

Όνοματεπώνυμο: Ιωάννης Γιαννούκος	Όνομα PC: John John
Ομάδα: 1	Ημερομηνία: 22/5/2023

Εργαστηριακή Άσκηση 9 Δυναμική δρομολόγηση BGP

Άσκηση 1

1.1) Στα PC{1,2} μέσω vtysh ορίζω το όνομα, τη διεύθυνση IP και προεπιλεγμένη διαδρομή με την παρακάτω ακολουθία εντολών:
PCX:

```
vtysh
configure terminal
hostname PCX
interface em0
ip address 192.168.X.2/24
exit
ip route 0.0.0.0/0 192.168.X.1
```

1.2) Στα R{1,2,3} ορίζω μέσω cli όνομα και τις διευθύνσεις των διεπαφών τους με τις παρακάτω ακολουθίες εντολών:

```
R1:
cli
configure terminal
hostname R1
interface em0
ip address 192.168.1.1/24
interface em1
ip address 10.1.1.1/30
```

```
R2:
cli
configure terminal
hostname R2
interface em0
ip address 10.1.1.2/30
interface em1
ip address 10.1.1.5/30
```

```
R3:
cli
configure terminal
hostname R3
interface em0
ip address 192.168.2.1/24
```

```
interface em1  
ip address 10.1.1.6/30
```

1.3) Στον R1 εμφανίζω τις στατικές εγγραφές του πίνακα δρομολόγησης μέσω cli με την εντολή **“show ip route static”** και επιβεβαιώνω ότι δεν υπάρχει καμία στατική εγγραφή.

1.4) Στον R1 από global configuration mode βλέπω αν είναι διαθέσιμο το πρωτόκολλο δρομολόγησης BGP στο Quagga πληκτρολογώντας **“router”** και έπειτα το πλήκτρο **‘?’**. Βλέπω ότι στα διαθέσιμα αποτελέσματα εμφανίζεται η υπο-εντολή **“bgp”**. Έτσι, επιβεβαιώνω ότι το πρωτόκολλο BGP είναι διαθέσιμο.

1.5) Εισέρχομαι στο router configuration mode για το πρωτόκολλο BGP ορίζοντας AS 65010 με την εντολή **“router bgp 65010”**.

1.6) Πατώ το πλήκτρο **‘?’** για να εμφανίσω τις διαθέσιμες εντολές στο επίπεδο αυτό.

1.7) Ορίζω ως γείτονα στο AS 65020 τον R2 με την εντολή **“neighbor 10.1.1.2 remote-as 65020”**.

1.8) Αναγγέλλω το δίκτυο 192.168.1.0/24 με την εντολή **“network 192.168.1.0/24”**.

1.9) Βγαίνω από το bgp router configuration mode και περιμένω περίπου ένα λεπτό. Εκτελώντας **“show ip route”** για να εμφανίσω τον πίνακα δρομολόγησης του R1. Παρατηρώ ότι δεν έχει αλλάξει κάτι σε αυτόν (σε σχέση με το ερώτημα 1.3).

1.10) Εμφανίζω τον πίνακα διαδρομών (RIB) του BGP στους R{1,2} με **“show ip bgp”**. Παρατηρώ ότι η (μοναδική) εγγραφή που περιέχει ο πίν. διαδρομών του R1 για το 192.168.1.0/24 δεν υπάρχει σε αυτόν του R2, ο οποίος είναι μάλιστα κενός.

1.11) Στον R2 εισέρχομαι σε bgp router configuration mode ορίζοντας AS 65020 με την εντολή **“router bgp 65020”**.

1.12) Ορίζω τον R1 ως γείτονα στο AS 65010 και τον R3 ως γείτονα στο 65030 με τις αντίστοιχες εντολές **“neighbor 10.1.1.1 remote-as 65010”** και **“neighbor 10.1.1.6 remote-as 65030”**.

1.13) Βγαίνω από το bgp router configuration mode και περιμένω περίπου ένα λεπτό. Εμφανίζοντας τις RIB των R{1,2} με **“show ip bgp”** παρατηρώ ότι η εγγραφή για το 192.168.1.0/24 προστέθηκε στον πίνακα διαδρομών του R2 (και παρέμεινε σε αυτόν του R1).

1.14) Εμφανίζω τον πίνακα δρομολόγησης στον R3 με “**show ip route**”. Δεν εμφανίζεται εγγραφή για το 192.168.1.0/24.

1.15) Στον R3 εισέρχομαι σε bgp router configuration mode ορίζοντας AS 65030 με την εντολή “**router bgp 65030**”.

1.16) Ορίζω ως γείτονα στο AS 65020 τον R2 με “**neighbor 10.1.1.5 remote-as 65020**”.

1.17) Αναγγέλλω το δίκτυο 192.168.2.0/24 με “**network 192.168.2.0/24**”.

1.18) Βγαίνω από το bgp router configuration mode και περιμένω περίπου ένα λεπτό. Εμφανίζοντας τις RIB των R{1,2,3} με “**show ip bgp**” παρατηρώ ότι πλέον έχουν προστεθεί εγγραφές για τα 192.168.{1,2}.0/24 σε όλους τους πίνακες διαδρομών.

1.19) Βλέπω τον πίνακα δρομολόγησης του R2 με “**show ip route**”. Οι εγγραφές που προσέθεσε το BGP πρωτόκολλο ξεχωρίζουν από το γράμμα στην προτροπή της εγγραφής που είναι ‘B’.

1.20) Οι εγγραφές που έχουν επιλεγεί και εισαχθεί στον πίνακα προώθησης FIB επισημαίνονται από το σύμβολο ‘*’ στην προτροπή τους.

1.21) Η διαχειριστική απόσταση των διαδρομών BGP είναι 20.

1.22) Βλέπω μόνο τις εγγραφές BGP του πίνακα δρομολόγησης τους R1 με “**show ip route bgp**”. Εμφανίζεται μόνο μία εγγραφή, αυτή για το 192.168.2.0/24.

1.23) Βλέπω τον πίνακα διαδρομών (RIB) του BGP με “**show ip bgp**” (R1). Φαίνονται 2 εγγραφές, μία για κάθε δίκτυο σε LAN, οι οποίες περιέχουν επιπλέον, σε σχέση με τον πίνακα δρομολόγησης, την διαδρομή (path) και το κόστος της.

1.24) Καταγράφω τα NEXT_HOP, WEIGHT και το AS_PATH για τα δίκτυα 192.168.{1,2}.0/24 παρακάτω (οι πληροφορίες αυτές φαίνονται στον πίνακα διαδρομών BGP):

	192.168.1.0/24	192.168.2.0/24
NEXT_HOP	0.0.0.0	10.1.1.2
WEIGHT	32768	0
AS_PATH	i	65020 65030 i

1.25) Οι τιμές των βαρών των παραπάνω εγγραφών είναι αναμενόμενες, επειδή στο πρωτόκολλο BGP οι διαδρομές που πηγάζουν από τον δρομολογητή έχουν προκαθορισμένη τιμή 32768 και όλες οι άλλες έχουν βάρος 0.

1.26) Το γράμμα 'i' στο τέλος του AS_PATH δηλώνει τον τύπο της πηγής ORIGIN.

1.27) Εξέρχομαι από το Quagga και εμφανίζω τον πίνακα δρομολόγησης όπως τον αντιλαμβάνεται το λειτουργικό σύστημα με `netstat -r -f inet`. Η εγγραφή για το δίκτυο 192.168.2.0/24 έχει την σημαία 'G', η οποία εμμέσως δηλώνει ότι η εγγραφή είναι δυναμική (`"destination requires forwarding by intermediary"`) (man netstat | grep "RTF_")

1.28) Ναι τα PCs επικοινωνούν.

Άσκηση 2

2.1) Εκτελώντας την εντολή `show ip bgp neighbors`, εμφανίζεται στην πρώτη γραμμή της εξόδου ότι η σύνδεση είναι external (`external link`).

2.2) Στην 3^η γραμμή της εξόδου της παραπάνω εντολής αναφέρεται ότι η κατάσταση της BGP συνόδου έχει καθιερωθεί (`BGP state = ESTABLISHED, ...`).

2.3) Ξεκινώ καταγραφή στον R1 σε νέο παράθυρο (Alt + F2) στην διεπαφή του στο WAN1 εμφανίζοντας λεπτομέρειες χωρίς επίλυση ονομάτων με την εντολή `tcpdump -i em1 -vnn -n`, και περιμένω τουλάχιστον 1 λεπτό.

2.4) Στην παραπάνω καταγραφή παρατηρώ ότι στέλνονται μόνο μηνύματα BGP είδους Keepalive Message (4).

2.5) Ο πρωτόκολλο BGP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP στην θύρα 179. Με την εντολή `show ip bgp neighbors` εμφανίζεται η πληροφορία `Local port: 179` (και `Foreign port: XXXXX`).

2.6) Τα παραπάνω μηνύματα στέλνονται κάθε 1 λεπτό. Αυτό επιβεβαιώνεται εκτελώντας την εντολή `show ip bgp neighbors` που αναφέρεται ότι `keepalive interval is 60 seconds`.

2.7) Τα μηνύματα BGP έχουν τιμή TTL = 1.

2.8) Στον R2 εκτελώντας `“show ip bgp summary”` βλέπω ότι το Router-ID είναι 10.1.1.5. Εν γένει, η τιμή της Router-ID δίνεται από την μεγαλύτερη διεύθυνση loopback είτε, αν δεν έχει οριστεί, η μεγαλύτερη διεύθυνση IP σε κάποια από τις διεπαφές του δρομολογητή.

2.9) Κάθε εγγραφή BGP καταναλώνει 64 bytes μνήμης στην RIB (`“show ip bgp summary”` → *‘RIB entries 3, using 192 bytes of memory’*).

2.10) Το Router-ID του R1 είναι 192.168.1.1. Το βρήκα εκτελώντας την εντολή `“show ip bgp summary”` (*‘BGP router identifier 192.168.1.1’*).

2.11) Ορίζω ως διεύθυνση loopback την 172.17.17.1/32 στον R1 με `“interface lo0”` → `“ip address 172.17.17.1/32”` από global configuration mode. Το Router-ID του R1 είναι 172.17.17.1/32 (βλ. απάντηση ερωτήματος 2.8).

2.12) Ακυρώνω την διεύθυνση loopback με `“interface lo0”` → `“no ip address 172.17.17.1/32”` από global configuration mode. Ναι, το προηγούμενο Router-ID επανέρχεται και είναι πλέον 192.168.1.1.

2.13) Το Router-ID μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα με την εντολή `“bgp router-id A.B.C.D”` από bgp router configuration mode (είτε με `“router-id A.B.C.D”` από global configuration mode).

2.14) Ξεκινώ μια καταγραφή στον R2 σε νέο παράθυρο (Alt + F2) στη διεπαφή του στο WAN1 εμφανίζοντας λεπτομέρειες χωρίς επίλυση ονομάτων με `“tcpdump -i em0 -vvv -n”` και την αφήνω να τρέχει.

2.15) Στον R3 διαγράφω το δίκτυο 192.168.2.0/24 από το BGP με `“no network 192.168.2.0/24”` από bgp router configuration mode.

2.16) Στην καταγραφή παρατηρώ ότι στάλθηκε μήνυμα BGP Update Message (2).

2.17) Όχι, δεν υπήρξε καθυστέρηση στην παραγωγή του και στην συνακόλουθη ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης του R1.

2.18) Στον R3 αναγγέλλω και πάλι το 192.168.2.0/24 με `“network 192.168.2.0/24”` από bgp router configuration mode.

2.19) Ναι, στην περίπτωση αυτή υπήρξε καθυστέρηση στην ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης του R1.

2.20) Εκτελώντας `“show ip bgp neighbors”` φαίνεται ότι οι BGP δρομολογητές διαφημίζουν νέες εγγραφές δικτύων κάθε 30 δευτερόλεπτα. Επομένως, η καθυστέρηση είναι αναμενόμενη, καθώς πέρασε κάποιο χρ.

διάστημα μέχρι να διαφημίσει ο R3 το δίκτυο στο LAN2 στον R2 και κάποιο άλλο χρ. διάστημα μέχρι να διαφημίσει ο R2 στον R1.

2.21) Η αναγγελία της νέας διαδρομής έγινε με το μήνυμα BGP είδους Update Message (2).

2.22) Παρακάτω αναγράφονται τα χαρακτηριστικά που μεταφέρει το παραπάνω μήνυμα, οι τιμές τους και η λίστα προθεμάτων δικτύου:

Origin (1): IGP
AS Path (2): 65020 65030
Next Hop (3): 10.1.1.2
Updated routes: 192.168.2.0/24

Άσκηση 3

3.1) Στους R1 και R3 ορίζω μέσω cli τη διεύθυνση IP για το WAN3 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

R{1,3}:
cli
configure terminal
interface em2
ip address 10.1.1.{9,10}/30

3.2) Κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2 βλέπω ότι τα PCs επικοινωνούν μέσω της διαδρομής LAN1 → WAN1 → WAN2 → LAN2.

3.3) Ορίζω μέσω cli στη διεπαφή loopback του R1 τη διεύθυνση IP 172.17.17.1/32 με “interface lo0” → “ip address 172.17.17.1/32” από global configuration mode.

3.4) Ορίζω μέσω cli στη διεπαφή loopback του R2 τη διεύθυνση IP 172.17.17.2/32 με “interface lo0” → “ip address 172.17.17.2/32” από global configuration mode.

3.5) Ορίζω μέσω cli στη διεπαφή loopback του R3 τη διεύθυνση IP 172.17.17.3/32 με “interface lo0” → “ip address 172.17.17.3/32” από global configuration mode.

3.6) Εισέρχομαι στο router configuration mode των R{1,2,3} για το πρωτόκολλο BGP και αναγγέλλω αντίστοιχα τα 172.17.17.{1,2,3}/32 με “router bgp” → “network 172.17.17.{1,2,3}/32”.

3.7) Εμφανίζω τους γείτονες BGP του R1 με “show ip bgp summary”. Ο μόνος γείτονάς του είναι ο R2.

3.8) Τα δίκτυα που μαθαίνει ο R1 μέσω BGP φαίνονται εμφανίζοντας τον πίνακα διαδρομών του με `“show ip bgp”`, και είναι τα 192.168.{1,2}.0/24, καθώς και οι διευθύνσεις loopback των R{1,2,3}, 172.17.17.{1,2,3}/32. Τα αντίστοιχα NEXT_HOP τους είναι 0.0.0.0, 10.1.1.2, 0.0.0.0, 10.1.1.2 και 10.1.1.2 (0.0.0.0 είναι ο ίδιος ο δρομολογητής R1).

3.9) Οι BGP γείτονες του R2 είναι οι R{1,3} και φαίνονται εκτελώντας `“show ip bgp summary”`.

3.10) Τα δίκτυα που μαθαίνει ο R2 μέσω BGP φαίνονται από τον πίνακα διαδρομών του με `“show ip bgp”` και είναι τα 192.168.{1,2}.0/24, καθώς και οι διευθύνσεις loopback των R{1,2,3}, 172.17.17.{1,2,3}/32. Τα αντίστοιχα NEXT_HOP τους είναι 10.1.1.1, 10.1.1.6, 10.1.1.6, 0.0.0.0 και 10.1.1.6.

3.11) Ο μόνος BGP γείτονας του R3 είναι ο R2 και φαίνεται εκτελώντας `“show ip bgp summary”`.

3.12) Τα δίκτυα που μαθαίνει ο R3 μέσω BGP φαίνονται από τον πίνακα διαδρομών του με `“show ip bgp”` και είναι τα 192.168.{1,2}.0/24, καθώς και οι διευθύνσεις loopback των R{1,2,3}, 172.17.17.{1,2,3}/32. Τα αντίστοιχα NEXT_HOP τους είναι 10.1.1.5, 0.0.0.0, 10.1.1.5, 10.1.1.5 και 0.0.0.0.

3.13) Ξεκινώ καταγραφή σε νέο παράθυρο (Alt + Fi) στον R3 στη διεπαφή του στο WAN3 με λεπτομέρειες και χωρίς επίλυση ονομάτων με `“tcpdump -i em2 -vvv -n”` και αφήνω να τρέχει.

3.14) Στον R1 ορίζω ως γείτονα BGP στο AS 65030 τον R3 με `“neighbor 10.1.1.10 remote-as 65030”`.

3.15) Εμφανίζοντας τους γείτονες BGP κάθε δρομολογητή με `“show ip bgp summary”` βλέπω ότι στους γείτονες του R1 συμπεριλαμβάνεται ο R3, αλλά στους γείτονες του R3 δεν συμπεριλαμβάνεται ο R1.

3.16) Όχι, η δρομολόγηση μέσω BGP δεν είναι διαθέσιμη μέσω του WAN3.

3.17) Με `“show ip bgp neighbors”` βλέπω ότι η σύνοδος BGP του R1 και R3 βρίσκεται σε κατάσταση BGP state = Active.

3.18) Ναι, υπάρχει ένδειξη για το AS 65030 στον R1, που φαίνεται εκτελώντας `“show ip bgp summary”`.

3.19) Στην καταγραφή στον R3 βλέπω ένα νέο είδος μηνύματος BGP, το Open Message (1).

3.20) Η αποστολή του μηνύματος αυτού βλέπω ότι επαναλαμβάνεται κάθε 2 λεπτά. Ο R3 απαντά με μήνυμα TCP με ενεργή την σημαία SYN, και μόνο.

3.21) Σταματώ την καταγραφή στον R3. Παρατηρώ ότι δεν έχει εγκατασταθεί μόνιμη σύνδεση μεταξύ των R{1,3}.

3.22) Στον R1 σε νέο παράθυρο εντολών (Alt + F2) ξεκινώ καταγραφή στη διεπαφή του στο WAN3 με λεπτομέρειες και χωρίς επίλυση ονομάτων με `"tcpdump -i em2 -vnn -n"` και αφήνω να τρέχει.

3.23) Στον R3 ορίζω ως γείτονα BGP τον R1 στο AS 65010.

3.24) Η σύνοδος BGP του R1 με τον R3 βρίσκεται τώρα στην κατάσταση Established, όπως φαίνεται με `"show ip bgp neighbors"`.

3.25) Ναι, τώρα η δρομολόγηση μέσω του WAN3 είναι διαθέσιμη.

3.26) Εμφανίζω την RIB του R3 με `"show ip bgp"` και βλέπω ότι προστέθηκαν οι διαδρομές για το 192.168.1.0/24 και την 172.17.17.1/32 μέσω του R1, απευθείας από το WAN3.

3.27) Κάνοντας traceroute βλέπω ότι τα PCs πλέον επικοινωνούν μέσω της διαδρομής LAN1 \leftrightarrow WAN3 \leftrightarrow LAN2.

3.28) Σταματώ την καταγραφή στον R1. Στην καταγραφή αυτή βλέπω ότι καταγράφηκαν μηνύματα Update Message (2) καθώς και Keepalive (4).

3.29) Αφού έγινε η εγκατάσταση της συνόδου BGP, παρατηρώ ότι στάλθηκαν μόνο μηνύματα Keepalive.

3.30) Παρακάτω καταγράφω τα δίκτυα που έστειλε ο R1 σε μηνύματα Update Message (2), καθώς και το AS Path αυτών.

<i>Διαφημιζόμενα Δίκτυα</i>	<i>AS Path</i>
172.17.17.1/32, 192.168.1.0/24	65010
172.17.17.2/32	65010 65020
172.17.17.3/32 , 192.168.2.0/24	65010 65020 65030

3.31) Από τις προηγούμενες διαδρομές που διαφημίστηκαν από τον R1, αγνοήθηκαν από τον R3 όλες εκτός της πρώτης, δηλαδή για την loopback του R1 και το δίκτυο στο LAN1. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι

ο R3 είχε καλύτερες διαδρομές υπόψην του από διαφημίσεις του R2 για τα δίκτυα αυτά.

3.32) Στον R1 με “show ip bgp” εμφανίζω τον πίνακα διαδρομών BGP. Για την διεύθυνση 172.17.17.2/32 υπάρχουν 2 διαθέσιμες διαδρομές, μία από κάθε δρομολογητή, R{2,3}. Η καλύτερη διαδρομή είναι αυτή από τον R2 και φαίνεται από το σύμβολο ‘>’ που έχει στην προτροπή της.

3.33) Παρακάτω φαίνονται οι ζητούμενες πληροφορίες για τις διαδρομές αυτές:

<i>NEXT_HOP</i>	<i>ORIGIN</i>	<i>AS_PATH</i>	<i>LocPrf</i>
10.1.1.10	IGP	650{3,2}0	[empty]
10.1.1.2	IGP	65020	[empty]

3.34) Η καλύτερη διαδρομή είναι αυτή που έχει το μικρότερο μήκος AS_PATH, καθώς οι πληροφορίες για Local Preference και Weight (Metric) είναι ίδιες μεταξύ των.

3.35) Στον R1 ξεκινώ μια καταγραφή στη διεπαφή του στο WAN3 χωρίς επίλυση ονομάτων και εμφανίζοντας λεπτομέρειες μόνο για τα μηνύματα BGP που στέλνει ο R3 με “tcpdump -i em2 -vvn -n src 10.1.1.10” και την αφήνω να τρέχει.

3.36) Στον R3 ξεκινώ αντίστοιχη καταγραφή πακέτων στη διεπαφή του στο WAN2 μόνο για τα μηνύματα BGP που στέλνει ο R2 με “tcpdump -i em1 -vvn -n src 10.1.1.5”.

3.37) Στον R2 διαγράφω την αναγγελία για το 172.17.17.2/32 με “no network 172.17.17.2/32” από router configuration mode (“router bgp 65020”).

3.38) Από την παραπάνω ενέργεια παράχθηκαν μηνύματα BGP Update Message (2). Τα μηνύματα αυτά φέρουν το πεδίο ‘Withdrawn routes’ στο οποίο δηλώνουν το μέγεθος των διαδρομών που αφαιρέθηκε.

3.39) Στον R2 αναγγέλλω το 172.17.17.2/32 με “network 172.17.17.2/32” από bgp router configuration mode (“router bgp 65020”).

3.40) Παρακάτω καταγράφονται οι ζητούμενες πληροφορίες σχετικά με τη διαδρομή προς το 172.17.17.2/32 που καταγράφηκε στις δύο καταγραφές:

<i>Router</i>	<i>ORIGIN</i>	<i>AS_PATH</i>	<i>NEXT_HOP</i>
R1	IGP	650{3,2}0	10.1.1.10
R3	IGP	65020	10.1.1.5

3.41) Στον R2 ορίζω στατική διαδρομή προς το δίκτυο 5.5.5.0/24 μέσω της loopback του με “ip route 5.5.5.0/24 lo0”.

3.42) Αφού εισέλθω σε bgp router configuration mode με “router bgp 65020” γνωστοποιώ την διαδρομή αυτή στο BGP με την εντολή “redistribute static”.

3.43) Στα μηνύματα BGP Update Message (2) που καταγράφηκαν η τιμή του πεδίου ORIGIN είναι ‘incomplete’.

3.44) Σταματώ τις καταγραφές στους R{1,3}. Όσον αφορά την διαδρομή 5.5.5.0/24, το ORIGIN στην RIB του BGP χαρακτηρίζεται ως ‘incomplete’ με το σύμβολο ‘?’.

Άσκηση 4

4.1) Καταγράφω στον R1 τις διαδρομές της RIB προς το 192.168.2.0/24 με “show ip bgp”.

```
R1(config)# do show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop        Metric LocPrf Weight Path
*  5.5.5.0/24     10.1.1.10
*>                10.1.1.2          0
*> 172.17.17.1/32  0.0.0.0          0          32768 i
*  172.17.17.2/32  10.1.1.10
*>                10.1.1.2          0          32768 i
*> 172.17.17.3/32  10.1.1.10
*                  10.1.1.2          0          32768 i
*> 192.168.1.0     0.0.0.0          0          32768 i
*> 192.168.2.0     10.1.1.10
*                  10.1.1.2          0          32768 i

Total number of prefixes 6
R1(config)#
```

4.2) Αντίστοιχα, για τις διαδρομές της RIB προς το 192.168.1.0/24 με “show ip bgp”.

```
R3(config)# do show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.3
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 5.5.5.0/24        10.1.1.5              0           0 65020 ?
*                   10.1.1.9              0           0 65010 65020 ?
*> 172.17.17.1/32    10.1.1.9              0           0 65010 i
*                   10.1.1.5              0           0 65020 65010 i
* 172.17.17.2/32     10.1.1.9              0           0 65010 65020 i
*>                   10.1.1.5              0           0 65020 i
*> 172.17.17.3/32    0.0.0.0              0          32768 i
*> 192.168.1.0       10.1.1.9              0           0 65010 i
*                   10.1.1.5              0           0 65020 65010 i
*> 192.168.2.0       0.0.0.0              0          32768 i

Total number of prefixes 6
R3(config)#
```

4.3) Καταγράφω στον R2 τις διαδρομές της RIB προς τα 192.168.{1,2}.0/24 με “show ip bgp”.

```
R2(config)# do show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.2
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 5.5.5.0/24        0.0.0.0              0          32768 ?
* 172.17.17.1/32     10.1.1.6              0           0 65030 65010 i
*>                   10.1.1.1              0           0 65010 i
*> 172.17.17.2/32    0.0.0.0              0          32768 i
* 172.17.17.3/32     10.1.1.1              0           0 65010 65030 i
*>                   10.1.1.6              0           0 65030 i
* 192.168.1.0        10.1.1.6              0           0 65030 65010 i
*>                   10.1.1.1              0           0 65010 i
* 192.168.2.0        10.1.1.1              0           0 65010 65030 i
*>                   10.1.1.6              0           0 65030 i

Total number of prefixes 6
R2(config)#
```

4.4) Για να εμφανίσω τις διαδρομές που διαφημίζει ο R1 στον R3 εκτελώ “show ip bgp neighbors 10.1.1.10 advertised-routes” (στον R1).

```
R1(config)# do show ip bgp neighbors 10.1.1.10 advertised-routes
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*> 5.5.5.0/24        10.1.1.9              0           0 65020 ?
*> 172.17.17.1/32    10.1.1.9              0          32768 i
*> 172.17.17.2/32    10.1.1.9              0          32768 i
*> 192.168.1.0       10.1.1.9              0          32768 i

Total number of prefixes 4
R1(config)#
```

4.5) Για να εμφανίσω τις διαδρομές που μαθαίνει ο R1 από τον R3 εκτελώ “show ip bgp neighbors 10.1.1.10 routes” (στον R1).

```
R1(config)# do show ip bgp neighbors 10.1.1.10 routes
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*  5.5.5.0/24       10.1.1.10
*  172.17.17.2/32   10.1.1.10
*> 172.17.17.3/32   10.1.1.10          0          0 65030 i
*> 192.168.2.0      10.1.1.10          0          0 65030 i

Total number of prefixes 4
R1(config)#
```

4.6) Στον R1 σε global configuration mode ορίζω λίστα προθεμάτων με όνομα “geitones_in” όπου δηλώνεται ως ανεπιθύμητο (deny) το δίκτυο 192.168.2.0/24 με “ip prefix-list geitones_in deny 192.168.2.0/24”.

4.7) Έπειτα, προσθέτω στη λίστα “geitones_in” εγγραφή που επιτρέπει (permit) ανακοινώσεις για όλα τα άλλα δίκτυα (any) με “ip prefix-list geitones_in permit any”.

4.8) Στον R1 από router configuration mode για το πρωτόκολλο BGP εφαρμόζω γείτονα 10.1.1.10 την prefix-list με όνομα “geitones_in” κατά την εισερχόμενη (in) κατεύθυνση με σκοπό το φιλτράρισμα εισερχόμενων αγγελιών για το 192.168.2.0/24 με την εντολή “neighbor 10.1.1.10 prefix-list geitones_in in”.

4.9) Χωρίς να βγω από το router configuration mode του R1, βλέπω με την εντολή “do show ip bgp” ότι η RIB τού BGP για το δίκτυο 192.168.2.0/24 έχει αλλάξει.

4.10) Για να ενεργοποιηθεί το φιλτράρισμα εισερχόμενων αγγελιών από τον 10.1.1.10 θα πρέπει να επανεκκινήσω τη σύνοδο BGP με τον 10.1.1.10 εκτελώντας την εντολή “do clear ip bgp 10.1.1.10”. Εάν δεν χρησιμοποιήσω το do, προκειμένου να γίνει δεκτή η εντολή clear θα πρέπει να εξέλθω από το configuration mode και να μεταφερθώ στο privileged exec mode, από το οποίο θα εκτελούσα την εντολή “clear ip bgp 10.1.1.10”.

4.11) Αφού εκτελέσω την παραπάνω εντολή, περιμένω λίγο για να διαδοθούν οι αλλαγές. Εμφανίζοντας και πάλι τις διαδρομές που μαθαίνει ο R1 από τον R3 (“show ip bgp neighbors 10.1.1.10 routes”) βλέπω ότι δεν συμπεριλαμβάνεται η διαδρομή για το δίκτυο 192.168.2.0/24.

4.12) Εμφανίζοντας και πάλι τις διαδρομές που διαφημίζει ο R1 στον R3 (`show ip bgp neighbors 10.1.1.10 advertised-routes`) παρατηρώ ότι πλέον διαφημίζεται και διαδρομή προς το δίκτυο 192.168.2.0/24.

4.13) Πλέον, η διαδρομή προς το LAN2 που φαίνεται στην RIB του R1 (`show ip bgp`) είναι μόνο μία, αυτή μέσω του R2.

4.14) Πλέον, η διαδρομή προς το LAN2 που φαίνεται στην RIB του R2 (`show ip bgp`) είναι μόνο μία, αυτή μέσω του R3.

4.15) Κάνοντας traceroute από το PC1 στο PC2 παρατηρώ ότι η επικοινωνία μεταξύ των PCs γίνεται από το μονοπάτι LAN1 \leftrightarrow WAN1 \leftrightarrow WAN2 \leftrightarrow LAN2.

4.16) Η προηγούμενη αλλαγή δεν επηρεάζει τη διαδρομή της εισερχόμενης κίνησης προς το AS 65010 από το δίκτυο 192.168.2.0/24. Αυτό το αντιλαμβάνομαι από το γεγονός ότι το μήνυμα ICMP echo request με TTL = 3 στάλθηκε από την διεπαφή του R3 με διεύθυνση 10.1.1.10.

4.17) Στον R1 ορίζω λίστα προθεμάτων με όνομα “geitones_out” όπου δηλώνεται ως ανεπιθύμητο (deny) το δίκτυο 192.168.1.0/24 με την εντολή `ip prefix-list geitones_out deny 192.168.1.0/24` από global configuration mode.

4.18) Προσθέτω στη λίστα “geitones_out” εγγραφή που επιτρέπει (permit) ανακοινώσεις για όλα τα άλλα δίκτυα (any) με την εντολή `ip prefix-list geitones_in permit any` από global configuration mode.

4.19) Στον R1 εφαρμόζω την prefix-list με όνομα “geitones_out” στον γείτονα 10.1.1.10 για την εξερχόμενη (out) κατεύθυνση με σκοπό το φιλτράρισμα εξερχόμενων αγγελιών για το 192.168.1.0/24 με την εντολή `neighbor 10.1.1.10 prefix-list geitones_out out` από bgp router configuration mode.

4.20) Επανεκκινώ την σύνοδο BGP με `do clear ip bgp 10.1.1.10` και περιμένω λίγο για να διαδοθούν οι αλλαγές.

4.21) Εμφανίζοντας και πάλι τις διαδρομές που διαφημίζει ο R1 στον R3 (`show ip bgp neighbors 10.1.1.10 advertised-routes`) παρατηρώ ότι πλέον δεν διαφημίζεται το δίκτυο 192.168.1.0/24.

4.22) Εμφανίζοντας και πάλι τις διαδρομές που μαθαίνει ο R1 από τον R3 (`show ip bgp neighbors 10.1.1.10 routes`) παρατηρώ ότι δεν υπήρξε κάποια αλλαγή σε αυτές.

4.23) Εμφανίζοντας την RIB του R3 βλέπω ότι η διαδρομή προς το LAN1 είναι πλέον μόνο μέσω του R2.

4.24) Εμφανίζοντας την RIB του R2 βλέπω ότι η διαδρομή προς το LAN1 είναι πλέον μόνο μέσω του R1.

4.25) Τα PCs τώρα επικοινωνούν μέσω της διαδρομής R1 \leftrightarrow R2 \leftrightarrow R3.

4.26) Αφαιρώ τα προηγούμενα φίλτρα και επανεκκινώ την σύνοδο BGP ώστε να επανέλθω στην αρχική κατάσταση με τις εξής εντολές: “no neighbor 10.1.1.10 prefix-list geitones_in in”, “no neighbor 10.1.1.10 prefix-list geitones_out out” και “do clear ip bgp 10.1.1.10”.

Άσκηση 5

5.1) Ορίζω μέσω cli του R4 το όνομα και τις διευθύνσεις των διεπαφών του στα LAN3 και WAN5 με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
cli
configure terminal
hostname R4
interface em0
ip address 192.168.0.2/24
interface em1
ip address 10.1.1.13/30
```

5.2) Ορίζω μέσω cli στη διεπαφή loopback του R4 τη διεύθυνση IP 172.17.17.4/32 με τις εντολές “interface lo0” και “ip address 172.17.17.4/32”, εκτελώντας τες ακριβώς μετά από τις παραπάνω.

5.3) Ορίζω μέσω cli του R1 τη διεύθυνση IP για το LAN3 με την παρακάτω ακολουθία εντολών από global configuration mode:

```
interface em3
ip address 192.168.0.1/24
```

5.4) Ορίζω μέσω cli του R3 τη διεύθυνση IP για το WAN5 με την παρακάτω ακολουθία εντολών από global configuration mode:

```
interface em3
ip address 10.1.1.14/30
```

5.5) Εισέρχομαι στο bgp router configuration mode του R4 ορίζοντας AS 65010 με “router bgp 65010”.

5.6) Στον R4 ορίζω τον R1 ως γείτονα στο ίδιο AS, καθορίζοντας έτσι σύνοδο τύπου iBGP και αναγγέλλω το 172.17.17.4/32 με τις εξής εντολές:
`neighbor 192.168.0.1 remote-as 65010`
`network 172.17.17.4/32`

5.7) Στον R1 ορίζω τον R4 ως γείτονα BGP στο ίδιο AS με την εντολή “`neighbor 192.168.0.2 remote-as 65010`” από `bgp router configuration mode`.

5.8) Στον R1 με την εντολή “`show ip bgp neighbors 192.168.0.2`” μπορώ να αποφανθώ για το αν η σύνοδος BGP είναι external ή internal από την 1^η γραμμή του αποτελέσματος της εντολής αυτής. Στην περίπτωση αυτή αναφέρεται ‘internal link’.

5.9) Βλέπω τα δίκτυα για τα οποία έχει μάθει ο R4 διαδρομές από τον R1 και τις έχει περιλάβει στην RIB με την εντολή “`show ip bgp neighbors 192.168.0.1 routes`”. Παρακάτω καταγράφω τα δίκτυα αυτά με τις αντίστοιχες τιμές NEXT_HOP.

```
R4(config-router)# do show ip bgp neighbors 192.168.0.1 routes
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.4
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
* i5.5.5.0/24       10.1.1.2             0      100      0 65020 ?
*>i172.17.17.1/32   192.168.0.1          0      100      0 i
* i172.17.17.2/32   10.1.1.2             0      100      0 65020 i
* i172.17.17.3/32   10.1.1.10            0      100      0 65030 i
*>i192.168.1.0      192.168.0.1          0      100      0 i
* i192.168.2.0      10.1.1.10            0      100      0 65030 i

Total number of prefixes 6
R4(config-router)#
```

5.10) Αντίστοιχα, βλέπω τα δίκτυα για τα οποία έχει μάθει ο R1 διαδρομές από τον R4 και τις έχει περιλάβει στην RIB με την εντολή “`show ip bgp neighbors 192.168.0.2 routes`”. Παρακάτω καταγράφω τα δίκτυα αυτά με τις αντίστοιχες τιμές NEXT_HOP.

```
R1(config)# do show ip bgp neighbors 192.168.0.2 routes
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*>i172.17.17.4/32   192.168.0.2          0      100      0 i

Total number of prefixes 1
R1(config)#
```

5.11) Οι διαδρομές που έγιναν γνωστές μέσω iBGP στην RIB έχουν στην αρχή τους το γράμμα ‘i’.

5.12) Όπως φαίνεται παραπάνω, για όλες τις εν λόγω διαδρομές έχουν τεθεί τιμές για τα *Metric* και *Local Preference*, 0 και 100, αντίστοιχα, για όλες τις διαδρομές.

5.13) Τον πίνακα δρομολόγησης του R4 εμφανίζω με την εντολή “show ip route bgp”.

```
R4(config-router)# do show ip route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
        O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
        > - selected route, * - FIB route

B>* 172.17.17.1/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:10:27
B>* 192.168.1.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:10:27
R4(config-router)#
```

Βλέπω ότι σε αυτόν έχουν προστεθεί διαδρομές προς τα δίκτυα 172.17.17.1/32 και 192.168.1.0/24, τα οποία έχουν διαφημιστεί στον R4 από τον R1.

5.14) Όλες οι διαδρομές προς τα υπόλοιπα δίκτυα του ερωτήματος 5.9 δεν έχουν προστεθεί στον πίνακα δρομολόγησης του R4, όπως φαίνεται στο 5.13. Αυτό συμβαίνει επειδή όλες οι διαδρομές προς δίκτυα που έχουν NEXT_HOP που δεν είναι προσβάσιμο από τον R4 αγνοούνται.

5.15) Προσθέτω στατική εγγραφή στον R4 για το 10.1.1.8/30 μέσω του R1 από global configuration mode με την εντολή “ip route 10.1.1.8/30 192.168.0.1” και περιμένω λίγο.

5.16) Εμφανίζοντας τον πίνακα δρομολόγησης του R4 με “show ip route bgp”, βλέπω ότι το δίκτυο 192.168.2.0/24 έχει τοποθετηθεί σε αυτόν πλέον. Η πληροφορία για το επόμενο βήμα εμφανίζεται ως εξής: ‘... via 10.1.1.10 (recursive via 192.168.0.1) ...’.

5.17) Τα δίκτυα που έχουν προστεθεί μέχρι στιγμής φαίνονται παρακάτω:

```
R4(config)# do show ip route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
        O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
        > - selected route, * - FIB route

B>* 172.17.17.1/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:33:45
B>* 172.17.17.3/32 [200/0] via 10.1.1.10 (recursive via 192.168.0.1), 00:04:05
B>* 192.168.1.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:33:45
B>* 192.168.2.0/24 [200/0] via 10.1.1.10 (recursive via 192.168.0.1), 00:04:05
R4(config)#
```

Φαίνεται, λοιπόν, ότι τα δίκτυα που δεν έχουν προστεθεί ακόμα είναι αυτά που διαφημίζονται κατευθείαν από τον R2. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν έχει δημιουργηθεί ακόμα κάποια σύνδεση με τον R2.

5.18) Στον R1 ορίζω ότι στις διαφημίσεις του προς τον R4 το επόμενο βήμα είναι ο εαυτός του με την εντολή “neighbor 192.168.0.2 next-hop-self” (από bgp router configuration mode) και περιμένω λίγο.

5.19) Εμφανίζω τον πίνακα δρομολόγησης του R4 με “show ip route bgp”. Παρατηρώ ότι πλέον έχουν προστεθεί εγγραφές για όλα τα δίκτυα με NEXT_HOP το 192.168.0.1.

```
R4(config)# do show ip route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route
S
B>* 5.5.5.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:02:27
B>* 172.17.17.1/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:44:08
B>* 172.17.17.2/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:02:27
B>* 172.17.17.3/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:02:27
B>* 192.168.1.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:44:08
B>* 192.168.2.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 00:02:27
R4(config)#
```

5.20) Η διαχειριστική απόσταση των διαδρομών BGP στον πίνακα δρομολόγησης του R4 είναι 200, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα. Η τιμή αυτή διαφέρει από αυτή που αναφέρεται στο ερώτημα 1.21, επειδή σε αυτήν την περίπτωση πρόκειται για internal link.

5.21) Ναι, μπορώ να κάνω ping από τον R4 στη διεπαφή του R1 στο WAN3 (10.1.1.9).

5.22) Όχι, δεν μπορώ να κάνω ping από τον R4 στη διεπαφή του R3 στο WAN3. Παρόλο που τα μηνύματα ICMP echo request (με πηγή – προορισμό 192.168.0.2 – 10.1.1.10) φτάνουν στον R3, αυτός δεν έχει κάποια εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του για το δίκτυο 192.168.0.0/24 (LAN3). Επίσης, αυτό φαίνεται και αν κάνουμε tcpdump στην διεπαφή του R3 στο WAN3.

5.23) Στο BGP του R1 διαφημίζω το δίκτυο 192.168.0.0/24 με την εντολή “network 192.168.0.0/24” από bgp router configuration mode και περιμένω λίγο.

5.24) Πλέον μπορώ να κάνω ping από τον R4 στην διεπαφή του R3 στο WAN3, αφού το δίκτυο 192.168.0.0/24 διαφημίζεται στον R3 από τον R1.

5.25) Στο BGP του R1 συνοψίζω τα δικτυακά προθέματα των LAN{1,3} σε 192.168.0.0/23 με την εντολή “aggregate-address 192.168.0.0/23”.

5.26) Περιμένω ένα λεπτό και εμφανίζω την RIB του R3 με “show ip bgp”.

```

BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.3
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*  5.5.5.0/24      10.1.1.9              0         0 65010 65020 ?
*>                10.1.1.5              0         0 65020 ?
*> 172.17.17.1/32  10.1.1.9              0         0 65010 i
*                  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
* 172.17.17.2/32  10.1.1.9              0         0 65010 65020 i
*>                10.1.1.5              0         0 65020 i
*> 172.17.17.3/32  0.0.0.0              0         32768 i
* 172.17.17.4/32  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*>                10.1.1.9              0         0 65010 i
* 192.168.0.0/23  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*>                10.1.1.9              0         0 65010 i
* 192.168.0.0      10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*>                10.1.1.9              0         0 65010 i
*> 192.168.1.0     10.1.1.9              0         0 65010 i
*                  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*> 192.168.2.0     0.0.0.0              0         32768 i

Total number of prefixes 9
R3(config-router)#

```

Σε αυτήν βλέπω 4 σχετικές με το δίκτυο 192.168.0.0/23 ή τα υποδίκτυά του εγγραφές.

5.27) Στον R1 αλλάζω την εντολή της ερώτησης 5.25 προσθέτοντας την επιλογή `summary-only` στο τέλος, δηλαδή εκτελώ “`aggregate-address 192.168.0.0/23 summary-only`” (αφού πρώτα κάνω “`no aggregate-address 192.168.0.0/23`”).

5.28) Περιμένω περίπου ένα λεπτό και εμφανίζω την RIB του R3 με “`show ip bgp`”.

```

R3(config-router)# do show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.3
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network        Next Hop           Metric LocPrf Weight Path
*  5.5.5.0/24      10.1.1.9              0         0 65010 65020 ?
*>                10.1.1.5              0         0 65020 ?
*> 172.17.17.1/32  10.1.1.9              0         0 65010 i
*                  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
* 172.17.17.2/32  10.1.1.9              0         0 65010 65020 i
*>                10.1.1.5              0         0 65020 i
*> 172.17.17.3/32  0.0.0.0              0         32768 i
* 172.17.17.4/32  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*>                10.1.1.9              0         0 65010 i
* 192.168.0.0/23  10.1.1.5              0         0 65020 65010 i
*>                10.1.1.9              0         0 65010 i
*> 192.168.2.0     0.0.0.0              0         32768 i

Total number of prefixes 7
R3(config-router)#

```

Σε αυτήν βλέπω 2 σχετικές με το δίκτυο 192.168.0.0/23 εγγραφές.

5.29) Αφαιρώ τη σχετική με το `aggregate-address` εντολή από τον R1 με “`no aggregate-address 192.168.0.0/23 summary-only`”.

5.30) Στον R4 σε νέο παράθυρο εντολών (Alt + Fi) ξεκινώ καταγραφή των πακέτων BGP στη διεπαφή του στο LAN3 εμφανίζοντας λεπτομέρειες για πακέτα χωρίς επίλυση ονομάτων με “tcpdump -i em0 -vvv -n” και περιμένω τουλάχιστον ένα λεπτό.

5.31) Το TTL των πακέτων IP για τα μηνύματα BGP είναι 64. Η τιμή αυτή διαφέρει από αυτήν που βρήκα στην ερώτηση 2.7 (TTL = 1), επειδή στην περίπτωση αυτή πρόκειται για iBGP.

Άσκηση 6

6.1) Ορίζω στον R4 τον R3 ως γείτονα BGP και αντίστροφα με τις παρακάτω ακολουθίες εντολών:

R3:

```
router bgp 65030
neighbor 10.1.1.13 remote-as 65010
```

R4:

```
router bgp 65010
neighbor 10.1.1.14 remote-as 65030
```

6.2) Στον R4 ορίζω ότι αναγγέλλει ως επόμενο βήμα στις διαφημίσεις προς τον R1 τον εαυτό του με την εντολή “neighbor 192.168.0.1 next-hop-self” (bgp router configuration mode).

6.3) Εμφανίζω την RIB του R1 με “show ip bgp”.

```
R1(config-router)# do show ip bgp
BGP table version is 0, local router ID is 172.17.17.1
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best, i - internal,
               r RIB-failure, S Stale, R Removed
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

   Network          Next Hop          Metric LocPrf Weight Path
*  5.5.5.0/24        10.1.1.10
*>                   10.1.1.2          0
*                   0.0.0.0            0
*> 172.17.17.1/32     0.0.0.0            0
* 172.17.17.2/32     10.1.1.10          0
*>                   10.1.1.2          0
* i172.17.17.3/32    192.168.0.2        0
*>                   10.1.1.10        0
*                   10.1.1.2          0
*> i172.17.17.4/32    192.168.0.2        0
*> 192.168.0.0        0.0.0.0            0
*> 192.168.1.0        0.0.0.0            0
* i192.168.2.0       192.168.0.2        0
*>                   10.1.1.10        0
*                   10.1.1.2          0
Total number of prefixes 8
R1(config-router)#
```

Όπως φαίνεται, υπάρχουν 3 διαδρομές προς το 192.168.2.0/24 στην RIB του R1. Στον πίνακα δρομολόγησής του, που εμφανίζω με “show ip route bgp”, έχει προστεθεί η διαδρομή με NEXT_HOP τη 10.1.1.10 (R3).

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

B>* 5.5.5.0/24 [20/0] via 10.1.1.2, em1, 02:25:19
B>* 172.17.17.2/32 [20/0] via 10.1.1.2, em1, 02:25:19
B>* 172.17.17.3/32 [20/0] via 10.1.1.10, em2, 02:23:27
B>* 172.17.17.4/32 [200/0] via 192.168.0.2, em3, 01:29:15
B>* 192.168.2.0/24 [20/0] via 10.1.1.10, em2, 02:23:27
R1(config-router)#
```

6.4) Όπως φαίνεται στα κριτήρια επιλογής μεταξύ διαφορετικών διαδρομών που αναγράφονται στην εκφώνηση της άσκησης αυτής, από τα 2 πρώτα δεν μπορεί να ξεχωρίσει μία διαδρομή. Έτσι, λόγω του 3^{ου} κριτηρίου μπορεί να δοθεί η εξήγηση ότι η διαδρομή μαθεύτηκε μέσω eBGP.

6.5) Εμφανίζω την RIB του R4 με “show ip bgp” και βλέπω πως υπάρχουν 2 διαδρομές προς το 192.168.2.0/24· μία από τον R1 και μία από τον R3. Στον πίνακα δρομολόγησής του είναι τοποθετημένη αυτή μέσω του R3.

```
*> 192.168.2.0      10.1.1.14      0      0 65030 i
* i                192.168.0.1      0      100  0 65030 i

Total number of prefixes 8
R4(config-router)# do sh ip route bgp
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
       O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, A - Babel,
       > - selected route, * - FIB route

B>* 5.5.5.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 02:05:17
B>* 172.17.17.1/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 02:46:58
B>* 172.17.17.2/32 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 02:05:17
B>* 172.17.17.3/32 [20/0] via 10.1.1.14, em1, 01:23:30
B   192.168.0.0/24 [200/0] via 192.168.0.1 inactive, 01:31:07
B>* 192.168.1.0/24 [200/0] via 192.168.0.1, em0, 01:31:06
B>* 192.168.2.0/24 [20/0] via 10.1.1.14, em1, 01:23:30
R4(config-router)#
```

6.6) Η διαδρομή αυτή επιλέχθηκε έναντι αυτής μέσω του R1 επειδή μαθεύτηκε μέσω eBGP.

6.7) Εμφανίζω την RIB του R4 με “show ip bgp” και βλέπω πως υπάρχουν 2 διαδρομές προς το 172.17.17.2/32. Στον πίνακα δρομολόγησης φαίνεται να έχει τοποθετηθεί αυτή μέσω του R1.

6.8) Η διαδρομή αυτή επιλέχθηκε έναντι αυτής μέσω του R3 επειδή έχει μικρότερο μήκος AS_PATH.

6.9) Εμφανίζω την RIB του R3 με `“show ip bgp”` και βλέπω πως υπάρχουν 3 διαδρομές προς το 192.168.1.0/24. Στον πίνακα δρομολόγησης φαίνεται να έχει τοποθετηθεί αυτή μέσω του R1.

6.10) Εκτελώντας `“show ip bgp 192.168.1.0/24”` φαίνεται ότι η παραπάνω διαδρομή είναι ‘best’.

6.11) Στον R1 επανεκκινώ τη σύνοδο BGP με τον R3 με `“do clear ip bgp 10.1.1.10”` και περιμένω λίγο. Βλέποντας τις διαδρομές προς το δίκτυο 192.168.1.0/24 από τον R3 (RIB) παρατηρώ ότι η διαδρομή προς το LAN1 γίνεται πλέον μέσω του R4.

6.12) Στον R4 επανεκκινώ τη σύνοδο BGP με τον R3 με `“do clear ip bgp 10.1.1.14”` και περιμένω λίγο. Στον R3 βλέποντας τις διαδρομές προς το 192.168.1.0/24 παρατηρώ ότι πλέον είναι επιλεγμένη αυτή μέσω του R1.

6.13) Στον R4, σε global configuration mode, ορίζω λίστα προθεμάτων με όνομα “AS65030” όπου δηλώνονται ως επιτρεπόμενα (permit) τα δίκτυα 192.168.1.0/24 και 172.17.17.3/32 με την εντολή `“ip prefix-list AS65030 permit {192.168.1.0/24,172.17.17.3/32}”` (κανονικά εκτελούνται ξεχωριστά).

6.14) Στην συνέχεια ορίζω route-map με όνομα set-locpref που να επιτρέπει (permit) μια ενέργεια στη σειρά εγγραφής 10 με την εντολή `“route-map set-locpref permit 10”`.

6.15) Μετά ορίζω ως κριτήριο ταιριάσματος (match) να περιέχεται η διεύθυνση IP μιας διαδρομής στη λίστα AS65030 με την εντολή `“ match ip address prefix-list AS65030”`.

6.16) Ακολούθως, ορίζω ενέργεια να τεθεί τιμή μεγαλύτερη του default (100) στην παράμετρο local-preference με την εντολή `“set local-preference 150”` και εξέρχομαι με `“exit”`.

6.17) Τέλος, ορίζω στο route-map με όνομα set-locpref τη σειρά εγγραφής 20 που να επιτρέπει (permit) μια ενέργεια με `“ route-map set-locpref permit 20”` και εξέρχομαι (κατευθείαν, χωρίς κριτήριο ταιριάσματος και ενέργεια) με `“exit”`.

6.18) Στον R4, σε bgp router configuration mode, εφαρμόζω στον γείτονα 10.1.1.14 το route-map με όνομα ‘set-locpref’ κατά την εισερχόμενη (in) κατεύθυνση με σκοπό τον ορισμό της μεγαλύτερης τιμής local-preference στις διαφημιζόμενες από τον R3 προς τον R4 διαδρομές με την εντολή `“neighbor 10.1.1.14 route-map set-locpref in”`.

6.19) Ενεργοποιώ τις αλλαγές στον R4 επανεκκινώντας όλες τις συνόδους BGP με την εντολή “ `do clear ip bgp *`”. Περιμένω περίπου ένα λεπτό. Η τιμή του local-preference έχει αλλάξει στις εξής διαδρομές του AS 65010: 172.17.17.3/32.

6.20) Από τον R1 πλέον έχει επιλεγθεί η διαδρομή μέσω του R3 για το 192.168.2.0/24 και μέσω του R4 για το 172.17.17.3/32. Επιλέχθηκαν αυτές οι διαδρομές, καθώς πλέον έχουν το μεγαλύτερο local-preference.

6.21) Εμφανίζοντας την RIB του R4 παρατηρώ ότι πλέον υπάρχουν εγγραφές για τα 192.168.2.0/24 και 172.17.17.3/32 μόνο μέσω του R3.

6.22) Εμφανίζω τις διαδρομές που διαφημίζει ο R1 στον R4 με την εντολή “`show ip bgp neighbors 192.168.0.2 advertised-routes`”. Βλέπω ότι διαφημίζεται μόνο το δίκτυο 192.168.2.0/24 από αυτά στο AS 65030.

6.23) Με την παραπάνω διαδικασία η εγγραφή προς το 172.17.17.3/32 διαγράφηκε και δεν διαφημίζεται από τον R1 στον R4 πλέον.

6.24) Κάνοντας ping από το PC1 στο PC2 με την εντολή “ `ping -R 192.168.2.2 | less`” παρατηρώ ότι η διαδρομή που ακολουθούν τα πακέτα ICMP είναι μέσω του WAN3.

6.25) Στον R1, σε global configuration mode, ορίζω σε νέο route-map με όνομα set-MED που να επιτρέπει (permit) μια ενέργεια στη σειρά εγγραφής 15 με την εντολή “`route-map set-MED permit 15`”.

6.26) Ακολουθώντας, ορίζω ως ενέργεια το να τεθεί τιμή μεγαλύτερη του default (0) στην παράμετρο metric με “`set metric 1`” και εξέρχομαι με “`exit`”.

6.27) Στον R1, σε bgp router configuration mode, εφαρμόζω το route-map με όνομα set-MED στον BGP γείτονα R3 στην κατεύθυνση εξόδου (out) με σκοπό τον ορισμό μετρικής εξόδου στις διαφημιζόμενες από τον R1 προς τον R3 διαδρομές με την εντολή “`neighbor 10.1.1.10 route-map set-MED out`”.

6.28) Στον R1 επανεκκινώ τη σύνοδο BGP με τον R3 με “`clear ip bgp 10.1.1.10`” και περιμένω λίγο. Βλέποντας την RIB του με “`show ip bgp`”, παρατηρώ ότι η τιμή του Metric έχει αλλάξει σε όλες τις διαδρομές που περνούσαν από την διεπαφή του R1 στο WAN3.

6.29) Προς το δίκτυο 192.168.1.0/24 έχει επιλεγθεί αυτή μέσω του R4, επειδή έχει μικρότερη τιμή Metric.

6.30) Επαναλαμβάνω το ping του ερωτήματος 6.24 και βλέπω ότι τα πακέτα ICMP ακολουθούν την διαδρομή R1 – R4 – R3.

6.31) Στον R1, σε global configuration mode, ορίζω σε νέο route-map με όνομα set-prepend που να επιτρέπει (permit) μια ενέργεια στη σειρά εγγραφής 5 με την εντολή “route-map set-prepend permit 5”.

6.32) Ακολουθώντας, ορίζω ως ενέργεια το να τεθεί στο as-path ως επιπρόσθετο (prepend) το 65010 65010 με “set as-path prepend 65010 65010” και εξέρχομαι με “exit”.

6.33) Στον R1, σε bgp router configuration mode, εφαρμόζω στον γείτονα 10.1.1.2 το route-map με όνομα set-prepend στην κατεύθυνση εξόδου (out) με σκοπό τον ορισμό επιπρόσθετων ASN στο AS-PATH των διαφημιζόμενων από τον R1 προς τον R2 διαδρομών με την εντολή “neighbor 10.1.1.2 route-map set-prepend out”.

6.34) Στον R1 επανεκκινώ τη σύνοδο BGP με τον R2 με “clear ip bgp 10.1.1.2” και περιμένω λίγο. Εμφανίζοντας την RIB του R2 με “show ip bgp” παρατηρώ ότι κάθε διαδρομή που είχε NEXT_HOP τον R1, τώρα ακολουθεί την διαδρομή R1 – R4 – R1 και έπειτα συνεχίζει.

6.35) Το επόμενο βήμα στον πίνακα δρομολόγησης του R2 για τις διαδρομές BGP είναι ο R3 μέσω του WAN3.

6.36) Στην RIB του R3 έχουν διαγραφεί οι εγγραφές με διαδρομή μέσω του R2.

6.37) Στην RIB του R4 δεν έχει καμία αλλαγή, επειδή δεν συνδεόταν απευθείας με τον R2.

Άσκηση 7

7.1) Στο PC1 καταργώ την προεπιλεγμένη διαδρομή και ορίζω τον R1 ως γείτονα στο ίδιο AS, καθορίζοντας έτσι σύνοδο τύπου iBGP με την παρακάτω ακολουθία εντολών:

```
no ip route 0.0.0.0/0 192.168.1.1
router bgp 65010
neighbor 192.168.1.1 remote-as internal
```

7.2) Στον R1 ορίζω το PC1 ως γείτονα BGP στο ίδιο AS με την εντολή “neighbor 192.168.1.2 remote-as internal” και περιμένω λίγο.

7.3) Στον πίνακα δρομολόγησης του PC1 δεν έχουν εγκατασταθεί διαδρομές προς όλους τους προορισμούς που έμαθε από τον R1, αλλά μόνο προς αυτές για τα δίκτυα εντός του AS 65010. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν λαμβάνει διαφημίσεις για δίκτυα εκτός του AS που βρίσκεται από κάποιον δρομολογητή με σύνδεση eBGP.

7.4) Στον R1 ορίζω ότι στις διαφημίσεις του προς το PC1 το επόμενο βήμα είναι ο εαυτός του με `“neighbor 192.168.1.2 next-hop-self”` και περιμένω λίγο. Τώρα το PC1 γνωρίζει διαδρομές επιπλέον για τα δίκτυα του AS 65020 και το δίκτυο του LAN2.

7.5) Δεν παρατηρούνται διαδρομές προς τις διευθύνσεις βρόχων επιστροφής των R{3,4}. Αυτό συμβαίνει επειδή δεν έχει εγκατασταθεί σύνδεση BGP μεταξύ του PC1 και του R4, και έτσι δεν μπορεί να ξέρει ούτε για την loopback του R4 ούτε για την loopback του R3, καθώς αυτή διαφημίζεται από τον R4.

7.6) Στο PC1 ορίζω τον R4 ως γείτονα BGP στο ίδιο AS και το αντίστροφο με τις εξής εντολές και περιμένω λίγο:

PC1:

```
neighbor 192.168.0.2 remote-as 65010
```

R4:

```
neighbor 192.168.1.2 remote-as 65010
```

7.7) Πρέπει επίσης να κάνω τον R4 να διαφημίζει στο PC1 τις υπόλοιπες διαδρομές με επόμενο βήμα τον εαυτό του με την εντολή `“neighbor 192.168.1.2 next-hop-self”`.

7.8) Το PC1 επικοινωνεί πλέον με όλα τα δίκτυα της τοπολογίας, δηλαδή με τα δίκτυα LAN{1,2} και με τις διευθύνσεις loopback όλων των δρομολογητών.

7.9) Από το PC1 στο PC2 κάνω ping με την εντολή `“ping -R 192.168.2.2”` και παρατηρώ ότι τα πακέτα ακολουθούν την διαδρομή R1 – R3 – R4.

7.10) Η κίνηση από το LAN1 προς το 5.5.5.0/24 ακολουθεί την διαδρομή R1 – R2, ενώ η αντίστροφη κίνηση την διαδρομή R2 – R3 – R1.

7.11) Το ping 10.1.1.9 από το PC2 είναι επιτυχές, ο R3 έχει εγγραφή σχετική με την διεύθυνση αυτή στον πίνακα δρομολόγησής του, συγκεκριμένα στατική εγγραφή για το δίκτυο 10.1.1.8/30. Αντιθέτως, το ping από το PC1 στην ίδια διεύθυνση δεν διαθέτει εγγραφή για το δίκτυο του WAN3.

7.12) Στον R2 αναγγέλλω το δίκτυο 0.0.0.0/0 με “**network 0.0.0.0/0**” (bgp router configuration mode) και περιμένω λίγο.

7.13) Η προκαθορισμένη διαδρομή στην RIB του R2 έχει προστεθεί. Ωστόσο, αυτή δεν έχει προστεθεί στον πίνακα δρομολόγησής του, καθώς δεν είναι στατική εγγραφή.

7.14) Η προκαθορισμένη διαδρομή αυτή έχει προστεθεί στον πίνακα δρομολόγησης των άλλων δρομολογητών (R{1,2,4}) και του PC1.

7.15) Εμφανίζω την RIB του R1 (ενδεικτικά) με “**show ip bgp**” και βλέπω ότι ο τύπος πηγής ORIGIN για την προκαθορισμένη διαδρομή είναι IGP, και φαίνεται από το γράμμα ‘i’.

7.16) Ναι, τα pings από το PC1 στις διευθύνσεις των WAN{1,2,3} είναι επιτυχή.

7.17) Εάν κάνω ping από το PC1 στην 10.1.1.14 θα δω ότι αυτό αποτυγχάνει.

7.18) Στον R2, αφού ακυρώσω τη διαφήμιση του δικτύου 0.0.0.0/0 με “**no network 0.0.0.0/0**” (bgp router configuration mode), ορίζω την loopback αυτού ως προκαθορισμένη πύλη με “**ip route 0.0.0.0/0 172.17.17.2**” (global configuration mode) και περιμένω λίγο.

7.19) Στις RIB των δρομολογητών παρατηρώ ότι ο τύπος πηγής ORIGIN αλλάζει σε ‘incomplete’ (?).

7.20) Δεν χρειάστηκε να δώσω την εντολή αναδιανομής, καθώς αυτή έχει ήδη δοθεί και δεν χρειάζεται να εκτελείται κάθε φορά που προστίθεται νέα εγγραφή (την πληροφορία αυτή μπορώ να την βρω εκτελώντας “**show running-config**”).

7.21) Το ping από το PC1 στην 10.1.1.14 εξακολουθεί να αποτυγχάνει, καθώς όλα τα μηνύματα καταλήγουν στον R2 (αυτό μπορώ να το αντιληφθώ κάνοντας tcpdump από τον R1).