

| | |
|--|--------------------------------------|
| Όνοματεπώνυμο: Ανδρέας Στάμος (03120***) | Όνομα PC: linux / Ubuntu 22.04.2 LTS |
| Ομάδα: 1 | Ημερομηνία: 19/03/2024 |

Εργαστηριακή Άσκηση 6

Εισαγωγή στο Quagga και FRRouting (FRR)

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

Άσκηση 1

1.1 Εκτελώ: `telnet localhost 2601`

Το μήνυμα λάθους είναι: `Vty password is not set.`

1.2 `vttysh`

1.3 Εκτελούμε:

`vttysh -c '?' | wc -l`

Υπάρχουν 23 διαθέσιμες εντολές προς εκτέλεση.

1.4 Λαμβάνουμε μήνυμα λάθους: `Command incomplete.`, που είναι λογικό αφού δεν δώσαμε ως όρισμα προς ποια διεύθυνση θέλουμε να εκτελεστεί το `traceroute`.

1.5 Βλέπουμε τις δύο εντολές που έχουν ως πρόθεμα το `co`, δηλαδή την `configure` και την `copy`.

Πατώντας `?` βλέπουμε μια περιγραφή των δύο αυτών εντολών.

1.6 Βλέπουμε τις μεταβλητές με τις οποίες εκτελέστηκε το `configure` όταν έγινε η μεταγλώττιση του FRR.

Η πλήρης εντολή είναι: `show version`

1.7 Πρέπει να βρούμε το συντομότερο μοναδικό πρόθεμα των `write` και `terminal`, που είναι: `wr t`

1.8 `show running-config`

1.9 `configure terminal`

1.10 Εκτελώ: `hostname R1`

Το prompt του `vttysh` αλλάζει σε `R1`.

1.11 Εκτελώ: `password ntua`

1.12 2.

Μία για το Global Configuration Mode → Privileged EXEC Mode και άλλη μία για το Privileged EXEC Mode → UNIX shell.

1.13 Μας ζητείται ο κωδικός πρόσβασης. Δίνουμε το `ntua` που ορίσαμε προηγουμένως και εισερχόμαστε επιτυχώς.

1.14 User EXEC.

1.15 10

1.16 Είναι μικρότερος, που είναι λογικό αφού σε User EXEC Mode διαθέτουμε λιγότερα δικαιώματα σε σχέση με την Privileged EXEC Mode.

1.17 `show interface`

1.18 Εκτελώ: `show ip forwarding` και παρατηρώ ότι η προώθηση είναι ενεργή.

1.19 Εκτελώ: `show ip route` και παρατηρώ ότι ο πίνακας δρομολόγησης είναι κενός.

1.20 Όχι. Η εντολή `show running-config` απαιτεί να είμαστε σε Privileged EXEC Mode, ενώ τώρα βρισκόμαστε σε User EXEC Mode.

1.21 `enable`

- 1.22** Ναι μπορούμε και ο κωδικός πρόσβασης εμφανίζεται σε clear text.
- 1.23** 18
- 1.24** Εκτελώ: `list`
- 1.25** Εκτελώ: `configure terminal` για να εισέλθω σε Global Configuration Mode και έπειτα: `enable password ntua`
- 1.26** `service password-encryption`
- 1.27** `write file`
- 1.28** Μας ζητείται ο κωδικός πρόσβασης. Δίνουμε το `ntua` που ορίσαμε προηγουμένως και εισερχόμαστε επιτυχώς.
- 1.29** Συνδεθήκαμε σε Privileged EXEC Mode, χωρίς να μας ζητηθεί ο κωδικός πρόσβασης.
- 1.30** Γράφεται το αρχείο `/usr/local/etc/frr/frr.conf` που είναι το ενιαίο αρχείο ρυθμίσεων στις νέες εκδόσεις του FRR. Το παλιότερο σύστημα με τα χωριστά αρχεία ρυθμίσεων δεν υποστηρίζεται πια από το `vysh`.
- 1.31** Μέσω `ssh` διότι έτσι οι κωδικοί πρόσβασης μεταφέρονται κρυπτογραφημένοι. Αντίθετα με το `telnet` όλη η είσοδος, συνεπώς και ο κωδικός πρόσβασης, μεταδίδεται σε clear text, οπότε κάποιος ενδιάμεσος χρήστης θα μπορούσε να δει τον κωδικό πρόσβασης αποκτώντας έτσι μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο περιβάλλον ρυθμίσεων του δρομολογητή.

Άσκηση 2

2.1 Στα PC1, PC2:

```
vysh
configure terminal
hostname PCX
interface em0
ip address 192.168.Y.Z/24
```

όπου $(X, Y, Z) = [(1, 1, 2), (2, 2, 2)]$ αντίστοιχα.

2.2 Στον R1:

```
cli
configure terminal
hostname R1
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
interface em1
ip address 192.168.2.1/24
```

2.3 Εκτελώ από Privileged EXEC Mode: `show interface`.

Οι ρυθμίσεις έχουν συμβεί σωστά.

2.4 Στον R1 σε Privileged EXEC Mode:

```
show ip forwarding
```

Η προώθηση πακέτων είναι ενεργή.

2.5 Στο PC1 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.2.0/24 192.168.1.1
```

2.6 Στο PC2 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.1.0/24 192.168.2.1
```

2.7 `show ip route`

Στο PC1 εμφανίζεται το LAN1 ως απευθείας και το LAN2 μέσω του R1-LAN1.

Στο PC2 εμφανίζεται το LAN2 ως απευθείας και το LAN1 μέσω του R1-LAN2.

Στον R1 εμφανίζονται τα LAN1, LAN2 καθώς και το δίκτυο 127.0.0.0/8 του βρόχου επιστροφής ως απευθείας.

- 2.8** Έχει την σημαία S που σημαίνει στατική εγγραφή.
- 2.9** Συμφωνούν, όμως, με το `netstat -rn` βλέπουμε και τις εγγραφές προς τον βρόχο επιστροφής, που δεν φαίνονται από το `ntysh`.
- 2.10** Επικοινωνούν επιτυχώς.
- 2.11** Η διεπαφή `em0` έχει 2 διεύθυνσεις IPv4.
- 2.12** Ναι.
- 2.13** Στον R1 σε Interface Configuration Mode της `em0`:
- ```
no ip address 192.168.1.200/24
```
- Η διεύθυνση IP διαγράφηκε επιτυχώς, όπως βλέπουμε και με `show interface em0` από Privileged EXEC Mode καθώς και με `ifconfig` από UNIX Shell.
- 2.14** Στον R1 σε Privileged EXEC Mode:
- ```
write file
```
- 2.15**
1. `/usr/local/etc/quagga/zebra.conf`
 2. `/usr/local/etc/quagga/ripd.conf`
 3. `/usr/local/etc/quagga/ripngd.conf`
 4. `/usr/local/etc/quagga/ospfd.conf`
 5. `/usr/local/etc/quagga/ospf6d.conf`
 6. `/usr/local/etc/quagga/bgpd.conf`
 7. `/usr/local/etc/quagga/isisd.conf`
- 2.16** Στον R1 σε UNIX Shell:
- ```
config save
```

## Άσκηση 3

- 3.1** Επιβεβαιώθηκαν.
- 3.2** Στον R1 σε Interface Configuration Mode της `em1`:
- ```
no ip address 192.168.2.1/24
ip address 172.17.17.1/30
```
- Στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
hostname R1
```
- 3.3** Στον R2 (linked clone του R1 της Άσκησης 1) σε Interface Configuration Mode της `em0`:
- ```
no ip address 192.168.1.1/24
ip address 172.17.17.2/30
```
- Στον R2 σε Global Configuration Mode:
- ```
hostname R2
```
- 3.4** Στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.2
```
- 3.5** Στον R2 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.1
```
- 3.6** Πρέπει να οριστεί ο κωδικός πρόσβασης. Έτσι στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
password ntua
```
- Πλέον με `telnet 192.168.1.1 2601` στο PC1 συνδεόμαστε επιτυχώς στο `zebra` του R1.

- 3.7** Δεν μπορούμε, διότι το zebra δεν υποστηρίζει την εκτέλεση οποιασδήποτε εντολής UNIX, μόνο τις εντολές που είναι ορισμένες για αυτό (το telnet δεν περιλαμβάνεται σε αυτές), ούτε δίνει την δυνατότητα να εκτελέσουμε ένα remote shell μέσω αυτού.
- 3.8** Ναι επιτυγχάνει.
- 3.9** Στην 192.168.2.1 διότι ανήκει στο δίκτυο 192.168.2.0/24 για το οποίο υπάρχει κανόνας δρομολόγησης στο PC1. (για το δίκτυο 172.17.17.0/30 στο PC1 δεν υπάρχει κανόνας δρομολόγησης)
- 3.10** Στο PC2:
- ```
telnet 192.168.1.1 2601
```
- Τους συνδεδεμένους χρήστες βλέπουμε με την εντολή `who`.
- 3.11** Όχι.
- 3.12** Από την απομακρυσμένη σύνδεση όχι. Από την τοπική σύνδεση μέσω cli μπορούμε τρέχοντας σε Privileged EXEC Mode:
- ```
ping 192.168.1.1
```
- 3.13** Σχολιάζουμε την περίπτωση R1 → PC2. Αποτυγχάνει, διότι το R1 εκδίδει Echo Request με IPv4 διεύθυνση αποστολέα την 172.17.17.1. Το Echo Request φθάνει στο PC2, όμως αυτό δεν γνωρίζει πως να στείλει προς την 172.17.17.1 (δεν υπάρχει κανόνας δρομολόγησης), οπότε δεν αποστέλλει Echo Reply και έτσι στο ping στον R1 δεν βλέπουμε Echo Replies.
- 3.14** Στο PC1 σε Global Configuration Mode:
- ```
no ip route 192.168.2.0/24 192.168.1.1
ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
```
- 3.15** Στο PC2 σε Global Configuration Mode:
- ```
no ip route 192.168.1.0/24 192.168.2.1
ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
```
- 3.16** Ναι είναι, καθώς πλέον το PC2 αποστέλλει το Echo Reply προς την προκαθορισμένη πύλη, δηλαδή προς τον R2, που απευθείας το στέλνει στον R1 (είναι στο ίδιο υποδίκτυο WAN1, οπότε υπάρχει σχετικός κανόνας δρομολόγησης σε αυτόν).

Άσκηση 4

- 4.1** Επιβεβαιώθηκαν.
- 4.2** Στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
hostname R1
```
- Στον R1 σε Interface Configuration Mode της em0:
- ```
ip address 192.168.1.1/24
```
- Στον R1 σε Interface Configuration Mode της em1:
- ```
ip address 172.17.17.1/30
```
- Στον R1 σε Interface Configuration Mode της em2:
- ```
ip address 172.17.17.5/30
```
- 4.3** Στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.2
```
- 4.4** Στον R1 σε Privileged EXEC Mode:
- ```
show ip route
```
- Εμφανίζονται οι εξής διαδρομές:
- Για το δίκτυο 127.0.0.0/8 προς τον βρόχο επιστροφής.
 - Για το δίκτυο LAN1 192.168.1.0/24 απευθείας προς την em0.

- Για το δίκτυο WAN1 172.17.17.0/30 απευθείας προς την em1.
 - Για το δίκτυο WAN2 172.17.17.4/30 απευθείας προς την em2.
 - Για το δίκτυο LAN2 192.168.2.0/24 προς την 172.17.17.2.
- 4.6** Συμφωνούν, εκτός από τις εγγραφές που αφορούν τις διευθύνσεις του ίδιου μηχανήματος R1, που στο netstat εμφανίζονται ως χωριστοί κανόνες απευθείας προς τον βρόχο επιστροφής em0, ενώ δεν εμφανίζονται στο cli.
- 4.7** Στον R2 σε Global Configuration Mode:
- ```
hostname R2
```
- Στον R2 σε Interface Configuration Mode της em0:
- ```
ip address 172.17.17.2/30
```
- Στον R2 σε Interface Configuration Mode της em1:
- ```
ip address 192.168.2.1/24
```
- Στον R2 σε Interface Configuration Mode της em2:
- ```
ip address 172.17.17.9/30
```
- 4.8** Στον R2 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.1
```
- 4.9** Στον R3 σε Global Configuration Mode:
- ```
hostname R3
```
- Στον R3 σε Interface Configuration Mode της em0:
- ```
ip address 172.17.17.6/30
```
- Στον R3 σε Interface Configuration Mode της em1:
- ```
ip address 172.17.17.10/30
```
- 4.10** Στον R3 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.5
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.9
```
- 4.11** Ναι επιτυγχάνει.
- 4.12** Όχι αποτυγχάνει. Το Echo Request φθάνει στον R2 που όμως δεν έχει κανόνα δρομολόγησης για το δίκτυο WAN2 172.17.17.4/30, οπότε απορρίπτεται το πακέτο και δεν το προωθεί.
- 4.13** PC1 → R1 → R2 → PC2

## Άσκηση 5

- 5.1** Στον R1 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.2.0/24 172.17.17.6 2
```
- 5.2** Δόθηκε η τιμή 2 που είναι μεγαλύτερη από την προεπιλεγμένη τιμή 1 των στατικών εγγραφών, ώστε όταν το WAN1 είναι σε λειτουργία να προτιμάται ο R2.
- 5.3** Στον R2 σε Global Configuration Mode:
- ```
ip route 192.168.1.0/24 172.17.17.10 2
```
- 5.4** Στον R1 υπάρχουν οι εξής εγγραφές για το LAN2:
1. Προς την 172.17.17.2 μέσω της em1.
  2. Προς την 172.17.17.6 μέσω της em2.
- Στον R2 υπάρχουν οι εξής εγγραφές για το LAN1:
1. Προς την 172.17.17.1 μέσω της em0.
  2. Προς την 172.17.17.10 μέσω της em2.

- 5.5 Από την σημαία >, συμπεραίνουμε ότι επιλεγμένη είναι η εγγραφή προς την 172.17.17.2 (R2).
- 5.6 Στους κανόνες δρομολόγησης (όταν εκτυπώνονται με `show ip route`) υπάρχει ο χαρακτηρισμός [X,Y] όπου X,Y. Ο αριθμός X εκφράζει την διαχειριστική απόσταση, που πράγματι για την εγγραφή προς τον R2 είναι 1, ενώ για την εγγραφή προς τον R3 είναι 2.
- 5.7 Από την σημαία >, συμπεραίνουμε ότι επιλεγμένη είναι η εγγραφή προς την 172.17.17.1 (R1).
- 5.8 Στον R1 σε Interface Configuration Mode της em1: `link-detect` Στον R2 σε Interface Configuration Mode της em0: `link-detect`
- 5.9 Στο Status Bar, στην μενού των δικτύων, πατάμε Disconnect στην 2η διεπαφή.
- 5.10 Εκείνη προς τον R3 (172.17.17.6).
- 5.11 Ναι σημειώνεται ως `inactive`.
- 5.12 Ναι.
- 5.13 Προς το 172.17.17.1 (R1). Για τον R2 η σύνδεση με το WAN1 είναι ακόμα λειτουργική. Αυτό το οποίο κάνει το `link-detect` είναι να ανιχνεύει αν είναι συνδεδεμένο κάποιο φυσικό καλώδιο στην κάρτα δικτύου της αντίστοιχης διεπαφής, που εδώ το VirtualBox το έχει ως καταχωρημένο. Εξάλλου, δυνητικά θα μπορούσαν να υπάρχουν και άλλα μηχανήματα στο WAN1, με τα οποία ο R2 θα διατηρούσε την σύνδεσή του μετά την αποσύνδεση του R1 από το WAN1.
- 5.14 Ναι, πλέον επιλεγμένος είναι ο κανόνας δρομολόγησης προς 172.17.17.10 (R3).
- 5.15 Επιβεβαιώνεται.  
Πλέον ακολουθείται η διαδρομή:  
`PC1 → R1 → R3 → R2 → PC2`
- 5.16 Όχι δεν χάνεται.
- 5.17 Εκτελούμε `tracert` στο PC1 προς το PC2 και στο PC2 προς το PC1:  
Πλέον ακολουθείται ξανά η διαδρομή:  
`PC1 ↔ R1 ↔ R2 ↔ PC2`

## Άσκηση 6

- 6.1 Στην Interface Configuration Mode της lo0 των R1, R2, R3:  
`ip address 172.22.22.X/32` όπου X = 1, 2, 3 αντίστοιχα
- 6.2 Από το PC1 μπορούμε μόνο προς του R1 και από το PC2 μόνο προς του R2.  
Από το PC1 δεν μπορούμε προς του R2, R3 διότι ο R1 δεν έχει κανόνες δρομολόγησης για τις αντίστοιχες διευθύνσεις των R2, R3 οπότε δεν μπορεί να προωθήσει τα αντίστοιχα πακέτα.  
Από το PC2 δεν μπορούμε προς του R1, R3 διότι ο R2 δεν έχει κανόνες δρομολόγησης για τις αντίστοιχες διευθύνσεις των R1, R3 οπότε δεν μπορεί να προωθήσει τα αντίστοιχα πακέτα.
- 6.3 Στον R1 σε Global Configuration Mode:  
`ip route 172.22.22.2/32 172.17.17.2`  
`ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.6`
- 6.4 Στον R2 σε Global Configuration Mode:  
`ip route 172.22.22.1/32 172.17.17.1`  
`ip route 172.22.22.3/32 172.17.17.10`
- 6.5 Στον R3 σε Global Configuration Mode:  
`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 επιτυγχάνουν και τα 3 ping.
- 6.7 Στο PC1 φθάνει με διεύθυνση αποστολέα την 172.17.17.6 και στο PC2 φθάνει με διεύθυνση αποστολέα την 172.17.17.10.

**6.8** Θέτουμε στο ping το option -S 172.22.22.3.

Πράγματι, τότε στις καταγραφές βλέπουμε την διεύθυνση αποστολέα να είναι 172.22.22.3.

**6.9** Θα έπρεπε να ορίσουμε εγγραφές δρομολόγησης για κάθε διεύθυνση δικτύου. Στα αλήθεια όμως εδώ κάθε PC στην τρέχουσα τοπολογία, έχει πρόσβαση μόνο σε έναν δρομολογητή, οπότε δεν θα είχε νόημα να βάζουμε στατικές εγγραφές χωριστά για κάθε δίκτυο, αφού σε κάθε περίπτωση προορισμός του κανόνα δρομολόγησης είναι ο R1.**6.10** Αποτυγχάνουν τα PC1 → 172.22.22.2 (R2) και PC2 → 172.22.22.1 (R1). Αυτό συμβαίνει καθώς στους δρομολογητές R1 και R2 δεν έχουν δηλωθεί δευτερεύουσες διαδρομές για τις 172.22.22.2 και 172.22.22.1 οπότε οι R1 και R2 δεν γνωρίζουν πού να προωθήσουν τα αντίστοιχα πακέτα και έτσι τα απορρίπτουν.**6.11** Στον R1 σε Global Configuration Mode:

```
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** Στον R2 σε Global Configuration Mode:

```
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** Στον R3 σε Global Configuration Mode:

```
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** Η απευθείας προς τον R2 (μέσω WAN1).**6.15** Κάθε κανόνας δρομολόγησης προς το WAN1 είναι inactive.**6.16** Δεν έγινε κάποια εγγραφή inactive. Αυτό συμβαίνει διότι το option link-detect στην διεπαφή em2 του R1 (στο WAN2) δεν είναι ενεργή.

## Άσκηση 7

**7.1** Στον C1 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.1.0/24 10.0.1.1
ip route 192.168.2.0/24 10.0.2.1
ip route 192.168.1.0/24 10.0.0.2 2
ip route 192.168.2.0/24 10.0.0.2 2
```

**7.2** Στον C2 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.1.0/24 10.0.1.5
ip route 192.168.2.0/24 10.0.2.5
ip route 192.168.1.0/24 10.0.0.1 2
ip route 192.168.2.0/24 10.0.0.1 2
```

**7.3** Στον R1 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.2.0/24 10.0.1.2
ip route 192.168.2.0/24 10.0.1.6
```

**7.4** Στον R2 σε Global Configuration Mode:

```
ip route 192.168.1.0/24 10.0.2.2
ip route 192.168.1.0/24 10.0.2.6
```

**7.5** Με ping επιβεβαιώνεται η επικοινωνία. Με traceroute επιβεβαιώνεται πως ακολουθούνται οι διαδρομές που αναμένονται.**7.6** Ναι επικοινωνούν.**7.7** Με traceroute από το PC1 προς το PC2 παρατηρούμε ότι τα πακέτα PC1 → PC2 ακολουθούν την διαδρομή:  
PC1 → R1 → C1 → C2 → R2 → PC2

Με traceroute από το PC2 προς το PC1 παρατηρούμε ότι τα πακέτα PC2 → PC1 ακολουθούν την διαδρομή:

PC2 → R2 → C2 → R1 → PC1

**7.8** Προκύπτουν οι εξής IPv4 διευθύνσεις:

1. 192.168.1.1 (R1-LAN1)
2. 10.0.1.2 (C1-WAN1)
3. 10.0.1.6 (C2-WAN3)
4. 10.0.2.5 (R2-WAN4)
5. 192.168.2.2 (PC2)

Παρατηρούμε ότι στον δρομολογητή C2 εμφανίζεται η διεύθυνση του στο WAN3 παρόλο που τα πακέτα PC1 → PC2 δεν δρομολογούνται μέσω του WAN3. Αυτό που συμβαίνει είναι πως το traceroute βασίζεται στους ενδιάμεσους κόμβους μιας διαδρομής να στείλουν πακέτα ICMP Time Exceeded πίσω προς τον αποστολέα. Αυτά τα πακέτα όμως, είναι ανεξάρτητα πακέτα από τα αρχικά, και δρομολογούνται ανεξάρτητα. Έτσι, ενώ ο C2 λαμβάνει το πακέτο του PC1 από το CORE, στέλνει το ICMP Time Exceeded προς το PC1 μέσω της διεπαφής του WAN3 διότι αυτό υποδεικνύει ο πίνακας δρομολόγησής του για πακέτα με παραλήπτη το PC1.

**Συμπλήρωση:** Σε γενικές γραμμές, το traceroute θα λειτουργήσει σωστά αν η διαδρομή προς έναν ενδιάμεσο κόμβο είναι ίδια με την διαδρομή από εκείνον τον κόμβο προς τον αρχικό αποστολέα. Αν το κόστος των συνδέσεων είναι συμμετρικά και η δρομολόγηση είναι η ελάχιστου κόστους (αν έχουμε συγκλίνει σε αυτή και δεν είμαστε σε κάποια transient κατάσταση), τότε αυτή η ιδιότητα ισχύει καθώς κατά τα γνωστά για γραφήματα:

- Αν η βέλτιστη διαδρομή  $A \rightarrow B$  περνά από κόμβο  $\Gamma$ , τότε το τμήμα της βέλτιστης διαδρομής  $A \rightarrow B$  ως τον κόμβο  $\Gamma$  είναι μια διαδρομή ελάχιστου κόστους για το  $A \rightarrow \Gamma$ .
- Σε συμμετρικά γραφήματα, μια βέλτιστη διαδρομή  $A \rightarrow \Gamma$  είναι ταυτόχρονα και βέλτιστη διαδρομή  $\Gamma \rightarrow A$ .

Αν και κάποιος θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι μπορούν να υπάρχουν δύο διαδρομές ίσου ελάχιστου κόστους  $A \rightarrow \Gamma$  και  $\Gamma \rightarrow A$ , ειδικά αν επιλεγούν ως μετρικές αριθμοί πολλών σημαντικών ψηφίων, αυτό θεωρείται απίθανο.

**7.9** Βλέπουμε TTL=60. Το TTL έχει αρχική τιμή 64, οπότε μεσολάβησαν 4 δρομολογητές, δηλαδή 5 βήματα. Αυτά τα στοιχεία αφορούν στο Echo Reply που αποστέλλεται από το PC1 πίσω προς το PC2, οπότε όπως είδαμε προηγουμένως πράγματι ακολουθείται μια τέτοια διαδρομή 5 βημάτων:

PC1 → R1 → C1 → C2 → R2 → PC2

**7.10** Τα πακέτα επικοινωνούν. Πλέον και τα πακέτα PC1 → PC2 και τα πακέτα PC2 → PC1 ακολουθούν την διαδρομή, όπως παρατηρούμε με traceroute PC1 → PC2 και PC2 → PC1:

PC1 ↔ R1 ↔ C1 ↔ C2 ↔ R2 ↔ PC2

**7.11** Το ping αποτυγχάνει, χωρίς όμως κάποιο μήνυμα σφάλματος.

Αυτό που συμβαίνει, είναι πως ο κόμβος R2 έχει αποσυνδεθεί από το υπόλοιπο δίκτυο, οπότε μηνύματα δεν μπορούν να φθάσουν προς αυτόν και ούτε και προς το PC2.

Ωστόσο, αυτό που συμβαίνει τώρα είναι πως ο C1 αποστέλλει πακέτα για το LAN2 προς τον C2 και ο C2 αποστέλλει πακέτα για το LAN2, δημιουργώντας κύκλο με αναμεταδόσεις πακέτων μέχρι το TTL να μηδενιστεί.

**7.12** Η χειροκίνητη ρύθμιση είναι δύσκολη στην ορθή παραμετροποίηση και επιρρεπής σε ανθρώπινα λάθη, ειδικά σε corner cases, όπως αυτό που συνέβη στο ερώτημα 7.11 όπου δημιουργήθηκε ένας κύκλος αναμεταδόσεων σπαταλώντας δικτυακούς πόρους. Επίσης η χειροκίνητη ρύθμιση απαιτεί χειροκίνητες αλλαγές, κάθε φορά που αλλάζει η τοπολογία του δικτύου, γεγονός που μπορεί να είναι πηγή ακόμα περισσότερων σφαλμάτων παραμετροποίησης.