

Όνοματεπώνυμο: Χαράλαμπος Καμπουγέρης

Όνομα PC/ΛΣ: DESKTOP-N90CREO

Ομάδα: 1, Τρίτη 10:45-13:30, ΑΙΘ.Α4

Ημερομηνία: 17/04/2024

## Εργαστηριακή Άσκηση 8

### Δυναμική δρομολόγηση OSPF

#### Άσκηση 1

**1.1** 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** 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** 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** Δεν υπάρχουν στατικές εγγραφές. (do show ip route)

```
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 στον R1 “router” + ?. 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** router ospf

**1.7** Πατάμε το “?” και βλέπουμε διαθέσιμες τις παρακάτω εντολές:

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, 00:00:27
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O  192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 00:00:45
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
```

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

```
R2(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

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O  172.17.17.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:01:03
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em0
O>* 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.17.17.1, em0, 00:00:51
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 00:01:23
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
```

**1.12** Οι R1, R2 έχουν τις διεπαφές τους στην περιοχή 0, επομένως είναι εσωτερικοί (**internal**) και κορμού (**backbone**)

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

**1.14** Έχουν μπροστά τον χαρακτήρα ‘Ο’.

**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 διαδρομή έχει επιλεχθεί, επειδή έχει μηδενική διαχειριστική απόσταση (είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον R2).

**1.18** “netstat -rn” και βλέπουμε πως η δυναμική εγγραφή για το 192.168.1.0/24 έχει το flag **1**:

Routing tables

Internet:

Destination	Gateway	Flags	Refs	Use	Netif	Expire
127.0.0.1	link#3	UH	0	155	lo0	
172.17.17.0/30	link#2	U	0	0	em1	
172.17.17.1	link#2	UHS	0	0	lo0	
192.168.1.0/24	link#1	U	0	4	em0	
192.168.1.1	link#1	UHS	0	0	lo0	
192.168.2.0/24	172.17.17.0	UG1	0	4	em1	

**1.19** Στον R1: “tcpdump -vvvni em0” και έχουμε:

```
[root@router]~# tcpdump -vvvni em0
tcpdump: listening on em0, link-type EN10MB (Ethernet), capture size 65535 bytes
15:41:30.852712 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2482, 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
15:41:40.859410 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2484, 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
15:41:50.869329 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2486, 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 ακούεικάθε router που τρέχειτο OSPF.

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

**1.23** TTL = 1

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

**1.25** Τα βλέπουμε ανά 10 δευτερόλεπτα, τιμή η οποία ισούται με το Hello Timer. Το Dead Timer έχει τιμή 40s.

**1.26** Router ID του R1 είναι το 192.168.1.1, το οποίο αποτελεί τη διεπαφή του R1 στο LAN1 με τη μεγαλύτερη IP (αφού είναι και μοναδική), δεδομένου ότι δεν υπάρχει IP στη loopback.

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

**1.28** Στον R1: “tcpdump -vvvi em1” και παρατηρούμε ξανά αποστολή μηνυμάτων OSPF Hello από τον R1 όπως πριν με διεύθυνση πηγής αυτή τη φορά την 172.17.17.1:

```

192.168.2.1
15:52:44.573551 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2566, 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
15:52:50.607832 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2683, 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

```

**1.29** Ναι, παρατηρούμε λήψη μηνυμάτων OSPF από τον R2, αφού 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. 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 είναι η /30.

**1.31** Σε σχέση με τα Hello πακέτα του LAN1 βλέπουμε επιπλέον πληροφορίες όπως τον Backup Designated Router και τη Neighbor List.

Περιέχονται τα Neighbor List κάθε δρομολογητή όπου και περιέχουν τα RouterID.

**1.32** Δεν περιλαμβάνονται διαφημίσεις δικτύων

**1.33** Και οι δύο routers R1 και R2 δηλώνουν προτεραιότητα 1.

**1.34**  $IP_{DR} = 172.17.17.1$  και  $IP_{BDR} = 172.17.17.2$ .

Περιμέναμε οι διευθύνσεις αυτές να είναι ανάποδα, αλλά δεδομένου ότι κάναμε configure πρώτα το R1, παραμένουν ως έχει μέχρι να διαγραφεί ο R1.

**1.35** “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 επηρεάσει τη λειτουργία του δικτύου, καθώς τα PC1, PC2 έχουν gateway routers, οπότε και συνεχίζουν να επικοινωνούν στην συγκεκριμένη τοπολογία.

## Άσκηση 2

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

2.2 Εκτελούμε στα R1 και R2 αντίστοιχα “router-id 1” και “router-id 2”.

2.3 “show ip ospf” και βλέπουμε:

```
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 SPFs 1000 millisecond(s)
Maximum hold time between consecutive SPFs 10000 millisecond(s)
Hold time multiplier is currently 1
SPF algorithm last executed 21m19s 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 9 times
  Number of LSA 3
  Number of router LSA 2. Checksum Sum 0x000045f6
```

Παρατηρούμε 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, μετέχει με 2 διεπαφές και η LSDB του έχει 3 LSA.

2.4 Εκτελούμε “do show ip ospf neighbor” και βλέπουμε:

```
R1(config-router)# do show ip ospf neighbor
          Neighbor ID Pri State             Dead Time Address           Interface
          RXmtL RqstL DBsml
0.0.0.2      1 Full/DR        37.376s 172.17.17.2      em1:172.17.17.1
```

Παρατηρούμε 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

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

      Neighbor ID Pri State          Dead Time Address        Interface
      RXmtL RqstL DBsmL
0.0.0.2           1 Full/DR       37.222s 172.17.17.2      em1:172.17.17.1
      0   0   0

R1(config-router)# do show ip ospf neighbor

      Neighbor ID Pri State          Dead Time Address        Interface
      RXmtL RqstL DBsmL
0.0.0.2           1 Full/DR       37.006s 172.17.17.2      em1:172.17.17.1
      0   0   0

R1(config-router)# do show ip ospf neighbor

      Neighbor ID Pri State          Dead Time Address        Interface
      RXmtL RqstL DBsmL
0.0.0.2           1 Full/DR       36.808s 172.17.17.2      em1:172.17.17.1
      0   0   0

R1(config-router)# do show ip ospf neighbor

      Neighbor ID Pri State          Dead Time Address        Interface
      RXmtL RqstL DBsmL
0.0.0.2           1 Full/DR       35.126s 172.17.17.2      em1:172.17.17.1
      0   0   0
```

## 2.6 “show ip ospf neighbor detail”

```
R1(config-router)# 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 5m12s ago
    Regressive change 5m22s ago, due to 1-WayReceived
  DR is 172.17.17.2, BDR is 172.17.17.1
  Options 2 *|-|-|-|-|E|*
  Dead timer due in 38.207s
  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
```

Βλέπουμε ότι το R2 έχει προτεραιότητα για DR και το R1 για BDR

**2.7** Εκτελούμε “do show ip ospf interface em1” στον R1. Το είδος του δικτύου είναι **BROADCAST** Είναι μέλη στις **“OSPFAllRouters”** και **“OSPFDesignatedRouters”**.

```
R1(config-router)# 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
  Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
  Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
    Hello due in 4.777s
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
```

**2.8**  $ID_{DR} = 0.0.0.2$  (R2),  $ID_{BDR} = 0.0.0.1$  (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.

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

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

  OSPF Router with ID (0.0.0.1)

  Router Link States (Area 0.0.0.0)
  +-----+-----+-----+-----+
  |Link ID|ADV Router|Age|Seq#|CkSum|Link count|
  +-----+-----+-----+-----+
  |0.0.0.1|0.0.0.1|1350|0x80000004|0x1907|2
  |0.0.0.2|0.0.0.2|1351|0x80000004|0x2cef|2

  Net Link States (Area 0.0.0.0)
  +-----+-----+-----+-----+
  |Link ID|ADV Router|Age|Seq#|CkSum|
  |172.17.17.2|0.0.0.2|1351|0x80000001|0x285f|
```

```
R2(config-router)# do show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (0.0.0.2)
```

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

Link ID	Adv Router	Age	Seq#	CkSum	Link count
0.0.0.1	0.0.0.1	1403	0x80000004	0x1907	2
0.0.0.2	0.0.0.2	1402	0x80000004	0x2cef	2

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

Link ID	Adv Router	Age	Seq#	CkSum
172.17.17.2	0.0.0.2	1402	0x80000001	0x285f

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

**2.10** To 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** “do show ip ospf database router self-originate” στα R1 και R2 αντίστοιχα.

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

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

```
LS age: 306
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: 80000005
Checksum: 0x1708
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
```

**2.13** Το LAN1,2 χαρακτηρίζεται ως Stub Network καθώς έχει έναν μόνο OSPF router (R1) και αντίστοιχα R2, 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** Εκτελούμε στον BDR, δηλαδή τον R1, την εντολή “do show ip ospf database network adv-router 0.0.0.2”:

```
R1(config-router)# do show ip ospf database network adv-router 0.0.0.2

          OSPF Router with ID (0.0.0.1)

          Net Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 2323
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|-|E|*
LS Flags: 0x6
LS Type: network-LSA
Link State ID: 172.17.17.2 (address of Designated Router)
Advertising Router: 0.0.0.2
LS Seq Number: 80000001
Checksum: 0x285f
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 (Attached Router).

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

```
R1(config-router)# 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-router)# 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 “show ip route ospf”.

**2.18** Εκτελούμε στο R1 σε interface configuration mode “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” 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 100000 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
    Multicast group memberships: OSPFAllRouters OSPFDesignatedRouters
    Timer intervals configured, Hello 10s, Dead 40s, Wait 40s, Retransmit 5
      Hello due in 6.843s
    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-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
O  172.17.17.0/30 [110/1] is directly connected, em1, 00:04:02
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em1
O  192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 01:10:06
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/11] via 172.17.17.2, em1, 00:04:02
```

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

```
R2(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

C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
O  172.17.17.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 01:06:32
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em0
O>* 192.168.1.0/24 [110/20] via 172.17.17.1, em0, 00:52:36
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 01:07:20
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em1
```

**2.22** Εκτελούμε στον R2 “interface em0” → “bandwidth 100000”.

**2.23** Στον R1 “tcpdump -vvvni em1” σε μια νέα κονσόλα.

**2.24** Στον R2 “router ospf” → “no network 192.168.2.0/24 area 0”

**2.25** Παρατηρούμε άμεσα, χωρίς καθυστέρηση, με τη διαγραφή του 192.168.2.0/24 από το OSPF μήνυμα LSUpdate από τον R2 και απάντηση LS-Ack από τον R1.

```
20:04:19.904323 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1042, 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 0x8000000b, age 1s, length 16  
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2  
            Options: [External]  
            Router LSA Options: [none]  
                Neighbor Network-ID: 172.17.17.2, Interface Address: 172.17.17.2  
                    topology default (0), metric 1  
                    0x0000: 0000 0001 ac11 1102 ac11 1102 0200 0001  
20:04:20.738720 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1137, 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 0x8000000b, age 1s, length 16  
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2  
            Options: [External]
```

**2.26** Βλέπουμε 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-router)# 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 =====
```

Δεν υπάρχει πλέον επικοινωνία μεταξύ PC1 και PC2.

**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.

```
20:13:23.149450 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1099, 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 0x8000000c, 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
20:13:23.728572 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1196, 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 28
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2
            Options: [External]
```

### Άσκηση 3

#### 3.1

```
[root@router]~# 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)# link-detect
R3(config-if)# exit interface em1
% Unknown command.
R3(config-if)# exit
R3(config)# interface em1
R3(config-if)# ip address 172.17.17.10/30
R3(config-if)# link-detect
```

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

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

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

**3.8**

```
R1(config-if)# 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

```
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 em0
N 172.17.17.4/30          [11] area: 0.0.0.0
                           via 172.17.17.1, em0
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, 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 =====
```

### 3.10

```
R3(config-if)# 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.

```
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
O> 127.0.0.1/32 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:50:18
```

**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-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
O>* 172.17.17.0/30 [110/11] via 172.17.17.5, em0, 00:08:02
                           via 172.17.17.9, em1, 00:08:02
```

**3.15** Και οι 2 γείτονες είναι σε κατάσταση DROther. Αυτό συμβαίνει καθώς έχουμε δηλώσει σε όλες τις διεπαφές WAN ότι το δίκτυο OSPF είναι από σημείο σε σημείο (point to point), οπότε δε γίνεται εκλογή DR/BDR:

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

      Neighbor ID Pri State             Dead Time Address      Interface
      RXmtL RqstL DBsmL
0.0.0.1           1 Full/DROther    37.794s 172.17.17.5   em0:172.17.17.6
                  0     0
0.0.0.2           1 Full/DROther    31.919s 172.17.17.9   em1:172.17.17.10
                  0     0
```

**3.16**

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

          OSPF Router with ID (0.0.0.1)

          Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1        313  0x80000017 0x2808 5
0.0.0.2      0.0.0.2        1379 0x80000017 0x70b4 5
0.0.0.3      0.0.0.3        413  0x80000017 0x846f 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      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1        368  0x80000017 0x2808 5
0.0.0.2      0.0.0.2        1431 0x80000017 0x70b4 5
0.0.0.3      0.0.0.3        467  0x80000017 0x846f 5
```

```
R3(config-if)# do show ip ospf database

    OSPF Router with ID (0.0.0.3)

        Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
0.0.0.1      0.0.0.1        274  0x80000017 0x2808 5
0.0.0.2      0.0.0.2        1339 0x80000017 0x70b4 5
0.0.0.3      0.0.0.3        372  0x80000017 0x846f 5
```

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

**3.17**

OSPF Router with ID (0.0.0.1)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 1427  
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: 80000017  
Checksum: 0x2808  
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 -vvvi 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 8 μηνύματα, τέσσερα LS-Update και τέσσερα LS-Ack.

```
22:18:57.666790 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1421, 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 0x80000018, 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  
22:18:57.767484 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2257, 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 0x80000018, age 2s, length 40  
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1  
            Options: [External]
```

```
22:19:04.099427 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1429, 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 0x8000001a, age 8s, 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  
22:19:04.868032 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2289, 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 0x8000001a, age 8s, length 40  
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.1
```

```
22:19:33.961507 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2304, 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 0x80000019, 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  
                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  
                Stub Network: 192.168.2.0, Mask: 255.255.255.0  
                    topology default (0), metric 10  
                0x0000: 0000 0004 ac11 1100 ffff fffc 0300 0001  
                0x0010: 0000 0003 ac11 1109 0100 000a ac11 1108  
                0x0020: ffff fffc 0300 000a c0a8 0200 ffff ff00  
                0x0030: 0300 000a  
22:19:34.648456 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1438, 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 0x80000019, age 1s, length 52  
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.2  
            Options: [External]
```

```

22:19:39.497698 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 1441, offset 0, flags [none], proto OSPF
(89), length 132)
    172.17.17.10 > 224.0.0.5: OSPFv2, LS-Update, length 112
        Router-ID 0.0.0.3, Backbone Area, Authentication Type: none (0), 1 LSA
        LSA #1
        Advertising Router 0.0.0.3, seq 0x80000018, age 1s, length 64
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.3
            Options: [External]
            Router LSA Options: [none]
                Neighbor Router-ID: 0.0.0.1, Interface Address: 172.17.17.6
                    topology default (0), metric 10
                Stub Network: 172.17.17.4, Mask: 255.255.255.252
                    topology default (0), metric 10
                Neighbor Router-ID: 0.0.0.2, Interface Address: 172.17.17.10
                    topology default (0), metric 10
                Stub Network: 172.17.17.8, Mask: 255.255.255.252
                    topology default (0), metric 10
                Stub Network: localhost, Mask: 255.255.255.255
                    topology default (0), metric 10
                0x0000: 0000 0005 0000 0001 ac11 1106 0100 000a
                0x0010: ac11 1104 ffff fffc 0300 000a 0000 0002
                0x0020: ac11 110a 0100 000a ac11 1108 ffff fffc
                0x0030: 0300 000a 7f00 0001 ffff ffff 0300 000a
22:19:40.412785 IP (tos 0xc0, ttl 1, id 2328, 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 0.0.0.3, seq 0x80000018, age 1s, length 64
            Router LSA (1), LSA-ID: 0.0.0.3
            Options: [External]

```

**3.23** Μεταξύ του πρώτου LS-Update και του τελευταίου LS-Update πέρασαν περίπου 40 δευτερόλεπτα.

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

```

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
O> 127.0.0.1/32 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 01:44:10
O> 172.17.17.0/30 [110/21] via 172.17.17.6, em2, 00:14:53
O 172.17.17.4/30 [110/10] is directly connected, em2, 01:59:49
C>* 172.17.17.4/30 is directly connected, em2
O>* 172.17.17.8/30 [110/20] via 172.17.17.6, em2, 00:14:53
O 192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:04:51
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 172.17.17.6, em2, 00:14:53

```

**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, 01:45:18
O  172.17.17.0/30 [110/1] is directly connected, em0, 01:02:50
C>* 172.17.17.0/30 is directly connected, em0
O>* 172.17.17.4/30 [110/20] via 172.17.17.10, em2, 00:16:54
O  172.17.17.8/30 [110/10] is directly connected, em2, 01:58:48
C>* 172.17.17.8/30 is directly connected, em2
O>* 192.168.1.0/24 [110/30] via 172.17.17.10, em2, 00:16:54
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em1, 01:58:25
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 δέχεται 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** Η ενημέρωση για πτώση μιας γραμμής πρέπει να είναι άμεση, ενώ η εκμάθηση μιας γραμμής μπορεί να γίνει με μία μικρή καθυστέρηση, χωρίς να προκληθεί πρόβλημα στο δίκτυο.

Αυτή η καθυστέρηση είναι σκόπιμη και βοηθά στην αποτροπή της αστάθειας του δικτύου που προκαλείται από γρήγορες διακυμάνσεις στις πληροφορίες δρομολόγησης. Με άλλα λόγια οι δρομολογητές OSPF πρέπει να διασφαλίζουν ότι η σύνδεση είναι σταθερή προτού τη διαφημίσουν ως διαδρομή.

## Άσκηση 4

**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)# li
link-detect list
R1(config-if)# link-detect
R1(config-if)# exit
R1(config)# interface em1
R1(config-if)# ip address 10.1.1.5/30
R1(config-if)# link-detect
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 10.1.1.0/30 area 0
R2(config-router)# network 10.1.1.8/30 area 1
```

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

```
router.ntua.lab(config)# interface em0
router.ntua.lab(config-if)# ip address 192.168.1.1/24
router.ntua.lab(config-if)# exit
router.ntua.lab(config)# interface em1
router.ntua.lab(config-if)# ip address 10.1.1.10/30
router.ntua.lab(config-if)# exit
router.ntua.lab(config)# router ospf
router.ntua.lab(config-router)# network 192.168.1.0 area 1
% Unknown command.
router.ntua.lab(config-router)# network 192.168.1.0/24 area 1
router.ntua.lab(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 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 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

Όχι δεν είναι αναμενόμενοι, καθώς routers με μικρότερο id είναι DR. Αυτό συμβαίνει καθώς ορίστηκαν με την σειρά 1->2->3->4->5.

**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      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
172.22.22.1  172.22.22.1   275  0x8000000d 0x93a1 2
172.22.22.2  172.22.22.2   459  0x80000005 0x3242 1
172.22.22.3  172.22.22.3   188  0x80000005 0x82e7 1

        Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum
10.1.1.1     172.22.22.1   996  0x80000002 0x5070
10.1.1.5     172.22.22.1   916  0x80000002 0x3685

        Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Route
10.1.1.8     172.22.22.2   1169 0x80000002 0x68fd 10.1.1.8/30
10.1.1.12    172.22.22.3   2048 0x80000001 0x3c26 10.1.1.12/30
192.168.1.0  172.22.22.2   509  0x80000002 0x0cf6 192.168.1.0/24
192.168.2.0  172.22.22.3   1350 0x80000001 0xfc05 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 παραπάνω και από το παρακάτω βλέπουμε ότι και τα 2 Network LSA πηγάζουν από το R1.

```

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      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
172.22.22.1  172.22.22.1   535  0x8000000d 0x93a1 2

        Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum
10.1.1.1     172.22.22.1   1256 0x80000002 0x5070
10.1.1.5     172.22.22.1   1176 0x80000002 0x3685

```

**4.16** “do show ip ospf database router”

OSPF Router with ID (172.22.22.1)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

LS age: 887  
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: 8000000d  
Checksum: 0x93a1  
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: 1071  
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: 80000005  
Checksum: 0x3242  
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: 800
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 “do show ip ospf database”

```

OSPF Router with ID (172.22.22.2)

Router Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Link count
172.22.22.1  172.22.22.1   1047 0x8000000d 0x93a1 2
172.22.22.2  172.22.22.2   1229 0x80000005 0x3242 1
172.22.22.3  172.22.22.3   960  0x80000005 0x82e7 1

Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum
10.1.1.1     172.22.22.1   1769 0x80000002 0x5070
10.1.1.5     172.22.22.1   1689 0x80000002 0x3685

Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Route
10.1.1.8     172.22.22.2   147  0x80000003 0x66fe 10.1.1.8/30
10.1.1.12    172.22.22.3   289  0x80000002 0x3a27 10.1.1.12/30
192.168.1.0   172.22.22.2   1279 0x80000002 0x0cf6 192.168.1.0/24
192.168.2.0   172.22.22.3   650  0x80000002 0xfa06 192.168.2.0/24

```

Router Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Link count	
172.22.22.2	172.22.22.2	638	0x80000005	0xe480	1	
172.22.22.4	172.22.22.4	577	0x80000006	0xf7e3	2	
Net Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum		
10.1.1.9	172.22.22.2	47	0x80000002	0x2094		
Summary Link States (Area 0.0.0.1)						
Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Route	
10.1.1.0	172.22.22.2	1600	0x80000002	0xb8b5	10.1.1.0/30	
10.1.1.4	172.22.22.2	1089	0x80000002	0xf46b	10.1.1.4/30	
10.1.1.12	172.22.22.2	348	0x80000002	0x0945	10.1.1.12/30	
192.168.2.0	172.22.22.2	658	0x80000002	0xc924	192.168.2.0/24	

Περιέχει εγγραφές για τα Area0 και Area1.

**4.18** Όπως φαίνεται παραπάνω, 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.

**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 (επειδή 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: 297
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: 80000003
Checksum: 0x4e71
Length: 32
Network Mask: /30
Attached Router: 172.22.22.1
Attached Router: 172.22.22.2
```

```
LS age: 257
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: 80000003
Checksum: 0x3486
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: 410
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: 80000002
Checksum: 0x2094
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 LSDBR3 έχει συνολικά 16 LSA. Από αυτά, Area0ROUTER = 3, Area0NETWORK = 2, Area0SUMMARY = 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 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	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Link count
172.22.22.1	172.22.22.1	1713	0x8000000d	0x93a1	2
172.22.22.2	172.22.22.2	95	0x80000006	0x3043	1
172.22.22.3	172.22.22.3	1624	0x80000005	0x82e7	1

##### Net Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum
10.1.1.1	172.22.22.1	602	0x80000003	0x4e71
10.1.1.5	172.22.22.1	562	0x80000003	0x3486

##### Summary Link States (Area 0.0.0.0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.8	172.22.22.2	816	0x80000003	0x66fe	10.1.1.8/30
10.1.1.12	172.22.22.3	953	0x80000002	0x3a27	10.1.1.12/30
192.168.1.0	172.22.22.2	135	0x80000003	0x0af7	192.168.1.0/24
192.168.2.0	172.22.22.3	1314	0x80000002	0xfa06	192.168.2.0/24

##### Router Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Link count
172.22.22.3	172.22.22.3	1003	0x80000005	0x3526	1
172.22.22.5	172.22.22.5	887	0x80000006	0x6070	2

##### Net Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum
10.1.1.13	172.22.22.3	1644	0x80000002	0x0aa3

##### Summary Link States (Area 0.0.0.2)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	CkSum	Route
10.1.1.0	172.22.22.3	182	0x80000003	0x154d	10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.3	1484	0x80000002	0x8ade	10.1.1.4/30
10.1.1.8	172.22.22.3	543	0x80000003	0x2927	10.1.1.8/30
192.168.1.0	172.22.22.3	1774	0x80000002	0xce1f	192.168.1.0/24

**4.21 Περιοχή 0:**

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

**Περιοχή 2:**

- LinkID = 10.1.1.0, είναι το WAN1 (10.1.1.0/30)
- LinkID = 10.1.1.4, είναι το WAN2 (10.1.1.4/30)
- LinkID = 10.1.1.8, είναι το WAN3 (10.1.1.8/30)
- LinkID = 192.168.1.0, είναι 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: 1186
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: 80000003
Checksum: 0x66fe
Length: 28
Network Mask: /30
    TOS: 0 Metric: 10

LS age: 1324
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: 80000002
```

```
Checksum: 0x3a27
Length: 28
Network Mask: /30
    TOS: 0 Metric: 10

LS age: 506
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: 80000003
Checksum: 0x0af7
Length: 28
Network Mask: /24
    TOS: 0 Metric: 20

LS age: 1684
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: 80000002
Checksum: 0xfa06
Length: 28
Network Mask: /24
    TOS: 0 Metric: 20
```

#### Summary Link States (Area 0.0.0.2)

```
LS age: 553
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|-|E|*
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: 80000003
Checksum: 0x154d
Length: 28
Network Mask: /30
    TOS: 0 Metric: 20

LS age: 92
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|-|E|*
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: 80000003
Checksum: 0x88df
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 10

LS age: 913
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|-|E|*
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: 80000003
Checksum: 0x2927
Length: 28
Network Mask: /30
TOS: 0 Metric: 30

LS age: 332
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|-|E|*
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: 80000003
Checksum: 0xcc20
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** Η ένδειξη “IA”.

```

R1(config-router)#
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** Όχι, δεν υπάρχουν

**4.26** Περιλαμβάνει διαδρομές προς Routers (προς τις loopback των R1, R2).

**4.27** Ναι, συγκεκριμένα βλέπουμε την ένδειξη ABR.

## Άσκηση 5

**5.1** Στον R3: “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, 01:27:35
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 01:27:47
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em0
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 01:27:35
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 01:27:17
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, 01:20:55
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 01:15:39
```

```
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
```

**5.3** Όχι δεν έχουν.

**5.4** Όχι, παραμένει ίδιος.

**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** Ο πίνακας περιλαμβάνει και εγγραφές προς External διαδρομές. Εδώ βλέπουμε τον πίνακα δρομολόγησης OSPF του 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
                           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, 00:09:48
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 00:09:48
O 10.1.1.0/30 [110/10] is directly connected, em0, 01:59:36
C>* 10.1.1.0/30 is directly connected, em0
O 10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em1, 01:59:36
C>* 10.1.1.4/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.8/30 [110/20] via 10.1.1.2, em0, 01:44:03
O>* 10.1.1.12/30 [110/20] via 10.1.1.6, em1, 01:39:40
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, 01:33:19
O>* 192.168.2.0/24 [110/30] via 10.1.1.6, em1, 01:28:03

```

**5.8** Η ένδειξη ABR και ASBR

### 5.9 Βλέπουμε τα AS External Link States:

```
R1 (Linked Base for R1 and R5) [Running] - Oracle VM VirtualBox  
172.22.22.2      172.22.22.2      910 0x80000007 0x2e44 1  
172.22.22.3      172.22.22.3      700 0x80000007 0x84e1 1  
  
Net Link States (Area 0.0.0.0)  
  
Link ID          ADV Router      Age  Seq#      CkSum  
10.1.1.1         172.22.22.1    1395 0x80000004 0x4c72  
10.1.1.5         172.22.22.1    1365 0x80000004 0x3287  
  
Summary Link States (Area 0.0.0.0)  
  
Link ID          ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Route  
10.1.1.8         172.22.22.2    1611 0x80000004 0x64ff  10.1.1.8/30  
10.1.1.12        172.22.22.3    1749 0x80000003 0x3828  10.1.1.12/30  
192.168.1.0      172.22.22.2    930  0x80000004 0x08f8   192.168.1.0/24  
192.168.2.0      172.22.22.3    337  0x80000004 0xf608   192.168.2.0/24  
  
AS External Link States  
  
Link ID          ADV Router      Age  Seq#      CkSum  Route  
5.5.5.0          172.22.22.3    700  0x80000001 0x874c  E2 5.5.5.0/24 [0x0]  
6.6.6.0          172.22.22.3    700  0x80000001 0x636d  E2 6.6.6.0/24 [0x0]
```

5.10 Το LinkID είναι ο αριθμός του εξωτερικού δικτύου (5.5.5.0/24 και 6.6.6.0/24 στη δική μας περίπτωση).

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

```
    AS External Link States
```

```
LS age: 810
Options: 0x2 : *|-|-|-|-|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: 810
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** To LinkID για τα ASBR-Summary LSA είναι το RouterID του ASBR, δηλαδή το RouterID του R3. Στη δική μας περίπτωση είναι η τιμή που έχουμε αναθέσει στη loopback του, δηλαδή 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: 1017
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. Αντίθετα 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** Στον R2: “default-information originate”. Όχι, δεν έχει εισαχθεί προκαθορισμένη διαδρομή στους άλλους δρομολογητές.

**5.16** Στον R2: “ip route 0.0.0.0/0 172.22.22.2”.

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

**5.18** Έχει προστεθεί η εγγραφή για προεπιλεγμένη πύλη σε όλους τους υπόλοιπους δρομολογητές.

**5.19** Χαρακτηρίζεται ως εξωτερική διαδρομή (E2)

**5.20** Το κόστος προορισμού είναι η δεύτερη τιμή (10), ενώ το κόστος εντός OSPF δικτύου είναι η πρώτη τιμή των αγκυλών (20).

```
R3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
database      neighbor
R3(config-router)# 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, ASBR
                               via 10.1.1.5, em0

=====
OSPF external routing table =====
N E2 0.0.0.0/0            [20/10] tag: 0
                               via 10.1.1.5, em0
```

**5.21** Εμφανίζεται η ένδειξη ASBR.

**5.22** Ναι, υπάρχει, αφού 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	862	0x80000001	0xe1af	

**5.23** 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).

**5.24** 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: 885  
Options: 0x2 : \*|-|-|-|-|E|\*  
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: 1420  
Options: 0x2 : \*|-|-|-|-|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: 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: 588  
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: 80000002  
Checksum: 0x616e  
Length: 36  
Network Mask: /24  
    Metric Type: 2 (Larger than any link state path)  
    TOS: 0

```
TOS: 0  
Metric: 20  
Forward Address: 0.0.0.0  
External Route Tag: 0
```

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

**5.26** Το κόστος διαδρομής 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
```

**5.27** 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: 339  
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: 80000003  
Checksum: 0xd9b5  
Length: 28  
Network Mask: /0  
TOS: 0 Metric: 20
```

**5.28** Η προκαθορισμένη διαδρομή αφαιρέθηκε από όλους τους πίνακες δρομολόγησης. Στην LSDB των άλλων δρομολογητών συνεχίζει να εμφανίζεται με Age = 3600

**5.29** Εμφανίζεται με ηλικία 3600.

R4 [Running] - Oracle VM VirtualBox

Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum
10.1.1.9	172.22.22.2	699	0x80000005	0x1a97
Summary Link States (Area 0.0.0.1)				
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum
10.1.1.0	172.22.22.2	459	0x80000006	0xb0b9 10.1.1.0/30
10.1.1.4	172.22.22.2	39	0x80000006	0xec6f 10.1.1.4/30
10.1.1.12	172.22.22.2	969	0x80000005	0x0348 10.1.1.12/30
192.168.2.0	172.22.22.2	1350	0x80000005	0xc327 192.168.2.0/24
ASBR-Summary Link States (Area 0.0.0.1)				
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum
172.22.22.3	172.22.22.2	549	0x80000003	0xd9b5
AS External Link States				
Link ID	ADU Router	Age	Seq#	CkSum
0.0.0.0	172.22.22.2	3600	0x80000002	0xdb11 E2 0.0.0.0/0 [0x0]
5.5.5.0	172.22.22.3	547	0x80000003	0x834e E2 5.5.5.0/24 [0x0]
6.6.6.0	172.22.22.3	1569	0x80000002	0x616e E2 6.6.6.0/24 [0x0]

Μετά από κάποια δευτερόλεπτα η εγγραφή έφυγε από την LSDB.

**5.30** Ναι, έχει εισαχθεί προκαθορισμένη πύλη σε όλους τους άλλους δρομολογητές με κόστος 1:

```
R4(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 [110/1] via 10.1.1.9, em1, 00:00:42
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.9, em1, 01:08:45
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.9, em1, 01:08:45
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.9, em1, 02:32:16
O>* 10.1.1.4/30 [110/30] via 10.1.1.9, em1, 02:32:16
O   10.1.1.8/30 [110/10] is directly connected, em1, 02:32:29
C>* 10.1.1.8/30 is directly connected, em1
O>* 10.1.1.12/30 [110/40] via 10.1.1.9, em1, 02:32:16
C>* 127.0.0.0/8 is directly connected, lo0
C>* 172.22.22.4/32 is directly connected, lo0
O   192.168.1.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:32:53
C>* 192.168.1.0/24 is directly connected, em0
O>* 192.168.2.0/24 [110/50] via 10.1.1.9, em1, 02:26:59
```

## Άσκηση 6

**6.1** Το ping επιτυγχάνει.

**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 [110/1] via 10.1.1.5, em0, 00:01:50
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 00:14:33
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:14:38
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 00:14:33
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:15:07
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 00:14:33
O>* 192.168.2.0/24 [110/20] via 10.1.1.14, em1, 00:15:02
```

**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 [110/1] via 10.1.1.13, em1, 00:04:48
O>* 5.5.5.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:17:59
O>* 6.6.6.0/24 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:17:59
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:13:01
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:13:01
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:13:01
O  10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:18:45
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em1, 00:13:01
O  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 02:50:23
```

**6.4** Το LAN2 χαρακτηρίζεται ως Stub Network, ενώ το WAN2 ως Transit Network:

OSPF Router with ID (172.22.22.5)

#### Router Link States (Area 0.0.0.2)

LS age: 1473  
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: 8000000f  
Checksum: 0x586e  
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: “router ospf” → “area 2 stub”. Παρατηρούμε μετά από λίγο πως το ping σταματά να επιτυγχάνει.

**6.6** Διαγράφηκε η εγγραφή για το LAN2

```
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 [110/1] via 10.1.1.5, em0, 00:16:01
O>* 10.1.1.0/30 [110/20] via 10.1.1.5, em0, 00:28:44
O   10.1.1.4/30 [110/10] is directly connected, em0, 00:28:49
O>* 10.1.1.8/30 [110/30] via 10.1.1.5, em0, 00:28:44
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:29:18
O>* 192.168.1.0/24 [110/40] via 10.1.1.5, em0, 00:28:44
```

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

```
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   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:32:06
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:03:44
```

**6.8** Όχι, έχει διαγραφεί από κάθε πίνακα δρομολόγησης.

**6.9** Το PC1 ξεκινά το ping 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 απαντά με no route to host, καθώς έχουμε διαγράψει τη προκαθορισμένη διαδρομή.

**6.10** 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.

```
R3 [Running] - Oracle VM VirtualBox  
Router Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])  
  
LS age: 759  
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: 80000013  
Checksum: 0xd397  
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: 2423  
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: 8000000f  
Checksum: 0x586e  
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** Έχει προστεθεί ξανά η εγγραφή για το LAN2.

**6.14** 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: 198
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: 80000015
Checksum: 0x3d0f
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: 197
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: 80000012
Checksum: 0x7055
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 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 συμπεριληφθεί στην προκαθορισμένη διαδρομή.

```

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 [110/11] via 10.1.1.13, em1, 00:06:00
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:06:00
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:06:00
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:06:00
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:53:39
O>* 192.168.1.0/24 [110/50] via 10.1.1.13, em1, 00:06:00
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:25:17

```

6.17 Βλέπουμε όλα τα δίκτυα για τα οποία έχει εγγραφές ο 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 [110/11] via 10.1.1.13, em1, 00:10:38
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:10:38
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:10:38
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:10:38
O   10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 00:58:17
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, 00:10:38
O   192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:29:55
C>* 192.168.2.0/24 is directly connected, em0

```

Παρατηρώντας τον πίνακα διαδρομών OSPF, βλέπουμε πως έχουμε και Inter Area εγγραφές, όλες όσες είναι εκτός του Area2.

```

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 =====

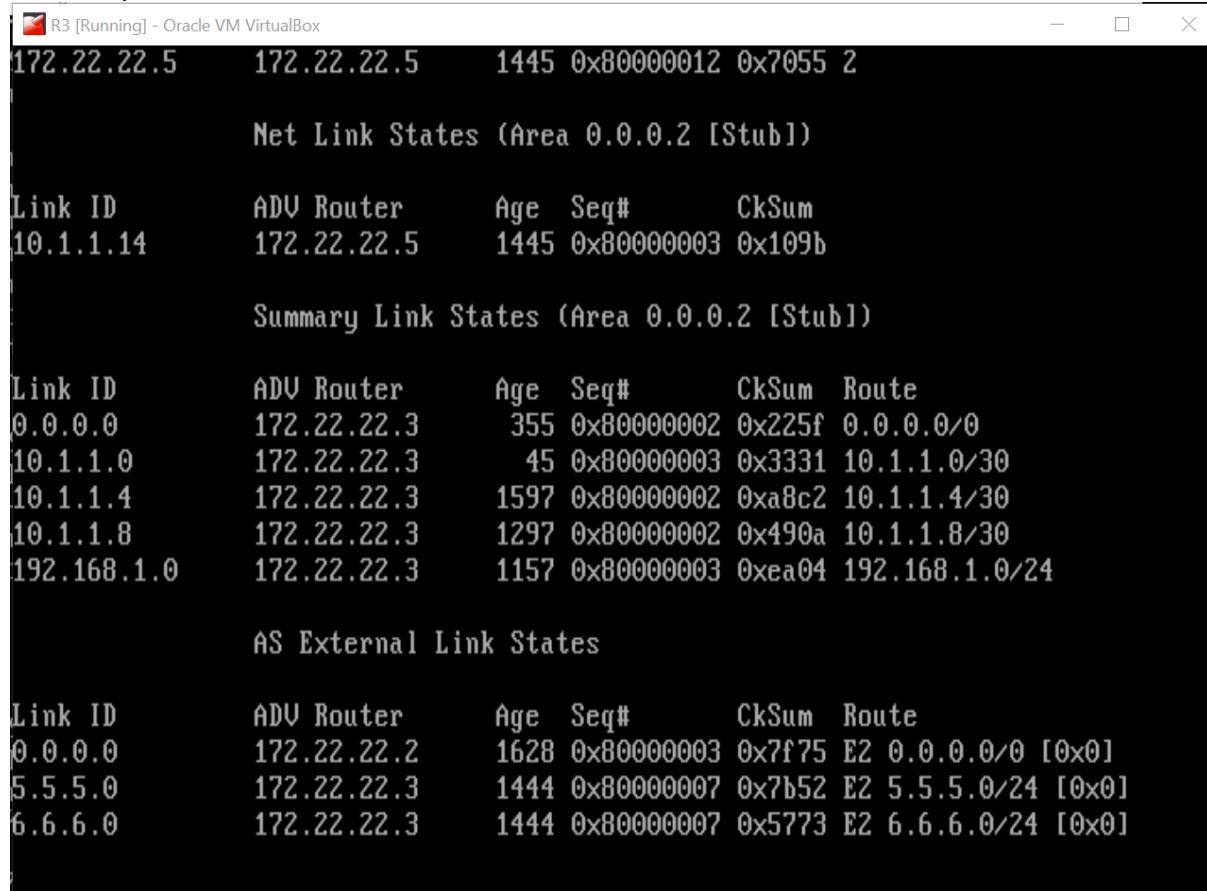
```

**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** Ο R3 περιέχει 2 LSA σχετικά με την προκαθορισμένη διαδρομή. Διαφημίζει το Summary Link.



```
R3 [Running] - Oracle VM VirtualBox
172.22.22.5      172.22.22.5      1445 0x80000012 0x7055 2

Net Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID        ADV Router    Age  Seq#      CkSum
10.1.1.14     172.22.22.5  1445 0x80000003 0x109b

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  355   0x80000002 0x225f 0.0.0.0/0
10.1.1.0       172.22.22.3  45    0x80000003 0x3331 10.1.1.0/30
10.1.1.4       172.22.22.3  1597  0x80000002 0xa8c2 10.1.1.4/30
10.1.1.8       172.22.22.3  1297  0x80000002 0x490a 10.1.1.8/30
192.168.1.0    172.22.22.3  1157  0x80000003 0xea04 192.168.1.0/24

AS External Link States

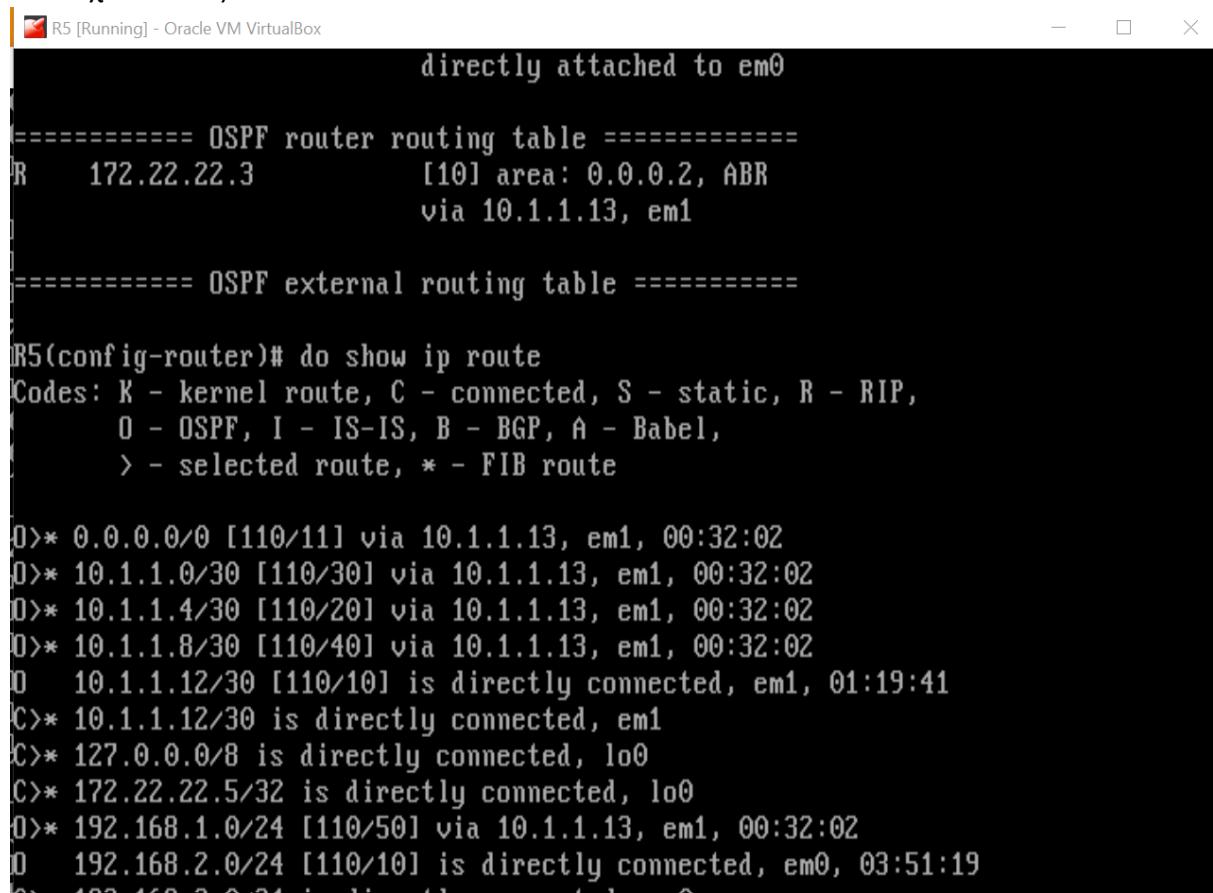
Link ID        ADV Router    Age  Seq#      CkSum  Route
0.0.0.0        172.22.22.2  1628  0x80000003 0x7f75 E2 0.0.0.0/0 [0x0]
5.5.5.0        172.22.22.3  1444  0x80000007 0x7b52 E2 5.5.5.0/24 [0x0]
6.6.6.0        172.22.22.3  1444  0x80000007 0x5773 E2 6.6.6.0/24 [0x0]
```

**6.22** 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: 645
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 Έχει κόστος 11.



```
R5 [Running] - Oracle VM VirtualBox
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 =====

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, 00:32:02
O>* 10.1.1.0/30 [110/30] via 10.1.1.13, em1, 00:32:02
O>* 10.1.1.4/30 [110/20] via 10.1.1.13, em1, 00:32:02
O>* 10.1.1.8/30 [110/40] via 10.1.1.13, em1, 00:32:02
D  10.1.1.12/30 [110/10] is directly connected, em1, 01:19:41
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, 00:32:02
D  192.168.2.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:51:19
O  192.168.3.0/24 [110/10] is directly connected, em0, 03:51:19
```

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.

**6.24** Δε βλέπουμε καμία εγγραφή για εξωτερικές διαδρομές στον R5.

```
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   154  0x80000016 0x3b10 1
172.22.22.5  172.22.22.5   257  0x80000013 0x6e56 2

        Net Link States (Area 0.0.0.2 [Stub])

Link ID      ADV Router      Age  Seq#      CkSum
10.1.1.14    172.22.22.5   257  0x80000004 0x0e9c

        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   925  0x80000002 0x225f 0.0.0.0/0
10.1.1.0      172.22.22.3   615  0x80000003 0x3331 10.1.1.0/30
10.1.1.4      172.22.22.3   314  0x80000003 0xa6c3 10.1.1.4/30
10.1.1.8      172.22.22.3   64   0x80000003 0x470b 10.1.1.8/30
192.168.1.0   172.22.22.3  1726 0x80000003 0xea04 192.168.1.0/24
```

**6.25** Εκτελούμε στους R3 και R5 “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 στον 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-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** Αρχικά ο PC2 έχει 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, T - Table,
       v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

S>* 0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 01:32:15
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 01:32:15
```

Εκτελούμε “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, T - Table,
       v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, f - OpenFabric,
       > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
       t - trapped, o - offload failure

O>* 0.0.0.0/0 [110/111] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 00:00:05
O>* 10.1.1.12/30 [110/10] via 192.168.2.1, em0, weight 1, 00:00:05
O   192.168.2.0/24 [110/100] is directly connected, em0, weight 1, 00:00:10
C>* 192.168.2.0/24 [0/1] is directly connected, em0, 01:35:41
```

**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.

```
R5 [Running] - Oracle VM VirtualBox  
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
```

**6.32** Συμπεραίνουμε πως μια Stub Area μπορεί να είναι Transit Network, διότι το Stub Area 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.