



## ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

### ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙ- ΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΓΚΟΥΜΕ ΛΑΟΥΡΕΝΤΙΑΝ

ΑΜ: 031 18 014

ΕΞΑΜΗΝΟ: 8<sup>ο</sup>

ΟΜΑΔΑ: 3

### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 8: ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ OSPF

### Προετοιμασία στο σπίτι

- 1) Σταματάμε το frr με “frr service stop”.
- 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.

```
root@R0:/usr/local/etc/frr # cat /etc/rc.conf
sshd_enable="YES"# to enable the ssh daemon
hostname="R0" #to assign the host name
gateway_enable="YES"
frr_enable="YES"
frr_daemons="zebra staticd ripd ospfd"
```

- 5) Εκκινούμε το frr.

```
root@R0:/usr/local/etc/frr # service frr start
/etc/rc.conf: to: not found
/etc/rc.conf: to: not found
Checking zebra.conf
2022/05/09 21:24:58 ZEBRA: [EC 4043309111] Disabling MPLS support (no kernel sup
port)
OK
Starting zebra.
2022/05/09 21:24:59 ZEBRA: [EC 4043309111] Disabling MPLS support (no kernel sup
port)
Checking staticd.conf
OK
Starting staticd.
Checking ripd.conf
OK
Starting ripd.
Checking ospfd.conf
OK
Starting ospfd.
```

- 6) Δημιουργούμε το αντίστοιχα .ova.

### Άσκηση 1: Εισαγωγή στο OSPF

1.1) Εκτελούμε στο PC1 “vtysh” → “configure terminal” → “hostname PC1” → “in-  
terface em0” → “ip address 192.168.1.2/24” → exit → “ip route 0.0.0.0/0  
192.168.1.1”.

1.2) Εκτελούμε στο PC2 “vtysh” → “configure terminal” → “hostname PC2” → “in-  
terface 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 “do show ip route” και βλέπουμε πως δεν υπάρχουν στατικές εγγραφές.

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

1.5) Εκτελούμε στον R1 “router” + ‘?’ οπότε και βλέπουμε πως είναι διαθέσιμο το OSPF.

```
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 στον R1 “router ospf”.

1.7) Πατάμε το “?” και βλέπουμε διαθέσιμες τις παρακάτω 24 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, 00:02:00
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 00:02:17
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, em0
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
```

```
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   172.17.17.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:01:16
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em0
O>* 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.17.17.1, em0, 00:01:07
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 00:00:59
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
```

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

**1.13)** Με “do show ip route” και βλέπουμε πως δεν έχει αλλάξει κάτι.

**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 επιλεγμένη διαδρομή έχει επιλεχθεί, 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#4            UH           0           141   lo0
172.17.17.0/30      link#1            U            0            0   em0
172.17.17.2         link#1            UHS          0            0   lo0
192.168.1.0/24       172.17.17.1       UG1          0            0   em0
192.168.2.0/24       link#2            U            0            0   em1
192.168.2.1         link#2            UHS          0            0   lo0
```

**1.19)** Εκτελούμε στο R1 “tcpdump -vnni em0” και βλέπουμε τα παρακάτω:

```
[root@router]~# tcpdump -vnni em0
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 65535 bytes
23:50:57.255098 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 986, 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
23:51:07.264652 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 988, 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)** Router ID του R1 είναι το 192.168.1.1, το οποίο και αποτελεί τη διεπαφή του R1 στο LAN1 με τη μεγαλύτερη IP (αφού είναι και μοναδική), δεδομένου ότι δεν υπάρχει IP στη loopback.

```
do show interface lo0
Interface lo0 is up, line protocol detection is disabled
index 4 metric 1 mtu 16384
flags: <UP,LOOPBACK,RUNNING,MULTICAST>
inet 127.0.0.1/8 broadcast 127.0.0.1
inet6 ::1/128 broadcast ::1
inet6 fe80::1/64
```

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

```
00:03:26.282185 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1160, 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
00:03:31.087816 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 752, 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/em1” 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 τις παρακάτω πληροφορίες.

```
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 millisecond(s)
Minimum hold time between consecutive SPF's 1000 millisecond(s)
Maximum hold time between consecutive SPF's 10000 millisecond(s)
Hold time multiplier is currently 1
SPF algorithm last executed 12.329s 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 16 times
Number of LSA 5
Number of router LSA 3. Checksum Sum 0x000185f4
```

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.

2.4) Εκτελούμε σε configuration mode το “do show ip ospf neighbor” και βλέπουμε:

```
R1(config)# do show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
RXmtL RqstL DBsmL					
0.0.0.2	1	Full/DR	37.627s	172.17.17.2	em1:172.17.17.1
0	0	0			

Βλέπουμε πως το State είναι Full, επομένως το OSPF έχει συγκλίνει και ο γείτονας είναι DR.

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, 14 state changes
  Most recent state change statistics:
    Progressive change 25m46s ago
    Regressive change 25m51s ago, due to SeqNumberMismatch
  DR is 172.17.17.2, BDR is 172.17.17.1
  Options 2 *!-!-!-!-!E!*
  Dead timer due in 39.002s
  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) Εκτελούμε “do show ip ospf interface em1”. Το είδος του δικτύου είναι BROADCAST, ID<sub>DR</sub> = 0.0.0.2 (R2), ID<sub>BDR</sub> = 0.0.0.1 (R1). Σε σχέση με το 1.34, όχι μόνο είναι διαφορετικές οι IP των DR/BDR, αλλά έχει αναστραφεί και ο ρόλος των δρομολογητών, καθώς πριν είχαμε ως DR τον R1 και ως BDR τον R2.

```
R1(config)# do show ip ospf interface em1
em1 is up
  ifindex 2, MTU 1500 bytes, BW 0 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: 10
  Transmit Delay is 1 sec, State Backup, Priority 1
  Designated Router (ID) 0.0.0.2, Interface Address 172.17.17.2
  Backup Designated Router (ID) 0.0.0.1, Interface Address 172.17.17.1
  Saved Network-LSA sequence number 0x80000006
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
  Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
  Hello due in 9.286s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
```



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         492  0x80000009    0x0f0c  2
0.0.0.2      0.0.0.2         493  0x80000009    0xa373  2

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
172.17.17.2  0.0.0.2         493  0x80000003    0x2461
```

```
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         507  0x80000009    0x0f0c  2
0.0.0.2      0.0.0.2         506  0x80000009    0xa373  2

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
172.17.17.2  0.0.0.2         506  0x80000003    0x2461
```

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 172.17.17.2, το οποίο δεν ταυτίζεται με το Router ID του δρομολογητή που το παράγει (0.0.0.2), ωστόσο 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).

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.

```

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: 1432
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: 80000009
Checksum: 0x0f0c
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: 172.17.17.2
  (Link Data) Router Interface address: 172.17.17.1
    Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 Metric: 10

```

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

```

R2(config)# do show ip ospf database network self-originate

      OSPF Router with ID (0.0.0.2)

                Net Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 327
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|E|*
LS Flags: 0x3
LS Type: network-LSA
Link State ID: 172.17.17.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 0.0.0.2
LS Seq Number: 80000004
Checksum: 0x2262
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 em0
N    192.168.1.0/24     [20] area: 0.0.0.0
                        via 172.17.17.1, em0
N    192.168.2.0/24     [10] area: 0.0.0.0
                        directly attached to em1

===== 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)# 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 Backup, Priority 1
  Designated Router (ID) 0.0.0.2, Interface Address 172.17.17.2
  Backup Designated Router (ID) 0.0.0.1, Interface Address 172.17.17.1
  Saved Network-LSA sequence number 0x8000000a
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
  Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
    Hello due in 5.546s
  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, 00:02:50
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 05:03:38
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/11] via 172.17.17.2, em1, 00:02:50

```

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 -i 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 LS-Update από τον R2 και απάντηση LS-Ack από τον R1.

```

03:54:02.844961 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2934, 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 0x8000000c, age 1s, length 16
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
      Options: [Externall]
      Router LSA Options: [none]
      Neighbor Network-ID: 172.17.17.2, Interface Address: 172.17.17.2
      topology default (0), metric 1
      0x0000: 0000 0001 ac11 1102 ac11 1102 0200 0001
03:54:03.216254 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 3498, 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 0x8000000c, age 1s, length 16
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [Externall]

```

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 em0
N    192.168.1.0/24     [11] area: 0.0.0.0
                        via 172.17.17.1, em0

===== 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.

```

04:03:26.558461 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2995, 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 0x8000000d, age 1s, length 28
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
    Options: [External]
    Router LSA Options: [none]
    Neighbor Network-ID: 172.17.17.2, 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 1102 ac11 1102 0200 0001
    0x0010: c0a8 0200 ffff ff00 0300 000a
04:03:26.960583 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 3654, 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 0x8000000d, 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 τις κατάλληλες εντολές στο R3:

```

[root@router1]~# cli

Hello, this is Quagga (version 0.99.17.11).
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

router.ntua.lab# configure terminal
router.ntua.lab(config)# hostname R3
R3(config)# interface em0
R3(config-if)# ip address 172.17.17.6/30
R3(config-if)# exit
R3(config)# interface em1
R3(config-if)# 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          [201 area: 0.0.0.0
    via 172.17.17.6, em2
N    172.17.17.0/30       [11 area: 0.0.0.0
    directly attached to em1
N    172.17.17.4/30       [101 area: 0.0.0.0
    directly attached to em2
N    172.17.17.8/30       [111 area: 0.0.0.0
    via 172.17.17.2, em1
N    192.168.1.0/24       [101 area: 0.0.0.0
    directly attached to em0
N    192.168.2.0/24       [111 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          [201 area: 0.0.0.0
    via 172.17.17.10, em2
N    172.17.17.0/30       [11 area: 0.0.0.0
    directly attached to em0
N    172.17.17.4/30       [111 area: 0.0.0.0
    via 172.17.17.1, em0
N    172.17.17.8/30       [101 area: 0.0.0.0
    directly attached to em2
N    192.168.1.0/24       [111 area: 0.0.0.0
    via 172.17.17.1, em0
N    192.168.2.0/24       [101 area: 0.0.0.0
    directly attached to em1
===== 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      [111] 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.

```
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, 00:10:11
```

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

```
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, 00:20:40
                        via 172.17.17.9, em1, 00:20:40
```

**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
0.0.0.1	1	Full/DROther	38.966s	172.17.17.5	em0:172.17.17.6
0.0.0.2	1	Full/DROther	33.595s	172.17.17.9	em1:172.17.17.10

3.16) Βλέπουμε το LSDB των R1, R2, R3 με τη σειρά:

```
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	1491	0x80000017	0x2808	5
0.0.0.2	0.0.0.2	1492	0x8000001e	0x68b5	5
0.0.0.3	0.0.0.3	1492	0x8000000a	0x9e62	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	1726	0x80000017	0x2808	5
0.0.0.2	0.0.0.2	1725	0x8000001e	0x68b5	5
0.0.0.3	0.0.0.3	1726	0x8000000a	0x9e62	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	4	0x80000018	0x2609	5
0.0.0.2	0.0.0.2	1757	0x8000001e	0x68b5	5
0.0.0.3	0.0.0.3	1755	0x8000000a	0x9e62	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”.



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

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

```
LS age: 241
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
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: 80000018
Checksum: 0x2609
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 “tcpdump -vnvi em2 not icmp”.

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

**3.21)** Το OSPF αντέδρασε άμεσα στην αλλαγή της τοπολογίας.

**3.22)** Ανταλλάχθηκαν 6 μηνύματα, τρία LS-Update και τρία LS-Ack.

```

07:14:39.149885 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1362, 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 0x80000019, 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
07:14:39.709340 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 4848, 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 0x80000019, age 2s, length 40
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
    Options: [External]

```

```

07:14:47.002095 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1368, 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 0x8000001b, age 9s, 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

```

```

07:14:47.809371 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 4853, 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 0x8000001b, age 9s, length 40
    Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
    Options: [External]

```

```

07:15:09.355783 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 4861, 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 0x80000020, age 1s, length 52
      Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
      Options: [External]
      Router LSA Options: [none]
        Stub Network: 172.17.17.0, Mask: 255.255.255.252
          topology default (0), metric 1
        Stub Network: 192.168.2.0, Mask: 255.255.255.0
          topology default (0), metric 10
        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 ac11 1100 ffff fffc 0300 0001
        0x0010: c0a8 0200 ffff ff00 0300 000a 0000 0003
        0x0020: ac11 1109 0100 000a ac11 1108 ffff fffc
        0x0030: 0300 000a

```

```
07:15:09.864385 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1377, 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 0x80000020, 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, 01:11:06
O> 172.17.17.0/30 [110/21] via 172.17.17.6, em2, 00:22:26
O 172.17.17.4/30 [110/10] is directly connected, em2, 01:54:11
C>* 172.17.17.4/30 is directly connected, em2
O>* 172.17.17.8/30 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:22:26
O 192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 08:53:45
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 172.17.17.6, em2, 00:22:26
```

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

```
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, 01:13:35
O 172.17.17.0/30 [110/1] is directly connected, em0, 03:49:06
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em0
O>* 172.17.17.4/30 [110/20] via 172.17.17.10, em2, 00:24:54
O 172.17.17.8/30 [110/10] is directly connected, em2, 01:55:05
C>* 172.17.17.8/30 is directly connected, em2
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 172.17.17.10, em2, 00:24:54
O 192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 03:35:59
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
```

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

**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 αργοποιημένα.

### **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”
- R1: “cli” → “configure terminal” → “hostname R2” → “interface lo0” → “ip address 172.22.22.2/32”
- R1: “cli” → “configure terminal” → “hostname R3” → “interface lo0” → “ip address 172.22.22.3/32”
- R1: “cli” → “configure terminal” → “hostname R4” → “interface lo0” → “ip address 172.22.22.4/32”
- R1: “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 10.1.1.9/30
R2(config-if)# exit
R2(config)# interface em1
R2(config-if)# ip address 10.1.1.2/30
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 10.1.1.14/30
R5(config-if)# exit
R5(config)# interface em1
R5(config-if)# ip address 192.168.2.1/24
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, 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 → R1, BDR → R2
- WAN2: DR → R1, BDR → R3
- WAN3: DR → R2, BDR → R4
- WAN4: DR → R3, BDR → R5

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)# 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)# 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, em1

R3(config)# 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, em0

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, em0
```

#### 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    884  0x800000007   0x9f9b  2
172.22.22.2    172.22.22.2    1125 0x800000005   0x3242  1
172.22.22.3    172.22.22.3    857  0x800000005   0x82e7  1

Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID        ADU Router      Age  Seq#           CkSum
10.1.1.1       172.22.22.1    233  0x800000002   0x5070
10.1.1.5       172.22.22.1    733  0x800000002   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    258  0x800000002   0x68fd  10.1.1.8/30
10.1.1.12      172.22.22.3    186  0x800000002   0x3a27  10.1.1.12/30
192.168.1.0    172.22.22.2    1354 0x800000002   0x0cf6  192.168.1.0/24
192.168.2.0    172.22.22.3    927  0x800000002   0xfa06  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 τα 2 Network LSA, καθώς και αμφότερα τα Network LSA πηγάζουν από το R1.

```
R1(config)# 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    1109 0x800000007    0x9f9b 2

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADU Router      Age  Seq#           CkSum
10.1.1.1     172.22.22.1    458 0x800000002    0x5070
10.1.1.5     172.22.22.1    959 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: 1426
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: 800000007
Checksum: 0x9f9b
Length: 48
  Number of Links: 2

  Link connected to: a Transit Network
    (Link ID) Designated Router address: 10.1.1.1
    (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: 51
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: 80000006
Checksum: 0x3043
Length: 36
Number of Links: 1
```

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

```
LS age: 1587
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: 80000005
Checksum: 0x82e7
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 LinkID 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.

**4.17)** Περιέχει εγγραφές για τα Area0 και Area1.

**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	1038	0x8000000d	0x93a1	2
172.22.22.2	172.22.22.2	1237	0x8000000b	0x2648	1
172.22.22.3	172.22.22.3	973	0x8000000b	0x76ed	1
Net Link States (Area 0.0.0.0)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	
10.1.1.1	172.22.22.1	444	0x80000008	0x4476	
10.1.1.5	172.22.22.1	897	0x80000008	0x2a8b	
Summary Link States (Area 0.0.0.0)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.8	172.22.22.2	446	0x80000008	0x5c04	10.1.1.8/30
10.1.1.12	172.22.22.3	239	0x80000008	0x2e2d	10.1.1.12/30
192.168.1.0	172.22.22.2	1457	0x80000008	0xffffc	192.168.1.0/24
192.168.2.0	172.22.22.3	1164	0x80000008	0xee0c	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	876	0x8000000b	0xd886	1
172.22.22.4	172.22.22.4	847	0x8000000c	0xebe9	2
Net Link States (Area 0.0.0.1)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	
10.1.1.9	172.22.22.2	225	0x80000008	0x149a	
Summary Link States (Area 0.0.0.1)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.0	172.22.22.2	1047	0x80000008	0xacbb	10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.2	165	0x80000009	0xe672	10.1.1.4/30
10.1.1.12	172.22.22.2	375	0x80000008	0xfc4b	10.1.1.12/30
192.168.2.0	172.22.22.2	997	0x80000008	0xbd2a	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 R1 (αφού έγινε πρώτος configured), οπότε και LinkID = 10.1.1.1. Αντίστοιχα, LinkID<sub>WAN2</sub> = 10.1.1.5, LinkID<sub>WAN3</sub> = 10.1.1.9.

```
OSPF Router with ID (172.22.22.2)
```

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

```
LS age: 1212
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x6
LS Type: network-LSA
Link State ID: 10.1.1.1 (address of Designated Router)
Advertising Router: 172.22.22.1
LS Seq Number: 80000008
Checksum: 0x4476
Length: 32
Network Mask: /30
    Attached Router: 172.22.22.1
    Attached Router: 172.22.22.2
```

```
LS age: 1665
Options: 0x2 : *|---|---|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: 80000008
Checksum: 0x2a8b
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: 994
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
LS Flags: 0x3
LS Type: network-LSA
Link State ID: 10.1.1.9 (address of Designated Router)
Advertising Router: 172.22.22.2
LS Seq Number: 80000008
Checksum: 0x149a
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<sub>R3</sub> έχει συνολικά 16 LSA. Από αυτά, Area0<sub>ROUTER</sub> = 3, Area0<sub>NETWORK</sub> = 2, Area0<sub>SUMMARY</sub> = 4, Area2<sub>ROUTER</sub> = 2, Area2<sub>NETWORK</sub> = 1, Area2<sub>SUMMARY</sub> = 4. 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 12 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	563	0x80000000e	0x91a2	2
172.22.22.2	172.22.22.2	821	0x80000000c	0x2449	1
172.22.22.3	172.22.22.3	548	0x80000000c	0x74ee	1
Net Link States (Area 0.0.0.0)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	
10.1.1.1	172.22.22.1	1785	0x800000008	0x4476	
10.1.1.5	172.22.22.1	443	0x800000009	0x288c	
Summary Link States (Area 0.0.0.0)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.8	172.22.22.2	1788	0x800000008	0x5c04	10.1.1.8/30
10.1.1.12	172.22.22.3	1579	0x800000008	0x2e2d	10.1.1.12/30
192.168.1.0	172.22.22.2	971	0x800000009	0xfdfd	192.168.1.0/24
192.168.2.0	172.22.22.3	648	0x800000009	0xec0d	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	217	0x80000000c	0x272d	1
172.22.22.5	172.22.22.5	228	0x80000000d	0x5277	2
Net Link States (Area 0.0.0.2)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	
10.1.1.13	172.22.22.3	818	0x800000009	0xfbba	
Summary Link States (Area 0.0.0.2)					
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.0	172.22.22.3	868	0x800000009	0x0953	10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.3	367	0x800000009	0x7ce5	10.1.1.4/30
10.1.1.8	172.22.22.3	1299	0x800000009	0x1d2d	10.1.1.8/30
192.168.1.0	172.22.22.3	648	0x800000009	0xc026	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: 744
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
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: 80000009
Checksum: 0x5a05
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 10
```

```
LS age: 567
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
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: 80000009
Checksum: 0x2c2e
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 10
```

```
LS age: 1751
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
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: 80000009
Checksum: 0xfdfd
Length: 28
Network Mask: /24
TOS: 0 Metric: 20
```

```
LS age: 1428
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
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: 80000009
Checksum: 0xec0d
Length: 28
Network Mask: /24
TOS: 0 Metric: 20
```

#### Summary Link States (Area 0.0.0.2)

```
LS age: 1648
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: 80000009
Checksum: 0x0953
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 20
```

```
LS age: 1148
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
LS Flags: 0x3
LS Type: summary-LSA
Link State ID: 10.1.1.4 (summary Network Number)
Advertising Router: 172.22.22.3
LS Seq Number: 80000009
Checksum: 0x7ce5
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 10
```

```
LS age: 326
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: 8000000a
Checksum: 0x1b2e
Length: 28
Network Mask: /30
      TOS: 0  Metric: 30
```

```
LS age: 1428
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: 80000009
Checksum: 0xc026
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 μόνο ο R1.

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)# 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 R1, R2).

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, 06:15:12
O    10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 06:15:18
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em0
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 06:15:12
O    10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 06:14:56
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, 06:11:33
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 06:09:43
```

```

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.

```

===== 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

```

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)# 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, 00:09:15
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:09:15
O   10.1.1.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 06:42:16
C>* 10.1.1.0/30 is directly connected, em0
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em1, 06:42:12
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.8/30 [110/20] via 10.1.1.2, em0, 06:30:10
O>* 10.1.1.12/30 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 06:27:29
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, 06:24:08
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 10.1.1.6, em1, 06:22:17
```

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).

```
OSPF Router with ID (172.22.22.1)

AS External Link States

LS age: 1201
Options: 0x2 : *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: 1201
Options: 0x2 : *|---|---|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)# 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: 1609
Options: 0x2 : *|---|---|E|*
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 τους δρομολογητές.

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 διαδρομή (E2).

5.21) Όπως είδαμε είναι E2. Το κόστος προορισμού είναι η δεύτερη τιμή (20), 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, ABR, ASBR
                        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 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
```

```
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

O>* 0.0.0.0/0 [110/10] via 10.1.1.2, em0, 00:05:01
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:48:19
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:48:19
O   10.1.1.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 07:21:20
C>* 10.1.1.0/30 is directly connected, em0
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em1, 07:21:16
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.8/30 [110/20] via 10.1.1.2, em0, 07:09:14
O>* 10.1.1.12/30 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 07:06:33
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, 07:03:12
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 10.1.1.6, em1, 07:01:21
```

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	434	0x80000001	0xe1af

5.24) Οι δρομολογητές R1, R4, R5 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), ο R2 έχει 2 εγγραφές (5.5.5.0/24, 6.6.6.0/24) και ο R3 έχει 1 εγγραφή (0.0.0.0/0).

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: 806
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: 410
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: 80000003
Checksum: 0x834e
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: 1281
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, em0
R    172.22.22.3          IA [30] area: 0.0.0.1, ASBR
                        via 10.1.1.9, em0

```

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)# 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: 220
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: 80000003
Checksum: 0xd9b5
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)# 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, 00:14:19
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 00:14:20
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:14:30
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 00:14:06
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:14:30
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 00:14:06
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 00:14:00
```

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

```
R5(config)# 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, em0, 00:23:46
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:23:46
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:23:46
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em0, 00:23:47
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:23:47
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em0, 00:23:47
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:23:57
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em0, 00:23:47
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 07:44:47
```

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

```
Router Link States (Area 0.0.0.2)

LS age: 1642
Options: 0x2 : *I-I-I-I-I-EI*
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: 80000019
Checksum: 0x4478
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
```

**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)# 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, 00:35:45
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 00:35:46
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:35:56
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 00:35:32
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:35:56
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 00:35:32
```

**6.7)** Πλέον έχει εγγραφές μόνο για τα LAN2 και WAN4.

```
R5(config)# 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   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:37:47
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 07:58:37
```

**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 ring του, 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)** Όπως είπαμε, στέλνονται στη loopback του R3, η οποία τα επαναπροωθεί στην Loopback του R3 κ.ό.κ .

**6.11)** 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: 31
Options: 0x0 : *|---|---|---|*
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: 80000024
Checksum: 0xb1a8
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: 75
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: 8000001f
Checksum: 0x387e
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
```

6.12) Χαρακτηρίζεται ως Stub Area.

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

6.14) Παρατηρούμε πως έχει ξαναπροστεθεί εγγραφή για το LAN2.

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

OSPF Router with ID (172.22.22.5)

Router Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

```
LS age: 81
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: 80000026
Checksum: 0x1b20
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: 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: 80000022
Checksum: 0x5065
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.

**6.16)** Ναι, υπάρχει.

**6.17)** Όχι, δεν υπάρχουν, καθώς ορίσαμε ότι είναι Stub Area, άρα έχουν συμπτυχθεί στην προκαθορισμένη διαδρομή.



```

R5(config)# 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 [110/11] via 10.1.1.13, em0, 00:04:24
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em0, 00:04:24
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:04:24
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em0, 00:04:24
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 01:34:17
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em0, 00:04:24
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 08:55:07

```

6.18) Παρακάτω βλέπουμε όλα τα δίκτυα για τα οποία έχει εγγραφές ο R5:

```

R5(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

O>* 0.0.0.0/0 [110/11] via 10.1.1.13, em0, 00:06:05
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em0, 00:06:05
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:06:05
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em0, 00:06:05
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 01:35:58
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em0
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, em0, 00:06:05
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 08:56:48
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1

```

Βλέποντας τον πίνακα διαδρομών OSPF, παρατηρούμε πως έχουμε και Inter Area εγγραφές, όλες όσες είναι εκτός του Area2 και εκτός της loopback του προφανώς.

```

C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
R5(config)# 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, em0
N IA 10.1.1.0/30 [30] area: 0.0.0.2
      via 10.1.1.13, em0
N IA 10.1.1.4/30 [20] area: 0.0.0.2
      via 10.1.1.13, em0
N IA 10.1.1.8/30 [40] area: 0.0.0.2
      via 10.1.1.13, em0
N   10.1.1.12/30 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em0
N IA 192.168.1.0/24 [50] area: 0.0.0.2
      via 10.1.1.13, em0
N   192.168.2.0/24 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em1

===== OSPF router routing table =====
R   172.22.22.3 [10] area: 0.0.0.2, ABR
      via 10.1.1.13, em0

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

```

**6.19)** Παρατηρούμε πως έχει ξαναπροστεθεί η εγγραφή για το LAN2.

**6.20)** 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.

**6.21)** 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.

**6.22)** 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: 1302
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: 80000005
Checksum: 0x1c62
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      ADV Router   Age  Seq#       CkSum  Route
0.0.0.0      172.22.22.3  1317 0x80000009 0x1466 0.0.0.0/0
10.1.1.0     172.22.22.3  1287 0x80000019 0x0747 10.1.1.0/30
10.1.1.4     172.22.22.3  1377 0x80000019 0x7ad9 10.1.1.4/30
10.1.1.8     172.22.22.3  1457 0x80000019 0x1b21 10.1.1.8/30
192.168.1.0  172.22.22.3  1307 0x80000019 0xbe1a 192.168.1.0/24

AS External Link States

Link ID      ADV Router   Age  Seq#       CkSum  Route
0.0.0.0      172.22.22.2  1338 0x8000000e 0xc31d E2 0.0.0.0/0 [0x01]
5.5.5.0      172.22.22.3  1397 0x80000010 0x695b E2 5.5.5.0/24 [0x01]
6.6.6.0      172.22.22.3  1347 0x80000010 0x457c E2 6.6.6.0/24 [0x01]
```

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.

```

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

LS age: 408
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: 8000000e
Checksum: 0x0a6b
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      ADV Router    Age  Seq#          CkSum  Link count
172.22.22.3   172.22.22.3   542  0x800000038  0xec3d  1
172.22.22.5   172.22.22.5   559  0x800000031  0x287f  2

Net Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADV Router    Age  Seq#          CkSum
10.1.1.13    172.22.22.3   713  0x800000019  0xf99e

Summary Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADV Router    Age  Seq#          CkSum  Route
0.0.0.0      172.22.22.3   532  0x80000000e  0x0a6b  0.0.0.0/0
10.1.1.0     172.22.22.3   512  0x80000001e  0xfc4c  10.1.1.0/30
10.1.1.4     172.22.22.3   653  0x80000001e  0x70de  10.1.1.4/30
10.1.1.8     172.22.22.3   733  0x80000001e  0x1126  10.1.1.8/30
192.168.1.0  172.22.22.3   562  0x80000001e  0xb41f  192.168.1.0/24

```

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)# 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, em0, 00:00:40
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:00:40
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:00:40
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em0, 00:00:41
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em0, 00:00:41
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em0, 00:00:41
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em0, 04:46:06
C>* 10.1.1.12/30 is directly connected, em0
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, em0, 00:00:41
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 14:29:25
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1

```

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 στον 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)# 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, em0
N   10.1.1.12/30 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em0
N   192.168.2.0/24 [10] area: 0.0.0.2
      directly attached to em1

===== OSPF router routing table =====
R   172.22.22.3 [10] area: 0.0.0.2, ABR
      via 10.1.1.13, em0

===== 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 - UNC, U - UNC-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, 05:42:24
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 05:42:24

```

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)# 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, V - 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, 00:00:00
O>* 10.1.1.12/30 [110/110] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 00:00:00
O 192.168.2.0/24 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:00:05
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 05:47:15
```

**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: 921
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: 80000038
Checksum: 0x8ca6
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: 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
```