

<b>Όνοματεπώνυμο:</b> Ζευγολατάκος Παναγιώτης	<b>Όνομα PC:</b> panos-PC
<b>Ομάδα:</b> 1	<b>Ημερομηνία:</b> 19/05/2021

## Εργαστηριακή Άσκηση 11

### Το πρωτόκολλο IPv6

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

1

1.1 sysrc ifconfig\_em0\_ipv6="inet6 accept\_rtadv"

1.2 service netif restart

1.3 fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0

1.4 fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0

1.5 Είναι τοπικές στη ζεύξη (link-local). Παράγονται από τα τελευταία 24 bit της διεύθυνσης MAC της κάρτας δικτύου (προστίθεται σε αυτά το πρόθεμα *e80::a00:27ff:fe*).

1.6 netstat -nr -f inet6

```
root@PC1:~ # netstat -rn -f inet6
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:fe38:6733%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 Μόνο μια.

1.8 fe80::%em0/64

fe80::%lo0/64

1.9 Απαντάει το ίδιο το PC.

```
root@PC1:~ # ping6 :::1
PING6(56=40+8+8 bytes) :::1 --> :::1
16 bytes from :::1, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.065 ms
16 bytes from :::1, icmp_seq=1 hlim=64 time=0.448 ms
```

1.10 Πρέπει να προστεθεί το %em0 στο τέλος αλλιώς δε λειτουργεί.

1.11 Το %em0, ομοίως με πριν.

1.12 Το PC1, εφόσον η διεύθυνση ff01::1 περιλαμβάνει όλους τους κόμβους στη διεπαφή.

1.13 Παρατηρώ πως απαντούν και τα 2 PC, το οποίο είναι λογικό, εφόσον η διεύθυνση ff02::1 περιλαμβάνει όλους τους κόμβους στην τοπική ζεύξη.

1.14 `ifconfig em0 inet6 fd00:1::2/64`

1.15 `ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64`

1.16 Είναι ψευδοτυχαίες μοναδικές τοπικές διευθύνσεις (ULA). Οι ανάλογες IPv4 διευθύνσεις είναι οι *10.0.0.0/8*, *172.16.0.0/12*, *192.168.0.0/16*

1.17 Υπάρχουν 2:

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::2 prefixlen 64
```

```
inet6 fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::3 prefixlen 64
```

1.18 Έχουν προστεθεί 2 νέες εγγραφές:

Address	Link	U	em0
fd00:1::/64	link#1	U	em0
fd00:1::2	link#1	UHS	lo0

1.19 Στο αρχείο `/etc/hosts` προσθέτουμε τη γραμμή (στο PC1, και αντίστοιχα στο PC2):

`fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0 PC2`

1.20 Ναι:

```
root@PC1:~ # ping6 PC2
PING6(56=40+8+8 bytes) fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0 --> fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0
16 bytes from fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0, icmp_seq=0 hlim=64 time=0.384 ms
16 bytes from fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0, icmp_seq=1 hlim=64 time=1.719 ms
```

1.21 Καμία.

1.22 `man ndp`

1.23 `ndp -a`

1.24 Τρεις:

```
root@PC1:~ # ndp -a
Neighbor                               Linklayer Address  Netif  Expire      S  Flags
fd00:1::2                             08:00:27:38:67:33  em0    permanent  R
fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0          08:00:27:dc:64:29  em0    23h45m20s  S
fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0          08:00:27:38:67:33  em0    permanent  R
```

1.25 Οι εγγραφές έχουν άπειρη διάρκεια ζωής (`expire=Never`)

```
root@PC1:~ # ndp -p
fd00:1::/64 if=em0
flags=L0 vlttime=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=1
No advertising router
fe80::%em0/64 if=em0
flags=LA0 vlttime=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
No advertising router
fe80::%lo0/64 if=lo0
flags=LA0 vlttime=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
No advertising router
```

Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι δύο τελευταίες, εφόσον έχουν θέσει τη σημαία A.

1.26 `tcpdump -i em0 -vvv`

1.27 `ndp -c`

1.28 (Εφόσον έχει προηγηθεί η εντολή `tcpdump -i em0 -v` στο PC2):

```
root@PC2:~ # tcpdump -i em0 -v
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 byte
s
21:55:39.253143 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::
:a00:27ff:fe38:6733 > ff02::1:ffdc:6429: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor sollicita
tion, length 32, who has fe80::a00:27ff:fedc:6429
        source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:38:67:33
21:55:39.253235 IP6 (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) fe80::
:a00:27ff:fedc:6429 > fe80::a00:27ff:fe38:6733: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor a
dvertisement, length 32, tgt is fe80::a00:27ff:fedc:6429, Flags [solicited, over
ride]
        destination link-address option (2), length 8 (1): 08:00:27:dc:64:29
21:55:39.253646 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::
:a00:27ff:fe38:6733 > fe80::a00:27ff:fedc:6429: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo reques
t, seq 0
21:55:39.253665 IP6 (hlim 64, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::
:a00:27ff:fedc:6429 > fe80::a00:27ff:fe38:6733: [icmp6 sum ok] ICMP6, echo reply,
seq 0
^C
4 packets captured
4 packets received by filter
0 packets dropped by kernel
```

Παρατηρώ 4 πακέτα.

1.29 Μεταφέρουν μηνύματα του πρωτοκόλλου ICMPv6 και η τιμή του πεδίου Next-header της επικεφαλίδας που το προσδιορίζει είναι 58.

1.30 PC1 → PC2 (ICMPv6 NS)  
 PC2 → PC1 (ICMPv6 NA)  
 PC1 → PC2 (ICMPv6 echo request)  
 PC2 → PC1 (ICMPv6 echo reply)

1.31 Είναι η IPv6 διεύθυνση `ff02::1:ffdc:6429` και προκύπτει από το `ff02::1` (σε όλους τους κόμβους στην τοπική ζεύξη), το `ff` (multicast) και από το `dc:6429` (τα 24 τελευταία bit της διεύθυνσης MAC/IPv6 της διεπαφής `em0` του PC2) → solicited node multicast.

1.32 Είναι η IPv6 διεύθυνση του PC1 στη διεπαφή `em0`.

1.33 Η κατάσταση της εγγραφής είναι `S` (Stale) και η διάρκεια ζωής είναι λίγο λιγότερο από 24 ώρες:

```
root@PC2:~ # ndp -a
Neighbor                               Linklayer Address  Netif Expire      S Flags
fd00:1::3                             08:00:27:dc:64:29  em0  permanent  R
fe80::a00:27ff:fedc:6429%em0          08:00:27:dc:64:29  em0  permanent  R
fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0          08:00:27:38:67:33  em0  23h41m28s  S
```

1.34 PC2: `ndp -A 1` όσο τρέχει το ping από το PC1:

Παρατηρώ πως μεταβαίνει από την κατάσταση `Stale` στην κατάσταση `Reachable` για περίπου 40 δευτερόλεπτα και στη συνέχεια γίνεται ο χρόνος `expire` και μετράει αντίστροφα από τις 24 ώρες (η κατάσταση πλέον `Stale`). Μετά από περίπου 5 δευτερόλεπτα μεταβαίνει πάλι στην κατάσταση `Reachable` κ.ο.κ.

1.35 Αν βρισκόταν στην κατάσταση `Reachable` πριν σταματήσει το ping παραμένει σε αυτήν μέχρι να λήξει ο χρόνος και μετά μεταβαίνει στην κατάσταση `Stale` (αν ήταν εξαρχής `Stale` παραμένει εκεί), όπου και παραμένει όσο ο χρόνος για το `Expire` μετράει αντίστροφα.

1.36 Είναι περίπου 40 δευτερόλεπτα. Όταν λήξει, μεταβαίνει σε κατάσταση `Stale`.

1.37 Είναι 24 ώρες.

1.38 Παρατηρώ πακέτα ICMPv6 NS και NA περίπου κάθε 20 δευτερόλεπτα, που στέλνονται για να επιβεβαιωθεί η προσβασιμότητα του γείτονα και να μεταβεί η κατάσταση της εγγραφής του PC1 στον πίνακα γειτόνων του PC2 σε Reachable (εφόσον έχει γίνει Stale).

## 2

2.1 sysrc ipv6\_gateway\_enable="YES"  
service routing restart

2.2 ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64 delete  
ifconfig em0 inet6 fd00:2::2/64

2.3 vtysh  
configure terminal  
interface em0  
ipv6 address fd00:1::1/64  
exit

2.4 interface em1  
ipv6 address fd00:3::1/126  
exit

2.5 vtysh  
configure terminal  
interface em1  
ipv6 address fd00:2::1/64  
exit

2.6 interface em0  
ipv6 address fd00:3::2/126  
exit

2.7 route -6 add default fd00:1::1

2.8 route -6 add default fd00:2::1

2.9 tcpdump -i em0 -v

2.10 ndp -c

ping6 -c 1 PC2

Όχι, δεν είναι επιτυχές, επειδή το R1 δεν ξέρει πως να το δρομολογήσει.

2.11 Παράγονται μηνύματα ICMPv6 NS με προορισμό την *ff02::1:ffdc:6429* (ερ. 1.31).

2.12 ipv6 route fd00:2::/32 fd00:3::2

2.13 Όχι, επειδή το R2 δεν ξέρει πως να δρομολογήσει την απάντηση του PC2.

2.14 ipv6 route fd00:1::/32 fd00:3::1

2.15 Ναι.

2.16 ifconfig em0  
no ipv6 nd suppress-ra

2.17 ipv6 nd prefix fd00:1::/64

2.18 ifconfig em1

no ipv6 nd suppress-ra

2.19 ipv6 nd prefix fd00:2::/64

2.20 route -6 delete default

2.21 tcpdump -n -e -i em0 -v 'icmp6'

2.22 service netif restart

2.23

```
01:49:14.864798 08:00:27:38:67:33 > 33:33:ff:38:67:33, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 86: (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) :: > ff02::1:f
f38:6733: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fe80::
a00:27ff:fe38:6733
    unknown option (14), length 8 (1):
    0x0000: 6c39 c613 2eea
01:49:14.864896 08:00:27:38:67:33 > 33:33:00:00:00:02, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 70: (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 16) fe80::a00:27ff
:fe38:6733 > ff02::2: [icmp6 sum ok] ICMP6, router solicitation, length 16
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:38:67:33
01:49:14.865141 08:00:27:af:42:3d > 33:33:00:00:00:01, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 110: (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 56) fe80::a00:27f
f:feaf:423d > ff02::1: [icmp6 sum ok] ICMP6, router advertisement, length 56
    hop limit 64, Flags [none], pref medium, router lifetime 1800s, reachabl
e time 0s, retrans time 0s
    prefix info option (3), length 32 (4): fd00:1::/64, Flags [onlink, aut
ol], valid time 2592000s, pref. time 604800s
    source link-address option (1), length 8 (1): 08:00:27:af:42:3d
01:49:15.071669 08:00:27:38:67:33 > 33:33:ff:38:67:33, ethertype IPv6 (0x86dd),
length 86: (hlim 255, next-header ICMPv6 (58) payload length: 32) :: > ff02::1:f
f38:6733: [icmp6 sum ok] ICMP6, neighbor solicitation, length 32, who has fd00:1
::a00:27ff:fe38:6733
    unknown option (14), length 8 (1):
    0x0000: 0aac c101 02fd
```

Αρχικά, το PC1 στέλνει πακέτο ICMPv6 NS για να βρει τη φυσική διεύθυνση του γείτονα.

Στη συνέχεια στέλνει πακέτο ICMPv6 RS στον R1 για να δηλώσει πως θέλει να λάβει μηνύματα διαφήμισης RA.

Ο R1 στέλνει πακέτο ICMPv6 RA στο PC1 ως απάντηση στο RS για να ανακαλυφθεί ο δρομολογητής από αυτό.

Τέλος, προκειμένου να ορίσει τη διεύθυνσή του (με τη διαδικασία DAD), το PC1 στέλνει ICMPv6 NS και εφόσον δε λαμβάνει ένδειξη ταυτόσημης διεύθυνσης την ορίζει με επιτυχία.

2.24 Παράγει δύο μηνύματα NS, ένα στην αρχή για να βρει τη φυσική διεύθυνση του γείτονα και ένα στο τέλος κατά τη διαδικασία DAD για να ορίσει τη διεύθυνσή του.

2.25 Χρησιμοποιούν την ακαθόριστη διεύθυνση :: εφόσον δεν έχει οριστεί ακόμα διεύθυνση (ορίζεται μετά από το δεύτερο NS).

2.26 Χρησιμοποιεί τη δική του διεύθυνση, η οποία βρίσκεται σε δοκιμαστική (tentative) κατάσταση (βλ. διαδικασία DAD), που σημαίνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για λειτουργίες αναζήτησης γείτονα.

2.27 NS: solicited multicast node, που προκύπτει από την target address fd00:1::a00:27ff:fe28:dde0

RS: multicast σε όλους τους κόμβους στη ζεύξη ff02:2

RA: multicast σε όλους τους κόμβους στη ζεύξη ff02:1

2.28 Προκειμένου να γίνει αποστολή πακέτων multicast IPv6 πάνω από Ethernet, δημιουργείται μια

MAC διεύθυνση με το πρόθεμα 33:33: να ακολουθείται από τα τελευταία 32 bit της IPv6 διεύθυνσης προορισμού, επομένως σε συνδυασμό με το προηγούμενο ερώτημα:

NS: 33:33:ff:38:67:33

RS: 33:33:00:00:00:02

RA: 33:33:00:00:00:01

2.29 Εφόσον η πρώτη εγγραφή έχει πλέον Flag A set, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το SLAAC:

```
root@PC1:~ # ndp -p
fd00:1::/64 if=em0
flags=LA0 vlttime=2592000, pltime=604800, expire=29d23h58m1s, ref=1
  advertised by
    fe80::a00:27ff:feaf:423d%em0 (reachable)
fe80::%em0/64 if=em0
flags=LA0 vlttime=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
  No advertising router
fe80::%lo0/64 if=lo0
flags=LA0 vlttime=infinity, pltime=infinity, expire=Never, ref=0
  No advertising router
```

2.30 Έχει λάβει τις:

```
inet6 fe80::a00:27ff:fe38:6733%em0 prefixlen 64 scopeid 0x1
inet6 fd00:1::a00:27ff:fe38:6733 prefixlen 64 autoconf
```

2.31 Έχει και προέκυψε προσθέτοντας τα τελευταία 24 bit της διεύθυνσης MAC στις τοπικές διευθύνσεις.

2.32 Από το PC2 μπορεί να χρησιμοποιηθεί η δεύτερη διεύθυνση.

Από τον R1 μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο διευθύνσεις.

### 3

(Να σημειωθεί πως εδώ κατέστρεψα τα VM και τα ξαναέφτιαξα λόγω bug, οι νέες διευθύνσεις πέραν αυτών που έχουν ορισθεί από την άσκηση είναι:

PC1→em0: fe80::a00:27ff:fe8e:bca9%em0/64, fd00:1::a00:27ff:fe8e:bca9/64

PC2→em0: fe80::a00:27ff:fedf:3a9e%em0/64, fd00:2::a00:27ff:fedf:3a9e/64

R1→em0: fe80::a00:27ff:fe4f:ed42%em0/64

→em1: fe80::a00:27ff:fed9:c29c%em1/64

R1→em0: fe80::a00:27ff:fe95:4543%em0/64

→em1: fe80::a00:27ff:fe48:5a27%em1/64

)

#### 3.1

vtysh

configure terminal

no ipv6 route fd:2::/32 fd00:3::2

vtysh

configure terminal

no ipv6 route fd:1::/32 fd00:3::1

#### 3.2 router ripng

network em0

network em1

#### 3.3 Βλέπω μια εγγραφή:

```
R1(config-router)# do show ip route ripng
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIPng,
       O - OSPFv3, I - IS-IS, B - BGP, N - NHRP, T - Table,
       v - VNC, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

R>* fd00:2::/64 [120/2] via fe80::a00:27ff:fe95:4543, em1, 00:02:36
```

3.4 Είναι η `fe80::a00:27ff:fe95:4543`, η οποία είναι τοπική στη ζεύξη (`fe80::a00:27`), προστίθεται το `ff:fe` (ff:ff με αντεστραμμένο το 7<sup>ο</sup> bit) και τα 24 τελευταία bits της διεύθυνσης MAC του R2 στη διεπαφή WAN (`95:4543`).

3.5 Ναι, χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση `fd00:2::2`

3.6 `tcpdump -n -i em1 -vvv`

3.7 Παρατηρώ πακέτα `ripng-response` με destination prefixes:

Τα LAN1 και WAN1 από πακέτα που στέλνει ο R1,

Τα LAN2 και WAN1 από πακέτα που στέλνει ο R2

και διεύθυνση προορισμού την `ff02::9` και θύρα 521(UDP), δηλαδή για όλους τους δρομολογητές RIP multicast:

```
00:06:09.722444 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fed9:c29c.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:1::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
00:06:21.664779 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fe95:4543.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
00:06:34.729904 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fed9:c29c.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:1::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
00:06:41.667059 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fe95:4543.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
00:07:06.737628 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fed9:c29c.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:1::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
00:07:09.671341 IP6 (class 0xc0, hlim 255, next-header UDP (17) payload length:
52) fe80::a00:27ff:fe95:4543.521 > ff02::9.521: [udp sum ok] ripng-resp 2:
    fd00:2::/64 (1)
    fd00:3::/126 (1)
```

3.8 Hop Limit = 255, εφόσον πληροφορίες από τα `ripng-response` μπορεί να αλλάξουν το routing table, ένας από τους ελέγχους που επιβάλλεται είναι το hop count των περιοδικών διαφημίσεων να είναι 255 και τα εισερχόμενα multicast πακέτα που στέλνονται από τη θύρα RIPng να έχουν hop count = 255. (Source: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc2080>, παράγραφος 2.4.2)

3.9 Το RIPng χρησιμοποιεί ως πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς το UDP (ομοίως και το RIP) και ως θύρα την 521 (ενώ το RIP την 520).

3.10 `vttysh`

`configure terminal`

`no router ripng`

3.11 `end`

write file  
exit

3.12 service frr restart

3.13

vysh  
configure terminal  
router ospf6  
router-id 1.1.1.1

vysh  
configure terminal  
router ospf6  
router-id 2.2.2.2

3.14 router ospf6

interface em0 area 0.0.0.0  
interface em1 area 0.0.0.0

3.15 router ospf6

interface em0 area 0.0.0.0  
interface em1 area 0.0.0.0

3.16 Βλέπω 2 εγγραφές:

```
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, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
       f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

O>* fd00:1::/64 [110/200] via fe80::a00:27ff:fed9:c29c, em0, 00:09:21
O fd00:2::/64 [110/100] is directly connected, em1, 00:10:00
```

Το κόστος για το LAN2 (και για το WAN1) είναι 100, εφόσον είναι άμεσα συνδεδεμένα και για το LAN1 είναι 200 εφόσον προστίθεται το κόστος από τον R2 στον R1 (100) και το κόστος από τον R1 στο PC1 (100).

3.17 Είναι η `fe80::a00:27ff:fed9:c29c`, η οποία είναι τοπική στη ζεύξη (`fe80::a00:27`), προστίθεται το `ff:fe` (ff:ff με αντεστραμμένο το 7<sup>ο</sup> bit) και τα 24 τελευταία bits της διεύθυνσης MAC του R2 στη διεπαφή WAN (`d9:c29c`).

3.18 tcpdump -n -i em0 -vvv

3.19 Είναι η διεύθυνση `ff02::5` (multicast all ospf routers):

```
00:46:53.508312 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fed9:c29c > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
  Router-ID 1.1.1.1, Backbone Area
  Options [V6, External, Router]
  Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.2, Priority 1
  Designated Router 2.2.2.2, Backup Designated Router 1.1.1.1
  Neighbor List:
    2.2.2.2
00:47:00.183090 IP6 (class 0xc0, hlim 1, next-header OSPF (89) payload length: 40) fe80::a00:27ff:fe95:4543 > ff02::5: OSPFv3, Hello, length 40
  Router-ID 2.2.2.2, Backbone Area
  Options [V6, External, Router]
  Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Interface-ID 0.0.0.1, Priority 1
  Designated Router 2.2.2.2, Backup Designated Router 1.1.1.1
  Neighbor List:
    1.1.1.1
```

3.20 Hop Limit = 1.



3.21 next header = 89 (OSPF) και είναι ίδιο με το OSPFv2.

3.22 Ναι, στη διεύθυνση *fd00:1::a00:27ff:fe8e:bca8*

3.23 no router ospf6

3.24 service frr restart

3.25 vtysh

configure terminal

router-id 1.1.1.1

router bgp 65010

3.26 no bgp default ipv4-unicast

3.27 neighbor fd00:3::2 remote-as 65020

3.28 address-family ipv6

3.29 network fd00:1::/64

3.30 neighbor fd00:3::2 activate

exit

3.31 vtysh

configure terminal

router-id 2.2.2.2

router bgp 65020

no bgp default ipv4-unicast

neighbor fd00:3::1 remote-as 65010

address-family ipv6

network fd00:2::/64

neighbor fd00:3::1 activate

exit

3.32 Μια:

```
R1(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, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
        f - OpenFabric,
        > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B>* fd00:2::/64 [20/0] via fe80::a00:27ff:fe95:4543, em1, 00:01:55
```

3.33 Είναι η *fe80::a00:27ff:fe95:4543*, η οποία είναι τοπική στη ζεύξη (*fe80::a00:27*), προστίθεται το *ff:fe* (ff:ff με αντεστραμμένο το 7<sup>ο</sup> bit) και τα 24 τελευταία bits της διεύθυνσης MAC του R2 στη διεπαφή WAN (*95:4543*).

3.34 tcpdump -n -i em1 -vvv

3.35 Παρατηρώ μηνύματα BGP Keepalive (4), χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP, η θύρα 179 (και μια δυναμική) και είναι ίδια με τα αντίστοιχα σε IPv4:

```

01:11:03.263457 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x60ac9, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 51) fd00:3::1.179 > fd00:3::2.44178: Flags [P.], cksum 0x3a13 (c
orrect), seq 1984302230:1984302249, ack 1235910213, win 129, options [nop,nop,TS
val 1262905928 ecr 4072578449], length 19: BGP
    Keepalive Message (4), length: 19
01:11:03.275822 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x70c26, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 51) fd00:3::2.44178 > fd00:3::1.179: Flags [P.], cksum 0x4f94 (c
orrect), seq 1:20, ack 19, win 129, options [nop,nop,TS val 4072638460 ecr 12629
05928], length 19: BGP
    Keepalive Message (4), length: 19
01:11:03.371732 IP6 (class 0xc0, flowlabel 0x60ac9, hlim 1, next-header TCP (6)
payload length: 32) fd00:3::1.179 > fd00:3::2.44178: Flags [L.], cksum 0x5342 (co
rrect), seq 19, ack 20, win 129, options [nop,nop,TS val 1262906037 ecr 40726384
60], length 0
01:11:07.955535 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): 08:00:27:95:45:43
    0x0000: 0800 2795 4543
01:11:07.955627 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]

```

3.36 Hop Limit = 1.

3.37 Ναι, χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση *fd00:2::2*

3.38 reboot

vttysh

3.39 configure terminal

interface em0

ip address fd00:1::2/64

exit

3.40 route-id 1.1.0.0

router bgp 65010

3.41 no bgp default ipv4-unicast

3.42 neighbor fd00:1::1 remote-as 65010

3.43 address-family ipv6

neighbor fd00:1::1 activate

exit

3.44 neighbor fd00:1::2 remote-as 65010

3.45 address-family ipv6

neighbor fd00:1::2 activate

neighbor fd00:1::2 next-hop-self

exit

3.46 show ip bgp neighbors fd00:1::2 (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 00:00:42
  Last read 00:00:41, Last write 00:00:32
  Hold time is 180, keepalive interval is 60 seconds

```

## 3.47 show ipv6 route bgp

```
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, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP, F - PBR,
        f - OpenFabric,
        > - selected route, * - FIB route, q - queued route, r - rejected route

B   fd00:1::/64 [200/0] via fe80::a00:27ff:fe4f:ed42, em0, 00:03:00
B>* fd00:2::/64 [200/0] via fd00:1::1, em0, 00:02:51
```

Παρατηρώ 2 εγγραφές.

3.48 Είναι η διεύθυνση fd00:1::1, η οποία είναι η διεύθυνση της διεπαφής em0 στο LAN1.

(Βλέποντας τις υπόλοιπες απαντήσεις, θεωρώ πως μπορεί να εννοούσατε το δίκτυο fd00:1::/64, επομένως απαντάω και σε αυτό)

Είναι η fe80::a00:27ff:fe4f:ed42, η οποία είναι τοπική στη ζεύξη (fe80::a00:27), προστίθεται το ff:fe (ff:ff με αντεστραμμένο το 7<sup>ο</sup> bit) και τα 24 τελευταία bits της διεύθυνσης MAC του R2 στη διεπαφή WAN (4f:ed42).

3.49 Ναι μπορώ (στις διευθύνσεις fd00:2::2 και fd00:1::a00:27ff:fe8e:bca9)

## 4

### 4.1 vtysh

configure terminal

interface em0

ip address 192.168.1.1/24

### 4.2 vtysh

configure terminal

interface em1

ip address 192.168.2.1/24

### 4.3 vtysh

configure terminal

interface em0

ip address 192.168.1.2/24

ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1

### 4.4 vtysh

configure terminal

interface em0

ip address 192.168.1.2/24

ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1

### 4.5 sysrc firewall\_enable="YES"

sysrc firewall\_nat64\_enable="YES"

sysrc firewall\_type="open"

sysrc firewall\_logif="YES"

### 4.6 service ipfw restart

### 4.7 Περιέχει 12 κανόνες:

```

root@R1:~ # ipfw list
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
65535 deny ip from any to any

```

4.8 Ναι μporώ (στις διευθύνσεις *fd00:2::2* και *fd00:1::a00:27ff:fe8e:bca9*)

4.9 `ipfw nat64clat nat64 create clat_prefix fd00:3:1::/96 plat_prefix 64:ff9b::/96 allow_ptivate log`

4.10 `ipfw add 2000 nat64vlat nat64 ip4 from any to not me recv em0`

4.11 `ipfw add 3000 nat64clat nat64 ip6 from 64:ff9b::/96 to fd00:3:1::/96 recv em1`

4.12 `vttysh`

`configure terminal`

`ipv6 route 64:ff9b::/96 fd00:3::2`

4.13 `sysrc firewall_enable="YES"`

`sysrc firewall_nat64_enable="YES"`

`sysrc firewall_type="open"`

`sysrc firewall_logif="YES"`

4.14 `ipfw nat64lsn nat64 create prefix6 64:ff9b::/96 prefix4 2.2.2.0/24 allow_private log`

4.15 `ipfw add 2000 nat64lsn nat64 ip6 from fd00:3:1::/96 to 64:ff9b::/96 recv em0`

4.16 `ipfw add 3000 nat64lsn nat64 ip4 from any to 2.2.2.0/24 recv em1`

4.17 `vttysh`

`configure terminal`

`ipv6 route fd00:3:1::/96 fd00:3::1`

4.18 `ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.2`

4.19 Ναι.

4.20 `ifconfig ipfwlog0 create`

`tcpdump -i ipfwlog0`

4.21 `ifconfig ipfwlog0 create`

`tcpdump -i ipfwlog0`

4.22 Παρατηρώ IPv4/IPv6 ICMP/ICMPv6 echo request και replies:

R1:

```

02:29:21.486850 IP 192.168.1.2 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 17155, seq 0
, length 64
02:29:21.486854 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
seq 0, length 64
02:29:21.487436 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply, s
eq 0, length 64
02:29:21.487438 IP 192.168.2.2 > 192.168.1.2: ICMP echo reply, id 17155, seq 0,
length 64

```

R2:

```
02:29:17.032872 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
  seq 0, length 64
02:29:17.032906 IP 2.2.2.157 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 1024, seq 0, l
length 64
02:29:17.033229 IP 192.168.2.2 > 2.2.2.157: ICMP echo reply, id 1024, seq 0, len
gth 64
02:29:17.033232 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply, s
eq 0, length 64
```

4.23 vtysh

configure terminal

interface em0

ip address 172.17.17.2/24

ip address 10.0.0.2/24

4.24 Ναι.

4.25 ipfw nat64lsn nat64 show states

```
root@R2:~ # ipfw nat64lsn nat64 show states
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.157      ICMPv6      58      172.17.17.2
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.157      ICMPv6      52      10.0.0.2
```

4.26 Παρατηρώ πως οι εγγραφές είναι δυναμικές και διαρκούν περίπου ένα λεπτό:

```
root@R2:~ # ipfw nat64lsn nat64 show states
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.157      ICMPv6      58      172.17.17.2
fd00:3:1::c0a8:102      2.2.2.157      ICMPv6      52      10.0.0.2
root@R2:~ # ipfw nat64lsn nat64 show states
root@R2:~ #
```

## 5

5.1 dhclient em0

ping www.google.com

5.2 pkg install miredo

5.3 sysrc miredo\_enable="YES"

5.4 service miredo start

5.5 Βλέπω τη διεπαφή teredo και έχει ως IPv6 διεύθυνση την 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35/128

```
teredo: flags=43<UP,BROADCAST,RUNNING> metric 0 mtu 1500
options=80000<LINKSTATE>
inet6 fe80::ffff:ffff:ffff%teredo prefixlen 64 scopeid 0x3
inet6 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35 prefixlen 128
nd6 options=21<PERFORMNUD,AUTO_LINKLOCAL>
groups: tun
Opened by PID 922
```

5.6 Ναι.

5.7 tcpdump -n -o em0

5.8 ping6 www.google.com

5.9 Παρατηρώ πακέτα IPv4 (UDP) και η θύρα που αντιστοιχεί στον εξυπηρετητή teredo είναι η 3545:

```
21:56:52.689037 IP 216.66.80.238.3545 > 10.0.2.15.47149: UDP, length 56
21:56:53.618228 IP 10.0.2.15.47149 > 216.66.80.238.3545: UDP, length 56
21:56:53.699307 IP 216.66.80.238.3545 > 10.0.2.15.47149: UDP, length 56
21:56:54.627831 IP 10.0.2.15.47149 > 216.66.80.238.3545: UDP, length 56
```

5.10 tcpdump -n -i teredo

5.11 Παρατηρώ πακέτα IPv6 (ICMPv6) echo request και replies:

```
21:59:27.051939 IP6 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35 > 2a00:1450:4017:802::2004
: ICMP6, echo request, seq 189, length 16
21:59:27.137661 IP6 2a00:1450:4017:802::2004 > 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35
: ICMP6, echo reply, seq 189, length 16
```

5.12 Όχι.

5.13 Ναι, echo requests:

```
22:02:33.665623 IP6 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35 > 2001:0:53aa:64c:2c3a:ea2
:a475:6f35: ICMP6, echo request, seq 47, length 16
```

5.14 Ναι και στέλνονται στη διεύθυνση 83.170.6.776

```
22:07:10.722576 IP 10.0.2.15.47149 > 83.170.6.76.3544: UDP, length 61
22:07:10.788938 IP 83.170.6.76.3544 > 10.0.2.15.47149: UDP, length 117
```

5.15 Όχι:

Google:

```
: ICMP6, echo request, seq 2, length 16
22:10:27.015790 IP6 2a00:1450:4017:80c::2004 > 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35
: ICMP6, echo reply, seq 2, length 16
```

Ntua:

```
22:10:35.345476 IP6 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35 > 2001:648:2000:329::101:
ICMP6, echo request, seq 0, length 16
22:10:35.466911 IP6 2001:648:2000:329::101 > 2001:0:53aa:64c:806:ea5:a475:6f35:
ICMP6, echo reply, seq 0, length 16
```