

Όνοματεπώνυμο: Ιωάννης Γιαννούκος	Όνομα PC: John John
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 5/4/2023

Εργαστηριακή Άσκηση 6 Εισαγωγή στο Quagga και FRRouting (FRR)

Προετοιμασία του αρχείου frr.ovn

Εκτελώ τις παρακάτω εντολές από το εικ. μηχάνημα για την εγκατάσταση του FRR:

1. «Ορίζω τον τρόπο δικτύωσης της κάρτας δικτύου σε NAT»
2. `dhclient em0`
3. `ping www.google.com # επιτυγχάνει`
4. `pkg update -f`
5. `pkg install frr7 -f`
6. `echo kern.ipc.maxsockbuf=16777216 >> /etc/sysctl.conf`
7. `chown frr:frr /usr/local/etc/frr`
8. `touch /usr/local/etc/frr/{vtysh,zebra,staticd}.conf`
9. `chown frr:frr /usr/local/etc/frr/{vtysh,zebra,staticd}.conf`
10. `echo 'gateway_enable="YES"' >> /etc/rc.conf ;`
`echo 'frr_enable="YES"' >> /etc/rc.conf ;`
`echo 'frr_daemons="zebra staticd"' >> /etc/rc.conf ;`
`vi /etc/rc.conf # hostname "R0"`
11. `echo 'setenv VTYSH_PAGER "more -EFX"' >> /etc/csh.cshrc`
12. `rm /etc/resolv.conf ; poweroff`
13. # Ορίζω τις άλλες κάρτες δικτύου σε Internal
δικτύωση και την κάθε μία σε ξεχωριστό LAN (1,2,3,4).
14. `service -e | egrep "sshd|frr"`
15. `history -c # έπειτα κάνω Export Appliance από το`
VBox και δημιουργώ ένα αρχείο frr.ovn.

Άσκηση 1

1.1) Προσπαθώ να συνδεθώ με telnet στην πόρτα 2601 του localhost με την εντολή `"telnet localhost 2601"`. Το μήνυμα λάθους που εμφανίζει η υπηρεσία του zebra είναι «Vty password is not set».

1.2) Με την εντολή `"vtysh"` μπορώ να έχω απευθείας πρόσβαση διαχειριστή στο περιβάλλον του FRR.

1.3) Πατώντας το πλήκτρο '?' εμφανίζονται 22 διαθέσιμες εντολές.

1.4) Πληκτρολογώντας μόνο τα 2 πρώτα γράμματα μίας από τις εντολές που εμφανίσθηκαν και μετά το πλήκτρο `tab`, παρατηρώ ότι ολοκληρώνεται αυτόματα η εντολή που προσπαθώ να γράψω. Σημειώνεται ότι αν πληκτρολογηθεί πρόθεμα 2 ή περισσότερων εντολών, θα χρειαστεί να πατηθεί το `tab` 2 φορές για να εμφανισθούν όλες οι δυνατές εντολές με το πρόθεμα αυτό.

1.5) Πληκτρολογώντας μόνο τα 2 πρώτα γράμματα της εντολής `configure` και μετά το πλήκτρο `tab`, παρατηρώ ότι δεν γίνεται καμία πράξη, επειδή υπάρχουν περισσότερες από μία εντολές με πρόθεμα `co-`. Αν πατήσω το πλήκτρο `?` βλέπω ότι εμφανίζονται οι εντολές με το πληκτρολογηθέν πρόθεμα καθώς και μια σύντομη περιγραφή τους.

1.6) Πληκτρολογώ την εντολή `sh ver`. Για να μάθω την ολοκληρωμένη σύνταξη της εντολής πατώ `tab` και βλέπω ότι αυτή είναι η `sh version`.

1.7) Ο συντομότερος τρόπος για να δώσω την εντολή `write terminal` είναι να πληκτρολογήσω το `wr-`, μετά `tab`, μετά `t-` και μετά ξανά `tab`.

1.8) Μπορώ να δω την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR με την εντολή `show running-config`.

1.9) Μπορώ να εισέλθω σε κατάσταση «Global Configuration Mode» με την εντολή `configure terminal`.

1.10) Αφού εισέλθω σε κατάσταση Global Configuration Mode με την παραπάνω εντολή, αλλάζω το όνομα του εικ. δρομολογητή με την εντολή `hostname R1`. Κάνοντας αυτό, παρατηρώ ότι η αλλαγή αυτή φαίνεται στην προτροπή (prompt) που εμφανίζεται.

1.11) Ορίζω συνθηματικό πρόσβασης `ntua` για πιστοποίηση χρηστών κατά την απομακρυσμένη είσοδο με την εντολή `password ntua`.

1.12) Για να βρεθώ στο κέλυφος του UNIX πρέπει να δώσω την εντολή `exit` δύο φορές.

1.13) Δοκιμάζοντας πάλι το `telnet` στην πόρτα 2601 του `localhost` (`telnet localhost 2601`) παρατηρώ ότι πλέον ζητείται το συνθηματικό, που μόλις προηγουμένως όρισα.

1.14) Κάθε φορά που εισέρχομαι στο περιβάλλον διαχείρισης μέσω `telnet` βρίσκομαι σε επίπεδο λειτουργίας User EXEC. Αν θέλω στη συνέχεια να μεταβώ στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC, τότε θα πρέπει να εκτελέσω την εντολή `enable`.

1.15) Πατώντας το πλήκτρο '?' εμφανίζονται 9 διαθέσιμες προς εκτέλεση εντολές.

1.16) Παρατηρώ ότι στο επίπεδο λειτουργίας User EXEC μπορώ να εκτελέσω μόνο 9 εντολές, ενώ στο επίπεδο Privileged EXEC μπορώ να εκτελέσω 22 εντολές. Γνωρίζω ότι στο πρώτο επίπεδο μπορώ να εκτελέσω μόνο εντολές που εμφανίζουν πληροφορίες σχετικά με το σύστημα και τις ρυθμίσεις του, ενώ στο δεύτερο μπορώ να εκτελέσω επιπλέον εντολές με τις οποίες μπορώ να αλλάξω ορισμένες ρυθμίσεις και παραμέτρους του συστήματος.

1.17) Με την εντολή `"show interface"` μπορώ να εμφανίσω πληροφορίες για όλες τις διεπαφές δικτύου.

1.18) Ελέγχω αν η λειτουργία προώθησης πακέτων IPv4 είναι ενεργοποιημένη με την εντολή `"show ip forwarding"`. Βλέπω ότι εμφανίζεται το μήνυμα «IP forwarding is on».

1.19) Εμφανίζω τον πίνακα δρομολόγησης του συστήματος με την εντολή `"show ip route"`.

1.20) Όχι, δεν μπορώ να δω την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR, καθώς δεν βρίσκομαι στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC. Επισημαίνεται ότι στο ερώτημα (1.8) βρισκόμουν στο επίπεδο αυτό.

1.21) Όπως αναφέρθηκε και στο ερώτημα (1.14), μπορώ να εισέλθω στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC με την εντολή `"enable"`, το οποίο και κάνω.

1.22) Ναι, πλέον μπορώ να δω την τρέχουσα παραμετροποίηση του FRR. Επίσης, βλέπω ότι εμφανίζεται το συνθηματικό `"ntua"` που όρισα στο ερώτημα (1.11).

1.23) Εμφανίζω όλους τους δυνατούς τρόπους σύνταξης των διαθέσιμων εντολών με την εντολή `"list"`.

1.24) Για να ορίσω συνθηματικό `"ntua"` για είσοδο στο επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC εκτελώ την εντολή `"enable password ntua"`.

1.25) Μπορώ να κρυπτογραφήσω τα συνθηματικά που εμφανίζονται στην τρέχουσα παραμετροποίηση, ώστε, εάν αποθηκεύσω στο αρχείο εκκίνησης τις αλλαγές που έκανα, να μην μπορεί κάποιος να τις διαβάσει, αφού μεταβώ στο επίπεδο λειτουργίας «Global Configuration Mode» και στη συνέχεια εκτελέσω την εντολή `"service password-encryption"`.

1.26) Ως γνωστόν, το πρωτόκολλο SSH προσφέρει μεγαλύτερη ασφάλεια στους χρήστες, επειδή στέλνει κρυπτογραφημένα τα δεδομένα μεταξύ clinet και host. Αντιθέτως, με το πρωτόκολλο telnet τα δεδομένα μεταφέρονται αυτούσια στο δίκτυο. Με το σκεπτικό αυτό, λοιπόν, θα προτιμούσα να χρησιμοποιήσω την σύνδεση με SSH στον δρομολογητή FRR, έτσι ώστε εάν θελήσω, για παράδειγμα, να αλλάξω κάποιον κωδικό του δρομολογητή, αυτός να μην εμφανισθεί αυτούσιος στα πακέτα που θα μεταφερθούν στο δίκτυο.

Άσκηση 2

2.1) Όρισα τις διευθύνσεις IP των PC{1,2} με τις αντίστοιχες εντολές φλοιού “`ifconfig em0 192.168.X.2/24`” X=1,2.

2.2) Ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em{0,1} εκτελώντας τις παρακάτω εντολές με την σειρά:

```
vttysh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
interface em1
ip address 192.168.2.1/24
exit
exit
exit
```

2.3) Μπορώ να επιβεβαιώσω την αλλαγή των διευθύνσεων IP των διεπαφών του R1 εκτελώντας είτε “`show running-config`” είτε “`show interface emX`” X=0,1 από το επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC.

2.4) Ελέγχω εάν η προώθηση πακέτων είναι ενεργοποιημένη στον R1 με την εντολή “`show ip forwarding`” και βλέπω το μήνυμα «IP forwarding is on» (εάν δεν ήταν ενεργοποιημένη θα εκτελούσα την εντολή “`ip forwarding`” για να την ενεργοποιήσω).

2.5) Προσθέτω στον πίνακα δρομολόγησης του PC1 στατική εγγραφή για το LAN2 με την εντολή “`route add -net 192.168.2.0/24 192.168.1.1`”.

2.6) Προσθέτω στον πίνακα δρομολόγησης του PC2 στατική εγγραφή για το LAN1 με την εντολή “`route add -net 192.168.1.0/24 192.168.2.1`”.

2.7) Δοκιμάζω την εντολή ping από το PC1 στο PC2 και βλέπω ότι οι δύο υπολογιστές επικοινωνούν.

2.8) Μέσω vtysh ορίζω στη διεπαφή em0 του R1 τη διεύθυνση IPv4 192.168.200/24 με τις εντολές “vtysh”, “configure terminal”, “interface em0”, “ip address 192.168.1.200/24”. Έπειτα, εκτελώντας την εντολή “show interface em0” από το επίπεδο λειτουργίας Privileged EXEC, παρατηρώ ότι η διεύθυνση 192.168.1.200/24 προστέθηκε στην διεπαφή em0 ως secondary.

2.9) Εμφανίζω, τώρα, πληροφορίες για την διεπαφή em0 του R1 από την γραμμή εντολών του εικ. μηχανήματος με την εντολή “ifconfig em0” και παρατηρώ ότι οι διευθύνσεις IP που εμφανίζονται συμφωνούν με αυτές που εμφανίστηκαν στο προηγούμενο υποερώτημα, (2.8).

2.10) Μέσω vtysh αφαιρώ τη διεύθυνση IP που όρισα στη διεπαφή em0 του R1 στο ερώτημα (2.8) με τις εντολές “vtysh” → “configure terminal” → “interface em0” → “no ip address 192.168.1.200/24”. Παρατηρώ ότι η εγγραφή αυτή έχει διαγραφεί.

2.11) Μπορώ να αποθηκεύσω τη διάρθρωση του R1 μέσω της εντολής “write memory” ή “write file”.

2.12) Αφού εκτελέσω μία από τις εντολές του (2.11), εμφανίζεται μήνυμα που αναφέρει ότι η παραμετροποίηση αποθηκεύτηκε στα αρχεία /usr/local/etc/frr/{zebra,staticd}.conf. Επίσης, αναφέρεται ότι το αρχείο vtysh.conf δεν επηρεάζεται από την διαδικασία αυτή.

Άσκηση 3

3.1) Ορίζω τις διευθύνσεις IP στα PC{1,2} με τις εντολές “ifconfig em0 inet 192.168.X.2/24” X=1,2, και θέτω στατικές διαδρομές προς LAN{1,2} στα PC{1,2} με τις εντολές, αντίστοιχα για τα PC{1,2}: “route add -net 192.168.2.0/24 192.168.1.1” και “route add -net 192.168.1.0/24 192.168.2.1”.

3.2) Μέσω vtysh ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em{0,1} του δρομολογητή R1 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
vtysh
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
```

```
interface em1
ip address 172.17.17.1/30
```

3.3) Μέσω vtysh ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών em{0,1} του δρομολογητή R2 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
vtys
configure terminal
interface em0
ip address 192.168.2.1/24
interface em1
ip address 172.17.17.2/30
```

3.4) Μέσω vtysh προσθέτω στον R1 κατάλληλη στατική εγγραφή για να μπορέσει το PC1 να επικοινωνήσει με το PC2 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
vtys
configure terminal
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.2
```

3.5) Μέσω vtysh προσθέτω στον R2 κατάλληλη στατική εγγραφή για να μπορέσει το PC2 να επικοινωνήσει με το PC1 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
vtys
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.1
```

3.6) Προσπαθώ να συνδεθώ από το PC1 στην υπηρεσία zebra του R1 με την εντολή “telnet 192.168.1.1 2601”. Αρχικά, παρατηρώ ότι όταν έχω εκτελέσει την εντολή vtysh από τον R1 δεν μπορώ να συνδεθώ μέσω άλλου υπολογιστή στην υπηρεσία zebra. Επίσης, για να είναι δυνατή η σύνδεση πρέπει να δώσω τον κατάλληλο κωδικό, δηλαδή αυτόν που έχω ορίσει από την άσκηση 1 (“ntua”).

3.7) Δεν είναι δυνατή η σύνδεση από το PC1 μέσω του R1 στον R2 για τον λόγο ότι δεν βρίσκομαι στον φλοιό του R1 και έτσι δεν μπορώ να εκτελέσω την εντολή telnet (ή ssh) για να εισέλθω στην υπηρεσία zebra του R2.

3.8) Αν ήθελα να συνδεθώ στον R2 από το PC1 θα έπρεπε να κάνω telnet στην διεύθυνση 192.168.2.1 του R2, επειδή ο R1 γνωρίζει πώς να δρομολογήσει πακέτα για το υποδίκτυο 192.168.2.0/24.

3.9) Από το PC2 συνδέομαι στην υπηρεσία zebra του R2 με την εντολή “telnet 192.168.2.1 2601”. Από τον R2 μπορώ να εκτελέσω την εντολή “who” για να δω πόσοι και ποιοι χρήστες είναι συνδεδεμένοι.

3.10) Από την σύνδεση PC2 → R2, πατώ το πλήκτρο “?” και βλέπω ότι δεν εμφανίζεται εντολή ping ή traceroute, επομένως δεν μπορώ να εκτελέσω

κάποια από τις δύο αυτές εντολές προς το PC1. Ωστόσο, από την τοπική σύνδεση οι δύο αυτές εντολές είναι εκτελέσιμες και, άρα, μπορώ να τις εκτελέσω.

3.11) Αν προσπαθήσω να κάνω ping ή traceroute στις περιπτώσεις R2 → PC1 και R1 → PC2, παρατηρώ ότι δεν ολοκληρώνονται. Αυτό συμβαίνει, φυσικά, επειδή δεν υπάρχουν οι αντίστοιχες εγγραφές δρομολόγησης προς τις διεπαφές των R{1,2} στο WAN1 στα PC{2,1}, αντίστοιχα.

3.12) Για να μπορώ να κάνω επιτυχημένα pings από τα PC{1,2} προς τις διεπαφές των R{1,2} στο WAN1 αρκεί να προσθέσω στατική εγγραφή στα PC{1,2} με το υποδίκτυο 172.17.17.0/30 και διεύθυνση προορισμού τον κοντινότερο δρομολογητή σε κάθε PC. Την αλλαγή αυτή την κάνω με τις εξής εντολές, αντίστοιχα στα PC1, PC2:

“route add -net 172.17.17.0/30 192.168.1.1” και

“route add -net 172.17.17.0/30 192.168.2.1”.

Άσκηση 4

4.1) Ορίζω τις διευθύνσεις των PC με την εντολή “ifconfig em0 inet 192.168.X.2” X=1,2 , και ορίζω ως προεπιλεγμένη πύλη τους δρομολογητές σε κοινά τοπικά δίκτυα με την εντολή “route add default 192.168.X.1” X=1,2.

4.2) Μέσω cli ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών του R1 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
hostname R1
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
interface em1
ip address 172.17.17.1/30
interface em2
ip address 172.17.17.5/30
```

4.3) Προσθέτω μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R1 την στατική εγγραφή, ώστε η κίνηση από το LAN1 προς το LAN2 να δρομολογείται μέσω του WAN1 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.2
```

4.4) Μέσω της ακολουθίας εντολών “cli” → “show ip route” εμφανίζω τον πίνακα δρομολόγησης του R1, ο οποίος έχει 5 εγγραφές: 1 για τον βρόχο επιστροφής, 1 για κάθε διεπαφή προς το δίκτυο στο οποίο είναι άμεσα συνδεδεμένη, και 1 για το δίκτυο 192.168.2.0/24, για το οποίο στέλνει τα πακέτα μέσω της διεπαφής του R2 στο WAN1.

4.5) Για τις διαδρομές προς τα απευθείας συνδεδεμένα δίκτυα αναφέρεται το σχετικό μήνυμα “... is directly connected, <interface name>”.

4.6) Η διαδρομή προς το LAN2 φαίνεται ότι έχει ορισθεί στατικά από το γράμμα ‘S’ που υπάρχει στην αρχή της γραμμής.

4.7) Παρόλο που με την εντολή “netstat -r” φαίνονται πολλές περισσότερες εγγραφές του πίνακα δρομολόγησης, οι πληροφορίες που δίνουν οι δύο εντολές συμφωνούν.

4.8) Στην εγγραφή προς το LAN2 που φαίνεται από την εκτέλεση της netstat φαίνονται ορισμένες οι σημαίες UG1. Η σημαία ‘U’ σημαίνει ότι η διαδρομή είναι ενεργή, η σημαία ‘G’ σημαίνει ότι ο προορισμός είναι πύλη (που θα αποφασίσει για το πώς θα προωθήσει τα πακέτα περαιτέρω), και η σημαία ‘1’ είναι «protocol specific», δηλαδή είναι μια τιμή που κωδικοποιεί το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται.

4.9) Μέσω cli ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών του R2 με την εξής ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
hostname R2
interface em0
ip address 192.168.2.1/24
interface em1
ip address 172.17.17.2/30
interface em2
ip address 172.17.17.9/30
```

4.10) Προσθέτω μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R2 στατική εγγραφή, ώστε η κίνηση από το LAN2 προς το LAN1 να δρομολογείται μέσω του WAN1 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.1
```

4.11) Μέσω cli ορίζω το όνομα και τις διευθύνσεις IP των διεπαφών του R3 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
hostname R3
```



```
interface em0
ip address 172.17.17.6/30
interface em1
ip address 172.17.17.10/30
```

4.12) Προσθέτω μέσω cli στον πίνακα δρομολόγησης του R3 στατικές εγγραφές, ώστε να μπορεί αυτός να επικοινωνήσει μέσω των συντομότερων διαδρομών με τα LAN{1,2} με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.5
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.9
```

4.13) Από το cli ελέγχω αν είναι ενεργοποιημένη η προώθηση πακέτων IP στον R3 με την ακολουθία εντολών “cli” → “show ip forwarding” και βλέπω ότι είναι ενεργοποιημένη. Αν δεν ήταν, θα εισήγαγα τις δύο εξής εντολές: “configure terminal” → “ip forwarding”.

4.14) Από το PC1 εκτελώ traceroute προς το PC2 και βλέπω ότι τα πακέτα ακολουθούν τη διαδρομή PC1 → R1 → R2 → PC2.

Άσκηση 5

5.1) Μέσω cli προσθέτω στον R1 δευτερεύουσα στατική εγγραφή για να δρομολογείται εναλλακτικά η κίνηση προς το LAN2 μέσω του R3 με την εξής ακολουθία εντολών: “cli” → “configure terminal” → “ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.6 2”.

5.2) Σημειώνεται ότι η προεπιλεγμένη προτεραιότητα των στατικών εγγραφών είναι 1, δηλαδή η μέγιστη. Επομένως, για να είναι η εγγραφή που εισάγω δευτερεύουσα, πρέπει να έχει προτεραιότητα μεγαλύτερη των υπολοίπων στατικών, και έτσι επιλέγω το 2.

5.3) Μέσω cli προσθέτω στον R2 δευτερεύουσα στατική εγγραφή για να δρομολογείται εναλλακτικά η κίνηση προς το LAN1 μέσω του R3 με την εξής ακολουθία εντολών: “cli” → “configure terminal” → “ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.1 2”.

5.4) Πλέον στους πίνακες δρομολόγησης των R{1,2} υπάρχουν 2 εγγραφές για κάθε LAN που δεν είναι άμεσα συνδεδεμένοι· και οι 2 εγγραφές είναι στατικές, όμως η μία έχει προτεραιότητα 1 και δεν στέλνει τα πακέτα στον R3, ενώ η άλλη έχει προτεραιότητα 2 (δευτερεύουσα εγγραφή) και στέλνει τα πακέτα στον R3.

5.5) Στον R1 η διαδρομή προς το LAN2 που είναι ενεργοποιημένη είναι αυτή που στέλνει τα πακέτα στον R2. Αυτό υποδεικνύεται με τον χαρακτήρα μεγαλύτερο ‘>’ που υπάρχει στην προτροπή (prompt). Η εγγραφή που δεν είναι ενεργοποιημένη δεν έχει αυτόν τον χαρακτήρα στην προτροπή της.

5.6) Η διαχειριστική απόσταση μιας εγγραφής φαίνεται ακριβώς μετά την διεύθυνση προορισμού της.

5.7) Στον R2 η διαδρομή προς το LAN1 που είναι ενεργοποιημένη είναι αυτή που στέλνει τα πακέτα στον R1.

5.8) Ενεργοποιώ τη λειτουργία link-detect στις διεπαφές των R{1,2} που βρίσκονται στο WAN1, ώστε το Quagga να μπορέσει να ανιχνεύσει πτώση της ζεύξης WAN1, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
interface em1
link-detect
```

5.9) Αποσυνδέω το καλώδιο στη διεπαφή του R1 ώστε να χαθεί η ζεύξη με το WAN1 κάνοντας δεξί κλικ στο εικονίδιο δικτύου στο κάτω μέρος του παραθύρου του R1 και κάνοντας αριστερό κλικ στο «Connect Network Adapter 2». Εναλλακτικά, οδηγούμε από το παράθυρο του VirtualBox στο εικ. μηχανήμα R1 “Settings” → “Network” → “Adapter 2” → “Advanced” → “Cable Connected”.

5.10) Βλέπω ότι πλέον η διαδρομή που είναι ενεργοποιημένη προς το LAN2 στον R1 είναι η δευτερεύουσα, προς τον R3.

5.11) Ναι, ως ένδειξη για την κατάσταση της άλλης διαδρομής προς το LAN2 υπάρχει η λέξη “inactive” στο τέλος της εγγραφής.

5.12) Όχι, πλην της αλλαγής στην κατάσταση της εγγραφής για την προώθηση στο LAN2 προς το WAN2 δεν υπάρχει άλλη αλλαγή.

5.13) Στον R2 η διαδρομή προς το LAN1 από το WAN1 είναι ακόμα ενεργοποιημένη, δηλαδή ο R2 δεν έχει αντιληφθεί την τεχνητή βλάβη που δημιουργήσα. Αυτό συμβαίνει επειδή το καλώδιο έχει αποσυνδεθεί μόνο από την πλευρά του R1 και όχι από αυτήν του R2.

5.14) Αποσυνδέω μέσω του VirtualBox το καλώδιο στη διεπαφή του R2 στο WAN1 (με την διαδικασία που αναφέρθηκε στο ερώτημα 5.9). Παρατηρώ τώρα ότι η μετάβαση στην εναλλακτική διαδρομή έγινε μετά την αποσύνδεση του καλωδίου.

5.15) Κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2 επιβεβαιώνω ότι η διαδρομή των πακέτων τώρα είναι η PC1 → R1 → R3 → R2 → PC2.

5.16) Συνδέομαι με SSH από το PC2 στο PC1 με την εντολή “ssh lab@192.168.1.2”. Έπειτα, επανασυνδέω τα καλώδια των R{1,2} στο WAN1 και παρατηρώ ότι η σύνδεση SSH δεν χάνεται.

5.17) Κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2 παρατηρώ ότι η διαδρομή που ακολουθείται τώρα είναι αυτή μέσω του WAN1.

Άσκηση 6

6.1) Ορίζω μέσω cli τη διεύθυνση διαχείρισης στη διεπαφή lo0 (loopback) των R{1,2,3} ως 172.22.22.{1,2,3}/32, αντίστοιχα, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
interface lo0
ip address 172.22.22.X/32
```

6.2) Όχι, δεν είναι δυνατό να κάνω ping από κάποιο από τα PC{1,2} στις διευθύνσεις loopback των R{1,2,3}.

6.3) Προσθέτω στον R1 μέσω cli στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R2 και R3 μέσω της απευθείας διαδρομής με την εξής ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.2/32 172.17.17.2
ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.6
```

6.4) Προσθέτω στον R2 μέσω cli στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R1 και R3 μέσω της απευθείας διαδρομής με την εξής ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.1/32 172.17.17.1
ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.10
```

6.5) Προσθέτω στον R3 μέσω cli στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R1 και R2 μέσω της απευθείας διαδρομής με την εξής ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.1/32 172.17.17.5
```

```
ip route 172.22.22.2/32 172.17.17.9
```

6.6) Ναι, πλέον μπορώ να κάνω ping από τα PC{1,2} στις διευθύνσεις loopback των R{1,2,3}.

6.7) Ξεκινώ καταγραφές στα PC{1,2} και κάνω ping από το R3 εναλλάξ προς αυτά. Παρατηρώ ότι στο PC1 τα πακέτα ICMP φτάνουν με διεύθυνση πηγής την 172.17.17.6, ενώ στο PC2 με διεύθυνση πηγής την 172.17.17.10.

6.8) Για να κάνω το ping να φαίνεται ότι γίνεται από την διεύθυνση loopback του R3 θα εκτελέσω την εντολή “ping -S 172.22.22.3 192.168.X.2”.

6.9) Ο ορισμός της προεπιλεγμένης διαδρομής εξυπηρετεί τον σκοπό της δρομολόγησης πακέτων προς διευθύνσεις IP διαφορετικού υποδικτύου ή/και διαφορετικού τοπικού δικτύου μέσω της προεπιλεγμένης πύλης, δηλαδή ενός δρομολογητή. Αυτή σημαίνει ότι μπορούμε να κάνουμε αλλαγές στην δρομολόγηση των πακέτων μαζικά ρυθμίζοντας τον πίνακα δρομολόγησης ενός μόνο μηχανήματος. Αν η προεπιλεγμένη διαδρομή δεν υπήρχε και υπήρχαν μόνο στατικές εγγραφές, τότε θα έπρεπε να ενημερώνουμε όλους τους υπολογιστές για αλλαγές στην τοπολογία των δικτύων, όπως συνδέσεις με καινούργια τοπικά δίκτυα ή κατάργηση αυτών κλπ. Επομένως, καταλαβαίνω ότι η ύπαρξη της προεπιλεγμένης διαδρομής είναι ουσιαστικά μια τεχνική αφαίρεσης πολυπλοκότητας από τους τερματικούς υπολογιστές σε δρομολογητές.

6.10) Αν δημιουργείτο βλάβη στη σύνδεση στο WAN1, τα pings από PC προς τη διεύθυνση loopback των δρομολογητών που θα αποτύγχαναν θα ήταν το PC1 → R2 και PC2 → R1. Αυτό θα συνέβαινε, επειδή ο RX που λαμβάνει το πακέτο προς δρομολόγηση από το PCX έχει μόνο μία εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του για την διεύθυνση loopback του δρομολογητή προορισμού η οποία χρησιμοποιεί τη σύνδεση στο WAN1 και δεν υπάρχει κάποια άλλη δευτερεύουσα εγγραφή για χρήση σε τέτοια περίπτωση βλάβης.

6.11) Προσθέτω μέσω cli στον R1 δευτερεύουσες στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R{2,3} μέσω της μακρινότερης διαδρομής με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.2/32 172.17.17.6 2
ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.2 2
```

6.12) Προσθέτω μέσω cli στον R2 δευτερεύουσες στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R{1,3} μέσω της μακρινότερης διαδρομής με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.1/32 172.17.17.10 2
ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.1 2
```

6.13) Προσθέτω μέσω cli στον R3 δευτερεύουσες στατικές εγγραφές για τη διεύθυνση loopback των R{1,2} μέσω της μακρινότερης διαδρομής με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 172.22.22.1/32 172.17.17.9 2
ip route 172.22.22.2/32 172.17.17.5 2
```

6.14) Στον R1 η διαδρομή που έχει επιλεγθεί για την διεύθυνση loopback για τον R2 είναι αυτή που προωθεί κατευθείαν προς τον R2 (μέσω του WAN1).

6.15) Αφού προσομοιώσω βλάβη της σύνδεσης στο WAN1, παρατηρώ ότι στον πίνακα δρομολόγησης του R1 η εγγραφή που είναι πλέον ενεργοποιημένη προς τον R2 είναι αυτή που προωθεί τα πακέτα στον R3. Έτσι, οι διαδρομές προς το WAN1, δηλαδή αυτές που έχουν διεύθυνση προώθησης την διεπαφή του R2 στο WAN1, είναι πλέον ανενεργές και έχουν την σήμανση «inactive».

6.16) Επαναφέρω την σύνδεση στο WAN1 και προσομοιώνω βλάβη της σύνδεσης στο WAN2. Παρατηρώ ότι σε αυτήν την περίπτωση οι εγγραφές προς το WAN2 δεν είναι επιλεγμένες, ενεργές, ωστόσο δεν έχουν την σήμανση «inactive», όπως στην περίπτωση της βλάβης του WAN1. Αυτό είναι λογικό, αφού δεν έχω ενεργοποιήσει την λειτουργία link-detect στην διεπαφή του R1 στο WAN2.

Άσκηση 7

7.1) Προσθέτω στον C1 κύρια στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω της συντομότερης διαδρομής και δευτερεύουσα στατική εγγραφή μέσω του C2, καθώς και τις αντίστοιχες ενέργειες για το δίκτυο 192.168.2.0/24, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 10.0.1.1 1
ip route 192.168.1.0/24 10.0.0.2 2
```

```
ip route 192.168.2.0/24 10.0.2.2 1
ip route 192.168.2.0/24 10.0.0.2 2
```

7.2) Προσθέτω στον C2 κύρια στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω της συντομότερης διαδρομής και δευτερεύουσα στατική εγγραφή μέσω του C1, καθώς και τις αντίστοιχες ενέργειες για το δίκτυο 192.168.2.0/24, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 10.0.1.5 1
ip route 192.168.1.0/24 10.0.0.1 2
ip route 192.168.2.0/24 10.0.2.5 1
ip route 192.168.2.0/24 10.0.0.1 2
```

7.3) Προσθέτω στον R1 κύρια και δευτερεύουσα στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 μέσω των C{1,2}, αντίστοιχα, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.2.0/24 10.0.1.2 1
ip route 192.168.2.0/24 10.0.1.6 2
```

7.4) Προσθέτω στον R2 κύρια και δευτερεύουσα στατική εγγραφή για το δίκτυο 192.168.1.0/24 μέσω των C{1,2}, αντίστοιχα, με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
ip route 192.168.1.0/24 10.0.2.2 1
ip route 192.168.1.0/24 10.0.2.6 2
```

7.5) Κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2 επιβεβαιώνω ότι υπάρχει επικοινωνία μεταξύ των PCs με την αναμενόμενη διαδρομή των πακέτων.

7.6) Αφού αποσυνδέσω την ζεύξη WAN2, κάνοντας traceroute βλέπω ότι το PC1 επικοινωνεί με το PC2.

7.7) Η διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα από το PC1 προς το PC2 (με την βλάβη στο WAN2 να υπάρχει) είναι η PC1 → R1 → C1 → C2 → R2 → PC2. Η διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα από το PC2 προς το PC1 (με την βλάβη στο WAN2 να υπάρχει) είναι η PC2 → R2 → C2 → R1 → PC1.

7.8) Κάνοντας traceroute από το PC1 προς το PC2 βλέπω ότι οι διευθύνσεις διαδρομής που εμφανίζονται είναι οι εξής:

```
192.168.1.1 [R1]
10.0.1.2    [C1]
10.0.1.6    [C2]
```

10.0.2.5 [R2]

192.168.2.2 [PC2]

Παρατηρώ ότι οι διευθύνσεις από τις οποίες διέρχονται τα πακέτα δεν συμπίπτουν με αυτές από τις οποίες επιστρέφονται. Για παράδειγμα, όταν το πακέτο με TTL=3 φτάνει στον C2 από την διεπαφή του στο CORE, αυτό στέλνεται από τον C2 από την διεπαφή του στο WAN3. Αυτό είναι λογικό, αφού στον πίνακα δρομολόγησης του C2 υπάρχει εγγραφή που οδηγεί τα πακέτα με προορισμό το δίκτυο 192.168.1.0/24 στην διεπαφή του R1 στο WAN3.

7.9) Κάνοντας ping από το PC2 στο PC1 και παρατηρώ ότι το πακέτο ICMP echo reply που αποστέλλεται από το PC1 έχει τιμή TTL=60. Επομένως, αφού $64 - 60 = 4$, αντιλαμβάνομαι ότι το πακέτο «πέρασε» από 4 δρομολογητές. Επομένως, βλέπω ότι το πακέτο έκανε $4 + 1$ βήματα για να φτάσει στον προορισμό του.

7.10) Εάν συμβεί ταυτόχρονη βλάβη στις ζεύξεις WAN{2,3} τα PCs εξακολουθούν να επικοινωνούν. Η διαδρομή αυτή θα είναι εξολοκλήρου η $PC1 \leftrightarrow R1 \leftrightarrow C1 \leftrightarrow C2 \leftrightarrow R2 \leftrightarrow PC2$.

7.11) Αν συμβεί ταυτόχρονη βλάβη στις ζεύξεις WAN{2,4} και κάνω ping από το PC1 στο PC2, τότε δεν θα υπάρχει δυνατότητα να φτάσουν τα πακέτα με οποιονδήποτε τρόπο στον R2. Αυτό που θα συμβεί θα είναι τα πακέτα να στέλνονται συνεχώς μεταξύ των C{1,2} μέχρι αυτά να έχουν TTL=0 για να επιστραφούν στο PC1.

7.12) Βλέπουμε στην άσκηση αυτή ότι από τους δύο δρομολογητές C{1,2} χρησιμοποιείται ως κύριος ο C1 και ως δευτερεύων ο C2. Δηλαδή, όλη η κίνηση περνά από τον C1 και οι πόροι που υπάρχουν στην σύνδεση με τον C2 μένουν ανεκμετάλλευτοι. Επομένως, υπάρχει κακή αξιοποίηση των πόρων που διατίθενται.