

Όνοματεπώνυμο: Αλεξάνδρα Μωραϊτάκη	Όνομα PC:
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 25/03/2025

Εργαστηριακή Άσκηση 5 Στατική δρομολόγηση

ΑΣΚΗΣΗ 1 Δρομολόγηση σε ένα βήμα

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.1

Ορισμός διευθύνσεων στα PC1,PC2:

```
ifconfig em0 inet 192.168.1.2/24 up
ifconfig em0 inet 192.168.2.2/24 up
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.2

Ορισμός μόνιμων διευθύνσεων στο R1:

```
sysrc ifconfig_em0="inet 192.168.1.1/24"
sysrc ifconfig_em1="inet 192.168.2.1/24"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.3

Ενεργοποίηση λειτουργίας προώθησης πακέτων στο R1 με προσθήκη στο .etc.rc.conf:

```
sysrc gateway_enable="YES"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.4

Επανεκκίνηση διεπαφών δικτύου και δρομολόγησης στο R1:

```
service netif restart && service routing restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.5

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο PC1:

```
route add -net 192.168.2.0/24 192.168.1.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.6

```
netstat -rn
```

Flags: UGS

- U (Up) -> Η διαδρομή είναι ενεργή.
- G (Gateway) -> Χρησιμοποιείται δρομολογητής (gateway) για να φτάσει στον προορισμό.
- S (Static) -> Η διαδρομή έχει οριστεί χειροκίνητα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.7

PC1: **ping 192.168.2.2**

Το ping αποτυγχάνει, αφού το PC2 δεν έχει στατική διαδρομή για το 192.168.1.0/24 και δεν ξέρει πώς να επιστρέψει τα πακέτα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.8

R1: **tcpdump -i emx icmp**

Παρατηρούμε και στις 2 καταγραφές(em0,em1) ICMP Echo Requests. Όμως το PC2 δεν έχει κανόνα δρομολόγησης για το PC1 άρα δεν απαντάει με ICMP Echo Reply.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.9

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο PC2:

```
route add -net 192.168.1.0/24 192.168.2.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.10

PC1: **ping 192.168.2.2**

Το ping είναι τώρα επιτυχές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1.11

Ο δρομολογητής R1 δεν χρειάστηκε κάποια εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης, διότι ήδη γνωρίζει τα συνδεδεμένα του δίκτυα μέσω των διεπαφών του. Συγκεκριμένα, η διεπαφή em0 ανήκει στο δίκτυο 192.168.1.0/24 και η em1 στο 192.168.2.0/24, επομένως μπορεί να προωθεί πακέτα μεταξύ τους χωρίς επιπλέον ρυθμίσεις. Η ενεργοποίηση της προώθησης πακέτων (net.inet.ip.forwarding=1) επιτρέπει στον R1 να λειτουργεί ως ενδιάμεσος, διεκπεραιώνοντας τη μετάδοση των πακέτων χωρίς να απαιτούνται στατικές διαδρομές.

ΑΣΚΗΣΗ 2 Proxy ARP (Address Resolution Protocol)

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.1

Ορισμός διεύθυνσης στο PC3:

```
ifconfig em0 inet 192.168.2.3/24 up
```

Κατάργηση στατικής εγγραφής στο PC1 για το δίκτυο 192.168.2.0/24:

```
route delete -net 192.168.2.0/24
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.2

Αλλαγή μήκους προθέματος από /24 σε /20:

```
ifconfig em0 inet 192.168.1.2/20
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.3

Όλα τα PC φαίνονται στο ίδιο υποδίκτυο από την πλευρά του PC1, λόγω της ευρύτερης μάσκας /20 αφού καλύπτει το εύρος 192.168.0.0 – 192.168.15.255.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.4

Ping PC1 -> PC2: No route to host

Ping PC1 -> PC3: No route to host

Αποτυγχάνουν αφού το PC1 στέλνει ARP Request στο LAN1(αφού νομίζει ότι είναι στο ίδιο υποδίκτυο) και δεν παίρνει απάντηση.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.5

Ενεργοποίηση proxy ARP στον R1:

```
sysctl net.link.ether.inet.proxyall=1
```

Ping PC1 -> PC2: Επιτυχές

Το PC1 στέλνει ARP Request στο LAN1(αφού νομίζει ότι είναι στο ίδιο υποδίκτυο) και ο R1 λόγω του proxy ARP απαντά στο ARP Request με τη δική του MAC στο LAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.6

Ping PC1 -> PC3: Αποτυχία

Το PC1 στέλνει το ICMP προς PC3, ο R1 το προωθεί σωστά.

Αλλά το PC3 δεν έχει διαδρομή προς το δίκτυο. Άρα η απάντηση δεν φτάνει ποτέ στο PC1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.7

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο PC, για το δίκτυο 192.168.1.0/24.:

```
route add -net 192.168.1.0/24 192.168.2.1
```

Το PC3 για να φτάσει στο δίκτυο 192.168.1.0/24 (όπου είναι το PC1), πρέπει να περάσει από τον R1 (192.168.2.1).

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.8

PC1,PC3,R1:

```
arp -d -a
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.9

```
tcpdump -i emx -e
```

PC1: ping -c 1 192.168.2.3

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.10

Το PC1 έστειλε ARP Request για να μάθει ποιος έχει τη διεύθυνση 192.168.2.3.

Ο R1 (proxy ARP) απάντησε η IP 192.168.2.3 είναι στη MAC 08:00:27:1b:a0:0e"

Αυτή η MAC ανήκει στον R1, όχι στο PC3.

Άρα ο R1 απαντά στο ARP εκ μέρους του PC3, και δίνει τη δική του MAC στο LAN1(Proxy ARP).

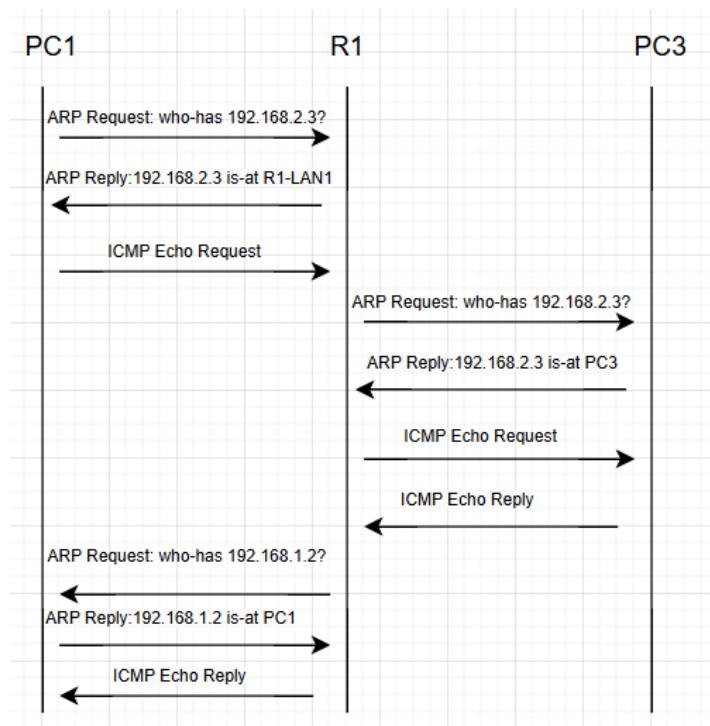
ΕΡΩΤΗΣΗ 2.11

Το PC1 στέλνει το ICMP πακέτο προς τη MAC διεύθυνση του R1 στο LAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.12

Το PC3 λαμβάνει το ICMP request από τη MAC του R1 στο LAN2.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.13



Το PC1, λόγω ευρείας μάσκας δικτύου (/20), θεωρεί ότι το PC3 βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο και στέλνει ARP Request στο LAN1. Ο R1, λειτουργώντας ως proxy ARP, απαντά με τη δική του MAC και λαμβάνει το ICMP Echo Request.

Ο R1 παραλαμβάνει το πακέτο και για να το προωθήσει στο LAN2, στέλνει ARP Request στο LAN2 για να βρει τη MAC διεύθυνση του PC3. Ο PC3 απαντά με ARP Reply και στη συνέχεια παραλαμβάνει το ICMP Echo Request. Όταν το PC3 απαντά με ICMP Echo Reply, χρειάζεται και αυτό να γνωρίζει τη MAC του R1.

Γι' αυτό, εκτελεί δικό του ARP Request για την IP 192.168.1.2 (PC1), το οποίο απαντάται από τον R1, πάλι με τη MAC του στο LAN2. Τελικά, το Echo Reply επιστρέφει στο R1 και προωθείται προς το PC1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.14

Για να μπορεί το PC1 να επικοινωνεί με το PC3 χωρίς στατική διαδρομή, πρέπει να τα θεωρεί στο ίδιο υποδίκτυο. Αυτό συμβαίνει μόνο όταν το δίκτυο (prefix) είναι αρκετά "ευρύ", ώστε να περιλαμβάνει και τις δύο IP.

IP του PC1: 192.168.1.2 & IP του PC3: 192.168.2.3

Το μεγαλύτερο κοινό prefix σε δυαδική μορφή μεταξύ των δύο IP είναι 22 bits.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.15

```
ifconfig em0 inet 192.168.1.2/23 up
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.16

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο PC1, για το δίκτυο 192.168.2.0/24.:

```
route add -net 192.168.2.0/24 -interface em0
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.17

```
192.168.2.0/24 link#1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.18

Ping PC1->PC3: Επιτυχές

Το ping προς τον PC3 είναι επιτυχές, διότι το PC1 διαθέτει πλέον στατική διαδρομή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 μέσω του R1 (192.168.1.1). Έτσι, τα πακέτα προωθούνται σωστά στον δρομολογητή, χωρίς να απαιτείται η χρήση proxy ARP. Ο R1 γνωρίζει ήδη και τα δύο δίκτυα, οπότε αναλαμβάνει τη δρομολόγηση. Εφόσον το PC3 διαθέτει διαδρομή επιστροφής, η επικοινωνία ολοκληρώνεται με επιτυχία.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.19

Απενεργοποίηση proxy ARP στον R1:

```
sysctl net.link.ether.inet.proxyall=1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.20

```
route change 192.168.2.0/24 192.168.1.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.21

```
ifconfig em0 inet 192.168.1.2/24 up
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.22

Η διαδρομή προς το 192.168.2.0/24 που είχε οριστεί μέσω του R1 διαγράφηκε αυτόματα μετά την αλλαγή του prefix στο /24, καθώς οι αλλαγές στη διεύθυνση IP επηρεάζουν τον πίνακα δρομολόγησης του συστήματος.

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.23

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο PC1, για το δίκτυο 192.168.2.0/24.:

```
route add -net 192.168.2.0/24 192.168.1.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 2.24

```
ifconfig em0 inet delete
```

ΑΣΚΗΣΗ 3 Δρομολόγηση σε περισσότερα βήματα

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.1

Απόδοση διεύθυνσης R1 στο WAN1:

```
sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.1/30"  
service netif restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.2

Απόδοση διεύθυνσης R2:

```
sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.2/30" ifconfig_em0="inet 192.168.2.1/24"  
service netif restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.3

R2:

```
sysrc gateway_enable="YES" && service routing restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.4

Ping PC1->PC2: Destination host unreachable

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.5

R1: `tcpdump -i em0 icmp`

Παρατηρούμε ICMP Echo request από το PC1 στο PC2 με απάντηση ICMP host unreachable από το R1 στο PC1, αφού ο R1 δεν έχει κανόνα δρομολόγησης και απορρίπτει το πακέτο.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.6

R1: `tcpdump -i em1 icmp`

Καμία ICMP δραστηριότητα στο WAN1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.7

PC1: `traceroute 192.168.2.2`

Παρατηρούμε 2 hops στο 192.168.1.1, όμως στο 2o έχουμε ένα σύμβολο !H δηλαδή Host Unreachable.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.8

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο R1, για το δίκτυο 192.168.2.0/24 μέσω του R2:

```
route add -net 192.168.2.0/24 172.17.17.2
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.9

Ping PC1->PC2: Αποτυγχάνει

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.10

R2: `tcpdump -i em0 icmp`

Παρατηρούμε πακέτα ICMP echo request, reply, host unreachable.

Πιο συγκεκριμένα στο LAN2 παρατηρούνται πακέτα ICMP Echo Request και Echo Reply, που αντιστοιχούν στην εντολή ping από το PC1 προς το PC2 και την αντίστοιχη απάντηση.

Επιπλέον, παρατηρούνται πακέτα ICMP τύπου Destination Host Unreachable, τα οποία υποδεικνύουν ότι σε κάποιες περιπτώσεις, το R2 δεν μπορεί να παραδώσει το πακέτο στον τελικό προορισμό.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.11

PC1: `traceroute 192.168.2.2`

Το traceroute δεν ολοκληρώνεται, έχουμε μόνο το πρώτο hop στο 192.168.1.1 (R1). Το traceroute στέλνει πακέτα με αυξανόμενο TTL. Όταν το TTL φτάσει 0, κάθε router απαντά: ICMP Time Exceeded

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.12

Με χρήση του traceroute παρατηρούνται στο LAN2 πακέτα UDP καθώς και απαντήσεις ICMP Port Unreachable από τον τελικό προορισμό (PC2). Αυτά δημιουργούνται επειδή το traceroute χρησιμοποιεί UDP και ο υπολογιστής προορισμού δεν έχει υπηρεσία στην συγκεκριμένη πόρτα, όπως ορίζει το πρωτόκολλο ICMP.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.13

Τα μηνύματα ICMP host unreachable δημιουργούνται από τον router που απορρίπτει το πακέτο, όχι από τον προορισμό. Επομένως, αυτά δεν εμφανίζονται στο LAN2, γιατί δεν προέρχονται από το LAN2, αλλά επιστρέφουν από τον router (R2) προς τον αποστολέα (PC1).

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.14

Προσθήκη στατικής εγγραφής στο R2, για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω του R1:

```
route add -net 192.168.1.0/24 172.17.17.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.15

Το traceroute ολοκληρώνεται κανονικά σε 3 hops. Στο WAN1 έχουμε ICMP Echo request-reply και UDP.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.16

Ping PC2->172.17.17.1 No route to host

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.17

Διαγραφή στατικής εγγραφής στο PC2:

```
route delete -net 192.168.1.0/24
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.18

Ορισμός προεπιλεγμένης πύλης PC2:

```
route add default 192.168.2.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.19

PC2: [ping](#) 172.17.17.1

Επιτυγχάνει.

ΕΡΩΤΗΣΗ 3.20

Στην πρώτη περίπτωση (3.16), το PC2 δεν είχε καμία διαδρομή προς το δίκτυο 172.17.17.0/30, με αποτέλεσμα το ping προς τη διεύθυνση 172.17.17.1 να αποτυγχάνει και να εμφανίζεται το μήνυμα "No route to host".

Στη δεύτερη περίπτωση (3.19), μετά την προσθήκη προεπιλεγμένης πύλης (default gateway) στο PC2 με την εντολή route add default 192.168.2.1, το σύστημα μπόρεσε να στείλει το πακέτο στο R2, το οποίο ανέλαβε τη συνέχεια της δρομολόγησης προς το δίκτυο 172.17.17.0/30. Έτσι, το ping προς τη διεύθυνση 172.17.17.1 επιτυγχάνει. Η default gateway επιτρέπει την αποστολή πακέτων προς οποιοδήποτε άγνωστο δίκτυο, ενώ η προηγούμενη περίπτωση βασιζόταν μόνο σε συγκεκριμένη στατική διαδρομή.

ΑΣΚΗΣΗ 4 Ένα πιο πολύπλοκο δίκτυο με εναλλακτικές διαδρομές

Ενεργοποίηση IPv4 forwarding στους R1,R2,R3:

```
sysrc gateway_enable="YES"  
service routing restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.1

PC3:

```
ifconfig em0 inet 192.168.2.3/24 up  
route add -net 192.168.1.0/24 192.168.2.1
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.2

R1:

```
sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.5/30"  
service netif restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.3

R2:

```
sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.9/30"  
service netif restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.4

R3:

```
sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.6/30" ifconfig_em1="inet 172.17.17.10/30"  
service netif restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.5

Ενεργοποίηση IPv4 forwarding στον R3:

```
sysrc gateway_enable="YES"  
service routing restart
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.6

R1: `route add -net 192.168.2.0/24 172.17.17.2`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.

R2: `route add -net 192.168.1.0/24 172.17.17.1`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.8

R3: `route add -net 192.168.1.0/24 172.17.17.5`
`route add -net 192.168.2.0/24 172.17.17.9`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.9

R1: `route add 192.168.2.3 172.17.17.6`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.10

PC1: `traceroute 192.168.2.2`

```
root@PC:~ # traceroute 192.168.2.2
traceroute to 192.168.2.2 (192.168.2.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.1.1 (192.168.1.1)  1.213 ms  1.261 ms  0.791 ms
 2  172.17.17.2 (172.17.17.2)  2.170 ms  1.005 ms  1.042 ms
 3  192.168.2.2 (192.168.2.2)  1.779 ms  1.955 ms  1.861 ms
```

Η διαδρομή PC1 → R1 → R2 → PC2 περιλαμβάνει 3 βήματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.11

PC1: `ping 192.168.2.2`

ttl=62

Έχουμε 64-ττλ=64-66=2. Το ttl μειώνεται μια φορά σε κάθε δρομολογητή, αρα επιβεβαιώνουμε 3 βήματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.12

PC1: `traceroute 192.168.2.3`

```
root@PC:~ # traceroute 192.168.2.3
traceroute to 192.168.2.3 (192.168.2.3), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.1.1 (192.168.1.1)  1.009 ms  0.918 ms  1.088 ms
 2  172.17.17.6 (172.17.17.6)  4.632 ms  1.920 ms  2.103 ms
 3  172.17.17.2 (172.17.17.2)  10.430 ms  1.783 ms  2.150 ms
 4  192.168.2.3 (192.168.2.3)  4.549 ms  2.334 ms  2.121 ms
```

Η διαδρομή περιλαμβάνει 4 βήματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.13

PC1: `ping 192.168.2.3`

ttl=62

Έχουμε 64-ττλ=64-66=2. Το ttl μειώνεται μια φορά σε κάθε δρομολογητή, αρα επιβεβαιώνουμε 4 βήματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.14

Το ICMP Echo Request ακολούθησε τη διαδρομή μέσω R2 (δηλαδή PC1 → R1 → R2 → PC3), καθώς αυτή είναι η πιο σύντομη διαδρομή.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.15

Το ICMP Echo Reply ακολούθησε τη διαδρομή μέσω R2, δηλαδή PC3 → R2 → R1 → PC1. Αυτό συμβαίνει επειδή το PC3 έχει ως προεπιλεγμένη πύλη τον R2 και ο R2 γνωρίζει διαδρομή προς το δίκτυο του PC1 (192.168.1.0/24) μέσω του R1. Άρα η διαδρομή επιστροφής είναι συμμετρική με αυτή του Echo Request

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.16

R1: `ifconfig em1 down`

R2: `tcpdump -i em0 -n`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.17

PC1: `traceroute 192.168.2.2`

Δεν παρατηρούμε κανένα πακέτο.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.18

PC1: `traceroute 192.168.2.3`

Παρατηρούνται πακέτα UDP να φτάνουν στο PC3 και απαντήσεις ICMP, όμως το traceroute δεν ολοκληρώνεται.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.19

```
ifconfig em1 up  
service netif restart
```

```
root@PC:~ # traceroute 192.168.2.3  
traceroute to 192.168.2.3 (192.168.2.3), 64 hops max, 40 byte packets  
 1  192.168.1.1 (192.168.1.1)  1.380 ms  0.681 ms  1.351 ms  
 2  172.17.17.6 (172.17.17.6)  1.586 ms  1.812 ms  1.841 ms  
 3  172.17.17.2 (172.17.17.2)  1.818 ms  1.950 ms  1.425 ms  
 4  192.168.2.3 (192.168.2.3)  2.839 ms  2.620 ms  3.177 ms
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.20

R1: `route change -net 192.168.2.0/24 172.17.17.6`

R2: `route change -net 192.168.1.0/24 172.17.17.10`

```
root@PC:~ # traceroute 192.168.2.2
traceroute to 192.168.2.2 (192.168.2.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1  192.168.1.1 (192.168.1.1)  1.416 ms  1.212 ms  1.018 ms
 2  172.17.17.6 (172.17.17.6)  1.392 ms  1.888 ms  1.870 ms
 3  172.17.17.9 (172.17.17.9)  2.421 ms  2.310 ms  2.133 ms
 4  192.168.2.2 (192.168.2.2)  3.874 ms  2.016 ms  1.920 ms
root@PC:~ #
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.20

R1:

```
route get 192.168.2.2
route get 192.168.2.3
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.21

Η διαδρομή προς το PC3 φέρει τη σημαία H (host), ενώ η διαδρομή προς το PC2 είναι προς ολόκληρο το δίκτυο (LAN2). Αυτό δείχνει ότι για το PC3 έχει οριστεί ειδική διαδρομή για συγκεκριμένο host, ενώ για το PC2 ισχύει γενική δρομολόγηση.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.22

Ο πίνακας δρομολόγησης του R1 χρησιμοποιεί την εγγραφή προς το PC3 (192.168.2.3) με τη σημαία H, η οποία είναι πιο ειδική από τη γενική εγγραφή προς το LAN2. Επομένως, το ping προς το PC3 ακολουθεί αυτή τη διαδρομή, δηλαδή μέσω του R3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.23

R3: route change -net 192.168.2.0/24 172.17.17.5
routing loop

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.24

Ping PC1->PC2: Time to live exceeded

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.25

Καθώς το πακέτο κάνει συνεχόμενα hops χωρίς να φτάνει ποτέ στον προορισμό, το TTL (Time To Live) μειώνεται κάθε φορά κατά 1.

Το πακέτο ICMP Echo request μπαίνει σε βρόχο μεταξύ των δρομολογητών R1 και R3, καθώς και οι δύο δρομολογούν προς το ίδιο δίκτυο ο ένας μέσω του άλλου. Όταν το TTL μηδενίζεται, ο router που το εντοπίζει (π.χ. ο R3) επιστρέφει μήνυμα λάθους ICMP Time Exceeded στο PC1.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.26

R3: tcpdump -i em0 -e -n 'icmp[icmptype] = icmp-echo'

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.27

63 πακέτα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.28

32 πακέτα έχουν ως πηγή τον R1.

31 πακέτα έχουν ως πηγή τον R3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.29

R1: `tcpdump -i em1 -n -e 'icmp[icmptype] = icmp-echo'`

R3: `tcpdump -i em0 -n -e 'icmp[icmptype] = icmp-time-exceeded'`

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.30

PC1: `traceroute -l -q 1 192.168.2.2`

Εμφανίζονται 63 βήματα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.31

Για κάθε TTL, το πακέτο προωθείται στον βρόχο και περνά από τον R1 και τον R3.

Η καταγραφή στο WAN2 βλέπει τα πακέτα που βγαίνουν προς τον άλλον router, άρα καταγράφει 1 φορά ανά TTL.

ΕΡΩΤΗΣΗ 4.32

63 ICMP Time Exceeded μηνύματα.

Για κάθε ICMP Echo Request με TTL από 1 έως 63, το πακέτο φτάνει σε κάποιο router (R1 ή R3) όπου το TTL φτάνει το 0, ο router δημιουργεί ICMP Time Exceeded και το στέλνει πίσω στο PC1.

ΑΣΚΗΣΗ 5 Χωρισμός σε υποδίκτυα

Ενιαίο IPv4 block: 172.17.17.0/24 (δηλαδή 256 IPs συνολικά)

- LAN1: τουλάχιστον **120 hosts**
- LAN2: τουλάχιστον **60 hosts**
- LAN3: τουλάχιστον **30 hosts**
- WANs: point-to-point συνδέσεις /30

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.1

Για να καλύψουμε 120 hosts, χρειαζόμαστε τουλάχιστον 128 διευθύνσεις, δηλαδή: /25 → δίνει 128 (126 hosts).

LAN1: 172.17.17.0/25

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.2

Χρειαζόμαστε τουλάχιστον 60 hosts.

/26 → 64 → 62 hosts

Πρέπει να αποφύγουμε τα WAN δίκτυα που είναι:

- WAN1: 172.17.17.128/30
- WAN2: 172.17.17.132/30
- WAN3: 172.17.17.136/30

LAN2: 172.17.17.192/26

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.3

Θέλουμε τουλάχιστον 30 hosts

/27 → 32 → 30 hosts

Μετά τα WAN1-3, το πρώτο διαθέσιμο /27 είναι:

LAN3: 172.17.17.160/27

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.4

- WAN1: 172.17.17.129/30 (R1 προς R2)
- WAN2: 172.17.17.133/30 (R1 προς R3)

R1:

```
sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.129/30"
sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.133/30"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.5

- Δίκτυο: 172.17.17.0/25
- Μικρότερη IP: 172.17.17.1 -> PC1
- Μεγαλύτερη IP: 172.17.17.126 -> R1

R1: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.126/25"`

PC1: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.1/25"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.6

- WAN1 (προς R1): 172.17.17.130/30
- WAN3 (προς R3): 172.17.17.138/30

R2:

```
sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.130/30"
sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.138/30"
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.7

- Δίκτυο: 172.17.17.192/26
- R2 μικρότερη IP: 172.17.17.193
- PC2: 172.17.17.253, PC3: 172.17.17.254

R2: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.193/26"`
PC2: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.253/26"`
PC3: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.254/26"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.8

- WAN2 (προς R1): 172.17.17.134/30
- WAN3 (προς R2): 172.17.17.137/30

R3:

`sysrc ifconfig_em1="inet 172.17.17.134/30"`
`sysrc ifconfig_em2="inet 172.17.17.137/30"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.9

- Δίκτυο: 172.17.17.160/27
- R3: 172.17.17.190 (μέγιστη host IP)
- PC4: 172.17.17.161 (ελάχιστη host IP)

R3: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.190/27"`
PC4: `sysrc ifconfig_em0="inet 172.17.17.161/27"`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.10

PC1: `route add default 172.17.17.126`
PC2: `route add default 172.17.17.193`
PC3: `route add default 172.17.17.193`
PC4: `route add default 172.17.17.190`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.11

R1:
`route add -net 172.17.17.192/26 172.17.17.130`
`route add -net 172.17.17.160/27 172.17.17.130`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.12

R2:
`route add -net 172.17.17.0/25 172.17.17.137`
`route add -net 172.17.17.160/27 172.17.17.137`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.13

R3:
`route add -net 172.17.17.0/25 172.17.17.133`
`route add -net 172.17.17.192/26 172.17.17.133`

ΕΡΩΤΗΣΗ 5.14

Η επικοινωνία μεταξύ των μηχανημάτων λειτουργεί κανονικά.

ΑΣΚΗΣΗ 6 Ταυτόσημες διευθύνσεις IP

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.1

Mac Addresses:

PC2: 08:00:27:12:d3:fc

PC3: 08:00:27:3d:00:4b

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.2

Αλλαγή διεύθυνσης IPv4 PC2:

```
ifconfig em0 inet 172.17.17.254/26
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.3

Μήνυμα λάθους: PC3 is using my IP address on em0!

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.4

Αντίστοιχο μήνυμα λάθους εμφανίστηκε και στο PC3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.5

Μέσω ifconfig βλέπουμε ότι ο PC2 έχει τη διεύθυνση του PC3.

Τα μηνύματα λάθους προειδοποιούν ότι η διεύθυνση δεν είναι ασφαλής για χρήση λόγω της διπλής χρήσης ώστε το δίκτυο να μην μπερδεύει τα πακέτα.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.6

Πλέον ο R2 δεν είναι default gateway στο PC2. Διαγράφονται όλες οι διαδρομές από το em0 αφού αλλάξαμε τη διεύθυνση του.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.7

```
PC2:route add default 172.17.17.193
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.8

```
arp -d -a
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.9

```
R2: tcpdump -i em0 -e -n
```

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.10

PC2: `tcpdump -i em0 -e`
PC3: `tcpdump -i em0 -e`

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.11

`ssh lab@172.17.17.254`

Ανεπιτυχές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.12

Τώρα επιτυγχάνει το ssh.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.13

`arp -a`

Πρώτα το PC2, μετά το PC3

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.14

Πρώτα απαντάει το PC3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.15

Στον ARP τώρα έχουμε τη MAC του PC2.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.16

PC2.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.17

Παρατηρώντας την MAC μέσω ifconfig ή μέσω καταγραφών στα PC2, PC3.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.18

Την πρώτη φορά, το ARP reply του PC2 έφτασε πρώτο στον R2, με αποτέλεσμα ο πίνακας ARP να περιέχει τη MAC του PC2. Ο PC1 έστειλε πακέτα TCP SYN στο PC2, το οποίο δεν είχε SSH server ενεργό, οπότε η σύνδεση απέτυχε (timeout).

Τη δεύτερη φορά, το PC3 απάντησε τελευταίο στο ARP, αντικαθιστώντας τη MAC του PC2. Έτσι, ο PC1 έστειλε TCP SYN στο σωστό μηχάνημα (PC3), που απάντησε με SYN-ACK, και η σύνδεση SSH ολοκληρώθηκε επιτυχώς.

ΕΡΩΤΗΣΗ 6.19

Το PC1 έστειλε TCP πακέτο με σημαία RST προς το PC3 επειδή εντοπίστηκε ασυμφωνία στη σύνδεση, εξαιτίας του ότι και το PC2 παρέμενε ενεργό με την ίδια IP (172.17.17.254). Η ύπαρξη δύο MAC διευθύνσεων για την ίδια IP μπορεί να οδήγησε σε διφορούμενα TCP

segments, με αποτέλεσμα ο PC1 να θεωρήσει τη σύνδεση "μη έγκυρη" και να την τερματίσει με RST.