

Εργαστηριακή Άσκηση 8 Δυναμική δρομολόγηση BGP

Πρωτόκολλο δρομολόγησης BGP (Border Gateway Protocol)

Το BGP είναι το πρωτόκολλο που κάνει το διαδίκτυο να δουλεύει. Είναι το de-facto πρωτόκολλο δρομολόγησης (όπως έχει οριστεί στα [RFC 1163](#) και [RFC 1267](#)) για την δρομολόγηση εκτός της περιοχής διαχείρισης. Από τον Ιανουάριο του 2006 η έκδοση 4 ([RFC 4271](#)) χρησιμοποιείται ευρέως στην λειτουργία του διαδικτύου. Το BGP αντικατέστησε το Exterior Gateway Protocol – EGP ([RFC904](#)) για να παρέχει πλήρως αποκεντρωμένη δρομολόγηση, στην μετάβαση από το μοντέλο του ARPANet σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο που περιλάμβανε τον κορμό NSFNET και τα σχετικά περιφερειακά δίκτυα. Επειδή οι διευθύνσεις IP δεν έχουν την ιεραρχία των τηλεφωνικών αριθμών, οι δρομολογητές των πάροχων δικτύων κορμού πρέπει να ανταλλάσσουν πληροφορίες για εκατοντάδες χιλιάδες δικτυακά προθέματα. Το BGP εκτελεί εξαιρετικά αποδοτικά αυτή τη λειτουργία.

Οι πληροφορίες που διακινεί το BGP ανταλλάσσονται συνήθως μεταξύ ανταγωνιστικών εταιρειών (Internet Service Providers ISPs) μέσω εντός ανοικτού περιβάλλοντος, το δημόσιο διαδίκτυο. Για τον λόγο αυτό το BGP δίνει έμφαση στην ασφάλεια. Οι γειτονικοί δρομολογητές πρέπει να ρυθμιστούν χειροκίνητα και πρέπει να διαθέτουν πολλαπλά φίλτρα που να επιτρέπουν στους ISP να θωρακίζουν τα δίκτυά τους και να ελέγχουν ποια πληροφορία διαφημίζουν στους ανταγωνιστές τους. Το BGP χρησιμοποιείται πάντα ως πρωτόκολλο δρομολόγησης μεταξύ ISP (external BGP) μπορεί όμως να χρησιμοποιηθεί και ως πρωτόκολλο δρομολόγησης στο δίκτυο κορμού ενός μεγάλου παρόχου (internal BGP).

Η μεγάλη αποδοχή του BGP οφείλεται στην κλιμακοσιμότητα (scalability) του για μεγάλο αριθμό δικτυακών πληροφοριών και στην υποστήριξη πολιτικών δρομολόγησης (routing policies). Το BGP επιτρέπει σε ένα Αυτόνομο Σύστημα (Autonomous System – AS) να αναγγείλει την ύπαρξή του στο υπόλοιπο Internet. Ειδικότερα το BGP ρυθμίζει τη δρομολόγηση μεταξύ διαφορετικών Αυτόνομων Συστημάτων και για αυτό τον λόγο ονομάζεται και **inter-AS routing protocol**¹. Το BGP παρέχει σε κάθε AS τα μέσα για να αποκτήσει πληροφορίες προσβασιμότητας από τα γειτονικά AS, να διαδίδει τη πληροφορία προσβασιμότητας σε όλους τους εσωτερικούς δρομολογητές του και να καθορίζει “καλές” διαδρομές προς τα άλλα AS βάσει της πληροφορίας προσβασιμότητας και της πολιτικής δρομολόγησης. Κάθε αυτόνομο σύστημα περιλαμβάνει² ένα ή περισσότερα μοναδικά, με την έννοια ότι δεν περιλαμβάνονται σε κανένα άλλο αυτόνομο σύστημα, δίκτυα και χαρακτηρίζεται από έναν ακέραιο αριθμό AS μήκους 16 bit (AS number) ο οποίος το χαρακτηρίζει μοναδικά. Το BGP δεν παρέχει πληροφορίες για την τοπολογία του δικτύου παρά μόνο *πληροφορίες προσβασιμότητας* (Reachability information) για τα προθέματα δικτύου που ανακοινώνονται.

Προτού δύο αυτόνομα συστήματα π.χ. AS1 και AS2 μπορέσουν να προωθήσουν κίνηση IP το ένα στο άλλο (data plane), οι ομότιμοι δρομολογητές (BGP peers) ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης (control plane) πάνω από ημι-μόνιμες συνδέσεις TCP που αποκαλούνται σύνοδοι BGP. Οι σύνοδοι BGP δεν αντιστοιχούν σε φυσικές ζεύξεις. Όταν το AS1 αναγγέλλει ένα δικτυακό

¹ Δείτε Εργαστηριακή Άσκηση 6.

² Μέσω κατάλληλων καταχωρήσεων στους περιοχικούς ληξιαρχούς δικτυακών αγαθών (regional internet registries) π.χ. για την Ευρώπη στο RIPE (www.ripe.net).

πρόθεμα στο AS2, το AS2 πρέπει να **αποδεχθεί** ότι θα προωθεί πακέτα προς το υπόψη πρόθεμα. Και αντίστροφα, Όταν το AS2 αναγγέλλει ένα δικτυακό πρόθεμα στο AS1, το AS1 πρέπει να αποδεχθεί ότι θα προωθεί πακέτα προς το υπόψη πρόθεμα. Όταν ένας δρομολογητής μαθαίνει για ένα νέο δικτυακό πρόθεμα, δημιουργεί μια εγγραφή για το δικτυακό πρόθεμα αυτό στον πίνακα προώθησής του.

Βασική λειτουργία BGP

Το BGP ανήκει στην κατηγορία των πρωτοκόλλων διανύσματος αποστάσεων (Distance Vector – DV) και ως εκ τούτου οι αποστάσεις εκφράζονται σε βήματα όπου στην απλούστερη εκδοχή ως βήμα (hop) νοείται το κάθε αυτόνομο σύστημα και η συνολική απόσταση ενός δικτυακού προθέματος είναι το *μήκος διαδρομής* (Path length) των Αυτόνομων Συστημάτων. Κατ' επέκταση η βέλτιστη διαδρομή μεταξύ δύο δρομολογητών που ανήκουν σε διαφορετικά αυτόνομα συστήματα γίνεται με τη σύγκριση του αριθμού των AS πρέπει να διανυθούν για ένα πρόθεμα προορισμού δρομολόγησης (routing entry).

Ειδικότερα το BGP είναι ένα πρωτόκολλο για την ανταλλαγή *πληροφορίας προσβασιμότητας* μεταξύ πυλών δρομολόγησης BGP σε ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων AS. Η βασική του λειτουργία σε συντομία είναι: 1) να μαθαίνει πληθώρα διαδρομών από εσωτερικές³ (iBGP) ή εξωτερικές (eBGP) ως προς με το δικό του AS πηγές, 2) να επιλέγει την κατάλληλη, 3) να την εισάγει στον πίνακα δρομολόγησης και 4) να την αναγγέλλει στους γείτονες.

Η επιλογή της κατάλληλης διαδρομής ρυθμίζεται συνδυαστικά αφενός μεν από τον αλγόριθμο DV για το μήκος της ελάχιστης διαδρομής αφετέρου δε από την εκάστοτε πολιτική δρομολόγησης (routing policy). Εκεί που όλα τα άλλα πρωτόκολλα δρομολόγησης ασχολούνται με το να βρουν τη βέλτιστη διαδρομή προς όλους τους γνωστούς προορισμούς, το BGP δεν ακολουθεί αυτή την απλοϊκή προσέγγιση, διότι οι συμφωνίες διασύνδεσης (peering agreements) μεταξύ ISP οδηγούν σε πολύπλοκες πολιτικές δρομολόγησης.

Οι πίνακες δρομολόγησης παράγονται για όλα τα γνωστά δίκτυα IP με τα οποία υπάρχει επικοινωνία καθώς και το κόστος της διαδρομής ανά διαδρομή προς κάθε δρομολογητή προκειμένου να επιλεγεί η καταλληλότερη. Για διευκόλυνση των παρόχων, στο BGP όταν αναγγέλλεται ένα δικτυακό πρόθεμα, στην περιγραφή της αναγγελίας περιλαμβάνονται και χαρακτηριστικά (attributes) BGP. Τα πιο σημαντικά είναι:

AS_PATH: η πλήρης διαδρομή σε όρους αυτόνομων συστημάτων που ένα πακέτο πρέπει να διασχίσει προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του

NEXT_HOP: η διεύθυνση IP του δρομολογητή που πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως επόμενο βήμα για τους προορισμούς που περιλαμβάνει το μήνυμα UPDATE.

LOCAL_PREF: η προτίμηση (εσωτερικό κόστος) για μια διαφημιζόμενη διαδρομή ώστε να εξασφαλισθεί η συνέπεια των πινάκων δρομολόγησης εντός του AS

MULTI_EXIT_DISC (rominator): για να υπάρξει διάκριση μεταξύ πολλαπλών σημείων διασύνδεσης με το γειτονικό AS

ORIGIN: η πηγή της πληροφορίας προσβασιμότητας

Οι πύλες BGP επικοινωνούν χρησιμοποιώντας το TCP και στέλνουν ενημερώσεις του πίνακα δρομολόγησης μόνο όταν ανιχνεύσουν κάποια αλλαγή. Το BGP χρησιμοποιεί το TCP (θύρα προορισμού 179, η θύρα αποστολής είναι δυναμική) ως πρωτόκολλο μεταφοράς για να

³ Σε αυτή την περίπτωση η σύνδεση BGP ονομάζεται iBGP (internal BGP) σε αντιδιαστολή με τις υπόλοιπες περιπτώσεις που αποκαλείται eBGP (external BGP).

εκμεταλλευτεί την αξιοπιστία του. Στην τρέχουσα έκδοση 4 του BGP οι διαχειριστές ορίζουν μετρικές κόστους βασισμένες σε πολιτικές δρομολόγησης.

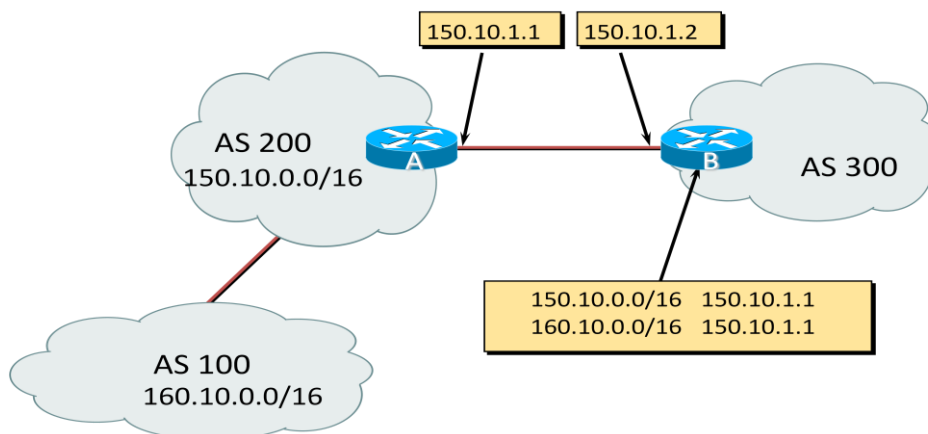
Επειδή η έμφαση στην υλοποίηση του BGP βρίσκεται στα θέματα ασφάλειας και ευστάθειας, το BGP συγκλίνει πολύ αργά. Για αυτό στα μεγάλα δίκτυα των ISP απαιτούνται δύο πρωτόκολλα δρομολόγησης. Ένα πρωτόκολλο IGP (συνήθως OSPF) για να επιτευχθεί ταχεία σύγκλιση στο εσωτερικό του δικτύου (περιλαμβανομένων και των IP διευθύνσεων των δρομολογητών BGP) και το BGP για την ανταλλαγή των διαδρομών στο διαδίκτυο. Στο εσωτερικό ενός αυτόνομου συστήματος το BGP επικοινωνεί χρησιμοποιώντας το Internal BGP (IBGP). Κατά συνέπεια οι δρομολογητές εντός του AS συντηρούν δύο πίνακες δρομολόγησης έναν για το χρησιμοποιούμενο IGP (π.χ. RIP, OSPF) και έναν για το IBGP.

Ανακοίνωση ιδίων προθεμάτων δικτύου

Το BGP ανακοινώνει στους γείτονες (BGP peers) μόνον ότι είναι ήδη γνωστό στον πίνακα δρομολόγησης. Έτσι για την ανακοίνωση των ιδίων δικτυακών προθεμάτων ενός AS ο κανόνας είναι ότι πρέπει να είναι τοπικά προσβάσιμα⁴, το οποίο σημαίνει ότι πρέπει να βρίσκονται ήδη στον τοπικό πίνακα δρομολόγησης προτού ανακοινωθούν. Εάν είναι εφικτό μαζί με τις ανακοινώσεις γίνεται και σύντμηση (aggregation) των προθεμάτων δικτύου ώστε να μειώνεται το μέγεθος του πίνακα δρομολόγησης BGP.

NEXT_HOP του BGP

Το πρωτόκολλο BGP για κάθε πρόθεμα δικτύου (network prefix) ανακοινώνει υποχρεωτικά και την IP διεύθυνση μέσω της οποίας έγινε η ανακοίνωση⁵. Αυτό το υποχρεωτικό μεταβιβαζόμενο χαρακτηριστικό (attribute) ονομάζεται NEXT_HOP και τροποποιείται από το κάθε διαφορετικό AS που περνά η ανακοίνωση ενός δικτυακού προθέματος. Μέσω αυτού το AS που λαμβάνει την αναγγελία πληροφορείται για το ποιος δρομολογητής από το αποστέλλον AS είναι το επόμενο βήμα (next-hop). Σημειώστε ότι μπορεί να υπάρχουν πολλές ζεύξεις από το τρέχον AS προς το επόμενο AS.

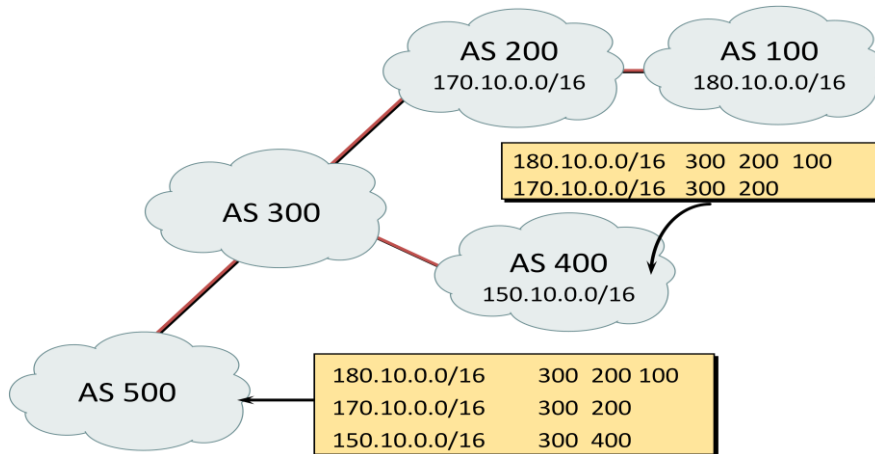


Σχήμα 1 Ανακοίνωση του BGP_Next_Hop

⁴ Δηλαδή να υπάρχει διαδρομή IGP για αυτά ή για κάποιο υποδίκτυό τους.

⁵ πλέον της διαδρομής AS (AS path)

Πρώθηση προθεμάτων δικτύου

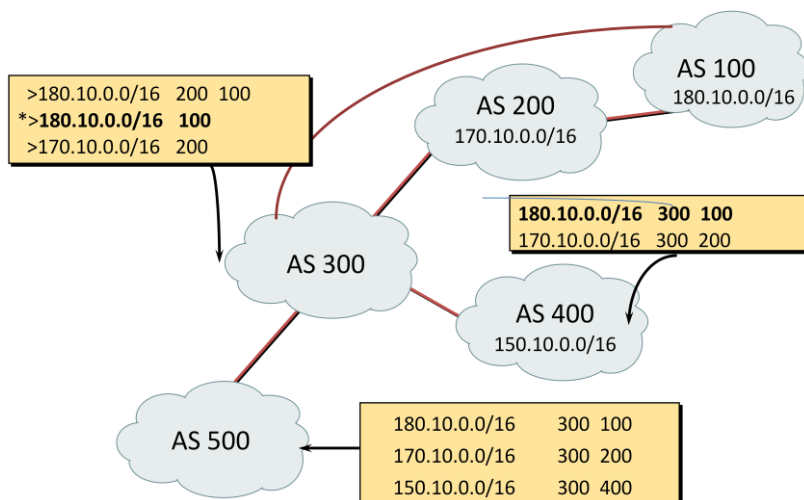


Σχήμα 2 Ανακοίνωση και προώθηση δικτυακών προθεμάτων με μεταβολή του AS_PATH

Το AS_PATH περιέχει τα AS μέσω των οποίων πέρασε η αναγγελία για το υπόψη πρόθεμα. Τα AS προωθούν αυτή την πληροφορία στους γείτονες προσθέτοντας το δικό τους AS αυξάνοντας έτσι την AS διαδρομή. Για όλα τα δικτυακά προθέματα δημιουργείται ένα διάνυσμα διαδρομών (Path Vector) κατά αναλογία με το διάνυσμα αποστάσεων (distance vector). Για παράδειγμα το δίκτυο 180.10.0.0/16 του Σχήματος 2 έχει AS_PATH <100> όταν ανακοινώνεται από τους δρομολογητές του AS100. Το AS_PATH του 180.10.0.0/16 γίνεται <200,100> όταν ανακοινώνεται από το AS 200. Επιπλέον το AS 200 ανακοινώνει και το δικό του δίκτυο 170.10.0.0/16. Επιπλέον το NEXT_HOP τροποποιείται από το κάθε AS στη διεύθυνση που αντιστοιχεί στο υποδίκτυο εκπομπής.

Επιλογή μεταξύ διαφορετικών διαδρομών

Ένας δρομολογητής μπορεί να πληροφορηθεί για περισσότερες από μία διαδρομές προς κάποιο πρόθεμα δικτύου.



Σχήμα 3 Επιλογή πλησιέστερης διαδρομής

Η διαδικασία ελέγχου, λήψης και αξιολόγησης μιας ανακοίνωσης ενός προθέματος δικτύου (BGP decision process) ξεκινώντας από τα ισχυρότερα κριτήρια προς τα πιο αδύναμα είναι:

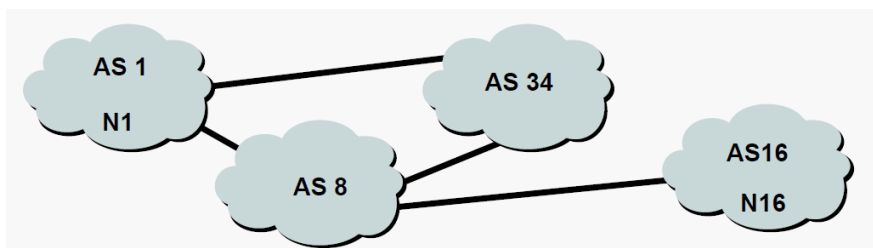
- Απόρριψη ενός προθέματος δικτύου εάν δεν υπάρχει εγγραφή δρομολόγησης για το next hop
- Το υψηλότερο βάρος (weight), όπου βάρος είναι μετρική με τοπικό χαρακτήρα για τον δρομολογητή, κερδίζει
- Το υψηλότερο local preference (συνολικά εντός του AS) κερδίζει
- Η μικρότερη διαδρομή AS path κερδίζει. Εφόσον το BGP λειτουργεί ως αλγόριθμος DV για κάθε πρόθεμα που λαμβάνει από παραπάνω από μία διαδρομή ελέγχει το μήκος των εναλλακτικών διαδρομών με όρους μήκους AS_PATH και διαλέγει το μικρότερο το οποίο στη συνέχεια το ανακοινώνει στους γείτονες του.
- Επιλογή των διαδρομών μέσω eBGP σε σχέση με τις iBGP
- Επιλογή των διαδρομών με την χαμηλότερη μετρική για το BGP next-hop.

Πολιτική δρομολόγησης (routing policy)

Ένα από τα συστατικά της επιτυχίας του BGP είναι ότι επιτρέπει στον διαχειριστή του AS να εκφράσει μια πολιτική δρομολόγησης (routing policy). Σε απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι επιβάλλει περιορισμούς, οι οποίοι μπορεί να προκύπτουν π.χ. από οικονομικές συνθήκες, στην επιλογή της βέλτιστης διαδρομής με βάση τα κριτήρια που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο BGP.

Οι πολιτικές δρομολόγησης χρησιμοποιούνται για να ρυθμίζει ο πάροχος την εισερχόμενη και εξερχόμενη κίνηση αναφορικά με τους γείτονές του. Ο πάροχος αποφασίζει για το ποια πληροφορία δρομολόγησης δέχεται και ποια απορρίπτει από τους γείτονές του. Η πληροφορία μπορεί να αφορά μεμονωμένες διαδρομές, διαδρομές που διασχίζουν συγκεκριμένα AS, διαδρομές που ανήκουν σε άλλες ομάδες (που ορίζονται όπως νομίζει ο πάροχος).

Η εξερχόμενη κίνηση (Egress traffic) από ένα AS εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα διαδρομών (τι ανάγγειλαν τα άλλα AS), την αποδοχή τους από το εν λόγω AS, την πολιτική και βελτιστοποίηση (τι κάνει το AS με τις διαδρομές των άλλων) και τις συμφωνίες διασύνδεσης και διαβίβασης (Peering and transit agreements). Αντίστοιχα, η εισερχόμενη κίνηση (Ingress traffic) σε ένα AS εξαρτάται από τη πληροφορία αποστέλλει το AS και σε ποιον, βάσει του δικτυακού προθέματος και αριθμού AS καθώς και τις πολιτικές των άλλων (τι δέχονται για το εν λόγω AS και τι κάνουν με αυτό). Η ροή της κίνησης (dataplane) είναι πάντα αντίθετη από την ροή της πληροφορίας προσβασιμότητας (controlplane). Το φιλτράρισμα της εξερχόμενης πληροφορίας σταματά την εισερχόμενη ροή κίνησης. Το φιλτράρισμα της εισερχόμενης πληροφορίας σταματά την εξερχόμενη ροή κίνησης.



Για να μπορεί το δίκτυο N1 στο AS1 να στέλνει κίνηση στο δίκτυο N16 του S16, το AS16 πρέπει να αναγγείλει το N16 στον AS8, το AS8 πρέπει να αποδεχτεί το N16 από το AS16 και στη συνέχεια να αναγγείλει το N16 (όχι ως πηγή αυτή φορά) στο AS1 ή στο AS34 και τέλος το AS1 πρέπει να αποδεχθεί το N16 από το AS8 ή το AS34. Για την αντίστροφη κίνηση από το N1 στο N16 πρέπει να γίνει αντίστοιχα αναγγελία και αποδοχή. Δοθέντων των πολλαπλών διαδρομών και διασυνδέσεων οι πολιτικές δρομολόγησης εύκολα μπορεί να γίνουν εξαιρετικά πολύπλοκες.

Εσωτερικές συνδέσεις BGP

Οι εσωτερικές συνδέσεις BGP εντός ενός AS χρησιμοποιούνται συνήθως όταν είναι επιθυμητή η διασύνδεση με ένα γειτονικό AS σε περισσότερα από ένα σημεία (δρομολογητές) για να επιτευχθεί υψηλότερη διαθεσιμότητα ή όταν πολύ απλά οι εξωτερικές συνδέσεις BGP δεν μπορούν να γίνουν στον ίδιο δρομολογητή εξαιτίας φυσικών περιορισμών (π.χ. εξωτερικές συνδέσεις σε διαφορετικές τοποθεσίες). Το χαρακτηριστικό των εσωτερικών συνδέσεων BGP είναι ότι γίνονται εντός του ίδιου AS και επιτρέπουν την προώθηση δικτυακών προθεμάτων με το ίδιο AS. Ως αντιστάθμισμα για αποφυγή δημιουργίας βρόχων δεν επιτρέπουν την αλλαγή του NEXT_HOP.

Μηνύματα BGP

OPEN: ανοίγει σύνδεση TCP προς ομότιμη οντότητα και πιστοποιεί την αυθεντικότητα του αποστολέα

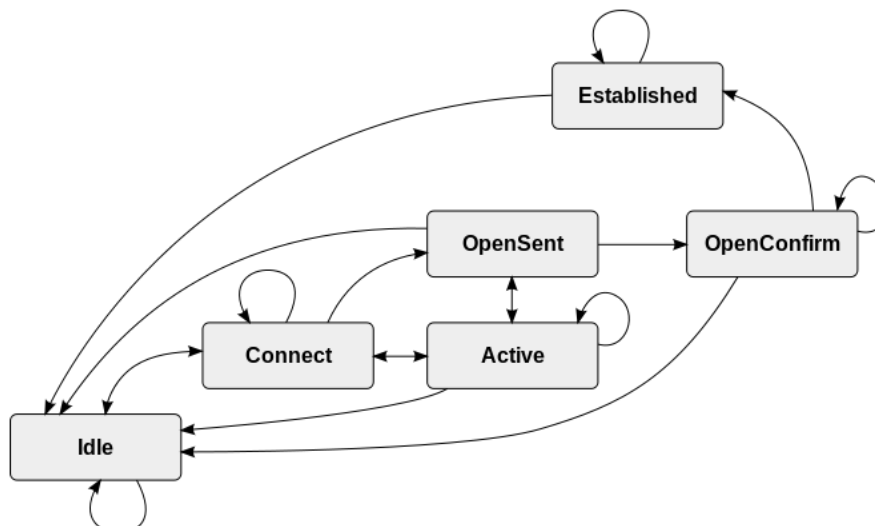
UPDATE: αναγγέλλει νέα διαδρομή (ή αποσύρει παλαιά)

KEEPALIVE: διατηρεί ανοικτή τη σύνδεση όταν δεν υπάρχουν μηνύματα UPDATE. Επίσης, επαληθεύει αίτηση OPEN. Έχει μήκος 152 bit και αποστέλλεται μεταξύ γειτόνων κάθε 60 sec. Ο hold-down timer είναι 3 φορές το διάστημα ενημέρωσης ήτοι 180 sec.

NOTIFICATION: αναφέρει σφάλματα προηγούμενου μηνύματος. Επίσης, χρησιμοποιείται για κλείσιμο σύνδεσης

Μηχανή καταστάσεων γειτόνων BGP

Το BGP υλοποιεί ένα μηχανισμό μετάβασης καταστάσεων, ο οποίος καθορίζεται από τις καταστάσεις (states) και τα γεγονότα (events) που μεσολαβούν για την προκαθορισμένη μετάβαση από μια κατάσταση σε μια επόμενη. Οι δρομολογητές BGP περνούν από πολλές καταστάσεις με τους γείτονές τους προτού μπορέσουν να δρομολογήσουν πακέτα. Στην κατάσταση Idle περιμένει για ένα γεγονός έναρξης BGP και αρνείται όλες τις εισερχόμενες συνδέσεις BGP. Στην κατάσταση Connection το BGP περιμένει την σύνδεση TCP. Στην κατάσταση Active το BGP προσπαθεί να ξεκινήσει μια σύνοδο TCP με ένα γείτονα. Στην κατάσταση OpenSent περιμένει το μήνυμα OPEN από τον γείτονα. Στην OpenConfirm περιμένει να λάβει το μήνυμα KEEPALIVE από τον γείτονα και τέλος στην Established μπορούν να ανταλλαχθούν μηνύματα UPDATE, KEEPALIVE και NOTIFICATION.



Οδηγίες εγκατάστασης BGP

Προσοχή: Καθώς θα κατασκευάζετε τα εικονικά μηχανήματα για τους δρομολογητές που θα απαιτηθούν για την ολοκλήρωση της άσκησης, φροντίστε ώστε οι R1 και R2 να έχουν εξ αρχής 4 διεπαφές και μνήμη τουλάχιστον 384 Mb.

Εάν χρησιμοποιήσετε τον εικονικό δρομολογητή BSDRP, θα βρείτε το BGP εγκατεστημένο. Όμως για να το ενεργοποιήσετε πρέπει να προσθέσετε στα quagga_daemons του αρχείου /etc/rc.conf το bgpd και να επανεκκινήσετε την υπηρεσία με “service quagga restart”.

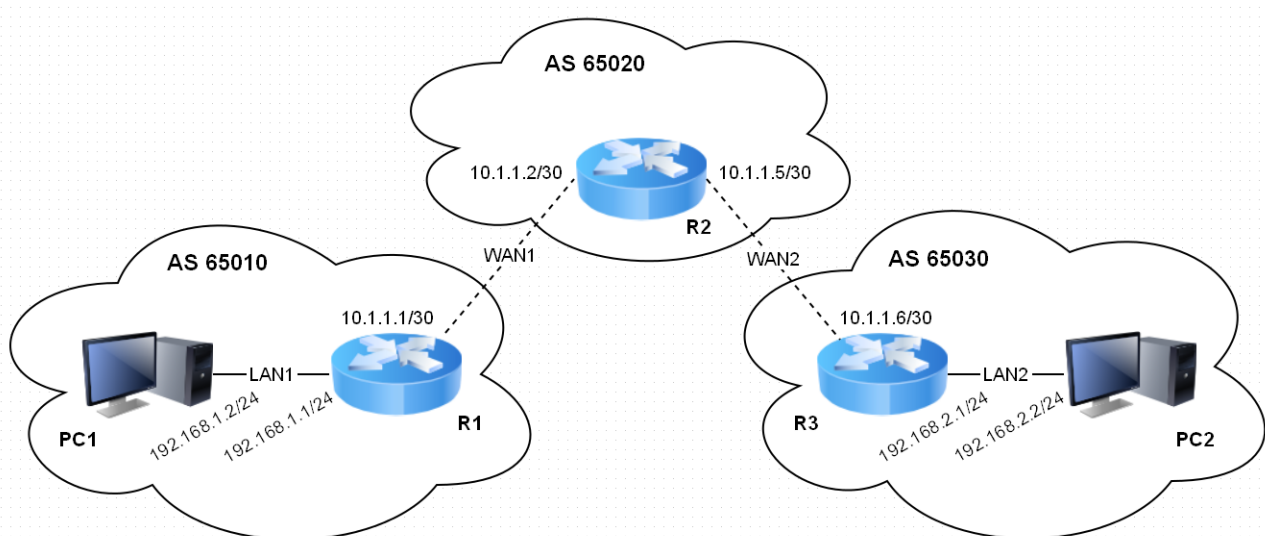
Αν έχετε εγκαταστήσει το Quagga μόνοι σας στο FreeBSD με βάση τις οδηγίες της προηγούμενης εργαστηριακής άσκησης, θα χρειαστεί να ξεκινήσετε τη διεργασία BGPD ως εξής:

1. Κλείστε την υπηρεσία quagga με “service quagga stop”.
2. “touch /usr/local/etc/quagga/bgpd.conf” ώστε να δημιουργήσετε άδειο αρχείο παραμετροποίησης BGP για το quagga.
3. “chown quagga:quagga /usr/local/etc/quagga/bgpd.conf” για να ρυθμίσετε σωστά τον ιδιοκτήτη του αρχείου.
4. Ξεκινήστε την υπηρεσία quagga ξανά με “service quagga start”.

Επειδή τα δυναμικά πρωτόκολλα υλοποιούνται σε ξεχωριστές διεργασίες στο quagga, ο πιο απλός τρόπος για να τα παραμετροποιήσετε είναι με το ενιαίο περιβάλλον που παρέχει το ntysh. Διαφορετικά, μπορείτε να συνδεθείτε με telnet (στη θύρα 2605/tcp για το BGP), αφού πρώτα ορίσετε συνθηματικό στο αρχείο παραμετροποίησης του κάθε πρωτοκόλλου (bgpd.conf για το BGP).

Άσκηση 1: Εισαγωγή στο BGP

Κατασκευάστε στο VirtualBox την παρακάτω τοπολογία. Εάν χρησιμοποιήσετε για τη συνέχεια το BSDRP, θα πρέπει να διαγράψετε από το αρχείο rc.conf τις γραμμές ifconfig_em0 και quagga_flags και επανεκκινήσετε (με reboot) το μηχανήμα.



Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 1.1 Ορίστε τη σωστή προεπιλεγμένη πύλη στο PC1.
- 1.2 Ορίστε τη σωστή προεπιλεγμένη πύλη στο PC2.
- 1.3 Στον R1 εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης του Quagga και βεβαιωθείτε ότι δεν υπάρχει καμία στατική εγγραφή.
- 1.4 Στον R1 εισέλθετε στο επίπεδο global configuration mode.
- 1.5 Χρησιμοποιείστε τη βοήθεια της εντολής router για να βρείτε πόσα είναι τα διαθέσιμα πρωτόκολλα δρομολόγησης στο Quagga.
- 1.6 Εισέλθετε στο router configuration mode για το πρωτόκολλο BGP, ορίζοντας AS 65010.
- 1.7 Χρησιμοποιήστε τη βοήθεια ώστε να βρείτε πόσες είναι οι διαθέσιμες εντολές.
- 1.8 Εισάγετε στο BGP το δίκτυο 192.168.1.0/24.
- 1.9 Εισάγετε τη διεύθυνση του κατάλληλου γείτονα. *[Υποδ. Για την σύνταξη των εντολών BGP συμβουλευτείτε την τεκμηρίωση στην ιστοσελίδα <http://www.nongnu.org/quagga/docs/docs-info.html#BGP>].*
- 1.10 Εξέλθετε από το configuration mode. Περιμένετε περίπου ένα λεπτό. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης;
- 1.11 Στον R2 εισέλθετε στο router configuration mode για το πρωτόκολλο BGP, ορίζοντας AS 65020.
- 1.12 Εισάγετε τον R1 ως γείτονα.
- 1.13 Εισάγετε τον R3 ως γείτονα.
- 1.14 Εξέλθετε από το configuration mode. Περιμένετε περίπου ένα λεπτό. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης;
- 1.15 Στον R3 εισέλθετε στο router configuration mode για το πρωτόκολλο BGP, ορίζοντας AS 65030.
- 1.16 Εισάγετε στο BGP το δίκτυο 192.168.2.0/24.
- 1.17 Εισάγετε τη διεύθυνση του κατάλληλου γείτονα.
- 1.18 Εξέλθετε από το configuration mode. Περιμένετε περίπου ένα λεπτό. Έχει αλλάξει κάτι στον πίνακα δρομολόγησης;
- 1.19 Στον R1 εισάγετε την εντολή “show ip route bgp”. Πόσες εγγραφές βλέπετε;
- 1.20 Στον R2 εισάγετε την εντολή “show ip route bgp”. Πόσες εγγραφές βλέπετε;
- 1.21 Στον **R3** εισάγετε την εντολή “show ip route bgp”. Πόσες εγγραφές βλέπετε;
- 1.22 Πώς ξεχωρίζουν στον πίνακα δρομολόγησης οι δυναμικές εγγραφές από τις υπόλοιπες;
- 1.23 Εξέλθετε από το Quagga και εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης όπως τον αντιλαμβάνεται το λειτουργικό σύστημα. Μπορείτε να καταλάβετε αν κάποια εγγραφή είναι δυναμική;
- 1.24 Επικοινωνεί το PC1 με το PC2;

Άσκηση 2: Λειτουργία του BGP

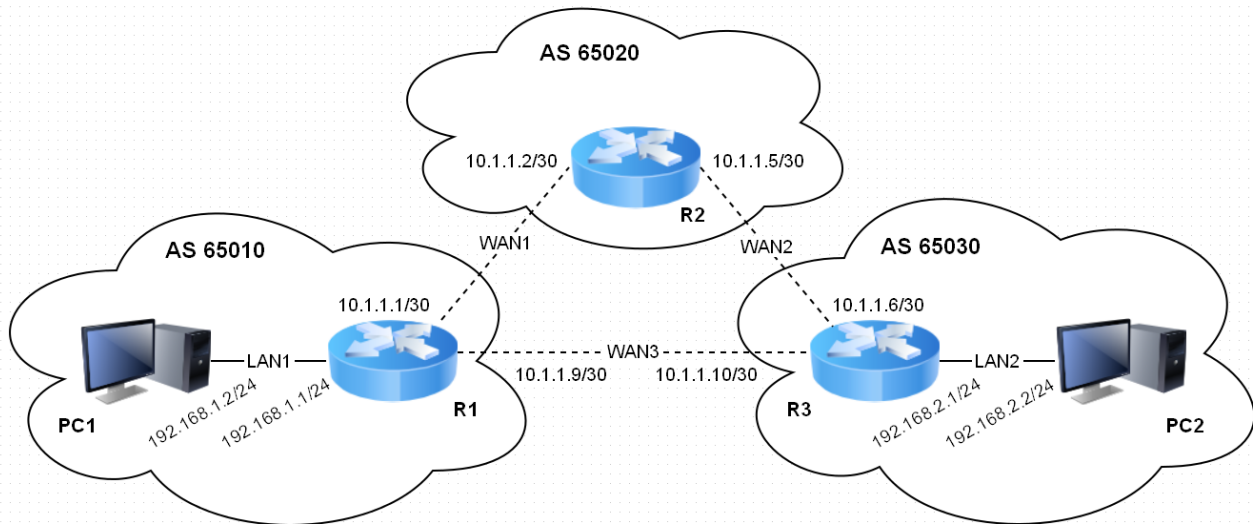
Θα χρησιμοποιήσετε την τοπολογία της προηγούμενης άσκησης για να δείτε πιο αναλυτικά τη λειτουργία του BGP.

Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 2.1 Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης για το BGP στον R1. Ποια είναι η διαχειριστική απόσταση (administrative distance) των διαδρομών BGP;
- 2.2 Στον R1, με τη βοήθεια της εντολής “show ip bgp” βρείτε τις τιμές next hop και weight για το δίκτυο 192.168.1.0/24.
- 2.3 Βρείτε τις τιμές next hop και weight καθώς και τη διαδρομή AS για το δίκτυο 192.168.2.0/24.
- 2.4 Πώς μπορείτε να καταλάβετε εάν το BGP έχει συγκλίνει με τη βοήθεια της εντολής “show ip bgp neighbors”;
- 2.5 Πώς μπορείτε από το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής να καταλάβετε αν η σύνοδος BGP είναι external ή internal;
- 2.6 Ξεκινήστε καταγραφή πακέτων με το tcpdump στη διεπαφή του R1 στο WAN1, εμφανίζοντας λεπτομερείς πληροφορίες για τα πακέτα χωρίς επίλυση ονομάτων και περιμένετε τουλάχιστον ένα λεπτό.
- 2.7 Ποιο πρωτόκολλο μεταφοράς και ποια θύρα χρησιμοποίησε το BGP; Συγκρίνετε το αποτέλεσμα της καταγραφής με την εντολή “show ip bgp neighbors”.
- 2.8 Πόσο συχνά βλέπετε τα πακέτα BGP; Συγκρίνετε αυτό το χρόνο με το αποτέλεσμα της εντολής “show ip bgp neighbors”.
- 2.9 Ποιο είναι το TTL των πακέτων που βλέπετε;
- 2.10 Με τη βοήθεια της εντολής “show ip bgp summary” βρείτε πόση μνήμη καταναλώνεται για κάθε εγγραφή στον πίνακα δρομολόγησης του λειτουργικού συστήματος (RIB: Router Information Base).
- 2.11 Ποιο είναι το Router-ID;
- 2.12 Με ποια εντολή μπορεί να ρυθμιστεί το Router-ID χειροκίνητα;
- 2.13 Επειδή το Router-ID πρέπει να είναι μοναδικό σε μια τοπολογία και ο χειροκίνητος ορισμός εύκολα οδηγεί σε λάθη, το BGP μπορεί να το υπολογίζει αυτόματα από τις διευθύνσεις IP των διεπαφών του δρομολογητή. Με ποιά εντολή μπορούμε να εξωθήσουμε το BGP να επιλέξει ως σταθερό Router-ID μια συγκεκριμένη διεύθυνση IP;
- 2.14 Ξεκινήστε μια νέα καταγραφή στη διεπαφή του R1 στο WAN1 και περιμένετε.
- 2.15 Στον R3 διαγράψτε το δίκτυο 192.168.2.0/24 από το BGP.
- 2.16 Τι είδους BGP πακέτα βλέπετε στην καταγραφή;
- 2.17 Υπάρχει καθυστέρηση στην ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης του R1;
- 2.18 Στον R2 επανεισάγετε το 192.168.2.0/24 στο BGP.
- 2.19 Υπάρχει καθυστέρηση στην ενημέρωση του πίνακα δρομολόγησης του R1;
- 2.20 Τι είδους πακέτα παρατηρείτε τώρα στην καταγραφή;
- 2.21 Ποια χαρακτηριστικά (attributes) μεταφέρει το μήνυμα UPDATE που παρατηρήσατε και ποιες οι τιμές τους;

Άσκηση 3

Στην παραπάνω τοπολογία θα προσθέσουμε τη διασύνδεση WAN3, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



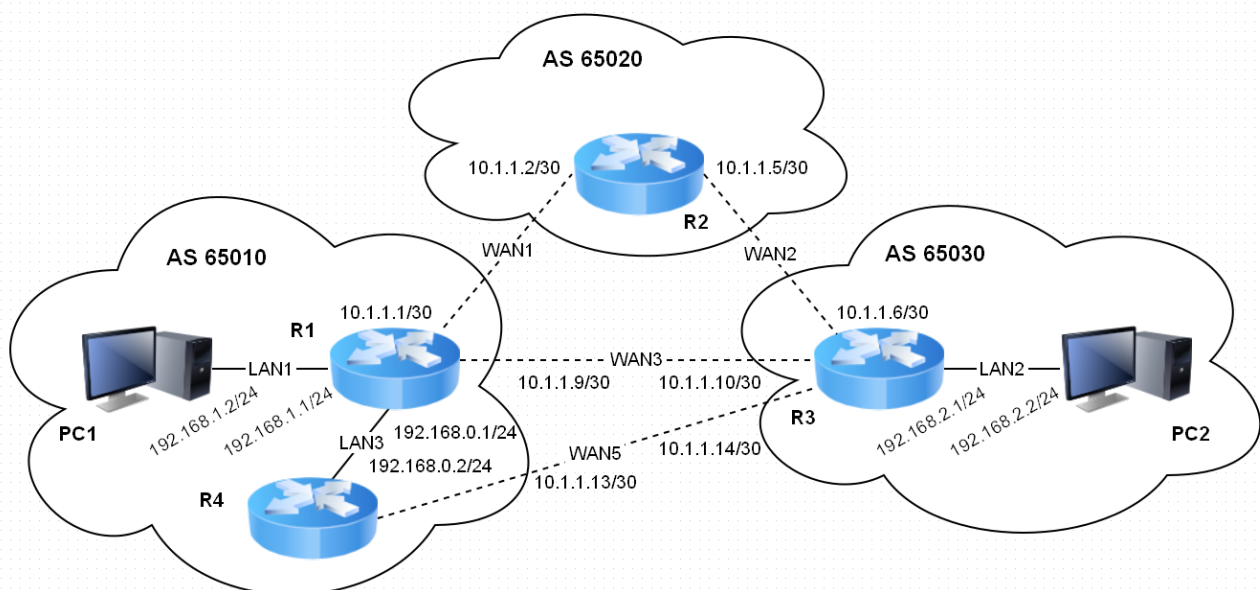
Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 3.1 Ορίστε στο quagga του R1 τη διεύθυνση IP για το WAN3.
- 3.2 Ορίστε στο quagga του R3 τη διεύθυνση IP για το WAN3.
- 3.3 Μέσω ποιας διαδρομής επικοινωνεί το PC1 με το PC2;
- 3.4 Επικοινωνούν οι R1 και R3 μεταξύ τους; Μέσω ποιας διαδρομής; Τεκμηριώστε την απάντησή σας.
- 3.5 Ορίστε μέσω του quagga στη διεπαφή loopback του R1 τη διεύθυνση IP 172.17.17.1/32.
- 3.6 Ορίστε μέσω του quagga στη διεπαφή loopback του R2 τη διεύθυνση IP 172.17.17.2/32.
- 3.7 Ορίστε μέσω του quagga στη διεπαφή loopback του R3 τη διεύθυνση IP 172.17.17.3/32.
- 3.8 Εισέλθετε στο router configuration mode των δρομολογητών για το πρωτόκολλο BGP και εισάγετε στο BGP τα αντίστοιχα δίκτυα 172.17.17.1/32, 172.17.17.2/32 και 172.17.17.3/32.
- 3.9 Ποιοι είναι οι γείτονες BGP του R1;
- 3.10 Ποια δίκτυα μαθαίνει ο R1 μέσω του BGP;
- 3.11 Ποια είναι τα BGP NEXT-HOP στον R1 για αυτά τα δίκτυα;
- 3.12 Ποιοι είναι οι γείτονες BGP του R2;
- 3.13 Ποια δίκτυα μαθαίνει ο R2 μέσω του BGP;
- 3.14 Ποια είναι τα BGP NEXT-HOP στον R2 για αυτά τα δίκτυα;
- 3.15 Ποιοι είναι οι γείτονες BGP του R3;
- 3.16 Ποια δίκτυα μαθαίνει ο R3 μέσω του BGP;
- 3.17 Ποια είναι τα BGP NEXT-HOP στον R3 για αυτά τα δίκτυα;
- 3.18 Ορίστε στο quagga του R1 ως γείτονα BGP τον R3.

- 3.19 Έχουν αλλάξει οι γείτονες BGP στον R3;
- 3.20 Έχουν αλλάξει οι γείτονες BGP στον R1;
- 3.21 Υπάρχει κάποια ένδειξη για το AS 65030 στον R1;
- 3.22 Είναι διαθέσιμη για δρομολόγηση μέσω BGP η διαδρομή μεταξύ R1 και R3;
- 3.23 Ορίστε στο quagga του R3 ως γείτονα BGP τον R1.
- 3.24 Είναι τώρα διαθέσιμη για δρομολόγηση μέσω BGP η διαδρομή μεταξύ R1 και R3;
- 3.25 Μέσω ποιας διαδρομής επικοινωνεί τώρα το PC1 με το PC2;
- 3.26 Στον R1 με τη βοήθεια της εντολής ip prefix-list ορίστε λίστα με όνομα “peer” όπου το δίκτυο 192.168.2.0/24 δηλώνεται ως ανεπιθύμητο.
- 3.27 Στον R1 με τη βοήθεια της εντολής bgp neighbor δηλώστε την παραπάνω λίστα “peer” για την εισερχόμενη κατεύθυνση στο γείτονα 10.1.1.10.
- 3.28 Στη συνέχεια ενεργοποιήστε το φιλτράρισμα εισερχόμενων αγγελιών από τον 10.1.1.10 εκτελώντας την εντολή clear ip bgp 10.1.1.10
- 3.29 Μέσω ποιας διαδρομής επικοινωνεί τώρα το PC1 με το PC2;
- 3.30 Επηρεάζει η προηγούμενη αλλαγή τη διαδρομή της εισερχόμενης κίνησης προς το AS 65010 από το δίκτυο 192.168.2.0/24; [Υποδ. Χρησιμοποιήστε την επιλογή για καταγραφή διαδρομής στην εντολή ping].
- 3.31 Αφαιρέστε το προηγούμενο φίλτρο και επανεκκινήστε την σύνοδο BGP όπως στην ερώτηση 3.28.
- 3.32 Επιβεβαιώστε ότι η κίνηση από το PC1 στο PC2 διέρχεται από το WAN3.

Άσκηση 4: iBGP

Προσθέστε στην τοπολογία της προηγούμενης άσκησης ένα νέο δρομολογητή R4, σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα.



Απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις καταγράφοντας παράλληλα, όπου απαιτείται, την ακριβή σύνταξη των εντολών που χρησιμοποιήσατε.

- 4.1 Ορίστε στο quagga του R4 τη διεύθυνση IP για το LAN3.
- 4.2 Ορίστε στο quagga του R4 τη διεύθυνση IP για το WAN5.
- 4.3 Ορίστε στο quagga του R1 τη διεύθυνση IP για το LAN3.
- 4.4 Ορίστε στο quagga του R3 τη διεύθυνση IP για το WAN5.
- 4.5 Εισέλθετε στο router configuration mode του R4 για το πρωτόκολλο BGP, ορίζοντας AS 65010
- 4.6 Εισάγετε στο BGP του R4 τον R1 ως γείτονα στο ίδιο AS και αντίστροφα, καθορίζοντας έτσι σύνδεση τύπου iBGP.
- 4.7 Πώς μπορείτε να καταλάβετε από το αποτέλεσμα της εντολής “show ip bgp neighbors 192.168.0.2” εάν η σύννοδος BGP είναι external ή internal BGP;
- 4.8 Στον R4 πόσα δίκτυα βλέπετε στο αποτέλεσμα της εντολής “show ip bgp”;
- 4.9 Στον R4 πόσα δίκτυα βλέπετε στο αποτέλεσμα της εντολής “show ip route bgp”;
- 4.10 Με βάση το αποτέλεσμα της εντολής “show ip bgp 192.168.2.0/24 εξηγήστε γιατί δεν έχει γίνει αποδεκτή η διαφήμιση του δικτύου αυτού. [Υποδ. Δείτε παράγραφο για επιλογή μεταξύ διαφορετικών διαδρομών.]
- 4.11 Προσθέστε στατική εγγραφή στον R4 για το 10.1.1.8/30 μέσω του R1.
- 4.12 Έχει τοποθετηθεί τώρα το δίκτυο 192.168.2.0/24 στον πίνακα δρομολόγησης;
- 4.13 Μπορείτε από τον R4 να κάνετε ping τη διεπαφή του R1 στο WAN3;
- 4.14 Μπορείτε από τον R4 να κάνετε ping τη διεπαφή του R3 στο WAN3;
- 4.15 Στον R1 διαφημίστε το δίκτυο 192.168.0.0/24 στο BGP
- 4.16 Μπορείτε τώρα από τον R4 να κάνετε ping τη διεπαφή του R3 στο WAN3;
- 4.17 Στον R1 διαφημίστε το δίκτυο 192.168.0.0/23 στο BGP χρησιμοποιώντας την εντολή aggregate-address.
- 4.18 Περιμένετε περίπου ένα λεπτό και εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης του R3. Πόσες σχετικές εγγραφές βλέπετε;
- 4.19 Στον R1 αλλάξτε την εντολή της ερώτησης 4.17 και προσθέστε την επιλογή summary-only.
- 4.20 Περιμένετε περίπου ένα λεπτό και εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης του R3. Πόσες σχετικές εγγραφές βλέπετε;
- 4.21 Αφαιρέστε την σχετική εντολή για το aggregate-address από τον R1.
- 4.22 Εισάγετε στο BGP του R4 τον R3 ως γείτονα και αντίστροφα.
- 4.23 Προσθέστε στατική εγγραφή στον R1 για το 10.1.1.12/30.
- 4.24 Πόσες διαδρομές προς το δίκτυο 192.168.2.0/24 δείχνει η εντολή “show ip bgp” στον R1 και ποια εξ αυτών έχει επιλεγθεί από το BGP;
- 4.25 Πόσες διαδρομές προς το δίκτυο 192.168.1.0/24 δείχνει η εντολή “show ip bgp” στον R3 και ποια εξ αυτών έχει επιλεγθεί από το BGP;

Όνοματεπώνυμο:		Όνομα PC:	
Ομάδα:		Ημερομηνία:	
Διεύθυνση IP: . . .		Διεύθυνση MAC: - - - - -	

Εργαστηριακή Άσκηση 8 Δυναμική δρομολόγηση BGP

Απαντήστε στα ερωτήματα στον χώρο που σας δίνεται παρακάτω και στην πίσω σελίδα εάν δεν επαρκεί. Το φυλλάδιο αυτό θα παραδοθεί στον επιβλέποντα.

1

- 1.1
- 1.2
- 1.3
- 1.4
- 1.5
- 1.6
- 1.7
- 1.8
- 1.9
- 1.10
- 1.11
- 1.12
- 1.13
- 1.14
- 1.15
- 1.16
- 1.17
- 1.18
- 1.19
- 1.20
- 1.21
- 1.22
- 1.23
- 1.24

2

- 2.1
- 2.2

2.3
.....
2.4
2.5
2.6
2.7
.....
2.8
.....
2.9
2.10
2.11
2.12
2.13
.....
2.14
2.15
2.16
2.17
2.18
2.19
2.20
2.21
.....

3

3.1
3.2
3.3
3.4
.....
3.5
3.6
3.7
3.8
.....

.....

3.9

3.10

.....

.....

3.11

.....

3.12

3.13

.....

.....

3.14

.....

3.15

3.16

.....

.....

3.17

.....

3.18

3.19

3.20

3.21

3.22

3.23

3.24

3.25

3.26

3.27

3.28

3.29

3.30

.....

.....

.....

3.31

3.32

4

4.1
4.2
4.3
4.4
4.5
4.6
.....
4.7
4.8
4.9
4.10
.....
4.11
4.12
4.13
4.14
4.15
4.16
4.17
4.18
4.19
4.20
4.21
4.22
.....
4.23
4.24
.....
4.25
.....