

Όνοματεπώνυμο: Ανδρέας Στάμος (03120***)	Όνομα PC: linux / Ubuntu 22.04.2 LTS
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 02/04/2024

Εργαστηριακή Άσκηση 8

Δυναμική δρομολόγηση OSPF

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 vtysh

```
configure terminal
hostname PC1
interface em0
ip address 192.168.1.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
```
- 1.2 vtysh

```
configure terminal
hostname PC2
interface em0
ip address 192.168.2.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
```
- 1.3 cli

```
configure terminal
hostname R1
interface em0
ip address 192.168.1.2/24
interface em1
ip address 172.17.17.1/30
```
- 1.4 do show ip route
Δεν υπάρχουν στατικές εγγραφές.
- 1.5 router ?
Είναι διαθέσιμη η OSPF.
- 1.6 router ospf
- 1.7 24
- 1.8 network 192.168.1.0/24 area 0
- 1.9 network 172.17.17.0/30 area 0
- 1.10 exit
do show ip route
Έχει προστεθεί εγγραφή προς το 192.168.1.0/24 διαχειριζόμενη από το πρωτόκολλο OSPF. Η εγγραφή δεν είναι επιλεγμένη.
- 1.11 cli

```
configure terminal
hostname R2
interface em0
ip address 172.17.17.2/30
interface em1
ip address 192.168.2.1/24
router ospf
```

```
network 192.168.2.0/24 area 0
network 172.17.17.0/30 area 0
```

Η επικοινωνία επιτυγχάνει.

1.12 Κορμού, διότι έχουν διεπαφή στην περιοχή backbone (area 0).

Εσωτερικοί, διότι έχουν όλες τις διεπαφές στην ίδια περιοχή (area 0).

1.13 `do show ip route`

1.14 Έχουν την σημαία 0 που σημαίνει πως προστέθηκαν από το OSPF.

1.15 Έχουν την σημαία *.

1.16 Η διαχειριστική απόσταση είναι 110. Στον πίνακα δρομολόγησης υπάρχει η επισημείωση [X/Y] όπου X η διαχειριστική απόσταση και Y η μετρική (δηλαδή το μήκος διαδρομής).

1.17 Έχει επιλεγεί ο κανόνας που προέκυψε από την ιδιότητα του 172.17.17.0/30 ως απευθείας συνδεδεμένο δίκτυο στον R1. Αυτό συμβαίνει διότι αυτός ο κανόνας έχει μικρότερη διαχειριστική απόσταση. Συγκεκριμένα, ως κανόνας απευθείας συνδεδεμένου δικτύου έχει διαχειριστική απόσταση 0, ενώ ο άλλος ο κανόνας, ως κανόνας του OSPF έχει 110.

1.18 Μπορούμε να καταλάβουμε αν μια εγγραφή είναι δυναμική, με την ευρύτερη έννοια πως ρυθμίζεται από κάποιο λογισμικό, και δεν έχει εισαχθεί στατικά με την εντολή `route` του FreeBSD, παρατηρώντας ότι δεν έχει την σημαία των στατικών εγγραφών.

Σημειώνεται, ότι η σημαία D των δυναμικών εγγραφών στο netstat σημαίνει κάτι αρκετά πιο συγκεκριμένο: πως η εγγραφή προέκυψε από ICMP Redirect.

Τελός σημειώνεται πως το ΛΣ δεν γνωρίζει αν και πως το Quagga ρύθμισε “δυναμικά” έναν κανόνα δρομολόγησης. Αν π.χ. είχαμε ρυθμίσει στο Quagga μια στατική εγγραφή, δεν θα υπήρχε η σημαία S των στατικών εγγραφών στον πίνακα δρομολόγησης του ΛΣ.

1.19 `tcpdump -envi em0`

1.20 192.168.1.1

1.21 224.0.0.5

Πρόκειται για multicast IPv4 διεύθυνση για πολυδιανομή εντός ενός υποδικτύου. Στην διεύθυνση αυτή ακούνε όλοι οι OSPF δρομολογητές (όχι μόνο οι Designated και Backup Designated).

1.22 Το OSPF είναι από μόνο του και στρώμα μεταφοράς με ονομασία OSPF και κωδικό πρωτοκόλλου (μπαίνει στην IPv4 επικεφαλίδα) 89.

1.23 1, καθώς το πακέτο είναι επιθυμητό να παραλειφθεί μόνο από δρομολογητές εντός ίδιου υποδικτύου.

1.24 Πρόκειται για πακέτα τύπου Hello, και ανήκουν στην Backbone Area (area 0).

1.25 Ακριβώς ανά 10 δευτερόλεπτα, που είναι και η τιμή του Hello Timer.

Το Dead Timer έχει τιμή 40 δευτερόλεπτα. (4-πλάσια του Hello Timer)

1.26 Το Router ID είναι 192.168.1.1.

Ο R1 δεν έχει διεύθυνση loopback, οπότε επιλέγεται η (αριθμητικά – κατά big-endian) διεύθυνση IPv4 από όλες τις διεπαφές.

Είναι 192.168.1.1 > 172.17.17.1 οπότε επιλέγεται η 192.168.1.1.

1.27 Επιλεγμένος (designated) δρομολογητής είναι ο 192.168.1.1 (R1).

Δεν υπάρχει BDR διότι στο LAN1 υπάρχει μόνο ένας δρομολογητής.

1.28 Ναι παρατηρούνται. Έχουν διεύθυνση πηγής 172.17.17.1.

1.29 Ναι παρατηρούνται. Έχουν διεύθυνση πηγής 172.17.17.2.

Το Router ID του R2 είναι: 192.168.2.1, διότι 192.168.2.1 > 172.17.17.2.

1.30 Στην μάσκα υποδικτύου του WAN1, όπως την αντιλαμβάνεται ο R2.

1.31 Υπάρχει Neighbor καθώς στο WAN1 υπάρχουν 2 δρομολογητές, και λόγω αυτού υπάρχει και Backup Designated Router.

1.32 Όχι.

1.33 Και οι δύο δηλώνουν Priority 1.

1.34 Designated Router είναι ο 172.17.17.2 (R2).

Backup Designated Router είναι ο 172.17.17.1 (R1).

Οι δρομολογητές στο WAN1 (R1 και R2) έχουν ίσο Priority, οπότε Designated Router και Backup Designated Router γίνονται οι δρομολογητές με την μεγαλύτερη και 2η μεγαλύτερη Router ID.

Είναι $172.17.17.2 > 172.17.17.1$. Οπότε αναμένεται ο R2 να είναι Designated και ο R1 να είναι Backup Designated. (σημειώνεται πάντως, πως ανάλογα το πως έφτασε το δίκτυο στην τρέχουσα κατάσταση θα μπορούσε η ανάθεση Designated Router και Backup Designated Router να είναι διαφορετική)

1.35 Στον R1:

```
passive-interface em0
```

Στον R2:

```
passive-interface em1
```

1.36 Ναι. (έγιναν καταγραφές με tcpdump)

1.37 Όχι, υπό την προϋπόθεση πως η τοπολογία δεν θα μεταβληθεί. Αν προστεθούν δρομολογητές στα LAN1 ή/και LAN2 η δρομολόγηση δεν θα λειτουργεί σωστά.

Ο λόγος που λειτουργεί σωστά, είναι διότι στα LAN1(/LAN2) εκτός των R1(/R2) υπάρχουν μόνο τα PC1(/PC2), που δεν επεξεργάζονται καν τα μηνύματα OSPF, αλλά απλά έχουν ως προκαθορισμένη πύλη τους R1(/R2) αντίστοιχα.

Άσκηση 2

2.1 Σε OSPF Router Configuration Mode:

```
router-id [DESIRED ROUTER ID]
```

2.2 Στον R1:

```
router-id 1
```

Στον R2:

```
router-id 2
```

2.3 Router-ID: 0.0.0.1

Μοναδική area: 0.0.0.0 (backbone). Συμμετέχει σε αυτή με 2 διεπαφές.

Η LSDB περιέχει 3 LSA.

2.4 Το OSPF έχει συγκλίνει, διότι η (μοναδική) ζεύξη με τον R2 είναι σε state FULL.

Ο γείτονας είναι Designated Router.

2.5 Το Dead Time είναι ο χρόνος που απομένει μέχρι την χρονική στιγμή, που αν δεν έχει ληφθεί Hello από τον R2, ο R2 θα θεωρηθεί πως δεν λειτουργεί.

Το Dead Time ξεκινά από τα 40sec (Dead Interval) και φθάνει σε ελάχιστη τιμή 30sec. Στην τιμή 30sec έχουν περάσει 10sec (Hello Interval) από το τελευταίο Hello που έστειλε ο R2, οπότε ο R2 στέλνει Hello και έτσι το χρονόμετρο Dead Time επαναφέρεται στην αρχική τιμή του 40sec (Dead Interval).

2.6 `show ip ospf neighbor detail`

Η προτεραιότητα και των δύο για την επιλογή Designated Router και Backup Designated Router είναι 1.

2.7 Στον R1:

```
show ip ospf interface em1
```

Στον R2:

```
show ip ospf interface em0
```

Το είδος δικτύου είναι BROADCAST (ευρυεκπομπής) και για τους δύο.

Και οι δύο συμμετέχουν στα multicast groups: OSPFA11Routers και OSPFDesignatedRouters.

2.8 Ο R1 είναι Backup Designated Router και ο R2 είναι Designated Router.

Φαινομενικά, αυτό συμβαίνει διότι ο R2 έχει router ID 2 και ο R1 έχει router ID 1 με $2 > 1$. Όμως, στην πραγματικότητα, απλά ο R2 ήταν προηγουμένως Designated Router και ο R1 Backup Designated Router και παρέμειναν από πριν.

2.9 Και οι δύο R1 και R2 έχουν ίδια LSDB.

Υπάρχουν 2 Router LSA και 1 Network LSA (το οποίο είναι για τον Designated Router R2).

2.10 Το Link ID των Router LSA είναι το Router ID των δρομολογητών που τα παρήγαγαν και συγκεκριμένα στον R1 είναι 1 και στον R2 είναι 2.

2.11 Το Link ID των Network LSA είναι η IPv4 διεύθυνση της διεπαφής του Designated Router για τον οποίο αφορά το συγκεκριμένο Network LSA. Πιο συγκεκριμένα, για το Network LSA που υπάρχει εδώ, που αφορά στον R2 ως Designated Router στο WAN1, το Link ID είναι 172.172.17.2, που είναι και η IPv4 διεύθυνση του R2 στο LAN2.

2.12 Στον R1:

`show ip ospf database router self-originate` (για το Router LSA που παράγει ο R1)

`show ip ospf database router 2` (για το Router LSA που παράγει ο R2)

2.13 Τα LAN1 και LAN2 χαρακτηρίζονται Stub δίκτυα, ενώ το WAN1 χαρακτηρίζεται ως Transit δίκτυο.

Αυτό συμβαίνει διότι τα LAN1 και LAN2 έχουν μόνο 1 δρομολογητή OSPF ενώ το WAN1 έχει παραπάνω από 1 δρομολογητή OSPF.

2.14 `show ip ospf database network`

2.15 Τα Router IDs τους, δηλαδή τα 0.0.0.1 και 0.0.0.2 που είναι τα Router IDs των R1 και R2 αντίστοιχα.

2.16 Υπάρχουν 3 εγγραφές (για τα LAN1, LAN2, WAN1) και όλες είναι για την περιοχή 0.0.0.0 (backbone).

2.17 Οι άμεσα συνδεδεμένες απαφές απέχουν κόστος 10. Οπότε ο R1 απέχει 10 από τα LAN1, WAN1 και 20 από το LAN2, και όμοια ο R2 απέχει 10 από τα LAN2, WAN1 και 20 από το LAN1.

Τα κόστη διαδρομών είναι ίδια με την μετρική των διαδρομών που υπάρχει στο (γενικό) πίνακα δρομολόγησης του Quagga.

2.18 `bandwidth 100000`

2.19 Το κόστος είναι 1.

Αυτό φαίνεται με την εντολή: `show ip ospf interface em1`

2.20 Ο ρυθμιζόμενος από το OSPF κανόνας για το WAN1 έχει μετρική 1 αντί για 10 που είχε πριν.

Ο κανόνας για το LAN2 έχει μετρική 11 αντί για 20 που είχε πριν.

2.21 Το κόστος είναι 20.

Αυτό συμβαίνει διότι παρόλο που ο R1 θεωρεί ότι μπορεί να λάβει και να στείλει με 100 mbps στο WAN1, ο R2 αντιλαμβάνεται πως σε αυτό μπορεί να στείλει με 10 mbps και πράγματι ο R2 θα μπορούσε να έχει άλλη φυσική κάρτα δικτύου, που να του επέτρεπε να στέλνει σε χαμηλότερες ταχύτητες.

2.22 `bandwidth 100000`

2.23 `tcpdump -nvi em1`

2.24 `no network 192.168.2.0/24 area 0`

2.25 Ο R2 εκπέμπει ένα Router LSA και ο R1 απαντά με LS-ACK.

Δεν υπήρχε καθυστέρηση στην εκπομπή τους.

2.26 `show ip ospf route`

Πλέον υπάρχουν κανόνες μόνο για τα LAN1 και WAN1.

Τα PC1 και PC2 δεν επικοινωνούν. Κάνοντας ping PC1 → PC2 παρατηρούμε ότι αποτυγχάνει και ότι ο R1 αποστέλλει ICMP Host Unreachable (το ICMP μήνυμα βλέπουμε με tcpdump).

- 2.27** Όχι, αποστέλλεται ανά 10 δευτερολέπτα Hello από κάθε δρομολογητή. Δεν είχε λόγο να σταματήσει αυτό, αφού το μόνο που άλλαξε είναι τα περιεχόμενα του Router LSA του R2.
- 2.28** Αποστέλλεται εκ νέου ένα Router LSA από τον R2 και ένα LS-ACK από τον R1 για αυτό. Το Router LSA περιέχει το Stub δίκτυο LAN2 (192.168.2.0/24).

Άσκηση 3

3.1 cli
configure terminal
hostname R3
interface em0
ip address 172.17.17.6/30
interface em1
ip address 172.17.17.10/30

3.2 Στον R1:

interface em2
ip address 172.17.17.5/30

Στον R2:

interface em2
ip address 172.17.17.9/30

3.3 Σε κάθε διεπαφή:

link-detect

3.4 Σε κάθε διεπαφή στα WAN1, WAN2, WAN3:

ip ospf network point-to-point

3.5 router ospf
network 172.17.17.4/30 area 0

3.6 router ospf
network 172.17.17.8/30 area 0

3.7 router ospf
router-id 3
network 0.0.0.0 area 0

3.8 show ip ospf route

Περιέχονται οι εξής εγγραφές:

1. 127.0.0.1/32 (area 0) → 172.17.17.6 (em2) — Κόστος: 20
2. 172.17.17.0/30 (area 0) απευθείας προς em1 — Κόστος: 1
3. 172.17.17.4/30 (area 0) απευθείας προς em2 — Κόστος: 10
4. 172.17.17.8/30 (area 0) → 172.17.17.2 (em1) — Κόστος: 11
5. 192.168.1.0/24 (area 0) απευθείας προς em0 — Κόστος: 10
6. 192.168.2.0/24 (area 0) → 172.17.17.2 (em1) — Κόστος: 11

3.9 show ip ospf route

Περιέχονται οι εξής εγγραφές:

1. 127.0.0.1/32 (area 0) → 172.17.17.10 (em2) — Κόστος: 20
2. 172.17.17.0/30 (area 0) απευθείας προς em0 — Κόστος: 1
3. 172.17.17.4/30 (area 0) → 172.17.17.1 (em0) — Κόστος: 11
4. 172.17.17.8/30 (area 0) απευθείας προς em2 — Κόστος: 10
5. 192.168.1.0/24 (area 0) → 172.17.17.1 (em0) — Κόστος: 11

6. 192.168.2.0/24 (area 0) απευθείας προς em1 — Κόστος: 10

3.10 show ip ospf route

Περιέχονται οι εξής εγγραφές:

1. 172.17.17.0/30 (area 0) → 172.17.17.5 (em0) ή → 172.17.17.9 (em1) — Κόστος: 11
2. 172.17.17.4/30 (area 0) απευθείας προς em0 — Κόστος: 10
3. 172.17.17.8/30 (area 0) απευθείας προς em1 — Κόστος: 10
4. 192.168.1.0/24 (area 0) → 172.17.17.5 (em0) — Κόστος: 20
5. 192.168.2.0/24 (area 0) → 172.17.17.9 (em1) — Κόστος: 20

3.11 Διακηρύττει όλα τα δίκτυα τα οποία γνωρίζει, συμπεριλαμβανομένης και της loopback διεύθυνσής τους 127.0.0.1.

3.12 Από τον R3 καθώς έχει ρυθμιστεί να διακηρύττει όλα τα δίκτυα για τα οποία είναι ρυθμισμένος.

3.13 Απαντάει το ίδιο το R1.

Στον πίνακα δρομολόγησης Quagga του R1 υπάρχει εγγραφή για το 127.0.0.0/8 για την δική του διεπαφή loopback. Το δίκτυο αυτό θεωρείται απευθείας συνδεδεμένο, οπότε έχει διαχειριστική απόσταση 0. Αντίθετα η εγγραφή του OSPF που αφορά στην 127.0.0.1 ως διεύθυνση του R3 έχει διαχειριστική απόσταση 110. Έτσι επιλέγεται η εγγραφή προς την δική του διεπαφή loopback.

3.14 Έχει 2, μία προς τον R1 και μία προς τον R3. Οι δύο διαδρομές είναι ίσου κόστους 11.

Έχει επιλεγεί η διαδρομή προς R1.

3.15 Οι δρομολογητές σε κάθε διεπαφή τους βρίσκονται σε κατάσταση DR, BDR ή DROTHER. Τα WAN2, WAN3 έχουν ρυθμιστεί point-to-point, οπότε δεν συμβαίνει εκλογή DR και BDR, οπότε στα WAN2, WAN3 και οι δύο δρομολογητές είναι DROTHER.

3.16 Τα Network LSA δημιουργούνται για transit δίκτυα ευρυεκπομπής και τέτοια δίκτυα δεν υπάρχουν στην παρούσα τοπολογία. Τα μόνα δίκτυα ευρυεκπομπής που υπάρχουν είναι τα LAN1 και LAN2, τα οποία, όμως, είναι δίκτυα stub.

3.17 show ip ospf database router 1

Το Router LSA του R1 περιγράφει την σύνδεσή του στο WAN1 με τα εξής Links:

- Point-to-point Link με τον R2 (Router-ID: 2) από την διεύθυνσή του 172.17.17.1 (R1-WAN1).
- Stub Network Link με το 172.17.17.0/30 (WAN1)

3.18 Το TTL έχει τιμή 62, που λόγω της αρχικής τιμής TTL 64, αντιστοιχεί σε 3 βήματα.

Πράγματι ακολουθείται η διαδρομή:

PC2 ↔ R2 ↔ R1 ↔ PC1

3.19 tcpdump -nvi em2 'not icmp'

3.20 0 πακέτα χάθηκαν

Το παλιό TTL ήταν 62, το νέο είναι 61.

3.21 Η ταχύτητα σύγκλισης είναι μεγάλη, κάτω του 1 δευτερόλεπτου, που είναι το χρονικό διάστημα, ανά το οποίο αποστέλλονται Echo Requests.

3.22 Ο R3 εκπέμπει LSU με το νέο Router-LSA που έλαβε από τον R1, ο R2 απαντά με LS-ACK. Κατόπιν συμβαίνει ξανά η ίδια ανταλλαγή πακέτων.

3.23 250ms

3.24 Το WAN1 έχει κόστος 21, το WAN3 έχει κόστος 20 και το LAN2 έχει κόστος 30.

3.25 Το WAN1 έχει κόστος 1, το WAN2 έχει κόστος 20 και το LAN1 έχει κόστος 30.

3.26 Πλέον υπάρχει μόνο η διαδρομή μέσω R2 κόστους 11. (δηλαδή σε σχέση με πριν δεν υπάρχει η διαδρομή μέσω R1 κόστους 11).

- 3.27** Παρόλο που το καλώδιο είναι αποσυνδεδεμένο από την διεπαφή του R1, το FreeBSD αντιλαμβάνεται την διεπαφή στο WAN1 ως ενεργή, οπότε εξακολουθεί να έχει στην FIB κανόνα δρομολόγησης για το WAN1 μέσω της διεπαφής του.

Αν τρέξουμε

```
interface em1
shutdown
```

τότε απενεργοποιείται η διεπαφή στο WAN1, οπότε μπορεί να εγκατασταθεί άλλος κανόνας δρομολόγησης για το WAN1. Πράγματι τότε βλέπουμε ότι στον πίνακα δρομολόγησης τοποθετείται εγγραφή για το WAN1 μέσω R3.

- 3.28** Το WAN1 διαγράφεται από όλους τους πίνακες δρομολόγησης, τουλάχιστον όπως τους εμφανίζει το Quagga.

Εμφανίζοντας στους R1, R2 με `netstat -rn` τον πίνακα δρομολόγησης βλέπουμε ότι το WAN1 εξακολουθεί να υπάρχει εγγεγραμμένο, ως απευθείας συνδεδεμένο.

Γενικά, φαίνεται το FreeBSD να μην ερμηνεύει την απουσία φέροντος σήματος (no carrier signal) ως εκτός λειτουργίας κατάσταση της αντίστοιχης διεπαφής.

- 3.29** Η ενημέρωση δεν είναι άμεση. Πέρασαν περίπου 5 δευτερόλεπτα.

- 3.30** Την πτώση την αντιλαμβάνεται άμεσα το FreeBSD μέσω της απουσίας φέροντος σήματος, οπότε το Quagga άμεσα μπορεί να ενημερώσει τον OSPFd και έτσι άμεσα να δημιουργηθούν τα νέα LSA και να αποσταλλούν τα LSU.

Αντίθετα, όταν επανέλθει η σύνδεση στο WAN1, πρέπει να αποκατασταθεί η ζεύξη μεταξύ R1 και R2 στην κατάσταση FULL. Για να συμβεί αυτό, πρέπει εξ αρχής, να δούν ο ένας τον άλλον, στα μηνύματα Hello τους. Τα Hello αποστέλλονται ανά χρονικό διάστημα 10 δευτερολέπτων, οπότε πρέπει να περιμένουμε να αποσταλλούν τα σχετικά Hello.

Άσκηση 4

- 4.1** Στο PC1:

```
vtysh
configure terminal
hostname PC1
interface em0
ip address 192.168.1.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
```

Στο PC2:

```
vtysh
configure terminal
hostname PC2
interface em0
ip address 192.168.2.2/24
ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
```

- 4.2** Στους R1, R2, R3, R4, R5:

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

όπου $X = 1, 2, 3, 4, 5$ αντίστοιχα.

- 4.3** Στις αντίστοιχες διεπαφές: `link-detect`

- 4.4**
- ```
interface em0
ip address 10.1.1.1/30
interface em1
ip address 10.1.1.5/30
```

```
router ospf
network 10.1.1.0/30 area 0
network 10.1.1.4/30 area 0
```

**4.5** interface em0  
ip address 10.1.1.2/30  
interface em1  
ip address 10.1.1.9/30  
router ospf  
network 10.1.1.0/30 area 0  
network 10.1.1.8/30 area 1

**4.6** interface em0  
ip address 10.1.1.6/30  
interface em1  
ip address 10.1.1.30  
router ospf  
network 10.1.1.4/30 area 0  
network 10.1.1.12/30 area 2

**4.7** interface em0  
ip address 10.1.1.10  
interface em1  
ip address 192.168.1.1/24  
router ospf  
network 10.1.1.8/30 area 1  
network 192.168.1.0/24 area 1

**4.8** interface em0  
ip address 10.1.1.14/30  
interface em1  
ip address 192.168.2.1/24  
router ospf  
network 10.1.1.12/30 area 2  
network 192.168.2.0/24 area 2

**4.9** Ναι, επιτυγχάνει.

**4.10** Σε καθέναν από τους R1, R2, R3, R4, R5:

```
show ip ospf
```

R1 – Router ID: 172.22.22.1

R2 – Router ID: 172.22.22.2

R3 – Router ID: 172.22.22.3

R4 – Router ID: 172.22.22.4

R5 – Router ID: 172.22.22.5

Τα Router IDs αυτά είναι τα αναμενόμενα, καθώς ως Router ID επιλέγεται από προεπιλογή η αριθμητικά μεγαλύτερη (σε big-endian σύγκριση) IP διεύθυνσης των loopback διεπαφών.

**4.11** Όταν οι Router Priorities είναι ίσες, όπως συμβαίνει εδώ, ως Designated Router επιλέγεται ο δρομολογητής με την μεγαλύτερη Router ID, και ως Backup Designated Router επιλέγεται ο δρομολογητής με την 2η μεγαλύτερη Router ID.

Πράγματι, στα διάφορα WAN οι Designated Router και Backup Designated Router όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα, ακολουθούν τον κανόνα αυτόν.

| WAN  | Designated Router | Backup Designated Router |
|------|-------------------|--------------------------|
| WAN1 | 172.22.22.2 (R2)  | 172.22.22.1 (R1)         |
| WAN2 | 172.22.22.3 (R3)  | 172.22.22.1 (R1)         |
| WAN3 | 172.22.22.4 (R4)  | 172.22.22.3 (R3)         |
| WAN4 | 172.22.22.5 (R5)  | 172.22.22.4 (R4)         |



**4.12 Area 0 (backbone): R2, R3**

Area 1: R2

Area 2: R3

**4.13 Summary-LSA****4.14** Για να δούμε απευθείας τα στατιστικά αυτά:`show ip ospf`

Συνολικά υπάρχουν 9 LSA στην LSDB, εκ των οποίων τα 3 είναι Router-LSA, τα 2 είναι Network-LSA και τα υπόλοιπα 4 είναι Summary-LSA.

Η LSDB του R1 περιέχει τόσα Router-LSA όσα οι δρομολογητές που βρίσκονται σε κάποια από τις περιοχές (areas) που ανήκουν οι διεπαφές του. Όλες οι διεπαφές του R1 ανήκουν στην area 0 (backbone), οπότε η LSDB του R1 περιέχει τα Router-LSA εκείνων των δρομολογητών που ανήκουν στην area 0, δηλαδή των R1, R2 και R3. (αυτό συμβαίνει διότι τα Router-LSA δεν εξέρχονται από την area που ανήκει ο δρομολογητής τον οποίο αφορούν).

**4.15** Μόνο 1 Router-LSA.**4.16** Αρχικά σημειώνουμε πως υπάρχει το Link State ID, που χαρακτηρίζει ολόκληρο το LSA, και για τα Router-LSA είναι το Router ID του δρομολογητή που διαφημίζει το συγκεκριμένο LSA. Έτσι για το Router-LSA του R1 το Link State ID είναι 172.22.22.1, για εκείνο του R2 είναι 172.22.22.2 και για εκείνο του R3 είναι 172.22.22.3.

Επίσης υπάρχει και το Link ID, που χαρακτηρίζει κάθε Link που περιέχει ένα LSA και έχει σημασία που εξαρτάται από τον τύπο του Link. Ένα Router-LSA μπορεί να περιέχει 4 ειδών Links με τα Link IDs να έχουν τις εξής σημασίες:

| Link Type | Περιγραφή Link  | Σημασία Link ID                                                   |
|-----------|-----------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1         | Point-to-point  | Router ID γειτονικού δρομολογητή                                  |
| 2         | Transit Network | IP διεύθυνση Designated Router του Transit Network                |
| 3         | Stub Network    | IP διεύθυνση δικτύου (η μάσκα υποδικτύου βρίσκεται στο Link Data) |
| 4         | Virtual Link    | Router ID γειτονικού δρομολογητή                                  |

Στην παρούσα περίπτωση το Router-LSA του R1 περιέχει τα εξής Links:

1. Transit Network με Link ID 10.1.1.2 (WAN1 Designated Router)
2. Transit Network με Link ID 10.1.1.6 (WAN2 Designated Router)

Το Router-LSA του R2 περιέχει μόνο ένα Link, που αφορά σε Transit Network με Link ID 10.1.1.2 (WAN1 Designated Router).

Το Router-LSA του R3 περιέχει μόνο ένα Link, που αφορά σε Transit Network με Link ID 10.1.1.6 (WAN2 Designated Router).

**4.17** Areas 1 και 2.**4.18** Στην περιοχή 0 υπάρχουν:

- 3 Router-LSA
- 2 Network-LSA
- 4 Summary-LSA

Στην περιοχή 1 υπάρχουν:

- 2 Router-LSA
- 1 Network-LSA
- 4 Summary-LSA

Network-LSA δημιουργείται για κάθε δίκτυο ευρυεκπομπής (broadcast) που να είναι Transit. Επίσης τα Network-LSA δεν εξέρχονται από την περιοχή όπου βρίσκεται το δίκτυο το οποίο αφορούν. Έτσι για την area 0 δημιουργούνται Network-LSA για τα WAN1 και WAN2, οπότε υπάρχουν 2 Network-LSA για αυτή.

Για την area 1 δημιουργείται Network-LSA μόνο για το WAN3 (το LAN1 είναι Stub Network και όχι Transit Network), οπότε υπάρχει 1 Network-LSA για αυτή.

**4.19** Για τα Network-LSA το Link State ID είναι η IP διεύθυνση του Designated Router για το δίκτυο το οποίο αφορά το συγκεκριμένο LSA. Έτσι για το Network-LSA του WAN1 το Link State ID είναι 10.1.1.2 (R2-WAN1) και για εκείνο του WAN2 είναι 10.1.1.6 (R3-WAN2) και για εκείνο του WAN3 είναι 10.1.1.10 (R4-WAN3).

**4.20** Στην περιοχή 0 υπάρχουν:

- 3 Router-LSA
- 2 Network-LSA
- 4 Summary-LSA

Στην περιοχή 1 υπάρχουν:

- 2 Router-LSA
- 1 Network-LSA
- 4 Summary-LSA

Summary-LSA δημιουργεί κάθε Area Border Network (δηλαδή κάθε δρομολογητής που έχει διεπαφές σε τουλάχιστον 2 διαφορετικές περιοχές). Τα Summary-LSA αυτά συνοψίζουν όλους τις διαδρομές που μπορεί ο ABR να εξυπηρετήσει. (προς την περιοχή όπου αποστέλλεται το Summary-LSA δεν περιέχεται η ίδια περιοχή). Στην παρούσα τοπολογία ABR είναι οι R2 και R3. Ο R2 εκπέμπει προς την area 0 Summary-LSA για τα LAN1 και WAN3. Ο R3 εκπέμπει προς την area 0 Summary-LSA για τα WAN4 και LAN2 προς την area 1 Summary-LSA για τα LAN1, WAN1, WAN2 και WAN3. Έτσι, συνολικά, ο R3 περιέχει 4 Summary-LSA για την area 0 και 4 Summary-LSA για την area 1.

**4.21** Στα Summary-LSA το Link State ID είναι η IP διεύθυνση του δικτύου (το πρόθεμά του). Έτσι τα Summary-LSA που υπάρχουν στην LSDB του R3 είναι τα εξής:

1. Area 0 – Από R2: 192.168.1.0 (για LAN1)
2. Area 0 – Από R2: 10.1.1.8 (για WAN3)
3. Area 0 – Από R3: 192.168.2.0 (για LAN2)
4. Area 0 – Από R3: 10.1.1.12 (για WAN3)
5. Area 2 – Από R3: 10.1.1.0 (για WAN1)
6. Area 2 – Από R3: 10.1.1.4 (για WAN2)
7. Area 2 – Από R3: 10.1.1.8 (για WAN3)
8. Area 2 – Από R3: 192.168.1.0 (για LAN1)

**4.22** Η LSDB του R1 περιέχει ένα Router-LSA από καθέναν από τους R1, R2, R3, και από ένα Network-LSA από καθέναν από τους R2, R3, που είναι οι Designated Router των WAN1 και WAN2 αντίστοιχα, που είναι και τα μόνα δίκτυα της area 0.

**4.23** Η LSDB του R2 για την περιοχή 1 περιέχει 4 Summary-LSA με πηγή τον ίδιο τον R2 και για την περιοχή 2 περιέχει 2 Summary-LSA με πηγή τον ίδιο τον R2 και 2 με πηγή τον R3.

**4.24** Υπάρχει η ένδειξη IA.

**4.25** Όχι, και αυτό είναι λογικό, αφού οι areas είναι κάτι που αφορά μόνο τον τρόπο που το OSPF θα καταλήξει στους επιλεγμένους κανόνες δρομολόγησης. Το data plane του δρομολογητή δεν χρειάζεται να ξέρει λεπτομέρειες για το πώς προέκυψε αυτή η απόφαση, απλά προς ποιον δρομολογητή να στείλει ένα πακέτο που παρέλαβε με μια ορισμένη IP διεύθυνση παραλήπτη.

**4.26** Περιλαμβάνει διαδρομές προς δρομολογητές και συγκεκριμένα προς τις διεύθυνσεις των loopback διεπαφών τους.

**4.27** Ναι υπάρχει ένδειξη για τους ABR, η ABR. Δρομολογητές ASBR δεν υπήρχαν σε αυτήν την τοπολογία.

## Άσκηση 5

**5.1** `ip route 5.5.5.0/24 100`  
`ip route 6.6.6.0/24 100`

**5.2** Έχουν τοποθετηθεί στον πίνακα δρομολόγησης, όχι όμως στον πίνακα διαδρομών OSPF.

**5.3** Όχι.

**5.4** Στον πίνακα δρομολόγησης δεν άλλαξε κάτι.

**5.5** Έχουν προστεθεί σε όλους τους δρομολογητές διαδρομές για τα 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 προς τον R3.

**5.6** Διαδρομές προς εξωτερικά δίκτυα του OSPF.

**5.7** E2.

Στον πίνακα διαδρομών OSPF υπάρχει η επισημείωση [X/Y], όπου X το κόστος εντός OSPF και Y το κόστος προς τον προορισμό. Επειδή η εγγραφή είναι E2 (και όχι E1), το κόστος προς τον προορισμό είναι το κόστος που διαφημίζει ο ASBR χωρίς να προστίθεται το κόστος εντός OSPF.

**5.8** ABR και ASBR

**5.9** External-LSA

**5.10** Στα External-LSA το Link State ID είναι η διεύθυνση IP (πρόθεμα δικτύου) του εξωτερικού (του OSPF) δικτύου στο οποίο αφορά το συγκεκριμένο LSA.

Έτσι, τα 2 External LSA που περιέχει η LSDB του R1 έχουν Link State ID 5.5.5.0 και 6.6.6.0 αντίστοιχα, επειδή αφορούν σε δίκτυα με το αντίστοιχο πρόθεμα δικτύου.

**5.11** ASBR-Summary-LSA

**5.12** Στα ASBR-Summary-LSA το Link State ID είναι το Router ID του αντίστοιχου ASBR δρομολογητή.

Έτσι, το Link State ID του (μοναδικού) ASBR-Summary-LSA στην LSDB του R4 είναι το Router ID του R3, που είναι 172.22.22.3.

**5.13** Ο R2.

**5.14** Σύμφωνα με τον 6ο κανόνα της παρ. 12.4.3 του RFC 2328 (OSPFv2) καθώς και σύμφωνα με τον 2ο κανόνα της παρ. 16.4 του ίδιου RFC, ο R3 όταν εξετάζει τα External-LSA του, προκειμένου να δημιουργήσει τα ASBR-Summary-LSA, θα δει ότι το External-LSA έχει πηγή τον ίδιο, οπότε θα αγνοήσει αυτό το LSA και θα προχωρήσει στο επόμενο LSA.

Από πρακτική απόψη, δεν θα είχε νόημα να εκδόσει ο R3 ASBR-Summary-LSA προς τις περιοχές που συμμετέχει, καθώς στις περιοχές αυτές οι δρομολογητές τον ξέρουν απευθείας μέσω του Router-LSA.

**5.15** Δεν έχει εισαχθεί προκαθορισμένη διαδρομή στους πίνακες δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών.

**5.16** `ip route 0.0.0.0/0 172.22.22.1`

**5.17** Έχει εισαχθεί στον πίνακα δρομολόγησης του R2, όχι όμως στον πίνακα διαδρομών του OSPF.

**5.18** Ναι έχει.

**5.19** Τύπου E2.

**5.20** Στον πίνακα διαδρομών OSPF υπάρχει η επισημείωση [X/Y], όπου X το κόστος εντός OSPF και Y το κόστος προς τον προορισμό. Επειδή η εγγραφή είναι E2 (και όχι E1), το κόστος προς τον προορισμό είναι το κόστος που διαφημίζει ο ASBR χωρίς να προστίθεται το κόστος εντός OSPF.

**5.21** ABR και ASBR

**5.22** Ναι υπάρχει. Είναι ακριβώς όμοια με το γεγονός ότι προηγουμένως ο R2 είχε ASBR-Summary-LSA. Αυτό που συμβαίνει εδώ είναι πως ο R3 εκδίδει προς την area 2 ένα ASBR-Summary-LSA για τον R2.

**5.23** 3.

Η εγγραφή για το 0.0.0.0/0, για το 5.5.5.0/24 και για το 6.6.6.0/24.

**5.24** Η διαδρομή για το 0.0.0.0/0 έχει κόστος 10 και για τα 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 έχουν κόστος 20. Σημειώνεται πως οι διαδρομές είναι τύπου E2, οπότε τα κόστη προς τους προορισμούς αυτούς θεωρούνται σταθερά, και δεν προστίθεται σε αυτά τα κόστη των διαδρομών εντός OSPF.

- 5.25** Έχει τιμή 2 που σημαίνει ότι το External-LSA είναι τύπου E2, που σημαίνει πως τα κόστη προς τους προορισμούς αυτούς θεωρούνται σταθερά, και δεν προστίθεται σε αυτά τα κόστη των διαδρομών εντός OSPF. Σε πρακτικό επίπεδο, θεωρείται πως το κόστος για την διαδρομή που θα ακολουθηθεί εκτός OSPF είναι “άπειρα” (πολύ μεγαλύτερα) σε σχέση με το κόστος για την εντός OSPF διαδρομή.
- 5.26** 30
- 5.27** Βλέπουμε τιμή κόστους 20. Το κόστος αυτό αφορά την διαδρομή από τον ASBR, εδώ τον R3, ως τον τελικό προορισμό, εδώ τα 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24.
- 5.28** `no route 0.0.0.0/0 172.22.22.2`  
Η διαδρομή για το 0.0.0.0/0 έχει διαγραφεί από τους πίνακες δρομολόγησης των υπόλοιπων δρομολογητών και επίσης έχει μεταβεί στην μέγιστη ηλικία MaxAge στην LSDB.
- 5.29** Εμφανίζεται με την ηλικία 3600 που είναι η MaxAge. Μετά από μικρό χρονικό διάστημα, διαγράφεται και από την LSDB.
- 5.30** Έχει εισαχθεί σε όλους τους δρομολογητές με κόστος 1 προς τον προορισμό (εγγραφή τύπου E2).

## Άσκηση 6

- 6.1** `ping 192.168.2.2`
- 6.2** Οι δυναμικές εγγραφές OSPF είναι οι εξής:
1. 0.0.0.0/0 μέσω 10.1.1.5 (em0)
  2. 10.1.1.0/30 μέσω 10.1.1.5 (em0)
  3. 10.1.1.4/30 απευθείας μέσω em0
  4. 10.1.1.8/30 μέσω 10.1.1.5 (em0)
  5. 10.1.1.12/30 απευθείας μέσω em1
  6. 192.168.1.0/24 μέσω 10.1.1.5 (em0)
  7. 192.168.2.0/24 μέσω 10.1.1.14 (em1)
- 6.3** Οι δυναμικές εγγραφές OSPF είναι οι εξής:
1. 0.0.0.0/0 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  2. 5.5.5.0/24 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  3. 6.6.6.0/24 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  4. 10.1.1.0/30 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  5. 10.1.1.4/30 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  6. 10.1.1.8/30 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  7. 10.1.1.12/30 απευθείας μέσω em0
  8. 192.168.1.0/24 μέσω 10.1.1.13 (em0)
  9. 192.168.2.0/24 απευθείας μέσω em1
- 6.4** `show ip ospf database router self-originate`  
Το WAN4 χαρακτηρίζεται ως Transit Network και το LAN2 ως Stub Network.
- 6.5** `area 2 stub`
- 6.6** Διαγράφηκε το LAN2.
- 6.7** WAN4 και LAN2. (ως απευθείας συνδεδεμένα)
- 6.8** Όχι.
- 6.9** Το ping δεν επιτυγχάνει, και, επίσης, κάνοντας tcpdump, παρατηρούμε ότι ο R4 στέλνει στο PC1 μηνύματα ICMP Host Unreachable.

**6.10** Το Router-LSA που έχει πηγή τον R3 έχει 0 στο E-bit, ενώ το Router-LSA που έχει πηγή τον R5 έχει 1 στο E-bit.

(τα άνω E-bit οδηγούν στους 2 δρομολογητές να μην αναβαθμίσουν την ζεύξη τους στην κατάσταση 2-Way, οπότε εν τέλει, δεν πραγματοποιείται ανταλλαγή πληροφοριών δρομολόγησης)

**6.11** Χαρακτηρίζεται ως Stub.

**6.12** area 2 stub

To ping PC1 → PC2 επιτυγχάνει ξανά.

**6.13** Το LAN2 έχει προστεθεί ξανά.

**6.14** Το E-bit έχει τιμή 0. (πριν είχε τιμή 1)

**6.15** Ναι προς τον R3 που είναι ο Area Border Router της Stub περιοχής 2.

**6.16** Όχι, αυτές έχουν συνοψιστεί στην 0.0.0.0.

**6.17** 10.1.1.0/30, 10.1.1.4/30, 10.1.1.8/30, 10.1.1.12/30, 192.168.1.0/24, 192.168.2.0/24.

Πρόκειται και για διαδρομές εντός της περιοχής 2, αλλά και για διαδρομές μεταξύ περιοχών (π.χ. LAN1)

**6.18** Όχι.

**6.19** Προκειμένου να αναβαθμιστεί μια ζεύξη μεταξύ δύο OSPF δρομολογητών από την κατάσταση Init στην κατάσταση 2-Way, πρέπει ο κάθε δρομολογητής να ακούσει το Router ID του σε μήνυμα Hello του άλλου δρομολογητή. Προκειμένου ένας δρομολογητής να δεχτεί να αναβαθμιστεί η ζεύξη, δηλαδή προκειμένου σε μήνυμα Hello να συμπεριλάβει το Router ID άλλου δρομολογητή, εξετάζει πως οι παραμετροποίηση που διαφημίζεται στο Hello είναι ίδια, συγκρίνοντας, μεταξύ άλλων, πως το E-bit έχει ίδια τιμή και για τους δύο δρομολογητές. Αν δεν έχει ίδια τιμή, οι δρομολογητές αρνούνται την αναβάθμιση της ζεύξης του. Αυτό ακριβώς συνέβαινε και εδώ με τους R3 και R5. Ο R3 έστελνε Hello με E-bit = 0, ενώ ο R5 έστελνε Hello με E-bit = 1, οπότε και οι δύο δρομολογητές αρνήθηκαν την αναβάθμιση της ζεύξης τους στην κατάσταση 2-Way, οπότε δεν προχώρησαν στην ανταλλαγή πληροφοριών δρομολόγησης.

**6.20** Στον R4 η διαδρομή 0.0.0.0/0 έχει προκύψει από το External-LSA που δημιούργησε ο R2 για προκαθορισμένη διαδρομή.

Αντίθετα στον R5, η διαδρομή 0.0.0.0/0 προκύπτει από τον χαρακτηρισμό της περιοχής 2 ως Stub περιοχής, οπότε εγκαθίσταται από το OSPF ως προκαθορισμένη διαδρομή ο Area Border Router της περιοχής αυτής (ο Area Border Router είναι μοναδικός, διότι η περιοχή είναι Stub). Η προκαθορισμένη διαδρομή 0.0.0.0/0 παραμένει, με άλλα λόγια, στον R5 ακόμα και αν ο R2 σταματήσει να διαφημίζει με External-LSA μια προκαθορισμένη διαδρομή.

**6.21** Η LSDB του R3 περιέχει External-LSA για την προκαθορισμένη διαδρομή 0.0.0.0/0 από τον R2, όμως δεν τον διαφημίζει προς την Area 2, διότι η Area 2 είναι Stub.

Επίσης περιέχει Summary-LSA προς την Area 2 για την προκαθορισμένη διαδρομή 0.0.0.0/0, που διαφημίζεται από τον ίδιο τον R3.

**6.22** Με κόστος 1.

**6.23** 11, διότι έχει προστεθεί και κόστος 10 της ζεύξης R3-R5 (μέσω WAN4).

**6.24** Δεν παρατηρήθηκαν εγγραφές για εξωτερικές διαδρομές.

**6.25** Στους R3 και R5:

no area 2 stub

**6.26** area 2 stub no-summary

**6.27** Στον R3:

area 2 stub no-summary

Στον R5:

area 2 stub

**6.28** 0.0.0.0/0, 10.1.1.12/30 και 192.168.2.0/24

**6.29** Στο PC2:

```
no ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1
router ospf
network 192.168.2.0/24 area 2
area 2 stub
```

**6.30** 0.0.0.0/0, 10.1.1.12/30 και 192.168.2.0/24

**6.31** Το LAN2 χαρακτηρίζεται ως Transit Network, καθώς πλέον και το PC2 συμμετέχει στο OSPF, οπότε θεωρείται δρομολογητής, και έτσι το LAN2 περιέχει πάνω από 1 δρομολογητή.

**6.32** Δίκτυο απόληξη είναι το δίκτυο που περιέχει ακριβώς 1 δρομολογητή, και αυτό επαρκεί. Αντίθετα περιοχή απόληξη μπορεί να είναι η περιοχή που περιέχει μόνο 1 δρομολογητή που να την ενώνει με άλλες περιοχές (που αφού είναι μόνο 1 θα είναι αναγκαστικά με την περιοχή 0 – backbone), ωστόσο πρέπει να ρυθμιστεί σχετικά ώστε να γίνει περιοχή απόληξη.