



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών

Αναφορά 3ης Εργαστηριακής Άσκησης

Ραπτόπουλος Πέτρος (el19145)

Ημερομηνία: 14/3/2023

Άσκηση 1: Γέφυρα - Διασύνδεση δύο LAN

1.1) Με ποιες εντολές φλοιού θα ορίσετε τις διευθύνσεις IPv4 των διεπαφών των PC1 και PC2;

PC1: ifconfig em0 192.168.1.1, PC2: ifconfig em0 192.168.1.2

1.2) Με ποιες εντολές φλοιού θα ενεργοποιήσετε τις διεπαφές του B1; **ifconfig em0 up, ifconfig em1 up**

1.3) Δοκιμάστε από το PC1 να κάνετε ping στο PC2 και αντίστροφα από το PC2 προς το PC1. Τι παρατηρείτε;

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
ping: sendto: Host is down
^C
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
6 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

```
root@PC2:~ # ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
ping: sendto: Host is down
^C
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
6 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

1.4) Με χρήση του tcpdump στο B1 ελέγξτε εάν παράγονται πακέτα ICMP στο LAN1 και LAN2. Εξηγήστε τι συμβαίνει.

```
root@PC:~ # tcpdump -i em0 -i em1 icmp
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
```

Δεν παράγονται πακέτα ICMP στο LAN1, LAN2 (κάνοντας ping από το PC1 στο PC2 και αντίστροφα). Αυτό συμβαίνει διότι δεν έχουμε “ενώσει” τα LAN1, LAN2. Έτσι τα PC1-emo του B1, PC2-em1 του B1 είναι απομονωμένα και δεν επικοινωνούν(ούτε στο στρώμα μεταφοράς, ούτε στο στρώμα ζεύξης, ούτε στο στρώμα δικτύου).

(Η διεπαφή em0 του B1 δεν προωθεί την κίνηση στη διεπαφή em1 του B1).

1.5) Δημιουργήστε και ενεργοποιήστε μια ψευδοσυσσκευή γέφυρα bridgeo στο B1 που να περιλαμβάνει δύο διεπαφές του. Ποιες εντολές φλοιού χρησιμοποιήσατε; **ifconfig bridgeo create, ifconfig bridgeo addm em0 addm em1 up**

1.6) Δοκιμάστε πάλι τις εντολές ping του ερωτήματος 1.3. Υπάρχει τώρα επικοινωνία; **Ναι**

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.345 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.048 ms
^C
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.048/1.196/1.345/0.149 ms
```

```
root@PC2:~ # ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.236 ms
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.933 ms
^C
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 0.933/1.085/1.236/0.151 ms
```

1.7) Από τις τιμές του TTL που παρατηρείτε, πόσα βήματα απέχει το PC2 από το PC1;

“Κανένα” βήμα. Το πεδίο TTL δεν μειώνεται (λογικό αφού δεν υπάρχει δρομολογητής στο ενδιάμεσο)

1.8) Ελέγξτε τους πίνακες arp στα PC1 και PC2. Τι παρατηρείτε όσον αφορά τις διευθύνσεις MAC των διεπαφών των εικονικών μηχανημάτων;

```
root@PC1:~ # arp -a
? (192.168.1.1) at 08:00:27:d1:96:68 on em0 permanent [ethernet]
? (192.168.1.2) at 08:00:27:b6:86:41 on em0 expires in 645 seconds [ethernet]

root@PC2:~ # arp -a
? (192.168.1.1) at 08:00:27:d1:96:68 on em0 expires in 672 seconds [ethernet]
? (192.168.1.2) at 08:00:27:b6:86:41 on em0 permanent [ethernet]
```

MAC PC1: **ether 08:00:27:d1:96:68**

MAC PC2: **ether 08:00:27:b6:86:41**

Στους πίνακες arp των εικονικών μηχανημάτων υπάρχουν οι αντιστοιχίες IP-MAC για το ίδιο εικονικό μηχάνημα αλλά και η διεύθυνση του έτερου μηχανήματος. Παρατηρούμε ότι απουσιάζουν αντιστοιχίες που αφορούν την γέφυρα.

1.9) Στο B1 ξεκινήστε δύο καταγραφές, μία στη διεπαφή για το LAN1 μία στο LAN2. Επιβεβαιώστε ότι πράγματι το B1 προωθεί τα πλαίσια Ethernet μεταξύ των LAN1 και LAN2 κάνοντας ping από το PC1 στο PC2.

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=4.741 ms
^C
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 4.741/4.741/4.741/0.000 ms
```

```
root@PC:~ # tcpdump -i em0 -vvv -e
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
Mar  9 18:46:51 PC login[1112]: ROOT LOGIN (root) OM tttyv1
18:47:04.385869 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown) > 08:00:27:b6:86:41 (oui Unknown), ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 64, id 20427, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 84)
192.168.1.1 > 192.168.1.2: ICMP echo request, id 54019, seq 0, length 64
18:47:04.386393 08:00:27:b6:86:41 (oui Unknown) > 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown), ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 64, id 5752, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 84)
192.168.1.2 > 192.168.1.1: ICMP echo reply, id 54019, seq 0, length 64
```

```
root@PC:~ # tcpdump -i em1 -vvv -e
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
18:47:04.385889 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown) > 08:00:27:b6:86:41 (oui Unknown), ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 64, id 20427, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 84)
192.168.1.1 > 192.168.1.2: ICMP echo request, id 54019, seq 0, length 64
18:47:04.386378 08:00:27:b6:86:41 (oui Unknown) > 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown), ethertype IPv4 (0x0800), length 98: (tos 0x0, ttl 64, id 5752, offset 0, flags [none], proto ICMP (1), length 84)
192.168.1.2 > 192.168.1.1: ICMP echo reply, id 54019, seq 0, length 64
```

Παρατηρούμε ότι κάθε διεπαφή της γέφυρας καταγράφει και το Echo Request και το Echo Reply. Συνεπώς το B1 προωθεί τα πλαίσια Ethernet μεταξύ των LAN1 και LAN2.

1.10) Κάνει κάποια αλλαγή το B1 στις διευθύνσεις MAC των πλαισίων που προωθεί ή στις διευθύνσεις IPv4 των αντίστοιχων πακέτων; **Όχι, απλά προωθεί τα πλαίσια στην κατάλληλη διεπαφή.**

1.11) Αλλάζει οποιοδήποτε άλλο πεδίο των πλαισίων και των αντίστοιχων πακέτων; **Όχι**

1.12) Κάντε traceroute από PC1 στο PC2. Υπάρχει ένδειξη της ύπαρξης του B1 στην έξοδό του; **Όχι** Γιατί;

```
root@PC1:~ # traceroute 192.168.1.2
traceroute to 192.168.1.2 (192.168.1.2), 64 hops max, 40 byte packets
 1 192.168.1.2 (192.168.1.2) 1.814 ms 0.709 ms 0.556 ms
```

Το traceroute στέλνει πακέτα με μεταβλητή τιμή του πεδίου TTL. Αρχικά με τιμή 1 και αυξάνει κάθε φορά την τιμή κατά ένα. Μόλις σε κάποιον δρομολογητή ανιχνευτεί TTL ο τότε στέλνεται μήνυμα ICMP “time exceeded” στην πηγή. Διαφορετικά η τιμή TTL μειώνεται κατά ένα. Έτσι η πηγή μαθαίνει τα ενδιάμεσα βήματα που κάνει ένα πακέτο για να φτάσει στον προορισμό του. Ωστόσο όπως αναφέραμε, η γέφυρα δεν αλλάζει πεδία πλαισίου/πακέτου και συνεπώς δεν επηρεάζει την τιμή TTL. Άρα δεν στέλνει ICMP μήνυμα “time exceeded” και δεν ανιχνεύεται από την traceroute.

1.13) Αρχίστε ένα ping από το PC1 στο PC2 και ξεκινήστε στο B1 μια καταγραφή στο LAN2.

ping 192.168.1.2, tcpdump -i em1

1.14) Αλλάζτε τη διεύθυνση του PC2 σε 192.168.2.1/24. Προωθεί η γέφυρα τα πακέτα ICMP προς το PC2;

Ναι η γέφυρα προωθεί τα πακέτα ICMP προς το LAN2. Αυτό συμβαίνει λόγω του πίνακα προώθησης, ο οποίος έχει αποθηκεύσει την πληροφορία ότι αν έρθει πλαίσιο με τη συγκεκριμένη MAC πρέπει να σταλθεί στην συγκεκριμένη διεπαφή.

1.15) Είναι το ping επιτυχές; Γιατί; **Όχι, διότι δεν λαμβάνει ποτέ Echo Reply από το PC2.**

1.16) Μπορείτε να κάνετε ping από το PC3 στο PC1; **Όχι, δεν έχουμε συνδέσει το PC3 στον μεταγωγέα.**

```
root@PC:~ # ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
ping: sendto: Host is down
^C
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
 6 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

1.17) Προσθέστε τη διεπαφή em2 του B1 στη γέφυρα bridge0 του ερωτήματος 1.5. Η διεπαφή δεν είναι ενεργοποιημένη όπως οι προηγούμενες οπότε θα πρέπει να την ενεργοποιήσετε. **ifconfig em2 up, ifconfig bridge0 addm em2**

1.18) Επαναλάβετε το ping από το PC3 στο PC1. Λαμβάνετε τώρα απάντηση από το PC1; **Ναι**

```
root@PC:~ # ping 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=0 ttl=64 time=3.390 ms
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.971 ms
^C
--- 192.168.1.1 ping statistics ---
 2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 0.971/2.180/3.390/1.210 ms
```

1.19) Με χρήση του tcpdump ελέγξτε εάν εμφανίζονται πακέτα ICMP στο LAN2 όταν κάνετε ping από το PC1 στο PC3 ή το αντίστροφο. Εξηγήστε τι συμβαίνει.

Δεν εμφανίζονται πακέτα ICMP στο LAN2 όταν κάνουμε ping από το PC3 στο PC1. Ο πίνακας προώθησης του μεταγωγέα έχει συμπληρωθεί λόγω του προηγούμενου ping και τα πλαίσια προωθούνται στην σωστή διεπαφή.

Ακόμη οι πίνακες arp των PC1, PC2 έχουν αποθηκεύσει τις αντιστοιχίες IPv4-MAC.

1.20) Εκκαθαρίστε τον πίνακα arp των PC1 και PC3. Επαναλάβετε την προηγούμενη καταγραφή στο LAN2 όταν κάνετε ping από το PC1 στο PC3. Ποια σχετικά με το ping πακέτα καταγράψατε και γιατί;

```
root@PC:~ # tcpdump -i em1
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
19:45:31.072221 ARP, Request who-has 192.168.1.1 tell 192.168.1.3, length 46
```

Καταγράψαμε το ARP Request που εξέπεμψε ο PC3. Αφού διαγράψαμε τις αντιστοιχίες arp, τα πλαίσια που πρέπει να σταλθούν λόγω της ping δεν έχουν την επιθυμητή MAC προορισμού. Συνεπώς μέσω του ARP Request γίνεται η αναζήτηση της MAC του PC1. Αφού το ARP-Request έχει broadcast MAC address ο μεταγωγέας αδυνατεί να προωθήσει την κίνηση προς τη σωστή διεπαφή LAN1. Συνεπώς γίνεται flooding προς όλες (πλην της αρχικής) διεπαφές.

1.21) Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε ποιες διεπαφές είναι μέλη της γέφυρας bridge0; **ifconfig bridge0**

1.22) Με ποια εντολή μπορείτε να δείτε το πίνακα προώθησης της γέφυρας bridge0; **ifconfig bridge0 addr**

1.23) Σε ποια μηχανήματα αντιστοιχούν οι διευθύνσεις MAC που παρατηρείτε για κάθε μία από τις διεπαφές του B1;

Για τα μηχανήματα PC1, PC3

- 1.24) Διαγράψτε τις εγγραφές του πίνακα προώθησης. **ifconfig bridgeo flush**
- 1.25) Αφαιρέστε από τη γέφυρα bridgeo τη διεπαφή της στο LAN3. **ifconfig bridgeo deletem em2**
- 1.26) Καταστρέψτε τη γέφυρα bridgeo. **ifconfig bridgeo destroy**
- 1.27) Αφαιρέστε τις διευθύνσεις IP από τις διεπαφές των PC1, PC2 και PC3. **ifconfig emo delete**

Άσκηση 2: Αυτο-εκπαίδευση γεφυρών

2.1) Εάν δεν το έχετε ήδη κάνει, ορίστε διευθύνσεις IPv4 στις διεπαφές των PC1,2,3,4.

PC1: ifconfig emo 192.168.1.1, PC2: ifconfig emo 192.168.1.2, PC3: ifconfig emo 192.168.1.3, PC4: ifconfig emo 192.168.1.4

2.2) Δημιουργήστε μια ψευδο-συσσκευή γέφυρα bridge1 στο B1 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές στα LAN1 και LNK1 και ενεργοποιήστε τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 create
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em0 addm em2 up
```

2.3) Δημιουργήστε μια ψευδο-συσσκευή γέφυρα bridge2 στο B2 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LNK1 και LNK2 και ενεργοποιήστε τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 create
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em2 addm em3 up
```

2.4) Δημιουργήστε μια ψευδο-συσσκευή γέφυρα bridge3 στο B3 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LNK2 και LAN2 και ενεργοποιήστε τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3 create
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addm em1 addm em3 up
```

2.5) Καταγράψτε τις διευθύνσεις MAC των PC και αδειάστε τους πίνακες ARP. **arp -da**

PC1: 08:00:27:d1:96:68 PC2: 08:00:27:b6:86:41 PC3: 08:00:27:d4:97:27 PC4: 08:00:27:01:54:1c

2.6) Διαγράψτε τις εγγραφές του πίνακα προώθησης των B1, B2 και B3.

B1: ifconfig bridge1 flush, B2: ifconfig bridge2 flush, B3: ifconfig bridge3 flush

2.7) Στα PC1, PC2, PC3 και PC4 ξεκινήστε μια καταγραφή με tcpdump. **tcpdump -i emo** για κάθε PC

2.8) Βεβαιωθείτε ότι οι πίνακες προώθησης των B1, B2 και B3 είναι κενοί και, αμέσως μετά, από νέο παράθυρο στο PC1 εκτελέστε την εντολή **ping -c 1 192.168.1.2**. Στη συνέχεια δείτε και καταγράψτε το περιεχόμενο των πινάκων προώθησης των B1, B2 και B3.

B1:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addr
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 1131 flags=0<>
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em0 1131 flags=0<>
```

```
root@PC1:~ # ping -c 1 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=6.852 ms
```

```
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 6.852/6.852/6.852/0.000 ms
```

B2:

```
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 927 flags=0<>
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em2 927 flags=0<>
```

B3:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addr
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em3 857 flags=0<>
```

2.9) Με βάση τις καταγραφές στα PC και για κάθε ένα από τα τέσσερα πακέτα που παράχθηκαν (ARP request, ARP reply, ICMP echo request και ICMP echo reply) αιτιολογήστε τις εγγραφές των πινάκων προώθησης των B1, B2 και B3.

Εκτελούμε **ping** από το PC1 στο PC2 έχοντας καμία πληροφορία για τις αντιστοιχίες IPv4-MAC. Συνεπώς ο PC1 εκπέμπει broadcast ARP Request ώστε να ανακαλύψει την διεύθυνση MAC του PC2. Το ARP Request περιέχει την αντιστοιχία IPv4-MAC του PC1. Το ARP Request παραλαμβάνεται και προωθείται από όλες τις γέφυρες. Οι πίνακες προώθησης ενημερώνονται κατάλληλα ώστε να συμπεριλάβουν την διεύθυνση MAC του PC1.

Το ARP Request παραλαμβάνεται από το PC2, το οποίο συμπληρώνει τα στοιχεία του και στέλνει ARP Reply στο PC1.

Οι γέφυρες B1, B2 ενημερώνουν τον πίνακα προώθησης συμπεριλαμβάνοντας τη διεύθυνση MAC του PC2.

Η γέφυρα B1 συμβουλεύεται τον πίνακα προώθησης και προωθεί το ARP Reply στο LAN1.

Η γέφυρα B2 συμβουλεύεται τον πίνακα προώθησης και δεν προωθεί το ARP Reply στο LINK2.

Άρα η γέφυρα B3 δεν παραλαμβάνει το ARP Reply και δεν γνωρίζει την διεύθυνση MAC του PC2.

Ο PC1 εκπέμπει το πλαίσιο με τη σωστή MAC για το PC2 που έχει ενθυλακώσει το ICMP Echo Request.

Η γέφυρα B1 συμβουλευέται τον πίνακα προώθησης και προωθεί το ICMP Echo Request στο LINK1.

Η γέφυρα B2 συμβουλευέται τον πίνακα προώθησης και δεν προωθεί το ICMP Echo Request στο LINK2.

Ο PC2 εκπέμπει το πλαίσιο με τη σωστή MAC για το PC1 που έχει ενθυλακώσει το ICMP Echo Reply.

Η γέφυρα B2 συμβουλευέται τον πίνακα προώθησης και δεν προωθεί το ICMP Echo Reply στο LINK2.

Η γέφυρα B1 συμβουλευέται τον πίνακα προώθησης και προωθεί το ICMP Echo Reply στο LAN1.

2.10) Από νέο παράθυρο στο PC2 εκτελέστε την εντολή `ping -c 1 192.168.1.1` και στη συνέχεια δείτε τους πίνακες προώθησης των B1, B2 και B3. Υπήρξαν αλλαγές στους πίνακες προώθησης; Αιτιολογήστε.

Όχι δεν υπήρξαν αλλαγές. Σύμφωνα και με την αιτιολόγηση που δόθηκε στο ερώτημα 2.9, οι γέφυρες συμβουλευούνται τους ήδη διαμορφωμένους πίνακες προώθησης και προωθούν ανάλογα τα πλαίσια.

2.11) Από νέο παράθυρο στο PC2 εκτελέστε την εντολή `ping -c 1 192.168.1.4` και στη συνέχεια δείτε τους πίνακες προώθησης των B1, B2 και B3. Με βάση τις καταγραφές εξηγήστε γιατί ο πίνακας προώθησης του B1 περιέχει τη διεύθυνση MAC του PC4.

Εκτελώντας την εντολή `ping`, ο PC2 παράγει ARP Request για την IPv4 του PC4. Ο PC4 απαντάει με ARP Reply.

Μέχρι τώρα οι πίνακες προώθησης των B1,B2,B3 δεν έχουν καμιά πληροφορία σχετικά με την MAC του PC4.

Συνεπώς μόλις λαμβάνουν το ARP Reply ενημερώνουν τον πίνακα προώθησης και προωθούν στις κατάλληλες εξόδους το ARP Reply. Ο B3 το προωθεί στο LINK2. Ο B2 το προωθεί στο LINK1.

Κατά αυτόν τον τρόπο φτάνει το ARP Reply στο B1 μέσω της ζεύξης LINK1 και έτσι ενημερώνει τον πίνακα προώθησης. (Ωστόσο ο B1 δεν προωθεί το πλαίσιο στο LAN1).

B1:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addr
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em2 1185 flags=0<>
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em0 966 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 1185 flags=0<>
```

B2:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addr
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em3 709 flags=0<>
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em2 489 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 709 flags=0<>
```

B3:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addr
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em1 583 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em3 583 flags=0<>
```

2.12) Από νέο παράθυρο στο PC3 εκτελέστε την εντολή `ping -c 1 192.168.1.2` και στη συνέχεια δείτε τους πίνακες προώθησης των B1, B2 και B3. Υπήρξαν αλλαγές στους πίνακες προώθησης; Αιτιολογήστε.

B1:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addr
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em2 932 flags=0<>
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em2 212 flags=0<>
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em0 0 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 932 flags=0<>
```

B2:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addr
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em3 823 flags=0<>
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em3 101 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 823 flags=0<>
```

B3:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addr
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em3 1193 flags=0<>
08:00:27:01:54:1c Vlan1 em1 471 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em3 1193 flags=0<>
```

Υπενθύμιση: Για κάθε πακέτο ARP (Request/Reply) που λαμβάνει ένας κόμβος:

-ενημερώνει την SHA εάν ήδη έχει εγγραφή για την SPA στην προσωρινή μνήμη

-προσθέτει την εγγραφή (SPA,SHA) στην προσωρινή μνήμη εάν η TPA ταυτίζεται με την IP διεύθυνσή του.

-απαντά με ARP Reply εάν έλαβε ARP Request ανταλλάσσοντας τα πεδία sender/target και θέτοντας τις δικές του διευθύνσεις SPA, SHA.

(SPA: Sender IP Address, SHA: Sender Hardware Address, TPA: Target IP Address,THA: Target Hardware Address)

Συνεπώς, παρόλο που ο PC3 είχε λάβει μηνύματα ARP με τα στοιχεία του PC2, δεν τα έχει αποθηκεύσει στην προσωρινή μνήμη. Αναγκάζεται λοιπόν να εκπέμψει ARP Request για το PC2. Όλες οι γέφυρες παραλαμβάνουν το πλαίσιο και ενημερώνουν τους πίνακες προώθησης με τα στοιχεία του PC3.

2.13) Από νέο παράθυρο στο PC4 κάντε ping στο PC2 και αφήστε το να τρέχει. Το ίδιο και από το PC1 προς το PC2.
ping 192.168.1.2

2.14) Μετακινήστε το PC2 από το LNK1 στο LAN2 όπου βρίσκεται το PC4. Τι συμβαίνει με το ping από το PC4 προς το PC2; **Το ping επιτυγχάνει από το PC4 προς το PC2 καθώς τα μηχανήματα ανήκουν στο ίδιο δίκτυο LAN (ίδια ζεύξη).**

2.15) Τι συμβαίνει με το ping από το PC1 προς το PC2; **Το ping αποτυγχάνει.**

Αιτιολογήστε. **Μετακινήσαμε “ακαριαίως” την τοποθεσία του PC2. Κατά αυτόν τον τρόπο οι πίνακες προώθησης των γεφυρών παραμένουν αναλλοίωτες σε σχέση με πριν. Ο PC1 έχει αποθηκεύσει στην προσωρινή μνήμη τα στοιχεία για το PC2 και για αυτό δεν προχωράει σε ARP Request αλλά σε ICMP Echo Request. Έτσι καθώς το B1 παραλαμβάνει το πακέτο το προωθεί στο LINK1. Στην συνέχεια το πακέτο παραλαμβάνεται από τη γέφυρα B2, η οποία συμβουλευεται τον πίνακα προώθησης και δεν προωθεί το πακέτο στο LINK2. Κατά αυτόν τον τρόπο το πακέτο δεν φθάνει στο PC2 που έχει πλέον αλλάξει τοποθεσία και είναι συνδεδεμένο στο LAN2.**

2.16) Στο PC2 εκτελέστε την εντολή ping -c 1 192.168.1.3. Τι παρατηρείτε με το ping από το PC1 στο PC2; Γιατί; **Πλέον το ping επιτυγχάνει. Το PC2 δεν είχε στον πίνακα arp αντιστοιχία MAC για τη 192.168.1.3. Έτσι εκπέμποντας broadcast ARP Request ενημερώνει τους πίνακες προώθησης των γεφυρών. Το ICMP Echo Request ακολουθώντας τη διαδρομή που υποδεικνύουν οι ενημερωμένοι πίνακες προώθησης φθάνει στον PC2.**

2.17) Εάν δεν είχατε κάνει το προηγούμενο ping, πόση ώρα θα έπρεπε να περιμένετε ώστε να λάβετε απάντηση από το PC2; **Θα έπρεπε να περιμένουμε μέχρι να λήξει η εγγραφή για το PC2 από τον πίνακα προώθησης του B2 είτε μέχρι να λήξει η εγγραφή ARP στον πίνακα ARP του PC1.**

Άσκηση 3: Καταιγίδα πλαισίων

3.1) Δημιουργήστε και ενεργοποιήστε γέφυρα bridge1 στο B1 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LAN1 και LNK1. Ενεργοποιήστε τις διεπαφές που συμμετέχουν στη γέφυρα.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 create
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 down
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em0 addm em2 up
```

3.2) Δημιουργήστε και ενεργοποιήστε γέφυρα bridge2 στο B2 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LAN2 και LNK1. Ενεργοποιήστε τις διεπαφές που συμμετέχουν στη γέφυρα.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 create
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 down
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em1 addm em2 up
```

3.3) Καταγράψτε τις διευθύνσεις MAC των PC1,2,3 και αδειάστε τους πίνακες ARP. **arp -da**

PC1: 08:00:27:d1:96:68 PC2: 08:00:27:b6:86:41 PC3: 08:00:27:d4:97:27

3.4) Με χρήση του tcpdump στο PC1 ελέγξτε εάν εμφανίζεται κίνηση στο LAN1 όταν κάνετε ping από το PC2 στο PC3 ή το αντίστροφο. Εξηγήστε τι συμβαίνει.

Όταν κάνουμε ping από το PC2 στο PC3 ή το αντίστροφο στο PC1 εμφανίζεται μόνο το ARP Request του μηχανήματος που έκανε ping.

Έχοντας καθαρίσει τους πίνακες arp, μόλις εκτελούμε ping (έστω από το PC2 στο PC3) τότε το PC2 εκπέμπει ARP Request ζητώντας την MAC του PC3. Το πλαίσιο αυτό διαδίδεται σε όλες τις ζεύξεις και ενημερώνει τους πίνακες προώθησης των B1, B2. Το ARP Reply από το PC3 περιορίζεται στο LAN2 καθώς έχει σαν προορισμό την MAC του PC2, η οποία έχει καταχωρηθεί στον πίνακα προώθησης του B2. Επίσης η γέφυρα B2 ενημερώνεται όσον αφορά την MAC του PC3. Έτσι τα ICMP Echo Requests/Replies περιορίζονται στο LAN2 και δεν λαμβάνονται από τον PC1.

3.5) Ξεκινήστε ένα ping από το PC3 στο PC1 και αφήστε το να τρέχει. **ping 192.168.1.1 από το PC3**

3.6) Προσθέστε στις γέφυρες bridge1 και bridge2 τις διεπαφές τους στο LNK2 και ενεργοποιήστε τις.

```
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em3
```

```
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em3
```

3.7) Σταματήστε το ping και ελέγξτε το περιεχόμενο των πινάκων προώθησης των γεφυρών bridge1 και bridge2.

B1:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addr
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em0 1180 flags=0<>
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em2 1180 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em2 505 flags=0<>
```

B2:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addr
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em2 1100 flags=0<>
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em1 1200 flags=0<>
08:00:27:b6:86:41 Vlan1 em1 1200 flags=0<>
```

3.8) Σε ποιες διεπαφές των B1 και B2, αντίστοιχα, εμφανίζονται οι MAC διευθύνσεις των PC1 και PC3;

- Η MAC του PC1 εμφανίζεται στην διεπαφή em0 του B1.

- Η MAC του PC3 εμφανίζεται στην διεπαφή em2 του B1.

- Η MAC του PC1 εμφανίζεται στην διεπαφή em2 του B2.

- Η MAC του PC3 εμφανίζεται στην διεπαφή em1 του B1.

3.9) Ξεκινήστε μια καταγραφή με tcpdump στο PC1 και μια αντίστοιχη στο PC2 εμφανίζοντας τις επικεφαλίδες Ethernet. **tcpdump -i em0 -e**

3.10) Εκκαθαρίστε τον πίνακα arp του PC3 και δώστε την εντολή ping -c 1 192.168.1.1. Είναι το ping επιτυχές;

```
root@PC:~ # ping -c 1 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes

--- 192.168.1.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 0 packets received, 100.0% packet loss
```

3.11) Στις καταγραφές θα παρατηρήσετε ένα κατακλυσμό από πακέτα ARP. Για να σταματήσει, αποσυνδέστε το καλώδιο από τις κάρτες δικτύου των B1 και B2 σε μία από τις ζεύξεις LNK1 ή LNK2. Σε ποιες διεπαφές του B2 εμφανίζονται οι MAC διευθύνσεις των PC1 και PC3; Γιατί;

```
(oui Unknown), length 28
18:42:30.239710 08:00:27:d4:97:27 (oui Unknown) > Broadcast, ethertype ARP (0x0806), length 60: Request who-has 192.168.1.1 tell 192.168.1.3, length 46
18:42:30.239710 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown) > 08:00:27:d4:97:27 (oui Unknown), ethertype ARP (0x0806), length 42: Reply 192.168.1.1 is-at 08:00:27:d1:96:68
(oui Unknown), length 28
18:42:30.239710 08:00:27:d4:97:27 (oui Unknown) > Broadcast, ethertype ARP (0x0806), length 60: Request who-has 192.168.1.1 tell 192.168.1.3, length 46
18:42:30.239710 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown) > 08:00:27:d4:97:27 (oui Unknown), ethertype ARP (0x0806), length 42: Reply 192.168.1.1 is-at 08:00:27:d1:96:68
(oui Unknown), length 28
```

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addr
08:00:27:d1:96:68 Vlan1 em3 1112 flags=0<>
08:00:27:d4:97:27 Vlan1 em2 1112 flags=0<>
```

- Η MAC του PC1 εμφανίζεται στην διεπαφή em3 του B2 αφού είναι ζεύξη προς το PC1.

- Η MAC του PC3 εμφανίζεται στην διεπαφή em2 του B2 αφού είναι συνδεδεμένο στο LAN2.

3.12) Στον κατακλυσμό από πακέτα ARP Request και ARP Reply της καταγραφής στο PC1, ποια ερώτηση ARP γίνεται και ποια απάντηση δίδεται; **ARP Request: Who has 192.168.1.1, ARP Reply: 192.168.1.1 is-at 08:00:27:d1:96:68**

3.13) Στην καταγραφή στο PC2 παρατηρείτε ένα κατακλυσμό από ARP Request. Ποια είναι η MAC διεύθυνση πηγής τους; **08:00:27:d4:97:27**

3.14) Γιατί τα πακέτα ARP Request επαναλαμβάνονται συνεχώς σε αμφότερες τις καταγραφές;

Το Broadcast ARP Request μόλις παραλαμβάνεται από μια διεπαφή των μεταγωγέων προωθείται σε όλες τις υπόλοιπες διεπαφές. Παρατηρούμε όμως ότι οι μεταγωγείς B1, B2 συνδέονται με δύο ζεύξεις, συνεπώς δημιουργείται βρόγχος και το πλαίσιο ARP Request προωθείται από το B1 στο B2 και τανάπαλιν αενάως. Κατά την διάρκεια της ταλάντωσης αυτής το πλαίσιο προωθείται και στις υπόλοιπες εξόδους της εκάστοτε γέφυρας και συνεπώς προκαλεί και ARP Replies.

3.15) Γιατί τα ARP Reply στο LAN1 δεν προωθούνται στο LAN2;

Παρατηρούμε από την καταγραφή στο PC2 ότι παραλαμβάνονται μόνο τα ARP Requests και όχι τα ARP Replies.

Αρχικά μόλις παραλάβει το ARP Request ο B2 θα αποθηκεύσει ότι ο PC3 βρίσκεται στην διεπαφή προς το LAN2.

Ωστόσο θα προωθήσει τα πλαίσια στο B1 και η γέφυρα αυτή με τη σειρά της θα τα προωθήσει ξανά προς το B2.

Τότε ο πίνακας προώθησης ενημερώνεται και η MAC του PC3 τοποθετείται σε διεπαφή προς LINK1/LINK2.

Συνεπώς μόλις καταφθάσει το ARP Reply θα προωθηθεί σε μια από τις ζεύξεις LINK1/LINK2 και όχι στο LAN2.

Άσκηση 4: Συνάθροιση ζεύξεων

4.1) Καταστρέψτε τις ψευδο-συσσκευές γέφυρες στα B1, B2 και απενεργοποιήστε τις διεπαφές τους. Στη συνέχεια δημιουργήστε νέες γέφυρες χωρίς να προσθέσετε προς το παρόν διεπαφές.

B1:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 destroy
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 down
root@PC:~ # ifconfig em3 down
root@PC:~ # ifconfig bridge1 create
```

B2:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 destroy
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 down
root@PC:~ # ifconfig em3 down
root@PC:~ # ifconfig bridge2 create
```

4.2) Αφού ενεργοποιήσετε όλες τις κάρτες δικτύου στο B1, δημιουργήστε μια ψευδοσυσσκευή συνάθροισης laggo.

```
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig laggo create
```

4.3) Εντάξτε στην ψευδο-συσσκευή laggo τις διεπαφές της B1 στα LNK1 και LNK2 και ενεργοποιήστε την ψευδοσυσσκευή.

```
root@PC:~ # ifconfig laggo up laggport em2 laggport em3
```

4.4) Επαναλάβετε τα δύο προηγούμενα βήματα στο B2.

```
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig laggo create
root@PC:~ # ifconfig laggo up laggport em2 laggport em3
```

4.5) Εντάξτε στη γέφυρα που δημιουργήσατε στο B1 τη διεπαφή του στο LAN1 και την ψευδοσυσσκευή laggo και ενεργοποιήστε την γέφυρα.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em0 addm laggo up
```

4.6) Επαναλάβετε το προηγούμενο για το B2 με τη διεπαφή του στο LAN2 και την αντίστοιχη ψευδο-συσσκευή laggo.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em1 addm laggo up
```

4.7) Ελέγξτε εάν εμφανίζεται κίνηση στο LAN1 όταν κάνετε ping από το PC2 στο PC3 ή το αντίστροφο. Εξηγήστε.

```
root@PC1:~ # tcpdump -i em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
21:08:34.088326 ARP, Request who-has 192.168.1.3 tell 192.168.1.2, length 46
```

Όταν κάνουμε ping από το PC2 στο PC3 εμφανίζεται μόνο το ARP Request στο LAN1.

To broadcast ARP Request διαδίδεται σε όλες τις ζεύξεις και ενημερώνει τους πίνακες προώθησης των γεφυρών για την αντιστοιχία MAC-IPv4 του PC2.

Μόλις εκπέμπεται το ARP Reply από το PC3, η γέφυρα σύμφωνα με τον πίνακα προώθησης δεν προωθεί το πακέτο στα LNK1/LNK2. Αντίστοιχα για τα ICMP Echo Requests/Replies. Άρα δεν εμφανίζεται η κίνηση αυτή στο LAN1.

4.8) Ξεκινήστε μια καταγραφή με tcpdump στο PC1. `tcpdump -i em0`

4.9) Εκκαθαρίστε τον πίνακα arp του PC3: `arp -da`

και δώστε την εντολή `ping -c 1 192.168.1.1`. Είναι το ping επιτυχές; Παρατηρήσατε πακέτα ARP στην καταγραφή;

```
root@PC:~ # ping -c 1 192.168.1.1
PING 192.168.1.1 (192.168.1.1): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.1: icmp_seq=0 ttl=64 time=3.406 ms

--- 192.168.1.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 3.406/3.406/3.406/0.000 ms
```

To ping είναι επιτυχές.

Παρατηρούμε πακέτα ARP (Request/Reply) στην καταγραφή.

```
root@PC1:~ # tcpdump -i em0
tcpdump: verbose output suppressed, use -v or -vv for full protocol decode
listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
21:15:32.824990 ARP, Request who-has 192.168.1.1 tell 192.168.1.3, length 46
21:15:32.825034 ARP, Reply 192.168.1.1 is-at 08:00:27:d1:96:68 (oui Unknown), length 28
21:15:32.826805 IP 192.168.1.3 > 192.168.1.1: ICMP echo request, id 28421, seq 0, length 64
21:15:32.826841 IP 192.168.1.1 > 192.168.1.3: ICMP echo reply, id 28421, seq 0, length 64
```

4.10) Ξεκινήστε μια καταγραφή στη διεπαφή του B1 στο LNK1 και μια άλλη στη διεπαφή του B2 στο LNK2. Από το PC2 κάντε ping στο PC1 και αφήστε το να τρέχει. Σε ποια από τις δύο ζεύξεις, LNK1 ή LNK2, εμφανίζονται τα πακέτα ICMP; Τα πακέτα ICMP εμφανίζονται στη ζεύξη LNK1. Το default πρωτόκολλο για το "link aggregation" που χρησιμοποιούμε είναι το "failover" το οποίο ορίζει την μία ζεύξη ως πρωτεύουσα και την εναπομείνουσα ως δευτερεύουσα.

Υπό κανονικές συνθήκες η κίνηση περνάει μέσω της πρωτεύουσας ζεύξης. Σε περίπτωση κορεσμού ή αποτυχίας της πρωτεύουσας ζεύξης, η κίνηση ανακατευθύνεται μέσω της δευτερεύουσας ζεύξης.

4.11) Αποσυνδέστε τα καλώδια από τις κάρτες δικτύου των B1 και B2 στη ζεύξη όπου παρατηρήσατε πακέτα ICMP προηγούμενως. Τι παρατηρείτε όσον αφορά την έξοδο της εντολής ping και τη ζεύξη όπου μεταφέρονται τα πακέτα ICMP; **Πλέον τα πλαίσια μεταφέρονται μέσω της ζεύξης LINK2.**

4.12) Επανασυνδέστε τις κάρτες δικτύων των B1,B2. Άλλαξε κάτι σε σχέση με την προηγούμενη ερώτηση; **Η κίνηση μεταφέρεται ακόμα μέσω της ζεύξης LINK2.**

Άσκηση 5: Αποφυγή βρόχων

5.1) Καταστρέψτε τις γέφυρες, τις ψευδο-συσκευές συνάθροισης και απενεργοποιήστε τις κάρτες δικτύου στα B1, B2.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 destroy
root@PC:~ # ifconfig lagg0 destroy
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 down
root@PC:~ # ifconfig em3 down
```

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 destroy
root@PC:~ # ifconfig lagg0 destroy
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 down
root@PC:~ # ifconfig em3 down
```

5.2) Δημιουργήστε γέφυρα bridge1 στο B1 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LAN1, LNK1 και LNK2 και ενεργοποιήστε αυτήν καθώς και όλες τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 create
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 down
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em0 addm em2 addm em3 up
```

5.3) Δημιουργήστε γέφυρα bridge2 στο B2 που να περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LAN2, LNK1 και LNK2 και ενεργοποιήστε αυτήν καθώς και τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 create
root@PC:~ # ifconfig em0 down
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em1 addm em2 addm em3 up
```

5.4) Ενεργοποιήστε το STP σε όλες τις διεπαφές που μετέχουν στην bridge1.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 stp em0 stp em2 stp em3
```

5.5) Ενεργοποιήστε το STP σε όλες τις διεπαφές που μετέχουν στην bridge2.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2 stp em1 stp em2 stp em3
```

5.6) Για κάθε μία γέφυρα προσδιορίστε την Bridge ID.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1
bridge1: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 08:00:27:17:e1:03
id 08:00:27:17:e1:03 priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 2000 timeout 1200
root id 08:00:27:17:e1:03 priority 32768 ifcost 0 port 0
member: em3 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 4 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
member: em2 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 3 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
member: em0 flags=1e7<LEARNING,DISCOVER,STP,EDGE,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 1 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
groups: bridge
nd6_options=9<PERFORMNUD,IFDISABLED>
```

```
root@PC:~ # ifconfig bridge2
bridge2: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 08:00:27:2f:54:4b
id 08:00:27:2f:54:4b priority 32768 hellotime 2 fwddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 2000 timeout 1200
root id 08:00:27:17:e1:03 priority 32768 ifcost 20000 port 3
member: em3 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 4 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role alternate state discarding
member: em2 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 3 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role root state forwarding
member: em1 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 2 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
groups: bridge
nd6_options=9<PERFORMNUD,IFDISABLED>
```

B1 Bridge ID: 08:00:27:17:e1:03, B2 Bridge ID: 08:00:27:2f:54:4b

5.7) Ποια είναι η γέφυρα ρίζα του επικαλύπτοντος δέντρου;

Από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής παρατηρούμε ότι η γέφυρα ρίζα του επικαλύπτοντος δένδρου είναι η B1.

5.8) Ποια είναι η κατάσταση και ποιος ο ρόλος κάθε μίας διεπαφής της γέφυρας ρίζας;

Από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής παρατηρούμε ότι ο ρόλος κάθε μίας διεπαφής της γέφυρας ρίζας B1 είναι “designated” ενώ η κατάσταση είναι “forwarding”.

5.9) Εκ των δύο διεπαφών στα LNK1, LNK2 της δεύτερης γέφυρας (αυτής που δεν είναι η ρίζα), ποια είναι η ριζική θύρα;

Από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής παρατηρούμε ότι η διεπαφή στο LINK1 είναι η ριζική θύρα για τη B2.

5.10) Ποια είναι η κατάσταση και ο ρόλος της άλλης εκ των δύο διεπαφών LINK1 και LINK2;

Από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής παρατηρούμε ότι η κατάσταση είναι “discarding” και ο ρόλος “alternate” για την άλλη διεπαφή στο LINK2.

5.11) Ποια είναι η κατάσταση και ο ρόλος της διεπαφής στο LAN1 ή LAN2 της γέφυρας που δεν είναι η ρίζα;

Από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής παρατηρούμε ότι η κατάσταση είναι “forwarding” και ο ρόλος “designated” για την διεπαφή στο LAN2 της μη ριζικής γέφυρας B2.

5.12) Ξεκινήστε μια καταγραφή της κίνησης που παράγεται στη διεπαφή της γέφυρας ρίζας στο LAN1 φροντίζοντας να εμφανίζονται όσο το δυνατόν περισσότερες λεπτομέρειες καθώς και οι διευθύνσεις Ethernet των πλαισίων. Κάθε πότε εκπέμπονται BPDUs; Εκπέμπονται κάθε δύο δευτερόλεπτα.

```
root@PC:~ # tcpdump -i em0 -e -vvv
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 byte
01:41:05.728763 08:00:27:28:11:df (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown), 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, ctrl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 8000.08:00:27:17:e1:03.8001, length 36
    message-age 0.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15.00s
    root-id 8000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 0, port-role Designated
01:41:07.726634 08:00:27:28:11:df (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown), 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, ctrl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 8000.08:00:27:17:e1:03.8001, length 36
    message-age 0.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15.00s
    root-id 8000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 0, port-role Designated
```

5.13) Τι είδους ενθυλάκωση Ethernet II ή IEEE 802.3 χρησιμοποιείται;

Παρατηρούμε από το αποτέλεσμα της καταγραφής ότι χρησιμοποιείται ενθυλάκωση IEEE 802.3.

5.14) Ποιες είναι οι διευθύνσεις MAC πηγής και προορισμού των BPDUs;

MAC πηγής: 08:00:27:28:11:df, MAC προορισμού: 01:80:c2:00:00:00

5.15) Σε ποια διεπαφή της γέφυρας ρίζας ανήκει η MAC πηγής των BPDUs; Διεπαφή em0 (του LAN1)

```
root@PC:~ # ifconfig em0
em0: flags=8943<UP,BROADCAST,RUNNING,PROMISC,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
    options=81009b<RXCSUM, TXCSUM, VLAN_MTU, VLAN_HWTAGGING, VLAN_HWCSUM, VLAN_HWFILTER>
    ether 08:00:27:28:11:df
    media: Ethernet autoselect (1000baseT <full-duplex>)
    status: active
    nd6 options=29<PERFORMNUD, IFDISABLED, AUTO_LINKLOCAL>
```

5.16) Τι είδους διεύθυνση (unicast, multicast, broadcast) είναι η MAC προορισμού των BPDUs;

Η MAC προορισμού των BPDUs είναι multicast αφού το πρώτο bit της διεύθυνσης είναι 1.

5.17) Στα πλαίσια BPDUs που καταγράψατε προηγουμένως, ποια είναι η root ID, η bridge ID και το root path cost;

rootID: 8000.08:00:27:17:e1:03, bridge ID: 8000.08:00:27:17:e1:03.8001, root path cost: 0

5.18) Ξεκινήστε μια αντίστοιχη της ερώτησης 5.12 καταγραφή της κίνησης που παράγεται στη διεπαφή της γέφυρας ρίζας στο LNK1 ή LNK2. Συγκρίνοντας με την προηγούμενη καταγραφή, ποιο μέρος της Bridge ID είναι η προτεραιότητα; bridge ID: 8000.08:00:27:17:e1:03.8003 Η προτεραιότητα είναι το πρώτο μέρος της Bridge ID και χαρακτηρίζει τη γέφυρα και όχι τη διεπαφή.

(rootID: 8000.08:00:27:17:e1:03,

root path cost: 0)

```
root@PC:~ # tcpdump -i em2 -e -vvv
tcpdump: listening on em2, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 byte
01:59:13.728586 08:00:27:ee:0b:ea (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown), 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, ctrl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 8000.08:00:27:17:e1:03.8003, length 36
    message-age 0.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15.00s
    root-id 8000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 0, port-role Designated
```

5.19) Τι είναι το δεύτερο και τρίτο μέρος της Bridge ID; Το δεύτερο μέρος της Bridge ID ταυτίζεται με τη MAC της διεπαφής em2 (LINK2) ενώ το τρίτο μέρος αφορά την προτεραιότητα διεπαφής.

5.20) Παρατηρείτε παραγωγή κίνησης BPDU στα LNK1 και LNK2 από την άλλη γέφυρα (αυτή που δεν είναι η ρίζα); Όχι

5.21) Σε ποια θύρα της άλλης γέφυρας παρατηρείτε παραγωγή κίνησης BPDU; Στις διεπαφές LINK1, LINK2, LAN2

5.22) Στα προηγούμενα BPDU, ποια είναι η root ID, η bridge ID και το root path cost;

Όσον αφορά τις διεπαφές LINK1, LINK2 τα πλαίσια BPDU είναι ίδια με αυτά που είδαμε προηγουμένως.

Για την διεπαφή LAN2:

rootID: 8000.08:00:27:17:e1:03,

bridge ID: 8000.08:00:27:2f:54:4b.8002,

root path cost: 20000

```
tcpdump: listening on em1, link-type EM10MB (Ethernet), capture size 262144 bytes
02:38:40.586293 08:00:27:2f:54:4b (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown)
, 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, c
trl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 8000.08:00:27
:2f:54:4b.8002, length 36
message-age 1.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15
.00s
root-id 8000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 20000, port-role Designate
d
```

5.23) Ξεκινήστε ένα ping από το PC1 στο PC2 και αφήστε το να τρέχει; Είναι επιτυχές; Ναι

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.2
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.381 ms
```

5.24) Αποσυνδέστε στη γέφυρα ρίζα το καλώδιο του δικτύου (LNK1 ή LNK2) όπου είναι συνδεδεμένη η ριζική θύρα της άλλης γέφυρας. Παρατηρώντας την έξοδο του ping, πόσος περίπου χρόνος περνάει μέχρι να αποκατασταθεί η επικοινωνία; Είναι αναμενόμενη αυτή η τιμή; Περνάνε περίπου 8 δευτερόλεπτα. Σύμφωνα με τη δοθείσα πηγή της εκφώνησης “Detection of root switch failure is done in 3 hello times, which is 6 seconds if the default hello times have not been changed”. Τα hello times είναι 2 sec, συνεπώς η παραπάνω τιμή ήταν αναμενόμενη.

5.25) Επανασυνδέστε το καλώδιο που αποσυνδέσατε. Περιμένετε λίγο, υπάρχει τώρα διακοπή στην επικοινωνία; Όχι δεν υπάρχει διακοπή.

Άσκηση 6: Ένα πιο πολύπλοκο δίκτυο με εναλλακτικές διαδρομές

6.1) Ενεργοποιήστε τη διεπαφή του B1 στο LNK3 και προσθέστε την στη bridge1. Ενεργοποιήστε και το STP για τη διεπαφή που προσθέσατε.

```
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge1 addm em1
root@PC:~ # ifconfig bridge1 stp em1
```

6.2) Αντίστοιχα στην bridge2 για τη διεπαφή του B2 στο LNK4.

```
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge2 addm em0
root@PC:~ # ifconfig bridge2 stp em0
```

6.3) Δημιουργήστε γέφυρα bridge3 στο B3. Ενεργοποιήστε τις διεπαφές του B3 στα LAN3, LNK3 και LNK4 και προσθέστε τις στη γέφυρα bridge3. Κατόπιν, ενεργοποιήστε το STP σε όλες τις διεπαφές.

```
root@PC:~ # ifconfig em0 up
root@PC:~ # ifconfig em1 up
root@PC:~ # ifconfig em2 up
root@PC:~ # ifconfig em3 down
root@PC:~ # ifconfig bridge3 create
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addm em0 addm em1 addm em2 up
root@PC:~ # ifconfig bridge3 stp em0 stp em1 stp em2
```

6.4) Διαγράψτε τους πίνακες προώθησης σε όλες τις γέφυρες. Είναι το ping από το PC1 προς τα PC2, PC3 επιτυχές;

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 flush
root@PC:~ # ifconfig bridge2 flush
root@PC:~ # ifconfig bridge3 flush
```

```
PING 192.168.1.2 (192.168.1.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.692 ms
64 bytes from 192.168.1.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.976 ms
^C
--- 192.168.1.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.692/1.834/1.976/0.142 ms
```

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.3
PING 192.168.1.3 (192.168.1.3): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.485 ms
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.420 ms
^C
--- 192.168.1.3 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.420/1.453/1.485/0.032 ms
```

Το ping από το PC1 προς το PC2 αλλά και προς το PC3 είναι επιτυχές.

6.5) Ορίστε μια κατάλληλη προτεραιότητα ώστε η γέφυρα bridge1 να γίνει η ρίζα του επικαλύπτοντος δέντρου (ακόμη και εάν είναι ήδη ρίζα δώστε τη σχετική εντολή).

B1: B2:

```
id 08:00:27:17:e1:03 priority 32768 id 08:00:27:2f:54:4b priority 32768
```

B3:

```
id 08:00:27:21:0e:b9 priority 32768
```

Σημ. Η προτεραιότητα είναι πολλαπλάσιο του 4096.

Θέτοντας την προτεραιότητα της B1 σε 28672 γίνεται ρίζα επικαλύπτοντας δέντρου καθώς έχει το μικρότερο bridgeID.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 priority 28672
```

6.6) Ποιο είναι το path cost για τις ζεύξεις LNK1, LNK2 και LNK4 στο B2; Πώς προκύπτει από την ταχύτητα της κάρτας δικτύου; Path Cost:

LINK1: 20000

LINK2: 20000

LINK4: 20000

Έχουμε 100baseT Ethernet,

δηλαδή το bandwidth κάθε ζεύξης

είναι 1Gbit/sec.

Cost=20Tbps/bandwidth=20000

```
bridge2: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 02:ec:c6:af:b9:02
id 08:00:27:2f:54:4b priority 32768 hellotime 2 fiddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 2000 timeout 1200
root id 08:00:27:17:e1:03 priority 28672 ifcost 20000 port 3
member: em0 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 1 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role alternate state discarding
member: em3 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 4 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role alternate state discarding
member: em2 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 3 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role root state forwarding
member: em1 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 2 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
groups: bridge
nd6 options=9<PERFORMNUD,IFDISABLED>
```

6.7) Ποιο είναι το root path cost στα πλαίσια BPDU που λαμβάνει η bridge3 από τις άλλες γέφυρες και πώς προκύπτει;

Το root path cost στα πλαίσια BPDU

που λαμβάνει η bridge3 από το LINK3

είναι 0. Αυτό είναι λογικό αφού το

πλαίσιο αυτό εκπέμπεται από την

γέφυρα-ρίζα.

Από το LINK4 λαμβάνεται πλαίσιο

που έχει εκπεμφθεί από το ίδιο το B3.

Προκύπτει 20000 καθώς προστίθεται

η απόσταση LINK3 (0) και το κόστος

ζεύξης LINK4 (20000).

```
root@PC:~ # tcpdump -i em0 -e -vvv
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 byte
16:47:50.101744 08:00:27:22:1b:98 (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown
), 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, c
trl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 7000.08:00:27
:17:e1:03.8002, length 43
message-age 0.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15
.00s
root-id 7000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 0, port-role Designated
```

```
root@PC:~ # tcpdump -i em1 -e -vvv
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 262144 byte
16:48:25.140131 08:00:27:21:0e:b9 (oui Unknown) > 01:80:c2:00:00:00 (oui Unknown
), 802.3, length 39: LLC, dsap STP (0x42) Individual, ssap STP (0x42) Command, c
trl 0x03: STP 802.1w, Rapid STP, Flags [Learn, Forward], bridge-id 8000.08:00:27
:21:0e:b9.8002, length 36
message-age 1.00s, max-age 20.00s, hello-time 2.00s, forwarding-delay 15
.00s
root-id 7000.08:00:27:17:e1:03, root-pathcost 20000, port-role Designate
```

6.8) Ποια από τις θύρες της bridge3 στα LNK3 και LNK4 είναι η ριζική; Γιατί; Η ριζική είναι η θύρα στο LNK3 καθώς λαμβάνεται πλαίσιο BPDU, ενώ η θύρα στο LNK4 είναι “designated” αφού εκπέμπεται πλαίσιο BPDU.

Ακόμη μπορούμε να το επιβεβαιώσουμε εκτελώντας την παρακάτω εντολή:

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3
bridge3: flags=8843<UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST> metric 0 mtu 1500
ether 02:ec:c6:af:b9:03
id 08:00:27:21:0e:b9 priority 32768 hellotime 2 fiddelay 15
maxage 20 holdcnt 6 proto rstp maxaddr 2000 timeout 1200
root id 08:00:27:17:e1:03 priority 28672 ifcost 20000 port 1
member: em2 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,EDGE,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 3 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
member: em1 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 2 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role designated state forwarding
member: em0 flags=1c7<LEARNING,DISCOVER,STP,AUTOEDGE,PTP,AUTOPTP>
ifmaxaddr 0 port 1 priority 128 path cost 20000 proto rstp
role root state forwarding
groups: bridge
nd6 options=9<PERFORMNUD,IFDISABLED>
```

6.9) Ποια είναι η κατάσταση και ο ρόλος της θύρας στο LNK3 ή LNK4 που δεν είναι ριζική καθώς και της αντίστοιχής της στο B1 ή B2; B3: Κατάσταση: forwarding Ρόλος: designated, B2: Κατάσταση: discarding Ρόλος: alternate

6.10) Ποιο είναι το root path cost στα πλαίσια BPDU που παράγει η bridge3 στο LAN3; 20000

6.11) Ξεκινήστε ένα ping από το PC1 στο

PC3 και αφήστε το να τρέχει.

```
root@PC1:~ # ping 192.168.1.3
PING 192.168.1.3 (192.168.1.3): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.1.3: icmp_seq=0 ttl=64 time=3.233 ms
```


6.12) Ορίστε το κόστος της διεπαφής της bridge3 στο LNK3 έτσι ώστε να γίνει ριζική θύρα η διεπαφή της στο LNK4. Ποια τιμή διαλέξατε για κόστος και γιατί; `root@PC:~ # ifconfig bridge3 ifpathcost em0 40001`

Για να είναι ριζική θύρα η διεπαφή στο LNK4 πρέπει η διαδρομή B1 -> LNK1/LNK2 -> LNK4 -> B3 να είναι πιο φθηνή από την διαδρομή B1 -> LNK3 -> B3. Η πρώτη διαδρομή γνωρίζουμε ότι έχει κόστος 40000. Συνεπώς αρκεί να ορίσουμε το κόστος της ζεύξης LNK3 σε 40001 ώστε να γίνει ριζική θύρα η διεπαφή της στο LNK4.

6.13) Πόσος περίπου χρόνος πέρασε μέχρις ότου αποκατασταθεί η επικοινωνία; **Περίπου 2 δευτερόλεπτα (hello-time).**

6.14) Ποια είναι η κατάσταση και ο ρόλος των διεπαφών της bridge3 στο LNK3 και της bridge2 στο LNK4;

B3: Κατάσταση: discarding Ρόλος: alternate , B2: Κατάσταση: forwarding Ρόλος: designated

6.15) Υπήρξε κάποια διαφορά στις τιμές των παραμέτρων των BPDUs που λαμβάνει η bridge3;

Όχι δεν υπάρχει διαφορά στις τιμές των παραμέτρων.

6.16) Υπήρξε κάποια διαφορά στις τιμές των παραμέτρων των BPDUs που παράγει η bridge3;

Έχει αλλάξει το path cost για την διεπαφή em0.

6.17) Αποσυνδέστε το καλώδιο της διεπαφής της bridge2 στο LNK4. Πόσος περίπου χρόνος πέρασε μέχρις ότου αποκατασταθεί η επικοινωνία; **9 δευτερόλεπτα (περίπου 3 hello time)**

6.18) Επανασυνδέστε το καλώδιο που αποσυνδέσατε. Η επικοινωνία θα διακοπεί μετά από λίγο και θα επανέλθει.

Πόσος περίπου χρόνος πέρασε από τη διακοπή μέχρις ότου αποκατασταθεί η επικοινωνία; **2 δευτερόλεπτα**

6.19) Συνδέστε την 4η διεπαφή του B3 στο LAN3, ενεργοποιήστε την, προσθέστε την στην bridge3 και ενεργοποιήστε για αυτήν το STP. Ποια είναι η κατάσταση και ο ρόλος των δύο θυρών της bridge3 στο LAN3;

```
root@PC:~ # ifconfig em3 up
root@PC:~ # ifconfig bridge3 addm em3
root@PC:~ # ifconfig bridge3 stp em3
```

em2: role: designated, state forwarding
em3: role: backup, state discarding

6.20) Αποσυνδέστε την 4η διεπαφή του B3 και ορίστε το κόστος της διεπαφής της bridge3 στο LNK3 έτσι ώστε αυτή να γίνει η ριζική θύρα. Ποια τιμή διαλέξατε για κόστος; **20000**

```
root@PC:~ # ifconfig bridge3 ifpathcost em0 20000
```

Άσκηση 7: Εικονικά τοπικά δίκτυα (VLAN)

7.1) Στο PC1 δημιουργήστε με βάση την em0 δύο νέες διεπαφές, μία που να ανήκει στο VLAN 5 και μία στο VLAN 6. Δώστε σε αυτές τις IPv4 διευθύνσεις 192.168.5.1/24 και 192.168.6.1/24, αντίστοιχα.

```
root@PC1:~ # ifconfig em0.5 create
root@PC1:~ # ifconfig em0.5 192.168.5.1/24
root@PC1:~ # ifconfig em0.6 create
root@PC1:~ # ifconfig em0.6 192.168.6.1/24
```

7.2) Στο B1 με βάση τη διεπαφή του LAN1 δημιουργήστε δύο νέες διεπαφές, μία για το VLAN 5 και μία για το VLAN 6.

```
root@PC:~ # ifconfig em0.5 create
root@PC:~ # ifconfig em0.6 create
```

7.3) Με βάση τη διεπαφή του B1 δημιουργήστε στο LNK1 μια νέα διεπαφή για το VLAN 6 και αντίστοιχα στο LNK3 μια νέα διεπαφή για το VLAN5.

```
root@PC:~ # ifconfig em2.6 create
root@PC:~ # ifconfig em1.5 create
```

7.4) Στο PC2 με βάση την em0 δημιουργήστε μια διεπαφή που να ανήκει στο VLAN 6 και δώστε σε αυτή την IP διεύθυνση 192.168.6.2/24.

```
root@PC2:~ # ifconfig em0.6 create
root@PC2:~ # ifconfig em0.6 192.168.6.2/24
```

7.5) Στο B2 αποσυνδέστε τη διεπαφή στο LNK2 και δημιουργήστε με βάση τις διεπαφές του στα LAN2 και LNK1 νέες διεπαφές για το VLAN 6.

```
root@PC:~ # ifconfig em1.6 create
root@PC:~ # ifconfig em2.6 create
```


7.6) Στο PC3 δημιουργήστε μια διεπαφή που να ανήκει στο VLAN 5 και δώστε σε αυτή την IP διεύθυνση 192.168.5.3/24.

```
root@PC:~ # ifconfig em0.5 create
root@PC:~ # ifconfig em0.5 192.168.5.3/24
```

7.7) Με βάση τις διεπαφές του B3 στα LAN3 και LNK3 δημιουργήστε νέες διεπαφές για το VLAN 5.

```
root@PC:~ # ifconfig em2.5 create
root@PC:~ # ifconfig em0.5 create
```

7.8) Από το PC1 μπορείτε να κάνετε ping στις διευθύνσεις 192.168.6.2 και 192.168.5.3; **Ναι**

```
root@PC1:~ # ping 192.168.6.2
PING 192.168.6.2 (192.168.6.2): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.6.2: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.812 ms
64 bytes from 192.168.6.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.414 ms
^C
--- 192.168.6.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.414/1.613/1.812/0.199 ms

root@PC1:~ # ping 192.168.5.3
PING 192.168.5.3 (192.168.5.3): 56 data bytes
64 bytes from 192.168.5.3: icmp_seq=0 ttl=64 time=1.809 ms
64 bytes from 192.168.5.3: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.937 ms
^C
--- 192.168.5.3 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 1.809/1.873/1.937/0.064 ms
```

7.9) Για τη συνέχεια αφαιρέστε από το επικάλυπτον δένδρο τη διεπαφή της γέφυρας bridge1 στο LAN1.

```
root@PC:~ # ifconfig bridge1 -stp em0
```

7.10) Στο PC1 ξεκινήστε μια λεπτομερή καταγραφή στη διεπαφή em0 ώστε να εμφανίζονται οι επικεφαλίδες Ethernet καθώς και το περιεχόμενο των πλαισίων σε δεκαεξαδική μορφή.

```
root@PC1:~ # tcpdump -i em0 -e -vvv -x
```

7.11) Στο PC2 καθαρίστε τον πίνακα ARP και εκτελέστε την εντολή ping -c 1 192.168.1.1. Ποια είναι η τιμή του πεδίου Ethertype των πλαισίων για τα πακέτα ARP: **0x0806**

και ποια για τα πακέτα IPv4;: **0x0800**

7.12) Στη συνέχεια στο PC2 εκτελέστε την εντολή ping -c 1 192.168.6.1. Σε τι διαφέρουν τα πλαίσια Ethernet που παράγονται τώρα από τα προηγούμενα; **Έχουν μεγαλύτερο μέγεθος λόγω VLAN tag (4 bytes)**

7.13) Ποια είναι η τιμή του πεδίου Ethertype τώρα; **ethertype 802.1Q (0x8100) (VLAN Tag)**

Πώς ξεχωρίζουν τα πακέτα ARP από τα πακέτα IP; **Ακολουθεί πεδίο ethertype που υποδεικνύει τον τύπο πλαισίου.**

7.14) Σε ποιο πεδίο της επικεφαλίδας Ethernet εμφανίζεται η πληροφορία για το VLAN; **byte 2-3 στο VLAN tag**

7.15) Στο PC1 ξεκινήστε μια νέα λεπτομερή καταγραφή στη διεπαφή του στο VLAN 5 όπου να εμφανίζονται οι επικεφαλίδες Ethernet καθώς και το περιεχόμενο των πλαισίων σε δεκαεξαδική μορφή.

```
root@PC1:~ # tcpdump -i em0.5 -e -vvv -x
```

7.16) Στο PC3 καθαρίστε τον πίνακα ARP και εκτελέστε την εντολή ping -c 1 192.168.5.1. Ποια τιμή έχει τώρα το πεδίο Ethertype στα πλαίσια ARP: **0x0806**

και ποια στα πακέτα που μεταφέρουν μηνύματα ICMP; **0x0800**

Υπάρχει πεδίο σχετικό με VLAN; **Όχι**

7.17) Στη γέφυρα bridge1 προσθέστε στο επικάλυπτον δένδρο τη διεπαφή του B1 στο LAN1. Στο PC1 ξεκινήστε μια νέα καταγραφή όπως πριν, αλλά στη διεπαφή em0 αυτή τη φορά.

ifconfig bridge1 stp em0, tcpdump -i em0 -e -vvv -x

7.18) Είναι τα πλαίσια Ethernet που μεταφέρουν BPDU του ίδιου τύπου με αυτά που παρατηρήσετε προηγουμένως;

Όχι, απουσιάζει το VLAN Tag, έχουμε ενθυλάκωση IEEE 802.3

Τι υπάρχει στη θέση του πεδίου Ethertype; **802.3**

7.19) Εάν δεν είχατε αφαιρέσει τη διεπαφή του B1 στο LAN1 από το επικάλυπτον δέντρο, ποιο φίλτρο θα χρησιμοποιούσατε στις προηγούμενες καταγραφές στο PC1 ώστε να μην συλλαμβάνετε πλαίσια BPDU:

tcpdump not stp