



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

"ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΤΠΕ)"

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πρωτόκολλα δρομολόγησης

Ανάλυση και εργαστηριακή προσομοίωση GNS3 με

Δρομολογητές Cisco

Ελένη Ιωάννα Δ. Σημαντήρα

Μηνάς Μ. Μπεκρής

Επιβλέποντες: Βαρουτάς Δημήτρης, Αναπ. Καθηγητής

Κατσιάνης Δημήτρης, Ε.Δι.Π.

ΑΘΗΝΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2020

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Πρωτόκολλα δρομολόγησης
Ανάλυση και εργαστηριακή προσομοίωση GNS3 με
Δρομολογητές Cisco

Ελένη Ιωάννα Δ. Σημαντήρα

A.M.: M1587

Μηνάς Μ. Μπεκρής

A.M.: M1584

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ: Βαρουτάς Δημήτρης, Αναπ. Καθηγητής

Κατσιάνης Δημήτρης, Ε.ΔΙ.Π.

Ιανουάριος 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτού του εργαστήριου είναι η παρουσίαση του GNS3 και η αξιοποίηση του από τους φοιτητές με σκοπό την προσομοίωση πραγματικών τοπολογιών δικτύου με routers Cisco σε τοπικά δίκτυα π.χ. δίκτυα ενός πανεπιστημίου με πολλά αυτόνομα κτήρια μέσα στο ίδιο χώρο αλλά και περιπτώσεις τοπολογιών που για την επικοινωνία δυο ή περισσότερων διαφορετικών σημείων (καταστημάτων) ενός οργανισμού παρεμβάλλεται το internet μέσω των ISP.

Συγκεκριμένα, το εργαστήριο αρχικά καλύπτει την εξοικείωση με το περιβάλλον του προσομοιωτή, μέσω του οποίου θα μελετηθούν τα επικρατέστερα πρωτοκόλλα δυναμικής δρομολόγησης καθώς και η στατική δρομολόγηση. Αφού παρουσιάσουμε τον προσομοιωτή και ένα βασικό οδηγό χρήσης του, στην συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση της διευθυνσιοδότησης, καθώς αποτελεί μια βασική γνώση που απαιτείται για την κατανόηση των εργαστηρίων που θα ακολουθήσουν.

Εν συνέχεια, ακολουθεί το πρώτο εισαγωγικό εργαστήριο με μια βασική τοπολογία έτσι ώστε να υπάρξει η πρώτη ουσιαστική γνωριμία του φοιτητή με τον εξομοιωτή και συνεχίζοντας υπάρχει μια θεωρητική προσέγγιση στο αντικείμενο της δρομολόγησης που θα μελετηθεί στα εργαστήρια. Η θεωρητική προσέγγιση αποτελεί βάση για την κατανόηση των εργαστηρίων γι' αυτό το λόγο και προτείνεται πριν την εκτέλεση του κάθε εργαστήριου να μελετηθεί το αντίστοιχο θεωρητικό κομμάτι.

Τέλος, ακολουθούν τα εργαστήρια κλιμακωτής δυσκολίας που αφορούν την εφαρμογή των πρωτοκόλλων που παρουσιάστηκαν σε θεωρητικό πλαίσιο προηγούμενα και σκοπό έχουν να παρέχουν στο φοιτητή την γνώση της υλοποίησης και κατανόησης των διαφορετικών τοπολογιών που του παρουσιάζονται. Για το σκοπό αυτό παρέχονται σε κάθε εργαστήριο αναλυτικές πληροφορίες οδηγίες και το σύνολο των εντολών που πρέπει να εισάγει στο προσομοιωτή έτσι ώστε να καταλήξει σε μια λειτουργική τοπολογία, ενώ παράλληλα σε διάφορα σημεία του εργαστηρίου ο φοιτητής καλείται να απαντήσει σε διάφορες ερωτήσεις έτσι ώστε να μπορεί να οδηγηθεί σε συμπεράσματα που προάγουν την γνώση.

Το περιεχόμενο των ασκήσεων που περιέχονται είναι μέσα στα πλαίσια της ύλης που προτείνεται από το Cisco Academy και η επιτυχής ολοκλήρωση και κατανόηση από τον φοιτητή του εργαστηρίου αποτελεί μέρος της εξέτασης CCNA και CCNP routing certification.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Δίκτυα Επικοινωνιών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: GNS3, Πρωτόκολλα δρομολόγησης, OSPF, RIP, BGP, MPLS, Δυναμική Δρομολόγηση, Στατική Δρομολόγηση

ABSTRACT

The purpose of this workshop is the presentation of GNS3 and the development of the students with the purpose simulation of real network topologies with routers Cisco in local networks. For example, the networks of a university with many particular buildings in the same place but also in the case of networks that for the communication of one or multiple spots (shops) of a organization the internet through the ISP.

More specifically, the workshop firstly covers the familiarization with the environment of the simulator in which will study the static and dynamic route. After the presentation of the simulator and the instructions manual, a detailed presentation of routing will follow as part of the basic knowledge that is required for the total understanding of the following workshops.

Additionally, the first introductory workshop follows a basic topology as an introduction between the student and the simulator. Also, there is a theoretical approach at the subject of routing that will be analyzed at the labs. The theoretical approach is the basis for the better understanding of the workshops so a theoretical study before the completion of each workshop is suggested.

In conclusion each lab is harder than the previous one. These workshops are about the applications of the protocols that were presented in the theoretical level with the intention to provide to the student the knowledge of the implementation and the comprehension of the different topologies. For the above intension, detailed of instructions that has to been at the simulator to finish an operative topology, are provided at each workshop. Some questionnaires are provided for the students at different spots of the lab in order to guide each and every student to a conclusion as a further knowledge.

The content of the exercises that are included is within the regulations of the Cisco Academy and the successful completion and understanding from the student of the lab is a part of the examination of CCNA and CCNP routing certification.

SUBJECT AREA: Telecommunication Networks

KEY WORDS: GNS3, Routing Protocols, OSPF, RIP, BGP, MPLS, Dynamic Route, Static Route.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον Κύριο Κατσίανη Δημήτρη καθώς και την ομάδα του για την πολύτιμη υποστήριξη και καθοδήγηση στην εκπόνηση της διπλωματικής μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	12
1. Ο ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΤΗΣ GNS3	13
1.1. Πληροφορίες για τον εξομοιωτή.....	13
1.2. Τεχνικές προδιαγραφές υπολογιστή για τον εξομοιωτή	14
1.3. Χρήση GNS3 μετά την εγκατάσταση	15
1.3.1. Προσθήκη δρομολογητή στην τοπολογία δικτύου	16
1.3.2. Προσθήκη Switch στην τοπολογία δικτύου	22
1.3.3. Προσθήκη Virtual Pc (VPC) στην τοπολογία δικτύου	23
1.3.4. Διασύνδεση συσκευών.....	23
2. ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ	25
3. ΑΡΧΙΚΟ CONFIGURATION ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ (ROUTER)	30
3.1. Εργαστήριο 1 ^ο Ρύθμισης Βασικής Παραμετροποίησης Router	30
3.1.1. Σενάριο Εργαστηρίου.....	30
3.1.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	31
4. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ	40
4.1. Περιγραφή Δρομολόγησης	40
4.1.1. Στατική Δρομολόγηση	40
4.1.2. Δυναμική Δρομολόγηση.....	42
4.1.3. Σύγκριση στατικής και δυναμικής δρομολόγησης.	44
4.1.3.1. Πρωτόκολλο RIP (Routing Information Protocol)	46
4.1.3.2. Πρωτόκολλο EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)	52
4.1.3.3. Πρωτόκολλο OSPF (Open Shortest Path First).	59
4.1.3.4. Πρωτόκολλο BGP	62
4.1.3.5. Πρωτόκολλο Multiprotocol Label Switching (MPLS)	69
5. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ	85
5.1. Εργαστήριο 2 ^ο Ρύθμισης Βασικής Στατικής Δρομολόγησης.....	85

5.1.1.	Σενάριο Εργαστηρίου.....	86
5.1.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	86
6.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΠΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (INTERIOR)	97
6.1.	Εργαστήριο 3ο Παραμετροποίησης RIP Πρωτόκολλο	97
6.1.1.	Σενάριο Εργαστηρίου.....	98
6.1.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	98
6.2.	Εργαστήριο 4ο Παραμετροποίηση EIGRP Πρωτοκόλλου	106
6.2.1.	Σενάριο Εργαστηρίου.....	107
6.2.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	107
6.3.	Εργαστήριο 5ο Παραμετροποίηση OSPF Πρωτοκόλλου	125
6.3.1.	Σενάριο Εργαστηρίου.....	126
6.3.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	126
7.	ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΣΩ INTERNET-ISP..	141
7.1.	Εργαστήριο 6ο Παραμετροποίηση OSPF-BGP Πρωτοκόλλου	141
7.1.1.	Σενάριο Εργαστήριο.....	143
7.1.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	143
7.2.	Εργαστήριο 7ο Παραμετροποίηση MPLS Πρωτοκόλλου	154
7.2.1.	Σενάριο Εργαστηρίου.....	155
7.2.2.	Εκτέλεση Εργαστηρίου.....	155
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	169
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	171

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1-1 Νέο Project GNS	16
Εικόνα 1-2 Επιλογή IOS Router	17
Εικόνα 1-3 Επιλογή IOS image	17
Εικόνα 1-4 Επιλογή Ονομασίας Router	18
Εικόνα 1-5 Επιλογή Μνήμης Ram Router.....	18
Εικόνα 1-6 Επιλογή πρόσθετων δικτυακών καρτών σε Router	19
Εικόνα 1-7 Επιλογή πρόσθετων σειριακών καρτών σε Router	19
Εικόνα 1-8 Επιλογή Αδρανούς Υπολογιστή.....	20
Εικόνα 1-9 Επιλογή Router για το Εργαστήριο.....	21
Εικόνα 1-10 Διαχειριστικές επιλογές σε Route.....	21
Εικόνα 1-11 Επιλογή Switch.....	22
Εικόνα 1-12 Προσθήκη Εικονικού Υπολογιστή.....	23
Εικόνα 1-13 Διασύνδεση Συσκευών	24
Εικόνα 1-14 Επιλογή κατάλληλης θύρας	24
Εικόνα 3-1 Τοπολογία Εργαστηρίου Βασικής Παραμετροποίησης Router	30
Εικόνα 3-2 Εντολή show ip interface brief	38
Εικόνα 4-1 Στατική Δρομολόγηση.....	44
Εικόνα 4-2 Δυναμική Δρομολόγηση	44
Εικόνα 4-3 Σύγκριση Δυναμικής με Στατικής Δρομολόγησης	45
Εικόνα 4-4 Βασικό παράδειγμα υπολογισμού metric RD και FD	54
Εικόνα 4-5 Πίνακας Τοπολογίας EIGRP	55
Εικόνα 4-6 Βασικό παράδειγμα λειτουργίας EIGRP	55
Εικόνα 4-7 Βασικό Παράδειγμα Feasibility Condition (FC)	57
Εικόνα 4-8 Παράδειγμα λειτουργίας EIGRP	58
Εικόνα 4-9 Βασικό μήνυμα πρωτοκόλλου BGP	64
Εικόνα 4-10 OPEN μήνυμα	65

Εικόνα 4-11 UPDATE μήνυμα	66
Εικόνα 4-12 NOTIFICATION μήνυμα	67
Εικόνα 4-13 KEEPALIVE μήνυμα	68
Εικόνα 4-14 Κύριες λειτουργίες MPLS	70
Εικόνα 4-15 Στοίβα πρωτοκόλλου MPLS	77
Εικόνα 4-16 Γενική Αρχιτεκτονική MPLS	78
Εικόνα 4-17 Αρχιτεκτονική DiffServ	83
Εικόνα 5-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου Στατικής Δρομολόγησης.....	85
Εικόνα 5-2 Εντολή show ip int brief	89
Εικόνα 6-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου RIP	97
Εικόνα 6-2 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου EIGRP.....	106
Εικόνα 6-3 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου OSPF	125
Εικόνα 7-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου OSPF-BGP	141
Εικόνα 7-2 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R1	146
Εικόνα 7-3 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R2.....	147
Εικόνα 7-4 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R3.....	147
Εικόνα 7-5 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R4.....	148
Εικόνα 7-6 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R5.....	148
Εικόνα 7-7 Επαλήθευση ospf summary route.....	150
Εικόνα 7-8 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R1	151
Εικόνα 7-9 Επαλήθευση BGP Routes	152
Εικόνα 7-10 Επαλήθευση BGP routes.....	153
Εικόνα 7-11 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου MPLS	154
Εικόνα 7-12 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R3.....	158
Εικόνα 7-13 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R4	158
Εικόνα 7-14 Γείτονες Routers	161
Εικόνα 7-15 MPLS Interfaces	162

Εικόνα 7-16 MPLS Binding.....	162
Εικόνα 7-17 Πίνακας Δρομολόγησης R1	163
Εικόνα 7-18 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R3	165
Εικόνα 7-19 Label Swapping προς τον R4	166
Εικόνα 7-20 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS στον R3	166
Εικόνα 7-21 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R1	167
Εικόνα 7-22 MPLS Swapping προς R4	167
Εικόνα 7-23 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R3	168
Εικόνα 7-24 Πίνακας Δρομολόγησης στον R1	168
Εικόνα 7-25 Traceroute	168

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1-1 Ελάχιστες Τεχνικές Προδιαγραφές GNS3.....	14
Πίνακας 1-2 Προτεινόμενες Τεχνικές Προδιαγραφές GNS3.....	15
Πίνακας 2-1 Μάσκες υποδικτύου για Δυαδικό και Δεκαδικό Σύστημα	28
Πίνακας 2-2 Αντιστοίχιση Πλήθος bit με δεκαδική τιμή Μάσκας	28
Πίνακας 3-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου Βασικής Παραμετροποίησης Router.....	30
Πίνακας 5-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου Στατικής Δρομολόγησης	85
Πίνακας 6-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου RIP	97
Πίνακας 6-2 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου EIGRP	106
Πίνακας 6-3 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου OSPF	125
Πίνακας 7-1 Παραμετροποίηση Συσκευών Εργαστηρίου OSPF-BGP	142
Πίνακας 7-2 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου MPLS	154
Πίνακας 7-3 Πίνακας MPLS Interfaces	160
Πίνακας 7-4 Πίνακας Αντιστοίχισης Routes Local Binding.....	164
Πίνακας 7-5 Mpls Forwarding Table	165

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Πρωτόκολλα δρομολόγησης ανάλυση και εργαστηριακή προσομοίωση GNS3 με δρομολογητές Cisco» εκπονήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών.

Η διαδικασία εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας έγινε στα πλαίσια συνεργασίας με τον κύριο Δημήτρη Κατσιάνη και την ομάδα του. Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να εξοικειώσει τους μαθητές σε βασικά πρωτόκολλα δρομολόγησης. Μετά το πέρας της διπλωματικής αυτής οι σπουδαστές θα πρέπει εκτός από την κατανόηση των πρωτόκολλών που χρησιμοποιούνται σε τοπικό επίπεδο η και Τηλεπικοινωνιακό επίπεδο, να μπορούν να παραμετροποιούν κατάλληλα τους router και να σχολιάζουν την λειτουργία των πρωτόκολλών.

1. Ο ΠΡΟΣΩΜΟΙΩΤΗΣ GNS3

1.1. Πληροφορίες για τον εξομοιωτή

Το Graphical Network Simulator 3 (shortened to GNS3) είναι ένας προσομοιωτής δικτύου ο οποίος υπάρχει από το 2008. Η χρήση του επιτρέπει την γραφική εξομοίωση και μελέτη πολύπλοκων δικτύων. Χρησιμοποιεί Dynamips emulation software για την προσομοίωση Cisco IOS. Το Cisco IOS (Internetwork Operating System) είναι μια οικογένεια λογισμικών που χρησιμοποιούνται σε Cisco Systems routers και σε Cisco switches. Ουσιαστικά αποτελεί το λειτουργικό σύστημα αυτών των συσκευών και μέσω αυτού, πέρα από τις κλασικές υπηρεσίες των routers και των switch που παρέχονται ανάλογα με την συσκευή παρέχεται και ένα σύνολο πρόσθετων υπηρεσιών (π.χ. Quality of service, Firewall) σε ένα δίκτυο που μπορούν να βελτιώσουν την αποδοτικότητα του. Το GNS3 έχει χρησιμοποιηθεί από πολλές μεγάλες εταιρείες όπως η Exxon, Walmart, AT&T, NASA, και είναι επίσης ένα πολύ βοηθητικό εργαλείο στην προετοιμασία για τις εξετάσεις που οδηγούν σε επαγγελματικές πιστοποιήσεις. Το GNS3 τρέχει πάνω από το Dynamips για να δημιουργήσει ένα πολύ φιλικό προς το χρήστη γραφικό περιβάλλον. Το GNS3 επιτρέπει την προσομοίωση των Cisco IOS στα Windows, Linux και Mac. Κατά την διάρκεια αυτού του εργαστήριου χρησιμοποιούμε την τελευταία έκδοση GNS3 2.1.11. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι το GNS3 είναι open-source λογισμικό κατά συνέπεια και η έκδοση αυτή είναι δωρεάν. Οδηγίες για την εγκατάσταση αυτής της έκδοσης θα βρείτε στο παράρτημα αυτού του εργαστήριου.

1.2. Τεχνικές προδιαγραφές υπολογιστή για τον εξομοιωτή

Οι ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις στο υλικό του υπολογιστή για το GNS3 φαίνονται στον Πίνακα 1.1:

Πίνακας 1-1 Ελάχιστες Τεχνικές Προδιαγραφές GNS3

ITEM	REQUIREMENT
Operating System	Windows 7 (64 bit) or later
Processor	2 or more Logical cores
Virtualization	Virtualization extensions required. You may need to enable this via your computer's BIOS.
Memory	4 GB RAM
Storage	1 GB available space (Windows Installation is < 200 MB).
Additional Notes	You may need additional storage for your operating system and device images.

Σημείωση: «Οι απαιτήσεις υλικού που αναφέρθηκαν είναι οι ελάχιστες και αναφέρονται σε προσομοίωση μικρού δικτύου με το GNS3.Εαν χρειαστεί προσομοίωση μεγαλύτερου δικτύου απαιτούνται υψηλότεροι πόροι.»

Πίνακας 1-2 Προτεινόμενες Τεχνικές Προδιαγραφές GNS3

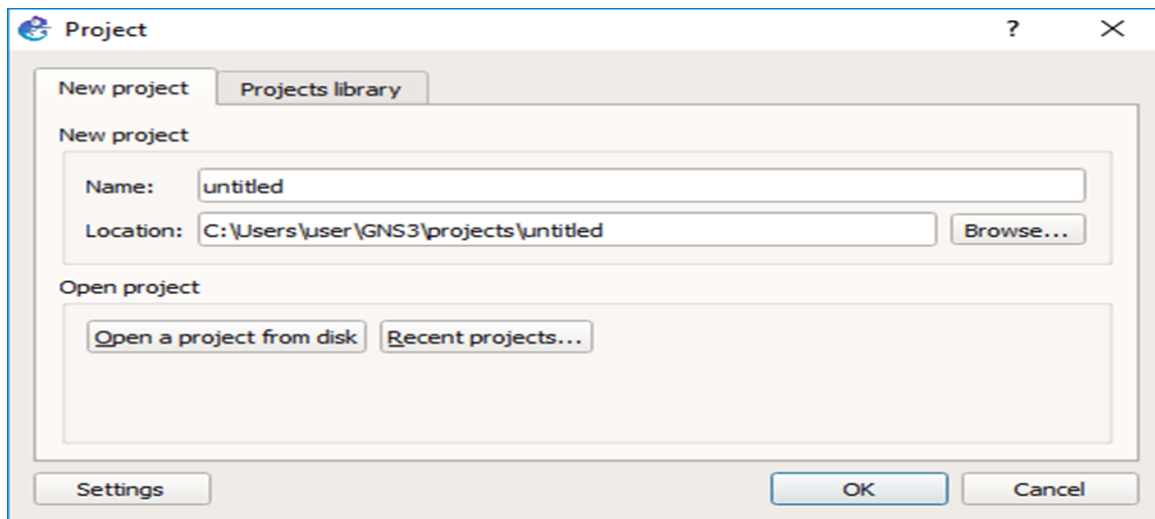
TEM	REQUIREMENT
Operating System	Windows 7 (64 bit) or later
Processor	4 or more Logical cores - AMD-V / RVI Series or Intel VT-X / EPT
Virtualization	Virtualization extensions required. You may need to enable this via your computer's BIOS.
Memory	16 GB RAM
Storage	Solid-state Drive (SDD) 35 GB available space
Additional Notes	Virtualizing devices is processor and memory intensive. More is better but properly configured device trumps RAM and Processing power.

Οι προτεινόμενες τεχνικές απαιτήσεις στο υλικό του υπολογιστή που θα εγκατασταθεί το GNS3 φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.2:

Σημείωση: «Για προσομοίωση πολύπλοκων δικτύων που περιέχουν πολλές συσκευές μπορεί να χρειαστούν επιπλέον πόροι. Για τις ανάγκες των εργαστηρίων που θα ακολουθήσουν οι ανωτέρω προδιαγραφές μας καλύπτουν».

1.3. Χρήση GNS3 μετά την εγκατάσταση

Στους υπολογιστές του εργαστήριου θεωρούμε δεδομένη την εγκατάσταση της εφαρμογής GNS3 2.1.11. Αναλυτικές πληροφορίες εγκατάστασης της εφαρμογής θα βρείτε στο παράρτημα. Επιλέγοντας με διπλό κλικ το εικονίδιο GNS3 που βρίσκεται στην επιφάνεια εργασίας σας ο προσομοιωτής εκκινείται. Στο σημείο αυτό μπορείτε να επιλέξετε να ανοίξετε μια προηγούμενη προσομοίωση δικτύου που έχετε ήδη αποθηκεύσει στον υπολογιστή σας ή να επιλέξετε θέση και όνομα για το νέο project που θα δημιουργήσετε. Για τα εργαστήρια που θα ακολουθήσουν προτείνεται να δημιουργείτε ένα ξεχωριστό project για το καθένα και να τα αποθηκεύεται ως ονοματεπώνυμο-αριθμό εργαστηρίου.



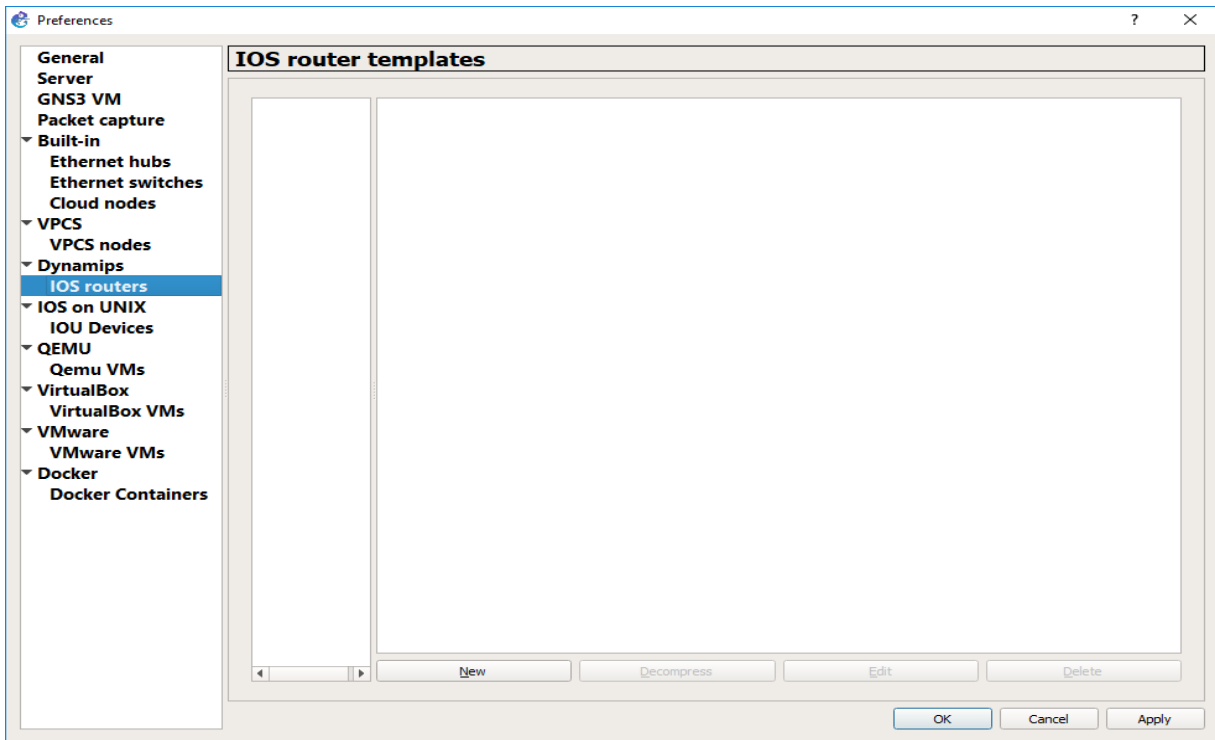
Εικόνα 1-1 Νέο Project GNS

1.3.1. Προσθήκη δρομολογητή στην τοπολογία δικτύου

Ένα από τα πιο βασικά κομμάτια ενός δικτύου αποτελούν οι Δρομολογητές (routers). Ένας δρομολογητής είναι μια συσκευή δικτύωσης που προωθεί πακέτα δεδομένων μεταξύ δικτύων υπολογιστών. Ο δρομολογητής είναι υπεύθυνος για την παράδοση των πακέτων μεταξύ των διάφορων δικτύων. Τα δεδομένα που αποστέλλονται μέσω του Διαδικτύου, όπως μια ιστοσελίδα ή ένα email, έχουν τη μορφή πακέτων δεδομένων. Ένα πακέτο συνήθως προωθείται από ένα δρομολογητή σε ένα άλλο δρομολογητή μέσω των δικτύων που αποτελούν ένα ενδιάμεσο δίκτυο μέχρι το πακέτο να φτάσει στον κόμβο προορισμού του. Ένας δρομολογητής συνδέεται σε δύο ή περισσότερες γραμμές δεδομένων διαφορετικών δικτύων. Όταν ένα πακέτο δεδομένων εισέρχεται σε μία από τις γραμμές, ο δρομολογητής διαβάζει τις πληροφορίες διεύθυνσης δικτύου στο πακέτο για να καθορίσει τον τελικό προορισμό. Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας πληροφορίες στον πίνακα δρομολόγησης ή την πολιτική δρομολόγησης, κατευθύνει το πακέτο στο επόμενο δίκτυο στο ταξίδι του μέχρι τελικά να φθάσει στο τελικό του προορισμό.

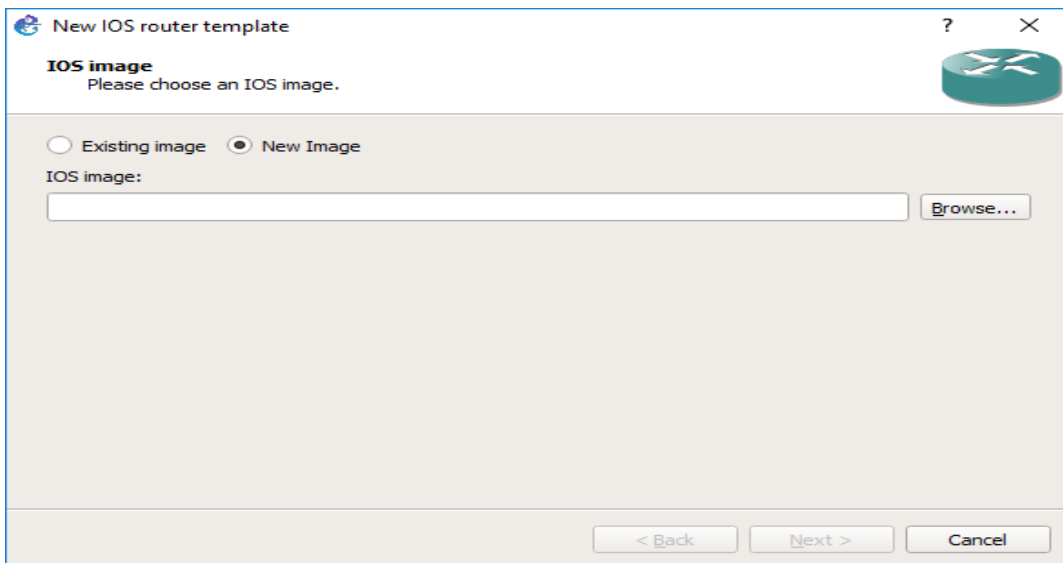
Ο πιο γνωστός τύπος δρομολογητών είναι δρομολογητές οικιακών και μικρών γραφείων που απλά προωθούν πακέτα IP μεταξύ των οικιακών υπολογιστών και του Διαδικτύου. Ένα παράδειγμα ενός δρομολογητή είναι ο καλωδιακός ή DSL δρομολογητής του κατόχου, ο οποίος συνδέεται στο Internet μέσω παρόχου υπηρεσιών Internet (ISP). Οι πιο εξελιγμένοι δρομολογητές, όπως δρομολογητές επιχειρήσεων, συνδέουν μεγάλα δίκτυα επιχειρήσεων ή ISP με τους ισχυρούς δρομολογητές πυρήνα που προωθούν τα δεδομένα με υψηλή ταχύτητα κατά μήκος των γραμμών οπτικών ινών της ραχοκοκαλιάς του Internet. Ο δρομολογητής είναι ένας υπολογιστής και έχει χαρακτηρίστηκα παρόμοια με αυτά των υπολογιστών (cpu, ram, tom), που καθορίζουν την αποδοτικότητα του. Ένας δρομολογητής τέλος όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενη ενότητα χρειάζεται λειτουργικό σύστημα. Πιο συγκεκριμένα στους δρομολογητές cisco αυτό ονομάζεται IOS και μπορούμε να το κατεβάσουμε και από την ιστοσελίδα τους.

Για να μπορέσετε να δουλέψετε στο GNS3 θα πρέπει να παρέχετε εσείς το αρχείο με το λειτουργικό του δρομολογητή που επιθυμείτε να χρησιμοποιήσετε. Για να εισάγετε τα αρχεία των λειτουργικών κάντε κλικ στην καρτέλα Edit/Preferences, επιλέξτε Dynamips, στην συνέχεια επιλέξτε IOS routers και μετά New κάτω αριστερά. Όπως φαίνεται στη παρακάτω Εικόνα 1-2:



Εικόνα 1-2 Επιλογή IOS Router

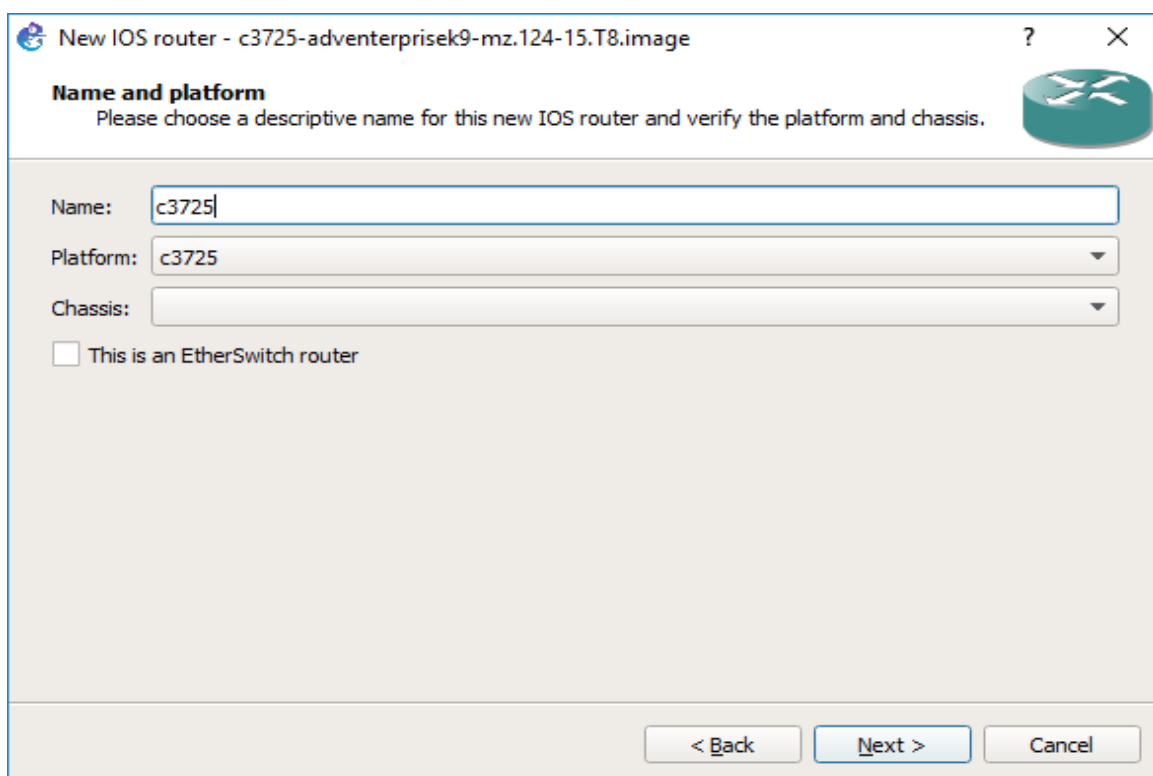
Κατόπιν επιλέξτε την τοποθεσία του αρχείου του λειτουργικού που σας έχει διατεθεί από το eclass χρησιμοποιώντας το κουμπί **Browse** και πατάμε **Next** (Εικόνα 1-3).



Εικόνα 1-3 Επιλογή IOS image

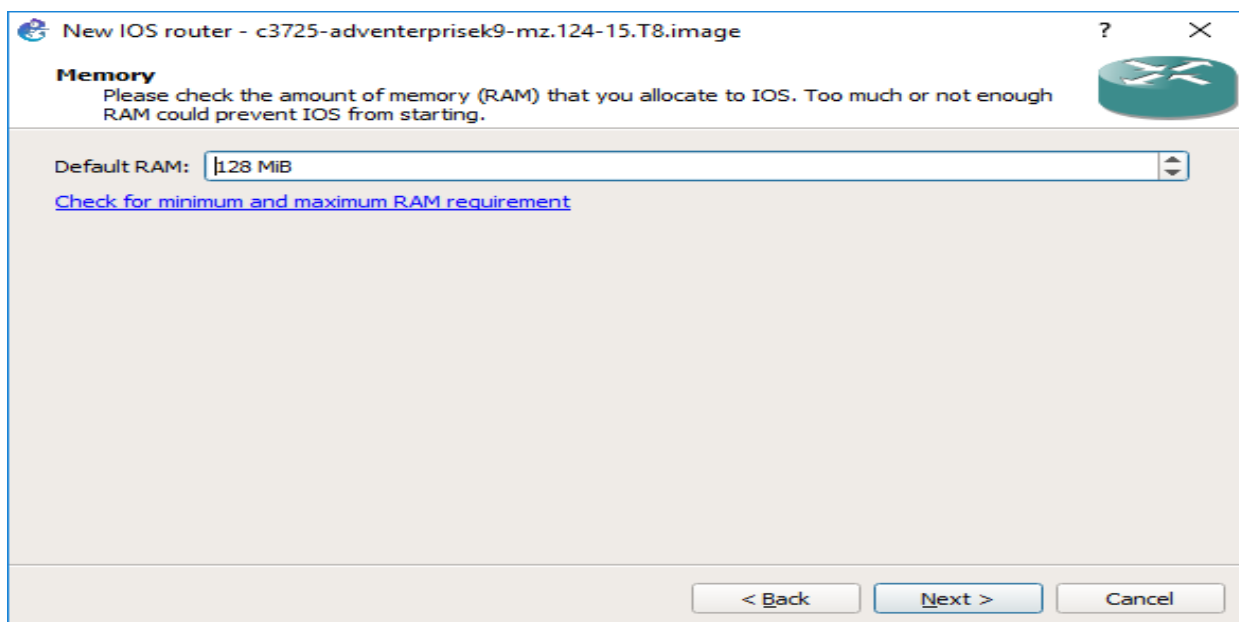
Το αρχείο λειτουργικού που θα χρησιμοποιηθεί για τα εργαστήρια ονομάζεται c3725-adventerprisek9-mz.124-15.T8.image και είναι το λειτουργικό σύστημα για το δρομολογητή Cisco 3725.

Στην συνέχεια το GNS3 θα αναγνωρίσει τον τύπο του δρομολογητή (Εικόνα 1-4).



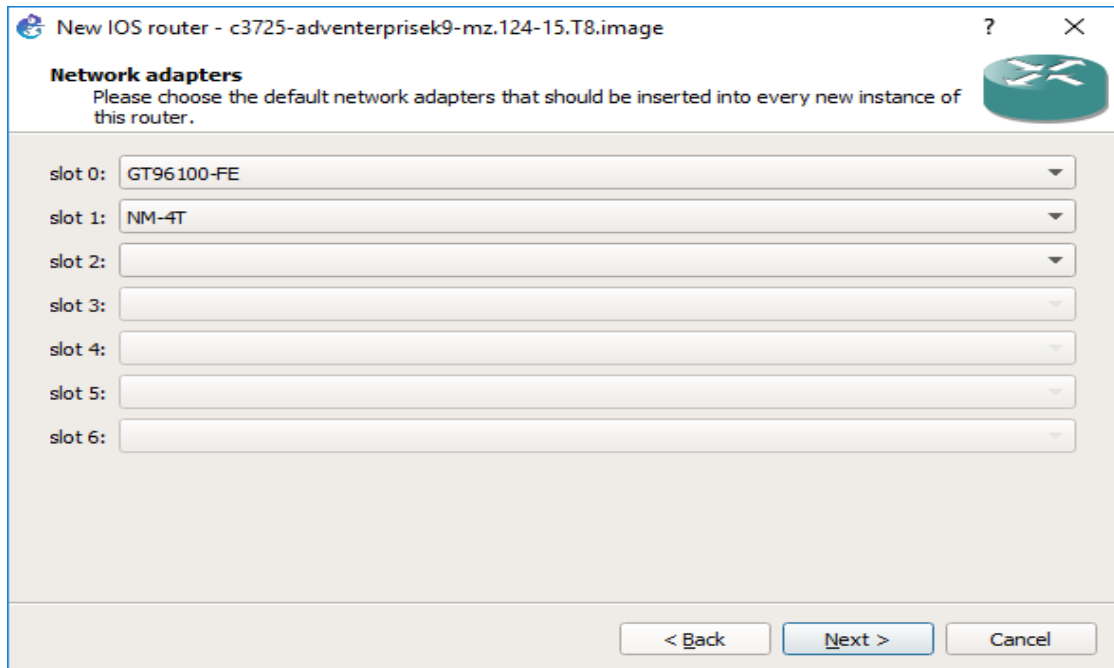
Εικόνα 1-4 Επιλογή Ονομασίας Router

Στη συνέχεια ορίζουμε την μνήμη Ram που θέλουμε να έχει ο router μας 128 MB (Εικόνα 1.5).

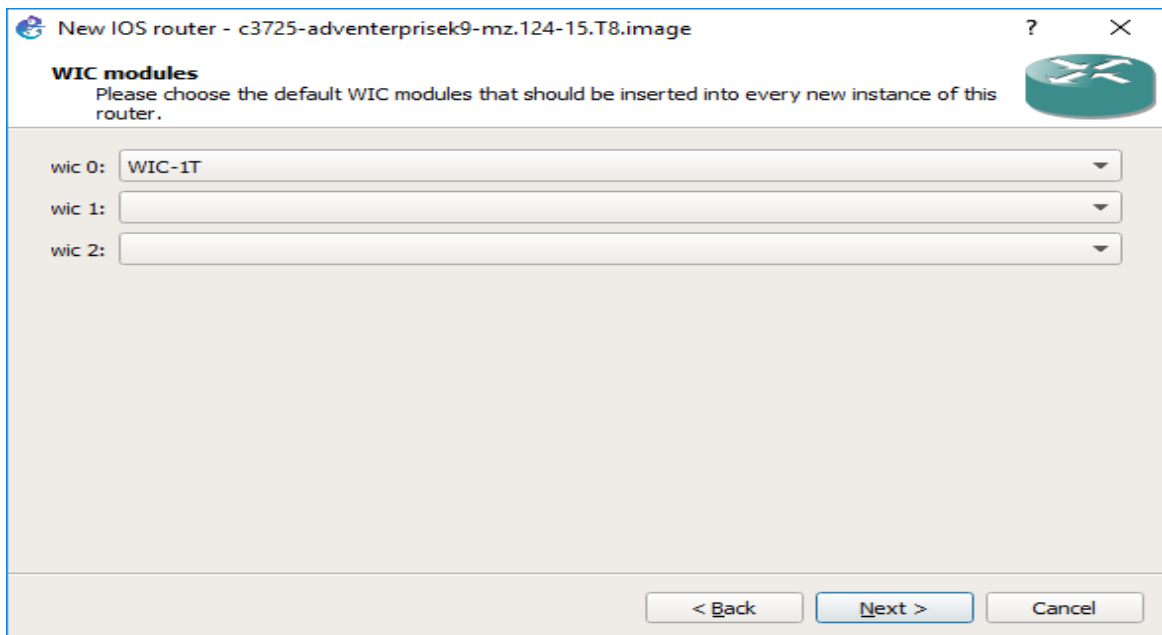


Εικόνα 1-5 Επιλογή Μνήμης Ram Router

Έπειτα επιλέγουμε τα πρόσθετα modules για ethernet ή serial ports που θέλουμε να έχει ο router μας όπως φαίνεται στις παρακάτω Εικόνα 1-6 και Εικόνα 1-7.



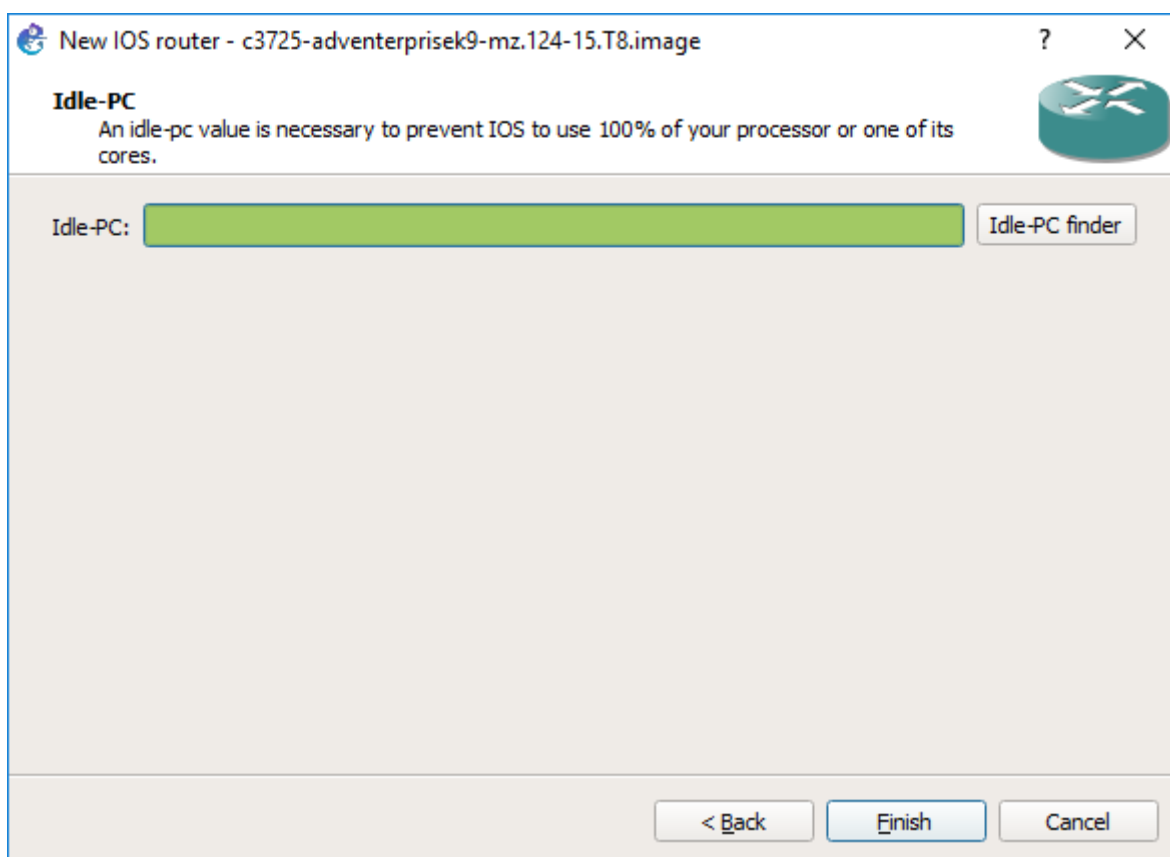
Εικόνα 1-6 Επιλογή πρόσθετων δικτυακών καρτών σε Router



Εικόνα 1-7 Επιλογή πρόσθετων σειριακών καρτών σε Router

Τα πρόσθετα modules αποτελούν πρόσθετες κάρτες που εισάγονται στους routers όταν θέλουμε να έχουμε περισσότερες πόρτες για να διασυνδέουμε πολλά δίκτυα. Στα εργαστήρια μας προσθέστε τα module που εμφανίζονται παραπάνω.

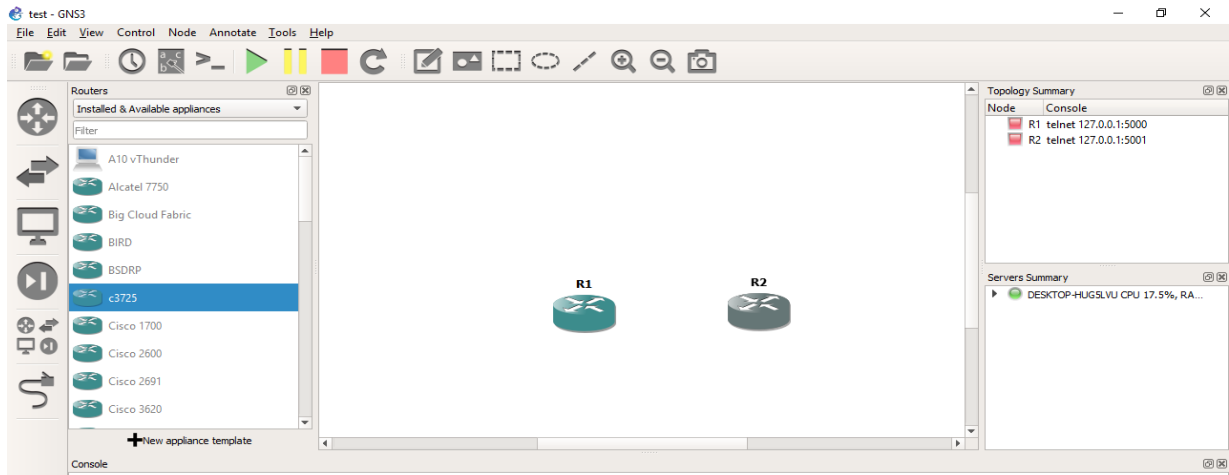
Τέλος ο οδηγός ζητά να γίνει επιλογή της τιμής idle-pc (Εικόνα 1-8)



Εικόνα 1-8 Επιλογή Αδρανούς Υπολογιστή

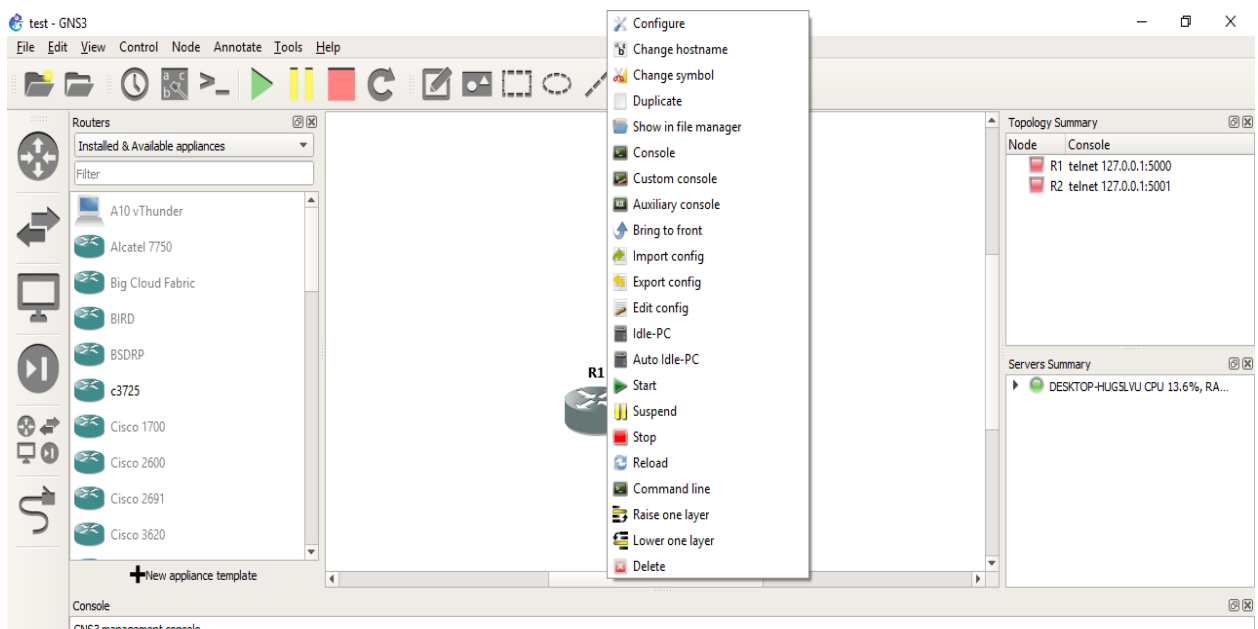
Αυτή η τιμή είναι απαραίτητη για να εμποδίσει το λειτουργικό του IOS να χρησιμοποιήσει το 100% της επεξεργαστικής ισχύς του υπολογιστή σας. Απλά επιλέγετε idle PC finder και μετά από λίγο η ενέργεια ολοκληρώνεται αυτόματα.

Ολοκληρώνοντας τα παραπάνω μπορείτε και επιστρέφοντας στην αρχική εικόνα του GNS3, μπορείτε πλέον από το αντίστοιχο menu που εμφανίζει τους routers να σύρετε όσους routers χρειάζεται η τοπολογία σας από τα αριστερά προς τα δεξιά (Εικόνα 1-9).



Εικόνα 1-9 Επιλογή Router για το Εργαστήριο

Κάνοντας δεξί κλικ στο εκάστοτε δρομολογητή υπάρχει ένα σύνολο διαχειριστικών επιλογών (Εικόνα 1-10):



Εικόνα 1-10 Διαχειριστικές επιλογές σε Route

Start: Ενεργοποιεί τον δρομολογητή.

Stop: Απενεργοποιεί τον δρομολογητή.

Reload: Επανεκκίνηση δρομολογητή.

Auto Idle-Pc: Βοηθά στην διαχείριση της CPU, καλό είναι να το κάνουμε μετά την εκκίνηση του κάθε router στο καθένα ξεχωριστά.

Console: Ανοίγει την Κονσόλα διαχείρισης του δρομολογητή.

Με την χρήση της κονσόλας μπορείτε να παραμετροποιήσετε και γενικά να διαχειριστείτε τον δρομολογητή χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες εντολές όπως θα δούμε στα εργαστήρια στην συνέχεια.

Η Χρήση της κονσόλας είναι μια δυνατότητα που χρησιμοποιείται και στους πραγματικούς routers κυρίως κατά την πρώτη παραμετροποίηση που οι routers δεν έχουν κάποια ip για απομακρυσμένη διαχείριση μέσω κάποιου υπολογιστή. Σε πραγματικό εξοπλισμό για να μπορέσουμε να συνδεθούμε στην κονσόλα του

δρομολογητή χρειάζεται να έχουμε ένα ειδικό σειριακό καλώδιο συνδεδεμένο στην θύρα console του δρομολογητή και σε ένα υπολογιστή που έχει εγκατεστημένο το πρόγραμμα hyper terminal. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε πλήρη πρόσβαση στον δρομολογητή και μπορούμε να κάνουμε ακόμα και αλλαγή password στην περίπτωση που υπάρχει. Να σημειώσουμε ότι σε routers Cisco δεν υπάρχει κουμπί reset για να τον επαναφέρουμε στην εργοστασιακή κατάσταση. Τέλος για την χρήση της κονσόλας σε πραγματικό εξοπλισμό πρέπει να έχουμε φυσική πρόσβαση στο δρομολογητή.

1.3.2. Προσθήκη Switch στην τοπολογία δικτύου

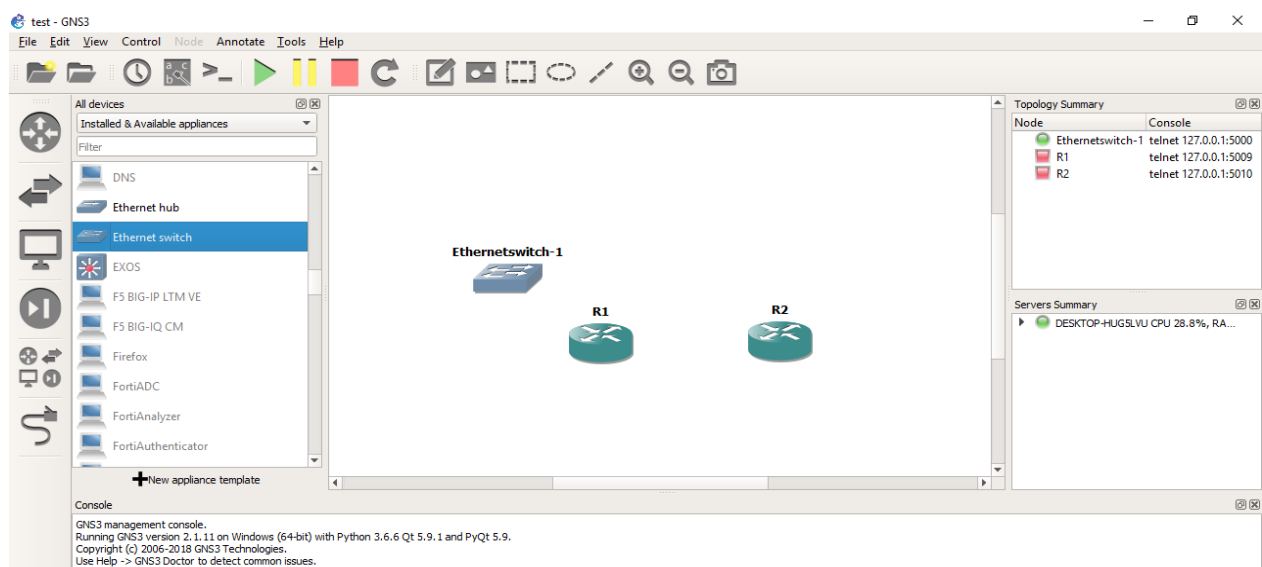
Ο μεταγωγέας (αγγλικά: switch) είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται σε δίκτυα υπολογιστών. Τα switches χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση πολλών συσκευών στο ίδιο δίκτυο εντός ενός κτιρίου ή ενός ευρύτερου χώρου (π.χ. πανεπιστήμιο). Για παράδειγμα, ένα switch μπορεί να συνδέει τους υπολογιστές, τους εκτυπωτές και τους διακομιστές σας, δημιουργώντας ένα δίκτυο κοινόχρηστων πόρων. Το Switch εκτελεί χρέη ελεγκτή, επιτρέποντας στις διάφορες συσκευές την κοινή χρήση πληροφοριών και την επικοινωνία μεταξύ τους. Ο αριθμός των συσκευών που μπορεί να διασυνδέσει ένα switch έχει να κάνει με το αριθμό των πορτών που περιέχει. Στην αγορά υπάρχουν Switch συνήθως 4,8,16 και 24 πορτών.

Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι switches: διαχειριζόμενα και μη διαχειριζόμενα:

- Ένα μη διαχειριζόμενο switch χρησιμοποιείται απευθείας, όπως παραδίδεται από τον κατασκευαστή, και δεν επιτρέπει καμία τροποποίηση. Οι εξοπλισμοί οικιακής δικτύωσης έχουν συνήθως μη διαχειριζόμενα switches.
- Ένα διαχειριζόμενο Switch παρέχει δυνατότητα πρόσβασης και προγραμματισμού. Αυτό σας προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία, καθώς το switch μπορεί να παρακολουθείται και να προσαρμόζεται τοπικά ή απομακρυσμένα επιτρέποντας τον έλεγχο της κυκλοφορίας και της πρόσβασης χρηστών στο δίκτυό σας.

Στα εργαστήρια που θα ακολουθήσουν θα χρησιμοποιήσουμε switch μη διαχειριζόμενα 8 πορτών.

Για να τα εισάγουμε απλά τα σέρνουμε από δεξιά προς τα αριστερά όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 1-11):

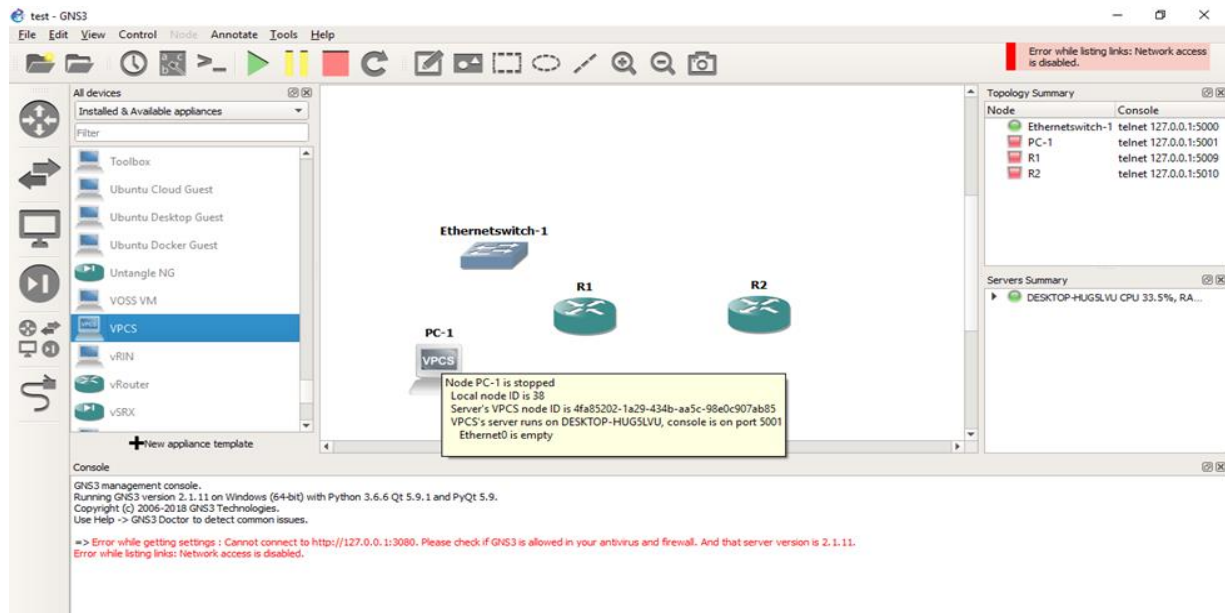


Εικόνα 1-11 Επιλογή Switch

1.3.3. Προσθήκη Virtual Pc (VPC) στην τοπολογία δικτύου

Για τις ανάγκες των εργαστήριων θα προσθέσουμε στην τοπολογία μας Virtual PCs, τα οποία θα παίζουν το ρόλο των τερματικών συσκευών ουσιαστικά τους τελικούς χρήστες. Τα VPCs προγραμματίζονται εύκολα μέσω εντολών που θα δούμε κατά την διάρκεια των εργαστήριων και μπορούμε να τα προσθέσουμε στην τοπολογία μας με τον κλασικό τρόπο που κάναμε και για τις υπόλοιπες δικτυακές συσκευές.

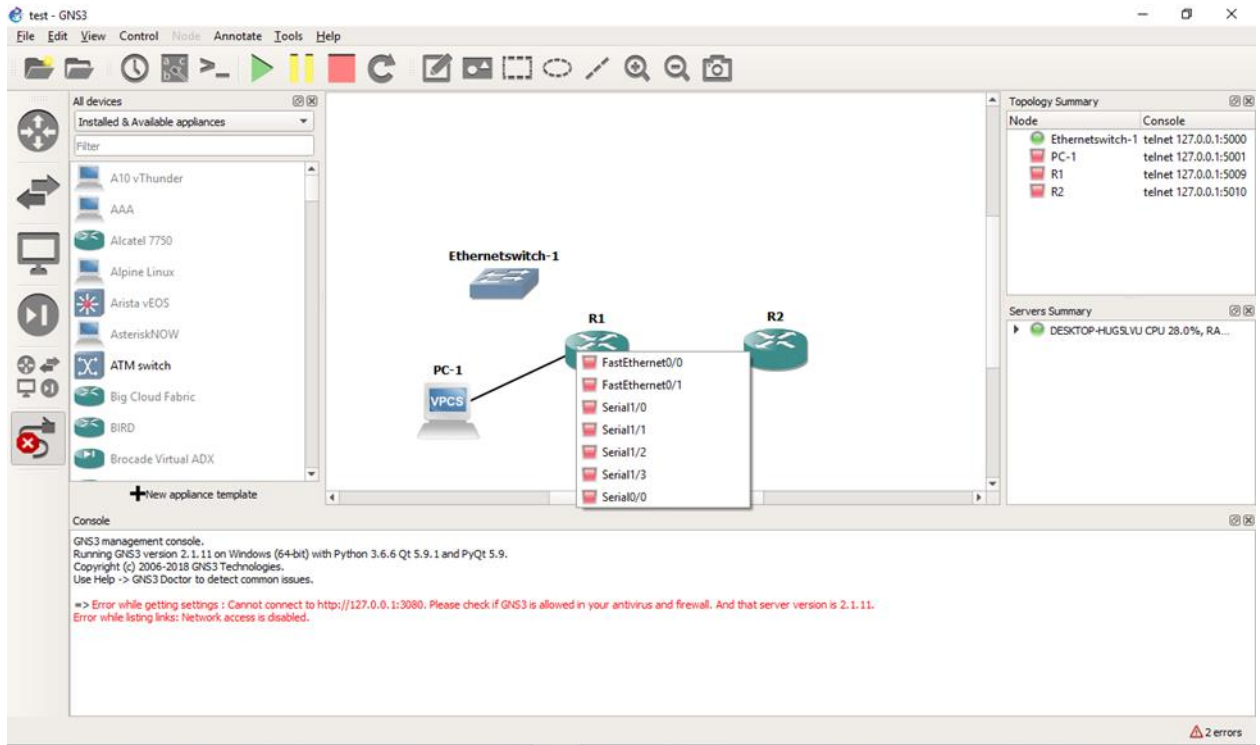
Αφού τα προσθέσουμε κάνοντας δεξί κλικ πάνω τους μπορούμε να τα ενεργοποιήσουμε και να μπούμε στην κονσόλα παραμετροποίησής τους (Εικόνα 1-12).



Εικόνα 1-12 Προσθήκη Εικονικού Υπολογιστή

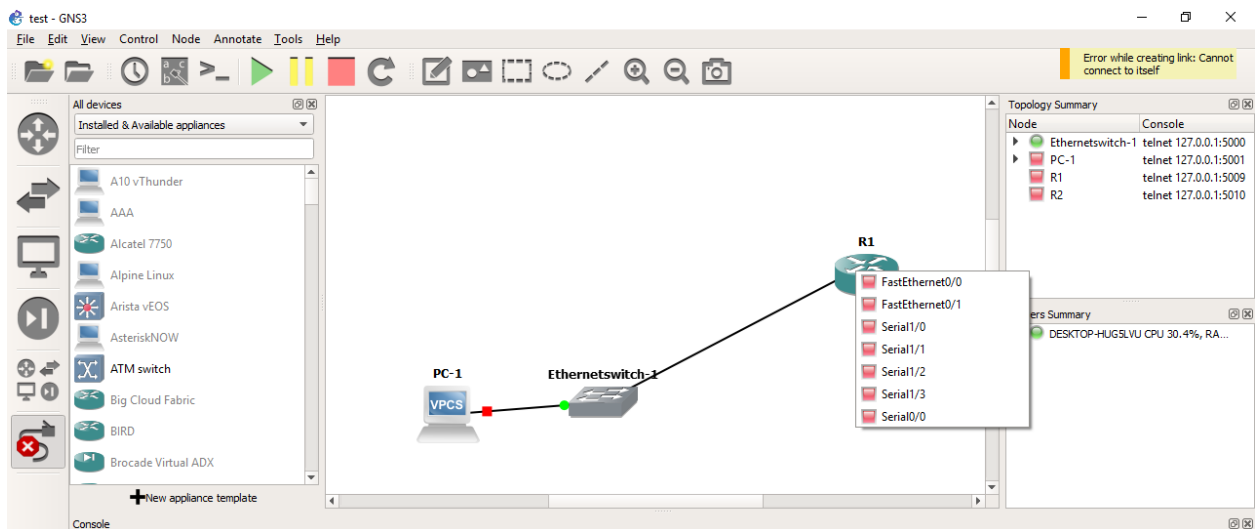
1.3.4. Διασύνδεση συσκευών

Αφού προσθέσουμε όλες τις συσκευές που χρειάζονται στην τοπολογία δικτύου που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε link για τα συνδέσουμε. Πατάμε το link από τα δεξιά εικονίδια του GNS3 και μετά κάνουμε κλικ σε κάθε δικτυακή που θέλουμε να συνδέσουμε, άμεσα μας εμφανίζει τις διαθέσιμες θύρες της εκάστοτε συσκευής και μπορούμε να επιλέξουμε σε ποια θύρα θέλουμε να γίνει η σύνδεση (Εικόνα 1-13).



Εικόνα 1-13 Διασύνδεση Συσκευών

Αν κάποια πόρτα είναι ήδη συνδεδεμένη κάπου αλλού θα είναι πράσινη η επιλογή και δεν θα μπορούμε να την ξαναχρησιμοποιήσουμε (Εικόνα 1-14).



Εικόνα 1-14 Επιλογή κατάλληλης θύρας

2. ΔΙΕΥΘΥΝΣΙΟΔΟΤΗΣΗ

Η διευθυνσιοδότηση είναι η διαδικασία κατά την οποία εκχωρείται μια μοναδική διεύθυνση σε κάθε κόμβο έτσι ώστε να διαφέρει από τους υπόλοιπους στο δίκτυο. Σύμφωνα με τα επίπεδα OSI την διευθυνσιοδότηση την συναντάμε στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων για την MACδιεύθυνση και στο επίπεδο δικτύου για την IPδιεύθυνση[11][12].

MAC Διεύθυνση

Η MAC Διεύθυνση είναι μια διεύθυνση χωρητικότητας 48bit,η οποία όπως ήδη αναφέρθηκε είναι ξεχωριστή για κάθε στοιχείο του δικτύου. Η MAC Διεύθυνση ονομάζεται και αλλιώς ως διεύθυνση Ethernet.Τα πρώτα 24bit, αντιπροσωπεύουν τον κατασκευαστή του υλικού και τα υπόλοιπα χαρακτηρίζουν τον μοναδικό αριθμό του υλικού. Συνήθως την MAC addressτην ομαδοποιούμε σε τρεις δεκαεξάδες. Κάποιες MAC διευθύνσεις έχουν δεσμευθεί και δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν[11][12].

IP Διεύθυνση

Η IP Διεύθυνση είναι μια διεύθυνση χωρητικότητας 32bit η οποία αντιπροσωπεύει έναν υπολογιστή και μέσω αυτής επικοινωνεί με άλλους υπολογιστές στο δίκτυο. Μέσω του Internet Protocol – IP ορίζεται μια διεύθυνση IP. Το Internet Protocol – IP είναι επίσης υπεύθυνο για την δρομολόγηση των πακέτων στο δίκτυο[11][12].

Διευθυνσιοδότηση σε δίκτυα IP.

Κάθε IP πακέτο περιέχει στην κεφαλίδα την διεύθυνση του αποστολέα και την διεύθυνση του παραλήπτη. Λόγω δυσκολίας απομνημόνευσης της χωρητικότητας (32bit), η παράσταση της διεύθυνσης γίνεται με χρήση δεκαδικών αριθμών. Η διεύθυνση χωρίζεται σε 4 πεδία των 8 bit και μετατρέπεται στον ισοδύναμο δεκαδικό αριθμό ώστε η IP διεύθυνση να περιγράφεται από τέσσερις δεκαδικούς αριθμούς που διαχωρίζονται με τελείες[11][12].

Έστω για παράδειγμα ότι το πεδίο της διεύθυνσης IP είναι:

10110010111001000100100100000011

Αυτό χωρίζεται σε 4 πεδία (bytes) των 8 bits.

10110010	11100100
01001001	00000011

Κατόπιν υπολογίζεται η δεκαδική τιμή κάθε byte.

178 228 73 3

Επομένως η διεύθυνση IPείναι **178.228.73.3**

Η παρουσίαση των IP διευθύνσεων με αυτόν τον τρόπο βοηθάει και στην ιεράρχηση των IP. Η IP διεύθυνση δεν χαρακτηρίζει τον υπολογιστή ή τον δρομολογητή αλλά την θύρα σύνδεσης στο δίκτυο. Ένας δρομολογητής που έχει πολλαπλές διασυνδέσεις με πολλά δίκτυα θα έχει τόσες IP διευθύνσεις όσες οι θύρες σύνδεσης του με τα διάφορα δίκτυα[11][12].

Το πρωτόκολλο IP ARP (Address Resolution Protocol) συσχετίζει την διεύθυνση IP με την MAC address.Ο δρομολογητής του δικτύου προκειμένου να αποστείλει προς ένα υπολογιστή ενός τοπικά συνδεδεμένου LAN ένα πακέτο IP που έχει παραλάβει θα πρέπει να γνωρίζει την διεύθυνση MAC του παραλήπτη. Με αυτό τον τρόπο λειτουργεί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο.

Σημαντικό να σημειωθεί είναι πως οι διευθύνσεις IP αποτελούνται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος προσδιορίζεται η διεύθυνση του δικτύου (Network ID), ενώ στο δεύτερο η διεύθυνση του Η/Υ μέσα στο δίκτυο (Host ID). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η σωστή λειτουργία των δρομολογητών που δρομολογούν τα πακέτα IP βάσει της διεύθυνσης του δικτύου και μόνο, αγνοώντας την διεύθυνση του συγκεκριμένου υπολογιστή. Έτσι απλοποιούνται εξαιρετικά οι πίνακες δρομολόγησης καθώς και ένα ολόκληρο δίκτυο LAN με πολλούς υπολογιστές αντιστοιχεί στους δρομολογητές με μία μόνο διεύθυνση. Η διεύθυνση του δικτύου και η διεύθυνση του Η/Υ συνολικά αποτελούνται από 32 bit αλλά καμία από τις δύο δεν έχει σταθερό μήκος. Ανάλογα με τον αριθμό των bits από τα οποία αποτελείται η διεύθυνση δικτύου, αυτές διακρίνονται σε τρεις κλάσεις ή τύπους[11][12]:

Κλάση Α: 8 bit διεύθυνση δικτύου / 24 bit διεύθυνση υπολογιστή.

Κλάση Β: 16 bit διεύθυνση δικτύου / 16 bit διεύθυνση υπολογιστή.

Κλάση C: 24 bit διεύθυνση δικτύου / 8 bit διεύθυνση υπολογιστή.

Διευθυνσιοδότηση με κλάσεις.

Όπως ήδη αναφέρθηκε στην διευθυνσιοδότηση με κλάσεις τα δύο τμήματα διαχωρίζονται ανάλογα με την κλάση που είναι η κάθε διεύθυνση[11][12].

Στην **Κλάση Α** τα πρώτα 8 bit είναι αριθμός του δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^7 - 2 = 126$. Η συγκεκριμένη πράξη (δηλαδή η αφαίρεση του 2) γίνεται επειδή ο αριθμός 0.x.x.x χρησιμοποιείται για προκαθορισμένη δρομολόγηση πακέτων και ο αριθμός 127.x.x.x αντιπροσωπεύει την διεύθυνση loopback και χρησιμοποιείται για δρομολόγηση επιστροφής. Τα υπόλοιπα 24 bit είναι ο αριθμός του υπολογιστή όπου μπορούν να διευθυνσιοδοτηθούν $2^{24} - 2 = 16777214$ αριθμοί υπολογιστών. Στην συγκεκριμένη πράξη γίνεται η αφαίρεση με το 2 επειδή η διεύθυνση x.0.0.0 αντιπροσωπεύει την διεύθυνση του δικτύου και η διεύθυνση x.255.255.255 αντιπροσωπεύει την διεύθυνση εκπομπής (broadcast) στο δίκτυο.

Στην **Κλάση Β** τα 16 bit είναι ο αριθμός του δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^{16} = 16384$ και τα υπόλοιπα 16 bit με διευθυνσιοδοτημένους $2^{16} - 2 = 65534$ αριθμούς υπολογιστών.

Στην **Κλάση C** τα 24 bit είναι ο αριθμός δικτύου με διαθέσιμους αριθμούς $2^{24} = 2097152$ και τα υπόλοιπα 8 με διευθυνσιοδοτημένους $2^8 - 2 = 254$ αριθμούς υπολογιστών.

Η **Κλάση D** χρησιμοποιείται για δρομολόγηση multicast (αποστολή δεδομένων προς πολλούς αποδέκτες).

Η **Κλάση E** χρησιμοποιείται για πειραματικούς σκοπούς.

Συνοψίζοντας:

- Στο πεδίο της διεύθυνσης δικτύου όλα τα bit=0 σημαίνει αυτό το δίκτυο.
- Στο πεδίο της διεύθυνσης υπολογιστή όλα τα bit= 0 σημαίνει αυτός ο υπολογιστής.
- Στο πεδίο της διεύθυνσης δικτύου όλα τα bit=1 σημαίνει όλα τα δίκτυα (λειτουργία για broadcast).
- Στο πεδίο της διεύθυνσης υπολογιστή όλα τα bit= 1 σημαίνει όλοι οι υπολογιστές (λειτουργία για broadcast).

Ο τρόπος της διευθυνσιοδότησης με κλάσεις εμφάνισε κάποιες αδυναμίες και περιορισμούς. Ο κορεσμός στις διευθύνσεις IP και η επιλογή κλάσης οδήγησε την δημιουργία της διευθυνσιοδότησης χωρίς κλάσεις.

Υποδίκτυα IP (Subnet)

Το μεγάλο πλήθος διευθύνσεων που καλύπτουν τα 32 bit διεύθυνσης του πρωτοκόλλου IP δεν μπορεί να ικανοποιήσει την ζήτηση διευθύνσεων που προκύπτει από την ανάπτυξη του Διαδικτύου καθώς δεν είναι εφικτό δύο LAN ή δύο υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο να έχουν την ίδια διεύθυνση. Φυσικά δεν είναι όλοι (3.5 δισεκατομμύρια υπολογιστές) συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο. Σημαντικό να σημειωθεί όμως ότι προκαλείται μεγάλη σπατάλη διευθύνσεων από αυτό καθ' αυτό το γεγονός της χρήσης των κλάσεων. Διότι όπως αναφέραμε ένας οργανισμός με δύο τοπικά δίκτυα με 15 υπολογιστές το καθένα, ακολουθώντας μια τυπική διαδικασία θα χρειαστούν τέσσερις διευθύνσεις κλάσεις C, μια για κάθε δίκτυο μία για την γραμμή σύνδεσης με το Internet και μία για την γραμμή WAN μεταξύ των δρομολογητών[11][12].

Επειδή κάθε διεύθυνση κλάσης C μπορεί να υποστηρίξει μέχρι 254 υπολογιστές, συνολικά οι 4 διευθύνσεις μπορούν να καλυφθούν θεωρητικά 1016 διαφορετικούς υπολογιστές. Όμως ο συγκεκριμένος χρήστης δεν έχει παρά μόνο 30 συνολικά υπολογιστές, ενώ δεσμεύει 1016 διευθύνσεις, από τις οποίες οι 986 παραμένουν αχρησιμοποίητες. Είναι λοιπόν κατανοητό η χρήση διευθύνσεων κλάσης C σε σχέση με τις A και B προκαλεί την μικρότερη σπατάλη διευθύνσεων καθώς δεσμεύει μόνο 254 διευθύνσεις υπολογιστών ανά δίκτυο. Συγκριτικά η χρήση κλάσης B δεσμεύει 65534 διευθύνσεις υπολογιστών ανά δίκτυο.

Επίσης για να αποφευχθεί ο ορισμός νέων διευθύνσεων σε περιπτώσεις όπως:

- ένας νέος τύπος ενός φυσικού δικτύου εγκαθίσταται σε μια νέα τοποθεσία,
- αύξηση του αριθμού των προορισμών που απαιτεί χωρισμό του ήδη υπάρχοντος τοπικού δικτύου σε δύο ή περισσότερα ξεχωριστά δίκτυα,
- αύξηση των αποστάσεων που απαιτεί χωρισμό του δικτύου σε μικρότερα δίκτυα με την χρήση νέων δρομολογητών για να συνδέονται μεταξύ τους.

εφευρέθηκε η λύση των **υποδικτύων**. Η εισαγωγή των υποδικτύων σε ένα δίκτυο μπορεί να γίνει τοπικά, ενώ ολόκληρο αυτό το υποδίκτυο μπορεί να παραμείνει αναλλοίωτο για αυτούς που δεν είναι συνδεδεμένοι σε αυτό. Η τεχνική αυτή βασίζεται στην λογική της χρήσης ενός τμήματος της διεύθυνσης IP για την δημιουργία υποδικτύων (**subnet**) [11][12].

Η διεύθυνση Υπολογιστή στη διεύθυνση του IP υποδιαιρείται ξανά σε Διεύθυνση Δικτύου και σε Διεύθυνση Υπολογιστή. Αυτό το δεύτερο Δίκτυο ορίζεται ως ΥΠΟ-δίκτυο. Το βασικό Δίκτυο μετά την υποδιαίρεση αποτελείται από ένα πλήθος υποδικτύων και η διεύθυνση IP μεταφράζεται πλέον ως εξής:

<Διεύθυνση Δικτύου><Διεύθυνση Υποδικτύου><Διεύθυνση Υπολογιστή>

Η Διεύθυνση Υποδικτύου και η Διεύθυνση Υπολογιστή μαζί ορίζονται ως Τοπική Διεύθυνση ή Τοπικό Μονοπάτι. Ο διαχωρισμός ενός τοπικού δικτύου σε υποδίκτυα γίνεται με τρόπο ώστε τα υποδίκτυα να μην είναι «ορατά» στα άλλα απομακρυσμένα δίκτυα. Ένας προορισμός που ανήκει σε ένα δίκτυο που έχει υποδίκτυα έχει ενημέρωση για αυτά τα υποδίκτυα ενώ ένας προορισμός που ανήκει σε ένα διαφορετικό δίκτυο δεν μπορεί να «δει» αυτά τα υποδίκτυα. Συνεχίζει να θεωρεί το Τοπικό Μονοπάτι στην διεύθυνση IP σαν Διεύθυνση Υπολογιστή[11][12].

Σε συνδυασμό με τα υποδίκτυα έχει δημιουργηθεί και η έννοια της μάσκας υποδικτύου. Η μάσκα επιτρέπει σε ένα υπολογιστή ή ένα δρομολογητή να διακρίνει σε μια διεύθυνση IP τμήμα της που αφορά την διεύθυνση δικτύου και το τμήμα της που αφορά τη διεύθυνση του υπολογιστή.

Ο διαχωρισμός της διεύθυνσης IP σε Διεύθυνση Υποδικτύου και Διεύθυνση Υπολογιστή γίνεται με την χρήση Μάσκας Υποδικτύου (subnet mask) η οποία είναι ένας αριθμός 32

bit. Τα bit0 στη μάσκα υποδικτύου δείχνουν τις θέσεις (σε bit) που αποδίδονται στην Διεύθυνση Υπολογιστή, ενώ τα 1 δείχνουν τις θέσεις που αποδίδονται στην Διεύθυνση Υποδικτύου. Οι Μάσκες Υποδικτύου συνήθως γράφονται με την μορφή ενός δεκαδικού αριθμού που τα τμήματά του χωρίζονται με τελεία όπως ακριβώς η διεύθυνση IP.

Στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί παρακάτω φαίνονται εξ ορισμού οι μάσκες για τις κλάσεις A, B και C [11][12].

Πίνακας 2-1 Μάσκες υποδικτύου για Δυαδικό και Δεκαδικό Σύστημα

Κλάση	Βασική Μάσκα (Δυαδικό)	Βασική Μάσκα (Δεκαδικό)
A	11111111.00000000.00000000.00000000	255.0.0.0
B	11111111.11111111.00000000.00000000	255.255.0.0
C	11111111.11111111.11111111.00000000	255.255.255.0

Οι βασικές μάσκες προκύπτουν εύκολα όταν είναι δεδομένο το πρώτο δεκαδικό πεδίο μιας διεύθυνσης IP, καθώς από την τιμή του πρώτου αυτού πεδίου προκύπτει η κλάση της διεύθυνσης. Μια εναλλακτική γραφή της IP διεύθυνσης που συνδυάζει και την μάσκα είναι για παράδειγμα η 192.3.4.16/30 που υποδηλώνει ότι στην διεύθυνση 192.3.4.16 έχει εφαρμοστεί μάσκα υποδικτύου των 30bit, δηλαδή:

11111111.11111111.11111111.11111100

Όπου τα 30 πρώτα bit προσδιορίζουν το δίκτυο και τα δύο τελευταία τον υπολογιστή. Η μάσκα αυτή ισοδύναμα γράφεται 255.255.255.252.

Οι συνηθέστερες σχέσεις μεταξύ του πλήθους των bits της μάσκας και της αντίστοιχης δεκαδικής τιμής της φαίνονται στον Πίνακα 2.2:

Πίνακας 2-2 Αντιστοίχιση Πλήθος bit με δεκαδική τιμή Μάσκας

Πλήθος bit	Δεκαδική τιμή Μάσκας
24	255.255.255.000
25	255.255.255.128
26	255.255.255.192
27	255.255.255.224
28	255.255.255.240
29	255.255.255.248
30	255.255.255.252

Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να γίνει η δημιουργία υποδικτύων με χρήση μάσκας είναι οι παρακάτω [11][12]:

- Με χρήση μάσκας σταθερού μήκους για όλα τα δίκτυα (Στατικός τύπος), που σημαίνει ότι όλα τα υποδίκτυα του δικτύου χρησιμοποιούν την ίδια Μάσκα Υποδικτύου. Αυτό είναι απλό στην εφαρμογή και εύκολο στην συντήρηση, αλλά έχει ως συνέπεια μεγάλη σπατάλη χώρου διευθύνσεων σε μικρά κυρίως δίκτυα. Για παράδειγμα ένα δίκτυο με 4 υπολογιστές που χρησιμοποιεί την Μάσκα 255.255.255.0 σπαταλά 250 IP διευθύνσεις και επίσης κάνει το δίκτυο πιο δύσκαμπτο στην αναδιοργάνωση με μία νέα Μάσκα Υποδικτύου. Όλοι οι

προσδιορισμοί και οι δρομολογητές απαιτεί να υποστηρίζουν τον στατικό τύπο διαχωρισμού σε υποδίκτυα.

- Με χρήση μάσκας με διαφορετικό μήκος (Μεταβλητός τύπος), όπου τα υποδίκτυα που αποτελούν το κύριο δίκτυο μπορούν να χρησιμοποιούν διαφορετικές Μάσκες Υποδικτύου. Ένα μικρό υποδίκτυο με μικρό αριθμό υπολογιστών χρειάζεται μια Μάσκα Υποδικτύου που θα εξυπηρετεί μόνο αυτούς τους λίγους υπολογιστές υποδοχής. Ένα δίκτυο με πολλούς προορισμούς πιθανόν να χρειάζεται μια διαφορετική Μάσκα Υποδικτύου που να εξυπηρετεί ένα μεγάλο αριθμό από προορισμούς. Η δυνατότητα προσαρμογής των Μασκών Υποδικτύου ανάλογα με τις ανάγκες των υποδικτύων βοηθάει να διατηρούνται οι διευθύνσεις του δικτύου. Επίσης ένα υποδίκτυο μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη με την προσθήκη ακόμα ενός bit στην Μάσκα Υποδικτύου, ενώ τα άλλα υποδίκτυα δεν επηρεάζονται από την αλλαγή. Ο μεταβλητός τύπος διαχωρισμού επιτρέπει τον εκ νέου χωρισμού του κυρίου δικτύου και με αυτόν τον τρόπο υπάρχει η δυνατότητα ορισμού αρκετών υπολογιστών για κάθε υποδίκτυο αλλάζοντας τη Μάσκα Υποδικτύου.

Ο δεύτερος τρόπος πλεονεκτεί του πρώτου καθώς μας δίνει την ευελιξία επιλογής μήκους μάσκας ανάλογα με τις ανάγκες του δικτύου. Επειδή όμως το πρωτόκολλο RIP δεν υποστηρίζει υποδικτύωση μεταβλητού μήκους αναγκαστικά χρησιμοποιείται ο πρώτος τρόπος για τα δίκτυα που χρησιμοποιούν RIP. Αντίθετα, τα πρωτόκολλα OSPF και RIP version 2 μεταφέρουν και πληροφορίες μάσκας και έτσι υποστηρίζουν χρήση μάσκας μεταβλητού μήκους[11][12].

Γενικά για την διαίρεση ενός δικτύου τάξης B που χρησιμοποιεί 16 bit για τοπική διεύθυνση μπορούν να εφαρμοστούν μεταξύ των άλλων και οι εξής δύο επιλογές:

- Το πρώτο Byte είναι η Διεύθυνση Υποδικτύου. Το δεύτερο Byte είναι η Διεύθυνση Υπολογιστή. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα για 2^8-2 (254 με τις τιμές 0 και 255 δεσμευμένες) πιθανά υποδίκτυα, από τα οποία το κάθε ένα έχει 2^8-2 (254) προορισμούς. Η Μάσκα Υποδικτύου είναι 255.255.255.0.
- Τα πρώτα 12 bit χρησιμοποιούνται για την Διεύθυνση Υποδικτύου και τα 4 τελευταία για την Διεύθυνση Υπολογιστή. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα για $2^{12}-2$ (4.094) πιθανά υποδίκτυα με μόνο 2^4-2 (14) Υπολογιστές το κάθε ένα. Η Μάσκα Υποδικτύου είναι 255.255.255.240.

Δηλαδή, υπάρχει μια πληθώρα επιλογών που κινείται μεταξύ μικρού αριθμού υποδικτύων με πολλούς υπολογιστές υποδοχής μέχρι μεγάλου αριθμού υποδικτύων με λίγους υπολογιστές.

Στα υποδίκτυα που εξετάσαμε η μάσκα έχει μήκος περισσότερων bit από αυτών του πεδίου διεύθυνσης δικτύου. Τα πρόσθετα αυτά bit ορίζουν το πλήθος των υποδικτύων. Η αντίθετη διαδικασία όπου η μάσκα έχει μήκος μικρότερο από το μήκος του πεδίου διεύθυνσης του δικτύου χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει υπερδίκτυα καθώς ομαδοποιεί επιμέρους δίκτυα. Για παράδειγμα 32 διευθύνσεις δικτύων κλάσης C, π.χ. οι 192.3.0 έως 192.3.31 μπορούν να ομαδοποιηθούν σε μια διεύθυνση δικτύου την 192.3.0/19 χρησιμοποιώντας την μάσκα 255.255.224.0[11][12].

Η διαδικασία αυτή που ονομάζεται υπερδικτύωση, χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου μια διεύθυνση κλάσης C δεν επαρκεί να καλύψει το πλήθος των υπολογιστών ενός δικτύου, ενώ η χρήση μια διεύθυνσης κλάσης B θα ήταν υπερβολική και θα οδηγούσε σε μεγάλη σπατάλη διευθύνσεων.

Στην πράξη μια τέτοια διαδικασία καταργεί την έννοια των κλάσεων που προσδιορίζουν το μέγεθος της διεύθυνσης δικτύου σε πολλαπλάσια των 8 bit και για αυτό είναι γνωστή με τον όρο CIDR (Classless Inter-Domain Routing).

3. ΑΡΧΙΚΟ CONFIGURATION ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΤΩΝ (ROUTER)

3.1. Εργαστήριο 1^ο Ρύθμισης Βασικής Παραμετροποίησης Router



Εικόνα 3-1 Τοπολογία Εργαστηρίου Βασικής Παραμετροποίησης Router

Πίνακας 3-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου Βασικής Παραμετροποίησης Router

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa0/0	192.168.3.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.2.2	255.255.255.0	N/A
PC1	N/A	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
PC2	N/A	192.168.3.10	255.255.255.0	192.168.3.1

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να:

- Υλοποιείτε την Βασική παραμετροποίησης σε ένα δρομολογητή (router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet.
- Δοκιμάζετε και επαληθεύετε τις παραμετροποιήσεις των δρομολογητών.
- Σχολιάζετε τεκμηριωμένα πάνω στην τοπολογία του εργαστηρίου.

3.1.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο, θα δημιουργήσετε στο περιβάλλον του εξομοιωτή GNS3, μια τοπολογία δικτύου όμοια με αυτή που εμφανίζεται στο διάγραμμα τοπολογίας της εικόνα 3-1. Έπειτα θα προχωρήσετε με την βασική αρχική παραμετροποίηση των δρομολογητών που απαιτείται για την συνδεσιμότητά τους. Χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις που εμφανίζονται στον Πίνακα 3-1 θα ρυθμίσετε κατάλληλα όλες τις συσκευές της τοπολογίας που δημιουργήσατε. Αφού ολοκληρωθεί η παραμετροποίηση της τοπολογίας, θα χρησιμοποιήσετε τους πίνακες δρομολόγησης των routers έτσι ώστε να επαληθεύσετε την καλή λειτουργία της τοπολογίας.

3.1.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router.

Εκκινήστε την Εφαρμογή GNS3, αφού μελετήσετε το κεφαλαίο 1 για τη χρήση του GNS3, δημιουργήστε την τοπολογία δικτύου της εικόνας 3-1. Εκκινήστε τους routers και στην συνέχεια εκτελέστε με τη σειρά τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Ανοίχτε την κονσόλα του Router 1.

Η προσομοίωση της πόρτας της κονσόλας του router στο GNS3 γίνεται απλά με δεξί κλικ και open console πάνω στο router.

Σημείωση: «Σε ένα πραγματικό router η κονσόλα είναι μια πόρτα που υπάρχει στο πίσω μέρος του router και μέσω της εφαρμογής HyperTerminal ή Putty μπορούμε να συνδεθούμε στο router με τη χρήση ενός σειριακού καλωδίου. Χρησιμοποιείται πάντα στην αρχική παραμετροποίηση ενός Cisco Router καθώς δεν υπάρχει κάποια default ip όπως σε άλλους routers οπότε δεν μπορεί να συνδεθεί κανείς χρησιμοποιώντας την εντολή telnet ή κάποιο explorer. Μέσω της συγκεκριμένης πόρτας επίσης πραγματοποιείτε reset password στους Cisco Routers χωρίς να χαθεί το configuration τους. Απαιτεί φυσική πρόσβαση στο router. »

Μετά το άνοιγμα της κονσόλας

Θα δείτε την παρακάτω ένδειξη

```
Router>
```

Αυτό σημαίνει ότι βρίσκεστε σε User Exec Mode, που σημαίνει ότι έχετε την δυνατότητα να πληκτρολογήσετε ένα σύνολο εντολών στο router που είναι κυρίως εποπτικές και δεν μπορούν να αλλάξουν κάτι στην λειτουργία του. Μπορείτε να δείτε το σύνολο των εντολών που έχετε δικαίωμα να τρέξετε πληκτρολογώντας το «?».

Ανάλογα με το IOS του router υπάρχει περίπτωση όταν χρησιμοποιείτε η κονσόλα για να συνδεθούμε σε αυτόν να παραλείπετε το User Exec Mode και να μπαίνουμε κατευθείαν σε Privileged Exec Mode. Αυτή η παράλειψη μπορεί να αναιρεθεί όπως θα δούμε στο βήμα 8.

Στα επόμενα βήματα πληκτρολογείτε στην κονσόλα του router τις εντολές που είναι γραμμένες με έντονη γραφή.

Βήμα 2: Εισαγωγή σε Privileged Exec Mode.

```
Router>enable
```

```
Router#
```

Στο Privilege Exec Mode, έχετε δικαίωμα να δείτε όλες τις παραμετροποιήσεις του router και να αλλάξετε κάποιες λιγότερο σημαντικές παραμετροποιήσεις στο router. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται κάποιο password για μετάβαση από user exec mode σε privileged exec mode αλλά και για την αρχική είσοδο σε user Exec Mode, όπως θα δούμε στην συνέχεια του εργαστηρίου.

Βήμα 3: Εισαγωγή σε Global Configuration Mode.

Πληκτρολογήστε

```
Router# configure terminal
```

```
Router(config)#
```

Στο Global Configuration Mode υπάρχει πρόσβαση για παραμετροποίηση όλων των ρυθμίσεων του router (Backup, restore, αλλαγή IOS και άλλα)

Βημά 4: Ρύθμιση ονόματος router ως R1.

Εισαγωγή εντολής **hostname R1** σε Global Configuration Mode.

```
Router(config)#hostnameR1
```

```
R1(config)#
```

Βήμα 5: Απενεργοποίηση DNS lookup.

Απενεργοποίηση DNS lookup with the no ip domain-lookup εντολή.

```
R1(config)#no ip domain-lookup
```

Γιατί θεωρείτε καλή η απενεργοποίηση του DNS lookup σε εργαστηριακό περιβάλλον? Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το internetγια βοήθεια

Βήμα 6: Δημιουργήστε κωδικό πρόσβασης για το Privileged EXEC mode.

Δημιουργήστε κωδικό πρόσβασης για το Privileged Exec mode χρησιμοποιώντας την εντολή enable secret password σε configuration Mode. Χρησιμοποιώντας σαν κωδικό πρόσβασης την λέξη class.

```
R1(config)#enable secret class
```

```
R1(config)#
```

Βήμα 7: Δημιουργία μηνύματος message-of-the-day banner.

Δημιουργήστε μήνυμα message-of-the day banner χρησιμοποιώντας την εντολή banner motd και μετά το κείμενο που θέλετε να αναγράφεται στο μήνυμα σε Global Configuration Mode.

```
R1(config)#banner motd&
```

Enter TEXT message. End with the character '&'.

```
!!!AUTHORIZED ACCESS ONLY!!!
```

```
&
```

```
R1(config)#
```

Ποτέ εμφανίζεται το μήνυμα banner;

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το internetγια βοήθεια.

Γιατί είναι καλό να υπάρχει το μήνυμα banner;

Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το internet για βοήθεια

Βήμα 8: Δημιουργήστε password για την πρόσβαση στο User Exec Mode όταν χρησιμοποιείται για πρόσβαση στο router την μέθοδο της κονσόλας.

Χρησιμοποιήστε τη λέξη cisco σαν password. Όταν ολοκληρώσετε βγείτε από το Global Configuration Mode χρησιμοποιώντας την εντολή Exit.

```
R1(config)#line console0
```

```
R1(config-line)#password cisco
```



```
R1(config-line)#login
```

```
R1(config-line)#exit
```

Στο βήμα 1 είχε αναφερθεί ότι σε κάποια IOS Cisco Router παραλείπετε το επίπεδο περιορισμένων εντολών user exec mode. Μόλις ο χρήστης πληκτρολογήσει το password “**αν υπάρχει**” για την κονσόλα μπαίνει κατευθείαν στο Privileged Exec Mode. Οπότε έχει δικαίωμα να κάνει αλλαγές στο configuration του router.

Για να μην συμβαίνει αυτό και να του ζητείται το extra password όπως ορίστηκε στο Βήμα 6 πριν δώσουμε την εντολή exit χρειάζεται να δώσουμε ακόμα μια εντολή και μετά να πληκτρολογήσουμε το exit. Η εντολή αυτή είναι: **no privilege level 15**

Step 9: Δημιουργήστε password για τα virtual terminal lines.

Σημείωση: «Αυτό το password ζητείται για να έχει κάποιος πρόσβαση στο User Exec Mode του router, όταν δεν χρησιμοποιεί την κονσόλα αλλά θέλει να συνδεθεί απομακρυσμένα στο router είτε από κάποιο pc είτε από κάποιο άλλο router χρησιμοποιώντας την εντολή telnet και στη συνέχεια πληκτρολογώντας την IP του management interface.».]

Χρησιμοποιήστε την λέξη Cisco ως password. Όταν ολοκληρώσετε βγείτε από το config-line mode χρησιμοποιώντας την εντολή exit.

```
R1(config)#line vty 0 4
```

```
R1(config-line)#password cisco
```

```
R1(config-line)#login
```

```
R1(config-line)#exit
```

```
R1(config)#
```

Βήμα 10: Παραμετροποίηση FastEthernet0/0 διεπαφής (interface) .

Παραμετροποίηση FastEthernet0/0 interface με την IP address 192.168.1.1/24 όπως φαίνεται και στον πίνακα 1.

```
R1(config)# interface fastethernet0/0
```

```
R1(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)# no shutdown
```

Σημείωση: «Μετά την επιτυχή καταχώρηση της εντολής εμφανίζονται αυτόματα τα παρακάτω μηνύματα που σημαίνουν ότι το interface ενεργοποιήθηκε κανονικά.

Η εντολή no shut down είναι υποχρεωτική καθώς είναι αυτή που ενεργοποιεί το interface αφού από προεπιλογή όλες οι πόρτες ενός Cisco router είναι απενεργοποιημένες.»

```
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
```

```
R1(config-if)#
```

Βήμα 11: Παραμετροποίηση Serial0/0/0 διεπαφής (interfaces).

Παραμετροποίηση Serial0/0/0 interface με την IP address 192.168.2.1/24.

Σημείωση: «Τα serial interfaces είναι διεπάφες μέσω των οποίων συνδέονται ρουτέρ σε απομακρυσμένα σημεία. Στα interfaces αυτά συνδέονται οι ISP.»

```
R1(config-if)#interface serial 0/0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#clockrate 64000(δεν χρειάζεται στο περιβάλλον του GNS3)
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

```
R1(config-if)#
```

Σημείωση: «Το interface δεν θα ενεργοποιηθεί μέχρι να ενεργοποιηθεί και το άλλο σειριακό άκρο του R2. Η εντολή clockrate 64000 δεν είναι απαραίτητη στο προσομοιωτή, σε πραγματικά περιβάλλοντα είναι απαραίτητη στον ένα από τους δυο router καθώς αποτελεί το ρολόι χρονισμού. Σε πραγματικές συνθήκες ο router που δίνει το ρολόι ονομάζεται DCE εμφανίζεται και στο σχήμα της εικόνας 1.»

Βήμα 12: Επιστροφή σε privileged EXEC mode.

Χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή για επιστροφή στο privileged EXEC mode.

```
R1(config-if)#end
```

```
R1#
```

Βήμα 13: Σώστε την Παραμετροποίηση του R1.

Σώστε την παραμετροποίηση του R1 χρησιμοποιώντας την παρακάτω εντολή

```
R1#copy running-config startup-config
```

```
Building configuration...
```

```
[OK]
```

```
R1#
```

Βρείτε στο internet μια πιο σύντομη εντολή που να σώζει το configuration και αφού δοκιμάσετε ότι γίνεται αποδέχτη από τον router σημειώστε την εδώ:

Δραστηριότητα 2: Εκτελέστε τη βασική παραμετροποίηση στο Router R2.

Βήμα 1: Για τον R2, επαναλάβετε τα βήματα 1 έως 9 από την δραστηριότητα 2.

Βήμα 2: Παραμετροποίηση Serial 0/0/0 interface στον Router R2.

Παραμετροποίηση Serial 0/0/0 interface με την IP address 192.168.2.2/24. (Πίνακας 1)

```
R2(config)#interface serial0/0/0
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state
```

Σημείωση: «Τώρα ενεργοποιήθηκε το link όπως μπορείτε να δείτε από τις αυτόματες πληροφορίες που εμφανίστηκαν καθώς έχουμε ήδη παραμετροποίηση το άλλο άκρο του R1 σε προηγούμενη δραστηριότητα.

```
R2(config-if)#
```

Βήμα 3: Παραμετροποίηση FastEthernet 0/0 Interface Router R2.

Παραμετροποίηση FastEthernet0/0 interface με την IP address 192.168.3.1/24.
(Πίνακας1)

```
R2(config-if)#interface fast ethernet 0/0
```

```
R2(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
```

```
R2(config-if)#no shutdown
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface FastEthernet0/0, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0, changed state to up
```

```
R2(config-if)#
```

Βημα 4: Επιστροφή σε privileged EXEC mode.

Χρησιμοποιήστε την εντολή end για την επιστροφή στο privileged EXEC mode.

```
R2(config-if)#end
```

```
R2#
```

Step 5: Σώστε την Παραμετροποίηση του R2.

```
R2#copy running-config startup-config
```

```
Building configuration...
```

```
[OK]
```

```
R2#
```

Δραστηριότητα 3: Ρυθμίστε IP Addressing στα Host VPCs.

Βήμα 1: Παραμετροποίηση VPC1.

Παραμετροποίηση του VPC1 που είναι συνδεδεμένο με τον R1 με την IP address 192.168.1.10 μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0 και προεπιλεγμένη πύλη. 192.168.1.1(Πίνακας 1)

Χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εντολές μέσα στην κονσόλα του VPC1.

```
Ip 192.168.1.1/24 192.168.1.1
```

```
Το /24 αντιστοιχεί σε μάσκα 255.255.255.0
```

Στο τέλος για αποθήκευση των παραμετροποιήσεων πληκτρολογήστε την εντολή

```
save
```

Βήμα 2: Παραμετροποίηση VPC2

Παραμετροποίηση του VPC1 που είναι συνδεδεμένο με τον R1 με την IP address 192.168.3.10 μάσκα υποδικτύου 255.255.255.0 και προεπιλεγμένη πύλη.192.168.3.1 (Πινάκας 1)

Εντολές όμοιες με το Βήμα 1

Σώστε το Configuration του VPC2

Δραστηριότητα 4: Επαλήθευση και test Παραμετροποιήσεων.

Βήμα 1: Επαληθεύστε ότι τα routing table των routers έχουν μέσα τα ακόλουθα routes χρησιμοποιώντας την εντολή show ip route και στους 2 routers.

Αυτό που σας ενδιαφέρει μετά την εκτέλεση της εντολής είναι να βρείτε και στους 2 routers δυο routes όμοια με αυτά που εμφανίζονται παρακάτω. Το γράμμα C μπροστά από τα routes σημαίνει ότι είναι directly connected networks δηλαδή δίκτυα που είναι καταχωρημένα σε κάποιο interface του router. Όπως θα δούμε σε επόμενα εργαστήρια στα routing table των routers θα υπάρχουν και εγγραφές από δίκτυα που μαθαίνουν από άλλους routers μέσω δυναμικών πρωτοκόλλων και θα εμφανίζουν μπροστά από τα routers άλλα γράμματα. Εάν δεν βλέπετε και τα δυο routes στο κάθε router όπως εμφανίζονται παρακάτω σημαίνει ότι κάτι δεν έχει παραμετροποιηθεί σωστά προχωρήστε στο βήμα 2.

R1#**show ip route**

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0

R1#

R2#**show ip route**

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0

C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

R2#

Βήμα 2: Επαλήθευση παραμετροποίησης interfaces.

Ένα πολύ κοινό πρόβλημα για ένα router interface είναι να μην είναι ενεργοποιημένο η ρυθμισμένο σωστά. Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για να επαληθεύσετε γρήγορα την κατάσταση των interface στον κάθε router.

Το αποτέλεσμα της παραπάνω εντολής για τους R1,R2 που πρέπει να έχουν είναι η παρακάτω (Εικόνα 3-2):

```
R1#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0    192.168.1.1     YES manual    up        ip
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset     administratively down down
Serial0/0/0        192.168.2.1     YES manual    up        ip
Serial0/0/1        unassigned      YES unset     administratively down down
Vlan1              unassigned      YES manual    administratively down down

R2#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0    192.168.3.1     YES manual    up        ip
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset     administratively down down
Serial0/0/0        192.168.2.2     YES manual    up        ip
Serial0/0/1        unassigned      YES unset     down      down
Vlan1              unassigned      YES manual    administratively down down
```

Εικόνα 3-2 Εντολή show ip interface brief

Εάν και τα δύο interface είναι up και up, τότε και τα δύο routes θα πρέπει να βρίσκονται στο routing table

Επιβεβαιώστε το και πάλι με την εντολή **show ip route**.

Βήμα3: Έλεγχος Συνδεσιμότητας.

Έλεγχος συνδεσιμότητας κάνοντας ping από κάθε Vpc την απομακρυσμένη πύλη του.

Από το VPC1 που είναι συνδεδεμένο R1, είναι επιτυχημένο το ping στην απομακρυσμένη πύλη του; _____

Από το VPC2 που είναι συνδεδεμένο R2, είναι επιτυχημένο το ping στην απομακρυσμένη πύλη του; _____

Εάν η απάντηση είναι όχι προσπαθήστε να επιλύσετε το πρόβλημα ελέγχοντας τα παρακάτω:

1.Ελέγξτε τα VPCs, είναι συνδεδεμένα με τους routers; _____

2.Ελέγξτε τα configuration των VPCs

Είναι σύμφωνα με αυτά της τοπολογίας του Πίνακα 1? _____

3. Ελέγξτε τα router interfaces με την εντολή show ip interface brief είναι και τα 2 up? _____

Εάν όλες οι απαντήσεις είναι ναι τότε θα πρέπει να κάνετε ping την κάθε απομακρυσμένη πύλη.

Βήμα 4: Έλεγχος συνδεσιμότητας μεταξύ R1 και R2.

Από τον R1, είναι εφικτό το ping στον R2 χρησιμοποιώντας την εντολή ping 192.168.2.2; _____

Από τον R2, είναι εφικτό το ping στον R1 χρησιμοποιώντας την εντολή ping 192.168.2.1; _____

Εάν η απάντηση είναι όχι προσπαθήστε να επιλύσετε το πρόβλημα ελέγχοντας τα παρακάτω:

1. Είναι οι routers διασυνδεδεμένοι με σειριακό καλώδιο; _____

2. Ελέγξτε τα configuration των routers

Είναι σύμφωνα με αυτά της τοπολογίας του Πίνακα 1? _____

2. Ελέγξτε τα router interfaces με την εντολή show ip interface brief είναι και τα 2 up ? _____

Εάν όλες οι απαντήσεις είναι ναι τότε θα πρέπει να κάνετε ping από τον R2 στον R1 και αντίστροφα.

Δραστηριότητα 5: Προβληματισμός

Βήμα 1: Δοκιμάστε να κάνετε ping από το VPC1 στο VPC2

Το ping θα αποτύχει.

Βήμα 2: Δοκιμάστε να κάνετε ping από το VPC1 στο router R2.

Το ping θα αποτύχει.

Βήμα 3: Δοκιμάστε να κάνετε ping από το VPC2 στο router R1.

Το ping θα αποτύχει.

Για ποιο λόγο δεν μπορούν να γίνουν τα ping;

Πριν το τέλος αυτού του εργαστηρίου μια πολύ χρήσιμη εντολή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στους router οποτεδήποτε θέλουμε να δούμε συγκεντρωτικά το configuration του router είναι η εντολή

Show running config

Το αποτέλεσμα αυτής της εντολής είναι το σύνολο των παραμετροποιήσεων που έχει ο router και αν το περιεχόμενο αυτό το σώσουμε σε ένα txt file μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως backup για το configuration που έχουμε φτιάξει ως τώρα.

4. ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

4.1. Περιγραφή Δρομολόγησης

Η δρομολόγηση είναι ο τρόπος με τον οποίο τα διευθυνσιοδοτημένα πακέτα, που αναλύσαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οδηγούνται στον προορισμό τους μέσω των ενδιάμεσων κόμβων (δρομολογητές).

Η δρομολόγηση γίνεται με βάση τους πίνακες δρομολόγησης και βάση αυτών προωθούνται και οδηγούνται τα πακέτα. Οι πίνακες δρομολόγησης υπάρχουν στους δρομολογητές, οι οποίοι διατηρούν μια εγγραφή για την βέλτιστη διαδρομή προς διάφορες κατευθύνσεις μέσα στο δίκτυο. Έτσι, η κατασκευή ενός σωστού πίνακα δρομολόγησης καταλήγει σε αποτελεσματική δρομολόγηση.

Σε πιο μικρά δίκτυα δρομολόγησης οι πίνακες δρομολόγησης μπορούν να συμπληρωθούν με το χέρι. Σε πιο πολύπλοκα δίκτυα με μεγαλύτερες τοπολογίες που αλλάζουν συνεχώς η καταγραφή ενός πίνακα δρομολόγησης είναι αρκετά δύσκολη. Τα περισσότερα δημόσια τηλεφωνικά δίκτυα μεταγωγής (PSTN) χρησιμοποιούν προϋπολογισμένους πίνακες δρομολόγησης με εφεδρικές διαδρομές. Η δυναμική δρομολόγηση, που θα αναλύσουμε παρακάτω, προσπαθεί να λύσει αυτό το πρόβλημα κατασκευάζοντας τους πίνακες δρομολόγησης αυτόματα. Η δυναμική δρομολόγηση βασίζεται στην πληροφορίες που μεταφέρουν τα πρωτόκολλα δρομολόγησης και έτσι βοηθάει το δίκτυο να λειτουργεί αυτόνομα.

Τα δίκτυα μεταγωγής πακέτων (packet-switched networks) όπως το Ίντερνετ, διαχωρίζουν τα δεδομένα σε πακέτα και το κάθε ένα περιέχει πληροφορίες για τον προορισμό και δρομολογούνται ξεχωριστά. Για παράδειγμα τα δίκτυα μεταγωγής κυκλώματος όπως τα τηλεφωνικά δίκτυα εκτελούν κι αυτά δρομολόγηση με σκοπό να βρουν διαδρομές για κυκλώματα (τηλεφωνικές κλήσεις) πάνω από τις οποίες μπορούν να στείλουν μεγάλο όγκο δεδομένων χωρίς να επαναλαμβάνουν συνεχώς την διεύθυνση προορισμού[11][12][18].

Ορισμός

Στα δίκτυα υπολογιστών η δρομολόγηση (routing) ορίζεται ως η διαδικασία κατά την οποία γίνεται η επιλογή της διαδρομής που θα σταλούν τα δεδομένα μέσα σε ένα δίκτυο. Πιο αναλυτικά κατά την διαδικασία της δρομολόγησης (routing) τα δεδομένα (πακέτα) μεταφέρονται από ένα δίκτυο σε ένα άλλο με βάση την διεύθυνση IP (IP address) του παραλήπτη. Για να μπορέσει να εκτελεστεί αυτή η διαδικασία υπεύθυνες είναι κάποιες συσκευές δικτύου που ονομάζονται δρομολογητές (routers).

Οι βασικές διαδικασίες που εκτελούνται κατά την μεταφορά από το ένα δίκτυο στο άλλο είναι οι εξής:

- Καθορισμός κατάλληλης διαδρομής για τα δεδομένα.
- Αφιξη δεδομένων στον τελικό προορισμό.

Όλη αυτή η διαδικασία της δρομολόγησης των πακέτων και ο καθορισμός της διαδρομής συμβαίνουν στο 3ο επίπεδο (επίπεδο δικτύου-network layer), στο μοντέλο του OSI.

4.1.1. Στατική Δρομολόγηση

Η στατική δρομολόγηση (static routing) είναι η δήλωση της δρομολόγησης στο configuration του router. Στο συγκεκριμένο είδος δρομολόγησης δεν επιβαρύνεται το router και τα interfaces του router. Από την άλλη μεριά στην στατική δρομολόγηση αν συμβεί μια σημαντική αλλαγή στο δίκτυο τότε πρέπει ο διαχειριστής του εκάστοτε router να κάνει ο ίδιος κάποια αλλαγή στη δρομολόγηση. Η στατική δρομολόγηση

αποτυπώνεται στο configuration του κάθε router. Κάθε εγγραφή στατικής δρομολόγησης περιγράφει ένα υποδίκτυο καθώς και το interface από το οποίο θα προωθηθεί ένα πακέτο για να φτάσει στο συγκεκριμένο υποδίκτυο. Υπάρχει περίπτωση για ένα υποδίκτυο να έχουμε δύο εγγραφές δρομολόγησης στο routing table του router. Για να αποφύγουμε αυτή την δυσλειτουργία χρησιμοποιούμε την έννοια του βάρους (metric), το οποίο είναι ένας αριθμός από το 0 έως το 255. Ορίζεται δηλαδή ένα είδος ποιότητας διαδρομής με την ποιότητα της διαδρομής να αυξάνει όσο ο αριθμός μικραίνει. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι μια διαδρομή μπορεί να έχει βάρος 0 (δηλαδή άριστη) έως 254 (δηλαδή χειρίστη). Βάρος με αριθμό 255 έχει μια διαδρομή όταν για λόγους βλάβης της γραμμής δεν λειτουργεί.

Μια διαδρομή με βάρος 255 δεν μπορεί να μεταφέρει και δεν δρομολογεί κανένα πακέτο διότι θεωρείται «κομμένη». Σημαντικό να αναφερθεί σε αυτήν την περίπτωση ότι υπάρχει ένα ιδεατό interface, το Null0 interface. Αυτό το interface είναι ένα ανύπαρκτο, κενό interface το οποίο λειτουργεί ως «μαύρη τρύπα», δηλαδή ότι δρομολογείται στο συγκεκριμένο interface χάνεται. Η χρήση αυτού του interface επιλέγεται όταν επιθυμούμε κάποια κίνηση προς ένα συγκεκριμένο υποδίκτυο να μην εμφανίζεται σε κανένα φυσικό interface αλλά να τερματίζει στο router. Όπως ένα ψεύτικο υποδίκτυο (10. xxx. yyy. 0) δεν θέλουμε να βγαίνει προς το Internet και το δρομολογούμε προς το interface Null0 [11][12][18].

4.1.2. Δυναμική Δρομολόγηση

Δυναμική δρομολόγηση

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω κατά τη διαδικασία της δυναμικής δρομολόγησης προσαρμόζεται δυναμικά στις αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου, μέσω της αποστολής των routing update μηνυμάτων. Με αυτόν τον τρόπο οι routers επικοινωνούν μεταξύ τους και ενημερώνουν την μεταξύ τους σχέση για την περιοχή ευθύνης τους. Έτσι ορίζεται ποιο δίκτυο χειρίζεται ο ένας και ποιο ο άλλος.

Στην περίπτωση που μια συγκεκριμένη διαδρομή για τον οποιονδήποτε λόγο οριστεί ως μη διαθέσιμη, οι κόμβοι πρέπει να πάρουν την απόφαση για μια εναλλακτική διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα δεδομένα για να φτάσουν στον προορισμό τους. Τις πιο πολλές φορές αυτό επιτυγχάνεται με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης τα οποία χρησιμοποιούν μία από τις δύο ευρείες κλάσεις αλγορίθμων δρομολόγησης οι οποίες είναι:

- Αλγόριθμος διανύσματος απόστασης
- Αλγόριθμος κατάστασης συνδέσμων

Οι συγκεκριμένοι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται ακόμα και σήμερα στο Διαδίκτυο [11][12][18].

Άμεση

Κατά την άμεση δρομολόγηση (direct) ένας κόμβος στέλνει IP datagrams σε κόμβο ίδιου υποδικτύου (ίδιου Ethernet segment). Έτσι με τα κατάλληλα μηνύματα (ARP) είναι ικανό να πληροφορήσει την φυσική διεύθυνση του άλλου κόμβου, να τοποθετήσει το datagram σε ένα MAC πλαίσιο με την φυσική διεύθυνση και να το μεταδώσει.

Έμμεση

Κατά την έμμεση δρομολόγηση (indirect), κάποιος κόμβος στέλνει IP datagrams σε κόμβο από διαφορετικό δίκτυο χρησιμοποιώντας κατάλληλους ενδιάμεσους κόμβους. Στην συγκεκριμένη περίπτωση όταν ένας κόμβος αναγνωρίσει ότι ένα IP datagram κατευθύνεται προς ένα κόμβο διαφορετικού δικτύου, τότε μέσα από ένα πίνακα δρομολόγησης που διαθέτει επιλέγει τον πιο σωστό δρομολογητή. Μέσω ενός ARP μηνύματος μαθαίνει την φυσική διεύθυνση του δρομολογητή αυτού και του στέλνει το IP datagram μέσα από ένα MAC πλαίσιο. Αν ο δρομολογητής είναι συνδεδεμένος και στο δίκτυο προορισμού τότε η πληροφόρηση γίνεται με παρόμοιο τρόπο όσο αναφορά την φυσική διεύθυνση του κόμβου προορισμού και του στέλνει το IP datagram. Από την άλλη πλευρά, σε αντίθετη περίπτωση βρίσκει με την σειρά του ένα δεύτερο δρομολογητή στην φυσική διεύθυνση του οποίου στέλνουμε το datagram, ο οποίος με την σειρά του θα εκτελέσει τις ίδιες λειτουργίες. Οι αποφάσεις που λαμβάνουν οι δρομολογητές γίνεται με βάση το δίκτυο προορισμού και όχι με βάση το σταθμό προορισμού. Αυτό σημαίνει ότι εξετάζουν αν είναι συνδεδεμένοι με δίκτυο, το οποίο έχει το ίδιο net id με το κόμβο προορισμού, διαφορετικά στέλνουν το datagram σε άλλο δρομολογητή, ο οποίος θα καθορίσει τη συνέχεια της διαδρομής. Συνοψίζοντας οι δρομολογητές σε ένα TCP/IP δίκτυο αποτελούν ένα συνεργαζόμενο σύνολο διασύνδεσης όπου τα datagrams περνούν τους δρομολογητές μέχρι να φτάσουν στο τελικό δρομολογητή όπου η άμεση δρομολόγηση θα μπορέσει να υλοποιηθεί.

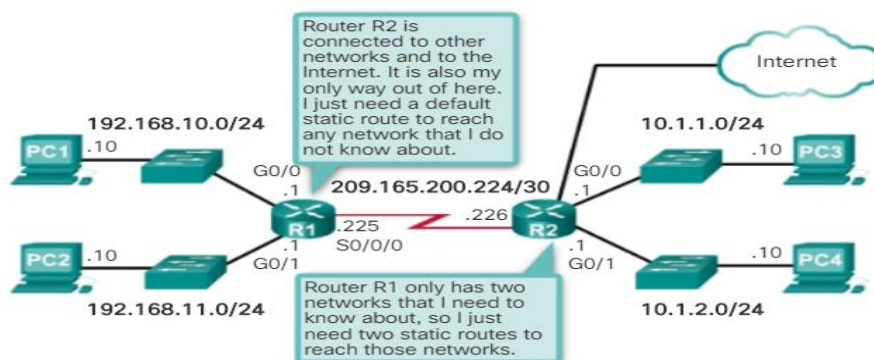
Στις επόμενες υποενότητες του κεφαλαίου 4 αναλύονται θεωρητικά τα πρωτοκολλά δυναμικής δρομολόγησης τα οποία θα χρησιμοποιηθούν και στα εργαστήρια των υπόλοιπων κεφαλαίων.

4.1.3. Σύγκριση στατικής και δυναμικής δρομολόγησης.

Αφού λοιπόν εξηγήσαμε και κατανοήσαμε τους ορισμούς για όλους τους τύπους δρομολόγησης που μπορούμε να κάνουμε είναι χρήσιμο να αναλύσουμε κάποιες βασικές διαφορές ανάμεσα στην στατική και δυναμική δρομολόγηση. Συνοψίζοντας, ένας δρομολογητής μπορεί να μάθει για τα απομακρυσμένα δίκτυα με έναν από τους δύο τρόπους[11][12][18]:

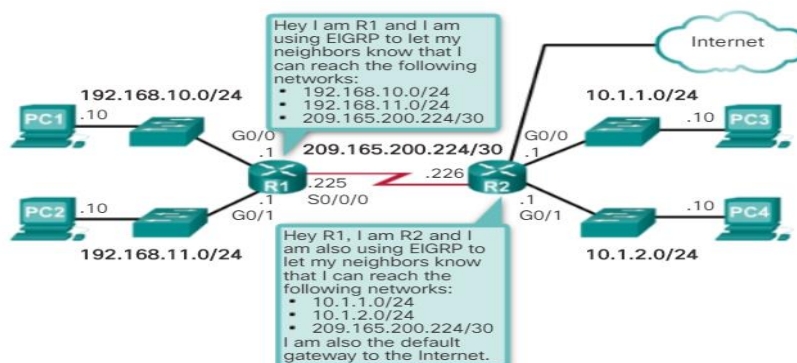
- **Μη αυτόματα** - Τα απομακρυσμένα δίκτυα εισάγονται με μη αυτόματο τρόπο στον πίνακα διαδρομών χρησιμοποιώντας στατικές διαδρομές.
- **Δυναμικά** - Οι απομακρυσμένες διαδρομές μάθουν αυτόματα χρησιμοποιώντας ένα δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης.

Η Εικόνα 4-1 που φαίνεται παρακάτω παρέχει ένα σενάριο δειγματοληψίας **στατικής δρομολόγησης**.



Εικόνα 4-1 Στατική Δρομολόγηση

Η Εικόνα 4-2 παρέχει ένα σενάριο δειγματοληψίας **δυναμικής δρομολόγησης**.



Εικόνα 4-2 Δυναμική Δρομολόγηση

Ένας διαχειριστής δικτύου μπορεί να ρυθμίσει με μη αυτόματο τρόπο μια στατική διαδρομή για να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο δίκτυο. Σε αντίθεση με ένα δυναμικό πρωτόκολλο δρομολόγησης, οι στατικές διαδρομές δεν ενημερώνονται αυτόματα και πρέπει να επαναρυθμίζονται με το χέρι κάθε φορά που αλλάζει η τοπολογία του

δικτύου. Μια στατική διαδρομή δεν αλλάζει, έως ότου ο διαχειριστής το επαναπροσδιορίσει με το χέρι[11][12][18].

Η στατική δρομολόγηση παρέχει ορισμένα **πλεονεκτήματα** σε σχέση με τη δυναμική δρομολόγηση, όπως[11][12][18]:

- Οι στατικές διαδρομές δεν διαφημίζονται στο δίκτυο, με αποτέλεσμα την καλύτερη ασφάλεια.
- Οι στατικές διαδρομές χρησιμοποιούν λιγότερο εύρος ζώνης από τα πρωτόκολλα δυναμικής δρομολόγησης, δεν χρησιμοποιούνται κύκλοι CPU για τον υπολογισμό και την επικοινωνία διαδρομών.
- Η διαδρομή που χρησιμοποιεί μια στατική διαδρομή για την αποστολή δεδομένων είναι γνωστή.

Η στατική δρομολόγηση έχει τα ακόλουθα **μειονεκτήματα**:

- Η αρχική διαμόρφωση και συντήρηση είναι χρονοβόρα.
- Η διαμόρφωση είναι επιρρεπής σε σφάλματα, ειδικά σε μεγάλα δίκτυα.
- Απαιτείται παρέμβαση διαχειριστή για τη διατήρηση αλλαγής πληροφοριών διαδρομής.
- Δεν εξελίσσεται με τα αναπτυσσόμενα δίκτυα. η συντήρηση καθίσταται δυσκίνητη.
- Απαιτεί πλήρη γνώση ολόκληρου του δικτύου για σωστή εφαρμογή.

Στην Εικόνα 4-3, συγκρίνονται δυναμικά και στατικά χαρακτηριστικά δρομολόγησης. Παρατηρήστε ότι τα πλεονεκτήματα μιας μεθόδου είναι τα μειονεκτήματα της άλλης. Οι στατικές διαδρομές είναι χρήσιμες για μικρότερα δίκτυα με μόνο μία διαδρομή προς ένα εξωτερικό δίκτυο. Παρέχουν επίσης ασφάλεια σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο για συγκεκριμένους τύπους κίνησης ή συνδέσμους σε άλλα δίκτυα που χρειάζονται περισσότερο έλεγχο. Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι η στατική και η δυναμική δρομολόγηση δεν αλληλοαποκλείονται. Αντίθετα, τα περισσότερα δίκτυα χρησιμοποιούν έναν συνδυασμό δυναμικών πρωτοκόλλων δρομολόγησης και στατικών διαδρομών. Αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα ο δρομολογητής να έχει πολλαπλές διαδρομές προς ένα δίκτυο προορισμού μέσω στατικών διαδρομών και δυναμικά εκπαιδευμένων διαδρομών. Ωστόσο, η διαχειριστική απόσταση (Administrative Distance) μιας στατικής διαδρομής είναι 1. Επομένως, μια στατική διαδρομή θα έχει προτεραιότητα σε σχέση με όλες τις διαδρομές με δυναμική μάθηση [11][12][18].s

	Dynamic Routing	Static Routing
Configuration Complexity	Generally independent of the network size	Increases with network size
Topology Changes	Automatically adapts to topology changes	Administrator intervention required
Scaling	Suitable for simple and complex topologies	Suitable for simple topologies
Security	Less secure	More secure
Resource Usage	Uses CPU, memory, link bandwidth	No extra resources needed
Predictability	Route depends on the current topology	Route to destination is always the same

Εικόνα 4-3 Σύγκριση Δυναμικής με Στατικής Δρομολόγησης

4.1.3.1. Πρωτόκολλο RIP (Routing Information Protocol)

Σε προηγούμενο κεφάλαιο ασχοληθήκαμε και αναλύσαμε την δυναμική δρομολόγηση. Στη στατική δρομολόγηση, ο διαχειριστής του δικτύου ρυθμίζει χειροκίνητα τις εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης. Δεδομένου ότι οι στατικές εντολές δρομολόγησης έχουν ως βασικό στοιχείο αναφοράς το δίκτυο προορισμού (destination network), για κάθε δίκτυο το οποίο αποτελείται από 3 και άνω δρομολογητές, απαιτείται συγκεκριμένος αριθμός εντολών (ανά κατεύθυνση). Η δουλειά του διαχειριστή μπορεί να γίνει πιο εξιδεικευμένη, εάν απαιτούνται και εναλλακτικές διαδρομές για τον ίδιο προορισμό. Γι' αυτό, μπορούμε να κάνουμε χρήση της δυναμικής δρομολόγησης. Στη δυναμική δρομολόγηση αξιοποιούνται ειδικοί μαθηματικοί αλγόριθμοι έτσι ώστε να γίνεται με αυτόματο τρόπο η συγκρότηση των πινάκων δρομολόγησης. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης φροντίζουν για τη μεταφορά της πληροφορίας και την ενημέρωση της κατάστασης του δικτύου. Έτσι, οι αλγόριθμοι δρομολόγησης που εκτελούνται στους δρομολογητές τροποποιούν δυναμικά τις εγγραφές στους πίνακες δρομολόγησης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυναμικά, και ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν ανά πάσα στιγμή στο δίκτυο, οι κανόνες που καθορίζουν τη διαδρομή από την πηγή στον προορισμό, επιτυγχάνοντας αυτοματοποιημένη και καλύτερη απόκριση του δικτύου σε απρόβλεπτες καταστάσεις, όπως π.χ. διάφορα προβλήματα ή αυξημένο φορτίο[13][14].

Δρομολόγηση Intra-AS και Inter-AS

Με τον όρο Internet στην τεχνολογία των δικτύων αναφερόμαστε σε δίκτυα τα οποία είναι δημοσίως προσβάσιμα (δηλαδή υπάρχουν εγγραφές γι' αυτά στους πίνακες δρομολόγησης των δημοσίων δρομολογητών). Για να έχουμε εγγραφές για όλα τα δίκτυα στους πίνακες δρομολόγησης θα έπρεπε όλοι οι δρομολογητές του διαδικτύου να συμμετέχουν σε έναν καθολικό αλγόριθμο δρομολόγησης. Κάτι τέτοιο όμως θα παρουσίαζε διαχειριστικά προβλήματα καθώς κανένας διαχειριστής δικτύου δεν θα ήθελε οι πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών του να τροποποιούνται (λόγω του αλγορίθμου δρομολόγησης) από δρομολογητές που δεν είναι στον έλεγχο του. Έτσι στην πράξη έχει υιοθετηθεί ένα ιεραρχικό σχήμα. Το Internet διαχωρίζεται πλέον σε διακριτές περιοχές που ονομάζονται Αυτόνομα Συστήματα (AS - Autonomous Systems). Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται σε ένα ανώτερο επίπεδο δόμησης - ομαδοποίησης των δικτύων, έτσι ώστε να απλοποιηθεί η οργάνωση και να μειωθεί το μέγεθος των πινάκων δρομολόγησης. Τα AS ορίζονται ως μια ομάδα υποδικτύων υπό κοινή διαχείριση, όπως ένας πάροχος internet, κάποιος μεγάλος οργανισμός ή μια εταιρία με μεγάλο εταιρικό δίκτυο και πολλές διασυνδέσεις με άλλα σημεία παρουσίας της. Ένα AS μπορεί να έχει μία μόνο σύνδεση με άλλο AS (Stub AS), πολλαπλές συνδέσεις με άλλα AS χωρίς να διαβιβάζει την κίνηση τους (Multihomed AS) ή να διαβιβάζει κίνηση πολλών AS (Transit AS). Οι δρομολογητές στο εσωτερικό ενός AS χρησιμοποιούν το ίδιο intra-AS πρωτόκολλο δρομολόγησης (IGP – Interior Gateway Protocol) για τη δρομολόγηση αποκλειστικά και μόνο εντός του αυτόνομου συστήματος. Οι εσωτερικοί δρομολογητές διαφορετικών AS μπορεί να χρησιμοποιούν δικά τους IGP πρωτόκολλα δρομολόγησης. Τα AS διασυνδέονται με ειδικούς δρομολογητές πύλες (BR – border routers), που είναι υπεύθυνοι για τη δρομολόγηση προς πιθανούς κόμβους εκτός του AS και χρησιμοποιούν πρωτόκολλο δρομολόγησης inter-AS με τους άλλους δρομολογητές BR. Επιπλέον, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης χωρίζονται σε EGP (Exterior Gateway Protocol), για δρομολογητές μεταξύ των διαφόρων AS, και IGP για δρομολογητές εσωτερικά στα διάφορα AS. Παρακάτω θα αναφερθούμε και σε ένα IGP πρωτόκολλο δρομολόγησης, το RIP [13][14].

Αλγόριθμος διανύσματος αποστάσεων (Distance vector – routing by rumor – Bellman Ford)

Σε κάθε αλγόριθμο δυναμικής δρομολόγησης το ζητούμενο είναι η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής μεταξύ ενός κόμβου και των απομακρυσμένων δικτύων των γειτονικών κόμβων που συμμετέχουν σε αυτόν. Η εύρεση της βέλτιστης διαδρομής εξαρτάται αποκλειστικά από τον αλγόριθμο δρομολόγησης. Για τον αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων, η βέλτιστη διαδρομή (απόσταση) είναι αυτή που έχει το ελάχιστο κόστος μεταξύ αφετηρίας και προορισμού. Στα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούν αλγόριθμο διανύσματος αποστάσεων, ο κάθε κόμβος δρομολόγησης μοιράζει την ενημέρωσή του για το δίκτυο που περιέχεται στον πίνακα δρομολόγησής του, με τους γειτονικούς του δρομολογητές, μέσω μηνυμάτων (διαφημίσεων). Αρχικά διαφημίζει μόνο τα άμεσα συνδεδεμένα σε αυτόν δίκτυα, αφού αυτά γνωρίζει μέσω των διεπαφών που διαθέτει σε καθένα άπαυτά. Αυτό γίνεται από όλους τους δρομολογητές, σε συνδυασμό με την αναδιαφήμιση νέας ενημέρωσης που λαμβάνουν. Έτσι, σιγά-σιγά εμπλουτίζονται όλοι οι πίνακες δρομολόγησης με την ενημέρωση όλων των δρομολογητών. Κάθε δρομολογητής μαθαίνει (και εμπιστεύεται) την πληροφορία που λαμβάνει από τους άλλους, γι' αυτό και λέμε ότι τα πρωτόκολλα αυτά υλοποιούν «δρομολόγηση μέσω φήμης» (routing by rumor). Ο πίνακας δρομολόγησης κάθε δρομολογητή εμπλουτίζεται με όλους τους πιθανούς προορισμούς (διευθύνσεις δικτύων). Κάθε μία τέτοια εγγραφή, εκτός από τη διεύθυνση δικτύου προορισμού, περιλαμβάνει και τη διεπαφή εξόδου και (προαιρετικά) την επόμενη πύλη (δρομολογητή) στην οποία θα αποσταλεί ένα πακέτο προς αυτόν τον προορισμό. Επιπλέον, περιλαμβάνει ένα μετρικό (metric), το οποίο τυπικά δείχνει πόσα βήματα (hops) μακριά βρίσκεται ο προορισμός του δρομολογητή. Το μετρικό χρησιμοποιείται για να μπορούν να συγκρίνονται μεταξύ τους εναλλακτικοί δρόμοι που μπορεί να υπάρχουν για τον ίδιο προορισμό, έτσι ώστε να μπαίνει στον πίνακα δρομολόγησης μόνο ο «καλύτερος», δηλαδή αυτός με τη μικρότερη απόσταση. Επειδή τα πρωτόκολλα αυτά χρησιμοποιούν τις έννοιες της κατεύθυνσης (διεπαφή εξόδου) και της απόστασης (metric) για κάθε προορισμό, ονομάζονται «πρωτόκολλα δρομολόγησης διανύσματος απόστασης» (distance-vector routing protocols). Κάθε κόμβος γνωρίζει την απόσταση (αλλιώς μπορεί να θεωρείται ως κόστος) για τους άμεσα συνδεδεμένους με αυτόν γείτονες, και μπορεί να υπολογίσει την ελάχιστη απόσταση προς όλα τα πιθανά δίκτυα προορισμού προσθέτοντας τη δική του απόσταση σε αυτές που λαμβάνει από τους άλλους κόμβους και επιλέγοντας την ελάχιστη. Συγκεκριμένα, ο πίνακας δρομολόγησης αποτελεί τον πίνακα αποστάσεων, στον οποίο υπάρχει μία σειρά για κάθε δυνατό προορισμό και μία στήλη για κάθε άμεσα συνδεδεμένο γειτονικό κόμβο. Ανά τακτά διαστήματα ο δρομολογητής στέλνει τα δικά του διανύσματα αποστάσεων (τον πίνακα δρομολόγησης) στους γείτονές του. Όταν λάβει τη διαφήμιση ενός νέου διανύσματος απόστασης από ένα γείτονα, ενημερώνει το δικό του διάνυσμα ελάχιστων αποστάσεων προς τους γνωστούς προορισμούς. Έτσι, ο κόμβος X, για κάθε προορισμό Y, υπολογίζει την απόσταση ως $dX(Y) = \min\{c(X,V) + dV(Y)\}$, όπου το \min λαμβάνεται για όλους τους γείτονες V του X. Ο γειτονικός κόμβος V για τον οποίο ισχύει το $\min dX(Y)$ είναι το επόμενο βήμα στον πίνακα προώθησης του X για τον προορισμό Y. Μετά από μερικές αλλαγές οι αποστάσεις συγκλίνουν στις ελάχιστες του κόστους. Κάθε φορά που ένας δρομολογητής εντοπίσει μια αλλαγή στο δίκτυο (π.χ. μετά από πιθανό κόψιμο μιας διεπαφής του), ενημερώνει τον πίνακα δρομολόγησής του, τόσο για τη συγκεκριμένη αλλαγή, όσο και για τους πιθανούς εναλλακτικούς δρόμους προς τα δίκτυα προορισμού μέσω των υπολοίπων διεπαφών που διαθέτει. Στη συνέχεια διαφημίζει την αλλαγή στους άλλους δρομολογητές και αυτοί ακολούθως, ενημερώνουν τον πίνακα δρομολόγησής τους και ανα-διαφημίζουν την αλλαγή (των πινάκων δρομολόγησης) στους άλλους. Με αυτό τον τρόπο οι αλλαγές προωθούνται σταδιακά σε όλο το δίκτυο. Λόγω αυτής της διαδικασίας ενημέρωσης και προώθησης μπορεί να υπάρχει καθυστέρηση στην ενημέρωση όλων των δρομολογητών του δικτύου για τη νέα

κατάσταση (σύγκλιση – convergence) και γι' αυτό τα πρωτόκολλα αυτά θεωρούνται ότι συγκλίνουν αργά [13][14].

Διαχειριστικές Αποστάσεις - Administrative Distances.

Στον πίνακα δρομολόγησης κάθε δρομολογητή υπάρχουν πολλές εγγραφές, μία για κάθε συνδεδεμένο (connected) δίκτυο και μία ή περισσότερες για κάθε δίκτυο προορισμού. Οι εγγραφές δρομολόγησης μπορεί να είναι τριών ειδών: i) συνδεδεμένες (connected), που υπάρχουν λόγω των διεπαφών που διαθέτει ο δρομολογητής, ii) στατικές (static), που έχουν εισαχθεί από τον διαχειριστή και iii) δυναμικές (dynamic), που έχουν τοποθετηθεί από τα πρωτόκολλα δρομολόγησης που υλοποιούνται στον δρομολογητή. Κάθε εγγραφή μπορούμε να πούμε ότι έχει μια «ποιότητα», η οποία ως έννοια αναφέρεται στην εμπιστοσύνη που μπορεί να έχει ο δρομολογητής ως προς την πληροφορία που αυτή αντιπροσωπεύει. Προφανώς την καλύτερη «ποιότητα» έχουν οι εγγραφές για τα συνδεδεμένα δίκτυα, μετά οι στατικές (αφού έχουν μπει από τον διαχειριστή χειροκίνητα) και τέλος οι δυναμικές. Επιπλέον, στον δρομολογητή μπορεί να υλοποιούνται πολλαπλά πρωτόκολλα δρομολόγησης και όλα δύναται να τοποθετήσουν εγγραφές στον πίνακα. Για το λόγο αυτό ο δρομολογητής χρειάζεται ένα μετρικό που να αντανakλά την «ποιότητα» των εγγραφών, έτσι ώστε να μπορεί να τις διαχωρίζει και να διαλέγει την επικρατέστερη, η οποία θα τοποθετηθεί τελικά στον πίνακα δρομολόγησης. Η «ποιότητα» αυτή ονομάζεται διαχειριστική απόσταση (AD – administrative distance) και χαρακτηρίζει την πηγή (connected, static, dynamic routing protocol) που την παρήγαγε. Οι εγγραφές για άμεσα συνδεδεμένα δίκτυα έχουν AD 0, οι στατικές έχουν AD 1 και οι δυναμικές έχουν το AD του πρωτοκόλλου δρομολόγησης που τις παράγει. Π.χ. το RIP έχει AD 120, το OSPF 110 και το external BGP 20 [13][14].

Router Information Protocol (RIP)

Ο αλγόριθμος RIP ανήκει στην κατηγορία των πρωτοκόλλων διανυσμάτων απόστασης που σαν κόστος (route metric) έχει τον αριθμό των βημάτων (hops). Ως εκ τούτου το πρωτόκολλο δρομολόγησης προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τον αριθμό των βημάτων μεταξύ της αφετηρίας και του προορισμού (δικτύου προορισμού). Ο μέγιστος αριθμός των βημάτων που μπορεί να δεχθεί το πρωτόκολλο είναι 15. Τα διανύσματα αποστάσεων ανταλλάσσονται μεταξύ γειτόνων κάθε 30 sec (update timer) μέσω μηνύματος που ονομάζεται διαφήμιση RIP (RIP advertisement). Κάθε διαφήμιση είναι μια λίστα που περιέχει έως 25 υποδίκτυα προορισμού μέσα στα AS. Στο RIP πρωτόκολλο, αν δεν ληφθεί διαφήμιση μιας δυναμικής εγγραφής δρομολόγησης εντός 180 sec (invalid timer), ο προορισμός αυτός θεωρείται μη προσβάσιμος (invalid ή non-reachable). Αν περάσουν 240 sec (flush timer) τότε η εγγραφή αφαιρείται τελείως από τον πίνακα δρομολόγησης. Αν μια εγγραφή ενημερωθεί με μεγαλύτερη απόσταση, κλειδώνει (και δεν επιτρέπεται νέα αλλαγή) για 180 sec (hold-downtimer). Αν κοπεί μια διεπαφή, οι διαδρομές μέσω του γείτονα που βρίσκεται πάνω σε αυτήν ακυρώνονται και, αν υπάρχουν εναλλακτικές τοποθετούνται στον πίνακα δρομολόγησης. Η αλλαγή διαφημίζεται στους άλλους γείτονες, οι οποίοι με τη σειρά τους ενημερώνουν τους πίνακες δρομολόγησης τους και στέλνουν νέες διαφημίσεις στους άλλους. Έτσι, η πληροφορία για τη διακοπή της ζεύξης διαδίδεται σε όλο το δίκτυο. Επειδή στο RIP η διάδοση των μηνυμάτων είναι αργή, αυτό μπορεί να οδηγήσει σε σχηματισμό βρόχων (loops) ή στο λεγόμενο «μέτρηση ως το άπειρο» (count to infinity), στο οποίο οι δρομολογητές αναδιαφημίζουν τον ίδιο δρόμο, με συνεχώς αυξανόμενη απόσταση. Το RIP για να αποφύγει τέτοια προβλήματα χρησιμοποιεί μια σειρά από μηχανισμούς. Καταρχήν, με τα trigger updates, εξασφαλίζεται ότι η πληροφορία για την αλλαγή της μετρικής σε μια εγγραφή θα αποσταλεί άμεσα προς τους άλλους. Με το maximum hop count, όταν η απόσταση φτάσει το 16, τότε αυτός ο δρόμος θεωρείται άκυρος και παύει να χρησιμοποιείται. Ένας άλλος μηχανισμός είναι η «δηλητηρίαση δρόμου» (route poisoning). Σε αυτόν, όταν ένας δρομολογητής ανιχνεύσει την διακοπή ενός συνδεδεμένου δικτύου, διαφημίζει τη μη προσβασιμότητα αυτού του προορισμού στους γείτονές του θέτοντας την απόσταση στο μέγιστο (16). Αποτελεί δηλαδή ένα άμεσο σήμα προς τους άλλους δρομολογητές να θεωρήσουν αυτό το δρόμο ως άκυρο. Αυτό, σε συνδυασμό με το hold-downtimer, αποτρέπει την επανεισαγωγή μη έγκυρων δρόμων που μπορεί να δημιουργήσουν βρόχο δρομολόγησης. Άλλος μηχανισμός είναι ο «χωρισμός ορίζοντα» (splithorizon). Με αυτόν, ένας δρομολογητής δεν αναδιαφημίζει ένα δρόμο από τη διεπαφή που τον έμαθε (δηλαδή δεν τον επιστρέφει στον δρομολογητή που του τον έστειλε). Αυτό μπορεί να συνδυαστεί και με την «δηλητηρίαση αντιστρόφου» (poison reverse), όπου ένας δρομολογητής δηλητηριάζει τη διαφήμιση ενός δρόμου στη διεπαφή που την έλαβε (αντί να μην τη διαφημίσει). Το αποτέλεσμα είναι η εξάλειψη των περισσοτέρων βρόχων δρομολόγησης πριν αυτοί περάσουν στο υπόλοιπο δίκτυο[13][15].

Συνοψίζοντας το πρωτόκολλο RIP λειτουργεί πολύ σωστά σε μικρά δίκτυα αλλά δεν είναι τόσο αποτελεσματικό σε μεγάλα δίκτυα με αργά WAN links καθώς επίσης και σε μεγάλα δίκτυα με μεγάλο αριθμό router. Ακόμη το πρωτόκολλο αυτό είναι τελείως άχρηστο σε δίκτυα που έχουν link με μεταβλητό μήκος. Το πρωτόκολλο αυτό χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- RIP Version 1 (RIPv1)
- RIP Version 2 (RIPv2)

Router Information Protocol version 1 (RIP v1)

Το RIPv1 πρωτόκολλο είναι classfulπρωτόκολλο, δηλαδή χρησιμοποιείται σε δίκτυα που έχουν την ίδια μάσκα υποδικτύου. Όταν στο router εφαρμόζεται το συγκεκριμένο πρωτόκολλο το router στέλνει περιοδικά ενημερώσεις στα υπόλοιπα router που εφαρμόζουν το RIPv1 .Στις ενημερώσεις αυτές δεν περιλαμβάνεται η μάσκα υποδικτύου, καθώς το πρωτόκολλο θεωρεί πως όλοι έχουν την ίδια subnet mask.

Σχετικά με τον όρο classful, όταν θέλουμε ένα δίκτυο να το διαιρέσουμε σε περισσότερα υποδίκτυα τότε δημιουργούμε τα υποδίκτυα αυτά αρχικά. Δημιουργώντας λοιπόν τα υποδίκτυα αυτά αλλάζουμε την μάσκα υποδικτύου (subnetmask) ανάλογα με τις απαιτήσεις. Για να το επιτύχουμε αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι να σπάσουμε το δίκτυο μας σε επιμέρους δίκτυα και να παραμετροποιήσουμε την μάσκα υποδίκτυου με έναν απλό τρόπο ώστε να εξυπηρετεί το πλάνο μας αλλά και ταυτόχρονα να δεσμεύσουμε πολλές IP. Στον τρόπο αυτό χρησιμοποιούμε μία μόνο σταθερού μήκους μάσκα (π.χ. subnetmask: 255.255.255.0 → δηλ. /24). Το πρόβλημα με αυτόν τον εύκολο τρόπο είναι η δέσμευση πολλών IPδιευθύνσεων χωρίς να τις χρησιμοποιούμε όμως, κάτι που δεν ενδείκνυται.

Router Information Protocol version 2 (RIP v2)

Το RIPv2 πρωτόκολλο είναι classless πρωτόκολλο, δηλαδή χρησιμοποιείται σε δίκτυα που δεν έχουν την ίδια μάσκα υποδικτύου. Όταν στο router εφαρμόζεται το συγκεκριμένο πρωτόκολλο το router στέλνει περιοδικά ενημερώσεις στα υπόλοιπα router που εφαρμόζουν το RIPv2. Στις ενημερώσεις αυτές περιλαμβάνεται πλέον η μάσκα υποδικτύου, καθώς είναι απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία το δικτύου και δεν θεωρεί πως όλοι έχουν την ίδια subnet mask. Το RIPv2 χρησιμοποιείται δηλαδή σε VLSM δίκτυα. Το RIPv2 πρωτόκολλο αποτελεί όπως καταλάβατε την εξέλιξη του RIPv1.

VLSM (Variable Length Subnet mask) είναι η εφαρμογή μασκών υποδικτύου μεταβλητού μήκους. Σε κάθε ένα υποδίκτυο υπάρχει πολλές φορές διαφορετική subnet mask (π.χ. 255.255.255.0 → 24 στο ένα router και 255.255.255.128 → /25 στο άλλο router). Με αυτόν τον τρόπο γλυτώνουμε την δέσμευση πολλών IP που ούτως ή άλλως δεν θα χρησιμοποιούσαμε. Δηλαδή μπορούμε να ρυθμίσουμε ανάλογα με το πλάνο μας πόσους host και πόσα υποδίκτυα θέλουμε να έχουμε αλλά και πόση επεκτασιμότητα θέλουμε να δώσουμε στο δίκτυο μας [13][15].

4.1.3.2. Πρωτόκολλο EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)

Το EIGRP αποτελεί τη μετεξέλιξη του IGRP η οποία προήλθε από την διαφοροποίηση των δικτυακών απαιτήσεων εξαιτίας της σημαντικής ανάπτυξης των διαδικτυακών κόμβων και κυρίως του Internet. Το EIGRP ενοποιεί τα χαρακτηριστικά και τις ικανότητες των link-state στα distance-vector πρωτόκολλα. Είναι συμβατό με IGRP routers οπότε μπορεί να προστεθεί σταδιακά σε ήδη υπάρχοντα IGRP δίκτυα. Χρησιμοποιεί ακριβώς τις ίδιες μμετρικές με το IGRP με αποτέλεσμα να είναι απολύτως συγκρίσιμες, σαν να πρόκειται για διαδρομές από το ίδια Αυτόνομά Συστήματα. Το EIGRP θεωρεί τις IGRP διαδρομές εξωτερικές, έτσι ώστε ο διαχειριστής του δικτύου να τις προσαρμόσει στις απαιτήσεις του συστήματος του [16].

Το πρωτόκολλο EIGRP, αφού πρώτα έχει επιτευχθεί η άμεση γειτονία μεταξύ δύο τουλάχιστον router, ρυθμίζει την ανταλλαγή δρομολογίων. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη των μηνυμάτων του Hello protocol, τα οποία ανταλλάσσονται ανά τακτά διαστήματα και τα οποία ορίζονται από τους χρόνους ανταλλαγής αυτών των πακέτων.

Τα δίκτυα υπολογιστών που συνδέονται με το πρωτόκολλο EIGRP είναι πιο αναπτυγμένα δομικά.

Οι βασικές διαφορές μεταξύ του EIGRP και του IGRP είναι:

- Συμβατικότητα
- Metric
- HopCount
- Αναδόμηση του πρωτοκόλλου
- Routetagging

Χαρακτηριστικά:

- Το EIGRP υποστηρίζει multiprotocols. Αυτό συμβαίνει γιατί το συγκεκριμένο πρωτόκολλο δεν διακινεί τα πακέτα μέσω του TCP, αλλά μέσω μιας δικιάς του σουίτας του, την RTP.
- Επιτυγχάνεται γρήγορη σύγκλιση (fast convergence) αφού ένας EIGRP router αποθηκεύει τους πίνακες δρομολόγησης των γειτονικών του ώστε να υιοθετεί γρήγορα εναλλακτικές διαδρομές. Αν δεν υπάρχει εναλλακτική διαδρομή ο EIGRP router στέλνει queries στους γειτονικούς του μέχρι να βρεθεί τουλάχιστον μία.
- Οι διαδρομές συνοψίζονται αυτόματα αφού το EIGRP πρωτόκολλο υποστηρίζει μάσκες υποδικτύου μεταβλητού μήκους (variable length subnetmasks).
- Στο EIGRP δεν στέλνονται περιοδικά updates σε όλους τους routers αλλά μόνο όταν αλλάζει η μετρική για μια διαδρομή και μόνο στους routers που χρειάζεται να μάθουν την πληροφορία αυτή. Έτσι, μμειώνεται σημαντικά σε σχέση με το IGRP το εύρος ζώνης που καταναλώνεται.
- Το EIGRP χρησιμοποιεί πακέτα τύπου hello and acknowledgement, τύπου update και τύπου query and reply. Προκειμένου να παρέχει καλή απόδοση στη δρομολόγηση το EIGRP χρησιμοποιεί τις παρακάτω τεχνολογίες οι οποίες συνδυαζόμενες, το κάνουν να διαφέρει από τα άλλα πρωτόκολλα [16]:

- ✓ Neighbor discovery/recovery. Μέσω αυτής της διαδικασίας οι routers λαμβάνουν πληροφορίες για τους γειτονικούς τους και μαθαίνουν αν είναι εφικτή η σύνδεση μαζί τους.
- ✓ Reliable Transport Protocol (RTP). Το πρωτόκολλο αυτό είναι υπεύθυνο για την σωστή παράδοση των EIGRP πακέτων στους γειτονικούς routers που ζήτησαν πληροφορία. Το RTP προβλέπει να στέλνονται γρήγορα multicast πακέτα όταν δεν έχει επιβεβαιωθεί η λήψη ώστε να διατηρείται ο χρόνος σύγκλισης σε χαμηλά επίπεδα προκειμένου για συνδέσεις διαφορετικών ταχυτήτων.
- ✓ DUAL finite-state machine. Η τεχνολογία αυτή συστηματοποιεί την διαδικασία υπολογισμού των διαδρομών που γνωστοποιούνται από τους γειτονικούς routers με προφανή θετική επίδραση στο χρόνο σύγκλισης.
- ✓ Protocol-dependent modules. Τα modules αυτά έχουν την ευθύνη της μεταφοράς των EIGRP πακέτων για απαιτήσεις επιπέδου δικτύου.

Που βασίζεται το EIGRP.

Το **EIGRP (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol)** είναι ένα προηγμένο πρωτόκολλο δρομολόγησης διάνυσμα εξ απόστασης. Αυτό το πρωτόκολλο είναι μια εξέλιξη ενός παλαιότερου πρωτοκόλλου της Cisco που ονομάζεται IGRP, το οποίο θεωρείται τώρα ξεπερασμένο. Το EIGRP υποστηρίζει δρομολόγηση χωρίς ταξίδια και VLSM, σύνοψη δρομολογίων, αυξημένες ενημερώσεις, φόρτωση φορτίου και πολλά άλλα χρήσιμα χαρακτηριστικά. Είναι ένα πρωτόκολλο Cisco proprietary, έτσι ώστε όλοι οι δρομολογητές σε ένα δίκτυο που εκτελεί το EIGRP πρέπει να είναι δρομολογητές Cisco [16].

Οι δρομολογητές που εκτελούν το EIGRP πρέπει να γίνουν γείτονες πριν ανταλλάξουν πληροφορίες δρομολόγησης. Για να εντοπιστούν δυναμικά οι γείτονες, οι δρομολογητές EIGRP χρησιμοποιούν τη διεύθυνση multicast του 224.0.0.10. Κάθε δρομολογητής EIGRP αποθηκεύει πληροφορίες δρομολόγησης και τοπολογίας σε τρεις πίνακες:

Neighbor Table: Αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τους γείτονες του EIGRP. Όταν ένας router ανακαλύπτει έναν καινούριο γειτονικό του, καταγράφει την διεύθυνσή του σαν είσοδο στον γειτονικό πίνακα (Neighbor Table). Παράλληλα, σε αυτήν την είσοδο περιέχεται πληροφορία που απαιτείται από το RTP.

Topology Table: Αποθηκεύει τις πληροφορίες δρομολόγησης που μαθαίνουν από τους γειτονικούς δρομολογητές. Ο πίνακας τοπολογίας (Topology Table) περιέχει τους προορισμούς που γνωστοποιούνται από τους γειτονικούς routers.

RouteState: Αποθηκεύει τις καλύτερες διαδρομές. Η είσοδος στον πίνακα τοπολογίας για έναν προορισμό μπορεί να είναι σε μία από τις εξής δύο καταστάσεις (states): ενεργή (active) ή όχι (passive). Ένας προορισμός είναι ενεργός όσο ο router πραγματοποιεί την διαδικασία υπολογισμού των αντίστοιχων διαδρομών.

Το πρωτόκολλο EIGRP, τα καταχωρεί στην μνήμη RAM του router ώστε να μπορεί να έχει γρήγορη και άμεση πρόσβαση σε αυτά.

Η διοικητική απόσταση του EIGRP είναι 90, η οποία είναι μικρότερη τόσο από την διοικητική απόσταση του RIP όσο και από τη διοικητική απόσταση της OSPF, έτσι ώστε οι διαδρομές EIGRP να προτιμώνται σε σχέση με αυτές τις διαδρομές. Το EIGRP χρησιμοποιεί το Reliable Transport Protocol (RTP) για την αποστολή μηνυμάτων[16].

Το EIGRP υπολογίζει τη μετρική του χρησιμοποιώντας το εύρος ζώνης, την καθυστέρηση, την αξιοπιστία και το φορτίο. Από προεπιλογή, χρησιμοποιούνται μόνο το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση κατά τον υπολογισμό της μέτρησης, ενώ η αξιοπιστία και το φορτίο έχουν οριστεί στο μηδέν.

Το EIGRP χρησιμοποιεί την έννοια των Αυτόνομων Συστημάτων (ΑΣ). Ένα αυτόνομο σύστημα είναι ένα σύνολο δρομολογητών με δυνατότητα EIGRP που πρέπει να γίνουν γείτονες του EIGRP. Κάθε δρομολογητής μέσα σε αυτόνομο σύστημα πρέπει να έχει τον ίδιο αυτόνομο αριθμό συστήματος ρυθμισμένο, διαφορετικά οι δρομολογητές δεν θα γίνουν γείτονες.

EIGRP Neighbors

Το EIGRP πρέπει να δημιουργήσει σχέσεις με άλλους γειτονικούς δρομολογητές πριν από την ανταλλαγή πληροφοριών δρομολόγησης. Για να δημιουργήσουν σχέσεις, οι δρομολογητές στέλνουν πακέτα κάθε δύο δευτερόλεπτα. Τα πακέτα Hello αποστέλλονται στη διεύθυνση multicast του 224.0.0.10.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Στις διεπαφές LAN διαβιβάζονται hellos κάθε 5 δευτερόλεπτα. Σε διασυνδέσεις WAN κάθε 60 δευτερόλεπτα.

Τα παρακάτω πεδία σε ένα πακέτο hello πρέπει να είναι τα ίδια ώστε να μπορέσουν να επικοινωνήσουν οι δρομολογητές[16]:

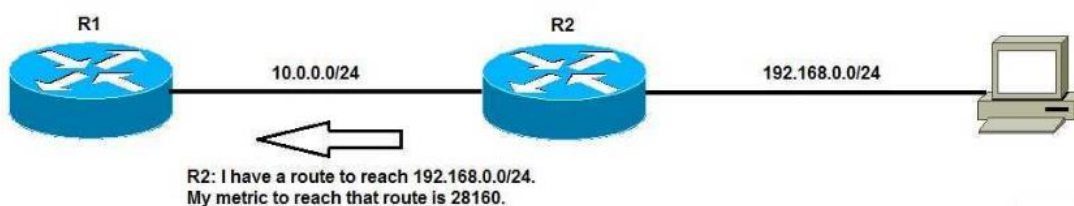
- ASN (αυτόνομος αριθμός συστήματος)
- Αριθμός υποδικτύου (subnetnumber)
- Οι τιμές K (στοιχεία μετρικής)

Οι δρομολογητές στέλνουν πακέτα κάθε δύο δευτερόλεπτα για να διασφαλίσουν ότι η σχέση μεταξύ τους έχει πέσει κάτω από τη λήξη του χρονοδιακόπτη παραμονής. Ο χρονομέτρηση; είναι, από προεπιλογή, τρεις φορές το διάστημα hello. Στο δίκτυο LAN ο χρονομετρητής είναι 15 δευτερόλεπτα.

Στο πρωτόκολλο EIGRP, ένας τοπικός router υπολογίζει το metric για την κάθε διαδρομή. Πιο συγκεκριμένα αυτά τα metric αναλύονται παρακάτω:

- **Reported (advertised) distance (RD or AD)** : Το metric που προβάλλεται από ένα γειτονικό δρομολογητή για μια συγκεκριμένη διαδρομή. Πιο αναλυτικά είναι το metric της διαδρομής, το οποίο χρησιμοποιείται από το γειτονικό router για να φτάσει στο συγκεκριμένο network.
- **Feasible distance (FD)** : Το metric του τοπικού router ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη διαδρομή για να φτάσει στο συγκεκριμένο network. Το metric αυτό υπολογίζεται χρησιμοποιώντας advertised distance (AD) συν την διαδρομή που αναφέρει ο γειτονικός router. Η διαδρομή με το μικρότερο FD θα καταγραφεί στο πίνακα δρομολόγησης (routing table).

Στη παρακάτω Εικόνα 4-4 φαίνεται ένα απλό παράδειγμα ώστε να γίνει πιο κατανοητή η βασική ιδέα των δύο αυτών metric:



Εικόνα 4-4 Βασικό παράδειγμα υπολογισμού metric RD και FD

Το συγκεκριμένο δίκτυο αποτελείται από δυο router. Το πρωτόκολλο EIGRP χρησιμοποιείται και από τους δύο router και η μεταξύ τους «σχέση» είναι καθορισμένη, όπως δείχνει και το σχήμα. Το R2 είναι απευθείας συνδεδεμένο με το υποδίκτυο **192.168.0.0/24** και δείχνει αυτό το υποδίκτυο χρησιμοποιώντας το EIGRP στο R1. Το metric του R2 για να φτάσει αυτό το υποδίκτυο είναι 28160. Έτσι το R1 θα χρησιμοποιήσει αυτό το metric για να υπολογίσει το δικό του metric, ώστε να καταφέρει να φτάσει στο υποδίκτυο **192.168.0.0/24**. Οι τιμές αυτές θα καταγραφούν στο topology table του R1 (Εικόνα 4-5) [16].

```
R1#show ip eigrp topology
IP-EIGRP Topology Table for AS 1

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
       r - Reply status

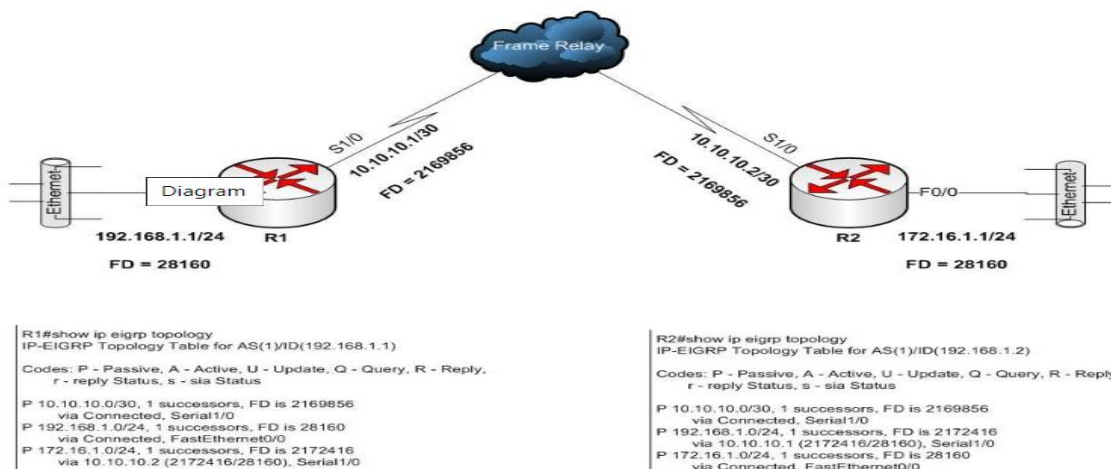
P 10.0.0.0/24, 1 successors, FD is 28160
   via Connected, FastEthernet0/0
P 192.168.0.0/24, 1 successors, FD is 30720
   via 10.0.0.2 (30720/28160), FastEthernet0/0
```

Εικόνα 4-5 Πίνακας Τοπολογίας EIGRP

Σημαντικό να παρατηρηθούν οι υπογραμμισμένοι αριθμοί (30720/28160). Ο 30720 αντιπροσωπεύει το **feasible distance (metric)** του R1 για να φτάσει το υποδίκτυο 192.168.0.0/24. Ο 28160 αντιπροσωπεύει το **advertised distance(metric)** του R2 για να φτάσει σε αυτό το υποδίκτυο.

Απλό παράδειγμα για τον υπολογισμό του metric στο EIGRP.

Για την καλύτερη κατανόηση του υπολογισμού των metric που αναφέρθηκαν παραπάνω, κρίνεται σκόπιμο να δοθεί ένα απλό παράδειγμα (Εικόνα 4.6):



Εικόνα 4-6 Βασικό παράδειγμα λειτουργίας EIGRP

Το παραπάνω σχήμα απεικονίζει ένα απλό network με δύο router οι οποίοι χρησιμοποιούν το EIGRP για τη δρομολόγηση μεταξύ των διαφόρων δικτύων στα οποία συνδέονται. Στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι συνδεδεμένοι με ένα frame-relaylink (1.544 Mbps) και ο κάθε ένας ξεχωριστά είναι συνδεδεμένος με ένα δίκτυο Ethernet (100 Mbps).

Τα Feasible Distances (FD) σε αυτό το παράδειγμα είναι σωστά και είναι εύκολο να υπολογιστούν. Το κάθε Ethernet interface έχει FD της τάξης του **28160**. Αυτό υπολογίζεται απο την default σχέση για το metric και χρειάζεται να εξετασθεί μόνο το εύρος ζώνης και η καθυστέρηση.

Metric = 256 x [bandwidth_metric + delay_metric]

Όπου:

$bandwidth+metric = 10,000,000 / lowest_path_bandwidth (kbps)$

$delay_metric = sum_of_path_delay (tens\ of\ microseconds)$

Το bandwidth που χρησιμοποιείται είναι το χαμηλότερο εύρος ζώνης που χρησιμοποιείται κατά μήκος μιας διαδρομής προς έναν προορισμό, στην περίπτωση του παραδείγματος είναι 100Mbps. Αυτό το bandwidth υπολογίζεται από το bandwidth που έχει ρυθμιστεί στο interface και μπορεί να αλλάξει.

Έτσι λοιπόν, το metric του bandwidth υπολογίζεται λαμβάνοντας 10.000.000 και διαιρώντας το με bandwidth σε kbps. Έτσι για αυτό το παράδειγμα ο υπολογισμός είναι:

$$10.000.000 / 100.000 = 100$$

Η καθυστέρηση υπολογίζεται προσθέτοντας την καθυστέρηση ολόκληρης της διαδρομής και μετριέται σε δεκάδες μικροδευτερόλεπτα. Ωστόσο υπάρχει η πιθανότητα «σύγχυσης» καθώς η καθυστέρηση που εμφανίζεται όταν χρησιμοποιείται το IOS είναι σε μικροδευτερόλεπτα και έτσι μπορεί να αλλάξει το interface με την εντολή καθυστέρησης. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η καθυστέρηση των 100 Mbps Ethernet interface είναι 100 μικροδευτερόλεπτα και γράφεται ως 10 δεκάδες μικροδευτερολέπτων. Έτσι προσθέτουμε bandwidth και την καθυστέρηση για να φτάσουμε το 110 και στην συνέχεια πολλαπλασιάζουμε με το 256 που σαν αποτέλεσμα έχει το 28160.

Με τον ίδιο τρόπο μπορεί να υπολογιστεί και το serial interface FD. Το bandwidth είναι 1.544 Mbps άρα 1,544 kbps. Αυτό μας δίνει το metric του bandwidth:

$$10,000,000 / 1544 = 6476$$

(*Στο EIGRP οι υπολογισμοί του metric πάντοτε στρογγυλοποιούνται προς τα κάτω.)

Η καθυστέρηση για τα 1.544 Mbps frame-relay interface είναι 20,000 μικροδευτερόλεπτα άρα 2,000 δεκάδες μικροδευτερολέπτων. Προσθέτουμε το bandwidth και την καθυστέρηση για να φτάσουμε το 8,476 και πολλαπλασιάζουμε 256 και έχουμε το αποτέλεσμα του 2169856.

Από την άλλη μεριά το Advertised Distance (AD) είναι το metric του γειτονικού router. Για παράδειγμα βλέποντας το topology table EIGRP στο R1, το δίκτυο 172.16.1.0, φαίνεται από το R2 και έχει για AD το 28160 (το οποίο είναι FD του R2 στο δίκτυο 172.16.1.0). Από την μεριά του R1 η διαδρομή για το δίκτυο 172.16.1.0 ικανοποιεί την συνθήκη feasibility condition διότι το 28160 είναι μικρότερο του 2172416 που είναι το FD του R1 για το δίκτυο 172.16.1.0[16][17].

Successor and feasible successor

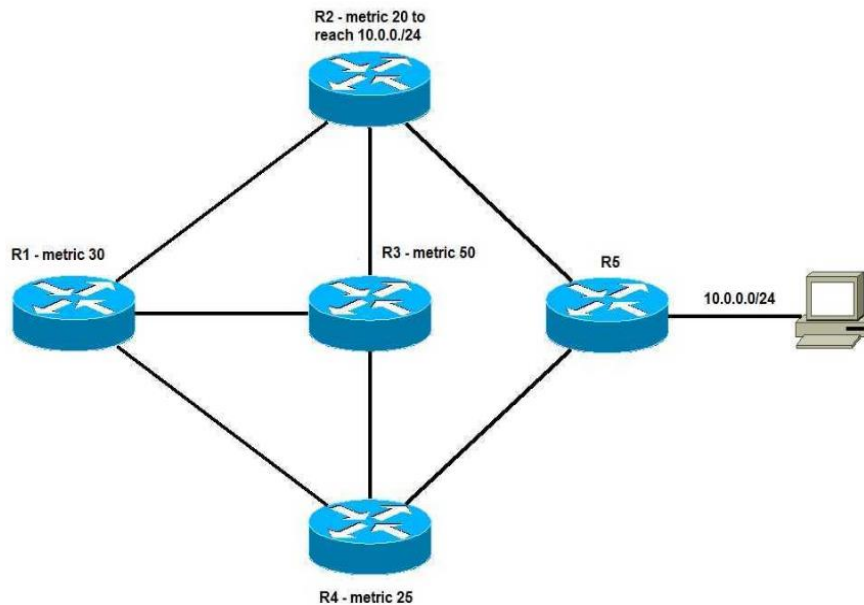
Άλλοι δύο όροι που εμφανίζονται συχνά στο πρωτόκολλο EIGRP είναι **successor** και **feasible successor**, οι οποίοι ορίζονται παρακάτω:

- **Successor:** Η διαδρομή με το καλύτερο metric για να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο network. Αυτή η διαδρομή είναι αυτή που θα καταγραφεί στο routing table.
- **Feasible successor:** Οι εναλλακτικές διαδρομές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην περίπτωση που η τρέχουσα καλύτερη διαδρομή (successor) αποτύχει ώστε να φτάσει σε ένα συγκεκριμένο network. Αυτές οι διαδρομές αποθηκεύονται στον topology table EIGRP.

Σημαντικό να σημειωθεί ότι δεν είναι όλες οι εναλλακτικές διαδρομές οι καλύτερες για να φτάσουν στο συγκεκριμένο network. Για να μπορεί μια διαδρομή να χαρακτηριστεί ως *feasible successor* πρέπει να πληρείται η παρακάτω συνθήκη:

H advertised distance (AD) για την διαδρομή πρέπει να είναι μικρότερη από την feasible distance (FD) του successor.

Η συνθήκη αυτή μπορεί να κατανοηθεί καλύτερα με το παρακάτω παράδειγμα (Εικόνα 4-7):



Εικόνα 4-7 Βασικό Παράδειγμα Feasibility Condition (FC)

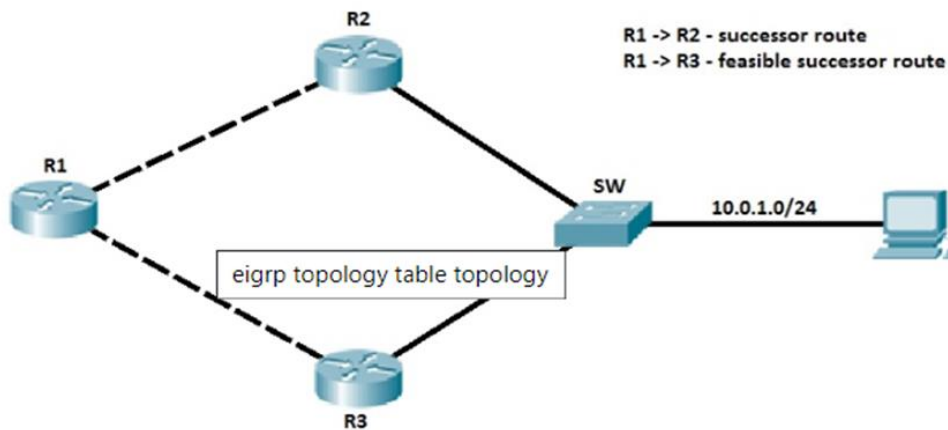
Στο παραπάνω σχήμα έχουμε ένα δίκτυο 5 δρομολογητών οι οποίοι εκτελούν το πρωτόκολλο EIGRP. Το R5 έχει subnet το **10.0.0.0/24**. Το R1 έχει τρεις διαφορετικές διαδρομές ώστε να φτάσει το συγκεκριμένο subnet (10.0.0.0/24):

- 1.R2 > R5:** Ας θεωρήσουμε ότι η συγκεκριμένη διαδρομή είναι και η καλύτερη (successor route). Αυτή η διαδρομή θα τοποθετηθεί στον πίνακα δρομολόγησης (routing table) του R1, με metric 30 .
- 2.R3 > R2 > R5:** Η διαδρομή αυτή για να μπορέσει να χαρακτηριστεί ως *feasible successor*, πρέπει να τηρηθεί η συνθήκη που αναφέραμε. Έτσι πρέπει το κοντινό advertised distance (AD) να είναι μικρότερο από το feasible distance (FD) του successor. Αρά για την διαδρομή R3 > R2 > R5 δεν είναι εφικτό αυτή η συνθήκη γιατί το R3 έχει metric **50** για να φτάσει το **10.0.0.0/24**, το οποίο είναι μεγαλύτερο από το feasible distance of R1 (**30**).
- 3.R4 > R5:** Αυτή η διαδρομή μπορεί να χαρακτηριστεί ως *feasible successor*, αφού το advertised distance του R1 είναι μικρότερο από το feasible distance του successor (**25 < 30**). Αυτή η διαδρομή θα τοποθετηθεί στον topology table του R1 και μπορεί να χρησιμοποιηθεί αμέσως αν αποτύχει η καλύτερη διαδρομή [16][17].

EIGRP topology table

Ο topology table του EIGRP περιέχει όλες τις γνωστές διαδρομές για έναν προορισμό. Ο πίνακας περιλαμβάνει τον successor και *feasible successor* για κάθε διαδρομή καθώς και τα interfaces τα οποία έχουν γίνει update. Ο πίνακας περιλαμβάνει επίσης όλα τα τοπικά subnets που περιλαμβάνονται σε μια διαδικασία EIGRP.

Οι καλύτερες διαδρομές (successors) από το topology table αποθηκεύονται στο routing table. Οι Feasible successors αποθηκεύονται μόνο στον topology table.



Εικόνα 4-8 Παράδειγμα λειτουργίας EIGRP

Το παραπάνω (Εικόνα 4-8) σχήμα είναι ένα ακόμα παράδειγμα μιας τοπολογίας ενός EIGRP δικτύου. Το EIGRP λειτουργεί και στους τρεις δρομολογητές. Οι δρομολογητές R2 και R3 συνδέονται με το υποδίκτυο 10.0.1.0/24. Το R1 λαμβάνει και τις δύο ενημερώσεις των διαδρομών και υπολογίζει την καλύτερη διαδρομή. Η καλύτερη διαδρομή περνάει από το R2, οπότε το R1 αποθηκεύει αυτή τη διαδρομή στον πίνακα δρομολόγησης. Ο δρομολογητής R1 υπολογίζει επίσης το metric της διαδρομής μέσω του R3. Η απόσταση αυτής της διαδρομής είναι μικρότερη από την feasible distance (από την καλύτερη διαδρομή). Το feasibility condition πληρείται και ο R1 αποθηκεύει αυτή τη διαδρομή στον topology table ως feasible successor.

4.1.3.3. Πρωτόκολλο OSPF (Open Shortest Path First)

Το open shortest path first (OSPF) είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο βασίζεται στην ιεράρχηση των εσωτερικών πυλών (interior gateway protocol (IGP)), σύμφωνα με την κατάσταση της σύνδεσης (link-state). Για να υπολογιστεί το «δέντρο» ελάχιστης διαδρομής (shortest path tree), εφαρμόζεται ο αλγόριθμος του Dijkstra και σαν μέτρο για την δρομολόγηση χρησιμοποιείται το κόστος. Έτσι κατασκευάζεται μια ενιαία βάση δεδομένων κατάστασης συνδέσεων της τοπολογίας του δικτύου η οποία είναι η ίδια για όλους τους δρομολογητές.

Σύμφωνα με μελέτες το πρωτόκολλο OSPF είναι το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο εσωτερικών πυλών (IGP) σε μεγάλα δίκτυα. Λειτουργεί με ασφάλεια διότι χρησιμοποιεί MD5 ώστε να πιστοποιήσει τους ομότιμους του και πριν αποδεχτεί link-state advertisement. Θα μπορούσε να χαρακτηριστεί και η συνέχεια του RIP, το οποίο είναι ένα πρωτόκολλο που υποστήριζε εξ αρχής διευθυνσιοδότηση χωρίς κλάσεις.

Το OSPFv3, το οποίο είναι μια από τις πιο πρόσφατες εκδόσεις του OSPF, μπορεί να υποστηρίξει και IPv6. Επιπλέον, τα πρωτόκολλα multiprotocol open shortest path first (MOSPF) έχουν μεν οριστεί, αλλά δεν χρησιμοποιούνται ευρέως προς το παρόν. Το OSPF μπορεί να βάλει «ετικέτες» στις διαδρομές και να τις μεταδώσει και αυτές μαζί με τις διαδρομές [17].

Περιοχή Κορμού (backbone area)

Η περιοχή κορμού (περιοχή μηδέν) σχηματίζει τον πυρήνα ενός δικτύου που στηρίζεται στον OSPF. Οι υπόλοιπες περιοχές συνδέονται σε αυτή και η δια-περιοχιακή δρομολόγηση (inter-area routing) γίνεται μέσω ενός δρομολογητή που βρίσκεται στην περιοχή κορμού. Σημαντικό να σημειωθεί ότι όλες οι περιοχές του OSPF θα πρέπει να συνδέονται με την περιοχή κορμού.

Περιοχή στελεχών (Stub Area)

Η περιοχή στελεχών είναι μια περιοχή η οποία δεν λαμβάνει εξωτερικές διαδρομές (external routes). Ως εξωτερικές διαδρομές ορίζονται οι διαδρομές που διανέμονται στο OSPF από ένα άλλο πρωτόκολλο δρομολόγησης. Έτσι οι περιοχές στελεχών θα μπορούσαν να στηρίζονται σε μια προεπιλεγμένη διαδρομή για να στέλνουν την κίνηση έξω από την τρέχουσα διαδρομή.

Πλήρως «στελεχωμένη» περιοχή (Totally stubby area – TSA)

Η πλήρως στελεχωμένη περιοχή είναι παρόμοια με την περιοχή στελεχών, όπου αναφέρθηκε παραπάνω. Βέβαια η πλήρως στελεχωμένη περιοχή δεν επιτρέπει διαδρομές συνοψισμού (summary routes), αυτό σημαίνει ότι οι δια-περιοχικές διαδρομές δεν συντελούν σε αυτές τις περιοχές. Για να δρομολογηθεί η κίνηση εκτός περιοχής γίνεται από μόνο μια προεπιλεγμένη διαδρομή, η οποία είναι και η μόνη Τύπου-3 LSA (Type-3 LSA) που διαφημίζεται στην περιοχή. Σε αυτή την περίπτωση λιγότερες αποφάσεις δρομολόγησης πρέπει να ληφθούν έξω από τον επεξεργαστή διαδρομών, γεγονός που μειώνει την χρησιμοποίηση των πόρων του συστήματος [17].

Όχι-τόσο-στελεχωμένη Περιοχή (Not-so-stubby area – NSSA)

Η όχι-τόσο-στελεχωμένη περιοχή είναι ένας τύπος περιοχής στελεχών, η οποία μπορεί να εισάγει διαδρομές από αυτόνομα συστήματα (Autonomous System – AS) και να τις στείλει στην περιοχή κορμού αλλά δεν μπορεί να γίνει το αντίθετο. Η Cisco εφαρμόζει μια δική της έκδοση του NSSA. Η έκδοση αυτή κληροδοτεί τις ιδιότητες μια πλήρως στελεχωμένης περιοχής. Αυτό σημαίνει ότι οι συνοπτικές διαδρομές τύπου 3 και 4 δεν κατακλύζουν μια περιοχή αυτού του τύπου.

Τύποι Δρομολογητών του OSPF

Στο πρωτόκολλο OSPF ορίζονται διάφοροι τύποι δρομολογητών. Ένας δρομολογητής που χρησιμοποιεί το OSPF μπορεί να είναι ταξινομημένος σε περισσότερους από τους τύπους που θα αναλύσουμε παρακάτω. Για παράδειγμα, ένας δρομολογητής, ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε παραπάνω από μια περιοχές και λαμβάνει διαδρομές από μια διεργασία BGP που είναι συνδεδεμένη σε ένα άλλο AS (Αυτόνομο Σύστημα), είναι και ABR (Area Border Router) και ASBR (Autonomous System Boundary Router).

Δρομολογητής Ορίων Περιοχής (Area Border Router – ABR)

Ο δρομολογητής ορίων περιοχής (ABR), είναι ο δρομολογητής ο οποίος συνδέει μια η περισσότερες περιοχές του πρωτοκόλλου OSPF στο κυρίως δίκτυο κορμού. Λειτουργεί σαν μέλος σε όλες τις περιοχές που συνδέεται. Ο ABR αποθηκεύει πολλά αντίγραφα της βάσης δεδομένων κατάστασης συνδέσμων (link-state database) στην μνήμη ένα για κάθε περιοχή.

Δρομολογητής Ορίων Αυτόνομου Συστήματος (Autonomous System Boundary Router - ASBR)

Ο δρομολογητής ορίων αυτόνομου συστήματος (ASBR), είναι ένας δρομολογητής ο οποίος είναι συνδεδεμένος σε περισσότερα από ένα ΑΣ (Αυτόνομο Σύστημα) και ανταλλάσσει πληροφορίες δρομολόγησης με άλλους δρομολογητές σε άλλα ΑΣ. Οι δρομολογητές ASBR μπορούν να τρέξουν και ένα μη-IGP (Interior Gateway Protocol), όπως το BGP (Border Gateway Protocol). Ο συγκεκριμένος δρομολογητής χρησιμοποιείται για να διανέμει τις διαδρομές που δέχεται από τα διαφορετικά ΑΣ σε όλο το ΑΣ όπου ανήκει [17].

Εσωτερικός Δρομολογητής (Internal Router – IR)

Ο εσωτερικός δρομολογητής είναι ο δρομολογητής που έχει γείτονες μόνο δρομολογητές που ανήκουν στην ίδια περιοχή με αυτόν.

Δρομολογητής Κορμού (Backbone Router - BR)

Ο δρομολογητής κορμού (BR) είναι ο δρομολογητής όπου ένα interface του είναι συνδεδεμένο με την περιοχή κορμού. Ένας δρομολογητής ABR είναι ένας BR αλλά το αντίθετο δεν ισχύει.

Ορισμένος Δρομολογητής (Designated Router - DR)

Ο ορισμένος δρομολογητής (DR) ο δρομολογητής ο οποίος επιλέγεται από το δίκτυο σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- Όταν η προτεραιότητα σε έναν δρομολογητή OSPF είναι 0, αυτό σημαίνει πως αυτός δεν θα εκλεγεί σαν DR ή BDR.
- Όταν ένας DR σταματήσει να λειτουργεί λόγω κάποιας βλάβης με αποτέλεσμα να αναλάβει ο BDR, τότε αυτομάτως διεξάγονται εκ νέου εκλογές για να αντικατασταθεί ο BDR.
- Ο δρομολογητής που στέλνει τα «πακέτα χαιρετισμού» είναι εκείνος που έχει την μεγαλύτερη προτεραιότητα.
- Στην περίπτωση που δυο δρομολογητές στέλνουν με την ίδια ή μεγαλύτερη προτεραιότητα, τότε ο δρομολογητής με το μεγαλύτερο RID (Router ID – ID δρομολογητή) κερδίζει.

*Το RID είναι η μεγαλύτερη διεύθυνση (loopback) που έχει ρυθμιστεί σε έναν δρομολογητή. Στην περίπτωση που δεν έχει οριστεί καμία loopback λογική διεύθυνση τότε ο δρομολογητής ορίζει την μεγαλύτερη διεύθυνση IP που έχει οριστεί στις διεπαφές του[17].

Συνήθως ο δρομολογητής που έχει την δεύτερη μεγαλύτερη προτεραιότητα γίνεται BDR (Εφεδρικός Ορισμένος Δρομολογητής). Η προτεραιότητα παίρνει τιμές από 1 έως 255 και επομένως όσο πιο μεγάλη η τιμή τόσο πιο περισσότερες οι πιθανότητες να εκλεγεί ένας δρομολογητής είτε DR είτε BDR. Στην περίπτωση που ένας δρομολογητής συνδεθεί μετά την εκλογή και έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα τότε αναμένει μέχρι και αν παρουσιαστεί κάποια βλάβη στον DR ή στον BDR ώστε να αναλάβει εκείνος.

Ο DR διατηρεί έναν πλήρη πίνακα με την τοπολογία του δικτύου και στέλνει τις ενημερώσεις στους υπόλοιπους δρομολογητές μέσω multicast. Έτσι με αυτόν τον τρόπο δεν χρειάζεται να ενημερώνουν όλοι οι δρομολογητές ο ένας τον άλλον συνεχώς αλλά παίρνουν τις ενημερώσεις από μια μόνο πηγή. Η χρήση του multicast επιπλέον μειώνει και τον φόρτο του δικτύου. Ο DR και ο BDR πάντα εκλέγονται σε broadcast networks όπως το Ethernet. Υπάρχει όμως και η πιθανότητα οι DR να εκλεγούν και σε NBMA (Non-broadcast Multi-Access) δίκτυα όπως Frame Relay. Στις point – to –point συνδέσεις (WAN) δεν μπορούν να ρυθμιστούν διότι το εύρος ζώνης μεταξύ των δύο hosts δεν βελτιστοποιείται παραπάνω[17].

Εφεδρικός Ορισμένος Δρομολογητής (Backup Designated Router - BDR)

Ο εφεδρικός ορισμένος δρομολογητής (BDR) είναι ένας δρομολογητής ο οποίος εξελίσσεται σε ορισμένος δρομολογητής εάν ο ήδη υπάρχων παρουσιάσει κάποια βλάβη. Ο BDR είναι ο OSPF δρομολογητής με την δεύτερη μεγαλύτερη προτεραιότητα.

4.1.3.4. Πρωτόκολλο BGP

Το πρωτόκολλο BGP (Border Gateway Protocol) είναι το βασικό πρωτόκολλο δρομολόγησης του Διαδικτύου. Ανήκει στην κατηγορία των πρωτοκόλλων διανύσματος μονοπατιού και εκτελεί την δρομολόγηση βασιζόμενο στο μονοπάτι, τις πολιτικές και τους κανόνες που ισχύουν στο δίκτυο. Διατηρεί έναν πίνακα δικτύων IP που ορίζουν την προσβασιμότητα του δικτύου μεταξύ των αυτόνομων συστημάτων (AS). Το BGP πρωτόκολλο δημιουργήθηκε για να αντικαταστήσει το EGP και να επιτρέπει πλήρως την αποκεντρωμένη δρομολόγηση. Βασική του διαφορά είναι η ικανότητά του να ανιχνεύει βρόχους. Μια πιο εξελιγμένη έκδοση του BGP είναι η έκδοση 4 (BGP-4) στην οποία έχουν προστεθεί οι λειτουργίες Classless Inter-Domain Routing (CIDR) και το Route Aggregation που μείωσαν σημαντικά την αποθηκευμένη πληροφορία στους πίνακες δρομολόγησης[17].

Το πρωτόκολλο BGP δεν χρησιμοποιείται τόσο άμεσα από τους χρήστες του Internet, όσο από τους τηλεπικοινωνιακούς παρόχους (ISP), που το χρειάζονται για να επιτευχθεί η δρομολόγηση. Ένας επιπλέον σκοπός που χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι γιατί εξυπηρετεί την λειτουργία του multihoming του δικτύου ώστε τα σημεία πολλαπλής πρόσβασης να είναι περισσότερο χρόνο διαθέσιμα σε έναν πάροχο Internet ή σε πολλαπλούς.

Το BGP σε Αυτόνομα Συστήματα

Ένα αυτόνομο σύστημα είναι μια πληθώρα συλλογή από δίκτυα συνήθως κάτω από ίδια διαχειριστική αρχή και πολιτική δρομολόγησης. Εσωτερικά του δικτύου εφαρμόζονται ένα ή περισσότερα πρωτόκολλα δρομολόγησης IGP για την επικοινωνία μεταξύ των δρομολογητών. Η βασική αρχή για την διαχείριση ενός αυτόνομου συστήματος (AS) είναι ότι μοιάζει στα άλλα AS με το να έχει ένα συνεχή εσωτερικό σχέδιο δρομολόγησης και με το να παρουσιάζει μια συνεπή εικόνα σχετικά με το ποια δίκτυα είναι προσεγγίσιμα μέσω αυτού.

Ένας 16bit μοναδικός αριθμός ASN (Autonomous System Number) προσδιορίζει ένα αυτόνομο σύστημα, η ανάθεση και ο έλεγχός του γίνονται από την IANA, Internet Assigned Numbers Authority. Με την πάροδο του χρόνου οι αριθμοί ASN εξαντλούνται λόγω της ολοένα και αυξανόμενης διεύρυνσης του διαδικτύου. Πολύ σύντομα οι αριθμοί αυτοί θα είναι της τάξης των 32bit για να αντιμετωπιστεί η μεγάλη ζήτηση. Η αλλαγή αυτή σε μεγαλύτερους αριθμούς προϋποθέτει βασικές αλλαγές σε πρωτόκολλα και σημαντικές βελτιώσεις όπως η ανίχνευση σχηματισμού βρόχων.

Μέρη του BGP

Στο συγκεκριμένο σημείο θα αναλύσουμε τους βασικούς όρους που συναντάμε στο πρωτόκολλο BGP:

BGP speaker : Ένα σύστημα που τρέχει στο BGP.

BGP neighbors : Ένα ζευγάρι από BGP speakers που ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης. Μπορούν να διακριθούν σε δύο τύπους:

- **Εσωτερικοί** : Είναι ένα ζευγάρι BGP speakers στο ίδιο αυτόνομο σύστημα. Οι εσωτερικοί BGP neighbors οφείλουν να παρουσιάζουν μια συνεπή εικόνα του AS στους εξωτερικούς γείτονες.
- **Εξωτερικοί** : Είναι ένα ζευγάρι BGP neighbors σε διαφορετικά αυτόνομα συστήματα (AS).

BGP session: Είναι ένα TCP session μεταξύ BGP neighbors που ανταλλάσσουν πληροφορίες δρομολόγησης χρησιμοποιώντας το BGP στο port 179. Οι neighbors ελέγχουν την κατάσταση του session στέλλοντας τακτικά keepalive 19-byte μηνύματα. *Το προτεινόμενο χρονικό διάστημα είναι 30 sec.

AS border router (ASBR) : Είναι ένας δρομολογητής (router) που έχει σύνδεση σε πολλαπλά αυτόνομα συστήματα. Όπως και BGP neighbors έτσι και οι ASBR χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- **Εσωτερικοί** : Ένα router που βρίσκεται στο επόμενο hop του ίδιου AS με τον BGP speaker.
- **Εξωτερικοί** : Ένα router του επόμενου hop που βρίσκεται σε διαφορετικό AS από τον BGP speaker.

AS connection: Το BGP ορίζει δύο τύπους συνδέσεων μεταξύ των AS.

Physical connection : Ο BGP speaker μπορεί να διαπραγματευθεί και διάφορες άλλες δυνατότητες του session, συμπεριλαμβανομένων επεκτάσεων του πρωτοκόλλου, κατά τη διάρκεια του OPEN handshake [17].

Λειτουργία του BGP

Στην αρχή οι δρομολογητές (routers) ανταλλάσσουν ολόκληρο τον BGP πίνακα δρομολόγησης που έχει ο καθένας, γίνεται δηλαδή ενημέρωση του άλλου για τα δίκτυα που μπορούν να προσεγγιστούν μέσω αυτού. Οι σταδιακές ενημερώσεις στέλνονται κάθε φορά που γίνεται αλλαγή του πίνακα δρομολόγησης. Σε αντίθεση με άλλα πρωτόκολλα, στο BGP δεν γίνεται περιοδική αποστολή όλου του πίνακα. Οι BGP δρομολογητές κρατάνε την πιο ενημερωμένη έκδοση του πίνακα δρομολόγησης. Όταν γίνεται η ενημέρωση του πίνακα τότε αλλάζει και η έκδοση. Ο ρυθμός και ο τρόπος με τον οποίο αυξάνεται αποτελεί ένδειξη για την σταθερότητα του δικτύου. Για παράδειγμα σε ένα πολύ σταθερό δίκτυο, εκτός των KeepAlive μηνυμάτων, πρέπει να παρατηρείται πολύ λίγη κίνηση.

Παρόλο που ο πίνακας δρομολόγησης του πρωτοκόλλου αποθηκεύει όλες τις πιθανές διαδρομές προς έναν προορισμό, μόνο η βέλτιστη διαδρομή προωθείται στον πίνακα προώθησης και την ακολουθούν όλοι οι δρομολογητές. Υπάρχει μόνο μια βέλτιστη διαδρομή για ένα προορισμό. Αυτή η διαδρομή μπορεί να μην είναι και αυτή που εγκαθίσταται στην RIB/FIB. Οι βέλτιστες διαδρομές υπολογίζονται σε σχέση με τις ενημερώσεις και όχι την συνολική κατάσταση όπως στο OSFP. Έτσι η πληροφορία ανταλλάσσεται σχετικά με το πόσο προσιτά είναι τα δίκτυα. Το πόσο προσιτά είναι τα δίκτυα είναι μια ένδειξη των AS που πρέπει να ακολουθηθούν για κάποιο συγκεκριμένο προορισμό. Η πληροφορία αυτή θα χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί ένας Γράφος με όλα τα AS, η οποία δεν έχει βρόχους και μπορεί να εφαρμοστεί ώστε να επηρεαστεί η δρομολόγηση.

Μηχανή Πεπερασμένων Καταστάσεων (FSM)

Ως μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων ορίζεται μια μηχανή σχετικά με την ίδρυση, την διατήρηση και την κατάργηση των BGP δρομολογητών. Γεγονότα όπως μετρητές χρόνου ή εξωτερικοί είσοδοι προκαλούν μεταβάσεις ανάμεσα στις καταστάσεις.

Στην αρχή η κατάσταση του δικτύου είναι Idle. Ανάμεσα στους BGP γείτονες δημιουργείται μια TCP σύνδεση στην θύρα 179 (χρειάζεται να υπάρχει IP συνδεσιμότητα είτε με κάποιο IGP πρωτόκολλο είτε μέσω φυσικής σύνδεσης). Έτσι εξασφαλίζεται η αξιόπιστη επικοινωνία. Περισσότερα από ένα BGP μήνυμα μπορούν να σταλούν στο ίδιο TCP τμήμα. Οι δρομολογητές που επικοινωνούν στέλνουν Open μηνύματα ο ένας στο άλλον δίνοντας την ταυτότητα τους. Με αυτόν τον τρόπο

αρχικοποιούνται και επιβεβαιώνονται οι παράμετροι σύνδεσης και μεταβαίνουν στην κατάσταση OpenSend.

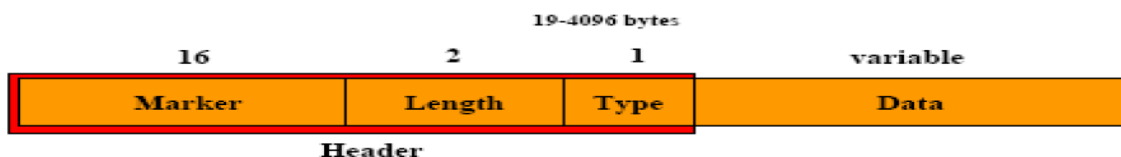
Όταν κάποιος λάβει το Open μήνυμα αλλάζει στην κατάσταση OpenConfirm.

Παρακάτω θα αναλύσουμε την επεξεργασία των περιεχομένων του Open μηνύματος. Στην περίπτωση που κάποιος διαφωνήσει τότε στέλνει πίσω ένα Notification μήνυμα εξηγώντας τους λόγους και η σύνοδος τερματίζεται - κατάσταση Idle. Αν συμφωνήσει στέλνει πίσω ένα KeepAlive μήνυμα και μεταβαίνει στην κατάσταση Established. Σε αυτή την κατάσταση λέμε ότι το BGP πρωτόκολλο είναι ανοιχτό και οι δρομολογητές μπορούν να ανταλλάσσουν μηνύματα όπως Update, KeepAlive, Notification. Οι δύο δρομολογητές που επικοινωνούν, ονομάζονται ομότιμοι (peers) ή και γείτονες. Εάν συμβεί κάποιο λάθος και το πρωτόκολλο είναι ανοιχτό τότε ο δρομολογητής στέλνει ένα Notification μήνυμα διευκρινίζοντας το λάθος και τερματίζει την TCP σύνδεση και αλλάζει σε κατάσταση Idle. Το ίδιο θα συμβεί αν η φυσική σύνδεση διακοπεί, οπότε τα KeepAlive μηνύματα ή/και η TCP σύνοδος θα εκπνεύσουν. Στην περίπτωση αυτή ο δρομολογητής σταματά να χρησιμοποιεί όλη την πληροφορία δρομολόγησης που έμαθε[17]. Έτσι :

1. Όλες οι εγγραφές που έγιναν γνωστές από αυτόν ορίζονται σαν μην έγκυρες.
2. Αποσύρονται οι συγκεκριμένες εγγραφές από όλους.
3. Διαγράφονται από τον πίνακα.

Μηνύματα

Στην παρακάτω Εικόνα 4-9 φαίνεται από τι αποτελείται ένα μήνυμα, που ανταλλάσσεται στο πρωτόκολλο BGP:



Εικόνα 4-9 Βασικό μήνυμα πρωτοκόλλου BGP

Marker

Περιέχει μια τιμή την οποία ο δέκτης του μηνύματος μπορεί να προβλέψει. Εάν το μήνυμα αυτό είναι τύπου Open ή αν το Open δεν μεταφέρει πληροφορία αυθεντικοποίησης τότε έχει την τιμή FF. Σε αντίθετη περίπτωση έχει μια τιμή που μπορεί να υπολογιστεί σε συνάρτηση της αυθεντικοποίησης που ορίζεται. Η παράμετρος marker χρησιμεύει:

- Στην ανίχνευση απώλειας συγχρονισμού.
- Στο συγχρονισμό όταν περισσότερα από ένα μηνύματα περιέχονται στο ίδιο TCP segment.
- Στην αυθεντικοποίηση των εισερχομένων μηνυμάτων.

Length

Με τον όρο length ορίζουμε το συνολικό μήκος του μηνύματος. Το length μετριέται σε byte. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να υπολογίσουμε το επόμενο μήνυμα σε ένα TCP πακέτο που περιέχει πολλά μηνύματα.

Type

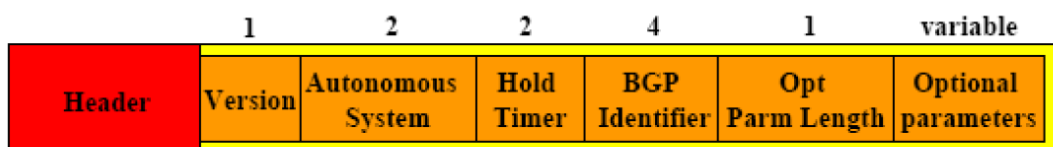
Με τον όρο type ορίζουμε τον τύπο του μηνύματος. Υπάρχουν τέσσερις τύποι μηνυμάτων όπου θα αναλυθούν παρακάτω:

1. *Open*
2. *Update*
3. *Notification*
4. *KeepAlive*

OPEN μήνυμα

Ένα open μήνυμα επιτρέπει στον κάθε δρομολογητή να προσδιοριστεί στον άλλον και να συμφωνήσει-διαπραγματευτεί για διάφορες παραμέτρους όπως οι

μετρητές χρόνου. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η επιβεβαίωση τους γίνεται με ένα Keepalive μήνυμα και είναι απαραίτητη για να αρχίσει η ανταλλαγή των ενημερώσεων (Εικόνα 4-10) [17].



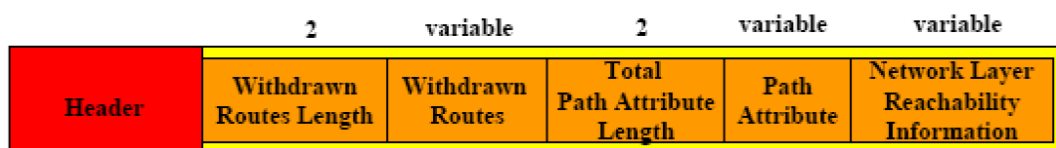
Εικόνα 4-10 OPEN μήνυμα

- **Version** : Με τον όρο version ορίζουμε την έκδοση του πρωτοκόλλου BGP. Πρέπει και οι δύο δρομολογητές να τρέχουν την ίδια έκδοση του πρωτοκόλλου, εξορισμού το BGP-4.
- **Autonomous System** : Είναι Ο αριθμός του AS στο οποίο ανήκει ο αποστολέας.

- **Hold time** : Με τον όρο hold time ορίζουμε τον ανώτερο χρόνο σε δευτερόλεπτα που ο αποστολέας προτείνει ότι μπορεί να περάσει χωρίς τη λήψη μηνυμάτων Update ή KeepAlive, εξ' ορισμού τα 180', ελάχιστος τα 3', μπορεί να πάρει και την τιμή 0. Με τη λήψη του Open μηνύματος ο δέκτης θέτει σαν Hold Time την μικρότερη από τις δύο τιμές.
- **BGP Identifier** : Είναι η ταυτότητα του αποστολέα BGP δρομολογητή, συνήθως είναι ίδια με την RID (Router Identifier).
- **Optional Parameter Length** : Συνήθως είναι 0 αν δεν υπάρχουν προαιρετικές παράμετροι.

UPDATE μήνυμα

Τα update μηνύματα μεταφέρουν την πληροφορία της δρομολόγησης. Μπορούν να ανακοινώσουν ή να απορρίψουν την πληροφορία αυτή. Η ανακοίνωση είναι μια λίστα με προθέματα και μία σειρά από ιδιότητες για αυτά τα προθέματα. Ένα μήνυμα Update μπορεί να ανακοινώσει διαδρομές που να έχουν πολλές ιδιότητες, να αποσύρει πολλές διαδρομές ή και τα δύο. Το πρόθεμα είναι το τμήμα της IP διεύθυνσης που δηλώνει το δίκτυο ακολουθούμενο από / και έναν αριθμό 0 ως 32. Κάθε πρόθεμα αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο που μπορεί να προσεγγιστεί μέσω της IP διεύθυνσης που δίνεται στην ιδιότητα NextHop. Η πληροφορία που περιέχεται χρησιμοποιείται για την κατασκευή ενός γράφου που περιγράφει τη σχέση ανάμεσα στα διάφορα AS. Ένα update μήνυμα έχει την παρακάτω μορφή (Εικόνα 4-11):



Εικόνα 4-11 UPDATE μήνυμα

- **Withdrawn Routes Length**: Είναι το μήκος του πεδίου με τις διαδρομές που έχουν απορριφθεί. Όταν η τιμή είναι 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχουν Withdrawn Routes. 2-tuple προθέματα διαδρομών που απορρίπτονται, σε μορφή <length, prefix>[17].
- **Total Path Attribute Length**: Είναι το συνολικό μήκος των διαδρομών, 0 σημαίνει ότι δεν υπάρχουν NLRI Path Attributes.

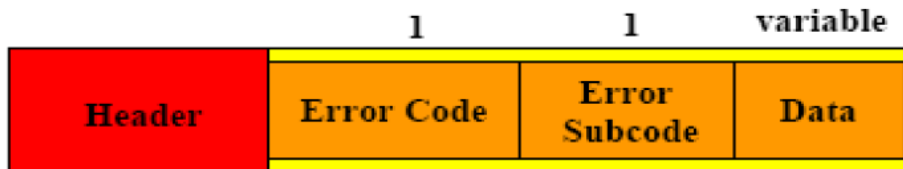
Ιδιότητες των διαδρομών, παρουσιάζονται σαν μεταβλητού μήκους TLV, type-length value

NLRI, Network Layer Reachability Information

- 2-tuple προθέματα <length, prefix>
- Περιλαμβάνουν μία διεύθυνση και μία μάσκα (10.26.122.0/24)

NOTIFICATION μήνυμα

Ένα μήνυμα τύπου notification χρησιμοποιείται για να σταματήσει μια ενεργή επικοινωνία και να πληροφορήσει τους συνδεδεμένους δρομολογητές για τον λόγο. Επίσης όταν μια κατάσταση λάθους ανιχνευθεί αποστέλλεται ένα notification μήνυμα. Η TCP σύνδεση τερματίζεται αμέσως μετά την αποστολή ή λήψη του μηνύματος. Σημαντικό να σημειωθεί ότι μια BGP επικοινωνία είναι πολύ ευαίσθητη σε λάθη που μπορεί να συμβούν. Ένα notification έχει την παρακάτω μορφή (Εικόνα 4-12):



Εικόνα 4-12 NOTIFICATION μήνυμα

- **Error Code :**

- ✓ Message Header Error: Αφορά πρόβλημα στην επικεφαλίδα του μηνύματος όπως μη αποδεκτό μήκος μηνύματος, AS αριθμός, πεδίο marker, πεδίο type.
- ✓ Open Message Error: Αφορά πρόβλημα το open μήνυμα, όπως μη υποστηριζόμενη έκδοση πρωτοκόλλου, λάθος στη λίστα με τις ιδιότητες ή μη αποδεκτό next-hop.
- ✓ Update Message Error: Αφορά πρόβλημα με το Update μήνυμα.
- ✓ Hold Timer Expired: Ο μετρητής HoldTime έληξε.
- ✓ Finite State Machine Error: Αφορά οποιοδήποτε λάθος στη μηχανή καταστάσεων του BGP.
- ✓ Cease: Ένας δρομολογητής μπορεί να επιλέξει, χωρίς να υπάρχουν λάθη, να κλείσει την BGP σύνοδο (για παράδειγμα από τη διαχείριση).

- **Error subcode:** Αφορά τις περισσότερες λεπτομέρειες για το σφάλμα. Κάθε error code μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα σχετικά Error Subcodes. Αν δεν έχει οριστεί αυτό το πεδίο, χρησιμοποιείται το 0.

- **Error data:** Είναι τα προαιρετικά δεδομένα σχετικά με το σφάλμα. Χρησιμοποιείται για τη διάγνωση της αιτίας για το Notification μήνυμα. Τα περιεχόμενα εξαρτώνται από τα πεδία Error Code και Error Subcode [17].

-

KEEPALIVE μήνυμα

Τα συγκεκριμένα μηνύματα στέλνονται για να μην λήξει ο αντίστοιχος μετρητής χρόνου (hold-time). Στέλνονται στο 1/3 του χρόνου Hold Time, εξορισμού τιμή τα 60'. Αν η παράμετρος HoldTime έχει τεθεί σε 0, τότε μηνύματα KeepAlive δεν στέλνονται. Ένα keeralive μήνυμα έχει την παρακάτω μορφή (Εικόνα 4-13).



Εικόνα 4-13 KEEPALIVE μήνυμα

4.1.3.5. Πρωτόκολλο Multiprotocol Label Switching (MPLS)

Εισαγωγή στο MPLS

Το Multiprotocol Label Switching (MPLS) είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο έχει οριστεί από την Internet Engineering Task Force (IETF) και σκοπεύει στην καλύτερη απόδοση του προσδιορισμού, της δρομολόγησης, της προώθησης και της και μεταγωγή της ροής της κυκλοφορίας μέσα στο δίκτυο.

Το MPLS εκτελεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- Ορίζει τους μηχανισμούς για τη διαχείριση της ροής κυκλοφορίας των διάφορων στοιχείων ενός δικτύου, όπως για παράδειγμα η κυκλοφορία μεταξύ διαφορετικών μηχανημάτων, ή ακόμα και μεταξύ διαφορετικών εφαρμογών .
- Είναι ανεξάρτητο από τα πρωτόκολλα του 2^{ου} και 3^{ου} επιπέδου του OSI.
- Υποστηρίζει τα μέσα για την αντιστοίχιση των διευθύνσεων IP σε απλές, καθορισμένου μήκους ετικέτες που χρησιμοποιούνται από διαφορετικές τεχνολογίες προώθησης πακέτων και μεταγωγής πακέτων (packet-forwarding & packet-switching).
- Υπάρχει συνεργασία ανάμεσα σε άλλα πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως τα RSVP και OSPF.
- Υποστηρίζει τα πρωτόκολλα επιπέδου 2, όπως τα IP, ATM, και frame - relay .

Ένα δίκτυο χρησιμοποιεί κανονική δρομολόγηση, τα πλαίσια του οποίου περνούν από τη πηγή στον προορισμό από κόμβο σε κόμβο (hop by hop). Οι ενδιαμέσοι δρομολογητές εξετάζουν την επικεφαλίδα του κάθε πλαισίου 3ου επιπέδου και εκτελούν μια αναζήτηση στον πίνακα δρομολόγησης για να καθορίσουν τον επόμενο κόμβο προς τον προορισμό. Με αυτό τον τρόπο παρατηρείται μείωση της ρυθμιστικής απόδοσης σε ένα δίκτυο λόγω των ισχυρών απαιτήσεων σε ισχύ επεξεργασίας που απαιτείται για την επεξεργασία κάθε πλαισίου. Παρόλο που μερικοί δρομολογητές αξιοποιούν τεχνικές μεταγωγής (switching) είτε με υλικό είτε με λογισμικό για να επιταχύνουν τη διαδικασία αξιολόγησης, δημιουργώντας γρήγορες προσωρινές καταχωρήσεις, αυτές οι μέθοδοι στηρίζονται επάνω στο πρωτόκολλο δρομολόγησης 3ου επιπέδου για να καθορίσουν τη διαδρομή μέχρι τον προορισμό.

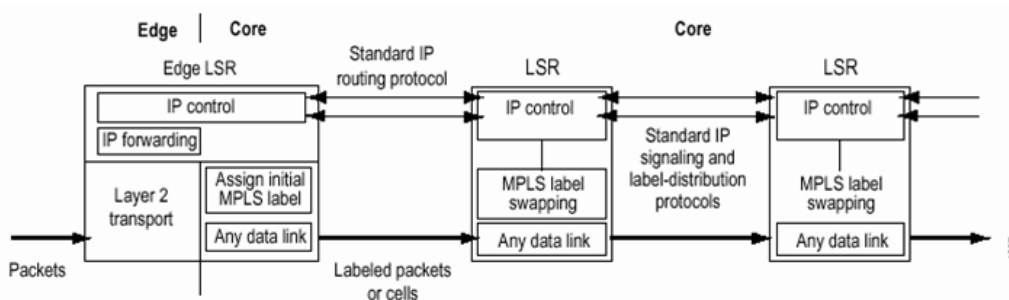
Όμως, τα πρωτόκολλα δρομολόγησης έχουν ελάχιστη, αν όχι καθόλου, επαφή με τα χαρακτηριστικά του 2ου επιπέδου του δικτύου, ιδιαίτερα όσον αφορά στην ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) και στο φόρτο. Οι γρήγορες αλλαγές στον τύπο και την ποσότητα της κυκλοφορίας που διαχειρίζεται το Διαδίκτυο και η αύξηση του αριθμού των χρηστών του, ασκούν πρωτοφανή πίεση στην υποδομή του Διαδικτύου. Για να μπορεί να διαχειριστεί όλη αυτή η πίεση δημιουργήθηκε η τεχνική MPLS. Έτσι για να ικανοποιήσει αυτές τις νέες απαιτήσεις, η μεταγωγή ετικετών πολυ-πρωτοκόλλων (MPLS) αλλάζει τον τρόπο δρομολόγησης από κόμβο σε κόμβο με το να επιτρέπει στις συσκευές να προσδιορίζουν μονοπάτια στο δίκτυο που βασίζονται στη ποιότητα υπηρεσίας και στις ανάγκες για εύρος ζώνης των εφαρμογών. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η επιλογή μονοπατιών να μπορεί να λαμβάνεται υπόψη από τις ιδιότητες του 2ου επιπέδου [15][16].

Γενικά στοιχεία του MPLS.

Στο MPLS, η μετάδοση δεδομένων πραγματοποιείται σε μονοπάτια με ετικέτες (Label switched paths - LSPs). Τα LSPs είναι μια ακολουθία ετικετών σε όλους τους κόμβους

που μεσολαβούν κατά μήκος του μονοπατιού από την αρχή στον τελικό προορισμό. Τα LSPs εγκαθίστανται είτε πριν από τη μετάδοση δεδομένων (control - driven) είτε μετά την ανίχνευση μιας ορισμένης ροής δεδομένων (data - driven). Οι ετικέτες, οι οποίες ταυτοποιούν συγκεκριμένα πρωτόκολλα, διανέμονται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο διανομής ετικετών (LDP) ή το RSVP ή με το να ορίζουν πάνω σε ποια πρωτόκολλα δρομολόγησης όπως το BGP και το OSPF θα κινηθούν. Κάθε πακέτο δεδομένων τοποθετεί και μεταφέρει τις ετικέτες κατά τη διάρκεια της διαδρομής τους από την πηγή στον προορισμό. Η υψηλής ταχύτητας μεταγωγή δεδομένων είναι δυνατή επειδή οι καθορισμένου μήκους ετικέτες εισάγονται στην αρχή του πακέτου ή του κελιού και μπορούν χρησιμοποιηθούν από το υλικό για να μεταγάγουν τα πακέτα γρήγορα μεταξύ των συνδέσμων.

Ένα LSP δημιουργείται από την ένωση ενός ή περισσότερων προορισμών μεταγωγής ετικέτας και με αυτό τον τρόπο επιτρέπει σε ένα πακέτο να προωθείται από ένα δρομολογητή μεταγωγής ετικέτας (Label-Switching Router ή LSR) σε ένα άλλο LSR, μέσα σε μια περιοχή εφαρμογής του πρωτοκόλλου MPLS. Ένας LSR είναι ένας δρομολογητής ο οποίος υποστηρίζει προώθηση δεδομένων με βάση το πρωτόκολλο MPLS. Στη παρακάτω Εικόνα 4-14 απεικονίζεται το τμήμα ελέγχου του MPLS που επικεντρώνεται κυρίως στις λειτουργίες του πρωτοκόλλου IP[15][16].



Εικόνα 4-14 Κύριες λειτουργίες MPLS

Παρ' όλα αυτά, το MPLS ορίζει νέα πρωτόκολλα IP σηματοδosis και διάδοσης ετικετών βασισμένα σε πρότυπα, όπως επίσης και επεκτάσεις σε ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα για να υποστηρίξει την συμβατότητα μεταξύ των προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών. Το MPLS δεν υλοποιεί κανένα από τα πρωτόκολλα σηματοδosis των ATM δικτύων ή δρομολόγησης, με αποτέλεσμα να εξαλείφεται η πολυπλοκότητα συνδυασμού δύο διαφορετικών αρχιτεκτονικών πρωτοκόλλων. Έτσι το MPLS επιτυγχάνει σημαντικά οφέλη.

Ο αλγόριθμος ανταλλαγής ετικετών του MPLS είναι βασικό μέρος για το τμήμα προώθησης. Στην περίπτωση που η τεχνολογία στο επίπεδο 2 υποστηρίζει την ύπαρξη ενός πεδίου ετικέτας (όπως Frame Relay DLCI), τότε γίνεται η ενσωμάτωση της ετικέτας του πρωτοκόλλου MPLS στο τοπικό πεδίο ετικέτας. Σε αντίθετη περίπτωση που το επίπεδο 2 δεν υποστηρίζει κάποιο πεδίο ετικέτας, η MPLS ετικέτα ενσωματώνεται σε μια τυποποιημένη επικεφαλίδα του πρωτοκόλλου MPLS. Η επικεφαλίδα αυτή τοποθετείται μεταξύ των επικεφαλίδων του επιπέδου 2 και του πρωτοκόλλου IP. Η επικεφαλίδα στο MPLS μπορεί και επιτρέπει σε οποιαδήποτε τεχνολογία του επιπέδου 2 να μεταφέρει MPLS ετικέτες και με αυτό τον τρόπο επωφελείται από την τεχνική αντικατάσταση ετικέτας κατά μήκος ενός μονοπατιού LSP [15][17].

Ο πρωταρχικός στόχος της διαδικασίας βασισμένης σε ετικέτα μεταγωγής ήταν η ταχύτητα του στρώματος 2 να μεταπηδήσει στο στρώμα 3. Με αυτό τον τρόπο οι δρομολογητές παίρνουν τις αποφάσεις για τη προώθηση των πακέτων βασισμένοι στο

περιεχόμενο μιας απλής ετικέτας και όχι με την εκτέλεση μιας σύνθετης αναζήτησης διαδρομών βασισμένης στη διεύθυνση προορισμού IP. Ωστόσο η παραπάνω διαδικασία δεν αποτελεί πλέον αρχικό στόχο διότι οι μεταγωγείς του στρώματος 3 (δρομολογητές βασισμένοι σε ASIC) είναι σε θέση να εκτελέσουν αναζητήσεις στους πίνακες δρομολόγησης με ικανοποιητικές ταχύτητες για να υποστηρίξουν τους περισσότερους τύπους διεπιφανειών. Εντούτοις, το MPLS φέρνει πολλά άλλα οφέλη στα βασισμένα σε IP δίκτυα όπως:

- Για τις διαφορετικές κλάσεις υπηρεσίας (CoS) και ποιότητας υπηρεσίας (QoS) υπάρχει η δυνατότητα να οριστεί το μονοπάτι που η κυκλοφορία θα ακολουθήσει μέσω του δικτύου και η δυνατότητα να οριστούν τα χαρακτηριστικά απόδοσης.
- Δημιουργεί δίκτυα (VPNs). Με την χρήση του MPLS οι φορείς παροχής υπηρεσιών μπορούν να δημιουργήσουν δίαυλους επικοινωνίας μέσω IP σε όλο το δίκτυό τους, χωρίς να είναι αναγκαία η εφαρμογή κρυπτογράφησης ή εφαρμογές τελικών χρηστών.
- Τα περισσότερα δίκτυα παρόχων κάνουν χρήση ενός μοντέλου αλληλοεπικαλύψεων όπου το ATM χρησιμοποιείται στο στρώμα 2 και το IP χρησιμοποιείται στο στρώμα 3. Χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο MPLS, οι πάροχοι μπορούν να μεταφέρουν πολλές από τις λειτουργίες του πεδίου ATM στο στρώμα 3, απλοποιώντας έτσι τη διαχείριση των δικτύων και την πολυπλοκότητα τους. Έτσι γίνεται απλοποίηση πολλών στρωμάτων και τα δίκτυα των παρόχων είναι σε θέση να καταργήσουν εντελώς το ATM από τη μεταφορά της κυκλοφορίας IP [15][16].

Το πρωτόκολλο MPLS έχει βοηθήσει στην αντιμετώπιση των προβλημάτων κλιμάκωσης που αντιμετωπίζει το Διαδίκτυο εξαιτίας της ραγδαίας ανάπτυξής του. Το MPLS διαχωρίζεται σε 2 τύπους MPLS και GMPLS:

MPLS

Το MPLS απευθύνεται κυρίως σε εφαρμογές IP πάνω από οπτικές ίνες αντιστοιχώντας διαφορετικές ροές πακέτων δεδομένων σε διαφορετικά οπτικά μήκη κύματος. Αφορά τη δρομολόγηση μεμονωμένων μηκών κύματος και όχι τη δρομολόγηση των πακέτων IP. Επιπλέον παρέχει πιο αποδοτική μεταφορά πολύ μεγάλου αριθμού δεδομένων με τη βελτίωση της υποστήριξης για τη πολυπλεξία και την ιεραρχία της μεταγωγής. Συνδυάζει επίσης τα οφέλη τιμής/ απόδοσης της οπτικής μεταγωγής με τα οφέλη ευφυΐας/ ευελιξίας.

GMPLS

Το GMPLS επεκτείνει την ιδέα ενός κοινού πεδίου ελέγχου ώστε να περιλαμβάνει παραδοσιακά δίκτυα μεταφοράς όπως τα TDM και SONET. Παρέχει τις απαραίτητες γέφυρες μεταξύ των στρωμάτων IP και των οπτικών στρωμάτων για να επιτρέψει τη διαλειτουργικότητα στη παράλληλη ανάπτυξη τόσο των εφαρμογών IP όσο και των οπτικών εφαρμογών. Πλέον με το πρωτόκολλο GMPLS ανοίγει ο δρόμος για τη γρήγορη επέκταση υπηρεσιών, για πιο αποδοτική λειτουργία καθώς επίσης για αυξανόμενες δυνατότητες κέρδους διότι γεφυρώνεται δυναμικά το χάσμα μεταξύ της παραδοσιακής υποδομής μεταφοράς δεδομένων και των στρωμάτων IP. Έχουν γίνει οι απαραίτητες προβλέψεις ώστε να μεταβεί ομαλά από ένα παραδοσιακό κατακερματισμένο και αλληλεπικαλυπτόμενο μοντέλο μεταφορών και υπηρεσιών σε ένα ενοποιημένο και απλούστερο μοντέλο [15][17].

Η λειτουργικότητα που παρέχει το πρωτόκολλο GMPLS είναι η γενικευμένη έννοια μιας ιεραρχίας LSP και δημιουργεί ικανοποιητική ευελιξία. Λόγο της βελτίωσης της

υποστήριξης για τη πολυπλεξία και την μεταγωγή σε έναν ιεραρχικό τρόπο σε συνδυασμό με την ευέλικτη ευφυΐα του MPLS η επιχειρησιακή αξία της μεταγωγής GMPLS θα αποδειχθεί ουσιαστική σε οποιαδήποτε λύση στοχεύει να επιτρέψει μεγάλους όγκους κυκλοφορίας, κατά τρόπο οικονομικά αποδοτικό για τους παρόχους.

MPLS – Μετατροπή ετικετών πολυπρωτοκόλλων

Σε κάθε MPLS πακέτο δίνεται μια MPLS header που αποτελείται απο:

- 1.Ετικέτα 20 bit
- 2.Πειραματικό πεδίο 3 bit (που χρησιμοποιούνται συχνά για προτεραιότητα)
- 3.Ετικέτα δείκτη σωρού 1 bit (κατώτατου δείκτη σωρού)
- 4.TTL πεδίο 8 bit (παρουσιάζεται από την IP header για να υποστηρίξει το TTL ακόμα και όταν το MPLS δεν εξετάζει την IP header.)

Στόχοι και απαιτήσεις

Στόχος της δημιουργίας του πρωτοκόλλου MPLS ήταν να τυποποιηθεί μια βασική τεχνολογία, η οποία θα συνδυάζει τη χρήση της τεχνικής αντικατάστασης ετικέτας στο τμήμα προώθησης με τη δρομολόγηση του επιπέδου δικτύου στο τμήμα ελέγχου. Για να υλοποιηθεί αυτός ο στόχος έπρεπε να βρεθεί μια λύση η οποία θα ικανοποιεί τις παρακάτω απαιτήσεις:

- ✓ Το πρωτόκολλο MPLS πρέπει να υποστηρίζεται από οποιαδήποτε τεχνολογία επιπέδου σύνδεσης δεδομένων και όχι μόνο πάνω από ATM υποδομές.
- ✓ Οι βασικές τεχνολογίες του MPLS θα πρέπει να υποστηρίζουν την προώθηση τόσο της unicast όσο και της multicast ροής κυκλοφορίας.
- ✓ Το MPLS θα πρέπει να είναι επεκτάσιμο έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει το διαρκώς αναπτυσσόμενο Διαδίκτυο.
- ✓ Το MPLS θα πρέπει να υποστηρίζει διάφορες λειτουργίες αλλά και ευκολίες διαχείρισης και συντήρησης σε βαθμό τουλάχιστον ίσο με αυτό των ήδη υπαρχόντων IP δικτύων.
- ✓ Το MPLS θα πρέπει να είναι συμβατό με το μοντέλο ολοκληρωμένων λύσεων της IETF (IETF Integrated Services Model), συμπεριλαμβανομένου του RSVP.

Δομικά του μέρη του MPLS

Δρομολογητές ετικέτας (LSRs και LERs)

Οι δρομολογητές που υποστηρίζουν το πρωτόκολλο MPLS μπορούν να ταξινομηθούν σε ακραίους δρομολογητές ετικέτας (Label Edge Routers- LERs) και δρομολογητές μεταγωγής ετικέτας (Label Switching Routers-LSRs) [15][16].

Ο LSR είναι ένας δρομολογητής υψηλής ταχύτητας στον πυρήνα κάποιου MPLS δικτύου ο οποίος συμμετέχει στην αναγνώριση των LSPs. Ο συγκεκριμένος δρομολογητής χρησιμοποιεί το κατάλληλο πρωτόκολλο σηματοδότησης ετικετών και μεταγωγή υψηλής ταχύτητας της κυκλοφορίας δεδομένων που βασίζεται στα εγκατεστημένα μονοπάτια.

Ο LER είναι μια συσκευή η οποία λειτουργεί στο άκρο του δικτύου πρόσβασης και MPLS δικτύου. Οι LERs υποστηρίζουν πολλαπλές θύρες συνδεδεμένες σε διαφορετικά δίκτυα (όπως Frame Relay και Ethernet) και προωθεί την κυκλοφορία πάνω στο MPLS δίκτυο μετά την αναγνώριση των LSPs. Ένας LER χρησιμοποιεί πρωτόκολλο σηματοδότησης ετικέτας κατά την είσοδο και κατανέμει την κυκλοφορία πίσω στα δίκτυα

πρόσβασης στην έξοδο. Ο LER παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην ανάθεση και αφαίρεση των ετικετών, κατά την είσοδο ή έξοδο της κυκλοφορίας από ένα MPLS δίκτυο.

FEC (Κλάση Ισοδύναμης Προώθησης)

Η αναπαράσταση μιας ομάδας πακέτων τα οποία μοιράζονται τις ίδιες απαιτήσεις για την μεταφορά τους ορίζεται ως κλάση ισοδύναμης προώθησης (FEC). Όλα τα πακέτα ενός τέτοιου συνόλου εξασφαλίζουν την ίδια μεταχείριση καθ' οδόν προς τον προορισμό. Στο MPLS η ανάθεση ενός ξεχωριστού πακέτου σε κάποια ξεχωριστή FEC γίνεται μόνο μια φορά, καθώς το πακέτο εισέρχεται στο δίκτυο σε αντίθεση με την συνήθη προώθηση των IP. Οι FECs βασίζονται στις απαιτήσεις εξυπηρέτησης για ένα δεδομένο σύνολο πακέτων ή απλά σε κάποιο πρόθεμα της διεύθυνσης. Καθένας LSR κατασκευάζει έναν πίνακα για να καθορίσει πώς θα πρέπει να προωθηθεί κάποιο πακέτο. Ο πίνακας αυτός ο οποίος ονομάζεται Βάση Πληροφοριών Ετικέτας (Label Information Base - LIB), αποτελείται από αντιστοιχίσεις ετικετών σε ισοδύναμες κλάσεις προώθησης [15][16].

Πιο αναλυτικά καθώς ένα πακέτο από στρώματα πρωτοκόλλου χωρίς σύνδεση δικτύου ταξιδεύει από έναν δρομολογητή στον επόμενο, κάθε δρομολογητής παίρνει μια ανεξάρτητη απόφαση για εκείνο το πακέτο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε δρομολογητής αναλύει την επικεφαλίδα του πακέτου και τρέχει έναν αλγόριθμο δρομολόγησης στρώματος δικτύου και επιλέγει ανεξάρτητα ένα επόμενο hop για το πακέτο, βασισμένο στην ανάλυση της επικεφαλίδας του πακέτου και τα αποτελέσματα του τρεξίματος του αλγορίθμου δρομολόγησης. Οι επικεφαλίδες πακέτων περιέχουν περισσότερες πληροφορίες από εκείνες που απαιτούνται απλώς για να επιλεγεί το επόμενο hop. Η επιλογή του επόμενου hop μπορεί επομένως να θεωρείται ως σύνθεση δύο λειτουργιών. Η πρώτη λειτουργία χωρίζει ολόκληρο το σύνολο πιθανών πακέτων σε ένα σύνολο FECs. Η δεύτερη χαρτογραφεί κάθε FEC σε ένα επόμενο hop. Όσον αφορά στην απόφαση αποστολής, τα διαφορετικά πακέτα που ταξινομούνται στο ίδιο FEC είναι όμοια. Όλα τα πακέτα που ανήκουν σε ένα συγκεκριμένο FEC και ταξιδεύουν από ένα συγκεκριμένο κόμβο θα ακολουθήσουν την ίδια πορεία.

Γενικότερα ένας δρομολογητής θεωρεί ότι υπάρχουν δύο πακέτα στο ίδιο FEC εάν υπάρχει κάποια διεύθυνση prefix X στους πίνακες δρομολόγησης εκείνου του δρομολογητή έτσι ώστε το X να είναι το "longest match" για τη διεύθυνση προορισμού κάθε πακέτου. Καθώς το πακέτο διαπερνά το δίκτυο, κάθε hop επανεξετάζει στη συνέχεια το πακέτο και το ορίζει σε ένα FEC.

Στο MPLS, η ανάθεση ενός συγκεκριμένου πακέτου σε ένα συγκεκριμένο FEC γίνεται ακριβώς μία φορά, καθώς το πακέτο εισάγεται στο δίκτυο. Το FEC στο οποίο το πακέτο ανατίθεται, είναι κωδικοποιημένο ως σύντομη σταθερού μήκους τιμή γνωστή ως "ετικέτα". Όταν ένα πακέτο διαβιβάζεται στο επόμενο hop του, η ετικέτα στέλνεται μαζί του. Η ετικέτα χρησιμοποιείται ως δείκτης σε πίνακα που διευκρινίζει το επόμενο hop και μια νέα ετικέτα. Αυτό σημαίνει ότι στα επόμενα hops, δεν υπάρχει καμία περαιτέρω ανάλυση της επικεφαλίδας στρωμάτων δικτύου του πακέτου. Η παλιά ετικέτα αντικαθίσταται με τη νέα ετικέτα και το πακέτο διαβιβάζεται στο επόμενο hop [16][17].

Ετικέτες

Η ετικέτα είναι ένα σύντομο, σταθερού μήκους, τοπικά σημαντικό προσδιοριστικό που χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει ένα FEC. Τοποθετείται σε ένα ιδιαίτερο πακέτο αντιπροσωπεύει το FEC στο οποίο εκείνο το πακέτο κατατάσσεται. Ένα πακέτο ορίζεται σε ένα FEC βασισμένο (εντελώς ή μερικώς) στη διεύθυνση προορισμού στρώματος δικτύου. Εντούτοις, η ετικέτα δεν είναι ποτέ μια κωδικοποίηση εκείνης της διεύθυνσης. Εάν το RU και Rd είναι LSRs, μπορούν να συμφωνήσουν ότι όταν διαβιβάζει το RU ένα

πακέτο στο Rd, το RU θα ονομάσει το πακέτο με την τιμή ετικέτας L εάν και μόνο εάν το πακέτο είναι μέλος ενός συγκεκριμένου FEC F. Δηλαδή μπορούν να συμφωνήσουν με μια "σύνδεση" μεταξύ της ετικέτας L και του FEC F για τα πακέτα που κινούνται από το RU στο Rd. Αυτό έχει αποτέλεσμα το L γίνεται "εξερχόμενη ετικέτα" του RU αντιπροσωπεύοντας το FEC F, και το L γίνεται "εισερχόμενη ετικέτα" του Rd αντιπροσωπεύοντας το FEC F. Σημαντικό να σημειωθεί ότι το L δεν αντιπροσωπεύει απαραίτητα το FEC F για οποιαδήποτε πακέτα εκτός από εκείνα που στέλνονται από το RU στο Rd. Το L είναι μια αυθαίρετη τιμή της οποίας η δέσμευση στο F είναι τοπική στο RU και το Rd. Παραπάνω αναφέρθηκαν τα πακέτα "που στέλνονται" από το RU στο Rd, όμως αυτό δεν σημαίνει ούτε ότι το πακέτο δημιουργήθηκε στο RU ούτε ότι ο προορισμός του είναι το Rd. Εννοείται ότι περιλαμβάνουμε τα πακέτα που είναι "πακέτα διέλευσης" στο ένα ή και στα δύο από το LSRs. Τις περισσότερες φορές το Rd δεν μπορεί να πει, για ένα αφιχθέν πακέτο ετικέτας L, ότι η ετικέτα L τοποθετήθηκε στο πακέτο από το RU, παρά από κάποιο άλλο LSR. Αυτό θα συμβεί χαρακτηριστικά όταν το RU και το Rd δεν είναι άμεσοι γείτονες. Σε αυτές τις περιπτώσεις το Rd πρέπει να σιγουρευτεί ότι η σύνδεση από την ετικέτα στο FEC είναι ένα προς ένα. Δηλαδή το Rd δεν πρέπει να συμφωνήσει με το Ru1 να δεσμεύσει το L στο FEC F1, ενώ επίσης συμφωνεί με κάποιο άλλο LSR Ru2 να δεσμεύσει το L σε ένα διαφορετικό FEC F2, εκτός αν το Rd μπορεί πάντα να πει, όταν λαμβάνει ένα πακέτο με την εισερχόμενη ετικέτα L, εάν η ετικέτα τέθηκε στο πακέτο από το Ru1 ή εάν τέθηκε από το Ru2. Είναι ευθύνη του κάθε LSR να εξασφαλιστεί ότι μπορεί μεμονωμένα να ερμηνεύσει τις εισερχόμενες ετικέτες του.

Σωρός ετικετών (Label Stack)

Ένα επονομαζόμενο πακέτο φέρνει μόνο μια ενιαία ετικέτα. Είναι χρήσιμο να υπάρχει ένα γενικότερο πρότυπο μέσα στο οποίο ένα επονομαζόμενο πακέτο φέρνει διάφορες ετικέτες, οργανωμένες ως last-in, first-out. Αναφερόμαστε σε αυτό ως "σωρός ετικετών". Το MPLS υποστηρίζει μια ιεραρχία, η επεξεργασία ενός επονομαζόμενου πακέτου είναι απολύτως ανεξάρτητη από το επίπεδο ιεραρχίας. Η επεξεργασία είναι πάντα βασισμένη στην κορυφαία ετικέτα, χωρίς να δίνει σημασία στην πιθανότητα, σύμφωνα με την οποία κάποιος αριθμός άλλων ετικετών μπορεί να είναι "above it" στο παρελθόν, ή ότι κάποιος αριθμός άλλων ετικετών μπορεί να είναι "below it" αυτή τη στιγμή. Ένα πακέτο που δεν έχει ετικέτα μπορεί να θεωρηθεί ως πακέτο του οποίου ο σωρός ετικετών είναι κενός (δηλ., του οποίου ο σωρός ετικετών έχει βάθος 0). Εάν ο σωρός ετικετών ενός πακέτου είναι βάθους m, αναφερόμαστε στην ετικέτα στο κατώτατο σημείο του σωρού ως το επίπεδο 1 ετικέτας, στην ετικέτα επάνω από το (εάν υπάρχει τέτοιο) ως επίπεδο 2 ετικέτας, και στην ετικέτα στην κορυφή του σωρού ως ετικέτα επιπέδου m.

Ένα χαρακτηριστικό που συναντάμε μόνο στο πρωτόκολλο MPLS είναι ιδιαίτερα στην περίπτωση των VPNs, μπορεί να ελέγχει ολόκληρο το μονοπάτι ενός πακέτου χωρίς να καθορίζει τους ενδιάμεσους δρομολογητές. Εφόσον έχει πραγματοποιηθεί ανταλλαγή των ετικετών μεταξύ των LSRs που υποστηρίζουν ένα LSP, οι ενδιάμεσοι LSRs που ανήκουν στο LSP δε χρειάζεται να εξετάζουν το περιεχόμενο των πακέτων δεδομένων που περνούν από το LSP. Για αυτό το λόγο, τα LSPs σχηματίζουν tunnels κατά μήκος ολόκληρου ή ενός τμήματος του MPLS δικτύου κορμού. Ένα tunnel μεταφέρει αδιαφανή δεδομένα μεταξύ του LSR εισόδου του tunnel και του LSR εξόδου του tunnel.

Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η αποκρυπτογράφηση και η μεταφορά του ωφέλιμου φορτίου, συμπεριλαμβανομένων των IP επικεφαλίδων, χωρίς να υπάρχουν καθυστερήσεις στο δίκτυο. Ένας LSR εξόδου μπορεί να διανέμει τις ετικέτες για πολλαπλές FECs και να εγκαθιστά πολλαπλά LSPs. Όλα αυτά τα LSPs είναι παράλληλα και μπορούν να κατευθυνθούν μαζί μέσω ενός LSP tunnel υψηλότερου επιπέδου μεταξύ των LSRs του δικτύου. Στα πακέτα που εισέρχονται στο LSP tunnel υψηλότερου επιπέδου προστίθεται μία επιπλέον ετικέτα έτσι ώστε να διακρίνονται μέσα

στο δίκτυο, αλλά ταυτόχρονα διατηρούν τις ετικέτες του πρώτου επιπέδου για να μπορούν να ξεχωρίζουν όταν θα εξέλθουν από το tunnel υψηλότερου επιπέδου. Αυτή η διαδικασία ανάθεσης πολλαπλών ετικετών καλείται *label stacking*. Οι LSRs του δικτύου κορμού δρομολογούν τα δεδομένα βάσει της ετικέτας που βρίσκεται στην κορυφή της στοίβας. Αυτό συμβάλλει στη μείωση του μεγέθους των πινάκων προώθησης που πρέπει να διατηρούνται στους LSRs του δικτύου κορμού, και της πολυπλοκότητας της διαχείρισης των δεδομένων που προωθούνται κατά μήκος του δικτύου κορμού. Όταν μία συσκευή δεσμεύει μία ετικέτα, μπορεί να τη δεσμεύσει είτε από ένα χώρο με ετικέτες ανά πλατφόρμα (Global Label Space) ή από ένα χώρο με ετικέτες ανά interface (interface label space). Στην πρώτη περίπτωση, η ετικέτα έχει καθολική σημασία εντός της συσκευής και γι' αυτό το εξερχόμενα interface και ετικέτα για το LSP μπορούν να αναγνωριστούν και μόνο από αυτή τη ετικέτα. Στη δεύτερη περίπτωση η εισερχόμενη ετικέτα μπορεί να ερμηνευτεί μόνο σε συνδυασμό με το εισερχόμενο interface. Μία συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα interface label space για ορισμένα interfaces, και το Global Label Space για άλλα [15][16].

Λειτουργία και Αρχιτεκτονική του MPLS

Λειτουργίες του MPLS

Οι επικεφαλίδες των πακέτων περιέχουν περισσότερες πληροφορίες από αυτές που πραγματικά χρειάζονται για την επιλογή του επόμενου δρομολογητή στον οποίο θα κατευθυνθεί ένα πακέτο. Η επιλογή του δρομολογητή μπορεί να οριστεί μέσα από την σύνθεση δύο λειτουργιών:

1. Η πρώτη λειτουργία χωρίζει τα πακέτα σε ένα σύνολο από FECs.
2. Η δεύτερη λειτουργία αντιστοιχεί σε κάθε FEC έναν επόμενο δρομολογητή.

Όσον αφορά την απόφαση προώθησης, τα διαφορετικά πακέτα που αντιστοιχίζονται στην ίδια FEC δεν μπορούν να διακριθούν. Όλα τα πακέτα που ανήκουν στην ίδια FEC και ταξιδεύουν από ένα συγκεκριμένο κόμβο θα ακολουθήσουν το ίδιο μονοπάτι.

Για να περάσει ένα πακέτο δεδομένων σε ένα MPLS δίκτυο πρέπει να ακολουθηθούν τα επόμενα βήματα:

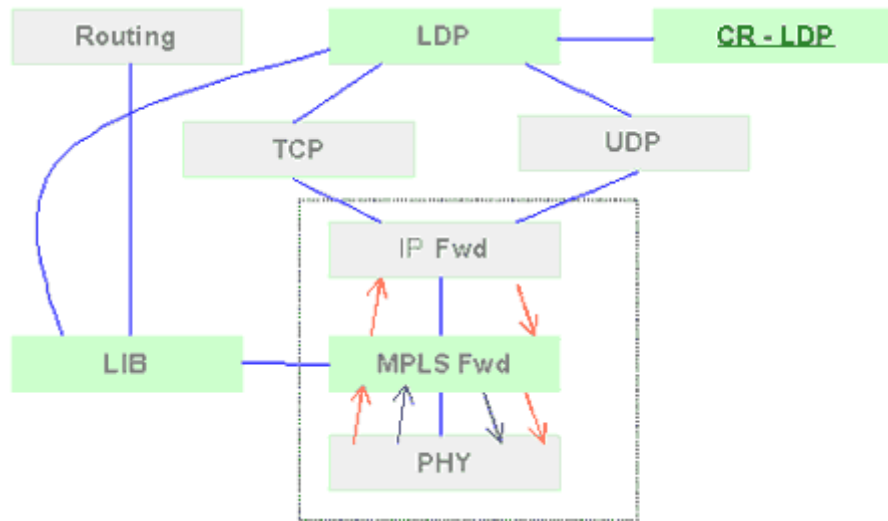
- Δημιουργία και διανομή ετικέτας.
- Δημιουργία πίνακα σε κάθε δρομολογητή.
- Δημιουργία μονοπατιού μεταγωγής ετικέτας (LSP).
- Ανάθεση ετικέτας / Αναζήτηση στον πίνακα.
- Προώθηση πακέτου.

Ένας κόμβος προέλευσης στέλνει τα δεδομένα του σε έναν κόμβο προορισμού. Σε ένα MPLS δίκτυο, δεν είναι απαραίτητο όλη η κυκλοφορία να μεταφέρεται διαμέσου του ίδιου μονοπατιού. Μα βάση τα χαρακτηριστικά της κυκλοφορίας, μπορούν να δημιουργηθούν διαφορετικά LSPs για πακέτα με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας [15][16].

Αρχιτεκτονική του MPLS

Τα βασικά συστατικά στοιχεία του MPLS μπορούν να χωριστούν στα ακόλουθα μέρη:

- Πρωτόκολλα δρομολόγησης επιπέδου δικτύου
- Προώθηση επιπέδου δικτύου στα άκρα
- Μεταγωγή βασισμένη στην ετικέτα στον πυρήνα δικτύου
- Σχηματισμός ετικετών
- Πρωτόκολλο σηματοδότησης για διανομή ετικετών
- Έλεγχος κυκλοφορίας
- Συμβατότητα με διάφορες τεχνολογίες επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (ATM, frame relay, PPP)

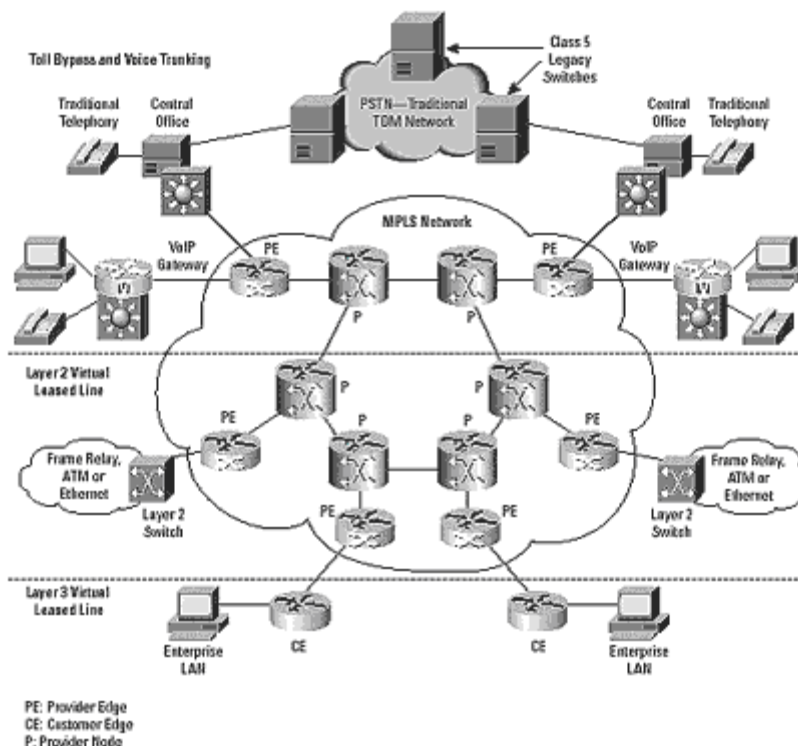


Εικόνα 4-15 Στοιβα πρωτοκόλλου MPLS

Στη παραπάνω Εικόνα 4-15 απεικονίζονται η στοιβα του πρωτοκόλλου MPLS. Πιο συγκεκριμένα απεικονίζει τα πρωτόκολλα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τις λειτουργίες του MPLS. Η δρομολόγηση μπορεί να γίνεται με κάποιο από τα δημοφιλή πρωτόκολλα. Ανάλογα με το περιβάλλον λειτουργίας, η δρομολόγηση μπορεί να γίνεται με κάποιο από τα OSPF, BGP, ή ATM's PNNI, κ.λπ. Το LDP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο TCP για αξιόπιστη μετάδοση των δεδομένων ελέγχου από έναν LSR σε κάποιον άλλο κατά τη διάρκεια μιας συνόδου. Επίσης το LDP χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο UDP κατά τη διάρκεια της φάσης αναζήτησης. Σε αυτή τη φάση, ο LSR προσπαθεί να βρει την ταυτότητα των γειτόνων του και επίσης σηματοδοτεί την παρουσία του στο δίκτυο. Αυτό γίνεται με την ανταλλαγή πακέτων Hello.

Το IP Fwd είναι το κλασσικό πρωτόκολλο προώθησης σε IP δίκτυα, το οποίο αναζητά το επόμενο βήμα χρησιμοποιώντας ταίριασμα της μεγαλύτερου μεγέθους διεύθυνσης (longest match address) στον πίνακά του. Για το MPLS, αυτό γίνεται μόνο από τους ακραίους δρομολογητές (LERs). Το MPLS Fwd είναι το MPLS πρωτόκολλο προώθησης το οποίο συνδυάζει την ετικέτα της θύρας εισόδου με μια θύρα εξόδου για κάποιο δεδομένο πακέτο.

Τα επίπεδα, που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα εντός της διακεκομμένης γραμμής, μπορούν να υλοποιηθούν με υλικό (hardware) για ταχύτερη και αποδοτικότερη λειτουργία. Η γενικότερη αρχιτεκτονική ενός MPLS δικτύου παρουσιάζεται στη παρακάτω Εικόνα 4-16:



Εικόνα 4-16 Γενική Αρχιτεκτονική MPLS

Traffic Engineering

Το traffic engineering αφορά στη βελτιστοποίηση της απόδοσης των δικτύων μέσω της αντιστοίχισης των ροών κυκλοφορίας στην τοπολογία του φυσικού δικτύου. Αρχικά τη διαδρομή που ακολουθούσαν τα πακέτα ήταν η συντομότερη διαδρομή όπως προκύπτει από την εφαρμογή ενός αλγόριθμου συντομότερου μονοπατιού. Σε μια πιο εξελεγχόμενη μέθοδο η ανάπτυξη της ζήτησης για εξυπηρέτηση, άρχισε να γίνεται αντιληπτή η ανάγκη για σωστή διαχείριση των δικτυακών πόρων, γεγονός που επιτυγχάνεται με την εφαρμογή traffic engineering. Πιο συγκεκριμένα άρχισαν να εφαρμόζονται πρωτόκολλα δρομολόγησης που στα κριτήρια τους για την επιλογή του μονοπατιού συμπεριλάμβαναν και ποσότητες που αντικατόπτριζαν την κατάσταση (φόρτο) των συνδέσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να παρέχεται στο δίκτυο η δυνατότητα μεταφοράς της κυκλοφορίας από το κοντινότερο μονοπάτι σε ένα άλλο λιγότερο συμφορημένο. Γενικά στόχος του traffic engineering είναι να εξισορροπήσει το φορτίο κυκλοφορίας στους διάφορους συνδέσμους, δρομολογητές και switches του δικτύου έτσι ώστε κανένα από αυτά τα στοιχεία να μην υπέρ-χρησιμοποιείται ή υπό-χρησιμοποιείται και η εκμετάλλευση πλέον των δυνατοτήτων του δικτύου να είναι όσο το δυνατό πιο κοντά στη βέλτιστη. Η διαδικασία του traffic engineering μπορεί να χαρακτηριστεί ότι αποτελείται από δυο στάδια, πρώτα το σχεδιασμό του δικτύου και ύστερα τη βελτιστοποίηση. Στη φάση του σχεδιασμού επιλέγονται τα μονοπάτια που θα ακολουθήσουν οι ροές της κυκλοφορίας και στη συνέχεια ακολουθεί το στάδιο της βελτιστοποίησης όπου γίνεται προσπάθεια βελτίωσης τυχόν λαθεμένων επιλογών στο σχεδιασμό ή άλλων προβλημάτων που μπορεί παρουσιαστούν [15][16][17].

Οι τρόποι δρομολόγησης της κυκλοφορίας συνοψίζονται σε δυο κατηγορίες:

- ✓ Στη ρητή δρομολόγηση το μονοπάτι που θα ακολουθήσουν τα πακέτα έχει προεπιλεγεί και μπορεί στη συνέχεια να γίνει και δέσμευση πόρων στη διαδρομή αυτή.
- ✓ Στην έμμεση δρομολόγηση επιλέγεται ένα μονοπάτι στο δίκτυο το οποίο μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις προώθησης που εκφράζουν οι ροές και στη

διαδρομή αυτή δεσμεύονται οι πόροι. Το κρίσιμο σημείο επομένως στο είδος αυτό της δρομολόγησης είναι το γεγονός ότι κριτήριο αποτελούν οι απαιτήσεις προώθησης των ροών που εκφράζονται μέσω κάποιας ποσότητας όπως το επιθυμητό εύρος ζώνης.

Συνοψίζοντας λοιπόν, οι traffic engineering δυνατότητες είναι κρίσιμες σε ένα δίκτυο και χρησιμοποιούνται για τις ακόλουθες περιπτώσεις. Αρχικά για τη δρομολόγηση των γνωστών μονοπατιών γύρω από τα σημεία συμφόρησης του δικτύου. Παράλληλα για την όσο το δυνατό καλύτερη αξιοποίηση του εύρους ζώνης και για την επαναδρομολόγηση ροών στην περίπτωση που παρουσιαστεί απώλεια κάποιου συνδέσμου. Από όλα τα παραπάνω αποδεικνύεται η σπουδαιότητα του traffic engineering σε ένα σύγχρονο δίκτυο. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν το MPLS πρωτόκολλο διαθέτουν τέτοια traffic engineering χαρακτηριστικά σε πολύ ολοκληρωμένο μάλιστα βαθμό.

Προκειμένου σε ένα MPLS δίκτυο να υποστηριχθούν αποτελεσματικά οι traffic engineering μηχανισμοί πρέπει στη διαδικασία της επιλογής του μονοπατιού να γνωρίζει η πηγή τα πλήρη χαρακτηριστικά του δικτύου, στη συνέχεια να γίνεται διανομή των στοιχείων του δικτύου (τοπολογία, κατάσταση συνδέσμων) και τέλος να υπάρχει η δυνατότητα δέσμευσης των πόρων και τροποποίησης των γνωρισμάτων των συνδέσεων. Στο MPLS traffic engineering ένας κοινός όρος είναι το traffic trunk που περιγράφει μία συγκέντρωση ροών κυκλοφορίας της ίδιας κλάσης που τοποθετούνται στο ίδιο LSP. Οι πιο γνωστοί και διαδεδομένοι μηχανισμοί σηματοδότησης που χρησιμοποιούνται για την διανομή των ετικετών σε ένα MPLS δίκτυο είναι το CR-LDP (Constraint Routing- Label Distribution Protocol) και το RSVP-TE (Resource Reservation Protocol with Traffic Engineering Extensions).

CR-LDP

Το CR-LDP είναι μία μέθοδος για εγκατάσταση των LSPs από- σημείο-σε-σημείο. Το CR-LDP επιτρέπει τον ορισμό ρητών διαδρομών, που ουσιαστικά λαμβάνεται η ακολουθία των κόμβων ως είσοδος από αυτό, χρησιμοποιώντας αυστηρά και abstract hops. Ένας abstract κόμβος είναι ένα σύνολο κόμβων του οποίου η εσωτερική τοπολογία είναι αδιαφανής στον κόμβο εισόδου των LSPs που διέρχονται από αυτόν ενώ ένας abstract κόμβος θεωρείται απλώς αν περιέχει μόνο ένα φυσικό κόμβο. Με τον τρόπο αυτό παρέχεται μέγιστη ευελιξία στη δημιουργία ενός συγκεκριμένου μονοπατιού σε ένα δίκτυο. Το CR-LDP είναι ένα σύνολο επεκτάσεων στο LDP ειδικά σχεδιασμένο για να διευκολύνει το constraint-based routing των LSPs. Οι επεκτάσεις αυτές είναι πλήρως καθορισμένες και αφορούν τις ακόλουθες λειτουργίες [15][16][17]:

- Παράμετροι QoS και κυκλοφορίας
- Επανα-βελτιστοποίηση μονοπατιού
- Γνωστοποίηση αποτυχίας εγκατάστασης ενός LSP
- Ανάκαμψη από αποτυχία κάποιου μονοπατιού και LSP γενικότερα
- Ανίχνευση βρόχων
- Multi-protocol υποστήριξη

Στόχος ενός constraint-based routing μηχανισμού είναι η εύρεση μιας υλοποιήσιμης λύσης στο πρόβλημα της ανάθεσης ενός μονοπατιού για το traffic trunk. Στην πράξη, χρησιμοποιείται ένας ευριστικός αλγόριθμος για την εύρεση ενός υλοποιήσιμου μονοπατιού που αποτελείται από τις ακόλουθες διαδικασίες.

Αρχικά αποκλείονται οι πόροι που δεν ικανοποιούν τις απαιτήσεις των γνωρισμάτων του traffic trunk. Στη συνέχεια, τρέχει ένας αλγόριθμος μικρότερου μονοπατιού στον

εναπομείναντα γράφο. Παράλληλα, μπορούν να καθοριστούν επιπρόσθετοι κανόνες για περαιτέρω βελτιστοποίηση. Στην περίπτωση όμως που πρέπει να δρομολογηθούν πολλαπλά traffic trunks μπορεί ο παραπάνω αλγόριθμος να μη βρίσκει πάντα μια αντιστοιχία, ακόμα κι αν υπάρχει μία. Προκειμένου να επιτευχθεί constraint based routing στο επίπεδο δικτύου πρέπει να προστεθεί μία constraint based routing διαδικασία που να μπορεί να συνεργάζεται με το χρησιμοποιούμενο IGP. Ακόμα ο μηχανισμός CR-LDP μπορεί να υποστηρίξει και ρητή δρομολόγηση. Μια ρητή διαδρομή αναπαρίσταται σε ένα μήνυμα Αίτησης Ετικέτας (Label Request) σαν μία λίστα κόμβων ή μία ομάδα κόμβων κατά μήκος της constraint-based διαδρομής. Αν το αιτούμενο μονοπάτι μπορεί να ικανοποιήσει τους πόρους που ζητούνται, δεσμεύονται ετικέτες προς την κατεύθυνση της ροής και κατανέμονται μέσω των μηνυμάτων αντιστοίχισης ετικετών. Τέλος ο CR-LDP μηχανισμός έχει δημιουργηθεί για να υποστηρίξει ακόμη QoS κλάσεις, οι οποίες διαμορφώνονται από το διαχειριστή του δικτύου καθώς και να υποστηρίξει μεταφορά multi-protocol κίνησης.

Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του μηχανισμού CR-LDP είναι πολλαπλά και συνοψίζονται στα ακόλουθα σημεία:

- Παρέχει μία ουσιαστική απλοποίηση του δικτύου.
- Παρέχει αξιοπιστία
- Κλιμάκωση
- Δια λειτουργικότητα

Ένα CR-LDP μοντέλο παρέχει επίσης ένα σύνολο από δομικά στοιχεία που επιτρέπουν τη δημιουργία και τον ορισμό πολλών υπηρεσιών. Τα κύρια δομικά στοιχεία είναι ο ορισμός κανόνων στους LSRs των άκρων (edge rules) και ο ορισμός τοπικής συμπεριφοράς (local behaviors) σε σχέση με τη δέσμευση των πόρων και την προώθηση των πακέτων. Ο ορισμός μιας υπηρεσίας γίνεται αναγνωρίζοντας τους κανόνες που επιβάλλονται στα άκρα του δικτύου και την τοπική συμπεριφορά που αναδένεται στον LSR. Κρίσιμο σημείο στον ορισμό μίας τέτοιας υπηρεσίας αποτελεί η σύνδεση δύο διαφορετικών MPLS domains, που επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας μονάδας ολοκλήρωσης που είναι υπεύθυνη για την αντιστοίχιση πακέτων από το ένα domain στο άλλο. Η μονάδα αυτή θα πρέπει να γνωρίζει τις υπηρεσίες που προσφέρονται στα interfaces της και να μπορεί να πραγματοποιεί τις κατάλληλες μετατροπές στις παραμέτρους [15][16][17].

RSVP-TE

Το RSVP-TE είναι μία παρόμοια μέθοδος για την εγκατάσταση ενός σημείο- προς σημείο LSP που επίσης ικανοποιεί τις QoS απαιτήσεις για το MPLS. Αποτελεί μία επέκταση του αρχικού RSVP πρωτοκόλλου, με νέες δυνατότητες για την υποστήριξη ενός MPLS domain. Το RSVP χρησιμοποιεί ένα μήνυμα ανταλλαγής για τη δέσμευση των πόρων σε ένα δίκτυο με IP ροές. Συγκεκριμένα, αποστέλλεται ένα μήνυμα από την πηγή προς τον προορισμό ακολουθώντας τη διαδρομή του LSP όπου στο μήνυμα περιλαμβάνονται και οι πόροι που ζητείται να δεσμευθούν. Στη διαδρομή γίνεται έλεγχος στους ενδιάμεσους δρομολογητές αν μπορούν να υποστηρίξουν τις απαιτήσεις αυτές. Οι επεκτάσεις στο RSVP για LSP Tunnels ενισχύουν το γενικό RSVP έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διανομή των MPLS ετικετών. Η χρήση του RSVP-TE δεν σημαίνει ότι απαιτείται να τρέχει μία πλήρης υλοποίηση του RSVP σε κάθε LER ή LSR σε ένα MPLS δίκτυο. Το RSVP-TE είναι ένα 'soft state' πρωτόκολλο και χρησιμοποιεί UDP ή IP datagrams ως το μηχανισμό σηματοδότησης για την εγκατάσταση ενός LSP, που περιλαμβάνει την ανακάλυψη των άκρων, τις αιτήσεις ετικετών, την αντιστοίχιση και τη διαχείριση. Ένα σημαντικό πλεονέκτημά του RSVP-TE είναι ότι καθιστά δυνατή τη δέσμευση των πόρων κατά μήκος του μονοπατιού.

Αναλυτικά οι επεκτάσεις που δέχτηκε το RSVP πρωτόκολλο επικεντρώνονται στα κάτωθι σημεία:

- Η RSVP σηματοδότηση λαμβάνει χώρα μεταξύ δρομολογητών (και όχι hosts) που συμπεριφέρονται σαν τα σημεία εισόδου και εξόδου ενός traffic trunk. Το επεκταμένο RSVP εφαρμόζεται σε μία συλλογή ροών που μοιράζονται ένα κοινό μονοπάτι και ένα κοινό σύνολο δικτυακών πόρων. Αθροίζοντας πολυάριθμες host-to-host ροές σε κάθε LSP tunnel, το επεκταμένο RSVP μειώνει σημαντικά την RSVP πληροφορία που πρέπει να διατηρείται στο δίκτυο κορμού.
- Η RSVP σηματοδότηση παρέχει μία διαδικασία διανομής που σχετίζεται με την προώθηση πακέτου και συμπεριλαμβάνει τη διανομή των MPLS ετικετών.
- Επειδή το απλό RSVP πρωτόκολλο είναι «soft-state» παρουσιάζονται προβλήματα κλιμάκωσης, καθυστέρησης και αυξημένου φόρτου κυκλοφορίας. Αυτά επιλύονται με μια σειρά επεκτάσεων που μειώνουν το πλήθος των μηνυμάτων ανανέωσης και τις σχετικές απαιτήσεις για επεξεργασία των μηνυμάτων.
- Το μονοπάτι που εγκαθίσταται από την RSVP σηματοδότηση δεν περιορίζεται από την τυπική δρομολόγηση που βασίζεται στον προορισμό, έτσι αποτελεί το τέλειο εργαλείο για την εγκατάσταση των traffic engineering trunks.

Επιπλέον το RSVP πρωτόκολλο δέχτηκε ακόμα πιο ειδικές επεκτάσεις για την υποστήριξη LSP Tunnels που συνοψίζονται παρακάτω:

- Downstream-on-demand διανομή ετικέτας.
- Αρχικοποίηση ρητών LSPs.
- Κατανομή των δικτυακών πόρων (π.χ., εύρος ζώνης) στα ρητά LSPs.
- Επανα-δρομολόγηση των εγκατεστημένων LSP tunnels.
- Ανίχνευση της πραγματικής διαδρομής που ακολουθεί ένα LSP tunnel.
- Έννοια των abstract κόμβων.
- Επιλογές εκ των προτέρων εκχώρησης που ελέγχονται διαχειριστικά.

Το RSVP-TE διαφέρει από το παραδοσιακό RSVP γενικεύει την έννοια της RSVP ροής. Το RSVP-TE ουσιαστικά επιτρέπει σε ένα RSVP session να αποτελείται από μία αυθαίρετη συσσώρευση κυκλοφορίας (βάσει τοπικών πολιτικών) ανάμεσα στον κόμβο εισόδου ενός LSP tunnel και στον κόμβο εξόδου του tunnel. Στο αρχικό RSVP πρωτόκολλο, μία session οριζόταν σε μία ροή δεδομένων με ένα συγκεκριμένο προορισμό και πρωτόκολλο επιπέδου μεταφοράς. Στο RSVP-TE, ωστόσο, ένα session καθορίζεται εμμέσως σαν ένα σύνολο πακέτων στα οποία ανατίθεται η ίδια MPLS ετικέτα στον κόμβο εισόδου ενός LSP tunnel. Η ανάθεση των ετικετών στα πακέτα μπορεί να βασίζεται σε διάφορα κριτήρια, και μπορεί να περιλαμβάνει όλα τα πακέτα ανάμεσα στα τελικά σημεία του LSP tunnel. ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του αποτελεί το γεγονός ότι το RSVP-TE μπορεί να επεκταθεί με μία συμπληρωματική constraint-based routing οντότητα η οποία να υπολογίζει ρητές διαδρομές βάσει συγκεκριμένων γνωρισμάτων κυκλοφορίας, λαμβάνοντας ταυτόχρονα υπόψη και τους δικτυακούς περιορισμούς. Παράλληλα όμως το RSVP-TE εισάγει και ορισμένους περιορισμούς καθώς υποστηρίζει μόνο unicast LSP tunnels και LSP tunnels μονής κατεύθυνσης. Συγχρόνως αρνητικό σημείο αποτελεί και η soft state φύση του RSVP πρωτοκόλλου καθώς δημιουργεί την ανάγκη για περιοδική δημιουργία μηνυμάτων αναζωογόνησης για τη διατήρηση της κατάστασης των εγκατεστημένων LSP tunnels [15][16][17].

Συνοψίζοντας για τα δύο αυτά πρωτόκολλα (CR-LDP και RSVP-TE) μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στο τελικό αποτέλεσμα παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες παρότι ο τρόπος λειτουργίας τους είναι εντελώς διαφορετικός. τα δύο πρωτόκολλα επιτυγχάνουν μεταγωγή ετικέτας και προσφέρουν ασφάλεια και αξιοπιστία. Επίσης επιτρέπουν κλιμάκωση, παρότι λειτουργούν εντελώς διαφορετικά στο σημείο αυτό. Το μεν RSVP-TE απαιτεί συνεχή ανταλλαγή μηνυμάτων για τη διατήρηση της κατάστασης του δικτύου, το δε CR-LDP δεν χρειάζεται μία τέτοια διαδικασία.

MPLS και QoS

Το MPLS μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλά πρωτοκόλλα αφού οι κλάσεις ισοδύναμης προώθησης (FECs) μπορούν να βασίζονται σε πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου και σε πληροφορίες που σχετίζονται με πρωτόκολλα δρομολόγησης. Αν και η αρχική προσπάθεια τυποποίησης του MPLS εστιάστηκε στα IPv4 και IPv6, οι ομάδα εργασίας για το MPLS στοχεύει να επεκτείνει την υποστήριξη σε πρωτόκολλα επιπέδου δικτύου όπως τα IPX, AppleTalk, DECnet και CLNP. Το MPLS προορίζεται για συνεργασία με κάθε τεχνολογία επιπέδου διασύνδεσης, όπως το ATM, το Frame Relay, το Packet-over-SONsET, το Ethernet (όλους τους τύπους, όπως το Gigabit Ethernet, κ.ά.), το Token Ring και το FDDI. Εντούτοις, οι ετικέτες για FEC ταξινόμηση σε καθεμιά από αυτές τις περιπτώσεις είναι εξαρτώμενες από το επίπεδο διασύνδεσης δεδομένων που επιλέγεται κάθε φορά. Επιπλέον, το πρωτόκολλο MPLS καθιστά ικανή την υψηλότερη απόδοση λόγω της απλοποιημένης προώθησης πακέτων και των αποφάσεων μεταγωγής. Οι δρομολογητές που βασίζονται στο MPLS μπορούν να υλοποιήσουν δυνατότητες αναζήτησης και προώθησης χρησιμοποιώντας hardware τεχνικές.

Ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του MPLS είναι η υποστήριξή του για ρητές διαδρομές. Μια ρητή διαδρομή είναι μια διαδρομή η οποία δεν έχει δημιουργηθεί με βάση την κανονική βήμα – προς - βήμα IP δρομολόγηση, αλλά ένας κόμβος εισόδου / εξόδου καθορίζει όλους ή κάποιους από τους κόμβους που θα ακολουθήσουν τα πακέτα δεδομένων για αυτή τη διαδρομή. Μολονότι αυτό είναι παρόμοιο με την IP δρομολόγηση προέλευσης (source routing), το πλεονέκτημα του MPLS είναι ότι δεν υπάρχει η επιβάρυνση της επεξεργασίας των επικεφαλίδων για κάθε πακέτο. Επιπρόσθετα, οι ρητές διαδρομές παρέχουν επίσης κάποια από τη λειτουργικότητα που χρειάζεται για έλεγχο κυκλοφορίας, δρομολόγηση με βάση απαιτήσεις για ποιότητα υπηρεσίας κ.λπ [15][16][17].

Λέγοντας παροχή ποιότητας υπηρεσίας (**QoS**) στο Διαδίκτυο και σε άλλα δίκτυα εννοούμε τη δυνατότητα που υπάρχει οι ρυθμοί μετάδοσης, οι ρυθμοί λαθών και άλλα χαρακτηριστικά να μετρηθούν, να βελτιωθούν και σε κάποιο βαθμό να εγγυηθούν εκ των προτέρων. Το QoS έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την αδιάλειπτη μετάδοση βίντεο, φωνής και πολυμεσικής πληροφορίας. Είναι δεδομένα που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης και είναι δύσκολη η μετάδοσή τους με τη χρήση "best effort" πρωτοκόλλων, όπως το κλασσικό IP.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών είναι:

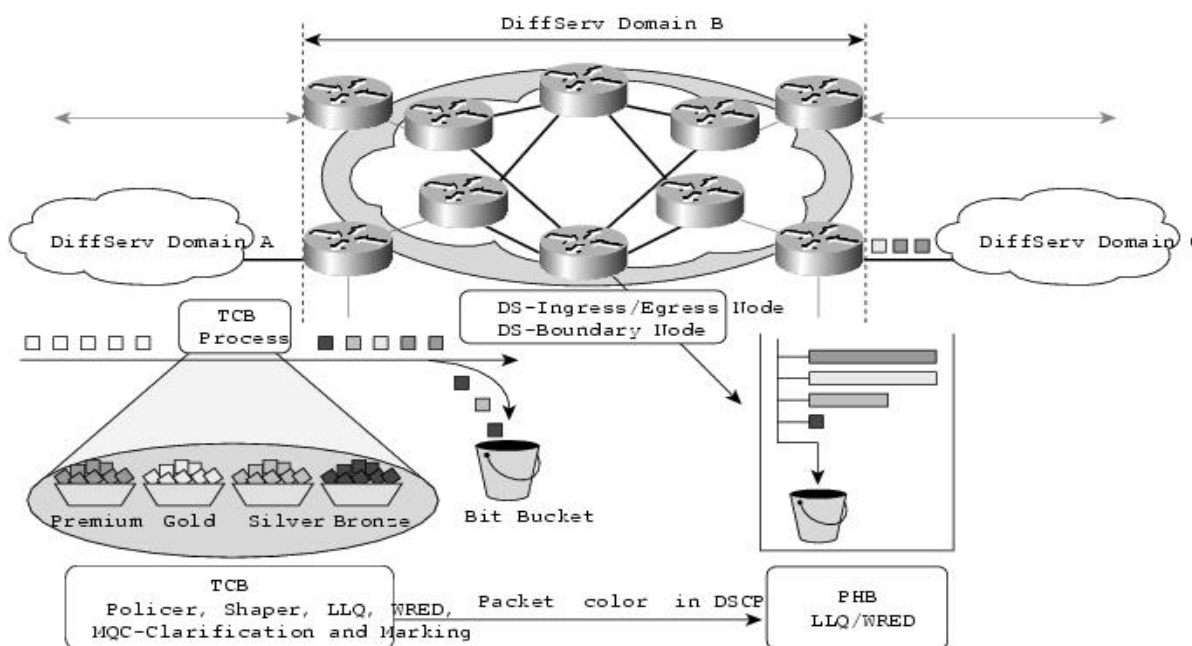
- Η καθυστέρηση (delay), ο χρόνος μετάβασης ενός πακέτου από τον αποστολέα στον παραλήπτη.
- Η διακύμανση (jitter) στην καθυστέρηση.
- Το διαθέσιμο εύρος ζώνης (bandwidth).
- Η αξιοπιστία (reliability) του μέσου μετάδοσης.

Το DiffServ είναι μια από δύο αρχιτεκτονικές QoS για τα δίκτυα IP που καθορίζονται από το IETF. Σε αυτό το πρότυπο, τα πακέτα που εισάγουν ένα DiffServ-enabled δίκτυο ομαδοποιούνται σε ένα μικρό αριθμό κατηγοριών. Για παράδειγμα τα πακέτα VoIP

μπορούν να ομαδοποιηθούν στην κατηγορία premium, ενώ τα πακέτα HTTP ηλεκτρονικού εμπορίου ομαδοποιούνται στη χρυσή κατηγορία, και τα λοιπά. Επιπλέον, κάθε κατηγορία έχει ένα χρώμα ή ένα σημάδι που τη συνδέει με αυτό. Αυτό καθιστά την ταξινόμηση πακέτων εξαιρετικά εξελικτική και βεβαιώνει το κατάλληλο εύρος ζώνης και καθυστερεί τις εγγυήσεις στον πυρήνα του δικτύου. Έτσι όταν εισάγονται στο δίκτυο, τα πακέτα είναι μαρκαρισμένα βασισμένα στις πολιτικές ταξινόμησης στα όρια των κόμβων του δικτύου. Οι οριακοί κόμβοι εφαρμόζουν επίσης συναρτήσεις λειτουργίας κυκλοφορίας για να ελέγξουν το ποσό της κυκλοφορίας που εισάγεται στο δίκτυο. Οι καταστάσεις κυκλοφορίας περιλαμβάνουν τη διαμόρφωση (εξομαλύνει το ποσοστό των πακέτων που στέλνονται στο δίκτυο) και την πολιτική (μειώνοντας τα πακέτα που ξεπερνούν ένα συγκεκριμένο ποσοστό ή αναχρωματίζοντας αυτά που υπερβαίνουν το ποσοστό, έτσι ώστε η πιθανότητα της ρίψης τους αυξάνεται όταν υπάρχει συμφόρηση στον πυρήνα). Κάθε κόμβος μέσα στο δίκτυο εφαρμόζει έπειτα διαφορετική σειρά και πολιτική για κάθε πακέτο βασισμένος στο μαρκάρισμα που φέρνει το κάθε πακέτο. Το Cisco IOS MPLS υποστηρίζει την αρχιτεκτονική IETF DiffServ καθιστώντας το πλούσιο σύνολο λειτουργιών MPLS Cisco QoS ενήμερο, και με τη διευκόλυνση των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων για να ενεργήσει στα πακέτα MPLS.

Αρχιτεκτονική

DiffServ



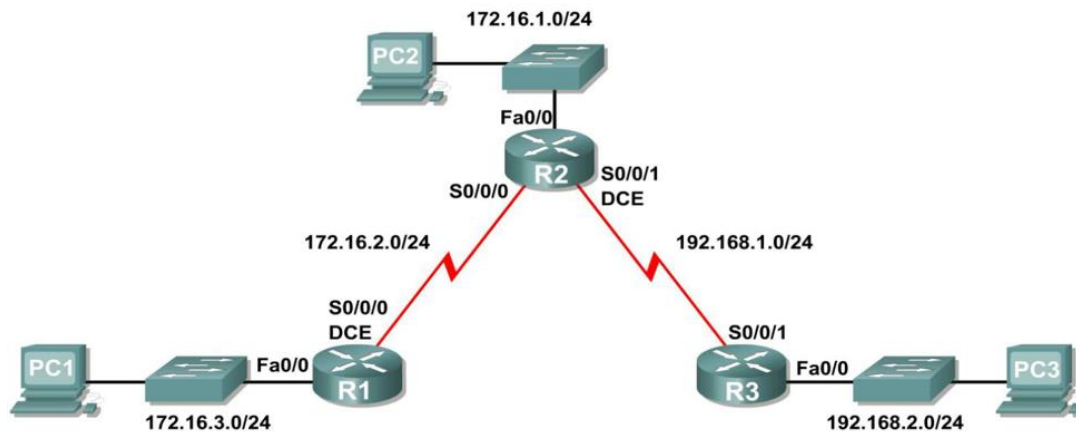
Εικόνα 4-17 Αρχιτεκτονική DiffServ

Παραπάνω (Εικόνα 4-17) απεικονίζεται η αρχιτεκτονική IETF Differentiated Services (DiffServ). Δύο γενικές προσεγγίσεις χρησιμοποιούνται για το μαρκάρισμα της κυκλοφορίας MPLS για το QoS μέσα σε ένα δίκτυο MPLS στην πρώτη μέθοδο, οι πληροφορίες "χρωματισμού" DiffServ φέρονται στον πειραματικό τομέα (EXP) της επικεφαλίδας shim MPLS. Αυτός ο τομέας επιτρέπει οκτώ διαφορετικά σημάδια QoS. Τα LSPs που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση ονομάζονται E-LSPs, δηλώνοντας ότι οι πληροφορίες QoS προκύπτουν από τον τομέα EXP. Εναλλακτικά, οι προδιαγραφές IETF επιτρέπουν μια δεύτερη μέθοδο στις πληροφορίες DiffServ. Εδώ, η ετικέτα που συνδέεται με κάθε πακέτο MPLS φέρνει τη μερίδα του DiffServ διευκρινίζοντας πώς ένα πακέτο πρέπει να μπει στην ουρά. Η μειωμένη μερίδα προτεραιότητας του DiffServ marking μεταφέρεται είτε στον τομέα EXP, εάν μια επικεφαλίδα shim MPLS χρησιμοποιείται, ή στους τομείς που είναι διαθέσιμοι για αυτόν το λόγο στις τεχνολογίες. Τα μονοπάτια

switching μέσα στο δίκτυο MPLS που χρησιμοποιούν αυτήν την προσέγγιση καλούνται L-LSPs, δηλώνοντας ότι οι πληροφορίες QoS προκύπτουν, εν μέρει, από την ετικέτα MPLS. Τα LSPs που υποστηρίζουν DiffServ μπορεί να καθιερωθούν με το εύρος ζώνης. Δηλαδή οι απαιτήσεις εύρους ζώνης για μια ετικέτα switched μονοπατιού θα μπορούσαν να επισημανθούν στον καθιερωμένο χρόνο LSP. Η κράτηση εύρους ζώνης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να εκτελέσει τον έλεγχο αποδοχής στους πόρους DiffServ. Αν και ο έλεγχος αποδοχής μπορεί να εκτελεσθεί σε μια βάση LSP, το σχέδιο QoS μέσα στο δίκτυο MPLS είναι DiffServ-βασισμένο, εκμεταλλευόμενο τα οφέλη εξελιξιμότητας στην αρχιτεκτονική QoS [15][16][17].

5. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΣΤΑΤΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ

5.1. Εργαστήριο 2^ο Ρύθμισης Βασικής Στατικής Δρομολόγησης



Εικόνα 5-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου Στατικής Δρομολόγησης

Πίνακας 5-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου Στατικής Δρομολόγησης

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	172.16.3.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.2.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa0/0	172.16.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.2.2	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.1.2	255.255.255.0	N/A
R3	Fa 0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
PC1	NIC	172.16.3.10	255.255.255.0	172.16.3.1
PC2	NIC	172.16.3.10	255.255.255.0	172.16.1.1
PC3	NIC	192.168.2.10	255.255.255.0	192.168.2.1

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να:

- Υλοποιείτε την Βασική παραμετροποίηση σε ένα δρομολογητή (router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet/serial.
- Εκτελείτε Δοκιμές συνδεσιμότητας .
- Συλλέγετε πληροφορίες που βοηθούν στην αντιμετώπιση προβλημάτων συνδεσιμότητας .
- Εισάγετε static route σε ένα δρομολογητή χρησιμοποιώντας intermediate address.

- Εισάγετε static route σε ένα δρομολογητή χρησιμοποιώντας exit interface..
- Εισάγετε default static route.
- Σχολιάζετε τεκμηριωμένα πάνω στην τοπολογία του εργαστηρίου

Προτείνετε η μελέτη του κεφαλαίου 4 που περιέχει θεωρητικό υλικό για τη στατική δρομολόγηση πριν την εκτέλεση του εργαστηρίου.

5.1.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο, θα δημιουργήσετε στο περιβάλλον του εξομοιωτή GNS3, μια τοπολογία δικτύου όμοια με αυτή που εμφανίζεται στο διάγραμμα τοπολογίας της εικόνα 5-1. Αφού ολοκληρώσετε με την βασική αρχική παραμετροποίηση των δρομολογητών που απαιτείτε για την συνδεσιμότητα τους, χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις που εμφανίζονται στον Πίνακα 5-1 για την κάθε συσκευή, Θα προχωρήσετε σε δοκιμές συνδεσιμότητας (connectivity test). Πρώτα θα δοκιμάσετε την επικοινωνία των directly connected συσκευών και στην συνέχεια θα δοκιμάσετε την επικοινωνία μεταξύ συσκευών που δεν είναι directly connected. Θα διαπιστώσετε ότι για να καταστεί δυνατή μια end to end επικοινωνία μεταξύ των τερματικών συσκευών διαφορετικών δικτύων απαιτείται η χρήση static routes. Αφού προστεθούν τα static routes θα παρατηρήσετε τις διαφορές που υπάρχουν στους πίνακες δρομολόγησης των static routes.

5.1.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Βήμα 1: Ανοίχτε την κονσόλα του Router 1.

Βήμα 2: Εισαγωγή σε Privileged Exec Mode.

```
Router>enable
```

```
Router#
```

Βήμα 3: Εισαγωγή σε Global Configuration Mode.

```
Πληκτρολογήστε
```

```
Router#configure terminal
```

```
Router(config)#
```

Βήμα 4: Ρύθμιση ονόματος router ως R1.

Εισαγωγή εντολής hostname R1 σε Global Configuration Mode.

```
Router(config)#hostname R1
```

```
R1(config)#
```

Βήμα 5: Απενεργοποίηση DNS lookup.

Απενεργοποίηση DNS lookup with the no ip domain-lookup εντολή.

```
R1(config)#no ip domain-lookup
```

Βήμα 6: Παραμετροποίηση FastEthernet 0/0 διεπαφής (interface) .

Παραμετροποίηση FastEthernet 0/0 interface με την IP address 172.16.3.1όπως φαίνεται και στον πίνακα 2.

```
R1(config)#interface fastethernet 0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 172.16.3.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

Βήμα 7: Παραμετροποίηση Serial0/0/0 διεπαφής (interfaces).

Παραμετροποίηση Serial0/0/0 interface με την IP address 172.16.2.1/24.

```
R1(config-if)#interface serial 0/0/0
```

```
R1(config-if)#ip address 172.16.2.1 255.255.255.0
```

```
R1(config-if)#no shutdown
```

Βήμα 8:Επαλήθευση routing table

Επιστρέφοντας σε Exec Mode χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip route**

```
R1# _____
```

Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2

i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2

ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route

o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0

Αν έχετε εκτελέσει σωστά τις εντολές θα πρέπει να βλέπετε τα παραπάνω στο routing table του R1.

Δραστηριότητα 2: Ολοκλήρωση βασικών παραμετροποιήσεων δρομολογητών R2,R3

Βήμα 1: Δρομολογητής R2 Interfaces

Χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις του πίνακα 5-1 για τον R2 ολοκληρώστε τις παραμετροποιήσεις των interfaces του όμοια με την προηγούμενη δραστηριότητα.

Βήμα 3: Δρομολογητής R3-Interfaces

Χρησιμοποιώντας τις διευθύνσεις του πίνακα 5-1 για τον R3 ολοκληρώστε τις παραμετροποιήσεις των interfaces του όμοια με την προηγούμενη δραστηριότητα

Δραστηριότητα 3: Ρυθμίστε IP Addressing στα Host VPCs.

Βήμα 1: Παραμετροποίηση VPC1.

Παραμετροποίηση του VPC1 που είναι συνδεδεμένο με τον R1 με την IP address 172.16.3.10/24 και προεπιλεγμένη πύλη 192.168.3.1 (Πινάκας 5-1)

Βήμα 2: Παραμετροποίηση VPC2.

Παραμετροποίηση του VPC1 που είναι συνδεδεμένο με τον R1 με την IP address 172.16.1.10/24 και προεπιλεγμένη πύλη 172.16.1.1 (Πινάκας 5-1)

Βήμα 3: Παραμετροποίηση VPC3.

Παραμετροποίηση του VPC1 που είναι συνδεδεμένο με τον R1 με την IP address 192.168.2.10/24 και προεπιλεγμένη πύλη 192.168.2.1 (Πινάκας 5-1)

Δραστηριότητα 4: Επαλήθευση παραμετροποιήσεων.

Βήμα 1: Test connectivity.

Δοκιμή συνδεσιμότητας με τη χρήση της εντολής ping από κάθε VPC στην προεπιλεγμένη πύλη του .

Από το VPC1, είναι δυνατό να κάνετε ping στην προεπιλεγμένη πύλη του 192.168.3.1; _____

Από το VPC2, είναι δυνατό να κάνετε ping στην προεπιλεγμένη πύλη του 172.16.1.1; _____

Από το VPC3, είναι δυνατό να κάνετε ping στην προεπιλεγμένη πύλη του 192.168.2.1; _____

Εάν η απάντηση είναι όχι προχωρήστε στα παρακάτω βήματα:

- 1.Έλεγχος εικονικής καλωδίωσης. Είναι τα VPC συνδεδεμένα στο σωστό Router; _____
- 2.Ελέγξτε τις παραμετροποιήσεις των υπολογιστών και των δρομολογητών είναι σύμφωνες με αυτές του πίνακα 2 ? _____.
- 3.Ελέγξτε την κατάσταση των interfaces των router με την εντολή show ip interface brief command. Είναι όλα τα σχετικά interfaces up and up? _____

Εάν η απάντηση είναι **ναι** στα προηγούμενα 3 βήματα θα πρέπει να μπορείτε να εκτελέσετε επιτυχώς ping μεταξύ VPC και προεπιλεγμένης πύλης.

Βήμα 2:Χρησιμοποιήστε την εντολή Ping για έλεγχο συνδεσιμότητας μεταξύ των άμεσα συνδεδεμένων Routers.

Από τον R2, μπορεί να γίνει ping στον R1 στην διεύθυνση 172.16.2.1? _____

Από τον R1, μπορεί να γίνει ping στον R3 στην διεύθυνση 192.168.1.1? _____

Εάν η απάντηση είναι όχι προχωρήστε στα παρακάτω βήματα:

- 1.Έλεγχος εικονικής καλωδίωσης. Είναι οι Routers σωστά διασυνδεδεμένοι μεταξύ τους; _____
- 2.Ελέγξτε τις παραμετροποιήσεις των δρομολογητών είναι σύμφωνες με αυτές του πίνακα 2 ? _____.

3. Ελέγξτε την κατάσταση των interfaces των router με την εντολή `show ip interface brief` **Εικόνα 5-2 Εντολή show ip int brief** command. Είναι όλα τα σχετικά interfaces up and up? _____

Εάν η απάντηση στα 3 προηγούμενα βήματα είναι *ναι*, θα πρέπει να εκτελείτε επιτυχώς ping από τον R2 στον R1 και από τον R2 στον R3.

Βήμα 3: Χρησιμοποιήστε το ping για να ελέγξετε την συνδεσιμότητα μεταξύ μη άμεσα συνδεδεμένων συσκευών.

Από το VPC3 είναι δυνατόν να κάνετε ping το VPC1; _____

Από το VPC3 είναι δυνατόν να κάνετε ping το VPC2; _____

Από το VPC2 είναι δυνατόν να κάνετε ping το VPC1; _____

Από το Router R1 είναι δυνατόν να κάνετε ping το Router R3; _____

Η απάντηση πρέπει να είναι όχι μπορείτε να σκεφτείτε το γιατί;

Δραστηριότητα 5: Συλλογή πληροφοριών.

Βήμα 1: Έλεγχος κατάστασης Interfaces.

Χρησιμοποιήστε την παρακάτω εντολή σε κάθε δρομολογητή **show ip interface brief.**

Για τον Router 2 έχουμε:

R2#show ip interface brief

```

R2#show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status      Protocol
FastEthernet0/0    172.16.1.1      YES manual  up          up
FastEthernet0/1    unassigned      YES unset   administratively down down
Serial0/0/0        172.16.2.2      YES manual  up          up
Serial0/0/1        192.168.1.2     YES manual  up          up
Vlan1              unassigned      YES manual  administratively down down
    
```

Είναι ενεργοποιημένα όλα τα σχετικά interfaces (up and up state)? _____

Πόσα Interfaces είναι ενεργοποιημένα στον R1 και R3? _____

Γιατί στον R2 έχει 3 ενεργοποιημένα interfaces ? _____

Βήμα 2: Δείτε τους πίνακες και στους 3 routers.

R1# _____

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0

Ποια δίκτυα υπάρχουν στον πίνακα 2 αλλά δεν εμφανίζονται στον πίνακα δρομολόγησης του R1 ;

R2# _____

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

C 172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

Ποια δίκτυα υπάρχουν στον πίνακα 2 αλλά δεν εμφανίζονται στον πίνακα δρομολόγησης του R2 ;

R3# _____

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is not set

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

Ποια δίκτυα υπάρχουν στον πίνακα 2 αλλά δεν εμφανίζονται στον πίνακα δρομολόγησης του R3; _____

Που οφείλεται η απουσία των δικτύων στους πίνακες των δρομολογητών ?

Ποια είναι η λύση έτσι ώστε οι routers να επικοινωνούν και με απομακρυσμένα δίκτυα?

Δραστηριότητα 6: Παραμετροποίηση Static Route με Next-Hop Address.

Για την παραμετροποίηση static routes με next-hop ip χρησιμοποιείται η παρακάτω εντολή:

```
Router(config)# ip route network-address subnet-mask ip-address
```

Network address:

Δίκτυο προορισμού που θέλουμε να προστεθεί στον πίνακα δρομολόγησης του router.

Subnet mask:

Μάσκα υποδικτύου του απομακρυσμένου δικτύου

ip-address:

Η Ip του επομένου router που θα δρομολογήσει τα πακέτα στο δίκτυο προορισμού.

Στον R3 router, ρυθμίστε ένα static route για το δίκτυο 172.16.1.0 χρησιμοποιώντας ως next hop address την ip του Serial 0/0/1 interface of R2.

```
R3(config)#ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2
```

```
R3(config)#
```

Βήμα 1: Παρατηρήστε εκ νέου τον πίνακα δρομολόγησης του R3 πληκτρολογώντας την εντολή __.

Παρατηρήστε το απομακρυσμένο δίκτυο που προστέθηκε στον πίνακα δρομολόγησης το οποίο έχει μπροστά το κωδικό γράμμα S, που σημαίνει ότι αυτό είναι static route.

```
R3# _____
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Codes: C - connected, **S - static**, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 1 subnets

S 172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

R3#

Έτσι λοιπόν πλέον ο R3 ξέρει που να οδηγήσει τα πακέτα που έχουν προορισμό το δίκτυο 172.16.1.0/24.

Συνεπώς ο R3 με βάση το παραπάνω static route σε ποιο interface θα στείλει τα πακέτα που προορίζονται για το δίκτυο 172.16.1.0/24; _____

Βήμα 2: Χρησιμοποιήστε την εντολή ping για να ελέγξετε την συνδεσιμότητα του VPC3 με το VPC2.

Από το VPC3, είναι εφικτό το ping στο VPC2? _____

Το ping πρέπει να αποτύχει καθώς τα πακέτα θα φθάσουν στο VPC2 από το VPC3 αφού ο Router 3 έχει ήδη static route και μπορεί να οδηγήσει τα πακέτα στο δίκτυο 172.16.1.0 που βρίσκεται το VPC2, όμως η απάντηση που πρέπει να επιστρέψει από το VPC2 προς το VPC3 έτσι ώστε να είναι επιτυχής το ping είναι αδύνατο να φθάσει στο VPC3. Αυτό συμβαίνει γιατί ο router R2 δεν ξέρει που να οδηγήσει τα πακέτα με προορισμό 192.168.2.0.

Βήμα 3: Στο R2 router, παραμετροποιήστε ένα static route to reach the 192.168.2.0 network.

Ποια είναι η επομένη next hop address που ο R2 πρέπει να προωθήσει τα πακέτα με προορισμό το 192.168.2.0/24 network?

R2(config)#ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 _____

Βήμα 4: Προβάλετε το πίνακα δρομολόγησης του R2.

Παρατηρήστε το απομακρυσμένο δίκτυο που προστέθηκε στον πίνακα δρομολόγησης το οποίο έχει μπροστά το κωδικό γράμμα S, που σημαίνει ότι αυτό είναι static route.

R2#_____

Codes: C - connected, **S - static**, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

C 172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0

C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1

R2#

Βήμα 5: Χρησιμοποιήστε την εντολή ping για να ελέγξετε την συνδεσιμότητα του VPC3 με το VPC2.

Από το VPC3, είναι εφικτό το ping στο VPC2? _____

Το ping πρέπει να είναι επιτυχές.

Δραστηριότητα 7: Παραμετροποίηση Static Route με Exit Interface.

Για την παραμετροποίηση static routes με exit interface χρησιμοποιείται η παρακάτω εντολή:

Router(config)# **ip route network-address subnet-mask exit interface**

Network address:

Δίκτυο προορισμού που θέλουμε να προστεθεί στον πίνακα δρομολόγησης του router.

Subnet mask:

Μάσκα υποδικτύου του απομακρυσμένου δικτύου

Exit interface: Το interface στο οποίο θέλουμε να οδηγηθούν τα πακέτα για να προωθηθούν στο τελικό τους προορισμό.

Βήμα 1: Στον R3, εισάγετε static route.

Στον R3 router, εισάγετε static route για 172.16.2.0 δίκτυο χρησιμοποιώντας το Serial 0/0/1 interface του R3 σαν exit interface.

R3(config)# **ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 Serial0/0/1**

R3(config)#

Βήμα 2: Προβάλετε το πίνακα δρομολόγησης του R3.

R3#_____

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default

U - per-user static route, o - ODR

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets

S 172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2

S 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/1

C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1

C 192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

R3#

.

Στο παραπάνω routing table στα static route ουσιαστικά τα πακέτα είτε χρησιμοποιήσουμε next hop ip είτε exit interface τα πακέτα προωθούνται από την ίδια διαδρομή.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show running-config** για να δείτε το configuration του R3, έτσι μπορείτε επίσης να δείτε τα static routes που έχετε εισάγει:

R3#**show running-config**

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Building configuration...

<output omitted>

!

hostname R3

!

interface FastEthernet0/0

ip address 192.168.2.1 255.255.255.0

!

interface Serial0/0/0

no ip address

shutdown

!

```
interface Serial0/0/1
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
!
ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 192.168.1.2
ip route 172.16.2.0 255.255.255.0 Serial0/0/1
!
end
```

Πως μπορείτε να αφαιρέσετε τα static routes ?

Βήμα 3: Στον R2, εισάγετε static route.

Στον R2 router, εισάγετε static route για 172.16.2.0 δίκτυο χρησιμοποιώντας το Serial 0/0/1 interface του R2 σαν exit interface.

```
R2(config)# ip route 172.16.3.0 255.255.255.0 Serial0/0/0
R2(config)#
```

Βήμα 4: Προβάλετε το πίνακα δρομολόγησης του R2

```
R2#_____
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, * - candidate default
U - per-user static route, o - ODR
Gateway of last resort is not set
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C 172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
S 172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0/0
C 192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1
R2#
```

Σε αυτό το σημείο υπάρχουν όλα τα δίκτυα του τοπολογικού διαγράμματος της εικόνας 2 στο routing table του R2

Αυτό σημαίνει ότι ο R2 μπορεί σίγουρα να κάνει ping παντού;

Αιτιολογήστε την απάντησή σας

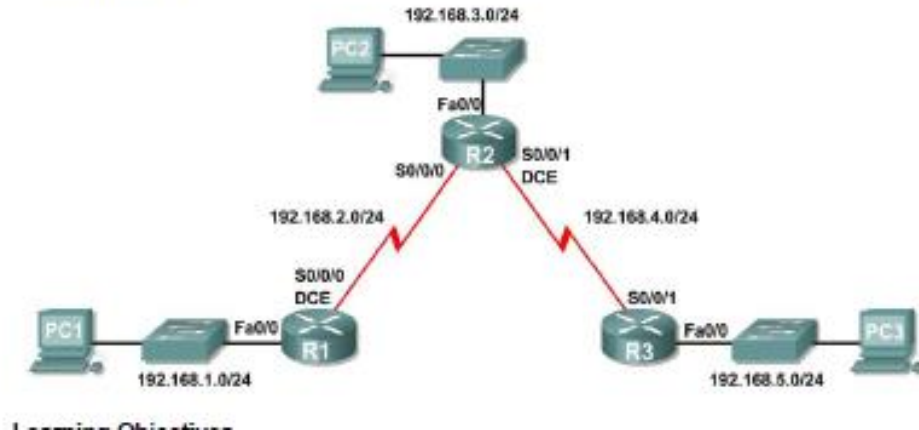
Βήμα 5: Χρησιμοποιήστε την εντολή ping για να ελέγξετε την συνδεσιμότητα του VPC2 με το VPC1.

Αυτό το ping θα αποτύχει καθώς ο R1 δεν έχει διαδρομή επιστροφής για το 172.16.1.0 δίκτυο στο routing table.

6. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΠΙΚΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ (Interior)

6.1. Εργαστήριο 3ο Παραμετροποίησης RIP Πρωτόκολλο

Topology Diagram



Εικόνα 6-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου RIP

Πίνακας 6-1 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου RIP

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.2.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa0/0	192.168.3.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.2.2	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.4.2	255.255.255.0	N/A
R3	Fa 0/0	192.168.5.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/1	192.168.4.1	255.255.255.0	N/A
PC1	NIC	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1
PC2	NIC	192.168.3.10	255.255.255.0	192.168.3.1
PC3	NIC	192.168.5.10	255.255.255.0	192.168.5.1

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστήριου θα είστε σε θέση να:

- Υλοποιείτε την Βασική παραμετροποίηση σε ένα δρομολογητή(router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet/serial.
- Ρυθμίζετε το Rip σε όλους τους routers .
- Επαληθεύετε την δρομολόγηση Rip
- Διαφημίζετε δίκτυα
- Σχολιάζετε το Rip

Προτείνετε η μελέτη της ενότητας 4.1.3.1 που περιέχει θεωρητικό υλικό για το πρωτόκολλο RIP πριν την εκτέλεση του εργαστήριου.

6.1.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο θα εξετάσουμε τη δυναμική ενημέρωση των routing table των routers R1,R2,R3 χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο RIP Version 1.Το οποίο μπορεί να παραμετροποιηθεί κατάλληλα ώστε να ενημερώνει δυναμικά τους routers με τα δίκτυα όλης της τοπολογίας της εικόνας 6-1. Να σημειώσουμε ότι η συγκεκριμένη έκδοση του πρωτόκολλου είναι μόνο για classful networks.

Running RIPv1 on Classful Networks

Πληροφορίες για τα classful networks θα βρείτε στο κεφαλαίο 2.

6.1.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Εκτελέστε την βασική παραμετροποίηση των R1, R2, and R3 σύμφωνα με τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Παραμετροποίηση ονόματος router.
- Απενεργοποίηση DNS lookup.
- Παραμετροποίηση EXEC mode password.
- Παραμετροποίηση message-of-the-day banner.
- Παραμετροποίηση κωδικού για console connections.
- Παραμετροποίηση κωδικού για VTY connections.

Δραστηριότητα 2: Παραμετροποίηση και ενεργοποίηση Ethernet και Serial Interfaces

Για την παραμετροποίηση των παρακάτω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 1: Ρυθμίστε τους R1, R2 και R3.

Ρυθμίστε τα interfaces των routers R1, R2, and R3 σύμφωνα με το πίνακα 6-1.

Βήμα 2: Επαλήθευση IP διευθύνσεων και interfaces.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για την επαλήθευση των σωστών διευθύνσεων και την κατάσταση των interfaces.

Βήμα 3: Επαλήθευση IP διευθύνσεων VPC1, VPC2 και VPC3.

Ρυθμίστε τα VPC1, VPC2 και VPC3 σύμφωνα με τις IP διευθύνσεις και τις προεπιλεγμένες πύλες του πίνακα 6-1.

Βήμα 4: Έλεγχος σωστής παραμετροποίησης των VPCs με χρήση Ping μεταξύ VPC και της εκάστοτε απομακρυσμένης πύλης του.

Δραστηριότητα 3: Παραμετροποίηση RIP

Βήμα 1: Ενεργοποίηση Δυναμικής δρομολόγησης

Για την ενεργοποίηση ενός πρωτοκόλλου δυναμικής δρομολόγησης, μπείτε σε global configuration mode χρησιμοποιήστε την εντολή **router**.

Εισάγετε την εντολή **router ?** σε global configuration prompt για να δείτε μια λίστα με τα διαθέσιμα **network** πρωτόκολλα που υπάρχουν στον router σας.

Για την ενεργοποίηση RIP, εισάγετε την εντολή **router rip** σε global configuration mode.

```
R1(config)#router rip
```

```
R1(config-router)#
```

Βήμα 2: Εισάγετε τα δίκτυα.

Μόλις εισέλθετε σε routing configuration mode, εισάγετε τις διευθύνσεις δικτύων για το κάθε directly connected δίκτυο, χρησιμοποιώντας την παρακάτω εντολή.

```
R1(config-router)#network 192.168.1.0
```

```
R1(config-router)#network 192.168.2.0
```

```
R1(config-router)#
```

Η εντολή **network**:

- Ενεργοποιεί το RIP σε όλα τα interfaces που ανήκουν σε αυτό το δίκτυο. Αυτά τα interfaces μπορούν να στέλνουν και να λαμβάνουν RIP updates.

- RIP routing updates από προεπιλογή στέλνονται μεταξύ των routers κάθε 30 secs.

Όταν τελειώσετε με την παραμετροποίηση του RIP, επιστρέψτε σε privileged EXEC mode και σώστε το current configuration στην NVRAM σύμφωνα με τα παρακάτω.

```
R1(config-router)#end
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

```
R1#copy run start
```

Βήμα 3: Παραμετροποίηση RIP στον R2 router χρησιμοποιώντας router rip και network εντολές.

```
R2(config)#router rip
```

```
R2(config-router)#network 192.168.2.0
```

```
R2(config-router)#network 192.168.3.0
```

```
R2(config-router)#network 192.168.4.0
```

```
R2(config-router)#end
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

```
R2#copy run start
```

Βήμα 4: Παραμετροποίηση RIP on the router χρησιμοποιώντας router rip και network εντολές.

```
R3(config)#router rip
```

```
R3(config-router)#network 192.168.4.0
```

```
R3(config-router)#network 192.168.5.0
```

```
R3(config-router)#end
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

```
R3# copy run start
```

Δραστηριότητα 4: Επαλήθευση RIP Routing.

Βήμα 1: Χρησιμοποιήστε την εντολή show ip route για να επαληθεύσετε ότι όλα τα δίκτυα της τοπολογίας που εμφανίζεται στην εικόνα 3 υπάρχουν στο routing table κάθε router.

Τα Routes που διαφημίζονται μέσω του RIP έχουν την ένδειξη R στο the routing table. Εάν οι πίνακες δεν είναι διαμορφωμένοι όπως παρακάτω, ελέγξτε την συνδεσμολογία σας.

Είναι ενεργά τα interfaces;

Είναι ρυθμισμένο σωστά το RIP;

Ελέγξτε και πάλι το βήμα 3 και 4.

```
R1#show ip route
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

```
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:04, Serial0/0/0
```

```
R 192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:04, Serial0/0/0
R 192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, 00:00:04, Serial0/0/0
R1#
```

R2#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
R 192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:22, Serial0/0/0
C 192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C 192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R 192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:23, Serial0/0/1
R2#
```

R3#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
R 192.168.1.0/24 [120/2] via 192.168.4.2, 00:00:18, Serial0/0/1
R 192.168.2.0/24 [120/1] via 192.168.4.2, 00:00:18, Serial0/0/1
R 192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.4.2, 00:00:18, Serial0/0/1
C 192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
C 192.168.5.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
R3#
```

Βήμα 2: Χρησιμοποιήστε την εντολή show ip για να δείτε πληροφορίες σχετικά με το routing protocol.

Η εντολή show ip protocols χρησιμοποιείται για να πάρουμε πληροφορίες σχετικές με τις διεργασίες του routing πρωτοκόλλου σε ένα δρομολογητή.

. Με τα αποτελέσματα αυτής της εντολής μπορούμε να επαληθεύσουμε τις περισσότερες παραμέτρους του RIP όπως:

- Να δούμε ότι το πρωτόκολλο RIP είναι ενεργοποιημένο.
- Τα σωστά interfaces στέλνουν και λαμβάνουν Rip ενημερώσεις.
- Ο Router διαφημίζει τα σωστά δίκτυα.
- Οι Rip γείτονες στέλνουν σωστά ενημερώσεις.

Πληκτρολογήστε την εντολή όπως φαίνεται παρακάτω και παρατηρήστε τις πληροφορίες που σας δίνει:

R1#show ip protocols

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Routing Protocol is "rip"

Sending updates every 30 seconds, next due in 16 seconds

Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Redistributing: rip

Default version control: send version 1, receive any version

Interface Send Recv Triggered RIP Key-chain

FastEthernet0/0 1 2 1

Serial0/0/0 1 2 1

Automatic network summarization is in effect

Maximum path: 4

Routing for Networks:

192.168.1.0

192.168.2.0

Passive Interface(s):

Routing Information Sources:

Gateway Distance Last Update

192.168.2.2 120

Distance: (default is 120)

Με βάση τα αποτελέσματα της προηγούμενης εντολής μπορούμε να παρατηρήσουμε τα παρακάτω:

- Στον R1 έχει ενεργοποιηθεί το πρωτόκολλο RIP.

Routing Protocol is "rip"

- Ο R1 στέλνει και λαμβάνει RIP ενημερώσεις από FastEthernet0/0 και Serial0/0/0.

FastEthernet0/0	1	2 1
-----------------	---	-----

Serial0/0/0	1	2 1
-------------	---	-----

- Ο R1 διαφημίζει τα δίκτυα 192.168.1.0 και 192.168.2.0

Routing for Networks:

192.168.1.0

192.168.2.0

- Ο R1 έχει μια πηγή ενημέρωσης. Ο R2 στέλνει ενημερώσεις στον R1.R1#

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

192.168.2.2	120	
-------------	-----	--

Βήμα 3: Χρησιμοποιήστε την εντολή debug ip rip για να δείτε τα μηνύματα RIP όταν αυτά στέλνονται και λαμβάνονται.

Οι Rip ενημερώσεις στέλνονται κάθε 30 δευτερόλεπτα όποτε μπορεί να υπάρξει καθυστέρηση στην εμφάνιση των πληροφοριών μετά την πληκτρολόγηση της παρακάτω εντολής.

R1#debug ip rip

R1#RIP: received v1 update from 192.168.2.2 on Serial0/0/0

192.168.3.0 in 1 hops

192.168.4.0 in 1 hops

192.168.5.0 in 2 hops

RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via FastEthernet0/0 (192.168.1.1)

RIP: build update entries

network 192.168.2.0 metric 1

network 192.168.3.0 metric 2

network 192.168.4.0 metric 2

network 192.168.5.0 metric 3

RIP: sending v1 update to 255.255.255.255 via Serial0/0/0 (192.168.2.1)

RIP: build update entries

network 192.168.1.0 metric 1

Το αποτέλεσμα της εντολής δείχνει ότι ο R1 λαμβάνει ενημερώσεις από τον R2.

Παρατηρήστε ότι ο R1 μέσω του R2 δέχεται πληροφορίες για όλα τα δίκτυα που δεν υπάρχουν στο δικό του routing table.

Επειδή το FastEthernet0/0 interface ανήκει στο 192.168.1.0 δίκτυο που έχει ενεργοποιημένο RIP, ο R1 φτιάχνει μια ενημέρωση για να στείλει από αυτό το interface. Η ενημέρωση αυτή περιέχει όλα τα δίκτυα του R1.

Τελικά, εξαιτίας του Split Horizon, δηλαδή ο R2 ήδη γνωρίζει τα δίκτυα που του στέλνει ο R1 αποστέλλεται μόνο η ενημέρωση για το 192.168.1.0 δίκτυο.

Βήμα 4: Διακοπή του debug .

Γίνεται με την χρήση της παρακάτω εντολής

```
R1#undebug all
```

All possible debugging has been turned off

Σημείωση: Το πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στο παραπάνω εργαστήριο είναι το *Rip version 1* χαρακτηριστικά του οποίου μπορείτε να βρείτε στην θεωρία του εργαστηρίου στην ενότητα 4.1.3.1. Ανατρέχοντας στην ενότητα αυτή θα δείτε ότι η *version 1* του πρωτόκολλου υποστηρίζει μόνο *classful routing* (Δεν υποστηρίζει [VLSM](#)).

Πληροφορίες για *classful/classless, VLSM* μπορείτε να βρείτε στο κεφαλαίο 2 που περιγράφεται η *Διευθυνσιοδότηση (subnetting)*.

Σε περίπτωση που θέλετε να χρησιμοποιήσετε *classless routing*(Να υποστηρίζει *VLSM*) θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε το *Rip Version 2*.

Δραστηριότητα 5 Ενεργοποίηση Rip Version 2

Βήμα 1: Χρησιμοποιήστε την εντολή *version 2* για την ενεργοποίηση του *RIP version 2* σε ένα οποιοδήποτε router.

```
R2(config)#router rip
```

```
R2(config-router)#version 2
```

```
R1(config)#router rip
```

```
R1(config-router)#version 2
```

```
R3(config)#router rip
```

```
R3(config-router)#version 2
```

Τα *RIPv2* μηνύματα περιέχουν το *subnet mask* σε ένα από τα πεδία του *routing update*. Αυτό επιτρέπει την αποστολή του *subnet mask* μέσα από το *routing update* του πρωτοκόλλου.

Βήμα 2: Επαληθεύστε ότι το *RIPv2* είναι ενεργοποιημένο στο router.

Στο ανώτερο εργαστήριο οι routers δεν έχουν classless δίκτυα όποτε στη δραστηριότητα 5 τα αποτελέσματα των εντολών της έχουν καθαρά ενημερωτικό χαρακτήρα δεν είναι αποτελέσματα που μπορείτε να πάρετε στους routers σας.

Οι εντολές **debug ip rip**, **show ip protocols**, και **show run** για να επιβεβαιώσουν ότι το *RipV2* είναι ενεργοποιημένο.

Το αποτέλεσμα της εντολής **show ip protocols** για τον R1 μπορείτε να το δείτε παρακάτω.

```
R1# show ip protocols
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
Routing Protocol is "rip"
```

```
Sending updates every 30 seconds, next due in 7 seconds
```

```
Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
```

```
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
```


Incoming update filter list for all interfaces is not set

Redistributing: rip

Default version control: send version 2, receive 2

Interface	Send	Recv	Triggered	RIP	Key-chain
-----------	------	------	-----------	-----	-----------

FastEthernet0/0	2	2			
-----------------	---	---	--	--	--

FastEthernet0/1	2	2			
-----------------	---	---	--	--	--

Serial0/0/0 2 2

Automatic network summarization is in effect

Maximum path: 4

Routing for Networks:

172.30.0.0

209.165.200.0

Passive Interface(s):

FastEthernet0/0

FastEthernet0/1

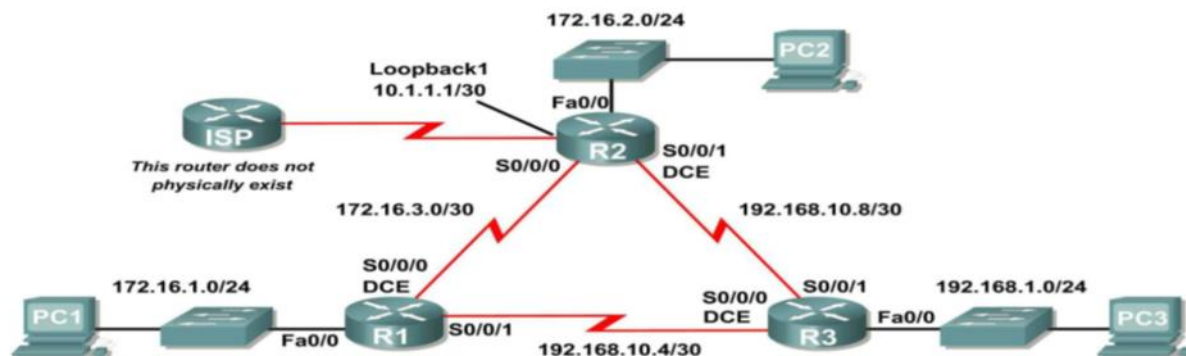
Routing Information Sources:

Gateway Distance Last Update

209.165.200.229 120

Distance: (default is 120)

6.2. Εργαστήριο 4ο Παραμετροποίηση EIGRP Πρωτοκόλλου



Εικόνα 6-2 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου EIGRP

Πίνακας 6-2 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου EIGRP

	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	172.16.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.3.1	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.5	255.255.255.252	N/A
R2	Fa0/0	172.16.2.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	172.16.3.2	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.9	255.255.255.252	N/A
	Lo1	10.1.1.1	255.255.255.252	N/A
R3	Fa 0/0	192.168.1.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.10.6	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.10	255.255.255.252	N/A
VPC1	NIC	172.16.1.10	255.255.255.0	172.16.1.1
VPC2	NIC	172.16.2.10	255.255.255.0	192.16.2.1
VPC3	NIC	192.168.1.10	255.255.255.0	192.168.1.1

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να:

- Υλοποιείτε την Βασική παραμετροποίηση σε ένα δρομολογητή(router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet/serial.
- Ρυθμίζετε το Eigrp σε όλους τους routers .
- Επαληθεύετε την δρομολόγηση Eigrp χρησιμοποιώντας τις εντολές show.
- Απενεργοποιείται το automatic summarization.

- Ρυθμίζεται ένα static default route
- Διανέμεται το default route στους γείτονες.
- Σχολιάζεται την παραμετροποίηση του Eigrp.

Προτείνετε η μελέτη της ενότητας 4.1.3.2 που περιέχει θεωρητικό υλικό για το πρωτόκολλο Eigrp πριν την εκτέλεση του εργαστηρίου.

6.2.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο, θα μάθετε πως μπορείτε να παραμετροποιείτε το EIGRP χρησιμοποιώντας την τοπολογία που βλέπετε στην εικόνα 6-2. Μια loopback address (ψεύτικο interface) θα χρησιμοποιηθεί στον R2 router για να εξομοιώσει την σύνδεση με τον Internet Service Provider (ISP), στον οποίο στέλνεται όλη η κίνηση που δεν προορίζεται για τα τοπικά δίκτυα. Κάποια τμήματα του δικτύου έχουν χωριστεί σε υποδίκτυα χρησιμοποιώντας VLSM. Το EIGRP είναι ένα classless routing protocol που μπορεί να χρησιμοποιηθεί όταν χρειάζεται η ενσωμάτωση των subnet mask στις ενημερώσεις που θα στέλνει στους υπολοίπους Routers. Αυτό επιτρέπει τα VLSM subnet να μπορέσουν να γίνουν γνωστά σε όλο το δίκτυο.

Πληροφορίες για classful/classless, VLSM μπορείτε να βρείτε στο κεφαλαίο 2 που περιγράφεται η Διευθυνσιοδότηση (subnetting).

6.2.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Εκτελέστε την βασική παραμετροποίηση των R1, R2, R3 σύμφωνα με τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Παραμετροποίηση ονόματος router.
- Απενεργοποίηση DNS lookup.
- Παραμετροποίηση EXEC mode password.
- Παραμετροποίηση message-of-the-day banner.
- Παραμετροποίηση κωδικού για console connections.
- Παραμετροποίηση κωδικού για VTY connections.

Δραστηριότητα 2: Παραμετροποίηση και ενεργοποίηση Ethernet και Serial Interfaces

Για την παραμετροποίηση των παρακάτω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 1: Ρυθμίστε τους R1, R2 και R3.

Ρυθμίστε τα interfaces των routers R1, R2, and R3 σύμφωνα με το πίνακα 6.2.

Για την παραμετροποίηση των παραπάνω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 2: Επαλήθευση IP διευθύνσεων και interfaces.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για την επαλήθευση των σωστών διευθύνσεων και ενεργοποιημένων interfaces.

Βήμα 3: Επαλήθευση IP διευθύνσεων VPC1, VPC2 και VPC3.

Ρυθμίστε τα VPC1, VPC2 και VPC3 σύμφωνα με τις IP διευθύνσεις και τις προεπιλεγμένες πύλες του πίνακα 6.2.

Βήμα 4: Έλεγχος σωστής παραμετροποίησης των VPCs με χρήση Ping μεταξύ VPC και της εκάστοτε απομακρυσμένης πύλης του.

Δραστηριότητα 3: Παραμετροποίηση RIP EIGRP στον R1 Router.

Βήμα 1: Ενεργοποίηση EIGRP.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **router eigrp** σε global configuration mode για να ενεργοποιήσετε το EIGRP στον R1 router. Εισάγεται process ID την τιμή 1 ως παράμετρο αυτόνομου συστήματος.

```
R1(config)#router eigrp 1  
R1(config-router)#
```

Βήμα 2: Εισάγετε ένα classful δίκτυο 172.16.0.0.

Όταν μπείτε σε Router EIGRP sub-mode, ρυθμίστε το classful network 172.16.0.0 έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνεται στα EIGRP updates που στέλνονται από τον R1.

```
R1(config-router)#network 172.16.0.0  
R1(config-router)#
```

Ο router θα ξεκινήσει να στέλνει EIGRP update μηνύματα από κάθε interface που ανήκει το 172.16.0.0 δίκτυο. Συνεπώς EIGRP updates θα σταλούν από το FastEthernet0/0 and Serial0/0/0 interface γιατί και τα δύο interfaces ανήκουν στο subnet του 172.16.0.0

Βήμα 3: Ρυθμίστε το router να διαφημίζει το 192.168.10.4/30 δίκτυο του Serial0/0/1 interface.

Χρησιμοποιήστε την **wildcard-mask** επιλογή μαζί με την εντολή *network* για να διαφημίσετε το συγκεκριμένο subnet και όχι ολόκληρο το 192.168.10.0 classful δίκτυο.

Σημείωση: Το λεγόμενο **wildcard mask** είναι το αντίστροφο του subnet mask. Για παράδειγμα το αντίστροφο του subnet mask 255.255.255.252 is **0.0.0.3**.

Το παραπάνω προκύπτει ως εξής:

Αφαιρείτε από το 255.255.255.255 το subnet mask 255.255.255.252, το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι το **Wildcard mask**:

```
255.255.255.255
- 255.255.255.252 Subtract the subnet mask
-----
0. 0. 0. 3      Wildcard mask
```

Με βάση τα παραπάνω για να διαφημιστεί το δίκτυο 192.168.10.4/30 δίνουμε την παρακάτω εντολή:

```
R1(config-router)# network 192.168.10.4 0.0.0.3
R1(config-router)#
R1(config-router)#end
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#
```

Δραστηριότητα 4: Παραμετροποιήστε το EIGRP στους R2 και R3 Routers.

Βήμα 1: Ενεργοποιήστε το EIGRP routing στον R2 router χρησιμοποιώντας την εντολή *router eigrp*.

Χρησιμοποιήστε process ID το 1.

```
R2(config)#router eigrp 1
R2(config-router)#
```

Βήμα 2: Χρησιμοποιήστε την classful διεύθυνση 172.16.0.0 για να συμπεριλάβετε το δίκτυο FastEthernet0/0 interface.

```
R2(config-router)#network 172.16.0.0
```

```
R2(config-router)#
```

```
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 172.16.3.1 (Serial0/0/0) is up:
new adjacency
```

Παρατηρήστε ότι το DUAL εμφανίζει ένα ενημερωτικό μήνυμα στην κονσόλα που δείχνει ότι μια σχέση μεταξύ του R2 και ενός γείτονα router έχει εγκαθιδρυθεί.

Παρακαλώ απαντήστε στα παρακάτω :

Ποια είναι η IP address του EIGRP γείτονα router;

Σε ποιο interface του R2 router είναι ο γείτονας συνδεδεμένος;

Βήμα 3: Παραμετροποιήστε τον R2 router να διαφημίζει το 192.168.10.8/30 δίκτυο που είναι συνδεδεμένο στο Serial0/0/1 interface.

*Χρησιμοποιήστε την **wildcard-mask** επιλογή μαζί με την εντολή **network** για να διαφημίσετε το συγκεκριμένο subnet και όχι ολόκληρο το 192.168.10.0 classful δίκτυο.*

```
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3
```

```
R2(config-router)#end
```

```
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

```
R2#
```

Βήμα 4: Παραμετροποιήστε το EIGRP στον R3 router χρησιμοποιώντας την εντολή **router eigrp και την εντολή **network**.**

Χρησιμοποιήστε process ID το 1.

Διαφημίστε το classful δίκτυο address του FastEthernet0/0 interface.

Διαφημίστε τα δίκτυα που είναι συνδεδεμένα στα Serial0/0/0 and Serial 0/0/1 interfaces, μαζί με τα subnet masks τους.

```
R3(config)#router eigrp 1
```

```
R3(config-router)#network 192.168.1.0
```

```
R3(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3
```

```
R3(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 192.168.10.5 (Serial0/0/0) is up:
new adjacency
R3(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3
R3(config-router)#
%DUAL-5-NBRCHANGE: IP-EIGRP 1: Neighbor 192.168.10.9 (Serial0/0/1) is up:
new adjacency
R3(config-router)#end
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Παρατηρήστε ότι όταν τα δίκτυα για τα serial interfaces από R3 στον R1 και από R3 στον R2 προστίθενται στη παραμετροποίηση EIGRP, το DUAL εμφανίζει ένα ενημερωτικό μήνυμα στην κονσόλα που δείχνει ότι μια σχέσης γειτνίασης με ένα άλλο γείτονα router έχει εγκαθιδρυθεί.

Δραστηριότητα 5: Επαλήθευση EIGRP λειτουργιών.

Βήμα 1: Δείτε τους γείτονες routers.

Στον R1 router, χρησιμοποιήστε την εντολή show ip eigrp neighbors για να δείτε το neighbor table και να επαληθεύσετε ότι

Το EIGRP έχει εγκαθιδρύσει μια σχέση γειτνίασης μεταξύ των R2 και R3 routers. Πρέπει να μπορείτε να δείτε την διεύθυνση του κάθε router που έχει εγκαθιδρύσει σύνδεση και το interface που ο R1 χρησιμοποιεί για να φτάσει στον EIGRP γείτονα.

```
R1#show ip eigrp neighbors
IP-EIGRP neighbors for process 1
H      Address      nterface      Hold Uptime
0      172.16.3.2     Ser0/0/0      10 00:36:51
1      192.168.10.6   Ser0/0/1      11 00:26:51
R1#
```

Βήμα 2: Δείτε τις routing protocol πληροφορίες.

Στον R1 router, χρησιμοποιήστε την show ip protocols εντολή για να δείτε πληροφορίες σχετικές με την λειτουργία του routing πρωτοκόλλου

Παρατηρήστε ότι όλες οι παράμετροι που ρυθμίσαμε στο βήμα 4, όπως το protocol, process ID, τα δίκτυα, είναι ορατά στο αποτέλεσμα της εντολής. Οι IP διευθύνσεις των γειτόνων είναι επίσης ορατές.

R1#show ip protocols

Routing Protocol is "eigrp 1"

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Default networks flagged in outgoing updates

Default networks accepted from incoming updates

EIGRP metric weight K1=1, K2=0, K3=1, K4=0, K5=0

EIGRP maximum hopcount 100

EIGRP maximum metric variance 1

Redistributing: eigrp 1

Automatic network summarization is in effect

Automatic address summarization:

Maximum path: 4

Routing for Networks:

172.16.0.0

192.168.10.4/30

Routing Information Sources:

Gateway	Distance	Last Update
---------	----------	-------------

172.16.3.2	90	4811399
------------	----	---------

192.168.10.6	90	5411677
--------------	----	---------

Distance: internal 90 external 170

Σημειώστε ότι το process ID που χρησιμοποιείται από το EIGRP είναι καθορισμένο. Να θυμάστε ότι το process ID πρέπει να είναι το ίδιο στους routers που θέλουμε να δημιουργούν σχέσεις γειτνίασης και να ανταλλάσουν πληροφορίες μέσω του EIGRP

Δραστηριότητα 6: Επαληθεύστε τα EIGRP Routes στα Routing Tables.

Βήμα 1: Δείτε το routing table του R1 router.

Τα EIGRP routes συμβολίζονται στο routing table με D, τα οποία προέρχονται από το DUAL (Diffusing Update Algorithm), που είναι ο αλγόριθμος που χρησιμοποιείται από το EIGRP.

R1#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2 E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS inter area * - candidate default, U - per-user static route, o - ODR P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks

D 172.16.0.0/16 is a summary, 01:16:19, Null0

C 172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

D 172.16.2.0/24 [90/2172416] via 172.16.3.2, 01:16:20, Serial0/0/0

C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0

D 192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.10.6, 01:06:18, Serial0/0/1

192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

D 192.168.10.0/24 is a summary, 01:06:07, Null0

C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/1

D 192.168.10.8/30 [90/2681856] via 192.168.10.6, 01:06:07, Serial0/0/1

R1#

Παρατηρήστε ότι το 172.16.0.0/16 αρχικό δίκτυο is έχει σπάσει σε τρία μικρότερα υποδίκτυα (child routes) με subnet mask /24 ή /30. Επίσης παρατηρήστε ότι το EIGRP αυτόματα έχει συμπεριλάβει ένα summary route για Null0 για το 172.16.0.0/16 δίκτυο. Το 172.16.0.0/16 δεν συμβολίζει πραγματικά μια διαδρομή για να φθάσει στο αρχικό δίκτυο, 172.16.0.0/16. Εάν ένα πακέτο προορίζεται για το 172.16.0.0/16 δεν ταιριάζει με κανένα από τα υποδίκτυα (child routes), αυτό στέλνεται στο Null0 interface.

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks

D 172.16.0.0/16 is a summary, 01:16:19, Null0

C 172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

D 172.16.2.0/24 [90/2172416] via 172.16.3.2, 01:16:20, Serial0/0/0

C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0

Το 192.168.10.0/24 ήταν επίσης σπασμένο σε υποδίκτυα (subnetted) και περιείχε Null0 route.

192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

- D 192.168.10.0/24 is a summary, 01:06:07, Null0
- C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/1
- D 192.168.10.8/30 [90/2681856] via 192.168.10.6, 01:06:07, Serial0/0/1

Βήμα 2: Δείτε το routing table του R3 router.

Το routing table του R3 δείχνει ότι ο R1 και ο R2 αυτόματα κάνουν summarizing το δίκτυο 172.16.0.0/16 και στέλνουν ένα μόνο συνολικό update, Λόγω του αυτόματου summarization, ο R1 και R2 δεν διαφημίζουν τα πραγματικά υποδίκτυα. Για τον λόγο αυτό ο R3 λάμβανε δύο ίσα κόστη διαδρομών για το 172.16.0.0/16 από τον R1 και R2, και οι δύο διαδρομές περιλαμβάνονται στο routing table.

R3#**show ip route**

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

- D 172.16.0.0/16 [90/2172416] via 192.168.10.5, 01:15:35, Serial0/0/0
 - [90/2172416] via 192.168.10.9, 01:15:22, Serial0/0/1
 - C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
 - 192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
 - D 192.168.10.0/24 is a summary, 01:15:22, Null0
 - C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
 - C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
- R3#

Δραστηριότητα 7 : Ρυθμίστε EIGRP Metrics.

Βήμα 1: Δείτε τα EIGRP metric πληροφορίες.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show interface serial0/0/0** για να δείτε τις EIGRP metric πληροφορίες για το Serial0/0/0 interface του R1 router.

Δείτε τις τιμές που εμφανίζονται για bandwidth, delay, reliability, και load.

R1#**show interface serial0/0/0**

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)
Hardware is HD64570

Internet address is 172.16.3.1/30

MTU 1500 bytes, **BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255**
Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)

Βήμα 2: Τροποποιήστε το bandwidth των Serial interfaces.

Στα περισσότερα serial links, το bandwidth metric από προεπιλογή είναι 1544 Kbits. Εάν αυτό δεν είναι το πραγματικό bandwidth του serial link, το bandwidth του interface θα χρειαστεί να αλλαχθεί ώστε το EIGRP metric να υπολογιστεί σωστά. Για αυτό το εργαστήριο, το link μεταξύ R1 και R2 θα παραμετροποιηθεί με bandwidth 64 kbps, και το Link μεταξύ R2 και R3 θα παραμετροποιηθεί με 1024 kbps. Χρησιμοποιώντας την εντολή bandwidth τροποποιήστε το bandwidth των serial interfaces του κάθε router.

R1 router:

```
R1(config)#interface serial0/0/0  
R1(config-if)#bandwidth 64
```

R2 router:

```
R2(config)#interface serial0/0/0  
R2(config-if)#bandwidth 64  
R2(config)#interface serial0/0/1  
R2(config-if)#bandwidth 1024
```

R3 router:

```
R3(config)#interface serial0/0/1  
R3(config-if)#bandwidth 1024
```

Σημείωση: Η bandwidth εντολή τροποποιεί το bandwidth metric που χρησιμοποιείται από το routing protocols, όχι το bandwidth του φυσικού μέσου.

Βήμα 3: Επαλήθευση του bandwidth.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface** εντολή για να επαληθεύσει την τιμή του κάθε link.

```
R1#show interface serial0/0/0
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα:

```
Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)
```

```
Hardware is HD64570 Internet address is 172.16.3.1/30
```

MTU 1500 bytes, **BW 64 Kbit**, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255 Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)

R2#show interface serial0/0/0

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)

Hardware is HD64570 Internet address is 172.16.3.2/30

MTU 1500 bytes, **BW 64 Kbit**, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255 Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)

R3#show interface serial0/0/1

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Serial0/0/1 is up, line protocol is up (connected)

Hardware is HD64570 Internet address is 192.168.10.10/30

MTU 1500 bytes, **BW 1024 Kbit**, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255 Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec) <output omitted>

Σημείωση: Χρησιμοποιήστε την εντολή `no bandwidth` για να επιστρέψετε την τιμή του `bandwidth` στην αρχική του κατάσταση.

Δραστηριότητα 8: Έλεγχος σε Successor και Feasible Distance .

Βήμα 1: Εξετάστε τους Successors και τις φυσικές αποστάσεις στον R2.

R2#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα:

10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets

C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks

D 172.16.0.0/16 is a summary, 00:00:52, Null0

D 172.16.1.0/24 [90/40514560] via 172.16.3.1, 00:00:52, Serial0/0/0

C 172.16.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0

D 192.168.1.0/24 [90/3014400] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1

192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

D 192.168.10.0/24 is a summary, 00:00:11, Null0

D 192.168.10.4/30 [90/3523840] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1

C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1

R2#

Βήμα 2: απαντήστε τις παρακάτω ερωτήσεις:

Ποια είναι η καλύτερη διαδρομή για το PC1;

Ο successor είναι ένας γείτονας router που χρησιμοποιείται για την προώθηση των πακέτων. Ο successor δείχνει το μικρότερο κόστος για το δίκτυο προορισμού. Η IP διεύθυνση του successor εμφανίζεται στο routing table ακριβώς μετά τη λέξη “via”.

Ποια είναι η IP του successor για το παραπάνω route;

Φυσική Απόσταση ή Feasible distance (FD) είναι ένας ακέραιος αριθμός που αντιπροσωπεύει τη μέτρηση του κόστους της καλύτερης διαδρομής (route) για το δίκτυο προορισμού. FD είναι ο αριθμός που εμφανίζεται στο routing table σαν το δεύτερο νούμερο από τους δύο αριθμούς που εμφανίζονται μέσα στα άγκιστρα [1,2].

Αναφερόμενη Απόσταση ή Reported Distance το FD του γείτονα που διαφημίζεται στους υπόλοιπους Routers.

Περισσότερες πληροφορίες για FD, RD θα βρείτε και στην ενότητα της θεωρίας που αναλύεται το πρωτόκολλο EIGRP 4.1.3.2

Για παράδειγμα θα βρούμε το FD από τον R2 στο δίκτυο του PC1.

στον R2 εμφανίστε το routing table

R2#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα:

```
10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback1
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
D 172.16.0.0/16 is a summary, 00:00:52, Null0
D 172.16.1.0/24 [90/40514560] via 172.16.3.1, 00:00:52, Serial0/0/0
C 172.16.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
D 192.168.1.0/24 [90/3014400] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
D 192.168.10.0/24 is a summary, 00:00:11, Null0
D 192.168.10.4/30 [90/3523840] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1
C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
```

Εντοπίζουμε το Route που μας οδηγεί στο δίκτυο του PC1:

```
D 172.16.1.0/24 [90/40514560] via 172.16.3.1, 00:00:52, Serial0/0/0
```

Από τα νούμερα [90/40514560], πάντα το δεύτερο μας δείχνει πάντα το FD.

Ένας feasible successor είναι ένας γείτονας router που έχει μια backup διαδρομή για το ίδιο δίκτυο όπως και ο successor. Για να μπορέσει να είναι feasible successor, πρέπει να ικανοποιείται το feasibility condition (FC). Το FC ικανοποιείται όταν η αναφερόμενη απόσταση από το γείτονα (RD) για ένα δίκτυο είναι μικρότερη από την τοπική φυσική απόσταση για το ίδιο δίκτυο.

Ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα για να δείτε αν ικανοποιείται το Feasibility Condition στην περίπτωση του R1.

Βήμα 1: Ελέγξτε το routing table του R1.

R1#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα:

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
D 172.16.0.0/16 is a summary, 00:42:59, Null0
C 172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
D 172.16.2.0/24 [90/40514560] via 172.16.3.2, 00:43:00, Serial0/0/0
C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
D 192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.10.6, 00:42:26, Serial0/0/1
  192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
D 192.168.10.0/24 is a summary, 00:42:20, Null0
C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/1
D 192.168.10.8/30 [90/3523840] via 192.168.10.6, 00:42:20, Serial0/0/1
R1#
```

Ποια είναι η Reported Distance (RD) στον R2 από τον R1 για το 192.168.1.0 δίκτυο;

Βήμα 2: Προβάλετε το routing table του R2.

R2#show ip route

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
10.0.0.0/30 is subnetted, 1 subnets
C 10.1.1.0 is directly connected, Loopback1
  172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
```

```
D 172.16.0.0/16 is a summary, 00:00:52, Null0
D 172.16.1.0/24 [90/40514560] via 172.16.3.1, 00:00:52, Serial0/0/0
C 172.16.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0
D 192.168.1.0/24 [90/3014400] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1
    192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
D 192.168.10.0/24 is a summary, 00:00:11, Null0
D 192.168.10.4/30 [90/3523840] via 192.168.10.10, 00:00:11, Serial0/0/1
C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
R2#
```

Ποια είναι η Feasible Distance (FD) για το 192.168.1.0 network;

Θα θεωρήσει ο R2 τον R1 σαν feasible successor για το 192.168.1.0 δίκτυο? _____

Δραστηριότητα 10: Ελέγξτε το EIGRP Topology Table.

Βήμα 1: Προβάλετε το EIGRP topology table.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip eigrp topology** για να δείτε την EIGRP topology table του R2.

```
R2#show ip eigrp topology
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
IP-EIGRP Topology Table for AS 1
```

```
Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
```

```
r - Reply status
```

```
P 172.16.2.0/24, 1 successors, FD is 28160
```

```
via Connected, FastEthernet0/0
```

```
P 172.16.3.0/30, 1 successors, FD is 40512000
```

```
via Connected, Serial0/0/0
```

```
P 192.168.10.8/30, 1 successors, FD is 3011840
```

```
via Connected, Serial0/0/1
```

```
P 172.16.0.0/16, 1 successors, FD is 28160
```

```
via Summary (28160/0), Null0
```

```
P 192.168.10.0/24, 1 successors, FD is 3011840
```

```
via Summary (3011840/0), Null0
P 172.16.1.0/24, 1 successors, FD is 40514560
via 172.16.3.1 (40514560/28160), Serial0/0/0
P 192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 3014400
via 192.168.10.10 (3014400/28160), Serial0/0/1
via 172.16.3.1 (41026560/2172416), Serial0/0/0
P 192.168.10.4/30, 1 successors, FD is 3523840
via 192.168.10.10 (3523840/2169856), Serial0/0/1
R2#
```

Βήμα 2: Προβάλλετε λεπτομερώς EIGRP πληροφορίες τοπολογίας.

Χρησιμοποιήστε την παράμετρο **[network]** στην εντολή **show ip eigrp topology** για να μπορέσετε να δείτε λεπτομέρειες για τις πληροφορίες τοπολογίας του 192.16.0.0 δικτύου.

```
R2#show ip eigrp topology 192.168.1.0
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
IP-EIGRP (AS 1): Topology entry for 192.168.1.0/24
State is Passive, Query origin flag is 1, 1 Successor(s), FD is 3014400
Routing Descriptor Blocks:
192.168.10.10 (Serial0/0/1), from 192.168.10.10, Send flag is 0x0
Composite metric is (3014400/28160), Route is Internal
Vector metric:
Minimum bandwidth is 1024 Kbit
Total delay is 20100 microseconds
Reliability is 255/255
Load is 1/255
Minimum MTU is 1500
Hop count is 1
172.16.3.1 (Serial0/0/0), from 172.16.3.1, Send flag is 0x0
Composite metric is (41026560/2172416), Route is Internal
Vector metric:
Minimum bandwidth is 64 Kbit
Total delay is 40100 microseconds
Reliability is 255/255
Load is 1/255
Minimum MTU is 1500
```


Hop count is 2

R2#

Πόσοι successors υπάρχουν για αυτό το δίκτυο;

Ποιο είναι το feasible Distance για αυτό το δίκτυο;

Ποια είναι η IP του feasible successor;

Ποια είναι η reported distance για το 192.168.1.0 από τον feasible successor

Ποια θα ήταν η feasible distance για το 192.168.1.0 εάν ο R1 γινόταν successor;

Δραστηριότητα 11: Απενεργοποίηση EIGRP Automatic Summarization.

Βήμα 1: Ελέγξτε το routing table του R3 .

Σημειώστε ότι ο R3 δεν λαμβάνει ανεξάρτητα updates για τα subnets 172.16.1.0/24, 172.16.2.0/24 και 172.16.3.0/24. Αντίθετα, το routing table έχει ένα μόνο summary route για το classful δίκτυο 172.16.0.0/16 μέσω του R1 router. Αυτό θα προκαλέσει τα πακέτα που προορίζονται για το 172.16.2.0/24 δίκτυο να προωθούνται μέσω του R1 router αντί να προωθούνται άμεσα μέσω του R2 router.

```
D 172.16.0.0/16 [90/2172416] via 192.168.10.5, 01:21:54, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
```

```
D 192.168.10.0/24 is a summary, 01:21:47, Null0
```

```
C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
```

R3#

Γιατί ο R1 (192.168.10.5) είναι ο μόνος successor για την διαδρομή προς το 172.16.0.0/16 δίκτυο?

Βήμα 2: Ελέγξτε το Eigrp topology του R3 .

Σημειώστε ότι η reported distance από R2 είναι μεγαλύτερη από τη feasible distance από τον R1.

R3#show ip eigrp topology

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

IP-EIGRP Topology Table for AS 1

Codes: P - Passive, A - Active, U - Update, Q - Query, R - Reply,
r - Reply status

P 192.168.1.0/24, 1 successors, FD is 28160

via Connected, FastEthernet0/0

P 192.168.10.4/30, 1 successors, FD is 2169856

via Connected, Serial0/0/0

P 192.168.10.0/24, 1 successors, FD is 2169856

via Summary (2169856/0), Null0

P 172.16.0.0/16, 1 successors, FD is 2172416

via 192.168.10.5 (2172416/28160), Serial0/0/0

via 192.168.10.9 (3014400/28160), Serial0/0/1

P 192.168.10.8/30, 1 successors, FD is 3011840

via Connected, Serial0/0/1

Βήμα 3: Απενεργοποιήστε το automatic summarization με την εντολή no auto-summary

```
R1(config)#router eigrp 1
```

```
R1(config-router)#no auto-summary
```

```
R2(config)#router eigrp 1
```

```
R2(config-router)#no auto-summary
```

```
R3(config)#router eigrp 1
```

```
R3(config-router)#no auto-summary
```

Βήμα 4: Δείτε το routing table του R1 ξανά.

Παρατηρήστε ότι τα μεμονωμένα routes για τα subnets 172.16.1.0/24, 172.16.2.0/24 και 172.16.3.0/24 πλέον εμφανίζονται και το summary Null route δεν υπάρχει.

```
R3#show ip route
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
```

```
D 172.16.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.10.5, 00:02:37, Serial0/0/0
```

```
D 172.16.2.0/24 [90/3014400] via 192.168.10.9, 00:02:39, Serial0/0/1
```

```
D 172.16.3.0/30 [90/41024000] via 192.168.10.9, 00:02:39, Serial0/0/1
```

```
[90/41024000] via 192.168.10.5, 00:02:37, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
```

```
C 192.168.10.4/30 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C 192.168.10.8/30 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
R3#
```

Δραστηριότητα 12: Παραμετροποιήστε και Διαφημίστε ένα Static Default Route.

Βήμα 1: Προσθήκη loopback addresses στον R2.

```
R2(config)#interface loopback1
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Loopback1, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback1, changed state  
to up R2(config-if)#ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
```

Το loopback interface είναι ένα ψεύτικο interface που συνήθως εξομοιώνει τον router του ISP.

Βήμα 2: Εισάγετε ένα static default route στον R2 router.

```
R2(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 loopback1
```

```
R2(config)#
```

Βήμα 3: Συμπεριλάβετε το static route στα EIGRP updates.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **redistribute static** για να συμπεριλάβετε το default static route στα EIGRP updates που στέλνονται μέσω του R2.

```
R2(config)#router eigrp 1
```

```
R2(config-router)#redistribute static
```

```
R2(config-router)#
```

Βήμα 4: Επαληθεύστε το static default route.

Δείτε το routing table του R1 για να επαληθεύσετε ότι το static default route διανέμετε μέσω του EIGRP.

```
R1#show ip route
```

Αποτέλεσμα που θα εμφανιστεί στην κονσόλα :

Gateway of last resort is 192.168.10.6 to network 0.0.0.0

192.168.10.0/30 is subnetted, 2 subnets

C 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1

D 192.168.10.8 [90/3523840] via 192.168.10.6, 01:06:01, Serial0/0/1

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks

C 172.16.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0

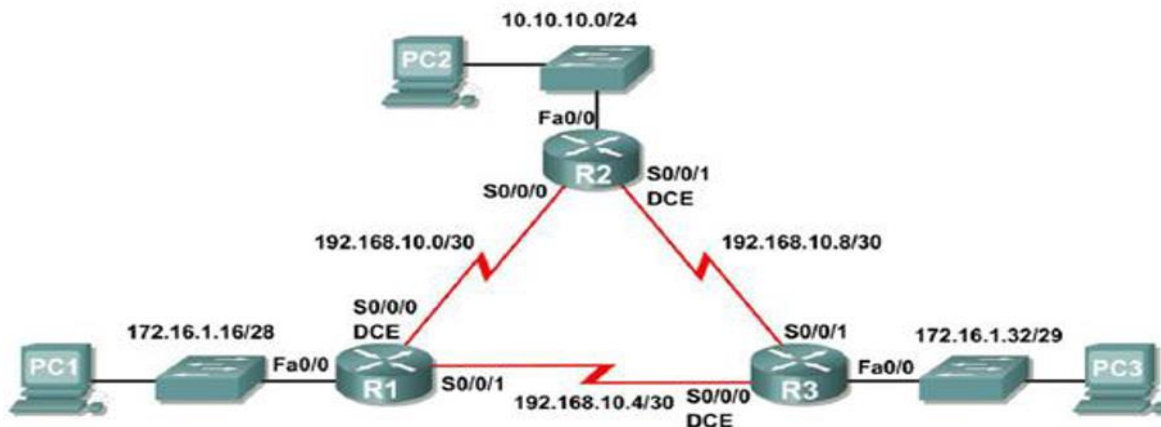
D 172.16.2.0/24 [90/3526400] via 192.168.10.6, 01:05:39, Serial0/0/1

C 172.16.3.0/30 is directly connected, Serial0/0/0

D*EX 0.0.0.0/0 [170/3651840] via 192.168.10.6, 00:02:14, Serial0/0/1

D 192.168.0.0/22 [90/2172416] via 192.168.10.6, 01:05:38, Serial0/0/1

6.3. Εργαστήριο 5ο Παραμετροποίηση OSPF Πρωτοκόλλου



Εικόνα 6-3 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου OSPF

Πίνακας 6-3 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου OSPF

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	172.16.1.17	255.255.255.240	N/A
	S0/0/0	192.168.10.1	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.5	255.255.255.252	N/A
R2	Fa0/0	10.10.10.1	255.255.255.0	N/A
	S0/0/0	192.168.10.2	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.9	255.255.255.252	N/A
R3	Fa 0/0	172.16.1.33	255.255.255.248	N/A
	S0/0/0	192.168.10.6	255.255.255.252	N/A
	S0/0/1	192.168.10.10	255.255.255.252	N/A
VPC1	NIC	172.16.1.20	255.255.255.0	172.16.1.17
VPC2	NIC	10.10.10.10	255.255.255.0	10.10.10.1
VPC3	NIC	172.16.1.35	255.255.255.248	172.16.1.33

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να:

- Υλοποιείτε την Βασική παραμετροποίηση σε ένα δρομολογητή(router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet/serial.
- Ρυθμίζετε το Ospf δρομολόγηση σε όλους τους routers .

- Ρυθμίζετε Ospf routing IDs.
- Επαληθεύετε την δρομολόγηση Ospf χρησιμοποιώντας τις εντολές show.
- Ρυθμίζεται ένα static default route
- Διανέμεται το default route στους γείτονες.
- Σχολιάζεται την παραμετροποίηση του Ospf Πρωτοκόλλου

Προτείνετε η μελέτη της ενότητας 4.1.3.3 που περιέχει θεωρητικό υλικό για το πρωτόκολλο OSPF πριν την εκτέλεση του εργαστηρίου.

6.3.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο ρυθμίζεται το πρωτόκολλο δρομολόγησης OSPF χρησιμοποιώντας την τοπολογία της εικόνας 6-3. Τα επιμέρους τμήματα του δικτύου έχουν γίνει subnetted χρησιμοποιώντας VLSM. Το OSPF είναι ένα classless πρωτόκολλο δρομολόγησης που μπορεί να συμπεριλάβει στις ενημερώσεις του τα subnet mask των δικτύων που διαφημίζει.

6.3.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Εκτελέστε την βασική παραμετροποίηση των R1, R2, R3 σύμφωνα με τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Παραμετροποίηση ονόματος router.
- Απενεργοποίηση DNS lookup.
- Παραμετροποίηση EXEC mode password.
- Παραμετροποίηση message-of-the-day banner.
- Παραμετροποίηση κωδικού για console connections.
- Παραμετροποίηση κωδικού για VTY connections.

Δραστηριότητα 2: Παραμετροποίηση και ενεργοποίηση Ethernet και Serial Interfaces

Για την παραμετροποίηση των παρακάτω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 1: Ρυθμίστε τους R1, R2 και R3.

Ρυθμίστε τα interfaces των routers R1, R2, and R3 σύμφωνα με το πίνακα 6.3.

Βήμα 2: Επαλήθευση IP διευθύνσεων και interfaces.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για την επαλήθευση των σωστών διευθύνσεων και ενεργοποιημένων interfaces.

Βήμα 3: Επαλήθευση IP διευθύνσεων VPC1, VPC2 και VPC3.

Ρυθμίστε τα VPC1, VPC2 και VPC3 σύμφωνα με τις IP διευθύνσεις και τις προεπιλεγμένες πύλες του πίνακα 6-3.

Βήμα 4: Έλεγχος σωστής παραμετροποίησης των VPCs με χρήση Ping μεταξύ VPC και της εκάστοτε απομακρυσμένης πύλης του.

Δραστηριότητα 3: Παραμετροποίηση ospf στον R1 router.

Βήμα 1: Ενεργοποίηση OSPF.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **router ospf** σε global configuration mode για να ενεργοποιήσετε το EIGRP στον R1 router. Εισάγεται process ID την τιμή 1 ως παράμετρο αυτόνομου συστήματος.

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#
```

Βήμα 2: Εισάγετε το δίκτυο που θα διαφημιστεί μέσω του OSPF χρησιμοποιώντας την εντολή *network*.

Μετά την εισαγωγή σας Router OSPF sub-mode, ρυθμίστε το LAN δίκτυο

172.16.1.16/28 έτσι ώστε να συμπεριλαμβάνετε στα OSPF updates που στέλνονται από τον R1.

Η OSPF network εντολή χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό διεύθυνσης δικτύου και μάσκας υποδικτύου παρόμοιας με αυτής που χρησιμοποιείται στο EIGRP.

Αντίθετα με το EIGRP, η εισαγωγή της μάσκας υποδικτύου στο OSPF είναι απαραίτητη.

Χρησιμοποιήστε το 0 για area ID στο OSPF area-id παράμετρο. Το 0 θα χρησιμοποιηθεί σαν OSPF area ID σε όλα τα network statements αυτής της τοπολογίας.

```
R1(config-router)#network 172.16.1.16 0.0.0.15 area 0
```

Βήμα 3: Παραμετροποιήστε το router ώστε να διαφημίζει το 192.168.10.0/30 που βρίσκεται στο Serial0/0/0 interface.

```
R1(config-router)# network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
```

Βήμα 4: Παραμετροποιήστε το router ώστε να διαφημίζει το 192.168.10.4/30 που βρίσκεται στο Serial0/0/1 interface.

```
R1(config-router)# network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
```

Βήμα 5: Τελειώνοντας με την OSPF παραμετροποίηση του R1, επιστρέψτε EXEC mode.

```
R1(config-router)#end
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R1#
```

Δραστηριότητα 4: Παραμετροποίηση ospf στον R2 και R3 router.

Βήμα 1: Ενεργοποιήστε OSPF routing στον R2 router χρησιμοποιώντας την εντολή ospf με process ID 1.

```
R2(config)#router ospf 1
R2(config-router)#
```

Βήμα 2: Ρυθμίστε το router για να διαφημίζει το LAN network 10.10.10.0/24 στα OSPF updates.

```
R2(config-router)#network 10.10.10.0 0.0.0.255 area 0
```

Βήμα 3: Ρυθμίστε το router για να διαφημίζει το LAN δίκτυο 192.168.10.0/30 που είναι συνδεδεμένο στο Serial0/0/0 interface.

```
R2(config-router)#network 192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#
```

```
00:07:27: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.10.5 on Serial0/0/0
from EXCHANGE to FULL, Exchange Done
```

Παρατηρήστε ότι μόλις εισάγετε το δίκτυο του serial link μεταξύ R1 και R2 στην OSPF παραμετροποίηση, στέλνεται από τον router ένα πληροφοριακό μήνυμα για από το router για την σχέση γειτνίασης που δημιουργήθηκε με το διπλανό router.

Βήμα 4: Ρύθμισε το router για διαφήμιση του δικτύου 192.168.10.8/30 στο Serial0/0/1.

Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε exit για επιστροφή σε privileged EXEC mode

```
R2(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
R2(config-router)#end
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R2#
```

Βήμα 5: Ρυθμίστε το OSPF στον R3 .

*Χρησιμοποιήστε process ID το 1. Διαφημίστε όλα τα directed connected δίκτυα .
Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

```
R3(config)#router ospf 1
R3(config-router)#network 172.16.1.32 0.0.0.7 area 0
R3(config-router)#network 192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#
00:17:46: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.10.5 on Serial0/0/0
from LOADING to FULL, Loading Done
R3(config-router)#network 192.168.10.8 0.0.0.3 area 0
R3(config-router)#
00:18:01: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 192.168.10.9 on Serial0/0/1
from EXCHANGE to FULL, Exchange Done
R3(config-router)#end
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
R3#
```

Παρατηρήστε τα μηνύματα που στέλνονται από τους routers στην κονσόλα μετά την εγκαθίδρυση της σύνδεσης του OSPF μεταξύ των R3-R1 και R3-R2.

Δραστηριότητα 5: Παραμετροποίηση OSPF Router IDs

Το OSPF router ID χρησιμοποιείται για να ταυτοποιήσει μοναδικά identify router μέσα σε ένα OSPF routing domain. Το router ID είναι μια IP address. Οι Cisco routers αναθέτουν τα router id χρησιμοποιώντας ιεραρχικά τα παρακάτω:

1. Διεύθυνση IP με τη χρήση της εντολής OSPF router-id.
2. Υψηλότερη IP διεύθυνση από οποιοδήποτε loopback interface του router.
3. Υψηλότερη ενεργή IP διεύθυνση από οποιοδήποτε physical interface του router.

Βήμα 1: Εξετάστε την τρέχουσα κατάσταση των router IDs της τοπολογίας.

Από την στιγμή που δεν υπάρχουν router id ή loopback interfaces σε κανένα από τους τρεις routers, το router id για τον κάθε router καθορίζεται από την υψηλότερη IP διεύθυνση του οποιοδήποτε ενεργού interface.

Παρακαλώ συμπληρώστε τα παρακάτω:

Ποιο είναι το router ID για τον R1? _____

Ποιο είναι το ID για τον R2? _____

Ποιο είναι το router ID για τον R3? _____

Η επαλήθευση του router ID μπορεί να γίνει με την χρήση των εντολών **show ip protocols**, **show ip ospf** και **show ip ospf interfaces**.

R3#show ip protocols

Routing Protocol is "ospf 1"

Outgoing update filter list for all interfaces is not set

Incoming update filter list for all interfaces is not set

Router ID **192.168.10.10**

Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa

Maximum path: 4

<output omitted>

R3#show ip ospf

Routing Process "ospf 1" with **ID 192.168.10.10**

Supports only single TOS(TOS0) routes

Supports opaque LSA

SPF schedule delay 5 secs, Hold time between two SPFs 10 secs

<output omitted>

R3#show ip ospf interface

FastEthernet0/0 is up, line protocol is up

Internet address is 172.16.1.33/29, Area 0

Process ID 1, **Router ID 192.168.10.10**, Network Type BROADCAST, Cost:

1

Transmit Delay is 1 sec, State DR, Priority 1

Designated Router (ID) 192.168.10.10, Interface address 172.16.1.33

No backup designated router on this network

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

Hello due in 00:00:00

Index 1/1, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 1

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

Neighbor Count is 0, Adjacent neighbor count is 0

Suppress hello for 0 neighbor(s)

<output omitted>

R3#

Βήμα 2: Χρησιμοποιήστε την loopback διεύθυνση για να αλλάξετε τα router IDs των routers της τοπολογίας.

R1(config)#**interface loopback 0**

R1(config-if)#**ip address 10.1.1.1 255.255.255.255**

R2(config)#**interface loopback 0**

R2(config-if)#**ip address 10.2.2.2 255.255.255.255**

R3(config)#**interface loopback 0**

R3(config-if)#**ip address 10.3.3.3 255.255.255.255**

Βήμα 3: Κάντε επανεκκίνηση στους Routers για να χρησιμοποιηθούν τα νέα Router IDs.

Όταν ένα νέο Router ID ορίζεται, δεν χρησιμοποιείται μέχρι το OSPF να επανεκκινηθεί. Επιβεβαιώστε ότι έχετε σώσει το configuration του router και κάντε επανεκκίνηση χρησιμοποιώντας την εντολή **reload** για να επανεκκινήσετε τους routers.

Μετά την επανεκκίνηση, ποιο είναι το νέο router ID για τονR1? _____

Μετά την επανεκκίνηση, ποιο είναι το νέο router ID για τονR2? _____

Μετά την επανεκκίνηση, ποιο είναι το νέο router ID για τονR3? _____

Βήμα 4: Χρησιμοποιώντας την εντολή show ip ospf για να επαληθεύσετε ότι τα Router Id της τοπολογίας συνολικά έχουν αλλάξει.

R1#show ip ospf neighbor

Neighbor ID Pri State Dead Time Address

Interface

10.3.3.3 0 FULL/ - 00:00:30 192.168.10.6

Serial0/0/1

10.2.2.2 0 FULL/ - 00:00:33 192.168.10.2

Serial0/0/0

R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID Pri State Dead Time Address

Interface

10.3.3.3 0 FULL/ - 00:00:36 192.168.10.10

Serial0/0/1

10.1.1.1 0 FULL/ - 00:00:37 192.168.10.1

Serial0/0/0

R3#show ip ospf neighbor

Neighbor ID Pri State Dead Time Address

Interface

10.2.2.2 0 FULL/ - 00:00:34 192.168.10.9

Serial0/0/1

10.1.1.1 0 FULL/ - 00:00:38 192.168.10.5

Serial0/0/0

Βήμα 5: Χρησιμοποιήστε την εντολή router-id για να αλλάξετε το router ID στον R1 router.

Σημείωση: «Μερικές IOS εκδόσεις δεν υποστηρίζουν την εντολή router-id. Εάν το IOS που έχετε στο router σας δεν έχει διαθέσιμη αυτή την εντολή παρακαλώ συνεχίστε στην δραστηριότητα 7.»

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#router-id 10.4.4.4
```

Reload ή **clear ip ospf process** εντολή για την ενεργοποίηση του νέου Router Id.

```
R1#(config-router)#end
```

```
R1# clear ip ospf process
```

```
Reset ALL OSPF processes? [no]:yes
```

```
R1#
```

Βήμα 6: Χρησιμοποιήστε την εντολή **ip ospf neighbor** στον R2 για να επαληθεύσετε ότι το router ID στον R1 άλλαξε.

```
R2#show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead	Time	Address
Interface					
10.3.3.3 0		FULL/ -	00:00:36		192.168.10.10
Serial0/0/1					
10.4.4.4 0		FULL/ -	00:00:37		192.168.10.1
Serial0/0/0					

Βήμα 7: Αφαιρέστε το χειροκίνητα εισδεχθέντα router ID με την εντολή no the router-id command.

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#no router-id 10.4.4.4
```

Reload ή **clear ip ospf process** για την ενεργοποίηση.

Μετά την επανεκκίνηση του OSPF το νέο router id θα είναι η ip διεύθυνση του loopback interface.

Δραστηριότητα 7: Επαλήθευση OSPF λειτουργίας.

Βήμα 1: Στον R1, Χρησιμοποιήστε την εντολή show ip ospf neighbor για να δείτε πληροφορίες για τους OSPF γείτονες routers R2 και R3.

Σημείωση: «Πρέπει να είστε σε θέση να δείτε neighbor ID και IP διεύθυνση για κάθε συνδεδεμένο router και το interface που ο R1 χρησιμοποιεί για να φτάσει τον OSPF neighbor.»

R1#show ip ospf neighbor

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address
Interface				
10.2.2.2	0	FULL/-	00:00:32	192.168.10.2
Serial0/0/0				
10.3.3.3	0	FULL/-	00:00:32	192.168.10.6
Serial0/0/1				

R1#

Βήμα 2: Στον R1 router, use the show ip protocols εντολή για πληροφορίες σχετικά με την routing λειτουργία του πρωτοκόλλου.

Σημείωση: «Χρησιμοποιώντας την παραπάνω εντολή μπορούμε να πάρουμε πληροφορίες για όλα όσα παραμετροποιήθηκαν σε προηγούμενα βήματα όπως protocol, process ID, neighbor ID, Neighbor Address.

R1#show ip protocols

Routing Protocol is "ospf 1"
Outgoing update filter list for all interfaces is not set
Incoming update filter list for all interfaces is not set
Router ID 10.1.1.1
Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
Maximum path: 4
Routing for Networks:
172.16.1.16 0.0.0.15 area 0
192.168.10.0 0.0.0.3 area 0
192.168.10.4 0.0.0.3 area 0
Routing Information Sources:
Gateway Distance Last Update
10.2.2.2 110 00:11:43

10.3.3.3 110 00:11:43

Distance: (default is 110)

R1#

Σημείωση: Το process ID που χρησιμοποιείται από το OSPF, πρέπει να είναι το ίδιο σε όλους τους γείτονες routers που θέλουμε να διαμοιράσουν πληροφορίες του routing πρωτόκολλου.

Δραστηριότητα 8: Δείτε τις OSPF routes στο the Routing Table.

Δείτε το routing table του R1 router. Τα OSPF routes συμβολίζονται με ένα "O".

R1#**show ip route**

Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP

D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area

N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2

E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP

i - IS-IS, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2, ia - IS-IS

inter area

* - candidate default, U - per-user static route, o - ODR

P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0

O 10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 00:01:02, Serial0/0/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0

O 172.16.1.32/29 [110/65] via 192.168.10.6, 00:01:12, Serial0/0/1

C 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1

O 192.168.10.8 [110/128] via 192.168.10.6, 00:01:12, Serial0/0/1

[110/128] via 192.168.10.2, 00:01:02, Serial0/0/0
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets

Δραστηριότητα 9: Ρυθμίστε το OSPF Cost

Βήμα 1: Χρησιμοποιήστε την εντολή show ip route στον R1 router για να δείτε το OSPF cost για το δίκτυο 10.10.10.0/24

R1#show ip route

<output omitted>

10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 10.1.1.1/32 is directly connected, Loopback0

O 10.10.10.0/24 [110/65] via 192.168.10.2, 00:16:56, Serial0/0/0

172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks

C 172.16.1.16/28 is directly connected, FastEthernet0/0

O 172.16.1.32/29 [110/65] via 192.168.10.6, 00:17:06, Serial0/0/1

192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets

C 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0

C 192.168.10.4 is directly connected, Serial0/0/1

O 192.168.10.8 [110/128] via 192.168.10.6, 00:17:06, Serial0/0/1

[110/128] via 192.168.10.2, 00:16:56, Serial0/0/0

R1#

Βήμα 2: Χρησιμοποιήστε την εντολή show interfaces serial0/0/0 στον R1 router για να δείτε το bandwidth του Serial 0/0/0 interface.

R1#show interfaces serial0/0/0

Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)

Hardware is HD64570

Internet address is 192.168.10.1/30

MTU 1500 bytes, BW 1544 Kbit, DLY 20000 usec, rely 255/255, load 1/255

Encapsulation HDLC, loopback not set, keepalive set (10 sec)

Last input never, output never, output hang never

Last clearing of "show interface" counters never

Input queue: 0/75/0 (size/max/drops); Total output drops: 0

<output omitted>

Στα περισσότερα σειριακά interface, το bandwidth από προεπιλογή είναι 1544 Kbits.

Εάν αυτό δεν είναι σωστό πρέπει η τιμή του να αλλαχθεί καθώς χρησιμοποιείτε για τον υπολογισμό του OSPF cost.

Βήμα 3: Χρησιμοποιήστε την εντολή bandwidth για να αλλάξετε το bandwidth των σειριακών interface των R1 και R2 routers με το πραγματικό bandwidth, 64 kbps.

R1 router:

```
R1(config)#interface serial0/0/0
```

```
R1(config-if)#bandwidth 64
```

```
R1(config-if)#interface serial0/0/1
```

```
R1(config-if)#bandwidth 64
```

R2 router:

```
R2(config)#interface serial0/0/0
```

```
R2(config-if)#bandwidth 64
```

```
R2(config)#interface serial0/0/1
```

```
R2(config-if)#bandwidth 64
```

Βήμα 4: Χρησιμοποιήστε την εντολή `show ip ospf interface` στον R1 router για να επαληθεύσετε το `cost` των σειριακών interfaces.

Το νέο cost του κάθε Serial links είναι 1562, μετά τον υπολογισμό: $10^8/64,000$ bps.

```
R1#show ip ospf interface
```

```
Serial0/0/0 is up, line protocol is up
```

```
Internet address is 192.168.10.1/30, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT-TO-POINT, Cost:
```

```
1562
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State POINT-TO-POINT,
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 00:00:05
```

```
Index 2/2, flood queue length 0
```

```
Next 0x0(0)/0x0(0)
```

```
Last flood scan length is 1, maximum is 1
```

```
Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
```

```
Neighbor Count is 1 , Adjacent neighbor count is 1
```

```
Adjacent with neighbor 10.2.2.2
```

```
Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

```
Serial0/0/1 is up, line protocol is up
```

```
Internet address is 192.168.10.5/30, Area 0
```

```
Process ID 1, Router ID 10.1.1.1, Network Type POINT-TO-POINT, Cost:
```

```
1562
```

Transmit Delay is 1 sec, State POINT-TO-POINT

Βήμα 5: Χρησιμοποιήστε την εντολή ip ospf cost για να ρυθμίσετε το OSPF cost στον R3 router.

Μια εναλλακτική μέθοδος της εντολής bandwidth είναι η χρησιμοποίηση της εντολής ip ospf cost, που επιτρέπει την άμεση ρύθμιση του cost.

Χρησιμοποιώντας την εντολή ip ospf cost αλλάξτε το κόστος του R3 router στο 1562 και για τα δύο σειριακά του interface.

```
R3(config)#interface serial0/0/0
```

```
R3(config-if)#ip ospf cost 1562
```

```
R3(config-if)#interface serial0/0/1
```

```
R3(config-if)#ip ospf cost 1562
```

Βήμα 6: Χρησιμοποιήστε την εντολή show ip ospf interface command στον R3 router για να επαληθεύσετε την τιμή του cost σε κάθε link ότι είναι 1562.

```
R3#show ip ospf interface
```

<output omitted>

Serial0/0/1 is up, line protocol is up

Internet address is 192.168.10.10/30, Area 0

Process ID 1, Router ID 10.3.3.3, Network Type POINT-TO-POINT, Cost:

1562

Transmit Delay is 1 sec, State POINT-TO-POINT,

Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5

Hello due in 00:00:06

Index 2/2, flood queue length 0

Next 0x0(0)/0x0(0)

Last flood scan length is 1, maximum is 1

Last flood scan time is 0 msec, maximum is 0 msec

Neighbor Count is 1 , Adjacent neighbor count is 1

Adjacent with neighbor 10.2.2.2

Suppress hello for 0 neighbor(s)

Serial0/0/0 is up, line protocol is up

Internet address is 192.168.10.6/30, Area 0

Process ID 1, Router ID 10.3.3.3, Network Type POINT-TO-POINT, Cost:

1562

Transmit Delay is 1 sec, State POINT-TO-POINT,

Δραστηριότητα 10: Διανομή OSPF Default Route

Βήμα 1: Εισάγετε μια loopback διεύθυνση στον R1 router για να εξομοιώσετε μια σύνδεση με τον ISP.

```
R1(config)#interface loopback1
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Loopback1, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback1, changed state to up
```

```
R1(config-if)#ip address 172.30.1.1 255.255.255.252
```

Βήμα 2: Ρυθμίστε ένα static default route στον R1 router.

Χρησιμοποιήστε την loopback διεύθυνση που δημιουργήσατε ως εξομοίωση για τον ISP, ως exit interface

```
R1(config)#ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 loopback1
```

```
R1(config)#
```

Βήμα 3: Χρησιμοποιήστε την εντολή default-information originate για να συμπεριλάβετε το static route στα OSPF updates που στέλνονται από τον R1 router.

```
R1(config)#router ospf 1
```

```
R1(config-router)#default-information originate
```

```
R1(config-router)#
```

Βήμα 4: Δείτε το routing table στον R2 router για να επιβεβαιώσετε το static default route που διανέμεται μέσω του OSPF.

```
R2#show ip route
```

<output omitted>

```
Gateway of last resort is 192.168.10.1 to network 0.0.0.0
```

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
C 10.2.2.2/32 is directly connected, Loopback0
```

```
C 10.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
172.16.0.0/16 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
O 172.16.1.16/28 [110/1563] via 192.168.10.1, 00:29:28,pa  
Serial0/0/0
```

```
O 172.16.1.32/29 [110/1563] via 192.168.10.10, 00:29:28,  
Serial0/0/1
```

```
192.168.10.0/30 is subnetted, 3 subnets
```

C 192.168.10.0 is directly connected, Serial0/0/0

O 192.168.10.4 [110/3124] via 192.168.10.10, 00:25:56,
Serial0/0/1

[110/3124] via 192.168.10.1, 00:25:56, Serial0/0/0

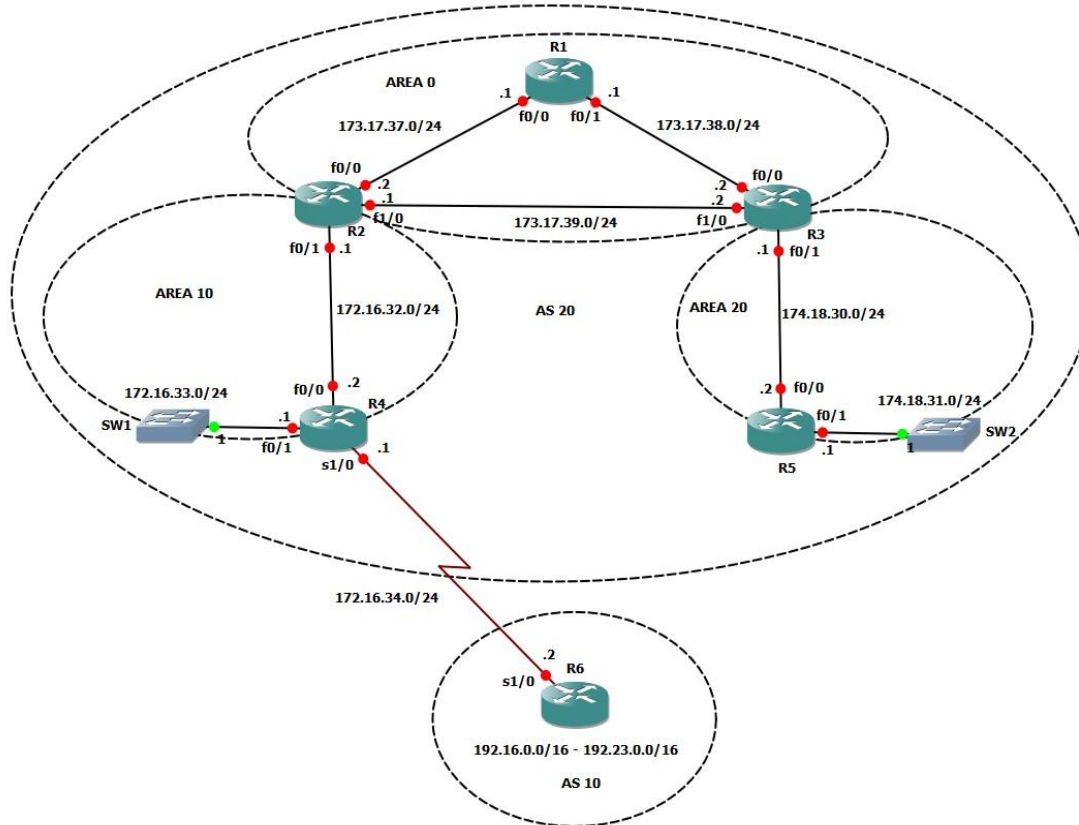
C 192.168.10.8 is directly connected, Serial0/0/1

O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.10.1, 00:01:11, Serial0/0/0

R2#

7. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΜΕΣΩ INTERNET-ISP

7.1. Εργαστήριο 6ο Παραμετροποίηση OSPF-BGP Πρωτοκόλλου



Εικόνα 7-1 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου OSPF-BGP

Πίνακας 7-1 Παραμετροποίηση Συσκευών Εργαστηρίου OSPF-BGP

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου	Προεπιλεγμένη Πύλη
R1	Fa 0/0	173.17.37.1	255.255.255.0	N/A
	Fa 0/1	173.17.38.1	255.255.255.0	N/A
R2	Fa 0/0	173.17.37.2	255.255.255.0	N/A
	Fa 1/0	173.17.39.1	255.255.255.0	N/A
	Fa 0/1	172.16.32.1	255.255.255.0	N/A
R3	Fa 0/0	173.17.38.2	255.255.255.0	N/A
	Fa 0/1	174.18.30.1	255.255.255.0	N/A
	Fa 1/0	173.17.39.2	255.255.255.0	N/A
R4	Fa 0/0	172.16.32.2	255.255.255.0	N/A
	Fa 0/1	172.16.33.1	255.255.255.0	N/A
	S 1/0	172.16.34.1	255.255.255.0	N/A
R5	Fa 0/1	174.18.31.1	255.255.255.0	N/A
	Fa 0/0	174.18.30.2	255.255.255.0	N/A
R6	S 1/0	172.16.34.2	255.255.255.0	N/A

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να:

- Εκτελείτε την Βασική παραμετροποίηση σε ένα δρομολογητή(router).
- Ρυθμίζετε και ενεργοποιείτε διεπαφές Ethernet/serial.
- Ρυθμίζετε το Ospf δρομολόγηση σε όλους τους routers .
- Ρυθμίζετε το bgp δρομολόγηση για τους routers διαφορετικών AS .
- Επαληθεύετε την δρομολόγηση Ospf,BGP χρησιμοποιώντας τις εντολές show.
- Ρυθμίζεται ένα static default route
- Διανέμεται το default route στους γείτονες του ίδιου αλλά και διαφορετικού AS συστήματος.
- Σχολιάζεται την παραμετροποίηση του BGP πρωτοκόλλου

Προτείνεται η μελέτη της ενότητας 4.1.3.4 που περιέχει θεωρητικό υλικό για το πρωτόκολλο OSPF πριν την εκτέλεση του εργαστηρίου.

7.1.1. Σενάριο Εργαστήριο

Σε αυτό το εργαστήριο ρυθμίζονται δυο διαφορετικά πρωτόκολλα για σύνδεση δυο διαφορετικών AS. Πρώτα ρυθμίζεται το OSPF για όλες τις επιμέρους περιοχές ενός μεγάλου AS(20) και στην συνέχεια ρυθμίζεται το BGP για την αποστολή της πληροφορίας που ήδη γνωρίζει το OSPF σε ένα διαφορετικό AS. Επίσης τα δίκτυα του δεύτερου AS διαφημίζονται μέσω του BGP στο πρώτο AS(10).

7.1.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Εκτελέστε την βασική παραμετροποίηση των R1, R2, R3, R4, R5, R6 σύμφωνα με τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Παραμετροποίηση ονόματος router.
- Απενεργοποίηση DNS lookup.
- Παραμετροποίηση EXEC mode password.
- Παραμετροποίηση message-of-the-day banner.
- Παραμετροποίηση κωδικού για console connections.
- Παραμετροποίηση κωδικού για VTY connections.

Δραστηριότητα 2: Παραμετροποίηση και ενεργοποίηση Ethernet και Serial Interfaces

Για την παραμετροποίηση των παρακάτω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 1: Ρυθμίστε τους R1, R2, R3, R4, R5 και R6.

Ρυθμίστε τα interfaces των routers R1, R2, R3, R4, R5 και R6 σύμφωνα με το πίνακα 7-1.

Βήμα 2: Επαλήθευση IP διευθύνσεων και interfaces.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για την επαλήθευση των σωστών διευθύνσεων και ενεργοποιημένων interfaces.

Βήμα 3: Έλεγχος σωστής παραμετροποίησης

Χρησιμοποιώντας την εντολή Ping ελέγξτε ότι έχετε επικοινωνία με τον επόμενο router.

Π.χ. Ο R1 θα πρέπει να κάνει επιτυχές ping στο δίκτυο 173.17.37.2 του R2 και 173.17.38.2 του R3.

Στόχος του βήματος 3 είναι η διασφάλιση της σωστής παραμετροποίησης και ενεργοποίησης των interfaces στους routers.

Προτιμήστε να εντοπίσετε τις IP που θα κάνετε Ping μέσω της εικόνας 6. Για τον κάθε router, εντοπίστε της IP των interface του κάθε άκρου που συνδέονται με γραμμή και εκτελέστε την εντολή Ping μεταξύ αυτών των IP. **Αν το ping δεν είναι επιτυχές μην προχωρήσετε στα επόμενα βήματα.**

Δραστηριότητα 3: Παραμετροποίηση ospf για το AS 20.

Βήμα 1: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R4.

Χρησιμοποιήστε *process ID* το 1 και *router id* 1.1.1.1. Διαφημίστε όλα τα *directed connected* δίκτυα .

Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε *privileged EXEC mode*

```
R4(config)#router ospf 1
```

```
R4(config)#router-id 1.1.1.1
```

```
R4(config-router)#network 172.16.32.0 0.0.0.255 area 10
```

```
R4(config-router)#network 172.16.33.0 0.0.0.255 area 10
```

```
R4(config-router)#network 172.16.34.0 0.0.0.255 area 10
```

```
R4(config-router)#
```

Βήμα 2: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R3.

Χρησιμοποιήστε *process ID* το 1 και *router id* 4.4.4.4. Διαφημίστε όλα τα *directed connected* δίκτυα .

Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε *privileged EXEC mode*

Βήμα 3: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R2.

Χρησιμοποιήστε *process ID* το 1 και *router id* 2.2.2.2 . Διαφημίστε όλα τα *directed connected* δίκτυα .

Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε *privileged EXEC mode*

Βήμα 4: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R1.

Χρησιμοποιήστε process ID το 1 και router id 3.3.3.3 . Διαφημίστε όλα τα directed connected δίκτυα .

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

Βήμα 5: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R5.

Χρησιμοποιήστε process ID το 1 και router id 5.5.5.5 . Διαφημίστε όλα τα directed connected δίκτυα .

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

Δραστηριότητα 4: Επαλήθευση των Routing Tables

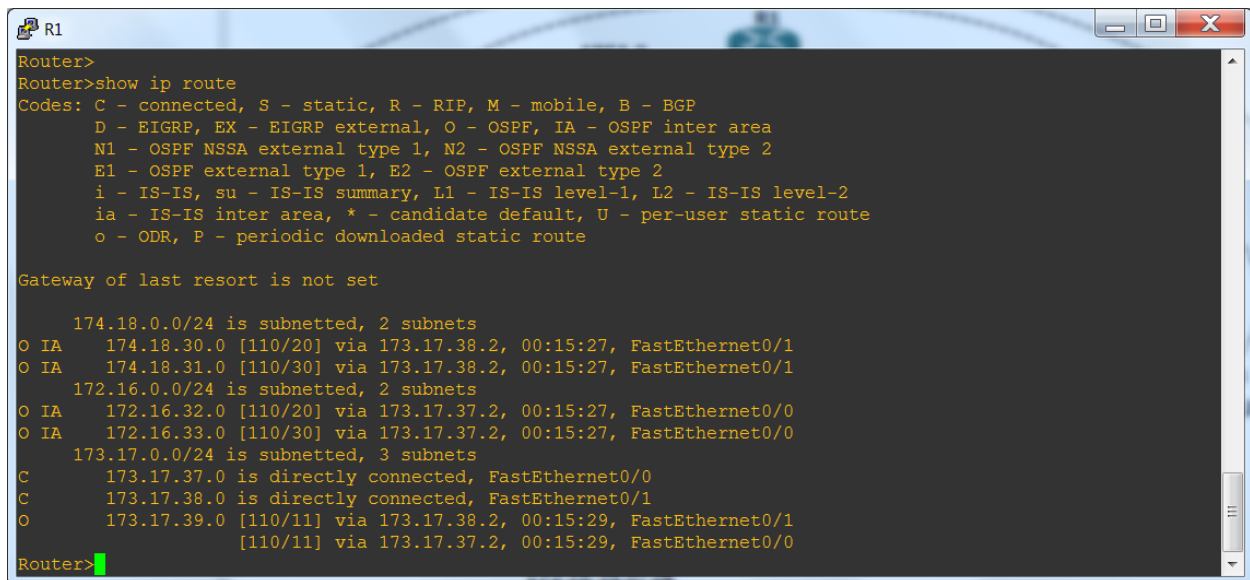
Βήμα 1: Προβολή του Routing Table του R1

Ποια εντολή πρέπει να δώσουμε για να εμφανιστεί ο routing table του R1;

Αν δεν θυμάστε ανατρέξτε στο 1ο Εργαστήριο;

Βήμα 2: Σύγκριση του Routing Table

Αντιπαραβάλλετε τα αποτελέσματα του προηγούμενο βήματος με τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα (Εικόνα 7-2), αν δεν είναι όμοια παρακαλώ να ελέγξετε τα προηγούμενα βήματα.



```
Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   174.18.30.0 [110/20] via 173.17.38.2, 00:15:27, FastEthernet0/1
O IA   174.18.31.0 [110/30] via 173.17.38.2, 00:15:27, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   172.16.32.0 [110/20] via 173.17.37.2, 00:15:27, FastEthernet0/0
O IA   172.16.33.0 [110/30] via 173.17.37.2, 00:15:27, FastEthernet0/0
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C      173.17.37.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C      173.17.38.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O      173.17.39.0 [110/11] via 173.17.38.2, 00:15:29, FastEthernet0/1
       [110/11] via 173.17.37.2, 00:15:29, FastEthernet0/0
Router>
```

Εικόνα 7-2 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R1

Βήμα 3: Επαναλάβετε τα βήματα 1,2 για τους R2,R3,R4,R5

Οι πίνακες σύγκρισης είναι (Εικόνα 7-3, Εικόνα 7-4 Εικόνα 7-5, Εικόνα 7-6):

Για R2:

```

R2
Router>Mp
Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   174.18.30.0 [110/11] via 173.17.39.2, 00:17:45, FastEthernet1/0
O IA   174.18.31.0 [110/21] via 173.17.39.2, 00:17:45, FastEthernet1/0
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       172.16.32.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       172.16.33.0 [110/20] via 172.16.32.2, 00:18:00, FastEthernet0/1
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       173.17.37.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O       173.17.38.0 [110/11] via 173.17.39.2, 00:17:46, FastEthernet1/0
C       173.17.39.0 is directly connected, FastEthernet1/0
Router>
    
```

Εικόνα 7-3 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R2

Για R3:

```

R3
Router>]p
Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       174.18.30.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       174.18.31.0 [110/20] via 174.18.30.2, 00:26:57, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   172.16.32.0 [110/11] via 173.17.39.1, 00:26:27, FastEthernet1/0
O IA   172.16.33.0 [110/21] via 173.17.39.1, 00:26:27, FastEthernet1/0
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O       173.17.37.0 [110/11] via 173.17.39.1, 00:26:27, FastEthernet1/0
C       173.17.38.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       173.17.39.0 is directly connected, FastEthernet1/0
Router>
    
```

Εικόνα 7-4 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R3

Για R4:

```

Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   174.18.30.0 [110/21] via 172.16.32.1, 00:08:00, FastEthernet0/0
O IA   174.18.31.0 [110/31] via 172.16.32.1, 00:08:00, FastEthernet0/0
    172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.16.32.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.33.0 is directly connected, FastEthernet0/1
C       172.16.34.0 is directly connected, Serial1/0
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O IA   173.17.37.0 [110/20] via 172.16.32.1, 00:08:16, FastEthernet0/0
O IA   173.17.38.0 [110/21] via 172.16.32.1, 00:08:02, FastEthernet0/0
O IA   173.17.39.0 [110/11] via 172.16.32.1, 00:08:17, FastEthernet0/0
Router>
    
```

Εικόνα 7-5 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R4

Για R5:

```

173.17.39.0    4.4.4.4        1722        0x80000001 0x00CD78
R5#
R5#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
C       174.18.30.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       174.18.31.0 is directly connected, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA   172.16.32.0 [110/21] via 174.18.30.1, 00:28:41, FastEthernet0/0
O IA   172.16.33.0 [110/31] via 174.18.30.1, 00:28:41, FastEthernet0/0
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
O IA   173.17.37.0 [110/21] via 174.18.30.1, 00:28:41, FastEthernet0/0
O IA   173.17.38.0 [110/20] via 174.18.30.1, 00:29:12, FastEthernet0/0
O IA   173.17.39.0 [110/11] via 174.18.30.1, 00:29:22, FastEthernet0/0
R5#
    
```

Εικόνα 7-6 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R5

Δραστηριότητα 4: Ορισμός Passive interface.

Βήμα 1: Ορισμός fa 0/1 του R4 ως Passive Interface.

Σημείωση: Με την χρήση της παρακάτω εντολής δεν αποστέλλονται ενημερώσεις OSPF από το συγκεκριμένο Interface.

Σε περιβάλλον Global Configuration Mode εισάγετε τις παρακάτω εντολές:

```
R4(config)#router ospf 1
```

```
R4(config)#passive interface fast ethernet
```

Βήμα 2: Ορισμός fa 0/1 του R5 ως Passive Interface

Σε περιβάλλον Global Configuration Mode εισάγετε τις παρακάτω εντολές:

```
R5(config)#router ospf 1
```

```
R5(config-router)#passive interface fast ethernet
```

Δραστηριότητα 5: Inter-Area Summarization

Βήμα 1: Summarization routes για τον R2

Σημείωση: Inter Area Summarization ονομάζεται η παραμετροποίηση των Area Border Routers ενός Αυτόνομου Συστήματος, ώστε να συνοψίζει τις διαδρομές (routes) των περιοχών που διασυνδέονται.

Ο R2 συγκεκριμένα είναι Area Border Router για τις area 0,10.

Η area 0 περιέχει τα δίκτυα 172.16.32.0/24, 172.16.33.0/24,172.16.34.0/24

Η area 10 περιέχει τα δίκτυα 172.16.37.0/24, 172.16.38.0/24,172.16.39.0/24

Το summary route για την area 0 είναι 172.16.32.0 255.255.252.0 και για την area 10 είναι 172.16.37.0 255.255.252.0.

Βάση των παραπάνω για να εισάγουμε στον R2 το summary route χρειάζεται να εισάγουμε τις παρακάτω εντολές στον R2:

Σε περιβάλλον Global Configuration Mode εισάγετε τις παρακάτω εντολές:

```
R2(config)#router ospf 1
```

```
R2(config-router)# area 0 range 172.16.32.0 255.255.252.0
```

```
R2(config-router)# area 10 range 172.16.37.0 255.255.252.0
```

Βήμα 2: Summarization routes για τον R3

Ακολουθώντας την λογική του βήματος 1 απαντήστε τα παρακάτω

Ποιες είναι οι περιοχές(area) που διασυνδέει ο R3;

α) _____

β) _____

Ποια είναι τα δίκτυα που ανήκουν στις περιοχές αυτές;

Ποια είναι τα summary route ανά περιοχή;

Εισάγετε τις κατάλληλες εντολές στον R3 για να διαφημίσει τα summary routes.

R3(config)#**router ospf 1**

R3(config-router)# **area 0 range 173.17.36.0 255.255.252.0**

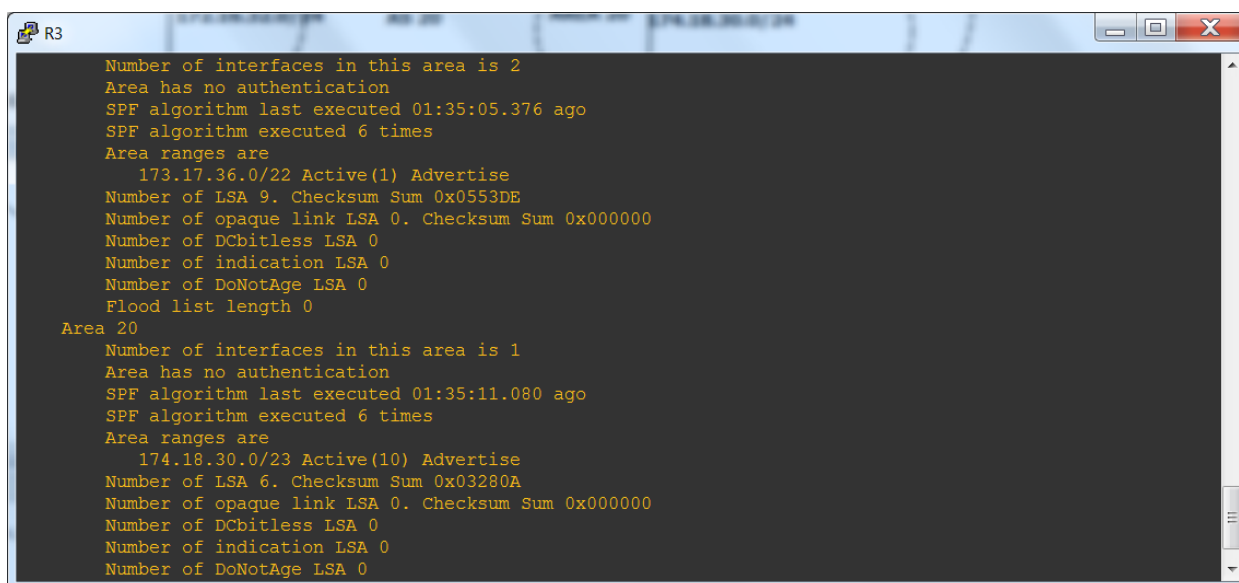
R3(config-router)# **area 20 range 174.18.30.0 255.255.254.0**

Βήμα 3: Επαλήθευση ospf summary route στον R3

Εισάγετε την εντολή

R3# show ip ospf

Το αποτέλεσμα της εντολής πρέπει να συμφωνεί με τον παρακάτω πίνακα (Εικόνα 7-7):



```
R3
Number of interfaces in this area is 2
Area has no authentication
SPF algorithm last executed 01:35:05.376 ago
SPF algorithm executed 6 times
Area ranges are
  173.17.36.0/22 Active(1) Advertise
Number of LSA 9. Checksum Sum 0x0553DE
Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless LSA 0
Number of indication LSA 0
Number of DoNotAge LSA 0
Flood list length 0
Area 20
Number of interfaces in this area is 1
Area has no authentication
SPF algorithm last executed 01:35:11.080 ago
SPF algorithm executed 6 times
Area ranges are
  174.18.30.0/23 Active(10) Advertise
Number of LSA 6. Checksum Sum 0x03280A
Number of opaque link LSA 0. Checksum Sum 0x000000
Number of DCbitless LSA 0
Number of indication LSA 0
Number of DoNotAge LSA 0
```

Εικόνα 7-7 Επαλήθευση ospf summary route

Βήμα 4 Επαλήθευση routes στον R1

Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης του R1 δίνοντας την εντολή show ip route

Τα αποτελέσματα θα πρέπει να συμφωνούν με την παρακάτω Εικόνα 7-8:

```

Router>
Router>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

    174.18.0.0/23 is subnetted, 1 subnets
O IA   174.18.30.0 [110/20] via 173.17.38.2, 00:03:59, FastEthernet0/1
    172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
O IA   172.16.32.0 [110/20] via 173.17.37.2, 00:04:50, FastEthernet0/0
    173.17.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       173.17.37.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       173.17.38.0 is directly connected, FastEthernet0/1
O       173.17.39.0 [110/11] via 173.17.38.2, 00:03:59, FastEthernet0/1
        [110/11] via 173.17.37.2, 00:04:50, FastEthernet0/0

Router>ETE(MR)TX
Router>p
Router>
    
```

Εικόνα 7-8 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R1

Από τον πίνακα δρομολόγησης του R1 βλέπουμε ότι έχει:

C (directly connected) δίκτυα τα 173.17.37.0 και 173.17.38.0 στα fa0/0 και fa0/1 αντίστοιχα.

Ο εμφανίζονται τα δίκτυα που μαθαίνει από το OSPF της δικής του Area 0

Το 173.17.39.0 που μπορεί να πάει σε αυτό μέσω του 173.17.37.2 (R2)ή του 173.17.38.2(R3).

Ο IA τα δίκτυα που μαθαίνει από OSPF άλλων area

Area 10 172.16.32.0/22 summarization route με exit interface fa0/0 ή 173.17.37.2

Area 20 174.18.30.0/23 summarization route με exit interface fa0/1 ή 173.17.38.2

Δραστηριότητα 5: Σύνδεση Αυτόνομων Συστημάτων με BGP

Βήμα 1 Παραμετροποίηση Δικτύων R6

Σημείωση: Για λόγους διευκόλυνσης της άσκησης θεωρούμε ότι τα δίκτυα του R6 (192.16.0.0 έως 192.23.0.0) ως ένα summary static route 192.16.0.0 255.248.0.0.

Συνεπώς Στον R6 router, ρυθμίστε ένα static route για το δίκτυο 192.16.0.0 χρησιμοποιώντας ως next hop interface την τιμή Null0.

Σε global configuration mode δίνεται την παρακάτω εντολή:

```
R6(config)# ip route 192.16.0.0 255.248.0.0 Null0
```

Βήμα 2 Παραμετροποίηση BGP μεταξύ των AS

Ξεκινάμε από την παραμετροποίηση του BGP για τον R4 που ανήκει στο AS 20 δίνοντας τις παρακάτω εντολές του καθορίζουμε τον γείτονα router του AS 10 με τον οποίο πρέπει να ανταλλάξει πληροφορίες

```
R4(config)#router bgp 20
```

```
R4(config-router)# neighbor 172.16.34.2 remote-as 10
```

Αντίστοιχα παραμετροποιούμε και τον R6 για να επικοινωνήσει με τον R4.

```
R6(config)#router bgp 10
```

```
R6(config-router)# neighbor 172.16.34.1 remote-as 20
```

Βήμα 3 Ορισμός δικτύων προς διαφήμιση μέσω του BGP

Σημείωση: Σκοπός της άσκησης είναι να διανεύουμε τα δίκτυα του AS 20 στο AS 10 και αντίστροφα.

Για να διανεύουμε τα δίκτυα του AS 20 στο AS 10, αρκεί να διανεύουμε τα δίκτυα που γνωρίζει το ospf1 που τρέχει ήδη στο AS 20, δίνοντας τις παρακάτω εντολές στον R4:

Σε περιβάλλον Global Configuration Mode:

```
R4(config)#router bgp 20
```

```
R4(config-router)# redistribute ospf 1
```

Για να διανεύουμε τα δίκτυα του AS 10 στο AS 20, αρκεί να διανεύουμε το static route που προσομοιάζει τα δίκτυα του AS 10 δίνοντας τις παρακάτω εντολές στον R6:

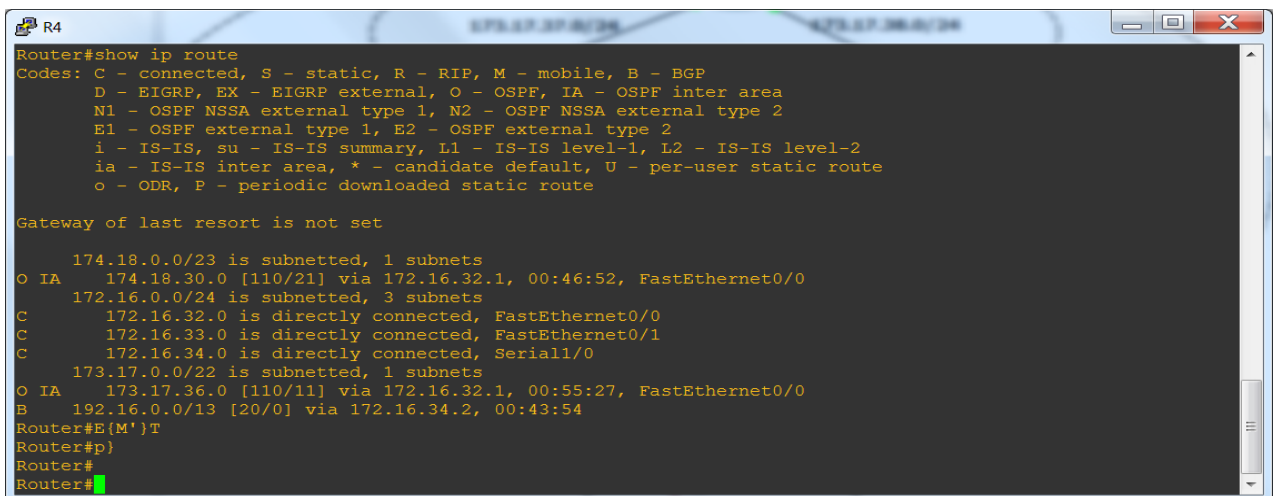
```
R4(config)#router bgp
```

```
R4(config-router)# redistribute ospf 10
```

Βήμα 4 Επαλήθευση της διανομής των routes μέσω BGP

Προβάλλεται τον πίνακα δρομολόγησης του R4 δίνοντας την εντολή:_____

Ο πίνακας δρομολόγησης πρέπει να είναι όμοιος με τον παρακάτω (Εικόνα 7-9):



```
Router#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

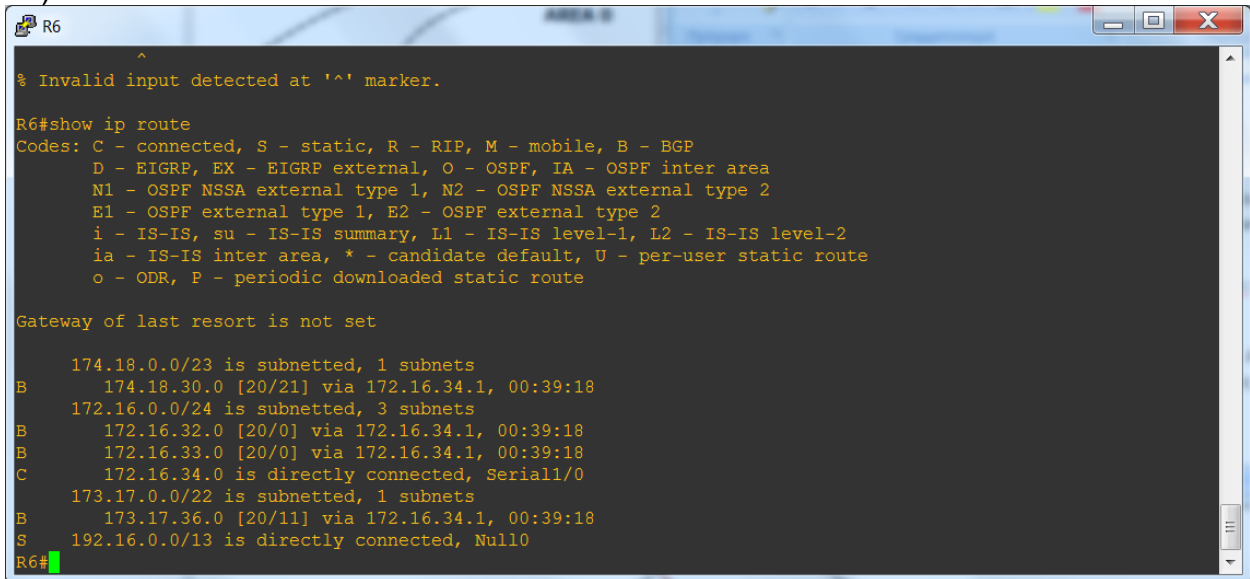
    174.18.0.0/23 is subnetted, 1 subnets
O IA   174.18.30.0 [110/21] via 172.16.32.1, 00:46:52, FastEthernet0/0
    172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
C       172.16.32.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C       172.16.33.0 is directly connected, FastEthernet0/1
C       172.16.34.0 is directly connected, Serial1/0
    173.17.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
O IA   173.17.36.0 [110/11] via 172.16.32.1, 00:55:27, FastEthernet0/0
B      192.16.0.0/13 [20/0] via 172.16.34.2, 00:43:54
Router#E{M'}T
Router#p)
Router#
Router#
```

Εικόνα 7-9 Επαλήθευση BGP Routes

Τι έχετε να σχολιάσετε;

Προβάλλεται τον πίνακα δρομολόγησης του R6 δίνοντας την εντολή:_____

Ο πίνακας δρομολόγησης πρέπει να είναι όμοιος με τον παρακάτω (Εικόνα 7-10):



```
R6
% Invalid input detected at '^' marker.

R6#show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

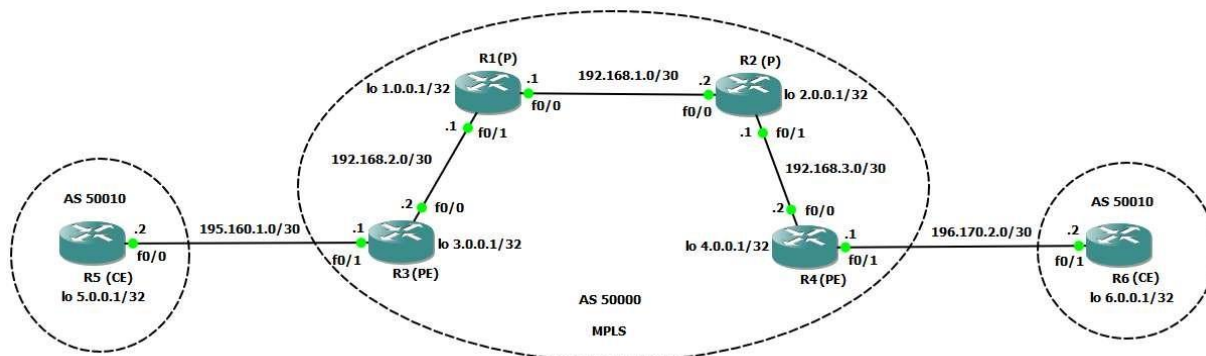
 174.18.0.0/23 is subnetted, 1 subnets
B    174.18.30.0 [20/21] via 172.16.34.1, 00:39:18
 172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
B    172.16.32.0 [20/0] via 172.16.34.1, 00:39:18
B    172.16.33.0 [20/0] via 172.16.34.1, 00:39:18
C    172.16.34.0 is directly connected, Serial1/0
 173.17.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
B    173.17.36.0 [20/11] via 172.16.34.1, 00:39:18
S    192.16.0.0/13 is directly connected, Null0

R6#
```

Εικόνα 7-10 Επαλήθευση BGP routes

Τι έχετε να σχολιάσετε;

7.2. Εργαστήριο 7ο Παραμετροποίηση MPLS Πρωτοκόλλου



Εικόνα 7-11 Τοπολογικό Διάγραμμα Εργαστηρίου MPLS

Πίνακας 7-2 Παραμετροποιήσεις Συσκευών Εργαστηρίου MPLS

Συσκευή	Διεπαφή	IP Διεύθυνση	Μάσκα Υποδικτύου
R1(P)	Fa 0/0	192.168.1.1	255.255.255.252
	Fa 0/1	192.168.2.1	255.255.255.252
	Lo	1.0.0.1	255.255.255.255
R2(P)	Fa0/0	192.168.1.2	255.255.255.252
	Fa 0/1	192.168.3.1	255.255.255.252
	Lo	2.0.0.1	255.255.255.255
R3(PE)	Fa 0/0	192.168.2.2	255.255.255.252
	Fa 0/1	195.160.1.1	255.255.255.252
	Lo	3.0.0.1	255.255.255.255
R4(PE)	Fa 0/0	192.168.3.2	255.255.255.252
	Fa 0/1	196.170.2.1	255.255.255.252
	Lo	4.0.0.1	255.255.255.255

Αντικείμενα Μάθησης

Μετά το τέλος του εργαστηρίου θα είστε σε θέση να ολοκληρώνεται τα παρακάτω:

- Ενεργοποιείτε Cisco Express Forwarding
- Ενεργοποιείτε MPLS στα Interface των Router
- Μελετάτε Πληροφοριών Γειτονικών Router (LDP-MPLS)
- Προβάλετε Mpls Forwarding Table
- Σχολιάζετε όλα τα ανωτέρω και να περιγράψετε το τρόπο λειτουργίας του MPLS

Προτείνεται η μελέτη της ενότητας 4.1.3.5 που περιέχει θεωρητικό υλικό για το πρωτόκολλο MPLS πριν την εκτέλεση του εργαστηρίου.

7.2.1. Σενάριο Εργαστηρίου

Υποθέστε την δικτυακή τοπολογία της εικόνας 7-11 Ο ServiceProvider (SP) έχει υλοποιήσει ένα MPLS δίκτυο το οποίο αποτελείται από τους LabelSwitchedRouters (LSR) R1, R2, R3 και R4. Συγκεκριμένα οι δρομολογητές R3 και R4 λειτουργούν ως LabelEdgeRouters, ενώ οι δρομολογητές R1 και R2 λειτουργούν ως δρομολογητές κορμού του MPLS δικτύου. Τους Routers R5 και R6 δεν χρειάζεται να τους δημιουργήσετε για το συγκεκριμένο εργαστήριο.

7.2.2. Εκτέλεση Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Εκτέλεση Βασικής Παραμετροποίησης Router

Εκτελέστε την βασική παραμετροποίηση των R1, R2, R3 και R4 σύμφωνα με τις παρακάτω κατευθύνσεις:

- Παραμετροποίηση ονόματος router.
- Απενεργοποίηση DNS lookup.
- Παραμετροποίηση EXEC mode password.
- Παραμετροποίηση message-of-the-day banner.
- Παραμετροποίηση κωδικού για console connections.
- Παραμετροποίηση κωδικού για VTY connections.

Δραστηριότητα 2: Παραμετροποίηση και ενεργοποίηση Ethernet και Serial Interfaces

Για την παραμετροποίηση των παρακάτω μπορείτε να βρείτε αναλυτικές οδηγίες στο 1^ο εργαστήριο.

Βήμα 1: Ρυθμίστε τους Routers R1, R2, R3, R4, R5 και R6.

Ρυθμίστε τα interfaces των routers R1, R2, R3, R4, R5 και R6 σύμφωνα με το πίνακα 7.2.

Σημείωση για την δημιουργία του loopback interface χρησιμοποιούμε την παρακάτω εντολή στον εκάστοτε router :

Π.χ. για τον R1

```
R1(config)#interface loopback1
```

```
%LINK-5-CHANGED: Interface Loopback1, changed state to up
```

```
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback1, changed state to up
```

```
R1(config-if)#ip address 1.0.0.1 255.255.255.255
```

Βήμα 2: Επαλήθευση IP διευθύνσεων και interfaces.

Χρησιμοποιήστε την εντολή **show ip interface brief** για την επαλήθευση των σωστών διευθύνσεων και την εύρεση των ενεργοποιημένων interfaces.

Βήμα 3: Έλεγχος σωστής παραμετροποίησης

Χρησιμοποιώντας την εντολή Ping ελέγξτε ότι έχετε επικοινωνία με τον επόμενο router.

Π.χ. Ο R1 θα πρέπει να κάνει επιτυχές ping στο δίκτυο 192.168.1.2 του R2 και 192.168.2.2 του R3.

Στόχος του βήματος 3 είναι η διασφάλιση της σωστής παραμετροποίησης και ενεργοποίησης των interfaces στους routers.

Προτιμήστε να εντοπίσετε τις IP που θα κάνετε Ping μέσω της εικόνας 7. Για τον κάθε router, εντοπίστε της IP των interface του κάθε άκρου που συνδέονται με γραμμή και εκτελέστε την εντολή Ping μεταξύ αυτών των IP. **Αν το ping δεν είναι επιτυχές μην προχωρήσετε στα επόμενα βήματα.**

Δραστηριότητα 3: Παραμετροποίηση ospf για το AS 50000.

Βήμα 1: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R4.

Χρησιμοποιήστε process ID το 1 και router id 1.1.1.1. Διαφημίστε όλα τα directed connected δίκτυα .

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

```
R4(config)#router ospf 1
```

```
R4(config)# network 192.168.3.0 0.0.0.3 area 0
```

Σημείωση: Διαφημίζουμε με το OSPF μόνο τα δίκτυα που ανήκουν στο εσωτερικό AS 50000, καθώς και τα lo interface η εντολή που διανέμει τα loopback interfaces μέσω του OSPF είναι ή παρακάτω η οποία πρέπει να την εκτελέσουμε μέσα στο interface loopback1.

```
R4(config)#interface loopback1
```

```
R4(config-if)#ip ospf 1 area 0
```

Βήμα 2: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R3.

Σημείωση: Μην ξεχάσετε να διαφημίσετε και το Loopback interface

Χρησιμοποιήστε process ID το 1

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

Βήμα 3: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R2.

Σημείωση: Μην ξεχάσετε να διαφημίσετε και το Loopback interface

Χρησιμοποιήστε process ID το 1

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

Βήμα 4: Ορίστε Router ID και Διαφημίστε τα Directly connected δίκτυα για τον R1.

Σημείωση: Μην ξεχάσετε να διαφημίσετε και το Loopback interface

Χρησιμοποιήστε process ID το 1

*Όταν τελειώσετε πληκτρολογήστε **exit** για επιστροφή σε privileged EXEC mode*

Δραστηριότητα 4: Επαλήθευση των Routing Tables

Βήμα 1: Προβολή του Routing Table του R3

Ποια εντολή πρέπει να δώσουμε για να εμφανιστεί ο routing table του R3;

Αν δεν θυμάστε ανατρέξτε στο 1ο Εργαστήριο;

Βήμα 2: Σύγκριση του Routing Table

Αντιπαραβάλλετε τα αποτελέσματα του προηγούμενου βήματος με τα δεδομένα του παρακάτω πίνακα (Εικόνα 7-12), αν δεν είναι όμοια παρακαλώ να ελέγξετε τα προηγούμενα βήματα.

```
R3
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    1.0.0.1 [110/11] via 192.168.2.1, 00:40:08, FastEthernet0/0
  2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    2.0.0.1 [110/21] via 192.168.2.1, 00:31:07, FastEthernet0/0
  3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C    3.0.0.1 is subnetted, 1 subnets
     3.0.0.1 is directly connected, Loopback2
  4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    4.0.0.1 [110/31] via 192.168.2.1, 00:15:05, FastEthernet0/0
 192.168.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
O    192.168.1.0 [110/20] via 192.168.2.1, 00:31:08, FastEthernet0/0
 192.168.2.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.168.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O    192.168.3.0/30 is subnetted, 1 subnets
     192.168.3.0 [110/30] via 192.168.2.1, 00:15:17, FastEthernet0/0
R3#
```

Εικόνα 7-12 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R3

Βήμα 3: Επαναλάβετε τα βήματα 1,2 για τον R4.

Ο πίνακας (Εικόνα 7-13) σύγκρισης είναι:

```
R4PE
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    1.0.0.1 [110/21] via 192.168.3.1, 00:15:40, FastEthernet0/0
  2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    2.0.0.1 [110/11] via 192.168.3.1, 00:15:40, FastEthernet0/0
  3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    3.0.0.1 [110/31] via 192.168.3.1, 00:15:40, FastEthernet0/0
  4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C    4.0.0.1 is directly connected, Loopback1
 196.170.2.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    196.170.2.0 is directly connected, FastEthernet0/1
 192.168.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
O    192.168.1.0 [110/20] via 192.168.3.1, 00:15:42, FastEthernet0/0
 192.168.2.0/30 is subnetted, 1 subnets
O    192.168.2.0 [110/30] via 192.168.3.1, 00:15:43, FastEthernet0/0
 192.168.3.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.168.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
R4PE#
R4PE#
```

Εικόνα 7-13 Συγκριτικός Πίνακας Δρομολόγησης R4

Δραστηριότητα 5: Παραμετροποίηση MPLS

Βήμα 1: Ενεργοποίηση Cisco Express Forwarding

Σημείωση Το πρωτόκολλο CEF αποτελεί μία layer 3 IP switching τεχνολογία ή οποία είναι απαραίτητο να είναι ενεργοποιημένη στο MPLS πρωτόκολλο (σε ορισμένες εκδόσεις του Cisco IOS το πρωτόκολλο CEF είναι έκτων προτέρων ενεργοποιημένη).

Για να ελέγξετε αν είναι ενεργοποιημένο μπορείτε να χρησιμοποιήσετε την εντολή

```
router# show ip cef
```

Εάν δεν είναι ενεργοποιημένο το πρωτόκολλο θα εμφανιστεί το παρακάτω:

```
%CEF not running
```

Σε αυτήν την περίπτωση μπορείτε να το ενεργοποιήσετε δίνοντας την εντολή σε global Configuration Mode

```
router# ip cef
```

Εκτελεστέ την παραπάνω εντολή σε όλους τους Routers του AS 50000 που θα τρέξουν το πρωτόκολλο MPLS

Δηλαδή τους R1,R2,R3,R4

Βήμα 2: Ενεργοποίηση MPLS στα Interface των Router

Χρησιμοποιώντας την εντολής **mpls ip** σε κάθε interface των παραπάνω routers που συμμετέχει στο δίκτυο του Mpls, ενεργοποιούμε το πρωτόκολλο.

Με βάση τα παραπάνω πρέπει να ενεργοποιήσουμε το mpls στα παρακάτω interfaces.

Παρακαλώ συμπληρώστε στον παρακάτω Πίνακα 7.3 με βάση την τοπολογία της εικόνας 7, σε ποια interfaces χρειάζεται να ενεργοποιηθεί το πρωτόκολλο Mpls έτσι ώστε να λειτουργεί μέσα στο AS 50000.

Πίνακας 7-3 Πίνακας MPLS Interfaces

Router	Interface
R1	
R2	
R3	
R4	

Παράδειγμα ενεργοποίησης πρωτοκόλλου Mpls σε R1 για τα interfaces f0/0, f0/1.

```
R1#config
```

```
R1(config)#interface fastethernet 0/0
```

```
R1(config-if)#mpls ip
```

```
R1(config-if)#exit
```

```
R1#config
```

```
R1(config)#interface fastethernet 0/1
```

```
R1(config-if)#mpls ip
```

```
R1(config-if)#exit
```

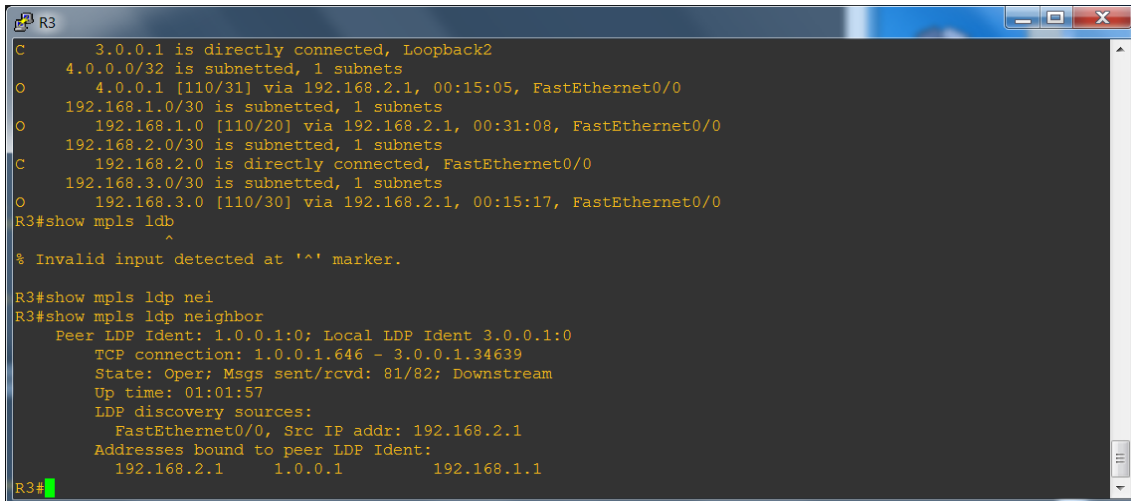

Δραστηριότητα 5:Μελέτη Πληροφοριών Γειτονικών Router (LDP-MPLS)

Βήμα 1: Προβολή LDP γειτονικών κόμβων R3

Εκτελέστε την παρακάτω εντολή στον R3

R3# show mpls ldp neighbors

Θα πρέπει το αποτέλεσμα να συμφωνεί με τα παρακάτω (Εικόνα 7-14) αν όχι να ελέγξετε τα προηγούμενα βήματα:



```
R3
C    3.0.0.1 is directly connected, Loopback2
O    4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O    4.0.0.1 [110/31] via 192.168.2.1, 00:15:05, FastEthernet0/0
O    192.168.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
O    192.168.1.0 [110/20] via 192.168.2.1, 00:31:08, FastEthernet0/0
O    192.168.2.0/30 is subnetted, 1 subnets
C    192.168.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O    192.168.3.0/30 is subnetted, 1 subnets
O    192.168.3.0 [110/30] via 192.168.2.1, 00:15:17, FastEthernet0/0
R3#show mpls ldp
^
% Invalid input detected at '^' marker.

R3#show mpls ldp nei
R3#show mpls ldp neighbor
Peer LDP Ident: 1.0.0.1:0; Local LDP Ident 3.0.0.1:0
TCP connection: 1.0.0.1.646 - 3.0.0.1.34639
State: Oper; Msgs sent/rcvd: 81/82; Downstream
Up time: 01:01:57
LDP discovery sources:
FastEthernet0/0, Src IP addr: 192.168.2.1
Addresses bound to peer LDP Ident:
192.168.2.1    1.0.0.1    192.168.1.1
R3#
```

Εικόνα 7-14 Γείτονες Routers

Με βάση τα παραπάνω μπορείτε να παρατηρήσετε ότι ο γείτονας router με τον οποίο ο R3 ανταλλάζει πληροφορίες στο LDP είναι ο R1.

Επίσης βλέπουμε ότι σαν ονόματα peer χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις των loopback interfaces.

Βήμα 2: Προβολή πληροφοριών σχετικά με τις MPLS διεπαφές του δρομολογητή R3

Εκτελέστε την παρακάτω εντολή στον R3

R3# show mpls interfaces detail

Θα πρέπει το αποτέλεσμα να συμφωνεί με τα παρακάτω(Εικόνα 7-15) αν όχι να ελέγξετε τα προηγούμενα βήματα:

```

R3#
R3#show mpls interfaces detail
Interface FastEthernet0/0:
  IP labeling enabled (ldp):
    Interface config
    LSP Tunnel labeling not enabled
    BGP tagging not enabled
    Tagging operational
  Fast Switching Vectors:
    IP to MPLS Fast Switching Vector
    MPLS Turbo Vector
  MTU = 1500
R3#show mpls interfaces detail
Interface FastEthernet0/0:
  IP labeling enabled (ldp):
    Interface config
    LSP Tunnel labeling not enabled
    BGP tagging not enabled
    Tagging operational
  Fast Switching Vectors:
    IP to MPLS Fast Switching Vector
    MPLS Turbo Vector
  MTU = 1500
R3#
    
```

Εικόνα 7-15 MPLS Interfaces

Παρατηρήστε ότι όντως ο R3 έχει μόνο ένα ενεργοποιημένο interface για mpls το interface fast ethernet 0/0.

Βήμα 3: Προβολή πληροφοριών σχετικά με την label Information Base

Εκτελέστε την παρακάτω εντολή στον R3

R3# show mpls ldp bindings

Θα πρέπει το αποτέλεσμα να συμφωνεί με τα παρακάτω(Εικόνα 7-16) αν όχι να ελέγξετε τα προηγούμενα βήματα:

Προσοχή: Τα νούμερα που αναγράφονται local binding ή και στο remote Binding, αναφέρονται σε labels και αποδίδονται τυχαία, δεν είναι απαραίτητο τα νούμερα να ταυτίζονται ακριβώς, αρκεί να έχει δοθεί κάποιο τυχαίο νούμερο.

```

R3#show mpls ldp bi
R3#show mpls ldp bindings
  tib entry: 1.0.0.1/32, rev 6
    local binding: tag: 16
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: imp-null
  tib entry: 2.0.0.1/32, rev 10
    local binding: tag: 18
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: 17
  tib entry: 3.0.0.1/32, rev 4
    local binding: tag: imp-null
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: 16
  tib entry: 4.0.0.1/32, rev 14
    local binding: tag: 20
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: 19
  tib entry: 192.168.1.0/30, rev 8
    local binding: tag: 17
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: imp-null
  tib entry: 192.168.2.0/30, rev 2
    local binding: tag: imp-null
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: imp-null
  tib entry: 192.168.3.0/30, rev 12
    local binding: tag: 19
    remote binding: tsr: 1.0.0.1:0, tag: 18
R3#
    
```

Εικόνα 7-16 MPLS Binding

Προβάλετε επίσης το πίνακα Δρομολόγησης του R3

Ποια εντολή πρέπει να δώσουμε για να εμφανιστεί ο routing table του R3;

Αν δεν θυμάστε ανατρέξτε στο 1ο Εργαστήριο;

```

R3
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is not set

  1.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       1.0.0.1 [110/11] via 192.168.2.1, 00:40:08, FastEthernet0/0
  2.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       2.0.0.1 [110/21] via 192.168.2.1, 00:31:07, FastEthernet0/0
  3.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
C       3.0.0.1 is directly connected, Loopback2
  4.0.0.0/32 is subnetted, 1 subnets
O       4.0.0.1 [110/31] via 192.168.2.1, 00:15:05, FastEthernet0/0
192.168.1.0/30 is subnetted, 1 subnets
O       192.168.1.0 [110/20] via 192.168.2.1, 00:31:08, FastEthernet0/0
192.168.2.0/30 is subnetted, 1 subnets
C       192.168.2.0 is directly connected, FastEthernet0/0
192.168.3.0/30 is subnetted, 1 subnets
O       192.168.3.0 [110/30] via 192.168.2.1, 00:15:17, FastEthernet0/0
R3#
    
```

Εικόνα 7-17 Πίνακας Δρομολόγησης R1

Παρατηρήστε με προσοχή τα παρακάτω:

A. Το πρωτόκολλο αναθέτει **local label** μονό στα δίκτυα που μαθαίνει από το OSPF και τα διαφημίζει στους γείτονες. Π.χ. στο 1.0.0.1 route που βλέπετε στον πίνακα δρομολόγησης του R3 μπορείτε εύκολα να παρατηρήσετε, από το προηγούμενο Πίνακα με τα Bindings ότι του έχει ανατεθεί το Local Binding 16.

Σημείωση: Τα νούμερα των Labels ανατίθενται από το κάθε router με τυχαίο τρόπο μπορεί να είναι διαφορετικά από αυτά που εμφανίζονται στις εικόνες του εργαστηρίου η λογική όμως παραμένει ίδια. Χρησιμοποιήστε τα νούμερα των Labels των δικών σας routers για την συνέχεια του εργαστήριου.

Σημείωση: Στα Directly Connected δίκτυα δεν ανατίθενται Labels.

Παρατηρήστε τον πίνακα δρομολόγησης του R3 και σημειώστε ποια δίκτυα είναι Directed Connected;

—

Με βάση την παραπάνω λογική παρακαλώ όπως συμπληρώσετε τον ακόλουθο Πίνακα για τον R3

Πίνακας 7-4 Πίνακας Αντιστοίχισης Routes Local Binding

Routes	Local Binding
1.0.0.1	16
2.0.0.1	
3.0.0.1	
4.0.0.1	
192.168.1.0	
192.168.2.0	
192.168.3.0	

B. Τα **remote binding labels** είναι Labels που έχουν ανατεθεί από γείτονα Routers για ένα συγκεκριμένο δίκτυο και γνωστοποιούνται σε ένα Router.Π.χ

Στον R3, για το δίκτυο **192.168.3.0** όπως ήδη έχετε σημειώσει στο πίνακα A, του έχει ανατεθεί **local label 19** και το remote label που έχει ανατεθεί το γείτονα router R1 και του γνωστοποιείται είναι το 18.

Σημείωση: Δίκτυα τα οποία είναι directed connected στο γείτονα router έχουν το remote binding null.

Παρατηρήστε τον πίνακα δρομολόγησης του R1 και σημειώστε ποια δίκτυα είναι Directed Connected?

Με βάση την παραπάνω λογική παρακαλώ όπως συμπληρώσετε τον ακόλουθο Πίνακα για τον R3

Πίνακας 7-5 Mpls Forwarding Table

Neighbor's Routes (R1)	Remote Binding Labels
1.0.0.1	
2.0.0.1	
3.0.0.1	
4.0.0.1	
192.168.1.0	
192.168.2.0	
192.168.3.0	

Βήμα 3: Προβολή Mpls Forwarding Table

Με την χρήση της εντολής `show mpls ldp neighbors` μπορούμε να δούμε συγκεντρωτικά στον Router τα local Label και τα Remote label που περιγράψαμε στο προηγούμενο βήμα.

Εκτελέστε στον R3 την εντολή

R3# show mpls forwarding table

Το αποτέλεσμα της εντολής πρέπει να είναι σύμφωνο με τα παρακάτω (Εικόνα 7-18):

```

R3#
*Mar 1 00:00:52.903: %OSPF-5-ADJCHG: Process 1, Nbr 1.0.0.1 on FastEthernet0/0 from LOADING to FULL, Loading Done
R3#
*Mar 1 00:00:58.103: %LDP-5-NBRCHG: LDP Neighbor 1.0.0.1:0 (1) is UP
R3#
R3#show mpls fo
R3#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing   Next Hop
tag    tag or VC   or Tunnel Id    switched   interface
16     Pop tag     1.0.0.1/32      0          Fa0/0      192.168.2.1
17     Pop tag     192.168.1.0/30  0          Fa0/0      192.168.2.1
18     17         2.0.0.1/32      0          Fa0/0      192.168.2.1
19     18         192.168.3.0/30  0          Fa0/0      192.168.2.1
20     19         4.0.0.1/32      0          Fa0/0      192.168.2.1
    
```

Εικόνα 7-18 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R3

Σημείωση: Στη στήλη Local εμφανίζονται τα Local Label που έχουν ανατεθεί από τον R3, στη στήλη outgoing εμφανίζονται τα label που έχουν ανατεθεί από τον R1 και στην στήλη Prefix or Tunnel Id αναφέρεται η διεύθυνση του δικτύου στο οποίο αναφέρονται τα Labels.

Το Pop tag σημαίνει ότι στον γείτονα Router R1, το δίκτυο είναι Directly Connected.

Βήμα 3: Λειτουργία Mpls – label swapping

Κατά την διάρκεια προώθησης ενός πακέτου από την αφετηρία προς τον προορισμό η δρομολόγηση γίνεται βάση των Label που υπάρχουν στους πίνακες των Router, σε ένα πακέτο ανάλογα με την διαδρομή που θα ακολουθήσει αλλάζεται το label από κάθε router που διέρχεται μέχρι να καταλήξει στον προορισμό του.

Στη συνέχεια θα δούμε πως χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο MPLS ένα πακέτο καταλήγει στο προορισμό του.

Σημείωση: Τα νούμερα των Labels ανατίθενται από το κάθε router με τυχαίο τρόπο μπορεί να είναι διαφορετικά από αυτά που εμφανίζονται στις εικόνες του εργαστηρίου η λογική όμως παραμένει ίδια.

Παράδειγμα 1^ο Label swapping

Εκτελέστε την παρακάτω εντολή στον R3

R3#traceroute 192.168.3.2

Το 192.168.3.2 ανήκει στον R4

Το αποτέλεσμα της εντολής θα πρέπει να είναι όμοιο με το παρακάτω (Εικόνα 7-19):

```

R3
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 192.168.3.2

 0 192.168.2.1 [MPLS: Label 17 Exp 0] 60 msec 64 msec 56 msec
 1 192.168.1.2 64 msec 60 msec 68 msec
 2 192.168.3.2 92 msec 96 msec 92 msec
    
```

Εικόνα 7-19 Label Swapping προς τον R4

Παρατηρούμε ότι υπάρχει **μόνο ένα label** (17) κατά την διάρκεια της δρομολόγησης που είναι το outgoing label που φαίνεται και από τον πίνακα δρομολόγησης mpls του R3, το έχει αποδοθεί από τον επόμενο γείτονα router R1.

Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης mpls (mpls forwarding table) του R3 ώστε να το επιβεβαιώσετε.

Ποια εντολή πρέπει να δώσουμε για να εμφανιστεί ο mpls forwarding table του R3;

Αν δεν θυμάστε ανατρέξτε στα προηγούμενα βήματα.

Το αποτέλεσμα θα πρέπει να είναι σύμφωνο με το παρακάτω (Εικόνα 7-20):

```

R3#show mpls forwarding-table
Local  Outgoing  Prefix          Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id   switched   interface
16     16         2.0.0.1/32     0          Fa0/0     192.168.2.1
17     Pop tag    1.0.0.1/32     0          Fa0/0     192.168.2.1
18     17         192.168.3.0/30 0          Fa0/0     192.168.2.1
19     Pop tag    192.168.1.0/30 0          Fa0/0     192.168.2.1
20     18         4.0.0.1/32     0          Fa0/0     192.168.2.1
R3#
    
```

Εικόνα 7-20 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS στον R3

Με βάση των παραπάνω πίνακα το πακέτο από τον R3 με προορισμό το 192.168.3.0 δίκτυο έχει πάρει Local label 18 από τον R3 και από την στήλη outgoing tag μπορείτε να καταλάβετε ότι ο γείτονας router R1 του έχει δώσει το tag 17.

Εμφανίστε τον mpls forwarding table του R1 για να δείτε την συνέχεια της δρομολόγησης μέχρι το 192.168.3.2

Εκτελέστε την εντολή

R1# show mpls forwarding table

Local tag	Outgoing tag or VC	Prefix or Tunnel Id	Bytes tag switched	Outgoing interface	Next Hop
16	Pop tag	2.0.0.1/32	0	Fa0/0	192.168.1.2
17	Pop tag	192.168.3.0/30	4416	Fa0/0	192.168.1.2
18	18	4.0.0.1/32	2160	Fa0/0	192.168.1.2
19	Pop tag	3.0.0.1/32	0	Fa0/1	192.168.2.2

Εικόνα 7-21 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R1

Παρατηρούμε ότι για το δίκτυο 192.168.3.0 υπάρχει ή ένδειξη pop tag στο outgoing interface που σημαίνει ότι ο επόμενος router R2 το έχει Directly connected(Εικόνα 7-21).

Συνεπώς δεν χρειάζεται να ανατεθεί δεύτερο label στη συγκεκριμένη δρομολόγηση.

Με βάση τα παραπάνω επιβεβαιώνεται και το αποτέλεσμα της εντολής traceroute που μας έδειξε μόνο ένα label swap.

Παράδειγμα 2^ο Label swapping

Εκτελέστε την παρακάτω εντολή στον R3

R3#traceroute 4.0.0.1

Το 4.0.0.1 ανήκει στον R4

Το αποτέλεσμα της εντολής θα πρέπει να είναι όμοιο με το παρακάτω (Εικόνα 7-22):

```

R3#traceroute 4.0.0.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 4.0.0.1
 0  192.168.2.1 [MPLS: Label 18 Exp 0] 68 msec 92 msec 92 msec
 1  192.168.1.2 [MPLS: Label 18 Exp 0] 76 msec 104 msec 80 msec
 2  192.168.3.2 100 msec 100 msec 80 msec
R3#
    
```

Εικόνα 7-22 MPLS Swapping προς R4

Παρατηρούμε ότι σε αυτήν την περίπτωση κατά την διάρκεια της δρομολόγησης του πακέτου του ανατίθενται 2 label με το ίδιο αριθμό 18. Το πρώτο label που εμφανίζεται στο traceroute είναι το outgoing label που φαίνεται και από τον mpls πίνακα δρομολόγησης του R3, το οποίο έχει αποδοθεί από τον γείτονα Router R1.

Εμφανίστε τον πίνακα δρομολόγησης mpls (mpls forwarding table) του R3 ώστε να το επιβεβαιώσετε.

Εκτελέστε την εντολή

R3# show mpls forwarding table

```

Local  Outgoing  Prefix  Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id  switched  interface
16     16         2.0.0.1/32    0         Fa0/0     192.168.2.1
17     Pop tag    1.0.0.1/32    0         Fa0/0     192.168.2.1
18     17         192.168.3.0/30 0         Fa0/0     192.168.2.1
19     Pop tag    192.168.1.0/30 0         Fa0/0     192.168.2.1
20     18         4.0.0.1/32    0         Fa0/0     192.168.2.1
R3#
    
```

Εικόνα 7-23 Πίνακας Δρομολόγησης MPLS R3

Με βάση των παραπάνω πίνακα (Εικόνα 7-23) το πακέτο από τον R3 με προορισμό το 4.0.0.1 δίκτυο έχει πάρει Local label 20 από τον R3 και από την στήλη outgoing tag μπορείτε να καταλάβετε ότι ο γείτονας router R1 του έχει δώσει το tag 18.

Εμφανίστε τον mpls forwarding table του R1 για να δείτε την συνέχεια της δρομολόγησης μέχρι το 4.0.0.1

Εκτελέστε την εντολή

R1# show mpls forwarding table

```

R1#SHOW MPLS FORWARDING-table
Local  Outgoing  Prefix  Bytes tag  Outgoing  Next Hop
tag    tag or VC  or Tunnel Id  switched  interface
16     Pop tag    2.0.0.1/32    0         Fa0/0     192.168.1.2
17     Pop tag    192.168.3.0/30 4416      Fa0/0     192.168.1.2
18     18         4.0.0.1/32    2160      Fa0/0     192.168.1.2
19     Pop tag    3.0.0.1/32    0         Fa0/1     192.168.2.2
R1#
    
```

Εικόνα 7-24 Πίνακας Δρομολόγησης στον R1

Με βάση των παραπάνω πίνακα (Εικόνα 7-24) το πακέτο από τον R1 με προορισμό το 4.0.0.1 δίκτυο έχει πάρει Local label 18 από τον R1 και από την στήλη outgoing tag μπορείτε να καταλάβετε ότι ο γείτονας router R2 του έχει δώσει το tag 18, έτσι δικαιολογείται και το δεύτερο Label 18 που εμφανίζεται κατά την διάρκεια του traceroute (Εικόνα 7-25).

```

R3#traceroute 4.0.0.1
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 4.0.0.1

 1 192.168.2.1 [MPLS: Label 18 Exp 0] 68 msec 92 msec 92 msec
 2 192.168.1.2 [MPLS: Label 18 Exp 0] 76 msec 104 msec 80 msec
 3 192.168.3.2 100 msec 100 msec 80 msec
R3#
    
```

Εικόνα 7-25 Traceroute

Τέλος προαιρετικά εμφανίστε και τον Mpls forwarding table του R2 για να επιβεβαιώσετε ότι δεν υπάρχει ανάγκη για άλλο label καθώς ο επόμενος ρούτερ ο R4 το έχει directly connected πάνω του. Έτσι στον R2 το πακέτο γίνεται porttag στον R4.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά, η διπλωματική αυτή αποτελεί έναν ολοκληρωμένο εργαστηριακό οδηγό για τους φοιτητές που θέλουν να εξοικειωθούν με το πλαίσιο των δικτύων και των τηλεπικοινωνιών. Αποτελείται από βασικές εργαστηριακές ασκήσεις πρωτοκόλλων δρομολόγησης που χρησιμοποιούνται σε τοπικά και τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Οι εργαστηριακές ασκήσεις συνοδεύονται από το αντίστοιχο θεωρητικό υπόβαθρο.

ΑΚΡΩΝΥΜΑ

GNS	Graphical Network Simulator 3
IOS	Internetwork Operating System
ISP	Internet Service Provider
VPC	Virtual Pc
IP ARP	Address Resolution Protocol
RIP	Routing Information Protocol
AS	Autonomous Systems
EIGRP	Enhanced Interior Gateway Routing Protocol
FD	Feasible distance
AD	<i>Advertised Distance</i>
FC	Feasibility Condition
OSPF	Open Shortest Path First
TSA	Totally Stubby Area
NSSA	Not-so-stubby area
ABR	Area Border Router
ASBR	Autonomous System Boundary Router
IR	Internal Router
BR	Backbone Router
DR	Designated Router
BDR	Backup Designated Router
BGP	Border Gateway Protocol
FSM	Finite State Machine
MPLS	Multiprotocol Label Switching
LER	Label Edge Routers
LSR	Label Switching Routers
FEC	Forwarding Equivalence Class
LDP	Label Distribution Protocol
RSVP	Resource Reservation Protocol
DiffServ	Differentiated Services

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Αντώνης Μπόγρης, «Προηγμένες Αρχιτεκτονικές Δικτύων- MPLS», Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2017.
- [2] Αντώνης Μπόγρης, «Προηγμένες Αρχιτεκτονικές Δικτύων- MPLS-VPN», Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2017.
- [3] Αντώνης Μπόγρης, «Προηγμένες Αρχιτεκτονικές Δικτύων- 1ο μέρος (Επίπεδο δικτύου – βασικά δρομολόγησης)», Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2017.
- [4] Cisco Networking Academy, CCNA Exploration 4.0.5.0 Routing Protocols and Concepts
- [5] [Cisco Configuring Security with Passwords, Privileges, and Logins](https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec_usr_cfg/configuration/xs-3s/sec-usr-cfg-xe-3s-book/sec-cfg-sec-4cli.html)
https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/sec_usr_cfg/configuration/xs-3s/sec-usr-cfg-xe-3s-book/sec-cfg-sec-4cli.html [Προσπελάστηκε 10/1/2019]
- [6] Wikipedia, Internetwork Operating System, https://en.wikipedia.org/wiki/Cisco_IOS ,[Προσπελάστηκε 20/1/2019]
- [7] Wikipedia, GNS3,https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_Network_Simulator-, [Προσπελάστηκε 16/2/2019]
- [8] Wikipedia, Router,[https://en.wikipedia.org/wiki/Router_\(computing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Router_(computing)) , [Προσπελάστηκε 23/5/2019]
- [9] Cisco Systems Inc., (2014) ,IP Routing: OSPF Configuration Guide, Cisco IOS Release 12.4T, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_ospf/configuration/12-4t/iro-12-4t-book/iro-cfg.html , [Προσπελάστηκε 26/7/2019]
- [10] Ιωάννης Ε Βυλλιώτης, Αντώνιος Μ Χαραλαμπίδης «Προσομοιωτής GNS3 – Λειτουργίες δρομολογητών και ανάλυση δικτυακών εφαρμογών σε Cisco περιβάλλον », Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Πληροφορικής, ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
- [11] Πανέτσος Σπυρος «Επικοινωνίες Και Δίκτυα Υπολογιστών», Εκδόσεις: Τζιόλας, Ημερομηνία Έκδοσης: 1/1/2007
- [12] Tanenbaum, Andrew S. [1996] 2000, "Δίκτυα Υπολογιστών", Τρίτη Έκδοση, Πρώτη Ελληνική Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, ISBN 960-7510-70-4
- [13] CCNA Routing and Switching ICND2 200-101 Network Simulator, Download Version, Wendell Odom, Sean Wilkins, Published Nov 22, 2013 by Pearson IT Certification.
- [14] CCNA Routing and Switching 200-120 Network Simulator, Wendell Odom, Sean Wilkins Published Dec 19, 2013 by Pearson IT Certification.
- [15] CCNA Routing and Switching 200-120 Official Cert Guide Library, Wendell Odom Published May 23, 2013 by Cisco Press.
- [16] CCNP Routing and Switching ROUTE 300-101 Complete Video Course, Kevin Wallace Published Oct 27, 2014 by Pearson IT Certification.
- [17] CCNP Routing and Switching Foundation Learning Library: (ROUTE 300-101, SWITCH 300-115, TSHOOT 300-135), Diane Teare, Richard Froom, Erum Frahim, Amir Ranjbar, Rick Graziani, Bob Vachon Published May 15, 2015 by Cisco Press.
- [18] Α. Αλεξόπουλος – Γ. Λαγογιάννης «Τηλεπικοινωνίες και Δίκτυα Υπολογιστών», 10η Έκδοση, 2016