

Όνοματεπώνυμο: Αλεξάνδρα Μωραϊτάκη	Όνομα PC:
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 18/05/2025

Εργαστηριακή Άσκηση 11 Το πρωτόκολλο IPv6

ΑΣΚΗΣΗ 1 Εισαγωγή στο IPv6

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1

PC1,PC2: `sysrc ifconfig_em0_ipv6="inet6 accept_rtadv"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.2

`service netif restart`

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.3

PC1 em0: fe80::a00:27ff:fe23:a60a

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.4

PC2 em0: fe80::a00:27ff:fe03:8192

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.5

Πρόκειται για link-local διευθύνσεις που παράγονται με SLAAC.

Η διεύθυνση τελειώνει με ένα 64-bit Interface ID που δημιουργείται από τη 48-bit MAC της κάρτας: χωρίζεται σε δύο μέρη, εισάγουμε στο ενδιάμεσο το FF:FE και αναστρέφουμε το 7ο bit του πρώτου byte, σχηματίζοντας έτσι το μοναδικό IID που ενώνεται με το 64-bit πρόθεμα (fe80::/64) για να δώσει την πλήρη διεύθυνση IPv6.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.6

PC: `netstat -rn6`

9 εγγραφές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.7

Netif:em0 -> fe80::%em0/64

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.8

2 εγγραφές με το πρόθεμα fe80::/64

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.9

PC1: `ping6 ::1`

Απαντά ο εαυτός του (loopback).

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.10

PC1: `ping6 fe80::a00:27ff:fe23:a60a%em0`

Προσθέσαμε τον δείκτη %em0 για να αντιληφθεί το μηχάνημα ότι πρόκειται για τη link-local διεύθυνση της em0.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.11

PC1: `ping6 fe80::a00:27ff:fe03:8192%em0`

Προσθέσαμε τον δείκτη %em0

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.12

`ping6 ff01::1%em0`

Απαντά μόνο το PC1, διότι η διεύθυνση ff01::1%em0 είναι "all-nodes interface-local" multicast και παραδίδεται μόνο στο ίδιο interface του PC1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.13

`ping6 ff02::1%em0`

Απαντούν και το PC1 και το PC2, διότι η διεύθυνση ff02::1%em0 είναι "all-nodes link-local" multicast και παραδίδεται σε όλους τους κόμβους του LAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.14

PC1: `ifconfig em0 inet6 fd00:1::2/64 up`

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.15

PC2: `ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64 up`

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.16

Οι διευθύνσεις fd00:1::2/64 και fd00:1::3/64 είναι **Unique Local Addresses** (ULA), αντίστοιχες με ιδιωτικές IPv4 διευθύνσεις.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.17

Κάθε διεπαφή έχει 2 διευθύνσεις IPv6.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.18

[netstat -rn6](#)

Προστέθηκαν 2 εγγραφές.

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

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.19

Προσθέτουμε σε κάθε PC στο αρχείο **/etc/hosts** τις αντιστοιχίες:

fd00:1::2 PC1 PC1.ntua.lab
fd00:1::3 PC2 PC2.ntua.lab

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.20

Ναι τα ping6 επιτυγχάνουν.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.21

Καμία εγγραφή.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.22

[man ndp](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.23

PC1: [ndp -a](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.24

root@PC:~ # ndp -a	Linklayer Address	Netif	Expires	1s	5s
Neighbor					
PC1	08:00:27:23:a6:0a	em0	permanent	R	
PC2	08:00:27:03:81:92	em0	23h56m3s	S	
fe80::a00:27ff:fe03:8192%em0	08:00:27:03:81:92	em0	23h32m15s	S	
fe80::a00:27ff:fe23:a60a%em0	08:00:27:23:a6:0a	em0	permanent	R	

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.25

PC1: [ndp -p](#)

Καμία εγγραφή.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.26

PC1: [ndp -c](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.27

PC2: `tcpdump -i em0 -e -vv`

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.28

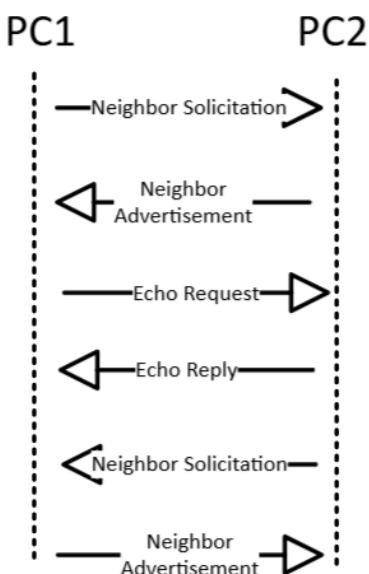
PC1: `ping6 -c 1 PC2`

Παρατηρούμε 6 πακέτα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.29

Protocol: ICMPv6 με next header 58.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.30



ΕΡΩΤΗΣΗ 1.31

IPv6 dst address: ff02::1:ff00:3

Η διεύθυνση είναι η solicited-node multicast για τον κόμβο με IPv6 fd00:1::3. Παράγεται παίρνοντας το πρόθεμα ff02::1:ff00:0/104 και αντικαθιστώντας τα τελευταία 24 bit του IID (δηλαδή το 00:00:03) στο τέλος, οπότε σχηματίζεται ff02::1:ff00:3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.32

IPv6 dst address: ff02::1:ff00:2

Η διεύθυνση είναι η solicited-node multicast για τον κόμβο με IPv6 fd00:1::2. Παράγεται παίρνοντας το πρόθεμα ff02::1:ff00:0/104 και αντικαθιστώντας στο τέλος τα τελευταία 24 bit του IID (εδώ 00:00:02), οπότε σχηματίζεται ff02::1:ff00:2.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.33

PC2: `ndp -an`

Κατάσταση R->Reachable
Διάρκεια ζωής 44sec.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.34

PC1: `ping6 PC2`

Μια Reachable, μια Stale.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.35

R (Reachable): ακριβώς μετά το πέρασμα ενός ping 45 sec. Όταν λήξει -> Stale.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.36

S (Stale): όταν δεν έχει γίνει πρόσφατη επικοινωνία. (λίγα δευτερόλεπτα)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.37

Μόλις σταμάτησε το ping6, η εγγραφή γειτόνα στο PC2 έμεινε αρχικά σε κατάσταση **Reachable** για το διάστημα 45 sec και μετά έγινε **Stale**, όπου και παρέμεινε.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.38

Ναι. Κάθε φορά που η εγγραφή γίνεται **Stale** (περίπου κάθε 45 s), το PC2 στέλνει ένα ICMPv6 **Neighbor Solicitation** προς το PC1 και λαμβάνει **Neighbor Advertisement** για να ανανεώσει την εγγραφή. Αυτά τα μηνύματα παράγονται ώστε να εξακολουθεί να θεωρείται έγκυρος ο γείτονας.

ΑΣΚΗΣΗ 2 SLAAC και Στατική δρομολόγηση IPv6

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.1

R1,R2:

```
sysrc ipv6_gateway_enable="YES"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.2

R1,R2:

```
service routing restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.3

PC2:

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

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.4

R1:

```
vtysh  
configure terminal  
interface em0  
ip address fd00:1::1/64
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.5

R1:

```
vtysh  
configure terminal  
interface em1  
ip address fd00:3::1/126
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.6

R2:

```
vtysh  
configure terminal  
interface em0  
ip address fd00:2::1/64
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.7

R2:

```
vtysh  
configure terminal  
interface em1  
ip address fd00:3::2/126
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.8

PC1: route -6 add default fd00:1::1

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.9

PC2: route -6 add default fd00:2::1

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.10

R1: `tcpdump -i em0 -n`

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.11

PC1:
`ndp -c`
`ping6 fd00:2::2`

Αποτυγχάνει αφού ο R1 δεν έχει κάποια διαδρομή για να το στείλει. Έτσι βλέπουμε μόνο ICMP6 Echo Requests και destination unreachable.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.12

Παρατηρούμε:

- ICMP6 Echo Requests με dst address: fd00:2::2(PC2)
- ICMP6 destination unreachable με dst address: fd00:1::2(PC1)

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.13

R1:

```
vttysh
configure terminal
ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.14

Το ping εξακολουθεί να αποτυγχάνει γιατί, παρόλο που ο R1 τώρα ξέρει να στέλνει πακέτα προς το δίκτυο fd00:2::/64 (βήμα 2.13), ο R2 δεν έχει ακόμα διαδρομή για το δίκτυο fd00:1::/64 (LAN1).

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.15

R2:

```
vttysh
configure terminal
ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.16

Ο R2 πλέον ξέρει πού να στείλει τα Echo Reply πίσω στο PC1 και το ping6 επιυτυγχάνει.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.17

R1:

```
configure terminal
```

```
interface em0
no ipv6 nd suppress-ra
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.18

R1:

```
configure terminal
interface em0
ipv6 nd prefix fd00:1::/64
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.19

R1:

```
rtadvd_enable="YES"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.20

R2:

```
configure terminal
interface em0
no ipv6 nd suppress-ra
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.21

R2:

```
configure terminal
interface em0
ipv6 nd prefix fd00:2::/64
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.22

PC1: `netstat -rn6`

Θα δείτε 2 εγγραφές default:

- Η χειροκίνητη που βάλαμε fd00:1::1
- Η αυτοματοποιημένη που έμαθε το σύστημα από τα Router Advertisements του R1.

Ο λόγος είναι ότι εξακολουθεί να υπάρχει η static route που προσθέσαμε και μετά ο FreeBSD kernel εγκατέστησε επιπλέον μία δεύτερη default route βασισμένη στο RA.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.23

R1: `tcpdump -i em0 -n -e icmp6`

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.24

PC1: `route -q flush -inet6`

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.25

PC1: `service netif restart`

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.26

Ανταλλάσσονται μηνύματα:

- Router solicitation από το PC1
- Router advertisement από το R1
- Neighbor solicitation από το PC1

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.27

Διευθύνσεις IPv6 προορισμού:

- **RS** : ff02::2 (all-routers multicast)
- **RA** : ff02::1 (all-nodes multicast)
- **NS** : ff02::1:ff23:a60a (solicited-node multicast)

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.28

Διευθύνσεις MAC προορισμού:

- RS MAC 33:33:00:00:00:02
- RA MAC 33:33:00:00:00:01
- NS MAC 33:33:ff:23:a6:0a

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.29

RS src address: fe80:a00:27ff:fe23:a60a(link-local)

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.30

Το NS που στέλνει το PC1 μετά το RA είναι για το DAD (Duplicate Address Detection): ελέγχει αν το SLAAC-generated IID έχει ήδη καταληφθεί από άλλο host.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.31

Χρησιμοποιεί ως διεύθυνση πηγής το unspecified address :: γιατί η διεύθυνση που δοκιμάζει δεν έχει ακόμη δεσμευτεί στο interface του

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.32

PC1: `ndp -p`

flags=L,A,O

- **L (On-Link):** Όταν είναι 1, το prefix θεωρείται on-link και οι hosts στέλνουν πακέτα κατευθείαν στο subnet χωρίς να περνούν από router.

- **A (Autonomous):** Όταν είναι 1, ενεργοποιεί το SLAAC, επιτρέποντας στους hosts να αυτοδιαμορφώνουν αυτόματα τις IPv6 διεύθυνσεις τους.
- **O (Other-configuration):** Όταν είναι 1, υποδεικνύει ότι επιπλέον παραμετροποιήσεις (π.χ. DNS) πρέπει να ληφθούν μέσω DHCPv6.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.33

Μέσω SLAAC το PC1 απέκτησε αυτόματα:

- Τη global-unicast διεύθυνση fd00:1::a00:27ff:fe23:a60a

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.34

Από το PC μπορούμε να κάνουμε ping μόνο στην global-unicast διεύθυνση του PC1, καθώς το PC2 βρίσκεται σε διαφορετικό LAN και δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει link-local.

Από τον R1 μπορούμε είτε στη link-local διεύθυνση του PC1 είτε στην global-unicast του PC1, αφού ο R1 μοιράζεται το ίδιο LAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.35

Ναι, στον πίνακα δρομολόγησης IPv6 του PC1 υπάρχει μία εγγραφή default. Η προεπιλεγμένη πύλη προέκυψε αυτόματα από τα Router Advertisements (RA) που στέλνει ο R1.

ΑΣΚΗΣΗ 3 Δυναμική δρομολόγηση IPv6

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.1

R1:

```
no ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
```

R2:

```
no ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.2

R1,R2:

```
ptysh
configure terminal
router ripng
network em0
network em1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.3

R1:

```
do show ipv6 route
```

```
C>* fd00:1::/64 [0/1] is directly connected, em0, 00:05:58
R>* fd00:2::/64 [120/2] via fe80::a00:27ff:fe31:ad5a, em1, weight 1, 00:00:17
C>* fd00:3::/126 [0/1] is directly connected, em1, 00:05:29
C * fe80::/64 [0/1] is directly connected, em1, 00:05:29
C * fe80::/64 [0/1] is directly connected, em0, 00:05:58
C>* fe80::/64 [0/1] is directly connected, lo0, 00:08:21
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.4

R1:

```
do show ipv6 ripng
```

Network	Next Hop	Via	Metric	Tag	Time
C(i) fd00:1::/64	::	self	1	0	
R(n) fd00:2::/64	fe80::a00:27ff:fe31:ad5a	em1	2	0	02:56
C(i) fd00:3::/126	::	self	1	0	

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.5

fe80::a00:27ff:fe31:ad5a(link-local)

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.6

Ping PC1->PC2: επιτυγχάνει

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.7

R1: `tcpdump -i em1 -n -vv`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.8

Παρατηρούμε πακέτα ripng-req 2 με dst (multicast) address: ff02::9 (port 521).

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.9

Hop limit: 255. Αυτό ορίζεται από το RFC για ποιότητα ασφάλειας: όλοι οι δρομολογητές ελέγχουν ότι το Hop Limit είναι 255, έτσι ώστε πακέτα που δεν προέρχονται από το ίδιο link να απορρίπτονται.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.10

Το RIPng χρησιμοποιεί ως πρωτόκολλο στρώματος μεταφοράς το UDP (port 521). Στο IPv4 RIP η πόρτα είναι 520.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.11

R1,R2: `no router ripng`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.12

R1,R2: [write](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.13

R1,R2: [service frr restart](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.14

R1:

```
vtys  
configure terminal  
router ospf6  
router-id 1.1.1.1
```

R2:

```
vtys  
configure terminal  
router ospf6  
router-id 2.2.2.2
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.15

R1:

```
configure terminal  
interface em0  
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0  
interface em1  
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.16

R2:

```
configure terminal  
interface em0  
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0  
interface em1  
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.17

R2: [show ipv6 route ospf6](#)

```
D>* fd00:1::/64 [110/200] via fe80::a00:27ff:fe3a:999d, em1, weight 1, 00:18:40
D   fd00:2::/64 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:18:53
D   fd00:3::/126 [110/100] is directly connected, em1, weight 1, 00:18:45
...*
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.18

Στον πίνακα δρομολόγησης του R2 βλέπουμε 3 εγγραφές OSPF6 (για τα δίκτυα fd00:1::/64, fd00:2::/64 και fd00:3::/126).

Το κόστος κάθε ζεύξης υπολογίζεται από τη σχέση

cost = reference_bandwidth / interface_bandwidth

Στο FRR το reference bandwidth είναι 100 Gbps και οι εικονικές διεπαφές έχουν 1 Gbps, οπότε cost = 100 ανά σύνδεση.

- Για το fd00:2::/64 (directly connected LAN2) → cost 100
- Για το fd00:3::/126 (directly connected WAN1) → cost 100
- Για το fd00:1::/64 (διασχίζει WAN1 + LAN1) → cost 100 + 100 = 200

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.19

Η διεύθυνση next-hop για το fd00:1::/64 είναι η link-local διεύθυνση του R1 στην διεπαφή WAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.20

R2: `tcpdump -i em1 -n -vv`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.21

Παρατηρούμε πακέτα OSPFv3 Hello με dst address: ff02::5 (multicast).

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.22

Παράγονται κάθε 10 sec και έχει hop limit: 1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.23

Το OSPFv3 χρησιμοποιεί IP protocol : 89 (Next Header = 89) στο IPv6, ίδιο με το OSPFv2 στο IPv4.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.24

Ναι.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.25

R1,R2: `no router ospf6`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.26

R1,R2: `service frr restart`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.27

R1:

```
vtysh  
configure terminal  
router-id 1.1.1.1  
router bgp 65010
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.28

R1: `no bgp ebgp-requires-policy`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.29

R1: `no bgp default ipv4-unicast`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.30

R1: `neighbor fd00:3::2 remote-as 65020`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.31

R1: `address-family ipv6 unicast`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.32

R1: `network fd00:1::/64`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.33

R1: `neighbor fd00:3::2 activate`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.34

R2:

```
vtysh  
configure terminal  
router-id 2.2.2.2  
router bgp 65020  
no bgp ebgp-requires-policy
```

```
no bgp default ipv4-unicast
neighbor fd00:3::1 remote-as 65010
address-family ipv6 unicast
network fd00:1::/64
neighbor fd00:3::1 activate
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.35

R1: `show bgp summary`

Ενεργή σύνοδος.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.36

R1: `show ipv6 route summary`

Route	Source	Routes	FIB	(vrf default)
connected		5	5	
ospf6		3	1	

Totals		8	6	

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.37

R1: `show bgp ipv6 unicast`

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
* fd00:1::/64	fe80::a00:27ff:fe31:ad5a	0		0	65020 i
*>	::		0	32768	i

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.38

Η διεύθυνση next-hop για το δίκτυο fd00:2::/64 στον R1 είναι η link-local unicast διεύθυνση του R2 στην διεπαφή WAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.39

R1: `show bgp ipv6 unicast neighbors fd00:3::2 advertised-routes`

Network	Next Hop	Metric	LocPrf	Weight	Path
*> fd00:1::/64	::	0		32768	i

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.40

R1: `tcpdump -i em1 -n -vv 'not icmp6'`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.41

Παρατηρούμε BGP Keepalive μηνύματα. Όλα TCP στο θύρα 179, ίδιο με το IPv4 BGP.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.42

To Hop Limit των IPv6 πακέτων είναι 64.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.43

Ping PC1->PC2 επιτυγχάνει.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.44

PC1:

```
vtys  
configure terminal  
router-id 1.1.1.1  
interface em0  
ip address fd00:1::2/64
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.45

PC1:

```
vtys  
configure terminal  
router bgp 65010
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.46

PC1: `no bgp default ipv4-unicast`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.47

PC1: `neighbor fd00:1::1 remote-as 65010`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.48

PC1: `address-family ipv6
neighbor fd00:1::1 activate`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.49

R1: `router bgp 65010
neighbor fd00:1::2 remote-as 65010`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.50

R1: `address-family ipv6
neighbor fd00:1::2 activate`

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.51

R1: `show bgp summary`

Ενεργή σύνοδος.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.52

R1: `show ipv6 route summary`

Route Source	Routes	FIB (vrf default)
connected	5	5
ospf6	3	1

Totals	8	6

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.53

Η διαδρομή προς το fd00:1::/64 δεν επιλέγεται από τον BGP πίνακα γιατί είναι connected (C) στην ίδια τη διεπαφή του PC1, και η connected route έχει χαμηλότερη administrative distance από την BGP.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.54

Για το fd00:2::/64 η διεύθυνση next-hop είναι η link-local unicast του R2 στην em1 (WAN1).

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.55

Ping PC2->PC1 επιτυγχάνει.

ΑΣΚΗΣΗ 4 Μηχανισμός μετάβασης 464 XLAT

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.1

R1:

```
vtysh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.2

R2:

```
vtysh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.2.1/24
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.3

PC1:

```
vtsh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.1.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.4

PC2:

```
vtsh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.2.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.5

R1: sysrc firewall_enable="YES" firewall_nat64_enable="YES" firewall_type="open"
firewall_logif="YES"

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.6

R1: kldload ipfw

```
service ipfw start
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.7

R1: ipfw list

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.8

Ping PC1->PC2: επιτυγχάνει.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.9

R1: ipfw nat64clat nat64 create clat_prefix fd00:3:1::/96 plat_prefix 64:ff9b::/96 allow_private log

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.10

R1: ipfw add 2000 nat64clat nat64 ip4 from any to not me in recv em0

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.11

R1: ipfw add 3000 nat64clat nat64 ip6 **from** 64:ff9b::/96 **to** fd00:3:1::/96 **in** recv em1

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.12

R1: ipv6 **route** 64:ff9b::/96 fd00:3::2

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.13

R2: sysrc **firewall_enable="YES"** **firewall_nat64_enable="YES"** **firewall_type="open"**
firewall_logif="YES"
kldload ipfw
service ipfw start

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.14

R2:

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

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.15

R2:

ipfw add 2000 nat64lsn nat64 ip6 **from** fd00:3:1::/96 **to** 64:ff9b::/96 **in** recv em1

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.16

R2:

ipfw **add** 3000 nat64lsn nat64 ip4 **from** **any** **to** 2.2.2.0/24 **in** recv em0

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.17

R2: **ipv6 route** fd00:3:1::/96 fd00:3::1

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.18

R2: **ip route** 0.0.0.0/0 192.168.2.2

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.19

Ping PC1->R1/PC2 επιτυγχάνουν.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.20

R1:

```
ifconfig ipfwlog0 create  
tcpdump -n -i ipfwlog0
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.21

R2:

```
ifconfig ipfwlog0 create  
tcpdump -n -i ipfwlog0
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.22

Ping PC1->192.168.2.2

Παρατηρούμε:

- ICMP request
- ICMPv6 request
- ICMPv6 reply
- ICMP reply

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.23

PC2:

```
vtysh  
configure terminal  
interface em0  
ip address 172.17.17.2/24  
ip address 10.0.0.2/24
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.24

Ping PC1->PC2 επιτυγχάνουν

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.25

PC2: `tcpdump -n -i em0`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.26

R2: `ipfw nat64lsn nat64 show states`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.27

Ping PC1->PC2

Διαρκούν περίπου 1 λεπτό.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.28

PC1: `ssh root@192.168.2.2`

Αποτυγχάνει

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.29

`ifconfig em0 mtu 1480`

Το SSH επιτυγχάνει, διότι πλέον δεν απαιτείται PMTU Discovery πάνω από το NAT64.

ΑΣΚΗΣΗ 5 Μηχανισμός μετάβασης *Teredo*

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.1

PC1,PC2: `dhclient em0`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.2

PC1,PC2: `pkg install miredo`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.3

PC1,PC2: `sysrc miredo_enable="YES"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.4

PC1,PC2: `service miredo start`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.5

Interface ipv6 teredo: `inet6 2001:0:d911:c0d9:202b:2824:a62d:9cec`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.6

PC2: `tcpdump -n -i em0`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.7

Ipv4 teredo: 217.17.192.217

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.8

Protocol: UDP port 3544

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.9

Wireshark filter teredo

Παρατηρούμε μηνύματα ICMPv6 Router SOlicitation-Advertisement.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.10

ICMPv6 Option (Prefix information : 2001:0:d911:c0d9::/64)

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.11

Ping6 PC1->ntua,yahoo,facebook επιτυγχάνουν όλα

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.12

PC1->ntua

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.13

Direct IPv6 Connectivity Tests

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.14

'Οχι.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.15

PC1: `tcpdump -n -i em0`

Protocol: UDP port 3544

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.16

PC1: `tcpdump -n -i teredo`

ICMP6 echo requests-replies.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.17

Ping6 PC1->PC2 (teredo ipv6) αποτυγχάνει

Το ping6 από PC1 προς την IPν6 διεύθυνση της teredo του PC2 αποτυγχάνει, γιατί ο Teredo tunnel δεν επιτρέπει συνδέσεις peer-to-peer πίσω από NAT/firewall.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.18

Στη διεπαφή teredo παράγονται ICMPv6 Echo Request και Echo Reply μηνύματα

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.19

Μετά το ping6, στην em0 εμφανίζονται UDP προς τη θύρα 3544.

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.20

To Wireshark δείχνει διαφορετικό toredo relay.