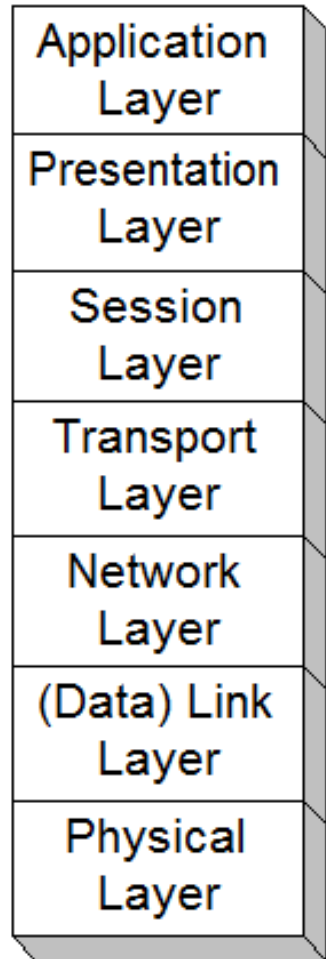


# Επίπεδο δικτύου – IP Forwarding κτλ

(IP για που το έβαλες)

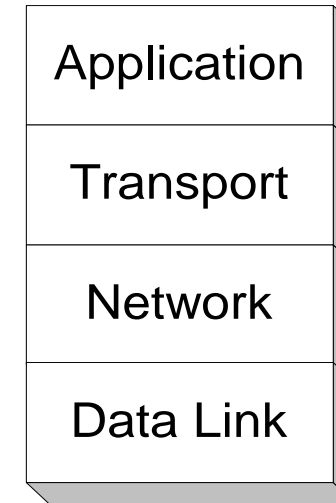
Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών 2014-2015  
Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής

# Επίπεδο δικτύου (Network layer)

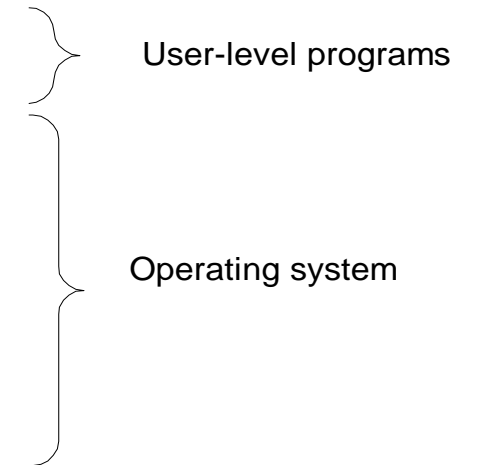


**OSI  
Reference  
Model**

- **Επίπεδο εφαρμογής (Application layer):**
  - Συντονισμός εφαρμογών
- **Επίπεδο μεταφοράς (Transport layer):**
  - Παράδοση πακέτων μεταξύ εφαρμογών
- **Επίπεδο δικτύου (Network layer):**
  - Δρομολόγηση πακέτων από πηγή σε προορισμό
- **Επίπεδο ζεύξης δεδομένων (Data Link layer):**
  - Αξιόπιστη μεταφορά frames πάνω από ένα σύνδεσμο

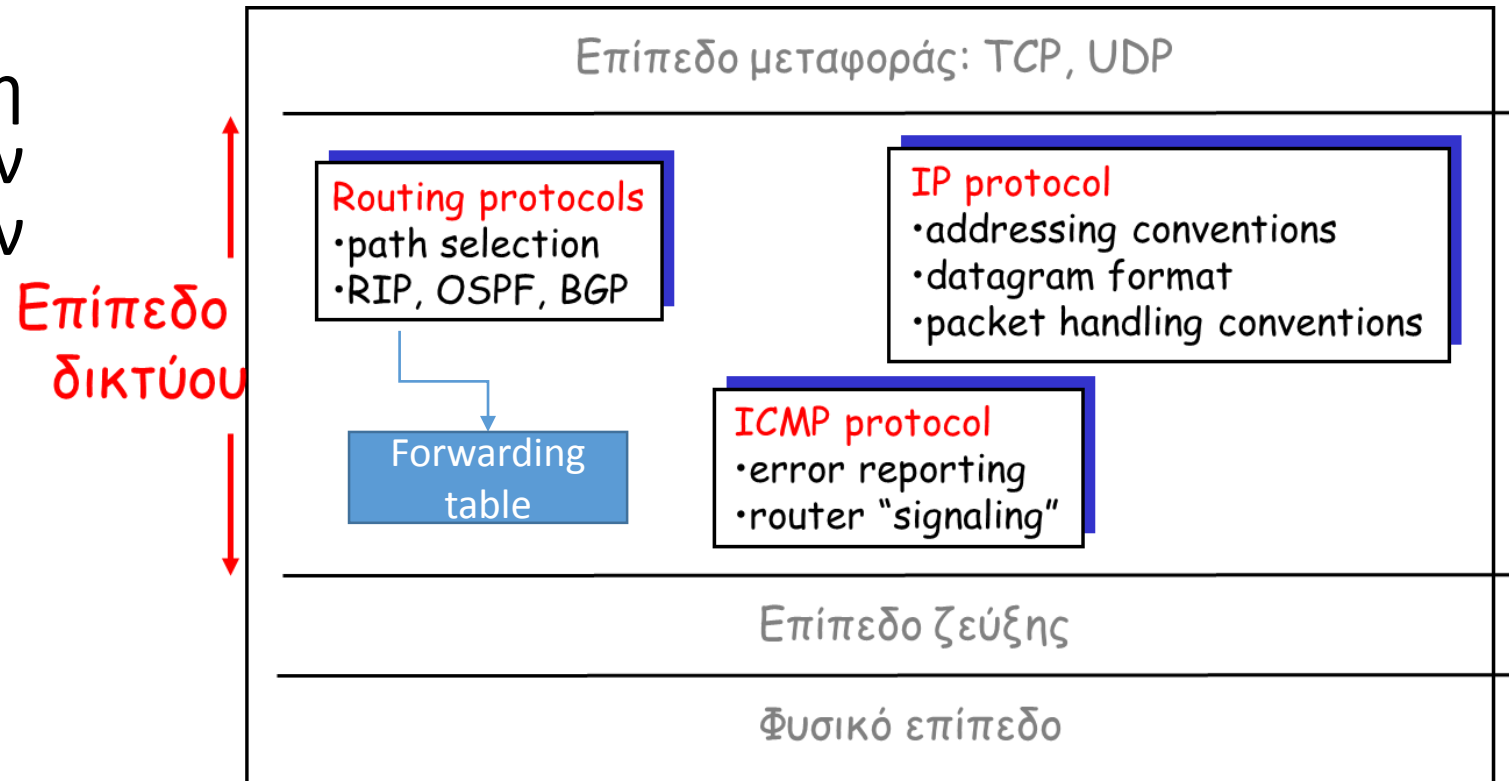


**TCP/IP Suite**



# Επίπεδο δικτύου (Network layer)

- Πρωτόκολλα δρομολόγησης
- IP πρωτόκολλο για τη διευθυνσιοδότηση των συσκευών και τη μορφή των πακέτων
- Πρωτόκολλα ελέγχου



# Network Interface – Δικτυακή Διεπαφή

- Μία δικτυακή διεπαφή είναι ένα υλικό του υπολογιστή που συνδέει έναν υπολογιστή σε ένα δίκτυο υπολογιστών

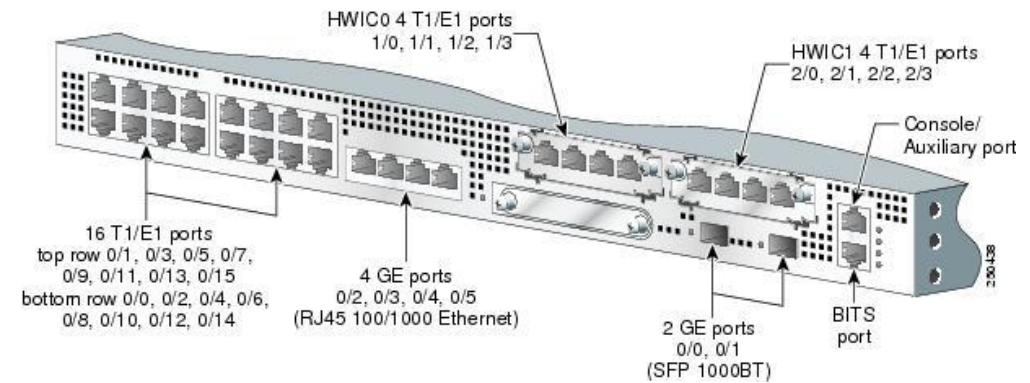


- Ρυθμίσεις σύνδεσης Η/Υ στο δίκτυο:

- Στατικός καθορισμός:

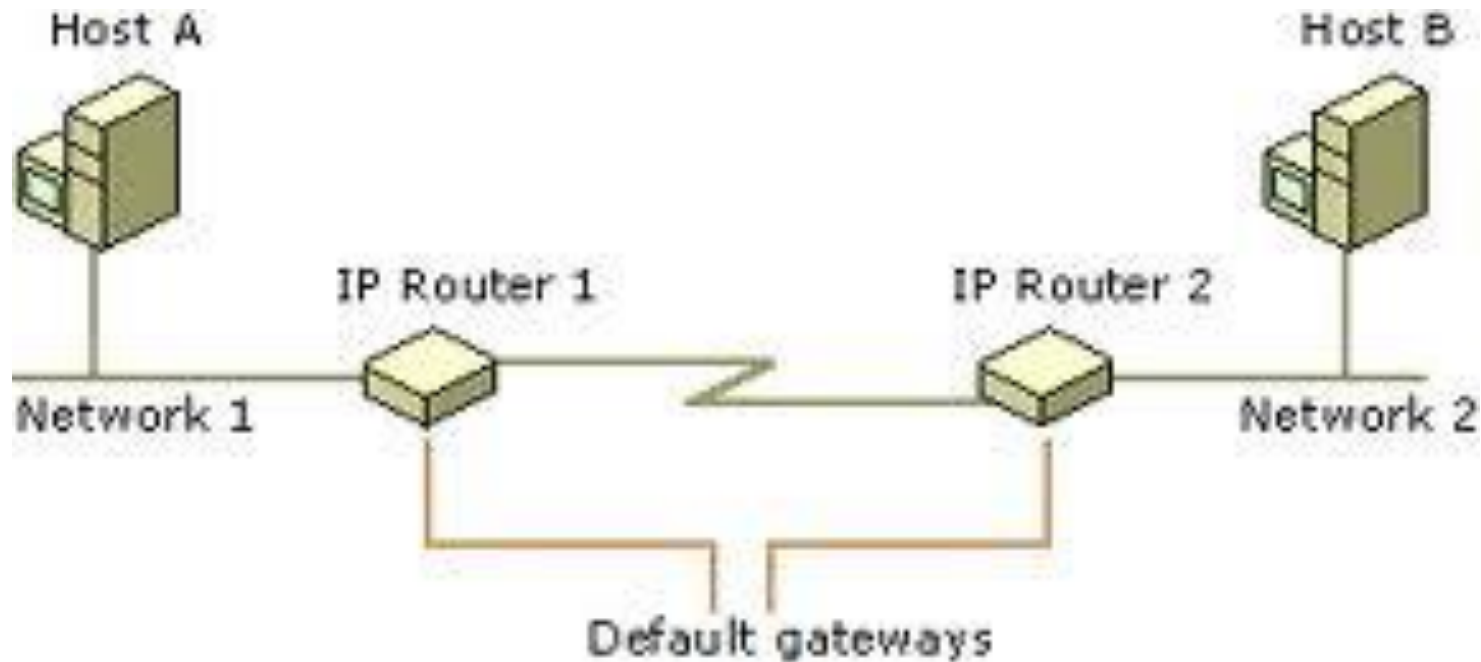
- IP address
- Subnet mask
- Default Gateway
- DNS Server

- DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)



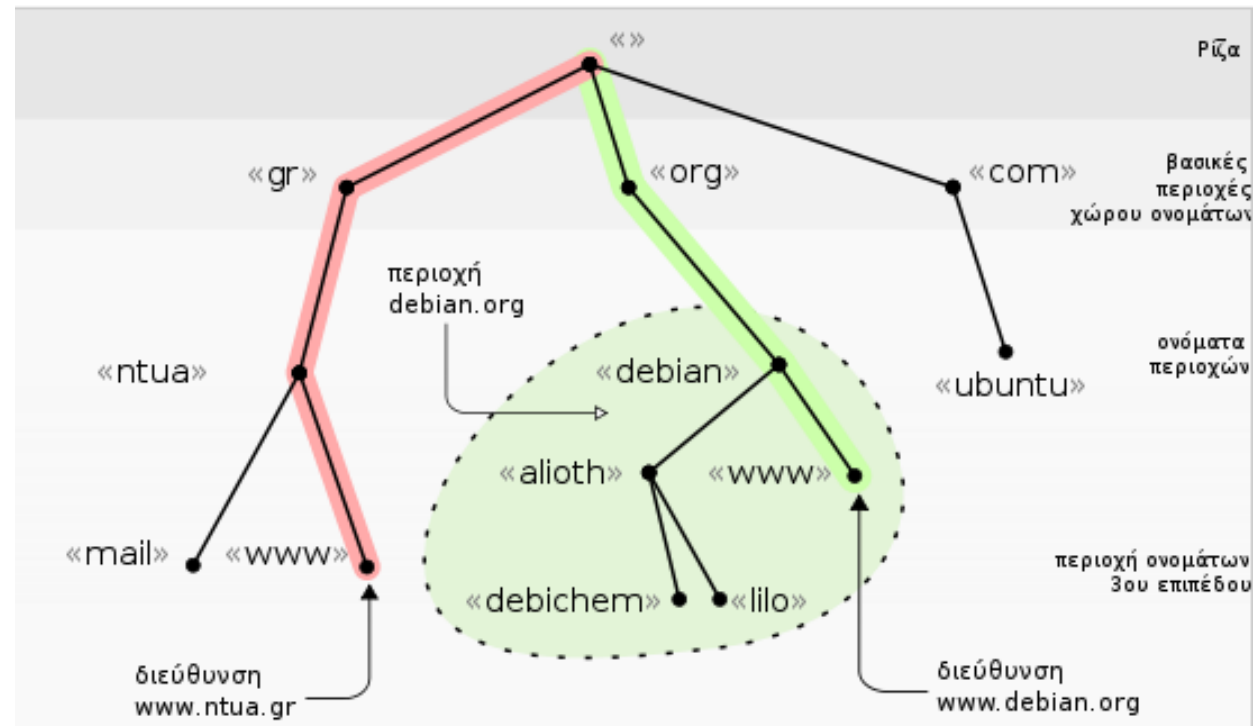
# Πύλη - Gateway

- Σε ένα δικτύο υπολογιστών, μια πύλη (gateway) είναι ένας κόμβος (δρομολογητής) που χρησιμεύει ως ένα σημείο πρόσβασης σε άλλο δίκτυο.



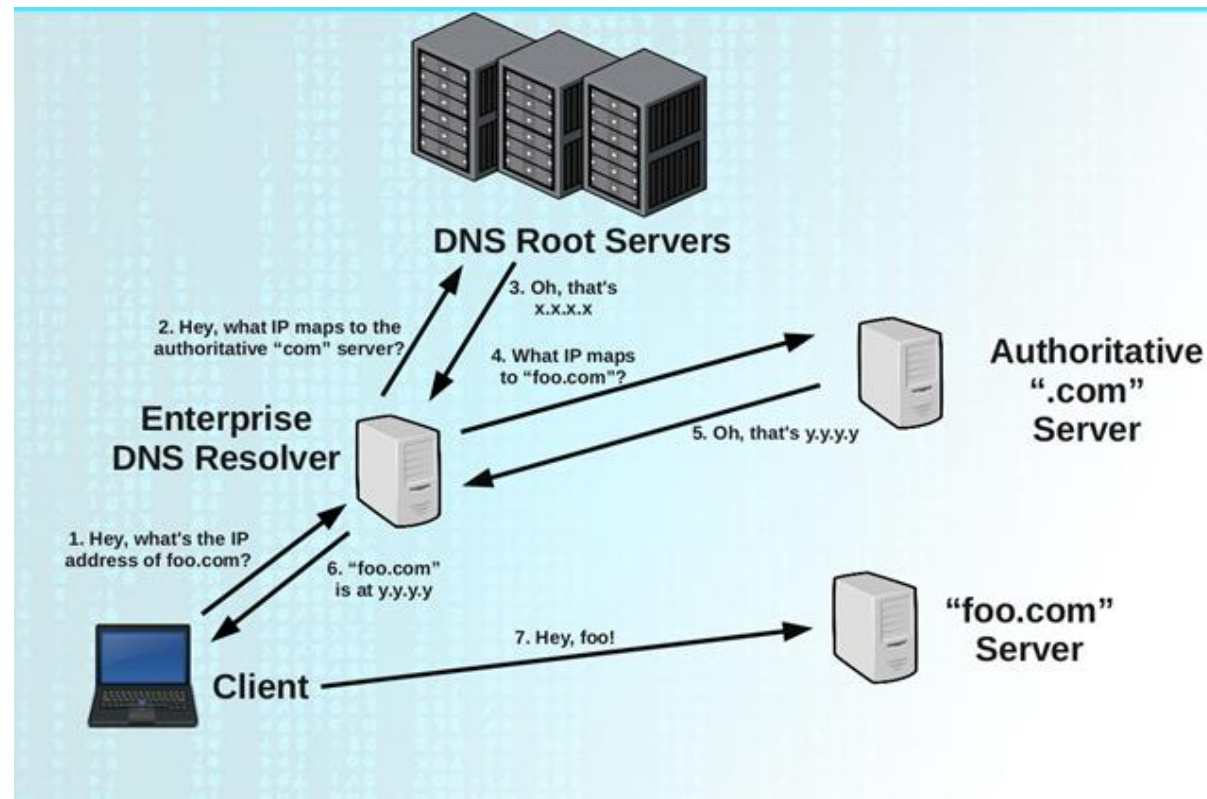
# DNS

- Το Domain Name System ή DNS (Σύστημα Ονομάτων Τομέων ή Χώρων ή Περιοχών) είναι ένα ιεραρχικό **σύστημα** ονοματοδοσίας για υπολογιστές, υπηρεσίες και οποιοδήποτε άλλο δικτυακό πόρο συνδέεται σε δίκτυο με πρωτόκολλο IP.
- Κυρίως αντιστοιχίζει domain names (π.χ. `www.google.com`) με διευθύνσεις IP
- Το **domain name** είναι ένα μοναδικό όνομα που προσδιορίζει ένα δικτυακό πόρο, π.χ. ένα web διακομιστή



# DNS

- Το Domain Name System διανέμει την ευθύνη της ανάθεσης domain names σε διευθύνσεις IP σε domain servers.
- Ένας domain server διαχειρίζεται μια τεράστια βάση δεδομένων που απεικονίζει τα domain names σε διευθύνσεις IP.
- Το Domain Name System καθορίζει επίσης το αντίστοιχο πρωτόκολλο DNS, μέσω του οποίου π.χ. ένας πελάτης ρωτάει έναν domain server για την IP που αντιστοιχεί σε ένα domain name.



# Εντολές σχετικά με DNS

Windows/Unix: nslookup <host>

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [Version 6.1.7600]
Copyright (c) 2009 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\pandomas>nslookup
Default Server: nic.upatras.gr
Address: 150.140.129.30

> quit

C:\Users\pandomas>nslookup www.ceid.upatras.gr
Server: nic.upatras.gr
Address: 150.140.129.30

Name:   kaos.ceid.upatras.gr
Address: 150.140.141.184
Aliases: www.ceid.upatras.gr

C:\Users\pandomas>
```

```
Terminal — bash — 80x24
airvld:~ 0wn$ nslookup autodiscover.own.xddev.com
Server:          65.99.255.198
Address:         65.99.255.198#53

Non-authoritative answer:
autodiscover.own.xddev.com      canonical name = autodiscover.louie.exchangedefe
nder.com.

airvld:~ 0wn$ █
```

```
[kokkinop@diogenis ~]$
[kokkinop@diogenis ~]$ nslookup 150.140.141.184
Server:          10.1.0.181
Address:         10.1.0.181#53

Non-authoritative answer:
184.141.140.150.in-addr.arpa    name = kaos.ceid.upatras.gr.

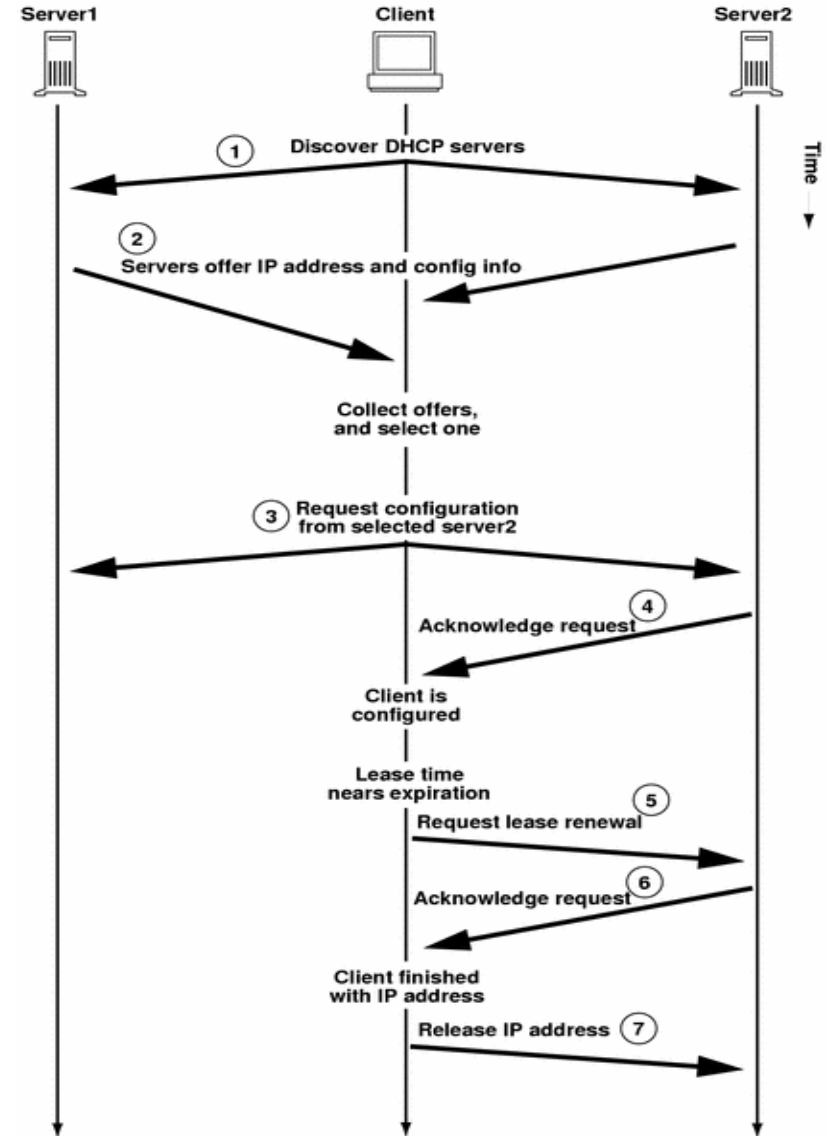
Authoritative answers can be found from:
150.in-addr.arpa               nameserver = sec1.authdns.ripe.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = ns2.lacnic.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = ns4.apnic.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = ns3.apnic.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = ns1.apnic.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = apnic1.dnsnode.net.
150.in-addr.arpa               nameserver = tinnie.arin.net.

[kokkinop@diogenis ~]$ █
```



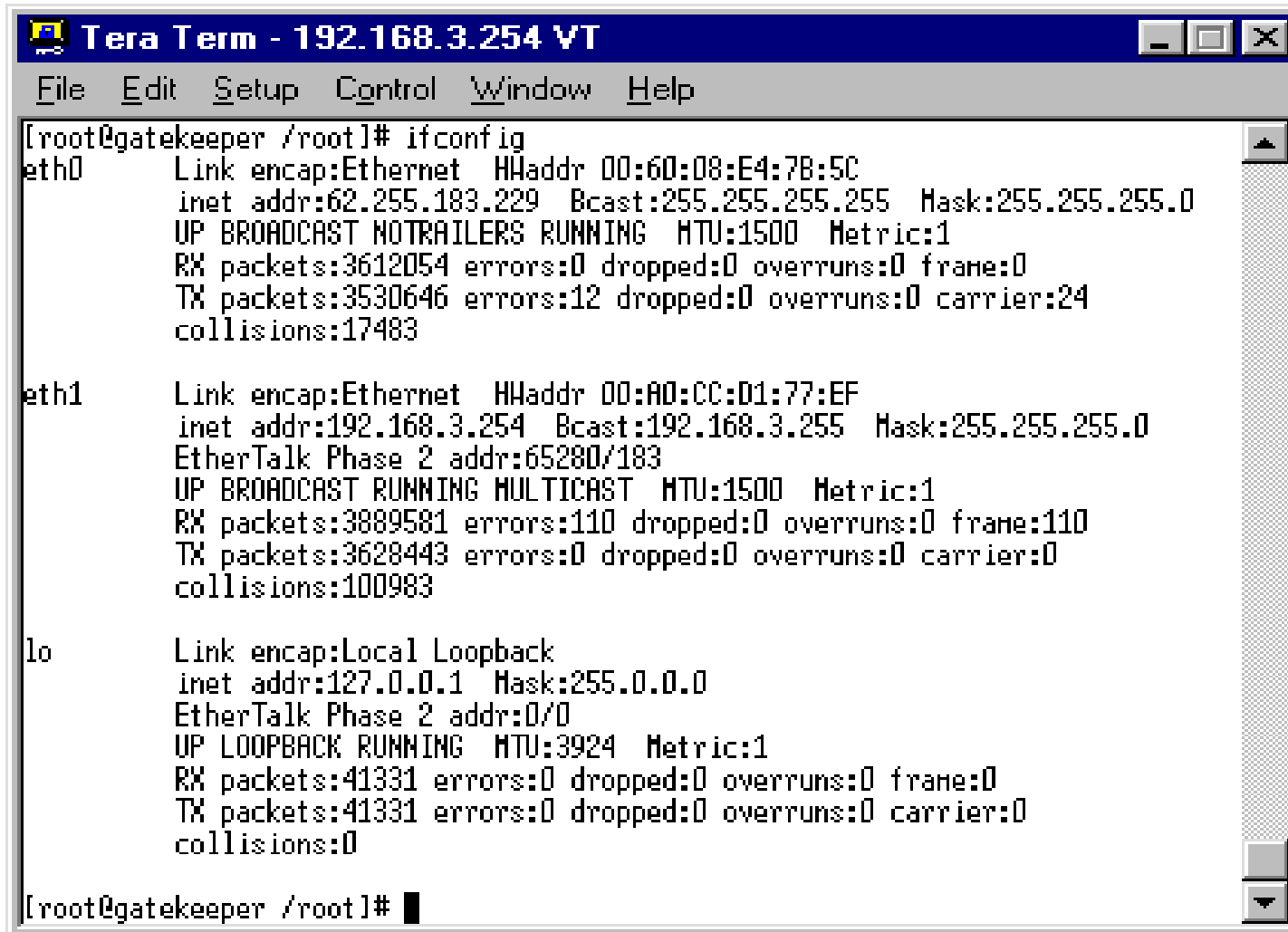
# DHCP

- Το Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP) είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου που χρησιμοποιείται για να ρυθμίσετε συσκευές του δικτύου, έτσι ώστε να μπορούν να επικοινωνούν σε ένα δίκτυο IP.
- Είναι ένα client/server πρωτόκολλο
- Ένας πελάτης DHCP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο DHCP για να αποκτήσει πληροφορίες ρύθμισης παραμέτρων, όπως μια διεύθυνση IP, μια προεπιλεγμένη διαδρομή και μία ή περισσότερες διευθύνσεις διακομιστή DNS από ένα διακομιστή DHCP.
- Ο πελάτης DHCP χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για να ρυθμίσετε τις παραμέτρους του υπολογιστή στον οποίο τρέχει. Μόλις ολοκληρωθεί η διαδικασία διαμόρφωσης ολοκληρωθεί, ο υπολογιστής είναι σε θέση να επικοινωνήσει στο διαδίκτυο.



# Εντολές για τα δικτυακά χαρακτηριστικά

## Unix\*: ifconfig



```
[root@gatekeeper /root]# ifconfig
eth0      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:60:08:E4:7B:5C
          inet addr:62.255.183.229  Bcast:255.255.255.255  Mask:255.255.255.0
          UP BROADCAST NOTRAILERS RUNNING MTU:1500 Metric:1
          RX packets:3612054 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:3530646 errors:12 dropped:0 overruns:0 carrier:24
          collisions:17483

eth1      Link encap:Ethernet  HWaddr 00:AD:CC:01:77:EF
          inet addr:192.168.3.254  Bcast:192.168.3.255  Mask:255.255.255.0
          EtherTalk Phase 2 addr:65280/183
          UP BROADCAST RUNNING MULTICAST MTU:1500 Metric:1
          RX packets:3889581 errors:110 dropped:0 overruns:0 frame:110
          TX packets:3628443 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:100983

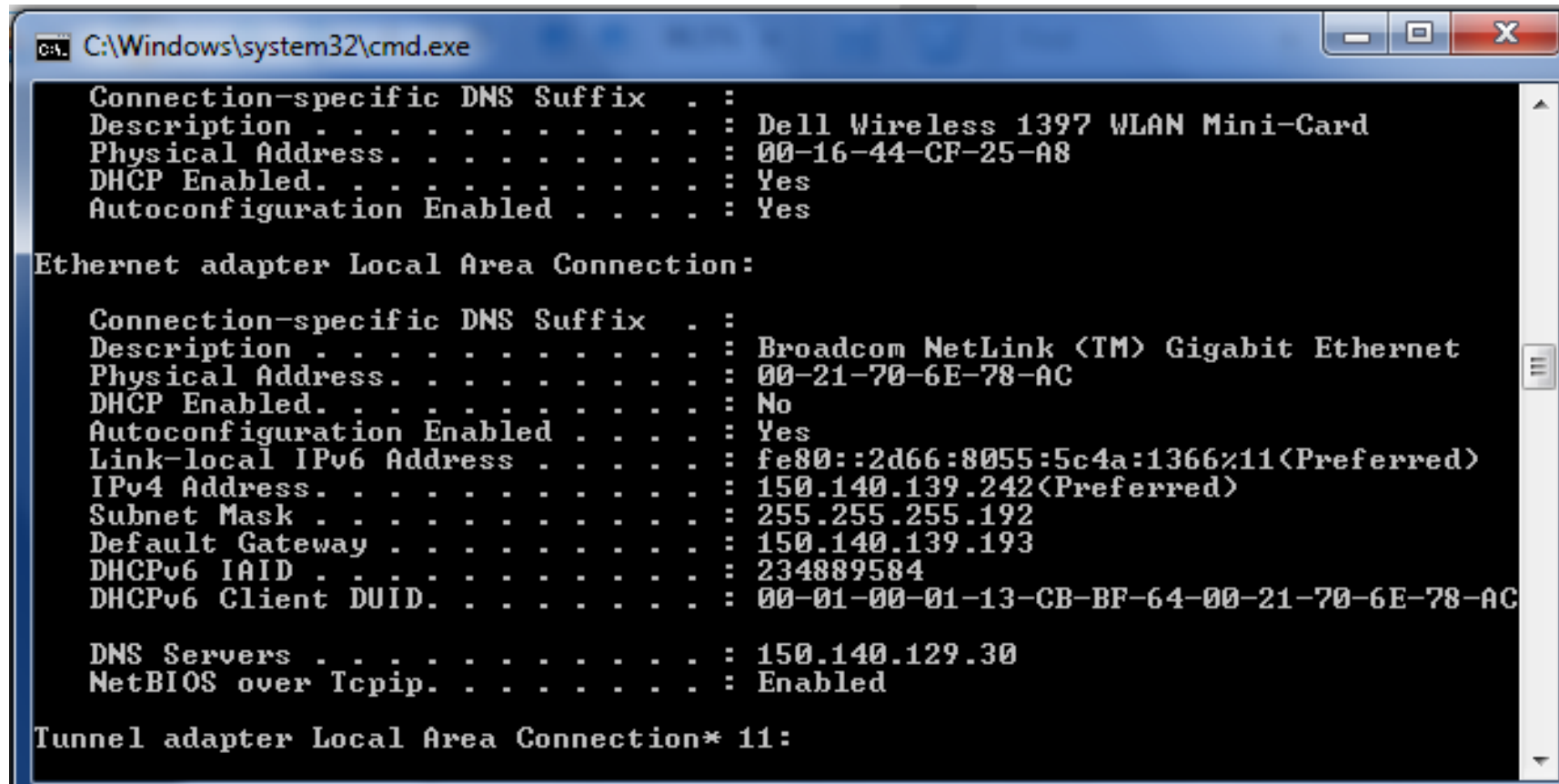
lo        Link encap:Local Loopback
          inet addr:127.0.0.1  Mask:255.0.0.0
          EtherTalk Phase 2 addr:0/0
          UP LOOPBACK RUNNING MTU:3924 Metric:1
          RX packets:41331 errors:0 dropped:0 overruns:0 frame:0
          TX packets:41331 errors:0 dropped:0 overruns:0 carrier:0
          collisions:0

[root@gatekeeper /root]#
```

- 3 δικτυακές διεπαφές
- Ethernet πρωτόκολλο για το physical και το data – link επίπεδα
- loopback είναι μια εικονική διεπαφή δικτύου που υλοποιείται μόνο στο λογισμικό και δεν συνδέεται με οποιοδήποτε υλικό. Τα δεδομένα όπου ένα πρόγραμμα υπολογιστή στέλνει στο loopback λαμβάνονται αμέσως στην ίδια διεπαφή. Χρησιμοποιείται για δοκιμές.

# Εντολές για τα δικτυακά χαρακτηριστικά

Windows: ipconfig



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Dell Wireless 1397 WLAN Mini-Card
Physical Address. . . . . : 00-16-44-CF-25-A8
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes

Ethernet adapter Local Area Connection:

Connection-specific DNS Suffix . :
Description . . . . . : Broadcom NetLink (TM) Gigabit Ethernet
Physical Address. . . . . : 00-21-70-6E-78-AC
DHCP Enabled. . . . . : No
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::2d66:8055:5c4a:1366%11 (Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 150.140.139.242 (Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.192
Default Gateway . . . . . : 150.140.139.193
DHCPv6 IAID . . . . . : 234889584
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-13-CB-BF-64-00-21-70-6E-78-AC

DNS Servers . . . . . : 150.140.129.30
NetBIOS over Tcpip. . . . . : Enabled

Tunnel adapter Local Area Connection* 11:
```



# Internet Control Message Protocol (ICMP)

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από δικτυακές συσκευές, όπως δρομολογητές, για να σταλούν μηνύματα που αναφέρουν ότι μια υπηρεσία δεν δουλεύει ή ότι μια συσκευή δεν είναι προσβάσιμη.

```
Command Prompt
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

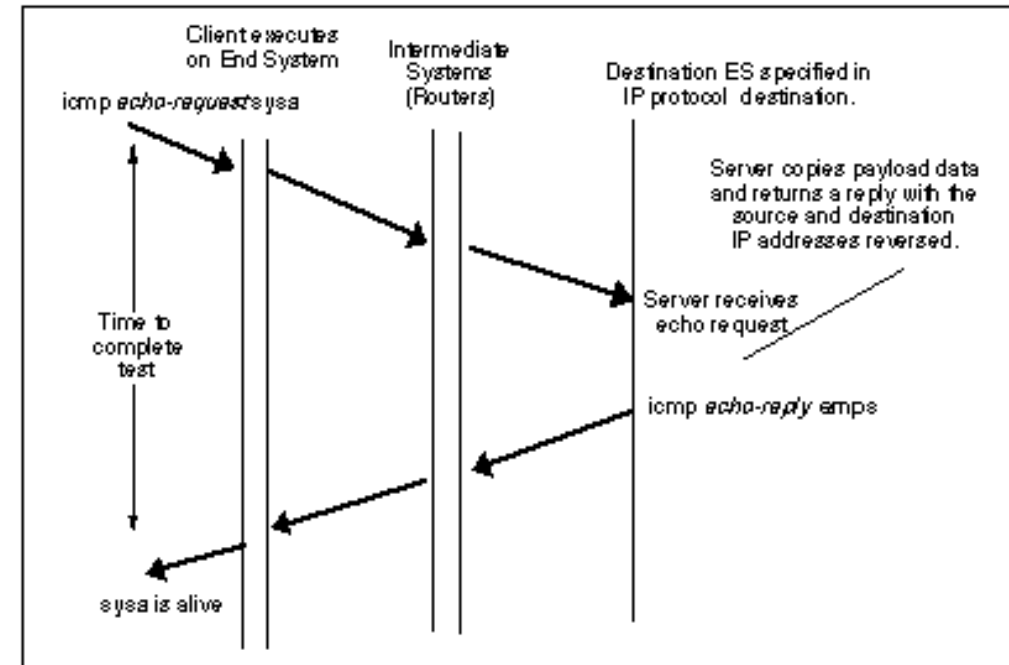
C:\Documents and Settings\user>ping mediacollege.com

Pinging mediacollege.com [66.246.3.197] with 32 bytes of data:

Reply from 66.246.3.197: bytes=32 time=280ms TTL=46
Reply from 66.246.3.197: bytes=32 time=279ms TTL=46
Reply from 66.246.3.197: bytes=32 time=279ms TTL=46
Reply from 66.246.3.197: bytes=32 time=279ms TTL=46

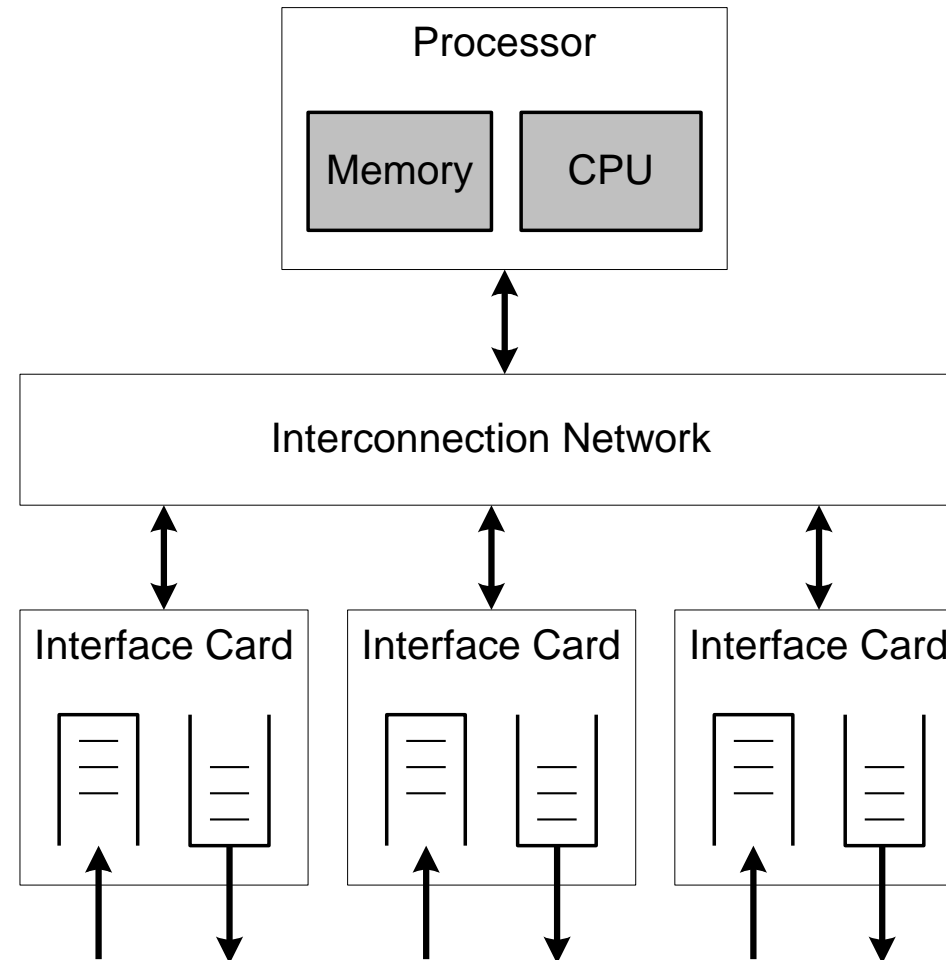
Ping statistics for 66.246.3.197:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 279ms, Maximum = 280ms, Average = 279ms

C:\Documents and Settings\user>
```

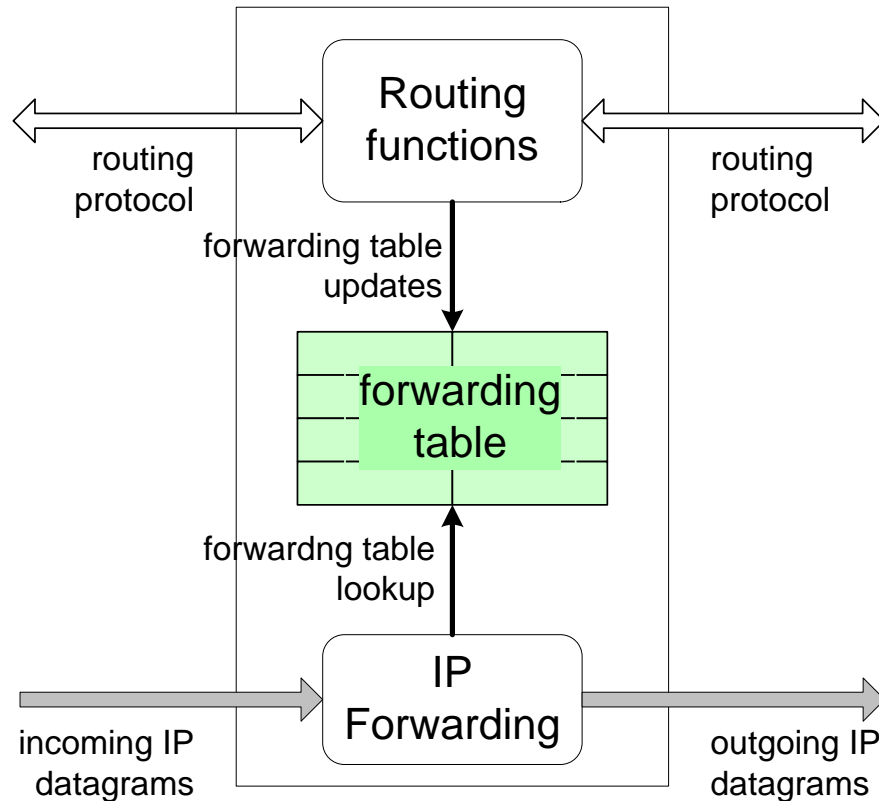


- Ping στέλνει ICMP echo request πακέτα σε ένα σταθμό και περιμένει μία ICMP response. Εν τω μεταξύ μετρά τον χρόνο μεταξύ αποστολής και λήψης (round-trip time) και καταγράφει τα πακέτα που χάνονται.

# Router Architecture



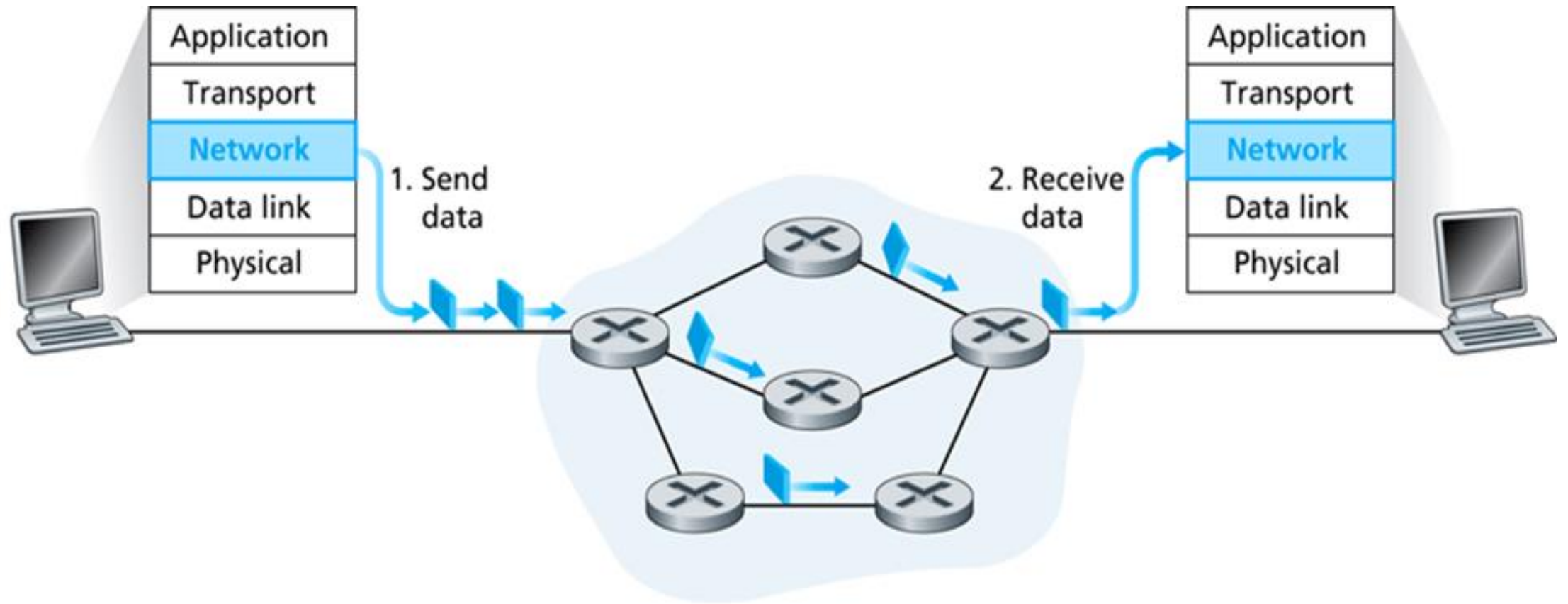
# Functional Components



**Control**

**Datapath:**  
per-packet  
processing

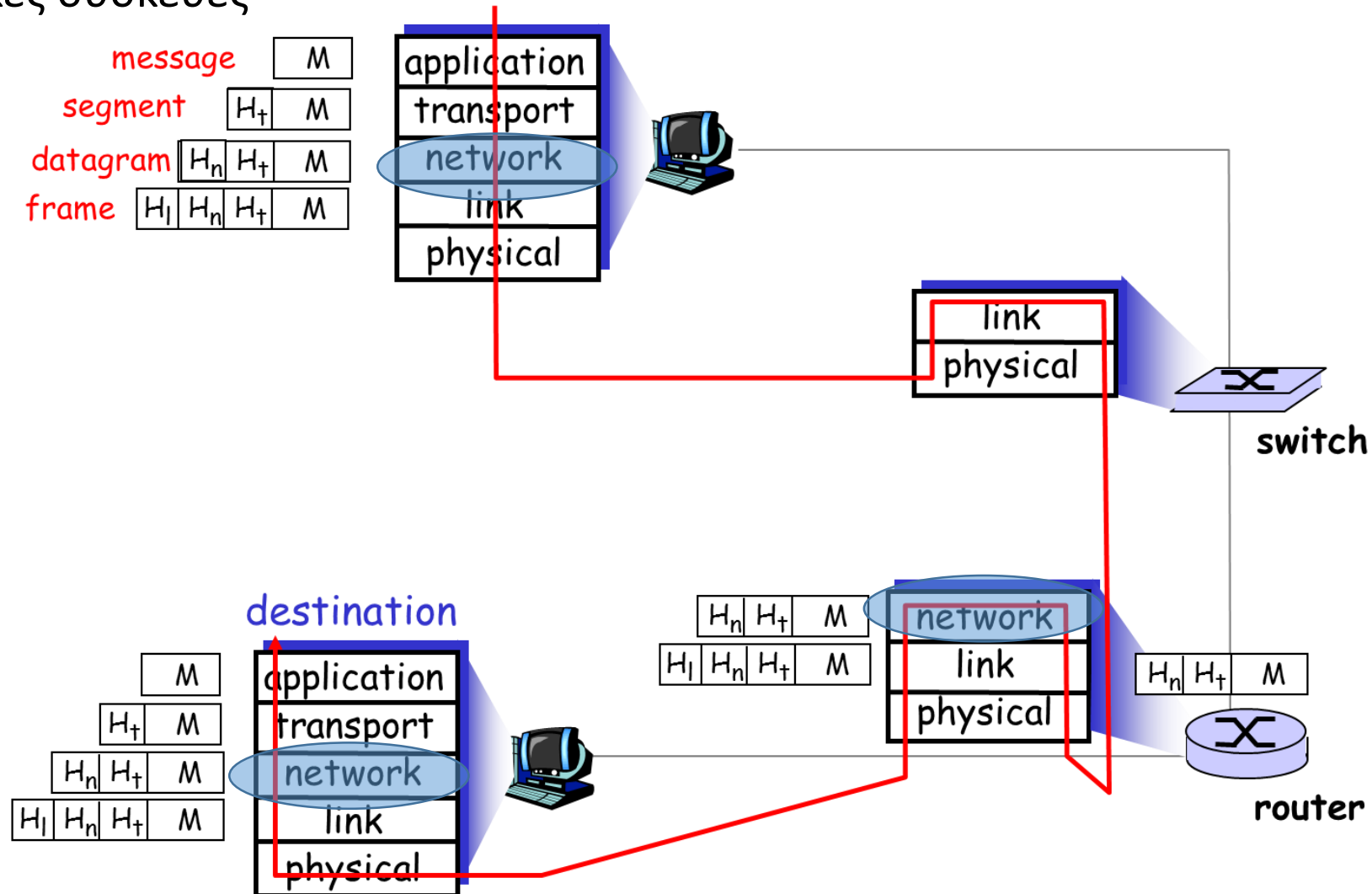
# IP δίκτυα





# Επίπεδο δικτύου (Network layer)

- Το IP είναι το υψηλότερο πρωτόκολλο που υλοποιείται τόσο σε δρομολογητές όσο και στις τελικές συσκευές



# Πίνακες Δρομολόγησης

Destination	Next Hop
10.1.0.0/24	eth0
10.1.2.0/24	eth1
10.2.1.0/24	10.0.1.1
20.1.0.0/16	10.0.1.1
20.2.1.0/28	10.0.1.1

IP datagrams can be directly delivered (“eth0 or eth1”) or are sent to a router (“10.0.1.1”)

Η προεπιλεγμένη πύλη (default gateway) είναι ο κόμβος στο δίκτυο υπολογιστών που το δικτυακό λογισμικό (network stack στο λειτουργικό) χρησιμοποιεί όταν η IP διεύθυνση δεν ταιριάζει με καμία άλλη στον πίνακα δρομολόγησης.

# Εντολές για τον πίνακα δρομολόγησης

Windows/Unix: netstat -r

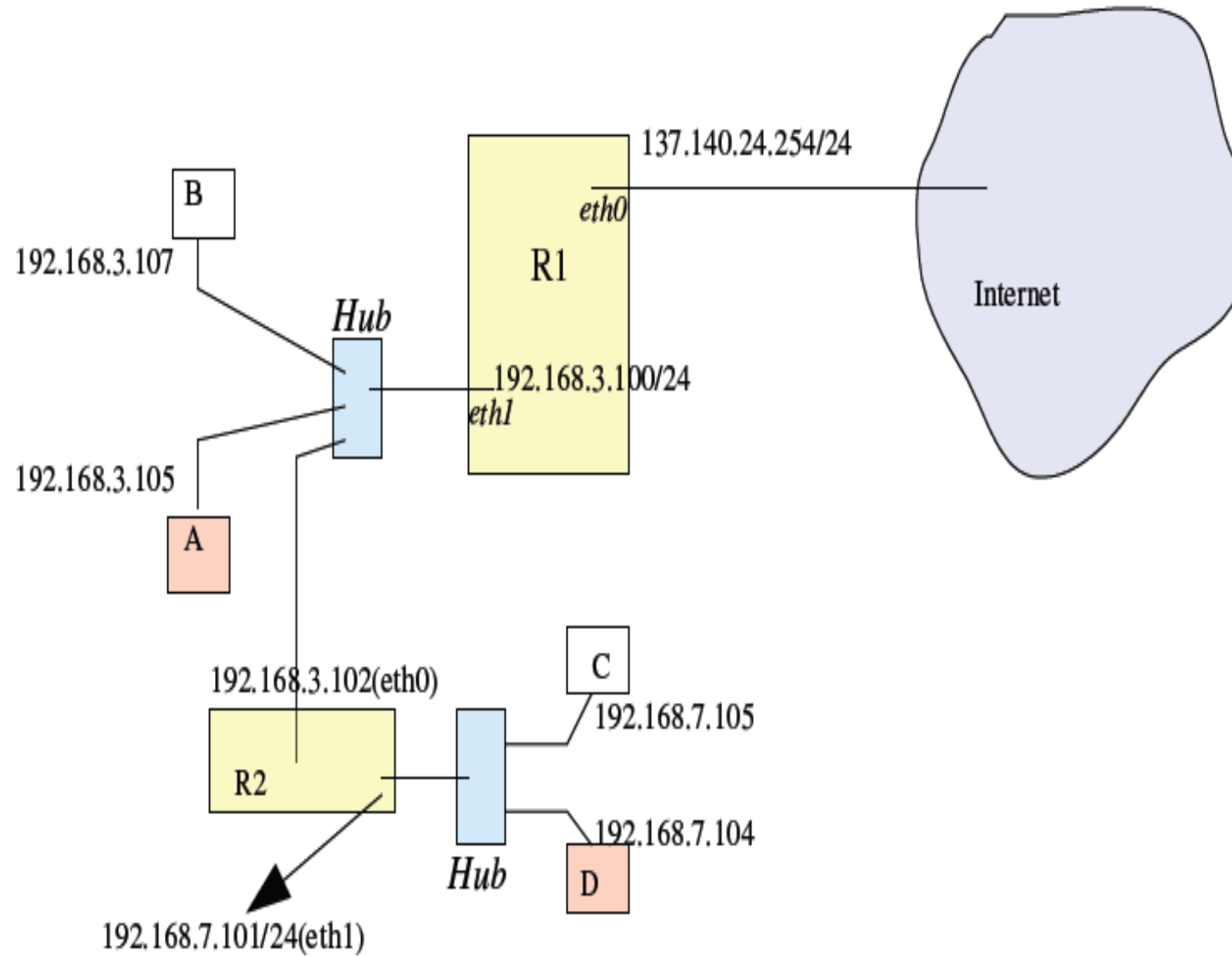
```
C:\Windows\system32\cmd.exe
=====
IPv4 Route Table
=====
Active Routes:
Network Destination        Netmask          Gateway          Interface        Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          150.140.139.193 150.140.139.242  276
127.0.0.0                  255.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
127.0.0.1                  255.255.255.255 On-link         127.0.0.1        306
127.255.255.255           255.255.255.255 On-link         127.0.0.1        306
150.140.139.192           255.255.255.192 On-link         150.140.139.242  276
150.140.139.242           255.255.255.255 On-link         150.140.139.242  276
150.140.139.255           255.255.255.255 On-link         150.140.139.242  276
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         127.0.0.1        306
224.0.0.0                  240.0.0.0        On-link         150.140.139.242  276
255.255.255.255           255.255.255.255 On-link         127.0.0.1        306
255.255.255.255           255.255.255.255 On-link         150.140.139.242  276
=====
Persistent Routes:
Network Address            Netmask          Gateway Address  Metric
0.0.0.0                    0.0.0.0          150.140.139.193  Default
=====
IPv6 Route Table
=====
```

Οι σταθμοί δεν έχουν πλήρεις πίνακες δρομολόγησης που να περιγράφουν ολόκληρο το διαδίκτυο. Σε γενικές γραμμές, ξέρουν ακριβώς αρκετά για να κάνουν διάκριση μεταξύ " άμεσα συνδεδεμένοι " , που σημαίνει " στο ίδιο LAN " , και " κάπου αλλού " , το οποίο είναι πρόβλημα άλλου δρομολογητή.

On-link όταν ο αντίστοιχος υπολογιστής είναι τοπικά προσβάσιμος (στο ίδιο υποδίκτυο) και δεν υπάρχει ανάγκη gateway

```
[kokkinop@diogenis ~]$ netstat -r
Kernel IP routing table
Destination      Gateway          Genmask         Flags   MSS Window  irtt Iface
150.140.141.128 *                255.255.255.192 U        0 0        0 eth0
10.1.0.0          *                255.255.255.0  U        0 0        0 eth1
link-local       *                255.255.0.0    U        0 0        0 eth0
link-local       *                255.255.0.0    U        0 0        0 eth1
default          r2b-fe0v1279.up 0.0.0.0         UG        0 0        0 eth0
[kokkinop@diogenis ~]$
```

# Πίνακες δρομολόγησης



# Πίνακες δρομολόγησης

Πίνακας δρομολόγησης για τον H/Y B:

Destination Network IP	Destination Network Subnet Mask	Gateway	Interface
192.168.3.0	255.255.255.0	0.0.0.0 ('on link')	eth0
192.168.7.0	255.255.255.0	192.168.3.102	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.3.100	eth0

Πίνακας δρομολόγησης για τον H/Y C:

Destination Network IP	Destination Network Subnet Mask	Gateway	Interface
192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.7.101	eth0
192.168.7.0	255.255.255.0	0.0.0.0 (on link)	eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.7.101	eth0

Πίνακας δρομολόγησης για τον R1:

Destination Network IP	Destination Network Subnet Mask	Gateway	Interface
192.168.3.0	255.255.255.0	0.0.0.0 (on link) ή 192.168.3.100	eth1
192.168.7.0	255.255.255.0	192.168.3.102	eth1
0.0.0.0	0.0.0.0	137.140.24.254	eth0

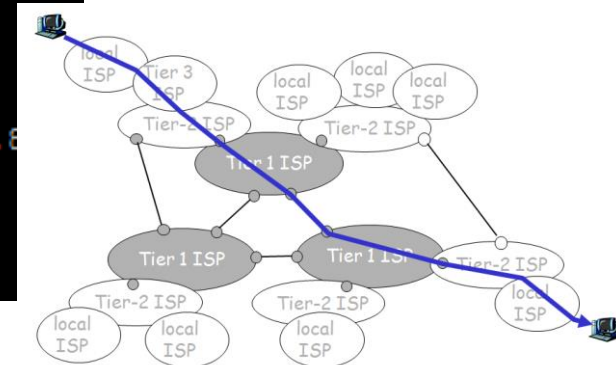
Πίνακας δρομολόγησης για τον R2:

Destination Network IP	Destination Network Subnet Mask	Gateway	Interface
192.168.3.0	255.255.255.0	0.0.0.0 (on link) ή 192.168.3.102	eth0
192.168.7.0	255.255.255.0	0.0.0.0 (on link) ή 192.168.7.101	eth1
0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.3.100	eth0

# Εντολές συνδεσιμότητας

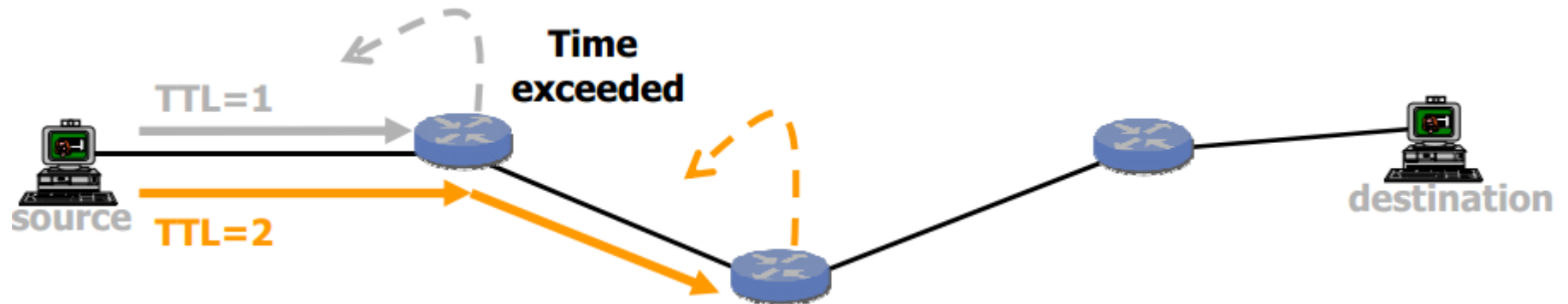
Windows/Unix: tracert / traceroute

```
[kokkinop@diogenis ~]$ traceroute www.google.com
traceroute to www.google.com (74.125.39.105), 30 hops max, 60 byte packets
 1  r2b-fe0vl279.upatras.gr (150.140.141.129)  1.329 ms  2.439 ms  1.678 ms
 2  r29-vl1000.upnet.gr (150.140.128.50)  1.644 ms  1.590 ms  1.391 ms
 3  R29A-R29.upnet.gr (150.140.128.106)  1.305 ms  1.228 ms  1.144 ms
 4  grnetRouter.upatras.koletti-1.access-link.grnet.gr (195.251.24.45)  66.030 ms  65.901 ms  65.815 ms
 5  eie2-to-koletti1.backbone.grnet.gr (195.251.27.46)  3.690 ms  3.617 ms  3.446 ms
 6  grnet.rtl.ath2.gr.geant.net (62.40.124.89)  3.838 ms  3.808 ms  4.152 ms
 7  as0.rtl.vie.at.geant2.net (62.40.112.165)  36.288 ms  36.228 ms  38.123 ms
 8  so-1-2-0.rtl.pra.cz.geant2.net (62.40.112.6)  42.864 ms  42.833 ms  50.111 ms
 9  so-6-3-0.rtl.fra.de.geant2.net (62.40.112.38)  72.940 ms  50.848 ms  50.574 ms
10  google-gw.rtl.fra.de.geant2.net (62.40.125.202)  50.478 ms  50.367 ms  50.285 ms
11  209.85.241.110 (209.85.241.110)  112.447 ms  50.634 ms  51.218 ms
12  72.14.239.62 (72.14.239.62)  51.404 ms  72.14.239.60 (72.14.239.60)  51.050 ms  50.996 ms
13  209.85.254.116 (209.85.254.116)  50.931 ms  209.85.254.114 (209.85.254.114)  53.016 ms  209.854.116 (209.85.254.116)  52.994 ms
14  209.85.254.134 (209.85.254.134)  61.950 ms * 51.721 ms
15  fx-in-f105.1e100.net (74.125.39.105)  51.299 ms  51.236 ms  50.990 ms
```



# traceroute

- Time-To-Live field in IP packet header
  - Source sends a packet with a TTL of n
  - Each router along the path decrements the TTL
  - “TTL exceeded” sent when TTL reaches 0
- Traceroute tool exploits this TTL behavior



*Send packets with TTL=1, 2, 3, ... and record source of "time exceeded" message*

# Ερωτήσεις?



Χρησιμοποιήθηκαν εν μέρη εικόνες και κείμενο από:

- J. Kurose and K. Ross, Computer Networking: A Top-Down Approach
- CS 498MC: Systems and Networking Lab
- CSEE W4140: Networking Laboratory