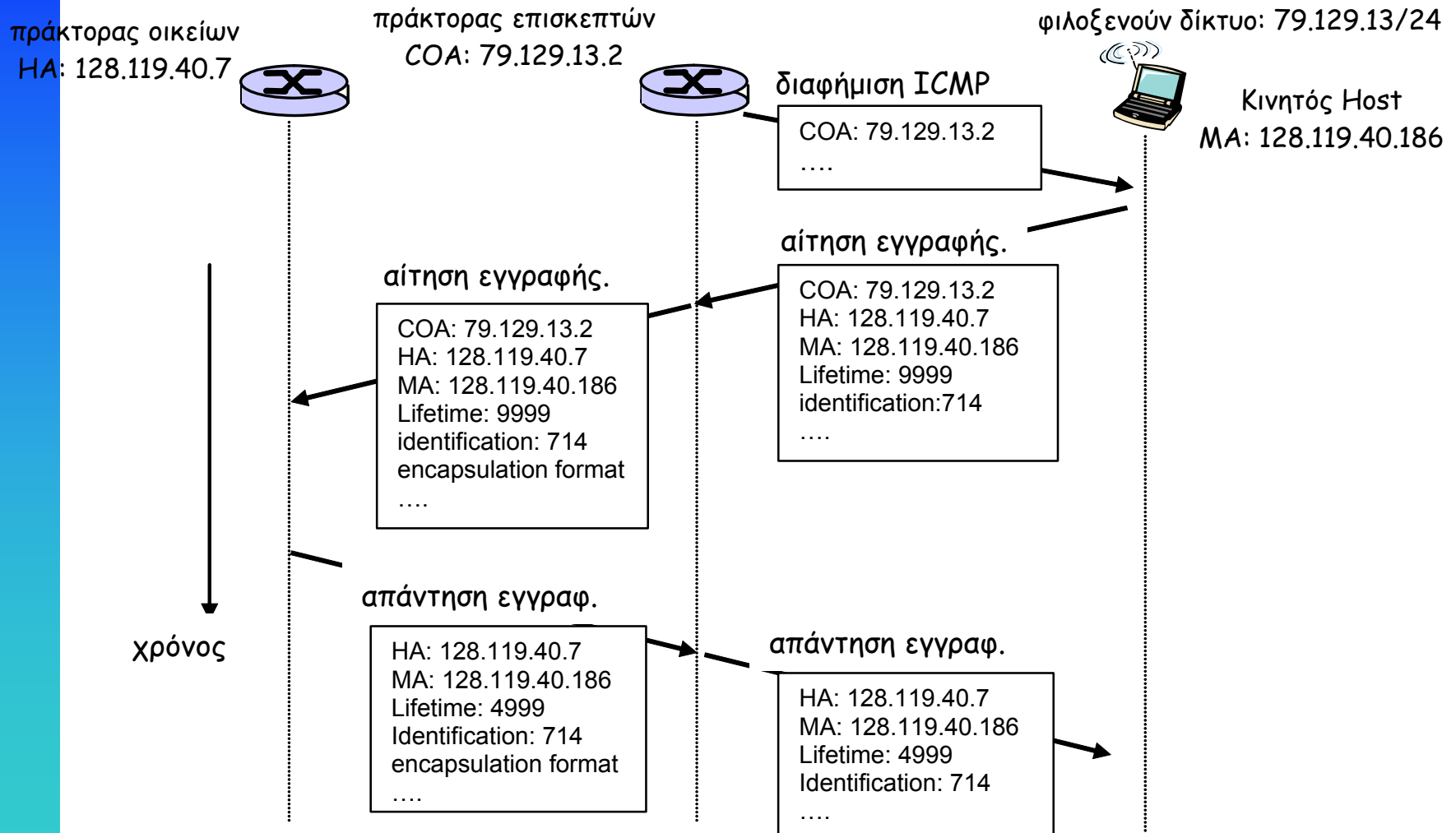
R bit: απαιτείται εγγραφή

↑
συνήθη πεδία ICMP

↓
επεκτάσεις για διαφήμιση πράκτορα

↓
Δίκτυα υπολογιστών

Εγγραφή





Αναζήτηση διευθύνσεων IP

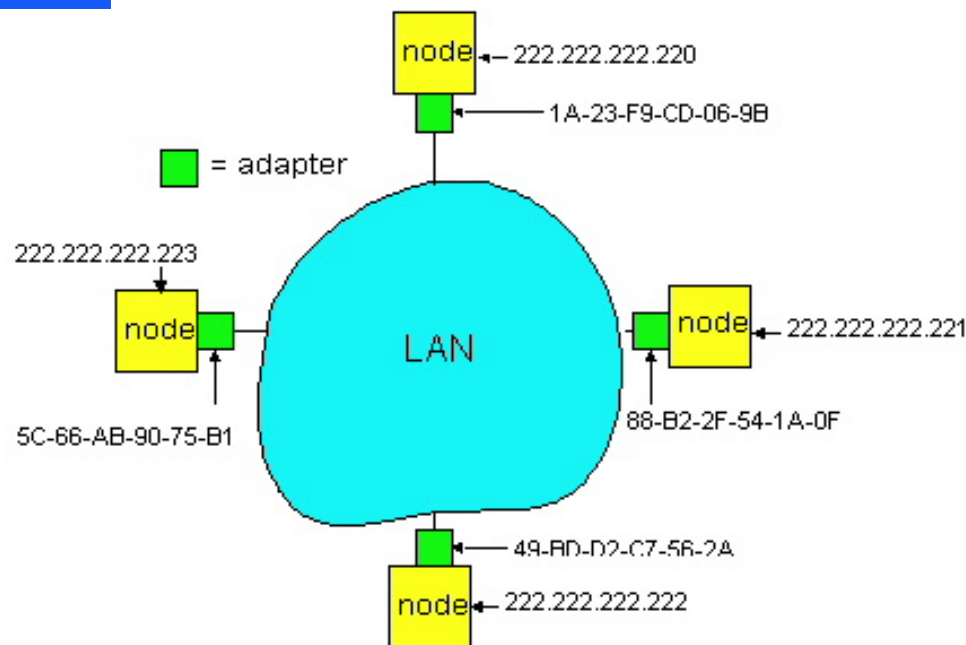
Πρωτόκολλο ARP

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 same LAN
- < IP address; MAC address; TTL >
<;; >
<;; >

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



Πρωτόκολλο ARP

- 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 βασικά πράγματα 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;
Οι άλλες μηχανές το χειρίζονται (απρόκλητο - gratuitous ARP) 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



Πρωτόκολλο RARP

- Ποια είναι η διεύθυνση IP για δοθείσα διεύθυνση Ethernet;
 - π.χ., κατά την εκκίνηση ενός σταθμού εργασίας χωρίς δίσκο
- Πρωτόκολλο αντίστροφης επίλυσης διευθύνσεων, RARP
- Εξυπηρετητής RARP
 - Χρειάζεται εξυπηρετητής RARP σε κάθε δίκτυο
- Πρωτόκολλο εκκίνησης (bootstrap) που ονομάζεται BOOTP και χρησιμοποιεί μηνύματα UDP

Πακέτο ARP



- Το ARP δεν είναι ειδικεύεται σε Ethernet & IP μόνο
 - Hardware Type: τύπος φυσικής διεύθυνσης (π.χ., Ethernet)
 - Protocol Type: τύπος πρωτοκόλλου ανωτέρου στρώματος (π.χ., IP)
 - HLEN & PLEN: 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



0	8	16	31
Hardware type = 1		Protocol type = 0x0800	
HLen = 48	PLen = 32	Operation	
SourceHardwareAddr (bytes 0-3)			
SourceHardwareAddr (bytes 4-5)		SourceProtocolAddr (bytes 0-1)	
SourceProtocolAddr (bytes 2-3)		TargetHardwareAddr (bytes 0-1)	
TargetHardwareAddr (bytes 2-5)			
TargetProtocolAddr (bytes 0-3)			

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

Πρωτόκολλο ARP



- 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



Πληρεξούσιο ARP

- **Proxy ARP:** Ο δρομολογητής απαντά στην ARP request που φτάνει σε ένα από τα υπο-δίκτυά του για υπολογιστή που βρίσκεται σε άλλο υποδίκτυό του

