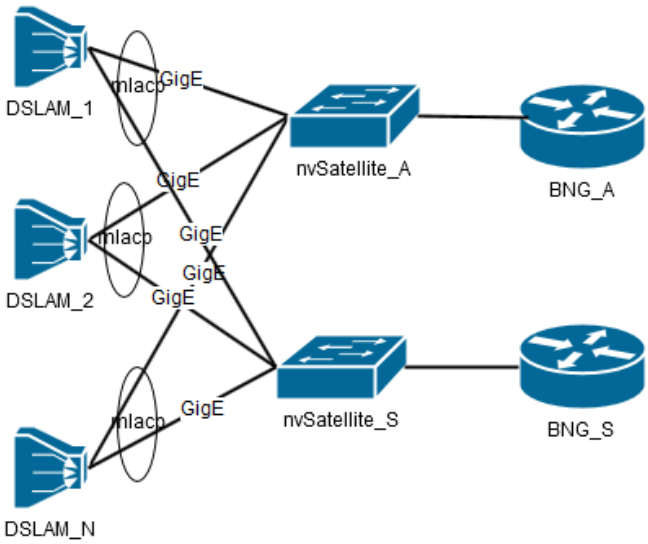
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Internet Load Balancing and Failover Redundancy for Multiple Internet Service Provider's Links

George Sakkas

Supervisor: Spiridoula V. Margariti



Submitted as required to obtain the

Bachelor of Science

in Informatics and Telecommunications

of the

University of Ioannina

Department of Informatics and Telecommunications

Arta, 2021

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

«Εξισορρόπηση φόρτου και πλεονασμός σε κεντρικές συνδέσεις παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου»

Πτυχιακή Εργασία

Σακκάς Γεώργιος

Α.Μ: 854

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Μαργαρίτη Σπυριδούλα

Άρτα, 2021

UNIVERSITY OF IOANNINA

SCHOOL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATIONS

DEPARTMENT OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATIONS

Internet Load Balancing and Failover Redundancy for Multiple Internet Service Provider's Links

George Ch. Sakkas

Supervisor: Spiridoula V. Margariti

Arta, 2021

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Άρτα, 26/02/2020

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπουσα καθηγήτρια
   Μαργαρίτη Σπυριδούλα
   ΕΔΙΠ, Βαθμίδα Α

2. Μέλος επιτροπής
   Στύλιος Χρυσόστομος
   ΔΕΠ, Καθηγητής

3. Μέλος επιτροπής
   Στεργίου Ελευθέριος
   ΔΕΠ, Αναπληρωτής Καθηγητής

Πνευματικά δικαιώματα

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας της κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Σακκάς Γεώργιος

……

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σχεδιάστηκε, εξελίχθηκε και ολοκληρώθηκε κατά το Ακαδημαϊκό Έτος 2019-2020 κατά την πρακτική μου άσκηση στο Εθνικό Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου του Ομίλου ΟΤΕ (NMC Data/IP).

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ από καρδίας στην επιβλέπουσα καθηγήτρια κα Μαργαρίτη Σπυριδούλα που μου εμπιστεύτηκε το θέμα και ήταν πολύτιμη αρωγός καθ΄ όλη την διάρκεια της εκπόνησης του, καθώς και σε όλη την διάρκεια φοίτησης μου. Ευχαριστώ ειλικρινά όλους τους συναδέλφους του τμήματος στο Εθνικό Κέντρο Διαχείρισης Δικτύου του Ομίλου ΟΤΕ που με μύησαν στο αντικείμενο και με έκαναν να συνδέσω το αντικείμενο των σπουδών μου με την πραγματική εργασία.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω και στους δικούς μου ανθρώπους που χωρίς αυτούς δεν θα είχε συμβεί τίποτα, Κώστα Π. , Ευγενία Β. , Μιμή Β.

Αφιέρωση

Στους ανθρώπους που δίνουν αγώνα καθημερινά για να ζήσουν.

Στον Πατέρα μου, στην οικογένεια μου.

Περίληψη και λέξεις-κλειδιά

Για την απρόσκοπτη λειτουργία ενός κατανεμημένου συστήματος διατηρούνται πολλαπλά αντίγραφα των πόρων του. Το σύνολο αυτών των πόρων που δεν είναι αναγκαίοι για τη λειτουργία του συστήματος καλείται πλεονασμός. Ο πλεονασμός μπορεί να περιλαμβάνει κάθε είδος περιττών πόρων όπως για παράδειγμα επιπλέον συναρτήσεις, επιπλέον δεδομένα, επιπλέον εξοπλισμός. Η ιδέα του πλεονασμού εφαρμόζεται και στους παρόχους που προσφέρουν ολοκληρωμένες υπηρεσίες επικοινωνίας ως λύση στα προβλήματα που αφορούν αστοχίες σε συνδέσεις αλλά και συσκευές. Ανάλογα με τις ανάγκες του συστήματος δεσμεύονται οι διαθέσιμοι πόροι. Σε περιπτώσεις αυξημένων αιτημάτων για πόρους και για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος είναι απαραίτητη η αποτελεσματική διαχείριση και κατανομή των πόρων. Αυτό είναι αντικείμενο της εξισορρόπησης φορτίου (Load Balancing). Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μελετάται η εφαρμογή του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου σε έναν τηλεπικοινωνιακό πάροχο. Συγκεκριμένα γίνεται ανάλυση και μελέτη των βασικών πρωτοκόλλων πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου σε κεντρικές συνδέσεις παρόχων υπηρεσιών διαδικτύου, τόσο σε Layer-2 αλλά και σε Layer-3, σύμφωνα με το μοντέλο αναφοράς Ανοικτής Διασύνδεσης Συστημάτων (OSI). Πραγματοποιείται μια περιεκτική (ή γενική) βιβλιογραφική έρευνα γύρω από το θέμα, και μελετάμε τις εφαρμογές του. Επίσης παρουσιάζεται και η βασική δομή ενός παρόχου αλλά και ο τρόπος λειτουργίας του. Τέλος, σχεδιάζεται και υλοποιείται ένα σενάριο παροχής υπηρεσιών διαδικτύου σε ένα σύνολο χρηστών με διαφορετικές απαιτήσεις, και εφαρμόζονται οι τεχνικές πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου. Η υλοποίηση πραγματοποιείται τόσο με τη βοήθεια προσομοιωτή, όσο και με τη χρήση πραγματικών δικτυακών συσκευών.

Λέξεις κλειδιά: Πλεονασμός, Εξισορρόπηση φορτίου, Πάροχος, Συνδέσεις, Πρωτόκολλα

Abstract and key-words

For the smooth operation of a distributed system, multiple copies of its resources are maintained. All of these resources that are not necessary for the operation of the system are called redundancy. Redundancy can include all sorts of redundant resources such as extra functions, extra data, extra equipment. The idea of redundancy also applies to providers that offer integrated communication services as a solution to problems related to failures in connections and devices. Depending on the needs of the system, the available resources are committed. In cases of increased requests for resources and for the smooth operation of the system, effective management and allocation of resources is essential. This is the object of Load Balancing. In the context of this work, the application of surplus and load balancing in a telecommunications provider is studied. Specifically, the basic redundancy and load balancing protocols in central internet service providers' connections, both in Layer-2 and Layer-3, are analyzed and studied, according to the Open Systems Interconnection (OSI) reference model. A comprehensive (or general) bibliographic research is conducted on the subject, and we study its applications. Also presented is the basic structure of a provider and its mode of operation. Finally, a scenario of providing internet services to a set of users with different requirements is designed and implemented, and the redundancy and load balancing techniques are applied. The implementation is carried out both with the help of a simulator and with the use of real network devices.

Keywords: Radundancy, Load Balancing, Provider, Connections, Protocols

Πίνακας περιεχομένων

Πνευματικά δικαιώματα 2

Δήλωση μη λογοκλοπής 3

Ευχαριστίες 4

Περίληψη και λέξεις-κλειδιά 6

Abstract and key-words 7

Πίνακας περιεχομένων 8

Κατάλογος πινάκων 11

Κατάλογος διαγραμμάτων / εικόνων 12

1. Εισαγωγή 14

1.1 Ορισμός του προβλήματος 15

1.2 Κίνητρα 17

1.3 Στόχοι 18

1.5 Δομή εργασίας 18

2. Αρχές σχεδιασμού δικτύων 19

2.1 Ιεραρχικό μοντέλο δικτύου 19

2.2 Πλεονεκτήματα των δικτύων που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο 21

2.3 Σχεδιαστικές αρχές των δικτύων που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο 22

2.3.1 Διάμετρος του δικτύου 22

2.3.2 Συγκέντρωση εύρους ζώνης (Bandwith Aggregetion) 23

2.3.3 Πλεονασμός (Redundancy) 24

2.3.4 Το επίπεδο πρόσβασης ως σημείο εκκίνησης 25

3. Πλεονασμός και Εξισορρόπηση φόρτου 26

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία 26

3.2 Τα μαθηματικά και η ιδέα πίσω από τον πλεονασμό στις συνδέσεις 26

3.2.1 Το κρυφό σημείο 27

3.2.2 Συμβουλές για την επίτευξη ελάχιστης πολυπλοκότητας 27
3.2.3 Σχεδιασμός ενός δικτύου βασισμένο στον πλεονασμό 29
3.2.4 Μέγιστη διαθεσιμότητα με ελάχιστη πολυπλοκότητα 30
4. Πρωτόκολλα πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου..... 31
4.1 Spanning Tree (STP) 32
4.2 Rapid Spanning Tree (RSTP)..... 33
4.3 Hot Standby Routing Protocol (HSRP)..... 33
4.3.1 HSRP States..... 34
4.3.2 Βασικές ρυθμίσεις του HSRP..... 36
4.3.3 HSRP Timers..... 37
4.3.4 Troubleshooting HSRP..... 38
4.4 Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) 38
4.4.1 HSRP & VRRP PseudoLoadbalaning..... 40
4.5 Gateway Load Balancing (GLBP)..... 41
4.6 Server Load Balancing (SLB) 43
5. Σύγκριση των πρωτοκόλλων πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου..... 44
5.1 Hello Message 45
5.2 Failover Time 45
5.3 Port State 45
5.4 Χαρακτηριστικά βελτιστοποίησης 46
5.5 Ο ρόλος των ports..... 46
5.6 Ο ρόλος των routers..... 46
5.7 Εξισορρόπηση φόρτου 47
5.8 EtherChannel 47
5.9 Link Aggregation..... 48
6. ISP σε Εθνικό επίπεδο..... 50
6.1 Εισαγωγή 50

6.2 Αρχιτεκτονικές ISP Δικτύου 51
6.2.1 IGP – Interior Gateway Protocol 51
6.2.2 Διάταξη Δικτύου 51
6.3 Μεθοδολογία Διευθυνσιοδότησης Δικτύου 54
6.4 Συνδεσιμότητα πελατών με έναν ISP 55
6.5 Transit και Peering ISP 56
7. Μελέτη περίπτωσης τεχνικών πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου με χρήση πραγματικού εξοπλισμού Cisco 57
7.1 Περιγραφή των απαιτήσεων της υλοποίησης 58
7.1.2 Vlans 61
7.1.3 IP Διευθυνσιοδότηση 61
7.1.4 Πλεονασμός και εξισορρόπηση φορτίου (HSRP & STPV) 62
7.2 Περιγραφή του δικτύου 63
7.3 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε 66
7.4 Εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν 68
7.5 Περιγραφή της υλοποίησης του δικτύου 71
7.5.2 Παραμετροποίηση των συσκευών 72
7.6 Σενάριο 1ο: Βλάβη σε Core Multi-Layer switch 79
7.7 Σενάριο 2ο: Βλάβη σε κεντρικό Etherchannel 84
8. Συμπεράσματα 86
Βιβλιογραφία 87

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Τα 3 επίπεδα των ISP 57
Πίνακας 2: Hostnames των συσκευών 60
Πίνακας 3: VLAN του δικτύου 61
Πίνακας 4:Διευθυνσιοδότηση δικτύου 61
Πίνακας 5: Subnets του δικτύου 62
Πίνακας 6: EtherChannels του δικτύου 62

Κατάλογος διαγραμμάτων / εικόνων

Εικόνα 1: Υποδομή δικτύου ISP 16
Εικόνα 2: Πρόσβαση στο διαδίκτυο από την κατοικία, 2010-2019 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ) 17
Εικόνα 3:Επίπεδα ιεραρχικού δικτύου 20
Εικόνα 4: Το Core επίπεδο 21
Εικόνα 5: Σενάριο επικοινωνίας μεταξύ 2 συσκευών 23
Εικόνα 6: Τεχνολογία συγκέντρωσης συνδέσμων 24
Εικόνα 7:Τεχνολογία εναλλακτικής πρόσβασης συνδέσμων 25
Εικόνα 8: Παράδειγμα προβλήματος δικτύου 31
Εικόνα 9: Παράδειγμα σωστής υλοποίησης 31
Εικόνα 10: Παράδειγμα HSRP 34
Εικόνα 11: Ρύθμιση HSRP 37
Εικόνα 12: GLBP Υλοποίηση 41
Εικόνα 13: Υλοποίηση SLB 44
Εικόνα 14:Link Aggregation 48
Εικόνα 15: Εξισορρόπηση φόρτου 49
Εικόνα 16: Υλοποίηση Load Balancing Cluster 49
Εικόνα 17: Core επίπεδο ISP 52
Εικόνα 18: Aggregation επίπεδο ISP 53
Εικόνα 19:Επίπεδο δικτύου ISP με συνδέσεις πελατών 54
Εικόνα 20: Υλοποίηση δικτύου 59
Εικόνα 21: Ιεραρχικό μοντέλο της υλοποίησης 60
Εικόνα 22: Συνδέσεις Core επιπέδου του δικτύου 64
Εικόνα 23:Κεντρικές συνδέσεις ISP προς τα ASW του δικτύου 64
Εικόνα 24:Συνδέσεις ASW προς τους Clients (Άρτα) 65
Εικόνα 25:Συνδέσεις ASW προς τους clients (Βουργαρέλι) 65
Εικόνα 26: Πραγματικός εξοπλισμός που χρησιμοποιηθήκε 66
Εικόνα 27: Cisco 2960 67
Εικόνα 28: Cisco 3750 67
Εικόνα 29: Cisco 1841 68
Εικόνα 30: Cisco Packet Tracer 8.0 68
Εικόνα 31: PuTTy 0.73 69
Εικόνα 32: Kiwi Syslog Server 9.7 70

Εικόνα 33: PingInfoView 70
Εικόνα 34: Παραμετροποίηση επαναφορά εργοστασιακών ρυθμίσεων 72
Εικόνα 35: Παραμετροποίηση αρχικών ρυθμίσεων συσκευής 72
Εικόνα 36: Παραμετροποίηση των VLAN 73
Εικόνα 37: Παραμετροποίηση VTP Server 73
Εικόνα 38: Παραμετροποίηση TRUNK links 74
Εικόνα 39: Παραμετροποίηση απόδοσης IP σε VLAN 74
Εικόνα 40: Παραμετροποίηση Spanning Tree 75
Εικόνα 41: Παραμετροποίηση EtherChannels 75
Εικόνα 42: Παραμετροποίηση HSRP 76
Εικόνα 43: Παραμετροποίηση VTP Client 77
Εικόνα 44: Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 1ο AS 77
Εικόνα 45:Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 2ο ASW 78
Εικόνα 46: Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 3ο ASW 78
Εικόνα 47: Αναπαράσταση 1ου σεναρίου υλοποίησης 79
Εικόνα 48: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView πριν την διακοπή 80
Εικόνα 49: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server πριν την διακοπή 80
Εικόνα 50: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView κατά την διακοπή 81
Εικόνα 51: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server κατά την διακοπή 81
Εικόνα 52: Κατάσταση σύνδεσης μεταξύ των 2 άκρων κατά την διακοπή 82
Εικόνα 53: Λειτουργία HSRP κατά την διακοπή 82
Εικόνα 54: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView μετά την διακοπή και την εφαρμογή των πρωτοκόλλων πλεονασμού 83
Εικόνα 55: Κατάσταση σύνδεσης μεταξύ των 2 άκρων μετά την διακοπή και την εφαρμογή των πρωτοκόλλων πλεονασμού 83
Εικόνα 56: Αναπαράσταση 2ου σεναρίου υλοποίησης 84
Εικόνα 57: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView πριν την διακοπή 84
Εικόνα 58: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server πριν την διακοπή 85
Εικόνα 59: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server μετά την διακοπή 85
Εικόνα 60: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView μετά την διακοπή 85

1. Εισαγωγή

Οι πάροχοι υπηρεσιών διαδικτύου παίζουν σημαντικό ρόλο στην παροχή συνδέσεων υψηλού εύρους ζώνης στους συνδρομητές καθώς αποτελούν το νούμερο ένα μέσο πρόσβασης σε αυτές. Σήμερα, οι χρήστες, είτε εταιρικοί είτε οικιακοί, χρειάζονται συνδέσεις διαδικτύου που ικανοποιούν τις απαιτήσεις τους για υψηλό ρυθμό μετάδοσης, διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και διατηρισιμότητα για πρόσβαση σε υπηρεσίες διαδικτύου που σχετίζονται με τη μετάδοση ήχου, εικόνας και δεδομένων. .

Ένας πάροχος υπηρεσιών διαδικτύου, επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στις υπηρεσίες διαδικτύου. Παγκοσμίως, αυτοί οι πάροχοι συνάπτουν συμφωνίες για την μεταξύ τους σύνδεση, για να διασφαλίσουν ότι τα δεδομένα των πελατών τους μπορούν να κινηθούν ομαλά μεταξύ των διαφόρων τμημάτων του διαδικτύου.
Ο μέσος χρήστης συνδέεται στο δίκτυο ενός παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου μέσω modem ή ευρυζωνικής[1] σύνδεσης. Ένας πάροχος, για να προσφέρει αποδοτικές υπηρεσίες στους χρήστες του εξασφαλίζει, διατηρεί και διαθέτει πόρους όπως συσκευές, συνδέσεις και εύρους ζώνης.

Όμως, σε ένα πραγματικό και εν λειτουργία κατανεμημένο σύστημα μπορεί να προκύψουν αποτυχίες, βλάβες και λάθη. Ως αποτυχία ορίζεται η λανθασμένη λειτουργία συστήματος, η οποία οφείλεται σε σφάλματα. Ως σφάλμα ορίζεται μια λανθασμένη εσωτερική κατάσταση που οφείλεται σε βλάβες. Και βλάβη, ορίζεται η οποιαδήποτε ατέλεια ή ελάττωμα του συστήματος.
Οι βλάβες χωρίζονται σε δύο τύπους, ανάλογα με την εμφάνιση, και ανάλογα με τη συμπεριφορά..

Ανάλογα με την εμφάνιση: Υπάρχουν οι παροδικές (transient) οι οποίες συμβαίνουν μία φορά μόνο. Οι διαλείπουσες (intermittent) οι οποίες συμβαίνουν πότε-πότε και παρουσιάζουν απρόβλεπτη συμπεριφορά, και οι μόνιμες (permanent) οι οποίες συμβαίνουν διαρκώς αφού εμφανιστούν.
Ανάλογα με τη συμπεριφορά: Εδώ εντάσσονται οι βλάβες αποτυχίας-σταματήματος (fail-stop) οι οποίες ονομάζονται και σιωπηλής αποτυχίας (fail-silent) και οι βυζαντινές. Στην

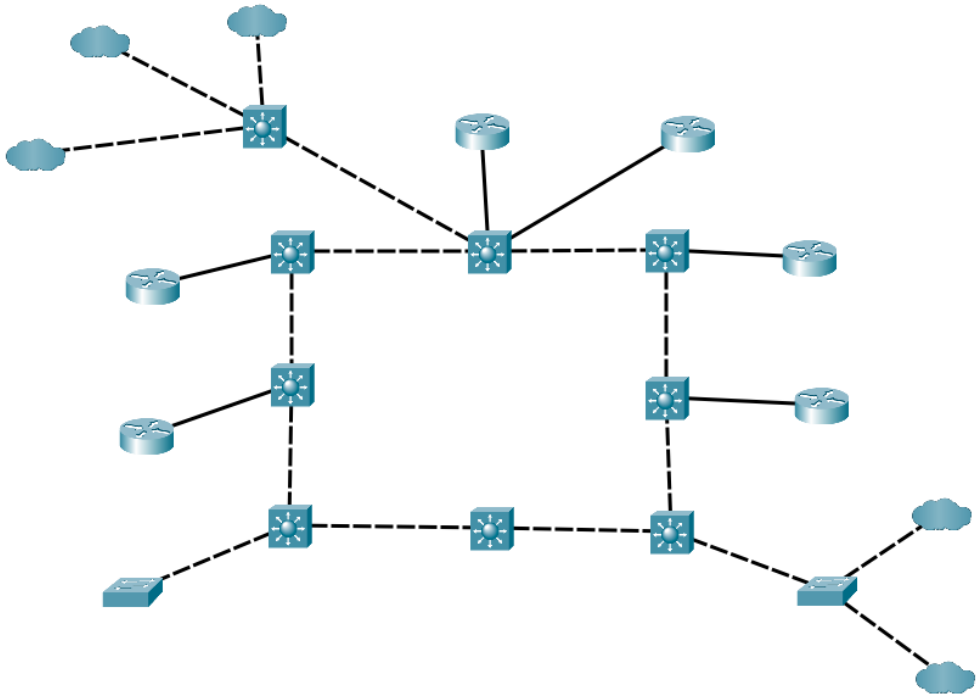
[1] Ο όρος Ευρυζωνική αναφέρεται σε «μόνιμα ανοικτές' συνδέσεις υψηλής ταχύτητας με το διαδίκτυο» [24]

πρώτη περίπτωση , ο επεξεργαστής σταματά να λειτουργεί, δεν αποκρίνεται σε είσοδο και δεν παράγει έξοδο. Στη δεύτερη περίπτωση, ανήκουν οι β**υζαντινές** που αποτελούν την ποιο δύσκολη κατηγορία βλαβών, καθώς μέρη του συστήματος δρουν εναντίον του, μεμονωμένα ή και σε συνεργασία. Κατά την διάρκεια της συγκεκριμένης βλάβης, ο επεξεργαστής συνεχίζει να λειτουργεί αυθαίρετα, δίνει λανθασμένες απαντήσεις και μπορεί να συνεργάζεται με άλλους με κακό σκοπό. Το όνομα τους ανάγεται στις μηχανορραφίες του Βυζαντίου.

1.1 Ορισμός του προβλήματος

Η εξισορρόπηση φορτίου είναι η τεχνική κατά την οποία μοιράζεται η κίνηση του δικτύου. Αυτή η τεχνική, χρησιμοποιεί μία μόνο σύνδεση τη φορά ανάλογα με την διαθέσιμη χωρητικότητα, αυξάνοντας την αξιοπιστία του δικτύου, αντί να χρησιμοποιεί πολλές συσκευές και συνδέσεις ταυτόχρονα για εξισορρόπηση φορτίου. Για παράδειγμα, εάν μία σύνδεση αποτύχει, τότε μία εναλλακτική διαδρομή θα αναλάβει την κίνηση του δικτύου γρήγορα προκειμένου να παρέχει την ταχύτερη και πιο αξιόπιστη προώθηση πακέτων. Εάν το δίκτυο δεν παρέχει καμία σύνδεση πλεονασμού, ενδέχεται ολόκληρο το δίκτυο να βγει εκτός λειτουργίας εξαιτίας μίας σύνδεσης.
Ως πλεονασμός ορίζεται η επανάληψη συνδέσεων και συσκευών που επιτρέπει τη χρήση εναλλακτικών διαδρομών ώστε να επιτυγχάνεται η συνεχή λειτουργία παρά την αποτυχία κάποιων συνδέσεων.

Ο πλεονασμός και η εξισορρόπηση φορτίου είναι κρίσιμα ζητήματα που αντιμετωπίζει οποιοσδήποτε παρέχει συνδέσεις υψηλής απόδοσης στο διαδίκτυο. Η ζήτηση για υπηρεσίες διαδικτύου αυξάνεται ολοένα και συνεχώς. Είναι ζωτικής σημασίας να εφαρμοστεί ένα καλύτερο πλαίσιο επικοινωνίας, το οποίο θα επιλύει τα υπάρχοντα προβλήματα πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου, και θα παρέχει επίσης την αξιόπιστη λύση στα δίκτυα των Παρόχων Υπηρεσιών Διαδικτύου (Internet Service Provider, ISP) .



Εικόνα 1: Υποδομή δικτύου ISP

Στην εικόνα 1, βλέπουμε ένα δίκτυο ενός παρόχου υπηρεσιών πρόσβασης στο διαδίκτυο. όπου εμφανίζεται το πρόβλημα του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου. Προς το παρόν το πρόβλημα του πλεονασμού έχει καλυφθεί από το πρωτόκολλο Rapid Spanning Tree (RSTP)[2], αλλά ακόμα δεν παρέχει τη λύση εξισορρόπησης φορτίου. Επιπλέον το RSTP δεν παρέχει γρήγορη εναλλαγή στις συνδέσεις όταν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο.

Συνεπώς, δεν μπορεί να ανακτηθεί μια οποιαδήποτε απώλεια πακέτου σε πραγματικό χρόνο κατά την επαναφορά των συνδέσεων. Αυτή η απώλεια πακέτου, εξαρτάται περισσότερο ή λιγότερο από την επιλογή του πρωτοκόλλου για την υποστήριξη ύπαρξης διαθέσιμης τοπολογία δικτύου.

Στο παραπάνω σενάριο τίθεται και ένα ακόμα ζήτημα που σχετίζεται με το δίκτυο των παρόχων υπηρεσιών διαδικτύου, την εκπομπή και διαχείριση της κίνησης.

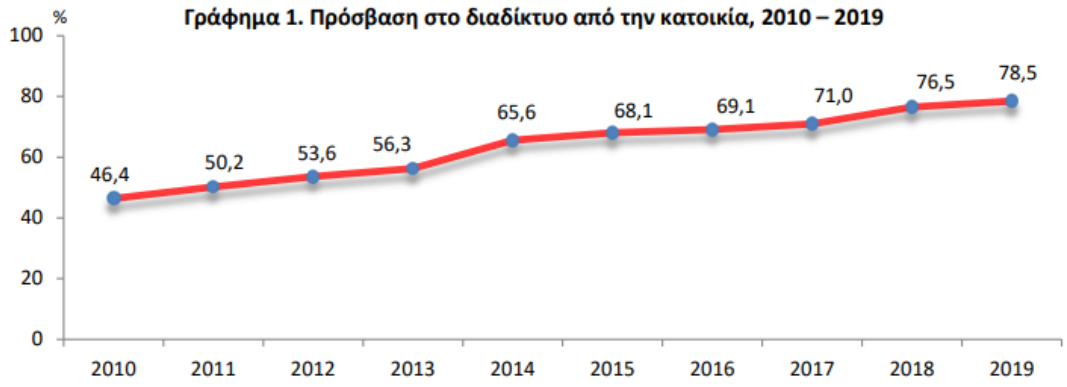
[2] Το RSTP θεωρείται μια αναβάθμιση του αρχικού Spanning Tree Protocol (STP). Το STP χρησιμοποιείται για να εμποδίσει τη δημιουργία βρόχων στο δίκτυο επιτρέποντας την ύπαρξη εφεδρικών διαδρομών μεταξύ των switches.

1.2 Κίνητρα

Αυτή η πτυχιακή περιγράφει τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς της επεκτασιμότητας, του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φόρτου σε ένα δίκτυο παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου. Στο πρώτο μέρος εξετάζουμε λεπτομερώς αυτά τα χαρακτηριστικά. Μόλις ένα δίκτυο ενός παρόχου διευρυνθεί, προσφέροντας περισσότερες συνδέσεις σε συνδρομητές υπηρεσιών διαδικτύου ή εταιρίες, είναι σημαντικό να κρατήσει την αξιοπιστία του. Λαμβάνοντας υπ' όψη αυτό το ζήτημα, εφαρμόζεται το πρωτόκολλο HSRP για την εκπλήρωση του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου σε αυτό.

Το HSRP προσφέρει έναν μηχανισμό για τον προσδιορισμό ενεργειών και εφεδρικών δρομολογητών. Εάν ένας ενεργός δρομολογητής αποτύχει, ένας εφεδρικός δρομολογητής μπορεί να αναλάβει την κίνηση δικτύου χωρίς καμία διακοπή στη συνδεσιμότητα του με το δίκτυο κορμού.. Με αυτό τον τρόπο εκπληρώνει τον στόχο του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου με τις καλύτερες δυνατότητες (προτεραιότητα προτίμησης κ.λπ.). Παρέχει επίσης γρήγορη επαναφορά και ανασυγκρότηση όταν συμβούν αλλαγές στο δίκτυο του παρόχου.

Η επέκταση των δικτύων έχει εγείρει πολλά ζητήματα στην βιομηχανία των δικτύων. Για παράδειγμα, ο αριθμός των συνδρομητών που ζητούν πρόσβαση αυξάνεται καθημερινά γεγονός που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα αναφορικά με την επεκτασιμότητα των δικτύων.. Στην Ελλάδα για παράδειγμα, και όπως προκύπτει από τα στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής, το ποσοστό των νοικοκυριών που απέκτησαν πρόσβαση στο διαδίκτυο κατά την τελευταία δεκαετία σχεδόν διπλασιάστηκε (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Πρόσβαση στο διαδίκτυο από την κατοικία, 2010-2019 (Πηγή: ΕΛΣΤΑΤ)

Συνεπώς θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα κατώτατο όριο πόρων στην υλοποίηση της αρχιτεκτονικής του δικτύου ενός ISP, για να μπορεί να υπάρχει έλεγχος της μετάδοσης των πακέτων όλων των συνδρομητών και να θεωρείται το δίκτυο αξιόπιστο.

1.3 Στόχοι

Αυτή η έρευνα εξετάζει τα τρέχοντα προβλήματα σε ένα δίκτυο παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου και υλοποιεί μία πρόταση για την κάλυψη των προβλημάτων που αντιμετωπίζονται με τη βοήθεια ορισμένων πρακτικών εφαρμογών αλλά και πραγματικού εξοπλισμού.

Στόχος είναι να εξετάσει και δώσει λύσεις για τα ακόλουθα ζητήματα:

- Ανάλυση των δυνατοτήτων και περιορισμών του προτεινόμενου δικτύου όσον αφορά την επεκτασιμότητα.
- Κατανόηση των μεθόδων πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου.
- Συζήτηση των λύσεων αξιοπιστίας στο υλοποιούμενο δίκτυο.

Στο πλαίσιο αυτής της εργασίας παρουσιάζουμε το ζήτημα του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου, καθώς εξετάζουμε επίσης τις περιπτώσεις εφαρμογής τους σε ένα δίκτυο παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου, σε Distribution επίπεδο. Για να το πετύχουμε αυτό χρησιμοποιούμε αρχικά το λογισμικό προσομοίωσης Packet Tracer και στη συνέχεια πραγματικό εξοπλισμό της εταιρίας Cisco, όπου παρουσιάζουμε δύο πιθανά σενάρια βλάβης και πως εφαρμόζονται οι λύσεις που παρέχουν τα ανάλογα πρωτόκολλα.

1.5 Δομή εργασίας

Η εργασία αυτή περιλαμβάνει 8 κεφάλαια. Στο κεφάλαιο 2, αναλύεται η αρχή σχεδιασμού δικτύων, η ιεραρχική δομή καθώς και βασικές έννοιες του πλεονασμού. Στο κεφάλαιο 3, παρουσιάζονται ο πλεονασμός και η εξισορρόπηση φορτίου. Στην συνέχεια, στο κεφάλαιο 4, μελετήθηκαν τα πρωτόκολλα πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου αναλυτική και με παραδείγματα εφαρμογής. ΣΣτο κεφάλαιο 5, γίνεται παρουσίαση της σύγκρισης μεταξύ των δύο ζητημάτων όπου αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια και στο 6^{ο} κεφάλαιο

εισάγονται βασικές έννοιες ενός παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου. Στο κεφάλαιο 7 παρουσιάζεται το σενάριο καθώς και η υλοποίηση του μέσα από πραγματικό εξοπλισμό της Cisco. Εν κατακλείδι στο κεφάλαιο 8, προβάλλονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την εργασία αυτή.

2. Αρχές σχεδιασμού δικτύων

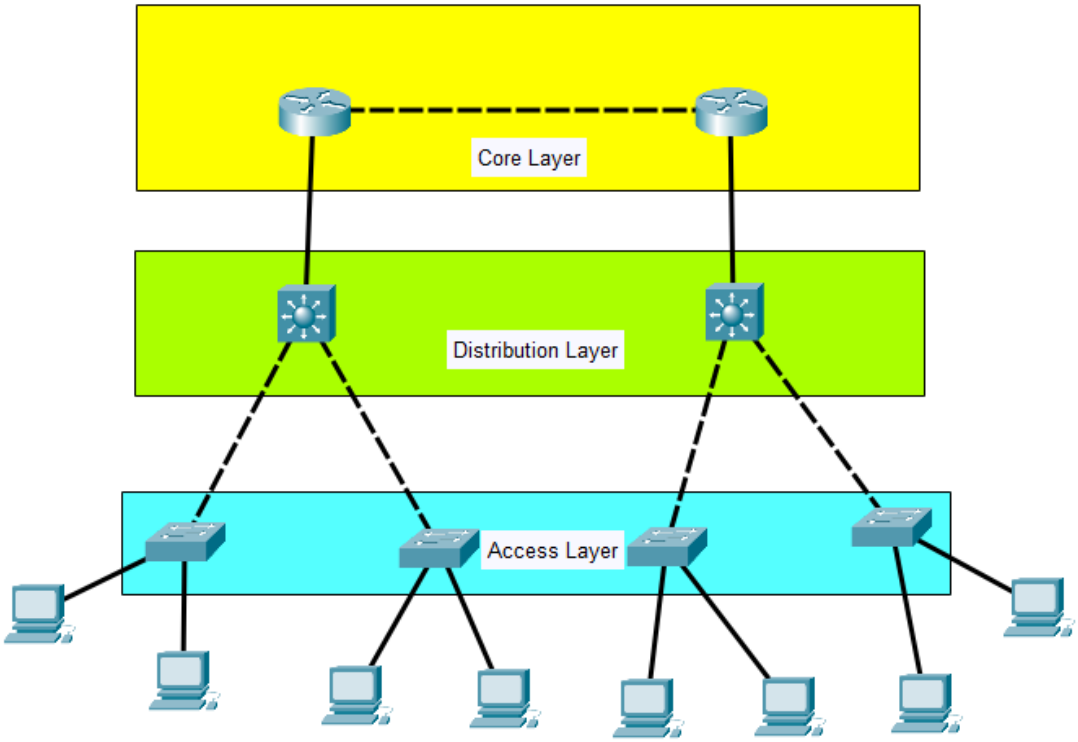
Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε από ποιο σημείο και μετά και βάσει ποιων κατευθυντήριων γραμμών πρέπει να ξεκινήσει ο σχεδιασμός ενός δικτύου, καθώς τα δίκτυα συνεχίζουν να αυξάνονται χρόνο με το χρόνο, να ενσωματώνουν επιπλέον συσκευές με νέες δυνατότητες και να εφαρμόζουν ενημερωμένες οι τεχνολογίες. Το πιο πρόσφορο μοντέλο που μπορεί να ακολουθηθεί κατά την δημιουργία ενός δικτύου είναι το ιεραρχικό μοντέλο. Παρέχει επεκτασιμότητα, ανθεκτικότητα και άλλα ζωτικά χαρακτηριστικά για τη λειτουργία δικτύου. Σε αυτό το κεφάλαιο συνοψίζονται πληροφορίες σχετικά με το ιεραρχικό μοντέλο σχεδίασης δικτύων, γιατί είναι σημαντικό, και ποια είναι τα πλεονεκτήματα που παρέχει[4].

2.1 Ιεραρχικό μοντέλο δικτύου

Προκειμένου το δίκτυο να καλύψει πλήρως τις ανάγκες του χρήστη, θα πρέπει να σχεδιαστεί σύμφωνα με το ιεραρχικό μοντέλο σχεδιασμού δικτύων τριών επιπέδων.

Το μοντέλο του ιεραρχικού δικτύου βασίζεται στη διαίρεση του δικτύου σε ξεχωριστά επίπεδα, και κάθε επίπεδο εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες.. Η διαίρεση σε επίπεδα ονομάζεται συνήθως modularity καθώς, παρέχει επεκτασιμότητα και απόδοση στο δίκτυο. Το σύγχρονο ιεραρχικό μοντέλο περιλαμβάνει τρία επίπεδα: το core (κορμού), το distribution (διανομής) και το access (πρόσβασης).

Ένα παράδειγμα ενός μοντέλου δικτύου που χρησιμοποιεί το ιεραρχικό μοντέλο φαίνεται στην εικόνα 3 .

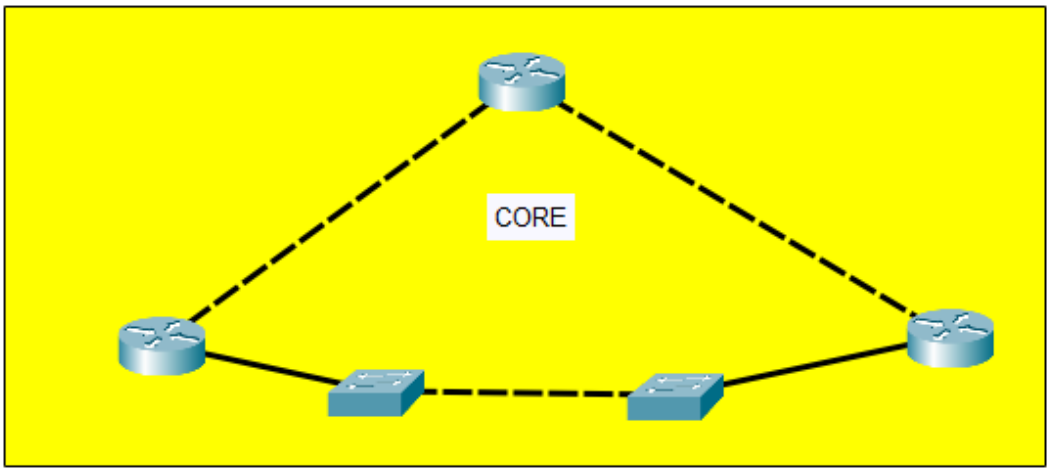


Εικόνα 3:Επίπεδα ιεραρχικού δικτύου

Το επίπεδο πρόσβασης συνδέσει τους τελικούς χρήστες και τις συσκευές με το υπόλοιπο δίκτυο. Σε αυτό το επίπεδο τα switches, bridges, DSLAMs, ακόμα και routers μπορούν να παίξουν καθοριστικό ρόλο. Το κύριο καθήκον του επιπέδου πρόσβασης είναι να παρέχει πρόσβαση στο δίκτυο στις τελικές συσκευές και να ελέγχει ποιες συσκευές έχουν πρόσβαση σε αυτό.

Το επίπεδο διανομής αναλαμβάνει τη συγκέντρωση των ροών δεδομένων που λαμβάνονται από το επίπεδο πρόσβασης, εκτελεί έλεγχο κυκλοφορίας βάσει πολιτικών που έχουν οριστεί, δρομολογεί την κίνηση μεταξύ δικτύων και περιορίζει επίσης τις επαναλαμβανόμενες εκπομπές.

Το πιο σημαντικό επίπεδο του μοντέλου, το οποίο συγκεντρώνει όλη την κίνηση που προέρχεται από τα κατώτερα επίπεδα διανομής, είναι το βασικό επίπεδο, ο κορμός. Ένα παράδειγμα Core δικτύου φαίνεται στην εικόνα 4.



Εικόνα 4: Το Core επίπεδο

Οι βασικές συσκευές δικτύου σε αυτό το επίπεδο πρέπει να έχουν δυνατότητες για ταχύτατη προώθηση μεγάλου όγκου δεδομένων. Μια σημαντική αρχή του βασικού σχεδιασμού επιπέδων είναι ο πλεονασμός.

Ένα τέτοιο δίκτυο είναι εύκολο στη διαχείριση, μπορεί να επεκταθεί εάν είναι απαραίτητο, και παρέχει επίσης δυνατότητα γρήγορης ανίχνευσης προβλημάτων σε αυτό[3].

2.2 Πλεονεκτήματα των δικτύων που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο

Μεταξύ των πολλών πλεονεκτημάτων των ιεραρχικών δικτύων περιλαμβάνονται τα [3]:

Επεκτασιμότητα: όταν στο δίκτυο μπορεί να προστεθεί ικανός αριθμός συσκευών και συνδέσεων μεταξύ τους, χωρίς να επηρεαστεί η απόδοση του. Για να εξασφαλιστεί η επεκτασιμότητα του δικτύου, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί κατάλληλος εξοπλισμός και να δομηθεί το δίκτυο με ειδικό τρόπο. Ένα δίκτυο που έχει μία ιεραρχική δομή είναι εύκολα επεκτάσιμο, και είναι ικανό να παρέχει σε κάθε χρήστη την απαιτούμενη ποιότητα υπηρεσίας.

Ασφάλεια: Ένα υψηλό επίπεδο ασφαλείας στα ιεραρχικά δίκτυα διασφαλίζεται από το γεγονός ότι οι ρυθμίσεις ασφαλείας εκτελούνται σε κάθε επίπεδο. Για παράδειγμα, στο επίπεδο πρόσβασης, οι συνδεδεμένες συσκευές παρακολουθούνται με παραμέτρους όπως η διεύθυνση MAC. Οι κανόνες ασφαλείας εκχωρούνται σε συγκεκριμένες θύρες (ports) των συσκευών επιπέδου πρόσβασης. Στο επίπεδο

διανομής, μπορούν να καθοριστούν κανόνες για μεμονωμένους τύπους συσκευών-, και να διαμορφωθούν πολίτικες ασφαλείας.

Η δυνατότητα διαχείρισης του ιεραρχικού δικτύου είναι αρκετά απλή, καθώς κάθε επίπεδο εκτελεί τις δικές του λειτουργίες. Λόγω αυτού, οι ρυθμίσεις των συσκευών του ίδιου επιπέδου είναι παρόμοιες μεταξύ τους, κάτι που επιτρέπει την αλλαγή και την αντιγραφή των ρυθμίσεων από μία συσκευή δικτύου σε άλλη εάν είναι απαραίτητο και σε περίπτωση που οι συσκευές χρειάζονται επισκευή.

2.3 Σχεδιαστικές αρχές των δικτύων που χρησιμοποιούν αυτό το μοντέλο

Η παρουσία μιας ιεραρχικής δομής δεν σημαίνει ακόμη ότι το δίκτυο έχει σχεδιαστεί σωστά. Οι αρχές που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό αποτελεσματικών αξιόπιστων δικτύων που βασίζονται σε ένα ιεραρχικό μοντέλο ορίζονται παρακάτω. Αυτές οι αρχές χαρακτηρίζουν τα πρώτα πρακτικά βήματα για να δημιουργηθεί μία τοπολογία δικτύου σε μία ιεραρχική αρχιτεκτονική.

2.3.1 Διάμετρος του δικτύου

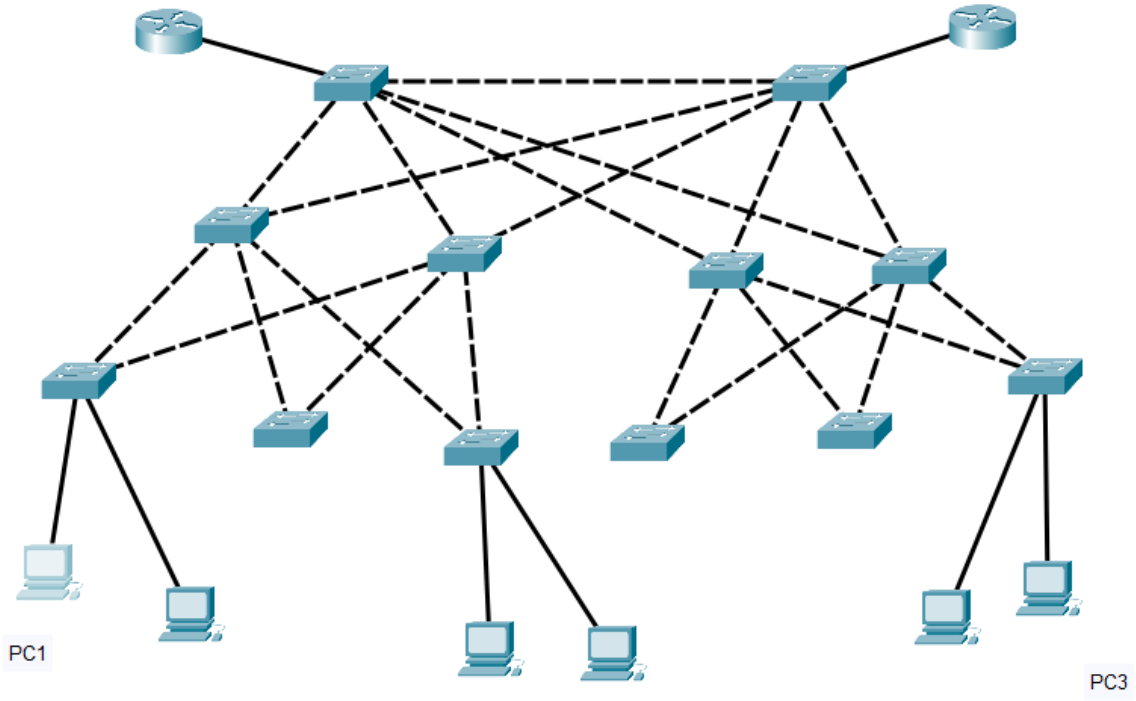
Το πρώτο χαρακτηριστικό που πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την δημιουργία ενός ιεραρχικού δικτύου είναι η διάμετρος του δικτύου. Συνήθως, η διάμετρος είναι ένα μέτρο απόστασης αλλά στο πλαίσιο των δικτύων τηλεπικοινωνιών, αυτός ο όρος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του μικρότερου αριθμών συσκευών που χρειάζεται να διανύσει ένα πακέτο για να φτάσει στον προορισμό του.

Η διάμετρος δικτύου είναι ο αριθμός των συσκευών μέσω των οποίων πρέπει να περάσει η πληροφορία προτού φτάσει στον προορισμό της. Η διατήρηση μίας μικρής διαμέτρου δικτύου εγγυάται χαμηλές και προβλέψιμες καθυστερήσεις στη μεταφορά πληροφοριών μεταξύ συσκευών.

Στην εικόνα [θα μπει αρίθμηση] παρουσιάζεται το σενάριο επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών PC1 και PC3. Μεταξύ αυτών των συσκευών υπάρχουν έως πέντε συνδεδεμένα switch. Σε αυτήν την περίπτωση, η διάμετρος του δικτύου είναι 6.

Κάθε switch στη διαδρομή των πακέτων αντιπροσωπεύει ένα ορισμένο ποσοστό καθυστέρησης. Η καθυστέρηση σε μια συσκευή δικτύου είναι ο χρόνος που ξοδεύει η συσκευή για την επεξεργασία ενός πακέτου ή ενός πλαισίου. Κάθε switch καθορίζει τη

διεύθυνση MAC του κόμβου προορισμού, τη συγκρίνει με τον πίνακα διευθύνσεων MAC και δρομολογεί το πλαίσιο στην κατάλληλη θύρα. Παρά το γεγονός ότι μια τέτοια λειτουργία εκτελείται σε κλάσμα του δευτερολέπτου, ο συνολικός χρόνος αυξάνεται όταν αυξάνεται ο αριθμός των συσκευών.



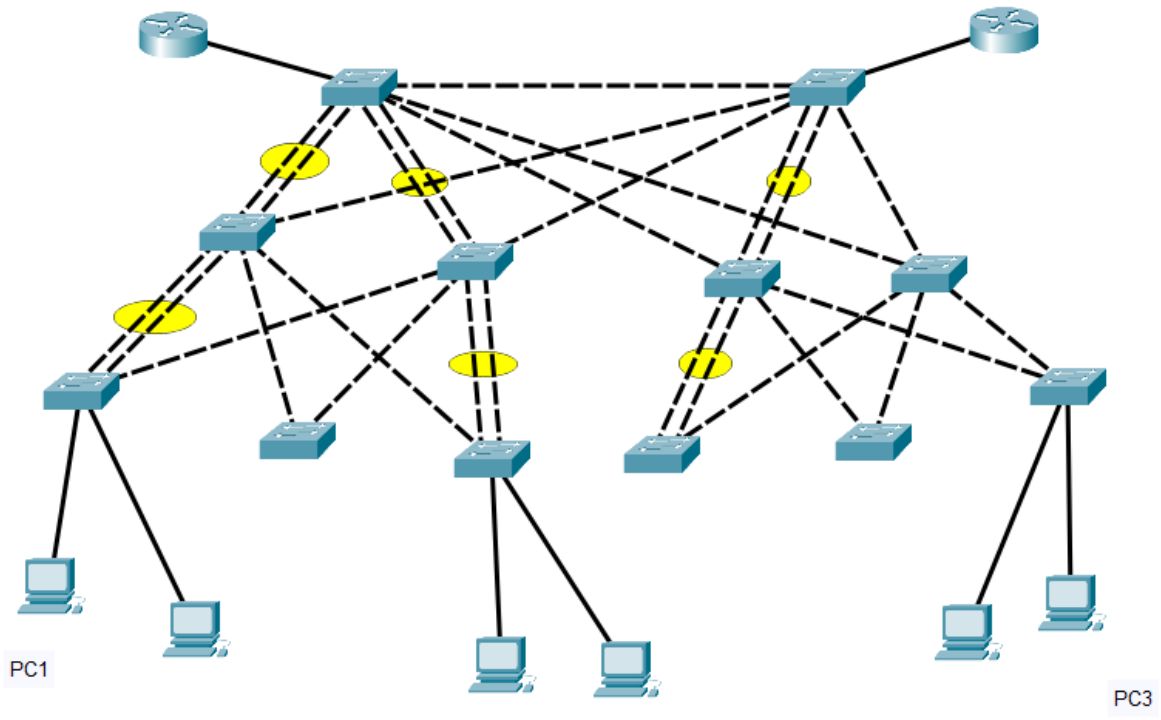
Εικόνα 5: Σενάριο επικοινωνίας μεταξύ 2 συσκευών

Σ ένα ιεραρχικό δίκτυο, η διάμετρος του δικτύου είναι πάντα ένας προβλέψιμος αριθμός αναπηδήσεων μεταξύ της πηγής και του κόμβου προορισμού[3].

2.3.2 Συγκέντρωση εύρους ζώνης (Bandwith Aggregetion)

Είναι δυνατό να αυξηθεί το εύρος ζώνης του δικτύου σε οποιοδήποτε επίπεδο της ιεραρχίας εφαρμόζοντας τη συγκέντρωση εύρους ζώνης. Η συγκέντρωση εύρους ζώνης είναι ο συνδυασμός πολλών φυσικών διεπαφών μεταξύ των switch σε έναν λογικό σύνδεσμο.

Η συγκέντρωση συνδέσμων επιτρέπει τη σύνδεση πολλαπλών καναλιών switch σε επίπεδο θύρας, για την επίτευξη μεγαλύτερης απόδοσης μεταξύ switch. Για παράδειγμα, η Cisco κατέχει τη δική της τεχνολογία συγκέντρωσης συνδέσμων, που ονομάζεται EtherChannel και επιτρέπει την ενοποίηση πολλαπλών καναλιών Ethernet. Είναι μια από τις πρώτες τεχνολογίες για τη συγκέντρωση συνδέσμων. Η εικόνα 6 δείχνει ένα παράδειγμα συγκέντρωσης καναλιών στο δίκτυο.



Εικόνα 6: Τεχνολογία συγκέντρωσης συνδέσμων

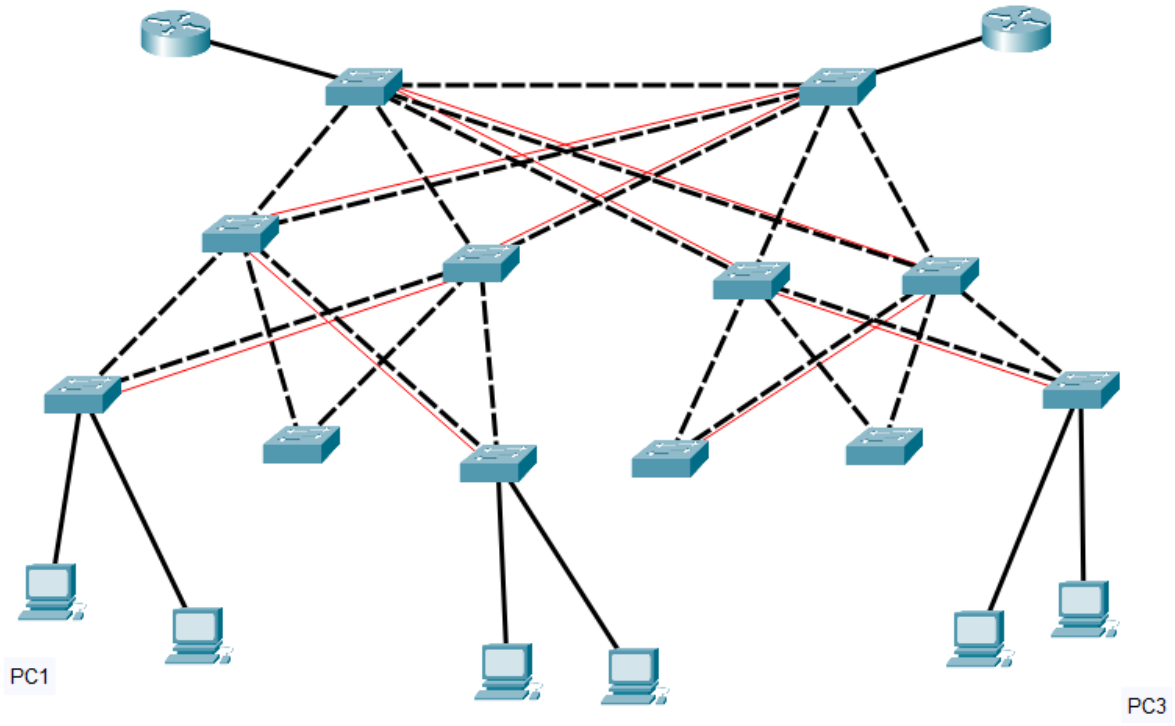
Έτσι, η απόδοση πολλών τμημάτων δικτύου αυξάνεται, συνδυάζοντας πολλές φυσικές συνδέσεις σε μία λογική[3].

2.3.3 Πλεονασμός (Redundancy)

Ο πλεονασμός μπορεί να παρέχεται με διάφορους τρόπους. Για παράδειγμα, μπορεί να διπλασιαστεί ο αριθμός των φυσικών συνδέσεων μεταξύ συσκευών ή ο αριθμός των ίδιων των συσκευών. Η δημιουργία εφεδρικών συνδέσμων μπορεί να είναι μια δαπανηρή εργασία. Κάποιος μπορεί να φανταστεί μια κατάσταση όπου κάθε switch σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο ιεραρχίας έχει μια σύνδεση με κάθε switch στο επόμενο επίπεδο. Η εφαρμογή του πλεονασμού στο επίπεδο πρόσβασης φαίνεται απίθανο να είναι απαραίτητη λόγω του κόστους και των περιορισμένων δυνατοτήτων των τελικών σημείων, αλλά ο πλεονασμός στο επίπεδο διανομής και στο επίπεδο κορμού είναι μια εργασία που επιλύεται κατά τη δημιουργία αποτελεσματικών ιεραρχικών δικτύων.

Στην εικόνα 7 εμφανίζονται οι εφεδρικές συνδέσεις σε δύο επίπεδα. Σε επίπεδο διανομής, υπάρχουν δύο switch , το ελάχιστο που είναι αρκετό για την παροχή πλεονασμού σε αυτό το επίπεδο. Τα switch επιπέδου πρόσβασης συνδέονται μεταξύ τους με τα switch επιπέδου

διανομής. Αυτό διασφαλίζει ότι το δίκτυο προστατεύεται από τις περιπτώσεις όπου ένα από τα switch επιπέδου διανομής αποτύχει.



Εικόνα 7:Τεχνολογία εναλλακτικής πρόσβασης συνδέσμων

Βέβαια, υπάρχουν και σενάρια σφαλμάτων δικτύου που δεν μπορούν να αποφευχθούν, για παράδειγμα, όταν ολόκληρη η πόλη είναι εκτός ρεύματος ή όταν ολόκληρο το κτίριο καταστράφηκε λόγω σεισμού. Ο πλεονασμός συνδέσμων ή συσκευών δεν παρέχει προστασία από τέτοια περιστατικά και καταστροφές [3].

2.3.4 Το επίπεδο πρόσβασης ως σημείο εκκίνησης

Όταν πρέπει να αναπτυχθεί ένα έργο δικτύου, οι απαιτήσεις αρχιτεκτονικής, όπως το επίπεδο απόδοσης ή η διαθεσιμότητα πλεονασμού, καθορίζονται από τους επιχειρηματικούς στόχους του οργανισμού. Μόλις τεκμηριωθούν αυτές οι απαιτήσεις, ο σχεδιαστής μπορεί να αρχίσει να επιλέγει τον εξοπλισμό και την υποδομή για το έργο.

Όταν επιλέγεται υλικό για το επίπεδο πρόσβασης, πρέπει να διασφαλίζεται ότι καλύπτονται όλες οι συσκευές δικτύου που απαιτούν πρόσβαση στο δίκτυο. Αφού ληφθούν υπόψη όλες οι τελικές συσκευές, η λύση για το πρόβλημα του προσδιορισμού του αριθμού των switch επιπέδου πρόσβασης γίνεται πιο ξεκάθαρη.

Ο αριθμός των switch επιπέδου πρόσβασης και η εκτιμώμενη κίνηση που θα παράγει το καθένα θα βοηθήσει στον προσδιορισμό του αριθμού των switch που απαιτούνται στο επίπεδο διανομής για να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη απόδοση και ο πλεονασμός. Με γνωστό αριθμό switch στο επίπεδο διανομής, μπορεί να προσδιοριστεί ο αριθμός των κεντρικών switch που απαιτούνται για τη διατήρηση της απόδοσης του δικτύου[3].

3. Πλεονασμός και Εξισορρόπηση φόρτου

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Η εισαγωγή του πλεονασμού στα δίκτυα έγινε με σκοπό τη βελτίωση της αξιοπιστίας. Η ιδέα είναι ότι εάν μία συσκευή αποτύχει, μια άλλη μπορεί να αναλάβει αυτόματα την κίνηση σύμφωνα με τα πρωτόκολλα και τις διαθέσιμες υλοποιήσεις που θα αναλύσουμε στη συνέχεια. Προσθέτοντας λίγη πολυπλοκότητα, προσπαθούμε να μειώσουμε την πιθανότητα ότι μια αποτυχία θα θέσει εκτός λειτουργίας το δίκτυο. Αλλά η πολυπλοκότητα είναι επίσης εχθρός της αξιοπιστίας. Όσο πιο περίπλοκο είναι ένα σύστημα, τόσο πιο δύσκολο είναι να το καταλάβει κάποιος, τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα του ανθρώπινου λάθους και τόσο αυξημένη είναι η πιθανότητα ενός σφάλματος λογισμικού να προκαλέσει μια αποτυχία. Έτσι, κατά το σχεδιασμό ενός δικτύου, είναι σημαντικό να εξισορροπήσουμε τον πλεονασμό έναντι της πολυπλοκότητας [5].

3.2 Τα μαθηματικά και η ιδέα πίσω από τον πλεονασμό στις συνδέσεις

Η πιθανότητα αστοχίας οποιασδήποτε συσκευής ή εξαρτήματος πρέπει πάντα να θεωρείται σε σχέση με την πάροδο του χρόνου, επειδή όταν κάτι αποτυγχάνει, η διόρθωσή του θα πάρει χρόνο. Εάν έχουμε μια περιττή διαδρομή, θέλουμε να βεβαιωθούμε ότι η αυτή η δεύτερη διαδρομή δεν θα αποτύχει εωσότου έχουμε χρόνο να διορθώσουμε την κύρια διαδρομή.

Σε πολλές περιπτώσεις, θα έχουμε ένα συμφωνημένο επίπεδο υπηρεσιών (Service Level Agreement) όπως για παράδειγμα το 99,9%. Αυτό είναι το κλάσμα του χρόνου που θα είναι διαθέσιμη η υπηρεσία. Μπορούμε να σκεφτούμε αυτόν τον αριθμό ως την πιθανότητα να μην συμβεί αποτυχία (p(όχι αποτυχία)). Η αφαίρεση του αριθμού αυτού από το 100% δίνει την πιθανότητα αποτυχίας.

Για παράδειγμα, ας υποθέσουμε ότι έχουμε δύο υπηρεσίες, και οι δύο με επίπεδο υπηρεσίας 99,9%. Καθεμιά έχει πιθανότητα αστοχίας 0,1% (ή 0,001). Η πιθανότητα και των δύο να αποτύχουν ταυτόχρονα είναι 0,001 x 0,001 = 0,000001. Μπορούμε να το μετατρέψουμε σε σχήμα SLA αφαιρώντας το από το 1 και εκφράζοντας το ως ποσοστό: 99,9999%.

3.2.1 Το κρυφό σημείο

Αλλά υπάρχει μια κρίσιμη κρυφή υπόθεση σε αυτό το μαθηματικό μοντέλο, που είναι ότι οι δύο πιθανότητες είναι εντελώς ανεξάρτητες η μία από την άλλη, κάτι που σπάνια ισχύει στην πληροφορική.

Για παράδειγμα, δύο κυκλώματα θα μπορούσαν αμφότερα να αποτύχουν ταυτόχρονα εξαιτίας ενός αυτοκινήτου που χτύπησε έναν τηλεφωνικό στύλο ή δύο κυκλώματα στο ίδιο δίκτυο MPLS[3] θα μπορούσαν και τα δύο να καταστούν μη διαθέσιμα ταυτόχρονα λόγω καταστροφής στον πυρήνα του δικτύου της εταιρείας κινητής τηλεφωνίας.

Αλλά ο μεγαλύτερος και συνήθως μοναδικός λόγος για αποτυχίες σε περιβάλλον πληροφορικής είναι το ανθρώπινο λάθος. Ο πλεονασμός τείνει να αυξάνει την πολυπλοκότητα και η πολυπλοκότητα αυξάνει τις πιθανότητες για ανθρώπινο λάθος.

Επομένως, η αύξηση του αριθμού των πλεοναζόντων συστημάτων δεν αυξάνει απαραίτητα τη συνολική αξιοπιστία. Και αυτό είναι το κλειδί για την αποτελεσματική χρήση του πλεονασμού: πρέπει να ελέγχουμε την πολυπλοκότητα[5].

3.2.2 Συμβουλές για την επίτευξη ελάχιστης πολυπλοκότητας

Θα πρέπει να εφαρμόσουμε κάποιους συγκεκριμένους κανόνες για να επιτύχουμε τον πλεονασμό, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα την πολυπλοκότητα:

- Πανομοιότυπες συσκευές με πανομοιότυπες συνδέσεις. Για παράδειγμα, στη θέση ενός κεντρικού switch θα μπορούσαν να τοποθετηθούν δύο πανομοιότυπα switches. Όταν αναφερόμαστε σε πανομοιότυπα, εννοούμε ότι πρέπει να είναι το ίδιο μοντέλο, να τρέχουν το ίδιο λογισμικό και θα πρέπει να έχουν τις ίδιες συνδέσεις όσο το δυνατόν περισσότερο.

[3] Το MPLS (Multiprotocol Label Switching) είναι ευρέως χρησιμοποιούμενη τεχνολογία δικτύωσης. Η προώθηση των πακέτων βασίζεται στις ετικέτες, που διαφημίζονται μεταξύ των δρομολογητών. Οι ετικέτες προστίθενται στα IP πακέτα, και οι δρομολογητές που τα λαμβάνουν αποφασίζουν για την προώθηση τους με βάση τις ετικέτες και όχι τις IP.

- Απλά πρωτόκολλα πλεονασμού. Υπάρχουν πολλοί τρόποι για την εφαρμογή του πλεονάζοντος δικτύου. Τα πιο αξιόπιστα πρωτόκολλα πλεονασμού περιλαμβάνουν την απλούστερη διαμόρφωση στις λιγότερες συσκευές. Για παράδειγμα, εάν χρειαζόμαστε ένα διαθέσιμο τείχος προστασίας, θα εφαρμόσουμε ένα ζευγάρι συσκευών, και θα χρησιμοποιήσουμε πάντα τους μηχανισμούς αποτυχίας του προμηθευτή. Τότε δεν χρειάζεται να ανησυχούμε για τη συμμετοχή του τείχους προστασίας σε πρωτόκολλα δρομολόγησης.

- Διατηρούμε τα πάντα παράλληλα. Ένα πράγμα που συχνά ταλαιπωρεί τους ανθρώπους είναι πώς να συνδέουν διαδοχικά επίπεδα διαφορετικών συσκευών. Το κόλπο είναι να τα διατηρήσουμε όλα παράλληλα. Δημιουργούμε μια διαδρομή Α και μια διαδρομή Β με σύνδεση cross-over σε κάθε επίπεδο. Η ιδέα είναι ότι οποιαδήποτε συσκευή μπορεί να αποτύχει εντελώς χωρίς να διαταράξει τη συνέχεια της διαδρομής από άκρο σε άκρο.

- Ποτέ δεν πρέπει να κάνουμε περισσότερα από όσα πρέπει να κάνουμε, όπως υποδηλώνει το προηγούμενο παράδειγμα. Είναι εύκολο να προχωρήσουμε περισσότερο στην εφαρμογή του πλεονασμού από ό,τι είναι απολύτως απαραίτητο. Σε πολλές περιπτώσεις, απαιτείται επιπλέον πλεονασμός και θα μπορούσε να παρέχει επιπλέον λειτουργικότητα. Αλλά εξετάζουμε προσεκτικά κάθε κομμάτι εξοπλισμού, κάθε σύνδεσμο και κάθε πρωτόκολλο. Για καθένα, θα πρέπει να ρωτήσουμε αν παρέχει αρκετές πρόσθετες λειτουργίες για να δικαιολογηθεί η πρόσθετη πολυπλοκότητα.

- Εάν έχουμε πολλά κέντρα δεδομένων, τα κάνουμε όσο το δυνατόν πιο πανομοιότυπα όσον αφορά την τοπολογία. Ομοίως, κάνουμε τα switch πρόσβασης όσο το δυνατόν πιο πανομοιότυπα. Χρησιμοποιούμε κοινές αναθέσεις VLAN παντού, έχουμε ένα κοινό σχήμα διευθύνσεων IP που λειτουργεί παντού. Κάνουμε την προεπιλεγμένη πύλη σε κάθε τμήμα να ακολουθεί έναν απλό κοινό κανόνα, όπως η πρώτη ή η τελευταία διεύθυνση IP. Εάν χρησιμοποιούμε πρωτόκολλα πλεονασμού όπως το HSRP, τα χρησιμοποιούμε παντού και τα ρυθμίζουμε με τον ίδιο τρόπο παντού. Όλη αυτή η ομοιότητα συμβάλλει στον περιορισμό της πιθανότητας ανθρώπινου σφάλματος.

3.2.3 Σχεδιασμός ενός δικτύου βασισμένο στον πλεονασμό

Υπάρχουν χρήσιμα πρωτόκολλα πλεονασμού σε πολλά διαφορετικά επίπεδα OSI. Το πρώτο πράγμα που πρέπει να σκεφτούμε είναι τι συμβαίνει σε κάθε στρώμα εάν χάσουμε οποιονδήποτε μεμονωμένο σύνδεσμο ή κομμάτι εξοπλισμού. Είναι προτιμότερο να δημιουργήσουμε λεπτομερή διαγράμματα δικτύου Layer 1-2 και Layer 3 που να δείχνουν κάθε πλαίσιο και κάθε σύνδεσμο.

Θα πρέπει να υποβάλουμε αυτές τις ερωτήσεις για κάθε στοιχείο:

- Τι συμβαίνει στο Layer 1 εάν μια συσκευή ή σύνδεσμος τεθεί εκτός λειτουργίας; Έχουμε ακόμα συνδεσιμότητα;
- Τι συμβαίνει στο Layer 2; Εξακολουθούμε να έχουμε συνέχεια όλων των VLAN[4] σε όλο το δίκτυο;
- Τι συμβαίνει στο Layer 3; Εξακολουθούμε να έχουμε μια προεπιλεγμένη πύλη σε κάθε τμήμα;

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα πλεονασμού, που δεν είναι όλα εξίσου ισχυρά. Θα πρέπει να επιλέξουμε κατάλληλα πρωτόκολλα για τον εξοπλισμό και το δίκτυό μας, αλλά εδώ παρουσιάζονται αυτά που χρησιμοποιούνται γενικά. Σε αυτά περιλαμβάνονται τα: LACP, STP, RSTP, HSRP, VRRP και GLBP. Τα πρωτόκολλα αυτά θα περιγραφούν αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

Στα επίπεδα 1 και 2, χρησιμοποιείται το Link Aggregation Control Protocol (LACP) για πλεονασμό συνδέσμου. Εντός των προδιαγραφών IEEE, το Link Aggregation Control Protocol (LACP) παρέχει μια μέθοδο για τον έλεγχο της ομαδοποίησης πολλών φυσικών θυρών για να σχηματίσουν ένα μόνο λογικό κανάλι. Το LACP επιτρέπει σε μια συσκευή δικτύου να διαπραγματευτεί μια αυτόματη δέσμευση συνδέσμων στέλνοντας πακέτα LACP στο peer[5].

[4] Οι συσκευές μέσα σε ένα VLAN λειτουργούν σαν να βρίσκονται στο δικό τους ανεξάρτητο δίκτυο ακόμη και αν στην ίδια υποδομή βρίσκονται άλλα VLANs δίκτυα.
Με απλά λόγια στο ίδιο switch μπορούμε με τον τρόπο αυτό να έχουμε πολλά δίκτυα χωρίς πρόβλημα.
[5]Απευθείας συνδεδεμένη συσκευή που εφαρμόζει επίσης LACP.

Χαρακτηριστικά LACP και πρακτικά παραδείγματα:

Ο μέγιστος αριθμός ομαδοποιημένων θυρών που επιτρέπονται στο κανάλι θύρας είναι από 1 έως 8. Τα πακέτα LACP αποστέλλονται με διεύθυνση MAC ομάδας πολλαπλής διανομής 01: 80: c2: 00: 00: 02. Κατά τη διάρκεια της περιόδου ανίχνευσης LACP τα πακέτα LACP μεταδίδονται κάθε δευτερόλεπτο.

Λειτουργία LACP:

Active: Ενεργοποιεί το LACP χωρίς όρους.

Passive: Ενεργοποιεί το LACP μόνο όταν εντοπίζεται μια συσκευή LACP. (Αυτή είναι η προεπιλεγμένη κατάσταση).

Η τεχνολογία Virtual Port Channel (VPC) της Cisco, είναι διαθέσιμη σε όλες τις συσκευές Nexus.Σημειώνουμε, ωστόσο, ότι τα περισσότερα πρωτόκολλα συγκέντρωσης συνδέσμων πολλαπλών πλαισίων έχουν σοβαρούς περιορισμούς. Το κατανεμημένο Trunking της HP, για παράδειγμα, χρησιμοποιείται καλύτερα για την παροχή περιττής συνδεσιμότητας για διακομιστές και μπορεί να έχει παράξενη συμπεριφορά κατά τη διασύνδεση ζευγών συσκευών. Το άλλο σημαντικό πρωτόκολλο Layer 2 που χρησιμοποιείται είναι το Spanning Tree Protocol (STP) και παρουσιάζεται στα επόμενα κεφάλαια. Στο Layer 3, οι μηχανισμοί πλεονασμού πρέπει να καθιστούν τις λειτουργίες δρομολόγησης διαθέσιμες όταν μια συσκευή αποτύχει. Η επιλογή του πρωτοκόλλου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες [5].

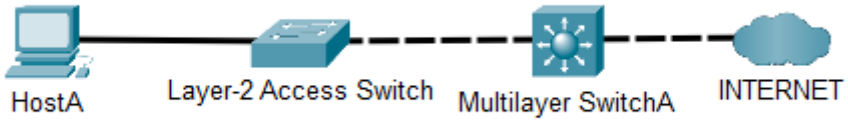
3.2.4 Μέγιστη διαθεσιμότητα με ελάχιστη πολυπλοκότητα

Ο στόχος είναι η μέγιστη διαθεσιμότητα με ελάχιστη πολυπλοκότητα. Επομένως, είναι ζωτικής σημασίας να διατηρήσουμε τη διαμόρφωση απλή. Θα πρέπει να μην εφαρμόσουμε πολλούς μηχανισμούς πλεονασμού που προσπαθούν να επιτύχουν την ίδια λογική λειτουργία. Όσον αφορά συγκεκριμένα τα πρωτόκολλα δρομολόγησης, θα πρέπει να σκεφτούμε εάν μπορούμε να ξεφύγουμε με μια στατική διαδρομή που δείχνει μια προεπιλεγμένη πύλη HSRP. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης πρέπει να διανέμουν πολλές πληροφορίες σε πολλές συσκευές και αυτό απαιτεί πάντα χρόνο. Τα HSRP και VRRP είναι και ταχύτερα και απλούστερα, οπότε θα πρέπει να τα χρησιμοποιήσουμε αν μπορούμε. Πάνω απ 'όλα, θα πρέπει να θυμόμαστε ότι η δημιουργία ενός πραγματικού δικτύου δεν είναι μια δοκιμή όπου πρέπει να αποδείξουμε την κατανόησή μας για κάθε επιλογή

διαμόρφωσης. Δεν θα αφαιρούνται πόντοι για τη χρήση στατικών διαδρομών και ασήμαντων προεπιλεγμένων διαμορφώσεων. Θα πρέπει να το κρατήσουμε απλό[5].

4. Πρωτόκολλα πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου

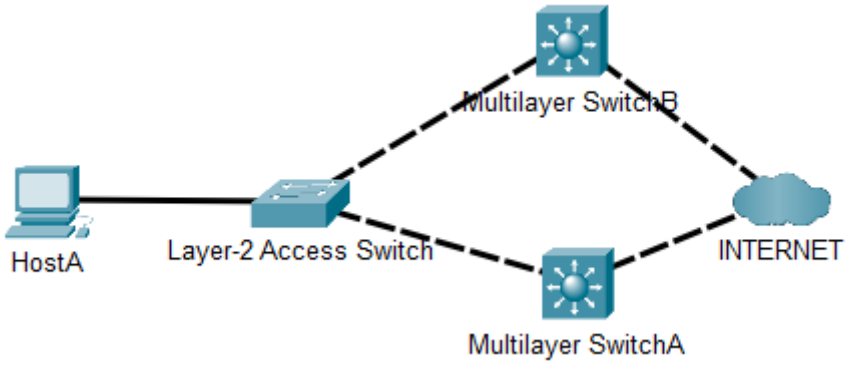
Η υψηλή διαθεσιμότητα είναι κρίσιμη στα περισσότερα περιβάλλοντα δικτύου.
Ακόμη και μια σύντομη διακοπή λόγω βλάβης υλικού μπορεί να θεωρηθεί απαράδεκτη. Ας εξετάσουμε το ακόλουθο παράδειγμα:



Εικόνα 8: Παράδειγμα προβλήματος δικτύου

Για να προσεγγίσει άλλα δίκτυα, ο HostA πρέπει να χρησιμοποιεί μία πύλη switch A. Η πύλη αντιπροσωπεύει ένα μόνο σημείο αποτυχίας σε αυτό το δίκτυο. Εάν η πύλη αποτύχει, ο κεντρικός υπολογιστής θα χάσει την πρόσβαση σε όλους τους πόρους πέρα από την πύλη[6].

Η χρήση πολλαπλών Router και switch πολλαπλών επιπέδων μπορεί να παρέχει πλεονασμό Layer-3 για όλες τις συσκευές του δικτύου.



Εικόνα 9: Παράδειγμα σωστής υλοποίησης

Ωστόσο, ο πλεονασμός στο Layer-3 πρέπει να είναι διαφανής σε κάθε κεντρικό υπολογιστή. Οι κεντρικοί υπολογιστές δεν πρέπει να ρυθμιστούν με πολλές προεπιλεγμένες πύλες [6].

Η Cisco υποστηρίζει 2 πρωτόκολλα σε επίπεδο Layer-2, και τρία πρωτόκολλα για την παροχή διαφανούς πλεονασμού Layer-3:

- Spanning Tree (STP)
- Rapid Spanning Tree (RSTP)
- Hot Standby Router Protocol (HSRP)
- Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)
- Gateway Load Balancing Protocol (GLBP)

4.1 Spanning Tree (STP)

Ένας βρόχος switch εμφανίζεται όταν δεν υπάρχει μηχανισμός χρονικής διάρκειας για να διαχειριστεί τις περιττές διαδρομές και να σταματήσει το πακέτο να κυκλοφορεί ατελείωτα στο δίκτυο. Ένα δίκτυο χωρίς βρόχο μπορεί να επιτευχθεί χειροκίνητα κλείνοντας τους περιττούς συνδέσμους μεταξύ δύο ή περισσότερων switch. Ωστόσο, αυτό δεν αφήνει πλεονασμό στο δίκτυο και απαιτεί μη αυτόματη παρέμβαση σε περίπτωση αποτυχίας σύνδεσης.

Το Spanning Tree Protocol (STP) είναι ένα πρωτόκολλο διαχείρισης συνδέσμων. Παρέχει ένα δίκτυο χωρίς βρόχο. Εάν υπάρχουν εναλλακτικοί σύνδεσμοι προς έναν προορισμό σε ένα switch, τότε μόνο ένας σύνδεσμος είναι υπεύθυνος για την προώθηση της κίνησης. Ο αλγόριθμος spanning tree εκτελείται σε ένα switch για ενεργοποίηση ή αποκλεισμό περιττών συνδέσμων. Ο αλγόριθμος spanning tree καθορίζει οποιαδήποτε περιττή διαδρομή. Εάν υπάρχει, επιλέγει ποια διαδρομή θα χρησιμοποιηθεί για την προώθηση πακέτων και ποια διαδρομή θα αποκλειστεί.
Ο αποκλεισμένος σύνδεσμος δεν μπορεί να προωθήσει την κίνηση. Ωστόσο, η διεπαφή σε λειτουργία αποκλεισμού συνεχίζει να ακούει, για αλλαγές στην τοπολογία δικτύου. Εάν ένας σύνδεσμος ή μια διεπαφή αποτύχει, η διαδικασία του STP ξεκινά ξανά. Το STP συνήθως διαρκεί από 30 έως 60 δευτερόλεπτα για να λειτουργήσει [1]. Για πολλά δίκτυα, ο χρόνος σύγκλισης από 30 έως 60 δευτερόλεπτα είναι πολύ υψηλός. Επομένως, απαιτείται η ενίσχυση του STP, για την επίτευξη ταχύτερων χρόνων σύγκλισης για περιττή σύνδεση[7].

4.2 Rapid Spanning Tree (RSTP)

Το RSTP είναι η ενίσχυση του πρωτοκόλλου spanning tree (STP) 802.1D. Το RSTP βοηθά με ζητήματα σύγκλισης που μαστίζουν το STP παλαιού τύπου. Το RSTP έχει επιπλέον χαρακτηριστικά παρόμοια με τα UplinkFast και BackboneFast που προσφέρουν καλύτερη ανάκτηση. Το RSTP απαιτεί μια σύνδεση διπλής όψης από σημείο σε σημείο μεταξύ παρακείμενων switch για γρήγορη σύγκλιση. Το RSTP επιταχύνει τον επανυπολογισμό του spanning tree όταν αλλάζει η τοπολογία δικτύου επιπέδου 2. Το STP διαρκεί 30 έως 60 δευτερόλεπτα για να επανασυνδέσει το δίκτυο, αλλά το πρωτόκολλο RSTP το μειώνει [2]. Το RSTP έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ταχύτερο χρόνο σύγκλισης ανάκτησης από αλλαγές τοπολογίας. Το RSTP προσθέτει μια νέα ονομασία θύρας για την ανάκτηση του δικτύου ανακατεύθυνσης. Αυτή η εναλλακτική θύρα λειτουργεί ως εφεδρική θύρα στη ριζική θύρα, εάν αποτύχει ο ενεργός σύνδεσμος.[8]

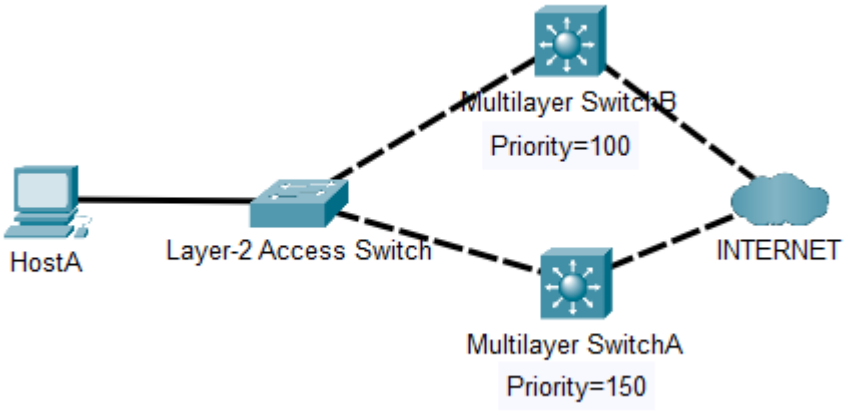
4.3 Hot Standby Routing Protocol (HSRP)

Η Cisco ανέπτυξε το ιδιόκτητο πρωτόκολλο Hot Standby Router (HSRP) που επιτρέπει σε πολλαπλούς δρομολογητές ή switch πολλαπλών επιπέδων να μεταμφιέζονται ως μία ενιαία πύλη. Αυτό επιτυγχάνεται εκχωρώντας μια εικονική διεύθυνση IP και MAC σε όλους τους δρομολογητές που συμμετέχουν σε μια ομάδα HSRP. Οι δρομολογητές εντός της ίδιας ομάδας HSRP πρέπει να έχουν τον ίδιο αριθμό ομάδας, ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από 0 έως 255. Ωστόσο, οι περισσότερες πλατφόρμες Cisco υποστηρίζουν μόνο 16 διαμορφωμένες ομάδες HSRP. Οι δρομολογητές HSRP αναλαμβάνουν συγκεκριμένους ρόλους:

• Active Router - ο δρομολογητής λειτουργεί αυτήν τη στιγμή ως πύλη.
• Standby Router - εφεδρικός δρομολογητής στον ενεργό δρομολογητή.
• Listening Router - όλοι οι άλλοι δρομολογητές που συμμετέχουν στο HSRP.

Επιτρέπεται μόνο ένας ενεργός και ένας δρομολογητής αναμονής ανά ομάδα HSRP. Έτσι, το HSRP παρέχει πλεονασμό Layer-3, αλλά δεν υπάρχει εγγενής εξισορρόπηση φορτίου. Τα πακέτα Hello χρησιμοποιούνται για την επιλογή ρόλων HSRP και για να διασφαλίσουν ότι όλοι οι δρομολογητές είναι λειτουργικοί. Εάν αποτύχει ο τρέχων ενεργός δρομολογητής, ο δρομολογητής αναμονής θα αναλάβει αμέσως τον ενεργό και επιλέγεται μια νέα κατάσταση αναμονής. Από προεπιλογή, τα πακέτα αποστέλλονται κάθε 3 δευτερόλεπτα. Ο

ρόλος ενός δρομολογητή HSRP υπαγορεύεται από την προτεραιότητά του. Η προτεραιότητα μπορεί να κυμαίνεται από 0 - 255, με προεπιλογή 100. Προτιμάται υψηλότερη προτεραιότητα.



Εικόνα 10: Παράδειγμα HSRP

Έτσι, ο δρομολογητής με την υψηλότερη προτεραιότητα επιλέγεται ο ενεργός δρομολογητής, switch B στο παραπάνω παράδειγμα. Ο δρομολογητής με τη δεύτερη υψηλότερη προτεραιότητα γίνεται ο δρομολογητής αναμονής, switch A στο παράδειγμα. Εάν όλες οι προτεραιότητες είναι ίσες, όποιος δρομολογητής έχει την υψηλότερη διεύθυνση IP στη διεπαφή HSRP του, επιλέγεται ο ενεργός δρομολογητής [6].

4.3.1 HSRP States

Μια διεπαφή δρομολογητή που συμμετέχει στο HSRP πρέπει να προχωρήσει σε διάφορες καταστάσεις πριν εγκατασταθεί σε έναν ρόλο: [6]

- Disabled
- Initial
- Learn
- Listen
- Speak
- Standby
- Active

Disabled: Μια κατάσταση απενεργοποίησης υποδεικνύει ότι η διεπαφή είτε δεν έχει ρυθμιστεί για HSRP, είτε είναι τερματισμένη.

Initial: Μια διεπαφή ξεκινά σε αρχική κατάσταση όταν διαμορφώνεται για πρώτη φορά με HSRP ή αφαιρείται από κατάσταση τερματισμού διαχειριστικά.

Learn: Μια διεπαφή εισέρχεται σε κατάσταση εκμάθησης εάν δεν γνωρίζει την εικονική διεύθυνση IP HSRP. Κανονικά, η εικονική IP διαμορφώνεται χειροκίνητα στη διεπαφή, διαφορετικά, θα την μάθει από τον τρέχοντα ενεργό δρομολογητή μέσω πακέτων.

Listen: Μια διεπαφή σε κατάσταση ακρόασης γνωρίζει την εικονική διεύθυνση IP, αλλά δεν επιλέχθηκε ως ενεργός ή ως δρομολογητής αναμονής.

Speak: Οι διεπαφές σε κατάσταση ομιλίας συμμετέχουν επί του παρόντος στην επιλογή ενός ενεργού δρομολογητή ή σε κατάσταση αναμονής. Οι επιλογές πραγματοποιούνται χρησιμοποιώντας πακέτα Hello, τα οποία αποστέλλονται κάθε 3 δευτερόλεπτα από προεπιλογή.

Srandby: Η κατάσταση αναμονής δείχνει ότι η διεπαφή λειτουργεί ως αντίγραφο ασφαλείας στον ενεργό δρομολογητή. Ο εφεδρικός δρομολογητής ανταλλάσσει συνεχώς hello πακέτα με τον ενεργό δρομολογητή και θα αναλάβει εάν ο ενεργός δρομολογητής αποτύχει.

Active: Μια διεπαφή σε ενεργή κατάσταση είναι η ζωντανή πύλη και θα προωθεί την κυκλοφορία που αποστέλλεται στην εικονική διεύθυνση IP. Οι κεντρικοί υπολογιστές θα χρησιμοποιούν την εικονική διεύθυνση IP ως την προεπιλεγμένη πύλη τους. Ο ενεργός δρομολογητής θα ανταποκρίνεται σε αιτήματα ARP για την εικονική IP με την εικονική διεύθυνση MAC. Σημειώστε ότι τα πακέτα hello ανταλλάσσονται μόνο σε τρεις καταστάσεις HSRP:

- Speak
- Standby
- Active

Οι διεπαφές σε κατάσταση ακρόασης θα ακούσουν μόνο πακέτα hello. Εάν ένας ενεργός ή εφεδρικός δρομολογητής αποτύχει, μια διεπαφή ακρόασης θα μεταβεί σε κατάσταση ομιλίας για να συμμετάσχει σε νέα επιλογή.

4.3.2 Βασικές ρυθμίσεις του HSRP

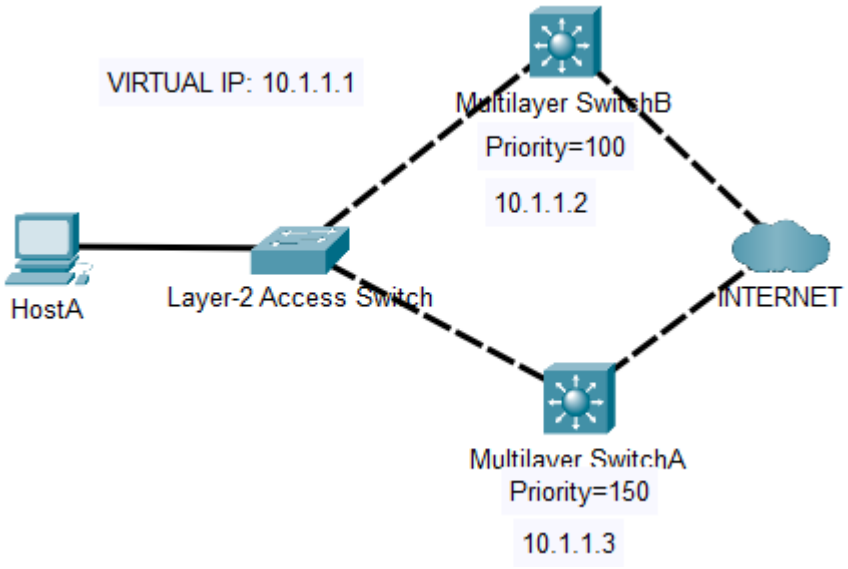
Το HSRP έχει ρυθμιστεί στη διεπαφή που δέχεται κίνηση από κεντρικούς υπολογιστές. Θυμηθείτε ότι η διεπαφή με την υψηλότερη προτεραιότητα επιλέγεται ως ενεργός δρομολογητής. Για να διαμορφώσετε την προτεραιότητα ενός δρομολογητή από την προεπιλογή του 100 ακολουθούμε τις ανάλογες εντολές: [6]

Router(config)# interface gi0/3
Router(config-if)# standby 1 priority 150

Η εντολή standby 1 καθορίζει την ομάδα HSRP στην οποία ανήκει η διεπαφή. Το HSRP μπορεί επίσης να διαμορφωθεί σε διεπαφή VLAN σε switch πολλαπλών επιπέδων:

switch B(config)# interface vlan 100
switch B(config-if)# standby 1 priority 150

Κάθε διεπαφή στην ομάδα HSRP διατηρεί την τοπική της διεύθυνση IP. Το HSRP σε αυτή την ομάδα έχει εκχωρήσει μια εικονική διεύθυνση IP, την οποία οι κεντρικοί υπολογιστές θα χρησιμοποιήσουν ως δικοί τους προεπιλεγμένη πύλη:



Εικόνα 11: Ρύθμιση HSRP

Για να διαμορφώσουμε την εικονική διεύθυνση IP HSRP:

switch A(config)# interface vlan 100
switch A(config-if)# ip address 10.1.1.2 255.255.255.0
switch A(config-if)# standby 1 ip 10.1.1.1

switch B(config)# interface vlan 100
switch B(config-if)# ip address 10.1.1.3 255.255.255.0
switch B(config-if)# standby 1 ip 10.1.1.1

Πρέπει να θυμόμαστε: ενώ κάθε switch πολλαπλών επιπέδων έχει διαμορφωθεί με τη δική του τοπική IP διεύθυνση, και οι δύο διαμορφώνονται με την ίδια εικονική διεύθυνση IP. Το HostA θα χρησιμοποιήστε αυτήν την εικονική διεύθυνση IP ως προεπιλεγμένη πύλη.

4.3.3 HSRP Timers

Τα πακέτα hello χρησιμοποιούνται για την επιλογή του ενεργού και του εφεδρικού δρομολογητή και για την ανίχνευση εάν υπάρχει αποτυχία. Από προεπιλογή, τα πακέτα hello ανταλλάσσονται κάθε 3 δευτερόλεπτα.

Τα πακέτα HSRP Hello αποστέλλονται στη διεύθυνση πολλαπλής διανομής 224.0.0.2 μέσω UDP θύρα 1985.

Εάν δεν λαμβάνονται πακέτα hello από τον ενεργό δρομολογητή εντός της αναμονής, ο δρομολογητής αναμονής θα υποθέσει ότι απέτυχε ο κύριος και θα αναλάβει ως ενεργός. Από

προεπιλογή, ο χρονοδιακόπτης αναμονής είναι τρεις φορές το χρονόμετρο hello ή 10 δευτερόλεπτα. [6]

Για να ρυθμίσουμε χειροκίνητα τα χρονόμετρα HSRP, μετρούμενα σε δευτερόλεπτα:

switch B(config-if)# standby 1 timers 4 12

Η πρώτη τιμή χρονοδιακόπτη αντιπροσωπεύει το χρονόμετρο hello, ενώ η δεύτερη αντιπροσωπεύει το χρονόμετρο αναμονής. Τα χρονόμετρα μπορούν επίσης να καθοριστούν σε χιλιοστά του δευτερολέπτου:

switch B(config-if)# standby 1 timers msec 800 msec 2400

4.3.4 Troubleshooting HSRP

Για να δείτε την κατάσταση κάθε ομάδας HSRP:

switch B# show standby

```
VLAN 100 - Group 1
  State is Active
    1 state changes, last state change 00:02:19
  Virtual IP address is 10.1.1.1
  Active virtual MAC address is 0000.0c07.ac01
    Local virtual MAC address is 0000.0c07.ac01 (bia)
  Hello time 3 sec, hold time 10 sec
    Next hello sent in 1.412 secs
  Preemption enabled, min delay 50 sec, sync delay 40 sec
  Active router is local
  Standby router is 10.1.1.2, priority 100 (expires in 6.158 sec)
  Priority 150 (configured 150)
    Tracking 0 objects, 0 up
```

Για να δείτε μια πιο συντομευμένη έκδοση:

switch B# *show standby brief*

```
P indicates configured to preempt.
|
Interface   Grp   Prio   P State   Active addr     Standby addr    Group addr
Vlan100     1     150    P Active  local           10.1.1.2        10.1.1.1
```

4.4 Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP)

Το Virtual Router Redundancy Protocol (VRRP) είναι ένα βιομηχανικό Πρωτόκολλο πλεονασμού 3ου επιπέδου, που ορίστηκε αρχικά στο RFC 2338. Το VRRP είναι σχεδόν πανομοιότυπο με το HSRP, με ορισμένες αξιοσημείωτες εξαιρέσεις: [6]

• Ο δρομολογητής με την υψηλότερη προτεραιότητα γίνεται ο κύριος δρομολογητής.

• Όλοι οι άλλοι δρομολογητές γίνονται εφεδρικοί δρομολογητές.

• Η εικονική διεύθυνση MAC είναι το δεσμευμένο 0000.5e00.01xx, με xx που αντιπροσωπεύει τον δεκαεξαδικό αριθμό ομάδας.

• Τα πακέτα hello αποστέλλονται κάθε 1 δευτερόλεπτο, από προεπιλογή, και αποστέλλονται σε διεύθυνση πολλαπλής διανομής 224.0.0.18.

• Το VRRP δεν μπορεί να παρακολουθεί απευθείας διεπαφές.

Η διαμόρφωση του VRRP είναι επίσης πολύ παρόμοια με το HSRP:

switch B(config)# interface vlan 100
switch B(config-if)# ip address 10.1.1.3 255.255.255.0
switch B(config-if)# vrrp 1 priority 150
switch B(config-if)# vrrp 1 authentication STAYOUT
switch B(config-if)# vrrp 1 ip 10.1.1.1

Όπως με το HSRP, η προεπιλεγμένη προτεραιότητα VRRP είναι 100 και η υψηλότερη προτεραιότητα είναι η προνομιούχος. Σε αντίθεση με το HSRP, η προτίμηση είναι ενεργοποιημένη από προεπιλογή.

Για να απενεργοποιήσετε την προεπιλογή με μη αυτόματο τρόπο:

switch (config-if)# no vrrp 1 preempt

Για να δείτε την κατάσταση κάθε ομάδας VRRP:

switch # *show vrrp*

```
Vlan 100 - Group 1
State is Master
Virtual IP address is 10.1.1.1
Virtual MAC address is 0000.5e00.0101
Advertisement interval is 3.000 sec
Preemption is enabled
min delay is 0.000 sec
Priority 150
Master Router is 10.1.1.3 (local), priority is 150
Master Advertisement interval is 3.000 sec
Master Down interval is 9.711 sec
```

4.4.1 HSRP & VRRP PseudoLoadbalaning

Ενώ τα HSRP και VRRP παρέχουν πολλές πύλες για ανοχή των σφαλμάτων,

Δεν παρέχουν εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ αυτών των πυλών.

Η Cisco όμως ισχυρίζεται ότι είναι δυνατή η εξισορρόπηση φορτίου.

Δύο ξεχωριστά HSRP ή VRRP μπορούν να διαμορφωθούν σε μία μόνο διεπαφή [6]:

switch A(config)# *interface vlan 100*
switch A(config-if)# *ip address 10.1.1.2 255.255.255.0*
switch A(config-if)# *standby 1 priority 150*
switch A(config-if)# *standby 1 preempt*
switch A(config-if)# *standby 1 ip 10.1.1.1*
switch A(config-if)# *standby 2 priority 50*
switch A(config-if)# *standby 2 preempt*
switch A(config-if)# *standby 2 ip 10.1.1.254*
switch B(config)# *interface vlan 100*
switch B(config-if)# *ip address 10.1.1.3 255.255.255.0*
switch B(config-if)# *standby 1 priority 50*
switch B(config-if)# *standby 1 preempt*
switch B(config-if)# *standby 1 ip 10.1.1.1*
switch B(config-if)# *standby 2 priority 150*
switch B(config-if)# *standby 2 preempt*
switch B(config-if)# *standby 2 ip 10.1.1.254*

Στην παραπάνω διαμόρφωση, σε κάθε ομάδα HSRP έχει ανατεθεί μία μοναδική εικονική διεύθυνση IP 10.1.1.1 και 10.1.1.254 αντίστοιχα. Με προτεραιότητα, κάθε switch πολλαπλών επιπέδων θα γίνει ο ενεργός δρομολογητής για ένα HSRP Group και ο δρομολογητής αναμονής για την άλλη ομάδα HSRP.

switch A# *show standby brief*

```
Interface  Grp Prio P State    Active addr   Standby addr   Group addr
Vlan100    1   150  P Active   local         10.1.1.3       10.1.1.1
Vlan100    2   50   P Standby  10.1.1.3      local          10.1.1.254
```

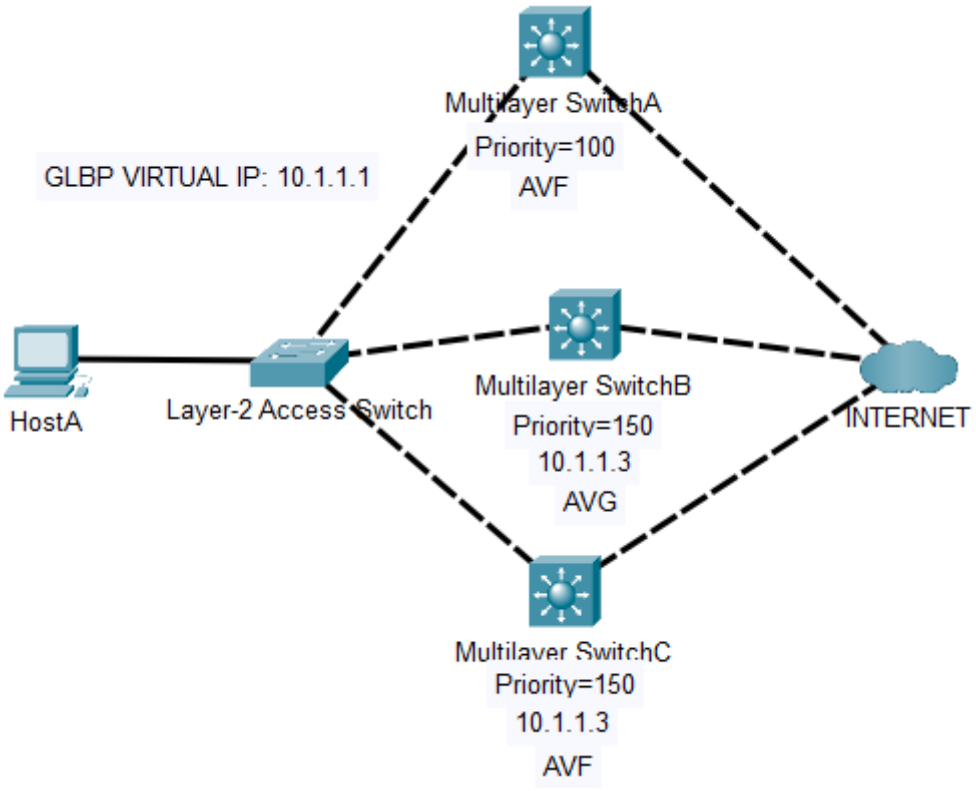
switch B# *show standby brief*

```
Interface  Grp Prio P State    Active addr   Standby addr   Group addr
Vlan100    1   50   P Standby  10.1.1.2      local          10.1.1.1
Vlan100    2   150  P Active   local         10.1.1.2       10.1.1.254
```

Για να επιτευχθεί εξισορρόπηση φορτίου με αυτήν τη ρύθμιση HSRP, οι μισοί από τους κεντρικούς υπολογιστές στο VLAN 100 πρέπει να οδηγούν την κίνηση στην πρώτη εικονική διεύθυνση ως πύλη 10.1.1.1. Το άλλο μισό group πρέπει να χρησιμοποιήσει την άλλη εικονική διεύθυνση ως πύλη 10.1.1.254.

4.5 Gateway Load Balancing (GLBP)

Για να ξεπεράσει τις ελλείψεις σε HSRP και VRRP, η Cisco ανέπτυξε το ιδιόκτητο πρωτόκολλο εξισορρόπησης φορτίου Gateway Load Balancing Protocol (GLBP). Οι δρομολογητές προστίθενται σε μια ομάδα GLBP, με αριθμό 0 έως 1023. Σε αντίθεση με το HSRP και VRRP, πολλαπλοί δρομολογητές GLBP μπορούν να είναι ενεργοί, επιτυγχάνοντας πλεονασμό και εξισορρόπηση φορτίου ταυτόχρονα. Μια προτεραιότητα εκχωρείται σε κάθε διεπαφή GLBP. Η διεπαφή με την υψηλότερη προτεραιότητα γίνεται το Active Virtual Gateway (AVG). Αν οι προτεραιότητες είναι ίσες, η διεπαφή με το υψηλότερο IP θα γίνει το AVG [6].



Εικόνα 12: GLBP Υλοποίηση

Οι δρομολογητές στην ομάδα GLBP έχουν μια μοναδική διεύθυνση IP. Οι τελικές συσκευές θα χρησιμοποιήσουν αυτήν την εικονική διεύθυνση ως την προεπιλεγμένη πύλη τους. Το AVG θα ανταποκριθεί για αιτήματα ARP για την εικονική IP με την εικονική διεύθυνση MAC ενός ενεργού Virtual Forwarder (AVF). Έως και τρεις δρομολογητές μπορούν να επιλεγούν ως AVF. Το AVG εκχωρεί μία εικονική MAC διεύθυνση σε κάθε AVF και στον εαυτό του, για μέγιστο σύνολο 4 εικονικών MAC διευθύνσεων. Μόνο τα AVG και AVF μπορούν να προωθήσουν την κίνηση στους κεντρικούς υπολογιστές. Οποιοσδήποτε

δρομολογητής δεν εκλέγεται ως AVF ή AVG θα γίνει δευτερεύων Virtual Forwarder (SVF) και θα περιμένει σε κατάσταση αναμονής έως ότου αποτύχει ένα AVF.

Η βασική διαμόρφωση GLBP είναι σχεδόν ίδια με την HSRP:

switch B(config)# *interface gi2/22*
switch B(config-if)# *glbp 1 priority 150*
switch B(config-if)# *glbp 1 preempt*
switch B(config-if)# *glbp 1 ip 10.1.1.1*

Η διεπαφή με την υψηλότερη προτεραιότητα επιλέγεται ως AVG. Η προτίμηση είναι απενεργοποιημένη από προεπιλογή με το GLBP. Τι καθορίζει εάν ένας δρομολογητής γίνεται AVF ή SVF; Σε κάθε δρομολογητή εκχωρείται μία τιμή, η προεπιλεγμένη τιμή είναι η 100. Μία υψηλότερη τιμή είναι η προνομιούχος.

Το AVG εκχωρεί μια εικονική διεύθυνση MAC στον εαυτό της και έως και τρία AVF. Ο AVG θα ανταποκριθεί σε αιτήματα ARP για την εικονική διεύθυνση IP με μία από αυτές τις εικονικές διευθύνσεις MAC. Αυτό επιτρέπει στο GLBP να παρέχει εξισορρόπηση φορτίου.

Το GLBP υποστηρίζει τρεις μεθόδους εξισορρόπησης φορτίου:
• Round Robin
• Weighted
• Host-dependent

Η προεπιλεγμένη μέθοδος εξισορρόπησης φορτίου είναι το Round Robin ανά κεντρικό υπολογιστή. Κυκλοφορία από τους κεντρικούς υπολογιστές κατανέμονται εξίσου σε όλους τους δρομολογητές της ομάδας GLBP. Το AVG θα ανταποκριθεί στο πρώτο αίτημα κεντρικού υπολογιστή ARP με την πρώτη εικονική διεύθυνση MAC. Το δεύτερο αίτημα ARP θα λάβει τη δεύτερη εικονική διεύθυνση MAC κ.λπ.
Η σταθμισμένη μέθοδος εξισορρόπησης φορτίου θα κατανέμει την κίνηση αναλογικά με βάση το βάρος του δρομολογητή. Οι δρομολογητές με υψηλότερο βάρος θα λάβουν ένα αναλογικά υψηλότερο ποσοστό κίνησης.

Η εξισορρόπηση φορτίου που εξαρτάται από τον κεντρικό υπολογιστή θα παρέχει στην κεντρική συσκευή το ίδιο εικονική διεύθυνση MAC κάθε φορά που εκτελεί ένα αίτημα ARP.

Η μέθοδος εξισορρόπησης φορτίου πρέπει να διαμορφωθεί στο AVG:

switch B(config-if)# *glbp 1 load-balancing round-robin*
switch B(config-if)# *glbp 1 load-balancing weighted*
switch B(config-if)# *glbp 1 load-balancing host-dependent*

Σχετικά με το GLBP:

• Τα πακέτα hello αποστέλλονται κάθε 3 δευτερόλεπτα.

• Τα πακέτα hello αποστέλλονται στη διεύθυνση πολλαπλής διανομής 224.0.0.102.

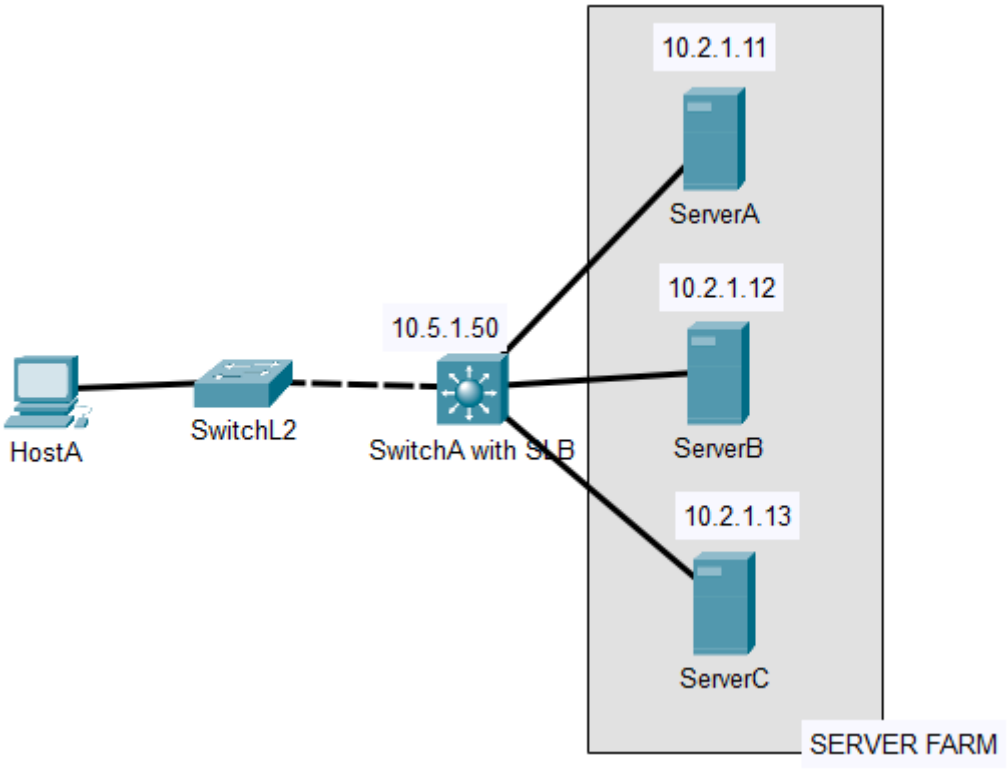
• Ο προεπιλεγμένος χρόνος αναμονής είναι 10 δευτερόλεπτα.

• Η εικονική διεύθυνση MAC είναι το δεσμευμένο 0007.b4xx.xxyy, με xxxx
που αντιπροσωπεύει τον αριθμό ομάδας GLBP και yy αντιπροσωπεύει το AVF [6].

4.6 Server Load Balancing (SLB)

Οι HSRP, VRRP και GLBP παρέχουν πλεονασμό πύλης για hosts.Η Εξισορρόπηση φορτίου διακομιστή (SLB) επιτρέπει σε έναν δρομολογητή να εφαρμόζει μια εικονική διεύθυνση IP σε μια ομάδα διακομιστών. Κάθε διακομιστής στο σύμπλεγμα πρέπει να παρέχει την ίδια λειτουργία και να διαμορφώνεται ταυτόσημα, εκτός από τις διευθύνσεις IP. Οι κεντρικοί υπολογιστές υποβάλλουν αιτήματα σε μία εικονική διεύθυνση IP για πρόσβαση στο σύμπλεγμα διακομιστών. Εάν ένας μεμονωμένος διακομιστής αποτύχει, το σύμπλεγμα διακομιστών θα παραμείνει λειτουργικό, όσο τουλάχιστον ένας διακομιστής είναι συνδεδεμένος. Αυτό είναι επίσης χρήσιμο για απρόσκοπτη επισκευή διακομιστή και συντήρηση.

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει μία SLB υλοποίηση:



Εικόνα 13: Υλοποίηση SLB

5. Σύγκριση των πρωτοκόλλων πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου.

Ένα δίκτυο με υψηλή διαθεσιμότητα παρέχει εναλλακτικά μέσα με τα οποία είναι δυνατή η πρόσβαση σε όλες τις διαδρομές υποδομής και τους βασικούς διακομιστές ανά πάσα στιγμή. Τα RSTP, HSRP και GLBP διαθέτουν δυνατότητες λογισμικού που μπορούν να παραμετροποιηθούν ώστε να παρέχουν πλεονασμό στον κεντρικό υπολογιστή δικτύου. Αυτά τα πρωτόκολλα παρέχουν άμεσο σύνδεσμο failover και έναν μηχανισμό ανάκτησης. Εδώ προκύπτει ένα σημαντικό ζήτημα, σχετικά με το ποιο πρωτόκολλο είναι καλύτερο να παρέχει την υψηλή διαθεσιμότητα με κοινή χρήση φορτίου. Εάν συγκρίνουμε αυτά τα πρωτόκολλα (RSTP, HSRP και GLBP), μπορεί να συμφωνηθεί ότι το HSRP προσφέρει εγγενή χαρακτηριστικά για την παροχή πλεονασμού και κατανομής φορτίων. Ορισμένες καταστάσεις είναι οι ίδιες, αλλά ορισμένες καταστάσεις HSRP είναι πλεονεκτικές έναντι των RSTP και GLBP.

5.1 Hello Message

Με τον περιττό σύνδεσμο, ένα σύνολο δρομολογητών λειτουργεί μοιράζοντας μια διεύθυνση IP και μια διεύθυνση MAC (Επίπεδο 2). Δύο ή περισσότεροι δρομολογητές λειτουργούν ως ένας ενιαίος δρομολογητής. Για τον προσδιορισμό της παρουσίας περιττού συνδέσμου ή συσκευής χρησιμοποιείται το hello message. Το hello message δημιουργεί τα BPDU κάθε τρία δευτερόλεπτα. Οι συσκευές στέλνουν και λαμβάνουν keepalive μηνύματα στο HSRP μεταξύ των συσκευών δικτύου χρησιμοποιώντας τη διεύθυνση πολλαπλής διανομής 224.0.0.2 [9].

5.2 Failover Time

Ο στόχος των RSTP, HSRP και GLBP είναι να διατηρήσει περιττές συνδέσεις που επανενεργοποιούνται μόνο όταν συμβαίνουν αλλαγές τοπολογίας. Ωστόσο, διαφέρουν στον χρόνο που χρειάζεται για να συγκλίνουν μετά από μια αλλαγή τοπολογίας. Η σύγκλιση του RSTP είναι τρία συνεχόμενα hello message. Ο προεπιλεγμένος χρόνος hello είναι τρία δευτερόλεπτα [8]. Προκειμένου να επιτευχθεί ο γρήγορος χρόνος επανασυγκέντρωσης, η συμπεριφορά του RSTP έπρεπε να αλλάξει. Το HSRP παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής των χρονομετρητών hello HSRP. Αυτή η ρύθμιση χρονοδιακόπτη συντονίζει την απόδοση του HSRP. Οι χρονομετρητές hello and hold HSRP μπορούν να προσαρμοστούν σε τιμές χιλιοστών του δευτερολέπτου [9]. Με HSRP και GLBP, η τιμή του hello μπορεί να οριστεί από ένα έως το 255 [9].

5.3 Port State

Το RSTP παρέχει ταχεία σύγκλιση όταν αποτύχει ένας σύνδεσμος ή κατά την αποκατάσταση. Το RSTP διαθέτει τρεις βασικές λειτουργίες μιας θύρας switch, απόρριψη, εκμάθηση και προώθηση [8]. Σε όλες τις καταστάσεις θύρας, τα πλαίσια BPDU υποβάλλονται σε επεξεργασία. Οι καταστάσεις απόρριψης και εκμάθησης παρατηρούνται τόσο σε σταθερή ενεργό τοπολογία όσο και κατά τη διάρκεια των σταδίων συγχρονισμού και αλλαγής. Η κατάσταση προώθησης εμφανίζεται μόνο σε σταθερή ενεργή τοπολογία, επειδή η προώθηση των πλαισίων δεδομένων πραγματοποιείται μόνο μετά συγχρονισμό. Μόνο τρεις καταστάσεις εκτελούνται σε RSTP για σταθερό δίκτυο [8]. Ο δρομολογητής υπάρχει σε μία από τις καταστάσεις για το σταθερό δίκτυο. Όλοι οι δρομολογητές HSRP στην ομάδα εκτελούν μεταβάσεις σε όλες τις καταστάσεις. Για παράδειγμα, εάν υπάρχουν τρεις δρομολογητές στην ομάδα, όλοι οι δρομολογητές εκτελούν όλες τις καταστάσεις και

γίνονται ενεργοί και εφεδρικοί δρομολογητές. Ο χρόνος κράτησης είναι ίδιος σε RSTP και HSRP αλλά οι καταστάσεις είναι διαφορετικές.[8]

5.4 Χαρακτηριστικά βελτιστοποίησης

Τα HSRP και GLBP προσφέρουν επιλογές βελτιστοποίησης για να επιτρέπεται η βελτιστοποίηση του δικτύου. Το RSTP δεν παρέχει τέτοιου είδους δυνατότητες βελτιστοποίησης και τις επιλογές παρακολούθησης που έχουν τα HSRP και GLBP. Οι επιλογές παρακολούθησης παρακολουθούν την κατάσταση διεπαφής, όπως η δρομολόγηση IP. Το άλλο χαρακτηριστικό, είναι η τιμή προτεραιότητας. Η τιμή προτεραιότητας σε μια ομάδα αναμονής στο HSRP επιτρέπει την επιλογή ενεργού και εφεδρικού δρομολογητή [9]. Η επιλογή παρέχει τη δυνατότητα ενεργοποίησης του ενεργού δρομολογητή μετά την αποκατάσταση του συνδέσμου (εάν αποτύχει ο ενεργός δρομολογητής) [9]. Το RSTP δεν παρέχει δυνατότητες βελτιστοποίησης.

5.5 Ο ρόλος των ports

Ο ρόλος της θύρας είναι ο τρόπος χειρισμού των πλαισίων δεδομένων και καθορισμού του τελικού σκοπού μιας θύρας switch . Η πρόσθετη θύρα επιτρέπει στο RSTP να ορίσει μια θύρα διακόπτη αναμονής πριν από μια αποτυχία ή αλλαγή τοπολογίας. Η καθορισμένη θύρα προωθεί τα πλαίσια δεδομένων. Εάν η καθορισμένη θύρα αστοχήσει, τότε η εναλλακτική θύρα μετακινείται στην κατάσταση προώθησης [10].

5.6 Ο ρόλος των routers

Το HSRP διαθέτει έναν ενεργό και εφεδρικό δρομολογητή και περισσότεροι από ένας δρομολογητές λειτουργούν ως κατάσταση ακρόασης [9]. Ωστόσο, εάν συγκρίνουμε με το GLBP, το πρωτόκολλο διαθέτει έναν ενεργό δρομολογητή εικονικής πύλης (AVG) με την υψηλότερη προτεραιότητα μεταξύ όλων των δρομολογητών. Για τη δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας ή την κατάσταση αναμονής, έως τέσσερις δρομολογητές εικονικής προώθησης (AVG) βρίσκονται στο GLBP [11]. Τα HSRP και GLBP έχουν σημαντικά πλεονεκτήματα για τη βελτιστοποίηση της κατανομής φορτίου. Αν συγκρίνουμε με τους ρόλους θύρας στο RSTP, το HSRP διαθέτει ενεργούς και δρομολογητές αναμονής. Αυτή η δυνατότητα HSRP προσφέρει επαρκή λύση για να επιτρέψει τον πλεονασμό και την εξισορρόπηση φορτίου.

5.7 Εξισορρόπηση φόρτου

Για να μοιραστούμε την κυκλοφορία του δικτύου, απαιτείται εξισορρόπηση φορτίου. Ένα από τα μειονεκτήματα του RSTP είναι η εξισορρόπηση φορτίου. Το RSTP δεν παρέχει εξισορρόπηση φορτίου [8]. Από την άλλη πλευρά, το HSRP διευκολύνει την ισορροπία φορτίου για τη βελτιστοποίηση της κίνησης του δικτύου. Για να διευκολυνθεί η κοινή χρήση φορτίων, ένας μεμονωμένος δρομολογητής μπορεί να είναι μέλος πολλών ομάδων HSRP στο δίκτυο. Πολλές ομάδες αναμονής HSRP μπορούν να επιτρέψουν την κοινή χρήση φορτίων. Μπορεί να υπάρχουν έως και 255 ομάδες αναμονής HSRP σε οποιοδήποτε LAN [12]. Το GLBP εξαρτάται από τον κεντρικό υπολογιστή. Κάθε τελική συσκευή θα έχει πάντα το ίδιο εικονικό MAC [11]. Παρόλο που η σύγκριση δείχνει ότι το HSRP έχει αποτελεσματικά χαρακτηριστικά για την παροχή του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου, το GLBP υποστηρίζεται μόνο από συγκεκριμένες συσκευές της Cisco που δεν επαρκούν για λύση δικτύου. Κατά συνέπεια, το HSRP είναι το αποτελεσματικό πρωτόκολλο για την παροχή του πλεονασμού και της εξισορρόπησης φορτίου καθώς υποστηρίζει το IPv6. Το IPv6 παρέχει μια πιο ισχυρή ανακάλυψη δρομολογητή μέσω του πρωτοκόλλου εντοπισμού γειτονικών (NDP) [13].

5.8 EtherChannel

Το Etherchannel παρέχει το υψηλότερο εύρος ζώνης με γενικά χαμηλότερα κόστη. Το Etherchannel επιτρέπει τους δύο, τέσσερις ή οκτώ φυσικούς συνδέσμους Ethernet μεταξύ δύο συσκευών για τη δημιουργία ενός λογικού συνδέσμου Ethernet για την παροχή συνδέσμων υψηλής ταχύτητας και ανοχής σφαλμάτων.

Το Etherchannel επιτρέπει αυτές τις δυνατότητες και έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

• Επιτρέπει έναν λογικό σύνδεσμο πολύ υψηλού εύρους ζώνης

• Διαμορφώνεται μόνο στη λογική διεπαφή

• Παρέχει την εξισορρόπηση φορτίου μεταξύ των φυσικών συνδέσμων.

Υπάρχουν δύο πρωτόκολλα (PAgP ή LACP) που χρησιμοποιούνται για τη διαμόρφωση καναλιών μεταξύ συσκευών. Μόλις δημιουργηθεί ένα κανάλι, η εξισορρόπηση φορτίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τις συνδεδεμένες συσκευές για να χρησιμοποιήσει όλες τις θύρες του καναλιού.

Το Etherchannel είχε κάποιους περιορισμούς:

• Σε ένα Etherchannel, οι διασυνδέσεις πρέπει να διαμορφώνονται με τον ίδιο τρόπο: ταχύτητα, duplexing και VLAN.
• Το Etherchannel μπορεί να ρυθμιστεί μεχρι και σε οκτώ διασυνδέσεις [14].

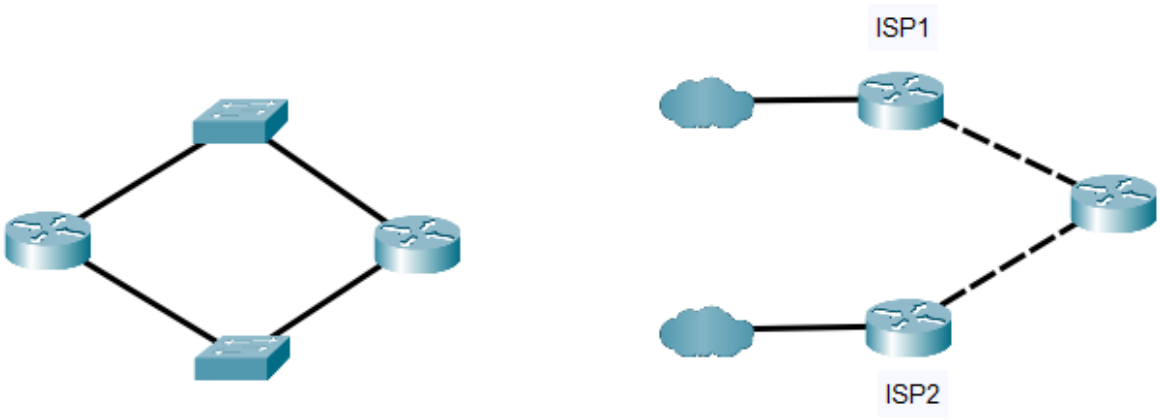
5.9 Link Aggregation

Ο συνδυασμός συνδέσμου είναι ένας διφορούμενος όρος που χρησιμοποιείται για τον ορισμό πολλών εφαρμογών και μη υποβαθμισμένων τεχνολογιών. Γενικά, ο συνδυασμός συνδέσμων αναφέρεται στον συνδυασμό πολλαπλών δικτύων παράλληλα για την αύξηση της απόδοσης και του πλεονασμού. Η σύνδεση δεσμών (π.χ. σύνδεση καναλιών, ομαδοποίηση, ομαδοποίηση) πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας δύο ή περισσότερους συνδέσμους μεταξύ φυσικών διεπαφών σε χαμηλότερο επίπεδο, είτε ανά πακέτο (επίπεδο OSI 3) είτε σε σύνδεση δεδομένων (στρώμα OSI 2). Εδώ, για παράδειγμα, αρκετοί σύνδεσμοι DSL μπορούν να είναι ισορροπημένοι με το φορτίο. Χρησιμοποιώντας πρότυπα όπως το LACP, οι σύνδεσμοι συνδυάζονται σε έναν λογικό σύνδεσμο, με την κυκλοφορία να κατανέμεται ομοιόμορφα. [18] Το σχήμα 14 απεικονίζει την αρχή της αύξησης της απόδοσης μεταξύ δύο συσκευών με δύο ή περισσότερους συνδέσμους. Αυτή η λύση αυξάνει την διαθέσιμη απόδοση μεταξύ δύο συσκευών χωρίς να χρησιμοποιείτε πολύ πιο ακριβό υλικό (2x1GBit έναντι 1x10GBit). [16]

Εικόνα 14:Link Aggregation

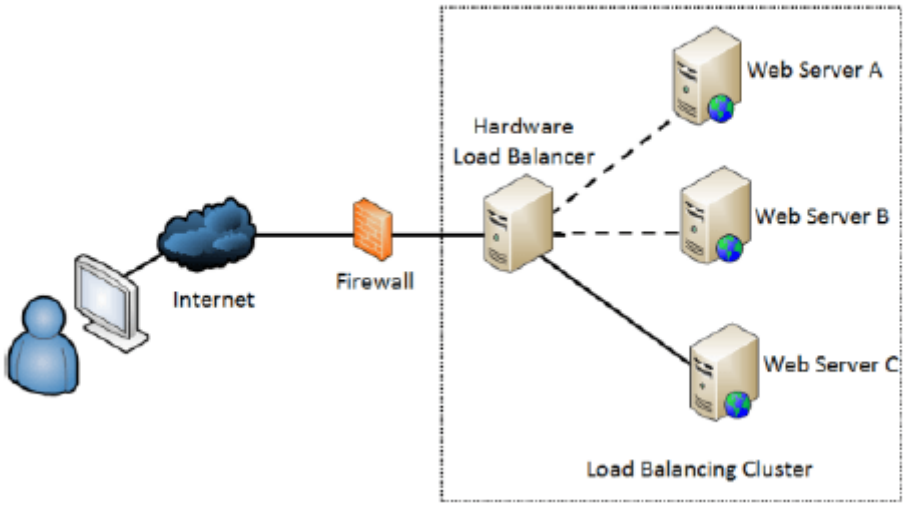
Η εξισορρόπηση φορτίου είναι ένας συχνά χρησιμοποιούμενος όρος κατά την περιγραφή της σύνδεσης συνδέσεων. Αυτή η προσέγγιση διαφοροποιεί το μέγεθος της εργασίας που πρέπει να κάνει ένας υπολογιστής μεταξύ δύο ή περισσότερων υπολογιστών. Διαιρεί την κίνηση μεταξύ διασυνδέσεων δικτύου σε βάση υποδοχής δικτύου (επίπεδο OSI 4).
Κατά συνέπεια, περισσότερη δουλειά γίνεται στον ίδιο χρόνο και, γενικά, σε όλους τους χρήστες έχουμε ταχύτερη εξυπηρέτηση. Η εξισορρόπηση φορτίου στοχεύει στη βελτιστοποίηση της χρήσης πόρων, στη μεγιστοποίηση της απόδοσης, στην ελαχιστοποίηση του χρόνου απόκρισης και στην αποφυγή υπερφόρτωσης οποιουδήποτε μεμονωμένου πόρου. Η εξισορρόπηση φορτίου συνήθως περιλαμβάνει αποκλειστικό λογισμικό ή υλικό,

όπως έναν switch πολλαπλών επιπέδων ή μια διαδικασία διακομιστή Domain Name System (DNS) [16].



Εικόνα 15: Εξισορρόπηση φόρτου

Η εξισορρόπηση φορτίου διαφέρει από τη σύνδεση καναλιών, έτσι ώστε η εξισορρόπηση φορτίου να μπορεί να εφαρμοστεί με υλικό, λογισμικό ή συνδυασμό και των δύο. Σε ένα σύμπλεγμα που βασίζεται σε υλικό, η συσκευή υλικού ελέγχει όλη την κίνηση προς τους διακομιστές του συμπλέγματος εξισορρόπησης φορτίου. Σε έναν εξισορροπητή φόρτωσης που βασίζεται σε λογισμικό, καθένας από τους διακομιστές στο σύμπλεγμα εξισορρόπησης φορτίου περιλαμβάνει λογισμικό για την υποστήριξη του συμπλέγματος.



Εικόνα 16: Υλοποίηση Load Balancing Cluster

Όταν ένας χρήστης συνδέεται σε έναν ιστότοπο, ο εξισορροπητής φορτίου χρησιμοποιεί έναν αλγόριθμο για να κατευθύνει τον χρήστη σε έναν συγκεκριμένο διακομιστή ιστού.

Διαφορετικοί χρήστες συνδέονται με διαφορετικούς διακομιστές ιστού και το συνολικό αποτέλεσμα είναι ότι το φορτίο είναι ισορροπημένο μεταξύ κάθε διακομιστή. Η εξισορρόπηση φορτίου είναι συνήθως ο κύριος λόγος για τη συγκέντρωση διακομιστών υπολογιστών [17].

Οι εταιρείες των οποίων οι ιστότοποι λαμβάνουν μεγάλο όγκο επισκεψιμότητας χρησιμοποιούν συνήθως εξισορρόπηση φορτίου. Για την υπηρεσία Web, μια μέθοδος είναι να δρομολογηθεί κάθε αίτημα με τη σειρά του σε μια διαφορετική διεύθυνση κεντρικού υπολογιστή διακομιστή σε έναν πίνακα DNS. Σε πολλές περιπτώσεις, εάν δύο διακομιστές εξισορροπούν ένα φορτίο εργασίας, απαιτείται ένας τρίτος διακομιστής για να προσδιορίσει σε ποιον διακομιστή θα εκχωρήσει την εργασία. Δεδομένου ότι ένα σύστημα εξισορρόπησης φορτίων απαιτεί πολλούς διακομιστές, συνήθως συνδυάζεται με διακομιστές failover και backup. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι διακομιστές κατανέμονται σε διαφορετικές γεωγραφικές τοποθεσίες [18].

Με την εξισορρόπηση φορτίου, είναι δυνατή η εξισορρόπηση της κίνησης σε διάφορες τεχνολογίες δικτύου. Οι εφαρμογές διανέμονται σε διαφορετικούς συνδέσμους, αξιοποιώντας έτσι το εύρος ζώνης των επιμέρους συνδέσμων παράλληλα. Λόγω αυτού του λόγου, οι εφαρμογές έχουν πρόσβαση μόνο στο εύρος ζώνης ενός μεμονωμένου συνδέσμου, αλλά όχι στο άθροισμα όλων των συνδέσμων. Εάν πέσει ένας σύνδεσμος, επηρεάζονται όλες οι εφαρμογές που μεταδίδουν δεδομένα μέσω του συνδέσμου. Εάν η ποιότητα της σύνδεσης μειώνεται σταδιακά, είναι αδύνατο να δρομολογηθεί η εφαρμογή (π.χ. IP τηλεφωνία ή SIP trunking) σε διαφορετικό σύνδεσμο[15].

6. ISP σε Εθνικό επίπεδο

6.1 Εισαγωγή

Αυτό το κεφάλαιο εξηγεί εν συντομία την υποδομή ενός ISP και περιγράφει τον τρόπο λειτουργίας του δικτύου του. Στη συνέχεια επισημαίνονται οι τύποι μεθόδων διευθυνσιοδότησης δικτύου, περιγράφονται οι μέθοδοι σύνδεσης ενός ISP και οι σχέσεις μεταξύ τους.

6.2 Αρχιτεκτονικές ISP Δικτύου

Η κύρια δομή του δικτύου περιλαμβάνει ένα σύνολο από βασικά στοιχεία [19]:

• Διάταξη πρωτοκόλλου IGP[6]
• Διάταξη δικτύου
• Μεθοδολογία διευθυνσιοδότησης
• Συνδεσιμότητα πελατών με έναν ISP
• Transit και Peering συνδέσεις

6.2.1 IGP – Interior Gateway Protocol

Τα πιο δημοφιλή IGPs που χρησιμοποιούνται σε δίκτυα ISP είναι τα OSPF[7] και IS-IS[8]. Τα πρωτόκολλα IGP μπορούν να ρυθμιστούν σε περιβάλλον πολλαπλών περιοχών ή μονών περιοχών. Το IGP χρησιμοποιείται στο δίκτυο ISP για την υποστήριξη της υποδομής του BGP. Το IGP πρέπει να συγκεντρώνει μόνο τους δρομολογητές του δικτύου ISP, όχι τους δρομολογητές του πελάτη, ανεξάρτητα από το εάν διαχειρίζονται αυτοί οι δρομολογητές από τον ISP ή όχι. [20]

6.2.2 Διάταξη Δικτύου

Υπάρχουν πολλά βασικά στοιχεία που πρέπει να επιτευχθούν για να υλοποιηθεί σταθερό και επεκτάσιμο δίκτυο [19]:

• Ιεραρχία - είναι η πιο σημαντική τεχνική υποστήριξης της επεκτασιμότητας ενός δικτύου. Η ιεραρχία διαχέει την πολυπλοκότητα του δικτύου και μειώνει το ζήτημα της συγκέντρωσης.

• Modularity — αυξάνει την επεκτασιμότητα, την προβλεψιμότητα και την καλύτερη διαχείριση της ροής της κίνησης του δικτύου. Βελτιώνει επίσης τις διαδικασίες δικτύου αντιμετώπισης προβλημάτων.

• Πλεονασμός - μειώνει την πρόσκρουση και την αστοχία της συσκευής. Είναι σημαντικό για ένα δίκτυο χωρίς διακοπές.

[6] Ένα πρωτόκολλο εσωτερικών πυλών (Interior Gateway Protocol - IGP) είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο χρησιμοποιείται στο εσωτερικό ένος αυτόνομου συστήματος.
[7] Το open shortest path first (OSPF) είναι ιεραρχικό πρωτόκολλο δρομολόγησης εσωτερικών πυλών (interior gateway protocol (IGP)) με βάση την κατάσταση της σύνδεσης (link-state), για δρομολόγηση σε δίκτυα υπολογιστών.
[8] Το Intermediate System to Intermediate System (IS-IS, επίσης ISIS) είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης που έχει σχεδιαστεί για να μεταφέρει πληροφορίες αποτελεσματικά σε ένα δίκτυο υπολογιστών, μια ομάδα φυσικών συνδεδεμένων υπολογιστών ή παρόμοιων συσκευών.

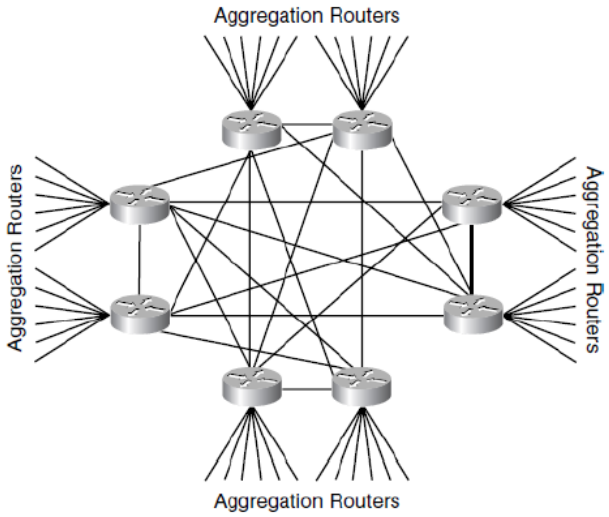
• Απλότητα - τα συστήματα δικτύου είναι ήδη πολύπλοκα, επομένως η απλότητα στη σχεδίαση δικτύου είναι απαραίτητη για τη μείωση των λαθών. Στα δίκτυα ISP, ο τεράστιος αριθμός πληροφοριών δρομολόγησης αυξάνει το φορτίο στους δρομολογητές που αυξάνουν την πιθανότητα αντιμετώπισης προβλημάτων.

Η ιεραρχία χωρίζεται σε τρία κύρια συστατικά:
• The network core layer (Βασικό επίπεδο, Επίπεδο Κορμού).
• The aggregation layer (Επίπεδο Συγκέντρωσης).
• The network edge layer (Επίπεδο Πρόσβασης)

Το Επίπεδο Κορμού (Core Layer)

Είναι το ανώτερο στρώμα της ιεραρχίας. Το βασικό στρώμα, σχήμα 17, είναι υπεύθυνο για την αλλαγή πακέτων με ρυθμό γραμμής. Το βασικό στρώμα αποτελείται από μερικούς δρομολογητές. συνήθως λιγότερο από 20, που όλοι συνδέονται πλήρες πλέγμα. Ο πυρήνας δικτύου παρέχει συνδεσιμότητα για το επίπεδο συγκέντρωσης.

Οι κεντρικοί δρομολογητές τερματίζουν δύο τύπους συνδέσμων: βασικούς συνδέσμους που συνδέονται με τους άλλους βασικούς δρομολογητές και συνδέσμους ανόδου που συνδέονται με τους δρομολογητές του επόμενο επιπέδου για να παρέχουν συνδεσιμότητα [19].



Εικόνα 17: Core επίπεδο ISP

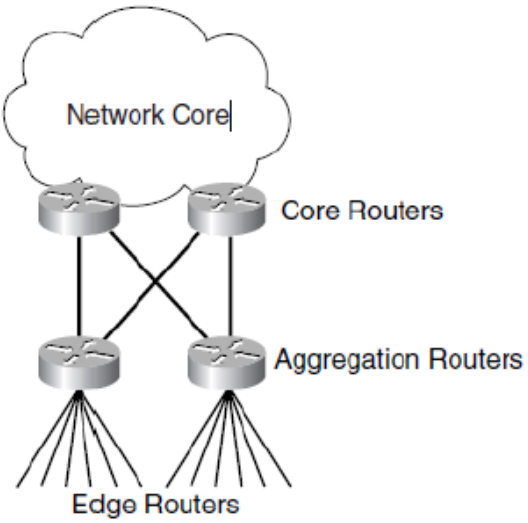
Το Επίπεδο Συγκέντρωσης (Aggregation Layer)

Το επίπεδο συγκέντρωσης, σχήμα 18 , μειώνει την επιπλοκή των κεντρικών δρομολογητών, ενώ κατανέμει την κίνηση του κυκλώματος και μειώνει τις συνεδρίες BGP που τερματίζονται στο επίπεδο κορμού. Στα μικρά δίκτυα, το επίπεδο συγκέντρωσης συχνά παραλείπεται.

Ένας δρομολογητής συγκέντρωσης τερματίζει δύο τύπους συνδέσμων: Uplinks, που συνδέονται με το Core Layer και Downlinks, που συνδέονται με το Edge Layer. Προκειμένου να παρέχεται πλεονασμός ζεύξεων, συνήθως, υπάρχουν δύο σύνδεσμοι από κάθε δρομολογητή συγκέντρωσης σε διαφορετικούς δρομολογητές επιπέδου κορμού. Επιπλέον, ο δρομολογητής στο επίπεδο συγκέντρωσης έχει διαμορφωθεί ως reflector για δύο δρομολογητές του επιπέδου κορμού.

Το επίπεδο συγκέντρωσης μειώνει την απαιτούμενη πυκνότητα για τη θύρα των δρομολογητών επιπέδου κορμού, και αυξάνει την επεκτασιμότητα του δικτύου. Οι δρομολογητές σε αυτό το επίπεδο δεν είναι άμεσα συνδεδεμένοι. Το επίπεδο συγκέντρωσης παίρνει το όνομά του από την παροχή συγκέντρωσης στους δρομολογητές άκρων.

Δύο ομότιμες ομάδες βρίσκονται στους δρομολογητές συγκέντρωσης.
Το πρώτο είναι το iBGP στους δρομολογητές του επιπέδου κορμού. Το δεύτερο είναι το iBGP στους Edge δρομολογητές. Αυτή η τεχνική βοηθά το δίκτυο να επεκταθεί [19].

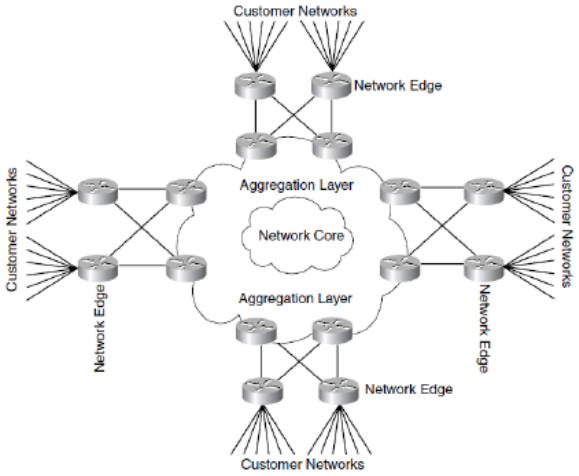


Εικόνα 18: Aggregation επίπεδο ISP

Το Επίπεδο Δικτύου (The Network Edge Layer)

Το επίπεδο του δικτύου, σχήμα 19, συνδέει το επίπεδο συγκέντρωσης με τις συνδέσεις των πελατών. Ο δρομολογητής στο επίπεδο δικτύου έχει Uplinks με δύο δρομολογητές στο επίπεδο συγκέντρωσης για πλεονασμό. Οι πολιτικές και οι υπηρεσίες δικτύου εφαρμόζονται στους δρομολογητές άκρου δικτύου. Οι ρυθμοί κυκλοφορίας στους δρομολογητές συγκέντρωσης και κορμού είναι υψηλότεροι από τους δρομολογητές άκρων δικτύων. Αυτό βελτιώνει την επεκτασιμότητα, επειδή η φόρτωση της κυκλοφορίας μοιράζεται σε μεγαλύτερο αριθμό συσκευών.

Σύμφωνα με την αρχιτεκτονική BGP, ο δρομολογητής άκρου είναι reflector διαδρομής του δρομολογητή συγκέντρωσης. Ο τερματικός δρομολογητής τερματίζει επίσης τις ανταλλαγές eBGP με πελάτες.



Εικόνα 19:Επίπεδο δικτύου ISP με συνδέσεις πελατών

6.3 Μεθοδολογία Διευθυνσιοδότησης Δικτύου

Οι διευθύνσεις υποδομής του ISP είναι δύο τύποι διευθύνσεων, οι loopback και διευθύνσεις συνδέσμων.

Loopback Διευθύνσεις

Είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε φυσική διασύνδεση ενώ, ο δρομολογητής είναι η μόνη συσκευή στο υποδίκτυο.. Η διεύθυνση loopback που δεν χρησιμοποιείται για το RP Any-cast θα πρέπει να χρησιμοποιείται ως αναγνωριστικό δρομολογητή BGP. Αυτό αποτρέπει

την πιθανότητα αποτυχίας της υποδομής BGP να επαναλάβει τα αναγνωριστικά δρομολογητών BGP που υπάρχουν στο δίκτυο [21].

Διεύθυνση συνδέσμου

Το μοντέλο σύνδεσης backbone είναι μια σύνδεση από σημείο σε σημείο, μόνο δύο συσκευών σε ένα υποδίκτυο. Το υποδίκτυο /31 χωρίς διεύθυνση δικτύου ή μετάδοσης κεφαλαιοποιεί την αποτελεσματικότητα της διεύθυνσης κατά τη διαμόρφωση της διεύθυνσης σύνδεσης [22].

Διεύθυνση πελατών

Το τυπικό μοντέλο για τη διαχείριση των IP πελατών είναι η μετάδοση τους σε BGP και όχι στο IGP. Υπάρχει επίσης η πρόσθετη δυσκολία που ο πελάτης συχνά μεταφέρει στο σπίτι τον εξοπλισμό ή περιστασιακά μετακινείται και πρέπει να γίνει επαναφορά. Η διατήρηση μιας αυστηρής δομής αντιμετώπισης τομέων μπορεί να γίνει διοικητικό πρόβλημα που δεν υποστηρίζεται από τεχνικά οφέλη.

6.4 Συνδεσιμότητα πελατών με έναν ISP

Οι ISP χρησιμοποιούν δύο γενικές τεχνικές για την αντιμετώπιση πληροφοριών προθέματος από συνδέσεις πελατών. Αυτές οι τεχνικές εξετάζουν το BGP με τον πελάτη και τη στατική διαδρομή που εφαρμόζεται στον άκρο του δρομολογητή και στη συνέχεια αναδιανέμουν τις πληροφορίες προθέματος στο BGP.

BGP Peering

Πολλαπλοί πελάτες ή πελάτες που χρειάζονται τη δυνατότητα να διαφημίζουν δυναμικά τα προθέματα χρησιμοποιούν peering BGP. Ο πελάτης πολλαπλών σημείων σε διαφορετικούς ISP θα πρέπει να έχει έναν μοναδικό δημόσιο αυτόνομο αριθμό συστήματος. Όμως, εάν ο πελάτης είναι πολλών περιοχών σε έναν ISP ή χρειάζεται τη δυνατότητα να διαφημίζει δυναμικά προθέματα, χρησιμοποιούνται δύο τεχνικές χωρίς μοναδικό δημόσιο αυτόνομο σύστημα [23].
Αυτές οι τεχνικές είναι:

• Γενικός πελάτης ASN: Ο πάροχος υπηρεσιών διαδικτύου λαμβάνει μεμονωμένο ASN από την αναθέτουσα αρχή για αυτόν και τους πελάτες του.

• Ιδιωτικό ASN: για χρήση ενός ASN στην περιοχή 64512 έως 65535 που προορίζονται για ιδιωτική χρήση. Αυτά τα ASN χρησιμοποιούνται τοπικά, οπότε ο ISP θα πρέπει να καταργήσει το ιδιωτικό ASN πριν στείλει πληροφορίες για το δημόσιο Διαδίκτυο.

Αναδιανομή στατικής διαδρομής

Αυτή η μέθοδος εφαρμόστηκε στον δρομολογητή edge ISP για να παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης των πελατών και να αποτρέψει τα γενικά έξοδα για BGP peering. Μια στατική διαδρομή προς τον ISP πρέπει να εφαρμοστεί στον δρομολογητή πελατών. Όταν η διαδρομή εισάγεται στο BGP κατά την αναδιανομή, η προέλευση έχει οριστεί ως ημιτελής. Ο ISP αναδιανέμει συνήθως τις διαδρομές πάνω από ένα χάρτη διαδρομών για να ορίσει με μη αυτόματο τρόπο την προέλευση στο IGP . Η χρήση route maps για φιλτράρισμα της ανακατανομής ενδέχεται να μειώσει τα σφάλματα διαμόρφωσης [19].

6.5 Transit και Peering ISP

Αυτό το μέρος αφορά τη σύνδεση upstream ISP στο Διαδίκτυο. Υπάρχουν τρεις βασικοί τύποι συνδεσιμότητας upstream:

• Transit.

• Peering (δημόσια και ιδιωτική)

• Επίπεδα ISP και Peering.

Transit Connectivity

Αυτό σημαίνει ότι ο ISP αγοράζει πλήρη σύνδεση στο Διαδίκτυο από έναν άλλο ISP. Είναι δημοφιλές σε μικρές και μεσαίες υπηρεσίες παροχής Internet. Οι πελάτες αγοράζουν υπηρεσίες διαμετακόμισης από έναν πάροχο υπηρεσιών διαδικτύου, πράγμα που σημαίνει ότι οι πελάτες διαμετακομίζουν το δίκτυό τους για να φτάσουν σε έναν προορισμό στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας έναν άλλον ISP.

Peering

Όταν υπάρχουν δύο ISP μεταξύ τους, αυτό σημαίνει ότι μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους και οι πελάτες τους μέσω αυτής της σύνδεσης. Ο όρος peering αναφέρεται σε δημόσιο και ιδιωτικό peering. Η ανταλλαγή γενικών δεδομένων μεταξύ δύο ISP σημαίνει ότι η δυνατότητα πρόσβασης σε αυτόν τον ISP και τους άμεσους πελάτες της παρέχεται μέσω αυτής της σύνδεσης. Εάν οι ISP1 και ISP2 ξεκινήσουν μια ομότιμη σύνδεση, μπορούν να

επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Ουσιαστικά, το peering περιλαμβάνει την ανταλλαγή μερικών διαδρομών μεταξύ των δύο ISP. Το κόστος της ανταλλαγής κίνησης είναι συνήθως μικρότερο από την υπηρεσία πλήρους συγκοινωνίας, επειδή και οι δύο ISP αναμένεται να φορτώσουν την κίνηση που περνά μεταξύ των πελατών τους από τους συνδέσμους διέλευσης. Γενικά, υπάρχουν τρία επίπεδα ISP, όπως φαίνεται στον πίνακα (θα μπει αρίθμηση).

Πίνακας 1: Τα 3 επίπεδα των ISP

ISP Tires	**Nationwide / Regional**	**Peering / Transit**
Tire 1	Nationwide	Peering
Tire 2	Nationwide	Peering / Transit
Tire 3	Region	Transit

7. Μελέτη περίπτωσης τεχνικών πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου με χρήση πραγματικού εξοπλισμού Cisco

Στο αυτό το κεφάλαιο κάνουμε εφαρμογή των θεωρητικών στοιχείων της πτυχιακής εργασίας που αναλύσαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, με χρήση, παραμετροποίηση και εφαρμογή πραγματικών συσκευών της εταιρίας Cisco.

Πιο συγκεκριμένα βλέπουμε τα:

- Περιγραφή των απαιτήσεων της υλοποίησης.
- Περιγραφή του δικτύου που θα δημιουργήσουμε.
- Αναφορά στον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε.
- Αναφορά στις εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν.
- Παραμετροποίηση των συσκευών.
- Σενάριο 1^{ο}: Βλάβη σε Core Multi-Layer switch.
- Σενάριο 2^{ο}: Βλάβη σε κεντρικό Etherchannel.

7.1 Περιγραφή των απαιτήσεων της υλοποίησης

Σε αυτή την θα μελετήσουμε ένα δίκτυο παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου. Ποιο συγκεκριμένα, βασιζόμενοι στο μοντέλο μίας τυπικής εταιρίας παροχής υπηρεσιών διαδικτύου, θα δούμε το προφίλ της και θα προβούμε στο σχεδιασμό του δικτύου της εταιρίας. Υστέρα από το σχεδιασμό θα υλοποιήσουμε και θα δοκιμάσουμε την λειτουργία του δικτύου με χρήση πραγματικού εξοπλισμού της CISCO.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, μελετούμε έναν πάροχο επιπέδου Tier 1, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο (επίπεδο υλοποίησης). Η εταιρεία, ως βασικό κύκλο εργασιών έχει την παροχή συνδέσεων διαδικτύου σε οικιακό επίπεδο, αλλά και επαγγελματικό, με χρήση μισθωμένων κυκλωμάτων. Για παράδειγμα μπορεί να συνδέσει 2 σημεία μίας εταιρίας μεταξύ τους σε διαφορετικές περιοχές και να δημιουργηθεί έτσι ένα δίκτυο της εταιρίας αυτής.

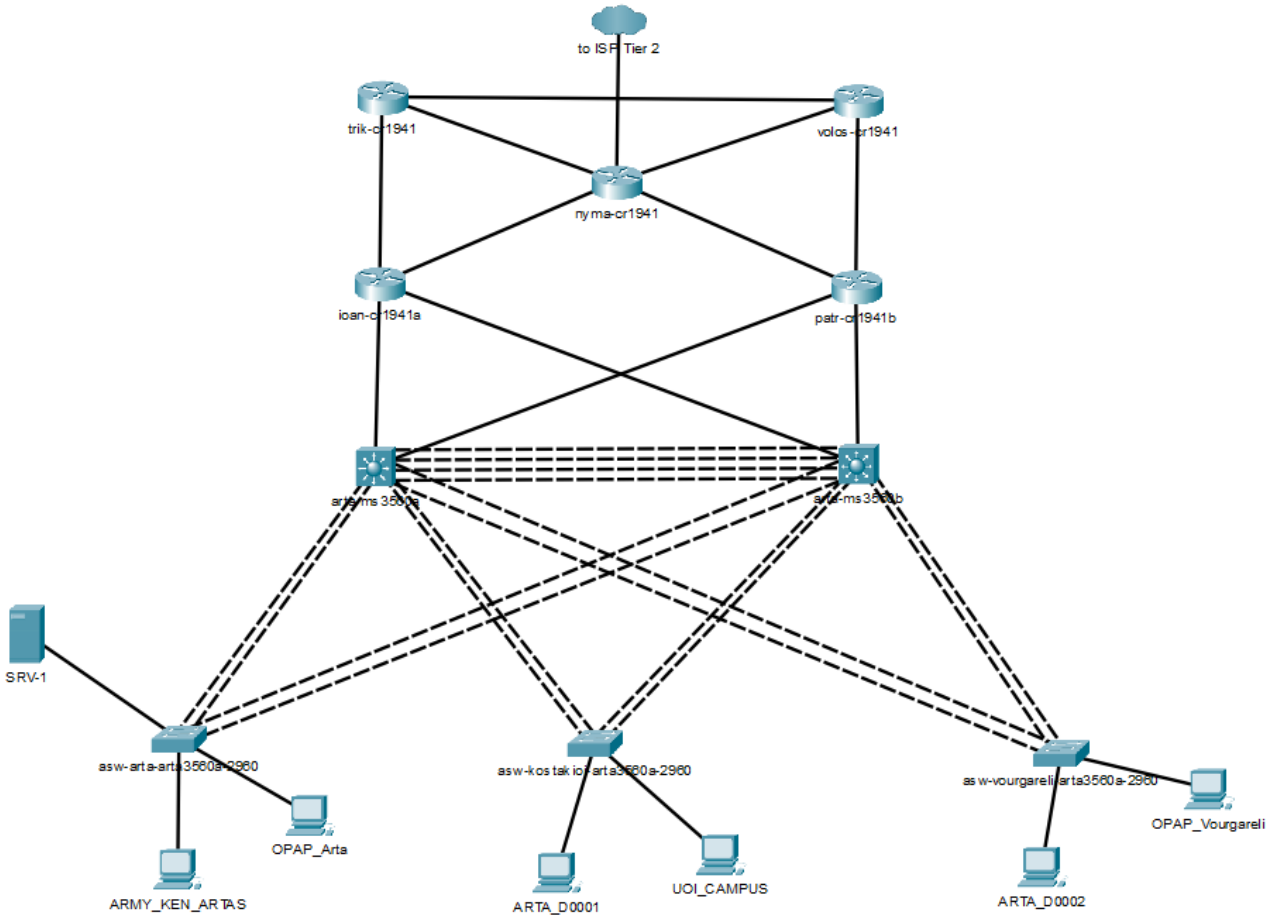
Για τις ανάγκες υλοποίησης του σεναρίου, θεωρούμε ότι έχουν ζητήσει πρόσβαση και δημιουργία μισθωμένων κυκλωμάτων 3 πελάτες:

- το Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, όπου έχει ζητήσει σύνδεση της Πανεπιστημιούπολης των Κωστακιών με το κεντρικό κτήριο του Πανεπιστημίου στα Ιωάννινα.
- ο Ελληνικός Στρατός, που έχει σύνδεση του ΚΕΝ Άρτας με την Ταξιαρχία στα Ιωάννινα.
- ο ΟΠΑΠ που έχει ζητήσει σύνδεση του υποκαταστήματος στο Βουργαρέλι Άρτας με τα κεντρικά, στην Άρτα.
- Επίσης χρησιμοποιούνται 2 DSLAM όπου αποτελούν συσκευές δικτύου παρόχου για σύνδεση οικιακών συνδρομητών στο διαδίκτυο.

Έτσι θα πρέπει να υλοποιήσουμε μια από άκρο σε άκρο επικοινωνία στα δύο sites του εκάστοτε πελάτη, με αδιάληπτη παροχή υπηρεσιών.

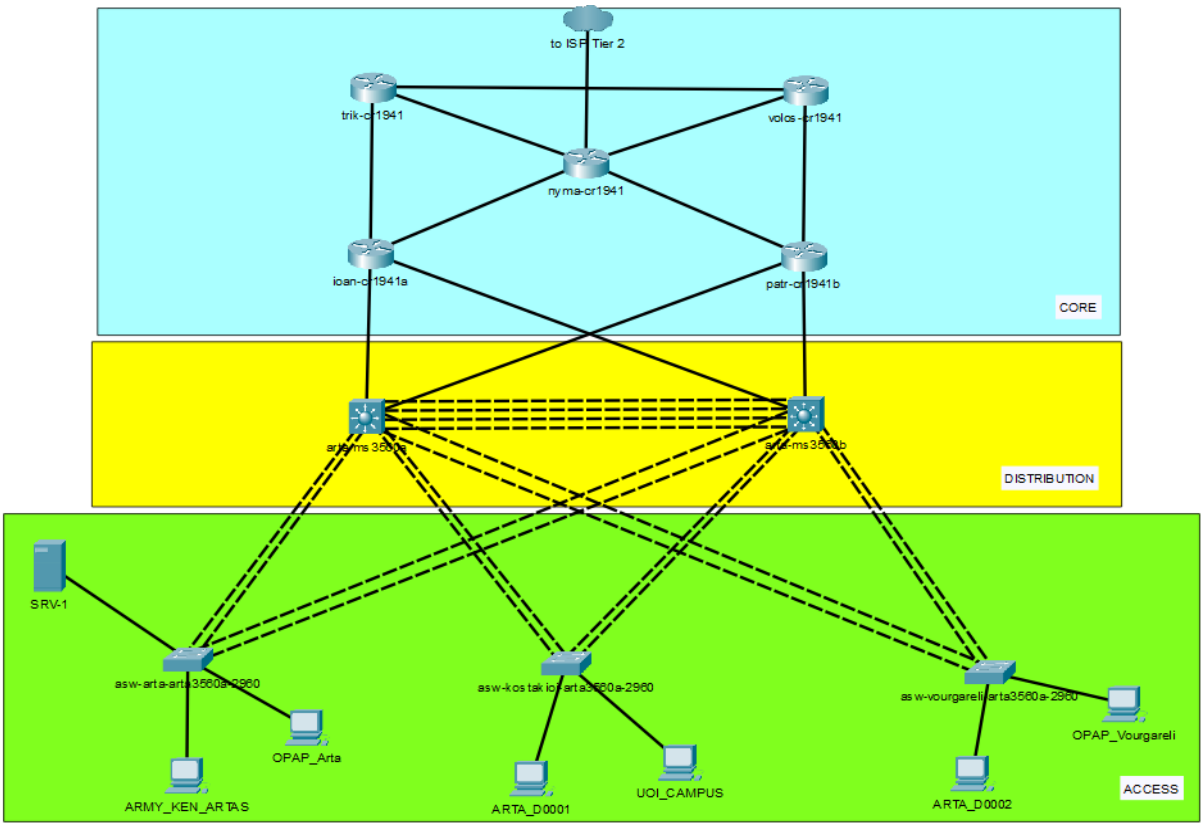
Για την ικανοποίηση της απαίτησης για αξιόπιστη λειτουργία σύμφωνα με τα πρότυπα και την τήρηση των κριτηρίων πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου δημιουργήθηκε το

παρακάτω δίκτυο όπου θα εφαρμοστούν τα αντίστοιχα πρωτόκολλα για το συγκεκριμένο δίκτυο ενός παρόχου υπηρεσιών διαδικτύου.



Εικόνα 20: Υλοποίηση δικτύου

Το συγκεκριμένο δίκτυο ακολουθεί τους κανόνες του ιεραρχικού μοντέλου και αποτελείται από το Core, Distribution και Access Layer όπως φαίνεται στην εικόνα 17.



Εικόνα 21: Ιεραρχικό μοντέλο της υλοποίησης

7.1.1 Hostnames

Στις συσκευές θα αποδοθούν τα συγκεκριμένα hostnames.

Πίνακας 2: Hostnames των συσκευών

ΣΥΣΚΕΥΗ	HOSTNAME	LAYER
Cisco 1841	nyma-cr1841	Core
Cisco 1841	ioan-cr1841a	Core
Cisco 1841	patr-cr1841b	Core
Cisco 1841	trik-cr1841	Core
Cisco 1841	volos-cr1841	Core
Cisco 3750	arta-ms3570a	Distribution
Cisco 3750	arta-ms3750b	Distribution
Cisco 2960	asw-arta-arta3750a-2960	Access
Cisco 2960	asw-kostakioi-arta3750a-2960	Access
Cisco 2960	asw-vourgareli-arta3750a-2960	Access
DSLAM	ARTA_D0001	Access
CPE	OPAP_Vourgareli CPE	Access
CPE	OPAP_Arta CPE	Access
CPE	UOI_CAMPUS CPE	Access
CPE	UOI_IOANNINA CPE	Access
CPE	ARMY_KEN_ARTAS CPE	Access
CPE	ARMY_TAXIARXIA CPE	Access

7.1.2 Vlans

Θα δημιουργηθούν συγκριμένα vlan για συγκεκριμένους σκοπούς. Σε όλες τις συσκευές του δικτύου, ιδιοκτησίας του ISP, θα γίνει παραμετροποίηση ως προς το vlan 5 που θα αποτελεί την διαχειριστική πρόσβαση ως προς τα μηχανήματα, καθώς και το vlan 3 για χρήση των Server του ISP. Επίσης ανάλογα με την υπηρεσία που παρέχεται στον χρήστη θα αποδοθούν και τα ανάλογα vlan στον καθένα όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 3: VLAN του δικτύου

ΧΡΗΣΗ	VLAN
Management Interface	5
Server Interface	3
ADSL24	24
VDSL50	50
VDSL100	100
OPAP	80
ARMY	85
UoI	90

7.1.3 IP Διευθυνσιοδότηση

Στις συσκευές θα αποδοθούν οι παρακάτω IP στο διαχειριστικό vlan 5, για πρόσβαση σε αυτές.

Πίνακας 4:Διευθυνσιοδότηση δικτύου

HOSTNAME	IP (VLAN 5)	SUBNET MASK	GATEWAY
arta-ms3570a	192.168.5.1	255.255.255.0	192.168.5.254
arta-ms3750b	192.168.5.2	255.255.255.0	192.168.5.254
asw-arta-arta3750a-2960	192.168.5.3	255.255.255.0	192.168.5.254
asw-kostakioi-arta3750a-2960	192.168.5.4	255.255.255.0	192.168.5.254
asw-vourgareli-arta3750a-2960	192.168.5.5	255.255.255.0	192.168.5.254
ARTA_D0001	192.168.5.24	255.255.255.0	192.168.5.254
OPAP_Vourgareli CPE	192.168.5.12	255.255.255.0	192.168.5.254
OPAP_Arta CPE	192.168.5.10	255.255.255.0	192.168.5.254
UOI_CAMPUS CPE	192.168.5.90	255.255.255.0	192.168.5.254
UOI_IOANNINA CPE	192.168.5.91	255.255.255.0	192.168.5.254
ARMY_KEN_ARTAS CPE	192.168.5.85	255.255.255.0	192.168.5.254
ARMY_TAXIARXIA CPE	192.168.5.86	255.255.255.0	192.168.5.254

Επίσης για χρήση τις υπηρεσίας από τους χρήστες, θα αποδοθούν τα παρακάτω subnets στα vlan τους.

Πίνακας 5: Subnets του δικτύου

VLAN	SUBNET	SUBNET MASK	GATEWAY
5	192.168.5.0	255.255.255.0	192.168.5.254
3	192.168.3.0	255.255.255.0	192.168.3.254
24	192.168.24.0	255.255.255.0	192.168.24.254
50	192.168.50.0	255.255.255.0	192.168.50.254
100	192.168.100.0	255.255.255.0	192.168.100.254
80	192.168.80.0	255.255.255.0	192.168.80.254
85	192.168.85.0	255.255.255.0	192.168.85.254
90	192.168.90.0	255.255.255.0	192.168.90.254

7.1.4 Πλεονασμός και εξισορρόπηση φορτίου (HSRP & STPV)

Για την αδιάληπτη παροχή υπηρεσιών και τις συνθήκες πλεονασμού θα χρησιμοποιηθούν τα πρωτόκολλα HSRP, το STPV καθώς θα δημιουργηθούν και συνδέσεις που θα παραμετροποιηθούν ως Etherchannels.

Σε distribution επίπεδο και μεταξύ των 2 core Multi-Layer switch, arta-ms3570a, arta-ms3570b, και των 3 access switch θα εφαρμόσουμε το πρωτόκολλο STPv. Το arta-ms3570a θα ορίστεί ως primary συσκευή των vlan 3,5,24,50,100 ενώ το arta-ms3570b ως primary συσκευή των vlan 80,85,90.
Επίσης μεταξύ των 2 core Multi-Layer switch, arta-ms3570a και arta-ms3570b θα εφαρμόσουμε το πρωτόκολλο HSRP. Το arta-ms3570a θα ορίστεί ως active συσκευή των vlan 3,5,24,50,100 ενώ το arta-ms3570b ως active συσκευή των vlan 80,85,90.

Τέλος θα δημιουργηθούν Etherchannels μεταξύ των συσκευών για παροχή πλεονασμού στον εκάστοτε χρήστης των υπηρεσιών.

Πίνακας 6: EtherChannels του δικτύου

FROM/TO	ETHERCHANNEL INTERFACES RANGE	TO/FROM	ETHERCHANNEL INTERFACES
arta-ms3570a	Fa1/0/47 - Fa1/0/48	asw-arta-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24
arta-ms3570a	Fa1/0/45 - Fa1/0/46	asw-kostakioi-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24
arta-ms3570a	Fa1/0/43 - Fa1/0/44	asw-vourgareli-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24

arta-ms3570a	Fa1/0/5 - Fa1/0/8	arta-ms3750b	Fa1/0/5 - Fa1/0/8
arta-ms3750b	Fa1/0/47 - Fa1/0/48	asw-arta-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24
arta-ms3750b	Fa1/0/45 - Fa1/0/46	asw-kostakioi-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24
arta-ms3750b	Fa1/0/43 - Fa1/0/44	asw-vourgareli-arta3750a-2960	Fa0/23 - Fa0/24

7.2 Περιγραφή του δικτύου

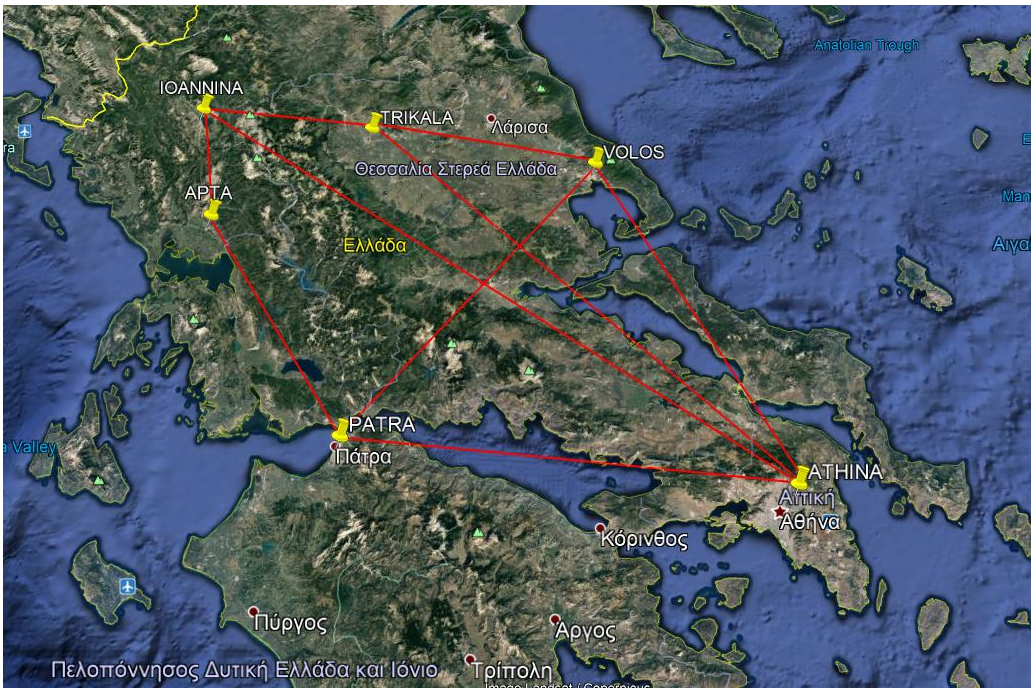
Για αρχή θα παρουσιάσουμε το συνοπτικό σχεδιασμό του δικτύου και στη συνέχεια θα αναφερθούμε στο καθένα επιμέρους τμήμα με περισσότερες λεπτομέρειες, τις συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και τα πρωτόκολλα και την παραμετροποίηση τους.

Η αρχιτεκτονική ακολουθεί το ιεραρχικό μοντέλο και διαμορφώνεται από:

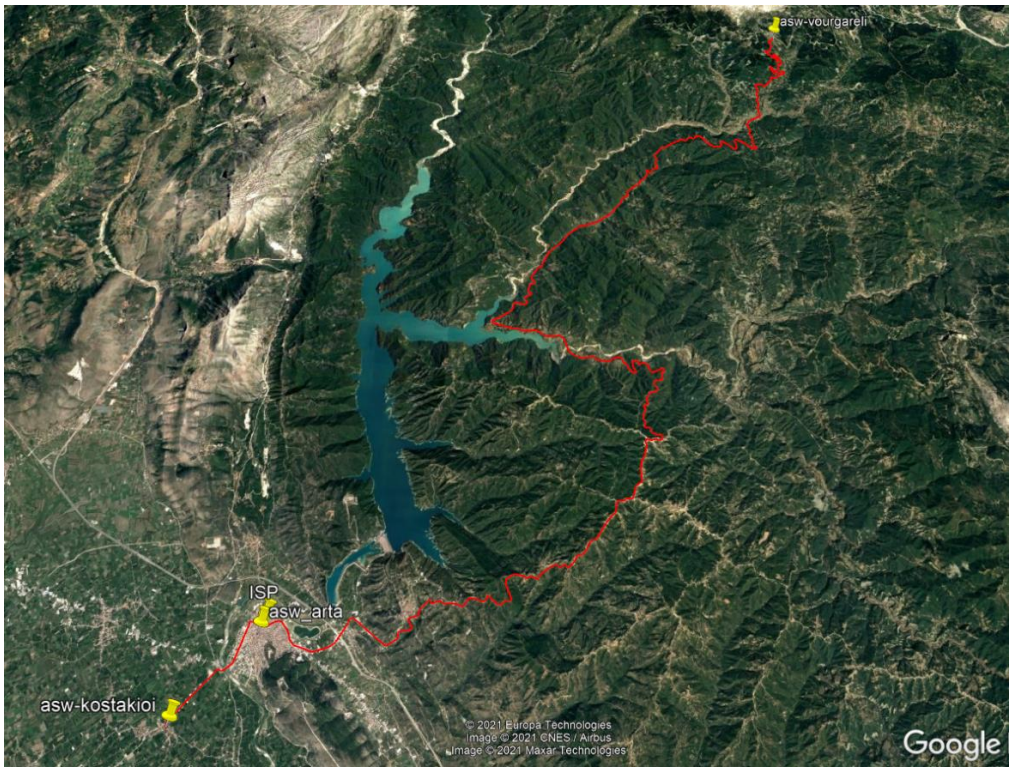
- το Core επίπεδο του παρόχου που αποτελείται από μία mesh τοπολογία μεταξύ 5 Cisco Core Routers.
- τον ISP Tier 2 πάροχο (Οπότε, για αρχή και μετά την σύνδεση με)
- το Distribution επίπεδο με 2 Cisco Multilayer switch συνδεδεμένα μεταξύ τους με ένα Etherchannel 4 συνδέσεων που δρουν ως μία για πλεονασμό αλλά και εξισορρόπηση φορτίου. Τα 2 Cisco Multilayer switch παίζουν το ρόλο και του active αλλά και του standby [9]καθώς για λόγους εξισορρόπησης φορτίου τα διάφορα vlan παίρνανε από μία συσκευή κάθε φορά και αν υπάρχει βλάβη τότε αναλαμβάνει η standby.
- το επίπεδο Access όπου και συνδέονται οι όποιοι ενδιαφερόμενοι πελάτες που θα προκύψουν. Στο συγκεκριμένο επίπεδο υπάρχει μία STP υλοποίηση για πλεονασμό και ασφάλεια.

Το δίκτυο υλοποιείται στην περιφερειακή ενότητα της Άρτας, και πιο συγκεκριμένα το Core, Distribution και Access επίπεδα αναπτύσσονται όπως φαίνεται στις εικόνες 22 έως 25. Για την αποτύπωση των χαρτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Google Earth Pro.

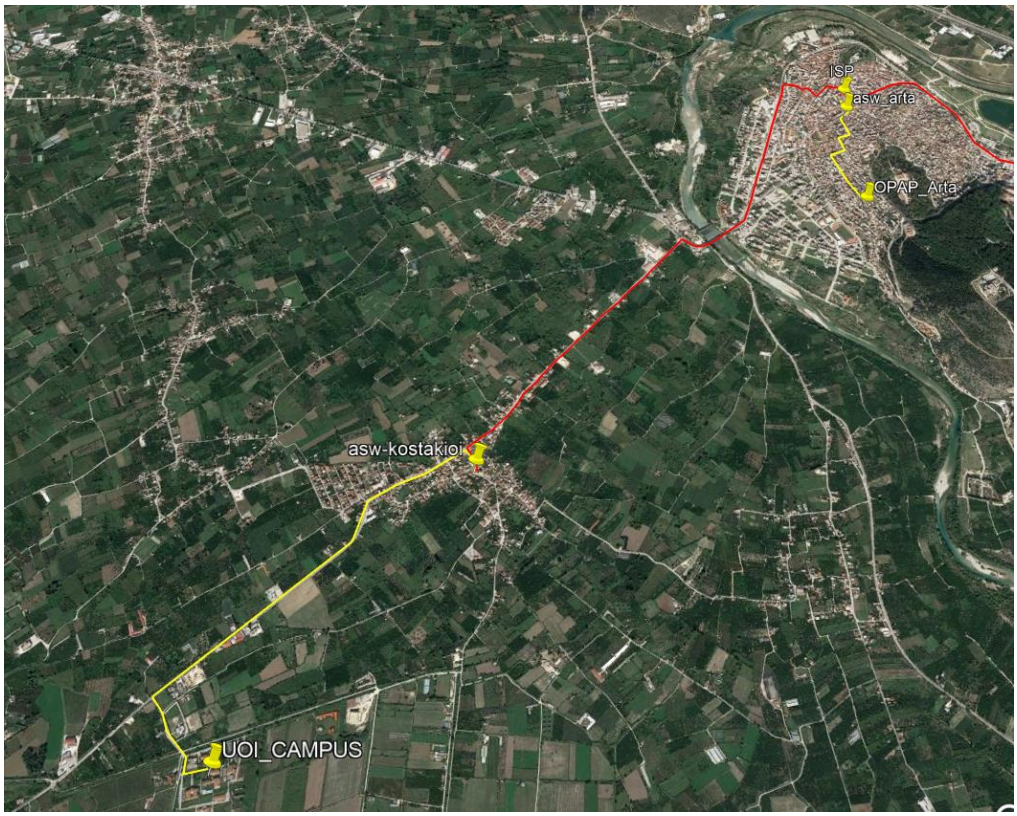
[9] Ως active και standby συσκευές ορίζουμε τις δύο καταστάσεις που μπορεί να έχουν οι συσκευές δικτύων.



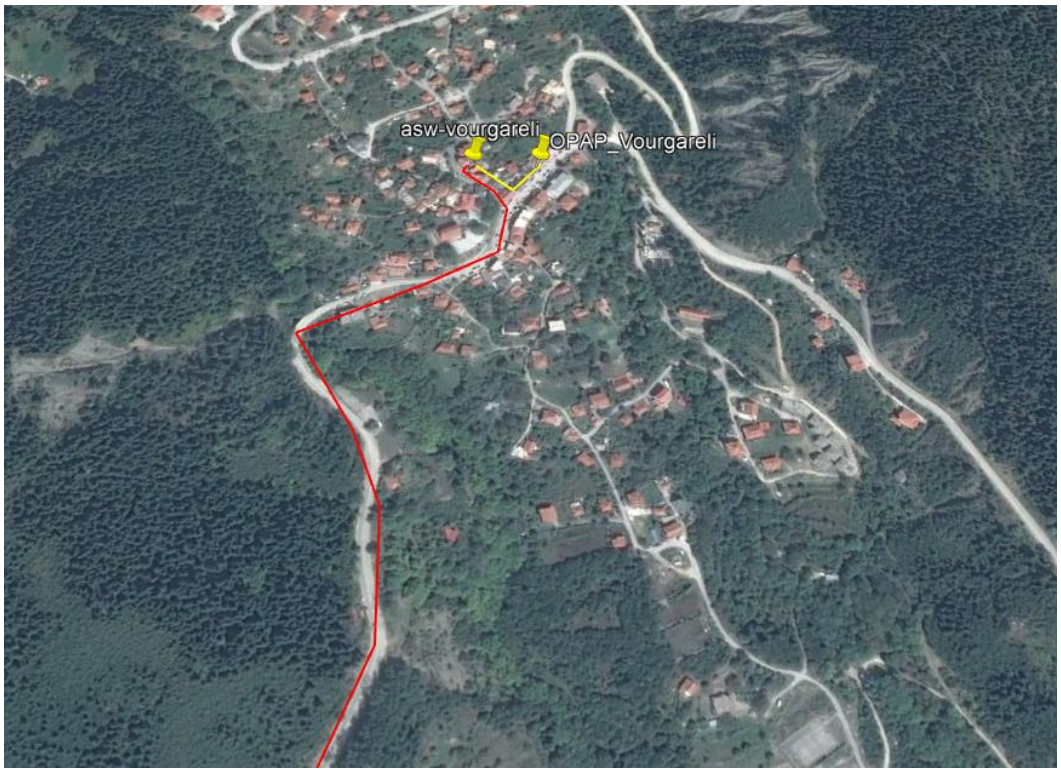
Εικόνα 22: Συνδέσεις Core επιπέδου του δικτύου



Εικόνα 23:Κεντρικές συνδέσεις ISP προς τα ASW του δικτύου



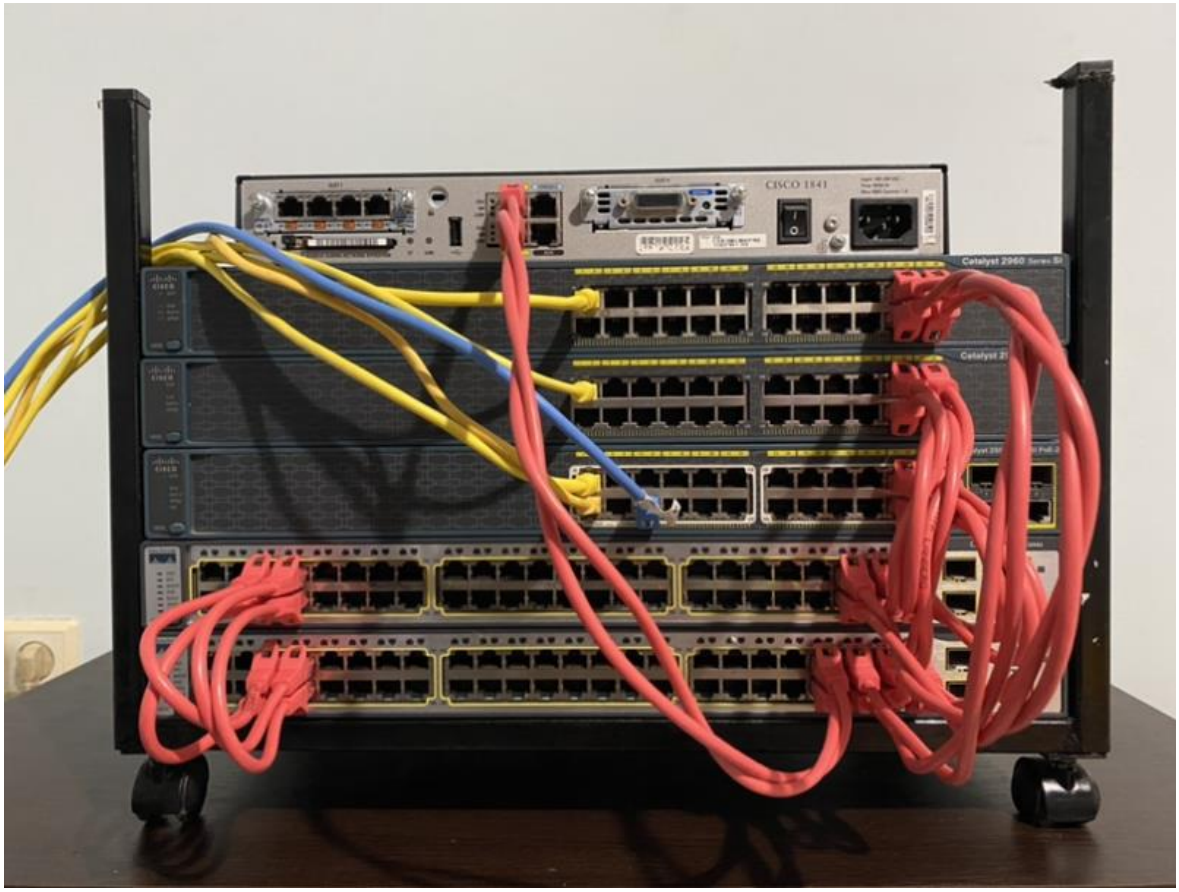
Εικόνα 24:Συνδέσεις ASW προς τους Clients (Άρτα)



Εικόνα 25:Συνδέσεις ASW προς τους clients (Βουργαρέλι)

7.3 Εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε

Οι συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν είναι:



Εικόνα 26: Πραγματικός εξοπλισμός που χρησιμοποιηθήκε

Μεταγωγείς (switches)

Ο μεταγωγέας (switch) είναι μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται σε δίκτυα υπολογιστών. Χρησιμοποιείται για την διασύνδεση δικτυακών τερματικών συσκευών (π.χ. υπολογιστές, εξυπηρετητές, εκτυπωτές κτλ.) σε ένα δίκτυο δεδομένων. Οι περισσότερες σήμερα σχεδιάσεις τοπικών δικτύων γίνονται με δίκτυα τύπου Ethernet, τα βασικότερα εκ των οποίων αποτελούν οι μεταγωγείς Ethernet. Υπάρχουν δύο κατηγορίες μεγαγωγών (switches):

- **Cisco 2960**

Μεταγωγέας επιπέδου ζεύξης (data link layer switch): Όπου το κύριο χαρακτηριστικό του είναι ότι κάθε θύρα επικοινωνίας που διαθέτει προσφέρει καθορισμένο εύρος ζώνης σε αντίθεση με το hub, όπου όλες οι συσκευές που συνδέονται σε αυτό, διαμοιράζονται το εύρος ζώνης (bandwidth) του μέσου. Επίσης κάθε θύρα του switch αποτελεί ξεχωριστό

πεδίο συγκρούσεων collision domain). Ένα switch δημιουργεί πίνακες προώθησης όπως και οι bridges και χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο Spanning Tree.

Εικόνα 27: Cisco 2960

- **Cisco 3750**

Μεταγωγέας επιπέδου δικτύου (network layer switch): Όπως αναφέραμε παραπάνω ένα switch επιπέδου ζεύξης αναλαμβάνει την διασύνδεση υπολογιστικών τερματικών σε ένα δίκτυο και την διαδικασία διαμοιρασμού εύρους ζώνης στο καθένα. Την ίδια λειτουργία αναλαμβάνει και ένα switch επιπέδου δικτύου με την βασική διαφορά ότι ενσωματώνει βασικές λειτουργίας όπου ανήκουν σε αυτό το επίπεδο όπως δρομολόγηση πακέτων, υπηρεσίες DHCP κλπ. Συνοψίζοντας, ένα switch επιπέδου δικτύου είναι στην ουσία ένας συνδυασμός ενός switch και ενός router.

Εικόνα 28: Cisco 3750

- **το Cisco 1841**

Δρομολογητής (router): Είναι ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες αναλαμβάνουν την αποστολή και την λήψη πακέτων δεδομένων μεταξύ ενός ή περισσότερων εξυπηρετητών, άλλων δρομολογητών και πελατών, κατά μήπως πολλαπλών δικτύων. Η δρομολόγηση, δηλαδή η διαδικασία μεταφοράς δεδομένων από το ένα σημείο στο άλλο αποτελεί κεντρική λειτουργία του τρίτου επιπέδου (επιπέδου δικτύου) και πραγματοποιείται με βάση διαφόρων κριτηρίων.

Εικόνα 29: Cisco 1841

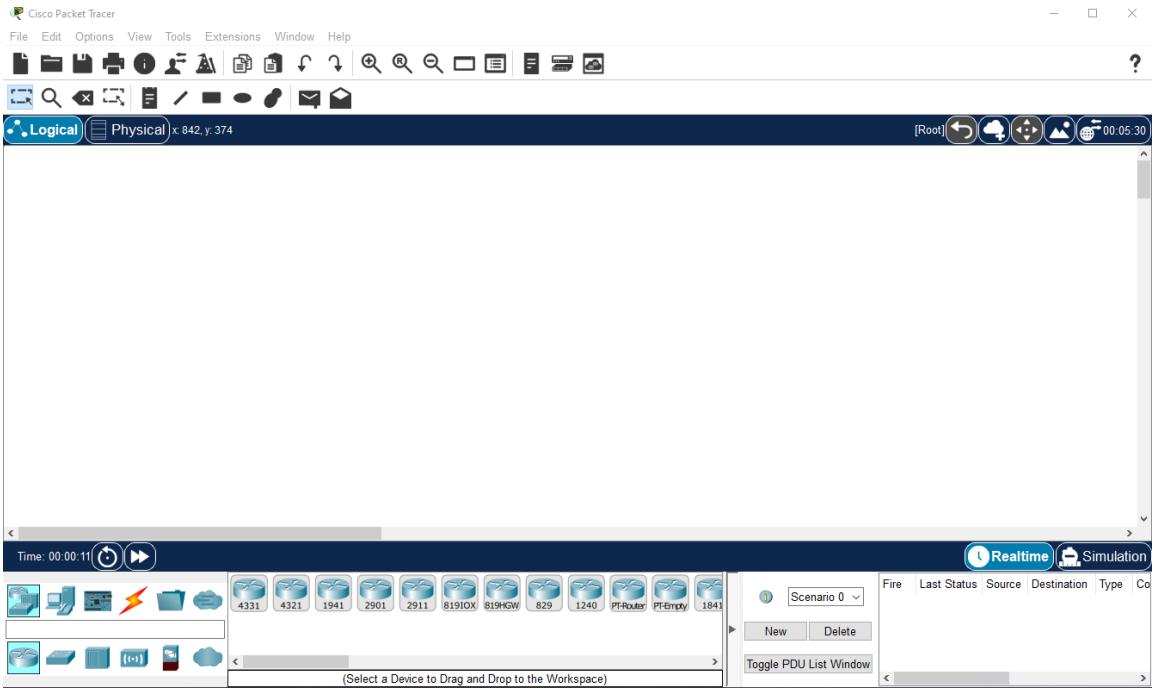
7.4 Εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν

Κατά την υλοποίηση των σεναρίων χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω εφαρμογές:

- **Cisco Packet Tracer 8.0**

Για τις ανάγκες και μόνο σχεδίασης του δικτύου χρησιμοποιούμε το λογισμικό Cisco Packet Tracer και συγκεκριμένα την έκδοση 8.0.

Το Cisco Packet Tracer είναι ένα λογισμικό προσομοίωσης δικτύου το οποίο κυκλογόρησε η Cisco Systems. Το λογισμικό αυτό δημιουργεί τοπολογίες δικτύου σε εικόνα και απαρτίζεται από ένα σύνολο δρομολογητών Cisco, διακόπτες, μεταγωγείς κλπ. Διατίθεται πλέον δωρεάν για λήψη και εφαρμογή, με την προδιαγραφή δημιουργίας ενός λογαρισμού στο Cisco Networking Academy.



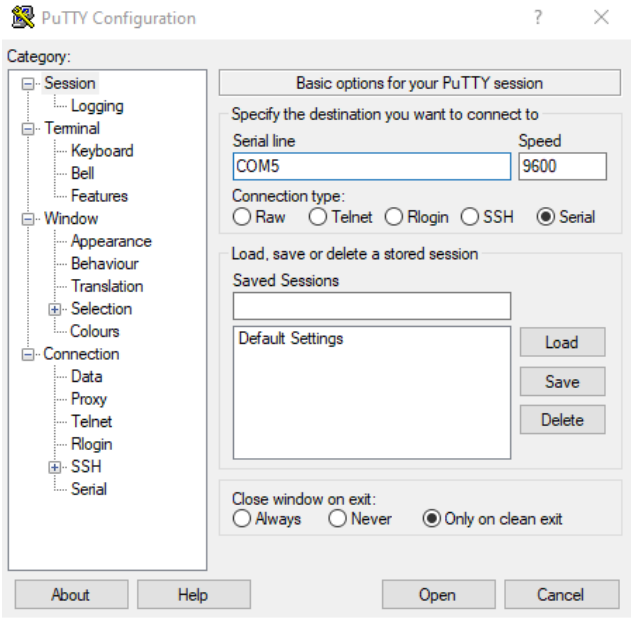
Εικόνα 30: Cisco Packet Tracer 8.0

- **PuTTY 0.73**

Για να συνδεθεί ένας χρήστης με μία συσκευή είναι απαραίτητη η χρήση μίας εφαρμογής πελάτη SSH (SSH Client Application). Αν και οι περισσότερες διανομές λειτουργικών συστημάτων linux έχουν προ εγκατεστημένους SSH Clients, σε περιβάλλον Windows είναι απαραίτητη η εγκατάσταση τέτοιου λογισμικού.

Προτείνεται η εγκατάσταση του client PuTTy καθώς παρέχει υποστήριξη όλων των λειτουργιών που θα χρειαστούν, είναι αρκετά εύχρηστος και παρέχετε δωρεάν.

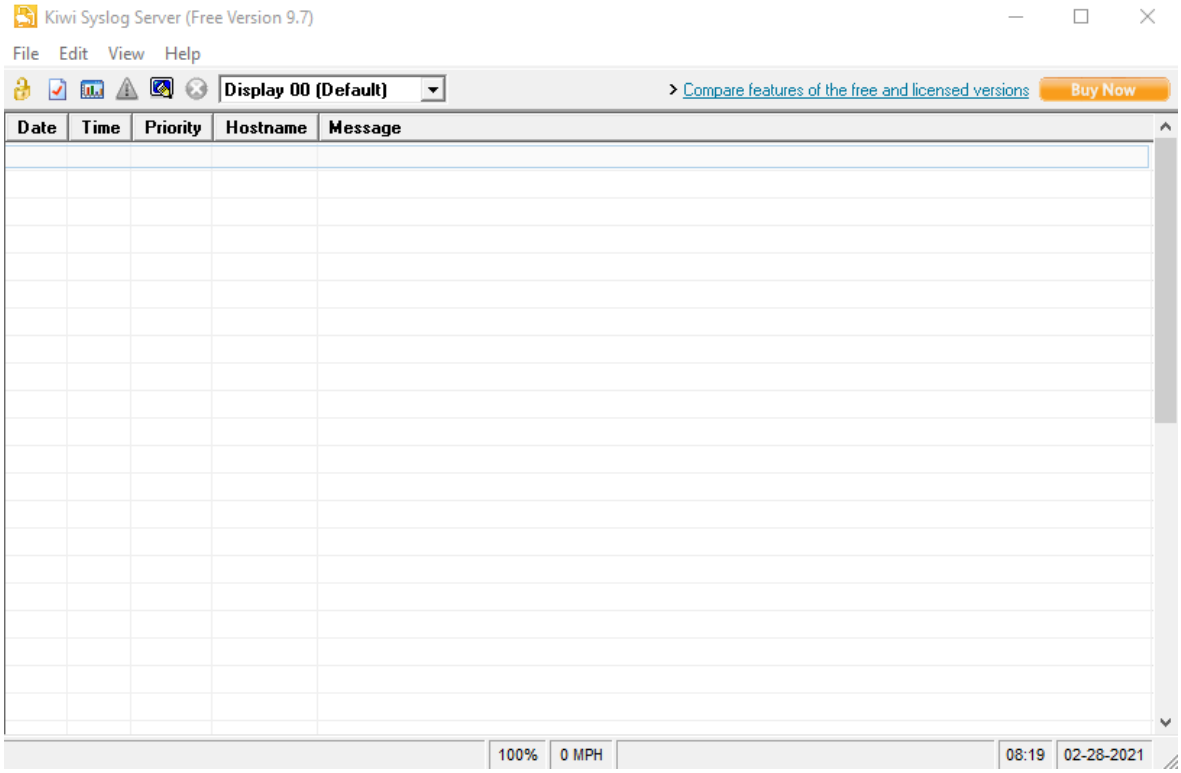
Για σύνδεση σε μία συσκευή ο χρήστης πρέπει να εκτελέσει το αρχείο putty.exe και να επιλέξει από το μενού στα αριστερά την επιλογή Session. Στη συνέχεια πρέπει να εισαγάγει τη διεύθυνση που θέλει να συνδεθεί στο πεδίο Host Name στα δεξία και να διαλέξει το πρωτόκολλα σύνδεσης που επιθυμεί.



Εικόνα 31: PuTTy 0.73

- **Kiwi Syslog Server Console**

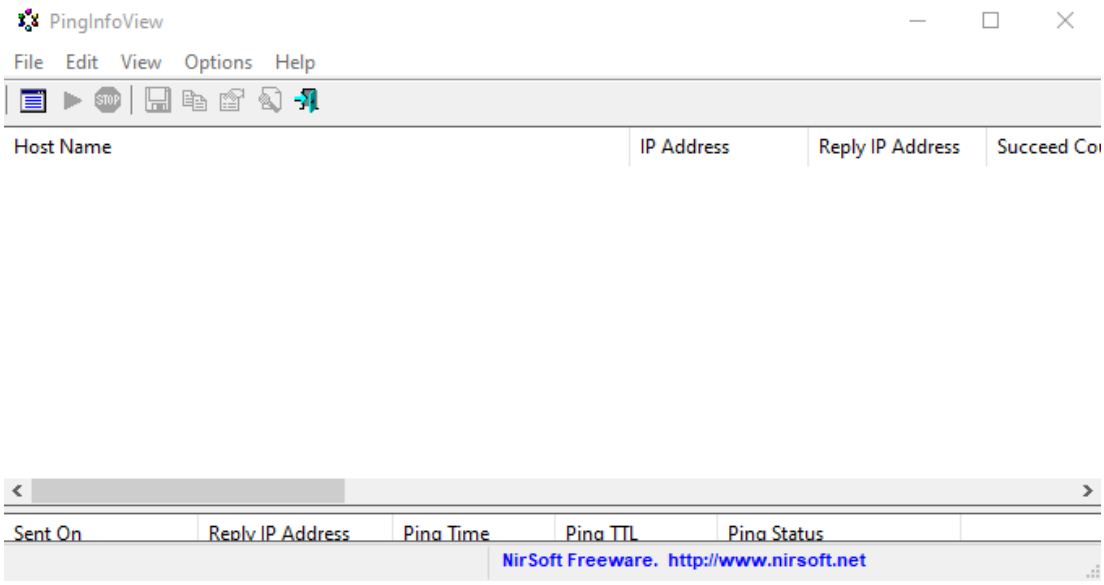
Το Syslog είναι ένα πρότυπο για την ειδοποίηση μέσο μηνύματος για το logging των υπολογιστών και γενικά συσκευών δικτύων. Στην υλοποίηση χρησιμοποιούμε το λογισμικό της Kiwi που έχει απλό περιβάλλον και είναι δωρεάν έκδοση.



Εικόνα 32: Kiwi Syslog Server 9.7

- **PingInfoView**

Το PingInfoView είναι ένα μικρό βοηθητικό πρόγραμμα που μας επιτρέπει να κάνουμε εύκολα ping πολλαπλά ονόματα κεντρικών υπολογιστών και διευθύνσεις IP και να παρακολουθούμε το αποτέλεσμα σε έναν πίνακα.



Εικόνα 33: PingInfoView

7.5 Περιγραφή της υλοποίησης του δικτύου

7.5.1 Μεθοδολογία

Για την υλοποίηση ακολουθούμε την παρακάτω μεθοδολογία:

Επίπεδο Core και Distribution

1. Σύνδεση στις συσκευές για παραμετροποίηση
2. Επαναφορά συσκευών στις εργοστασιακές ρυθμίσεις
3. Διαμόρφωση συσκευών:
    a. Ορίζουμε τα ακόλουθα VLAN και ακολουθούμε την ονοματολογία των συσκευών όπως φαίνεται στην Εικόνα χχ
    b. Ορίζουμε επίσης έναν VTP server. Το VLAN Trunk Protocol (VTP) είναι ένα πρωτόκολλο της Cisco που χρησιμοποιείται για τον διαμοιρασμό της διαμόρφωσης VLAN σε ένα τοπικό δίκτυο. Οι ρυθμίσεις ενός VTP server διαχέονται σε όλο το δίκτυο.
    c. Ρύθμιση Trunking και access port
    d. Απόδοση IP διευθύνσεων
    e. Ρύθμιση πρωτοκόλλων (π.χ. STP)
    f. Δημιουργία Etherchannels

Επίπεδο Access

1. Σύνδεση στις συσκευές για παραμετροποίηση
2. Επαναφορά συσκευών στις εργοστασιακές ρυθμίσεις
3. Διαμόρφωση συσκευών:
    a. Ορίζουμε τον VTP Client ρόλο.
    b. Ρύθμιση Trunking και access port
    c. Απόδοση IP διευθύνσεων στο VLAN5
    d. Ρύθμιση πρωτοκόλλων (π.χ. STP)
    e. Δημιουργία Etherchannels

7.5.2 Παραμετροποίηση των συσκευών

Αρχικά για την παραμετροποίηση των συσκευών χρησιμοποιούμε το πρόγραμμα PuTTY και συγκεκριμένα την έκδοση 0.73.

Συνδεόμαστε με Serial για να κάνουμε τις αρχικές παραμετροποιήσεις στις συσκευές.

Αρχικά κάνουμε επαναφορά εργοστασιακών ρυθμίσεων στις συσκευές μήπως και έχουν κρατήσει κάποια παραμετροποίηση από πριν.

```
Switch#write erase
Erasing the nvram filesystem will remove all configuration files! Continue? [confirm]
```

Εικόνα 34: Παραμετροποίηση επαναφορά εργοστασιακών ρυθμίσεων

Στη συνέχεια κάνουμε την αρχική παραμετροποίηση στα core switch, δίνοντας hostname, ενεργοποιούμε την κρυπτογράφηση των κωδικών, και ότι θα πρέπει πλέον να χρησιμοποιούμε κωδικό για να κάνουμε login και να μπούμε σε enable mode.

```
Switch>en
Switch#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Switch(config)#no logging console
Switch(config)#hostname arta-ms3750a
arta-ms3750a(config)#no ip http server
arta-ms3750a(config)#service password-encryption
arta-ms3750a(config)#enable secret gsakkas
arta-ms3750a(config)#line vty 0 4
arta-ms3750a(config-line)#password gsakkas
arta-ms3750a(config-line)#login
arta-ms3750a(config-line)#exit
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#wr
Building configuration...
[OK]
arta-ms3750a#
```

Εικόνα 35: Παραμετροποίηση αρχικών ρυθμίσεων συσκευής

Στη συνέχεια θα ορίσουμε τα vlan όπως τα είχαμε στον πίνακα 3 καθώς θα δώσουμε το vlan id και το όνομα του vlan.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#vlan 3
arta-ms3750a(config-vlan)#name SRV
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 5
arta-ms3750a(config-vlan)#name MNGMT
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 24
arta-ms3750a(config-vlan)#name ADSL24
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 50
arta-ms3750a(config-vlan)#name VDSL50
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 100
arta-ms3750a(config-vlan)#name VDSL100
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 80
arta-ms3750a(config-vlan)#name OPAP
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 85
arta-ms3750a(config-vlan)#name ARMY
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#vlan 90
arta-ms3750a(config-vlan)#name UOI
arta-ms3750a(config-vlan)#exit
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#
```

Εικόνα 36: Παραμετροποίηση των VLAN

Στη συνέχεια θα γίνει η παραμετροποίηση του arta-ms3750a ως VTP Server έτσι ώστε όλες οι συσκευές του δικτύου να λάβουν αυτόματα τα VLAN και να μην χρειαστεί να τα δημιουργήσουμε εμείς εκ νέου σε κάθε συσκευή.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#vtp mode server
Device mode already VTP SERVER.
arta-ms3750a(config)#vtp domain ISP.CENTRAL
Domain name already set to ISP.CENTRAL.
arta-ms3750a(config)#vtp version 2
VTP mode already in V2.
arta-ms3750a(config)#exit
```

Εικόνα 37: Παραμετροποίηση VTP Server

Παρακάτω ρυθμίζουμε τις πόρτες ως trunk, όλα τα swithes θα συνδέονται μεταξύ τους με trunk πόρτες ώστε να μπορούν να μεταφέρουν τα vlans.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#int range fa1/0/5 - 8
arta-ms3750a(config-if-range)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if-range)#switchport mode trunk
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#int range fa1/0/43 - 48
arta-ms3750a(config-if-range)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if-range)#switchport mode trunk
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#
arta-ms3750a(config)#
arta-ms3750a(config)#
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#show interfaces trunk

Port        Mode         Encapsulation  Status        Native vlan
Fa1/0/5     on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/6     on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/7     on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/8     on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/43    on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/44    on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/45    on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/46    on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/47    on           802.1q         trunking      1
Fa1/0/48    on           802.1q         trunking      1

Port      Vlans allowed on trunk
Fa1/0/5     1-4094
Fa1/0/6     1-4094
Fa1/0/7     1-4094
```

Εικόνα 38: Παραμετροποίηση TRUNK links

Στη συνέχεια θα αποδώσουμε διευθύνσεις IP στα vlans.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#int vlan 3
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 5
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 24
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.24.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 50
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.50.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#int vlan 100
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#int vlan 80
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.80.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#int vlan 85
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.85.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#int vlan 90
arta-ms3750a(config-if)#ip address 192.168.90.1 255.255.255.0
arta-ms3750a(config-if)#no shutdown
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#ip routing
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#
```

Εικόνα 39: Παραμετροποίηση απόδοσης IP σε VLAN

Σε αυτό το σημείο θα ρυθμίσουμε το Spanning-Tree και συγκεκριμένα το STPv.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#spanning-tree vlan 3,5,24,50,100 root primary
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#
arta-ms3750a#show spanning-tree
```

Εικόνα 40: Παραμετροποίηση Spanning Tree

Παρακάτω δημιουργούμε τα Etherchannels μεταξύ των συνδέσεων, όπως παρουσιάστηκαν στις παραπάνω ενότητες.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#int range f1/0/5 - 8
arta-ms3750a(config-if-range)#channel-group 1 mode on
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#int range f1/0/47 - 48
arta-ms3750a(config-if-range)#channel-group 2 mode on
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#int range f1/0/45 - 46
arta-ms3750a(config-if-range)#channel-group 3 mode on
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#int range f1/0/43 - 44
arta-ms3750a(config-if-range)#channel-group 4 mode on
arta-ms3750a(config-if-range)#exit
arta-ms3750a(config)#int port-channel 1
arta-ms3750a(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int port-channel 2
arta-ms3750a(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int port-channel 3
arta-ms3750a(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int port-channel 4
arta-ms3750a(config-if)#switchport trunk encapsulation dot1q
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#show etherchannel summary
Flags:  D - down        P - in port-channel
        I - stand-alone s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3      S - Layer2
        u - unsuitable for bundling
        U - in use      f - failed to allocate aggregator
        d - default port

Number of channel-groups in use: 4
Number of aggregators:           4

Group  Port-channel  Protocol    Ports
------+-------------+-----------+-----------------------------------------------
1      Po1(SD)          -        Fa1/0/5(D)  Fa1/0/6(D)  Fa1/0/7(D)
                                 Fa1/0/8(D)
2      Po2(SU)          -        Fa1/0/47(P) Fa1/0/48(P)
3      Po3(SU)          -        Fa1/0/45(P) Fa1/0/46(P)
4      Po4(SU)          -        Fa1/0/43(P) Fa1/0/44(P)

arta-ms3750a#
```

Εικόνα 41: Παραμετροποίηση EtherChannels

Τέλος ρυθμίζουμε το HSRP τόσο στο Active αλλά και στο Standby switch.

```
arta-ms3750a#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
arta-ms3750a(config)#int vlan 3
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.3.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 200
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 5
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.5.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 200
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 24
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.24.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 200
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 50
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.50.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 200
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 100
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.100.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 200
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 80
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.80.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 150
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 85
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.85.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 150
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#int vlan 90
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 ip 192.168.90.254
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 priority 150
arta-ms3750a(config-if)#standby 1 preempt
arta-ms3750a(config-if)#exit
arta-ms3750a(config)#exit
arta-ms3750a#
arta-ms3750a#show standby brief
                     P indicates configured to preempt.
                     |
Interface   Grp  Prio P State    Active addr     Standby addr    Group addr
Vl3         1    200  P Active   local           unknown         192.168.3.254
Vl5         1    200  P Active   local           unknown         192.168.5.254
Vl24        1    200  P Active   local           unknown         192.168.24.254
Vl50        1    200  P Active   local           unknown         192.168.50.254
Vl80        1    150  P Active   local           unknown         192.168.80.254
Vl85        1    150  P Active   local           unknown         192.168.85.254
Vl90        1    150  P Active   local           unknown         192.168.90.254
Vl100       1    200  P Active   local           unknown         192.168.100.254
arta-ms3750a#
```

Εικόνα 42: Παραμετροποίηση HSRP

Με το παραπάνω βήμα τελείωσαν οι ρυθμίσεις στα Core switch και συνεχίζουμε στα Access switch της υλοποίησης.

Εδώ ρυθμίζουμε τις συσκευές να δρουν ως Client στο VTP.

```
asw-arta-arta3560a-2960#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
asw-arta-arta3560a-2(config)#int range f0/21 - 24
asw-arta-arta3560a-2(config-if-range)#switchport mode trunk
asw-arta-arta3560a-2(config-if-range)#exit
asw-arta-arta3560a-2(config)#vtp mode client
Device mode already VTP CLIENT.
asw-arta-arta3560a-2(config)#exit
asw-arta-arta3560a-2960#
```

Εικόνα 43: Παραμετροποίηση VTP Client

Στη συνέχεια δημιουργούμε τα trunk ports σε κάθε μία συσκευή.

```
asw-arta-arta3560a-2960#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
asw-arta-arta3560a-2(config)#int fa0/1
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport mode access
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport access vlan 80
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#exit
asw-arta-arta3560a-2(config)#int fa0/2
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport mode access
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport access vlan 85
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#int fa0/5
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport mode access
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport access vlan 3
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#exit
asw-arta-arta3560a-2(config)#int fa0/6
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport mode access
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#switchport access vlan 5
asw-arta-arta3560a-2(config-if)#exit
asw-arta-arta3560a-2(config)#exit
asw-arta-arta3560a-2960#
asw-arta-arta3560a-2960#show vlan

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active    Fa0/3, Fa0/4, Fa0/7, Fa0/8
                                                Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
                                                Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                                Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                                Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                                Gi0/1, Gi0/2
3    SRV                              active    Fa0/5
5    MNGMT                            active    Fa0/6
24   ADSL24                           active
50   VDSL50                           active
80   OPAP                             active    Fa0/1
85   ARMY                             active    Fa0/2
90   UOI                              active
100  VDSL100                          active
1002 fddi-default                     act/unsup
1003 trcrf-default                    act/unsup
1004 fddinet-default                  act/unsup
1005 trbrf-default                    act/unsup
```

Εικόνα 44: Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 1ο AS

```
asw-kostakioi-arta3750a-2960#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
asw-kostakioi-arta37(config)#int fa0/1
asw-kostakioi-arta37(config-if)#switchport mode access
asw-kostakioi-arta37(config-if)#switchport access vlan 90
asw-kostakioi-arta37(config-if)#exit
asw-kostakioi-arta37(config)#exit
asw-kostakioi-arta3750a-2960#
asw-kostakioi-arta3750a-2960#sh vlan

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active    Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5
                                                Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9
                                                Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13
                                                Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17
                                                Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21
                                                Fa0/22
3    SRV                              active
5    MNGMT                            active
24   ADSL24                           active
50   VDSL50                           active
80   OPAP                             active
85   ARMY                             active
90   UOI                              active    Fa0/1
100  VDSL100                          active
1002 fddi-default                     act/unsup
1003 trcrf-default                    act/unsup
1004 fddinet-default                  act/unsup
1005 trbrf-default                    act/unsup
```

Εικόνα 45:Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 2ο ASW

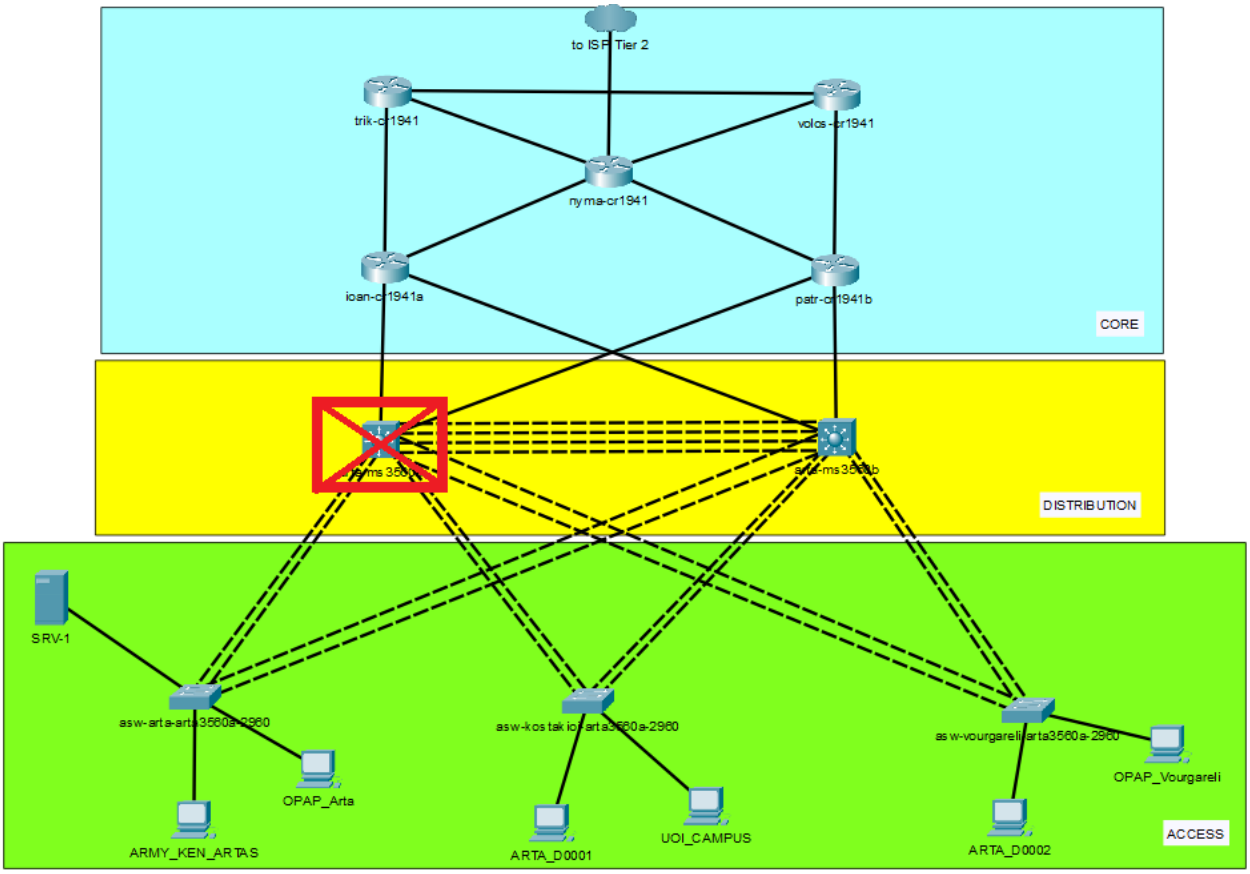
```
asw-vourgareli-arta3750a-2960#conf t
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
asw-vourgareli-arta3(config)#int range fa0/1
asw-vourgareli-arta3(config-if-range)#switchport mode access
asw-vourgareli-arta3(config-if-range)#switchport access vlan 80
asw-vourgareli-arta3(config-if-range)#exit
asw-vourgareli-arta3(config)#
asw-vourgareli-arta3(config)#exit
asw-vourgareli-arta3750a-2960#sh vlan

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active    Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5
                                                Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8, Fa0/9
                                                Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13
                                                Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17
                                                Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21
                                                Fa0/22
3    SRV                              active
5    MNGMT                            active
24   ADSL24                           active
50   VDSL50                           active
80   OPAP                             active    Fa0/1
85   ARMY                             active
90   UOI                              active
100  VDSL100                          active
1002 fddi-default                     act/unsup
1003 trcrf-default                    act/unsup
1004 fddinet-default                  act/unsup
1005 trbrf-default                    act/unsup
```

Εικόνα 46: Παραμετροποίηση TRUNK ports στο 3ο ASW

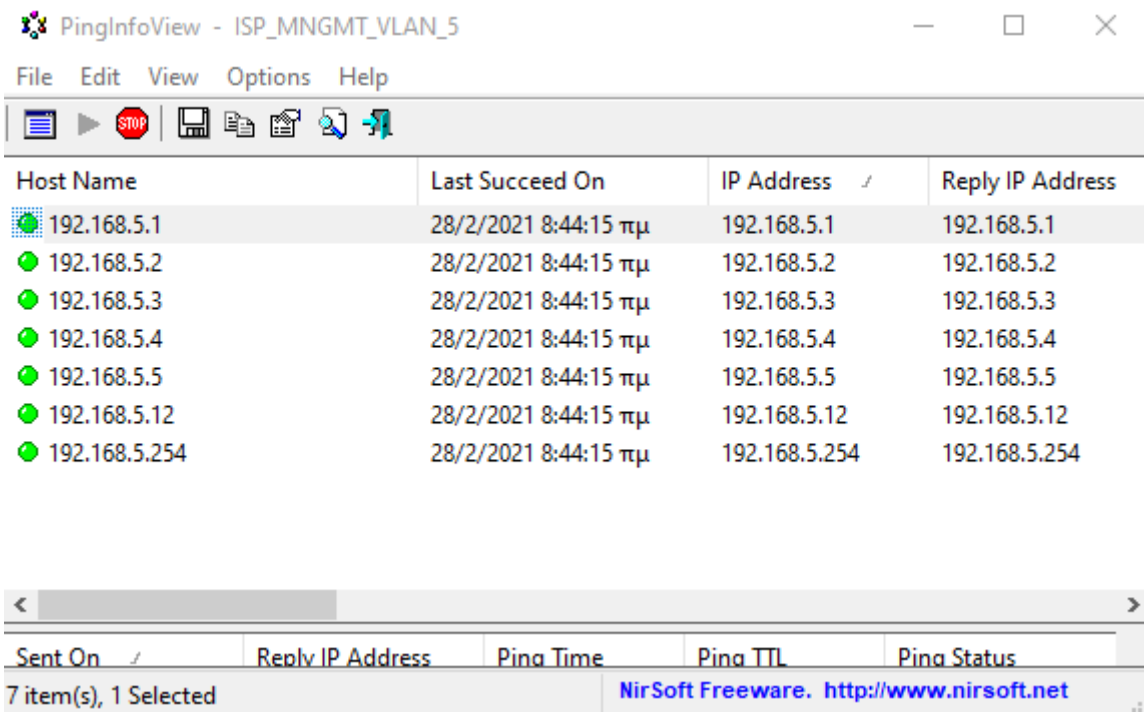
7.6 Σενάριο 1ο: Βλάβη σε Core Multi-Layer switch

Κατά το πρώτο σενάριο που εξετάσαμε συμβαίνει μια μη αναπόφευκτη βλάβη σε ένα από τα 2 Core Multilayer switch, είτε από διακοπή παροχής ρεύματος είτε από βλάβη του υλικού.

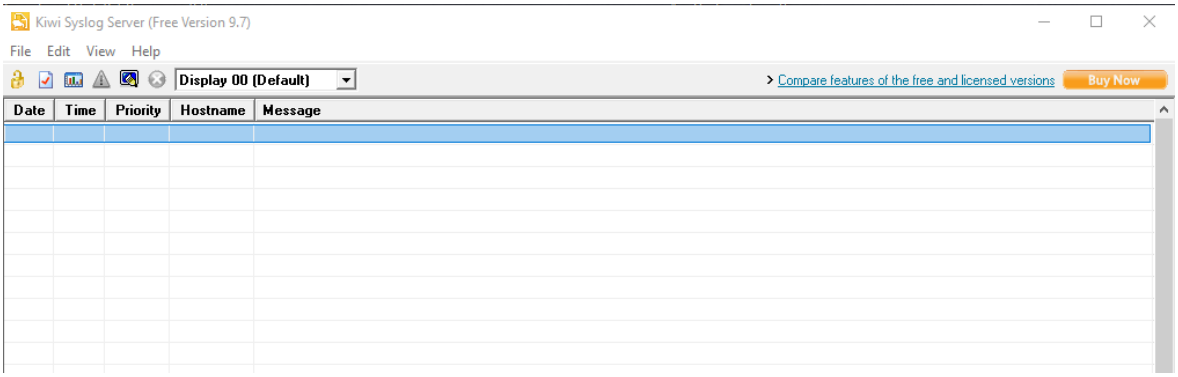


Εικόνα 47: Αναπαράσταση 1ου σεναρίου υλοποίησης

Η κατάσταση των εφαρμογών πριν από την διακοπή φαίνεται στις εικόνες [νούμερο], όπου στην πρώτη είναι η online κατάσταση των συσκευών του ISP, ενώ στην δεύτερη ο Syslog Server χωρίς κάποια Logs.

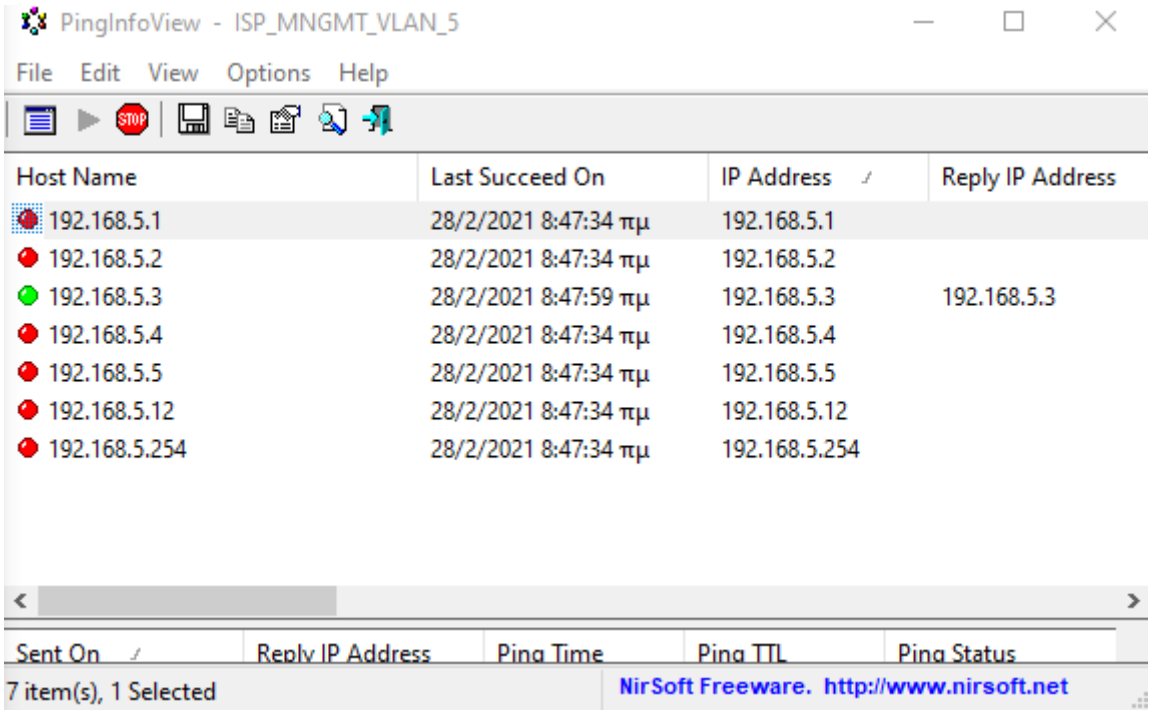


Εικόνα 48: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView πριν την διακοπή

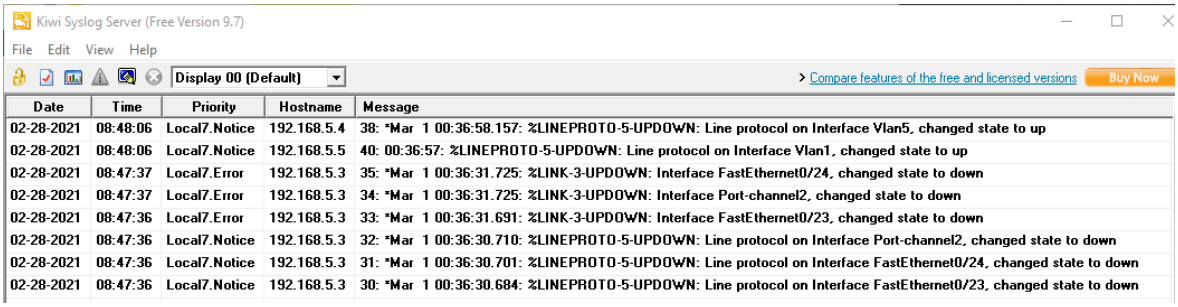


Εικόνα 49: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server πριν την διακοπή

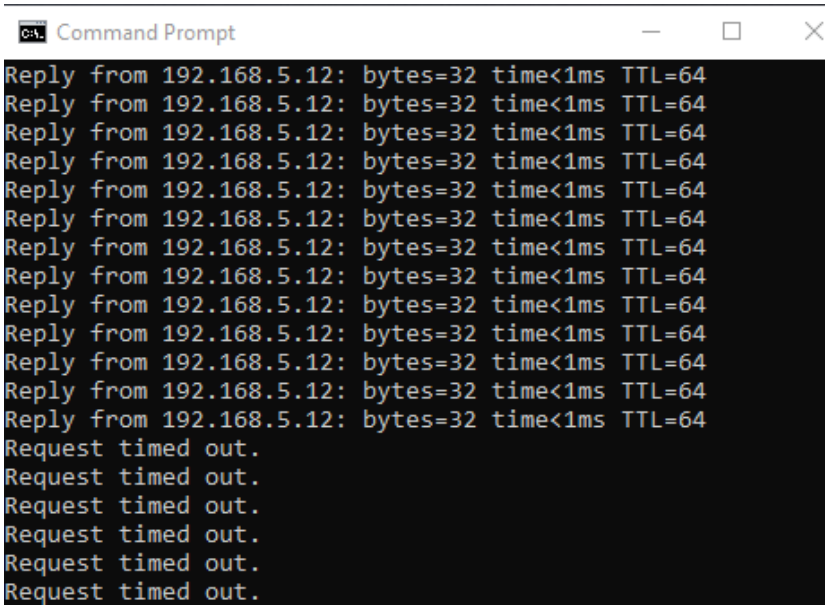
Κατά την διάρκεια της διακοπής λειτουργίας του Core switch η κατάσταση των εφαρμογών αλλάζει όπως βλέπουμε και στις εικόνες [νούμερο].



Εικόνα 50: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView κατά την διακοπή

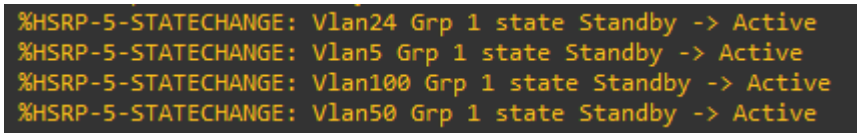


Εικόνα 51: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server κατά την διακοπή



```
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
```

Εικόνα 52: Κατάσταση σύνδεσης μεταξύ των 2 άκρων κατά την διακοπή

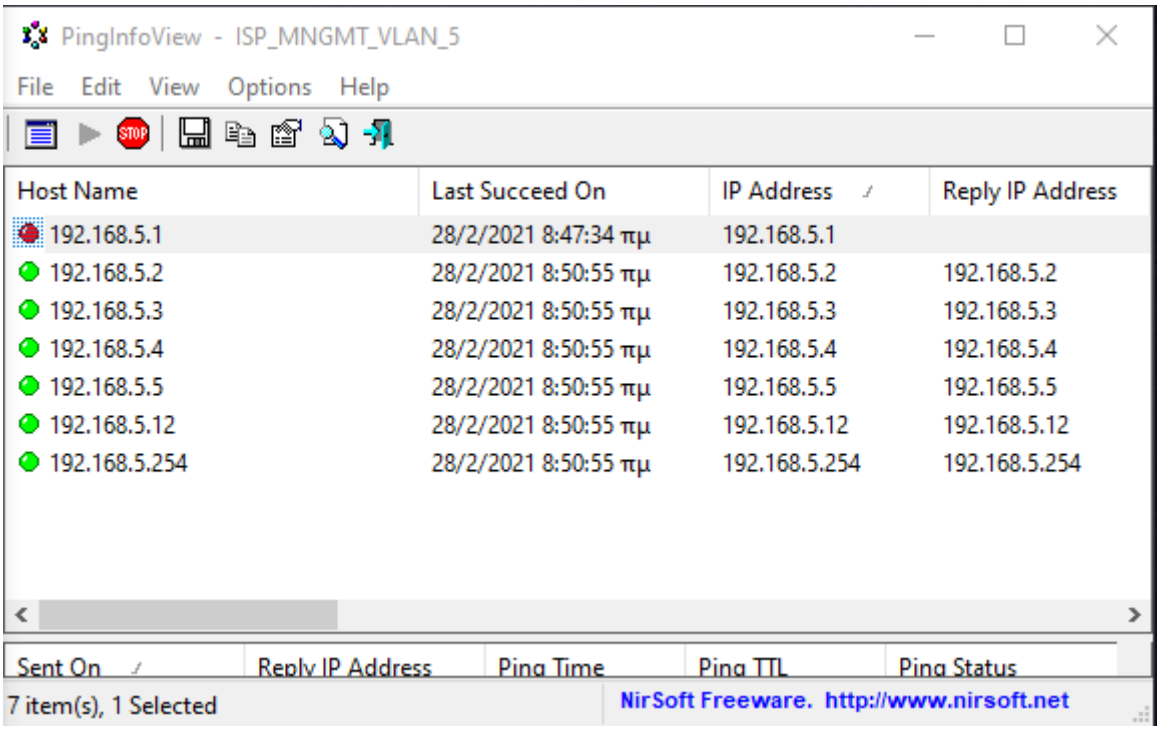


```
%HSRP-5-STATECHANGE: Vlan24 Grp 1 state Standby -> Active
%HSRP-5-STATECHANGE: Vlan5 Grp 1 state Standby -> Active
%HSRP-5-STATECHANGE: Vlan100 Grp 1 state Standby -> Active
%HSRP-5-STATECHANGE: Vlan50 Grp 1 state Standby -> Active
```

Εικόνα 53: Λειτουργία HSRP κατά την διακοπή

Όπως παρατηρούμε η εφαρμογή των πρωτοκόλλων πλεονασμού λειτούργησε και η standby συσκευή άρχισε να αναλαβαίνει την κίνηση των vlan, που σταμάτησε λόγο της διακοπής λειτουργίας της Active συσκευής.

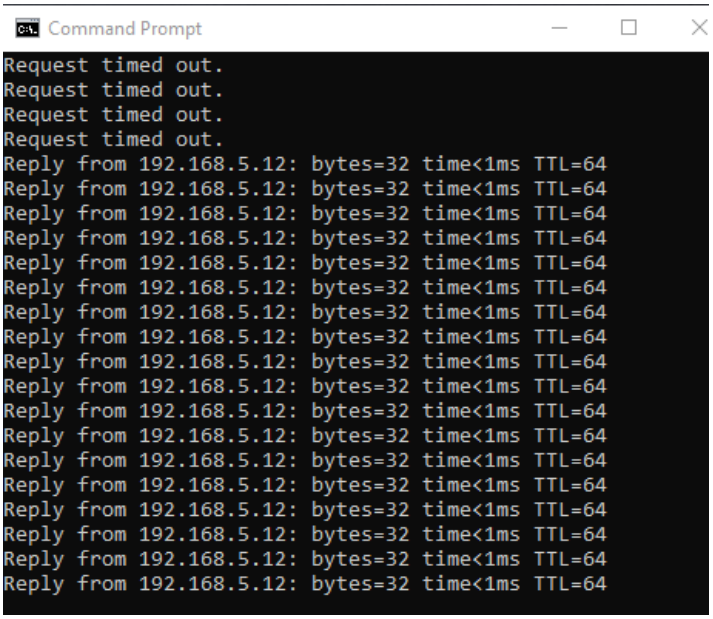
Μόλις ολοκληρώθηκε η διαδικασία αποκατάσταση, η κατάσταση των εφαρμογών φαίνεται στην εικόνα 54



Host Name	Last Succeed On	IP Address	Reply IP Address
192.168.5.1	28/2/2021 8:47:34 πμ	192.168.5.1	
192.168.5.2	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.2	192.168.5.2
192.168.5.3	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.3	192.168.5.3
192.168.5.4	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.4	192.168.5.4
192.168.5.5	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.5	192.168.5.5
192.168.5.12	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.12	192.168.5.12
192.168.5.254	28/2/2021 8:50:55 πμ	192.168.5.254	192.168.5.254

7 item(s), 1 Selected

Εικόνα 54: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView μετά την διακοπή και την εφαρμογή των πρωτοκόλλων πλεονασμού



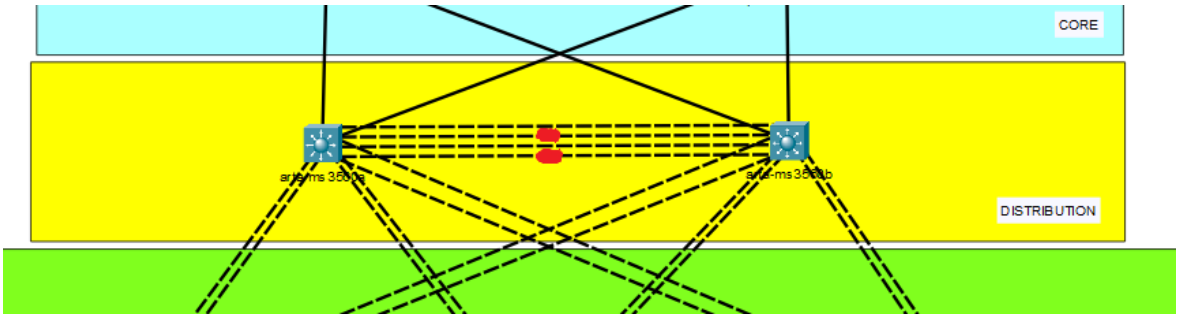
```
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
Reply from 192.168.5.12: bytes=32 time<1ms TTL=64
```

Εικόνα 55: Κατάσταση σύνδεσης μεταξύ των 2 άκρων μετά την διακοπή και την εφαρμογή των πρωτοκόλλων πλεονασμού

Οι συσκευές έχουν επανέλθει όλες, και η από άκρο σε άκρο επικοινωνία του πελάτη έχει αποκατασταθεί πλήρως.

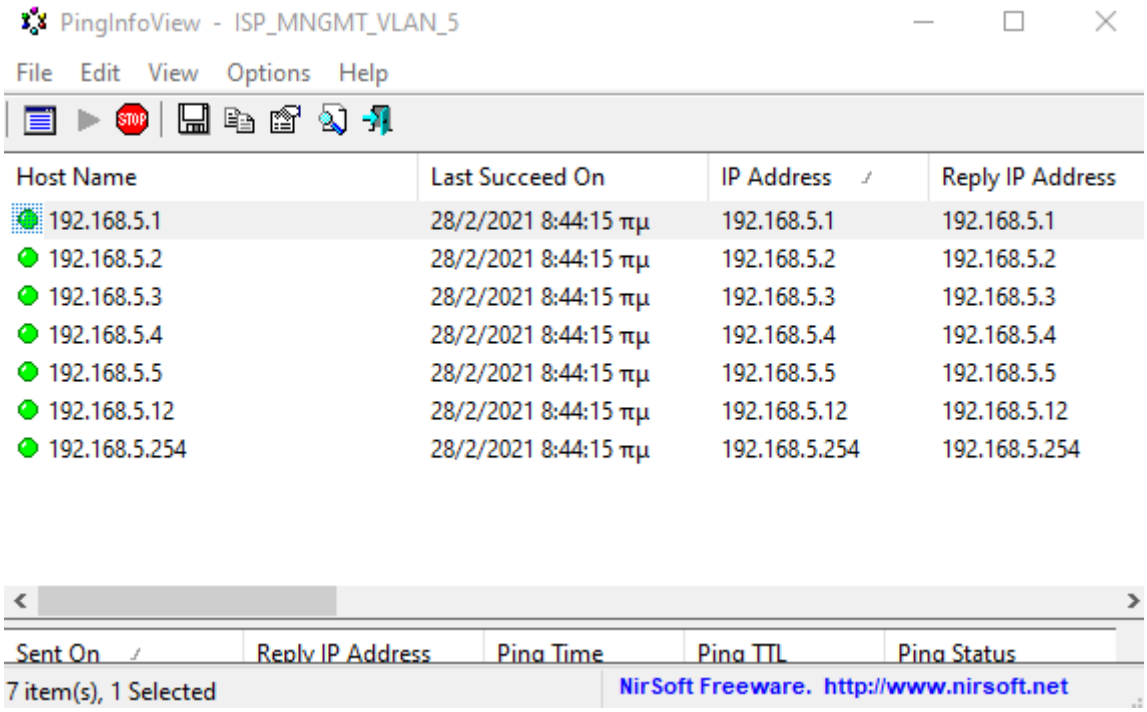
7.7 Σενάριο 2ο: Βλάβη σε κεντρικό Etherchannel

Κατά το δεύτερο σενάριο που εξετάσαμε συμβαίνει μια μη αναπόφευκτη διακοπή σε 2 από τις 4 συνδέσεις που αποτελούν το EtherChannel μεταξύ των core switch της υλοποίησης , είτε από κάποιο κόψιμο του μέσου μετάδοσής είτε από βλάβη του υλικού.

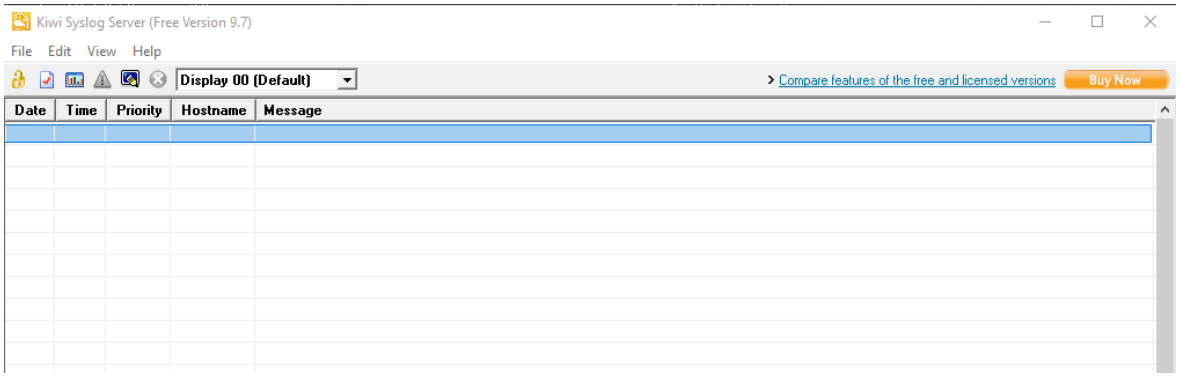


Εικόνα 56: Αναπαράσταση 2ου σεναρίου υλοποίησης

Η κατάσταση των εφαρμογών πριν από την διακοπή φαίνεται στις εικόνες [νούμερο], όπου στην πρώτη είναι η online κατάσταση των συσκευών του ISP, ενώ στην δεύτερη ο Syslog Server χωρίς κάποια Logs.

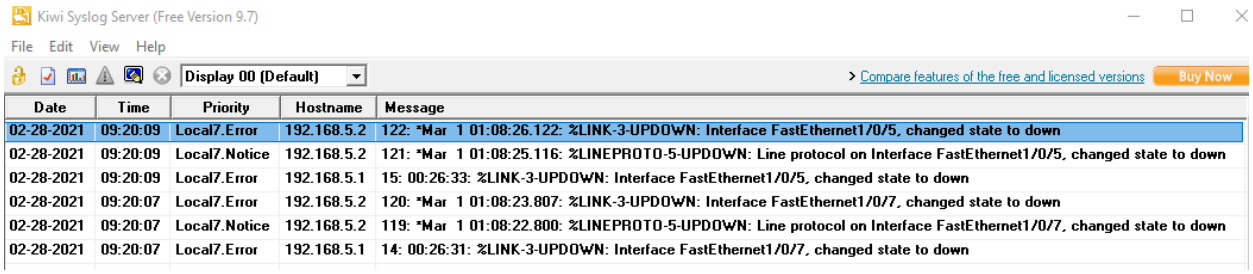


Εικόνα 57: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView πριν την διακοπή

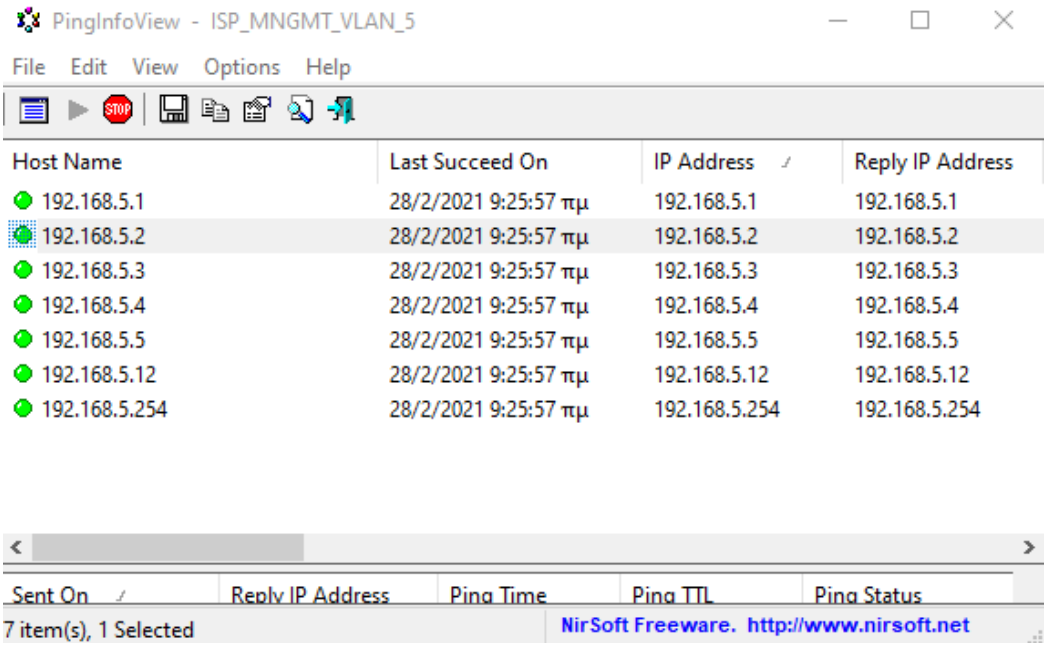


Εικόνα 58: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server πριν την διακοπή

Κατά την διάρκεια της διακοπής λειτουργίας των συνδέσεων η κατάσταση των εφαρμογών αλλάζει όπως βλέπουμε και στις εικόνες [νούμερο] αλλά η κίνηση εξακολουθεί να υπάρχει καθώς οι υπόλοιπες 2 συνδέσεις αναλαμβάνουν να την προωθήσουν χωρίς να υπάρχει κάποια διακοπή.



Εικόνα 59: Κατάσταση εφαρμογής Kiwi Syslog Server μετά την διακοπή



Εικόνα 60: Κατάσταση εφαρμογής PingInfoView μετά την διακοπή

8. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μελετήθηκαν τα πρωτόκολλα πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου καθώς και ένα δίκτυο επιπέδου ISP. Η ενασχόληση μας με την υλοποίηση αυτή μας έκανε να κατανοήσουμε πλήρως την ανάγκη του πλεονασμού και ειδικά του γεωγραφικού πλεονασμού.

Ο πλεονασμός είναι μια υλοποίηση που πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε σε ένα δίκτυο καθώς παρέχει αδιάληπτη παροχή υπηρεσιών. Στις εποχές που διανύουμε ο κόσμος της πληροφορίας δεν έχει ανοχές σε διακοπές υπηρεσίας και λάθη. Πρέπει πάντα να εφαρμόζουμε λύσεις πλεονασμού και εξισορρόπησης φορτίου σε κάθε δίκτυο που διαχειριζόμαστε, πόσο δεν όταν ήμαστε διαχειριστές δικτύου επιπέδου ISP.

Τα διάφορα πρωτόκολλα πλεονασμού και εξισορρόπησης φόρτου πρέπει να επιλέγονται σύμφωνα με τις απαιτήσεις του δικτύου. Κάθε δίκτυο έχει και τις δικές του απαιτήσεις και ιδιομορφίες.

Βιβλιογραφία

[1] Press, C., 2021. WAN Technologies Overview (2.1) > Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Connecting to the WAN | Cisco Press. [online] Ciscopress.com. Available at: <https://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2202411&seqNum=4> [Accessed 2 February 2021].

[2] Press, C., 2021. WAN Technologies Overview (1.1) > Cisco Networking Academy Connecting Networks Companion Guide: Connecting to the WAN | Cisco Press. [online] Ciscopress.com. Available at: http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=2832405&seqNum=4 [Accessed 2 February 2021].

[3] Lewis, W. 2012. LAN switching and Wireless: CCNA Exploration Companion Guide. Indianapolis: Cisco Press.

[4] White, R. & Donohue, D. 2014. The art of network architecture: business-driven design. Indianapolis: Cisco Press.

[5] Kevin Dooley, 2017. Auvik.com [Online]
Available at: https://www.auvik.com/franklyit/blog/simple-network-redundancy/

[6] Aaron Balchunas, 2014. routerllaey.com [Online]
Available at: https://www.routeralley.com/guides/redundancy_load_balancing.pdf

[7] Experiencing network problems, ciscopress.com. [Online]
Available at:
http://www.cisco.com/en/US/products/ps9967/products_qanda_item09186a0080a3698f.html

[8] RFC 4318: D. Levi, D. Harrington, Dec 2005. [Online]
Available at: https://tools.ietf.org/html/rfc4318

[9] RFC 2281, HSRP for optimization, T. Li, B. Cole, P. Morton, D. Li, March, 1998.

[10] http://curriculum.netacad.net/virtuoso/servlet/org.cli./CHAPID=null/RLOID=null/RIOID=null/start.html. [Online]

[11] CCIE, The Routing and switch ing book: By W. Odom, J. Geier, J. T.Geier, N. Mehta.

[12] Cisco network academy, http://www.cisco.com/en/US/docs/optimize/nd20e.html

[13] T. Camilo and S. Pasqualini: A Global Perspective of IPv6 Native and Transition Scenarios for DSL Infrastructures, IEEE Approval.
[14] CCNA study guide, By Richard Deal, 4th edition, page no 983, accessed Date: 05th April, 2009.
[15] Viprinet White paper: Always Online – Wherever and whenever needed Available at: https://www.viprinet.com/en/download/2324/viprinet-whitepaper-principle-en.pdf?re-direct=node/1050.
[16] Meraki: Link Aggregation and Load Balancing Defined [Online] Available at: https://documentation.meraki.com/zGeneral_Administration/Tools_and_TroubleshootingLink_Aggregation_and_Load_Balancing_Defined
[17] TechTarget, Post by Margaret Rouse: Load Balancing http://searchnetworking.techtarget.com/definition/load-balancing [Online]
[18] Get Certified, Get Ahead, Post by Darril: Load Balancing and Session Affinity for Network+ and Security+. [Online] Available at: http://blogs.getcertifiedgetahead.com/load-balancing-session-affinity-network-secu-rity/
[19] Zhang, R., & Barrell, M. (n.d.). In BGP Design and Implementation. 2004: Cisco press.
[20] Kumar, S., & Kumar, M. (2014). Improving routing in large networks inside.
[21] Creating and Configuring Loopback Interfaces. (2015). Retrieved from: http://www.informit.com/library/content.aspx?b=CCNA_Practical_Studies&seqNum=45
[22] Heap, C., & Maynes, L. (n.d.). In CCNA Practical Studies.
[23] Smith, P. (2004). BGP Techniques for Internet Service Provider.
[24]Επιτροπή, Ε., 2005. Ανακοίνωση της Επιτροπής προς το Συμβούλιο και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο: Εξωτερικές δράσεις μέσω θεματικών προγραμμάτων στο πλαίσιο των μελλοντικών δημοσιονομικών προοπτικών 2007-2013.
[25] Βούλγαρη, Ε., 2020. Προσομοίωση IoT δικτύων με Cisco Packet Tracer., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Άρτα.
[26] Κατσιφάκης, Μ., 2020. Συστήματα και Λογισμικό Κατανεμημένης και Παράλληλης Επεξεργασίας, ΤΕΙ Κρήτης, Χανιά.
[27] Παναγιώτου, Α., 2016. Δημιουργία Cluster σε εικονικό περιβάλλον, ΤΕΙ Ηπείρου, Άρτα.

[28] Anon., 2016. Citytec.gr. [Ηλεκτρονικό]
Available at: http://www.citytec.gr
[29] Comer, D. E., 2014. Δίκτυα και Διαδίκτυα Υπολογιστών. 6η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
[30] Αλεξόπουλος, Ά. & Λαγογιάννης, Γ., 2012. Τηλεπικοινωνίες και δίκτυα Υπολογιστών. 8η Έκδοση επιμ. Αθήνα: Εκδόσεις Γιαλός.
[31] Γιαννακός, Ν., Κοσσιφίδης, Ν., Πανουσίου, Σ. & Πεϊκίδης, Ι., 2015. ebusinessforum.gr. [Ηλεκτρονικό]
Available at: www.ebusinessforum.gr/old/content/downloads/Wi-Fi-Guide-final.part1.pdf
[32] Θεοδωρίδης, 2014. Δίκτυα δημόσιας χρήσης και διασύνδεση δικτύων. Πάτρα: Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής Πολυτεχνική Σχολή.
[33] Παπαπέτρου, Ε., 2016. Ασύρματα Τοπικά Δϊκτυα [πανεπιστημιακές σημειώσεις]. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Μηχ. Η/Υ & Πληροφορικής.
[34] Rababah, B., 2015. Build Nationwide Internet Service Provider. University of Manitoba, School of Enginering
[35] Κατσαρός, Π., Μπαμπά, Κ., 2019. Σχεδιασμό και υλοποίηση εταιρικού δικτύου σε Cisco με τον εικονικό προσομοιωτή GNS3. ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής.
[36] Pervaiz, I., Kashif, M., 2008. Reliability and Load Handling Problem in Internet Service Provider’s Network. Halmstad university, School of Information Science.
[37] Nyholm, M., 2016. Improving Network Connectivity by Deploying WAN Bonding Concept. Helnsikni Metropolia University of Applied Sciences.