



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 11: ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ IPV6



31 ΜΑΙΟΥ, 2023

ΘΟΔΩΡΗΣ ΑΡΑΠΗΣ – ΕΛ18028

| | |
|--|-----------------------|
| Όνοματεπώνυμο: Θιδωρής Αράπης | Ομάδα: 3 |
| Όνομα PC/ΛΣ: DESKTOP-JGHL94V/ WINDOWS 10 | Ημερομηνία: 31/5/2023 |

Προετοιμασία στο σπίτι

Δημιουργούμε το μηχάνημα:

```
root@R0:/usr/local/etc/frr # cat /etc/rc.conf
sshd_enable="YES" # to enable the ssh daemon
hostname="R0" #to assign the host name
gateway_enable="YES"
frr_enable="YES"
frr_daemons="zebra staticd ripd ripngd ospfd ospf6d bgpd"
```

Άσκηση 1: Εισαγωγή στο IPv6

1.1

Εκτελούμε την παρακάτω εντολή στα PC.

```
root@R0:~ # sysrc ifconfig_em0_ipv6="inet6 accept_rtadv"
ifconfig_em0_ipv6: -> inet6 accept_rtadv
```

1.2

Εκτελούμε “service netif restart”.

1.3

Έχει αποδοθεί η παρακάτω:

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
```

1.4

Έχει αποδοθεί η παρακάτω:

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
```

1.5

Οι παραπάνω διευθύνσεις είναι link-local και έχουν παραχθεί έχοντας ως πρώτα 64 bit το fe80::/64 και ως τελευταία 64 την EUI-64 MAC address, ο καθένας τη δική του. Για παράδειγμα, όσον αφορά το PC1 παράχθηκε ως εξής:

- **Πρώτα 64 bits:** fe80::/64 (**fe80:0000:0000:0000:...)**
- **Τελευταία 64 bits:** Από την MAC address 08:00:27:9a:03:c1, αντιστρέφουμε το 7^o bit του πρώτου byte (0 8₁₆ = 0000 1000₂), οπότε και γίνεται 0a:00:27:9a:03:c1 και στη συνέχεια παρεμβάλουμε τα ff:fe στη μέση της MAC, οπότε γίνεται 0a:00:27:ff:fe:9a:03:c1 . (... :0a00:27ff:fe9a:03c1)

Συνενώνοντας τα παραπάνω παίρνουμε fe80:0000:0000:0000:0a00:27ff:fe9a:03c1, τα οποία απλοποιούνται στο fe80::a00:27ff:fe9a:3c1. Βλέπουμε παρακάτω πληροφορίες για την em0 του PC1.

```
root@PC1:~ # ifconfig em0
em0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
        options=81009b<RXCSUM,TXCSUM,ULAN_MTU,ULAN_HWTAGGING,ULAN_HWCSUM,ULAN_HW
FILTER>
        ether 08:00:27:9a:03:c1
        inet6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
                media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
                status: active
                nd6 options=23<PERFORMNUD,ACCEPT_RTADV,AUTO_LINKLOCAL>
```

1.6

Εκτελούμε στο PC1 “**netstat -rn6**” και βλέπουμε τις παρακάτω 9 εγγραφές.

```
root@PC1:~ # netstat -rn6
Routing tables

Internet6:
Destination          Gateway            Flags      Netif
Expire
::/96                 ::1               UGRS      lo0
::1                   link#5           UH        lo0
::ffff:0.0.0.0/96     ::1               UGRS      lo0
fe80::/10              ::1               UGRS      lo0
fe80:::em0/64          link#1           U         em0
fe80:::a00:27ff:fe9a:3c1%em0   link#1           UHS       lo0
fe80:::lo0/64          link#5           U         lo0
fe80:::1%lo0           link#5           UHS       lo0
ff02::/16              ::1               UGRS      lo0
```

1.7

Μία μόνο.

1.8

Τις “fe80::%em0/64” και “fe80::%lo0/64”.

1.9

Το ίδιο το PC1.

1.10

Πρέπει να προστεθεί το %em0.

```
root@PC1:~ # ping6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1
ping6: UDP connect: Network is unreachable
root@PC1:~ # ping6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0
^C
--- fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 ping6 statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.049/0.053/0.059/0.004 ms
```

1.11

Όμοια με πριν απαιτείται το %em0 στο τέλος.

```
root@PC1:~ # ping6 fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0
^C
--- fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 ping6 statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.323/0.365/0.406/0.042 ms
```

1.12

Κάνοντας το ping6 από το PC1 στην διεύθυνση που αφορά όλους τους κόμβους στη τοπική διεπαφή, απαντάει προφανώς μόνο το PC1.

```
root@PC1:~ # ping6 ff01::1%em0
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> ff01::1%em0
^C
--- ff01::1%em0 ping6 statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.048/0.056/0.064/0.007 ms
```

1.13

Παρατηρούμε ότι απαντάνε και τα 2 PC, αφού η διεύθυνση ff02::1 αφορά όλους τους κόμβους στην τοπική ζεύξη.

```
root@PC1:~ # ping6 ff02::1%em0
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> ff02::1%em0
16 bytes from fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.077 ms
16 bytes from fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.347 ms(DUP
!)
```

1.14

```
root@PC1:~ # ifconfig em0 inet6 fd00:1::2/64
```

1.15

```
root@PC2:~ # ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64
```

1.16

Είναι διευθύνσεις μη δρομολογούμενες στο δημόσιο διαδίκτυο, αντίστοιχες με τις ιδιωτικές διευθύνσεις στο IPv4, 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 και 192.168.0.0/16.

1.17

Υπάρχουν πλέον από 2 σε κάθε PC.

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::2 prefixlen 64
```

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::3 prefixlen 64
```

1.18

Βλέπουμε πως υπάρχουν πλέον 11 εγγραφές. Προστέθηκαν 2 νέες.

```
root@PC1:~ # netstat -rn6
Routing tables

Internet6:
Destination           Gateway             Flags     Netif 
Expire
::/96                ::1                UGRS      lo0
::1                  link#5            UH        lo0
::ffff:0.0.0.0/96    ::1                UGRS      lo0
fd00:1::/64          link#1            U         em0
fd00:1::2            link#1            UHS       lo0
fe80::/10            ::1                UGRS      lo0
fe80:::em0/64         link#1            U         em0
fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 link#1            UHS       lo0
fe80:::lo0/64         link#5            U         lo0
fe80::1%lo0          link#5            UHS       lo0
ff02::/16             ::1                UGRS      lo0
```

1.19

Θα τροποποιήσουμε το αρχείο /etc/hosts σε κάθε PC προσθέτοντας τις παρακάτω γραμμές στα PC1 και PC2 αντίστοιχα.

```
fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0      PC2      PC2 |
```

```
fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0      PC1      PC1 |
```

1.20

Ναι.

```
root@PC1:~ # ping6 PC2
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0
16 bytes from fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.344 ms
16 bytes from fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0, icmp_seq=1 hlim=64 time=0.324 ms
^C
--- PC2 ping6 statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.324/0.334/0.344/0.010 ms
```

1.21

Καμία.

```
root@PC1:~ # arp -a
root@PC1:~ # |
```

1.22

Εκτελούμε “**man ndp**”.

1.23

Εκτελούμε “**ndp -a**”.

```
root@PC1:~ # ndp -a
Neighbor                               Linklayer Address  Netif  Expire      S Flags
fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0          08:00:27:0c:18:2a  em0   23h0m29s  S
fd00:1::2                             08:00:27:9a:03:c1  em0   permanent R
fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0          08:00:27:9a:03:c1  em0   permanent R
```

1.24

3, σε όσες κάναμε ping6 προηγουμένως. Η πρώτη (PC2) είναι stale ενώ οι άλλες δύο Reachable.

1.25

Εκτελούμε “**ndp -p**”. Εμφανίζονται 2 εγγραφές για το πρόθεμα fe80::/64 (για τις διεπαφές em0 και lo0) και μία για το πρόθεμα fd00:1::/64. Ακόμη, βλέπουμε άπειρη διάρκεια ζωής (expire=Never) σε όλες τις εγγραφές.

```
root@PC1:~ # ndp -p
fd00:1::/64 if=em0
  flags=L0 vltimer=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=1
    No advertising router
fe80::%em0/64 if=em0
  flags=LAO vltimer=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
    No advertising router
fe80::%lo0/64 if=lo0
  flags=LAO vltimer=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
    No advertising router
```

1.26

Από τα προθέματα αυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον μηχανισμό αυτόματης απόδοσης διευθύνσεων αυτές που έχουν το Flag A, επομένως τα προθέματα fe80::%em0/64 και fe80::%lo0/64.

1.27

Εκτελούμε “**ndp -c**”.

1.28

Εκτελούμε σε νέο παράθυρο στο PC2 “**tcpdump -vvvni em0**”.

1.29

Βλέπουμε 6 IPv6 πακέτα, ένα Neighbor Solicitation με το οποίο ο PC1 ρωτάει για τη MAC του PC2, ένα Neighbor Advertisement που περιέχει την απάντηση στο παραπάνω και στη συνέχεια το ICMPv6 Request και Reply. Τέλος βλέπουμε άλλο ένα ζέυγος NS NA, με την αντίστροφη όμως φορά επικοινωνίας.

```

root@PC2:~ # tcpdump -vvvni em0
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
03:46:18.406170 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::1:ff0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fe80::a00:27ff:fe0c:182a
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:9a:03:c1
    0x0000: 0800 279a 03c1
03:46:18.406234 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 32, tgt is fe80::a00:27ff:fe0c:182a, Flags [solicited, override]
    destination link-address option (2), length 8 (1): 08:00:27:0c:18:2a
    0x0000: 0800 270c 182a
03:46:18.406407 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > fe80::a00:27ff:fe0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo request, seq 0
03:46:18.406416 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo reply, seq 0
03:46:23.469623 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fe80::a00:27ff:fe9a:3c1
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:0c:18:2a
    0x0000: 0800 270c 182a
03:46:23.469893 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > fe80::a00:27ff:fe0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 24, tgt is fe80::a00:27ff:fe9a:3c1, Flags [solicited]
^C
6 packets captured
6 packets received by filter
0 packets dropped by kernel

```

1.30

Μεταφέρονται μηνύματα του πρωτοκόλλου ICMPv6, τα οποία προσδιορίζονται από την τιμή 58 του πεδίου next-header.

1.31

- 1) **PC1 → PC2 (Neighbor Solicitation)**
- 2) **PC2 → PC1 (Neighbor Advertisement)**
- 3) **PC1 → PC2 (ICMPv6 Echo Request)**
- 4) **PC2 → PC1 (ICMPv6 Echo Reply)**
- 5) **PC2 → PC1 (Neighbor Solicitation)**
- 6) **PC1 → PC2 (Neighbor Advertisement)**

1.32

Το πρώτο πακέτο που καταγράψαμε έχει διεύθυνση προορισμού την ff02::1:ff0c:182a. Η διεύθυνση αυτή προκύπτει προσθέτοντας στο πρόθεμα ff02:0:0:0:0:1:ff00:0/104 τα τελευταία 24 bit της unicast διεύθυνσης του προορισμού. Εν προκειμένω, προορισμός ήταν η διεύθυνση του PC2 (fe80::a00:27ff:fe0c:182a), εκ της οποία τελευταία 24 bits είναι τα 0c:182a, οπότε και προκύπτει η παραπάνω διεύθυνση ως multicast Solicited Node.

1.33

Το δεύτερο πακέτο που καταγράψαμε έχει διεύθυνση προορισμού την fe80::a00:27ff:fe9a:3c1, δηλαδή την link-local address του PC1.

1.34

Η εγγραφή που αφορά το PC1 είναι σε κατάσταση Stale ενώ η διάρκεια ζωής της είναι 24 ώρες (στην αρχή).

| root@PC2:~ # ndp -a | Linklayer Address | Netif | Expires | S | Flags |
|------------------------------|-------------------|-------|-----------|---|-------|
| Neighbor | | | | | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 23h47m38s | S | |

1.35

Εκτελούμε στο PC2 “**ndp -A 5**” ώστε να εμφανίζει τον πίνακα γειτόνων ανά 5 δευτερόλεπτα. Εκτελούμε στο PC1 “**ping6 PC2**”. Παρατηρήσαμε τις καταστάσεις R (Reachable) και S (Stale).

| root@PC2:~ # ndp -A 5 | Linklayer Address | Netif | Expires | S | Flags |
|------------------------------|-------------------|-------|-----------|---|-------|
| Neighbor | | | | | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 23h57m28s | S | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 23h57m23s | S | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 23s | R | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 18s | R | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 12s | R | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 7s | R | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 2s | R | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 23h59m57s | S | |
| fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fd00:1::3 | 08:00:27:0c:18:2a | em0 | permanent | R | |
| fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 | 08:00:27:9a:03:c1 | em0 | 21s | R | |

1.36

Η κατάσταση R διαρκεί 23sec, μετά την παρέλευση των οποίων μεταπήπτει στην κατάσταση S για λίγο, προτού ξαναμπεί στην κατάσταση R.

1.37

Η διάρκεια ζωής της κατάστασης S είναι ένα 24ωρο.

1.38

Παρατηρούμε τις ίδιες καταστάσεις, με τη διαφορά πως τώρα όταν λήξουν τα 23s της κατάστασης R, μεταβαίνουμε στην κατάσταση S όπου και ο χρόνος βαίνει μειούμενος από τις 24 ώρες χωρίς να ξαναπάμε στην κατάσταση R.

1.39

Παρατηρούμε επιπλέον πακέτα NS και NA, τα οποία επαναλαμβάνονται ανά 23s, όποτε δηλαδή λήγει η κατάσταση R.

```
04:24:27.750518 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::  
a00:27ff:fe9a:3c1 > fe80::a00:27ff:fe0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo request  
, seq 35  
04:24:27.750541 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::  
a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo reply,  
seq 35  
04:24:28.699428 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80:  
:a00:27ff:fe9a:3c1 > fe80::a00:27ff:fe0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor so  
licitation, length 32, who has fe80::a00:27ff:fe0c:182a  
source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:9a:03:c1  
0x0000: 0800 279a 03c1  
04:24:28.699455 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fe80:  
:a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor ad  
vertisement, length 24, tgt is fe80::a00:27ff:fe0c:182a, Flags [solicited]  
04:24:28.799479 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::  
a00:27ff:fe9a:3c1 > fe80::a00:27ff:fe0c:182a: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo request  
, seq 36  
04:24:28.799504 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::  
a00:27ff:fe0c:182a > fe80::a00:27ff:fe9a:3c1: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo reply,  
seq 36
```

Άσκηση 2: SLAAC και Στατική δρομολόγηση IPv6

2.1

```
root@R1:~ # sysrc ipv6_gateway_enable="YES"
ipv6_gateway_enable: NO -> YES
root@R1:~ # service routing restart
delete host 127.0.0.1: gateway lo0
delete host ::1: gateway lo0
delete net fe80::: gateway ::1
delete net ff02::: gateway ::1
delete net ::ffff:0.0.0.0: gateway ::1
delete net ::0.0.0.0: gateway ::1
add host 127.0.0.1: gateway lo0
Additional inet routing options: gateway=YES.
add host ::1: gateway lo0
add net fe80::: gateway ::1
add net ff02::: gateway ::1
add net ::ffff:0.0.0.0: gateway ::1
add net ::0.0.0.0: gateway ::1
Additional inet6 routing options: gateway=YES.
root@R2:~ # sysrc ipv6_gateway_enable="YES"
ipv6_gateway_enable: NO -> YES
root@R2:~ # service routing restart
delete host 127.0.0.1: gateway lo0
delete host ::1: gateway lo0
delete net fe80::: gateway ::1
delete net ff02::: gateway ::1
delete net ::ffff:0.0.0.0: gateway ::1
delete net ::0.0.0.0: gateway ::1
add host 127.0.0.1: gateway lo0
Additional inet routing options: gateway=YES.
add host ::1: gateway lo0
add net fe80::: gateway ::1
add net ff02::: gateway ::1
add net ::ffff:0.0.0.0: gateway ::1
add net ::0.0.0.0: gateway ::1
Additional inet6 routing options: gateway=YES.
```

2.2

```
root@PC2:~ # ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64 delete
root@PC2:~ # ifconfig em0 inet6 fd00:2::2/64
```

2.3

```
root@R1:~ # vtysh
Hello, this is FRRouting (version 7.5.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

R1# configure terminal
R1(config)# interface em0
R1(config-if)# ipv6 address fd00:1::1/64
R1(config-if)# exit
```

2.4

```
R1(config)# interface em1
R1(config-if)# ipv6 address fd00:3::1/126
```

2.5

```
R2(config)# interface em0
R2(config-if)# ipv6 address fd00:2::1/64
```

2.6

```
R2(config)# interface em1
R2(config-if)# ipv6 address fd00:3::2/126
```

2.7

```
root@PC1:~ # route -6 add default fd00:1::1
add net default: gateway fd00:1::1
```

2.8

```
root@PC2:~ # route add -6 default fd00:2::1
add net default: gateway fd00:2::1
```

2.9

```
root@R1:~ # tcpdump -i em0
```

2.10

To ping αποτυγχάνει, καθώς το PC1 κάνει στην αρχή NS, ώστε να μάθει που είναι το PC2, χωρίς ωστόσο να παίρνει απάντηση αφού ούτε ο R1 γνωρίζει.

```
root@PC1:~ # ndp -c
fe80::a00:27ff:fe0c:182a:em0 (fe80::a00:27ff:fe0c:182a) deleted
root@PC1:~ # ping6 -c 1 PC2
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 --> fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0
^C
--- PC2 ping6 statistics ---
1 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

```
root@R1:~ # tcpdump -i em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
17:29:55.025469 IP6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::1:ff0c:182a: ICMP6, neighbor
solicitation, who has fe80::a00:27ff:fe0c:182a, length 32
17:29:56.051390 IP6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::1:ff0c:182a: ICMP6, neighbor
solicitation, who has fe80::a00:27ff:fe0c:182a, length 32
17:29:57.051821 IP6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::1:ff0c:182a: ICMP6, neighbor
solicitation, who has fe80::a00:27ff:fe0c:182a, length 32
```

2.11

Όπως βλέπουμε, παράχθηκαν 3 NS με προορισμό την ff02::1:ff0c:182a, δηλαδή την Solicited Node του PC2.

2.12

```
R1(config)# ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
```

2.13

Ακόμα δε μπορούμε να κάνουμε ping, καθώς δε μπορεί να δρομολογήσει ο R2 την απάντηση προς το PC1.

2.14

```
R2(config)# ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
```

2.15

Πλέον το ping επιτυγχάνει, όσον αφορά τη στατική διεύθυνση fd00:2::2 που ορίσαμε στον PC2.

```
root@PC1:~ # ping6 -c 1 fd00:2::2
PING6(56=40+8+8 bytes) fd00:1::2 --> fd00:2::2
16 bytes from fd00:2::2, icmp_seq=0 hlim=62 time=0.795 ms

--- fd00:2::2 ping6 statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.795/0.795/0.795/0.000 ms
```

```
root@R1:~ # tcpdump -i em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
18:41:19.363089 IP6 fd00:1::2 > fd00:2::2: ICMP6, echo request, seq 0, length 16
18:41:19.363622 IP6 fd00:2::2 > fd00:1::2: ICMP6, echo reply, seq 0, length 16
18:41:24.573141 IP6 fd00:1::2 > fd00:1::1: ICMP6, neighbor solicitation, who has
fd00:1::1, length 32
18:41:24.573170 IP6 fd00:1::1 > fd00:1::2: ICMP6, neighbor advertisement, tgt is
fd00:1::1, length 24
18:41:24.679142 IP6 fd00:1::1 > fd00:1::2: ICMP6, neighbor solicitation, who has
fd00:1::2, length 32
18:41:24.679396 IP6 fd00:1::2 > fd00:1::1: ICMP6, neighbor advertisement, tgt is
fd00:1::2, length 24
```

2.16

Εκτελούμε στο R1 σε GCM “interface em0” → “no ipv6 nd suppress-ra”.

2.17

```
R1(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
R1(config-if)# ipv6 nd prefix fd00:1::/64
```

2.18

```
R2(config)# interface em0
R2(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
```

2.19

```
R2(config-if)# ipv6 nd prefix fd00:2::/64
```

2.20

```
root@PC1:~ # route -6 delete default fd00:1::1
delete net default: gateway fd00:1::1
```

2.21

Εκτελούμε “**tcpdump -eni em0**”.

2.22

Εκτελούμε “**service netif restart**”.

2.23

Καταγράφουμε τα παρακάτω πακέτα:

```
root@R1:~ # tcpdump -eni em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
18:57:01.568696 08:00:27:9a:03:c1 > 33:33:00:00:00:16, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 130: fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::16: HBH ICMP6, multicast listener re-
port v2, 3 group record(s), length 68
18:57:02.764139 08:00:27:9a:03:c1 > 33:33:00:00:00:02, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 70: fe80::a00:27ff:fe9a:3c1 > ff02::2: ICMP6, router solicitation, length
16
18:57:02.764282 08:00:27:1b:e8:9b > 33:33:00:00:00:01, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 110: fe80::a00:27ff:fe1b:e89b > ff02::1: ICMP6, router advertisement, len-
gth 56
18:57:02.972841 08:00:27:9a:03:c1 > 33:33:ff:9a:03:c1, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 86: :: > ff02::1:ff9a:3c1: ICMP6, neighbor solicitation, who has fd00:1::
a00:27ff:fe9a:3c1, length 32
```

Έχουμε τα παρακάτω πακέτα:

- 1) Το PC1 στέλνει multicast IPv6 over Ethernet στη MAC address 33:33:00:00:00:16, η οποία παράχθηκε βάζοντας στην αρχή το πρόθεμα 33:33 και στη συνέχεια τα τελευταία 32 bits της IPv6 προορισμού, η οποία εν προκειμένω είναι η ff02::16 (IPv6 source: 90: ::).

- 2) Το PC1 στέλνει Router Solicitation στο MAC/IPv6 destination 33:33:00:00:00:02 / ff02::2, ώστε να ζητήσει να λαμβάνει μηνύματα RA.
- 3) Ο R1 απαντάει στο destination MAC/IPv6 33:33:00:00:00:01 / ff02::1 με Router Advertisement.
- 4) Το PC1 στέλνει Neighbour Solicitation (destination MAC 33:33:ff:9a:03:c1, IPv6 source: :: (ακαθόριστη), IPv6 destination: ff02::1:ff9a:3c1 το οποίο είναι το solicited node του προορισμού), με το οποίο ρωτάει αν έχει κανείς την IPv6 του. (Δεν λαμβάνει απάντηση)

2.24

Το συγκεκριμένο NS χρησιμοποιείται για την ανίχνευση ταυτόσημων διευθύνσεων (DAD), ώστε να ορίσει σωστά τη διεύθυνσή του.

2.25

Βλέπουμε πως χρησιμοποιείται η undefined “::”, καθώς έτσι ορίζει το DAD.

2.26

Την fe80::a00:27ff:fe9a:3c1.

2.27

Έχουμε:

- NS → ff02::1:ff9a:3c1 (Solicited node)
- RS → ff02::2 (Multicast, όλοι οι δρομολογητές σε αυτή τη ζεύξη)
- RA → ff02::1 (Multicast, όλοι οι κόμβοι σε αυτή τη ζεύξη)

2.28

Έχουμε:

- NS → 33:33:ff:9a:03:c1
- RS → 33:33:00:00:00:02
- RA → 33:33:00:00:00:01

Όπως είδαμε και στο 2.23 το πρόθεμα 33:33 χρησιμοποιείται για IPv6 Multicast Over Ethernet, ενώ ως τελευταία 32 bit μπαίνουν τα τελευταία 32 της IPv6 προορισμού.

2.29

Παρατηρούμε πως πλέον η πρώτη εγγραφή έχει επιπρόσθετα το flag A και πεπερασμένους χρόνους στα διάφορα πεδία.

```

root@PC1:~ # ndp -p
fd00:1::/64 if=em0
flags=LAO vltimer=2592000, pltime=604800, expire=29d23h52m0s, ref=1
    advertised by
        fe80::a00:27ff:fe1b:e89b%em0 (reachable)
fe80:::em0/64 if=em0
flags=LAO vltimer=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
    No advertising router
fe80:::lo0/64 if=lo0
flags=LAO vltimer=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
    No advertising router

```

2.30

Τις παρακάτω.

```

inet6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 prefixlen 64 autoconf

```

2.31

Βλέπουμε πως υπάρχει η προκαθορισμένη διαδρομή και προέκυψε ως η link-state διεύθυνση του δρομολογητή με τον οποίο επικοινώνησε πριν το PC1 (δηλαδή η em0 του R1).

```

root@PC1:~ # netstat -rn6
Routing tables

Internet6:
Destination             Gateway            Flags     Netif
Expire
::/96                  ::1                UGRS      lo0
default                fe80::a00:27ff:fe1b:e89b%em0  UG       em0
::1                     link#5            UH       lo0
::ffff:0.0.0.0/96       ::1                UGRS      lo0
fd00:1::/64              link#1            U       em0
fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 link#1            UHS      lo0
fe80::/10                ::1                UGRS      lo0
fe80:::em0/64             link#1            U       em0
fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 link#1            UHS      lo0
fe80:::lo0/64              link#5            U       lo0
fe80::1%lo0               link#5            UHS      lo0
ff02::/16                ::1                UGRS      lo0

```

2.32

Από το PC2 μπορούμε να κάνουμε ping μόνο στην 2^η διεύθυνση του PC1, ενώ από το R1 και στις 2, καθώς είναι στο ίδιο LAN, οπότε μπορεί να επικοινωνήσει και με τη link-local address.

Άσκηση 3: Δυναμική δρομολόγηση IPv6

3.1

```
R1(config)# no ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
```

```
R2(config)# no ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
```

3.2

```
R1(config)# router ripng  
R1(config-router)# network em0  
R1(config-router)# network em1
```

```
R2(config)# router ripng  
R2(config-router)# network em0  
R2(config-router)# network em1
```

3.3

Βλέπουμε μία μόνο εγγραφή

```
R1(config-router)# do show ipv6 route ripng  
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,  
      O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, M - MHRP, T - Table,  
      v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,  
      f - OpenFabric,  
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup  
R>* fd00:2::/64 [120/2] via fe80::a00:27ff:fe2e:b532, em1, weight 1, 00:01:28
```

3.4

Επόμενος κόμβος για το fd00:2::/64 είναι η fe80::a00:27ff:fe382e:b532, δηλαδή η link-local address του em1 του R2.

3.5

Μπορούμε χρησιμοποιώντας την private address “**ping6 -c 1 fd00:2::2**”.

```
root@PC1:~ # ping6 -c 1 fd00:2::2  
PING6(56=40+8+8 bytes) fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 --> fd00:2::2  
16 bytes from fd00:2::2, icmp_seq=0 hlim=62 time=1.031 ms  
  
--- fd00:2::2 ping6 statistics ---  
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss  
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.031/1.031/1.031/0.000 ms
```

3.6

```
root@R1:~ # tcpdump -vvvni em1
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
20:22:00.073571 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe1e:b773.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-req dump
20:22:00.073928 IP6 (class 0xc0, hlim 64, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe2e:b532.521 > fe80::a00:27ff:fe1e:b773.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
20:22:04.146119 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe2e:b532 > fe80::a00:27ff:fe1e:b773: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fe80::a00:27ff:fe1e:b773
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:2e:b5:32
        0x0000: 0800 272e b532
20:22:04.146153 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fe80::a00:27ff:fe1e:b773 > fe80::a00:27ff:fe2e:b532: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 24, tgt is fe80::a00:27ff:fe1e:b773, Flags [router, solicit ed]
20:22:09.168738 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::a00:27ff:fe1e:b773 > fe80::a00:27ff:fe2e:b532: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fe80::a00:27ff:fe2e:b532
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:1e:b7:73
        0x0000: 0800 271e b773
20:22:09.169029 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fe80::a00:27ff:fe2e:b532 > fe80::a00:27ff:fe1e:b773: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 24, tgt is fe80::a00:27ff:fe2e:b532, Flags [router, solicit ed]
20:22:09.247113 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe2e:b532.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
20:22:25.814253 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe1e:b773.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:1::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
20:22:30.302612 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe2e:b532.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
20:22:48.353410 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe2e:b532.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
20:22:53.839998 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length: 52) fe80::a00:27ff:fe1e:b773.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:1::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
```

3.7

Παρατηρούμε, αρχικά, ένα πακέτο ripng-request ($R1_{em1} \rightarrow ff02::9$) ακολουθούμενο από ένα πακέτο ripng-response ($R2_{em1} \rightarrow R1_{em1}$), όπου $R1_{em1}$, $R2_{em1}$ οι link-local διευθύνσεις τους. Μετά βλέπουμε την διαδικασία Neighbour discovery και ύστερα ακολουθούν πακέτα ripng-response εκπεμπόμενα από τις WAN διεπαφές των R1, R2. Το μεν R1 στέλνει διαφημίσεις για το LAN1 και το WAN1, ενώ το R2 για το LAN2 και το WAN1. Διεύθυνση προορισμού σε αυτά είναι η $ff02::9$, η οποία αποτελεί multicast address για RIP routers.

3.8

Το hop_limit έχει τιμή 255, ώστε να διασφαλιστεί ότι δε θα περάσει από ενδιάμεσο δρομολογητή.

3.9

Χρησιμοποιείται το UDP και η θύρα 521, ενώ στο RIP είχαμε μεν UDP, αλλά χρησιμοποιούνταν η θύρα 520.

3.10

Εκτελούμε στα R1, R2 “**no router ripng**”.

3.11

Εκτελούμε στα R1, R2 σε GCM “**do write memory**”.

3.12

Εκτελούμε σε απλό terminal στα R1, R2 “**service frr restart**”.

3.13

Εκτελούμε τα παρακάτω στον R1 και αντίστοιχα στον R2.

```
R1(config)# router ospf6
R1(config-ospf6)# router-id 1.1.1.1

R2(config)# router ospf6
R2(config-ospf6)# router-id 2.2.2.2
```

3.14

```
R1(config-ospf6)# interface em0 area 0.0.0.0
R1(config-ospf6)# interface em1 area 0.0.0.0
```

3.15

Εκτελούμε αντίστοιχα στον R2 “**interface em0 area 0.0.0.0**” και “**interface em1 area 0.0.0.0**”.

3.16

Βλέπουμε τις παρακάτω 3 εγγραφές. Το κόστος για το LAN1 (πρώτη εγγραφή) είναι 200 (100+100), ενώ για τα LAN2 και WAN1 (δεύτερη και τρίτη εγγραφή αντίστοιχα) είναι 100, καθώς το R2 είναι άμεσα συνδεδεμένο με αυτά.

```
R2(config-ospf6)# do show ipv6 route ospf6
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,
       O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, N - NHRP, T - Table,
       v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
>>* fd00:1::/64 [110/200] via fe80::a00:27ff:fe1e:b773, em1, weight 1, 00:00:14
| fd00:2::/64 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:00:22
| fd00:3::/126 [110/100] is directly connected, em1, weight 1, 00:00:19
```

3.17

Είναι η διεύθυνση fe80::a00:27ff:fe1e:b773, η οποία αποτελεί την link-local address της em1 του R1.

3.18

Εκτελούμε στο R2 “**tcpdump -vvvni em1**”. Παρουσιάζουμε ενδεικτικά κάποιες καταγραφές.

```
root@R2:~ # tcpdump -vvvni em1
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
21:06:34.837584 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fe2e:b532 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
    Router-ID 2.2.2.2, Backbone Area
    Options [U6, External, Router]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.2, Priority 1
        Designated Router 1.1.1.1, Backup Designated Router 2.2.2.2
        Neighbor List:
            1.1.1.1
21:06:37.247418 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fe1e:b773 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
    Router-ID 1.1.1.1, Backbone Area
    Options [U6, External, Router]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.2, Priority 1
        Designated Router 1.1.1.1, Backup Designated Router 2.2.2.2
        Neighbor List:
            2.2.2.2
21:06:44.937698 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fe2e:b532 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
    Router-ID 2.2.2.2, Backbone Area
    Options [U6, External, Router]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.2, Priority 1
        Designated Router 1.1.1.1, Backup Designated Router 2.2.2.2
        Neighbor List:
            1.1.1.1
21:06:47.346399 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fe1e:b773 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
    Router-ID 1.1.1.1, Backbone Area
    Options [U6, External, Router]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.2, Priority 1
        Designated Router 1.1.1.1, Backup Designated Router 2.2.2.2
        Neighbor List:
            2.2.2.2
```

3.19

Παρατηρούμε να εκπέμπονται OSPFv3 Hello πακέτα από τις διεπαφές em1 των R1 και R2, με διεύθυνση προορισμού την ff02::5, η οποία αφορά multicast διευθύνσεις OSPFIGP.

3.20

Hop Limit = 1.

3.21

Βλέπουμε πως χρησιμοποιεί τον αριθμό πρωτοκόλλου 89, ίδιος δηλαδή με αυτόν του OSPFv2.

3.22

Μπορούμε να κάνουμε στην private address του PC1.

```
root@PC2:~ # ping6 -c 1 fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1
PING6(56=40+8+8 bytes) fd00:2::2 --> fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1
16 bytes from fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1, icmp_seq=0 hlim=62 time=0.756 ms

--- fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 ping6 statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 0.756/0.756/0.756/0.000 ms
```

3.23

Εκτελούμε στα R1 και R2 “**no router ospf6**”.

3.24

Επανεκκινούμε την υπηρεσία frr στα R1/R2.

3.25

```
R1(config)# router-id 1.1.1.1
R1(config)# router bgp 65010
```

3.26

```
R1(config-router)# no bgp ebgp-requires-policy
```

3.27

```
R1(config-router)# no bgp default ipv4-unicast
```

3.28

```
R1(config-router)# neighbor fd00:3::2 remote-as 65020
```

3.29

```
R1(config-router)# address-family ipv6
```

3.30

```
R1(config-router-af)# network fd00:1::/64
```

3.31

```
R1(config-router-af)# neighbor fd00:3::2 activate
```

3.32

Εκτελούμε τις εντολές για τον R2.

```
R2(config)# router-id 2.2.2.2
R2(config)# router bgp 65020
R2(config-router)# no bgp ebgp-requires-policy
R2(config-router)# no bgp default ipv4-unicast
R2(config-router)# neighbor fd00:3::1 remote-as 65010
R2(config-router)# address-family ipv6
R2(config-router-af)# network fd00:2::/64
R2(config-router-af)# neighbor fd00:3::1 activate
R2(config-router-af)# exit
```

3.33

Με “**do show ipv6 route bgp**” βλέπουμε μία μόνο εγγραφή, για το LAN2:

```
R1(config-router-af)# do show ipv6 route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,
       O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, N - NHRP, T - Table,
       v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
B>* fd00:2::/64 [20/0] via fe80::a00:27ff:fe2e:b532, em1, weight 1, 00:07:02
```

3.34

Διεύθυνση του επόμενου κόμβου για το LAN2 είναι η fe80::a00:27ff:fe2e:b532, η οποία αποτελεί την link-local address της em1 του R2.

3.35

Εκτελούμε “tcpdump -vvvni em1”.

```
root@R1:~ # tcpdump -vvvni em1
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
s
22:02:40.297108 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x4549e, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 51) fd00:3::2.49009 > fd00:3::1.179: Flags [P..], cksum 0x0dc0 (correct),
seq 605992533:605992552, ack 51690965, win 130, options [nop,nop,TS val
375603520 ecr 3569279582], length 19: BGP
    Keepalive Message (4), length: 19
22:02:40.337545 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x4bbb0, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 32) fd00:3::1.179 > fd00:3::2.49009: Flags [.], cksum 0x274c (correct),
seq 1, ack 19, win 130, options [nop,nop,TS val 3569339628 ecr 375603520
l, length 0
22:02:40.337724 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x4bbb0, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 51) fd00:3::1.179 > fd00:3::2.49009: Flags [P..], cksum 0x231e (correct),
seq 1:20, ack 19, win 130, options [nop,nop,TS val 3569339628 ecr 37560
35201, length 19: BGP
    Keepalive Message (4), length: 19
22:02:40.374207 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x4549e, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 32) fd00:3::2.49009 > fd00:3::1.179: Flags [.], cksum 0x26ec (correct),
seq 19, ack 20, win 130, options [nop,nop,TS val 375603597 ecr 356933962
8], length 0
22:02:45.088706 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fd00:
3::1 > fd00:3::2: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who ha
s fd00:3::2
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:1e:b7:73
        0x0000: 0800 271e b773
22:02:45.089033 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fd00:
3::2 > fd00:3::1: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 24, tgt i
s fd00:3::2, Flags [router, solicited]
22:02:46.008080 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fd00:
3::2 > fd00:3::1: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who ha
s fd00:3::1
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:2e:b5:32
        0x0000: 0800 272e b532
22:02:46.008108 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 24) fd00:
3::1 > fd00:3::2: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor advertisement, length 24, tgt i
s fd00:3::1, Flags [router, solicited]
^C
8 packets captured
8 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
```

3.36

Βλέπουμε μηνύματα BGP Keepalive μεταξύ των R1-R2. Χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο TCP και η θύρα (προορισμού) 179, όπως στο IPv4. (θύρα πηγής δυναμική)

3.37

hlim=1.

3.38

Μπορούμε στις παρακάτω 2 διευθύνσεις:

```
root@PC2:~ # ifconfig em0
em0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
        options=81009b<RXCSUM,TXCSUM,ULAN_MTU,ULAN_HWTAGGING,ULAN_HWCSUM,ULAN_HW
FILTER>
        ether 08:00:27:0c:18:2a
        inet6 fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
        inet6 fd00:2::2 prefixlen 64
        inet6 fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a prefixlen 64 autoconf
        media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
        status: active
        nd6 options=23<PERFORMNUD,ACCEPT_RTADU,AUTO_LINKLOCAL>
```

```
root@PC1:~ # ping6 -c 1 fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a
ping6: Name does not resolve
root@PC1:~ # ping6 -c 1 fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a
PING6(56=40+8+8 bytes) fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 --> fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a
16 bytes from fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a, icmp_seq=0 hlim=62 time=1.031 ms
--- fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a ping6 statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 1.031/1.031/1.031/0.000 ms
```

3.39

Εκτελούμε στο PC1 αρχικά “reboot”. Συνδεόμαστε πάλι και εκτελούμε τα ζητούμενα:

```
root@PC1:~ # vtysh
Hello, this is FRRouting (version 7.5.1).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

PC1# configure terminal
PC1(config)# interface em0
PC1(config-if)# ipv6 address fd00:1::2/64
```

3.40

```
PC1(config)# router-id 1.1.0.0
PC1(config)# router bgp 65010
```

3.41

```
PC1(config-router)# no bgp default ipv4-unicast
```

3.42

```
PC1(config-router)# neighbor fd00:1::1 remote-as 65010
```

3.43

```
PC1(config-router)# address-family ipv6
PC1(config-router-af)# neighbor fd00:1::1 activate
```

3.44

```
R1(config-router)# neighbor fd00:1::2 remote-as 65010
```

3.45

```
R1(config-router)# address-family ipv6
R1(config-router-af)# neighbor fd00:1::2 activate
R1(config-router-af)# neighbor fd00:1::2 next-hop-self
R1(config-router-af)# exit
```

3.46

Με την εντολή “**do show ip bgp neighbors fd00:1::2**” στον R1 ή “**do show ip bgp neighbors fd00:1::1**” στο PC1 βλέπουμε πως αναφέρεται στην πρώτη σειρά η πληροφορία “internal link”

```
R1(config-router)# do show ip bgp neighbors fd00:1::2
BGP neighbor is fd00:1::2, remote AS 65010, local AS 65010, internal link
Hostname: PC1
  BGP version 4, remote router ID 1.1.0.0, local router ID 1.1.1.1
  BGP state = Established, up for 00:02:27
```

```
PC1(config-router-af)# do show ip bgp neighbors fd00:1::1
BGP neighbor is fd00:1::1, remote AS 65010, local AS 65010, internal link
Hostname: R1
  BGP version 4, remote router ID 1.1.1.1, local router ID 1.1.0.0
  BGP state = Established, up for 00:03:05
```

3.47

Βλέπουμε τις παρακάτω 2 εγγραφές, για τα LAN1 και LAN2.

```
PC1(config-router)# do show ipv6 route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,
      O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, N - NHRP, T - Table,
      v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup

B  fd00:1::/64 [200/0] via fe80::a00:27ff:fe1b:e89b, em0, weight 1, 00:06:30
B>* fd00:2::/64 [200/0] via fd00:1::1, em0, weight 1, 00:06:09
```

3.48

Διότι όντας άμεσα συνδεδεμένο, επιλέγει αυτή τη διαδρομή για το fd00:1::/64 (LAN1)

3.49

Είναι η fd00:1::1, η οποία είναι η private IPv6 address της em0 του R1

3.50

Μπορούμε να κάνουμε στις παρακάτω 2 διευθύνσεις:

```
em0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
      options=81009b<RXCSUM,TXCSUM,ULAN_MTU,ULAN_HWTAGGING,ULAN_HWCSUM,ULAN_HW
FILTER>
      ether 08:00:27:9a:03:c1
      inet6 fe80::a00:27ff:fe9a:3c1%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
      inet6 fd00:1::a00:27ff:fe9a:3c1 prefixlen 64 autoconf
      inet6 fd00:1::2 prefixlen 64
      media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
      status: active
      nd6 options=23<PERFORMMUD,ACCEPT_RTADV,AUTO_LINKLOCAL>
```

Άσκηση 4: Μηχανισμός μετάβασης 464 XLAT

4.1

```
R1(config)# interface em0
R1(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
```

4.2

```
R2(config)# interface em0
R2(config-if)# ip address 192.168.2.1/24
```

4.3

```
PC1(config)# interface em0
PC1(config-if)# ip address 192.168.1.2/24
PC1(config-if)# exit
PC1(config)# ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
```

4.4

```
PC2(config)# interface em0
PC2(config-if)# ip address 192.168.2.2/24
PC2(config-if)# exit
PC2(config)# ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
```

4.5

```
root@R1:~ # sysrc firewall_enable="YES"
firewall_enable: NO -> YES
root@R1:~ # sysrc firewall_nat64_enable="YES"
firewall_nat64_enable: NO -> YES
root@R1:~ # sysrc firewall_type="open"
firewall_type: UNKNOWN -> open
root@R1:~ # sysrc firewall_logif="YES"
firewall_logif: NO -> YES
```

4.6

Εκκινούμε το ipfw στο R1.

```
root@R1:~ # service ipfw start
Flushed all rules.
00100 allow ip from any to any via lo0
00200 deny ip from any to 127.0.0.0/8
00300 deny ip from 127.0.0.0/8 to any
00400 deny ip from any to ::1
00500 deny ip from ::1 to any
00600 allow ipv6-icmp from :: to ff02::/16
00700 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to fe80::/10
00800 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to ff02::/16
00900 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 1
01000 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 2,135,136
65000 allow ip from any to any
Firewall rules loaded.
Firewall logging pseudo-interface (ipfw0) created.
```

4.7

Περιέχει τους παρακάτω 12 κανόνες:

```
root@R1:~ # ipfw show
00100 0 0 allow ip from any to any via lo0
00200 0 0 deny ip from any to 127.0.0.0/8
00300 0 0 deny ip from 127.0.0.0/8 to any
00400 0 0 deny ip from any to ::1
00500 0 0 deny ip from ::1 to any
00600 0 0 allow ipv6-icmp from :: to ff02::/16
00700 0 0 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to fe80::/10
00800 0 0 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to ff02::/16
00900 0 0 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 1
01000 16 1088 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 2,135,136
65000 22 2129 allow ip from any to any
65535 4 363 deny ip from any to any
```

4.8

Μπορούμε αλλά μόνο στις 2 τελευταίες από τις παρακάτω διευθύνσεις:

```
root@PC2:~ # ifconfig em0
em0: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
        options=81009b<RXCSUM,TXCSUM,ULAN_MTU,ULAN_HWTAGGING,ULAN_HWCSUM,ULAN_HW
FILTER>
        ether 08:00:27:0c:18:2a
        inet6 fe80::a00:27ff:fe0c:182a%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
        inet6 fd00:2::2 prefixlen 64
        inet6 fd00:2::a00:27ff:fe0c:182a prefixlen 64 autoconf
        inet 192.168.2.2 netmask 0xffffffff broadcast 192.168.2.255
        media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
        status: active
        nd6 options=23<PERFORMNUD,ACCEPT_RTADV,AUTO_LINKLOCAL>
```

4.9

```
root@R1:~ # ipfw nat64clat nat64 create clat_prefix fd00:3:1::/96 plat_prefix 64:ff9b::/96 allow_private log
```

4.10

```
root@R1:~ # ipfw add 2000 nat64clat nat64 ip4 from any to not me recv em0  
02000 nat64clat nat64 ip4 from any to not me recv em0
```

4.11

```
root@R1:~ # ipfw add 3000 nat64clat nat64 ip6 from 64:ff9b::/96 to fd00:3:1::/96  
recv em1  
03000 nat64clat nat64 ip6 from 64:ff9b::/96 to fd00:3:1::/96 recv em1
```

4.12

```
R1(config)# ipv6 route 64:ff9b::/96 fd00:3::2
```

4.13

```
root@R2:~ # sysrc firewall_enable="YES"  
firewall_enable: NO -> YES  
root@R2:~ # sysrc firewall_nat64_enable="YES"  
firewall_nat64_enable: NO -> YES  
root@R2:~ # sysrc firewall_type="open"  
firewall_type: UNKNOWN -> open  
root@R2:~ # sysrc firewall_logif="YES"  
firewall_logif: NO -> YES
```

```
root@R2:~ # service ipfw start  
Flushed all rules.  
00100 allow ip from any to any via lo0  
00200 deny ip from any to 127.0.0.0/8  
00300 deny ip from 127.0.0.0/8 to any  
00400 deny ip from any to ::1  
00500 deny ip from ::1 to any  
00600 allow ipv6-icmp from :: to ff02::/16  
00700 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to fe80::/10  
00800 allow ipv6-icmp from fe80::/10 to ff02::/16  
00900 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 1  
01000 allow ipv6-icmp from any to any icmp6types 2,135,136  
65000 allow ip from any to any  
Firewall rules loaded.  
Firewall logging pseudo-interface (ipfw0) created.
```

4.14

```
root@R2:~ # ipfw nat64lsn nat64 create prefix6 64:ff9b::/96 prefix4 2.2.2.0/24 allow_private_log
```

4.15

```
root@R2:~ # ipfw add 2000 nat64lsn nat64 ip6 from fd00:3:1::/96 to 64:ff9b::/96  
recv em1  
02000 nat64lsn nat64 ip6 from fd00:3:1::/96 to 64:ff9b::/96 recv em1
```

4.16

```
root@R2:~ # ipfw add 3000 nat64lsn nat64 ip4 from any to 2.2.2.0/24 recv em0  
03000 nat64lsn nat64 ip4 from any to 2.2.2.0/24 recv em0
```

4.17

```
R2(config)# ipv6 route fd00:3:1::/96 fd00:3::1
```

4.18

```
R2(config)# ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.2
```

4.19

Πετυχαίνουν αμφότερα.

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.1  
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes  
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=0 ttl=64 time=0.454 ms  
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.393 ms  
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.328 ms  
^C  
--- 192.168.1.1 ping statistics ---  
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss  
round-trip min/avg/max/stddev = 0.328/0.392/0.454/0.051 ms  
root@PC1:~ # ping 192.168.2.2  
PING 192.168.2.2 (192.168.2.2): 56 data bytes  
64 bytes from 192.168.2.2: icmp_seq=0 ttl=62 time=4.434 ms  
64 bytes from 192.168.2.2: icmp_seq=1 ttl=62 time=0.898 ms  
64 bytes from 192.168.2.2: icmp_seq=2 ttl=62 time=0.994 ms  
^C  
--- 192.168.2.2 ping statistics ---  
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss  
round-trip min/avg/max/stddev = 0.898/2.108/4.434/1.645 ms
```

4.20

```
root@R1:~ # ifconfig ipfwlog0 create
root@R1:~ # tcpdump -i ipfwlog0
tcpdump: WARNING: ipfwlog0: That device doesn't support promiscuous mode
(BIOCOPROMISC: Invalid argument)
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on ipfwlog0, link-type PFLOG (OpenBSD pflog file), capture size 262144
bytes
```

4.21

```
root@R2:~ # tcpdump -i ipfwlog0
tcpdump: WARNING: ipfwlog0: That device doesn't support promiscuous mode
(BIOCOPROMISC: Invalid argument)
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on ipfwlog0, link-type PFLOG (OpenBSD pflog file), capture size 262144
bytes
```

4.22

Παρατηρούμε τα παρακάτω πακέτα στα R1 και R2 αντίστοιχα.

```
root@R1:~ # tcpdump -i ipfwlog0
tcpdump: WARNING: ipfwlog0: That device doesn't support promiscuous mode
(BIOCOPROMISC: Invalid argument)
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on ipfwlog0, link-type PFLOG (OpenBSD pflog file), capture size 262144
bytes
01:48:28.713231 IP 192.168.1.2 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 16901, seq 0
, length 64
01:48:28.713237 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
seq 0, length 64
01:48:28.713844 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply,
seq 0, length 64
01:48:28.713847 IP 192.168.2.2 > 192.168.1.2: ICMP echo reply, id 16901, seq 0,
length 64
```

```
root@R2:~ # tcpdump -i ipfwlog0
tcpdump: WARNING: ipfwlog0: That device doesn't support promiscuous mode
(BIOCOPROMISC: Invalid argument)
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on ipfwlog0, link-type PFLOG (OpenBSD pflog file), capture size 262144
bytes
01:48:23.373337 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
seq 0, length 64
01:48:23.373343 IP 2.2.2.234 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 1024, seq 0, l
ength 64
01:48:23.373628 IP 192.168.2.2 > 2.2.2.234: ICMP echo reply, id 1024, seq 0, len
gth 64
01:48:23.373631 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply,
seq 0, length 64
```

Βλέπουμε πως αρχικά το PC1 στέλνει ένα ICMP echo request με προορισμό το PC2, των οποίων οι IPv4 διευθύνσεις πηγής και προορισμού μετατρέπονται σε IPv6 καθώς διέρχονται από το WAN1, μέχρι να μετατραπούν ξανά σε IPv4 στο LAN2. Κατά την

αντίστροφη πορεία έχουμε ξανά μετατροπή από IPv4 στο LAN2 σε IPv6 στο WAN1 και ξανά σε IPv4 στο LAN1.

4.23

```
PC2(config)# interface em0
PC2(config-if)# ip address 172.17.17.2/24
PC2(config-if)# ip address 10.0.0.2/24
```

4.24

Ναι.

4.25

```
root@R2:~ # ipfw nat64lsm nat64 show states
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.234      ICMPv6          5      172.17.17.2
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.234      ICMPv6          3      10.0.0.2
```

4.26

Παρατηρούμε πως ο χρόνος αναπαριστά τον χρόνο που απομένει μέχρι να διαγραφεί η εγγραφή από τον πίνακα και ανέρχεται σε περίπου 1 λεπτό.

Άσκηση 5: Μηχανισμός μετάβασης Teredo

5.1

```
root@PCA:~ # dhclient em0
DHCPDISCOVER on em0 to 255.255.255.255 port 67 interval 3
May 26 02:11:20 PCA dhclient[771]: send_packet: Network is down
DHCPDISCOVER on em0 to 255.255.255.255 port 67 interval 6
DHCPoffer from 10.0.2.2
DHCPREQUEST on em0 to 255.255.255.255 port 67
DHCPACK from 10.0.2.2
bound to 10.0.2.15 -- renewal in 43200 seconds.
root@PCA:~ # ping www.google.com
PING www.google.com (142.250.186.36): 56 data bytes
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=0 ttl=54 time=43.592 ms
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=1 ttl=54 time=44.423 ms
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=2 ttl=54 time=43.639 ms
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=3 ttl=54 time=43.448 ms
^C
--- www.google.com ping statistics ---
4 packets transmitted, 4 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 43.448/43.776/44.423/0.380 ms
```

```

root@PCB:~ # dhclient em0
DHCPDISCOVER on em0 to 255.255.255.255 port 67 interval 5
May 26 02:12:29 PCB dhclient[771]: send_packet: Network is down
DHCPDISCOVER on em0 to 255.255.255.255 port 67 interval 7
DHCPoffer from 10.0.2.2
DHCPREQUEST on em0 to 255.255.255.255 port 67
DHCPACK from 10.0.2.2
bound to 10.0.2.15 -- renewal in 43200 seconds.
root@PCB:~ # ping www.google.com
PING www.google.com (142.250.186.36): 56 data bytes
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=0 ttl=54 time=48.341 ms
64 bytes from 142.250.186.36: icmp_seq=1 ttl=54 time=43.387 ms
^C
--- www.google.com ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 43.387/45.864/48.341/2.477 ms

```

5.2

Εκτελούμε στα PC1, PC2 “**pkg install miredo**”.

5.3

Εκτελούμε στα PC1, PC2 “**sysrc miredo_enable="YES"**”.

5.4

Εκτελούμε στα PC1, PC2 “**vi /usr/local/etc/miredo/miredo.conf**” και κάνουμε τις αλλαγές:

```

#ServerAddress teredo.ipv6.microsoft.com
#ServerAddress teredo.ginzado.ne.jp
ServerAddress teredo.iks-jena.de
#ServerAddress teredo.remlab.net
#ServerAddress2 teredo2.remlab.net

```

‘Υστερα εκτελούμε και στα δύο PC “**service miredo start**”.

5.5

Βλέπουμε την επιπλέον διεπαφή teredo με IPv6 address:

2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e/128.

```

teredo: flags=43<UP,BROADCAST,RUNNING> metric 0 mtu 1500
        options=80000<LINKSTATE>
        inet6 fe80::ffff:ffff%teredo prefixlen 64 scopeid 0x3
        inet6 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e prefixlen 128
        groups: tun
        nd6 options=21<PERFORMNUD,AUTO_LINKLOCAL>
        Opened by PID 970

```

5.6

Εκτελούμε στο PC1 “**tcpdump -ni em0**”.

```
root@PCA:~ # tcpdump -ni em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
02:31:17.610229 IP 10.0.2.15.36294 > 217.17.192.217.3544: UDP, length 61
02:31:17.673733 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
02:31:17.673747 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
02:31:17.673749 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
```

5.7

Είναι 217.17.192.217.

5.8

Χρησιμοποιείται το UDP στο Transport Layer και η θύρα 3544.

5.9

Παρατηρούμε πακέτα ICMPv6.

| No. | Time | Source | Destination | Protocol | Length | Info |
|-----|----------|---------------------------|----------------------|----------|--------|----------------------|
| 16 | 4.954539 | fe80::ffff:ffff:ffff | ff02::2 | ICMPv6 | 103 | Router Solicitation |
| 17 | 5.018839 | fe80::8000:f227:26ee:3... | fe80::ffff:ffff:ffff | ICMPv6 | 159 | Router Advertisement |
| 18 | 5.018839 | fe80::8000:f227:26ee:3... | fe80::ffff:ffff:ffff | ICMPv6 | 159 | Router Advertisement |
| 19 | 5.018839 | fe80::8000:f227:26ee:3... | fe80::ffff:ffff:ffff | ICMPv6 | 159 | Router Advertisement |

5.10

Ναι σε όλα.

```
root@PCA:~ # ping -c 1 www.ntua.gr
PING www.ntua.gr (147.102.224.101): 56 data bytes
64 bytes from 147.102.224.101: icmp_seq=0 ttl=53 time=12.924 ms

--- www.ntua.gr ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 12.924/12.924/12.924/0.000 ms
root@PCA:~ #
root@PCA:~ # ping -c 1 www.ibm.com
PING e7817.dscx.akamaiedge.net (104.115.35.79): 56 data bytes
64 bytes from 104.115.35.79: icmp_seq=0 ttl=52 time=52.720 ms

--- e7817.dscx.akamaiedge.net ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 52.720/52.720/52.720/0.000 ms
root@PCA:~ #
root@PCA:~ # ping -c 1 www.amazon.com
PING d3ag4hukkh62yn.cloudfront.net (52.85.155.200): 56 data bytes
64 bytes from 52.85.155.200: icmp_seq=0 ttl=241 time=10.772 ms

--- d3ag4hukkh62yn.cloudfront.net ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 10.772/10.772/10.772/0.000 ms
```

5.11

Κάνουμε “**ping6 www.ntua.gr**”.

```
root@PCA:~ # ping6 www.ntua.gr
PING6(56=40+8+8 bytes) 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e --> 2001:648:2000:32
9::101
16 bytes from 2001:648:2000:329::101, icmp_seq=0 hlim=57 time=827.225 ms
16 bytes from 2001:648:2000:329::101, icmp_seq=1 hlim=57 time=495.319 ms
16 bytes from 2001:648:2000:329::101, icmp_seq=2 hlim=57 time=457.712 ms
^C
--- www.ntua.gr ping6 statistics ---
3 packets transmitted, 3 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/std-dev = 457.712/593.419/827.225/166.037 ms
```

5.12

Παρατηρούμε το εξής:

| | | | |
|---|--------------------------------------|------|------------------------|
| 116 31.083384 fe80::30c1:d3d1:1594:d4b9 | 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e | IPv6 | 90 IPv6 no next header |
|---|--------------------------------------|------|------------------------|

5.13

Όχι.

5.14

Βλέπουμε το πρωτόκολλο UDP και την θύρα 3545.

```
02:49:48.019163 IP 10.0.2.15.36294 > 216.66.84.238.3545: UDP, length 56
02:49:48.447744 IP 216.66.84.238.3545 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 56
02:49:49.064769 IP 10.0.2.15.36294 > 216.66.84.238.3545: UDP, length 56
02:49:49.555982 IP 216.66.84.238.3545 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 56
```

5.15

Εκτελούμε στο PC1 “**tcpdump -ni teredo**”.

5.16

Βλέπουμε ICMPv6 Echo requests/replies.

```
02:51:46.386515 IP6 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e > 2001:648:2000:329::101: ICMP6, echo request, seq 0, length 16
02:51:46.824663 IP6 2001:648:2000:329::101 > 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e: ICMP6, echo reply, seq 7874, length 26
```

5.17

Όχι, δεν μπορούμε.

```
root@PCA:~ # ping6 -I teredo 2001:0:d911:c0d9:28ac:206e:a1bd:206e
PING6(56=40+8+8 bytes) 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e --> 2001:0:d911:c0d9
:28ac:206e:a1bd:206e
```

5.18

Ναι, παράγονται ICMPv6 Echo requests.

```
root@PCA:~ # tcpdump -ni teredo
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on teredo, link-type NULL (BSD loopback), capture size 262144 bytes
03:11:25.110841 IP6 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e > 2001:0:d911:c0d9:28ac
:206e:a1bd:206e: ICMP6, echo request, seq 0, length 16
03:11:26.119030 IP6 2001:0:d911:c0d9:30f8:b45c:a1bd:206e > 2001:0:d911:c0d9:28ac
:206e:a1bd:206e: ICMP6, echo request, seq 1, length 16
```

5.19

Παράγονται και στέλνονται στην 217.17.192.217, όπως είδαμε και πριν.

```
root@PCA:~ # tcpdump -ni em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
03:16:17.591597 IP 10.0.2.15.36294 > 217.17.192.217.3544: UDP, length 61
03:16:17.656441 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
03:16:17.656456 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
03:16:17.656458 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
```

5.20

Κάνοντας ping στο www.quad9.net βλέπουμε πως κάνουμε ping στη θύρα 3544 της 217.17.192.217, ενώ όταν κάνω στο www.f5.com βλέπουμε ότι επιλέγεται ο teredo relay στη θύρα 3545 της 216.66.86.186.

```
root@PCA:~ # tcpdump -ni em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
03:17:17.609002 IP 10.0.2.15.36294 > 217.17.192.217.3544: UDP, length 61
03:17:17.673943 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
03:17:17.673959 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
03:17:17.673960 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 117
03:17:32.073958 IP 10.0.2.15.39144 > 192.168.0.1.53: 48740+ AAAA? www.quad9.net.
(31)
03:17:32.129792 IP 192.168.0.1.53 > 10.0.2.15.39144: 48740 1/0/0 AAAA 2620:0:871
:9000::77 (59)
03:17:32.130692 IP 10.0.2.15.36294 > 217.17.192.217.3544: UDP, length 66
03:17:32.360129 IP 217.17.192.217.3544 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 48
```

```
root@PCA:~ # tcpdump -ni em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
03:22:04.209053 IP 10.0.2.15.36294 > 216.66.86.186.3545: UDP, length 56
03:22:04.298747 IP 216.66.86.186.3545 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 56
03:22:05.275802 IP 10.0.2.15.36294 > 216.66.86.186.3545: UDP, length 56
03:22:05.365904 IP 216.66.86.186.3545 > 10.0.2.15.36294: UDP, length 56
```