



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ OSPF



10 ΜΑΙΟΥ, 2023

ΘΟΔΩΡΗΣ ΑΡΑΠΗΣ – EL18028

Όνοματεπώνυμο: Θοδωρής Αράπης	Ομάδα: 3
Όνομα PC/ΛΣ: DESKTOP-JGHL94V/ WINDOWS 10	Ημερομηνία: 10/5/2023

Προετοιμασία στο σπίτι

1

Σταματάμε το frr.

```
root@R0:~ # service frr stop
Stopping staticd.
Stopping zebra.
```

2

Δημιουργούμε με **"touch ospfd.conf"** το αρχείο όντας στο directory /usr/local/etc/frr.

3

Εκτελούμε **"chown frr:frr ospfd.conf"**.

4

Τροποποιούμε κατάλληλα το αρχείο /etc/rc.conf:

```
sshd_enable="YES" # to enable the ssh daemon
hostname="R0" # to assign the host name
syslogd_flags="-scc" # to disable compression of repeated messages
gateway_enable="YES"
frr_enable="YES"
frr_daemons="zebra staticd ripd ospfd"
```

5

Εκκινούμε την υπηρεσία frr ξανά:

```
root@R0:/usr/local/etc/frr # service frr start
Checking zebra.conf
2023/05/08 22:56:30 ZEBRA: [EC 4043309111] Disabling MPLS support (no kernel support)
OK
Starting zebra.
2023/05/08 22:56:30 ZEBRA: [EC 4043309111] Disabling MPLS support (no kernel support)
Checking staticd.conf
OK
Starting staticd.
Checking ripd.conf
2023/05/08 22:56:30 RIP: [EC 1006633031] vty_read_config: failed to open configuration file /usr/local/etc/frr/ripd.conf: No such file or directory, checking backup
2023/05/08 22:56:30 RIP: [EC 1006633041] can't open configuration file [/usr/local/etc/frr/ripd.conf]
OK
Checking ospfd.conf
OK
Starting ospfd.
```

6

Δημιουργούμε το αντίστοιχο .ova.

Εισαγωγή στο OSPF

1.1

Εκτελούμε τις εξής εντολές στο PC1: “vtysh” → “configure terminal” → “hostname PC1” → “interface em0” → “ip address 192.168.1.2/24” → “exit” → “ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1”.

1.2

Αντίστοιχα εκτελούμε στο PC2: “vtysh” → “configure terminal” → “hostname PC2” → “interface em0” → “ip address 192.168.2.2/24” → “exit” → “ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1”.

1.3

Εκτελούμε στο R1: “cli” → “configure terminal” → “hostname R1” → “interface em0” → “ip address 192.168.1.1/24” → “exit” → “interface em1” → “ip address 172.17.17.1/30”.

1.4

Εκτελούμε στο Configuration mode του R1 την εντολή “do show ip route” και επιβεβαιώνουμε πως δεν υπάρχουν στατικές εγγραφές:

```
R1(config-if)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
```

1.5

Εκτελούμε στο R1 την εντολή “router ?” οπότε και μας εμφανίζονται οι διάφορες επιλογές που έχουμε στο σημείο αυτό, οι οποίες και αντιστοιχούν στα διαθέσιμα πρωτόκολλα δρομολόγησης:

```
R1(config)# router
  babel   Babel
  bgp     BGP information
  isis    ISO IS-IS
  ospf    Start OSPF configuration
  ospf6   Open Shortest Path First (OSPF) for IPv6
  rip     RIP
  ripng   RIPng
```

1.6

Εκτελούμε “router ospf” στο R1.

1.7

Εκτελούμε “?” και βλέπουμε τις διαθέσιμες εντολές.

R1(config-router)#	
area	OSPF area parameters
auto-cost	Calculate OSPF interface cost according to bandwidth
capability	Enable specific OSPF feature
compatible	OSPF compatibility list
default-information	Control distribution of default information
default-metric	Set metric of redistributed routes
distance	Define an administrative distance
distribute-list	Filter networks in routing updates
end	End current mode and change to enable mode
exit	Exit current mode and down to previous mode
list	Print command list
log-adjacency-changes	Log changes in adjacency state
max-metric	OSPF maximum / infinite-distance metric
mpls-te	Configure MPLS-TE parameters
neighbor	Specify neighbor router
network	Enable routing on an IP network
no	Negate a command or set its defaults
ospf	OSPF specific commands
passive-interface	Suppress routing updates on an interface
quit	Exit current mode and down to previous mode
redistribute	Redistribute information from another routing protocol
refresh	Adjust refresh parameters
router-id	router-id for the OSPF process
timers	Adjust routing timers

1.8

Εκτελούμε στο OSPF Router Configuration Mode του R1 “**network 192.168.1.0/24 area 0**”.

1.9

Εκτελούμε στο OSPF Router Configuration Mode του R1 “**network 172.17.17.0/30 area 0**”.

1.10

Βλέπουμε πως προστέθηκαν 2 νέες OSPF εγγραφές, οι οποίες και αφορούν τα δίκτυα των παραπάνω 2 ερωτημάτων.

```

R1(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O   172.17.17.0/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:00:22
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 00:01:43
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0

```

1.11

Εκτελούμε στο R2 τις αντίστοιχες εντολές κατάλληλα τροποποιημένες και βλέπουμε στο R2 τον πίνακα δρομολόγησης πριν και μετά τις ενέργειες για το OSPF παρακάτω. Τα PC1, PC2 επικοινωνούν κανονικά.

```
R2(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0
```

```
PC2(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O  172.17.17.0/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:01:17
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O>* 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.17.17.1, em1, 00:01:10
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 00:01:41
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0
```

1.12

Δεδομένου ότι οι R1, R2 έχουν αμφότερες τις διεπαφές τους στην περιοχή 0, είναι εσωτερικοί (internal) και κορμού (backbone).

1.13

Όπως είδαμε και παραπάνω, όντας στο configuration mode του R2 εκτελούμε “do show ip route”.

1.14

Έχουν μπροστά τον χαρακτήρα ‘O’.

1.15

Από το “>*”

1.16

Από τον πίνακα δρομολόγησης βλέπουμε πως η διαχειριστική απόσταση είναι 110, ενώ το μήκος της διαδρομής είναι 10.

[110/10]

1.17

Η συγκεκριμένη διαδρομή έχει επιλεγθεί, καθώς έχει μηδενική διαχειριστική απόσταση όντας άμεσα συνδεδεμένη με τον R2.

1.18

Εμφανίζουμε τον πίνακα δρομολόγησης με “netstat -rn” και βλέπουμε πως η δυναμική εγγραφή για το 192.168.1.0/24 έχει το Flag 1.

```
[root@router]~# netstat -rn
Routing tables

Internet:
Destination        Gateway             Flags        Refs        Use  Netif  Expire
127.0.0.1           link#3              UH            0          141    lo0
172.17.17.0/30      link#2              U             0           0     em1
172.17.17.2         link#2              UHS           0           0    lo0
192.168.1.0/24      172.17.17.1         UG1           0           1     em1
192.168.2.0/24      link#1              U             0           1    em0
192.168.2.1         link#1              UHS           0           0    lo0
```

1.19

Εκτελούμε στο R1 “tcpdump -vvni em0” και βλέπουμε τα παρακάτω:

```
[root@router]~# tcpdump -vvni em0
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 65535 bytes
23:56:35.047273 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 500, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
    192.168.1.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
        Router-ID 192.168.1.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
        Options [External]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Mask 255.255.255.0, Priority 1
        Designated Router 192.168.1.1
23:56:45.067171 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 502, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
    192.168.1.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
        Router-ID 192.168.1.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
        Options [External]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Mask 255.255.255.0, Priority 1
        Designated Router 192.168.1.1
23:56:55.087074 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 504, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
    192.168.1.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 44
        Router-ID 192.168.1.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
        Options [External]
        Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Mask 255.255.255.0, Priority 1
        Designated Router 192.168.1.1
```

1.20

Πηγή η 192.168.1.1.

1.21

Προορισμός η 224.0.0.5, διεύθυνση στην οποία ακούει κάθε router που τρέχει το OSPF.

1.22

Χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο IP και έχει αριθμό πρωτοκόλλου ανωτέρου στρώματος το 89.

1.23

Έχει TTL = 1.

1.24

Είναι τύπου “Hello” και ανήκουν στην περιοχή κορμού Backbone Area.

1.25

Τα βλέπουμε ανά 10 δευτερόλεπτα, τιμή η οποία συμπίπτει ακριβώς με το Hello Timer. Το Dead Timer έχει τιμή 40s.

1.26

Η Router ID του R1 είναι η 192.168.1.1, η οποία και αποτελεί τη διεπαφή του R1 στο LAN1 με τη μεγαλύτερη IP, δεδομένου ότι δεν υπάρχει IP στη loopback.

1.27

Επιλεγμένος δρομολογητής της ζεύξης στο LAN1 είναι ο R1 με την 192.168.1.1 διεπαφή και δεν υπάρχει BDR.

1.28

Εκτελούμε στο R1 “**tcpdump -vvv em1**” και παρατηρούμε ξανά αποστολή μηνυμάτων OSPF Hello από τον R1 όπως πριν με διεύθυνση πηγής αυτή τη φορά την 172.17.17.1.


```
[root@router]~# tcpdump -vvvni em1
tcpdump: listening on em1, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 65535 bytes
00:05:07.172293 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 627, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 68)
  172.17.17.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 48
    Router-ID 192.168.1.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Options [External]
    Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Mask 255.255.255.252, Priority 1
    Designated Router 172.17.17.1, Backup Designated Router 172.17.17.2
    Neighbor List:
      192.168.2.1
00:05:14.852440 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 470, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 68)
  172.17.17.2 > 224.0.0.5: OSPFv2, Hello, length 48
    Router-ID 192.168.2.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Options [External]
    Hello Timer 10s, Dead Timer 40s, Mask 255.255.255.252, Priority 1
    Designated Router 172.17.17.1, Backup Designated Router 172.17.17.2
    Neighbor List:
      192.168.1.1
```

1.29

Παρατηρούμε λήψη μηνυμάτων OSPF από τον R2, καθώς διαφημίζει στα Hello μηνύματα του το 192.168.1.1, το οποίο και έμαθε μέσω του R1, οπότε έλαβε κανονικά τα OSPF. Διεύθυνση πηγής αυτών είναι η 172.17.17.1, ενώ το RouterID του R2 είναι το 192.168.2.1.

1.30

Η μάσκα υποδικτύου 255.255.255.252 αφορά τη μάσκα της διεπαφής από την οποία προήλθε, η οποία εν προκειμένω ήταν η /30.

1.31

Σε σχέση με τα Hello πακέτα του LAN1 βλέπουμε επιπλέον πληροφορίες όπως τον Backup Designated Router και τη Neighbor List. Εν προκειμένω, περιέχονται τα Neighbor List κάθε δρομολογητή όπου και περιέχουν τα RouterID.

1.32

Εν προκειμένω δε περιλαμβάνονται διαφημίσεις δικτύων.

1.33

Και οι 2 δηλώνουν προτεραιότητα 1.

1.34

IP_{DR} = 172.17.17.1 και IP_{BDR} = 172.17.17.2. Θα αναμέναμε οι διευθύνσεις αυτές να είναι ανάποδα, αλλά δεδομένου ότι κάναμε configure πρώτα το R1, παραμένουν ως έχει μέχρι να διαγραφεί ο R1 ή έστω η em1 του R1.

1.35

Εκτελούμε **“router ospf”** → **“passive interface em0/em0”** στα R1/R2 αντίστοιχα.

1.36

Έχει σταματήσει η αποστολή OSPF πακέτων στα LAN1 και LAN2.

1.37

Η ρύθμιση αυτή στο συγκεκριμένο δίκτυο δε θα προκαλέσει κανένα πρόβλημα, καθώς τα PC1, PC2 έχουν gateway routers, οπότε και συνεχίζουν να επικοινωνούν κανονικά στην εν λόγω τοπολογία.

Άσκηση 2: Λειτουργία του OSPF

2.1

Με την εντολή **“router-id ID”** όπου **“ID”** η διεύθυνση IP που θέλουμε να αναθέσουμε ως τιμή του routerID.

2.2

Όντας σε Router Configuration Mode εκτελούμε στα R1 και R2 αντίστοιχα **“router-id 1”** και **“router-id 2”**.

2.3

Σε global configuration mode εκτελούμε **“do show ip ospf”** και βλέπουμε πως το Router-ID του R1 είναι 0.0.0.1, ανήκει σε μία περιοχή, την Backbone Area με Area-ID 0.0.0.0 και η LSDB του έχει 3 LSA.

```

R1(config)# do show ip ospf
OSPF Routing Process, Router ID: 0.0.0.1
Supports only single TOS (TOS0) routes
This implementation conforms to RFC2328
RFC1583Compatibility flag is disabled
OpaqueCapability flag is disabled
Initial SPF scheduling delay 200 millsec(s)
Minimum hold time between consecutive SPF's 1000 millsec(s)
Maximum hold time between consecutive SPF's 10000 millsec(s)
Hold time multiplier is currently 1
SPF algorithm last executed 2m31s ago
SPF timer is inactive
Refresh timer 10 secs
Number of external LSA 0. Checksum Sum 0x00000000
Number of redistributed prefixes: 0
Number of opaque AS LSA 0. Checksum Sum 0x00000000
Number of areas attached to this router: 1

Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
Number of interfaces in this area: Total: 2, Active: 2
Number of fully adjacent neighbors in this area: 1
Area has no authentication
SPF algorithm executed 10 times
Number of LSA 3
Number of router LSA 2. Checksum Sum 0x00001d23

```

2.4

Εκτελούμε σε configuration mode το **“do show ip ospf neighbor”** και βλέπουμε πως το State είναι Full, επομένως το OSPF έχει συγκλίνει και ο γείτονας είναι DR.

```

R1(config)# do show ip ospf neighbor

```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
RXmtL RqstL DBsmL					
0.0.0.2	1	Full/Backup	31.734s	172.17.17.2	em1:172.17.17.1

2.5

Εκτελώντας διαδοχικά την παραπάνω εντολή, βλέπουμε πως το Dead Time παίρνει τιμές από 30 έως 40 seconds. Ο χρόνος αυτός δηλώνει πως εάν παρέλθει τότε ο γείτονας θεωρείται ανενεργός και παύει η γειτνίαση. Ωστόσο, δεδομένου πως τα Hello μηνύματα που είδαμε πριν στέλνονται ανά 10 δευτερόλεπτα, βλέπουμε τον Dead Timer να ανανεώνεται στα 40s μόλις φτάσει στα 30s.

2.6

Με την εντολή **“do show ip ospf neighbor detail”** σε global configuration mode.

```

R1(config)# do show ip ospf neighbor detail
Neighbor 0.0.0.2, interface address 172.17.17.2
  In the area 0.0.0.0 via interface em1
  Neighbor priority is 1, State is Full, 10 state changes
  Most recent state change statistics:
    Progressive change 10m17s ago
    Regressive change 10m27s ago, due to 1-WayReceived
  DR is 172.17.17.1, BDR is 172.17.17.2
  Options 2 *!-!-!-!-!E!*
  Dead timer due in 33.414s
  Database Summary List 0
  Link State Request List 0
  Link State Retransmission List 0
  Thread Inactivity Timer on
  Thread Database Description Retransmission off
  Thread Link State Request Retransmission on
  Thread Link State Update Retransmission on

```

2.7

Στο R1 και στο R2:

- Εκτελούμε “**do show ip ospf interface em1**”. Το είδος του δικτύου είναι BROADCAST, ID_{DR} = 0.0.0.1 (R1), ID_{BDR} = 0.0.0.2 (R2). Σε σχέση με το 1.34, παρατηρούμε ότι δεν άλλαξαν οι διευθύνσεις

2.8

Είναι μέλη στις “OSPFAllRouters” και “OSPFDesignatedRouters”..

2.9

Εκτελούμε “**do show ip ospf database**” στα R1 και R2 και παίρνουμε αντίστοιχα:

```

R1(config)# do show ip ospf database

      OSPF Router with ID (0.0.0.1)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1          27  0x800000004    0x031e  2
0.0.0.2      0.0.0.2          29  0x800000004    0x1607  2

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
172.17.17.1  0.0.0.1          1778 0x800000003    0x3453

```

```

R2(config)# do show ip ospf database

      OSPF Router with ID (0.0.0.2)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#          CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1         105  0x800000004  0x031e  2
0.0.0.2      0.0.0.2         106  0x800000004  0x1607  2

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#          CkSum
172.17.17.1  0.0.0.1         45   0x800000004  0x3254

```

Βλέπουμε στο καθένα από 2 Router LSA και 1 Network LSA και το αποτέλεσμα είναι ίδιο στους 2 δρομολογητές.

2.10

Το Link ID των Router LSA είναι 0.0.0.1 και 0.0.0.2, ταυτίζεται επομένως με το Router ID του εκάστοτε δρομολογητή που τα παράγει.

2.11

Link ID του Network LSA είναι το 172.17.17.1, το οποίο ταυτίζεται με το Router ID του δρομολογητή που το παράγει (0.0.0.1), ενώ επιπλέον είναι η IP της διεπαφής που το παράγει.

2.12

Με την εντολή “**do show ip ospf database router self-originate**” όντας σε Global Configuration Mode. (Βλέπουμε το αποτέλεσμα στην αρχή της επόμενης σελίδας).

```
R1(config)# do show ip ospf database router self-originate
```

```
OSPF Router with ID (0.0.0.1)
```

```
Router Link States (Area 0.0.0.0)
```

```
LS age: 595
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 0.0.0.1
Advertising Router: 0.0.0.1
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x031e
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 192.168.1.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 172.17.17.1
(Link Data) Router Interface address: 172.17.17.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10
```

2.13

Το LAN1 χαρακτηρίζεται ως Stub Network καθώς έχει έναν μόνο OSPF router (R1), οπότε τα πακέτα είτε πηγάζουν είτε καταλήγουν σε αυτό, ενώ το WAN1 χαρακτηρίζεται ως Transit Network, καθώς έχει 2 δρομολογητές OSPF, οπότε τα πακέτα μπορούν να πηγάζουν ή να διέρχονται από αυτά.

2.14

Με την εντολή “do show ip ospf database network self-originate” στο R2.

```
R1(config)# do show ip ospf database network self-originate
```

```
OSPF Router with ID (0.0.0.1)
```

```
Net Link States (Area 0.0.0.0)
```

```
LS age: 938
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x3
LS Type: network-LSA
Link State ID: 172.17.17.1 (address of Designated Router)
Advertising Router: 0.0.0.1
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x3254
Length: 32
Network Mask: /30
Attached Router: 0.0.0.1
Attached Router: 0.0.0.2
```

2.15

Περιέχει τα RouterID των δρομολογητών του WAN1.

2.16

Βλέπουμε από 3 εγγραφές στον κάθε πίνακα (αφορούν τα ίδια δίκτυα), κάθε μία εκ των οποίων ανήκει στην Backbone Area.

```
R1(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    172.17.17.0/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em1
N    192.168.1.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em0
N    192.168.2.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 172.17.17.2, em1

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

```
R2(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    172.17.17.0/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em1
N    192.168.1.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 172.17.17.1, em1
N    192.168.2.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em0

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

2.17

Όσον αφορά τα κόστη βλέπουμε πως ο R1 έχει κόστος 10 για τα LAN1 και WAN1 και κόστος 20 για το LAN2, ενώ ο R2 έχει κόστος 10 για το WAN1 και το LAN2, ενώ έχει κόστος 20 για το LAN1. Τα ίδια κόστη λαμβάνουμε και με “do show ip route ospf”.

2.18

Εκτελούμε στο R1 όντας σε Global Configuration Mode “interface em1” → “bandwidth 100000”, καθώς η τιμή που παίρνει ως όρισμα η εντολή “bandwidth number” είναι σε kilobits.

2.19

Με την εντολή “do show ip ospf interface em1” σε GCM βλέπουμε πως το νέο κόστος είναι 1 αντί για 10 που ήταν προηγουμένως.

```

R1(config-if)# do show ip ospf interface em1
em1 is up
  ifindex 2, MTU 1500 bytes, BW 1000000 kbit <UP,BROADCAST,RUNNING,SIMPLEX,MULTICAST>
  Internet Address 172.17.17.1/30, Broadcast 172.17.17.3, Area 0.0.0.0
  MTU mismatch detection:enabled
  Router ID 0.0.0.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1
  Designated Router (ID) 0.0.0.1, Interface Address 172.17.17.1
  Backup Designated Router (ID) 0.0.0.2, Interface Address 172.17.17.2
  Saved Network-LSA sequence number 0x80000005
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
  Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
    Hello due in 0.642s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1

```

2.20

Με “do show ip route” βλέπουμε πως έχει αλλάξει το κόστος από το R1 προς το WAN1 (10 → 1) και προς το LAN2 (20 → 11).

```

R1(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O   172.17.17.0/30 [110/1] is directly connected, em1, 00:04:50
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:22:05
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/11] via 172.17.17.2, em1, 00:04:50

```

2.21

Το κόστος από τον R2 προς το LAN1 παραμένει 20, καθώς δεν αλλάξαμε το bandwidth της διεπαφής του R2 στο WAN1 (em0).

2.22

Εκτελούμε στον R2 σε GCM “interface em0” → “bandwidth 100000”.

2.23

Εκτελούμε στο R1 “tcpdump -vvni em1” σε μια νέα κονσόλα.

2.24

Εκτελούμε στον R2 σε GCM “router ospf” → “no network 192.168.2.0/24 area 0”.

2.25

Βλέπουμε άμεσα με τη διαγραφή του 192.168.2.0/24 από το OSPF μήνυμα LSUupdate από τον R2 και απάντηση LS-Ack από τον R1.

```
01:55:58.263498 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1346, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 84)
  172.17.17.2 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 64
    Router-ID 0.0.0.2, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
    LSA #1
      Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000007, age 1s, length 16
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
      Options: [External]
      Router LSA Options: [none]
      Neighbor Network-ID: 172.17.17.1, Interface Address: 172.17.17.2
      topology default (0), metric 1
      0x0000: 0000 0001 ac11 1101 ac11 1102 0200 0001
```

```
01:55:58.722687 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1639, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
  172.17.17.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Ack, length 44
    Router-ID 0.0.0.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000007, age 1s, length 16
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]
```

2.26

Βλέπουμε εκ νέου τον πίνακα διαδρομών OSPF του R1 και του R2 και παρατηρούμε πως έχει διαγραφεί το LAN2 και από τους 2 πίνακες.

```
R1(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    172.17.17.0/30      [1] area: 0.0.0.0
      directly attached to em1
N    192.168.1.0/24     [10] area: 0.0.0.0
      directly attached to em0
===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

```
R2(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    172.17.17.0/30      [1] area: 0.0.0.0
      directly attached to em1
N    192.168.1.0/24     [11] area: 0.0.0.0
      via 172.17.17.1, em1
===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

2.27

Η αποστολή μηνυμάτων OSPF δεν έχει σταματήσει στο WAN1, καθώς οι δρομολογητές ενημερώνουν κάθε 10 seconds ο ένας τον άλλον για την ύπαρξή τους προκειμένου να μη θεωρηθούν Dead.

2.28

Με την επανεισαγωγή του LAN2 στο OSPF του R2, βλέπουμε άμεσα στην καταγραφή αποστολή LS-Update από το R2 στο R1 στο οποίο τον ενημερώνει για το Stub Network: 192.168.2.0 με Mask: 255.255.255.0 και άμεση απάντηση LS-Ack από το R1 στο R2.

```
02:02:56.852317 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1397, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 96)
  172.17.17.2 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 76
    Router-ID 0.0.0.2, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
    LSA #1
    Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000000a, age 1s, length 28
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]
    Router LSA Options: [none]
    Neighbor Network-ID: 172.17.17.1, Interface Address: 172.17.17.2
    topology default (0), metric 1
    Stub Network: 192.168.2.0, Mask: 255.255.255.0
    topology default (0), metric 10
    0x0000: 0000 0002 ac11 1101 ac11 1102 0200 0001
    0x0010: c0a8 0200 ffff ff00 0300 000a
```

```
02:02:57.698595 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1713, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
  172.17.17.1 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Ack, length 44
    Router-ID 0.0.0.1, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000000a, age 1s, length 28
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]
```

Άσκηση 3: Εναλλακτικές διαδρομές, σφάλμα καλωδίου και OSPF

3.1

Εκτελούμε στο R3 “cli” → “configure terminal” → “hostname R3” → “interface em0” → “ip address 172.17.17.6/30” → “exit” → “router rip” → “network 172.17.17.4/30” → “exit” → “interface em1” → “ip address 172.17.17.10/30”

3.2

Εκτελούμε όντας σε GCM “interface em2” → “ip address 172.17.17.5/30” και “interface em2” → “ip address 172.17.17.9/30” στα R1 και R2 αντίστοιχα.

3.3

Εκτελούμε την εντολή **“link-detect”** σε κάθε interface των routers που ανήκει σε WAN.

3.4

Μπαίνουμε σε Interface Configuration Mode για κάθε διεπαφή που ανήκει σε WAN και εκτελούμε την εντολή **“ospf network point-to-point”**.

3.5

Εκτελούμε στον R1 όντας σε GCM **“router ospf”** → **“network 172.17.17.4/30 area 0”**.

3.6

Εκτελούμε στον R2 όντας σε GCM **“router ospf”** → **“network 172.17.17.8/30 area 0”**

3.7

Στον R3 όντας σε GCM εκτελούμε **“router ospf”** → **“router-id 3”** → **“network 0.0.0.0/0 area 0”**.

3.8

Εμφανίζουμε τον πίνακα διαδρομών του R1.

```
R1(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    127.0.0.1/32          [20] area: 0.0.0.0
                                   via 172.17.17.6, em2
N    172.17.17.0/30       [1] area: 0.0.0.0
                                   directly attached to em1
N    172.17.17.4/30       [10] area: 0.0.0.0
                                   directly attached to em2
N    172.17.17.8/30       [11] area: 0.0.0.0
                                   via 172.17.17.2, em1
N    192.168.1.0/24       [10] area: 0.0.0.0
                                   directly attached to em0
N    192.168.2.0/24       [11] area: 0.0.0.0
                                   via 172.17.17.2, em1

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====
```

3.9

Εμφανίζουμε τον πίνακα διαδρομών του R2.

```

R2(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    127.0.0.1/32          [20] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.10, em2
N    172.17.17.0/30       [1] area: 0.0.0.0
                                directly attached to em1
N    172.17.17.4/30       [11] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.1, em1
N    172.17.17.8/30       [10] area: 0.0.0.0
                                directly attached to em2
N    192.168.1.0/24       [11] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.1, em1
N    192.168.2.0/24       [10] area: 0.0.0.0
                                directly attached to em0

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====

```

3.10

Εμφανίζουμε τον πίνακα διαδρομών του R3.

```

R3(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N    172.17.17.0/30       [11] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.5, em0
                                via 172.17.17.9, em1
N    172.17.17.4/30       [10] area: 0.0.0.0
                                directly attached to em0
N    172.17.17.8/30       [10] area: 0.0.0.0
                                directly attached to em1
N    192.168.1.0/24       [20] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.5, em0
N    192.168.2.0/24       [20] area: 0.0.0.0
                                via 172.17.17.9, em1

===== OSPF router routing table =====
===== OSPF external routing table =====

```

3.11

Διαφημίζει όλα τα δίκτυα που μετέχουν οι διεπαφές του, συμπεριλαμβανομένης της loopback.

3.12

Ο R3.

3.13

Απαντάει το ίδιο το R1, καθώς αυτή η εγγραφή είναι επιλεγμένη για δρομολόγηση.

```
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
D> 127.0.0.1/32 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:12:15
```

3.14

Έχει 2 διαδρομές προς το WAN1, είτε μέσω του R1 είτε μέσω του R2 και έχει επιλεγεί αυτή μέσω του R1.

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

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O>* 172.17.17.0/30 [110/11] via 172.17.17.5, em0, 00:14:53
                        via 172.17.17.9, em1, 00:14:53
```

3.15

Και οι 2 γείτονες είναι σε κατάσταση DROther.

```
R3(config)# do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
RXmtL RqstL DBsmL					
0.0.0.1	1	Full/DROther	38.655s	172.17.17.5	em0:172.17.17.6
0	0	0			
0.0.0.2	1	Full/DROther	37.511s	172.17.17.9	em1:172.17.17.10
0	0	0			

3.16

Βλέπουμε το LSDB των R1, R2, R3 με τη σειρά.

```

R1(config)# ping 127.0.0.1
% Unknown command.
R1(config)# do show ip ospf database

    OSPF Router with ID (0.0.0.1)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#          CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1          1171 0x80000000e  0x3afe  5
0.0.0.2      0.0.0.2          1173 0x80000000d  0xea44  5
0.0.0.3      0.0.0.3          1172 0x800000005  0xa85d  5

```

```

R2(config)# do show ip ospf database

    OSPF Router with ID (0.0.0.2)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#          CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1          1183 0x80000000e  0x3afe  5
0.0.0.2      0.0.0.2          1183 0x80000000d  0xea44  5
0.0.0.3      0.0.0.3          1184 0x800000005  0xa85d  5

```

```

R3(config)# do show ip ospf database

    OSPF Router with ID (0.0.0.3)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#          CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1          1196 0x80000000e  0x3afe  5
0.0.0.2      0.0.0.2          1198 0x80000000d  0xea44  5
0.0.0.3      0.0.0.3          1195 0x800000005  0xa85d  5

```

Δε βλέπουμε Network LSA αφού ορίσαμε πριν ότι η επικοινωνία είναι point-to-point.

3.17

Εκτελούμε στο R1 “do show ip ospf database router self-originate”.

```
R1(config)# do show ip ospf database router self-originate
```

```
      OSPF Router with ID (0.0.0.1)

      Router Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 1439
Options: 0x2 : *!-!-!-!-!E!*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 0.0.0.1
Advertising Router: 0.0.0.1
LS Seq Number: 8000000e
Checksum: 0x3afe
Length: 84
Number of Links: 5

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 192.168.1.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 0.0.0.2
(Link Data) Router Interface address: 172.17.17.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 1

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 172.17.17.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 1

Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 0.0.0.3
(Link Data) Router Interface address: 172.17.17.5
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 172.17.17.4
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10
```

Πλέον το WAN1 περιγράφεται ως Stub Network.

3.18

TTL = 62.

3.19

Εκτελούμε στο R2 “tcpump -vvvi em2 not icmp”.

3.20

Δε χάθηκε κανένα πακέτο, ενώ, ενώ το TTL από 62 έγινε 61.

3.21

Το OSPF αντέδρασε σχεδόν άμεσα στην αλλαγή της τοπολογίας.

3.22

Ανταλλάχθηκαν 6 μηνύματα, τρία LS-Update και τρία LS-Ack.

```
03:24:54.668613 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 787, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 108)
  172.17.17.10 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 88
    Router-ID 0.0.0.3, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
    LSA #1
    Advertising Router 0.0.0.1, seq 0x80000014, age 2s, length 40
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
      Options: [External]
      Router LSA Options: [none]
        Stub Network: 192.168.1.0, Mask: 255.255.255.0
          topology default (0), metric 10
        Neighbor Router-ID: 0.0.0.3, Interface Address: 172.17.17.5
          topology default (0), metric 10
        Stub Network: 172.17.17.4, Mask: 255.255.255.252
          topology default (0), metric 10
        0x0000: 0000 0003 c0a8 0100 ffff ff00 0300 000a
        0x0010: 0000 0003 ac11 1105 0100 000a ac11 1104
        0x0020: ffff fffc 0300 000a
03:24:55.087200 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1332, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
  172.17.17.9 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Ack, length 44
    Router-ID 0.0.0.2, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Advertising Router 0.0.0.1, seq 0x80000014, age 2s, length 40
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
      Options: [External]
```

```
03:25:00.099223 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 793, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 108)
  172.17.17.10 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 88
    Router-ID 0.0.0.3, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
    LSA #1
    Advertising Router 0.0.0.1, seq 0x80000016, age 7s, length 40
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
      Options: [External]
      Router LSA Options: [none]
        Stub Network: 192.168.1.0, Mask: 255.255.255.0
          topology default (0), metric 10
        Neighbor Router-ID: 0.0.0.3, Interface Address: 172.17.17.5
          topology default (0), metric 10
        Stub Network: 172.17.17.4, Mask: 255.255.255.252
          topology default (0), metric 10
        0x0000: 0000 0003 c0a8 0100 ffff ff00 0300 000a
        0x0010: 0000 0003 ac11 1105 0100 000a ac11 1104
        0x0020: ffff fffc 0300 000a
03:25:00.147100 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1335, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
  172.17.17.9 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Ack, length 44
    Router-ID 0.0.0.2, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Advertising Router 0.0.0.1, seq 0x80000016, age 7s, length 40
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
      Options: [External]
```



```

03:25:28.526865 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1346, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 120)
  172.17.17.9 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 100
    Router-ID 0.0.0.2, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
    LSA #1
    Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000011, age 1s, length 52
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]
    Router LSA Options: [none]
    Stub Network: 192.168.2.0, Mask: 255.255.255.0
      topology default (0), metric 10
    Stub Network: 172.17.17.0, Mask: 255.255.255.252
      topology default (0), metric 1
    Neighbor Router-ID: 0.0.0.3, Interface Address: 172.17.17.9
      topology default (0), metric 10
    Stub Network: 172.17.17.8, Mask: 255.255.255.252
      topology default (0), metric 10
    0x0000: 0000 0004 c0a8 0200 ffff ff00 0300 000a
    0x0010: ac11 1100 ffff fffc 0300 0001 0000 0003
    0x0020: ac11 1109 0100 000a ac11 1108 ffff fffc
    0x0030: 0300 000a
03:25:29.319415 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 802, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 64)
  172.17.17.10 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Ack, length 44
    Router-ID 0.0.0.3, Backbone Area, Authentication Type: none (0)
    Advertising Router 0.0.0.2, seq 0x80000011, age 1s, length 52
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]

```

3.23

Μεταξύ του πρώτου LS-Update από τον R3 και του τελευταίου LS-Update από τον R2 πέρασαν περίπου 30 δευτερόλεπτα.

3.24

Από τον R1 το κόστος προς τα WAN1, WAN3 και LAN2 είναι αντίστοιχα 21, 20 και 30.

```

R1(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O> 127.0.0.1/32 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:57:29
O> 172.17.17.0/30 [110/21] via 172.17.17.6, em2, 00:10:55
O 172.17.17.4/30 [110/10] is directly connected, em2, 00:58:54
C>* 172.17.17.4/30 is directly connected, em2
O>* 172.17.17.8/30 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:10:55
O 192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 01:19:43
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 172.17.17.6, em2, 00:10:55

```

3.25

Από τον R2 το κόστος προς τα WAN1, WAN2 και LAN1 είναι αντίστοιχα 1, 20 και 30.

```

R2(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O> 127.0.0.1/32 [110/20] via 172.17.17.10, em2, 00:58:21
O 172.17.17.0/30 [110/1] is directly connected, em1, 01:14:33
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O>* 172.17.17.4/30 [110/20] via 172.17.17.10, em2, 00:11:43
O 172.17.17.8/30 [110/10] is directly connected, em2, 00:59:12
C>* 172.17.17.8/30 is directly connected, em2
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 172.17.17.10, em2, 00:11:43
O 192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 01:19:35
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0

```

3.26

Πλέον η δρομολόγηση προς το WAN1 γίνεται μέσω του R2 με κόστος επίσης 11, αντί μέσω του R1 όπως γινόταν πριν.

```

R3(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O>* 172.17.17.0/30 [110/11] via 172.17.17.9, em1, 00:13:52

```

3.27

Επειδή κανονικά ήταν connected, οπότε δεν “εμπιστεύεται” διαφημίσεις από άλλους δρομολογητές.

3.28

Πλέον δεν υπάρχει σε κανέναν πίνακα δρομολόγησης η εγγραφή για το WAN1.

3.29

Η ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης γίνεται εμφανής από την αλλαγή της τιμής TTL, η οποία από 61 έγινε 62, ωστόσο δεν έγινε ακαριαία, αλλά μετά από περίπου 10 δευτερόλεπτα.

3.30

Διότι η ενημέρωση για πτώση μιας γραμμής πρέπει να ‘ναι άμεση, ενώ η εκμάθηση μιας γραμμής μπορεί να γίνει σχετικά πιο αργοπορημένα.

Άσκηση 4: Περιοχές OSPF

4.1

Εκτελούμε στο PC1 **"vtysh"** → **"configure terminal"** → **"hostname PC1"** → **"interface em0"** → **"ip address 192.168.1.2/24"** → **"exit"** → **"ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1"**. Εκτελούμε στο PC2 **"vtysh"** → **"configure terminal"** → **"hostname PC2"** → **"interface em0"** → **"ip address 192.168.2.2/24"** → **"exit"** → **"ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1"**.

4.2

Εκτελούμε:

- R1: **"cli"** → **"configure terminal"** → **"hostname R1"** → **"interface lo0"** → **"ip address 172.22.22.1/32"**
- R2: **"cli"** → **"configure terminal"** → **"hostname R2"** → **"interface lo0"** → **"ip address 172.22.22.2/32"**
- R3: **"cli"** → **"configure terminal"** → **"hostname R3"** → **"interface lo0"** → **"ip address 172.22.22.3/32"**
- R4: **"cli"** → **"configure terminal"** → **"hostname R4"** → **"interface lo0"** → **"ip address 172.22.22.4/32"**
- R5: **"cli"** → **"configure terminal"** → **"hostname R5"** → **"interface lo0"** → **"ip address 172.22.22.5/32"**

4.3

Εκτελούμε **"link-detect"** σε κάθε διεπαφή που ανήκει σε WAN δίκτυο.

4.4

```
R1(config)# interface em0
R1(config-if)# ip address 10.1.1.1/30
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface em1
R1(config-if)# ip address 10.1.1.5/30
R1(config-if)# exit
R1(config)# router ospf
R1(config-router)# network 10.1.1.0/30 area 0
R1(config-router)# network 10.1.1.4/30 area 0
```

4.5

```
R2(config)# interface em0
R2(config-if)# ip address 10.1.1.2/30
R2(config-if)# exit
R2(config)# interface em1
R2(config-if)# ip address 10.1.1.9/30
R2(config-if)# exit
R2(config)# router ospf
R2(config-router)# network 10.1.1.8/30 area 1
R2(config-router)# network 10.1.1.0/30 area 0
```

4.6

```
R3(config)# interface em0
R3(config-if)# ip address 10.1.1.6/30
R3(config-if)# exit
R3(config)# interface em1
R3(config-if)# ip address 10.1.1.13/30
R3(config-if)# exit
R3(config)# router ospf
R3(config-router)# network 10.1.1.4/30 area 0
R3(config-router)# network 10.1.1.12/30 area 2
```

4.7

```
R4(config)# interface em0
R4(config-if)# ip address 10.1.1.10/30
R4(config-if)# exit
R4(config)# interface em1
R4(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
R4(config-if)# exit
R4(config)# router ospf
R4(config-router)# network 192.168.1.0/24 area 1
R4(config-router)# network 10.1.1.8/30 area 1
```

4.8

```
R5(config)# interface em0
R5(config-if)# ip address 192.168.2.1/24
R5(config-if)# exit
R5(config)# interface em1
R5(config-if)# ip address 10.1.1.14/30
R5(config-if)# exit
R5(config)# router ospf
R5(config-router)# network 10.1.1.12/30
% Command incomplete.
R5(config-router)# network 10.1.1.12/30 area 2
R5(config-router)# network 192.168.2.0/24 area 2
```

4.9

Ναι, επικοινωνούν κανονικά.

4.10

Με την εντολή “do show ip ospf” σε κάθε Router και όντας σε GCM βλέπουμε πως το RouterID κάθε δρομολογητή είναι ίσο με τη Loopback IP που θέσαμε προηγουμένως.

4.11

Έχουμε:

- **WAN1:** DR → R2, BDR → R1
- **WAN2:** DR → R1, BDR → R3
- **WAN3:** DR → R4, BDR → R2
- **WAN4:** DR → R5, BDR → R3.

Οι τιμές είναι αναμενόμενες (εκτός του WAN2), καθώς, θεωρώντας ότι οι routers έχουν ίδια τιμή Router Priority, επιλέγεται ως DR ο router με την μεγαλύτερη τιμή Router ID.

4.12

Για τον R1, ABR της Area0 είναι οι R2, R3. Για τον R2, ABR της Area0 είναι ο R3. Για τον R3, ABR της Area0 είναι ο R2. Για τον R4, ABR της Area1 είναι ο R2 και τέλος για τον R5, ABR της Area2 είναι ο R3.

```
R1(config-router)# do show ip ospf border-routers
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.2          [10] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.2, em0
R    172.22.22.3          [10] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.6, em1
```

```
R2(config-router)# do show ip ospf border-routers
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.3          [20] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.1, em0
```

```
R3(config-router)# do show ip ospf border-routers
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.2          [20] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.5, em0
```

```
R4(config)# do show ip ospf border-routers
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.2          [10] area: 0.0.0.1, ABR
                        via 10.1.1.9, em1
```

```
R5(config-router)# do show ip ospf border-routers
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.3          [10] area: 0.0.0.2, ABR
                        via 10.1.1.13, em1
```

4.13

Βλέπουμε επιπλέον Summary LSA.

```
OSPF Router with ID (172.22.22.1)
```

Router Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Link count	
172.22.22.1	172.22.22.1	515	0x80000001b	0x81a4	2	
172.22.22.2	172.22.22.2	135	0x800000012	0x2244	1	
172.22.22.3	172.22.22.3	540	0x800000013	0x66f5	1	

Net Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum		
10.1.1.2	172.22.22.2	85	0x800000005	0x3a81		
10.1.1.5	172.22.22.1	2326	0x800000001	0x3884		

Summary Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route	
10.1.1.8	172.22.22.2	635	0x800000003	0x66fe	10.1.1.8/30	
10.1.1.12	172.22.22.3	1061	0x800000003	0x3828	10.1.1.12/30	
192.168.1.0	172.22.22.2	1397	0x800000002	0x0cf6	192.168.1.0/24	
192.168.2.0	172.22.22.3	1211	0x800000004	0xf608	192.168.2.0/24	

4.14

Βλέπουμε 3 Router LSA, 2 Network LSA και 4 Summary LSA, 9 στο σύνολο. Τα 3 Router LSA οφείλονται στους 3 δρομολογητές του Area0.

4.15

Από τα προηγούμενα βλέπουμε ότι πηγάζουν το Router LSA με Link ID 172.22.22.1 και το Network LSA με Link ID 10.1.1.5.

```
R1(config-router)# do show ip ospf database self-originate
```

```
OSPF Router with ID (172.22.22.1)
```

Router Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Link count	
172.22.22.1	172.22.22.1	1139	0x80000001b	0x81a4	2	

Net Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum		
10.1.1.5	172.22.22.1	478	0x800000002	0x3685		

4.16

Εκτελούμε την εντολή “do show ip ospf database router” και παίρνουμε τα παρακάτω:

```

OSPF Router with ID (172.22.22.1)

      Router Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 1435
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.1
Advertising Router: 172.22.22.1
LS Seq Number: 8000001b
Checksum: 0x81a4
Length: 48
  Number of Links: 2

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.1.1.2
      (Link Data) Router Interface address: 10.1.1.1
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 10

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.1.1.5
      (Link Data) Router Interface address: 10.1.1.5
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 10


LS age: 1055
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|*
LS Flags: 0x6
Flags: 0x1 : ABR
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.2
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000012
Checksum: 0x2244
Length: 36
  Number of Links: 1

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.1.1.2
      (Link Data) Router Interface address: 10.1.1.2
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 10


LS age: 1460
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|*
LS Flags: 0x6
Flags: 0x1 : ABR
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.3
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000013
Checksum: 0x66f5
Length: 36
  Number of Links: 1

    Link connected to: a Transit Network
      (Link ID) Designated Router address: 10.1.1.5
      (Link Data) Router Interface address: 10.1.1.6
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 10

```

Το Link State ID από κάθε RouterLSA στη βάση του R1 είναι το RouterID του δρομολογητή που το παράγει, δηλαδή η διεύθυνση IP που αναθέσαμε στη Loopback των R1, R2 και R3 αντίστοιχα. Το Link ID είναι η διεύθυνση της διεπαφής του DR στο εκάστοτε υποδίκτυο.

4.17

Περιέχει εγγραφές για τα Area 0 και Area 1.

4.18

Περιέχει συνολικά 16 LSA, εκ των οποίων τα 3 είναι Router LSA, τα 2 Network LSA και άλλα 4 Summary LSA στην περιοχή 0, ενώ έχουμε 2 Router LSA, 1 Network LSA και 4 Summary LSA στην περιοχή 1. Στην περιοχή 0 έχουμε 2 Network LSA για τις διασυνδέσεις WAN1 και WAN2 με το LinkID να αποτελεί τη διεύθυνση της διεπαφής του DR στο εκάστοτε υποδίκτυο. Στην περιοχή 1 έχουμε 1 Network LSA, καθώς υπάρχει μία μόνο διασύνδεση μεταξύ δρομολογητών.

OSPF Router with ID (172.22.22.2)						
Router Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Link count	
172.22.22.1	172.22.22.1	15	0x8000001c	0x7fa5	2	
172.22.22.2	172.22.22.2	1445	0x80000012	0x2244	1	
172.22.22.3	172.22.22.3	30	0x80000014	0x64f6	1	
Net Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum		
10.1.1.2	172.22.22.2	1395	0x80000005	0x3a81		
10.1.1.5	172.22.22.1	1166	0x80000002	0x3685		
Summary Link States (Area 0.0.0.0)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route	
10.1.1.8	172.22.22.2	193	0x80000004	0x64ff	10.1.1.8/30	
10.1.1.12	172.22.22.3	611	0x80000004	0x3629	10.1.1.12/30	
192.168.1.0	172.22.22.2	874	0x80000003	0x0af7	192.168.1.0/24	
192.168.2.0	172.22.22.3	771	0x80000005	0xf409	192.168.2.0/24	
Router Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Link count	
172.22.22.2	172.22.22.2	23	0x80000011	0xd681	1	
172.22.22.4	172.22.22.4	178	0x80000013	0xf3d9	2	
Net Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum		
10.1.1.10	172.22.22.4	449	0x80000005	0x04aa		
Summary Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route	
10.1.1.0	172.22.22.2	638	0x80000001	0xbab4	10.1.1.0/30	
10.1.1.4	172.22.22.2	347	0x80000001	0xf66a	10.1.1.4/30	
10.1.1.12	172.22.22.2	347	0x80000001	0x0b44	10.1.1.12/30	
192.168.2.0	172.22.22.2	347	0x80000001	0xcb23	192.168.2.0/24	

4.19

Εκτελούμε στο R2 “do show ip ospf database network”. Το Link ID έχει προκύψει ως η διεύθυνση IPv4 του DR σε κάθε Link. Ειδικότερα, στο link WAN1, DR είναι ο R2 (μεγαλύτερο Router ID), οπότε και LinkID = 10.1.1.2. Αντίστοιχα, LinkID_{WAN2} = 10.1.1.5 (εδώ επιλέχτηκε ο router με το μικρότερο Router ID), LinkID_{WAN3} = 10.1.1.10.

```
OSPF Router with ID (172.22.22.2)

Net Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 58
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-E!*
LS Flags: 0x3
LS Type: network-LSA
Link State ID: 10.1.1.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000006
Checksum: 0x3882
Length: 32
Network Mask: /30
    Attached Router: 172.22.22.1
    Attached Router: 172.22.22.2

LS age: 1662
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-E!*
LS Flags: 0x6
LS Type: network-LSA
Link State ID: 10.1.1.5 (address of Designated Router)
Advertising Router: 172.22.22.1
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x3685
Length: 32
Network Mask: /30
    Attached Router: 172.22.22.1
    Attached Router: 172.22.22.3

Net Link States (Area 0.0.0.1)

LS age: 945
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-E!*
LS Flags: 0x6
LS Type: network-LSA
Link State ID: 10.1.1.10 (address of Designated Router)
Advertising Router: 172.22.22.4
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x04aa
Length: 32
Network Mask: /30
    Attached Router: 172.22.22.2
    Attached Router: 172.22.22.4
```

4.20

Εκτελούμε στο R3 “do show ip ospf database” και βλέπουμε πως το LSDB_{R3} έχει συνολικά 15 LSA. Από αυτά, Area0_{ROUTER} = 3, Area0_{NETWORK} = 2, Area0_{SUMMARY} = 4, Area2_{ROUTER} = 2,

Area2_{NETWORK} = 1, Area2_{SUMMARY} = 3. Σχετικά με το πλήθος των Summary LSA, βλέπουμε πως και στις 2 περιοχές είναι 4. Για την περιοχή 0, έχουμε μία εγγραφή ανά σύνδεση εκτός της περιοχής 0 (WAN3, WAN4, LAN1, LAN2) και αντίστοιχα για την περιοχή 2 έχουμε μία εγγραφή ανά σύνδεση εκτός της περιοχής 2 (WAN1, WAN2, WAN3, LAN1).

```

OSPF Router with ID (172.22.22.3)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum  Link count
172.22.22.1  172.22.22.1     1288 0x80000001c    0x7fa5 2
172.22.22.2  172.22.22.2     958  0x800000013    0x2045 1
172.22.22.3  172.22.22.3     1301 0x800000014    0x64f6 1

Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
10.1.1.2     172.22.22.2     838  0x800000006    0x3882
10.1.1.5     172.22.22.1     637  0x800000003    0x3486

Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum  Route
10.1.1.8     172.22.22.2     1469 0x800000004    0x64ff 10.1.1.8/30
10.1.1.12    172.22.22.3     119  0x800000005    0x342a 10.1.1.12/30
192.168.1.0  172.22.22.2     387  0x800000004    0x08f8 192.168.1.0/24
192.168.2.0  172.22.22.3     250  0x800000006    0xf20a 192.168.2.0/24

Router Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum  Link count
172.22.22.3  172.22.22.3     1321 0x800000016    0x1d2c 1
172.22.22.5  172.22.22.5     1340 0x80000001b    0x9d1d 2

Net Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
10.1.1.14    172.22.22.5     1290 0x800000006    0xebba

Summary Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum  Route
10.1.1.0     172.22.22.3     391  0x800000001    0x194b 10.1.1.0/30
10.1.1.4     172.22.22.3     507  0x800000001    0x8cdd 10.1.1.4/30
10.1.1.8     172.22.22.3     127  0x800000001    0x2d25 10.1.1.8/30
192.168.1.0  172.22.22.3     127  0x800000001    0xd01e 192.168.1.0/24

```

4.21

Περιοχή 0:

- LinkID = 10.1.1.8, αποτελεί το WAN3 (10.1.1.8/30)
- LinkID = 10.1.1.12, αποτελεί το WAN4 (10.1.1.12/30)
- LinkID = 192.168.1.0, αποτελεί το LAN1 (192.168.1.0/24)
- LinkID = 192.168.2.0, αποτελεί το LAN2 (192.168.2.0/24)

Περιοχή 2:

- LinkID = 10.1.1.0, αποτελεί το WAN1 (10.1.1.0/30)
- LinkID = 10.1.1.4, αποτελεί το WAN2 (10.1.1.4/30)
- LinkID = 10.1.1.8, αποτελεί το WAN3 (10.1.1.8/30)
- LinkID = 192.168.1.0, αποτελεί το LAN1 (192.168.1.0/24)

```
OSPF Router with ID (172.22.22.3)

      Summary Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 1561
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 10.1.1.8 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x6201
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0 Metric: 10

LS age: 283
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 10.1.1.12 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000006
Checksum: 0x322b
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0 Metric: 10

LS age: 450
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.1.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000005
Checksum: 0x06f9
Length: 28
Network Mask: /24
      TOS: 0 Metric: 20

LS age: 353
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.2.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000007
Checksum: 0xf00b
Length: 28
Network Mask: /24
      TOS: 0 Metric: 20
```

```

Summary Link States (Area 0.0.0.2)

LS age: 1084
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 10.1.1.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x134e
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 20

LS age: 1514
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 10.1.1.8 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x2728
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 30

LS age: 1324
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 192.168.1.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0xca21
Length: 28
Network Mask: /24
TOS: 0 Metric: 40

```

4.22

Στον R1, βλέπουμε πως πηγή διαφήμισης των Router LSA είναι οι R1, R2 και R3, ενώ των Network LSA οι R1 και R2.

4.23

Πηγές διαφήμισης των Summary LSA του LSDB του R2 για την Area0 είναι οι R2 και R3, ενώ για την Area1 είναι μόνο ο R2.

4.24

Βλέπουμε την ένδειξη "IA".

```

R1(config-router)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.1.1.0/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em0
N   10.1.1.4/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em1
N IA 10.1.1.8/30      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.2, em0
N IA 10.1.1.12/30     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.6, em1
N IA 192.168.1.0/24   [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.2, em0
N IA 192.168.2.0/24   [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.6, em1

===== OSPF router routing table =====
R   172.22.22.2       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.2, em0
R   172.22.22.3       [10] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.6, em1

===== OSPF external routing table =====

```

4.25

Δεν υπάρχει κάποιο αναγνωριστικό.

4.26

Περιλαμβάνει διαδρομές προς Routers (προς τις loopback των R2, R3).

4.27

Ναι, συγκεκριμένα βλέπουμε την ένδειξη “ABR”.

Άσκηση 5: OSPF και αναδιανομή διαδρομών

5.1

Εκτελούμε στον R3 όντας σε GCM “ip route 5.5.5.0/24 172.22.22.3” → “ip route 6.6.6.0/24 172.22.22.3”.

5.2

Έχουν μπει στον πίνακα δρομολόγησης του R3, αλλά όχι στον πίνακα διαδρομών OSPF.

```

R3(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

S>* 5.5.5.0/24 [1/0] via 172.22.22.3, lo0
S>* 6.6.6.0/24 [1/0] via 172.22.22.3, lo0
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 00:18:01
O 10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:19:21
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em0
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 00:13:45
O 10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:19:08
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em1
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.3/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 00:12:48
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 00:18:57

```

```

R3(config)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N 10.1.1.0/30 [20] area: 0.0.0.0
    via 10.1.1.5, em0
N 10.1.1.4/30 [10] area: 0.0.0.0
    directly attached to em0
N IA 10.1.1.8/30 [30] area: 0.0.0.0
    via 10.1.1.5, em0
N 10.1.1.12/30 [10] area: 0.0.0.2
    directly attached to em1
N IA 192.168.1.0/24 [40] area: 0.0.0.0
    via 10.1.1.5, em0
N 192.168.2.0/24 [20] area: 0.0.0.2
    via 10.1.1.14, em1

===== OSPF router routing table =====
R 172.22.22.2 [20] area: 0.0.0.0, ABR
    via 10.1.1.5, em0

===== OSPF external routing table =====

```

5.3

Όχι δεν έχουν τοποθετηθεί.

5.4

Όχι.

5.5

Έχουν προστεθεί οι εγγραφές για τα 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 στους υπόλοιπους δρομολογητές, ως δυναμικές τις οποίες έμαθαν μέσω OSPF.

5.6

Περιλαμβάνει και εγγραφές προς External διαδρομές, όπως π.χ. βλέπουμε στου R1.

```

R1(config-router)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N   10.1.1.0/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em0
N   10.1.1.4/30      [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em1
N IA 10.1.1.8/30      [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.2, em0
N IA 10.1.1.12/30     [20] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.6, em1
N IA 192.168.1.0/24   [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.2, em0
N IA 192.168.2.0/24   [30] area: 0.0.0.0
                        via 10.1.1.6, em1

===== OSPF router routing table =====
R   172.22.22.2      [10] area: 0.0.0.0, ABR
                        via 10.1.1.2, em0
R   172.22.22.3      [10] area: 0.0.0.0, ABR, ASBR
                        via 10.1.1.6, em1

===== OSPF external routing table =====
N E2 5.5.5.0/24      [10/20] tag: 0
                        via 10.1.1.6, em1
N E2 6.6.6.0/24      [10/20] tag: 0
                        via 10.1.1.6, em1

```

5.7

Είναι E2 εξωτερικές διαδρομές. Το κόστος προς τον προορισμό είναι 20 (αυτό που διαφημίζει ο R3), ενώ το κόστος δικτύου OSPF είναι 10 (απόσταση R1-R3)

```

R1(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:04:20
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:04:20
O   10.1.1.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:20:47
C>* 10.1.1.0/30 is directly connected, em0
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:25:05
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.8/30 [110/20] via 10.1.1.2, em0, 00:20:39
O>* 10.1.1.12/30 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:24:56
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.1/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 10.1.1.2, em0, 00:19:40
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 10.1.1.6, em1, 00:24:56

```

5.8

Η ένδειξη ABR και ASBR

5.9

Βλέπουμε τα AS External Link States.

5.10

Το LinkID είναι ο αριθμός του εξωτερικού δικτύου (5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 εν προκειμένω).

```
R1(config-router)# do show ip ospf database external

      OSPF Router with ID (172.22.22.1)

          AS External Link States

LS age: 1233
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-E!*
LS Flags: 0x6
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 5.5.5.0 (External Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x874c
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0

LS age: 1233
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-E!*
LS Flags: 0x6
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 6.6.6.0 (External Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x636d
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0
```

5.11

Βλέπουμε επιπλέον ASBR-Summary LSA.

5.12

Το LinkID για τα ASBR-Summary LSA είναι το RouterID του ASBR, δηλαδή το RouterID του R3, δηλαδή η IP που αναθέσαμε στην Loopback του, 172.22.22.3.


```

R4(config-router)# do show ip ospf database asbr-summary

      OSPF Router with ID (172.22.22.4)

              ASBR-Summary Link States (Area 0.0.0.1)

LS age: 1432
Options: 0x2   : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: ASBR-summary-LSA
Link State ID: 172.22.22.3 (AS Boundary Router address)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xddb3
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0   Metric: 20

```

5.13

Ο R2 μέσω της 172.22.22.2.

5.14

Επειδή ο R5 είναι στην ίδια περιοχή με τον ASBR R3, ενώ τα ABR διαφημίζουν την ύπαρξη ενός ASBR προς άλλες περιοχές, ώστε να είναι δυνατός ο υπολογισμός της συντομότερης διαδρομής προς τον ASBR από όλους

5.15

Εκτελούμε σε GCM στον R2 **"ip route 0.0.0.0/0 172.22.22.2"**.

5.16

Η προκαθορισμένη διαδρομή έχει τοποθετηθεί ως στατική εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του R2 (**"do show ip route"**), αλλά όχι στον πίνακα διαδρομών OSPF.

5.17

Όχι, δεν υπάρχει.

5.18

Εκτελούμε σε GCM στον R2 **"router ospf" → "default-information originate"** και δε βλέπουμε να έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης του R2.

5.19

Πλέον έχει προστεθεί η εγγραφή για προεπιλεγμένη πύλη σε όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές.

5.20

Χαρακτηρίζεται ως εξωτερική (external) διαδρομή (E2).

5.21

Όπως είδαμε είναι E2. Το κόστος προορισμού είναι η δεύτερη τιμή (10), ενώ το κόστος εντός OSPF δικτύου είναι η πρώτη τιμή των αγκυλών (10).

```
===== OSPF network routing table =====
N 10.1.1.0/30 [10] area: 0.0.0.0
      directly attached to em0
N 10.1.1.4/30 [10] area: 0.0.0.0
      directly attached to em1
N IA 10.1.1.8/30 [20] area: 0.0.0.0
      via 10.1.1.2, em0
N IA 10.1.1.12/30 [20] area: 0.0.0.0
      via 10.1.1.6, em1
N IA 192.168.1.0/24 [30] area: 0.0.0.0
      via 10.1.1.2, em0
N IA 192.168.2.0/24 [30] area: 0.0.0.0
      via 10.1.1.6, em1

===== OSPF router routing table =====
R 172.22.22.2 [10] area: 0.0.0.0, ASBR
      via 10.1.1.2, em0
R 172.22.22.3 [10] area: 0.0.0.0, ASBR
      via 10.1.1.6, em1

===== OSPF external routing table =====
N E2 0.0.0.0/0 [10/10] tag: 0
      via 10.1.1.2, em0
N E2 5.5.5.0/24 [10/20] tag: 0
      via 10.1.1.6, em1
N E2 6.6.6.0/24 [10/20] tag: 0
      via 10.1.1.6, em1
```

```
R1(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/10] via 10.1.1.2, em0, 00:05:35
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:35:57
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:35:57
O 10.1.1.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:52:24
C>* 10.1.1.0/30 is directly connected, em0
O 10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:56:42
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.8/30 [110/20] via 10.1.1.2, em0, 00:52:16
O>* 10.1.1.12/30 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:56:33
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.1/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 10.1.1.2, em0, 00:51:17
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 10.1.1.6, em1, 00:56:33
```

5.22

Εμφανίζεται η ένδειξη ASBR.

5.23

Ναι, πλέον υπάρχει, καθώς το R2 είναι σε διαφορετική περιοχή από το R5 και μας ενημερώνει για το δίκτυο 0.0.0.0/0.

ASBR-Summary Link States (Area 0.0.0.2)				
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum
172.22.22.2	172.22.22.3	695	0x80000001	0xe1af

5.24

Όλοι οι δρομολογητές έχουν από 3 εγγραφές, μία για κάθε δίκτυο που ορίσαμε στατικά (0.0.0.0/0, 5.5.5.0/24, 6.6.6.0/24).

5.25

Εκτελούμε την “do show ip ospf database external” στον R1. Παρατηρούμε πως η διαδρομή για την προκαθορισμένη πύλη έχει κόστος 10, ενώ για τα 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 κόστος 20 (10 μέχρι τον δρομολογητή + 10).

```

OSPF Router with ID (172.22.22.1)

      AS External Link States

LS age: 1047
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 0.0.0.0 (External Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0xdd10
Length: 36
Network Mask: /0
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 10
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0

LS age: 1531
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 5.5.5.0 (External Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x854d
Length: 36
Network Mask: /24
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
    TOS: 0
    Metric: 20
    Forward Address: 0.0.0.0
    External Route Tag: 0

LS age: 570
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: AS-external-LSA
Link State ID: 6.6.6.0 (External Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000002

```

```
Checksum: 0x616e
Length: 36
Network Mask: /24
Metric Type: 2 (Larger than any link state path)
TOS: 0
Metric: 20
Forward Address: 0.0.0.0
External Route Tag: 0
```

5.26

Το Metric Type έχει τιμή 2 για τις εξωτερικές διαδρομές, το οποίο δηλώνει E2, επομένως θεωρήθηκε ως κόστος διαδρομής προς τον προορισμό αυτό που ο ASBR καθόρισε.

5.27

Το κόστος είναι 30.

```
===== OSPF router routing table =====
R    172.22.22.2          [10] area: 0.0.0.1, ABR, ASBR
      via 10.1.1.9, em1
R    172.22.22.3          IA [30] area: 0.0.0.1, ASBR
      via 10.1.1.9, em1
```

5.28

Βλέπουμε Metric 20, το οποίο διαφημίζεται από τον R2 και το Link State ID είναι το RouterID του R3, επομένως η τιμή αυτή είναι η απόσταση από τον R2 μέχρι τον R3.

```
R4(config-router)# do show ip ospf database asbr-summary

      OSPF Router with ID (172.22.22.4)

              ASBR-Summary Link States (Area 0.0.0.1)

LS age: 609
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x6
LS Type: ASBR-summary-LSA
Link State ID: 172.22.22.3 (AS Boundary Router address)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0xdbb4
Length: 28
Network Mask: /0
      TOS: 0 Metric: 20
```

Άσκηση 6: OSPF και περιοχές απόληξης

6.1

Το ping επιτυγχάνει κανονικά.

6.2

Ο πίνακας δρομολόγησης του R3 έχει τις παρακάτω δυναμικές εγγραφές, τις οποίες και βλέπουμε με “do show ip route ospf”.

```
R3(config-router)# do show ip route ospf
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - 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, 01:28:45
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 02:19:41
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 02:21:01
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 02:15:25
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:20:48
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 02:14:28
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 02:20:37
```

6.3

Ο πίνακας δρομολόγησης του R5 έχει τις παρακάτω δυναμικές εγγραφές, τις οποίες και βλέπουμε με “do show ip route ospf”.

```
R5(config-router)# do show ip route ospf
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - 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, em1, 01:28:55
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 01:59:18
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 01:59:18
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 02:19:02
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 02:20:42
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 02:14:38
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:22:42
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em1, 02:14:38
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:21:49
```

6.4

Το LAN2 χαρακτηρίζεται ως Stub Network, ενώ το WAN2 ως Transit Network.

```

LS age: 1412
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.5
Advertising Router: 172.22.22.5
LS Seq Number: 80000034
Checksum: 0x0e93
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.1.1.14
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.14
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

```

6.5

Εκτελούμε στον R3 όντας σε GCM “**router ospf**” → “**area 2 stub**”. Παρατηρούμε μετά από λίγο πως το ring σταματά να επιτυγχάνει και λαμβάνουμε ως απάντηση “Time To Live exceeded”.

6.6

Παρατηρούμε πως διαγράφηκε η εγγραφή για το LAN2.

```

R3(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - 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, 01:37:16
S>* 5.5.5.0/24 [1/0] via 172.22.22.3, lo0
S>* 6.6.6.0/24 [1/0] via 172.22.22.3, lo0
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 02:28:12
O 10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 02:29:32
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em0
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 02:23:56
O 10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:29:19
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em1
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.3/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 02:22:59

```

6.7

Πλέον έχει (δυναμικές) εγγραφές μόνο για τα LAN2 και WAN4.

```

R5(config-router)#
R5(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
        O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
        > - selected route, * - FIB route

O    10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:31:38
C>*  10.1.1.12/30 is directly connected, em1
C>*  127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>*  172.22.22.5/32 is directly connected, lo0
O    192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:30:45
C>*  192.168.2.0/24 is directly connected, em0

```

6.8

Όχι, έχει διαγραφεί από κάθε πίνακα δρομολόγησης, αφού όπως θα δούμε σε λίγο το E-bit του R3 έγινε 0, επομένως δε διαφημίζει εξωτερικά δίκτυα.

6.9

Το PC1 ξεκινά το ping του (ICMP echo Request), το οποίο και προωθείται στην προκαθορισμένη πύλη, δηλαδή το R4. Αυτός με τη σειρά του, δεδομένου ότι πλέον δεν έχει εγγραφή για το LAN2 το στέλνει επίσης στην προκαθορισμένη πύλη του, δηλαδή το R2, το οποίο με τη σειρά του το στέλνει στη δική του default gateway, η οποία εν προκειμένω είναι η διεύθυνση loopback του, επομένως το πακέτο ξαναστέλνεται στον R2 αναδρομικά μέχρι να λήξει το TTL.

6.10

Εκτελούμε στον R3 **“do show ip ospf database router”** και βλέπουμε πως το E bit έχει τιμή 0 στον R3 και τιμή 1 στον R5. Επιπλέον, βλέπουμε πως το R3 συνδέεται σε ένα Stub Network (το WAN4) και το R5 σε ένα Transit (το WAN4) και σε ένα Stub (το LAN2) όσον αφορά το Area2.

```

Router Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 335
Options: 0x0 : *I-I-I-I-I-I-I*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x1 : ABR
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.3
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000030
Checksum: 0x99b4
Length: 36
Number of Links: 1

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 10.1.1.12
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

```

```

LS age: 1956
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x6
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.5
Advertising Router: 172.22.22.5
LS Seq Number: 80000034
Checksum: 0x0e93
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.1.1.14
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.14
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

```

6.11

Χαρακτηρίζεται ως Stub Area.

6.12

Εκτελούμε στον R5 “**router ospf**” → “**area 2 stub**” και βλέπουμε πως μετά από λίγο το Ping επιτυγχάνει.

6.13

Παρατηρούμε πως έχει ξαναπροστεθεί εγγραφή για το LAN2.

6.14

Εκτελούμε στον R5 “**do show ip ospf database router**”.

```

Router Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 62
Options: 0x0 : *|---|---|---|*
LS Flags: 0x6
Flags: 0x1 : ABR
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.3
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000032
Checksum: 0x032c
Length: 36
Number of Links: 1

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.1.1.14
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.13
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

```



```

LS age: 61
Options: 0x0 : *i-i-i-i-i-i*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.5
Advertising Router: 172.22.22.5
LS Seq Number: 80000037
Checksum: 0x267a
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.1.1.14
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.14
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: Stub Network
(Link ID) Net: 192.168.2.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

```

Παρατηρούμε πως πλέον για τον R3, το WAN4 εμφανίζεται ως Transit Network. Βλέπουμε επίσης πως το E-bit έγινε 0 και στον R5.

6.15

Ναι, υπάρχει.

6.16

Όχι, δεν υπάρχουν, καθώς ορίσαμε ότι είναι Stub Area, άρα έχουν συμπυχθεί στην προκαθορισμένη διαδρομή.

```

R5(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

O>* 0.0.0.0/0 [110/11] via 10.1.1.13, em1, 00:02:58
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:02:58
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:02:58
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:02:58
O 10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:45:37
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em1
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.5/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em1, 00:02:58
O 192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:44:44
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0

```

6.17

Παραπάνω βλέπουμε όλα τα δίκτυα για τα οποία έχει εγγραφές ο R5. Βλέποντας τον πίνακα διαδρομών OSPF, παρατηρούμε πως έχουμε και Inter Area εγγραφές, όλες όσες είναι εκτός του Area2 και εκτός της loopback του προφανώς.

```
R5(config-router)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 0.0.0.0/0          [11] area: 0.0.0.2
                        via 10.1.1.13, em1
N IA 10.1.1.0/30        [30] area: 0.0.0.2
                        via 10.1.1.13, em1
N IA 10.1.1.4/30        [20] area: 0.0.0.2
                        via 10.1.1.13, em1
N IA 10.1.1.8/30        [40] area: 0.0.0.2
                        via 10.1.1.13, em1
N   10.1.1.12/30        [10] area: 0.0.0.2
                        directly attached to em1
N IA 192.168.1.0/24     [50] area: 0.0.0.2
                        via 10.1.1.13, em1
N   192.168.2.0/24     [10] area: 0.0.0.2
                        directly attached to em0

===== OSPF router routing table =====
R   172.22.22.3         [10] area: 0.0.0.2, ABR
                        via 10.1.1.13, em1

===== OSPF external routing table =====
```

6.18

Παρατηρούμε πως έχει ξαναπροστεθεί η εγγραφή για το LAN2.

6.19

Προηγουμένως δεν είχαμε 2-way state, καθώς ο R3 θεωρούσε το WAN4 ως Stub Network, ενώ ο R5 ως Transit, ενώ στη συνέχεια και οι 2 θεωρούν το WAN4 ως Transit Network οπότε και επανήλθε η επικοινωνία.

6.20

Στο R5, το οποίο ανήκει σε Stub Area, όλες οι εξωτερικές διαδρομές έχουν συνοψιστεί στην προκαθορισμένη διαδρομή, ενώ στο R4 εμφανίζεται κανονικά ως External διαδρομή.

6.21

Περιέχει 2, και διαφημίζει το Summary LSA.

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
0.0.0.0	172.22.22.3	1399	0x80000002	0x225f	0.0.0.0/0
10.1.1.0	172.22.22.3	1329	0x80000007	0x2b35	10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.3	959	0x80000007	0x9ec7	10.1.1.4/30
10.1.1.8	172.22.22.3	7	0x80000007	0x3f0f	10.1.1.8/30
192.168.1.0	172.22.22.3	798	0x80000007	0xe208	192.168.1.0/24
AS External Link States					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
0.0.0.0	172.22.22.2	1533	0x80000005	0xd514	E2 0.0.0.0/0 [0x0]
5.5.5.0	172.22.22.3	1789	0x80000006	0x7d51	E2 5.5.5.0/24 [0x0]
6.6.6.0	172.22.22.3	1789	0x80000006	0x5972	E2 6.6.6.0/24 [0x0]

6.22

Εκτελώντας “**do show ip route**” στον R3 βλέπουμε πως η απόσταση για την προκαθορισμένη διαδρομή είναι 10, ωστόσο αυτή αφορά την απόσταση που διαφημίζει ο R2 για την προκαθορισμένη πύλη. Το κόστος από τον R3 μέχρι την default gateway που διαφημίζει ο R3 είναι 1 και το βλέπουμε εκτελώντας την εντολή “**do show ip ospf database summary**” από το πεδίο Metric.

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])					
LS age: 194					
Options: 0x0 : * --- --- --- ---					
LS Flags: 0x3					
LS Type: summary-LSA					
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)					
Advertising Router: 172.22.22.3					
LS Seq Number: 80000002					
Checksum: 0x225f					
Length: 28					
Network Mask: /0					
TOS: 0 Metric: 1					

6.23

Παρατηρούμε πως έχει κόστος 11.

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
0.0.0.0	172.22.22.3	296	0x80000002	0x225f	0.0.0.0/0
10.1.1.0	172.22.22.3	226	0x80000007	0x2b35	10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.3	1658	0x80000006	0x82e2	10.1.1.4/30
10.1.1.8	172.22.22.3	657	0x80000006	0x410e	10.1.1.8/30
192.168.1.0	172.22.22.3	1467	0x80000006	0xe407	192.168.1.0/24
AS External Link States					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
0.0.0.0	172.22.22.2	2242	0x80000004	0xd713	E2 0.0.0.0/0 [0x0]
5.5.5.0	172.22.22.3	2390	0x80000005	0x7f50	E2 5.5.5.0/24 [0x0]
6.6.6.0	172.22.22.3	3121	0x80000004	0x5d70	E2 6.6.6.0/24 [0x0]

Αν εκτελέσουμε στον R3 “do show ip ospf database summary” βλέπουμε πως έχει απόσταση 1 από το 0.0.0.0/0, επομένως το 11 προκύπτει ως (απόσταση R5-R3 + απόσταση R3-gateway) = 10 + 1.

```
OSPF Router with ID (172.22.22.5)

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 363
Options: 0x0 : *|---|---|---|*
LS Flags: 0x6
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 0.0.0.0 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000002
Checksum: 0x225f
Length: 28
Network Mask: /0
TOS: 0 Metric: 1
```

6.24

Δε βλέπουμε καμία εγγραφή για εξωτερικές διαδρομές στον R5. (Το ερώτημα έγινε μετά από κάποια λεπτά από το 6.23).

```
OSPF Router with ID (172.22.22.5)

Router Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADU Router    Age  Seq#      CkSum  Link count
172.22.22.3  172.22.22.3   431  0x80000033 0x012d  1
172.22.22.5  172.22.22.5   471  0x80000038 0x247b  2

Net Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADU Router    Age  Seq#      CkSum
10.1.1.14    172.22.22.5   531  0x80000010 0xf5a8

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADU Router    Age  Seq#      CkSum  Route
0.0.0.0      172.22.22.3   100  0x80000003 0x2060  0.0.0.0/0
10.1.1.0     172.22.22.3   80   0x80000008 0x2936  10.1.1.0/30
10.1.1.4     172.22.22.3   1462 0x80000007 0x9ec7  10.1.1.4/30
10.1.1.8     172.22.22.3   511  0x80000007 0x3f0f  10.1.1.8/30
192.168.1.0  172.22.22.3   1302 0x80000007 0xe208  192.168.1.0/24

R5(config-router)#
```

6.25

Εκτελούμε στους R3 και R5 όντας σε GCM “router ospf” → “no area 2 stub”. Βλέπουμε πως εμφανίζονται κανονικά πλέον ξανά οι 5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 στον R5

```

R5(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - 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, em1, 00:00:19
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:00:19
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:00:19
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:00:20
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:00:20
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:00:20
O  10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:00:25
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em1
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.5/32 is directly connected, lo0
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em1, 00:00:20
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:28:56
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0

```

6.26

Πρέπει να εκτελέσουμε “area 2 stub no-summary”.

6.27

Εκτελούμε όντας σε GCM, στον μεν R3 “router ospf” → “area 2 stub no-summary” και τον R5 “router ospf” → “area 2 stub”.

6.28

Με “do show ip ospf route” βλέπουμε πως περιέχει εγγραφές για τα LAN2 και WAN4.

```

R5(config-router)# do show ip ospf route
===== OSPF network routing table =====
N IA 0.0.0.0/0 [11] area: 0.0.0.2
      via 10.1.1.13, em1
N 10.1.1.12/30 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em1
N 192.168.2.0/24 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em0

===== OSPF router routing table =====
R 172.22.22.3 [10] area: 0.0.0.2, ABR
      via 10.1.1.13, em1

===== OSPF external routing table =====

```

6.29

Με “do show ip route” βλέπουμε πως το PC2 έχει αυτόν τον πίνακα δρομολόγησης

```

PC2(config)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup

S>* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 03:39:31
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 03:39:31

```

Εκτελούμε σε GCM “no ip route 0.0.0.0/0 192.168.2.1” οπότε και διαγράφεται η προκαθορισμένη διαδρομή. Στη συνέχεια, εκτελούμε “router ospf” → “network 192.168.2.0/24 area 2” → “area 2 stub”. Ο νέος πίνακας δρομολόγησης έχει ως εξής:

```
PC2(config-router)# do show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
       T - Table, v - VNC, U - VNC-Direct, A - Babel, D - SHARP,
       F - PBR, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup

O>* 0.0.0.0/0 [110/111] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 00:00:01
O>* 10.1.1.12/30 [110/110] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 00:00:01
O 192.168.2.0/24 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:00:06
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 03:41:26
```

6.30

Περιέχει δυναμικές εγγραφές για το 0.0.0.0/0, το 10.1.1.12/30 και το 192.168.2.0/24.

6.31

Πλέον χαρακτηρίζεται και το LAN2 ως Transit δίκτυο, όπως βλέπουμε παρακάτω.

6.32

Βλέπουμε επομένως πως μια Stub Area μπορεί να είναι Transit Network, διότι το Stub Area απλά δηλώνει πως οι πίνακες δρομολόγησης των κόμβων της περιοχής αυτής περιέχουν όλες τις εσωτερικές διαδρομές για το δίκτυο OSPF και μία προκαθορισμένη διαδρομή για όλους τους εκτός OSPF δικτύου προορισμούς. Από την άλλη, ένα Stub Network δηλώνει πως διαθέτει έναν μόνο OSPF Router και τα πακέτα μπορούν είτε να πηγάζουν είτε να διέρχονται από αυτά.

```
LS age: 80
Options: 0x0 : *|---|---|---|*
LS Flags: 0x3
Flags: 0x0
LS Type: router-LSA
Link State ID: 172.22.22.5
Advertising Router: 172.22.22.5
LS Seq Number: 8000004a
Checksum: 0x5ec3
Length: 48
Number of Links: 2

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 10.1.1.13
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.14
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10

Link connected to: a Transit Network
(Link ID) Designated Router address: 192.168.2.1
(Link Data) Router Interface address: 192.168.2.1
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metric: 10
```

