

Όνοματεπώνυμο: Μάρκος Δεληγιάννης	Όνομα PC: Lenovo-Laptop
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 2 / 5 / 2023

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.

1

- 1.1 Εντολές: 1) **vttysh** 2) **configure terminal** 3) **hostname PC1** 4) **interface em0**
5) **ip address 192.168.1.2/24** 6) **ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1**
- 1.2 Εντολές: 1) **vttysh** 2) **configure terminal** 3) **hostname PC2** 4) **interface em0**
5) **ip address 192.168.2.2/24** 6) **ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1**
- 1.3 Εντολές: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **hostname R1**
4) **interface em0** 5) **ip address 192.168.1.1/24**
6) **interface em1** 7) **ip address 172.17.17.1/30**
- 1.4 Εκτελούμε **do show ip route** και παρατηρούμε ότι καμία εγγραφή **δεν έχει τη σημαία S**.
- 1.5 Εντολές: 1) **exit** 2) **router ?** Το ospf εμφανίζεται στις επιλογές, άρα είναι διαθέσιμο.
- 1.6 Εντολή: **router ospf**
- 1.7 Πληκτρολογούμε **?** και εμφανίζονται **24** διαθέσιμες εντολές.
- 1.8 Εντολή: **network 192.168.1.0/24 area 0**
- 1.9 Εντολή: **network 172.17.17.0/30 area 0**
- 1.10 **Ναι**, έχουν προστεθεί εγγραφές για τα **LAN1** και **WAN1**, με κωδικό **O** (OSPF). Η **Δ.Α. = 110**, οπότε δεν είναι επιλεγμένες, καθώς οι ίδιες διαδρομές υπάρχουν ως **directly connected**, με **Δ.Α. = 0**.
Εντολές: 1) **exit** 2) **do show ip route**
- 1.11 Εντολές: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **hostname R2**
4) **interface em0** 5) **ip address 172.17.17.2/30**
6) **interface em1** 7) **ip address 192.168.2.1/24**
8) **do show ip route** (δεν υπάρχει εγγραφή με σημαία S)
9) **exit** 10) **router ?** (Το ospf εμφανίζεται στις επιλογές)
11) **router ospf** 12) **?** (εμφανίζονται 24 διαθέσιμες εντολές)
13) **network 192.168.2.0/24 area 0**
14) **network 172.17.17.0/30 area 0**
15) **exit** 16) **do show ip route**
Παρατηρούμε ότι, πέρα από τις αντίστοιχες αλλαγές με το 1.10 (με LAN2 αντί για LAN1), έχει προστεθεί μία **επιλεγμένη διαδρομή προς το LAN1 με κωδικό O (OSPF)**.
Τέλος, εκτελούμε από το PC1 **ping 192.168.2.2** και παρατηρούμε ότι τα PC1,2 επικοινωνούν.
- 1.12 Οι R1,2 έχουν όλες τις διεπαφές τους εντός της ίδιας περιοχής, οπότε χαρακτηρίζονται **εσωτερικοί (internal)**, όμως η περιοχή αυτή είναι η περιοχή 0, οπότε χαρακτηρίζονται και **κορμού (backbone)**.
- 1.13 Εντολή: **do show ip route** (η αντίστοιχη παρατήρηση έχει γίνει στο 1.11)
- 1.14 Έχουν τον κωδικό (code) **O**, ο οποίος αντιστοιχεί στο OSPF.
- 1.15 Έχουν τους κωδικούς **>***, οι οποίοι αντιστοιχούν σε **επιλεγμένη διαδρομή** και **διαδρομή FIB**.
- 1.16 Η **Δ.Α.** των διαδρομών OSPF είναι **110**. Εμφανίζεται μαζί με το μήκος διαδρομής (**metric**) ως εξής: **[A.D./metric]**.

- 1.17 Η διαδρομή για το WAN1 που επιλέγεται από τον R2 είναι η **απευθείας συνδεδεμένη**, η οποία έχει **Δ.Α. = 0**, μικρότερη δηλαδή από αυτή της αντίστοιχης εγγραφής του OSPF.
- 1.18 Καταλαβαίνουμε ότι η εγγραφή στον R2 για το LAN1 προέρχεται από το Quagga, καθώς έχει την **σημαία 1**. Εντούτοις, οι ίδιες σημαίες θα υπήρχαν αν είχαμε προσθέσει την διαδρομή στατικά μέσω Quagga, οπότε **δεν μπορούμε να αποφανθούμε εάν αυτή η διαδρομή είναι δυναμική**.
Εντολές: 1) `exit` 2) `exit` 3) `netstat -rf inet`
- 1.19 Εντολή: `tcpdump -vni em0`
- 1.20 Η διεύθυνση πηγής είναι η **192.168.1.1**, που αντιστοιχεί στον R1.
- 1.21 Η διεύθυνση προορισμού είναι η **224.0.0.5**, η οποία είναι η multicast διεύθυνση που αντιστοιχεί σε **όλους τους δρομολογητές OSPF**.
- 1.22 Το πρωτόκολλο στρώματος δικτύου που χρησιμοποιείται είναι το **IP**. Το OSPF χρησιμοποιεί αριθμό πρωτοκόλλου ανωτέρου στρώματος **89**.
- 1.23 Η τιμή του TTL είναι **1**.
- 1.24 Πρόκειται για πακέτα OSPFv2 τύπου **hello** που ανήκουν στην **περιοχή 0 (backbone area)**.
- 1.25 Τα βλέπουμε κάθε περίπου **10 δευτερόλεπτα**, το οποίο ταυτίζεται με την τιμή του Hello Timer. Η τιμή του Dead Timer είναι **40 δευτερόλεπτα**, δηλαδή **τετραπλάσια του Hello Timer**.
- 1.26 Το Router-ID του R1 είναι **192.168.1.1**, καθώς η **loopback** δεν έχει διεύθυνση IP πέρα από την 127.0.0.1, οπότε ως Router-ID λαμβάνεται η **μεγαλύτερη IP διεύθυνση από τις διεπαφές του R1**.
- 1.27 Ο επιλεγμένος δρομολογητής DR είναι ο **R1** (Designated Router 192.168.1.1 στα μηνύματα Hello). **Δεν υπάρχει BDR**, καθώς ο R1 είναι ο μόνος δρομολογητής στο LAN1.
- 1.28 **Ναι**, παρατηρούμε. Η IP διεύθυνση πηγής είναι **172.17.17.1**. Εντολή: `tcpdump -vni em1`
- 1.29 **Ναι**, παρατηρούμε. Η IP διεύθυνση πηγής είναι **172.17.17.2** και το **Router-ID** του R2 είναι **192.168.2.1** (η αιτιολόγηση είναι ίδια με το 1.26).
- 1.30 Η μάσκα υποδικτύου αφορά **όλες τις IP του υποδικτύου** στο οποίο το μήνυμα Hello αποστέλλεται. Εν προκειμένω αυτή είναι **255.255.255.252**, αντιστοιχώντας σε **πρόθεμα δικτύου 30**, που έχει μόνο το **WAN1**. Έτσι, το παραπάνω επαληθεύεται.
- 1.31 Περιλαμβάνουν πληροφορία για **BDR (172.17.17.1 → R1)** και **Neighbour List**, που περιλαμβάνει τον **R2 (192.168.2.1)** στα **μηνύματα του R1** και τον **R1 (192.168.1.1)** στα **μηνύματα του R2**. Στο LAN1 υπάρχει **μόνο ο R1**, οπότε δεν υπάρχουν γείτονες ή BDR.
- 1.32 **Όχι**, δεν περιλαμβάνουν.
- 1.33 Και οι δύο δηλώνουν **προτεραιότητα 1**.
- 1.34 DR: **172.17.17.2** και BDR: **172.17.17.1**. Είναι οι αναμενόμενες, καθώς **ενεργοποιήσαμε το OSPF πρώτα στον R2**. Αρχικά, λοιπόν, αυτός ήταν ο μόνος OSPF δρομολογητής στο δίκτυο, και έτσι έγινε DR. Όταν ο R1 προστέθηκε η ιεραρχία δεν άλλαξε (γνωστό από θεωρία), οπότε έγινε **BDR**.
- 1.35 R1: 1) `router ospf` 2) `passive-interface em0` R2: 1) `router ospf` 2) `passive-interface em1`
- 1.36 **Ναι**, έχει σταματήσει. Εντολές: `tcpdump -vni em0` από PC1,2
- 1.37 **Όχι, δεν επηρεάζεται**, δεδομένου ότι στα LAN1,2 υπάρχει **μόνο ένας δρομολογητής**, οπότε δεν υπάρχει ανάγκη για αποστολή μηνυμάτων OSPF.

2

- 2.1 Μπορούμε να θέσουμε μία IPv4 διεύθυνση στην loopback.
- 2.2 R1: `router-id 0.0.0.1` R2: `router-id 0.0.0.2`
- 2.3 Ο δρομολογητής έχει **Router-ID = 0.0.0.1 = 1**, ανήκει σε **μία περιοχή**, την **0 (0.0.0.0 = backbone)** και η **LSDB του έχει 3 LSA**.

- 2.4 Στην **εγγραφή για τον R2** (Neighbour ID = 0.0.0.2) έχουμε **state = Full/DR**. Το **full** σημαίνει ότι οι R1-R2 έχουν **συγχρονίσει τις LSDB τους** (σύγκλιση OSPF) και το **DR** σημαίνει ότι ο **R2 είναι Designated Router**.
- 2.5 Το Dead Time είναι **ο χρόνος που αν παρέλθει** χωρίς ο αντίστοιχος δρομολογητής να στείλει Hello, η γειτνίαση **θα διακοπεί**. Κυμαίνεται μεταξύ 30 sec και 40 sec καθώς το Hello στέλνεται κάθε 10 sec και το Dead Timer ξεκινά από 40 sec, όπως προαναφέραμε.
- 2.6 Εντολή: **show ip ospf neighbor 0.0.0.2**
- 2.7 Είδος δικτύου = **Broadcast**, DR = **0.0.0.2 (R2)**, BDR = **0.0.0.1 (R1)**, και **δεν υπάρχει** κάποιος **DROther** δρομολογητής. Συγκρίνοντας με την 1.34 **οι ρόλοι δεν άλλαξαν**, αλλά άλλαξαν τα Router IDs. Αυτό συμβαίνει καθώς παρόλο που οι DR/BDR επαναυπολογίζονται, ο R2 έχει μεγαλύτερο Router-ID, οπότε επιλέγεται πάλι ως DR. Εντολή: **show ip ospf interface em1** (από R1)
- 2.8 Ο R1 και R2 είναι μέλη στις **224.0.0.5** και **224.0.0.6**. Εντολή: **show ip ospf interface em[1/0]** (για R1/R2). Έχουμε “Multicast group memberships = OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters”.
- 2.9 Βλέπουμε **2 Router LSA** και **1 Network LSA**. Τα αποτελέσματα των R1,2 είναι **ίδια**.
- 2.10 Τα Link IDs είναι **0.0.0.1** και **0.0.0.2** και **ταυτίζονται** με τα Router IDs των δρομολογητών που παράγουν τα αντίστοιχα LSA.
- 2.11 Το Link ID είναι **172.17.17.2** και **δεν ταυτίζεται** με το Router ID του δρομολογητή που παράγει τα αντίστοιχα LSA, αλλά με την IPv4 διεύθυνση της διεπαφής του (αφού αυτός είναι ο DR).
- 2.12 Εντολή: **show ip ospf database router self-originate**
- 2.13 Το LAN1 χαρακτηρίζεται **Stub Network** και το WAN1 **Transit Network**. Το **Stub Network** έχει **έναν δρομολογητή**, ενώ τα **Transit Networks τουλάχιστον 2**.
- 2.14 Εντολή: **show ip ospf database network adv-router 0.0.0.2**
- 2.15 Περιέχει το **Router ID** των συνδεδεμένων στο WAN1 δρομολογητών.
- 2.16 Στον R1,2 βλέπουμε **3 εγγραφές** που ανήκουν στην **περιοχή 0**. Αντιστοιχούν στα LAN1,2 και WAN1.
- 2.17 R1: WAN1, LAN1 → 10 και LAN2 → 20 R2: WAN1, LAN2 → 10 και LAN2 → 20.
Τα κόστη αυτά **ταυτίζονται με το metric** των αντίστοιχων εγγραφών στο routing table.
- 2.18 Εντολές: 1) **interface em1** 2) **bandwidth 100000**
- 2.19 Το νέο κόστος είναι **1**. Εντολή: **show ip ospf interface em1**
- 2.20 Η διαδρομή για το WAN1 έχει **μετρική 1**, και για το LAN2 **μετρική 11**. Εντολή: **show ip route**
- 2.21 Το κόστος προς το LAN1 είναι **ακόμα 20**, καθώς η ταχύτητα που αλλάξαμε αφορά **μόνο την κατεύθυνση R1 → WAN1** και όχι R2 → WAN1.
- 2.22 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **bandwidth 100000**
- 2.23 Εντολή: **tcpdump -vni em1**
- 2.24 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **no network 192.168.2.0/24 area 0**
- 2.25 Εκτός από τα OSPF Hello παρατηρούμε **1 πακέτο LSU (LS-Update)** και **1 πακέτο LS-Ack**. Παράγονται από τον **R2 και R1 αντίστοιχα**. Δεν υπήρξε καθυστέρηση στην αποστολή τους.
- 2.26 Από τον πίνακα διαδρομών OSPF των R1 και R2 **αφαιρέθηκε** η εγγραφή για το LAN2. Έτσι, **παύει να υπάρχει επικοινωνία** των PC1,2. Εντολές: **show ip ospf route** και **ping 192.168.2.2** (από PC1).
- 2.27 **Όχι**, καθώς παρόλο που αφαιρέσαμε το υποδίκτυο LAN2 από το OSPF το πρωτόκολλο είναι ακόμα ενεργό στο υπόλοιπο δίκτυο.
- 2.28 Πλήρως αντίστοιχα με την ερώτηση 2.25 παρατηρούμε **1 πακέτο LSU (LS-Update)** και **1 πακέτο LS-Ack**. Παράγονται από τον **R2 και R1 αντίστοιχα**. Το πακέτο LSU περιέχει 1 Router LSA που παρήγαγε ο R2, ενημερώνοντας ότι είναι άμεσα συνδεδεμένος με το LAN2.
Εντολή: **network 192.168.2.0/24 area 0**

3

- 3.1 Εντολές: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **hostname R3**
 4) **interface em0** 5) **ip address 172.17.17.6/30**
 6) **interface em1** 7) **ip address 172.17.17.10/30**
- 3.2 R1: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **interface em2** 5) **ip address 172.17.17.5/30**
 R2: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **interface em2** 5) **ip address 172.17.17.9/30**
- 3.3 R1: 1) **interface em1** 2) **link-detect** 3) **interface em2** 4) **link-detect**
 R2: 1) **interface em0** 2) **link-detect** 3) **interface em2** 4) **link-detect**
 R3: 1) **interface em0** 2) **link-detect** 3) **interface em1** 4) **link-detect**
- 3.4 R1: 1) **interface em[1/2]** 2) **ospf network point-to-point**
 R2: 1) **interface em[0/2]** 2) **ospf network point-to-point**
 R3: 1) **interface em[0/1]** 2) **ospf network point-to-point**
- 3.5 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **network 172.17.17.4/30 area 0**
- 3.6 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **network 172.17.17.8/30 area 0**
- 3.7 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **router-id 0.0.0.3** 3) **network 0.0.0.0/0 area 0**
- 3.8 Εκτελούμε την εντολή **show ip ospf route**. Τα περιεχόμενα του πίνακα διαδρομών του OSPF είναι:
- | | | | | | |
|----------------|------------------|-------------|----------------|------------------|-------------|
| 127.0.0.1/32 | μέσω 172.17.17.6 | Κόστος = 20 | 172.17.17.0/30 | μέσω em1 | Κόστος = 1 |
| 172.17.17.4/30 | μέσω em2 | Κόστος = 10 | 172.17.17.8/30 | μέσω 172.17.17.2 | Κόστος = 11 |
| 192.168.1.0/24 | μέσω em0 | Κόστος = 10 | 192.168.2.0/24 | μέσω 172.17.17.2 | Κόστος = 11 |
- 3.9 Εκτελούμε την εντολή **show ip ospf route**. Τα περιεχόμενα του πίνακα διαδρομών του OSPF είναι:
- | | | | | | |
|----------------|-------------------|-------------|----------------|----------|-------------|
| 127.0.0.1/32 | μέσω 172.17.17.10 | Κόστος = 20 | 172.17.17.0/30 | μέσω em0 | Κόστος = 1 |
| 172.17.17.4/30 | μέσω 172.17.17.1 | Κόστος = 11 | 172.17.17.8/30 | μέσω em2 | Κόστος = 10 |
| 192.168.1.0/24 | μέσω 172.17.17.1 | Κόστος = 11 | 192.168.2.0/24 | μέσω em1 | Κόστος = 10 |
- 3.10 Εκτελούμε την εντολή **show ip ospf route**. Τα περιεχόμενα του πίνακα διαδρομών του OSPF είναι:
- | | | |
|----------------|--------------------------------|-------------|
| 172.17.17.0/30 | μέσω 172.17.17.5 ή 172.17.17.9 | Κόστος = 11 |
| 172.17.17.4/30 | μέσω em0 | Κόστος = 10 |
| 192.168.1.0/24 | μέσω 172.17.17.5 | Κόστος = 20 |
| 172.17.17.8/30 | μέσω em1 | Κόστος = 10 |
| 192.168.2.0/24 | μέσω 172.17.17.9 | Κόστος = 20 |
- 3.11 Ο R3 διαφημίζει όλα τα υποδίκτυα στα οποία είναι άμεσα συνδεδεμένος, δηλαδή το **WAN2**, **WAN3**, αλλά **και το υποδίκτυο της lo0 (127.0.0.1/32)**, που φαίνεται στους πίνακες διαδρομών των R1, R2.
- 3.12 Η πηγή της πληροφορίας αυτής είναι ο R3, σύμφωνα με όσα είπαμε στο 3.11.
- 3.13 Θα απαντήσει **το ίδιο το R1**, καθώς η εγγραφή για τη loopback του R1 έχει Δ.Α. = 0 (είναι άμεσα συνδεδεμένη), η οποία είναι μικρότερη από την Δ.Α. της εγγραφής που προκύπτει από το OSPF.
 Εντολή: **ping 127.0.0.1** Το TTL=64 που επιβεβαιώνει όσα είπαμε.
- 3.14 Στον πίνακα δρομολόγησης του R3 υπάρχουν **δύο ισοδύναμες διαδρομές** για το WAN1, μέσω του **R1** (172.17.17.5) και μέσω του **R2** (172.17.17.9). Έχει **επιλεγεί** η διαδρομή μέσω του **R1** (αναφέρεται πρώτα στην εγγραφή). Εντολή: **show ip route**.
- 3.15 Η κατάσταση των γειτόνων του R3 (R1 και R2) είναι **DROther**.
 Εντολή: **show ip ospf neighbor** και επισκόπηση του **state**.
- 3.16 Η LSDB των δρομολογητών περιέχει **μόνο Router LSA**. Δεν υπάρχει πληροφορία για Network LSA καθώς έχουμε ορίσει **όλα τα WAN** ως ζεύξεις **point to point** και στα LAN υπάρχει **μόνο ένας δρομολογητής**. Εντολή: **show ip ospf database**
- 3.17 Η σύνδεσή του R1 στο WAN1 περιγράφεται ως "Link connected to: another Router (point-to-point)"
 Εντολή: **show ip ospf database router self-originate**

3.18 Το TTL είναι **62**. Εντολή: **ping 192.168.1.2**

3.19 Εντολή: **tcpdump -vni em2 not icmp**

3.20 **Δεν υπάρχουν χαμένα πακέτα** (συνεχόμενες τιμές icmp_seq). Η τιμή του TTL γίνεται από 62 → **61**.

3.21 Συμπεραίνουμε ότι ο χρόνος αντίδρασης του OSPF σε αλλαγές της τοπολογίας είναι **πολύ μικρός**.

3.22 Ανταλλάχθηκαν **3 ζεύγη LSU και LSAck**. Τα δύο πρώτα LSU παράγονται από τον R3 και έχουν το νέο Router LSA του R1, ενώ το τρίτο LSU παράγεται από τον R2 και έχει το Router LSA του.

3.23 Διήρκησε περίπου **40 δευτερόλεπτα** (42:39 – 43:19).

3.24 Εκτελούμε την εντολή **show ip route**:

172.17.17.0/30 (WAN1)	→	Κόστος = 21	192.168.2.0/24 (LAN2)	→	Κόστος = 30
172.17.17.8/30 (WAN3)	→	Κόστος = 20			

3.25 Εκτελούμε την εντολή **show ip route**:

172.17.17.0/30 (WAN1)	→	Κόστος = 1	192.168.1.0/24 (LAN1)	→	Κόστος = 30
172.17.17.4/30 (WAN2)	→	Κόστος = 20			

3.26 Παρατηρούμε ότι η διαδρομή προς το WAN1 έχει τώρα ως **επόμενο κόμβο τον R2** (172.17.17.9).
Εντολή: **show ip route**

3.27 Η διαδρομή είναι επιλεγμένη αλλά δεν έχει εισαχθεί στην FIB. Αυτό συμβαίνει καθώς το υποδίκτυο προορισμού είναι υπό κανονικές συνθήκες άμεσα συνδεδεμένο στον δρομολογητή, οπότε η διαδρομή που προτείνει το OSPF αγνοείται.

3.28 Από όλους τους δρομολογητές **αφαιρέθηκε η εγγραφή** για το WAN1.

3.29 **Όχι**, περνούν περίπου **14 δευτερόλεπτα** μέχρι να ενημερωθούν οι πίνακες δρομολόγησης. Το καταλαβαίνουμε επειδή το **TTL γίνεται από 61 → 62**. Εντολή: **ping 192.168.1.2**

3.30 Όταν ένα link πέφτει, μία σύνδεση που το χρησιμοποιεί διακόπτεται, οπότε είναι απαραίτητο να αλλάξει άμεσα η διαδρομή ώστε η σύνδεση να διατηρηθεί. Όταν όμως ένα link αποκαθίσταται δεν υπάρχει λόγος για άμεση αλλαγή διαδρομής, καθώς αυτή που χρησιμοποιείται είναι ακόμα λειτουργική, αν και λιγότερο αποδοτική.

4

4.1 Εντολές: 1) **vttysh** 2) **configure terminal** 3) **hostname PCX** 4) **interface em0**
5) **ip address 192.168.X.2/24** 6) **ip route 0.0.0.0/0 192.168.X.1** από το PCX

4.2 Εντολές: 1) **cli** 2) **configure terminal** 3) **hostname RX**
4) **interface lo0** 5) **ip address 172.22.22.X/32** από τον RX

4.3 Εντολές: 1) **interface emX** 2) **link-detect** σε όλους τους δρομολογητές για τις διεπαφές WAN

4.4 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **ip address 10.1.1.1/30**
3) **interface em1** 4) **ip address 10.1.1.5/30**
5) **router ospf**
6) **network 10.1.1.0/30 area 0**
7) **network 10.1.1.4/30 area 0**

4.5 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **ip address 10.1.1.2/30**
3) **interface em1** 4) **ip address 10.1.1.9/30**
5) **router ospf**
6) **network 10.1.1.0/30 area 0**
7) **network 10.1.1.8/30 area 1**

4.6 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **ip address 10.1.1.6/30**
 3) **interface em1** 4) **ip address 10.1.1.13/30**
 5) **router ospf**
 6) **network 10.1.1.4/30 area 0**
 7) **network 10.1.1.12/30 area 2**

4.7 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **ip address 10.1.1.10/30**
 3) **interface em1** 4) **ip address 192.168.1.1/24**
 5) **router ospf**
 6) **network 10.1.1.8/30 area 1**
 7) **network 192.168.1.0/24 area 1**

4.8 Εντολές: 1) **interface em0** 2) **ip address 10.1.1.14/30**
 3) **interface em1** 4) **ip address 192.168.2.1/24**
 5) **router ospf**
 6) **network 10.1.1.12/30 area 2**
 7) **network 192.168.2.0/24 area 2**

4.9 **Ναι**, μπορούμε. Εντολή: **ping 192.168.2.2** από το PC1

4.10 Εκτούμε στο R_X την εντολή **show ip ospf** και έχουμε Router-ID = 172.22.22.*X* (διεύθυνση loopback).

Δίκτυο	DR	BDR
10.1.1.1/30 (WAN1)	172.22.22.1 (R1)	172.22.22.2 (R2)
10.1.1.4/30 (WAN2)	172.22.22.1 (R1)	172.22.22.3 (R3)
10.1.1.8/30 (WAN3)	172.22.22.2 (R2)	172.22.22.4 (R4)
10.1.1.12/30 (WAN4)	172.22.22.3 (R3)	172.22.22.5 (R5)

Τα αποτελέσματα δεν συμφωνούν με αυτά που αναμέναμε λόγω του 4.10, καθώς τα DR έχουν μικρότερα Router-ID από τα BDR (βλ. 1.34 για εξήγηση).

4.12 Περιοχή 0 → R2, R3 Περιοχή 1 → R2 Περιοχή 2 → R3

4.13 Βλέπουμε τα **Summary LSA**, που αφορούν διαδρομές προς υποδίκτυα άλλων περιοχών.

4.14 Η LSDB του R1 έχει συνολικά **9 LSA**. Από αυτά τα **3 είναι Router LSA** (επειδή έχουμε 3 δρομολογητές στην περιοχή 0, τους R1,2,3), τα **2 είναι Network LSA** (επειδή έχουμε 2 broadcast υποδίκτυα με πάνω από έναν δρομολογητή στην περιοχή 0, τα WAN1,2) και τα **4 είναι Summary LSA** (επειδή έχουμε 4 υποδίκτυα εκτός της περιοχής 0, τα WAN3,4 και LAN1,2).

4.15 Τα ζητούμενα LSA είναι το **1 Router LSA** που αντιστοιχεί στον R1, καθώς και τα **2 Network LSA**, αφού ο **R1 είναι DR στα WAN1,2**.

4.16 Παρατηρούμε ότι για κάθε μία από τις 3 αυτές εγγραφές το Link ID **ταυτίζεται με το Router ID** του Router που έχει παραγάγει το LSA, δηλαδή είναι ίσο με 172.22.22.*X* για τον R_X.

4.17 Περιέχει εγγραφές για τις περιοχές **0 και 1**.

4.18 Η LSDB του R2 έχει συνολικά **16 LSA**. Αναλυτικότερα, στην **περιοχή 0** έχουμε **3 Router LSA**, **2 Network LSA** και **4 Summary LSA**, και στην **περιοχή 1** έχουμε **2 Router LSA**, **1 Network LSA** και **4 Summary LSA**. Τα Network LSA αντιστοιχούν ένα προς ένα στα υποδίκτυα broadcast με τουλάχιστον 2 δρομολογητές. Στην **περιοχή 0** αυτά είναι τα **WAN1,2 (2)** και στην **περιοχή 1** αυτό είναι το **WAN3 (1)**, και όχι το LAN1.

4.19 Το Link ID στα Network LSA είναι η **IPv4 διεύθυνση της διεπαφής του Designated Router** στο αντίστοιχο υποδίκτυο. Έτσι, εξηγούνται οι παρακάτω LSA:

Adv. Router = 172.22.22.1 → 10.1.1.1 (αντιστοιχεί στο WAN1)

Adv. Router = 172.22.22.1 → 10.1.1.5 (αντιστοιχεί στο WAN2)

Adv. Router = 172.22.22.2 → 10.1.1.9 (αντιστοιχεί στο WAN3)

4.20 Η LSDB του R3 έχει συνολικά **16 LSA**. Αναλυτικότερα, στην **περιοχή 0** έχουμε **3 Router LSA**, **2 Network LSA** και **4 Summary LSA**, και στην **περιοχή 2** έχουμε **2 Router LSA**, **1 Network LSA** και **4 Summary LSA**. Τα Summary LSA μίας περιοχής αντιστοιχούν ένα προς ένα στα υποδίκτυα άλλων περιοχών. Ως προς την **περιοχή 0** αυτά είναι τα **WAN3,4 και LAN1,2 (4)** και ως προς την **περιοχή 2** αυτά είναι τα **WAN1,2,3 και LAN1 (4)**.

4.21 Το Link ID στα Summary LSA είναι ο **αριθμός δικτύου του αντίστοιχου υποδικτύου**. Έτσι, εξηγούνται οι παρακάτω LSA:

Adv. Router	Link ID (Subnet)	Adv. Router	Link ID (Subnet)	
172.22.22.2	10.1.1.8 (WAN3)	172.22.22.3	10.1.1.12 (WAN4)	
172.22.22.2	192.168.1.0 (LAN1)	172.22.22.3	192.168.2.0 (LAN2)	(Περιοχή 0)
172.22.22.3	10.1.1.0 (WAN1)	172.22.22.3	10.1.1.4 (WAN2)	
172.22.22.3	10.1.1.8 (WAN3)	172.22.22.3	192.168.1.0 (LAN1)	(Περιοχή 2)

4.22 Η πηγή διαφήμισης του Router LSA του R1 και των Network LSA των WAN1,2 είναι ο **R1**, καθώς είναι ο DR σε αυτά τα υποδίκτυα. Οι πηγές διαφήμισης των 2 Router LSA που μένουν είναι οι **R2,3**.

4.23 Περιοχή 0: **WAN3 και LAN1** → **R2 (172.22.22.2)**
WAN4 και LAN2 → **R3 (172.22.22.3)**
 Περιοχή 1: **LAN2, WAN1,2,4** → **R2 (172.22.22.2)**

4.24 Υπάρχει η ένδειξη **IA (Inter-Area)**.

4.25 **Όχι**, δεν υπάρχουν.

4.26 Περιλαμβάνει **διαδρομές προς δρομολογητές** (router routing table).

4.27 **Ναι**, αναγράφεται **ABR** στην προκειμένη περίπτωση.

5

5.1 Εντολές: 1) **ip route 5.5.5.0/24 lo0** 2) **ip route 6.6.6.0/24 lo0**

5.2 **Ναι**, έχουν τοποθετηθεί στον πίνακα δρομολόγησης του R3. Εντολή: **show ip route**
Δεν εμφανίζονται στον πίνακα διαδρομών OSPF. Εντολή: **show ip ospf route**

5.3 **Όχι**, δεν έχουν τοποθετηθεί. Εντολή: **show ip route**

5.4 **Όχι**, δεν έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης.
 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **redistribute static** 3) **do show ip route**

5.5 Έχουν τοποθετηθεί **εγγραφές για τα δύο δίκτυα**, με **κωδικό O (OSPF)**. Εντολή: **show ip route**

5.6 Περιλαμβάνει **εξωτερικές διαδρομές** προς τα δύο δίκτυα (external routing table).
 Εντολή: **show ip ospf route**

5.7 Είναι διαδρομή **E2**. Από τις δύο τιμές **η πρώτη** είναι το κόστος **εντός του δικτύου OSPF** και **η δεύτερη** το κόστος **προς τον προορισμό**. Πράγματι, στο routing table βλέπουμε την δεύτερη τιμή.

5.8 Εμφανίζεται η ένδειξη **ABR, ASBR**.

5.9 Υπάρχουν επιπλέον οι **AS External LSA**. Εντολή: **show ip ospf database**

5.10 Στις External LSA το Link ID ταυτίζεται με **τον αριθμό δικτύου του υποδικτύου της εγγραφής**. Έτσι εξηγούνται οι παρακάτω εγγραφές:
 Adv. Router = 172.22.22.3 → Link ID = 5.5.5.0 και Adv. Router = 172.22.22.3 → Link ID = 6.6.6.0

5.11 Υπάρχουν επιπλέον οι **ASBR Summary LSA**. Εντολή: **show ip ospf database**

5.12 Στα ASBR Summary LSA το Link ID ταυτίζεται με **το Router ID του δρομολογητή ASBR**. Για αυτόν τον λόγο στην εγγραφή έχουμε Link ID = **172.22.22.3 (R3)**.

5.13 Πηγή διαφήμισης είναι ο **R2 (172.22.22.2)**.

5.14 Ο δρομολογητής R5 είναι **στην ίδια περιοχή με τον R3** (περιοχή 2), οπότε μπορεί να υπολογίσει την συντομότερη διαδρομή προς αυτόν. Έτσι, δεν χρειάζεται το ASBR Summary LSA.

5.15 Εντολή: **ip route 0.0.0.0/0 172.22.22.2**

5.16 **Ναι**, έχει τοποθετηθεί στον πίνακα δρομολόγησης του R2.
Δεν εμφανίζεται στον πίνακα διαδρομών OSPF.

Εντολή: **show ip route**

Εντολή: **show ip ospf route**

5.17 **Όχι**, δεν έχει τοποθετηθεί.

Εντολή: **show ip route**

5.18 **Όχι**, δεν έχει αλλάξει.

Εντολές: 1) **router ospf** 2) **default-information originate** 3) **do show ip route**

5.19 Έχει τοποθετηθεί **εγγραφή για default διαδρομή**, με κωδικό **O** (OSPF). Εντολή: **show ip route**

5.20 Χαρακτηρίζεται **εξωτερική** (external routing table).

Εντολή: **show ip ospf route**

5.21 Είναι διαδρομή **E2**. Από τις δύο τιμές **η πρώτη** είναι το κόστος **εντός του δικτύου OSPF** και **η δεύτερη** το κόστος **προς τον προορισμό**. Πράγματι, στο routing table βλέπουμε την δεύτερη τιμή.

5.22 Εμφανίζεται η ένδειξη **ABR, ASBR**.

5.23 **Ναι**, καθώς τώρα ο R2 είναι ASBR εκτός της περιοχής 2, όπου βρίσκεται ο R5. Συνεπώς, ο R5 χρειάζεται την σχετική εγγραφή LSA. Εντολή: **show ip ospf database asbr-summary**

5.24 Υπάρχουν **3 External LSA** στην LSDB των δρομολογητών, τα οποία αντιστοιχούν ένα προς ένα στα δίκτυα **0.0.0.0/0, 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24**

Εντολή: **show ip ospf database**

5.25 Για τα **0.0.0.0/0, 5.5.5.0/24, 6.6.6.0/24** τα **κόστη** είναι αντίστοιχα **10, 20, 20**. Παρατηρούμε ότι αυτά ταυτίζονται με τις μετρικές των διαδρομών στο routing table. Επίσης, οι **στατικές** διαδρομές έχουν προκαθορισμένη τιμή **μετρικής 20**, ενώ η **default** διαδρομή έχει προκαθορισμένη **μετρική 10**.

5.26 Έχουμε **Metric Type = 2**, το οποίο αντιστοιχεί σε **εξωτερική διαδρομή E2**. Για αυτόν τον λόγο στα ερωτήματα 5.7 και 5.21 παρατηρήσαμε την σημαία E2 και οι αποστάσεις προς τον προορισμό δεν περιλάμβαναν τις εσωτερικές αποστάσεις στο δίκτυο OSPF.

5.27 Το κόστος της διαδρομής είναι **30**. Εντολή: **show ip ospf route** (από τον R4)

5.28 Το κόστος (Metric) είναι **20** και αφορά την διαδρομή **από τον ASBR στον προορισμό, χωρίς την διαδρομή R4 → R3**.

6

6.1 Εντολή: **ping 192.168.2.2**

6.2 Οι δυναμικές εγγραφές στον R3 ταυτίζονται με τις εγγραφές OSPF, οπότε εκτελούμε **show ip route ospf**:

6.3 Αντίστοιχα για τον R5:

```
R3# show ip route ospf
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       0 - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/10] via 10.1.1.5, em0, 01:40:16
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 06:06:37
O 10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 06:06:46
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 06:06:37
O 10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 06:06:41
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 06:01:01
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 06:00:21
R3#
```

```
R5# show ip route ospf
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       0 - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/10] via 10.1.1.13, em0, 01:41:10
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 03:01:14
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 03:01:14
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em0, 06:01:19
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 06:01:19
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em0, 06:01:19
O 10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 06:01:25
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em0, 06:01:19
O 192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 06:01:15
R5#
```

6.4 Το LAN2 χαρακτηρίζεται **stub network** και το WAN4 **transit network**.

Εντολή: **show ip ospf database router self-originate**

6.5 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **area 2 stub**

6.6 Έχει αφαιρεθεί η εγγραφή για το LAN2. Εντολή: **show ip route**

6.7 Μόνο για 2 δίκτυα, το **WAN4** και το **LAN2** (εξαιρώντας της loopback). Εντολή: **show ip route**

6.8 **Όχι**, δεν υπάρχει. Εντολή: **show ip route**

6.9 Περνάνε από τον PC1 στον R4, ο οποίος δεν έχει εγγραφή για το LAN2, αλλά έχει default διαδρομή μέσω του R2. Ο R2 επίσης δεν έχει εγγραφή για το LAN2, αλλά έχει default διαδρομή μέσω της διεπαφής loopback του. Συνεπώς τα ICMP echo request του ping καταλήγουν στην loopback του R2.

- 6.10 Παρατηρούμε ότι το E-bit είναι **0** στην εγγραφή του **R3** και **1** στην εγγραφή του **R5**.
Εντολή: **show ip ospf database router**
- 6.11 Η περιοχή χαρακτηρίζεται **stub**. Εντολή: **show ip ospf database router**
- 6.12 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **area 2 stub**
- 6.13 **Ναι**, η εγγραφή για το LAN2 επανήλθε. Εντολή: **show ip route**
- 6.14 Τώρα το E-bit είναι **0** και στις δύο εγγραφές. Εντολή: **show ip ospf database router**
- 6.15 **Ναι**, υπάρχει. Είναι μέσω του 10.1.1.13 (R3). Εντολή: **do show ip route**
- 6.16 **Όχι**, δεν υπάρχουν, αφού η περιοχή 2 είναι **stub**.
- 6.17 Έχει εγγραφές για τα **WAN1,2,3,4**, την **loopback** του και για τα **LAN1,2**. Οι διαδρομές προς το **WAN4** και **LAN2** είναι **intra-area** (περιοχή 2), ενώ οι διαδρομές προς τα **WAN1,2,3** και το **LAN1** είναι **inter-area**.
- 6.18 **Ναι**, έχει προστεθεί πάλι η εγγραφή για το **LAN2**. Εντολή: **show ip route**
- 6.19 Όταν ορίσαμε στον R3 την περιοχή 2 ως stub υπήρξε ασυμφωνία μεταξύ R3 και R5. Αυτό μαθεύτηκε στο επόμενο OSPF Hello (για αυτό χρειάστηκε χρόνος για να παρατηρήσουμε αλλαγή), οδηγώντας τους δύο δρομολογητές να πάνε να θεωρούν ο ένας τον άλλον γείτονα, αφού η συμφωνία στον χαρακτήρα της περιοχής είναι υποχρεωτική. Από το κυρίως δίκτυο λοιπόν διαγράφηκε η διαδρομή προς το LAN2, με αποτέλεσμα το ping να διακοπεί.
- 6.20 Οι δύο προκαθορισμένες διαδρομές έχουν διαφορετική προέλευση. Στον R4 η διαδρομή προέρχεται από τον R2 με **External LSA**. Στον R5 προέρχεται από τον R3 με **Summary LSA** και είναι η διαδρομή που **χρησιμοποιείται για οποιοδήποτε εξωτερικό** του OSPF δίκτυο (περιοχή 2 → stub).
- 6.21 Περιέχει **2 LSA**, ένα **Summary LSA** που δημιουργεί ο ίδιος επειδή η περιοχή 2 είναι stub, και ένα **External LSA**, με προέλευση τον R2. Προς τον R5 διαφημίζεται **μόνο το Summary LSA**.
Εντολή: **show ip ospf database**
- 6.22 Την διαφημίζει με **Metric = 1**. Εντολή: **show ip ospf database summary 0.0.0.0**
- 6.23 Έχει κόστος **11**. Αυτό προκύπτει ως το διαφημιζόμενο κόστος (Metric του 6.22) +
+ κόστος της διεπαφής (R5 → R3) = 1 + 10. Εντολή: **show ip route**
- 6.24 **Ναι**, υπάρχουν. Θα διαγραφούν μετά την πάροδο **μίας ώρας**, όταν δηλαδή το age τους γίνει 3600.
Εντολή: **do show ip ospf database external**
- 6.25 Εντολές: 1) **router ospf** 2) **no area 2 stub**
- 6.26 Εντολή: **area 2 stub no-summary**
- 6.27 R3) **area 2 stub no-summary** R5) **area 2 stub**
- 6.28 Για το **WAN4**, **LAN2** και το **0.0.0.0/0**. Εντολή: **show ip ospf route**
- 6.29 Εντολές: 1) **no ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1** 2) **route ospf**
3) **network 192.168.2.0/24 area 2** 4) **area 2 stub**
- 6.30 Εκτελούμε την εντολή **show ip route**. Προκύπτουν **3 δυναμικές εγγραφές**:
- | | | | | |
|----|-----|----------------|-----------|-----------------------|
| 1) | O>* | 0.0.0.0/0 | [110/111] | via 192.168.2.1 |
| 2) | O>* | 10.1.1.12/30 | [110/110] | via 192.168.2.1 |
| 3) | O | 192.168.2.0/24 | [110/100] | is directly connected |
- 6.31 Τώρα το LAN2 χαρακτηρίζεται **Transit Network**, αντί για **Stub Network**.
Εντολή: **show ip ospf database router self-originate**
- 6.32 Η περιοχή απόληξη είναι μία περιοχή OSPF η οποία **δεν δέχεται διαδρομές για εξωτερικά του OSPF δίκτυα**, ενώ το δίκτυο απόληξη είναι ένα δίκτυο με **μόνο έναν δρομολογητή OSPF**. Συνεπώς, ένα δίκτυο **stub** μπορεί να βρίσκεται σε περιοχή **transit** και ένα δίκτυο **transit** σε μία περιοχή **stub**.