



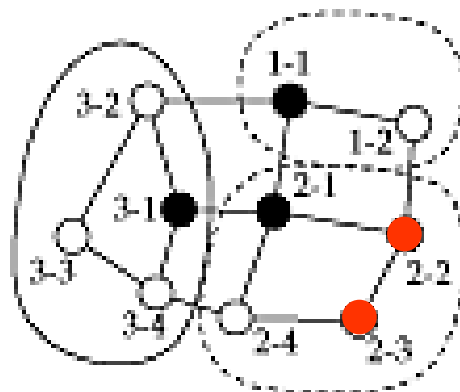
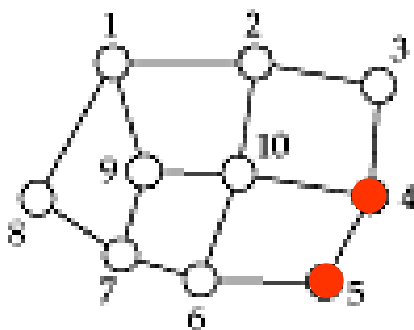
ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Διευθυνσιοδότηση και
Ονοματοδοσία στο Internet



Διευθυνσιοδότηση

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



Όνόματα, Διευθύνσεις, Διαδρομές



- Όνομα (ποιος)
- Διεύθυνση (πού)
- Διαδρομή (πώς)

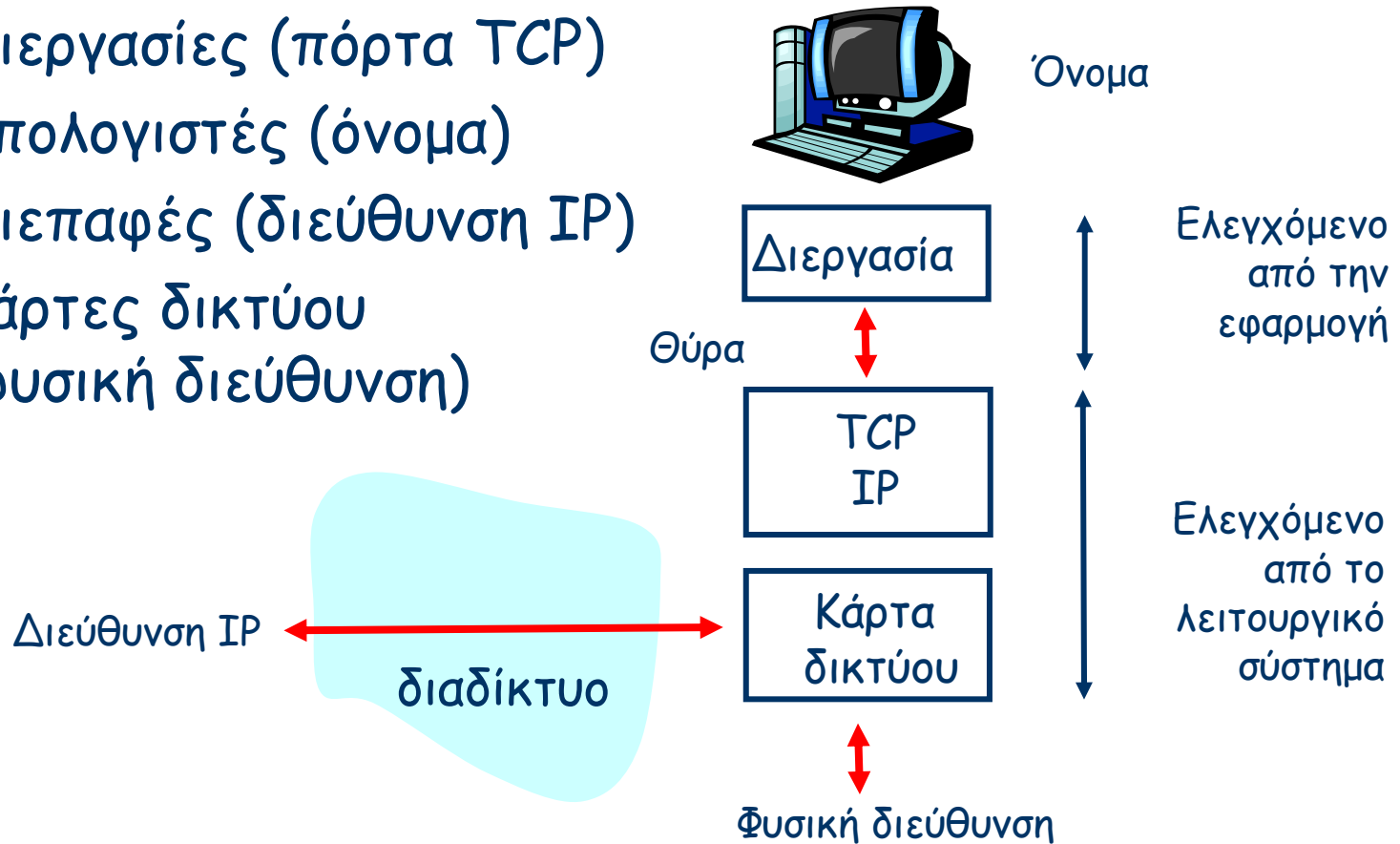
- Θέση (location) \neq Ταυτότητα (identifier)

Οντότητες



Οι οντότητες που χρήζουν ονομάτων ή διευθύνσεων στο διαδίκτυο είναι

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





Θύρες

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



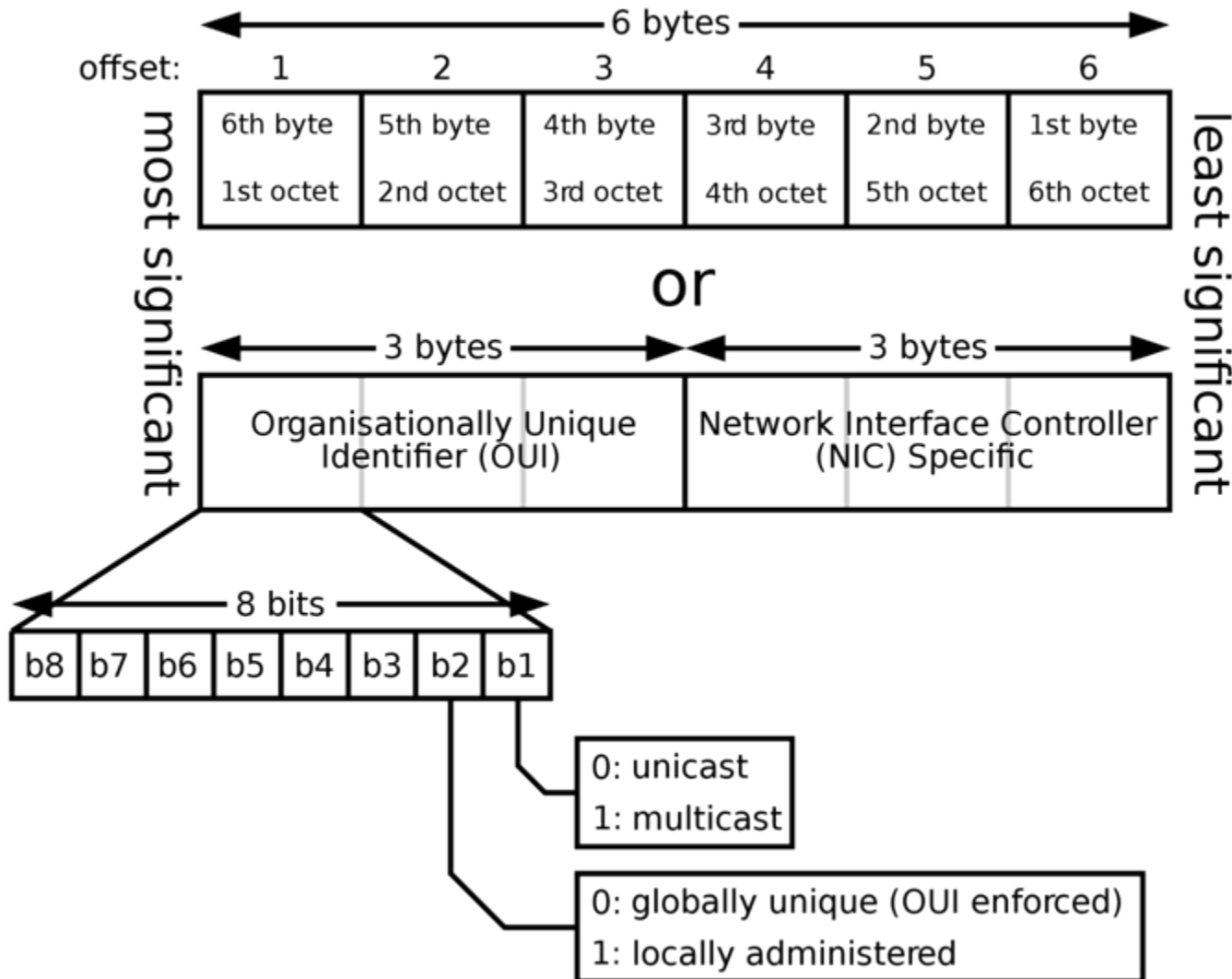
Φυσικές διευθύνσεις

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"
- Στην αναπαράσταση σε **κανονική μορφή (canonical format)** το πρώτο bit κάθε byte του πλαισίου Ethernet που μεταδίδεται είναι το λιγότερο σημαντικό bit του byte που καταγράφεται στην μνήμη
 - Η διεύθυνση 12-34-56-78-9A-BC στη μνήμη
00010010 00110100 01010110 01111000 10011010 10111100
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 ΙΕΕΕ 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



Διευθύνσεις ΙΡ

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 σειριακά

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



Συμβολισμός διευθύνσεων IP

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

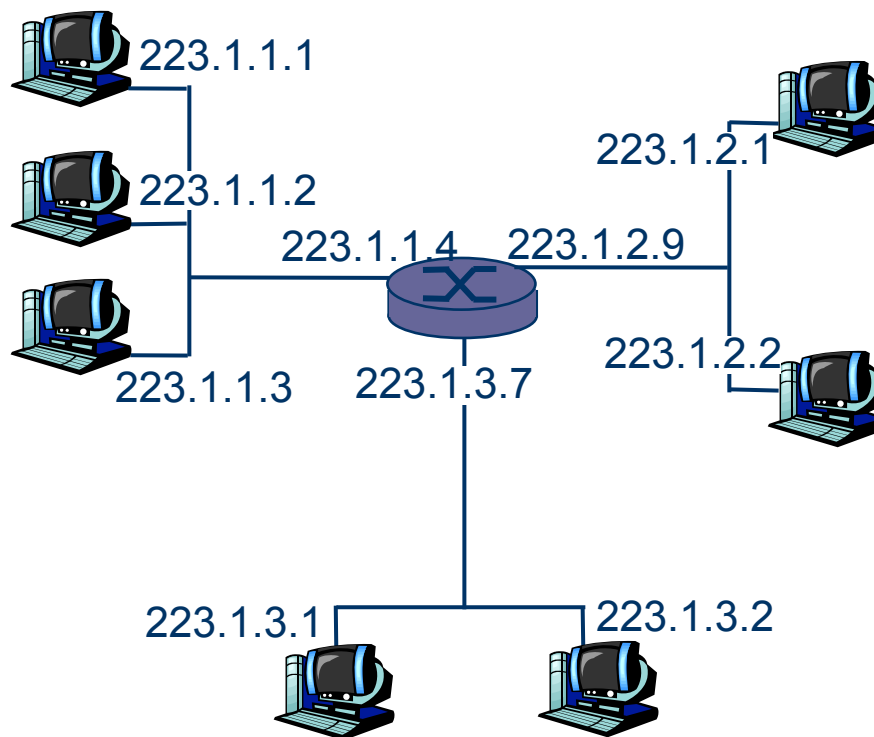
128.213.1.1 \Rightarrow 10000000 11010101 00000001 00000001

Διεύθυνση κατηγορίας B

- Η κατώτατη διεύθυνση IP είναι 0.0.0.0 και η ανώτατη 255.255.255.255



Διευθύνσεις IP: παράδειγμα



$$223.1.1.1 = \underbrace{11011111}_{223} \underbrace{00000001}_{1} \underbrace{00000001}_{1} \underbrace{00000001}_{1}$$



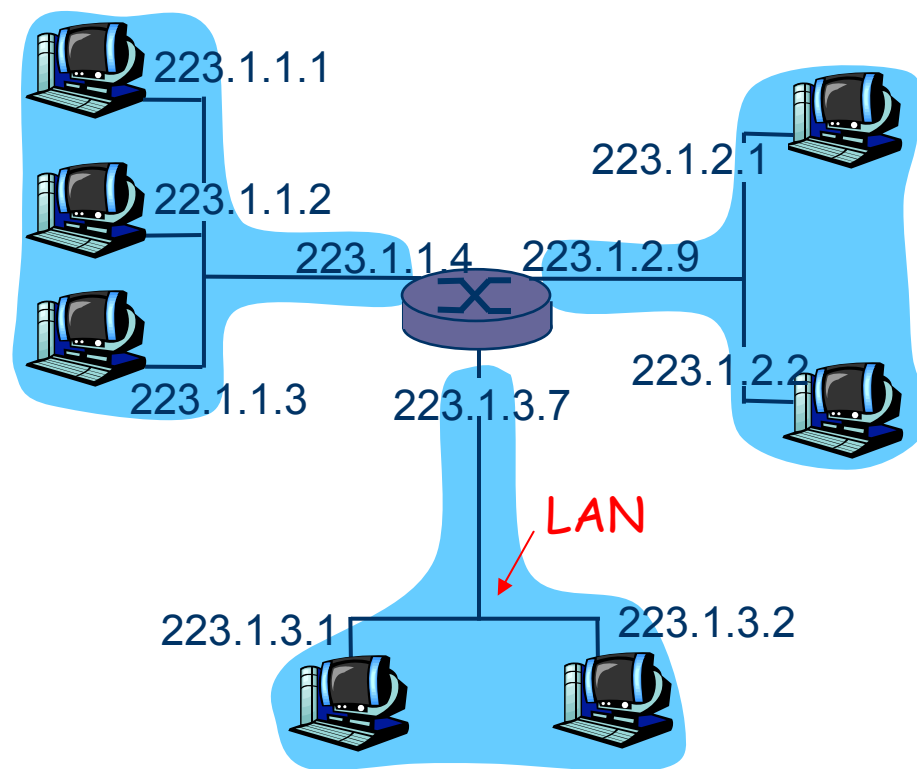
Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

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

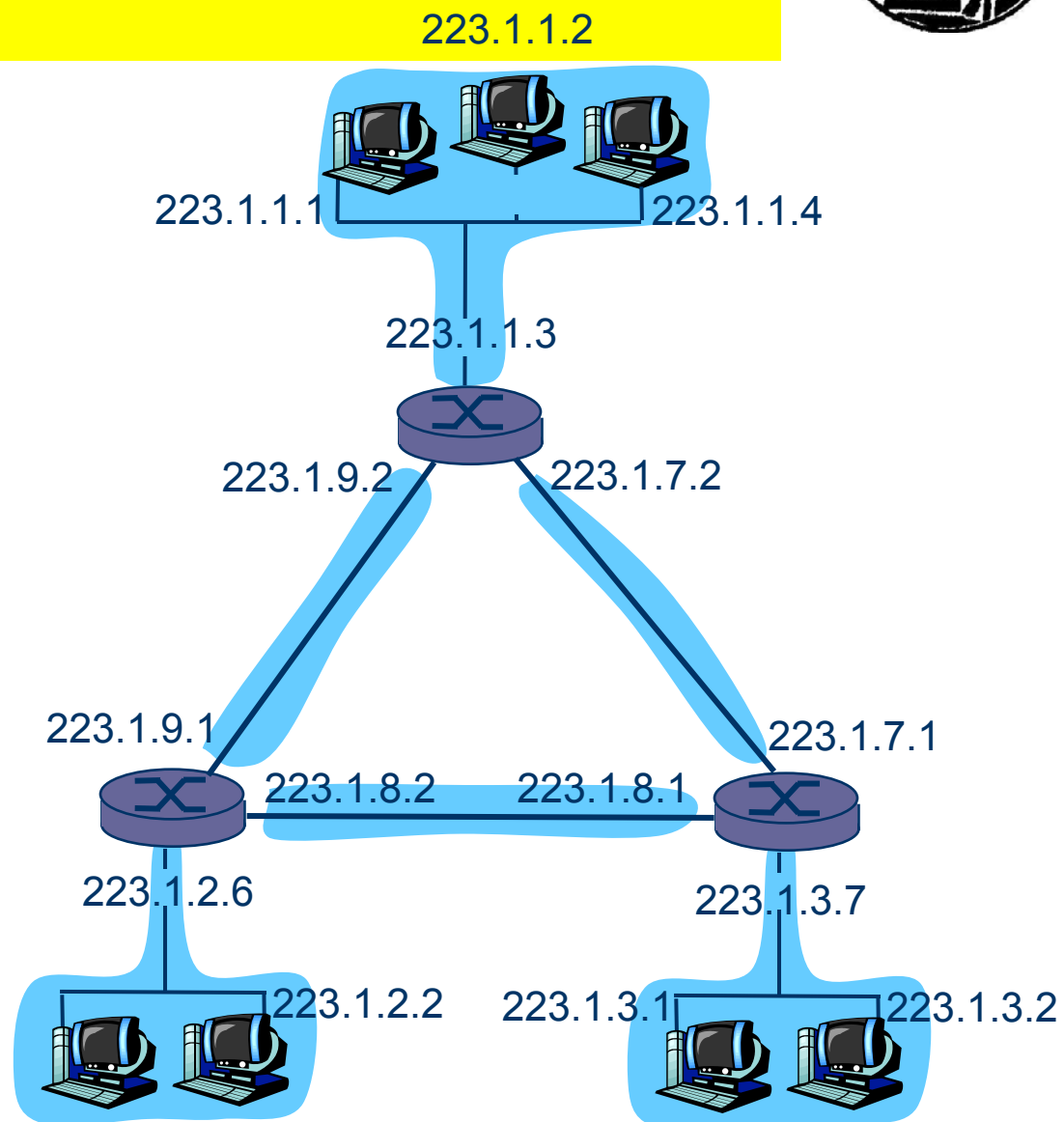


Διευθύνσεις IP: παράδειγμα

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

Κατηγορίες διευθύνσεων IP



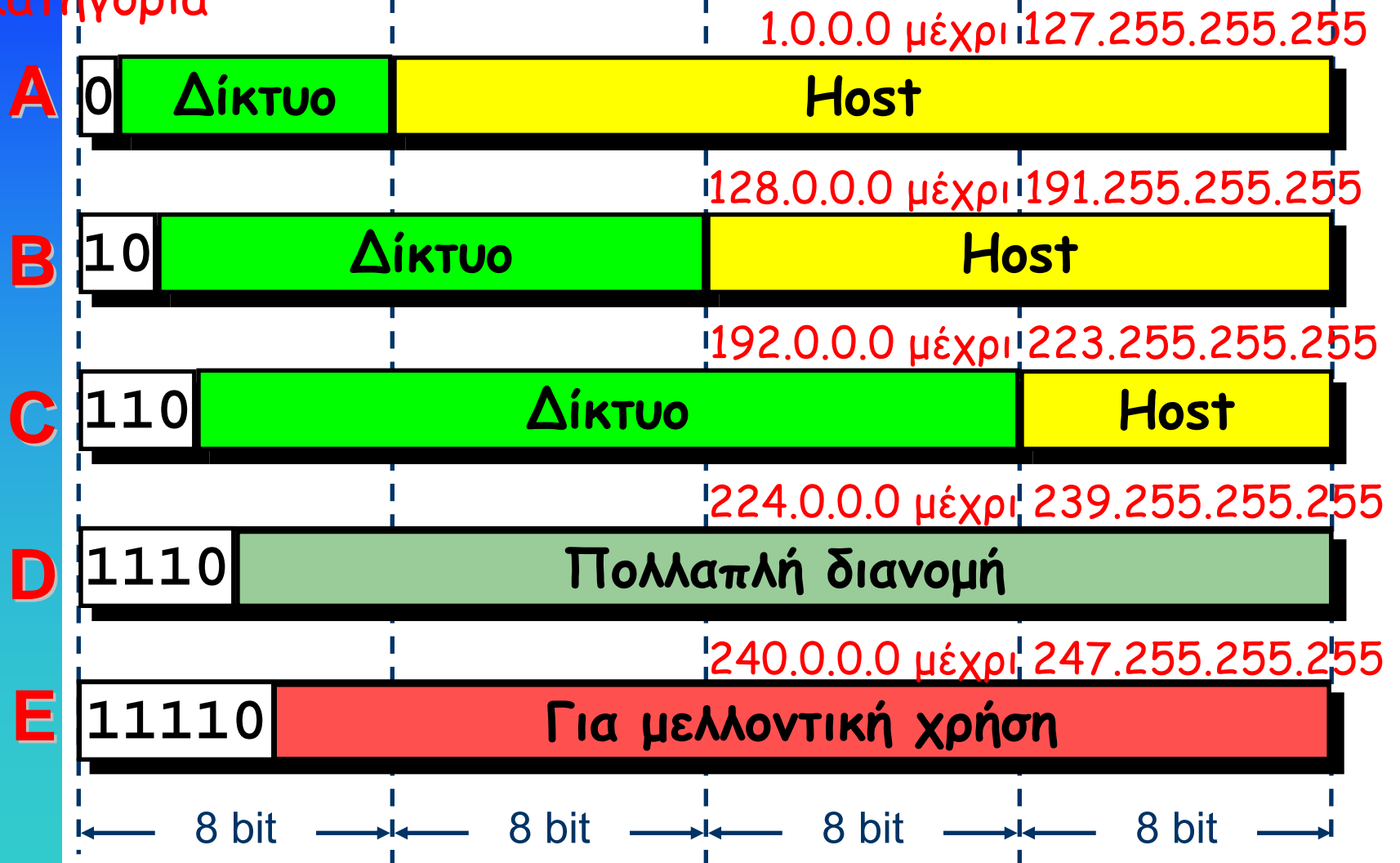
Διακρίνονται από τα αρχικά bit της διεύθυνσης

- 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



Δρομολόγηση



- Η χρήση κατηγοριών διευθύνσεων διευκολύνει τη λειτουργία της δρομολόγησης
- Οι δρομολογητές προωθούν τα πακέτα στον προορισμό με βάση το μέρος της διεύθυνσης που προσδιορίζει το δίκτυο → ταξική δρομολόγηση
 - Δεν απαιτείται η γνώση του επόμενου προορισμού για όλες τις διευθύνσεις IP
 - Αρκεί η γνώση του προορισμού μόνο για τα δίκτυα



Ταξική διευθύνσιοδότηση

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
- Τι ισχύει όμως για δρομολόγηση εντός του ιδίου δικτύου;

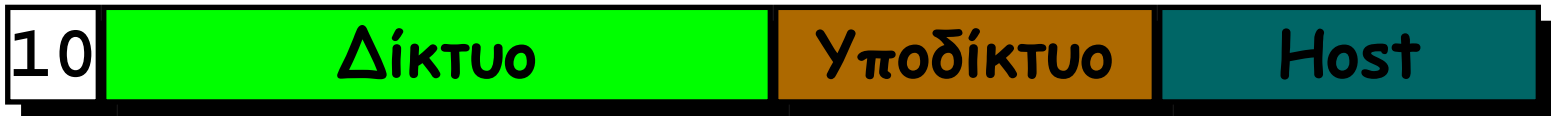


Υποδίκτυα

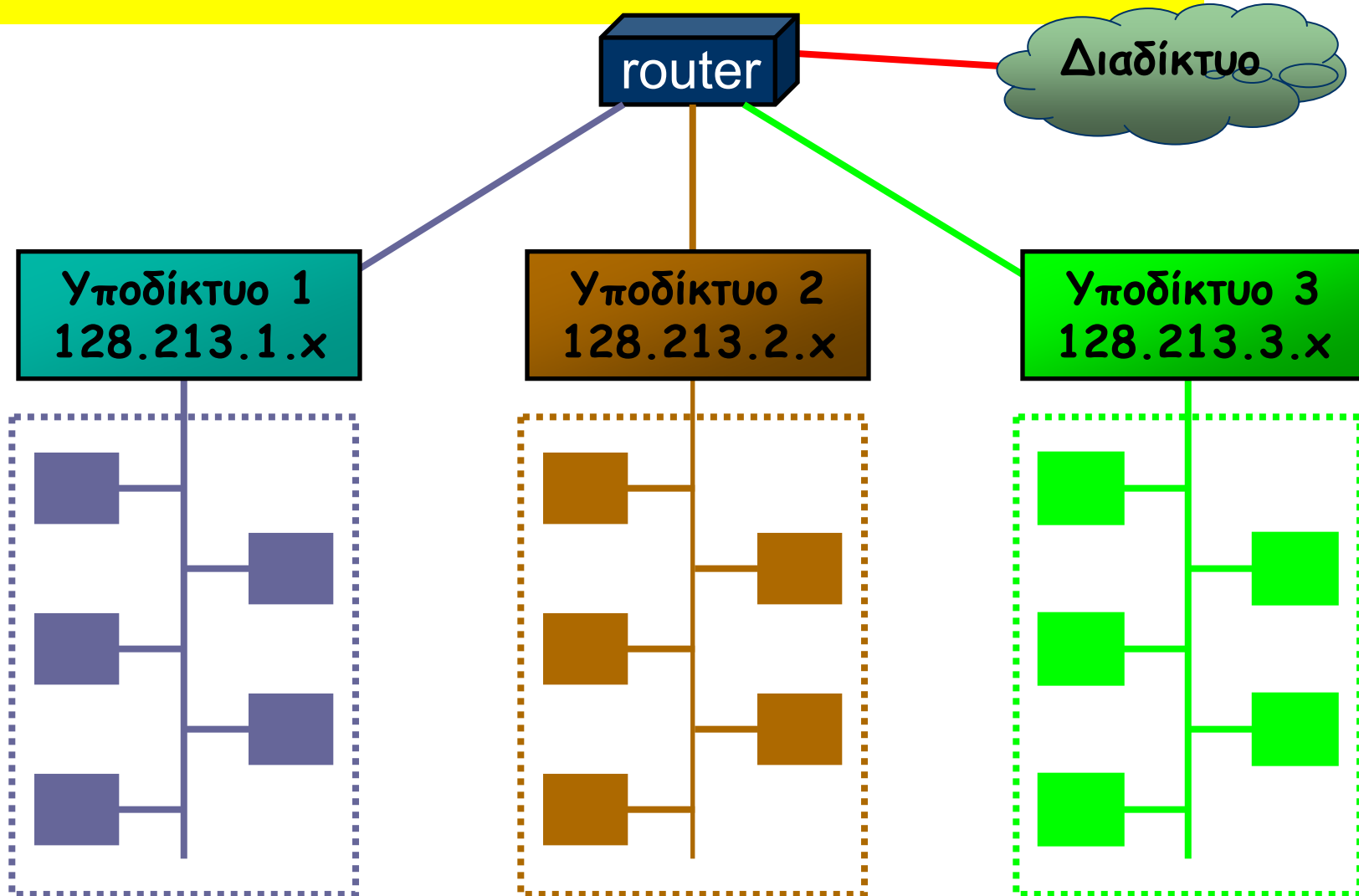
Υποδίκτυα



- 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 ICANN



Υποδίκτυα (subnets)





Λειτουργία υποδικτύων

- Ένας δρομολογητής υποδικτύου γνωρίζει πώς να πάει στα άλλα υποδίκτυα
 - Δεν γνωρίζει λεπτομέρειες για τους host των άλλων 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 φθάνει 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)



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 εκχωρούνται 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

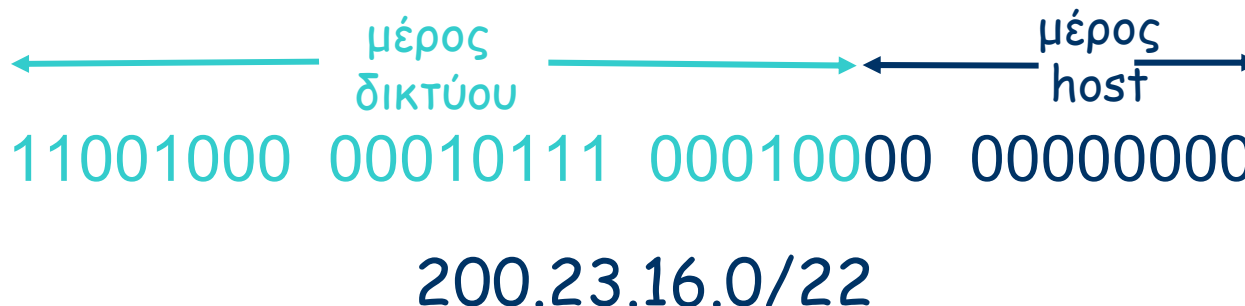
- Βασική έννοια: Το μήκος της διεύθυνσης δικτύου είναι αυθαίρετο

- Οι δρομολογητές διαδίδουν διευθύνσεις IP και **πρόθεμα (prefix)**

Αταξική δρομολόγηση μεταξύ περιοχών



- Συμβολισμός διευθύνσεων σύμφωνα με CIDR:
- **192.0.2.0/18**
 - "18" δηλώνει ότι τα πρώτα 18 bit αποτελούν τη 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 host



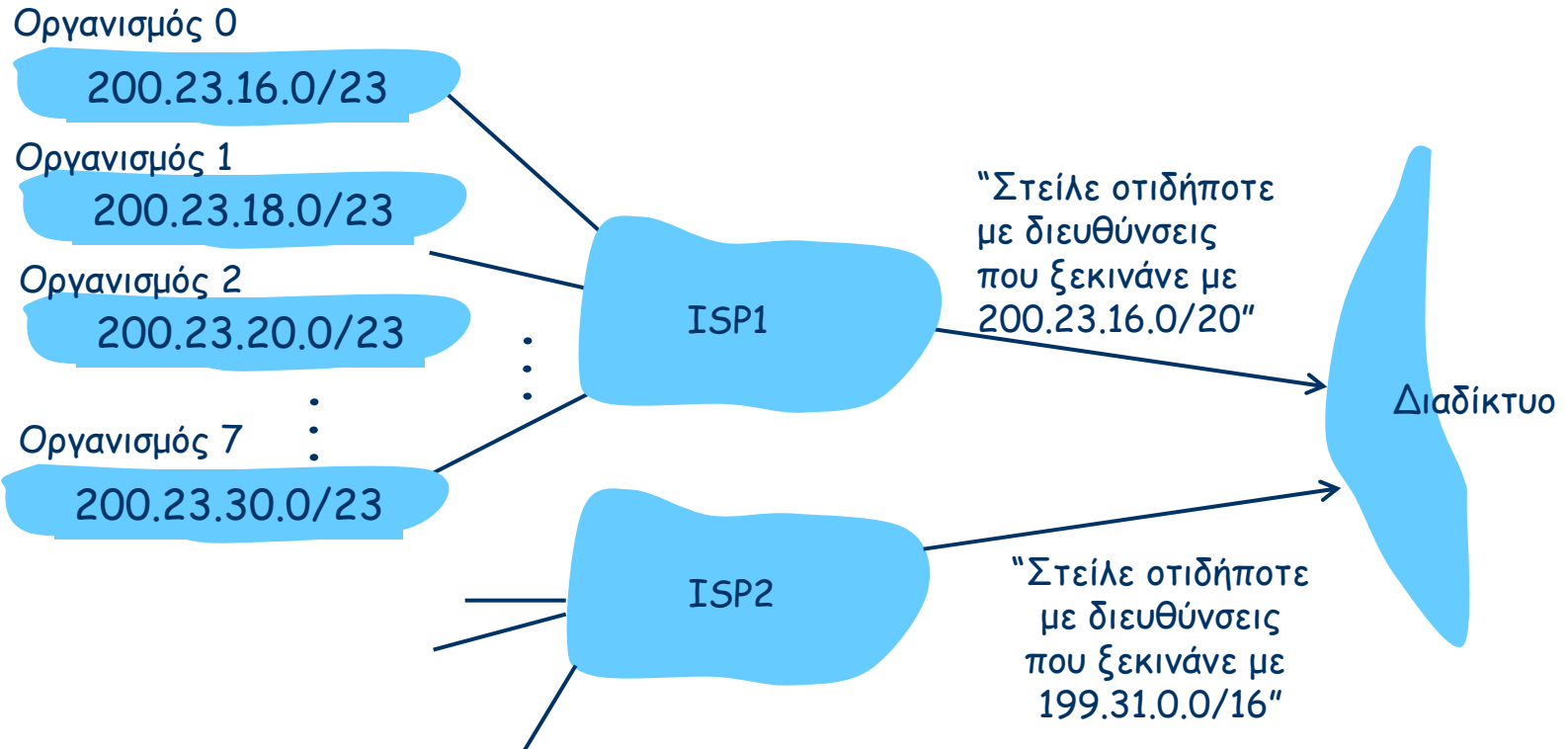


Σύντμηση (aggregation) διευθύνσεων

- 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



Σύντηξη διευθύνσεων





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

"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"

Διαδίκτυο



Ειδικές διευθύνσεις

Ειδικές διευθύνσεις IP



- Κάποιες από τις διαθέσιμες διευθύνσεις IP έχουν ειδική χρήση
- 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 → 10.0.0.0 - 10.255.255.255
 - 172.16.0.0/12 → 172.16.0.0 - 172.31.255.255
 - 192.168.0.0/16 → 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)



Τοπικές ανά ζεύξη διευθύνσεις

- Διατίθενται ακόμη 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



Προβλήματα με τις διευθύνσεις IPv4

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)

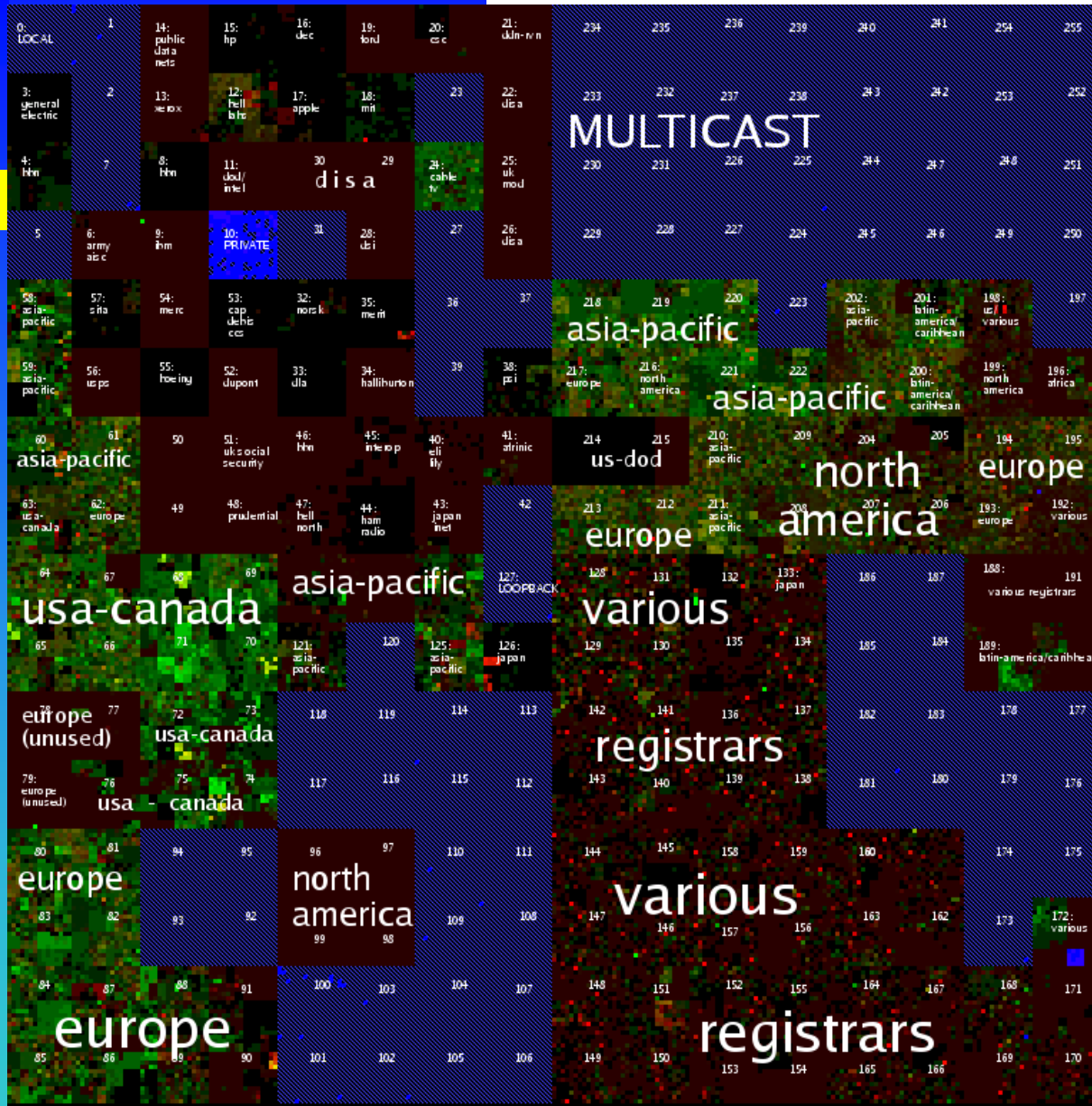


Εξάντληση διευθύνσεων IP

- 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

Χάρτης του Internet (από το <http://xkcd.com/195/>, 2006)





Η χρήση των εκχωρημένων διευθύνσεων από το <http://www.isi.edu/ant/address/>

LANDER Map of Internet Address Space Use. Copyright (C) 2007 USC/Information Sciences Institute. <http://www.isi.edu/ant/address/>
visualization: John Heidemann from layout suggested by Randall Munroe; probing: Yuri Pryadkin;
methodology: John Heidemann, Yuri Pryadkin, Ramesh Govindan, Christos Papadopoulos, Joseph Bannister.
Dataset USC/LANDER-internet_address_survey_it15w-20061108, taken November 2006
Data shows the results of pings of about 2.7 billion IP addresses, with color indicating the reply.

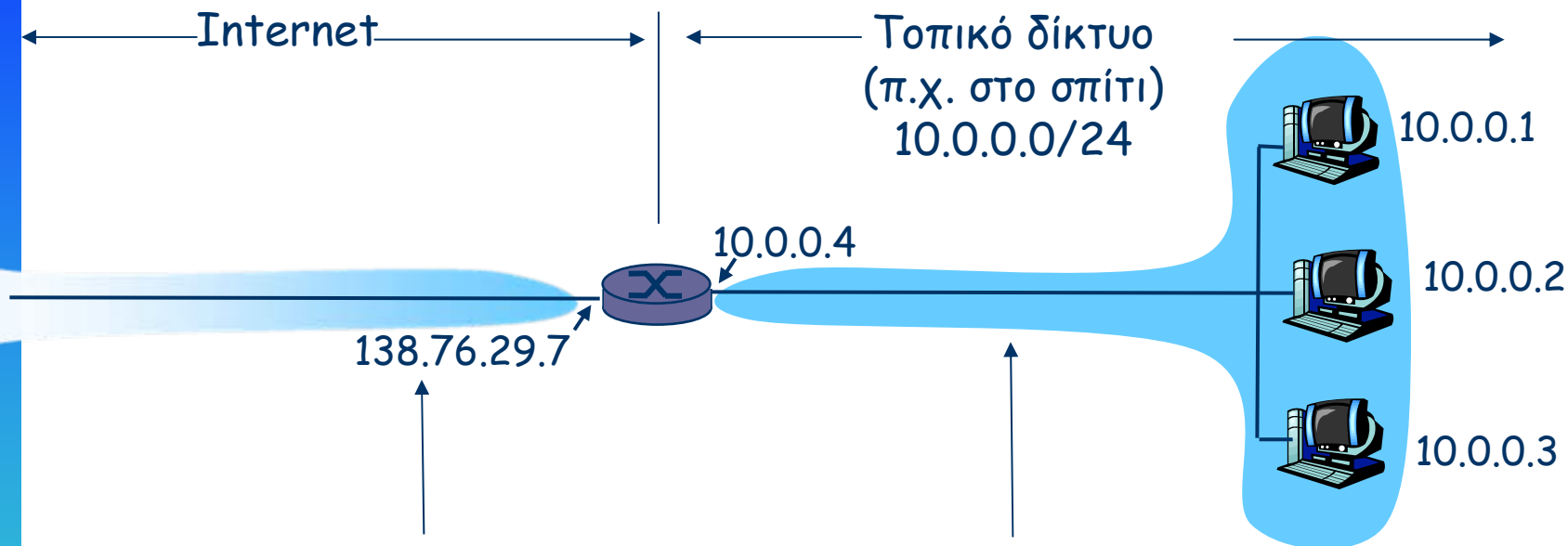


Έλλειψη διευθύνσεων: η προσωρινή λύση

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

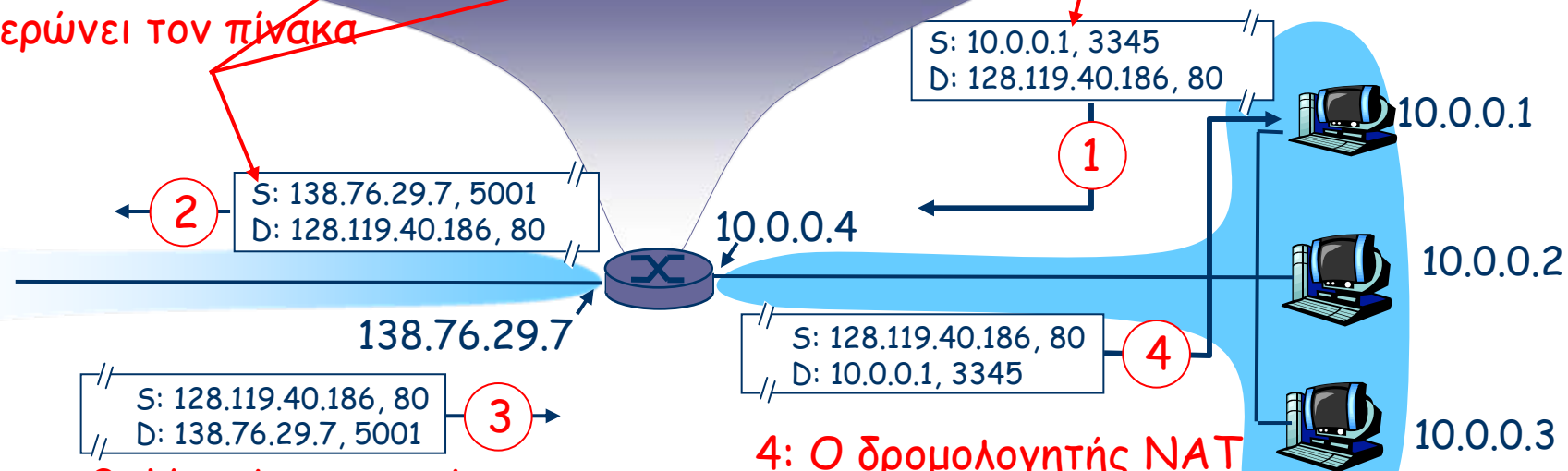


NAT: Network Address Translation

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

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

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



Έλλειψη διευθύνσεων: η μακροπρόθεσμη λύση

IPv6: Internet
Protocol version 6

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 όλα τα κινητά τηλέφωνα και όλες οι φορητές συσκευές απαιτούσαν πρόσβαση στο Internet
 - Υπάρχουν περίπου 5.000 διευθύνσεις για κάθε τετραγωνικό μέτρο 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):

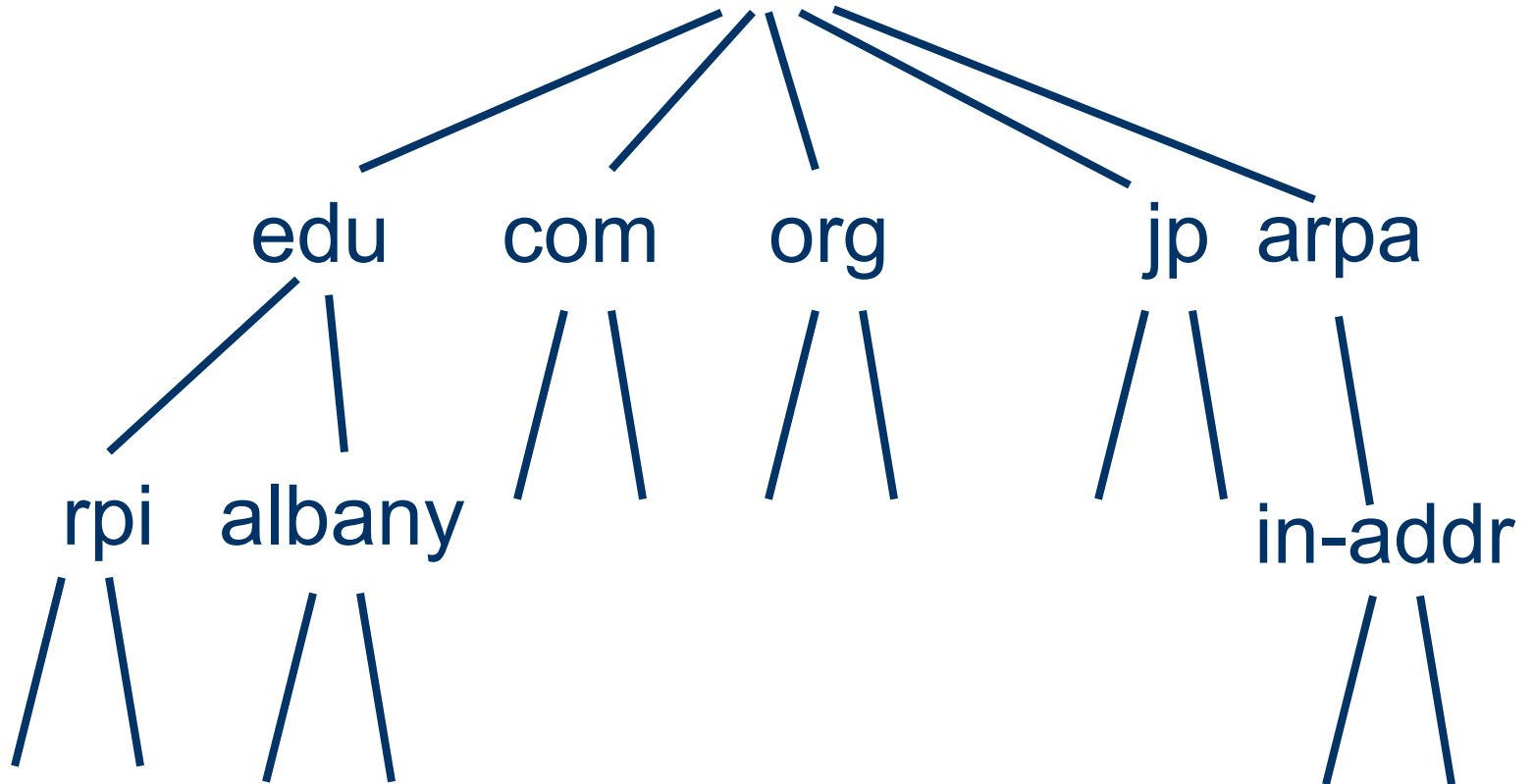
- *κατανεμημένη βάση δεδομένων* που εφαρμόζεται σε μια ιεραρχία πολλών *εξυπηρετητών ονομάτων*
- *πρωτόκολλο στρώματος εφαρμογών* που επιτρέπει σε hosts, routers και name servers να επικοινωνούν για να *αναλύσουν* ονόματα (μετάφραση ονόματος σε διεύθυνση)
 - είναι λειτουργία του κορμού του Internet, 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