



ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διευθυνσιοδότηση και
Ονοματοδοσία στο Internet

Ονόματα, Διευθύνσεις, Διαδρομές



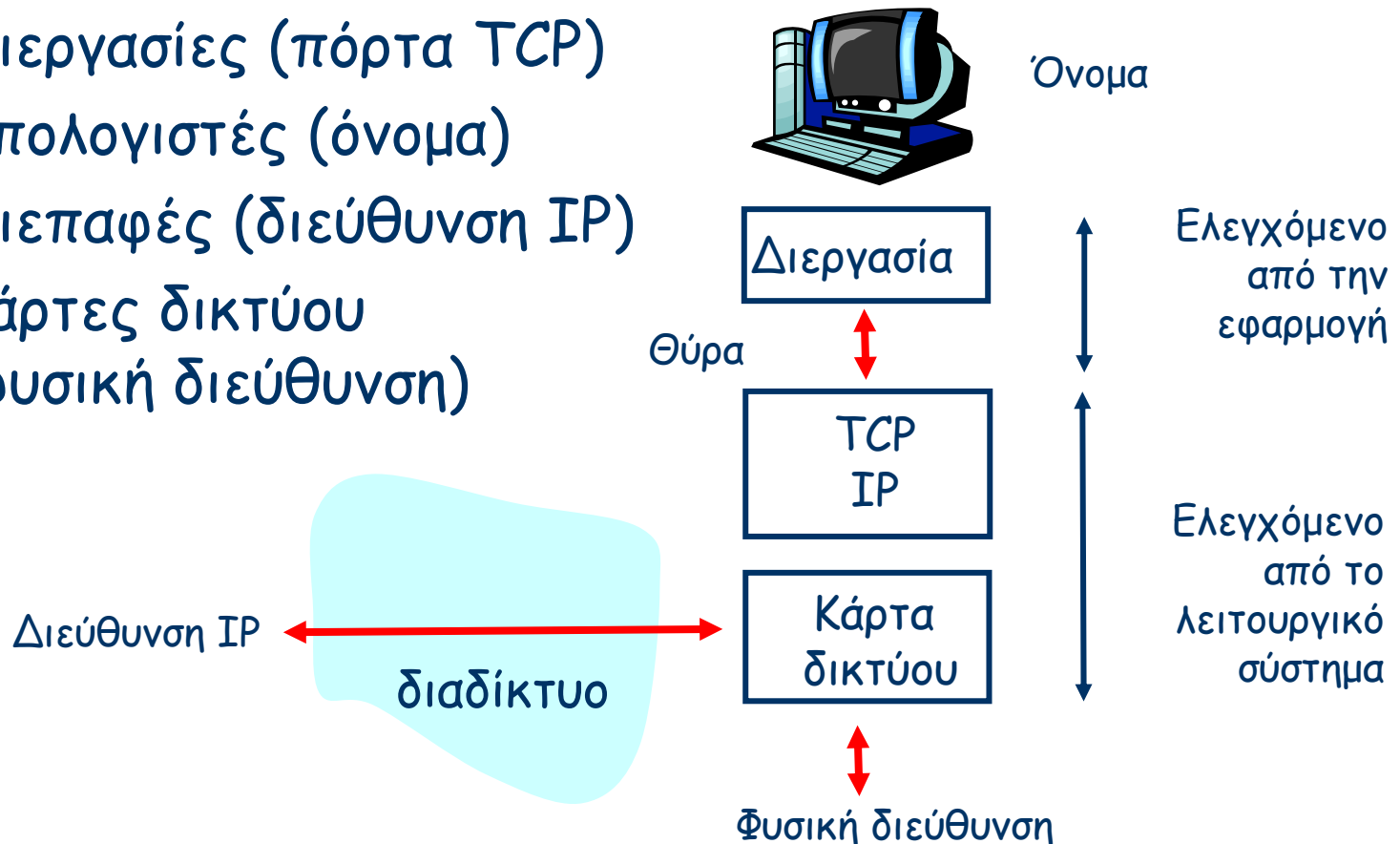
- Όνομα (ποιος)
- Διεύθυνση (πού)
- Διαδρομή (πώς)
- Θέση (location) $\neq$ Ταυτότητα (identifier)

Οντότητες



Οι οντότητες που χρήζουν ονομάτων ή διευθύνσεων στο διαδίκτυο είναι

- Διεργασίες (πόρτα TCP)
- Υπολογιστές (όνομα)
- Διεπαφές (διεύθυνση IP)
- Κάρτες δικτύου (φυσική διεύθυνση)





Θύρες



- Αριθμός 16 bit που υποδηλώνει την εφαρμογή, δηλαδή, οι θύρες στο TCP ονοματίζουν τα λογικά άκρα συνδέσεων.
- Για να δοθούν υπηρεσίες προς άγνωστους καλούντες (πελάτες) καθορίζεται μια θύρα ως σημείο πρώτης επαφής (πασίγνωστη θύρα)
- Όπου είναι δυνατό, χρησιμοποιούνται οι ίδιες και για το UDP
- Αριθμοί μικρότεροι από 1024 αποκαλούνται πασίγνωστοι (well known)
- Οι πασίγνωστες θύρες αποδίδονται από το IANA (Internet Assigned Numbers Authority) και χρησιμοποιούνται από διεργασίες του λειτουργικού συστήματος (root)
- Αριθμοί από 1024 μέχρι 49151 αποκαλούνται καταχωρημένες (registered) και αριθμοί από 49152 μέχρι 65535 είναι ιδιωτικοί ή δυναμικοί



- 7 ECHO
- 20 FTP - Data
- 21 FTP - Control
- 22 SSH Remote Login Protocol
- 23 Telnet
- 25 Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)
- 37 Time
- 53 Domain Name System (DNS)
- 69 Trivial File Transfer Protocol (TFTP)
- 70 Gopher Services
- 79 Finger



- 80 HTTP
- 110 POP3
- 119 Newsgroup (NNTP)
- 143 Interim Mail Access Protocol (IMAP)
- 161 SNMP
- 179 Border Gateway Protocol (BGP)
- 194 Internet Relay Chat (IRC)
- 389 Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)
- 443 HTTPS
- 546 DHCP Client
- 547 DHCP Server



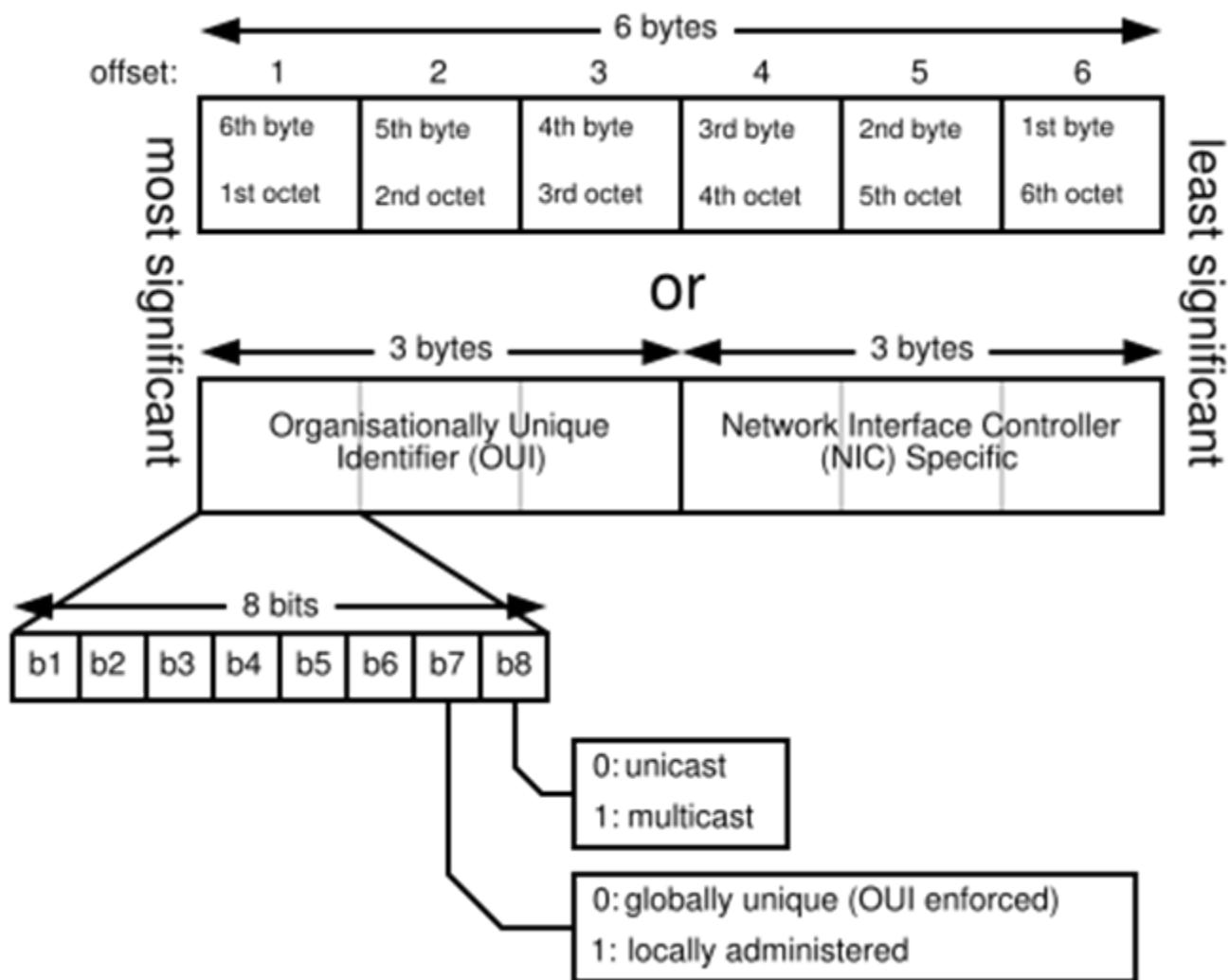
Φυσικές διευθύνσεις

Διευθύνσεις MAC



- Οι φυσικές διευθύνσεις συνήθως ταυτίζονται με τις διευθύνσεις MAC ή διευθύνσεις Ethernet
- Είναι μοναδικές → κάθε διεύθυνση αντιστοιχεί σε μία κάρτα δικτύου
- Η δομή των διευθύνσεων MAC ορίζεται στο πρότυπο IEEE 802
 - Μήκος 48 bit
 - 1 bit για Ομαδική ή Ατομική διεύθυνση
 - 1 bit για Τοπική ή Μοναδική διεύθυνση
 - 22 bit για τον κατασκευαστή ή πωλητή της κάρτας
 - 24 bit για τον αύξοντα αριθμό της κάρτας

Δομή διεύθυνσης Ethernet



Μετάδοση διευθύνσεων Ethernet



- Οι διευθύνσεις MAC συνήθως αναπαριστούνται σε δεκαεξαδική μορφή όπου κάθε byte διαχωρίζεται με ":" ή "-"
 - π.χ. "00-08-74-4C-7F-1D", "FF:FF:FF:FF:FF:FF"
- Η αναπαράσταση αυτή είναι γνωστή ως **κανονική μορφή (canonical format)**
- Κατά τη μετάδοση στο Ethernet το λιγότερο σημαντικό bit κάθε byte μεταδίδεται πρώτο
 - Η διεύθυνση 12-34-56-78-9A-BC θα μεταδοθεί ως
 - 01001000 00101100 01101010 00011110 01011001 00111101

Πλήθος διευθύνσεων Ethernet



- Τα 48 bit επαρκούν για την εκχώρηση 281.474.976.710.656 μοναδικών διευθύνσεων διεθνώς
 - ο χώρος δεν προβλέπεται να εξαντληθεί πριν το 2100
- Τα πρώτα 3 byte της διεύθυνσης, Organizationally Unique Identifier (OUI), εκχωρούνται από το IEEE σε κατασκευαστές ή οργανισμούς
- Ο αύξων αριθμός της κάρτας εκχωρείται από τον κατασκευαστή έτσι ώστε η διεύθυνση της κάρτας να είναι παγκοσμίως μοναδική
 - Ο χρήστης όμως μπορεί να τις αλλάξει (MAC spoofing)

Πολλαπλή διανομή, εκπομπή, μονο-εκπομπή



- Το πρώτο bit της διεύθυνσης υποδηλώνει πολλαπλή διανομή (multicast)
- Εάν το πρώτο bit της διεύθυνσης που μεταδίδεται (**τελευταίο του πρώτου byte**) είναι ίσο με 1 το πλαίσιο θα εκπεμφθεί μία φορά, αλλά θα ληφθεί από πολλές κάρτες
 - Πλαίσια που αποστέλλονται στη διεύθυνση εκπομπής (broadcast), "FF:FF:FF:FF:FF:FF" (όλα τα bit ίσα με 1) λαμβάνονται από όλες τις κάρτες του τοπικού δικτύου
 - Πλαίσια που αποστέλλονται σε διευθύνσεις πολλαπλής διανομής λαμβάνονται από όλες τις κάρτες του τοπικού δικτύου που έχουν ρυθμισθεί να ακούν τις συγκεκριμένες διευθύνσεις
- Εάν το πρώτο bit της διεύθυνσης που μεταδίδεται είναι ίσο με 0, μονο-εκπομπή (unicast), το πλαίσιο θα **εκπεμφθεί** μία φορά αλλά θα ληφθεί μόνο από τη συγκεκριμένη κάρτα
 - και όποιον κρυφακούει (promiscuous mode)

Παγκόσμια μοναδική ή τοπικά διαχειρίσιμη διεύθυνση



- Το δεύτερο bit της διεύθυνσης υποδηλώνει παγκόσμια μοναδική ή τοπικά διαχειρίσιμη διεύθυνση
- Εάν το δεύτερο bit της διεύθυνσης που μεταδίδεται (προτελευταίο του πρώτου byte) είναι ίσο με 0, η διεύθυνση είναι μοναδική
 - Εξασφαλίζεται μέσω του κατασκευαστή
- Εάν το δεύτερο bit της διεύθυνσης που μεταδίδεται (προτελευταίο του πρώτου byte) είναι ίσο με 1, η διεύθυνση είναι τοπική
 - Οι τοπικές διευθύνσεις ορίζονται από τους διαχειριστές και υποκαθιστούν αυτές του κατασκευαστή
 - Δεν περιέχουν ΟΥΙ και έχουν νόημα μόνο εντός της διαχειριστικής επικράτειας

Το μέλλον των φυσικών διευθύνσεων



- Το ΙΕΕΕ χρησιμοποιεί πλέον τον όρο EUI (Extended Unique Identifier)
 - EUI-48 είναι οι συνήθεις διευθύνσεις των 6 byte σε περίπτωση που αναφέρονται στο υλικό (κάρτες δικτύου), έχουν όμως γενικότερη χρήση και μπορεί να αφορούν άλλες συσκευές ή λογισμικό
- EUI-64 είναι διευθύνσεις των 8 byte, που δε προβλέπεται να εξαντληθούν στο μέλλον, και χρησιμοποιούνται από πρωτόκολλα όπως
 - Firewire
 - Zigbee
 - IPv6

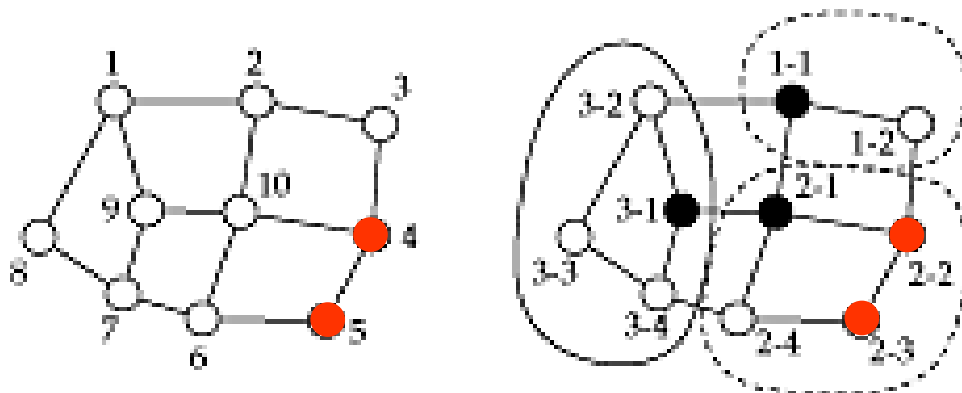


Διευθυνσιοδότηση

Διευθυνσιοδότηση



- Οι διευθύνσεις πρέπει να είναι μοναδικές
- Δεν έχουν κατ' ανάγκη ιεραρχική μορφή, παρότι αυτό διευκολύνει



Διευθυνσιοδότηση στο Internet



- Κάθε διεπαφή host έχει την δική της διεύθυνση IP
- Οι δρομολογητές έχουν πολλαπλές διεπαφές, κάθε μία έχει την δική της διεύθυνση IP
- Η τρέχουσα έκδοση του IP είναι η 4, και οι διευθύνσεις είναι IPv4 με μήκος 4 byte και δομή ιεραρχίας δύο επιπέδων
 - αριθμός δικτύου και αριθμός host
 - το όριο καθορίζεται από την μάσκα υποδικτύου (subnet)
- Η νεότερη έκδοση του IP είναι η 6, και οι διευθύνσεις είναι IPv6 με μήκος 16 byte και δομή δύο λογικών επιπέδων
 - Ένα πρόθεμα 64 bit για το (υπο-)δίκτυο
 - και 64 bit για τον host που είτε παράγεται αυτόματα από τη διεύθυνση MAC είτε εκχωρείται σειρικά

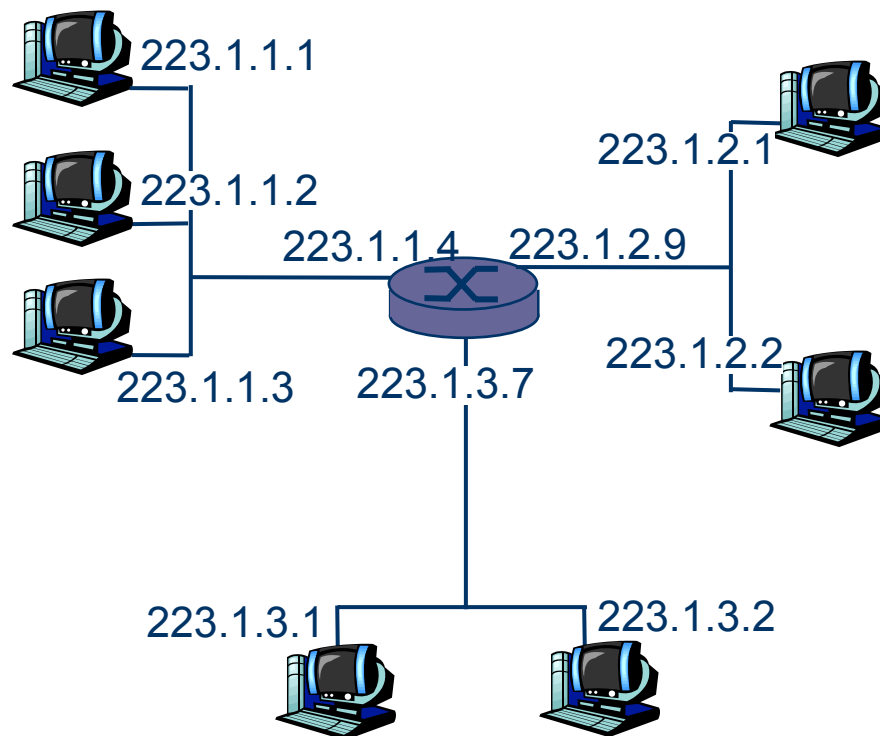
Διευθύνσεις IP



- Οι διευθύνσεις IP είναι λογικές διευθύνσεις (όχι φυσικές)
- Οι αριθμοί host χορηγούνται τοπικά από τον διαχειριστή δικτύου
- Οι αριθμοί δικτύου εκχωρούνται από το **ICANN**:
Internet **C**orporation for **A**ssigned **N**ames and **N**umbers
 - Εκχωρεί διευθύνσεις και ονόματα περιοχών, διαχειρίζεται το DNS, επιλύει διαφορές
- Και ο αριθμός δικτύου και ο αριθμός host χρησιμοποιούνται για τη δρομολόγηση



Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

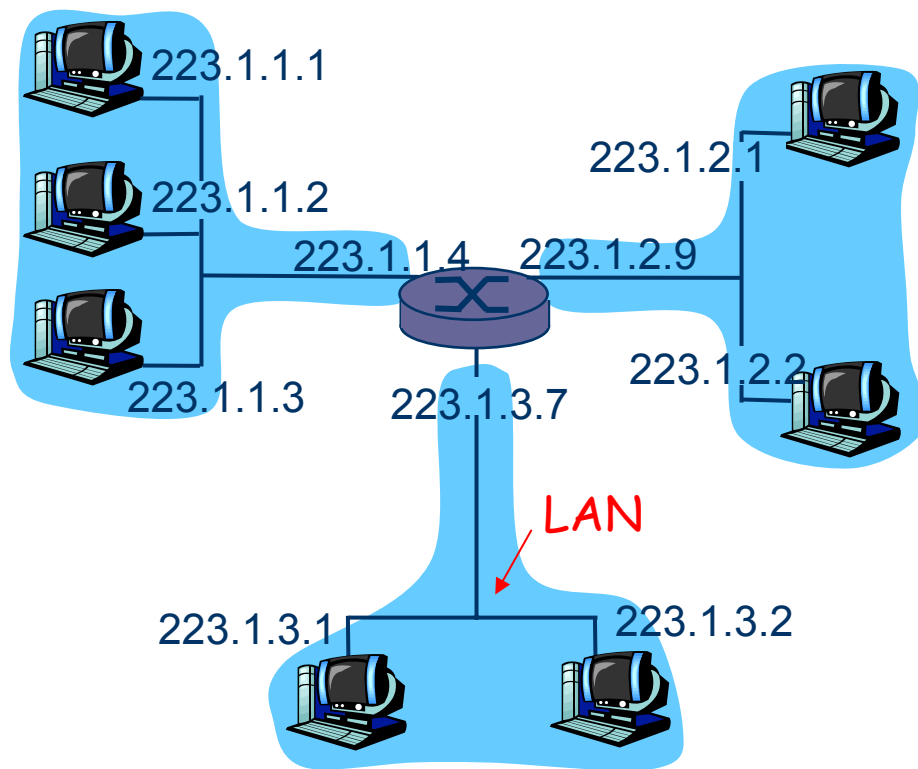


223.1.1.1 = $\underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1 \underbrace{00000001}_1$



Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

- Διευθύνσεις IP:
 - μέρος δικτύου (τα πρώτα bit)
 - μέρος host (τα τελευταία bit)
- Τι είναι δίκτυο ? (από πλευράς διευθύνσεων IP)
 - διεπαφές με το ίδιο μέρος διεύθυνσης δικτύου IP
 - προσεγγίσιμες χωρίς την παρέμβαση δρομολογητή



Τρία δίκτυα IP



Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

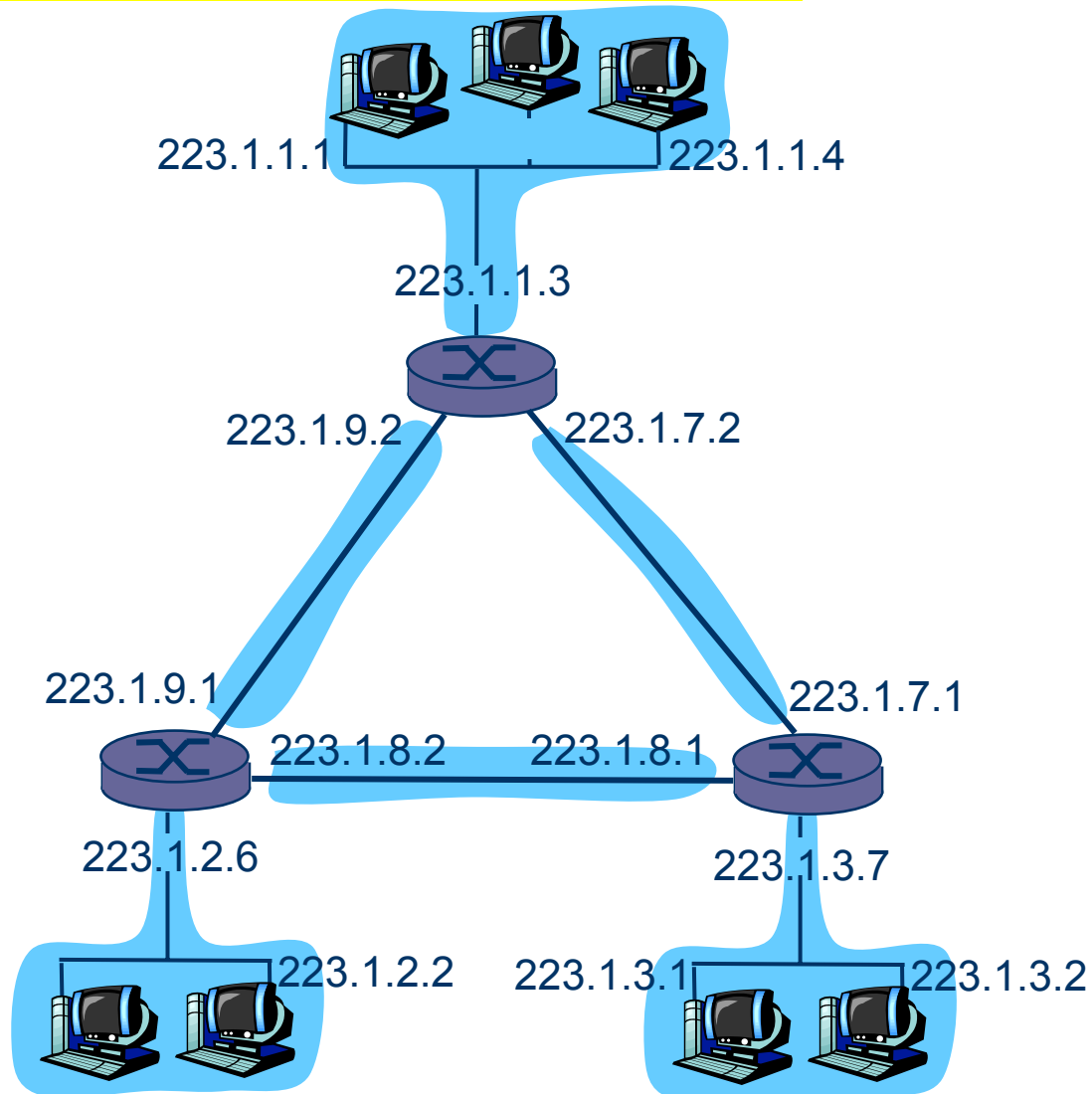
223.1.1.2

Πώς βρίσκουμε το δίκτυο?

- Αποσπάστε τη διεπαφή από τον δρομολογητή ή host
- δημιουργείστε "απομονωμένες νησίδες"

Έξι δίκτυα IP

223.1.2.1



Δίκτυα υπολογιστών

Κατηγορίες διευθύνσεων IP



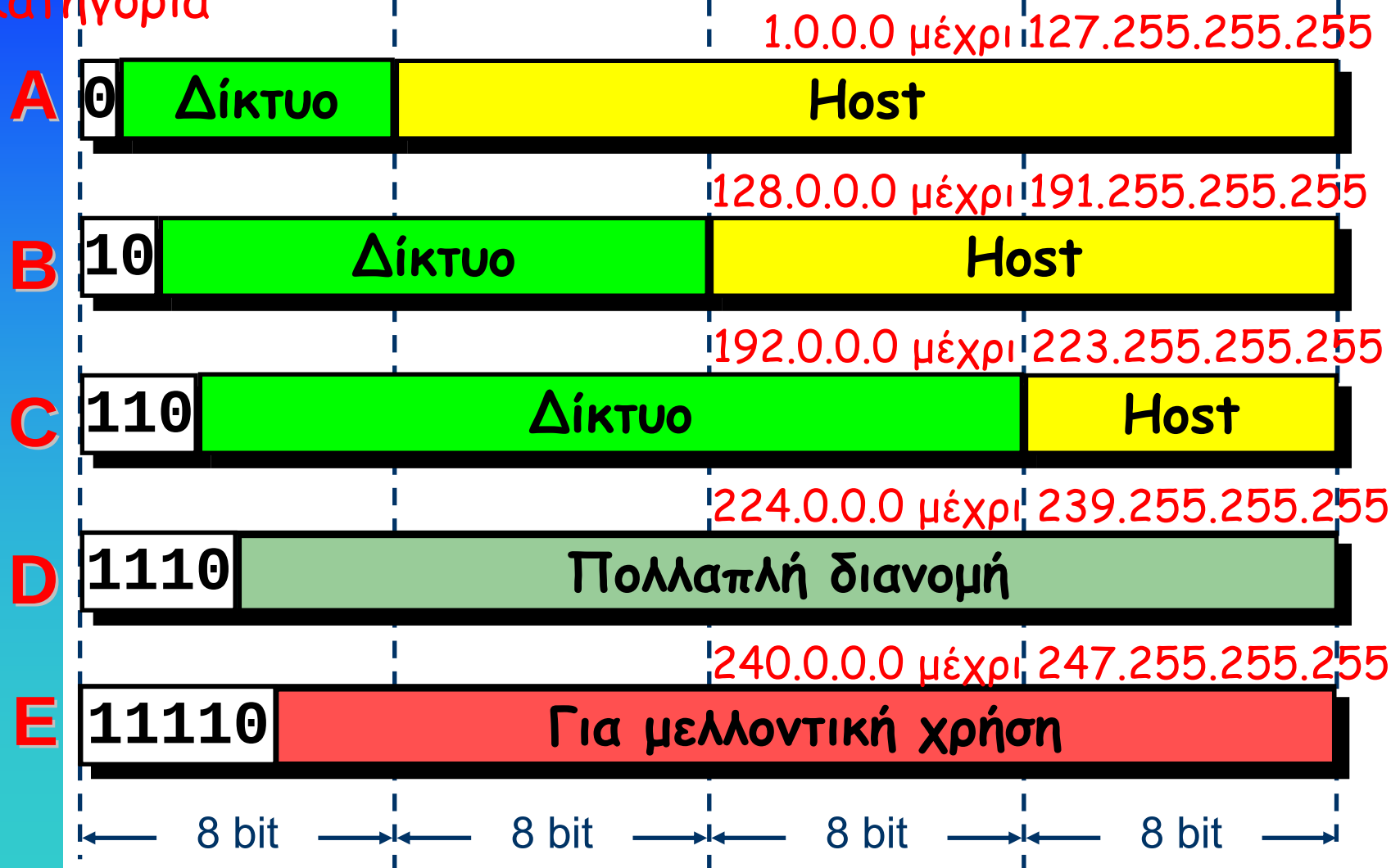
Διακρίνονται από τα αρχικά bit της διεύθυνσης

- 0 => class A (πρώτο byte < 128)
- 10 => class B (πρώτο byte στην περιοχή 128-191)
- 110 => class C (πρώτο byte στην περιοχή 192-223)
- 1110 => class D (πρώτο byte στην περιοχή 224-239)
- 11110 => class E (πρώτο byte στην περιοχή 240-247)



Κατηγορίες διευθύνσεων IP

Κατηγορία



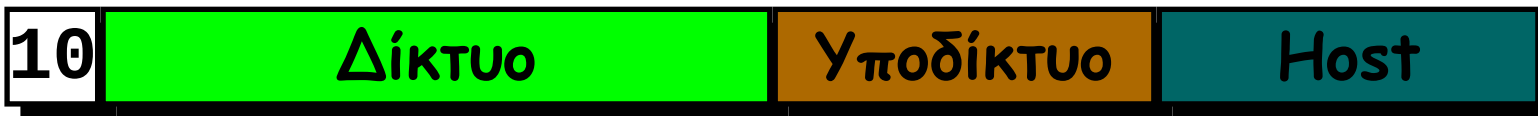


Υποδίκτυα IP

Υποδίκτυα



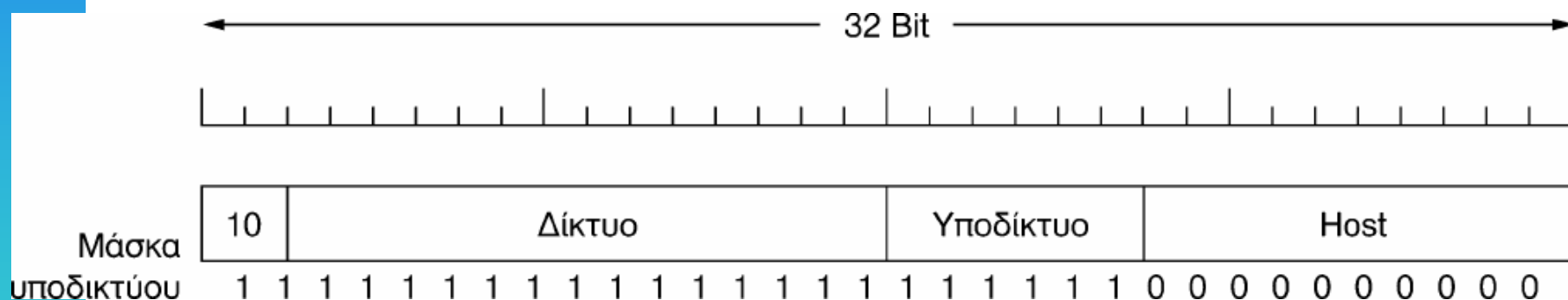
- Επιτρέπεται ο διαμελισμός του δικτύου σε πολλά μέρη για εσωτερική χρήση, με το δίκτυο όμως να συμπεριφέρεται σαν ένα και μοναδικό προς όλον τον υπόλοιπο κόσμο
- Ο αριθμός υποδικτύου χρησιμοποιείται γενικά για να ομαδοποιήσει host με βάση τη φυσική τοπολογία δικτύου
- Η εκχώρηση ενός νέου αριθμού υποδικτύου δεν απαιτεί επικοινωνία με το NIC



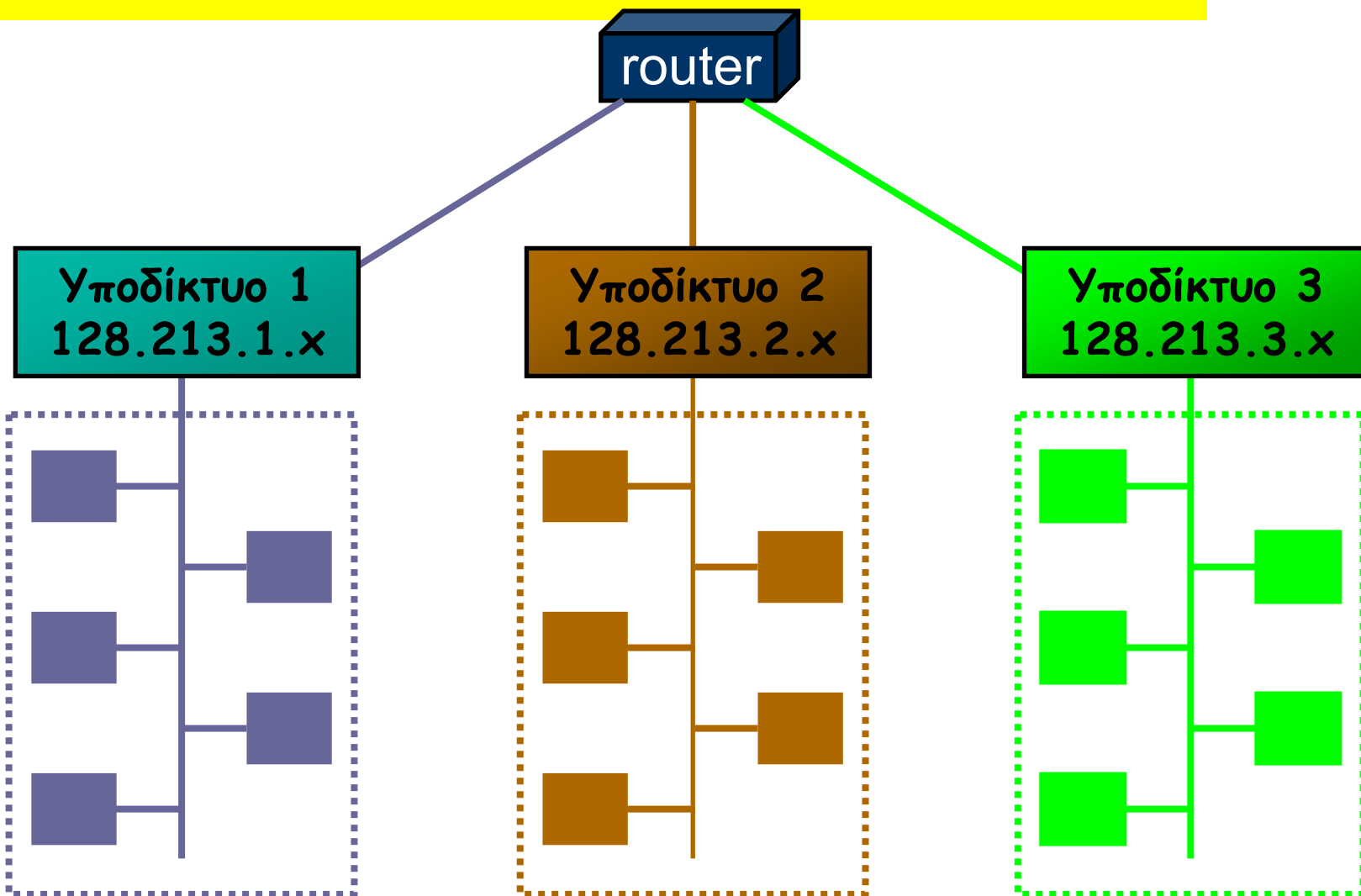


Λειτουργία υποδικτύων

- Ένας δρομολογητής υποδικτύου γνωρίζει πώς να πάει στα άλλα υποδίκτυα. Δεν γνωρίζει λεπτομέρειες για τους host των άλλων υποδικτύων.
- 130.50.15.6 μετά τη μάσκα 130.50.12.0 και πηγαίνει στο υποδίκτυο 3



Υποδίκτυα





Λειτουργία υποδικτύων

- Κάθε δρομολογητής έχει καταχωρήσεις της μορφής:
 - (δίκτυο, 0) για κάποιο αριθμό διευθύνσεων IP
 - (αυτό το δίκτυο, host) για κάποιο άλλο αριθμό διευθύνσεων
- Η πρώτη μορφή δείχνει το πώς φθάνεις σε απομακρυσμένα δίκτυα και η δεύτερη στους τοπικούς host
- Όταν έχουμε υποδίκτυα, οι πίνακες τροποποιούνται ως εξής:
 - (αυτό το δίκτυο, υποδίκτυο, 0)
 - (αυτό το δίκτυο, αυτό το υποδίκτυο, host)



Ταξική διευθυνσιοδότηση

Classful Addressing

- Με ταξικές διευθύνσεις, οι δρομολογητές έχουν μία καταχώρηση για κάθε δίκτυο κατηγορίας A, B ή C
- Για δίκτυα κατηγορίας A ή B είναι αποδεκτό
 - $2^7 = 128$ Class A
 - $2^{14} = 16.384$ Class B
- Για δίκτυα κατηγορίας C είναι απαράδεκτο
 - $2^{21} = 2.097.152$ Class C
- Συνεπώς η ταξική εκχώρηση διευθύνσεων IP εγκαταλείφθηκε



CIDR, Classless InterDomain Routing



Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών

- Λύση του 1993 στο πρόβλημα
 - της έλλειψης διευθύνσεων κατηγορίας B
 - του μεγάλου μεγέθους των πινάκων δρομολόγησης
- Οι εναπομείνουσες διευθύνσεις κατηγορίας A, B και C σε μπλοκ μεταβλητού μεγέθους
 - 2000 διευθύνσεις $\Rightarrow$ ομάδα 2048 διευθύνσεων (8 συνεχόμενα δίκτυα κατηγορίας C)
 - 8000 διευθύνσεις $\Rightarrow$ 32 συνεχόμενα δίκτυα C

Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών



- **Σκοπός:**

- Αναδόμηση του τρόπου εκχώρησης των IP διευθύνσεων για αύξηση της αποδοτικότητας
- Ιεραρχική δρομολόγηση για μείωση μεγέθους πινάκων δρομολόγησης

- CIDR εγκαταλείπει την έννοια της κατηγορίας

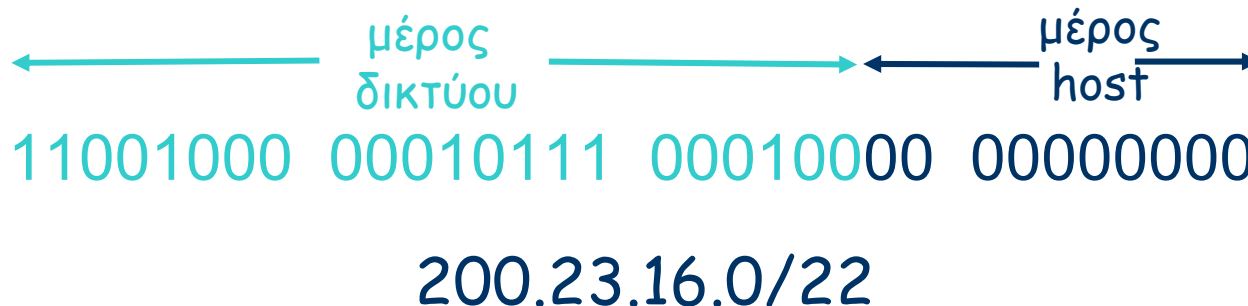
- **Βασική έννοια:** Το μήκος της διεύθυνσης δικτύου είναι αυθαίρετο

- Οι δρομολογητές διαδίδουν διευθύνσεις IP και πρόθεμα (το πρόθεμα αντικαθιστά την μάσκα του υποδικτύου)

Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών



- Συμβολισμός διευθύνσεων σύμφωνα με CIDR:
- **192.0.2.0/18**
 - "18" δηλώνει ότι τα πρώτα 18 bit αποτελούν την διεύθυνση του δικτύου
 - άρα τα υπόλοιπα 14 bit είναι διαθέσιμα για διευθύνσεις host
 - το μέρος για διεύθυνση δικτύου αποκαλείται πρόθεμα (prefix)
- Με πρόθεμα 22 bit, CIDR επιτρέπει ένα συνεχές μπλοκ από 1024 διευθύνσεις







Σύντμηση (aggregation) διευθύνσεων

- Για να μην υπάρχουν πολλές καταχωρήσεις και διογκώνονται οι πίνακες δρομολόγησης, επιβάλλεται η σύντμηση (aggregation) διευθύνσεων μέσω του προθέματος
- Όταν φθάσει ένα πακέτο, αποσπάται η διεύθυνση προορισμού και ερευνάται ο πίνακας δρομολόγησης, καταχώρηση προς καταχώρηση, με εφαρμογή της μάσκας στη διεύθυνση προορισμού
- Όταν στην αναζήτηση βρεθούν πολλά ταιριάσματα, το πακέτο δρομολογείται στο δίκτυο με το μακρύτερο πρόθεμα



Σύντμηση διευθύνσεων

Οργανισμός 0

200.23.16.0/23

Οργανισμός 1

200.23.18.0/23

Οργανισμός 2

200.23.20.0/23

⋮

Οργανισμός 7

⋮

200.23.30.0/23

ISP1

"Στείλε οτιδήποτε
με διευθύνσεις
που ξεκινάνε με
200.23.16.0/20"

ISP2

"Στείλε οτιδήποτε
με διευθύνσεις
που ξεκινάνε με
199.31.0.0/16"

Internet



Σύντμηση διευθύνσεων

ISP2 έχει συγκεκριμένη διαδρομή για τον οργανισμό 1

Οργανισμός 0

200.23.16.0/23

Οργανισμός 2

200.23.20.0/23

Οργανισμός 7

200.23.30.0/23

Οργανισμός 1

200.23.18.0/23

ISP1

ISP2

Internet

"Στείλε οτιδήποτε
με διευθύνσεις
που ξεκινάν με
200.23.16.0/20"

"Στείλε οτιδήποτε
με διευθύνσεις
που ξεκινάν με
199.31.0.0/16
ή 200.23.18.0/23"



Περισσότερα για τις διευθύνσεις



Συμβολισμός διευθύνσεων IP

- Οι διευθύνσεις IP είναι συνήθως γραμμένες σε δεκαδικό συμβολισμό με τελείες (dotted decimal notation)

128.213.1.1 $\Rightarrow$ 10000000 11010101 00000001 00000001

Διεύθυνση κατηγορίας B

- Η κατώτατη διεύθυνση IP είναι 0.0.0.0 και η ανώτατη 255.255.255.255

Ειδικές διευθύνσεις IP



- 127.0.0.1 διεπαφή βρόχου επιστροφής (loopback)
- Διεύθυνση όπου το hostid περιέχει μόνο μηδενικά "0... 0" είναι το όνομα του υποδικτύου
 - π.χ. 128.143.0.0
- Διεύθυνση όπου το hostid περιέχει μόνο άσσους "1... 1" είναι εκπομπή στο υποδίκτυο
 - π.χ. 128.143.255.255

Ειδικές διευθύνσεις IP



0 0																																Αυτός ο host
0 0 ... 0 0																Host																Host στο ίδιο δίκτυο
1 1																																Εκπομπή στο τοπικό δίκτυο
Δίκτυο																1 1 1 1 ... 1 1 1 1																Εκπομπή σε μακρινό δίκτυο
127								(Οτιδήποτε)																								Βρόχος επιστροφής



Πολλαπλή διανομή στο Internet

- Το IP υποστηρίζει πολλαπλή διανομή, χρησιμοποιώντας τις πρώην διευθύνσεις κατηγορίας D.
- Για τις ταυτότητες των ομάδων διατίθενται 28 bit (250 εκατ. ομάδες)
- Μόνιμες και προσωρινές διευθύνσεις
 - 224.0.0.1 Όλα τα συστήματα του LAN
 - 224.0.0.2 Όλοι οι δρομολογητές του LAN
 - 224.0.0.5 Όλοι οι δρομολογητές OSPF του LAN
 - 224.0.0.6 Όλοι οι εκλεγμένοι δρομολογητές OSPF του LAN
- Οι προσωρινές ομάδες πρέπει να δημιουργηθούν πριν να χρησιμοποιηθούν



Ελεύθερα διαθέσιμες διευθύνσεις IP

- Πακέτα με αυτές τις διευθύνσεις φυσιολογικά δεν δρομολογούνται στο Internet
 - 10.0.0.0/8 $\rightarrow$ 10.0.0.0 - 10.255.255.255
 - 172.16.0.0/12 $\rightarrow$ 172.16.0.0 - 172.31.255.255
 - 192.168.0.0/16 $\rightarrow$ 192.168.0.0 - 192.168.255.255
- Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν στο εσωτερικό δικτύων (**ιδιωτικά δίκτυα**)
- Για την επικοινωνία με τον έξω κόσμο παρεμβάλλεται κάποια πύλη (NAT)



Ελεύθερα διαθέσιμες διευθύνσεις IP

- Διατίθεται ακόμη ένα για ιδιωτικές διευθύνσεις που αποκαλούνται τοπικές ανά ζεύξη (link local)
- Από τις διευθύνσεις 169.254.0.0/16 το σύνολο 169.254.0.0 - 169.254.254.255 είναι διαθέσιμο για τη δημιουργία μικρών αυτό-ρυθμιζόμενων δικτύων (Zero Configuration Networking)
 - Δεν απαιτείται χειροκίνητη διάρθρωση των κόμβων
 - Αποδίδονται τυχαία, συγκρούσεις επιλύονται φιλικά
 - Δεν δρομολογούνται



Εξάντληση διευθύνσεων IP

- Υπάρχουν συνολικά $2^{32} = 4,294,967,296$ διευθύνσεις IP
- Class A (/8): 7 bit δηλώνουν το δίκτυο
 - μόνο 126 δίκτυα Class A
 - κάθε δίκτυο μπορεί να έχει 16 εκατομμύρια (2^{24}) hosts.
- Class B (/16): 14 bit δηλώνουν το δίκτυο
 - περίπου 16,000 δίκτυα
 - περίπου 65,000 (2^{16}) host ανά δίκτυο
- Class C (/24): 21 bit δηλώνουν το δίκτυο
 - περίπου 2 εκατομμύρια δίκτυα
 - περίπου 254 host ανά δίκτυο

Προβλήματα με τις διευθύνσεις IP



- Προβλήματα με το αρχικό σχήμα ταξικών (classful) διευθύνσεων
- Πρόβλημα 1. Η ιεραρχία δύο επιπέδων δεν είναι κατάλληλη για δρομολόγηση εντός μεγάλων δικτύων Class A, Class B
 - Λύση #1: Υποδίκτυα
- Πρόβλημα 2. Πολύ λίγες διευθύνσεις για μεγάλα δίκτυα
 - Κατηγορίες σύμφωνα με τον παλαιό τρόπο (classful) οδήγησαν σε εξάντληση των διευθύνσεων κατηγορίας B
 - ένας μέσου μεγέθους οργανισμός δεν ήταν ικανοποιημένος με class C, ενώ η class B υπερ-επαρκούσε
 - Λύση #2: Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών (CIDR)

Προβλήματα με τις διευθύνσεις IP



- **Πρόβλημα 3: Τεράστιοι πίνακες δρομολόγησης**
 - Οι δρομολογητές χρειάζονται μια καταχώρηση για κάθε δίκτυο. Το 1993, το μέγεθος των πινάκων έγινε απαγορευτικό
 - Λύση #2: CIDR
- **Πρόβλημα 4. Εξάντληση διευθύνσεων 32 bit**
 - Λύση #3: NAT (προσωρινή)
 - Λύση #4: IPv6 (μακροπρόθεσμη)

Διευθύνσεις IPv6



- Μήκος 128 bit
 - γράφονται ως 8 δεκαεξαδικοί ακέραιοι αριθμοί των 16-bit χωρισμένοι με ":"
- Συντομεύσεις:
 - Τα αρχικά μηδενικά παραλείπονται: "0000" → "0"
 - Το ":0000...:0000" γράφεται σαν "::"
- Όλες αυτές είναι η ίδια διεύθυνση
 - 2001:0db8:0000:0000:0000:0000:1428:57ab
 - 2001:0db8:0000:0000:0000::1428:57ab
 - 2001:0db8:0:0:0:0:1428:57ab
 - 2001:0db8:0:0::1428:57ab
 - 2001:0db8::1428:57ab
 - 2001:db8::1428:57ab

Πότε θα εξαντληθούν?



- **Πρακτικά ποτέ!**
- Υπάρχουν 2^{128} διευθύνσεις που αντιστοιχούν περίπου σε $3,403 \times 10^{38}$ διαφορετικές διεπαφές host
 - Ο αριθμός αυτός είναι τεράστιος και επαρκεί για το απώτερο μέλλον, ακόμα και εάν τα κινητά τηλέφωνα και όλες οι φορητές συσκευές απαιτούσαν πρόσβαση στο Internet
 - Υπάρχουν περίπου 5.000 διευθύνσεις για κάθε τετραγωνικό μμ της επιφάνειας της Γης

Είδη διευθύνσεων IPv6



- Τρεις κατηγορίες διευθύνσεων
 - Unicast
 - Multicast
 - Anycast
- Οι διευθύνσεις μονο-εκπομπής (unicast) προσδιορίζουν μοναδικές δικτυακές διεπαφές
- Οι διευθύνσεις πολλαπλής διανομής (multicast) προσδιορίζουν διεπαφές που ανήκουν σε μια ομάδα κόμβων. Πακέτα προς μια διεύθυνση πολλαπλής διανομής παραδίδονται σε όλα τα μέλη της ομάδας
 - Αρχίζουν με το πρόθεμα FF00::/8
- Οι διευθύνσεις anycast, όπως και οι πολλαπλής διανομής, προσδιορίζουν μια ομάδα, με τη διαφορά ότι πακέτο που στέλνεται σε τέτοια διεύθυνση παραδίδεται μόνο σε μια διεπαφή των κόμβων της ομάδας, συνήθως, την "κοντινότερη"
- Δεν υπάρχουν διευθύνσεις για εκπομπή (broadcast) στο IPv6

Ειδικές διευθύνσεις IPv6



- `::1/128` — loopback ότι και η `127.0.0.1` στο IPv4
- `::ffff:0:0/96` — δείχνει IPv4 διεύθυνση (μηχανισμός μετάβασης).
- `2001:db8::/32` — στα κείμενα όπου δίδεται παράδειγμα έχει αυτό το πρόθεμα
- `fe80::/10` — link-local ότι και η `169.254.0.0/16` για το IPv4.
- `ff00::/8` — πολλαπλή διανομή



Ονοματοδοσία

Ονόματα των host



- Οι διευθύνσεις IP προσδιορίζουν διεπαφές υπολογιστών ή δρομολογητών
 - Η διεύθυνση IP περιέχει πληροφορία που χρησιμοποιείται για τη δρομολόγηση.
- Οι διευθύνσεις IP είναι δύσκολο να απομνημονεύονται από τους ανθρώπους.
- Τις διευθύνσεις IP είναι αδύνατο να τις μαντέψει κάποιος.
 - π.χ. από το όνομα μιας ιστοθέσης



Σύστημα ονομασίας περιοχών

Domain Name System (DNS):

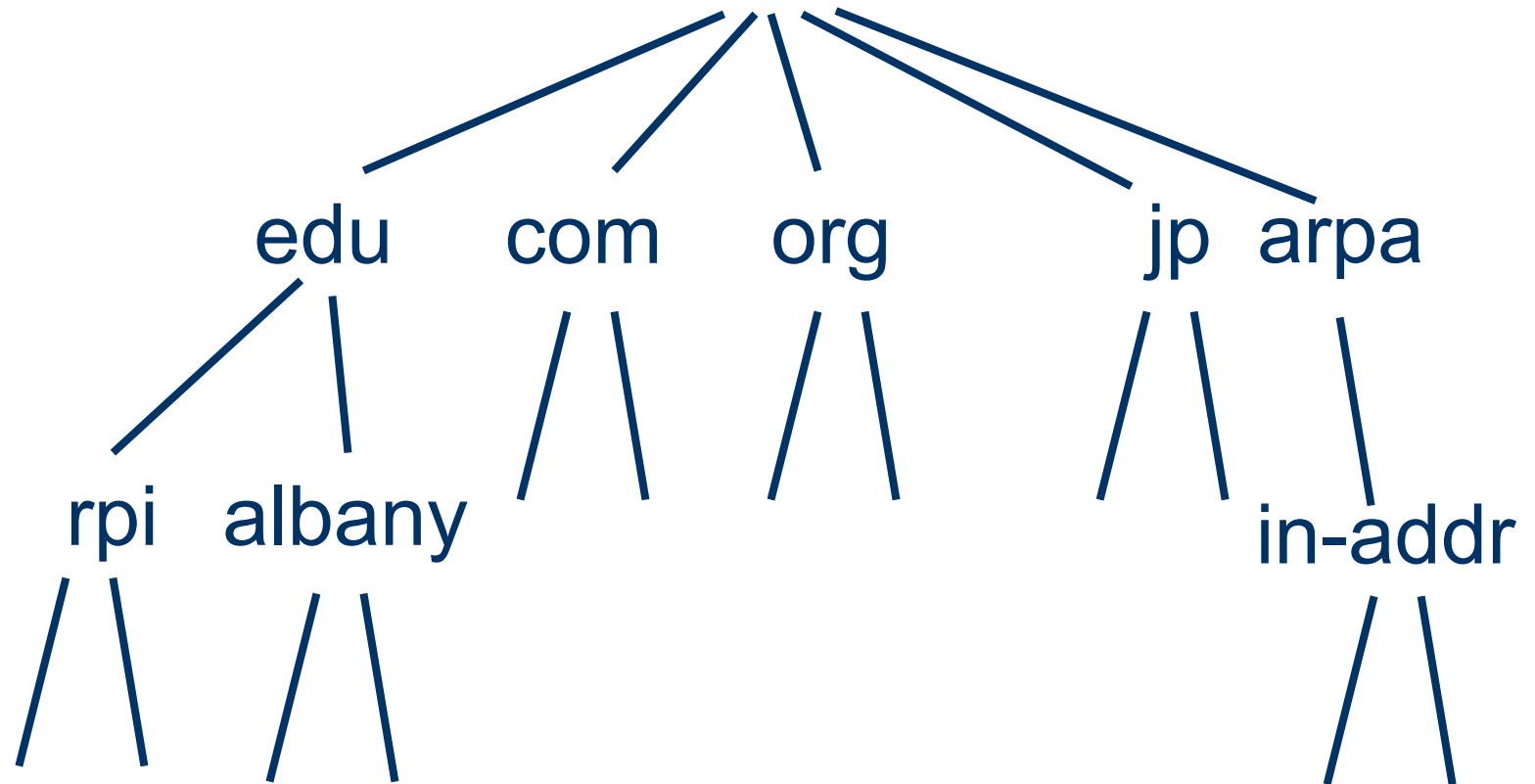
- *κατανεμημένη βάση δεδομένων* που εφαρμόζεται σε μια ιεραρχία πολλών *εξυπηρετητών ονομάτων*
- *πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογών* που επιτρέπει σε hosts, routers και name servers να επικοινωνούν για να *αναλύσουν* ονόματα (μετάφραση ονόματος σε διεύθυνση)
 - είναι λειτουργία του κορμού του Internet, που εφαρμόζεται ως πρωτόκολλο του στρώματος εφαρμογών
- Τα ονόματα των περιοχών απαρτίζουν μια ιεραρχία κατά τρόπο που τα ονόματα είναι μοναδικά και εύκολα απομνημονεύονται

Χώρος ονομάτων του DNS



- Χρήση ιεραρχίας ονομάτων
- Το Internet είναι χωρισμένο νοητά σε εκατοντάδες διαφορετικές **περιοχές (domains)** υψηλού επιπέδου, με πολλούς host η καθεμία
 - Sub-domains, κ.ο.κ.
- Οι περιοχές μπορεί να παρασταθούν μ' ένα δέντρο

Ιεραρχία του DNS





Δομή ονόματος του Host

- Το όνομα κάθε host αποτελείται από μια ακολουθία *ετικετών (Labels)* που χωρίζονται με τελείες.
 - κάθε ετικέτα μπορεί να έχει μέχρι 63 χαρακτήρες
 - το όνομα συνολικά μπορεί να έχει το πολύ 255 χαρακτήρες.
- Παραδείγματα:
 - whitehouse.gov
 - barney.the.purple.dinosaur.com
 - monica.cs.rpi.edu

Όνομα περιοχής



- Το όνομα περιοχής (domain name) για έναν host είναι η ακολουθία των ετικετών που οδηγούν από τον host (φύλλο στο δέντρο ονομάτων) στην κορυφή του παγκόσμιου δέντρου ονομάτων.
- Μια περιοχή είναι ένα υποδέντρο του παγκόσμιου δέντρου ονομάτων.

Περιοχές επιπέδου κορυφής



- αρχικά υπήρχαν
 - edu, gov, com, net, org, mil, int
- μετά προστέθηκαν περιοχές για κάθε χώρα (όνομα περιοχής με 2 γράμματα).
 - gr, nl, uk, us, jp, ...
- προσφάτως εγκρίθηκαν 4 νέες γενικού σκοπού
 - biz, info, name, pro
- καθώς και 3 ειδικού σκοπού
 - aero, coop, museums



Πρωτόκολλο DNS



Οργάνωση του DNS

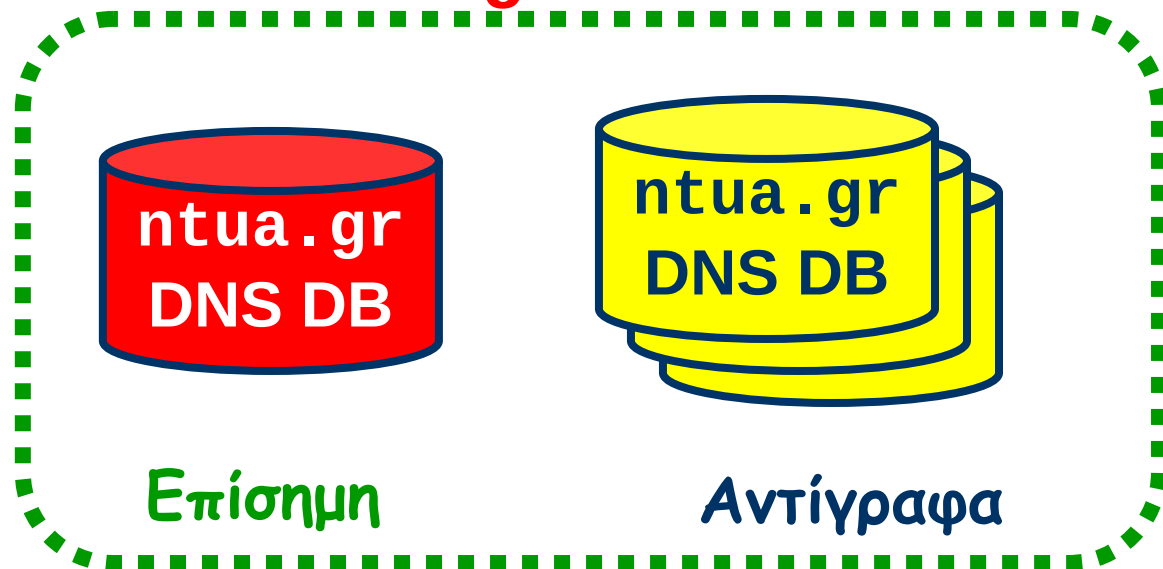
- Κατανεμημένη βάση δεδομένων
 - Ο οργανισμός που κατέχει μια περιοχή ονομάτων είναι υπεύθυνος να έχει έναν DNS server, ο οποίος θα κάνει την αντιστοίχιση μεταξύ των ονομάτων των host με τις διευθύνσεις IP.
 - Έτσι, κάποιος εξυπηρετητής που ΕΜΠ είναι υπεύθυνος για οτιδήποτε βρίσκεται στην περιοχή ntua.gr

Κατανεμημένη βάση DNS



- Υπάρχει ένας κύριος εξυπηρετητής για μια περιοχή και, συνήθως, ένας αριθμός από δευτερεύοντες εξυπηρετητές που περιέχουν αντίγραφα των βάσεων δεδομένων.
- Ένας πελάτης DNS ονομάζεται *επιλυτής (resolver)*

ntua.gr DNS server





Μετατροπή ονομάτων σε διευθύνσεις

Σε συντομία το DNS χρησιμοποιείται ως εξής:

- το πρόγραμμα εφαρμογής καλεί μια συνάρτηση βιβλιοθήκης, που ονομάζεται *επιλυτής (resolver)* στην οποία περνά το όνομα ως παράμετρο
- ο επιλυτής στέλνει ένα πακέτο UDP στον τοπικό εξυπηρετητή DNS
- ο DNS επιστρέφει την διεύθυνση IP στον επιλυτή, ο οποίος την επιστρέφει με τη σειρά του στον καλούντα
- διαθέτοντας τη διεύθυνση IP, το πρόγραμμα μπορεί στη συνέχεια να εγκαταστήσει μια σύνδεση TCP ή να στείλει πακέτα UDP

Εξυπηρετητές ονομάτων DNS



Γιατί όχι κεντρική DNS?

- μοναδικό σημείο αποτυχίας
- όγκος κίνησης
- απόμακρη κεντρική βάση δεδομένων
- συντήρηση

δεν είναι επεκτάσιμη

Εξυπηρετητές ονομάτων



- κανένας εξυπηρετητής δεν έχει όλες τις αντιστοιχίες ονομάτων σε διευθύνσεις IP

τοπικοί εξυπηρετητές ονομάτων:

- η ερώτηση DNS του host πηγαίνει πρώτα στον τοπικό εξυπηρετητή
- οι τοπικοί εξυπηρετητές χειρίζονται άμεσα τις αιτήσεις που αφορούν την περιοχή τους
- οι τοπικοί εξυπηρετητές χειρίζονται αιτήσεις προς άλλες περιοχές επικοινωνώντας με μακρινούς εξυπηρετητές DNS
- οι τοπικοί εξυπηρετητές φυλάσσουν προσωρινά εξωτερικές αντιστοιχίες

επίσημος (authoritative) εξυπηρετητής ονομάτων:

- περιέχει την αυθεντική εγγραφή

Λειτουργία του εξυπηρετητή

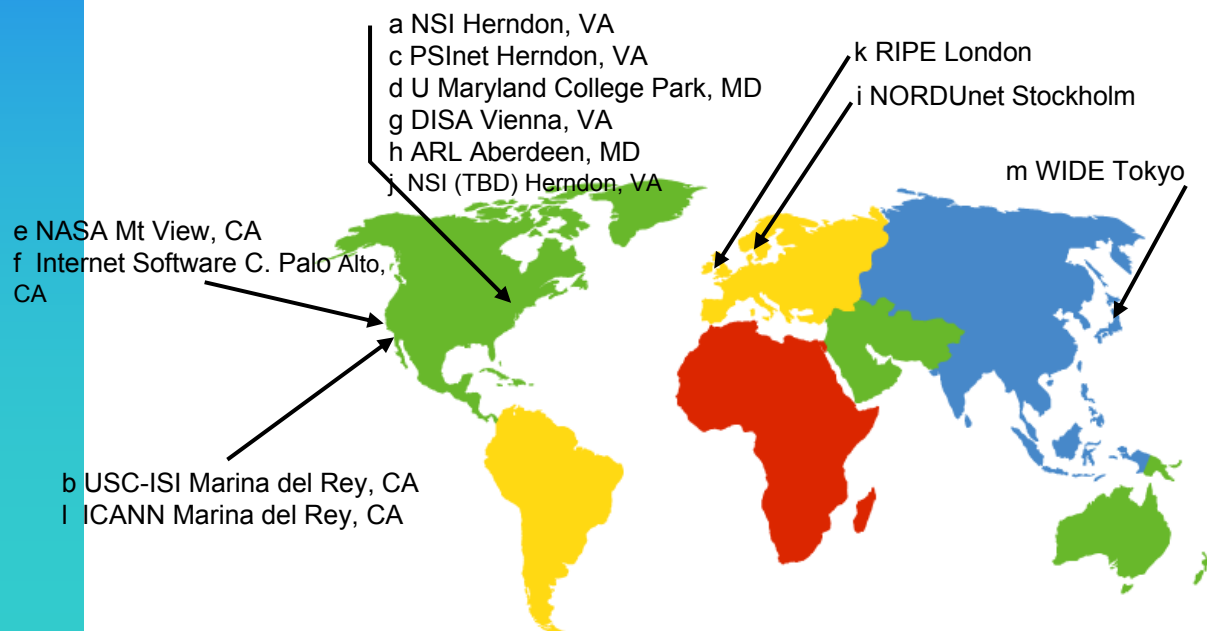


- Αν ένας εξυπηρετητής δεν έχει καταλήξει στο πού θα βρει τη διεύθυνση που αντιστοιχεί στο όνομα κάποιου host, ρωτά τον εξυπηρετητή κορυφής.
- Ο εξυπηρετητής κορυφής θα του υποδείξει με ποιον εξυπηρετητή να επικοινωνήσει.
- Μια ερώτηση μπορεί να προωθηθεί αρκετές φορές.



Εξυπηρετητές κορυφής (Root name servers)

- ερωτώνται από τοπικούς εξυπηρετητές ονομάτων όταν δεν μπορούν να αναλύσουν κάποιο όνομα
- ο root name server:
 - επικοινωνεί με επίσημο name server αν η αντιστοίχηση του ονόματος δεν είναι γνωστή
 - λαμβάνει την αντιστοίχηση
 - επιστρέφει την αντιστοίχηση στον τοπικό εξυπηρετητή



13 root name
servers σε όλο τον
κόσμο

Επικοινωνία μεταξύ εξυπηρετητών



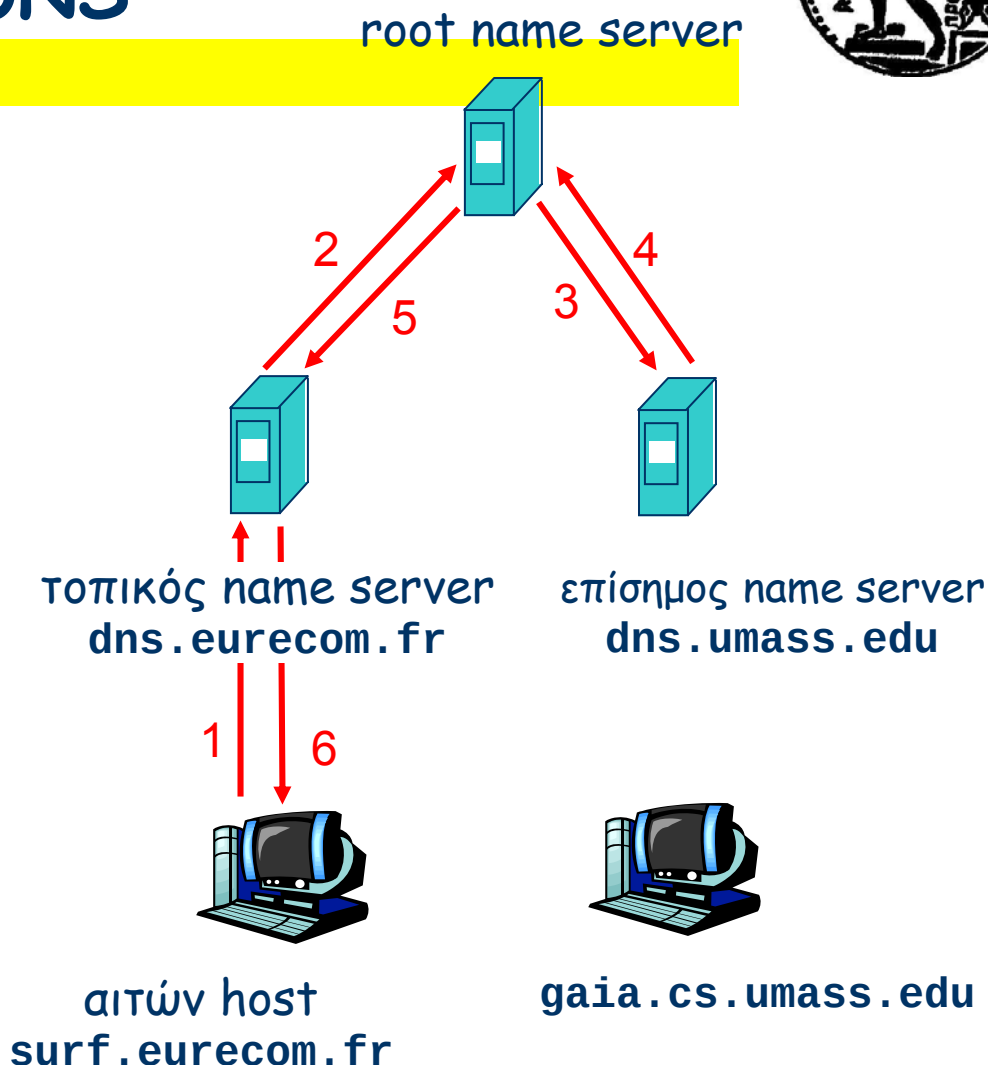
- Αν ζητηθεί από έναν εξυπηρετητή να δώσει την αντιστοίχιση για έναν host εκτός της περιοχής του (και η αντιστοίχιση δεν υπάρχει στην προσωρινή μνήμη):
 - Ο εξυπηρετητής βρίσκει έναν εξυπηρετητή ονομάτων της άλλης περιοχής.
 - Ο εξυπηρετητής ζητά από τον εξυπηρετητή ονομάτων να του δώσει την αντιστοίχιση του ονόματος του host με μια διεύθυνση IP.
- Για να βρει τον σωστό εξυπηρετητή ονομάτων, χρησιμοποιεί DNS.

Απλό παράδειγμα DNS



ο host **surf.eurecom.fr**
θέλει την διεύθυνση IP
του
gaia.cs.umass.edu

1. επικοινωνεί με τον τοπικό του DNS server, **dns.eurecom.fr**
2. ο **dns.eurecom.fr** επικοινωνεί με τον root name server, αν χρειάζεται
3. ο root name server επικοινωνεί με τον επίσημο name server, **dns.umass.edu**, αν είναι αναγκαίο

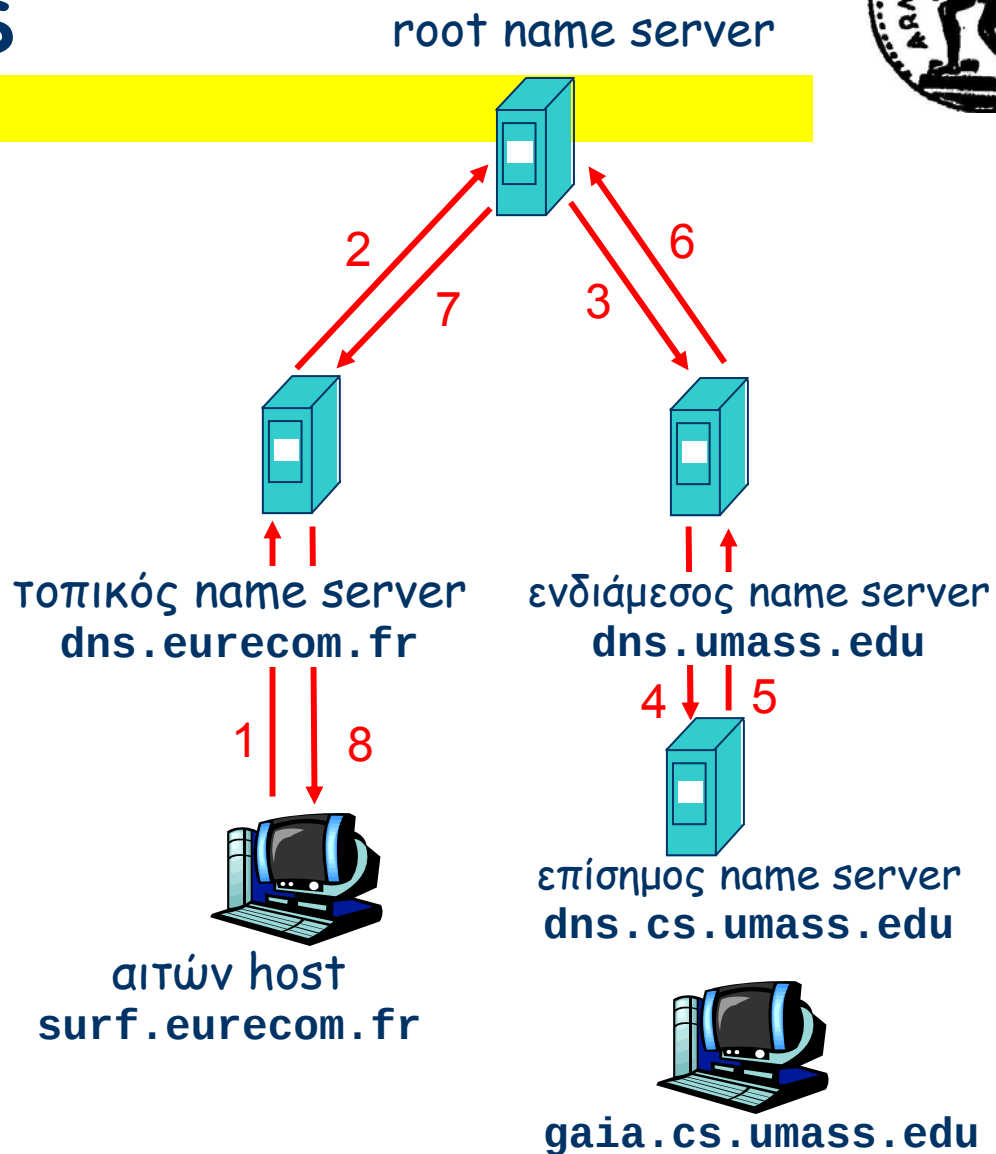


Παράδειγμα DNS



Root name server:

- μπορεί να μην γνωρίζει επίσημο name server
- μπορεί να γνωρίζει *ενδιάμεσο name server*: με ποιον να έρθει σε επαφή για να βρει επίσημο name server





- Μια αίτηση μπορεί να δείχνει ότι είναι επιθυμητή μια αναδρομή - τούτο υποδεικνύει στον εξυπηρετητή να βρει την απάντηση (πιθανώς επικοινωνώντας με άλλους εξυπηρετητές).
- Αν δεν αιτείται αναδρομή - η απάντηση μπορεί να είναι μια λίστα από άλλους εξυπηρετητές για επικοινωνία.

DNS: επαναληπτικές αναζητήσεις



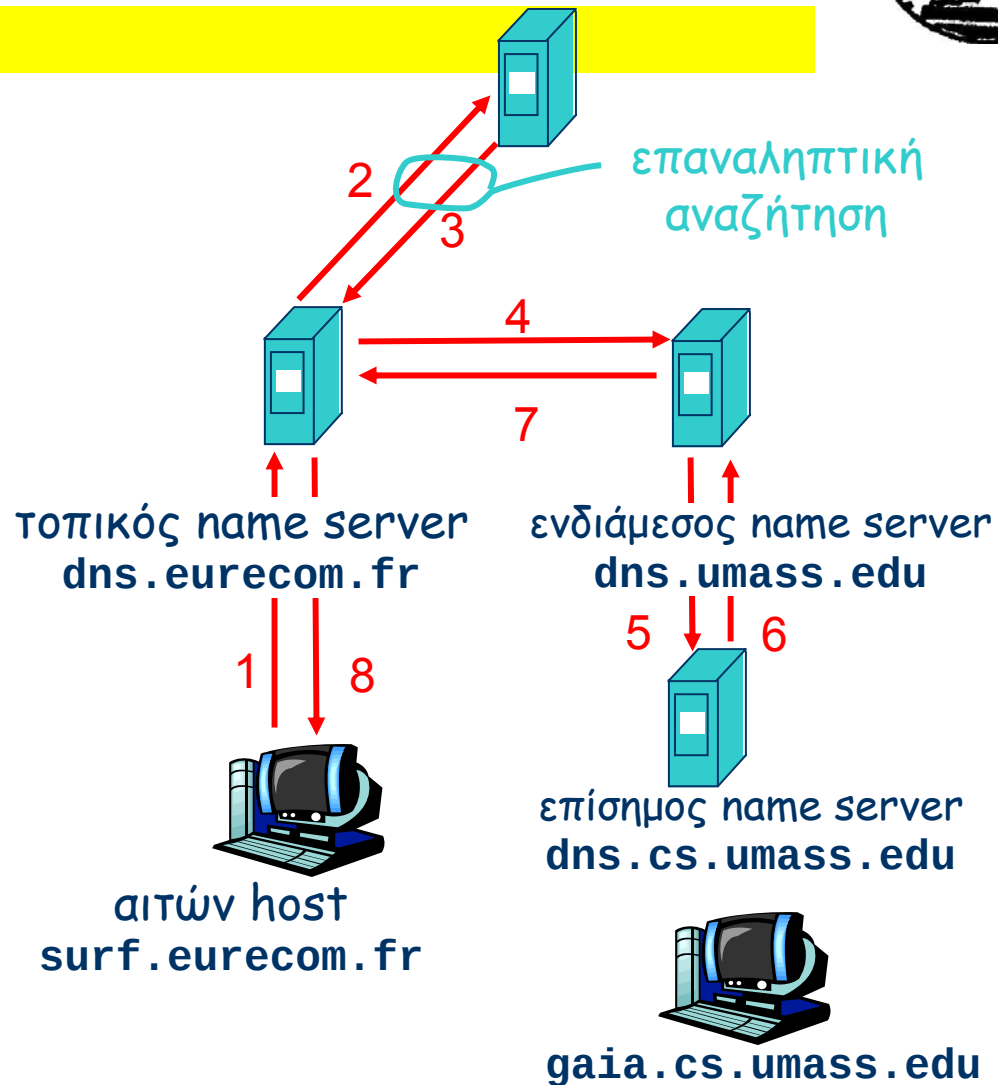
root name server

Αναδρομική αναζήτηση:

- επιβαρύνει τον name server που επικοινωνεί για την επίλυση του ονόματος
- υψηλό φορτίο;

επαναληπτική αναζήτηση:

- ο καλούμενος server απαντά με το όνομα του server για την επόμενη επικοινωνία
- "Δεν ξέρω αυτό το όνομα, αλλά ρώτα αυτόν τον server"



Εγγραφές DNS



Τύπος RR: (name, value, type, ttl)

- Type = A
 - name είναι το όνομα του host
 - value είναι η διεύθυνση IP
- Type = NS
 - name είναι η περιοχή (πχ. foo.com)
 - value είναι η διεύθυνση IP του επίσημου name server για την περιοχή
- Type = CNAME
 - name είναι ψευδώνυμο για κάποιο "επίσημο" όνομα `www.ibm.com`
 - value είναι επίσημο (canonical) όνομα `servereast.backup2.ibm.com`
- Type = MX
 - value είναι το όνομα του mail-server που σχετίζεται με το name



Πρωτόκολλο, μηνύματα DNS

Πρωτόκολλο DNS: *ερωτήσεις* και *απαντήσεις*, με την ίδια *μορφή μηνύματος*

επικεφαλίδα

- **ταυτότητα**: αριθμός 16 bit για την ερώτηση, η απάντηση χρησιμοποιεί τον ίδιο αριθμό
- **σημαίες**:
 - ερώτηση ή απάντηση
 - επιθυμητή αναδρομή
 - διαθέσιμη αναδρομή
 - η απάντηση είναι επίσημη

identification	flags
number of questions	number of answer RRs
number of authority RRs	number of additional RRs
questions (variable number of questions)	
answers (variable number of resource records)	
authority (variable number of resource records)	
additional information (variable number of resource records)	

↑
12 bytes
↓

Πρωτόκολλο, μηνύματα DNS



Πεδία Name, type
για ερώτηση

RR απάντησης
σε ερώτηση

εγγραφές για
επίσημους servers

πρόσθετη "χρήσιμη"
πληροφορία που μπορεί
να χρησιμοποιηθεί

identification	flags
number of questions	number of answer RRs
number of authority RRs	number of additional RRs
questions (variable number of questions)	
answers (variable number of resource records)	
authority (variable number of resource records)	
additional information (variable number of resource records)	

12 bytes

Σημαίες μηνύματος



- QR: Query=0, Response=1
- AA: Authoritative Answer
- TC: response truncated (> 512 bytes)
- RD: recursion desired
- RA: recursion available
- rcode: return code

Μορφή ερώτησης



- Name: όνομα περιοχής (ή διεύθυνση IP)
- Query type (A, NS, MX, ...)
- Query class (1 για IP)

Πεδία που περιέχει η απάντηση



- Domain Name
- Response type
- Class (IP)
- Time to live (in seconds)
- Length of resource data
- Resource data

UDP & TCP



- Και το UDP και TCP χρησιμοποιούνται:
 - Το TCP για μεταφορές ολόκληρης βάσης δεδομένων σε δευτερεύοντες εξυπηρετητές (αντιγραφή).
 - Το UDP για αναζητήσεις
 - Αν η απάντηση υπερβαίνει τα 512 byte, ο αιτών ξανα-υποβάλλει την ερώτηση χρησιμοποιώντας TCP.