



Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών

Εργαστηριακή άσκηση 5 (Στατική δρομολόγηση)

Τσάκωνας Παναγιώτης (03119610)

Ομάδα: 2

Ακαδημαϊκό Έτος: 2023-2024

Άσκηση 1: Δρομολόγηση σε ένα βήμα

1.1) (PC1) → `ifconfig em0 192.168.1.2/24`

(PC2) → `ifconfig em0 192.168.2.2/24`

1.2) (R1) → `sysrc ifconfig_em0="inet 192.168.1.1 netmask 255.255.255.0"` και `sysrc ifconfig_em1="inet 192.168.2.1 netmask 255.255.255.0"`.

1.3) Πρέπει να προστεθεί η γραμμή: `gateway_enable="YES"` στο αρχείο `/etc/rc.conf`

1.4) `service netif restart && service routing restart` .

1.5) (PC1) → `route add 192.168.2.0/24 192.168.1.1`

1.6) Παρατηρώ ότι υπάρχουν flags U (δηλ. ότι η διαδρομή είναι ενεργή) και flags S (δηλ. ότι η διαδρομή έχει οριστεί στατικά).

1.7) Δοκιμάζοντας την εντολή `ping` από το PC1 στο PC2 παρατηρώ ότι δεν παίρνουμε απάντηση.

1.8) Παράγονται ICMP requests στα δύο LANs. Όμως, ο PC2 δεν ξέρει που να απαντήσει με αποτέλεσμα ο PC1 να μη βλέπει απάντηση.

1.9) (PC2) → `route add 192.168.1.0/24 192.168.2.1`

1.10) Δοκιμάζοντας και πάλι την εντολή `ping` από το PC1 στο PC2 βλέπω ότι πλέον υπάρχει επικοινωνία.

1.11) Δεν χρειάστηκε να γίνει κάποια εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του R1 διότι ο R1 γνωρίζει σε ποια υποδίκτυα ανήκουν οι διεπαφές του και έχει τη λειτουργία προώθησης πακέτων ενεργοποιημένη.

Άσκηση 2: Proxy ARP

- 2.1) (PC1) → route del 192.168.2.0/24
- 2.2) (PC1) → ifconfig em0 192.168.1.2/20
- 2.3) Βρίσκονται στο ίδιο υποδίκτυο IP.
- 2.4) Όχι δεν είναι επιτυχές.
- 2.5) Ναι είναι επιτυχές κάτι το οποίο είναι αναμενόμενο καθώς ο R1 λειτουργεί ως Proxy ARP, δηλαδή απαντά στα ARP με τη δική του MAC διεύθυνση.
- 2.6) Το ping αποτυγχάνει διότι ο PC3 δεν ξέρει που να απαντήσει (δεν υπάρχει η ανάλογη εγγραφή στο routing table του).
- 2.7) (PC3) → route add 192.168.1.0/24 192.168.2.1
- 2.8) arp -d -a σε όλα τα PC.
- 2.9) (R1) → tcpdump -i em0 -e και tcpdump -i em1 -e
- 2.10) Βλέπουμε ότι στην απάντηση λέει στο PC1 πως ο 192.168.2.3 βρίσκεται στη MAC του R1.
- 2.11) Προς τη MAC του R1.
- 2.12) Από αυτή της διεπαφής του R1 στο LAN2.
- 2.13) PC1 → R1 (ARP request: ο PC1 ψάχνει την MAC του παραλήπτη)
 - R1 → PC1 (ARP reply: ο R1 απαντά με τη δική του ARP)
 - R1 → PC3 (ARP request: ο R1 ψάχνει την MAC του παραλήπτη)
 - PC3 → R1 (ARP reply: ο PC3 απαντά με τη δική του ARP)
 - PC1 → R1 (ICMP request: Ο PC1 στέλνει το πακέτο του ping μέσω του R1)
 - R1 → PC3 (ICMP request: Ο R1 προωθεί το πακέτο του ping στο PC3)
 - PC3 → R1 (ICMP reply: ο PC3 απαντά στον R1)
 - R1 → PC1 (ARP request: ο R1 ψάχνει την MAC του παραλήπτη (PC1))
 - PC1 → R1 (ARP reply: ο PC1 απαντά στον R1 με τη διεύθυνση του)

R1 → PC1 (ICMP reply: ο R1 προωθεί το πακέτο του PC3 στον PC1)

2.14) Η μεγαλύτερη τιμή μήκους προθέματος είναι η /22.

2.15) (PC1) → ifconfig em0 192.168.1.2/23

2.16) (PC1) → route add 192.168.2.0/24 -interface em0

2.17) link#1

2.18) Ναι είναι τώρα το ping προς τον PC3 επιτυχές, διότι προωθείται στην διεπαφή em0 του PC1 η οποία βρίσκεται στο ίδιο δίκτυο με τον R1.

2.19) (R1) → sysctl net.link.ether.inet.proxyall=0

2.20) (PC1) → route change 192.168.2.0/24 192.168.1.1

2.21) (PC1) → ifconfig em0 192.168.1.2/24

2.22) η διαδρομή προς το 192.168.2.0/24 διαγράφηκε επειδή αλλάξαμε τη διεύθυνση της διεπαφής em0.

2.23) (PC1) → route add 192.168.2.0/24 -interface em0

2.24) (PC3) → ifconfig em0 delete 192.168.2.3

Άσκηση 3: Δρομολόγηση σε περισσότερα βήματα

3.1) (R1) → sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.1/30"

3.2) (R2) → sysrc ifconfig_em0="inet 192.168.2.1/24" και sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.2/30"

3.3) Πρέπει να προστεθεί η γραμμή: gateway_enable="YES" στο αρχείο /etc/rc.conf

3.4) Αποτυγχάνει το ping αλλά δεν παρατηρώ ένδειξη λάθους.

3.5) Παράγονται ICMP echo requests και ICMP host unreachable. Στο WAN1 δεν παράγονται μηνύματα επειδή η διεύθυνση προορισμού δεν ανήκει στο WAN1.

3.6) Βλέπουμε την ένδειξη ! ,η οποία σημαίνει destination host unreachable.

3.7) (R1) → route add 192.168.2.0/24 172.17.17.2

3.8) Όχι και πάλι δεν μπορούμε να κάνουμε ping από το PC1 στο PC2.

- 3.9) Παράγονται τα εξής μηνύματα: ICMP echo request → Στέλνεται το request προς τον PC2, ICMP echo reply → Απαντάει ο PC2 προς τον PC1 και ICMP host unreachable → Στέλνεται επειδή ο R2 δεν μπορεί να παραδώσει το reply στον προορισμό του.
- 3.10) Όχι δεν βλέπουμε ICMP echo requests, μόνο UDP. Αυτά τα μηνύματα παράγονται από την traceroute και δεν περνάνε από το R1.
- 3.11) Δεν παράγονται μηνύματα στο LAN2.
- 3.12) Επειδή στην υλοποίηση του ICMP, δεν μπορούν να παραχθούν ICMP error μηνύματα ως απάντηση σε άλλα error μηνύματα.
- 3.13) (R2) → route add 192.168.1.0/24 172.17.17.1
- 3.14) Ναι μπορούμε να κάνουμε τώρα traceroute από το PC1 στο PC2 και τα μηνύματα που παράγονται είναι ICMP time exceeded in-transit (τερμάτισε το traceroute) και ICMP port unreachable.
- 3.15) Μας εμφανίζεται μήνυμα: No route to host.
- 3.16) (PC2) → route delete 192.168.1.0/24
- 3.17) (PC2) → route add default 192.168.2.1
- 3.18) Τώρα λαμβάνουμε απάντηση όταν κάνουμε ping από το PC2 στη διεύθυνση 172.17.17.1
- 3.19) Τώρα στο routing table υπάρχει διαδρομή προς τη διεύθυνση 172.17.17.1, η default gateway.

Άσκηση 4: Ένα πιο πολύπλοκο δίκτυο με εναλλακτικές διαδρομές

- 4.1) (PC3) → ifconfig em0 192.168.2.3/24 και route add 192.168.1.0/24 192.168.2.1
- 4.2) (R1) → sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.5/30"
- 4.3) (R2) → sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.9/30"
- 4.4) (R3) → sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.6/30" και sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.10/30"
- 4.5) Πρέπει να προστεθεί η γραμμή: gateway_enable="YES" στο αρχείο /etc/rc.conf
- 4.6) (R1) → route add 192.168.2.0/24 172.17.17.2
- 4.7) (R2) → route add 192.168.1.0/24 172.17.17.1

- 4.8) (R3) → route add 192.168.2.0/24 172.17.17.9 και route add 192.168.1.0/24 172.17.17.5
- 4.9) (R1) → route add 192.168.2.3 172.17.17.6 Στον πίνακα δρομολόγησης βλέπουμε το H flag.
- 4.10) 3 βήματα.
- 4.11) 2 βήματα
- 4.12) 4 βήματα.
- 4.13) 2 βήματα
- 4.14) Το ICMP Echo request ακολουθεί τη διαδρομή: PC1 → R1 → R3 → R2 → PC3.
- 4.15) Το ICMP Echo reply ακολουθεί τη διαδρομή: PC3 → R2 → R1 → PC1. Αυτές οι διαδρομές προκύπτουν από τους πίνακες δρομολόγησης όλων των υπολογιστών που έχουμε.
- 4.16) –
- 4.17) Όχι δεν φτάνουν πακέτα UDP στο PC2.
- 4.18) Πακέτα UDP φτάνουν στο PC3 και παράγονται απαντήσεις οι οποίες όμως είναι port unreachable και για αυτό δεν ολοκληρώνεται το traceroute.
- 4.19) Ναι
- 4.20) (PC1) → route change 192.168.2.0/24 172.17.17.6
(PC2) → route change 192.168.1.0/24 172.17.17.10
- 4.21) Παρατηρώ ότι για τον PC3 υπάρχει στατική εγγραφή συγκεκριμένα για εκείνον, ενώ για τον PC2 υπάρχει εγγραφή για όλο το δίκτυο 192.168.2.0/24.
- 4.22) Επιλέγεται αυτή που αντιστοιχεί συγκεκριμένα στο PC3 λόγω longest prefix match.
- 4.23) (R3) → route change 192.168.2.0/24 172.17.17.5
- 4.24) Όχι δεν είναι επιτυχές.
- 4.25) Το ICMP echo request έχει κολλήσει μέσα σε βρόχους μεταξύ των R1 και R3. Μήνυμα λάθους δεν εμφανίζεται, αλλά με tcpdump βλέπουμε ότι παράγεται ICMP time exceeded in-transit από τη διεπαφή του R3 στο WAN2.
- 4.26) (R3) → tcpdump -i em0 -e -v 'icmp[icmptype]=icmp-echo

4.27) 64

4.28) Τα μηνύματα μεταδίδονται “πέρα-δώθε” τα μισά είναι με κατεύθυνση $R1 \rightarrow R3$ και τα άλλα μισά με κατεύθυνση $R3 \rightarrow R1$.

4.29) $(R1) \rightarrow \text{tcpdump -i em2 'icmp[icmptype]=icmp-echo}'$

$(R2) \rightarrow \text{tcpdump -i em0 'icmp[icmptype]=icmp-timeexceed}'$

4.30) 64 βήματα εμφανίζονται μέχρις ότου ολοκληρωθεί η εκτέλεση της εντολής και η διαδρομή είναι $\text{localhost} \rightarrow 192.17.17.6$

4.31) Στάλθηκαν 2080 πακέτα και εμφανίστηκαν 32 στο WAN2. Αυτό είναι λογικό αφού για κάθε 64 ICMP requests παράγεται ένα time-exceeded. Έτσι $64 \cdot 32 = 2048$ τα requests + 32 τα time-exceeded = 2080

4.32) 32 μηνύματα ICMP time exceeded εμφανίστηκαν στο WAN2, το οποίο είναι λογικό αφού υπάρχουν 64 βήματα για να φτάσει το μήνυμα άρα παράγονται $64/2 = 32$ κάθε φορά.

Άσκηση 5: Χωρισμός σε υποδίκτυα

5.1) 172.17.17.0/25

5.2) 172.17.17.192/26

5.3) 172.17.17.160/27

5.4) $(R1) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.129/30", sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.133/30"}$

5.5) $(R1) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.126/30"}$ και $(PC1) \rightarrow \text{ifconfig em0 172.17.17.1/25}$

5.6) $(R2) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.130/30", sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.138/30"}$

5.7) $(R2) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.193/30"}$ και $(PC2) \rightarrow \text{ifconfig em0 172.17.17.253/26}$
και $(PC3) \rightarrow \text{ifconfig em0 172.17.17.254/26}$

5.8) $(R3) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.134/30", sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.137/30"}$

5.9) $(R3) \rightarrow \text{sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.190/30"}$ και $(PC4) \rightarrow \text{ifconfig em0 172.17.17.161/26}$

5.10) $PC1 \rightarrow \text{route add default 172.17.17.126}$

$PC2 \rightarrow \text{route add default 172.17.17.193}$

PC3 → route add default 172.17.17.193

PC4 → route add default 172.17.17.190

5.11) (R1) → route add 172.17.17.192/26 172.17.17.130, route add 172.17.17.160/27 172.17.17.130

5.12) (R2) → route add 172.17.17.0/25 172.17.17.137, route add 172.17.17.160/27 172.17.17.137

5.13) (R3) → route add 172.17.17.0/25 172.17.17.133, route add 172.17.17.192/26 172.17.17.133

5.14) –

Άσκηση 6: Ταυτόσημες διευθύνσεις IP

6.1) PC2: 08:00:27:5b:98:e4

PC3: 08:00:27:d1:27:ab

6.2) ifconfig em0 172.17.17.254

6.3) Ναι ότι η διεύθυνση χρησιμοποιείται

6.4) Ναι εμφανίστηκε η ίδια ένδειξη λάθους στο PC3.

6.5) Ναι έχει ορισθεί. Τα μηνύματα λάθους προκύπτουν απλά από ARP μηνύματα για να μας προειδοποιούν.

6.6) Όχι επειδή αλλάξαμε διεύθυνση διεπαφής.

6.7) PC2 → route add default 172.17.17.193

6.8) arp -d -a στα PC2 και PC3

6.9) R2 → tcpdump -i em0 -n 'arp'

6.10) Στα PC2 και PC3: tcpdump -n 'tcp'

6.11) Ναι εμφανίζεται η ένδειξη λάθους broken pipe

6.12) Ναι

6.13) 172.17.17.254 at 08:00:27:d1:27:ab

6.14) Πρώτο απάντησε το PC2 και δεύτερο το PC3.

6.15) Στο PC3.

6.16) Στο PC3 αφού αυτό υπάρχει στον πίνακα arp.

6.17) Με την εντολή: ifconfig βλέπουμε τη MAC διεύθυνση της διεπαφής. Επίσης, με την εντολή: who βλέπουμε ποιοι είναι logged in. Με αυτές τις εντολές βλέπουμε ότι στον PC3 είναι συνδεδεμένος και ο lab user.

6.18) Ο λόγος που δεν λειτούργησε την 1^η φορά είναι ότι ένα πακέτο της τριπλής χειραψίας πήγε στον PC2 αντί για τον PC3 λόγω της εγγραφής στο ARP table του R2.

6.19) Τα στέλνει ως απάντηση στα SYN, ACK του PC2 ώστε να γίνει αποδεκτή η σύνδεση όμως αυτή δεν ισχύει πλέον.