

<b>Όνοματεπώνυμο:</b> Ιωάννης Γιαννούκος	<b>Όνομα PC:</b> John John
<b>Ομάδα:</b> 1	<b>Ημερομηνία:</b> 28/3/2023

## Εργαστηριακή Άσκηση 4 Εισαγωγή στη δρομολόγηση

### Άσκηση 1

1.1) Η διεύθυνση IP αποτελείται από δύο διακριτά μέρη: τον αριθμό δικτύου και τον αριθμό host. Ο αριθμός δικτύου είναι κοινός για όλες τις διεπαφές που βρίσκονται σε κοινό δίκτυο, ενώ η διεύθυνση IP κάθε διεπαφής είναι μοναδική, καθώς ο αριθμός host είναι μοναδικός για κάθε διεπαφή σε κοινό δίκτυο.

1.2) Ο αριθμός δικτύου της διεύθυνσης 192.220.147.2/22 ορίζεται από τα πρώτα 22 bit, δηλαδή είναι 192.220.144.0 (1100 0000 1101 1100 1001 0000 (τα υπογραμμισμένα ψηφία μετατράπηκαν σε 0 από 1)).

1.3) Το 100 στο δυαδικό σύστημα μεταφράζεται σε 0110 0100. Δηλαδή, για 100 ξεχωριστές διευθύνσεις στο ίδιο υποδίκτυο θα χρειαστούν (τα τελευταία) 7 ψηφία. Εφόσον η μάσκα υποδικτύου καταλαμβάνει 22 bits, από τα συνολικά 32 bits απομένουν  $32 - 22 - 7 = 3$  bits. Με 3 bits μπορούν να κωδικοποιηθούν 8 αριθμοί, επομένως, στον οργανισμό αυτόν μπορούν να δημιουργηθούν 8 υποδίκτυα.

1.4) Η κλάση C παρέχει 254 διευθύνσεις για συσκευές/διεπαφές.

1.5) Από τις παρακάτω διευθύνσεις ιδιωτικές είναι οι  $b$ ,  $d$  και  $e$ .

- a. 15.0.0.1
- b. 10.50.10.10
- c. 168.192.5.25
- d. 172.33.155.20
- e. 192.168.56.207

1.6) Ένας δρομολογητής μπορεί να καταλάβει αν μπορεί να στείλει απευθείας πακέτα σε κάποια συσκευή μέσα από τις διεπαφές του από τον αριθμό δικτύου της διεύθυνσης προορισμού. Εάν αυτός ανήκει στο υποδίκτυο του δρομολογητή, τότε μπορεί να το προωθήσει.

1.7) Η διεύθυνση εκπομπής στο δίκτυο 10.50.10.0/23 είναι η 10.50.11.255.

1.8) Η διεύθυνση 208.23.55.11 ανήκει στην κλάση C, αφού τα πρώτα δύο bits είναι 1 και το τρίτο είναι 0 (1101 ...).

1.9) 147,102 (1001 0011 0110 0110 ...) Οι διευθύνσεις IP του ΕΜΠ ανήκουν στην κλάση B, αφού το πρώτο bit είναι 1 και το δεύτερο 0.

1.10) Στο δίκτυο 147.102.0.0/17 ο αριθμός host έχει μήκος  $32 - 17 = 15$  bits. Επομένως, στο δίκτυο αυτό μπορούν να αποδοθούν  $2^{15}$  ( $32.768_{10}$ ) διευθύνσεις.

1.11) Το (α) δίκτυο με 100 συσκευές θα πρέπει να έχουν αριθμό host μήκους 7 bits. Το (β) δίκτυο με 60 συσκευές θα πρέπει να έχουν αριθμό host μήκους 6 bits. Το (γ) δίκτυο με 20 συσκευές θα πρέπει να έχουν αριθμό host μήκους 5 bits. Το (δ) δίκτυο με 10 συσκευές θα πρέπει να έχουν αριθμό host μήκους 4 bits.

Επομένως, μπλοκ διευθύνσεων κάθε δικτύου θα έχει ως εξής:

Δίκτυο (α): 10.11.12.0/25	(0000-1010 0000-1011 0000-1100 0000..)
Δίκτυο (β): 10.11.12.128/26	(0000-1010 0000-1011 0000-1100 1000..)
Δίκτυο (γ): 10.11.12.192/27	(0000-1010 0000-1011 0000-1100 1100..)
Δίκτυο (δ): 10.11.12.224/28	(0000-1010 0000-1011 0000-1100 1110..)

1.12) Ναι, στην προηγούμενη κατανομή μπορεί να χωρέσει ένα ακόμη υποδίκτυο, έστω (ε), με μάσκα υποδικτύου 10.11.12.240/28. Αφού η μάσκα υποδικτύου του (ε) είναι 28 bits, απομένουν  $32 - 28 = 4$  bits για τον αριθμό host. Ωστόσο, η διεύθυνση 10.11.12.255 είναι η διεύθυνση εκπομπής, επομένως δεν θα μπορεί να ανήκει στο υποδίκτυο αυτό. Έτσι, το (ε) θα μπορεί να έχει έως και  $2^4 - 1 = 15$  υπολογιστές/διεπαφές.

1.13) Τα μπλοκ διευθύνσεων 171.12.4.0/24, 171.12.5.0/24, 171.12.6.0/24, 171.12.7.0/24 και 171.12.8.0/24 μπορούν να συγχωνευτούν στο δίκτυο 171.12.0.0/20 (1010-1011 0000-1100 0000-0000 0000-0000).

## Άσκηση 2

2.1) Ναι, η επιλογή “Generate new MAC addresses for all network adapters” επιλέχθηκε κατά τη δημιουργία των εικονικών μηχανημάτων, επειδή θέλω κάθε εικονική κάρτα δικτύου να έχει μοναδική φυσική διεύθυνση. Αυτό εξυπηρετεί τον σκοπό κάθε μηχανήματος να είναι ξεχωριστό και να μην υπάρχει πρόβλημα, για παράδειγμα, όταν χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο ARP.

2.2) Κάνω ping από το *PC1* στο *PC2* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.2”. Το ping **επιτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC1* στο *PC3* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.18”. Το ping **επιτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC1* στο *PC4* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.29”. Το ping **αποτυγχάνει**.

2.3) Κάνω ping από το *PC2* στο *PC3* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.18”. Το ping **αποτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC2* στο *PC4* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.29”. Το ping **αποτυγχάνει**.

2.4) Κάνω ping από το *PC4* στο *PC1* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.1”. Το ping **αποτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC4* στο *PC2* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.2”. Το ping **αποτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC4* στο *PC3* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.18”. Το ping **επιτυγχάνει**.

2.5) Κάνω ping από το *PC3* στο *PC1* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.1”. Το ping **επιτυγχάνει**.

Κάνω ping από το *PC3* στο *PC2* με την εντολή  
“ping -c 1 192.168.1.2”. Το ping **αποτυγχάνει**.

2.6) Το μήνυμα “No route to host” εμφανίζεται στα παραπάνω αποτυχημένα pings, επειδή σε αυτά προσπαθώ να δημιουργήσω επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών που ανήκουν σε ξεχωριστά υποδίκτυα. Το μήνυμα αυτό λοιπόν μας πληροφορεί ότι δεν υπάρχει η διεύθυνση προορισμού στο υποδίκτυο του υπολογιστή αποστολέα.

2.7) Σε συνέχεια με την απάντηση του προηγούμενου υποερωτήματος (2.6), εφόσον οι υπολογιστές βρίσκονται σε ξεχωριστά υποδίκτυα, δεν είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ τους. Ωστόσο, όταν ένας υπολογιστής ανήκει σε υποδίκτυο με μικρότερο μήκος αριθμού δικτύου, του οποίου τα ψηφία είναι κοινά με αυτά ενός αριθμού δικτύου μεγαλύτερου μήκους, μπορεί να υπάρξει μονόδρομη επικοινωνία, δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα να σταλεί *ICMP echo request*, αλλά όχι να απαντηθεί *ICMP echo reply*.

Για αυτόν το λόγο μερικά `pings` απλά δεν λαμβάνουν απάντηση, επειδή ο υπολογιστής-δέκτης βρίσκεται σε υποδίκτυο με μεγαλύτερο μήκος αριθμού δικτύου.

2.8) Αλλάζω την μάσκα υποδικτύου κάθε εικονικού μηχανήματος σε 255.255.255.240 με την εντολή `ifconfig em0 inet 192.168.1.X netmask 255.255.255.240`, ( $X = 1, 2, 18, 29$ ).

2.9) Από τα προηγουμένως επιτυχημένα `pings` πλέον αποτυγχάνουν αυτά μεταξύ των PC1 και PC3.

2.10) Από τα `pings` που πριν δεν λάμβανα απάντηση, πλέον εμφανίζεται το μήνυμα `"No route to host"` σημαίνοντας ότι δεν είναι δυνατή καμία επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών.

### Άσκηση 3

3.1) Το εσωτερικό δίκτυο των PC{3,4} μπορώ να το αλλάξω από το κύριο παράθυρο του VirtualBox, αλλάζοντας την επιλογή της επικεφαλίδας `"Attached to:"` της καρτέλας `"Network"` των ρυθμίσεων.

3.2) Ξεκινώ μια καταγραφή στον R1 στο LAN1 εκτελώντας την εντολή `tcpdump -i em0 -l | tee file1.txt` (αποθηκεύοντας την καταγραφή στο αρχείο `file1.txt`). Έπειτα, κάνω `ping` από το PC1 στη διεπαφή του R1 στο LAN1 εκτελώντας την εντολή `ping -c 3 192.168.1.14`. Στην καταγραφή του R1 παρατηρώ πακέτα *ARP*, καθώς και πακέτα *ICMP*.

3.3) Ξεκινώ μια καταγραφή στον R1 στο LAN2 σε νέο παράθυρο (`Alt + F2`) εκτελώντας την εντολή `tcpdump -i em1 -l | tee file2.txt` (αποθηκεύοντας την καταγραφή στο αρχείο `file2.txt`). Έπειτα, κάνω `ping` από το PC3 στη διεπαφή του R1 στο LAN2 εκτελώντας την εντολή `ping -c 3 192.168.1.17`. Στην καταγραφή του R1 παρατηρώ πακέτα *ARP*, καθώς και πακέτα *ICMP*.

3.4) Κάνω `ping` από το PC1 στο PC3 εκτελώντας την εντολή `ping -c 3 192.168.1.18`. Στα LAN{1,2} δεν παρατηρώ καμία κίνηση πακέτων, ούτε *ARP* ούτε *ICMP*, και στο PC1 εμφανίζεται το μήνυμα `"No route to host"`.

3.5) Κάνω ping από το PC3 στο PC1 εκτελώντας την εντολή “`ping -c 3 192.168.1.1`”. Στα LAN{1,2} δεν παρατηρώ καμία κίνηση πακέτων, ούτε *ARP* ούτε *ICMP*, και στο PC3 εμφανίζεται το μήνυμα “No route to host”.

3.6) Τα 2 προηγούμενα pings (3.4, 3.5) απέτυχαν, καθώς τα PC{1,3} ανήκουν σε ξεχωριστά υποδίκτυα και δεν έχουν κανέναν τρόπο να επικοινωνήσουν. Μόνο όταν οι υπολογιστές ανήκουν σε κοινό υποδίκτυο μπορούν να επικοινωνήσουν, είτε άμεσα είτε με τη βοήθεια γεφυρών.

3.7) Εκτελώντας την εντολή “`arp -a`” στο PC1 βλέπω τα περιεχόμενα του πίνακα *ARP* του. Βλέπω ότι στον πίνακα *ARP* περιέχεται η εγγραφή για την διεύθυνση της διεπαφής του R1 στο LAN1 (και η εγγραφή για την κάρτα δικτύου του PC1).

3.8) Εκτελώντας την εντολή “`arp -a`” στο PC2 βλέπω τα περιεχόμενα του πίνακα *ARP* του. Βλέπω ότι ο πίνακας *ARP* περιέχει μόνο την εγγραφή για την δική του κάρτα δικτύου (του PC2). Αυτό είναι λογικό, αφού δεν έχει γίνει προσπάθεια για κάποια επικοινωνία του PC2 με κάποιον άλλον υπολογιστή, είτε ως πομπός είτε ως δέκτης.

3.9) Εκτελώντας την εντολή “`arp -a`” στο R1 βλέπω τα περιεχόμενα του πίνακα *ARP* του. Βλέπω ότι ο πίνακας *ARP* περιέχει τις εγγραφές για τις διευθύνσεις των PC{1,3} (καθώς και τις εγγραφές για τις δικές του κάρτες δικτύου).

3.10) Καθαρίζω τον πίνακα *ARP* του R1 με την εντολή “`arp -a -d`”. Εκτελώντας ξανά την εντολή “`arp -a`”, βλέπω ότι ο πίνακας *ARP* περιέχει πλέον μόνο τις εγγραφές για τις δικές του κάρτες δικτύου.

3.11) Ξεκινώ μία καταγραφή στον R1 σε ξεχωριστή κονσόλα (Alt + F2) στο LAN1 για *ARP* και *ICMP* πακέτα με την εντολή “`tcpdump -i em0 arp or icmp`”. Έπειτα, από την αρχική κονσόλα κάνω ping στα PC{1,2} με τις αντίστοιχες εντολές “`ping -c 1 192.168.1.1`” και “`ping -c 1 192.168.1.2`”.

3.12) Με την εντολή “`arp -a`” βλέπω τα περιεχόμενα του πίνακα *ARP* του R1, και διαπιστώνω ότι προστέθηκαν 2 νέες εγγραφές, οι διευθύνσεις των PC{1,2}. Αυτό είναι αναμενόμενο, επειδή, αφού διαγράψαμε τα περιεχόμενα του πίνακα *ARP* στο υποερώτημα (3.10), ο R1 δεν γνώριζε τις διευθύνσεις MAC των PC{1,2} και, έτσι, έστειλε πακέτα *ARP* για να τις μάθει και να τις αποθηκεύσει στον πίνακά του.

3.13) Εμφανίζω το περιεχόμενο του πίνακα ARP του PC1 με την εντολή “arp -a” και βλέπω ότι αποτελούνται ακόμα από 2 εγγραφές: την αντιστοιχία MAC – IP του PC1 και την εγγραφή για την διεύθυνση MAC του R1 (η εγγραφή αυτή καταχωρήθηκε στο υποερώτημα 3.2 και δεν έχει περάσει ακόμα το προκαθορισμένο χρονικό όριο λήξης της εγγραφής).

3.14) Ξεκινώ μία καταγραφή στον R1 σε ξεχωριστή κονσόλα (Alt + F2) στο LAN2 για ARP και ICMP πακέτα με την εντολή “tcpdump -i em1 arp or icmp”. Έπειτα, από την αρχική κονσόλα κάνω ping στα PC{3,4} με τις αντίστοιχες εντολές “ping -c 1 192.168.1.18” και “ping -c 1 192.168.1.29”. Παρατηρώ ότι προστέθηκαν 2 εγγραφές, κάθε μία από τις οποίες αφορά την αντιστοιχία διευθύνσεων MAC – IP των PC{3,4}.

3.15) Παρακάτω έχει καταγραφεί η αντιστοιχία όλων των διευθύνσεων IP με τις αντίστοιχες διευθύνσεις MAC, με την βοήθεια του πίνακα ARP του R1:

PC\Addresses	IP	MAC
<b>PC1</b>	192.168.1.1	08:00:27:d4:9d:13
<b>PC2</b>	192.168.1.2	08:00:27:fe:57:4c
<b>PC3</b>	192.168.1.18	08:00:27:21:df:54
<b>PC4</b>	192.168.1.29	08:00:27:9e:66:2f

3.16) Ξεκινώ μία νέα καταγραφή στον R1 στο LAN1 από νέα κονσόλα (Alt + F2) με την εντολή “tcpdump -i em0 arp or icmp”. Έπειτα, κάνω ping σε ένα ανύπαρκτο σύστημα στο LAN1 με την εντολή “ping -c 3 192.168.1.5”. Από την καταγραφή βλέπω ότι παράχθηκαν πακέτα ARP από τον R1, αλλά κανένα πακέτο ICMP. Η αποστολή πακέτων ARP είναι αναμενόμενη, επειδή ο R1 προσπαθεί να επικοινωνήσει με ένα μηχάνημα που βρίσκεται στο ίδιο υποδίκτυο με αυτό και έτσι αρχικά στέλνει μηνύματα *ARP request* για να μάθει την διεύθυνση MAC του. Ωστόσο, αυτό φυσικά αποτυγχάνει, αφού δεν υπάρχει μηχάνημα με διεύθυνση IP 192.168.1.5, και έτσι δεν παράγονται πακέτα *ICMP request*.

3.17) Αμέσως μετά την εκτέλεση της εντολής ping του προηγούμενου υποερωτήματος, ο πίνακας ARP του R1 περιέχει μία καινούργια εγγραφή με την εξής πληροφορία: “(192.168.1.5) at (incomplete) on em0 expired”. Δηλαδή, παρόλο που εισάγεται εγγραφή στον πίνακα, αυτή είναι ημιτελής.

3.18) Αφού επαναλάβω το ping αυξάνοντας σταδιακά το πλήθος δοκιμών από 3 σε 6, διαγράφοντας κάθε φορά τα περιεχόμενα του πίνακα ARP, παρατηρώ ότι στις 3 πρώτες προσπάθειες απλά το ping αποτυγχάνει χωρίς να εμφανίζεται κάποιο σχετικό μήνυμα. Όταν, όμως, προσπαθώ να κάνω

ping με την εντολή “`ping -c 6 192.168.1.5`”, εμφανίζεται το μήνυμα “Host is down”. Ο πίνακας ARP ωστόσο εξακολουθεί να προσθέτει την ημιτελή εγγραφή για την διεύθυνση του ανύπαρκτου μηχανήματος και να την διαγράφει μετά από σύντομο χρονικό διάστημα.

## Άσκηση 4

4.1) Ενεργοποιώ τη λειτουργία προώθησης πακέτων IPv4 στον R1 με την εντολή “`sysctl net.inet.ip.forwarding=1`”.

4.2) Για παραμένει η ρύθμιση του ερωτήματος (4.1) και μετά από επανεκκίνηση του μηχανήματος θα πρέπει να προσθέσω στο αρχείο `/etc/rc.conf` την εξής γραμμή: “`gateway_enable=“YES”`”.

4.3) Δοκιμάζοντας πάλι να κάνω ping από το PC1 στο PC3 με την εντολή “`ping -c 2 192.168.1.18`” παρατηρώ ότι πλέον εξακολουθεί να μην υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των υπολογιστών και εμφανίζεται το σχετικό μήνυμα “host is down”.

4.4) Όχι, εκτελώντας την εντολή “`netstat -rn`” προκειμένου να εμφανίσω τον πίνακα δρομολόγησης για το IPv4 στο PC1, διαπιστώνω ότι δεν υπάρχει διαδρομή για το LAN2.

4.5) Στο εικονικό μηχάνημα PC1 ορίζω ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1 με την εντολή “`route add default 192.168.1.14`”.

4.6) Εκτελώντας ξανά την εντολή “`netstat -rn`” παρατηρώ ότι στον πίνακα δρομολόγησης του PC1 προστέθηκε η εξής εγγραφή:

Destination	Gateway	Flags	Netif Expire
Default	192.168.1.14	UGS	em0

4.7) Δοκιμάζοντας πάλι να κάνω ping από το PC1 στο PC3 με την εντολή “`ping -c 2 192.168.1.18`” παρατηρώ ότι το ping εξακολουθεί να αποτυγχάνει το ping, ωστόσο δεν εμφανίζεται το μήνυμα “host is down”.

4.8) Στον R1 ξεκινώ 2 καταγραφές σε νέες κονσόλες: η πρώτη στο LAN1 με την εντολή “`tcpdump -i em0 arp or icmp`” και η δεύτερη στο LAN2 με την εντολή “`tcpdump -i em1 arp or icmp`”. Κάνοντας τώρα ping από το PC1 στο PC3 παρατηρώ ότι παράγονται μηνύματα ICMP echo request στο LAN1, ωστόσο δεν απαντώνται από αντίστοιχα μηνύματα *ICMP echo reply*. Αυτό είναι λογικό, επειδή, παρόλο που για τον PC1 έχει

τεθεί ο R1 ως προεπιλεγμένη πύλη, δεν έχει γίνει το αντίστοιχο και για τον PC3. Έτσι, ο PC3 λαμβάνει τα πακέτα από τον PC1, αλλά δεν μπορεί να απαντήσει.

4.9) Στο PC3 ορίζω ως προεπιλεγμένη πύλη τον R1 με την εντολή `"route add default 192.168.1.17"`.

4.10) Δοκιμάζω ξανά να κάνω ping από το PC1 στο PC3 με την εντολή `"ping -c 2 192.168.1.18"` και πλέον φαίνεται ότι πλέον υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των 2 μηχανημάτων.

4.11) Εκτελώ την εντολή `"traceroute 192.168.1.18"` και παρατηρώ ότι μετρούνται 2 βήματα από το PC1 στο PC3. Έτσι, καταλαβαίνω ότι ο router προσμετράται στα βήματα που κάνει ένα πακέτο.

4.12) Καθαρίζω τους πίνακες ARP σε όλα τα εικονικά μηχανήματα PC{1,3} και R1 εκτελώντας σε κάθε ένα την εντολή `"arp -a -d"`.

4.13) Ξεκινώ δύο καταγραφές στον δρομολογητή R1 σε δύο ξεχωριστές κονσόλες (Alt + F2 και Alt + F3) με τις εξής εντολές: `"tcpdump -i em0 -e -vvn"` και `"tcpdump -i em1 -e -vvn"`.

4.14) Κάνω ping από το PC1 στο PC3 στέλνοντας 1 μόνο πακέτο με την εντολή `"ping -c 1 192.168.1.18"`.

4.15) [LAN1] Το μήνυμα *ICMP echo request* έχει τις εξής διευθύνσεις πηγής:

IP: 192.168.1.1 (PC1)

MAC: 08:00:27:d4:9d:13 (PC1)

και τις εξής διευθύνσεις προορισμού:

IP: 192.168.1.18 (PC3)

MAC: 08:00:27:ce:4a:03 (R1,διεπαφή στο LAN1)

4.16) [LAN2] Το μήνυμα *ICMP echo request* έχει τις εξής διευθύνσεις πηγής:

IP: 192.168.1.1 (PC1)

MAC: 08:00:27:98:c0:89 (R1, διεπαφή στο LAN2)

και τις εξής διευθύνσεις προορισμού:

IP: 192.168.1.18 (PC3)

MAC: 08:00:27:21:df:54 (PC3)



4.17) Ένας απλός τρόπος να αναλογιστούμε την παραπάνω διαδικασία είναι ο εξής: οι υπολογιστές που ανήκουν σε ίδιο τοπικό δίκτυο (και κοινό υποδίκτυο) γνωρίζουν πάντα τις φυσικές διευθύνσεις των υπολοίπων. Επομένως, οποιαδήποτε επικοινωνία μεταξύ τους μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας μόνο τις MAC διευθύνσεις. Μόνο στην περίπτωση που οι υπολογιστές ανήκουν σε ξεχωριστά υποδίκτυα, τα οποία συνδέονται μέσω ενός δρομολογητή, χρειάζεται αναγκαστικά να χρησιμοποιήσουν τις IP διευθύνσεις. Για αυτό και οι διευθύνσεις αυτές δεν αλλάζουν, επειδή διαφορετικά θα υπήρχε σύγχυση για το αν το πακέτο προορίζεται για την προκαθορισμένη πύλη ή όχι, και εν τέλει το πακέτο θα χανόταν. Έτσι, οι διευθύνσεις MAC αλλάζουν ανάλογα με το τοπικό δίκτυο στο οποίο μεταφέρεται ένα πακέτο και οι διευθύνσεις IP παραμένουν σταθερές σε ολόκληρη την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών διαφορετικών υποδικτύων.

4.18) Από νέα κονσόλα στο PC1 (Alt + F2) συνδέομαι με SSH στο PC3 με την εντολή “ssh 192.168.1.18 -l lab”.

4.19) Στο PC1 χρησιμοποιώ την εντολή “netstat -an | grep 192.168.1.18” για να δω πληροφορίες για την παραπάνω σύνδεση. Βλέπω, λοιπόν, τις παρακάτω πληροφορίες:

Πρωτόκολλο μεταφοράς: TCP

Τοπική θύρα σύνδεσης: 42389

Απομακρυσμένη θύρα σύνδεσης: 22

4.20) Στον R1 εκτελώ την εντολή “netstat -p tcp”, αλλά δεν εμφανίζεται κάποια πληροφορία σχετικά με την παραπάνω σύνδεση. Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι ο δρομολογητής δεν μπορεί να «δει» πάνω από το επίπεδο δικτύου (IP). Έτσι, δεν ανιχνεύει πληροφορίες για το στρώμα μεταφοράς.

## Άσκηση 5

(Τροποποιώ την τοπολογία της άσκησης 4 αλλάζοντας το μήκος του αριθμού δικτύου του PC3 από 28 σε 29, και δεν ξεχνώ να θέσω τον R1 ως την προεπιλεγμένη πύλη).

5.1) Στα PC{1,2} ορίζω ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1 με την εντολή “route add default 192.168.1.14”, ενώ στα PC{3,4} τον ορίζω με την εντολή “route add default 192.168.1.17”.

5.2) Καθαρίζω τους πίνακες ARP σε όλα τα μηχανήματα με την εντολή “arp -a -d”.

5.3) Ξεκινώ μια καταγραφή στον R1 στη διεπαφή του στο LAN1 για πακέτα ARP και ICMP με την εντολή “tcpdump -i em0 arp or icmp”.

5.4) Ξεκινώ μια αντίστοιχη με την προηγούμενη καταγραφή στο PC4 για κίνηση ICMP και ARP στο LAN2 με την εντολή “tcpdump -i em0 arp or icmp”.

5.5) Από το PC1 κάνω ping στα PC{2,3,4} στέλνοντας ακριβώς 1 πακέτο ICMP request με τις εντολές “ping -c 1 192.168.1.X”, X = 2, 18, 29.

Ναι, τα ping από το προηγούμενο υποερώτημα ήταν επιτυχή.

5.6)

Πίνακας ARP του PC1:

IP: 192.168.1.1  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:d4:9d:13 [PC1]

IP: 192.168.1.2  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:fe:57:4c [PC2]

IP: 192.168.1.14  $\leftrightarrow$  MAC 08:00:27:ce:4a:03 [R1, LAN1]

Πίνακας ARP του PC2:

IP: 192.168.1.1  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:d4:9d:13 [PC1]

IP: 192.168.1.2  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:fe:57:4c [PC2]

Πίνακας ARP του PC3:

IP: 192.168.1.18  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:21:df:54 [PC3]

IP: 192.168.1.17  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:98:c0:89 [R1, LAN2]

Πίνακας ARP του PC4:

IP: 192.168.1.29  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:9e:66:2f [PC4]

IP: 192.168.1.17  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:98:c0:89 [R1, LAN2]

Πίνακας ARP του R1:

IP: 192.168.1.1  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:d4:9d:13 [PC1]

IP: 192.168.1.18  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:21:df:54 [PC3]

IP: 192.168.1.29  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:9e:66:2f [PC4]

IP: 192.168.1.14  $\leftrightarrow$  MAC 08:00:27:ce:4a:03 [R1, LAN1]

IP: 192.168.1.17  $\leftrightarrow$  MAC: 08:00:27:98:c0:89 [R1, LAN2]

5.7)

PC1  $\rightarrow$  R1 : ARP request

R1  $\rightarrow$  PC1 : ARP reply

PC1  $\rightarrow$  R1 : ICMP echo request

R1  $\rightarrow$  PC1 : ICMP echo reply

PC1  $\rightarrow$  R1 : ICMP echo request

R1  $\rightarrow$  PC4 : ARP request

PC4 → R1 : *ARP reply*  
R1 → PC4 : *ICMP echo request*  
PC4 → R1 : *ICMP echo reply*  
R1 → PC1 : *ICMP echo reply*

5.8) Καθαρίζω τους πίνακες ARP σε όλα τα μηχανήματα με την εντολή “arp -a -d”. Έπειτα, ξεκινώ καταγραφές στα PC{3,4} και R1 για το LAN2 θέτοντας φίλτρο έτσι ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα *ICMP* και *ARP*, φροντίζοντας να εμφανίζονται στην οθόνη και οι διευθύνσεις MAC των πλαισίων που τα μεταφέρουν, με την εντολή “tcpdump -i emX -e arp or icmp”, X = 0 για PC{3,4}, X = 1 για R1.

5.9) Από νέο παράθυρο στο PC3 κάνω ping στο PC4 στέλνοντας 1 ακριβώς πακέτο *ICMP request* με την εντολή “ping -c 1 192.168.1.29”.

Ναι, το ping ήταν επιτυχές. Επίσης, παρατηρώ ότι ο R1 στέλνει μήνυμα στο PC3 αναφέροντας ότι θα γίνει επαναπροώθηση (redirect) του πακέτου που έστειλε στον υπολογιστή με διεύθυνση 192.168.1.29 (PC4).

5.10)

Πίνακας ARP του R1:

IP: 192.168.1.14 ↔ MAC 08:00:27:ce:4a:03 [**R1, LAN1**]  
IP: 192.168.1.17 ↔ MAC: 08:00:27:98:c0:89 [**R1, LAN2**]  
IP: 192.168.1.18 ↔ MAC: 08:00:27:21:df:54 [**PC3**]  
IP: 192.168.1.29 ↔ MAC: 08:00:27:9e:66:2f [**PC4**]

Πίνακας ARP του PC3:

IP: 192.168.1.18 ↔ MAC: 08:00:27:21:df:54 [**PC3**]  
IP: 192.168.1.17 ↔ MAC: 08:00:27:98:c0:89 [**R1, LAN2**]

Πίνακας ARP του PC4:

IP: 192.168.1.29 ↔ MAC: 08:00:27:9e:66:2f [**PC4**]  
IP: 192.168.1.18 ↔ MAC: 08:00:27:21:df:54 [**PC3**]  
IP: 192.168.1.17 ↔ MAC: 08:00:27:98:c0:89 [**R1, LAN2**]

5.11)

PC3 → (Broadcast) : *ARP request*  
R1 → PC3 : *ARP reply*  
PC3 → R1 : *ICMP echo request*  
R1 → (Broadcast) : *ARP request*  
R1 → PC3 : *ICMP redirect*  
PC4 → R1 : *ARP reply*  
R1 → PC4 : *ICMP echo request*  
PC4 → (Broadcast) : *ARP request*  
PC3 → PC4 : *ARP reply*  
PC4 → PC3 : *ICMP echo reply*

5.12) Το PC3 με το ARP request που στέλνει αναζητεί την διεύθυνση MAC του R1 και το PC4 με το ARP request που στέλνει αναζητεί την MAC του PC3.

5.13) Το μήνυμα ICMP request του PC3 αποστέλλεται προς τον R1 και όχι απευθείας προς τον PC4 επειδή ο PC4 δεν ανήκει στο υποδίκτυο του PC3, και έτσι ο PC4 δεν υπάρχει για τον PC3. Για αυτόν το λόγο και ο PC3 επικοινωνεί με την προεπιλεγμένη πύλη (R1). Ο PC4 βέβαια μπορεί να αντιληφθεί την ύπαρξη του PC3 (αφού ο PC4 έχει μήκος αριθμού δικτύου 28, και ο PC3 και PC4 έχουν ίδιο πρόθεμα μέχρι το 28<sup>ο</sup> bit).

5.14) Ο R1 χειρίζεται το ICMP echo request που του έστειλε ο PC3 με τον εξής τρόπο: αρχικά στέλνει ARP request προς τον PC4 και μετά ICMP redirect στον PC3, έτσι ώστε να μάθει την MAC του PC4 στην οποία θα προωθήσει το ICMP echo request και επίσης να ενημερώσει τον PC3 ότι θα γίνει η προώθηση αυτή σε κάποιον άλλο υπολογιστή, έτσι ώστε να «περιμένει» απάντηση από τον PC4.

5.15) Η απάντηση του PC4 στο PC3 στάλθηκε απευθείας, χωρίς την συμβολή του R1. Αυτό συνέβη επειδή ο PC4 έχει μήκος αριθμού δικτύου 28, και ο PC3 και PC4 έχουν ίδιο πρόθεμα μέχρι το 28<sup>ο</sup> bit. Έτσι, ο PC4 μπορεί να αντιληφθεί την ύπαρξη του PC3 χωρίς την βοήθεια δρομολογητή.

5.16) Ξεκινώ παρόμοιες καταγραφές με το ερώτημα (5.8) στα PC{3,4} και R1 με φίλτρο ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα ICMP και φροντίζοντας να εμφανίζονται στην οθόνη οι διευθύνσεις MAC των πλαισίων που τα μεταφέρουν με τις εντολές “tcpdump -i emX -e icmp”, X = 0 για PC{3,4}, X = 1 για R1.

5.17) Από το PC3 κάνω ping στο PC4 με την εντολή “ping 192.168.1.29” και το αφήνω να «τρέχει».

Παρατηρώ ότι παρόλα τα μηνύματα ICMP redirect που στέλνει συνεχώς ο R1 στο PC3, ο PC3 εξακολουθεί να στέλνει τα ICMP echo request στον R1, επειδή ο PC4 δεν ανήκει στο ίδιο υποδίκτυο, και έτσι, αν και γνωρίζει την διεύθυνση του PC4, δεν μπορεί να επικοινωνήσει απευθείας μαζί του.

Εν τέλει, αυτό που συμβαίνει εν συντομία είναι το εξής:

- το PC3 στέλνει ICMP echo request στον R1 και λαμβάνει τα αντίστοιχα ICMP reply πακέτα από το PC4,

- ο R1 λαμβάνει τα ICMP echo request από το PC3 και στέλνει ICMP echo request στο PC4 και ICMP redirect στο PC3,

- το PC4 λαμβάνει τα ICMP echo request από τον R1 και στέλνει απευθείας ICMP echo reply στο PC3.

5.18) Επαναφέροντας στο PC3 το μήκος προθέματος δικτύου σε 28 παρατηρώ ότι πλέον τα ICMP echo request πακέτα που στέλνει το PC3 πάνε κατευθείαν στο PC4, χωρίς την μεσολάβηση του R1, αφού πλέον πρόκειται για επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών του ίδιου τοπικού δικτύου. (Σταματώ το ping από το PC3 στο PC4 και κλείνω τις καταγραφές).

5.19) Στο PC3 ορίζω διαδρομή προς το δίκτυο 192.168.1.24/29 μέσω του R1 με την εντολή `“route add 192.168.1.24/29 192.168.1.17”`. Έπειτα, καταγράφω παρακάτω τον πίνακα δρομολόγησης του PC3 για προορισμούς σε υποδίκτυα του 192.168.0.0/16 (με την εντολή `“netstat -rn”`):

Πίνακας δρομολόγησης του PC3:

Destination	Gateway	Flags	Netif Expire
192.168.1.16/28	link#1	U	em0
192.168.1.18	link#1	UHS	lo0
192.168.1.24/29	192.168.1.17	UGS	em0

5.20) Ξεκινώ ξανά καταγραφές στα PC{3,4} και R1 για το LAN2 με φίλτρο ώστε να συλλαμβάνονται μόνο πακέτα ICMP με τις εντολές `“tcpdump -i emX -e icmp”`, X = 0 για PC{3,4}, X = 1 για R1. Αν τώρα κάνω ping από το PC3 στο PC4 θα παρατηρήσω ότι όλα τα πακέτα πλην του 1<sup>ου</sup> πηγαίνουν κατευθείαν στο PC4 χωρίς την μεσολάβηση του R1.

5.21) Πλέον προστέθηκε στον πίνακα δρομολόγησης του PC3 η εγγραφή με την διεύθυνση του PC4. Η εγγραφή αυτή διαφέρει σε 2 μέρη με τις υπόλοιπες: στην διεύθυνση IP δεν αναφέρεται το μήκος του προθέματος δικτύου και τα Flags της είναι “UGHD”.

5.22) Όχι, το PC3 δεν επικοινωνεί πλέον με τα μηχανήματα του LAN1, καθώς δεν διαθέτει πια εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του με διεύθυνση προεπιλεγμένης πύλης.

5.23) Στο PC3 ορίζω ως προεπιλεγμένη πύλη τον δρομολογητή R1 με την εντολή `“route add default 192.168.1.17”`. Εκτελώντας την εντολή `“tracert 192.168.1.29”` για να διαπιστώσω την διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα που στέλνονται με προορισμό το PC4, τα πακέτα ICMP θα αποσταλούν κατευθείαν στο PC4, καθώς τα δύο μηχανήματα ανήκουν στο ίδιο τοπικό δίκτυο και στο ίδιο υποδίκτυο, χωρίς έτσι να χρειάζεται η συμβολή οποιουδήποτε ενδιάμεσου δρομολογητή.

## Άσκηση 6

6.1) Δημιουργώ στο R1 μία ψευδο-συσκευή γέφυρα bridge που περιλαμβάνει τις διεπαφές του στα LAN{1,2} και την ενεργοποιώ με την εντολή “`ifconfig bridge1 create; ifconfig bridge1 addm em0 addm em1 up`”.

6.2) Στο PC1 δημιουργώ με βάση την em0 νέες διεπαφές στα VLAN{5,6} με IP διευθύνσεις 192.168.{5,6}.1/24, αντίστοιχα, με τις εντολές “`ifconfig em0.X create; ifconfig em0.X inet 192.168.X.1/24; ifconfig em0.X vlan X vlandev em0`”, X=5,6.

6.3) Στο PC2 δημιουργώ με βάση την em0 νέα διεπαφή στο VLAN5 με IP διεύθυνση 192.168.5.2/24 με την εντολή “`ifconfig em0.5 create; ifconfig em0.5 inet 192.168.5.2/24; ifconfig em0.5 vlan 5 vlandev em0`”.

6.4) Στο PC3 δημιουργώ με βάση την em0 νέα διεπαφή στο VLAN6 με IP διεύθυνση 192.168.6.18/24 με την εντολή “`ifconfig em0.6 create; ifconfig em0.6 inet 192.168.6.18/24; ifconfig em0.6 vlan 6 vlandev em0`”.

6.5) Στο PC4 δημιουργώ με βάση την em0 νέα διεπαφή στο VLAN5 με IP διεύθυνση 192.168.5.29/24 με την εντολή “`ifconfig em0.5 create; ifconfig em0.5 inet 192.168.5.29/24; ifconfig em0.5 vlan 5 vlandev em0`”.

6.6) Στον R1 δημιουργώ με βάση τις διεπαφές του στα LAN{1,2} (em{0,1}) δημιουργώ νέες διεπαφές για τα VLAN{5,6} με τις εντολές “`ifconfig emX.Y create; ifconfig emX.Y inet 192.168.Y.Z/24; ifconfig emX.Y vlan Y vlandev emX`”, X=0,1 , Y=5,6 , Z=14,17.

6.7) Όχι, δεν μπορώ να κάνω ping από το PC3 σε όλες τις διεπαφές του PC1, και πιο συγκεκριμένα σε όλες εκτός αυτής στο VLAN6.

6.8) Όχι, δεν μπορώ να κάνω ping από το PC4 σε όλες τις διεπαφές του PC1, και πιο συγκεκριμένα σε όλες εκτός αυτής στο VLAN5.

6.9) Τα προηγούμενα αποτυχημένα pings απέτυχαν επειδή οι διεπαφές των μηχανημάτων δεν ανήκαν στα ίδια VLANs.

6.10) Ναι, πλέον όλα τα pings από το PC3 στις διεπαφές του PC1 είναι επιτυχημένα.

6.11) Όχι, δεν μπορώ να κάνω ping από το PC4 σε όλες τις διεπαφές του PC2, και πιο συγκεκριμένα σε όλες εκτός αυτής στο VLAN5.

6.12) Όχι, δεν μπορώ να κάνω ping από το PC3 σε καμία από τις διεπαφές του PC2.

6.13) Απενεργοποιώ τη λειτουργία προώθησης πακέτω IPv4 στο PC1 με την εντολή `sysctl net.inet.ip.forwarding=1` και ορίζω ως νέα προεπιλεγμένη πύλη του PC2 την 192.168.1.1 με την εντολή `route change default 192.168.1.1`.

6.14) Ναι, πλέον επιτυγχάνουν τα pings από το PC3 σε όλες τις διεπαφές του PC2.

6.15) Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι διευθύνσεις IP/MAC των PC{1,2,3}:

PC\Addresses	IP	MAC
<b>PC1</b>	192.168.1.1	08:00:27:d4:9d:13
<b>PC2</b>	192.168.1.2	08:00:27:fe:57:4c
<b>PC3</b>	192.168.1.18	08:00:27:21:df:54

Καθαρίζω τους πίνακες των PC{1,2,3} με την εντολή `arp -a -d`.

6.16) Στα PC{1,2,3} ξεκινώ καταγραφές φροντίζοντας να εμφανίζονται οι επικεφαλίδες Ethernet των πλαισίων με την εντολή `tcpdump -e`.

6.17) Στο PC3 εκτελώ την εντολή `ping -c 1 192.168.1.2`. Παρακάτω καταγράφω την κίνηση που δημιουργήθηκε, χρονικά:

PC3 → (Broadcast) : ARP request

PC1 → PC3 : ARP reply

PC3 → PC1 : ICMP echo request

PC1 → (Broadcast) : ARP request

PC2 → PC1 : ARP reply

PC1 → PC2 : ICMP echo request

PC2 → PC1 : ICMP echo reply

PC1 → PC3 : ICMP echo reply

6.18) Στο PC3 ξεκινώ ένα ping προς το PC4 με την εντολή `ping 192.168.5.29` και το αφήνω να «τρέχει». Όχι, παρατηρώ ότι το ping δεν είναι επιτυχές.

6.19) PC4: “tcpdump -e”

Το PC4 στέλνει πακέτα ICMP echo reply, ωστόσο αυτά κατευθύνονται προς τον R1, καθώς έχει οριστεί ως προεπιλεγμένη πύλη για το PC4.

6.20) Ναι, ορίζοντας ως προεπιλεγμένη πύλη την 192.168.5.1 στο PC4, το ping από το PC3 στο PC4 πλέον επιτυγχάνει.