



Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών

Εργαστηριακή άσκηση 11 (Το πρωτόκολλο IPv6)

Τσάκωνας Παναγιώτης (03119610)

Ομάδα: 2

Ακαδημαϊκό Έτος: 2023-2024

Άσκηση 1: Εισαγωγή στο IPv6

- 1.1) –
- 1.2) service netif stop → service netif start
- 1.3) Η διεύθυνση IPv6 που έχει αποδοθεί στη διεπαφή em0 του PC1 είναι η: fe80::a00:27ff:fe6a:a501%em0
- 1.4) Η διεύθυνση IPv6 που έχει αποδοθεί στη διεπαφή em0 του PC2 είναι η: fe80::a00:27ff:fe66:2071%em0
- 1.5) Οι διευθύνσεις είναι link-local και προκύπτουν από τη συνένωση του gateway και της MAC και ενδιάμεσα υπάρχει το ff:fe.
- 1.6) netstat -r6 → Υπάρχουν 9 εγγραφές.
- 1.7) Μόνο 1 εγγραφή αφορά τη διεπαφή em0.
- 1.8) Οι εγγραφές σχετικές με το πρόθεμα δικτύου fe80::/64 που περιέχει ο πίνακας δρομολόγησης είναι οι: fe80::%em0/64 και fe80::%lo0/64 και οι αντίστοιχες διεπαφές εξόδου είναι οι: link#1 και link#2.
- 1.9) Αν από το PC1 κάνω ping6 στη διεύθυνση ::1, τότε απαντά το PC1, γιατί αυτή είναι η loopback του.
- 1.10) Για να επιτύχει η εκτέλεση της εντολής πρέπει να προσθέσω το επίθεμα %em0.
- 1.11) Αποτυγχάνει για να επιτύχει πρέπει να προσθέσουμε το επίθεμα %em0.
- 1.12) ping6 ff01::1%em0 → Απαντά το PC1.
- 1.13) ping6 ff02::1%em0 → Παρατηρώ ότι απαντάνε και τα 2 PC.
- 1.14) (PC1): ifconfig em0 inet6 fd00:1::2/64
- 1.15) (PC2): ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64
- 1.16) Οι διευθύνσεις IPv6 είναι unique local addresses (ULA), ανάλογες των 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 και 192.168.0.0/16 στο IPv4.
- 1.17) Υπάρχουν 2 διευθύνσεις inet6 στις διεπαφές em0 των PC.

- 1.18) Προστέθηκαν 2 νέες εγγραφές.
- 1.19) Στο αρχείο /etc/hosts και των 2 PC πρέπει να προσθέσω: 'fd00:1::2 PC1 PC1.my.domain' και 'fd00:1::3 PC2 PC2.my.domain'
- 1.20) Ναι μπορώ.
- 1.21) (PC1): `arp -a` → Δεν βλέπω καμία εγγραφή.
- 1.22) `man ndp`
- 1.23) `ndp -a`
- 1.24) Βλέπω 4 εγγραφές 2 σε κατάσταση R (reachable) και 2 σε κατάσταση S (stale).
- 1.25) Ναι υπάρχουν εγγραφές για κάποια προθέματα.
- 1.26) `ndp -c`
- 1.27) (PC2): `tcpdump -i em0 -e -vvv`
- 1.28) (PC1): `ping6 -c 1 PC2` → Βλέπω 6 πακέτα.
- 1.29) Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την μεταφορά των πακέτων IPv6 είναι το ICMP6 και η τιμή του πεδίου Next Header είναι: ICMPv6 (58).
- 1.30) Η σειρά αποστολής των μηνυμάτων που κατέγραψα μεταξύ των 2 PC είναι: neighbor solicitation → neighbor advertisement → echo request → echo reply → neighbor solicitation → neighbor advertisement
- 1.31) Ο προορισμός του 1^{ου} πακέτου NS που κατέγραψα είναι διεύθυνση broadcast και προκύπτει από την IP στην οποία αντιστοιχεί το PC2.
- 1.32) Το 2^ο πακέτο NS στέλνεται στην διεύθυνση που αντιστοιχεί το PC1, δηλαδή την fd00:1::2.
- 1.33) Η κατάσταση της εγγραφής για το PC1 στον πίνακα του PC2 είναι Stale (S) και λήγει σε ~24 ώρες.
- 1.34) Η κατάσταση γίνεται Reachable (R) και μετά ξανά S.
- 1.35) Η διάρκεια της κατάστασης "(R) Reachable" είναι 30 sec και μετά επιστρέφει στην κατάσταση S.
- 1.36) Η διάρκεια της κατάστασης "(S) Stale" είναι λίγα δευτερόλεπτα.
- 1.37) Δεν παρατήρησα κάποια άλλη κατάσταση, παραμένει στη κατάσταση S.
- 1.38) Παράγονται NS και NA πακέτα κάθε 20sec.

Άσκηση 2: SLAAC και Στατική δρομολόγηση IPv6

- 2.1)** sysrc ipv6_gateway_enable="YES" → service routing restart
- 2.2)** (PC2): ifconfig em0 inet6 fd00:1::3/64 delete → ifconfig em0 inet6 fd00:2::2/64
- 2.3)** (R1): configure terminal → interface em0 → ipv6 address fd00:1::1/64
- 2.4)** (R1): interface em1 → ipv6 address fd00:3::1/126
- 2.5)** (R2): configure terminal → interface em1 → ipv6 address fd00:2::1/64
- 2.6)** (R2): interface em0 → ipv6 address fd00:3::2/126
- 2.7)** (PC1): route -6 add default fd00:1::1
- 2.8)** (PC2): route -6 add default fd00:2::1
- 2.9)** (R1): tcpdump -i em0
- 2.10)** Όχι δεν είναι επιτυχές το ping6, καθώς ο R1 δεν ξέρει πως να το δρομολογήσει προς το LAN2.
- 2.11)** Παράγονται NS μηνύματα με διεύθυνση προορισμού την: ff02::1:ff00:3.
- 2.12)** (R1): ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2
- 2.13)** Όχι δεν μπορώ να κάνω ping το PC2 γιατί δεν ξέρει πως να το δρομολογήσει ο R2 προς το LAN2.
- 2.14)** (R2): ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
- 2.15)** Ναι μπορώ να κάνω ping από το PC1 στο PC2.
- 2.16)** (R1): no ipv6 nd suppress-ra
- 2.17)** (R1): ipv6 nd prefix fd00:1::/64
- 2.18)** (R2): no ipv6 nd suppress-ra
- 2.19)** (R1): ipv6 nd prefix fd00:2::/64
- 2.20)** (PC1): route -6 delete default fd00:1::1
- 2.21)** (R1): tcpdump -e -n -i em0
- 2.22)** (PC1): service netif restart

- 2.23)** Ανταλλάσσονται RS, RA, NS μηνύματα.
- 2.24)** Το PC1 παράγει μήνυμα NS, για να ελέγξει αν χρησιμοποιεί άλλος την τοπική του διεύθυνση.
- 2.25)** Στο μήνυμα NS χρησιμοποιείται η διεύθυνση πηγής ::, γιατί δεν έχει οριστικοποιηθεί η Ipv6 του.
- 2.26)** Χρησιμοποιεί την τοπική διεύθυνση που του ορίσαμε στην αρχή στο μήνυμα RS.
- 2.27)** Η διεύθυνση Ipv6 προορισμού του RS είναι η ff02::2:, η οποία παριστάνει όλους τους δρομολογητές στη τοπική ζεύξη. Η διεύθυνση Ipv6 προορισμού του RA είναι η ff02::1, η οποία παριστάνει όλους τους κόμβους στη τοπική ζεύξη. Η διεύθυνση Ipv6 προορισμού του NS είναι η Ipv6 του PC1, ώστε να φτάσει σε αυτόν που υποτίθεται ότι έχει τη διεύθυνση του.
- 2.28)** Οι διευθύνσεις MAC προορισμού των πλαισίων Ethernet που τα μεταφέρουν για κάθε μήνυμα είναι: RS → 33:33:00:00:00:01 (multicast MAC), RA → 33:33:00:00:00:02 (multicast MAC) και NS → MAC του PC1.
- 2.29)** Για το πρόθεμα fd00:1::/64 δηλώνονται οι εξής σημαίες: LAO, όπου A → This prefix can be used for stateless address autoconfiguration και L, O → This prefix can be used for on-link determination.
- 2.30)** Η διεύθυνση που έχει λάβει το PC1 αυτόματα μέσω του SLAAC είναι η fd00:1::a00:27ff:fe35:73f1.
- 2.31)** Ναι υπάρχει προκαθορισμένη διαδρομή και προκύπτει από την Ipv6 του.
- 2.32)** Μπορώ να χρησιμοποιώ την διεύθυνση fd00:1::a00:27ff:fe35:73f1 για να κάνω ping και από τα 2.

Άσκηση 3: Δυναμική δρομολόγηση Ipv6

- 3.1)** (R1): no ipv6 route fd00:2::/64 fd00:3::2 και (R2): no ipv6 route fd00:1::/64 fd00:3::1
- 3.2)** (R1 και R2): router ripng → network em0 → network em1
- 3.3)** (R1): show ipv6 route ripng → 1 εγγραφή
- 3.4)** Η διεύθυνση του επόμενου κόμβου για το δίκτυο fd00:2::/64 είναι link-local.
- 3.5)** Ναι μπορώ να κάνω ping από το PC1 στο PC2.
- 3.6)** (R1): tcpdump -e -n -vvv -i em1
- 3.7)** Παρατηρώ πακέτα ripng-resp με προορισμό την ff02::9 (multicast για rip)
- 3.8)** Το hop limit έχει τιμή 255 γιατί αυτή είναι η default.

- 3.9)** Το πρωτόκολλο μεταφοράς που χρησιμοποιεί το ripng είναι UDP και συνδέεται στη θύρα 521, ενώ το RIP χρησιμοποιεί την θύρα 520.
- 3.10)** (R1 και R2): no router ripng
- 3.11)** (R1 και R2): write file
- 3.12)** (R1 και R2): service frr restart
- 3.13)** (R1): router ospf6 → ospf6 router-id 1.1.1.1 και (R2): router ospf6 → ospf6 router-id 2.2.2.2
- 3.14)** (R1): interface em0 area 0.0.0.0 → interface em1 area 0.0.0.0
- 3.15)** (R2): interface em0 area 0.0.0.0 → interface em1 area 0.0.0.0
- 3.16)** Βλέπω 3 εγγραφές στον πίνακα δρομολόγησης IPv6 για το OSPF6 στο PC2, κάθε ζεύξη έχει κόστος 100 και τα κόστη προκύπτουν αθροιστικά.
- 3.17)** Η διεύθυνση του επόμενου κόμβου για το δίκτυο fd00:1::/64 είναι του R1 και είναι link-local.
- 3.18)** (R2): tcpdump
- 3.19)** Παρατηρώ Hello πακέτα με διεύθυνση προορισμού την ff02::5.
- 3.20)** Το HOP Limit των πακέτων IPv6 έχει τιμή ίση με 1.
- 3.21)** Ο αριθμός πρωτοκόλλου (next header) ανωτέρου στρώματος που χρησιμοποιεί το OSPFv3 είναι ο ίδιος με το OSPFv2 και είναι το 89.
- 3.22)** Ναι μπορώ να κάνω ping6 από το PC2 στο PC1.
- 3.23)** (R1 και R2): no router ospf6
- 3.24)** (R1 και R2): service frr restart
- 3.25)** (R1): router-id 1.1.1.1 → router bgp 65010
- 3.26)** (R1): no bgp ebgp-requires-policy
- 3.27)** (R1): no bgp default ipv4-unicast
- 3.28)** (R1): neighbor fd00:3::2 remote-as 65020
- 3.29)** (R1): address-family ipv6

3.30) (R1): network fd00:1::/64

3.31) (R1): neighbor fd00:3::2 activate

3.32) (R2): 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 → network fd00:2::/64 → neighbor fd00:3::1 activate

3.33) do show ipv6 route bgp

3.34) Βλέπω 1 δυναμική εγγραφή.

3.35) Η διεύθυνση του επόμενου κόμβου για το δίκτυο fd00:2::/64 είναι του R2 και είναι link-local.

3.36) –

3.37) (R1): tcpdump -i em1 -e -vvv

3.38) Παρατηρώ Keep-alive μηνύματα. Χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP και θύρα 179. Τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται να είναι τα ίδια με τα αντίστοιχα σε IPv4.

3.39) Το HOP Limit των πακέτων IPv6 έχει τιμή ίση με 255.

3.40) Ναι μπορώ να κάνω ping6 από το PC1 στο PC2.

3.41) (PC1): router-id 1.1.0.0 → interface em0 → ipv6 address fd00:1::2/64

3.42) (PC1): router bgp 65010

3.43) (PC1): no bgp default ipv4-unicast

3.44) (PC1): neighbor fd00:1::1 remote-as 65010

3.45) (PC1): address-family ipv6 → neighbor fd00:1::1 activate → exit

3.46) (R1): neighbor fd00:1::2 remote-as 65010

3.47) (R1): neighbor fd00:1::2 activate → neighbor fd00:1::2 next-hop-self

3.48) do show ip bgp

3.49) (PC1): show ipv6 route bgp → Υπάρχουν 2 εγγραφές.

3.50) Δεν είναι επιλεγμένη η διαδρομή προς το δίκτυο fd00:1::/64, διότι η άλλη είναι directly connected.

3.51) Η διεύθυνση του επόμενου κόμβου για το δίκτυο fd00:2::/64 είναι η fd00:1::1 και είναι link-local.

3.52) Ναι μπορώ να κάνω ping6 από το PC1 στο PC2.

Άσκηση 4: Μηχανισμός μετάβασης 464 XLAT

4.1) (R1): vtysh → configure terminal → interface em0 → ip address 192.168.1.1/24

4.2) (R2): vtysh → configure terminal → interface em1 → ip address 192.168.2.1/24

4.3) (PC1): 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) (PC2): vtysh → configure terminal → interface em0 → ip address 192.168.2.2/24 → ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1

4.5) (R1): sysrc firewall_enable="YES" → sysrc firewall_nat64_enable="YES" → sysrc firewall_type="open" → sysrc firewall_logif="YES"

4.6) (R1): kldload ipfw → service ipfw start

4.7) (R1): ipfw show → Περιέχει 12 κανόνες

4.8) Ναι μπορώ να κάνω ping6 από το PC1 στο PC2.

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

4.10) (R1): ipfw add 2000 nat64clat nat64 ip4 from any to not me in via em0

4.11) (R1): ipfw add 3000 nat64clat nat64 ipv6 from 64:ff9b::/96 to fd00:3:1::/96 in via em1

4.12) (R1): vtysh → configure terminal → ipv6 route 64:ff9b::/96 fd00:3:22

4.13) (R2): sysrc firewall_enable="YES" → sysrc firewall_nat64_enable="YES" → sysrc firewall_type="open" → sysrc firewall_logif="YES" → kldload ipfw → service ipfw start

4.14) (R2): ipfw nat64lsn nat64 create prefix4 2.2.2.0/24 prefix6 64:ff9b::/96 allow_private log

4.15) (R2): ipfw add 2000 nat64lsn nat64 ipv6 from fd00:3:1::/96 to 64:ff9b::/96 in via em0

4.16) (R2): ipfw add 3000 nat64lsn nat64 ip4 from any to 2.2.2.0/24 in via em1

- 4.17) (R2): vtysh → configure terminal → ipv6 route fd00:3:1::/96 fd00:3::1
- 4.18) (R2): ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.2
- 4.19) Ναι μπορώ να κάνω ping από το PC1 στα R1 και PC2 χρησιμοποιώντας τις IPv4 διευθύνσεις τους.
- 4.20) (R1): ifconfig ipfwlog0 create → tcpdump -i ipfwlo0
- 4.21) (R2): ifconfig ipfwlog0 create → tcpdump -i ipfwlo0
- 4.22) Παρατηρώ πακέτα ICMP Echo request/reply και ICMPv6 Echo request/reply.
- 4.23) (PC2): vtysh → configure terminal → interface em0 → ip address 172.22.22.2/24 → ip address 10.0.0.2/24
- 4.24) Ναι μπορώ να κάνω ping στις διευθύνσεις που προσθέσαμε.
- 4.25) Το PC1 εμφανίζεται με την διεύθυνση 2.2.2.206 στα μηνύματα ICMP.
- 4.26) (R2): ipfw nat64lsn nat64 show states
- 4.27) Παρατηρώ ότι οι σχετικές εγγραφές διαρκούν 1 λεπτό.
- 4.28) Όχι δεν μπορώ να συνδεθώ με ssh από το PC1 στο PC2 χρησιμοποιώντας κάποια από τις IPv4 διευθύνσεις του, διότι απαιτείται θρυμματισμός των πακέτων και δεν τον έχουμε ενεργοποιήσει.
- 4.29) Ναι επιτυγχάνει τώρα το ssh.

Άσκηση 5: Μηχανισμός μετάβασης Teredo

- 5.1) (PC1 και PC2): dhclient em0
- 5.2) (PC1 και PC2): pkg install miredo
- 5.3) (PC1 και PC2): sysrc miredo_enable="YES"
- 5.4) (PC1 και PC2): service miredo start
- 5.5) Η νέα διεπαφή που βλέπω στο PC1 είναι η teredo με διεύθυνση fe80:ffff:ffff:ffff.
- 5.6) (PC2): tcpdump -i em0 -e -vvv
- 5.7) Η διεύθυνση IPv4 του εξυπηρετητή Teredo με τον οποίο επικοινωνεί το PC2 είναι η 217.17.192.217.

- 5.8)** Το πρωτόκολλο μεταφοράς που χρησιμοποιεί το teredo είναι το UDP και η θύρα που του αντιστοιχεί είναι η 3544.
- 5.9)** Παρατηρώ μηνύματα πρωτοκόλλου ICMPv6.
- 5.10)** Ο εξυπηρετητής Teredo διαφημίζει το πρόθεμα δικτύου fe80, το οποίο σχετίζεται με την IPv4 διεύθυνσή του, που είναι link-local.
- 5.11)** Προς το www.ntua.gr όχι, αλλά προς τους υπόλοιπους ιστότοπους ναι.
- 5.12)** (PC1): ping6 www.amazon.com
- 5.13)** Στην καταγραφή στο Wireshark παρατηρώ και μηνύματα πρωτοκόλλου teredo (Ipn6 connectivity test).
- 5.14)** Όχι δεν παρατηρώ μηνύματα ICMPv6 Echo request/reply στην καταγραφή στο Wireshark.
- 5.15)** Παρατηρώ ότι χρησιμοποιείται πρωτόκολλο UDP και η διεύθυνση IPv4 που αντιστοιχεί στον αναμεταδότη Teredo είναι η 216.66.86.178 και η θύρα του η 3544.
- 5.16)** Βλέπω ICMPv6 request/reply.
- 5.17)** Ναι μπορώ να κάνω ping6 από το PC1 στο PC2 χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση IPv6 της διεπαφής teredo.
- 5.18)** Όχι δεν παράγονται μηνύματα ICMPv6 στη διεπαφή teredo.
- 5.19)** Όχι δεν παράγονται δεδομενογράμματα UDP αντίστοιχα με τα ICMPv6 μηνύματα στη διεπαφή του PC1.
- 5.20)** Όχι δεν επιλέγεται ο ίδιος teredo relay αλλά αλλάζει.