

Εργαστηριακή Άσκηση 11

Το πρωτόκολλο IPv6

Όνοματεπώνυμο: Άννα Κουτσώνη	Όνομα PC: DESKTOP-90FT571
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 02/05/2024

Άσκηση 1

1.1 sysrc ifconfig_em0_ipv6="inet6 accept_rtadv"

1.2 service netif stop

service netif start

1.3 ifconfig em0

Έχει αποδοθεί η fe80::a00:27ff:fe67:4156%em0

1.4 ifconfig em0

Έχει αποδοθεί η fe80::a00:27ff:feeb:cc66%em0

1.5 Είναι link-local και προκύπτουν ως εξής:

PC1: Η MAC της κάρτας δικτύου είναι η 08:00:27:67:41:56. Παρεμβάλλουμε στο μέσο της το ff:fe , αντιστρέφουμε το 7^ο bit του 1^{ου} byte και το 08 γίνεται 0a και τέλος προσθέτουμε στην αρχή fe80:0000. Τα ενδιάμεσα μηδενικά συμβολίζονται με :: και προκύπτει η τελική διεύθυνση.

PC2: Η MAC της κάρτας δικτύου είναι η 08:00:27:eb:cc:66. Παρεμβάλλουμε στο μέσο της το ff:fe , αντιστρέφουμε το 7^ο bit του 1^{ου} byte και το 08 γίνεται 0a και τέλος προσθέτουμε στην αρχή fe80:0000. Τα ενδιάμεσα μηδενικά συμβολίζονται με :: και προκύπτει η τελική διεύθυνση.

1.6 netstat -rn6

Εμφανίζονται 9 εγγραφές.

Internet6:			
Destination	Gateway	Flags	Netif
Expire			
::/96	:::1	URS	lo0
:::1	link#2	UHS	lo0
::ffff:0.0.0.0/96	:::1	URS	lo0
fe80::/10	:::1	URS	lo0
fe80::%em0/64	link#1	U	em0
fe80::a00:27ff:fe67:4156%em0	link#1	UHS	lo0
fe80::%lo0/64	link#2	U	lo0
fe80::1%lo0	link#2	UHS	lo0
ff02::/16	:::1	URS	lo0

1.7 Μόνο αυτή με προορισμό την fe80::%em0/64

1.8 Περιέχει την fe80::%em0/64 με διεπαφή εξόδου em0 και την fe80::%lo0/64 με διεπαφή εξόδου την lo0.

1.9 ping6 :::1

Απαντά ο ίδιος PC1.

1.10 ping6 fe80::a00:27ff:fe67:4156%em0

Προσθέτουμε στο τέλος τον δείκτη ζώνης %em0.

1.11 ping6 fe80::a00:27ff:feeb:cc66%em0

Προσθέτουμε στο τέλος τον δείκτη ζώνης %em0.

1.12 Απαντά ο PC1. Η ff01:::1 παριστάνει όλους τους κόμβους στη διεπαφή.

1.13 Απαντά και ο PC1 και ο PC2. Η ff02:::1 παριστάνει όλους τους κόμβους στη ζεύξη.

- 1.14 `ifconfig em0 inet6 fd00:1::2/64`
 1.15 `ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64`
 1.16 Είναι μοναδικές τοπικές διευθύνσεις, δεν δρομολογούνται στο δημόσιο διαδίκτυο και έχουν χρήση ανάλογη των 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 και 192.168.0.0/16 στο IPv4.

- 1.17 `ifconfig em0`
 Υπάρχουν 2 διευθύνσεις.

- 1.18 `netstat -rn6`
 Προστέθηκαν 2 εγγραφές:
 PC1:

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

PC2:

<code>fd00:1::/64</code>	<code>link#1</code>	<code>U</code>	<code>em0</code>
<code>fd00:1::3</code>	<code>link#1</code>	<code>UHS</code>	<code>lo0</code>

- 1.19 Προσθέτουμε κάνοντας νί στο αρχείο `/etc/hosts` τις εξής γραμμές:
 Στο PC1: `fd00:1::3 PC2`
 Στο PC2: `fd00:1::2 PC1`

- 1.20 Ναι, μπορούμε.
 1.21 `arp -a`
 Δεν υπάρχει καμία εγγραφή.

- 1.22 `man ndp`

- 1.23 `ndp -a`

- 1.24 Βλέπουμε 4 εγγραφές:

Neighbor	Linklayer Address	Netif	Expire	1s	5s
<code>fd00:1::2</code>	<code>08:00:27:67:41:56</code>	<code>em0</code>	<code>permanent</code>	<code>R</code>	
PC2	<code>08:00:27:eb:cc:66</code>	<code>em0</code>	<code>23h51m41s</code>	<code>S</code>	
<code>fe80::a00:27ff:fe67:4156%em0</code>	<code>08:00:27:67:41:56</code>	<code>em0</code>	<code>permanent</code>	<code>R</code>	
<code>fe80::a00:27ff:feeb:cc66%em0</code>	<code>08:00:27:eb:cc:66</code>	<code>em0</code>	<code>23h1m9s</code>	<code>S</code>	

Οι εγγραφές που έχουν στο τέλος R είναι σε κατάσταση Reachable ενώ αυτές που έχουν στο τέλος S είναι σε κατάσταση Stale.

- 1.25 `ndp -p`
 Όχι, δεν υπάρχουν.

- 1.26 `ndp -c`

- 1.27 `tcpdump -i em0 -vvv -n`

- 1.28 Βλέπουμε 6 πακέτα.

- 1.29 Μεταφέρουν μηνύματα του πρωτοκόλλου ICMPv6 και το Next Header έχει τιμή 58.

- 1.30 PC1→PC2: Neighbor solicitation
 PC2→PC1: Neighbor advertisement
 PC1→PC2: ICMP6 echo request
 PC2→PC1: ICMP6 echo reply
 PC2→PC1: Neighbor solicitation
 PC1→PC2: Neighbor advertisement

- 1.31 Είναι η `ff02::1:ff00:3` και είναι η multicast διεύθυνση Solicited Node.
 Προκύπτει από τα τελευταία 24 bit (00:0003) της διεύθυνσης unicast του PC2 (`fd00:1::3`) προσθέτοντας σε αυτά το πρόθεμα `ff02:0:0:0:1:ff00:0/104`.

- 1.32 Είναι η μοναδική τοπική διεύθυνση `fd00:1::2` που ορίσαμε στατικά στο PC1.

- 1.33 Η κατάσταση της είναι Reachable (R) για τα πρώτα 30 sec και μετά γίνεται Stale (S) με χρόνο ζωής 23h 59m 57s (ξεκινάει από τις 24h).
- 1.34 Παρατηρούμε εναλλαγή των καταστάσεων Reachable (R) και Stale (S).
- 1.35 Είναι 44sec και όταν λήξει γίνεται Stale (S).
- 1.36 Είναι 24h.
- 1.37 Μόλις λήξει η R γίνεται S και μένει σε αυτή την κατάσταση.
- 1.38 Παράγονται κάθε περίπου 20-25sec πακέτα Neighbor solicitation με σκοπό να επιβεβαιωθεί η προσβασιμότητα του γείτονα και Neighbor advertisement ως απάντηση στα NS.

Άσκηση 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 em0
ipv6 address fd00:2::1/64
exit
- 2.6 interface em1
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
- 2.10 ndp -c
ping6 -c 1 fd00:2::2
Όχι, δεν είναι επιτυχές. Δεν λαμβάνουμε απάντηση διότι ο R1 δεν διαθέτει εγγραφή για τον PC2 στον πίνακα δρομολόγησης του και δεν μπορεί να προωθήσει τα πακέτα.
- 2.11 Neighbor solicitation με προορισμό την ff02::1:ff00:1
Neighbor advertisement με προορισμό την fd00:1::2
ICMP6 echo request με προορισμό την fd00:2::2
ICMP6 destination unreachable με προορισμό την fd00:1::2
Neighbor solicitation με προορισμό την fd00:1::2
Neighbor advertisement με προορισμό την fd00:1::1
- 2.12 ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2

- 2.13 `ping6 -c 1 fd00:2::2`
Όχι, δεν είναι επιτυχές. Δεν λαμβάνουμε απάντηση διότι ο R2 δεν διαθέτει εγγραφή για τον PC1 στον πίνακα δρομολόγησης του και δεν μπορεί να προωθήσει τα πακέτα.
- 2.14 `ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1`
- 2.15 Ναι, μπορούμε.
- 2.16 `interface em0`
 `no ipv6 nd suppress-ra`
- 2.17 `interface em0`
 `ipv6 nd prefix fd00:1::/64`
- 2.18 `interface em0`
 `no ipv6 nd suppress-ra`
- 2.19 `interface em0`
 `ipv6 nd prefix fd00:2::/64`
- 2.20 `route -6 delete default fd00:1::1`
- 2.21 `tcpdump -i em0 -n -e icmp6`
- 2.22 `service netif restart`
- 2.23 `fe80::a00:27ff:fe67:4156 → ff02::2 Router solicitation (RS)`
 `fe80::a00:27ff:fe2a:7ae4 → ff02::1 Router advertisement (RA)`
 `::→ ff02::1:ff67:4156 Neighbor solicitation (NS)`
- 2.24 Για ανίχνευση ταυτόσημων διευθύνσεων.
- 2.25 Χρησιμοποιεί την ακαθόριστη διεύθυνση ::0 γιατί δεν έχει ακόμα δική του.
- 2.26 Χρησιμοποιεί την `fe80::a00:27ff:fe67:4156` που είναι η link-local του.
- 2.27 Η διεύθυνση προορισμού του NS είναι η `ff02::1:ff67:4156` , δηλαδή η multicast διεύθυνση Solicited Node
 Η διεύθυνση προορισμού του RS είναι η `ff02::2` , δηλαδή όλοι οι δρομολογητές στην τοπική ζεύξη.
 Η διεύθυνση προορισμού του RA είναι η `ff02::1` , δηλαδή όλοι οι κόμβοι στην τοπική ζεύξη.
- 2.28 Για το NS είναι η `33:33:ff:67:41:56`
 Για το RS είναι η `33:33:00:00:00:02`
 Για το RA είναι η `33:33:00:00:00:01`
 Προκύπτουν από το πρόθεμα 33-33- ακολουθούμενο από τα τελευταία 32 bit της IPv6 διεύθυνσης προορισμού.
- 2.29 `ndp -p`
 Οι σημαίες LAO.
- 2.30 `em0 → fe80::a00:27ff:fe67:4156%em0`
 `fd00:1::a00:27ff:fe67:4156`
 `lo0 → fe80::1%lo0`
- 2.31 Ναι, υπάρχει. Είναι η `fe80::a00:27ff:fe2a:7ae4`, η διεύθυνση πηγής του RA.
- 2.32 Από το PC2 την `fd00:1::a00:27ff:fe67:4156`.
 Από το R2 την `fe80::a00:27ff:fe67:4156` και την `fd00:1::a00:27ff:fe67:4156`.

Άσκηση 3

- 3.1 R1: no ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
R2: no ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
- 3.2 router ripng
network em0
network em1
- 3.3 do show ipv6 route ripng
Βλέπουμε μια εγγραφή για το LAN2 μέσω του R2.
- 3.4 Είναι η fe80::a00:27ff:fec3:a2a8 και είναι η link-local του R2 στο WAN1.
- 3.5 ping6 fd00:2::2
Ναι, μπορούμε, είναι επιτυχές.
- 3.6 tcpdump -i em1 -vvn -n ip6
- 3.7 Παρατηρούμε πακέτα ripng-resp 2 με διεύθυνση προορισμού την ff02::9 η οποία είναι η multicast διεύθυνση για όλους τους RIP routers.
- 3.8 Έχει την μέγιστη τιμή 255, για να εξασφαλιστεί ότι δεν διέρχεται από άλλους δρομολογητές.
- 3.9 Χρησιμοποιεί το UDP και τη θύρα 521. Το RIP χρησιμοποιούσε UDP και τη θύρα 520.
- 3.10 no router ripng
- 3.11 do write file
- 3.12 service frr restart
- 3.13 router ospf6
R1: ospf6 router-id 1.1.1.1
R2: ospf6 router-id 2.2.2.2
- 3.14 interface em0
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
exit
interface em1
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
exit
- 3.15 interface em0
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
exit
interface em1
ipv6 ospf6 area 0.0.0.0
exit
- 3.16 do show ipv6 route ospf6
Βλέπουμε 3 εγγραφές:
- ```
R1>* fd00:1::/64 [110/200] via fe80::a00:27ff:fe43:c463, em1, weight 1, 00:07:16
R1> fd00:2::/64 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:07:25
R1> fd00:3::/126 [110/100] is directly connected, em1, weight 1, 00:07:21
```
- Το κόστος προέκυψε ως Reference bandwidth/interface bandwidth.
- 3.17 Είναι η fe80::a00:27ff:fe43:c463 και είναι η link-local του R1 στο WAN1.
- 3.18 tcpdump -i em1 -vvn -n ip6
- 3.19 Παρατηρούμε πακέτα OSPFv3 Hello με διεύθυνση προορισμού την ff02::5 η οποία είναι η multicast διεύθυνση για όλους τους OSPF routers.
- 3.20 Έχει την τιμή 1.
- 3.21 Χρησιμοποιεί τον OSPF (89), τον ίδιο με το OSPF.

- 3.22 ping6 fd00:1::a00:27ff:fe67:4156  
 Ναι, μπορούμε, το ping είναι επιτυχές.
- 3.23 no router ospf6
- 3.24 service frr restart
- 3.25 router-id 1.1.1.1  
 router bgp 65010
- 3.26 no bgp ebgp-requires-policy
- 3.27 no bgp default ipv4-unicast
- 3.28 neighbor fd00:3::2 remote-as 65020
- 3.29 address-family ipv6  
 bgp default ipv6-unicast
- 3.30 network fd00:1::/64
- 3.31 neighbor fd00:3::2 activate
- 3.32 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  
 bgp default ipv6-unicast  
 network fd00:2::/64  
 neighbor fd00:3::1 activate
- 3.33 do show ip bgp neighbors
- 3.34 do show ipv6 route bgp

Βλέπουμε 1 εγγραφή

```
R>* fd00:2::/64 [20/0] via fe80::a00:27ff:fec3:a2a8, em1, weight 1, 00:07:39
```

- 3.35 Είναι η fe80::a00:27ff:fec3:a2a8 και είναι η link-local του R2 στο WAN1.
- 3.36 do show bgp ipv6 unicast neighbors fd00:3::2 advertised-routes

Διαφημίζει δυο διαδρομές προς το LAN1 και το LAN2 με επόμενο βήμα την  
 ακαθόριστη :: :

| Network        | Next Hop | Metric | LocPrf | Weight | Path    |
|----------------|----------|--------|--------|--------|---------|
| *> fd00:1::/64 | ::       | 0      |        | 32768  | i       |
| *> fd00:2::/64 | ::       |        |        | 0      | 65020 i |

- 3.37 tcpdump -i em1 -vv -n not icmp6
- 3.38 Παρατηρούμε πακέτα BGP Keepalive. Χρησιμοποιεί το TCP και τη θύρα  
 179, την ίδια με το IPv4.
- 3.39 Έχει την τιμή 1.
- 3.40 ping6 fd00:2::2  
 Ναι, μπορούμε, το ping είναι επιτυχές.
- 3.41 reboot  
 vtysh  
 router-l 1.1.0.0  
 configure terminal  
 interface em0  
 ipv6 address fd00:1::2/64  
 exit
- 3.42 router bgp 65010
- 3.43 no bgp default ipv4-unicast

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

3.45 address-family ipv6  
neighbor fd00:1::1 activate  
exit

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

3.47 address-family ipv6  
neighbor fd00:1::2 activate  
neighbor fd00:1::2 next-hop-self  
exit

3.48 do show ip bgp neighbors

Στο τέλος της πρώτης γραμμής υπάρχει η ένδειξη internal link.

3.49 do show ipv6 route bgp

Βλέπουμε 2 εγγραφές:

```
B fd00:1::/64 [200/0] via fe80::a00:27ff:fe2a:7ae4, em0, weight 1, 00:00:59
B>* fd00:2::/64 [200/0] via fd00:1::1, em0, weight 1, 00:05:39
```

3.50 Γιατί υπάρχει directly connected διαδρομή με μικρότερη διαχειριστική απόσταση που είναι προτιμότερη.

3.51 Είναι η fe80::a00:27ff:fe2a:7ae4 και είναι η link-local του R1 στο LAN1.

3.52 ping6 fd00:1::2

Ναι, μπορούμε, το ping είναι επιτυχές.

## Άσκηση 4

4.1 vtysh

configure terminal  
interface em0  
ip address 192.168.1.1/24  
exit

4.2 vtysh

configure terminal  
interface em0  
ip address 192.168.2.1/24  
exit

4.3 vtysh

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

4.4 vtysh

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

4.5 sysrc firewall\_enable="YES"

- ```
sysrc firewall_nat64_enable="YES"
sysrc firewall_type="open"
sysrc firewall_logif="YES"
```
- 4.6 service ipfw start
- 4.7 ipfw list
- Περιέχει 12 κανόνες.
- 4.8 ping6 fd00:2::2
- Ναι, μπορούμε, το ping είναι επιτυχές.
- 4.9 ipfw nat64clat nat64 create clat_prefix fd00:3:1::/96 plat_prefix 64:ff9b::/96
allow_private log
- 4.10 ipfw add 2000 nat64clat 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 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"
service ipfw start
- 4.14 ipfw nat64lsn nat64 create prefix4 2.2.2.0/24 prefix6 64:ff9b::/96
allow_private log
- 4.15 ipfw add 2000 nat64lsn nat64 ip6 from fd00:3:1::/96 to 64:ff9b::/96 recv
em1
- 4.16 ipfw add 3000 nat64lsn nat64 ip4 from any to 2.2.2.0/24 recv em0
- 4.17 ipv6 route fd00:3:1::/96 fd00:3::1
- 4.18 ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.2
- 4.19 ping 192.168.1.1
ping 192.168.2.2
- Ναι, μπορούμε, και τα δύο ping είναι επιτυχή.
- 4.20 ifconfig ipfwlog0 create
tcpdump -i ipfwlog0
- 4.21 ifconfig ipfwlog0 create
tcpdump -i ipfwlog0
- 4.22 ping -c 1 192.168.2.2

R1:

```
04:12:01.640040 IP 192.168.1.2 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 8964, seq 0,
length 64
04:12:01.640078 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
seq 0, length 64
04:12:01.642194 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply, s
eq 0, length 64
04:12:01.642208 IP 192.168.2.2 > 192.168.1.2: ICMP echo reply, id 8964, seq 0, l
length 64
```

R2:

```
04:12:03.976810 IP6 fd00:3:1::c0a8:102 > 64:ff9b::c0a8:202: ICMP6, echo request,
seq 0, length 64
04:12:03.976844 IP 2.2.2.228 > 192.168.2.2: ICMP echo request, id 1024, seq 0, l
length 64
04:12:03.977969 IP 192.168.2.2 > 2.2.2.228: ICMP echo reply, id 1024, seq 0, len
gth 64
04:12:03.977979 IP6 64:ff9b::c0a8:202 > fd00:3:1::c0a8:102: ICMP6, echo reply, s
eq 0, length 64
```


4.23 interface em0
ip address 172.17.17.2/24
ip address 10.0.0.2/24

4.24 ping 172.17.17.2
ping 10.0.0.2

Ναι, μπορούμε, και τα δύο ping είναι επιτυχή.

4.25 tcpdump -i em0
ping 172.17.17.2
ping 10.0.0.2

Με την διεύθυνση 2.2.2.228

4.26 ipfw nat64ln nat64 show states

Δεν εμφανίζεται τίποτα.

4.27 ping -c 1 172.17.17.2
ping -c 1 10.0.0.2

Εμφανίζονται οι εξής δύο εγγραφές, οι οποίες διαρκούν περίπου 65sec.

fd00:3:1::c0a8:102	2.2.2.228	ICMPv6	65	172.17.17.2
fd00:3:1::c0a8:102	2.2.2.228	ICMPv6	59	10.0.0.2

4.28 ssh lab@172.17.17.2

Όχι, δεν μπορούμε. Παρατηρούμε πακέτα ICMP unreachable need to frag και ICMP6 packet too big.

4.29 ifconfig em0 mtu 1480

Ναι, επιτυγχάνει.

Άσκηση 5

5.1 dhclient em0

ping www.ntua.gr

Το ping είναι επιτυχές, άρα έχουμε πρόσβαση στο Internet.

5.2 pkg install miredo

5.3 sysrc miredo_enable="YES"

5.4 vi /usr/local/etc/miredo/miredo.conf

service miredo start

5.5 ifconfig

Βλέπουμε τη διεπαφή teredo με IPv6: 2001:0:d911:c0d9:10c5:29e1:4dc4:d723

5.6 tcpdump -i em0 -n

5.7 Είναι η 217.17.192.217.

5.8 Το πρωτόκολλο UDP και η θύρα 3544.

5.9 ICMPv6

5.10

5.11 Μπορούμε στα www.ntua.gr και www.amazon.com.

5.12 ping6 www.ntua.gr

5.13 IPv6 no next header και Direct IPv6 Connectivity Test

5.14 Όχι, δεν παρατηρούμε.

5.15 tcpdump -i em0 -n

Το πρωτόκολλο UDP, η διεύθυνση 216.66.86.178 και η θύρα 3545.

5.16 tcpdump -i teredo -n

ICMP6 echo request, echo reply

- 5.17 Όχι, δεν λαμβάνουμε απάντηση.
- 5.18 Ναι, παράγονται ICMP6 echo request.
- 5.19 Όχι, δεν παράγονται.
- 5.20 Όχι, επιλέγεται διαφορετικός.