



Πανεπιστήμιο Πειραιώς - Τμήμα Πληροφορικής
Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Πληροφορική»



Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Σχεδιασμός και Μελέτη Δικτύωσης σε Εργαστηριακό Κέντρο Δευτεροβάθμιας Τεχνικής Επαγγελματικής Εκπαίδευσης (ΔΤΕΕ)
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Διονύσιος Γκίκας του Χρήστου
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΠΛ/ 13011
Επιβλέπων	Χρήστος Δουληγέρης, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης **Νοέμβριος 2015**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)

(υπογραφή)

(υπογραφή)

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

Όνομα Επώνυμο
Βαθμίδα

*Αφιερωμένη σε όσους με βοήθησαν
και με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια
της προσπάθειάς μου.*

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή κ. Χρήστο Δουληγέρη για την επίβλεψη της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, για την στήριξη της προσπάθειάς μου και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα. Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Δημήτριο Κοτσιφάκο για την εξαιρετική συνεργασία που είχαμε και τις χρήσιμες συμβουλές του για την περάτωση της διατριβής μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Διευθυντή του 7^{ου} Εργαστηριακού Κέντρου Πειραιώς κύριο Σταθόπουλο Νικόλαο και τους υπεύθυνους καθηγητές των εργαστηρίων για την υποστήριξη και τις σημαντικές υποδείξεις τους σε σχέση με τις κατευθύνεις της διατριβής.

Βέβαια, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το οφείλω στους γονείς μου, των οποίων η υποστήριξη αποτέλεσε αρωγός σε όλους τους στόχους και τα όνειρά μου.

Διονύσιος Γκίκας

Περίληψη

Τα Εργαστηριακά Κέντρα (Ε.Κ) ως εκπαιδευτικές μονάδες του Υ.ΠΟ.ΠΑΙ.Θ, έχουν αυτοτελή διοικητική δομή στην λειτουργία τους ως σχολικές μονάδες και συνεργάζονται με τα ΕΠΑ.Λ, τις Σ.Ε.Κ. και τα Ι.Ε.Κ της περιοχής τους. Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή πραγματεύεται τη σχεδίαση δικτύωσης ενός εργαστηριακού κέντρου. Συγκεκριμένα, σχεδιάστηκε μία τοπολογία ειδικά για την κάλυψη και την πλήρη υποστήριξη όλων των αναγκών μιας σύγχρονης δικτύωσης των εργαστηρίων, μέσω της οποίας οι μαθητές και μαθήτριες να μπορούν να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο ώστε να αποκτήσουν τις ανάλογες δεξιότητες και γνώσεις για τις διάφορες ειδικότητες που επιλέγουν. Επιπλέον, εφαρμόστηκε η νέα τεχνολογία του Υπολογιστικού νέφους για την παροχή υπηρεσιών αποθήκευσης και επεξεργασίας αρχείων μέσω ασφαλούς σύνδεσης VPN στο Διαδίκτυο.

Στο συνολικό προτεινόμενο σχέδιο δικτύωσης οργανώθηκε η διεθυνσιοδότηση και η δρομολόγηση με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα και η επικοινωνία όλων των χώρων μεταξύ τους να είναι εφικτή με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Για όσο το δυνατό πιο βέλτιστη απόδοση και άμεση ανταπόκριση του δικτύου χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι αλγόριθμοι και τεχνολογίες στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση οποιωνδήποτε καθυστερήσεων. Η προαναφερθείσα σχεδίαση του δικτύου υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τη νεότερη έκδοση του εργαλείου προσομοίωσης της ακαδημίας Cisco, Cisco Packet Tracer 6.2.

Λέξεις Κλειδιά

Σχεδίαση Δικτύου, Διεθυνσιοδότηση, Δρομολόγηση, Υπολογιστική Νέφους, Εικονικό Ιδιωτικό Δίκτυο, Δικτύωση και Διαδίκτυο, Εργαστηριακό Κέντρο

Abstract

The Laboratorial Centers as educational units of Ministry of Education and Religions have self-existent administrative structure in their operation as school units and they support usually the laboratory courses within the technical and professional orientation of the secondary education. The present post-graduate dissertation deals with the design of networking in a laboratory centre. Concretely, was drawn a topology for the cover and the complete support of all needs of a modern networking, via which the students can access the Internet so that they acquire the proportional dexterities and knowledge for the various directions they select. Furthermore, the new technology of Cloud computing was applied for the benefit of storage and treatment services on files via secure connection VPN in the Internet.

In the overall proposed drawing of networking were organized the addressing and the routing in such a way as to avoid creating problems or conflicts between nodes and achieve communication with the better possible way. For as long as possible more optimal output and direct correspondence of network was used various algorithms and technologies aiming in the minimization of delays. For the aforementioned planning of the network was used the newer publication of tool of simulation of academy Cisco, Cisco Packet Tracer 6.2

Keywords

Network Design, Addressing, Routing, Cloud Computing, Virtual Private Network, Networking and Internet, Laboratory Center

Πίνακας Περιεχομένων

Ευχαριστίες	4
Περίληψη	5
Abstract	6
Κατάλογος Σχημάτων	9
1. Εισαγωγή	11
1.1 Στόχος Μεταπτυχιακής Διατριβής.....	11
1.2 Διάρθρωση Μεταπτυχιακής Διατριβής.....	11
2. Βασικές Έννοιες Δικτύωσης Υπολογιστών	13
2.1 Διαδίκτυο & Υπηρεσίες.....	13
2.2 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....	13
2.2.1 TCP.....	13
2.2.2 UDP.....	14
2.2.3 DHCP.....	14
2.2.4 IP.....	15
2.2.5 ARP.....	15
2.2.6 FTP.....	16
2.2.7 ICMP.....	16
2.2.8 HTTP.....	16
2.2.9 POP & SMTP.....	16
2.3 Διευθυνσιοδότηση.....	17
2.3.1 Διευθύνσεις IP - DNS και Κλάσεις	17
2.3.2 NAT.....	18
2.3.3 Μάσκα Υποδικτύου	18
2.3.4 Υποδικτύωση & VLSM	19
2.4 Δρομολόγηση.....	20
2.4.1 Στατική Δρομολόγηση.....	21
2.4.2 Δυναμική Δρομολόγηση.....	21
2.4.3 RIP.....	21
2.4.4 EIGRP.....	21
2.4.5 OSPF.....	21
2.5 Ασφάλεια Δικτύων.....	22
2.5.1 Είδη Δικτυακών Επιθέσεων.....	23
2.5.2 Προστασία & Εργαλεία Ασφάλειας Δικτύου.....	23
3. Σχεδιάζοντας ένα Δίκτυο	25
3.1 Καθορισμός Στόχων.....	25
3.2 Ανάλυση Απαιτήσεων.....	25
3.3 Μελέτη Δικτύου.....	26
3.4 Επιλογή Δικτυακών Συσκευών.....	27
3.5 Επιλογή Διασύνδεσης.....	27
3.6 Εφαρμογή Διευθυνσιοδότησης.....	29

4. Το Εργαστηριακό Κέντρο	30
4.1 Δομή Εργαστηριακού Κέντρου.....	30
4.1.1 Ισόγειο.....	30
4.1.2 Πρώτος Όροφος.....	31
4.1.3 Δεύτερος Όροφος.....	31
4.1.4 Τρίτος Όροφος.....	32
4.2 Απαιτήσεις Εργαστηριακού Κέντρου.....	33
4.2.1 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης.....	33
4.2.2 Διάγραμμα Τάξεων.....	34
4.2.3 Διάγραμμα Διανομής.....	36
5. Προτεινόμενη Σχεδίαση & Υλοποίηση Δικτύωσης	37
5.1 Περιγραφή Δικτύου.....	37
5.2 Συσκευές & Διασύνδεση.....	38
5.3 Τοπολογία Δικτύου.....	39
5.4 Εφαρμογή Διευθυνσιοδότησης.....	40
5.5 Σενάρια Λειτουργίας Δικτύου.....	44
5.5.1 Σενάριο Στατικής Δρομολόγησης.....	44
5.5.2 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης RIPv2.....	52
5.5.3 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης EIGRP.....	57
5.5.4 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης OSPF.....	60
5.6 Υπηρεσία Ανταλλαγής E-Mail.....	64
5.7 Υπηρεσία Πρόσβασης Web.....	64
5.8 Υπηρεσία Επεξεργασίας Αρχείων μέσω Cloud.....	65
5.9 Εφαρμογή Ασφάλειας.....	66
5.9.1 Προστασία Δρομολογητών.....	66
5.9.2 Εφαρμογή Πολιτικών Πρόσβασης.....	68
5.9.3 Προστασία Πρωτοκόλλων Δυναμικής Δρομολόγησης.....	70
5.9.4 Δημιουργία VPN & IPsec.....	71
6. Υπολογιστικό Νέφος	76
6.1 Χαρακτηριστικά.....	76
6.2 Μοντέλα Υπηρεσίας.....	76
6.3 Μοντέλα Ανάπτυξης.....	76
7. Εργαλείο Προσομοίωσης Cisco Packet Tracer 6.2	77
7.1 Περιγραφή.....	77
7.2 Παράδειγμα Λειτουργίας.....	77
8. Συμπεράσματα	79
8.1 Συμπεράσματα & Μελλοντικές Προεκτάσεις.....	79
Βιβλιογραφία	80

Κατάλογος Σχημάτων

1. Εγκαθίδρυση σύνδεσης TCP.....	14
2. Συστατικά IP κεφαλίδας.....	15
3. Λειτουργία ARP.....	15
4. Επιτυχής επικοινωνία μεταξύ κόμβων.....	16
5. SMTP και POP.....	17
6. Διευθυνσιοδότηση σε κάθε επίπεδο.....	17
7. Διευθύνσεις δικτύου, broadcast και υπολογιστή.....	17
8. Μηχανισμός NAT.....	18
9. Εφαρμογή μάσκας υποδικτύου.....	18
10. Εφαρμογή υποδικτύωσης.....	19
11. Δρομολόγηση με βάση τον πίνακα.....	20
12. Κύκλος ασφάλειας ενός δικτύου.....	22
13. Διαδικασία ανάλυσης απαιτήσεων και σχεδίασης δικτύου.....	26
14. Διαχείριση μελέτης PRINCE2 ενός δικτύου.....	26
15. Καλωδίωση περιοχών τοπικού δικτύου.....	28
16. Καλώδια RJ-45 T58A και T568B.....	28
17. Κάτοψη ισογείου εργαστηριακού κέντρου.....	30
18. Κάτοψη πρώτου ορόφου εργαστηριακού κέντρου.....	31
19. Κάτοψη δευτέρου ορόφου εργαστηριακού κέντρου.....	32
20. Κάτοψη τρίτου ορόφου εργαστηριακού κέντρου.....	32
21. Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης.....	34
22. Διάγραμμα τάξεων.....	35
23. Διάγραμμα διανομής.....	36
24. Μορφή δικτύου περιοχής εργαστηριακού κέντρου.....	37
25. Παροχή υπηρεσιών Cloud.....	38
26. Μικρογραφία τοπολογίας δικτύου εργαστηριακού κέντρου.....	39
27. Διευθυνσιοδότηση δικτύου εργαστηριακού κέντρου.....	42
28. Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή ισογείου.....	46
29. Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή πρώτου ορόφου.....	46
30. Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή δευτέρου ορόφου.....	47
31. Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή τρίτου ορόφου.....	47
32. Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή παρόχου.....	48
33. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών ισογείου I.....	48
34. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών ισογείου II.....	48
35. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ ισογείου και πρώτου ορόφου I.....	49
36. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ ισογείου και πρώτου ορόφου II.....	49
37. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου και τρίτου ορόφου I.....	50
38. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου και τρίτου ορόφου II.....	50
39. Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ πρώτου ορόφου και εξυπηρετητή παρόχου.....	51
40. Διαδρομή πακέτων μεταξύ πρώτου ορόφου και εξυπηρετητή παρόχου.....	51
41. Στοιχεία πακέτου πριν και μετά την εφαρμογή του μηχανισμού NAT.....	52
42. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή ισογείου.....	54
43. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή πρώτου ορόφου.....	54
44. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή δευτέρου ορόφου.....	55
45. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή τρίτου ορόφου.....	55
46. Χρόνος επικοινωνίας ισογείου-εξυπηρετητή παρόχου κατά RIPv2.....	56
47. Χρόνος επικοινωνίας δευτέρου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά RIPv2.....	56
48. Χρόνος επικοινωνίας δευτέρου ορόφου-ισογείου κατά RIPv2.....	56
49. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή ισογείου.....	58
50. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή πρώτου ορόφου.....	58
51. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή δευτέρου ορόφου.....	59
52. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή τρίτου ορόφου.....	59

53. Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ τρίτου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά EIGRP.....	59
54. Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου ορόφου-ισογείου κατά EIGRP.....	60
55. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή ισογείου.....	61
56. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή πρώτου ορόφου.....	62
57. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή δευτέρου ορόφου.....	62
58. Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή τρίτου ορόφου.....	63
59. Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ πρώτου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά OSPF.....	63
60. Χρόνος διαδρομής πακέτου από ισόγειο σε εξυπηρετητή παρόχου κατά OSPF.....	63
61. Υπηρεσία ανταλλαγής e-mail.....	64
62. Υπηρεσία πρόσβασης web.....	65
63. Υπηρεσία επεξεργασίας αρχείων μέσω cloud.....	66
64. Επαλήθευση μη πρόσβασης οποιουδήποτε υπολογιστή.....	69
65. Επαλήθευση πρόσβασης από διαχειριστή δικτύου.....	69
66. Χαρακτηριστικά IPsec που εφαρμόστηκαν.....	72
67. Επαλήθευση κρυπτογράφησης στο δρομολογητή του κέντρου.....	74
68. Επαλήθευση κρυπτογράφησης στο δρομολογητή του παρόχου.....	74
69. Επαλήθευση χαρακτηριστικών IPsec.....	75
70. Παράδειγμα δημιουργίας τοπολογίας στο εργαλείο προσομοίωσης.....	77
71. Δεύτερη εκδοχή παραδείγματος δημιουργίας τοπολογίας στο εργαλείο προσομοίωσης.....	78

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

Τα Εργαστηριακά Κέντρα ως εκπαιδευτικές μονάδες του Υπουργείου Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων έχουν αυτοτελή διοικητική δομή στην λειτουργία τους ως σχολικές μονάδες και συνεργάζονται με τα σχολεία καθορίζοντας τον αριθμό, το είδος και τους χώρους των εργαστηρίων κατεύθυνσης που θα λειτουργήσουν. Εποπτεύουν την κατάλληλη διαμόρφωση και τον εξοπλισμό των εργαστηριακών χώρων, ώστε να μπορεί να υποστηριχθεί η εργαστηριακή άσκηση των μαθητών/τριών και η διδασκαλία των αντίστοιχων εργαστηριακών μαθημάτων. Για το σκοπό αυτό φροντίζουν ώστε οι χώροι να έχουν τις κατάλληλες διαστάσεις, να είναι εξοπλισμένοι με τα κατάλληλα μέσα εξοπλισμού και πυρόσβεσης και με τα εργαστηριακά όργανα που απαιτούνται, σε ικανό αριθμό, ώστε να ανταποκριθούν στις ανάγκες των ασκήσεων. Επιπλέον, εισηγούνται στη διεύθυνση δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για το εκπαιδευτικό προσωπικό που απαιτείται για τη λειτουργία του εργαστηριακού κέντρου προτείνοντας τους υπεύθυνους των εργαστηρίων κατεύθυνσης, μετά από εισήγηση του υπεύθυνου του τομέα.

1.1 Στόχος Μεταπτυχιακής Διατριβής

Οι προϋποθέσεις για την λειτουργία πληθώρας συσκευών που απαιτούνται για την ουσιαστική στήριξη της διδακτικής πράξης, θέτουν το πρόβλημα της σχεδίασης και της οργάνωσης της δικτύωσης αυτού του οργανισμού. Ένα εργαστηριακό κέντρο μπορεί να θεωρηθεί ως το άθροισμα επιμέρους εργαστηρίων ειδικοτήτων μέσω μιας κεντρικής διοίκησης. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη συνδεσιμότητα των εργαστηρίων είναι αφενός η καταγραφή των αναγκών των επιμέρους εργαστηρίων και αφετέρου η σχεδίαση και η υλοποίηση των πρωτοκόλλων δικτύου σε αυτά. Η υλοποίηση των πρωτοκόλλων γίνεται από το λειτουργικό σύστημα αν περιέχεται σε αυτά, διαφορετικά γίνεται εξ αρχής.

Η εγκατάσταση υποδομών δομημένης καλωδίωσης για δεδομένα, φωνή και εν γένει ενοποιημένων επικοινωνιών (unified communications) καθώς και του συναφούς ενεργού εξοπλισμού έχουν καθιερωθεί πια σε εξοπλισμούς σχολικών κτηρίων. Η διατριβή επικεντρώνεται στον εκσυγχρονισμό της υπάρχουσας διαδικασίας της σχεδίασης για τα εργαστηριακά κέντρα και στην χρησιμοποίηση ανερχόμενων τεχνολογιών Cloud για online επεξεργασία αρχείων. Επιπλέον, η κίνηση στο Διαδίκτυο θα υλοποιείται μέσω σύνδεσης VPN παρέχοντας ασφάλεια στις πληροφορίες που ανταλλάσσονται. Στις ημέρες μας συνήθως τα εργαστηριακά κέντρα λειτουργούν με ό,τι υλικό έχουν διαθέσιμο από τον εξοπλισμό των ειδικοτήτων που έχουν ιδρυθεί και σε όσα υλοποιούν εκεί οι καθηγητές, σύμφωνα με τις ανάγκες των μαθημάτων τους. Οι χρηματοδοτήσεις, οι εξοπλισμοί και οι σχεδιασμοί βελτίωσης και αναβάθμισης εξοπλισμού που προορίζονται για την κάλυψη των αναγκών των εργαστηριακών κέντρων αφορούν κυρίως υλικό ειδικοτήτων και όχι πάγιο εξοπλισμό κεντρικής δικτύωσης.

1.2 Διάρθρωση Μεταπτυχιακής Διατριβής

Η παρούσα διατριβή είναι οργανωμένη σε οκτώ κεφάλαια που έχουν ως εξής:

1. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στο θέμα που θα αναπτυχθεί και περιγράφεται ο στόχος της διατριβής.
2. Στο δεύτερο κεφάλαιο συνοψίζονται βασικά θέματα δικτύωσης υπολογιστών όπως το Διαδίκτυο και οι υπηρεσίες που προσφέρει, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και οι λειτουργίες της διευθυνσιοδότησης και της δρομολόγησης. Το κεφάλαιο κλείνει με ένα σημαντικό παράγοντα επιτυχίας ενός δικτύου που αφορά την ασφάλεια.
3. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία σχεδίασης και μελέτης ενός δικτύου υπολογιστών, περιλαμβάνοντας την ανάλυση απαιτήσεων, τις επιλογές σύνδεσης και συσκευών, την εφαρμογή διευθυνσιοδότησης και τον καθορισμό των στόχων ενός δικτύου.
4. Το τέταρτο κεφάλαιο περιγράφει την δομή όλων των περιοχών του εργαστηριακού κέντρου και τις απαιτήσεις του δικτύου, περιλαμβάνοντας τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης, τάξεων και διανομής.

5. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται το δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου, οι συσκευές και οι συνδέσεις που χρησιμοποιήθηκαν, η τοπολογία του δικτύου, οι διαδικασίες διευθυνσιοδότησης και δρομολόγησης είτε στατικής είτε δυναμικής με τα τρία διαφορετικά πρωτόκολλα που εφαρμόστηκαν και οι υπηρεσίες που προσφέρονται στους χρήστες του κέντρου. Το κεφάλαιο κλείνει με την εφαρμογή πολιτικών ασφάλειας και την δημιουργία VPN για την προστασία του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου.
6. Στο έκτο κεφάλαιο συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας του υπολογιστικού νέφους.
7. Στο έβδομο κεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία και την προσομοίωση του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου.
8. Το όγδοο κεφάλαιο αποτελεί τον επίλογο της διατριβής εμπεριέχοντας συμπεράσματα και μελλοντικές προοπτικές.

Κεφάλαιο 2

Βασικές Έννοιες Δικτύωσης Υπολογιστών

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφονται συνοπτικά βασικά θέματα δικτύωσης υπολογιστών όπως το Διαδίκτυο και οι υπηρεσίες που προσφέρει, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και οι λειτουργίες της διευθυνσιοδότησης και της δρομολόγησης. Το κεφάλαιο κλείνει με ένα σημαντικό παράγοντα επιτυχίας ενός δικτύου που αφορά την ασφάλεια.

2.1 Διαδίκτυο & Υπηρεσίες

Το Διαδίκτυο αποτελεί ένα σύνολο διασυνδεδεμένων δικτύων και υπολογιστών σε παγκόσμια κλίμακα. Χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο TCP/IP παρέχει πληθώρα υπηρεσιών προσφέροντας αξιόπιστη μεταφορά και δρομολόγηση των δεδομένων αντίστοιχα. Μερικές από τις εφαρμογές των δικτύων υπολογιστών συνοψίζονται παρακάτω:

- Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο: Οι χρήστες διαθέτοντας ηλεκτρονική διεύθυνση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους στέλνοντας και λαμβάνοντας μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.
- Μεταφορά αρχείων: Έχοντας συνδεθεί με κάποιον εξυπηρετητή αρχείων του δικτύου ένας χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση και να αποθηκεύσει ή να ανακτήσει επιθυμητά αρχεία.
- Παγκόσμιος Ιστός: Με το www παρέχεται στους χρήστες πρόσβαση σε κάθε είδους πληροφορίες.
- Διαμοιρασμός αρχείων, εφαρμογών και περιφερειακών συσκευών σε χώρους εργασίας.
- Ομάδες ειδήσεων: Ένας εξυπηρετητής ομάδων ειδήσεων παρέχει στους χρήστες επιθυμητές ομάδες ειδήσεων και επιλεκτικά άρθρα.
- Ανοικτή συνομιλία: Μέσω ειδικών εφαρμογών ανοικτής συνομιλίας οι χρήστες έχουν την δυνατότητα να συζητούν μεταξύ τους σε κοινά θέματα.
- Τηλεδιάσκεψη: Επιτρέπει στους χρήστες να συνομιλούν, να κάνουν παρατηρήσεις και να μοιράζονται ηλεκτρονικές σημειώσεις σε έναν εικονικό χώρο.
- Τηλεκπαίδευση: Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να παρακολουθούν τα μαθήματα από το χώρο τους συμμετέχοντας σε μία εικονική τάξη και έχοντας πρόσβαση σε ψηφιακές βιβλιοθήκες και ηλεκτρονικά εργαστήρια.

Περεταίρω παραδείγματα εφαρμογών των δικτύων αποτελούν η τηλεϊατρική και το ηλεκτρονικό εμπόριο [1].

2.2 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

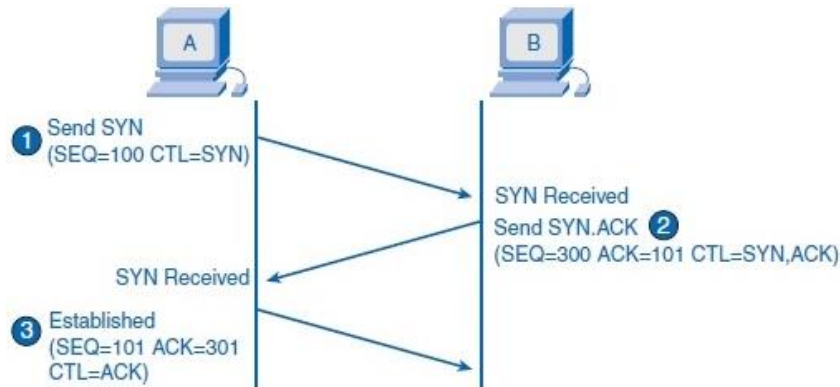
Δύο ή περισσότεροι υπολογιστές που επικοινωνούν μεταξύ τους σε ένα δίκτυο, ανταλλάσσουν δεδομένα σύμφωνα με ένα σύνολο από κανόνες που αποτελούν τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Τα πρωτόκολλα αυτά ορίζουν την μορφή που έχουν τα μηνύματα που ανταλλάσσονται και τις διαδικασίες εκκίνησης και τερματισμού της επικοινωνίας μεταξύ κόμβων [2].

2.2.1 TCP

Το πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς (Transmission Control Protocol) ανήκει στο επίπεδο μεταφοράς και εφαρμόζεται για την διασφάλιση της αξιόπιστης παράδοσης και επιβεβαίωσης των δεδομένων από τη πηγή στον προορισμό, χωρίς λάθη και έχοντας τη σωστή σειρά. Στην περίπτωση που κάποια δεδομένα δεν επιβεβαιωθούν γίνεται επαναμετάδοση αυτών. Το TCP αποτελεί πρωτόκολλο προσανατολισμένο σε σύνδεση που επιτυγχάνεται με τρία βήματα. Η διαδικασία αυτής της σύνδεσης ορίζει ότι η συσκευή προορισμού υπάρχει στο δίκτυο έχοντας την αντίστοιχη θύρα για την αποδοχή των αιτημάτων από τη πηγή. Επιπλέον, γίνεται ενημέρωση του προορισμού για την επιθυμία ενός σταθμού αποστολής να εκκινήσει μια διαδικασία επικοινωνίας σε μία θύρα.

Οι φυλλομετρητές ιστοσελίδων, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και η μεταφορά αρχείων αποτελούν παραδείγματα εφαρμογών που εφαρμόζουν το πρωτόκολλο αυτό [2],[3],[4].

Σχήμα 1: Εγκαθίδρυση σύνδεσης TCP



2.2.2 UDP

Το δεύτερο πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς είναι το πρωτόκολλο αυτοδύναμων πακέτων (User Datagram Protocol). Το πρωτόκολλο αυτό εστιάζει στην ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων και όχι στην αξιόπιστη μετάδοσή τους. Σε αντίθεση με το TCP δεν προσφέρει επαναμετάδοση, επιβεβαίωση, λήψη δεδομένων στη σωστή σειρά και έλεγχο ροής και αποτελεί πρωτόκολλο χωρίς εγκαθίδρυση σύνδεσης. Το DNS, η μετάδοση video streaming και VoIP συνιστούν εφαρμογές που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο UDP [2].

Η πληθώρα εφαρμογών που επικοινωνούν καθιστούν απαραίτητη την παρακολούθησή τους μέσω αριθμών θυρών για να είναι εφικτός ο διαχωρισμός τους. Τόσο το TCP όσο και το UDP περιέχουν θύρες που αντιστοιχούν στις διαφορετικές εφαρμογές που επικοινωνούν. Οι βασικότεροι αριθμοί θυρών συνοψίζονται ως εξής [2]:

- Port 20: FTP Data
- Port 21: FTP Control
- Port 22: SSH
- Port 23: Telnet
- Port 25: SMTP
- Port 53: DNS
- Port 67: DHCP
- Port 80: HTTP
- Port 110: POP3
- Port 443: HTTPS

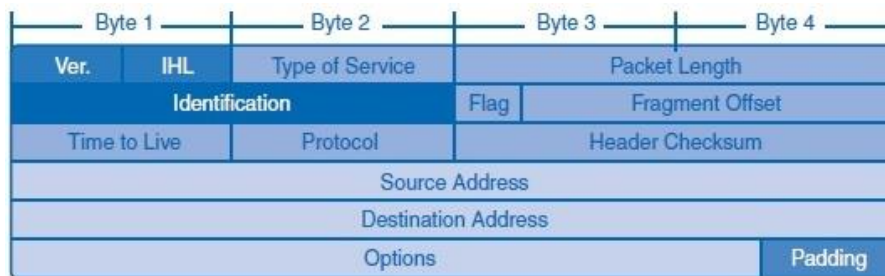
2.2.3 DHCP

Το πρωτόκολλο δυναμικής διαμόρφωσης υπολογιστή υπηρεσίας (Dynamic Host Configuration Protocol) επιτρέπει στους υπολογιστές που συνδέονται σε ένα δίκτυο, να αποκτούν χειροκίνητα ή αυτόματα όλες τις ρυθμίσεις δικτύωσης που περιλαμβάνουν διευθύνσεις δικτύου και DNS, μάσκες και προεπιλεγμένες πύλες. Το πρωτόκολλο ακολουθεί το μοντέλο πελάτη/εξυπηρετητή. Ένας πελάτης που συνδέεται σε ένα δίκτυο χρειάζεται να αποκτήσει μια διεύθυνση δικτύου αποστέλλοντας αίτηση για την ανακάλυψη ενός εξυπηρετητή DHCP. Ο εξυπηρετητής που δέχεται την αίτηση αποκρίνεται στέλνοντας όλα τα απαραίτητα στοιχεία στον πελάτη που μπορεί να τα χρησιμοποιήσει για ορισμένο χρονικό διάστημα [4].

2.2.4 IP

Το σπουδαιότερο πρωτόκολλο επικοινωνίας του επιπέδου δικτύου είναι το πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol). Βασικός στόχος του πρωτοκόλλου είναι η διαδικασία της αποστολής και παράδοσης πακέτων δεδομένων από την πηγή στον προορισμό τους. Ο μηχανισμός του στηρίζεται στην μορφή αυτοδύναμων πακέτων που μεταφέρονται στον προορισμό μέσω διαφορετικών διαδρομών. Το πρωτόκολλο αυτό δεν προσανατολίζεται σε σύνδεση και λειτουργεί ανεξάρτητα από το μέσο μετάδοσης. Επιπρόσθετα, δεν εγγυάται την παράδοση των πακέτων με αποτέλεσμα να θεωρείται αναξιόπιστο. Η ευρέως χρησιμοποιούμενη έκδοση είναι η IPv4, εντούτοις λόγω των περιορισμένων διευθύνσεων αυτής της έκδοσης χρησιμοποιείται παράλληλα και η έκδοση IPv6. Στα δεδομένα προς μετάδοση προστίθεται μία κεφαλίδα δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο τη δομή του πακέτου [3]. Σύμφωνα με το σχήμα 2 τα σημαντικότερα τμήματα είναι ο χρόνος ζωής του πακέτου και οι διευθύνσεις αποστολέα και παραλήπτη.

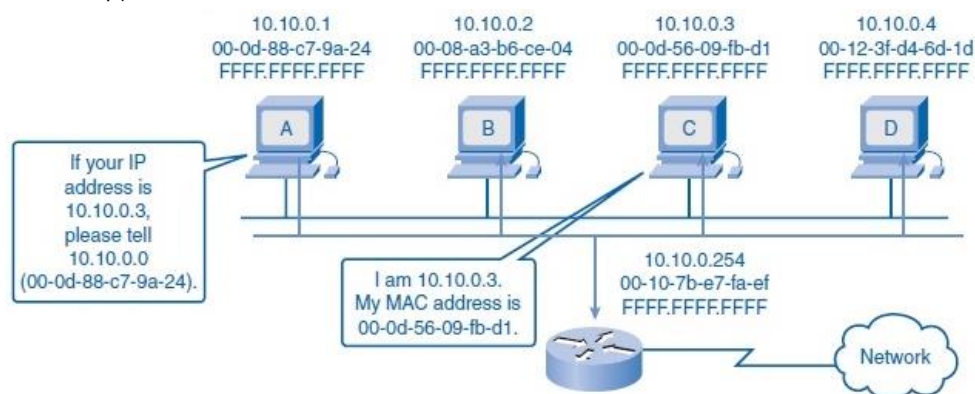
Σχήμα 2: Συστατικά IP κεφαλίδα



2.2.5 ARP

Το πρωτόκολλο ανάλυσης διευθύνσεων (Address Resolution Protocol) ανήκει στο επίπεδο πρόσβασης δικτύου του μοντέλου TCP/IP. Βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου είναι η αντιστοίχιση των διευθύνσεων δικτύου με τις φυσικές διευθύνσεις του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων. Κάθε κόμβος διατηρεί έναν πίνακα που αποτελείται από ζεύγη διευθύνσεων δικτύου και φυσικών διευθύνσεων. Σε περίπτωση απουσίας της φυσικής διεύθυνσης ο σταθμός μεταδίδει μια αίτηση προς όλους τους σταθμούς του δικτύου ζητώντας να μάθει μία φυσική διεύθυνση. Ο σταθμός που αποκρίνεται βάση της διεύθυνσης δικτύου απαντά συμπεριλαμβάνοντας και την φυσική διεύθυνση [2].

Σχήμα 3: Λειτουργία ARP



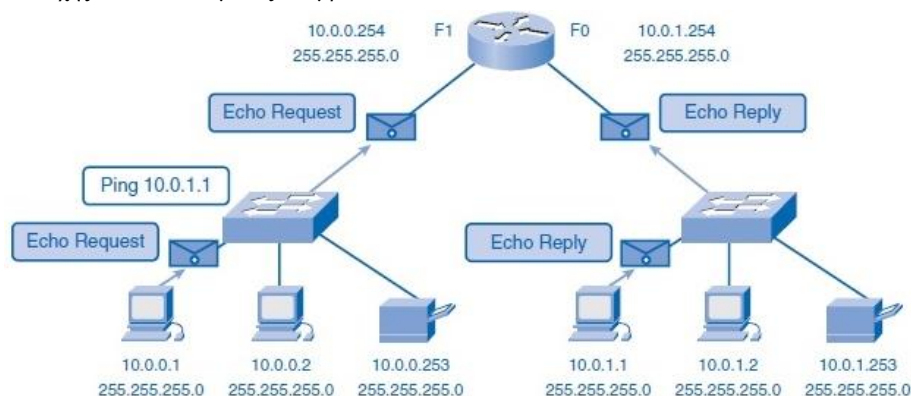
2.2.6 FTP

Το πρωτόκολλο μεταφοράς αρχείων (File Transfer Protocol) αποτελεί ένα συχνά χρησιμοποιούμενο πρωτόκολλο επιπέδου εφαρμογής. Αναπτύχθηκε για την μεταφορά αρχείων μεταξύ πελάτη/εξυπηρετητή εφαρμόζοντας το πρωτόκολλο TCP. Το ανέβασμα ή κατέβασμα αρχείων, η μετονομασία και η διαγραφή αποτελούν παραδείγματα λειτουργιών που υποστηρίζει το πρωτόκολλο αυτό [3].

2.2.7 ICMP

Η αναφορά των σφαλμάτων που εμφανίζονται στις συσκευές του δικτύου πραγματοποιείται με την δημιουργία μηνυμάτων λάθους που γίνεται από το πρωτόκολλο ελέγχου μηνυμάτων Διαδικτύου (Internet Control Message Protocol). Βοηθητικά εργαλεία όπως το ping και traceroute χρησιμοποιούνται με το ICMP για τον έλεγχο της επικοινωνίας. Τυπικά παραδείγματα μηνυμάτων ICMP περιλαμβάνουν την επιβεβαίωση ενός σταθμού, την αδυναμία πρόσβασης σε κάποια υπηρεσία ή σε έναν προορισμό, την ανακατεύθυνση διαδρομής και την υπέρβαση κάποιου χρονικού ορίου [3].

Σχήμα 4: Επιτυχή επικοινωνία μεταξύ κόμβων



2.2.8 HTTP

Στο επίπεδο εφαρμογής συναντάμε το βασικότερο πρωτόκολλο που χρησιμοποιούν οι φυλλομετρητές στον Παγκόσμιο Ιστό για την μεταφορά οποιουδήποτε είδους δεδομένων, μεταξύ ενός εξυπηρετητή και ενός πελάτη. Το πρωτόκολλο αυτό ονομάζεται πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol) και χαρακτηρίζεται ως πρωτόκολλο αίτησης/απόκρισης [4]. Τα σημαντικότερα μηνύματα του HTTP συνοψίζονται ως εξής:

- GET: Αποτελεί μία αίτηση ενός πελάτη για δεδομένα.
- POST & PUT: Χρησιμοποιούνται για το ανέβασμα δεδομένων σε έναν εξυπηρετητή.

2.2.9 POP & SMTP

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου είναι το πρωτόκολλο απλής μεταφοράς ταχυδρομείου (Simple Mail Transfer Protocol) και το πρωτόκολλο ταχυδρομείου (Post Office Protocol). Το μοντέλο που βασίζονται τα δύο πρωτόκολλα είναι αυτό του πελάτη/εξυπηρετητή. Το πρωτόκολλο POP εφαρμόζεται για τα εισερχόμενα μηνύματα που αποστέλλονται από τον εξυπηρετητή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου στον πελάτη. Αντίθετα, το πρωτόκολλο SMTP χρησιμοποιείται για τα εξερχόμενα μηνύματα που κατευθύνονται από τον πελάτη προς τον εξυπηρετητή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου [2].

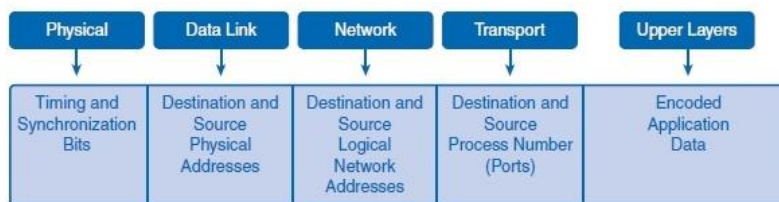
Σχήμα 5: SMTP και POP



2.3 Διευθυνσιοδότηση

Για την επίτευξη της ανταλλαγής πακέτων είναι απαραίτητη η εκχώρηση λογικών διευθύνσεων σε όλους τους κόμβους που συμμετέχουν στο διαδίκτυο. Μία διεύθυνση δικτύου αποτελεί την ταυτότητα ενός κόμβου στο διαδίκτυο. Με βάση την διεύθυνση προορισμού στα πακέτα κάθε συσκευή αναγνωρίζει τον προορισμό παράδοσης των πακέτων. Σύμφωνα με το σχήμα 6 στα επίπεδα σύνδεσης δεδομένων, δικτύου και μεταφοράς εφαρμόζονται διαφορετικοί τύποι διευθυνσιοδότησης για την κάλυψη των λειτουργιών αυτών των επιπέδων [2].

Σχήμα 6: Διευθυνσιοδότηση σε κάθε επίπεδο

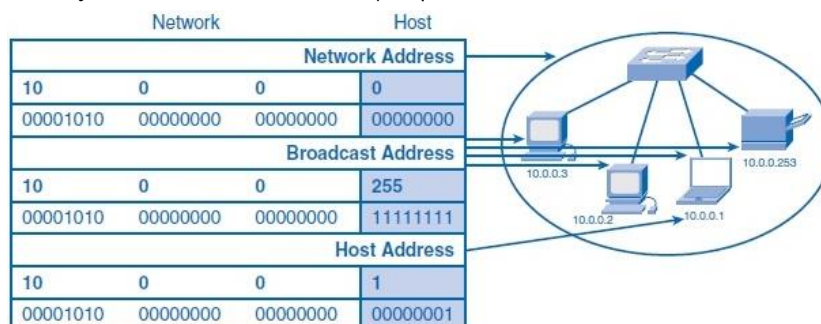


2.3.1 Διευθύνσεις IP - DNS και Κλάσεις

Οι διευθύνσεις IP έχουν μέγεθος 4 byte που χωρίζονται μεταξύ τους με μία τελεία και παριστάνονται σε δεκαδική μορφή. Λόγω δυσκολίας απομνημόνευσης αυτής της μορφής οι διευθύνσεις IP αντιστοιχίζονται με κάποιο όνομα τομέα (Domain Name System). Σε μία διεύθυνση IP διακρίνεται το τμήμα δικτύου προσδιορίζοντας το δίκτυο που είναι συνδεδεμένος ένας υπολογιστής και το τμήμα υπολογιστή που αναφέρεται στον συγκεκριμένο υπολογιστή [2]. Τα βασικά είδη διευθύνσεων συνοψίζονται ως εξής:

- Διεύθυνση δικτύου: Η διεύθυνση αυτή προσδιορίζει το δίκτυο που περιέχει όλες τις συσκευές.
- Διεύθυνση broadcast: Η διεύθυνση εκπομπής χρησιμοποιείται για την μετάδοση δεδομένων προς όλους τους κόμβους του δικτύου.
- Διεύθυνση υπολογιστή: Εκχωρείται στις συσκευές που υπάρχουν στο δίκτυο.
- Δημόσιες διευθύνσεις: Χρησιμοποιούνται στο Διαδίκτυο.
- Ιδιωτικές διευθύνσεις: Προορίζονται για τα ιδιωτικά δίκτυα και δεν επιτρέπονται δημόσια. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οι διευθύνσεις: (10.0.0.0 ως 10.255.255.255), (172.16.0.0 ως 172.31.255.255) και (192.168.0.0 ως 192.168.255.255).

Σχήμα 7: Διευθύνσεις δικτύου, broadcast και υπολογιστή



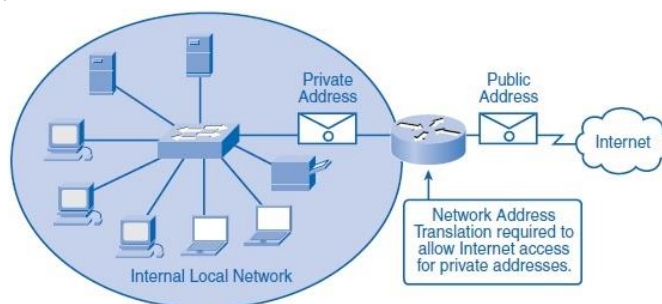
Οι διευθύνσεις IP μπορούν να χωριστούν σε κλάσεις που ορίζουν τα μεγέθη των τμημάτων δικτύου και υπολογιστή. Οι κλάσεις κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Κλάση A: Έχει εύρος 1 ως 127 και για το τμήμα δικτύου δεσμεύονται 8 bit, ενώ για το τμήμα υπολογιστή 24.
- Κλάση B: Έχει εύρος 128 ως 191 δεσμεύοντας 16 bit για καθένα από τα δύο τμήματα.
- Κλάση C: Έχει εύρος 129 ως 223 και για το τμήμα δικτύου χρησιμοποιούνται 24 bit, ενώ για το τμήμα υπολογιστή 8.
- Κλάσεις D και E: Περιέχουν διευθύνσεις για πολυεκπομπή και για μελλοντική χρήση αντίστοιχα.

2.3.2 NAT

Τα πακέτα που χρησιμοποιούν ιδιωτικές διευθύνσεις στα τμήματα της πηγής και του προορισμού δεν επιτρέπονται δημόσια στο Διαδίκτυο. Συσκευές όπως οι δρομολογητές στην περίμετρο ενός ιδιωτικού δικτύου θα πρέπει να μεταφράζουν αυτές τις διευθύνσεις σε δημόσιες ώστε να μπορούν να δρομολογηθούν στο Διαδίκτυο. Οι υπηρεσίες μετάφρασης ιδιωτικών διευθύνσεων σε δημόσιες υλοποιούνται στις συσκευές που βρίσκονται στο άκρο ενός ιδιωτικού δικτύου και ονομάζονται υπηρεσίες μετάφρασης διευθύνσεων δικτύου (Network Address Translation). Σύμφωνα με τον μηχανισμό NAT αντιστοιχίζεται ένας χώρος ιδιωτικών διευθύνσεων σε έναν δημόσιο χώρο διευθύνσεων επιτρέποντας στους σταθμούς του εσωτερικού ιδιωτικού δικτύου να επικοινωνούν με τα εξωτερικά δημόσια δίκτυα [2].

Σχήμα 8: Μηχανισμός NAT



2.3.3 Μάσκα Υποδικτύου

Για τον καθορισμό με ακρίβεια bit των τμημάτων δικτύου και υπολογιστή, σε μία διεύθυνση IP χρησιμοποιείται η μάσκα υποδικτύου μεγέθους 4 byte που χωρίζονται μέσω μίας τελείας και παριστάνονται σε δεκαδική μορφή. Με αυτό τον τρόπο όπου τα ψηφία της μάσκας υποδικτύου έχουν τιμή 1, τα αντίστοιχα ψηφία της διεύθυνσης IP ανήκουν στο τμήμα δικτύου. Μία μάσκα 255.255.255.0 για συντομογραφία μπορεί να γραφτεί ως /24. Σύμφωνα με την διεύθυνση IP και τη μάσκα υποδικτύου μπορεί να βρεθεί το δίκτυο που ανήκει η συγκεκριμένη διεύθυνση IP εκτελώντας τη λογική πράξη AND. Από το ακόλουθο σχήμα εφαρμόζοντας τη πράξη AND μεταξύ της μάσκας 255.255.0.0 και της IP διεύθυνσης 192.0.0.1 προκύπτει το δίκτυο 192.0.0.0 που ανήκει η συγκεκριμένη IP [2].

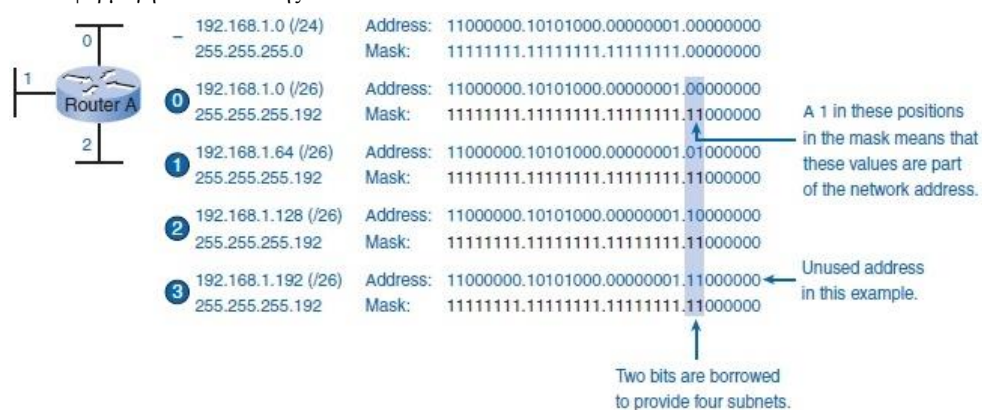
Σχήμα 9: Εφαρμογή μάσκας υποδικτύου

	Dotted Decimal				Binary Octets			
Host	192	0	0	1	11000000	00000000	00000000	00000001
Mask	255	255	0	0	11111111	11111111	00000000	00000000
AND								
Network	192	0	0	0	11000000	00000000	00000000	00000000

2.3.4 Υποδικτύωση & VLSM

Η αντιμετώπιση του προβλήματος της σπατάλης των διευθύνσεων IP αποτελεί το βασικό σκοπό της υποδικτύωσης. Ένα δίκτυο μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα υποδίκτυα με την διαδικασία δανεισμού bit από το τμήμα του υπολογιστή. Για κάθε ψηφίο που δανειζόμαστε διπλασιάζουμε τον αριθμό των υποδικτύων μειώνοντας παράλληλα τον αριθμό των υπολογιστών που μπορούν να κατανεμηθούν σε κάθε υποδίκτυο. Ο τύπος υπολογισμού των υποδικτύων είναι 2^n , όπου n ο αριθμός των bit δανεισμού.

Σχήμα 10: Εφαρμογή υποδικτύωσης



Η μάσκα υποδικτύωσης μεταβλητού μήκους (Variable Length Subnet Mask) σχεδιάστηκε για να μεγιστοποιηθεί η αποδοτικότερη κατανομή IP διευθύνσεων σε δίκτυα. Σύμφωνα με το μηχανισμό αυτό ένα δίκτυο μπορεί να υποδιαιρεθεί σε μικρότερα υποδίκτυα διαφορετικού μεγέθους [2]. Διαθέτοντας την αρχική διεύθυνση 172.10.0.0 /24 μπορούμε να ορίσουμε το ακόλουθο παράδειγμα λειτουργίας του μηχανισμού VLSM. Υποθέτουμε μία τοπολογία με τις εξής απαιτήσεις:

- Υποδίκτυο A: 110 (hosts) άρα $2^{7(\text{host bits})} = 128 - 2 = 126$ όπου καλύπτει το 110.
- Υποδίκτυο B: 59 (hosts) άρα $2^{6(\text{host bits})} = 64 - 2 = 62$ όπου καλύπτει το 59.
- Υποδίκτυο C: 2 (hosts) άρα $2^{2(\text{host bits})} = 4 - 2 = 2$ όπου καλύπτει το 2.

Για το υποδίκτυο A απαιτούνται 7 bit για τους υπολογιστές επομένως θα χρησιμοποιηθεί μάσκα /25 οπότε προκύπτουν τα ακόλουθα:

```

172. 10.  0.  00000000
255. 255. 255. 10000000
(Πρώτος host) 00000001
(Τελευταίος)  11111110
(Broadcast)   11111111

```

- Subnet mask: 255.255.255.128
- Network: 172.10.0.0
- Host-range: 172.10.0.1 - 172.10.0.126
- Broadcast: 172.10.0.127

Για το υποδίκτυο B απαιτούνται 6 bit για τους υπολογιστές επομένως θα χρησιμοποιηθεί μάσκα /26 και η διεύθυνση είναι η 172.10.1.128 οπότε προκύπτουν τα ακόλουθα:

```

172. 10.  0.  10000000
255. 255. 255. 11000000
(Πρώτος host) 00000001
(Τελευταίος)  11111110
(Broadcast)   11111111

```

- Subnet mask: 255.255.255.192
- Network: 172.10.0.128
- Host-range: 172.10.0.129 - 172.10.0.190
- Broadcast: 172.10.0.191

Για το υποδίκτυο C απαιτούνται 2 bit για τους υπολογιστές επομένως θα χρησιμοποιηθεί μάσκα /30 και η διεύθυνση είναι η 172.10.1.192 οπότε προκύπτουν τα ακόλουθα:

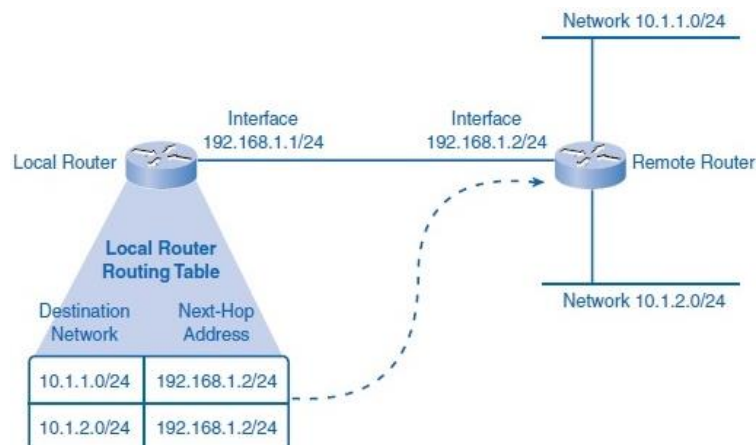
```
172. 10. 0. 11000000
255. 255. 255.11111100
(Πρώτος host)      | 01
(Τελευταίος)      | 10
(Broadcast)        | 11
```

- Subnet mask: 255.255.255.252
- Network: 172.10.0.192
- Host-range: 172.10.0.193 - 172.10.0.194
- Broadcast: 172.10.0.195

2.4 Δρομολόγηση

Η δρομολόγηση αποτελεί την διαδικασία μεταφοράς δεδομένων μέσω δικτύων ή του διαδικτύου από έναν αποστολέα σε έναν προορισμό. Ενδιάμεσες συσκευές όπως δρομολογητές υπάρχουν κατά τη διαδρομή αυτή που λαμβάνουν αποφάσεις προώθησης για κάθε πακέτο που φθάνει σε μία διεπαφή τους. Για την προώθηση ενός πακέτου σε ένα δίκτυο προορισμού ο δρομολογητής χρειάζεται να περιέχει μία διαδρομή για το δίκτυο αυτό. Οι πληροφορίες αυτές αποθηκεύονται στον πίνακα δρομολόγησης που διαθέτει κάθε δρομολογητής. Ο πίνακας δρομολόγησης περιλαμβάνει δίκτυα προορισμού, διαδρομές που οδηγούν στα δίκτυα αυτά αποτελώντας το επόμενο βήμα και μετρικές για την απόσταση των δικτύων αυτών [5].

Σχήμα 11: Δρομολόγηση με βάση τον πίνακα



Οι δρομολογητές μπορούν να μαθαίνουν διαδρομές μέσω στατικής ή δυναμικής δρομολόγησης, όροι που περιγράφονται συνοπτικά στις υποενότητες που ακολουθούν.

2.4.1 Στατική Δρομολόγηση

Οι πληροφορίες για διαδρομές δικτύων μπορούν να ρυθμιστούν χειροκίνητα δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό στατικές διαδρομές. Η στατική δρομολόγηση απαιτεί την παρουσία ενός διαχειριστή δικτύου για τις αρχικές ρυθμίσεις και για την χειροκίνητη εκχώρηση οποιονδήποτε αλλαγών συμβούν στην τοπολογία του δικτύου. Οι στατικές διαδρομές θεωρούνται πολύ αξιόπιστες και οι δρομολογητές δεν χρησιμοποιούν πολλούς πόρους για την επεξεργασία των πακέτων. Ωστόσο, με την στατική δρομολόγηση δεν ενημερώνονται αυτόματα οι πίνακες δρομολόγησης των δρομολογητών με συνέπεια το υψηλό διαχειριστικό κόστος και την προχωρημένη γνώση για την αποτελεσματικότερη δρομολόγηση των πακέτων [5].

2.4.2 Δυναμική Δρομολόγηση

Στην δυναμική δρομολόγηση οι δρομολογητές έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν διαδρομές αυτόματα ανταλλάσσοντας ενημερώσεις που περιέχουν διαδρομές δικτύων με γειτονικούς δρομολογητές. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μεταξύ των δρομολογητών, χωρίς να απαιτείται η παρουσία ενός διαχειριστή δικτύου παρά μόνο για τις αρχικές ρυθμίσεις. Σε αντίθεση με την στατική δρομολόγηση το διαχειριστικό κόστος είναι χαμηλό, όμως χρησιμοποιούνται περισσότεροι πόροι από τους δρομολογητές. Η δυναμική δρομολόγηση προϋποθέτει την ρύθμιση δυναμικών πρωτοκόλλων που θα χρησιμοποιούνται για την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης των δρομολογητών [5]. Στις υποενότητες που ακολουθούν περιγράφονται συνοπτικά τα βασικότερα δυναμικά πρωτόκολλα δρομολόγησης.

2.4.3 RIP

Το πρωτόκολλο πληροφορίας δρομολόγησης (Routing Information Protocol) χρησιμοποιείται για την δρομολόγηση εσωτερικών δικτύων. Ανήκει στην κατηγορία πρωτοκόλλων διανύσματος απόστασης γνωρίζοντας μόνο την κατεύθυνση προώθησης των πακέτων και την απόσταση για το δίκτυο προορισμού. Τα άλματα αποτελούν μετρική του RIP για την επιλογή διαδρομών, έχοντας επιτρεπόμενο όριο 15 βήματα. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί είναι ο Bellman-Ford και οι ενημερώσεις που περιέχουν ολόκληρο τον πίνακα δρομολόγησης ανταλλάσσονται κάθε 30 δευτερόλεπτα μέσω του UDP. Η αρχική του έκδοση RIPv1 δεν ανταλλάσει τη μάσκα υποδικτύωσης στις ενημερώσεις, ενώ η έκδοση RIPv2 την περιλαμβάνει [5].

2.4.4 EIGRP

Το ενισχυμένο πρωτόκολλο δρομολόγησης εσωτερικής πύλης (Enhanced Interior Gateway Routing Protocol) είναι ένα ιδιόκτητο πρωτόκολλο της Cisco. Ανήκει στην κατηγορία πρωτοκόλλων διανύσματος απόστασης περιλαμβάνοντας δύο πίνακες με την τοπολογία και τους γειτονικούς δρομολογητές αντίστοιχα. Χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο (Diffusing Update Algorithm - DUAL) για τον υπολογισμό συντομότερων μονοπατιών, συνδυάζοντας το εύρος και την καθυστέρηση ως μετρική του. Εφαρμόζεται σε μεγαλύτερα δίκτυα με επιτρεπόμενο όριο βημάτων 224 και οι ενημερώσεις του που περιλαμβάνουν τις οποιεσδήποτε αλλαγές στην τοπολογία και όχι ολόκληρο τον πίνακα δρομολόγησης, ανταλλάσσονται μόνο όταν συμβεί κάποια αλλαγή και όχι περιοδικά. Επιπλέον, το πρωτόκολλο EIGRP χρησιμοποιεί το RTP για τις ενημερώσεις που στέλνει, περιλαμβάνοντας και τη μάσκα υποδικτύωσης [5].

2.4.5 OSPF

Το ανοικτό πρωτόκολλο πρώτα της συντομότερης διαδρομής (Open Shortest Path First) αποτελεί ένα δημόσιο ιεραρχικό πρωτόκολλο δρομολόγησης εσωτερικών δικτύων. Ανήκει στην κατηγορία πρωτοκόλλων με κατάσταση συνδέσμων όπου κάθε δρομολογητής περιέχει έναν χάρτη με ολόκληρη την τοπολογία του δικτύου. Το κόστος που μπορεί να αναφέρεται στην ταχύτητα κάθε σύνδεσης αποτελεί μετρική του OSPF για την επιλογή διαδρομών δρομολόγησης.

Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιεί είναι ο Dijkstra και οι ενημερώσεις που περιέχουν τις οποιεσδήποτε αλλαγές στην τοπολογία, ανταλλάσσονται μόνο όταν συμβεί κάποια αλλαγή σε αυτήν. Το πρωτόκολλο OSPF περιλαμβάνει τη μάσκα υποδικτύωσης στις ενημερώσεις που ανταλλάσσονται μεταξύ των δρομολογητών, όπου περιέχουν και μία κοινή βάση δεδομένων με τις καταστάσεις συνδέσεων της τοπολογίας. Με βάση το πρωτόκολλο αυτό ένα δίκτυο χωρίζεται στην περιοχή κορμού που αποτελεί τον πυρήνα του δικτύου και στις υπόλοιπες περιοχές όπου συνδέονται με αυτήν [5].

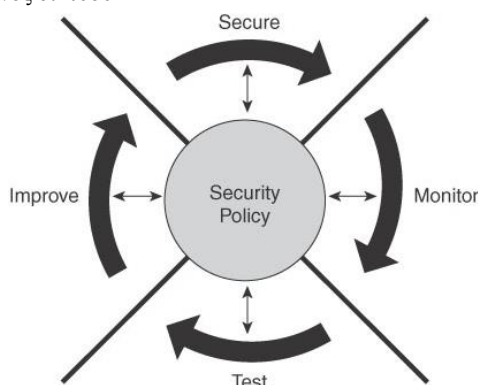
2.5 Ασφάλεια Δικτύων

Η σημαντική αύξηση των δικτύων επικοινωνιών σε σύντομο χρονικό διάστημα έχει αναδείξει την ασφάλειά τους ως τον κύριο παράγοντα ανάπτυξης και σωστής λειτουργίας τους. Ο αυξανόμενος ρυθμός των δικτύων αναπόφευκτα δημιουργεί ζητήματα ασφαλείας με την εμφάνιση κακόβουλων εισβολέων που επιθυμούν να αποκτήσουν πρόσβαση στα δίκτυα και τα δεδομένα τους. Σε περίπτωση που η ασφάλεια ενός δικτύου βρεθεί σε κίνδυνο οι συνέπειες που μπορούν να συμβούν περιλαμβάνουν απώλεια της ιδιωτικότητας, υποκλοπή πληροφοριών και νομικές ευθύνες. Η έννοια της ασφάλειας αφορά την προστασία από οποιαδήποτε απειλή εμπεριέχοντας τους ακόλουθους όρους [12]:

- Εμπιστευτικότητα: Σχετίζεται με την προστασία των πληροφοριών από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.
- Ακεραιότητα: Αφορά την εξασφάλιση της πληρότητας και της αυθεντικότητας ενός λογισμικού.
- Διαθεσιμότητα: Η πληροφορία είναι προσπελάσιμη και διαθέσιμη σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.
- Ιδιωτικότητα: Εξασφάλιση ανταλλαγής απόρρητων πληροφοριών μεταξύ νόμιμων χρηστών.
- Πιστοποίηση: Σχετίζεται με την εξασφάλιση νόμιμων χρηστών για χρήση ενός συστήματος.
- Εξουσιοδότηση: Αφορά τα δικαιώματα που έχουν οι πιστοποιημένοι χρήστες.

Η εφαρμογή μιας πολιτικής ασφαλείας μπορεί να ορίσει ένα κύκλο ασφαλείας ενός δικτύου [6] που περιλαμβάνει τα ακόλουθα ζητήματα:

Σχήμα 12: Κύκλος ασφαλείας ενός δικτύου



1. Ασφάλεια: Εφαρμογή πολιτικής ασφαλείας σε ένα δίκτυο με καθορισμό αμυντικών μηχανισμών, συστημάτων πρόληψης εισβολής και απενεργοποίηση μη απαραίτητων υπηρεσιών.
2. Παρακολούθηση: Το δίκτυο παρακολουθείται για τυχόν παραβιάσεις ασφαλείας.
3. Έλεγχος: Εκτέλεση δοκιμών και πιστοποίηση των μέτρων ασφαλείας.
4. Βελτίωση: Ανάλυση δεδομένων παρακολούθησης και ελέγχου με σκοπό την βελτίωση των μηχανισμών ασφαλείας.

2.5.1 Είδη Δικτυακών Επιθέσεων

Η πληθώρα των τύπων επιθέσεων περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες επίθεσης:

- Αναγνώριση.
- Πρόσβαση.
- Άρνηση παροχής υπηρεσίας.
- Κακόβουλο λογισμικό.

Η αναγνώριση αναφέρεται στην μη εξουσιοδοτημένη ανακάλυψη και χαρτογράφηση ενός συστήματος. Οι επιθέσεις αναγνώρισης περιλαμβάνουν ερωτήματα πληροφορίας στο διαδίκτυο, εκκαθάριση ring (ring sweep), σάρωση θυρών (port scan) και παρακολούθηση πακέτων (packet sniffers). Ένας εισβολέας μπορεί να αναγνωρίσει το χώρο διευθύνσεων ενός οργανισμού χρησιμοποιώντας εργαλεία όπως το nslookup. Επόμενο στάδιο αποτελεί η εύρεση ενεργών διευθύνσεων μέσω εργαλείων εκκαθάρισης ring όπως το fping και grping που εκτελούν εντολές ping προς ολόκληρο το δίκτυο. Ένας εισβολέας αφού εντοπίσει μία ενεργή συσκευή, μέσω εργαλείων σάρωσης όπως το nmap αναζητεί ανοικτές πόρτες ή υπηρεσίες για την απόκτηση πληροφοριών όπως είναι η έκδοση του λειτουργικού συστήματος. Μέσω εργαλείων παρακολούθησης και ανάλυσης όπως το wireshark είναι δυνατό να παρακολουθούνται και να αναλύονται τα πακέτα που ανταλλάσσονται σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Η πρόσβαση σχετίζεται με έναν εισβολέα που έχει εισέλθει σε μία συσκευή χωρίς να διαθέτει λογαριασμό ή κωδικό. Οι επιθέσεις πρόσβασης αφορούν την εκμετάλλευση ευπαθειών του συστήματος σε υπηρεσίες πιστοποίησης και σε υπηρεσίες διαδικτύου.

Η παραβίαση ενός κωδικού πρόσβασης μέσω εργαλείων όπως το L0phtCrack, μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με συνεχή προσπάθεια πρόσβασης χρησιμοποιώντας λέξεις από λεξικά, είτε με εξελιγμένες επιθέσεις ωμής βίας όπου ψάχνουν συνδυασμούς χαρακτήρων που συνθέτουν κωδικούς πρόσβασης. Στην κατηγορία της πρόσβασης ανήκουν και οι επιθέσεις παρεμβολής (Man-in-the-Middle Attacks) όπου οι εισβολείς τοποθετούνται μεταξύ των κόμβων που επικοινωνούν με στόχο την καταγραφή και τον έλεγχο των δεδομένων της σύνδεσης.

Δύο διάσημες και αποτελεσματικές επιθέσεις είναι η άρνηση παροχής υπηρεσίας (Denial of Service - DoS) και η κατανεμημένη άρνηση παροχής υπηρεσίας (Distributed Denial of Service - DDoS). Κατά την επίθεση DoS ένας υπολογιστής γίνεται ανίκανος για ένα χρονικό διάστημα να ανταποκριθεί σε αιτήσεις πελατών λόγω των πολλών εικονικών αιτήσεων που δέχεται από έναν εισβολέα. Παράλλαγές DoS αποτελούν οι επιθέσεις ring of death με διαφορετικά μεγέθη δεδομένων στα πακέτα και οι επιθέσεις SYN flood με πολλαπλές αιτήσεις σύνδεσης χωρίς επιβεβαίωση. Οι επιθέσεις DDoS έχουν αναπτυχθεί για τον κορεσμό ενός δικτύου με παράνομα δεδομένα. Η επίθεση smurf που αποτελεί παράδειγμα επιθέσεων DDoS, χρησιμοποιεί μηνύματα ping εκπομπής (broadcast) για να κατακλύσει ένα σύστημα στόχο.

Τα κακόβουλα λογισμικά σχεδιάζονται με σκοπό την κλοπή δεδομένων ή την ζημίωση δικτύων και συσκευών. Παραδείγματα κακόβουλων λογισμικών αποτελούν τα σκουλήκια (worms), οι ιοί (viruses) και οι δούρειοι ίπποι (trojan horse) [6], [7], [12].

2.5.2 Προστασία & Εργαλεία Ασφάλειας Δικτύου

Η προστασία επικεντρώνεται στις απαραίτητες ενέργειες για την εφαρμογή της ασφάλειας σε ένα σύστημα. Οι ενέργειες αυτές συνοψίζονται ως εξής:

- Πρόληψη: Εφαρμογή κατάλληλων μηχανισμών ελέγχου πρόσβασης όπως (access control lists) για την προστασία συσκευών και δεδομένων.
- Ανίχνευση: Ανίχνευση επιθέσεων σε ένα σύστημα και έγκαιρη ενημέρωσή του.
- Απόκριση: Τρόπος αντιμετώπισης μίας επίθεσης και αναβάθμιση των συστημάτων.

Τα εργαλεία ασφάλειας που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο έχουν στόχο την βελτίωση και την ενίσχυση της ασφάλειάς του [6], [7]. Τυπικά παραδείγματα εργαλείων περιγράφονται στο σημείο αυτό:

- Firewall: Το τείχος ασφαλείας στοχεύει στην διατήρηση της ασφάλειας ενός δικτύου ελέγχοντας την κίνηση από και προς το δίκτυο.
- Antivirus: Η προστασία, η ανίχνευση και η διαγραφή κακόβουλων λογισμικών αποτελούν ενέργειες ενός αντιβιοτικού προγράμματος.
- Packet sniffer: Οι αναλυτές πακέτων χρησιμοποιούνται για την καταγραφή και την ανίχνευση εισβολής σε δίκτυα. Επιπρόσθετα, παρακολουθούν και αναλύουν προβλήματα του δικτύου.

Κεφάλαιο 3

Σχεδιάζοντας ένα Δίκτυο

Η διαδικασία σχεδίασης ενός δικτύου υπολογιστών περιέχει ένα ευρύ πλαίσιο ζητημάτων και αναγκών που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Έχοντας ως βασικούς στόχους την μεταφορά δεδομένων και την εξυπηρέτηση των χρηστών, ο σχεδιασμός δικτύων περιλαμβάνει ζητήματα που σχετίζονται με τις εφαρμογές που θα χρησιμοποιούνται από τους τελικούς χρήστες, την αρχιτεκτονική του δικτύου, τις υπηρεσίες και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Επιπλέον, η προσαρμοστικότητα στις τρέχουσες και μελλοντικές ανάγκες, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα της σχεδίασης ενός δικτύου επικοινωνιών.

3.1 Καθορισμός Στόχων

Ο λόγος δημιουργίας ενός συστήματος και οι ανάγκες που θα καλύπτονται από αυτό, αποτελούν τους στόχους που καθορίζουν τον τύπο του συστήματος που θα εφαρμοστεί και το συνολικό κόστος για την υποστήριξή του. Τυπικές εκθέσεις για τον καθορισμό στόχων μπορεί να περιέχουν τα ακόλουθα:

- Γενική περίληψη του έργου.
- Αποτύπωση στόχων συστήματος.
- Διάρθρωση του έργου.
- Συνέπειες από την δημιουργία του έργου.
- Ορισμός διαχειριστή σχεδίασης.
- Κοστολόγηση & πιθανοί χορηγοί του έργου.

Καθορίζοντας τους στόχους ενός έργου επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό οι αποφάσεις που αφορούν τις τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν για να καλύψουν τις απαιτούμενες ανάγκες.

3.2 Ανάλυση Απαιτήσεων

Κατά την ανάλυση απαιτήσεων πραγματοποιείται συλλογή πληροφοριών με τις απαιτήσεις και την διαδικασία σχεδίασης του δικτύου. Οι απαιτήσεις αφορούν τους χρήστες, τις δικτυακές συσκευές, τις εφαρμογές και υπηρεσίες και το οικονομικό κόστος του δικτύου. Οι πληροφορίες αυτές συνήθως δεν βρίσκονται συγκεντρωμένες ή δεν είναι στην κατάλληλη μορφή ώστε να δημιουργηθεί μία τελική αναφορά. Το γεγονός αυτό καθιστά την ανάλυση απαιτήσεων μία σύνθετη και χρονοβόρα διαδικασία. Απώτερος σκοπός του συστήματος είναι η γρήγορη και αξιόπιστη πρόσβαση, η μεταφορά δεδομένων με υψηλές ταχύτητες και η παροχή ποιότητας υπηρεσίας [8]. Οι εφαρμογές που μπορεί να προσφέρει ένα δίκτυο επικοινωνιών αποτελούν σημαντικό ζήτημα στο στάδιο της ανάλυσης απαιτήσεων και μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες υπηρεσίες:

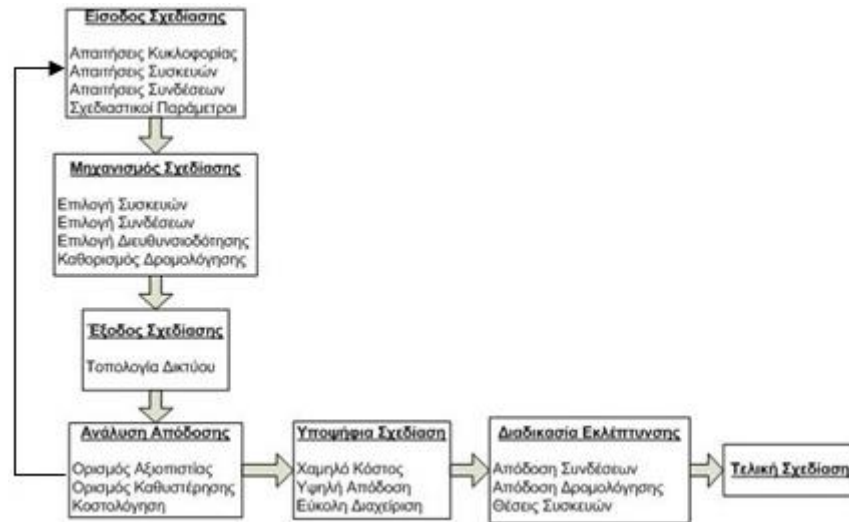
- Κρίσιμες: Περιλαμβάνουν εγγυημένη αξιοπιστία.
- Πραγματικού χρόνου: Απαιτούν η καθυστέρηση του δικτύου να είναι χαμηλή.
- Ελεγχόμενου ρυθμού: Η χωρητικότητα που χρειάζεται είναι καθορισμένη.

Η πληθώρα επιλογών σχεδίασης ενός δικτύου, το επίπεδο πολυπλοκότητας και η τεχνολογική ανάπτυξη συνθέτουν τα βασικότερα θέματα κατά την ανάλυση απαιτήσεων για την σχεδίαση ενός συστήματος. Τυπικά βήματα περιλαμβάνουν τον καθορισμό τεχνικών απαιτήσεων, την δόμηση της τοπολογίας του δικτύου και την ανάλυση της απόδοσής του. Με την ολοκλήρωση της ανάλυσης απαιτήσεων προκύπτει μία συνολική αναφορά που περιλαμβάνει:

- Απαιτήσεις των τελικών χρηστών του δικτύου.
- Απαιτήσεις των συσκευών που θα χρησιμοποιηθούν.
- Απαιτήσεις συνδέσεων.
- Απαιτήσεις κυκλοφορίας.
- Εκτίμηση αριθμού των χρηστών στο δίκτυο.
- Απαιτήσεις αξιοπιστίας δικτύου.

- Απαιτήσεις καθυστέρησης.
- Απαιτήσεις ασφάλειας.
- Εκτίμηση συνολικού κόστους.

Σχήμα 13: Διαδικασία ανάλυσης απαιτήσεων και σχεδίασης δικτύου



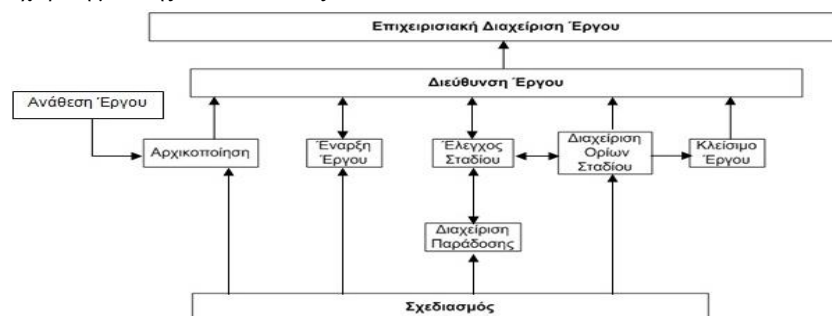
3.3 Μελέτη Δικτύου

Στην παρούσα υποενότητα περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία μελέτης ενός έργου που ασχολείται με τα ακόλουθα ζητήματα:

- Τρόπος υλοποίησης: Σχετίζεται με μοντέλα ανάπτυξης και ολοκλήρωσης ενός έργου.
- Χρόνος ολοκλήρωσης: Ασχολείται με τα χρονοδιαγράμματα παράδοσης ενός έργου που προκύπτουν από τις απαιτήσεις του.
- Εξασφάλιση ποιότητας: Αφορά ζητήματα πιστοποίησης ISO, IEEE, PRINCE2.
- Έλεγχος: Περιέχει ελέγχους και δοκιμές του δικτύου για να διαπιστωθεί η αποτελεσματική λειτουργία του.
- Ανάλυση κινδύνων: Σχετίζεται με πιθανότητες εμφάνισης κινδύνων και μελέτες των επιπτώσεων τους στο δίκτυο.

Η προτεινόμενη μέθοδος διαχείρισης ενός έργου PRINCE2, στοχεύει στην παράδοση αποτελεσμάτων με επιτυχία έχοντας βασικό χαρακτηριστικό τον διαχωρισμό των αναγκών διοίκησης από τις τεχνικές απαιτήσεις. Ασχολείται με την περιγραφή της διαίρεσης ενός έργου σε διαχειριστικά στάδια με απώτερο σκοπό τον έλεγχο πόρων και διαδικασιών του έργου [8].

Σχήμα 14: Διαχείριση μελέτης PRINCE2 ενός δικτύου



3.4 Επιλογή Δικτυακών Συσκευών

Η επιλογή κατάλληλων συσκευών δικτύου περιλαμβάνει τα ακόλουθα ζητήματα:

- Κόστος.
- Ταχύτητα.
- Είδη διεπαφών.
- Εύκολη διαχείριση.
- Πρόσθετα χαρακτηριστικά και υπηρεσίες.

Βασικοί παράγοντες επιλογής ενός μεταγωγέα είναι το κόστος και τα χαρακτηριστικά των διεπαφών του. Το κόστος σχετίζεται με την ικανότητα και τα χαρακτηριστικά του. Η ικανότητα ενός μεταγωγέα αφορά τον αριθμό, την ταχύτητα και τον τύπο των διαθέσιμων θυρών του. Επιπρόσθετος παράγοντας κόστους θεωρείται και ο πλεονασμός του δικτύου. Η περίπτωση αποτυχίας ενός μεταγωγέα έχει άμεση επίπτωση στο δίκτυο δημιουργώντας προβλήματα. Σκοπός του πλεονασμού είναι η διατήρηση της ομαλής λειτουργίας του δικτύου με προσθήκη παραπάνω μεταγωγών και συνδέσεων. Ένας μεταγωγέας μπορεί να λειτουργήσει μέσω της σύνδεσης, ως πηγή τροφοδοσίας ρεύματος για άλλες συσκευές (Power over Ethernet - PoE) όπως τηλέφωνα IP και ασύρματα σημεία πρόσβασης. Τα κριτήρια για μία σωστή επιλογή ενός μεταγωγέα περιλαμβάνουν επαρκή αριθμό θυρών με διαφορετικές ταχύτητες UTP και μέριμνα για μεταφορά σημάτων σε μεγάλες αποστάσεις με ελάχιστες απώλειες μέσω οπτικών ινών [10] [11]. Οι κυριότεροι τύποι μεταγωγέων είναι οι εξής:

- Fixed Configuration: Μεταγωγείς με προκαθορισμένο αριθμό θυρών και χαρακτηριστικών.
- Modular Switches: Προσφέρουν ευελιξία στις ρυθμίσεις με δυνατότητα προσθήκης περισσότερων θυρών.
- Stackable Switches: Στοίβες μεταγωγέων που συνδέονται μέσω ενός ειδικού καλωδίου και εφαρμόζονται όταν το εύρος ζώνης και η ανοχή σε σφάλματα είναι ζωτικής σημασίας.

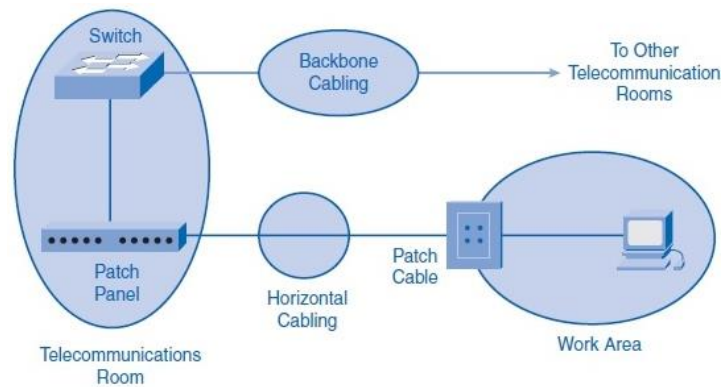
Σημαντικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για την επιλογή ενός δρομολογητή είναι το κόστος, ο τύπος των διεπαφών και η ταχύτητα του δρομολογητή. Επιπλέον, η ικανότητα της επεκτασιμότητας, το μέσο που υποστηρίζεται και το λειτουργικό σύστημα του δρομολογητή, αποτελούν πρόσθετους παράγοντες επιλογής. Με βάση την έκδοση του λειτουργικού συστήματος ένας δρομολογητής μπορεί να υποστηρίξει υπηρεσίες ασφάλειας, VoIP, δρομολόγησης, υπηρεσίες NAT και DHCP, καθώς και ποιότητα υπηρεσιών QoS [2].

3.5 Επιλογή Διασύνδεσης

Κατά την επιλογή διασύνδεσης ενός δικτύου λαμβάνονται υπόψη οι ακόλουθες περιοχές:

- Χώρος εργασίας: Αφορά τοποθεσίες με τερματικές συσκευές που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες. Στην περιοχή αυτή συναντάμε συνήθως καλώδια straight-through για την σύνδεση των συσκευών στο δίκτυο.
- Δωμάτιο τηλεπικοινωνιών: Σχετίζεται με τον χώρο που υπάρχουν οι ενδιάμεσες συσκευές όπως μεταγωγείς και δρομολογητές.
- Οριζόντια καλωδίωση: Συνδέει ένα δωμάτιο τηλεπικοινωνιών με τις περιοχές εργασίας των χρηστών.
- Καλωδίωση κορμού: Χρησιμοποιείται για την σύνδεση δωματίων τηλεπικοινωνιών μεταξύ τους και για την σύνδεση ενός δωματίου τηλεπικοινωνιών με χώρους που περιλαμβάνουν κάποιο εξυπηρετητή.

Σχήμα 15: Καλωδίωση περιοχών τοπικού δικτύου



Ο τύπος ενός καναλιού επικοινωνίας μπορεί να είναι ένα καλώδιο UTP, οπτική ίνα ή ασύρματος. Οι βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή ενός μέσου μετάδοσης είναι οι ακόλουθοι:

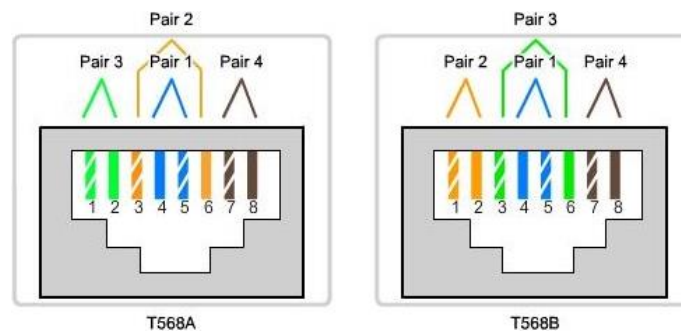
- Μήκος καλωδίου: Αφορά την απόσταση που μπορεί να καλύψει ένα καλώδιο για την επέκταση ενός δικτύου.
- Κόστος: Σχετίζεται με το οικονομικό κόστος του μέσου μετάδοσης.
- Bandwidth: Αφορά το εύρος ζώνης που προσφέρεται από το κανάλι επικοινωνίας.
- Ευκολία εγκατάστασης: Η ευκολία εφαρμογής ενός μέσου ή η ανάγκη παρουσίας ενός ειδικού.
- Ευαισθησία σε ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές: Ένα κανάλι μετάδοσης μπορεί να υπόκειται σε παρεμβολές από άλλα σήματα.

Τα χαρακτηριστικά των καλωδιακών μέσων μετάδοσης συνοψίζονται ως εξής:

- 10BASE-T με εύρος 10 Mbps, τύπο καλωδίου Cat3/Cat5 UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 100BASE-TX με εύρος 100 Mbps, τύπο καλωδίου Cat5 UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 100BASE-TX με εύρος 200 Mbps, τύπο καλωδίου Cat5 UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 100BASE-FX με εύρος 100 Mbps, τύπο καλωδίου Πολύτροπη ίνα και μέγιστη απόσταση 400 m.
- 100BASE-FX με εύρος 200 Mbps, τύπο καλωδίου Πολύτροπη ίνα και μέγιστη απόσταση 2 km.
- 1000BASE-T με εύρος 1 Gbps, τύπο καλωδίου Cat5e UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 1000BASE-TX με εύρος 1 Gbps, τύπο καλωδίου Cat6 UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 1000BASE-SX με εύρος 1 Gbps, τύπο καλωδίου Πολύτροπη ίνα και μέγιστη απόσταση 550 m.
- 1000BASE-LX με εύρος 1 Gbps, τύπο καλωδίου Μονότροπη ίνα και μέγιστη απόσταση 2 km.
- 10GBASE-T με εύρος 10 Gbps, τύπο καλωδίου Cat6a/Cat7 UTP και μέγιστη απόσταση 100 m.
- 10GBASE-LX4 με εύρος 10 Gbps, τύπο καλωδίου Πολύτροπη ίνα με μέγιστη απόσταση 300 m.
- 10GBASE-LX4 με εύρος 10 Gbps, τύπο καλωδίου Μονότροπη ίνα με μέγιστη απόσταση 10 km.

Τα καλώδια μπορεί να είναι είτε straight-through έχοντας και τις δύο πλευρές ίδιες RJ-45 T568A ή T568B, είτε crossover έχοντας τη μία πλευρά RJ-45 T568A και την άλλη RJ-45 T568B.

Σχήμα 16: Καλώδια RJ-45 T58A και T568B



Στα δίκτυα ευρείας περιοχής εφαρμόζονται σειριακά καλώδια που χρησιμοποιούν ένα βύσμα Winchester 15 ακροδεκτών στην πλευρά του δικτύου. Η πλευρά του δρομολογητή χρησιμοποιεί είτε ένα αρσενικό βύσμα DB-60, είτε μία έξυπνη σειριακή θύρα (Smart serial) [2].

3.6 Εφαρμογή Διευθυνσιοδότησης

Η ανάπτυξη ενός συστήματος διευθυνσιοδότησης σε ένα δίκτυο αρχίζει με τον προσδιορισμό των υπολογιστών που απαιτούνται. Σε αυτόν τον προσδιορισμό λαμβάνονται υπόψη όλες οι συσκευές που χρειάζονται ή θα χρειαστούν μελλοντικά μία διεύθυνση IP. Μερικά παραδείγματα τέτοιων συσκευών περιλαμβάνουν:

- Εξυπηρετητές.
- Υπολογιστές χρηστών.
- Υπολογιστές διαχείρισης.
- Κάμερες IP.
- Τηλέφωνα IP.
- Διεπαφές δρομολογητών τοπικών δικτύων.
- Σειριακές διεπαφές δρομολογητών δικτύων ευρείας περιοχής.

Μετά την ολοκλήρωση του προσδιορισμού όλων των απαιτούμενων συσκευών, ορίζεται ένα εύρος διευθύνσεων που θα χρησιμοποιηθεί για την απόδοση διευθύνσεων στις συσκευές αυτές. Η εγκατάσταση όλων των συσκευών σε ένα δίκτυο ή η τοποθέτησή τους σε διαφορετικά υποδίκτυα αποτελεί το επόμενο βήμα στην διαδικασία εφαρμογής ενός συστήματος διευθυνσιοδότησης. Η διαίρεση ενός δικτύου σε υποδίκτυα οδηγεί στην αποτελεσματικότερη διαχείριση και στον έλεγχο της κίνησης εκπομπής (broadcast), περιορίζοντας αυτό το είδος κυκλοφορίας μόνο μέσα στο υποδίκτυο που δημιουργήθηκε και όχι σε ολόκληρο το δίκτυο. Οι διαφορετικές απαιτήσεις των χρηστών στο δίκτυο καθιστούν αναγκαία την δημιουργία υποδικτύων για τη καλύτερη διαχείριση αυτών των απαιτήσεων και τα διαφορετικά επίπεδα ασφάλειας που μπορούν να εφαρμοστούν. Έχοντας καθορίσει τον αριθμό συσκευών και υποδικτύων οδηγούμαστε στην εφαρμογή μίας μάσκας υποδικτύου για το δίκτυο και τα υποδίκτυα και στον υπολογισμό του εύρους των διαθέσιμων διευθύνσεων σε καθένα από αυτά. Ο υπολογισμός των διαθέσιμων διευθύνσεων για τους υπολογιστές σε ένα υποδίκτυο δίνεται από τον τύπο $2^n - 2$, όπου n αντιστοιχεί στον αριθμό διαθέσιμων bit για τους υπολογιστές. Οι διευθύνσεις αυτές μειώνονται κατά δύο διότι οι διευθύνσεις δικτύου και εκπομπής δεν μπορούν να εκχωρηθούν σε υπολογιστές. Ο αριθμός των υποδικτύων δίνεται από τον τύπο 2^n , όπου n ο αριθμός των bit δανεισμού για τα υποδίκτυα [2].

Κεφάλαιο 4

Το Εργαστηριακό Κέντρο

Ένα εργαστηριακό κέντρο ως μία εκπαιδευτική μονάδα που συνεργάζεται με το σύνολο των σχολικών μονάδων της περιοχής του, εποπτεύοντας και οργανώνοντας την τεχνική υποστήριξη εργαστηριακών μαθημάτων διδασκαλίας, στηρίζει τη λειτουργία του στην αυτοτελή διοικητική δομή του. Αποτελώντας ένα κέντρο έρευνας έχει απώτερο σκοπό την υποστήριξη και την εκπαίδευση των μαθητών σε μία ποικιλία κατευθύνσεων διαθέτοντας σύγχρονα μέσα εκπαίδευσης και κατάρτισης.

4.1 Δομή Εργαστηριακού Κέντρου

Η πληθώρα εργαστηρίων διαφορετικών ειδικοτήτων που βρίσκονται υπό τον έλεγχο μίας κεντρικής διοίκησης πλαισιώνει τον τεράστιο χώρο που διαθέτει ένα εργαστηριακό κέντρο. Υποθέτουμε ότι η δομή του χώρου του εργαστηριακού κέντρου περιλαμβάνει το ισόγειο και τρεις ορόφους. Στις υποενότητες που ακολουθούν περιγράφεται η δομή του εργαστηριακού κέντρου.

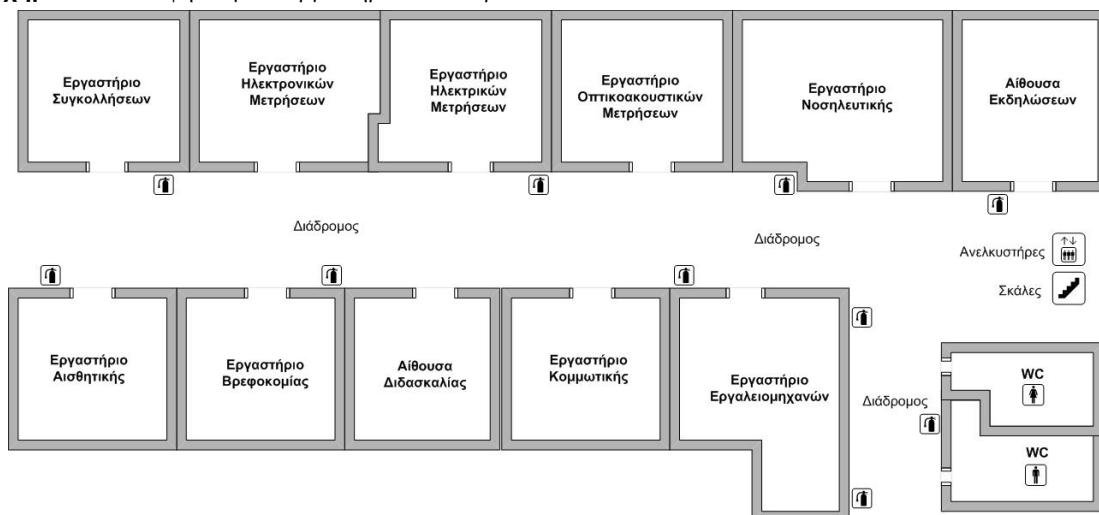
4.1.1 Ισόγειο

Ο χώρος του ισογείου περιλαμβάνει τα ακόλουθα εργαστήρια:

- Συγκολλήσεων.
- Ηλεκτρονικών μετρήσεων.
- Ηλεκτρικών μετρήσεων.
- Οπτικοακουστικών μετρήσεων.
- Νοσηλευτικής.
- Αισθητικής.
- Βρεφοκομίας.
- Κομμωτικής.
- Εργαλειομηχανών.

Επιπρόσθετα, το ισόγειο διαθέτει μία αίθουσα διδασκαλίας θεωρητικών μαθημάτων και μία αίθουσα εκδηλώσεων.

Σχήμα 17: Κάτοψη ισογείου εργαστηριακού κέντρου



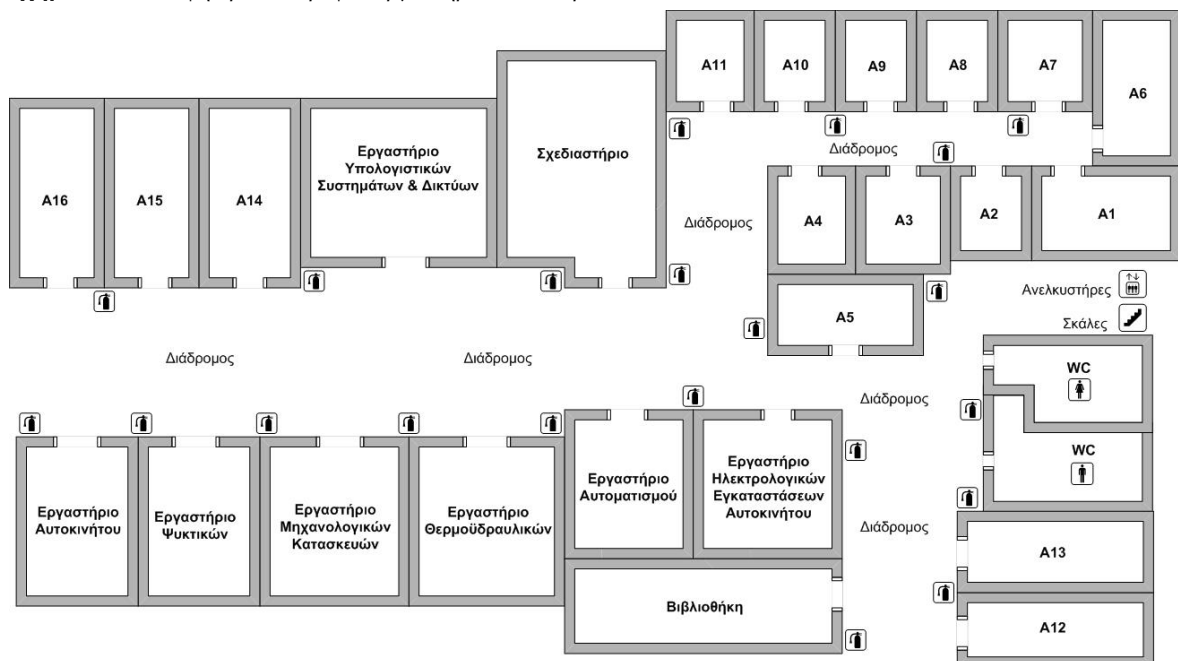
4.1.2 Πρώτος Όροφος

Ο πρώτος όροφος του εργαστηριακού κέντρου αποτελείται από τα παρακάτω εργαστήρια:

- Αυτοκινήτου.
- Ψυκτικών.
- Μηχανολογικών κατασκευών.
- Θερμοϋδραυλικών.
- Αυτοματισμού.
- Ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων αυτοκινήτου.
- Υπολογιστικών συστημάτων & δικτύων.

Επιπλέον, το τμήμα του πρώτου ορόφου περιλαμβάνει 16 αίθουσες διδασκαλίας θεωρητικών μαθημάτων (Α1 έως Α16), μία βιβλιοθήκη και ένα χώρο σχεδιαστηρίου.

Σχήμα 18: Κάτοψη πρώτου ορόφου εργαστηριακού κέντρου



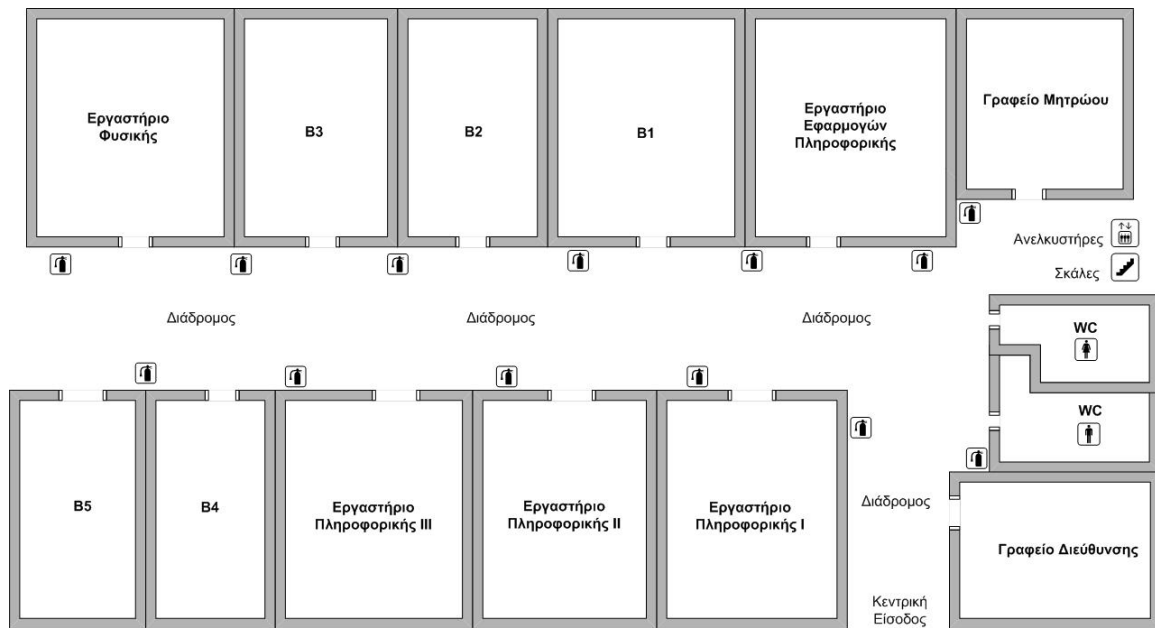
4.1.3 Δεύτερος Όροφος

Στον δεύτερο όροφο του εργαστηριακού κέντρου συναντάμε τα ακόλουθα εργαστήρια:

- Φυσικής.
- Εφαρμογών πληροφορικής.
- Πληροφορικής Ι.
- Πληροφορικής ΙΙ.
- Πληροφορικής ΙΙΙ.

Ο χώρος του δευτέρου ορόφου διαθέτει πέντε αίθουσες διδασκαλίας θεωρητικών μαθημάτων (Β1 έως Β5), ένα γραφείο μητρώου και το γραφείο της διεύθυνσης του εργαστηριακού κέντρου.

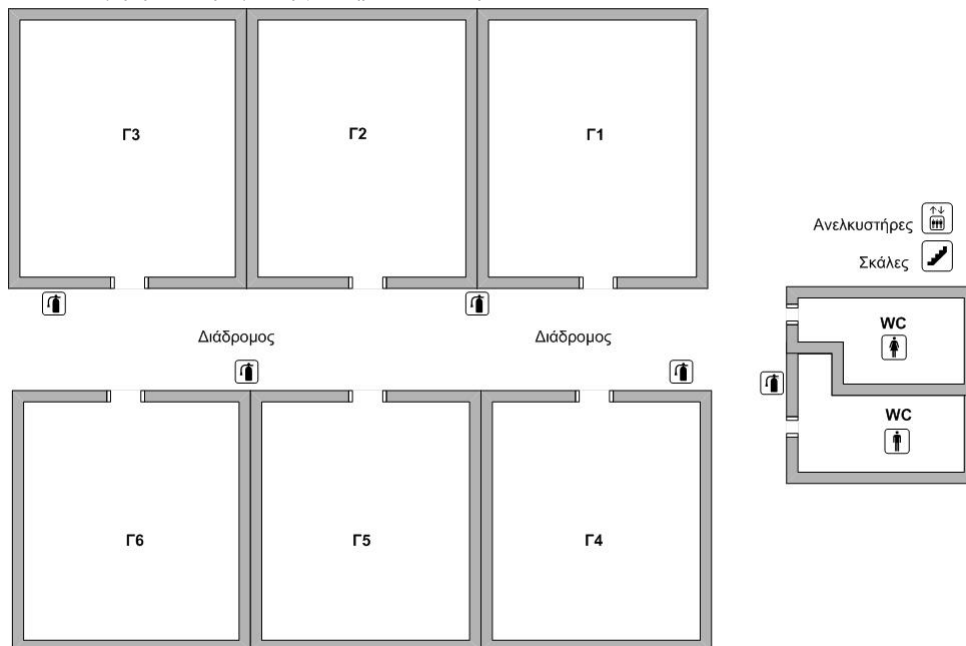
Σχήμα 19: Κάτοψη δευτέρου ορόφου εργαστηριακού κέντρου



4.1.4 Τρίτος Όροφος

Ο τρίτος όροφος του εργαστηριακού κέντρου χρησιμοποιείται μόνο για την διδασκαλία θεωρητικών μαθημάτων και περιλαμβάνει συνολικά έξι αίθουσες.

Σχήμα 20: Κάτοψη τρίτου ορόφου εργαστηριακού κέντρου



4.2 Απαιτήσεις Εργαστηριακού Κέντρου

Ένα εργαστηριακό κέντρο για την ουσιαστική υποστήριξη της διδακτικής πράξης δημιουργεί μία πληθώρα απαιτήσεων που συνοψίζονται ως εξής:

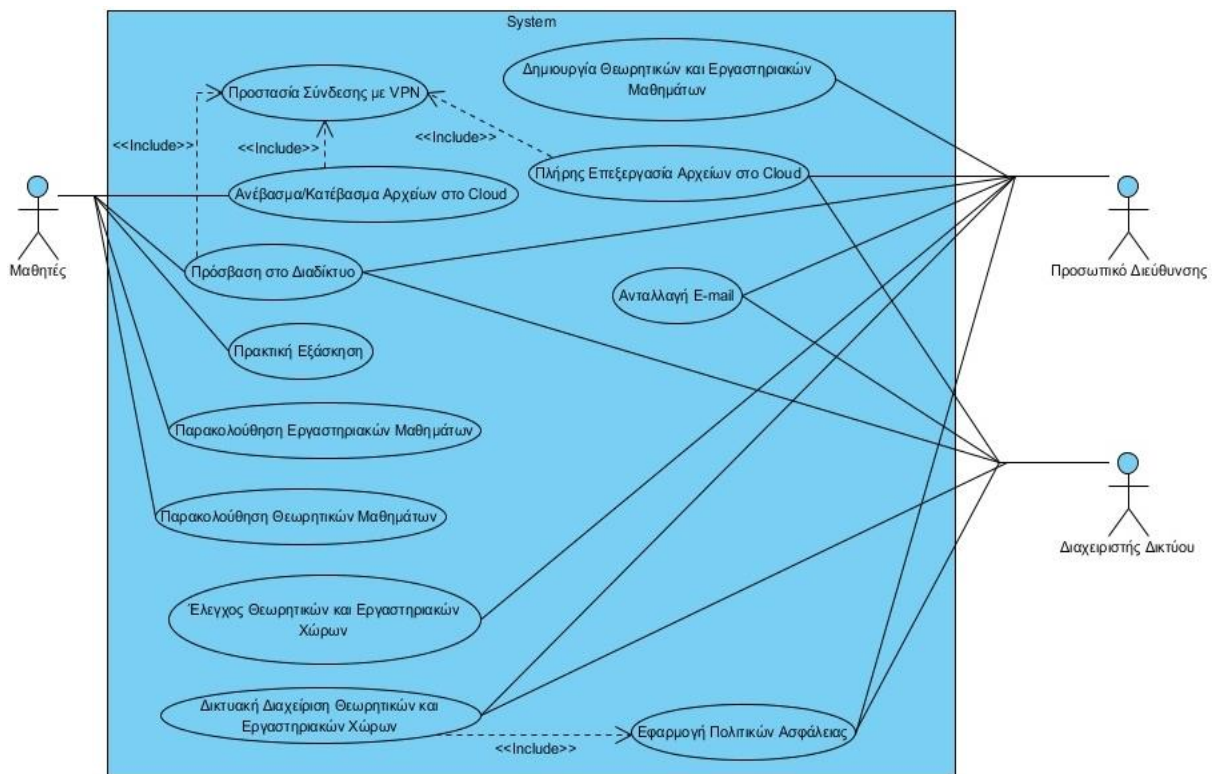
- Παροχή κατάλληλων διαμορφωμένων χώρων για τις θεωρίες και τα εργαστήρια.
- Επαρκής αριθμός συσκευών για την κάλυψη των μαθημάτων διδασκαλίας.
- Μέριμνα για μελλοντική επέκταση των συσκευών.
- Παροχή σύγχρονων δικτυακών συσκευών, υπολογιστών και άλλων περιφερειακών.
- Αποτελεσματική διασύνδεση όλων των συσκευών.
- Παροχή πρόσβασης στο Διαδίκτυο.
- Δημιουργία ασφαλούς σύνδεσης στο Διαδίκτυο μέσω εφαρμογής VPN.
- Αξιοποίηση τεχνολογίας Cloud για επεξεργασία αρχείων.
- Παροχή ασύρματης πρόσβασης.
- Εφαρμογή ενός αποτελεσματικού συστήματος διευθυνσιοδότησης και δρομολόγησης για την επικοινωνία μεταξύ των χώρων του εργαστηριακού κέντρου.
- Εξασφάλιση χαμηλής καθυστέρησης στο δίκτυο.
- Εξασφάλιση αξιοπιστίας.
- Εφαρμογή πολιτικών ασφάλειας για την προστασία των χρηστών, των συσκευών και του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου.
- Διατήρηση του προϋπολογισμού σε επιθυμητά επίπεδα.

4.2.1 Διάγραμμα Περιπτώσεων Χρήσης

Το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης ασχολείται με την περιγραφή των κύριων απαιτήσεων του εργαστηριακού κέντρου εισάγοντας τους ακόλουθους ρόλους για την εκτέλεση των ενεργειών που τους αναλογούν και παρουσιάζοντας τις αντίστοιχες περιπτώσεις χρήσεις [9].

1. **Μαθητές:** Οι μαθητές αποτελώντας τους χρήστες του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου έχουν τη δυνατότητα παρακολούθησης των θεωρητικών και εργαστηριακών μαθημάτων. Επιπρόσθετα, μπορούν να κάνουν πρακτική εξάσκηση στα μαθήματα, να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο για ερευνητικούς σκοπούς και να ανεβάζουν ή να κατεβάζουν αρχεία στο Cloud. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο γίνεται μέσω VPN για την υποστήριξη της ασφάλειας.
2. **Προσωπικό Διεύθυνσης:** Το προσωπικό της διεύθυνσης του εργαστηριακού κέντρου δημιουργεί τον οδηγό σπουδών, εποπτεύει όλους τους χώρους της διδασκαλίας θεωρητικών και εργαστηριακών μαθημάτων, έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο για οποιαδήποτε πληροφορία και ελέγχει τις ενέργειες του διαχειριστή. Η διεύθυνση έχει τη δυνατότητα ανταλλαγής e-mail με τον διαχειριστή για αναφορές ελέγχου και πλήρη δικαιώματα διαχείρισης αρχείων στο Cloud. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο γίνεται μέσω VPN για την υποστήριξη της ασφάλειας.
3. **Διαχειριστής Δικτύου:** Ο διαχειριστής του δικτύου είναι αρμόδιος για την δικτυακή διαχείριση των θεωρητικών και εργαστηριακών χώρων διδασκαλίας, έχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο για οποιαδήποτε πληροφορία και εφαρμόζει τις πολιτικές ασφάλειας του δικτύου. Μπορεί να ανταλλάσει e-mail με την διεύθυνση και να έχει πλήρη δικαιώματα επεξεργασίας αρχείων στο Cloud. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο γίνεται μέσω VPN για την υποστήριξη της ασφάλειας.

Σχήμα 21: Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης



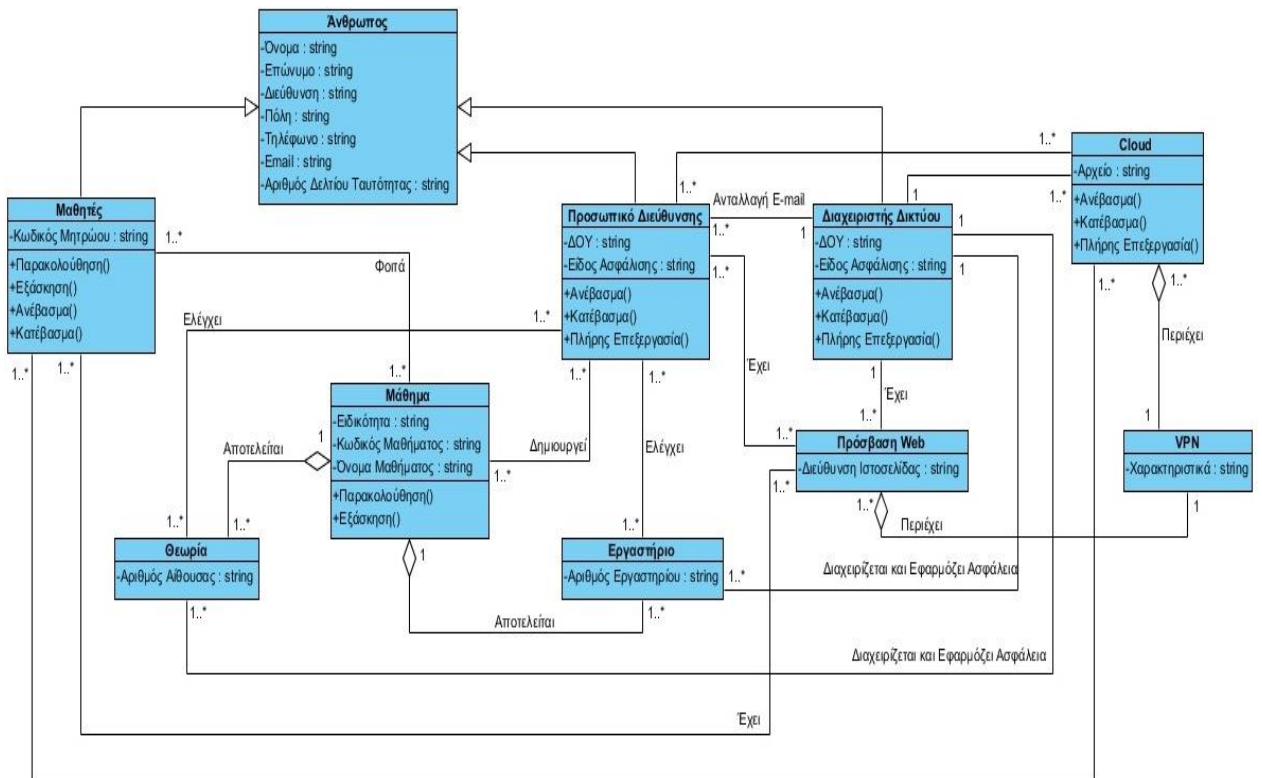
4.2.2 Διάγραμμα Τάξεων

Στο διάγραμμα τάξεων μοντελοποιείται ο τρόπος κάλυψης των απαιτήσεων του εργαστηριακού κέντρου [9]. Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει τις ακόλουθες κλάσεις:

1. Άνθρωπος: Χρησιμοποιείται για τον γενικό προσδιορισμό ενός ανθρώπου ως ον. Η κλάση αυτή διαθέτει τα εξής ιδιωτικά χαρακτηριστικά που αναλογούν σε κάθε άνθρωπο: Όνομα, Επώνυμο, Διεύθυνση, Πόλη, Τηλέφωνο, Email και Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας.
2. Μαθητές: Χαρακτηρίζεται από ένα ιδιωτικό χαρακτηριστικό για τον Κωδικό Μητρώου κάθε μαθητή. Επιπλέον, η κλάση κληρονομεί τα χαρακτηριστικά της κλάσης Άνθρωπος και διαθέτει τέσσερις δημόσιες λειτουργίες της Παρακολούθησης, της Εξάσκησης, του Ανεβάσματος και του Κατεβάσματος. Η κλάση αυτή προσδιορίζει τους μαθητές που αποτελούν τους χρήστες του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου όπου μπορούν να παρακολουθούν και να εξασκούνται σε μία πληθώρα μαθημάτων διαφορετικών ειδικοτήτων. Οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να ανεβάζουν ή να κατεβάζουν αρχεία στο Cloud.
3. Προσωπικό Διεύθυνσης: Τα τυπικά ιδιωτικά χαρακτηριστικά ΔΟΥ και Είδος Ασφάλισης περιέχονται στην κλάση αυτή που κληρονομεί και τα χαρακτηριστικά της κλάσης Άνθρωπος. Το προσωπικό στην διεύθυνση του εργαστηριακού κέντρου ανήκει στην κατηγορία χρηστών του δικτύου και είναι αρμόδιο για την δημιουργία των μαθημάτων διδασκαλίας, τον έλεγχο όλων των χώρων του εργαστηριακού κέντρου και την εποπτεία των ενεργειών του διαχειριστή του δικτύου, ανταλλάσσοντας e-mail με αυτόν. Επιπλέον, έχει πλήρη δικαιώματα επεξεργασίας αρχείων στο Cloud με τις τρεις λειτουργίες που διαθέτει.
4. Διαχειριστής Δικτύου: Η κλάση αυτή διαθέτει τα ίδια χαρακτηριστικά και λειτουργίες με την κλάση του προσωπικού της διεύθυνσης και κληρονομεί και τα στοιχεία της κλάσης Άνθρωπος. Ο διαχειριστής αναλαμβάνει την δικτυακή διαχείριση των χώρων διδασκαλίας ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους μαθητές. Έχοντας πρόσβαση στο Διαδίκτυο για οποιοδήποτε είδους πληροφορίες, ο διαχειριστής δικτύου είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή πολιτικών ασφάλειας που σχετίζονται με την προστασία του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου.

5. **Μάθημα:** Περιλαμβάνει τρία ιδιωτικά χαρακτηριστικά που είναι τα εξής: Ειδικότητα, Κωδικός Μαθήματος και Όνομα Μαθήματος. Επιπλέον, διαθέτει και δύο δημόσιες λειτουργίες της Παρακολούθησης και της Εξάσκησης. Η κλάση αυτή αποτελείται από τις κλάσεις Θεωρία και Εργαστήριο και αναφέρεται σε μία πληθώρα μαθημάτων που διδάσκονται στο εργαστηριακό κέντρο περιλαμβάνοντας θεωρητικές και εργαστηριακές ώρες διδασκαλίας.
6. **Θεωρία:** Διαθέτει ένα ιδιωτικό χαρακτηριστικό για τον Αριθμό κάθε Αίθουσας. Η κλάση αυτή αφορά τον χώρο διδασκαλίας των θεωρητικών ωρών ενός μαθήματος.
7. **Εργαστήριο:** Η κλάση του εργαστηρίου περιλαμβάνει ένα ιδιωτικό χαρακτηριστικό για τον Αριθμό κάθε Εργαστηρίου, προσδιορίζοντας τον χώρο διδασκαλίας των εργαστηριακών ωρών ενός μαθήματος.
8. **Πρόσβαση Web:** Έχει μοναδικό ιδιωτικό χαρακτηριστικό τη Διεύθυνση Ιστοσελίδας και σχετίζεται με την πρόσβαση σε ένα μεγάλο πλήθος ιστοσελίδων. Η κλάση αυτή χρησιμοποιείται από τους μαθητές για ερευνητικούς σκοπούς και από το προσωπικό της διεύθυνσης και τον διαχειριστή του δικτύου για οποιαδήποτε απαραίτητη πληροφορία. Επιπλέον, περιέχει και την ασφαλή σύνδεση μέσω VPN.
9. **Cloud:** Η κλάση για το σύννεφο προσδιορίζει την παρεχόμενη εφαρμογή μεταφοράς αρχείων για τις ανάγκες του εργαστηριακού κέντρου. Οι μαθητές μπορούν να ανεβάζουν ή να κατεβάζουν αρχεία, ενώ η διεύθυνση και ο διαχειριστής έχουν πλήρη δικαιώματα επεξεργασίας των αρχείων που βρίσκονται στο Cloud. Επιπλέον, περιέχει και την ασφαλή σύνδεση μέσω VPN.
10. **VPN:** Η κλάση προσδιορίζει την δημιουργία ασφαλούς σύνδεσης στο Διαδίκτυο διαθέτοντας τα χαρακτηριστικά του VPN.

Σχήμα 22: Διάγραμμα τάξεων

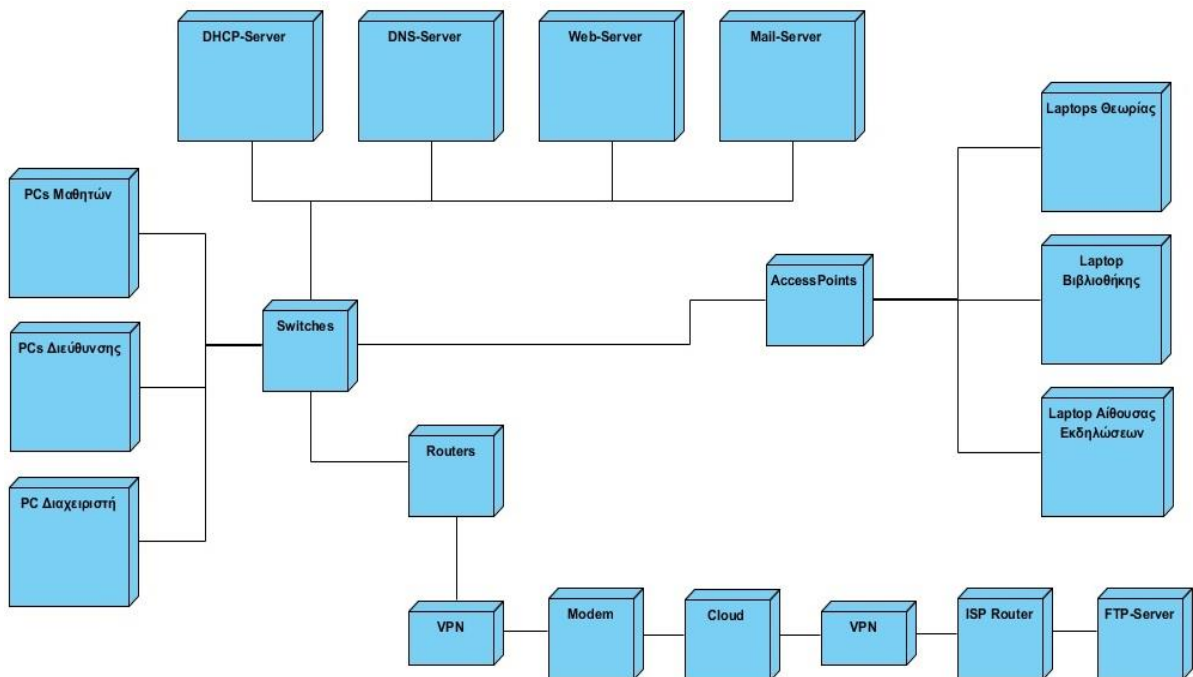


4.2.3 Διάγραμμα Διανομής

Το διάγραμμα διανομής προσδιορίζει την φυσική διάταξη των διαφορετικών εξαρτημάτων του υλικού που αποτελούν ένα σύστημα και τη διανομή των εκτελέσιμων προγραμμάτων στο υλικό [9]. Στο διάγραμμα περιλαμβάνονται τα ακόλουθα στοιχεία:

- Υπολογιστές που μπορούν να χρησιμοποιούν οι μαθητές, η διεύθυνση και ο διαχειριστής του δικτύου.
- Εξυπηρετητές Web, DHCP, DNS, Mail για την παροχή των χαρακτηριστικών που προσφέρουν.
- Φορητοί υπολογιστές που χρησιμοποιούνται στις θεωρητικές αίθουσες, στην αίθουσα εκδηλώσεων και στην βιβλιοθήκη του εκπαιδευτικού κέντρου.
- Ασύρματα σημεία πρόσβασης Access Point για την ασύρματη σύνδεση των φορητών υπολογιστών.
- Μεταγωγείς Switches για την σύνδεση όλων των υπολογιστών, εξυπηρετητών και σημείων πρόσβασης σε έναν δρομολογητή.
- Δρομολογητές Routers ορίζουν το υποδίκτυο κάθε ορόφου και χρησιμοποιούνται για την εσωτερική επικοινωνία και την επικοινωνία στο Διαδίκτυο.
- Δρομολογητής ISP, εξυπηρετητής FTP, Modem, Cloud και VPN, χρησιμοποιούνται για να παρέχεται η υπηρεσία μεταφοράς αρχείων μέσω Cloud για τους χρήστες του εργαστηριακού κέντρου δημιουργώντας μία ασφαλή σύνδεση στο Διαδίκτυο μέσω VPN.

Σχήμα 23: Διάγραμμα διανομής



Κεφάλαιο 5

Προτεινόμενη Σχεδίαση & Υλοποίηση Δικτύωσης

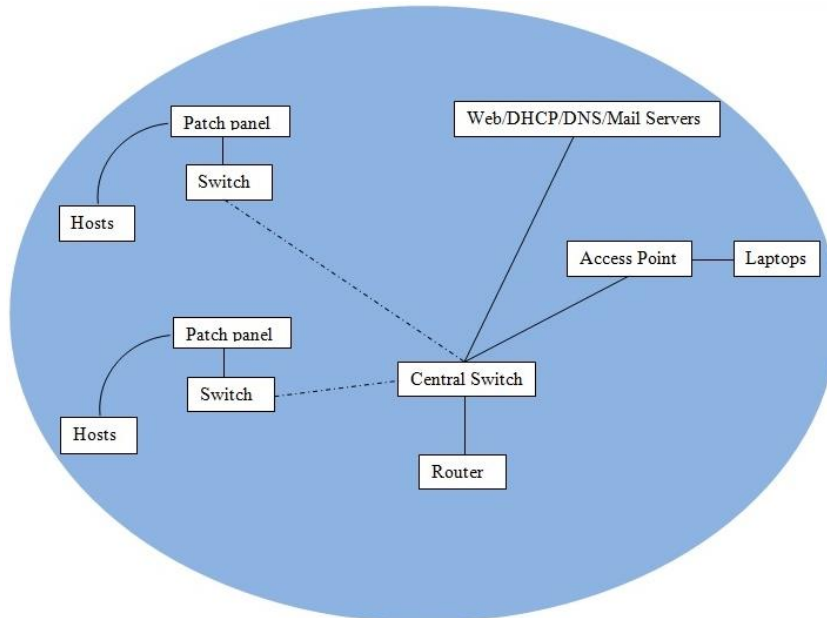
Στην παρούσα ενότητα αναλύεται πλήρως η δομή του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου, ο τρόπος διασύνδεσης των συσκευών, η τοπολογία του και οι υπηρεσίες που παρέχει. Επιπλέον, υλοποιούνται σενάρια προσομοίωσης του δικτύου με τους διαφορετικούς τύπους δρομολόγησης και προκύπτουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα επίδοσης του δικτύου.

5.1 Περιγραφή Δικτύου

Το δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου αποτελείται από τέσσερις περιοχές που αντιστοιχούν στους χώρους του ισόγειου και των τριών ορόφων. Η κάθε περιοχή που αντιπροσωπεύει και ένα υποδίκτυο ακολουθεί την παρακάτω δομή:

1. Όλοι οι υπολογιστές των εργαστηριακών χώρων συνδέονται με τους μεταγωγείς του κάθε εργαστηρίου που ανήκουν μέσω patch panel.
2. Η σύνδεση οδηγείται από τις πρίζες του τοίχου στο patch panel και από εκεί στον μεταγωγέα κάθε εργαστηρίου.
3. Όλοι οι μεταγωγείς των εργαστηρίων συνδέονται με έναν κεντρικό μεταγωγέα που χρησιμοποιείται για να συνδέσει όλα τα switch των εργαστηρίων με τον δρομολογητή της περιοχής που ανήκει. Σε αυτόν τον κεντρικό μεταγωγέα συνδέονται επιπρόσθετα όλοι οι εξυπηρετητές και το ασύρματο σημείο πρόσβασης της περιοχής για την σύνδεση των αντίστοιχων φορητών υπολογιστών που εφαρμόζονται στις θεωρητικές αίθουσες διδασκαλίας, στην αίθουσα εκδηλώσεων και στην βιβλιοθήκη. Επιπλέον, ο κεντρικός μεταγωγέας του πρώτου ορόφου συνδέεται απευθείας με έναν υπολογιστή που προσδιορίζει τον διαχειριστή του δικτύου.

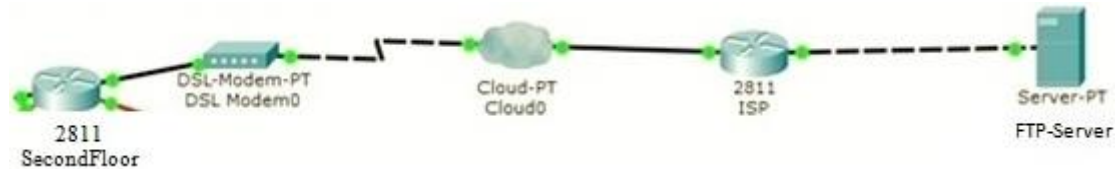
Σχήμα 24: Μορφή δικτύου περιοχής εργαστηριακού κέντρου



Για την διασύνδεση των τεσσάρων περιοχών του εργαστηριακού κέντρου που ακολουθούν τη δομή του σχήματος 24 χρησιμοποιούνται οι δρομολογητές.

Κάθε περιοχή διαθέτει τον δικό της router που χρησιμεύει ως έξοδος προς άλλα δίκτυα και το Διαδίκτυο. Η επικοινωνία των τεσσάρων περιοχών μεταξύ τους πραγματοποιείται μέσω της σύνδεσης αυτών των δρομολογητών. Το εργαστηριακό κέντρο ως μία σύγχρονη εκπαιδευτική μονάδα, αξιοποιεί τις ανερχόμενες τεχνολογίες όπως είναι το Νέφος Cloud για την online παροχή υπηρεσιών επεξεργασίας αρχείων. Ο δρομολογητής που βρίσκεται στον δεύτερο όροφο αποτελεί την έξοδο προς το Διαδίκτυο και το Cloud για την παροχή της αντίστοιχης υπηρεσίας. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου έχουν τη δυνατότητα της επεξεργασίας των αρχείων ανάλογα με τα αντίστοιχα δικαιώματα, μέσω Cloud από τον εξυπηρετητή αρχείων που παρέχεται από έναν πάροχο υπηρεσιών.

Σχήμα 25: Παροχή υπηρεσιών Cloud



Για να είναι εφικτή η επικοινωνία με το Διαδίκτυο στην διεπαφή του δρομολογητή προς αυτό εφαρμόζεται ο μηχανισμός NAT για την αντιστοίχιση των ιδιωτικών σε δημόσιες διευθύνσεις. Επιπλέον, εισάγονται και οι πολιτικές ασφάλειας με κατάλληλες λίστες access-lists.

5.2 Συσκευές & Διασύνδεση

Η υποενοότητα αυτή προσδιορίζει τις συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν σε ολόκληρο το δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου. Στον χώρο του ισογείου συναντάμε τα ακόλουθα στοιχεία:

- 1 Web Server.
- 1 DHCP Server.
- 1 DNS Server.
- 1 Access Point PT με κωδικό WPA2-PSK: G_r n8d?o και SSID: Ground.
- 2 Laptop PT με προσθήκη WPC300N για υποστήριξη ασύρματης σύνδεσης.
- 90 PC - PT.
- 10 Switch Cisco Catalyst 2950-24 (ports).
- 1 Router PT.

Ο πρώτος όροφος του εργαστηριακού κέντρου περιλαμβάνει τα παρακάτω συστατικά:

- 1 Web Server.
- 1 DHCP Server.
- 1 DNS Server.
- 1 Mail Server.
- 1 Access Point PT με κωδικό WPA2-PSK: Fs%ι2st και SSID: First.
- 17 Laptop PT με προσθήκη WPC300N για υποστήριξη ασύρματης σύνδεσης.
- 81 PC - PT.
- 9 Switch Cisco Catalyst 2950-24 (ports).
- 1 Router PT.

Στον δεύτερο όροφο του εργαστηριακού κέντρου περιέχονται τα εξής στοιχεία:

- 1 Web Server.
- 1 DHCP Server.
- 1 DNS Server.
- 1 Mail Server.
- 1 Access Point PT με κωδικό WPA2-PSK: S#e7pn_d και SSID: Second.
- 5 Laptop PT με προσθήκη WPC300N για υποστήριξη ασύρματης σύνδεσης.
- 52 PC - PT.

- 5 Switch Cisco Catalyst 2950-24 (ports).
- 1 Switch-PT (7 ports).
- 1 Router 2811 με προσθήκη 2 WIC-1T για υποστήριξη σειριακών ζεύξεων.
- 1 DSL Modem-PT.

Ο τρίτος όροφος στο εργαστηριακό κέντρο περιλαμβάνει τα παρακάτω συστατικά:

- 1 Web Server.
- 1 DHCP Server.
- 1 DNS Server.
- 1 Access Point PT με κωδικό WPA2-PSK: T4h?iRkc και SSID: Third.
- 6 Laptop PT με προσθήκη WPC300N για υποστήριξη ασύρματης σύνδεσης.
- 1 Switch-PT (11 ports).
- 1 Router PT.

Για την σύνδεση των συσκευών χρησιμοποιήθηκαν τα καλώδια straight-through και crossover. Με το καλώδιο straight-through συνδέονται οι ακόλουθες συσκευές:

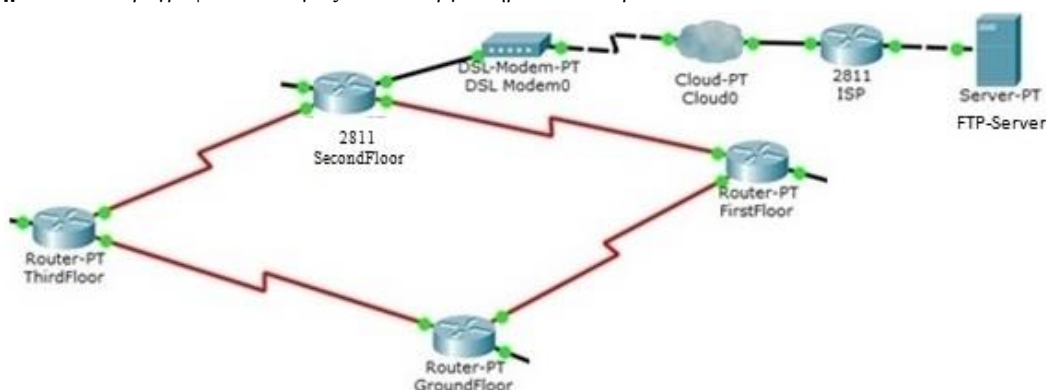
- Υπολογιστές με μεταγωγείς.
- Εξυπηρετητές με μεταγωγείς.
- Ασύρματα σημεία πρόσβασης με μεταγωγείς.
- Κεντρικοί μεταγωγείς με δρομολογητές.
- Δρομολογητή δευτέρου ορόφου με modem.

Το καλώδιο crossover εφαρμόστηκε για την σύνδεση των μεταγωγέων των εργαστηριακών χώρων με τον κεντρικό μεταγωγέα της περιοχής τους. Οι συνδέσεις μεταξύ των δρομολογητών υλοποιήθηκαν μέσω σειριακών ζεύξεων DCE και DTE. Στην προσομοίωση με το εργαλείο packet tracer εφαρμόστηκε καλώδιο straight-through για τον δρομολογητή του παρόχου με το Cloud και τον δρομολογητή του δευτέρου ορόφου με το modem, τηλεφωνική γραμμή για το modem και το Cloud και καλώδιο crossover μεταξύ του παρόχου και του εξυπηρετητή FTP.

5.3 Τοπολογία Δικτύου

Στο δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου διακρίνονται τέσσερις περιοχές που συνθέτουν τους χώρους του ισογείου και των τριών ορόφων. Το κέντρο των περιοχών αυτών που αποτελεί το σημείο διασύνδεσης μεταξύ τους, περιλαμβάνει τον δρομολογητή κάθε περιοχής με αποτέλεσμα να δημιουργείται για λόγους χωρητικότητας μία μικρογραφία της τοπολογίας του δικτύου στο σχήμα 26. Στις εσωτερικές διεπαφές των δρομολογητών όλων των περιοχών υπάρχουν οι συνδέσεις με τους κεντρικούς μεταγωγείς κάθε περιοχής που οδηγούν στις συνδέσεις με τους μεταγωγείς των εργαστηρίων και στις συνδέσεις με τους εξυπηρετητές και τα ασύρματα σημεία πρόσβασης, σύμφωνα με το σχήμα 24.

Σχήμα 26: Μικρογραφία τοπολογίας δικτύου εργαστηριακού κέντρου



5.4 Εφαρμογή Διευθυνσιοδότησης

Η διευθυνσιοδότηση του εργαστηριακού κέντρου εφαρμόστηκε με βάση τον μηχανισμό VLSM. Η αρχική διεύθυνση είναι η 192.168.1.0 /24. Οι περιοχές του εργαστηριακού κέντρου περιλαμβάνουν τις ακόλουθες απαιτήσεις σε υπολογιστές:

- Υποδίκτυο πρώτου ορόφου: 102 (hosts) άρα $2^{7(\text{host bits})} = 128 - 2 = 126$ όπου καλύπτει το 102.
- Υποδίκτυο ισογείου: 95 (hosts) άρα $2^{7(\text{host bits})} = 128 - 2 = 126$ όπου καλύπτει το 95.
- Υποδίκτυο δευτέρου ορόφου: 61 (hosts) άρα $2^{6(\text{host bits})} = 64 - 2 = 62$ όπου καλύπτει το 61.
- Υποδίκτυο τρίτου ορόφου: 9 (hosts) άρα $2^{4(\text{host bits})} = 16 - 2 = 14$ όπου καλύπτει το 9.
- Υποδίκτυο ξεύξης ισογείου-πρώτου: 2 (hosts) άρα $2^{2(\text{host bits})} = 4 - 2 = 2$ όπου καλύπτει το 2.
- Υποδίκτυο ξεύξης πρώτου-δευτέρου: 2 (hosts) άρα $2^{2(\text{host bits})} = 4 - 2 = 2$ όπου καλύπτει το 2.
- Υποδίκτυο ξεύξης δευτέρου-τρίτου: 2 (hosts) άρα $2^{2(\text{host bits})} = 4 - 2 = 2$ όπου καλύπτει το 2.
- Υποδίκτυο ξεύξης τρίτου-ισογείου: 2 (hosts) άρα $2^{2(\text{host bits})} = 4 - 2 = 2$ όπου καλύπτει το 2.

Το υποδίκτυο του πρώτου ορόφου έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.128
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.1.0
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.1.1 έως 192.168.1.126
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.1.127

Η απόδοση των διευθύνσεων IP χαρακτηρίζεται ως εξής:

- Διεπαφή δρομολογητή: 192.168.1.1
- DHCP Server: 192.168.1.2
- DNS Server: 192.168.1.3
- Mail Server: 192.168.1.4
- Web Server: 192.168.1.5
- PC Διαχειριστή: 192.168.1.6

Οι διευθύνσεις αυτές εκχωρήθηκαν στατικά σε κάθε μία συσκευή, ενώ όλοι οι υπολογιστές και τα laptop λαμβάνουν δυναμικά διευθύνσεις μέσω DHCP.

Το υποδίκτυο του ισογείου περιέχει τα εξής στοιχεία διευθυνσιοδότησης:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.128
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.1.128
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.1.129 έως 192.168.1.254
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.1.255

Η απόδοση των διευθύνσεων IP χαρακτηρίζεται ως εξής:

- Διεπαφή δρομολογητή: 192.168.1.129
- DHCP Server: 192.168.1.130
- DNS Server: 192.168.1.131
- Web Server: 192.168.1.132

Οι διευθύνσεις αυτές εκχωρήθηκαν στατικά σε κάθε μία συσκευή, ενώ όλοι οι υπολογιστές και τα laptop λαμβάνουν δυναμικά διευθύνσεις μέσω DHCP.

Στο υποδίκτυο του δευτέρου ορόφου αποδόθηκαν τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.192
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.0
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.1 έως 192.168.2.62.
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.63

Η απόδοση των διευθύνσεων IP χαρακτηρίζεται ως εξής:

- Διεπαφή δρομολογητή: 192.168.2.1
- DHCP Server: 192.168.2.2
- DNS Server: 192.168.2.3

- Mail Server: 192.168.2.4
- Web Server: 192.168.2.5

Οι διευθύνσεις αυτές εκχωρήθηκαν στατικά σε κάθε μία συσκευή, ενώ όλοι οι υπολογιστές και τα laptop λαμβάνουν δυναμικά διευθύνσεις μέσω DHCP.

Για το υποδίκτυο του τρίτου ορόφου εφαρμόστηκαν τα εξής:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.240
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.64
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.65 έως 192.168.2.78
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.79

Η απόδοση των διευθύνσεων IP χαρακτηρίζεται ως εξής:

- Διεπαφή δρομολογητή: 192.168.2.65
- DHCP Server: 192.168.2.66
- DNS Server: 192.168.2.67
- Web Server: 192.168.2.68

Οι διευθύνσεις αυτές εκχωρήθηκαν στατικά σε κάθε μία συσκευή, ενώ όλα τα laptop λαμβάνουν δυναμικά διευθύνσεις μέσω DHCP.

Η ζεύξη ισόγειου-πρώτου ορόφου έλαβε τα ακόλουθα στοιχεία:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.252
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.80
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.81 έως 192.168.2.82
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.83

Η ζεύξη πρώτου ορόφου-δευτέρου ορόφου περιέχει τα εξής:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.252
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.84
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.85 έως 192.168.2.86
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.87

Η ζεύξη δευτέρου ορόφου-τρίτου ορόφου έλαβε τα ακόλουθα στοιχεία:

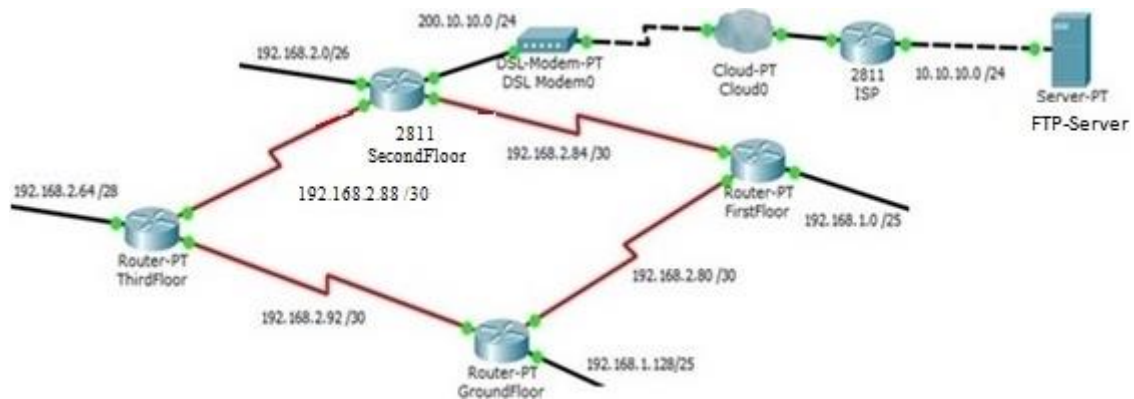
- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.252
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.88
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.89 έως 192.168.2.90
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.91

Η ζεύξη τρίτου ορόφου-ισογείου περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία διευθυνσιοδότησης:

- Μάσκα υποδικτύου: 255.255.255.252
- Διεύθυνση δικτύου: 192.168.2.92
- Εύρος διαθέσιμων διευθύνσεων: 192.168.2.93 έως 192.168.2.94
- Διεύθυνση εκπομπής: 192.168.2.95

Η δημόσια διεύθυνση για το Διαδίκτυο μεταξύ του παρόχου και του δρομολογητή του δευτέρου ορόφου είναι η 200.10.10.0 /24, με τον πάροχο να λαμβάνει την διεύθυνση 200.10.10.1 /24 και τον δρομολογητή του δευτέρου ορόφου να λαμβάνει την διεύθυνση 200.10.10.2 /24. Επιπρόσθετα, το δίκτυο του παρόχου με τον εξυπηρετητή αρχείων FTP έχει διεύθυνση 10.10.10.0 /24 με τον πάροχο να λαμβάνει την διεύθυνση 10.10.10.1 /24 και τον FTP Server την διεύθυνση 10.10.10.2 /24.

Σχήμα 27: Διευθυνσιοδότηση δικτύου εργαστηριακού κέντρου



Με τον μηχανισμό NAT overload ολόκληρο το εσωτερικό δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου 192.168.0.0 μπορεί να επικοινωνεί με το Διαδίκτυο αντιστοιχίζοντας οποιαδήποτε εσωτερική διεύθυνση με την δημόσια διεύθυνση 200.10.10.2 του δρομολογητή του δευτέρου ορόφου που συνδέεται με το modem. Οι ρυθμίσεις των δρομολογητών σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία:

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```
Router>enable
Router#config t
Router (config) #hostname FirstFloor
FirstFloor (config) #interface fa0/0
FirstFloor (config-if) #ip address 192.168.1.1 255.255.255.128
FirstFloor (config-if) #no shutdown
FirstFloor (config-if) #exit
FirstFloor (config) #interface s2/0
FirstFloor (config-if) #ip address 192.168.2.82 255.255.255.252
FirstFloor (config-if) #no shutdown
FirstFloor (config-if) #exit
FirstFloor (config) #interface s3/0
FirstFloor (config-if) #ip address 192.168.2.86 255.255.255.252
FirstFloor (config-if) #no shutdown
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

```
Router>
Router>enable
Router#config t
Router (config) #hostname GroundFloor
GroundFloor (config) #interface fa0/0
GroundFloor (config-if) #ip address 192.168.1.129 255.255.255.128
GroundFloor (config-if) #no shutdown
GroundFloor (config-if) #exit
GroundFloor (config) #interface s2/0
GroundFloor (config-if) #ip address 192.168.2.81 255.255.255.252
GroundFloor (config-if) #clock rate 64000
```

```
GroundFloor (config-if) #no shutdown
GroundFloor (config-if) #exit
GroundFloor (config) #interface s3/0
GroundFloor (config-if) #ip address 192.168.2.93 255.255.255.252
GroundFloor (config-if) #clock rate 64000
GroundFloor (config-if) #no shutdown
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```
Router>enable
Router#config t
Router (config) #hostname SecondFloor
SecondFloor (config) #interface fa0/0
SecondFloor (config-if) #ip address 192.168.2.1 255.255.255.192
SecondFloor (config-if) #no shutdown
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface s0/0/0
SecondFloor (config-if) #ip address 192.168.2.85 255.255.255.252
SecondFloor (config-if) #clock rate 64000
SecondFloor (config-if) #no shutdown
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface s0/2/0
SecondFloor (config-if) #ip address 192.168.2.89 255.255.255.252
SecondFloor (config-if) #clock rate 64000
SecondFloor (config-if) #no shutdown
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface fa0/1
SecondFloor (config-if) #ip address 200.10.10.2 255.255.255.0
SecondFloor (config-if) #no shutdown
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #access-list 1 permit 192.168.0.0 0.0.255.255
SecondFloor (config) #ip nat inside source list 1 interface fa0/1 overload
SecondFloor (config) #interface fa0/1
SecondFloor (config-if) #ip nat outside
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface s0/2/0
SecondFloor (config-if) #ip nat inside
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface s0/0/0
SecondFloor (config-if) #ip nat inside
SecondFloor (config-if) #exit
SecondFloor (config) #interface fa0/0
SecondFloor (config-if) #ip nat inside
SecondFloor (config-if) #exit
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```
Router>enable
Router#config t
Router (config) #hostname ThirdFloor
ThirdFloor (config) #interface fa0/0
ThirdFloor (config-if) #ip address 192.168.2.65 255.255.255.240
ThirdFloor (config-if) #no shutdown
ThirdFloor (config-if) #exit
ThirdFloor (config) #interface s2/0
ThirdFloor (config-if) #ip address 192.168.2.90 255.255.255.252
ThirdFloor (config-if) #no shutdown
ThirdFloor (config-if) #exit
ThirdFloor (config) #interface s3/0
ThirdFloor (config-if) #ip address 192.168.2.94 255.255.255.252
ThirdFloor (config-if) #no shutdown
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```
Router>enable
Router#config t
Router (config) #hostname ISP
ISP (config) #interface fa0/0
ISP (config-if) #ip address 10.10.10.1 255.255.255.0
ISP (config-if) #no shutdown
ISP (config-if) #exit
ISP (config) #interface fa0/1
ISP (config-if) #ip address 200.10.10.1 255.255.255.0
ISP (config-if) #no shutdown
ISP (config-if) #exit
```

5.5 Σενάρια Λειτουργίας Δικτύου

Στην παρούσα ενότητα εφαρμόζονται τα σενάρια της στατικής και της δυναμικής δρομολόγησης του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου ακολουθούμενα από τα αντίστοιχα αποτελέσματα.

5.5.1 Σενάριο Στατικής Δρομολόγησης

Εφαρμόζοντας στατική δρομολόγηση προκύπτουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στους δρομολογητές:

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

```
GroundFloor>enable
GroundFloor#config t
GroundFloor (config) #ip route 192.168.1.0 255.255.255.128 192.168.2.82
GroundFloor (config) #ip route 192.168.2.0 255.255.255.192 192.168.2.82
GroundFloor (config) #ip route 192.168.2.64 255.255.255.240 192.168.2.94
GroundFloor (config) #ip route 200.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.82
```

```
GroundFloor (config) #ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.82
GroundFloor (config) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```
FirstFloor>enable
FirstFloor#config t
FirstFloor (config) #ip route 192.168.1.128 255.255.255.128 192.168.2.81
FirstFloor (config) #ip route 192.168.2.0 255.255.255.192 192.168.2.85
FirstFloor (config) #ip route 192.168.2.64 255.255.255.240 192.168.2.85
FirstFloor (config) #ip route 200.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.85
FirstFloor (config) #ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.85
FirstFloor (config) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```
SecondFloor>enable
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #ip route 192.168.1.0 255.255.255.128 192.168.2.86
SecondFloor (config) #ip route 192.168.1.128 255.255.255.128 192.168.2.86
SecondFloor (config) #ip route 192.168.2.64 255.255.255.240 192.168.2.90
SecondFloor (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 fa0/1
SecondFloor (config) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```
ThirdFloor>enable
ThirdFloor#config t
ThirdFloor (config) #ip route 192.168.1.128 255.255.255.128 192.168.2.93
ThirdFloor (config) #ip route 192.168.1.0 255.255.255.128 192.168.2.93
ThirdFloor (config) #ip route 192.168.2.0 255.255.255.192 192.168.2.89
ThirdFloor (config) #ip route 200.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.89
ThirdFloor (config) #ip route 10.10.10.0 255.255.255.0 192.168.2.89
ThirdFloor (config) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```
ISP>enable
ISP#config t
ISP (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.10.10.2
ISP (config) #end
```

Με βάση τα ακόλουθα σχήματα οι τέσσερις δρομολογητές του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου καθώς και ο δρομολογητής του παρόχου περιλαμβάνουν όλες τις περιοχές του δικτύου στους πίνακες δρομολόγησής τους, καθιστώντας με αυτόν τον τρόπο εφικτή την επικοινωνία μεταξύ αυτών των περιοχών.

Σχήμα 28: Πίνακες στατικής δρομολόγησης δρομολογητή ισογείου

```

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

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S       10.10.10.0 [1/0] via 192.168.2.82
    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
S       192.168.1.0 [1/0] via 192.168.2.82
C       192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
S       192.168.2.0/26 [1/0] via 192.168.2.82
S       192.168.2.64/28 [1/0] via 192.168.2.94
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
S       200.10.10.0/24 [1/0] via 192.168.2.82
GroundFloor#

```

Σχήμα 29: Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή πρώτου ορόφου

```

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

Gateway of last resort is not set

    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S       10.10.10.0 [1/0] via 192.168.2.85
    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
C       192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
S       192.168.1.128 [1/0] via 192.168.2.81
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
S       192.168.2.0/26 [1/0] via 192.168.2.85
S       192.168.2.64/28 [1/0] via 192.168.2.85
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial3/0
S       200.10.10.0/24 [1/0] via 192.168.2.85
FirstFloor#

```

Στο σχήμα 30 η διεπαφή του δρομολογητή με το Διαδίκτυο έχει μία default route s* διότι οποιαδήποτε κίνηση προς το Διαδίκτυο ή το δίκτυο του παρόχου με τον εξυπηρετητή γίνεται πάντα από αυτή τη διεπαφή ακόμη και στα σενάρια δυναμικής δρομολόγησης.

Σχήμα 30: Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή δευτέρου ορόφου

```

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

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

      192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
S       192.168.1.0 [1/0] via 192.168.2.86
S       192.168.1.128 [1/0] via 192.168.2.86
      192.168.2.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
C       192.168.2.0/26 is directly connected, FastEthernet0/0
S       192.168.2.64/28 [1/0] via 192.168.2.90
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial0/0/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial0/2/0
C       200.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S*    0.0.0.0/0 is directly connected, FastEthernet0/1
SecondFloor#

```

Σχήμα 31: Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή τρίτου ορόφου

```

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

Gateway of last resort is not set

      10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
S       10.10.10.0 [1/0] via 192.168.2.89
      192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
S       192.168.1.0 [1/0] via 192.168.2.93
S       192.168.1.128 [1/0] via 192.168.2.93
      192.168.2.0/24 is variably subnetted, 4 subnets, 3 masks
S       192.168.2.0/26 [1/0] via 192.168.2.89
C       192.168.2.64/28 is directly connected, FastEthernet0/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
S       200.10.10.0/24 [1/0] via 192.168.2.89
ThirdFloor#

```

Από το σχήμα 32 ο δρομολογητής του παρόχου έχει όμοια με τον δρομολογητή του δευτέρου ορόφου μία default route s* καθώς οποιαδήποτε κίνηση προς το δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου γίνεται πάντα προς την διεπαφή του δρομολογητή του δευτέρου ορόφου ακόμη και στα σενάρια δυναμικής δρομολόγησης.

Σχήμα 32: Πίνακας στατικής δρομολόγησης δρομολογητή παρόχου

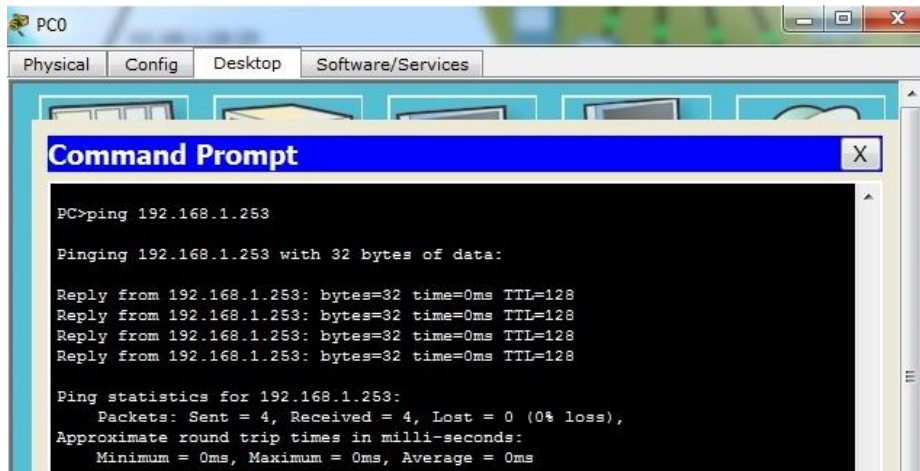
```
ISP#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP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

Gateway of last resort is 200.10.10.2 to network 0.0.0.0

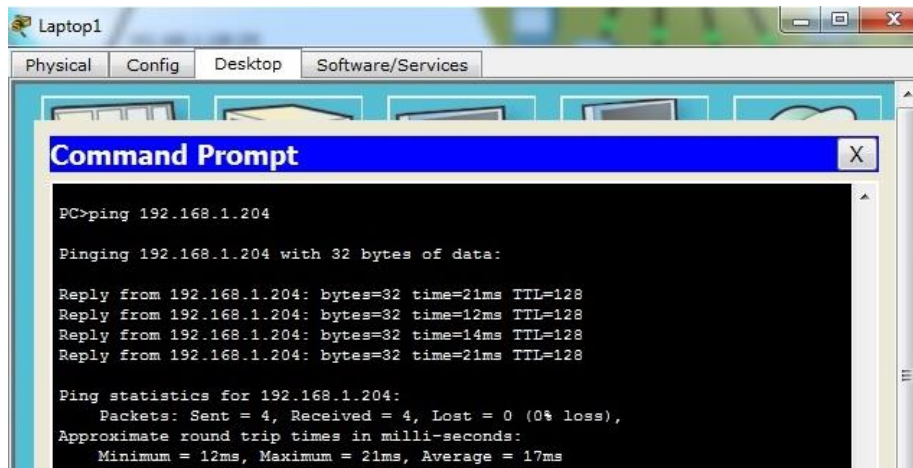
    10.0.0.0/24 is subnetted, 1 subnets
C       10.10.10.0 is directly connected, FastEthernet0/0
C     200.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S*     0.0.0.0/0 [1/0] via 200.10.10.2
ISP#
```

Για την επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών στο ίδιο υποδίκτυο του ισογείου προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

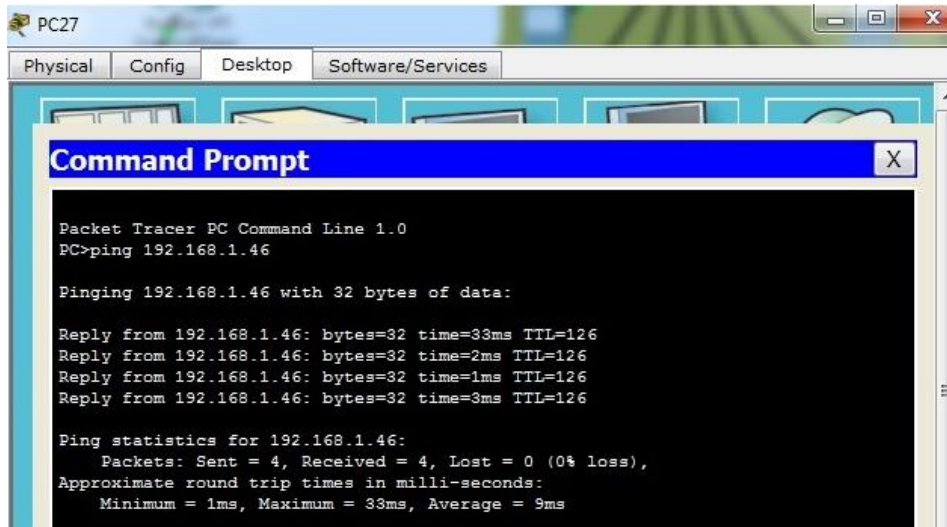
Σχήμα 33: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών ισογείου I



Σχήμα 34: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ υπολογιστών ισογείου II



Τα ακόλουθα σχήματα αφορούν την επικοινωνία μεταξύ του ισογείου και του πρώτου ορόφου του εργαστηριακού κέντρου:

Σχήμα 35: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ ισογείου και πρώτου ορόφου I

```
PC27
Physical Config Desktop Software/Services

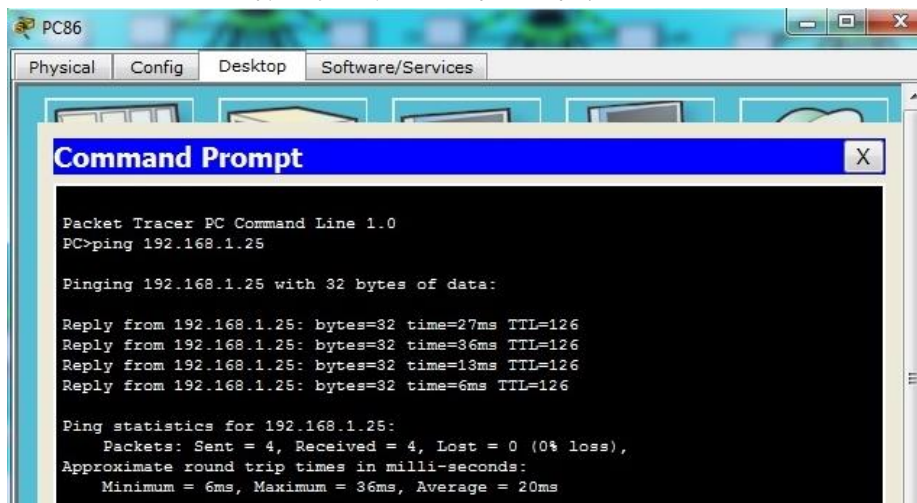
Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.46

Pinging 192.168.1.46 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.46: bytes=32 time=33ms TTL=126
Reply from 192.168.1.46: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.1.46: bytes=32 time=1ms TTL=126
Reply from 192.168.1.46: bytes=32 time=3ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.46:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 1ms, Maximum = 33ms, Average = 9ms
```

Σχήμα 36: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ ισογείου και πρώτου ορόφου II

```
PC86
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.25

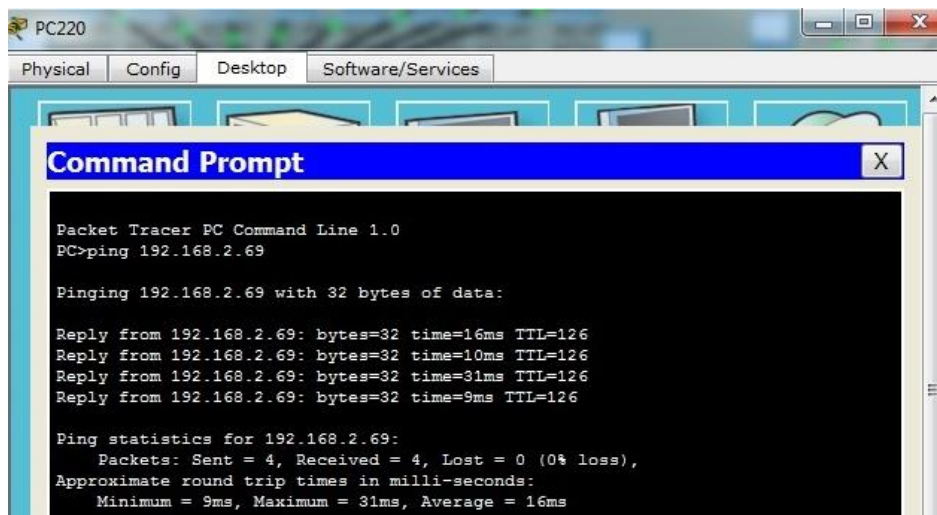
Pinging 192.168.1.25 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.25: bytes=32 time=27ms TTL=126
Reply from 192.168.1.25: bytes=32 time=36ms TTL=126
Reply from 192.168.1.25: bytes=32 time=13ms TTL=126
Reply from 192.168.1.25: bytes=32 time=6ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.1.25:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 6ms, Maximum = 36ms, Average = 20ms
```

Σχετικά με την επικοινωνία του δευτέρου και τρίτου ορόφου εκτελώντας την εντολή ping προκύπτουν τα εξής:

Σχήμα 37: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου και τρίτου ορόφου I



```
PC220
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

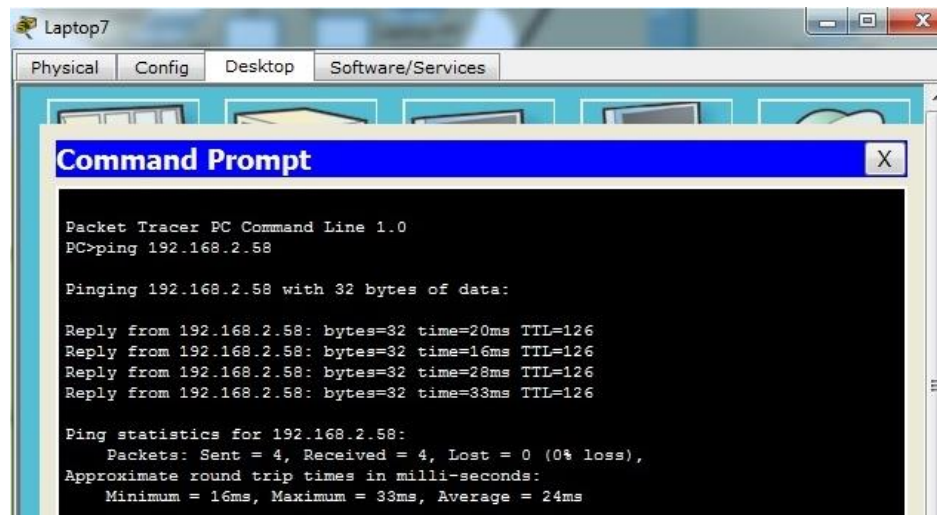
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.2.69

Pinging 192.168.2.69 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.69: bytes=32 time=16ms TTL=126
Reply from 192.168.2.69: bytes=32 time=10ms TTL=126
Reply from 192.168.2.69: bytes=32 time=31ms TTL=126
Reply from 192.168.2.69: bytes=32 time=9ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.69:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 9ms, Maximum = 31ms, Average = 16ms
```

Σχήμα 38: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου και τρίτου ορόφου II



```
Laptop7
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.2.58

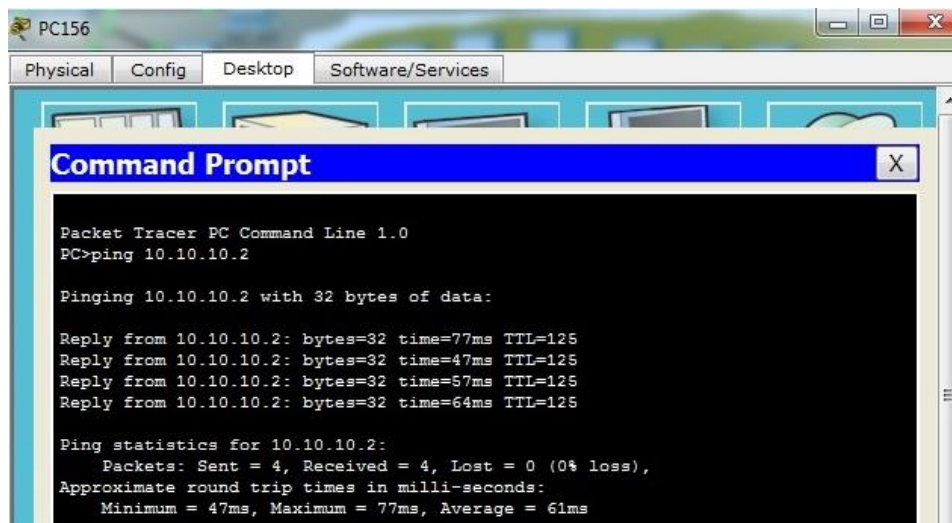
Pinging 192.168.2.58 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.2.58: bytes=32 time=20ms TTL=126
Reply from 192.168.2.58: bytes=32 time=16ms TTL=126
Reply from 192.168.2.58: bytes=32 time=28ms TTL=126
Reply from 192.168.2.58: bytes=32 time=33ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.2.58:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 16ms, Maximum = 33ms, Average = 24ms
```

Η επικοινωνία από τον πρώτο όροφο του εργαστηριακού κέντρου με τον εξυπηρετητή του παρόχου πραγματοποιείται στους ακόλουθους χρόνους του σχήματος 39. Επιπρόσθετα, με βάση το σχήμα 40 παρουσιάζεται η διαδρομή των πακέτων από συγκεκριμένες συσκευές για την παράδοση στον τελικό προορισμό.

Σχήμα 39: Στατιστικά επικοινωνίας μεταξύ πρώτου ορόφου και εξυπηρετητή παρόχου



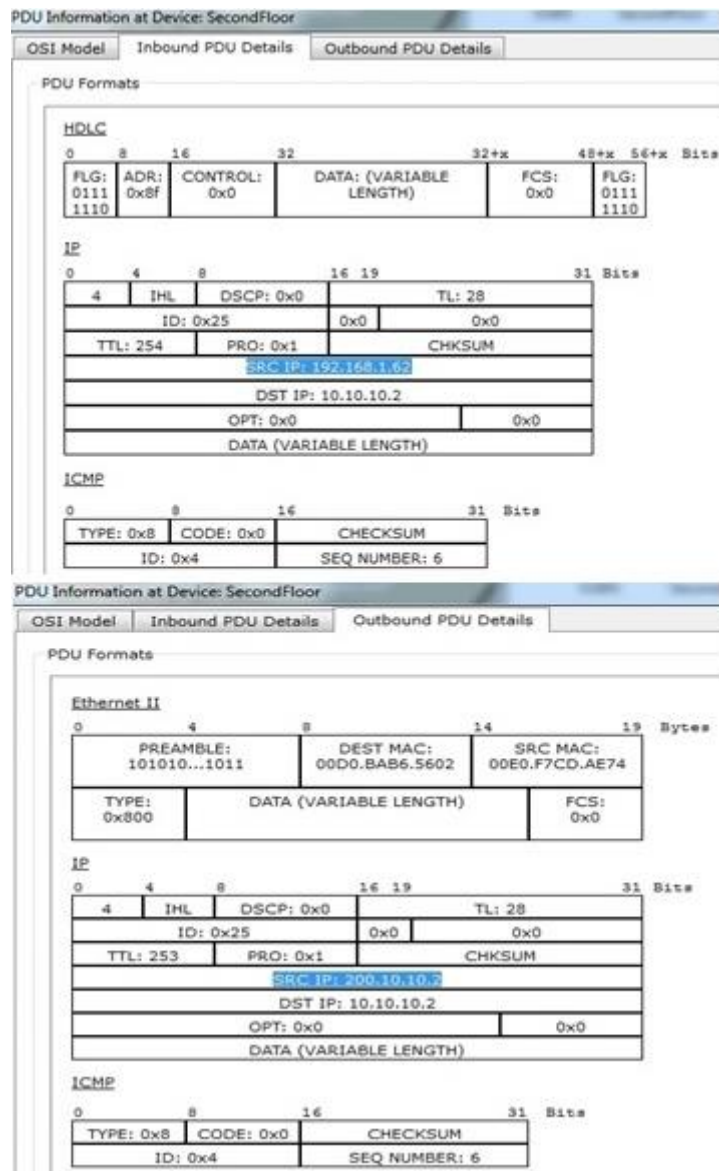
Σχήμα 40: Διαδρομή πακέτων μεταξύ πρώτου ορόφου και εξυπηρετητή παρόχου

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	0.000	--	PC156	ICMP	
	0.001	PC156	Υπολογιστικ...	ICMP	
	0.002	Υπολογιστικ...	Switch24	ICMP	
	0.003	Switch24	FirstFloor	ICMP	
	0.004	FirstFloor	SecondFloor	ICMP	
	0.005	SecondFloor	DSL Modem0	ICMP	
	0.006	DSL Modem0	Cloud0	ICMP	
	0.007	Cloud0	ISP	ICMP	
	0.008	ISP	FTP-Server	ICMP	
	0.009	FTP-Server	ISP	ICMP	
	0.010	ISP	Cloud0	ICMP	
	0.011	Cloud0	DSL Modem0	ICMP	
	0.012	DSL Modem0	SecondFloor	ICMP	
	0.013	SecondFloor	FirstFloor	ICMP	
	0.014	FirstFloor	Switch24	ICMP	
	0.015	Switch24	Υπολογιστικ...	ICMP	
	0.016	Υπολογιστικ...	PC156	ICMP	

Reset Simulation Constant Delay Captured to: *
0.016 s

Η εφαρμογή του μηχανισμού NAT παρουσιάζεται στο ακόλουθο σχήμα. Ένα πακέτο με διεύθυνση αποστολέα 192.168.1.62 που απευθύνεται στον εξυπηρετητή του παρόχου για να περάσει από το Διαδίκτυο μετατρέπεται στην δημόσια διεύθυνση 200.10.10.2 από τον δρομολογητή του δεύτερου ορόφου.

Σχήμα 41: Στοιχεία πακέτου πριν και μετά την εφαρμογή του μηχανισμού NAT



5.5.2 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης RIPv2

Εφαρμόζοντας δυναμική δρομολόγηση με βάση το πρωτόκολλο RIPv2 προκύπτουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στους δρομολογητές:

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

GroundFloor>enable

GroundFloor#config t

GroundFloor (config) #router rip

GroundFloor (config-router) #version 2

GroundFloor (config-router) #no auto-summary

GroundFloor (config-router) #network 192.168.1.128

GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.80

```
GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.92
GroundFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```
FirstFloor>enable
FirstFloor#config t
FirstFloor (config) #router rip
FirstFloor (config-router) #version 2
FirstFloor (config-router) #no auto-summary
FirstFloor (config-router) #network 192.168.1.0
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.80
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.84
FirstFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```
SecondFloor>enable
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 f0/1
SecondFloor (config) #router rip
SecondFloor (config-router) #version 2
SecondFloor (config-router) #no auto-summary
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.0
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.84
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.88
SecondFloor (config-router) #default-information originate
SecondFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```
ThirdFloor>enable
ThirdFloor#config t
ThirdFloor (config) #router rip
ThirdFloor (config-router) #version 2
ThirdFloor (config-router) #no auto-summary
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.64
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.88
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.92
ThirdFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```
ISP>enable
ISP#config t
ISP (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.10.10.2
ISP (config) #end
```

Στα ακόλουθα σχήματα παρουσιάζονται οι πίνακες δρομολόγησης με βάση το πρωτόκολλο RIPv2. Οι δρομολογητές του εργαστηριακού κέντρου διαθέτουν όλες τις πιθανές διαδρομές για την δρομολόγηση των πακέτων:

Σχήμα 42: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή ισογείου

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

Gateway of last resort is 192.168.2.94 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
R       192.168.1.0 [120/1] via 192.168.2.82, 00:00:05, Serial2/0
C       192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
R       192.168.2.0/26 [120/2] via 192.168.2.94, 00:00:18, Serial3/0
        [120/2] via 192.168.2.82, 00:00:05, Serial2/0
R       192.168.2.64/28 [120/1] via 192.168.2.94, 00:00:18, Serial3/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
R       192.168.2.84/30 [120/1] via 192.168.2.82, 00:00:05, Serial2/0
R       192.168.2.88/30 [120/1] via 192.168.2.94, 00:00:18, Serial3/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
R*    0.0.0.0/0 [120/2] via 192.168.2.94, 00:00:18, Serial3/0
        [120/2] via 192.168.2.82, 00:00:05, Serial2/0
GroundFloor#
```

Σχήμα 43: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή πρώτου ορόφου

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

Gateway of last resort is 192.168.2.85 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
C       192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
R       192.168.1.128 [120/1] via 192.168.2.81, 00:00:08, Serial2/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
R       192.168.2.0/26 [120/1] via 192.168.2.85, 00:00:01, Serial3/0
R       192.168.2.64/28 [120/2] via 192.168.2.81, 00:00:08, Serial2/0
        [120/2] via 192.168.2.85, 00:00:01, Serial3/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial3/0
R       192.168.2.88/30 [120/1] via 192.168.2.85, 00:00:01, Serial3/0
R       192.168.2.92/30 [120/1] via 192.168.2.81, 00:00:08, Serial2/0
R*    0.0.0.0/0 [120/1] via 192.168.2.85, 00:00:01, Serial3/0
FirstFloor#
```

Σχήμα 44: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή δευτέρου ορόφου

```

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

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
R       192.168.1.0 [120/1] via 192.168.2.86, 00:00:27, Serial0/0/0
R       192.168.1.128 [120/2] via 192.168.2.90, 00:00:25, Serial0/2/0
           [120/2] via 192.168.2.86, 00:00:27, Serial0/0/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
C       192.168.2.0/26 is directly connected, FastEthernet0/0
R       192.168.2.64/28 [120/1] via 192.168.2.90, 00:00:25, Serial0/2/0
R       192.168.2.80/30 [120/1] via 192.168.2.86, 00:00:27, Serial0/0/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial0/0/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial0/2/0
R       192.168.2.92/30 [120/1] via 192.168.2.90, 00:00:25, Serial0/2/0
C       200.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S*     0.0.0.0/0 is directly connected, FastEthernet0/1
SecondFloor#

```

Σχήμα 45: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης RIPv2 δρομολογητή τρίτου ορόφου

```

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

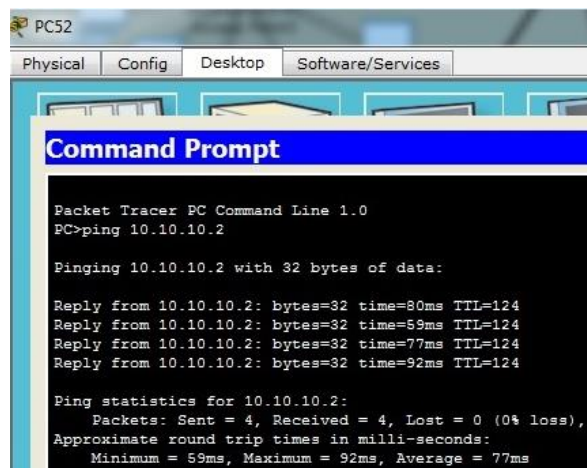
Gateway of last resort is 192.168.2.89 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
R       192.168.1.0 [120/2] via 192.168.2.93, 00:00:00, Serial3/0
           [120/2] via 192.168.2.89, 00:00:21, Serial2/0
R       192.168.1.128 [120/1] via 192.168.2.93, 00:00:00, Serial3/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
R       192.168.2.0/26 [120/1] via 192.168.2.89, 00:00:21, Serial2/0
C       192.168.2.64/28 is directly connected, FastEthernet0/0
R       192.168.2.80/30 [120/1] via 192.168.2.93, 00:00:00, Serial3/0
R       192.168.2.84/30 [120/1] via 192.168.2.89, 00:00:21, Serial2/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
R*     0.0.0.0/0 [120/1] via 192.168.2.89, 00:00:21, Serial2/0
ThirdFloor#

```

Σύμφωνα με τη δρομολόγηση κατά RIPv2 προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα για την επικοινωνία:

Σχήμα 46: Χρόνος επικοινωνίας ισογείου-εξυπηρετητή παρόχου κατά RIPv2



```

PC52
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 10.10.10.2

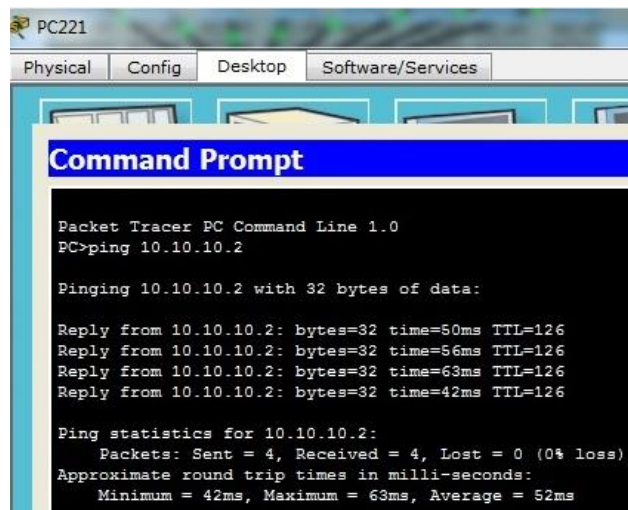
Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=80ms TTL=124
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=59ms TTL=124
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=77ms TTL=124
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=92ms TTL=124

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 59ms, Maximum = 92ms, Average = 77ms

```

Σχήμα 47: Χρόνος επικοινωνίας δευτέρου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά RIPv2



```

PC221
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 10.10.10.2

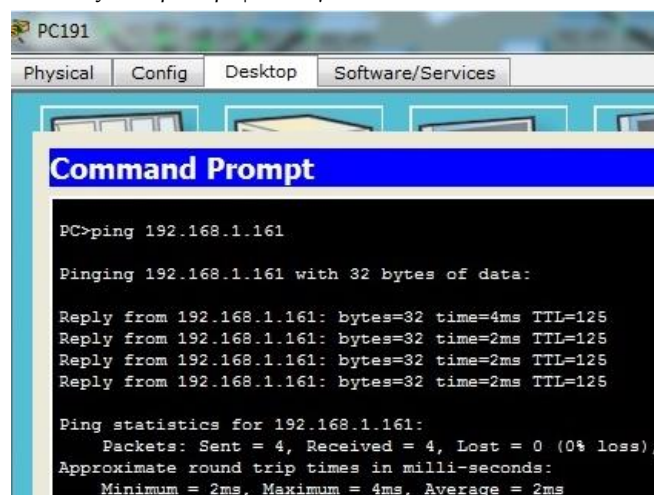
Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=50ms TTL=126
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=56ms TTL=126
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=63ms TTL=126
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=42ms TTL=126

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 42ms, Maximum = 63ms, Average = 52ms

```

Σχήμα 48: Χρόνος επικοινωνίας δευτέρου ορόφου-ισογείου κατά RIPv2



```

PC191
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

PC>ping 192.168.1.161

Pinging 192.168.1.161 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.161: bytes=32 time=4ms TTL=125
Reply from 192.168.1.161: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 192.168.1.161: bytes=32 time=2ms TTL=125
Reply from 192.168.1.161: bytes=32 time=2ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.1.161:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 4ms, Average = 2ms

```


5.5.3 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης EIGRP

Σύμφωνα με την δρομολόγηση χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο EIGRP προκύπτουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στους δρομολογητές:

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

```
GroundFloor>enable
GroundFloor#config t
GroundFloor (config) #router eigrp 1
GroundFloor (config-router) #no auto-summary
GroundFloor (config-router) #network 192.168.1.128
GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.80
GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.92
GroundFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```
FirstFloor>enable
FirstFloor#config t
FirstFloor (config) #router eigrp 1
FirstFloor (config-router) #no auto-summary
FirstFloor (config-router) #network 192.168.1.0
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.80
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.84
FirstFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```
SecondFloor>enable
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 f0/1
SecondFloor (config) #router eigrp 1
SecondFloor (config-router) #no auto-summary
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.0
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.84
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.88
SecondFloor (config-router) #redistribute static
SecondFloor (config-router) #end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```
ThirdFloor>enable
ThirdFloor#config t
ThirdFloor (config) #router eigrp 1
ThirdFloor (config-router) #no auto-summary
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.64
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.88
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.92
```

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

Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```
ISP>enable
```

```
ISP#config t
```

```
ISP (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.10.10.2
```

```
ISP (config) #end
```

Οι πίνακες δρομολόγησης των τεσσάρων δρομολογητών διαμορφώνονται ως εξής:

Σχήμα 49: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή ισογείου

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

Gateway of last resort is 192.168.2.82 to network 0.0.0.0

     192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
D       192.168.1.0 [90/20514560] via 192.168.2.82, 00:02:47, Serial2/0
C       192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet0/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
D       192.168.2.0/26 [90/21026560] via 192.168.2.82, 00:02:47, Serial2/0
        [90/21026560] via 192.168.2.94, 00:02:47, Serial3/0
D       192.168.2.64/28 [90/20514560] via 192.168.2.94, 00:02:47, Serial3/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
D       192.168.2.84/30 [90/21024000] via 192.168.2.82, 00:02:47, Serial2/0
D       192.168.2.88/30 [90/21024000] via 192.168.2.94, 00:02:47, Serial3/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
D*EX 0.0.0.0/0 [170/21049600] via 192.168.2.82, 00:02:47, Serial2/0
        [170/21049600] via 192.168.2.94, 00:02:47, Serial3/0
GroundFloor#
```

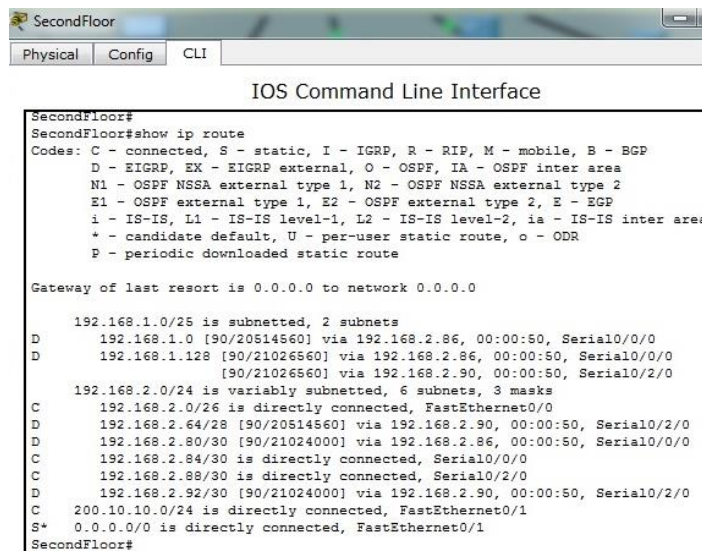
Σχήμα 50: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή πρώτου ορόφου

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

Gateway of last resort is 192.168.2.85 to network 0.0.0.0

     192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
C       192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
D       192.168.1.128 [90/20514560] via 192.168.2.81, 00:04:08, Serial2/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
D       192.168.2.0/26 [90/20514560] via 192.168.2.85, 00:12:46, Serial3/0
D       192.168.2.64/28 [90/21026560] via 192.168.2.85, 00:11:21, Serial3/0
        [90/21026560] via 192.168.2.81, 00:04:08, Serial2/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial3/0
D       192.168.2.88/30 [90/21024000] via 192.168.2.85, 00:12:46, Serial3/0
D       192.168.2.92/30 [90/21024000] via 192.168.2.81, 00:04:08, Serial2/0
D*EX 0.0.0.0/0 [170/20537600] via 192.168.2.85, 00:12:31, Serial3/0
FirstFloor#
```

Σχήμα 51: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή δεύτερου ορόφου



```

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

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

     192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
       D   192.168.1.0 [90/20514560] via 192.168.2.86, 00:00:50, Serial0/0/0
       D   192.168.1.128 [90/21026560] via 192.168.2.86, 00:00:50, Serial0/0/0
           [90/21026560] via 192.168.2.90, 00:00:50, Serial0/2/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
       C   192.168.2.0/26 is directly connected, FastEthernet0/0
       D   192.168.2.64/28 [90/20514560] via 192.168.2.90, 00:00:50, Serial0/2/0
       D   192.168.2.80/30 [90/21024000] via 192.168.2.86, 00:00:50, Serial0/0/0
       C   192.168.2.84/30 is directly connected, Serial0/0/0
       C   192.168.2.88/30 is directly connected, Serial0/2/0
       D   192.168.2.92/30 [90/21024000] via 192.168.2.90, 00:00:50, Serial0/2/0
       C   200.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
       S*  0.0.0.0/0 is directly connected, FastEthernet0/1
SecondFloor#

```

Σχήμα 52: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης EIGRP δρομολογητή τρίτου ορόφου

```

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

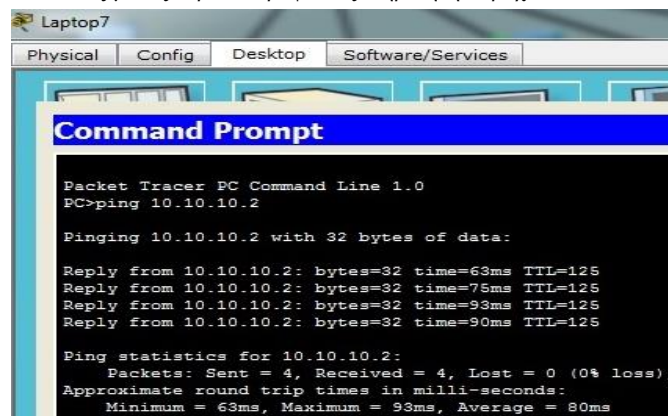
Gateway of last resort is 192.168.2.89 to network 0.0.0.0

     192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
       D   192.168.1.0 [90/21026560] via 192.168.2.89, 00:13:26, Serial2/0
           [90/21026560] via 192.168.2.93, 00:06:14, Serial3/0
       D   192.168.1.128 [90/20514560] via 192.168.2.93, 00:06:14, Serial3/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
       D   192.168.2.0/26 [90/20514560] via 192.168.2.89, 00:13:26, Serial2/0
       C   192.168.2.64/28 is directly connected, FastEthernet0/0
       D   192.168.2.80/30 [90/21024000] via 192.168.2.93, 00:06:14, Serial3/0
       D   192.168.2.84/30 [90/21024000] via 192.168.2.89, 00:13:26, Serial2/0
       C   192.168.2.88/30 is directly connected, Serial2/0
       C   192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
       D*EX 0.0.0.0/0 [170/20537600] via 192.168.2.89, 00:13:26, Serial2/0
ThirdFloor#

```

Οι χρόνοι επικοινωνίας ενδεικτικών διαφορετικών περιοχών περιλαμβάνουν τα ακόλουθα στοιχεία:

Σχήμα 53: Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ τρίτου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά EIGRP



```

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 10.10.10.2

Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=63ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=75ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=93ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=90ms TTL=125

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 63ms, Maximum = 93ms, Average = 80ms

```

Σχήμα 54: Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ δευτέρου ορόφου-ισογείου κατά EIGRP

```

PC219
Physical Config Desktop Software/Services

Command Prompt

Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 192.168.1.173

Pinging 192.168.1.173 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.1.173: bytes=32 time=4ms TTL=125
Reply from 192.168.1.173: bytes=32 time=3ms TTL=125
Reply from 192.168.1.173: bytes=32 time=33ms TTL=125
Reply from 192.168.1.173: bytes=32 time=3ms TTL=125

Ping statistics for 192.168.1.173:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 3ms, Maximum = 33ms, Average = 10ms

```

5.5.4 Σενάριο Δυναμικής Δρομολόγησης OSPF

Σύμφωνα με την δρομολόγηση χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο OSPF προκύπτουν οι ακόλουθες ρυθμίσεις στους δρομολογητές:

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

```

GroundFloor>enable
GroundFloor#config t
GroundFloor (config) #router ospf 1
GroundFloor (config-router) #network 192.168.1.128 0.0.0.127 area 0
GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.80 0.0.0.3 area 0
GroundFloor (config-router) #network 192.168.2.92 0.0.0.3 area 0
GroundFloor (config-router) #end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```

FirstFloor>enable
FirstFloor#config t
FirstFloor (config) #router ospf 1
FirstFloor (config-router) #network 192.168.1.0 0.0.0.127 area 0
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.80 0.0.0.3 area 0
FirstFloor (config-router) #network 192.168.2.84 0.0.0.3 area 0
FirstFloor (config-router) #end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```

SecondFloor>enable
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 f0/1
SecondFloor (config) #router ospf 1

```

```

SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.0 0.0.0.63 area 0
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.84 0.0.0.3 area 0
SecondFloor (config-router) #network 192.168.2.88 0.0.0.3 area 0
SecondFloor (config-router) #default-information originate
SecondFloor (config-router) #end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```

ThirdFloor>enable
ThirdFloor#config t
ThirdFloor (config) #router ospf 1
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.64 0.0.0.15 area 0
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.88 0.0.0.3 area 0
ThirdFloor (config-router) #network 192.168.2.92 0.0.0.3 area 0
ThirdFloor (config-router) #end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```

ISP>enable
ISP#config t
ISP (config) #ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 200.10.10.2
ISP (config) #end

```

Οι πίνακες δρομολόγησης των τεσσάρων δρομολογητών διαμορφώνονται ως εξής:

Σχήμα 55: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή ισογείου

```

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

Gateway of last resort is 192.168.2.82 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
O       192.168.1.0 [110/65] via 192.168.2.82, 00:08:52, Serial2/0
C       192.168.1.128 is directly connected, FastEthernet0/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
O       192.168.2.0/26 [110/129] via 192.168.2.82, 00:03:14, Serial2/0
        [110/129] via 192.168.2.94, 00:03:14, Serial3/0
O       192.168.2.64/28 [110/65] via 192.168.2.94, 00:03:14, Serial3/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
O       192.168.2.84/30 [110/128] via 192.168.2.82, 00:08:11, Serial2/0
C       192.168.2.88/30 [110/128] via 192.168.2.94, 00:03:14, Serial3/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.2.82, 00:03:14, Serial2/0
        [110/1] via 192.168.2.94, 00:03:14, Serial3/0
GroundFloor#

```

Σχήμα 56: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή πρώτου ορόφου

```

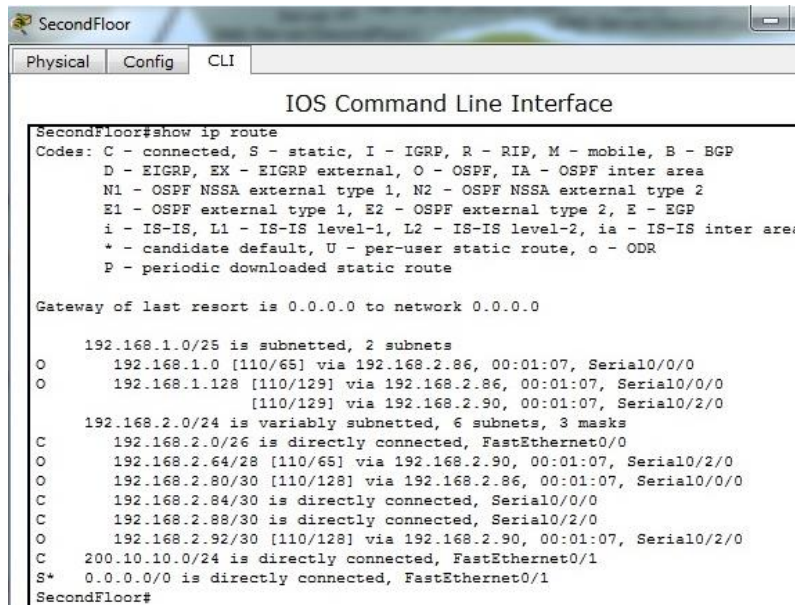
FirstFloor#show ip route
Codes: C - connected, S - static, I - IGRP, R - RIP, M - mobile, B - BGP
D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2, E - EGP
i - IS-IS, L1 -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

Gateway of last resort is 192.168.2.85 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
C       192.168.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
O       192.168.1.128 [110/65] via 192.168.2.81, 00:09:57, Serial2/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
O       192.168.2.0/26 [110/65] via 192.168.2.85, 00:07:38, Serial3/0
O       192.168.2.64/28 [110/129] via 192.168.2.81, 00:04:19, Serial2/0
        [110/129] via 192.168.2.85, 00:04:19, Serial3/0
C       192.168.2.80/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial3/0
O       192.168.2.88/30 [110/128] via 192.168.2.85, 00:07:14, Serial3/0
O       192.168.2.92/30 [110/128] via 192.168.2.81, 00:09:57, Serial2/0
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.2.85, 00:06:40, Serial3/0
FirstFloor#

```

Σχήμα 57: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή δευτέρου ορόφου



```

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

Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

    192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
O       192.168.1.0 [110/65] via 192.168.2.86, 00:01:07, Serial0/0/0
O       192.168.1.128 [110/129] via 192.168.2.86, 00:01:07, Serial0/0/0
        [110/129] via 192.168.2.90, 00:01:07, Serial0/2/0
    192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
C       192.168.2.0/26 is directly connected, FastEthernet0/0
O       192.168.2.64/28 [110/65] via 192.168.2.90, 00:01:07, Serial0/2/0
O       192.168.2.80/30 [110/128] via 192.168.2.86, 00:01:07, Serial0/0/0
C       192.168.2.84/30 is directly connected, Serial0/0/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial0/2/0
O       192.168.2.92/30 [110/128] via 192.168.2.90, 00:01:07, Serial0/2/0
C       200.10.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/1
S*    0.0.0.0/0 is directly connected, FastEthernet0/1
SecondFloor#

```

Σχήμα 58: Πίνακας δυναμικής δρομολόγησης OSPF δρομολογητή τρίτου ορόφου

```

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

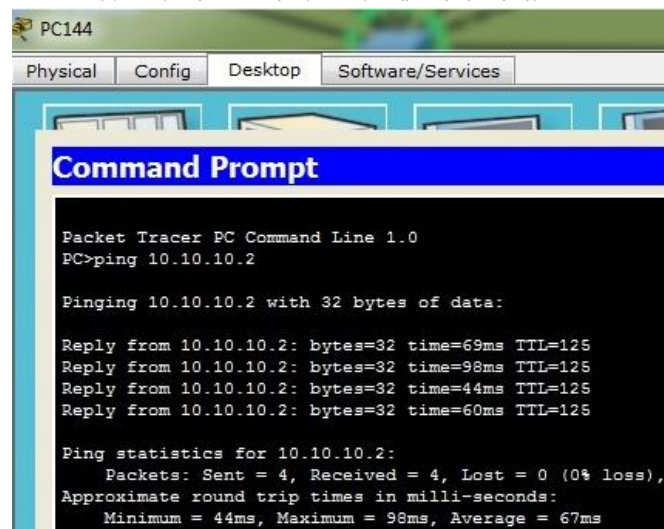
Gateway of last resort is 192.168.2.89 to network 0.0.0.0

     192.168.1.0/25 is subnetted, 2 subnets
O       192.168.1.0 [110/129] via 192.168.2.89, 00:06:40, Serial2/0
         [110/129] via 192.168.2.93, 00:06:40, Serial3/0
O       192.168.1.128 [110/65] via 192.168.2.93, 00:06:40, Serial3/0
     192.168.2.0/24 is variably subnetted, 6 subnets, 3 masks
O       192.168.2.0/26 [110/65] via 192.168.2.89, 00:06:40, Serial2/0
C       192.168.2.64/28 is directly connected, FastEthernet0/0
O       192.168.2.80/30 [110/128] via 192.168.2.93, 00:06:40, Serial3/0
O       192.168.2.84/30 [110/128] via 192.168.2.89, 00:06:40, Serial2/0
C       192.168.2.88/30 is directly connected, Serial2/0
C       192.168.2.92/30 is directly connected, Serial3/0
O*E2 0.0.0.0/0 [110/1] via 192.168.2.89, 00:06:40, Serial2/0
ThirdFloor#

```

Σύμφωνα με τη δρομολόγηση κατά OSPF προκύπτουν τα ακόλουθα αποτελέσματα για την επικοινωνία:

Σχήμα 59: Χρόνος επικοινωνίας μεταξύ πρώτου ορόφου-εξυπηρετητή παρόχου κατά OSPF



```

PC144
Physical Config Desktop Software/Services
Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>ping 10.10.10.2

Pinging 10.10.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=69ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=98ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=44ms TTL=125
Reply from 10.10.10.2: bytes=32 time=60ms TTL=125

Ping statistics for 10.10.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 44ms, Maximum = 98ms, Average = 67ms

```

Σχήμα 60: Χρόνος διαδρομής πακέτου από ισόγειο σε εξυπηρετητή παρόχου κατά OSPF



```

PC77
Physical Config Desktop Software/Services
Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
PC>tracert 10.10.10.2

Tracing route to 10.10.10.2 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.1.129
  1  1 ms    3 ms    1 ms    192.168.2.82
  2  0 ms    0 ms    1 ms    192.168.2.89
  3  2 ms    0 ms    23 ms   200.10.10.1
  4  18 ms   20 ms   9 ms    10.10.10.2
  5  15 ms

Trace complete.

```

5.6 Υπηρεσία Ανταλλαγής E-Mail

Στο δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου παρέχεται η δυνατότητα ανταλλαγής μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου μεταξύ της διεύθυνσης και του διαχειριστή δικτύου καθώς και μεταξύ των τριών χρηστών της διεύθυνσης. Στο γραφείο της διεύθυνσης και μητρώου δημιουργήθηκαν λογαριασμοί χρηστών για τους τρεις υπολογιστές με τα ακόλουθα στοιχεία.

- user1@gmail.com με κωδικό u4%srE_x και όνομα χρήστη user1.
- user2@gmail.com με κωδικό m?Cp#8mA και όνομα χρήστη user2.
- user3@gmail.com με κωδικό N6*g_Ite και όνομα χρήστη user3.

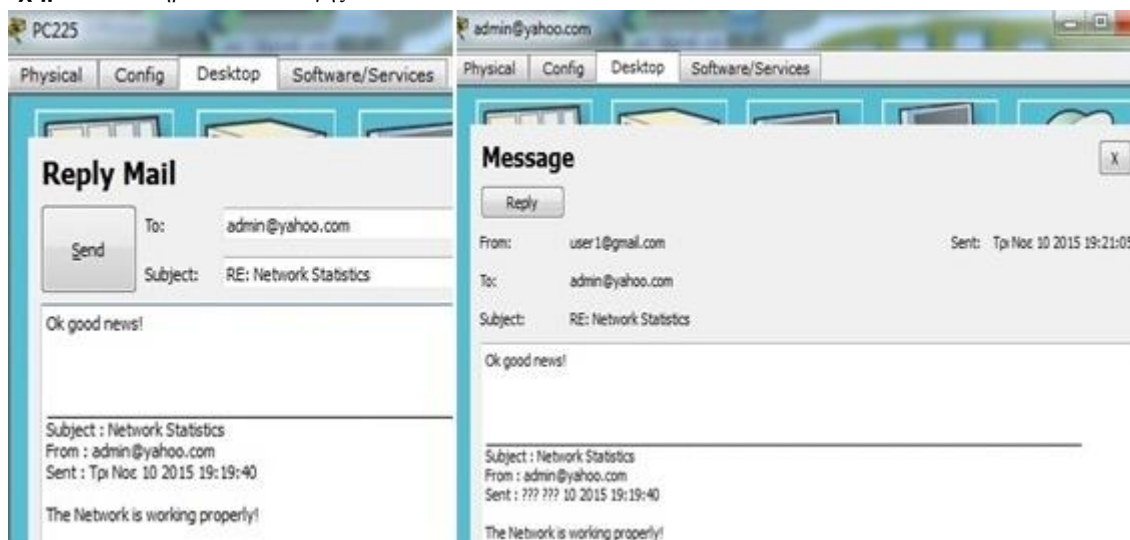
Στο υποδίκτυο του δευτέρου ορόφου όπου ανήκει η διεύθυνση και το μητρώο δημιουργήθηκαν στον εξυπηρετητή DNS οι διευθύνσεις www.gmail.com και www.yahoo.com, ενώ στον εξυπηρετητή Mail εκχωρήθηκαν οι τρεις χρήστες gmail με τους κωδικούς τους. Στο υποδίκτυο του πρώτου ορόφου όπου ανήκει ο διαχειριστής δικτύου δημιουργήθηκε ένας λογαριασμός χρήστη με τα εξής στοιχεία:

- admin@yahoo.com με κωδικό a_?d8imN και όνομα χρήστη admin.

Στον εξυπηρετητή DNS αυτής της περιοχής εκχωρήθηκαν οι διευθύνσεις www.gmail.com και www.yahoo.com, ενώ στον εξυπηρετητή Mail ο χρήστης admin με τον κωδικό του.

Στα πλαίσια της διατριβής χρησιμοποιήθηκαν τυπικά παραδείγματα e-mail, ενώ για την εφαρμογή της συγκεκριμένης υλοποίησης στο εργαστηριακό κέντρο εφαρμόζονται e-mail σχολικού δικτύου (sch).

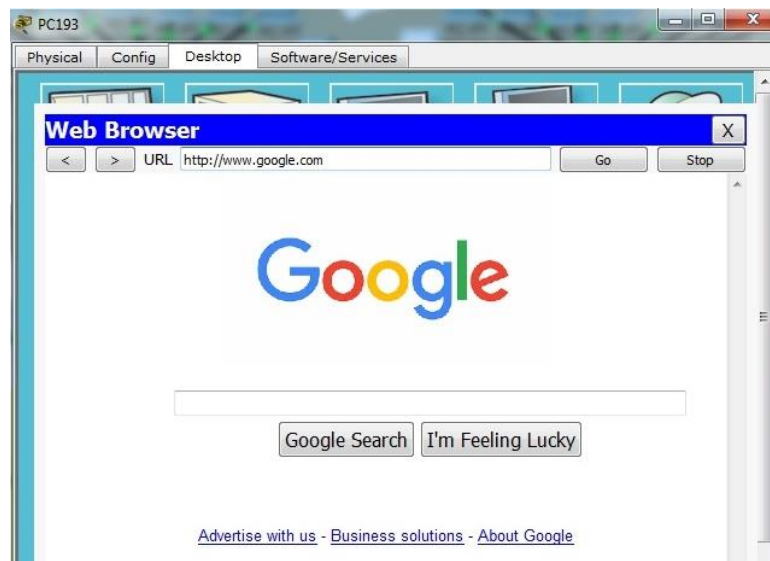
Σχήμα 61: Υπηρεσία ανταλλαγής e-mail



5.7 Υπηρεσία Πρόσβασης Web

Οι χρήστες του εργαστηριακού κέντρου έχουν την δυνατότητα πρόσβασης στον Παγκόσμιο Ιστό για οποιαδήποτε πληροφορία, μέσω του εξυπηρετητή Web του υποδικτύου που ανήκουν. Με αυτόν τον τρόπο αποκτούν πρόσβαση σε μία πληθώρα πληροφοριών με κύριο στόχο την έρευνα, την υποστήριξη και την εξέλιξη της ειδικότητας που επιλέγουν.

Σχήμα 62: Υπηρεσία πρόσβασης web



5.8 Υπηρεσία Επεξεργασίας Αρχείων μέσω Cloud

Οι χρήστες του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου μπορούν να επεξεργάζονται τα αρχεία που δημιουργούν στους υπολογιστές τους, μέσω του νέφους από έναν πάροχο υπηρεσιών. Ο πάροχος διαθέτει έναν εξυπηρετητή FTP που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και την επεξεργασία αυτών των αρχείων. Οι χρήστες με βάση τα δικαιώματα επεξεργασίας που έχουν μπορούν να χωριστούν ως εξής:

- Γραφείο διεύθυνσης-μητρώου και διαχειριστής διαθέτουν κωδικό d^ct_8AxmN και όνομα χρήστη Central έχοντας δικαιώματα: Write-Read-Delete-Rename-List.
- Μαθητές και μαθήτριες διαθέτουν κωδικό sC6%D#b_Rv και όνομα χρήστη Students έχοντας δικαιώματα: Write-Read-List.

Με αυτόν τον τρόπο η διεύθυνση και ο διαχειριστής αποκτούν πλήρη δικαιώματα επεξεργασίας των αρχείων, ενώ οι μαθητές και οι μαθήτριες μπορούν να ανεβάζουν, να κατεβάζουν και να βλέπουν τα αρχεία που υπάρχουν στον εξυπηρετητή. Η διαδικασία αρχίζει πληκτρολογώντας στην γραμμή εντολών κάθε pc την εντολή ftp 10.10.10.2. Η προϋπόθεση για την επιτυχή είσοδο στον απομακρυσμένο εξυπηρετητή του παρόχου είναι η εισαγωγή του σωστού ονόματος χρήστη και του σωστού κωδικού πρόσβασης. Η διεύθυνση και ο διαχειριστής μπορούν να εκτελέσουν όλες τις διαθέσιμες εντολές στον εξυπηρετητή. Στην περίπτωση των μαθητών είναι δυνατή η εκτέλεση των ακόλουθων εντολών:

- dir: Εμφάνιση λίστας διαθέσιμων αρχείων στον εξυπηρετητή.
- put: Χρησιμοποιείται για το ανέβασμα ενός αρχείου στον εξυπηρετητή.
- get: Εφαρμόζεται στο κατέβασμα αρχείων από τον εξυπηρετητή του παρόχου.
- quit: Τερματίζεται η είσοδος στον εξυπηρετητή.

Σχήμα 63: Υπηρεσία επεξεργασίας αρχείων μέσω cloud

```

PC>ftp 10.10.10.2
Trying to connect...10.10.10.2
Connected to 10.10.10.2
220- Welcome to FT Ftp server
Username:Students
331- Username ok, need password
Password:
230- Logged in
(passive mode On)
ftp>put Exercisel.txt

Writing file Exercisel.txt to 10.10.10.2:
File transfer in progress...

[Transfer complete - 6 bytes]

6 bytes copied in 0.064 secs (93 bytes/sec)
ftp>dir

Listing /ftp directory from 10.10.10.2:
0 : Exercisel.txt 6
1 : asa842-k8.bin 5571584
2 : c1841-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin 33591768
3 : c1841-ipbase-mz.123-14.T7.bin 13832032
4 : c1841-ipbasek9-mz.124-12.bin 16599160
5 : c2600-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin 33591768
6 : c2600-i-mz.122-28.bin 5571584
7 : c2600-ipbasek9-mz.124-8.bin 13169700
8 : c2800nm-advipservicesk9-mz.124-15.T1.bin 50938004
9 : c2800nm-advipservicesk9-mz.151-4.M4.bin 33591768
10 : c2800nm-ipbase-mz.123-14.T7.bin 5571584
11 : c2800nm-ipbasek9-mz.124-8.bin 15522644
12 : c2950-i6q412-mz.121-22.EA4.bin 3058048
13 : c2950-i6q412-mz.121-22.EA8.bin 3117390
14 : c2960-lanbase-mz.122-25.FX.bin 4414921
15 : c2960-lanbase-mz.122-25.SEE1.bin 4670455
16 : c2960-lanbasek9-mz.150-2.SE4.bin 4670455
17 : c3560-advipservicesk9-mz.122-37.SE1.bin 8662192
18 : pt1000-i-mz.122-28.bin 5571584
19 : pt3000-i6q412-mz.121-22.EA4.bin 3117390
ftp>

```

5.9 Εφαρμογή Ασφάλειας

Η παρούσα ενότητα ασχολείται με την προστασία του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου εφαρμόζοντας κατάλληλες πολιτικές ασφαλείας. Η γενική πολιτική ασφαλείας είναι η ακόλουθη:

1. Εφαρμογή κωδικών πρόσβασης στους δρομολογητές.
2. Ο διαχειριστής του δικτύου έχει πρόσβαση μέσω ssh σε όλους τους δρομολογητές του δικτύου.
3. Δεν επιτρέπεται η πρόσβαση ssh σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση ή από εξωτερικούς χρήστες.
4. Εφαρμογή ασφαλείας στα πρωτόκολλα δυναμικής δρομολόγησης RIPv2, EIGRP, OSPF.
5. Δημιουργία σύνδεσης VPN για την επεξεργασία των αρχείων μέσω Cloud.

Επιπρόσθετα, κάθε εξυπηρετητής ανάλογα με το όνομά του παρέχει μόνο την αντίστοιχη υπηρεσία ενώ οι υπόλοιπες απενεργοποιούνται.

5.9.1 Προστασία Δρομολογητών

Η προστασία των δρομολογητών περιλαμβάνει εφαρμογή κωδικών για το enable και εφαρμογή username με τον αντίστοιχο κωδικό, χρησιμοποιώντας κρυπτογράφηση MD5. Επιπρόσθετα ασφαλιζεται το AUX port κάθε δρομολογητή διότι δεν χρησιμοποιείται και απενεργοποιούνται οι υπηρεσίες που δεν εφαρμόζονται.

Ρυθμίσεις δρομολογητή GroundFloor:

```
GroundFloor>enable
```

```

GroundFloor#config t
GroundFloor (config) #enable secret G%r2#fLo&r
GroundFloor (config) #username Ground secret D1#2Grou%n
GroundFloor (config) # ip domain-name ground.com
GroundFloor (config) #line aux 0
GroundFloor (config-line) #no password
GroundFloor (config-line) #login
GroundFloor (config-line) #exit
GroundFloor (config) #crypto key generate rsa και επιλέγουμε 1024
GroundFloor (config-line) #line vty 0 5
GroundFloor (config-line) #no transport input
GroundFloor (config-line) #transport input ssh
GroundFloor (config-line) #login local
GroundFloor (config-line) #exit
GroundFloor (config) #no service dhcp
GroundFloor (config) #no cdp run
GroundFloor(config)#end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή FirstFloor:

```

FirstFloor>enable
FirstFloor#config t
FirstFloor (config) #enable secret F%r2&fLo#r
FirstFloor (config) #username First secret Fir%2st#cA
FirstFloor (config) # ip domain-name first.com
FirstFloor (config) #line aux 0
FirstFloor (config-line) #no password
FirstFloor (config-line) #login
FirstFloor (config-line) #exit
FirstFloor (config) #crypto key generate rsa και επιλέγουμε 1024
FirstFloor (config-line) #line vty 0 5
FirstFloor (config-line) #no transport input
FirstFloor (config-line) #transport input ssh
FirstFloor (config-line) #login local
FirstFloor (config-line) #exit
FirstFloor (config) #no service dhcp
FirstFloor (config) #no cdp run
FirstFloor(config)#end

```

Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```

SecondFloor>enable
SecondFloor#
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #enable secret S%n8&DL0#e

```

```
SecondFloor (config) #username Second secret Snd#7ec%ow
SecondFloor (config) # ip domain-name second.com
SecondFloor (config) #line aux 0
SecondFloor (config-line) #no password
SecondFloor (config-line) #login
SecondFloor (config-line) #exit
SecondFloor (config) #crypto key generate rsa και επιλέγουμε 1024
SecondFloor (config-line) #line vty 0 4
SecondFloor (config-line) #no transport input
SecondFloor (config-line) #transport input ssh
SecondFloor (config-line) #login local
SecondFloor (config-line) #exit
SecondFloor (config) #no service dhcp
SecondFloor (config) #no cdp run
SecondFloor(config)#end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητή ThirdFloor:

```
ThirdFloor>enable
ThirdFloor#config t
ThirdFloor (config) #enable secret Th#iR2Dn%a
ThirdFloor (config) #username Third secret T#hRi8%dNf
ThirdFloor (config-line) #ip domain-name third.com
ThirdFloor (config) #line aux 0
ThirdFloor (config-line) #no password
ThirdFloor (config-line) #login
ThirdFloor (config-line) #exit
ThirdFloor (config) #crypto key generate rsa και επιλέγουμε 1024
ThirdFloor (config-line) #line vty 0 5
ThirdFloor (config-line) #no transport input
ThirdFloor (config-line) #transport input ssh
ThirdFloor (config-line) # login local
ThirdFloor (config-line) # exit
ThirdFloor (config) #no service dhcp
ThirdFloor (config) #no cdp run
ThirdFloor(config)#end
```

5.9.2 Εφαρμογή Πολιτικών Πρόσβασης

Η πολιτική πρόσβασης για το δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου περιλαμβάνει την πρόσβαση μέσω ssh μόνο από τον διαχειριστή του δικτύου σε οποιονδήποτε δρομολογητή εντός του εργαστηριακού κέντρου. Με τον τρόπο αυτόν κανένας άλλος εσωτερικός ή εξωτερικός χρήστης δεν έχει πρόσβαση στους δρομολογητές.

Ρυθμίσεις των δρομολογητών (Ground-First-Second-Third):

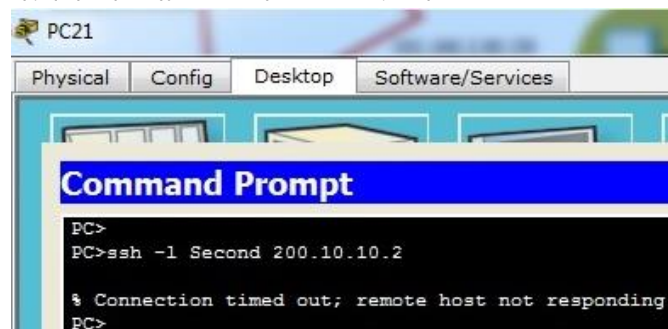
```
(Δρομολογητής)>enable
```

```
(Δρομολογητής)#config t
(Δρομολογητής) (config)#access-list 101 permit tcp host 192.168.1.6 any eq 22
(Δρομολογητής) (config)#access-list 101 deny tcp any any eq 22
(Δρομολογητής) (config)#access-list 101 permit ip any any
(Δρομολογητής) (config)#interface fa0/0
(Δρομολογητής) (config-if)#ip access-group 101 in
(Δρομολογητής) (config-if)#end
```

Επιπλέον ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #access-list 2 permit host 192.168.1.6
SecondFloor (config) #line vty 0 4
SecondFloor (config-line) #transport input ssh
SecondFloor (config-line) #access-class 2 in
SecondFloor (config-line)#exit
```

Σχήμα 64: Επαλήθευση μη πρόσβασης οποιουδήποτε υπολογιστή



Σχήμα 65: Επαλήθευση πρόσβασης από διαχειριστή δικτύου



5.9.3 Προστασία Πρωτοκόλλων Δυναμικής Δρομολόγησης

Ασφαλίζοντας τα πρωτόκολλα δρομολόγησης εξασφαλίζεται η ανταλλαγή ενημερώσεων μόνο μεταξύ δρομολογητών με ίδιους κωδικούς md5. Επιπλέον, μέσω κατάλληλων εντολών δεν στέλνονται ενημερώσεις σε διεπαφές που δεν υπάρχουν δρομολογητές (passive-interface).

Ρυθμίσεις δρομολογητών (Ground-First-Second-Third) με EIGRP:

```
(Δρομολογητής)>enable
(Δρομολογητής)#config t
(Δρομολογητής) (config)#key chain EIGRP-KEY
(Δρομολογητής) (config-keychain)#key 1
(Δρομολογητής) (config-keychain-key)#key-string U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-keychain-key)#exit
(Δρομολογητής) (config-keychain)#exit
(Δρομολογητής) (config)#int s2/0
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 EIGRP-KEY
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(Δρομολογητής) (config)#int s3/0
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 EIGRP-KEY
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(SecondFloor) (config)#int s0/2/0
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 EIGRP-KEY
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(SecondFloor) (config)#int s0/0/0
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication mode eigrp 1 md5
(Δρομολογητής) (config-if)#ip authentication key-chain eigrp 1 EIGRP-KEY
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(Δρομολογητής) (config)#router eigrp 1
(Δρομολογητής) (config-router)#passive-interface fa0/0
(Δρομολογητής) (config-router)#end
```

Ρυθμίσεις δρομολογητών (Ground-First-Second-Third) με OSPF:

```
(Δρομολογητής)>enable
(Δρομολογητής)#config t
(Δρομολογητής) (config)#int s2/0
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf message-digest-key 1 md5 U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf authentication message-digest
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(Δρομολογητής) (config)#int s3/0
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf message-digest-key 1 md5 U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf authentication message-digest
```

```

(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(SecondFloor) (config)#int s0/2/0
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf message-digest-key 1 md5 U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf authentication message-digest
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(SecondFloor) (config)#int s0/0/0
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf message-digest-key 1 md5 U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-if)# ip ospf authentication message-digest
(Δρομολογητής) (config-if)#exit
(Δρομολογητής) (config)#router ospf 1
(Δρομολογητής) (config-router)#area 0 authentication message-digest
(Δρομολογητής) (config-router)#passive-interface fa0/0
(Δρομολογητής) (config-router)#end

```

Για το πρωτόκολλο RIP δεν υποστηρίζεται πιστοποίηση από τα συγκεκριμένα router και περιλαμβάνεται μόνο σε όλους τους δρομολογητές η εντολή:

```

(Δρομολογητής) (config)#router rip
(Δρομολογητής) (config-router)#version 2
(Δρομολογητής) (config-router)#passive-interface fa0/0
(Δρομολογητής) (config-router)#end

```

Σε περίπτωση υποστήριξης πιστοποίησης οι εντολές είναι παρόμοιες με το EIGRP:

```

(Δρομολογητής)>enable
(Δρομολογητής)#config t
(Δρομολογητής) (config)#key chain RIP-KEY
(Δρομολογητής) (config-keychain)#key 1
(Δρομολογητής) (config-keychain-key)#key-string U%p4d!tade
(Δρομολογητής) (config-keychain-key) #exit
(Δρομολογητής) (config-keychain) #exit
(Δρομολογητής) (config)#int (Διεπαφή)
(Δρομολογητής) (config-if)#ip rip authentication mode md5
(Δρομολογητής) (config-if)#ip rip authentication key-chain RIP-KEY
(Δρομολογητής) (config-if)#end

```

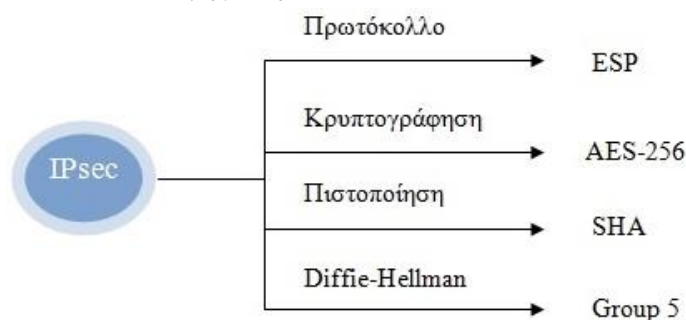
5.9.4 Δημιουργία VPN & IPsec

Η τεχνολογία του εικονικού ιδιωτικού δικτύου (Virtual Private Network) χρησιμοποιείται για την μεταφορά πληροφοριών μέσω ιδιωτικών δικτύων πάνω στο Διαδίκτυο εξασφαλίζοντας ασφάλεια και εμπιστευτικότητα. Για την επίτευξη των στοιχείων αυτών εφαρμόζεται κρυπτογράφηση στην κίνηση που μεταφέρεται μέσω εικονικών συνδέσεων στο Διαδίκτυο. Χρησιμοποιώντας στο δίκτυο του εργαστηριακού κέντρου την τεχνολογία VPN πετυχαίνουμε την επιθυμητή ασφάλεια που πραγματοποιείται μέσω προχωρημένων πρωτοκόλλων κρυπτογράφησης, εξοικονόμηση κόστους μειώνοντας το κόστος της σύνδεσης και επεκτασιμότητα με εισαγωγή νέων χρηστών. Η σύνδεση του εργαστηριακού κέντρου με έναν πάροχο εφαρμόστηκε υλοποιώντας το VPN Site-to-site που χρησιμοποιείται για την σύνδεση δύο φυσικών περιοχών [6]. Η κρυπτογράφηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του αλγορίθμου AES (Advanced Encryption Standard) για περισσότερη ασφάλεια εφαρμόζοντας ένα κλειδί 256 bit.

Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν μία συνάρτηση hash SHA-1 για ένα μυστικό κλειδί 160 bit που συνδυάζεται με το κείμενο προς αποστολή και ο μηχανισμός Diffie-Hellman ομάδας 5 για την εγκαθίδρυση ενός κοινού μυστικού κλειδιού μεταξύ δύο μερών διαθέτοντας ένα κλειδί 1536 bit.

Το πρωτόκολλο IPsec αποτελεί μία σουίτα πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται για την προστασία των επικοινωνιών παρέχοντας κρυπτογράφηση, ακεραιότητα και πιστοποίηση. Μεταξύ των δύο κύριων επικεφαλίδων που ορίζονται από αυτό (AH και ESP) εφαρμόστηκε η επικεφαλίδα του φορτίου ασφάλειας ενθυλάκωσης (ESP - Encapsulating Security Payload) παρέχοντας πιστοποίηση, ακεραιότητα και κρυπτογράφηση. Στην ακόλουθη εικόνα συνοψίζονται τα χαρακτηριστικά που υλοποιήθηκαν για την ασφαλή σύνδεση στο Διαδίκτυο.

Σχήμα 66: Χαρακτηριστικά IPsec που εφαρμόστηκαν



Ρυθμίσεις δρομολογητή SecondFloor:

```

SecondFloor>enable
SecondFloor#config t
SecondFloor (config) #crypto isakmp enable
SecondFloor (config) #crypto isakmp policy 10
SecondFloor (config-isakmp) #authentication pre-share
SecondFloor (config-isakmp) #encryption aes 256
SecondFloor (config-isakmp) #hash sha
SecondFloor (config-isakmp) #group 5
SecondFloor (config-isakmp) #lifetime 3600
SecondFloor (config-isakmp) #crypto isakmp key traffic123 address 200.10.10.1
SecondFloor (config) #crypto ipsec transform-set 50 esp-aes 256 esp-sha-hmac
SecondFloor (config) #crypto ipsec security-association lifetime seconds 1800
SecondFloor (config) #access-list 102 permit ip any any
SecondFloor (config) #crypto map CMAP 10 ipsec-isakmp
SecondFloor (config-crypto-map) #match address 102
SecondFloor (config-crypto-map) #set peer 200.10.10.1
SecondFloor (config-crypto-map) #set pfs group5
SecondFloor (config-crypto-map) #set transform-set 50
SecondFloor (config-crypto-map) #set security-association lifetime seconds 900
SecondFloor (config-crypto-map) #exit
SecondFloor (config) #interface fa0/1
SecondFloor (config-if) #crypto map CMAP
SecondFloor(config-if) #end

```


Ρυθμίσεις δρομολογητή ISP:

```
ISP>enable
ISP #config t
ISP (config) #crypto isakmp enable
ISP (config) #crypto isakmp policy 10
ISP (config-isakmp) #authentication pre-share
ISP (config-isakmp) #encryption aes 256
ISP (config-isakmp) #hash sha
ISP (config-isakmp) #group 5
ISP (config-isakmp) #lifetime 3600
ISP (config-isakmp) #crypto isakmp key traffic123 address 200.10.10.2
ISP (config) #crypto ipsec transform-set 50 esp-aes 256 esp-sha-hmac
ISP (config) #crypto ipsec security-association lifetime seconds 1800
ISP (config) #access-list 102 permit ip any any
ISP (config) #crypto map CMAP 10 ipsec-isakmp
ISP (config-crypto-map) #match address 102
ISP (config-crypto-map) #set peer 200.10.10.2
ISP (config-crypto-map) #set pfs group5
ISP (config-crypto-map) #set transform-set 50
ISP (config-crypto-map) #set security-association lifetime seconds 900
ISP (config-crypto-map) #exit
ISP (config) #interface fa0/1
ISP (config-if) #crypto map CMAP
ISP (config-if) #end
```

Οι ρυθμίσεις αυτές ισχύουν για οποιοδήποτε είδος δρομολόγησης και περιγράφονται ως εξής [13]:

1. Ενεργοποίηση ipsec στους δρομολογητές.
2. Δημιουργία πολιτικής με αριθμό 10 για τον ορισμό αλγορίθμων κρυπτογράφησης, πιστοποίησης καθώς και της συνάρτησης hash.
3. Εφαρμογή ανταλλαγής κοινού κλειδιού.
4. Εφαρμογή αλγορίθμου AES με 256 bit κλειδί.
5. Εφαρμογή SHA για την συνάρτηση hash με 160 bit κλειδί.
6. Ορισμός Diffie-Hellman ομάδας 5.
7. Ισχύς πολιτικής για 3600 δευτερόλεπτα ή 1 ώρα.
8. Χρησιμοποίηση κλειδιού traffic123 για πιστοποίηση με την άλλη πλευρά.
9. Δημιουργία διαπραγμάτευσης σύνδεσης με πρωτόκολλο ESP και συνάρτηση hash SHA.
10. Ισχύς διαδικασίας για 1800 δευτερόλεπτα ή 30 λεπτά.
11. Ορισμός κίνησης προς κρυπτογράφηση.
12. Δημιουργία ενός crypto χάρτη με όνομα CMAP για συσχέτιση επικοινωνίας της λίστας με την άλλη πλευρά.
13. Ορισμός κίνησης προς κρυπτογράφηση από τη λίστα που δημιουργήθηκε.
14. Ορισμός της άλλης πλευράς.
15. Εφαρμογή ομάδας 5 diffie-hellman.
16. Ισχύς διαδικασίας για 900 δευτερόλεπτα.
17. Ορισμός crypto χάρτη στην κατάλληλη διεπαφή.

Στις ακόλουθες εικόνες επαληθεύεται η κρυπτογράφηση της επικοινωνίας στο Διαδίκτυο εκτελώντας πρώτα κάποια μορφή κίνησης, όπου την πρώτη φορά είναι αποτυχημένη.

Σχήμα 67: Επαλήθευση κρυπτογράφησης στο δρομολογητή του κέντρου


```

SecondFloor
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

SecondFloor#show crypto isakmp sa
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst          src          state          conn-id slot status
200.10.10.1  200.10.10.2  QM_IDLE       1010    0  ACTIVE

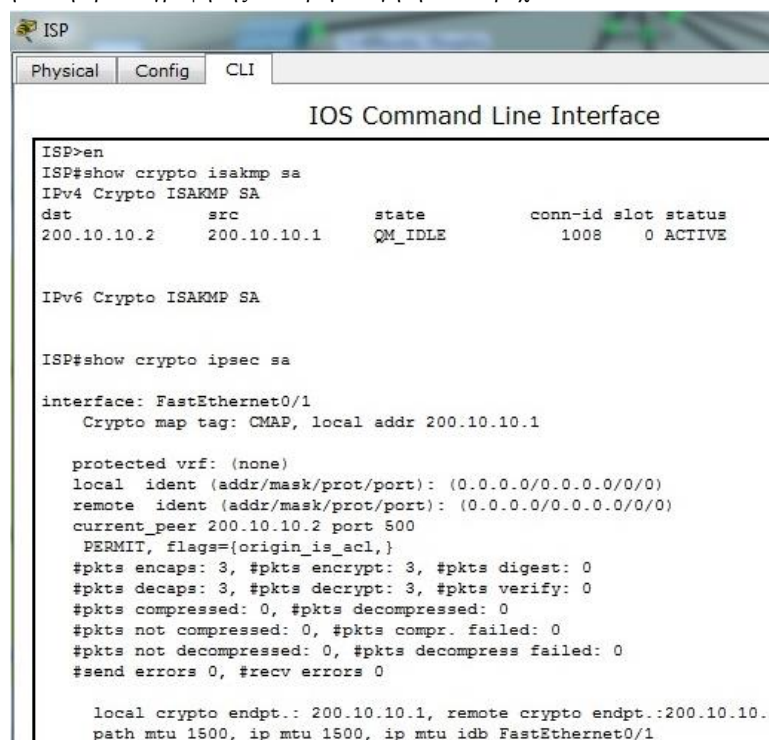
IPv6 Crypto ISAKMP SA

SecondFloor#show crypto ipsec sa

interface: FastEthernet0/1
Crypto map tag: CMAP, local addr 200.10.10.2

protected vrf: (none)
local ident (addr/mask/prot/port): (0.0.0.0/0.0.0.0/0/0)
remote ident (addr/mask/prot/port): (0.0.0.0/0.0.0.0/0/0)
current_peer 200.10.10.1 port 500
PERMIT, flags={origin_is_acl,}
#pkts encaps: 3, #pkts encrypt: 3, #pkts digest: 0
#pkts decaps: 3, #pkts decrypt: 3, #pkts verify: 0
#pkts compressed: 0, #pkts decompressed: 0
#pkts not compressed: 0, #pkts compr. failed: 0
#pkts not decompressed: 0, #pkts decompress failed: 0

```

Σχήμα 68: Επαλήθευση κρυπτογράφησης στο δρομολογητή του παρόχου


```

ISP
Physical Config CLI
IOS Command Line Interface

ISP>en
ISP#show crypto isakmp sa
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst          src          state          conn-id slot status
200.10.10.2  200.10.10.1  QM_IDLE       1008    0  ACTIVE

IPv6 Crypto ISAKMP SA

ISP#show crypto ipsec sa

interface: FastEthernet0/1
Crypto map tag: CMAP, local addr 200.10.10.1

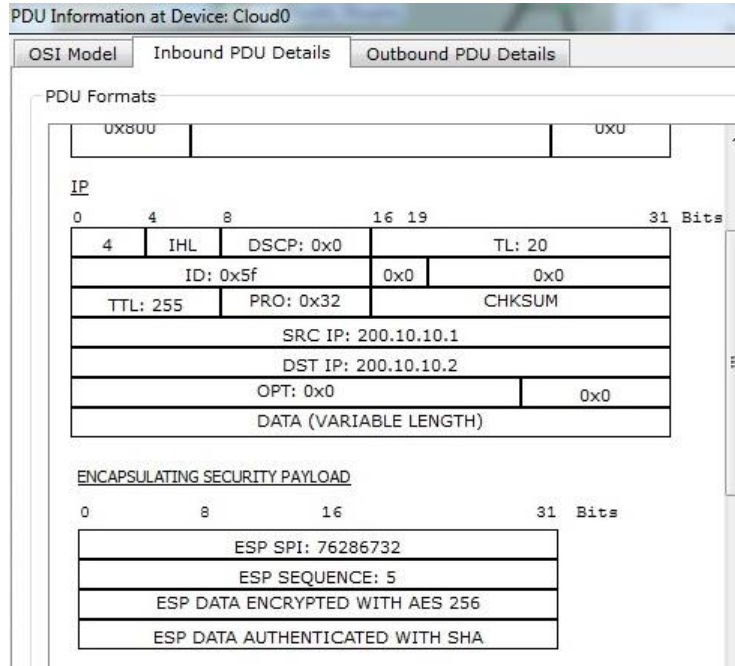
protected vrf: (none)
local ident (addr/mask/prot/port): (0.0.0.0/0.0.0.0/0/0)
remote ident (addr/mask/prot/port): (0.0.0.0/0.0.0.0/0/0)
current_peer 200.10.10.2 port 500
PERMIT, flags={origin_is_acl,}
#pkts encaps: 3, #pkts encrypt: 3, #pkts digest: 0
#pkts decaps: 3, #pkts decrypt: 3, #pkts verify: 0
#pkts compressed: 0, #pkts decompressed: 0
#pkts not compressed: 0, #pkts compr. failed: 0
#pkts not decompressed: 0, #pkts decompress failed: 0
#send errors 0, #recv errors 0

local crypto endpt.: 200.10.10.1, remote crypto endpt.:200.10.10.2
path mtu 1500, ip mtu 1500, ip mtu idb FastEthernet0/1

```

Επιπρόσθετα στην ακόλουθη εικόνα επαληθεύονται τα χαρακτηριστικά του IPsec που εφαρμόστηκαν.

Σχήμα 69: Επαλήθευση χαρακτηριστικών IPsec



Κεφάλαιο 6

Υπολογιστικό Νέφος

Το Υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) συνιστά ένα σύνολο υπηρεσιών όπως παροχή λογισμικού και αποθηκευτικού χώρου, υλικού και δικτύων που προσφέρουν οποιοδήποτε υπολογισμό ως μία υπηρεσία. Ο επίσημος ορισμός από το Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας αναφέρει: «Η υπολογιστική νέφους αποτελεί το μοντέλο που επιτρέπει την ευρέως διαδεδομένη και σε κάθε ζήτηση πρόσβαση σε ένα κοινό χώρο υπολογιστικών πόρων που μπορούν να δεσμευτούν και να απελευθερωθούν γρήγορα με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια. Αυτό το μοντέλο αποτελείται από πέντε χαρακτηριστικά, τρία μοντέλα υπηρεσίας και τέσσερα μοντέλα ανάπτυξης» [14].

6.1 Χαρακτηριστικά

Τα πέντε αναγκαία χαρακτηριστικά του υπολογιστικού νέφους είναι τα ακόλουθα:

1. Αυτό-εξυπηρέτηση με κάθε ζήτηση όπου ο πελάτης μπορεί να προμηθευτεί με επιθυμητούς υπολογιστικούς πόρους χωρίς να απαιτείται κάποια αλληλεπίδραση με τον πάροχο κάθε εταιρίας.
2. Ευρεία πρόσβαση στο δίκτυο με διαθέσιμες και προσβάσιμες δυνατότητες για όλες τις πλατφόρμες των πελατών.
3. Διαθεσιμότητα πόρων που διατίθενται για την εξυπηρέτηση των πολλαπλών χρηστών και οι φυσικοί και εικονικοί πόροι ανατίθενται ανάλογα με τις απαιτήσεις των πελατών.
4. Γρήγορη ευελιξία με αυτόματη δέσμευση και αποδέσμευση των πόρων μέσω της δυναμικής επεκτασιμότητας.
5. Μετρήσιμη υπηρεσία παροχής υπολογιστικών πόρων που μπορεί να παρακολουθηθεί, να ελεγχθεί και να αναφερθεί.

6.2 Μοντέλα Υπηρεσίας

Τα τρία μοντέλα υπηρεσίας του υπολογιστικού νέφους συνοψίζονται ως εξής:

1. Λογισμικό ως Υπηρεσία (SaaS - Software as a Service): Ο πελάτης μπορεί να χρησιμοποιεί μία εφαρμογή του παρόχου που τρέχει στο νέφος.
2. Πλατφόρμα ως Υπηρεσία (PaaS - Platform as a Service): Ο πάροχος δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να δημιουργήσουν δικές τους εφαρμογές σε μία υποδομή νέφους, αξιοποιώντας γλώσσες και προγραμματιστικά εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί από τον πάροχο.
3. Υποδομή ως Υπηρεσία (IaaS - Infrastructure as a Service): Ο πελάτης μπορεί να δεσμεύσει υπολογιστική ισχύ, αποθηκευτικό χώρο και άλλους πόρους αναπτύσσοντας δικό του λογισμικό και εφαρμογές.

6.3 Μοντέλα Ανάπτυξης

Το υπολογιστικό νέφος προσφέρεται σε τέσσερα διαφορετικά μοντέλα ανάπτυξης που έχουν ως εξής:

1. Ιδιωτικό υπολογιστικό νέφος που παρέχεται για αποκλειστική χρήση από έναν οργανισμό με πολλούς πελάτες.
2. Δημόσιο υπολογιστικό νέφος όπου προορίζεται για ελεύθερη χρήση από το γενικό κοινό.
3. Νέφος Κοινότητας που διατίθενται αποκλειστικά σε μία κοινότητα πελατών με κοινά ενδιαφέροντα και πολιτικές.
4. Υβριδικό νέφος που αποτελεί έναν συνδυασμό των προηγούμενων μοντέλων ανάπτυξης.

Κεφάλαιο 7

Εργαλείο Προσομοίωσης Cisco Packet Tracer 6.2

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται συνοπτικά το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την δημιουργία του δικτύου του εργαστηριακού κέντρου.

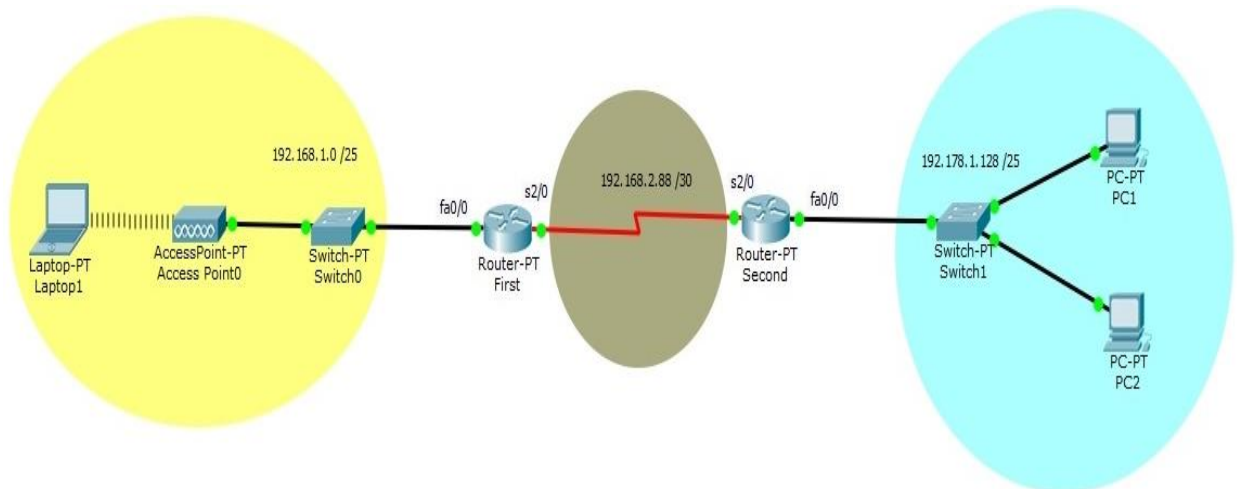
7.1 Περιγραφή

Το Cisco Packet Tracer είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης δικτύων που έχει δημιουργηθεί από την εταιρία Cisco. Το εργαλείο αυτό επιτρέπει στους χρήστες να σχεδιάζουν οποιαδήποτε τοπικά δίκτυα ή δίκτυα WAN και Cloud από το μηδέν. Η δημιουργία δικτυακών τοπολογιών, η επιλογή από μία πληθώρα συσκευών όπως υπολογιστές, laptops, tablets, δρομολογητές, μεταγωγείς, εξυπηρετητές και συνδέσεις με διαφορετικά είδη καλωδίων, δημιουργούν την αίσθηση ενός πραγματικού περιβάλλοντος δικτύωσης. Το γραφικό περιβάλλον του το καθιστά εύκολο στη χρήση ενώ η προσομοίωση γίνεται σε πραγματικές συσκευές με πραγματικές συνθήκες [15].

7.2 Παράδειγμα Λειτουργίας

Έστω θέλουμε να δημιουργήσουμε την ακόλουθη τοπολογία στο εργαλείο προσομοίωσης εφαρμόζοντας στατική δρομολόγηση μεταξύ των δρομολογητών.

Σχήμα 70: Παράδειγμα δημιουργίας τοπολογίας στο εργαλείο προσομοίωσης



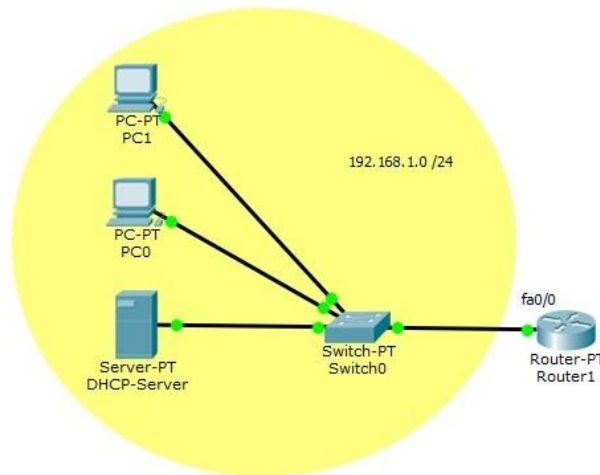
Ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Επιλέγουμε τις συσκευές και τα καλώδια σύνδεσης ώστε να δημιουργηθεί η τοπολογία του σχήματος 70.
2. Εφαρμόζουμε στην διεπαφή s2/0 του δρομολογητή First τη διεύθυνση 192.168.2.89 με μάσκα 255.255.255.252.
3. Εφαρμόζουμε στην διεπαφή fa0/0 του δρομολογητή First τη διεύθυνση 192.168.1.1 με μάσκα 255.255.255.128.
4. Εφαρμόζουμε στην διεπαφή s2/0 του δρομολογητή Second τη διεύθυνση 192.168.2.90 με μάσκα 255.255.255.252.
5. Εφαρμόζουμε στην διεπαφή fa0/0 του δρομολογητή Second τη διεύθυνση 192.168.1.129 με μάσκα 255.255.255.128.

6. Εκχωρούμε την διεύθυνση 192.168.1.130 στον υπολογιστή PC1, δίνοντας ταυτόχρονα τη μάσκα και την προεπιλεγμένη πύλη.
7. Εκχωρούμε την διεύθυνση 192.168.1.131 στον υπολογιστή PC2, δίνοντας ταυτόχρονα τη μάσκα και την προεπιλεγμένη πύλη.
8. Σβήνουμε το Laptop1 και τοποθετούμε το συστατικό WPC300N για να έχουμε ασύρματη πρόσβαση και θέτουμε πάλι σε λειτουργία το Laptop.
9. Εκχωρούμε την διεύθυνση 192.168.1.2 στο φορητό υπολογιστή Laptop1, δίνοντας ταυτόχρονα τη μάσκα και την προεπιλεγμένη πύλη.
10. Στις ρυθμίσεις wireless του φορητού υπολογιστή εισάγουμε το στοιχείο ZTE στο SSID και τον κωδικό πρόσβασης WPA2-PSK: cisco123.
11. Στο σημείο ασύρματης πρόσβασης στο port 1 εισάγουμε αντίστοιχα τα στοιχεία ZTE και cisco123 στα πεδία SSID και WPA2-PSK.
12. Στον δρομολογητή First γράφουμε ip route 192.168.1.128 255.255.255.128 192.168.2.90.
13. Στον δρομολογητή Second γράφουμε ip route 192.168.1.0 255.255.255.128 192.168.2.89.

Έστω θέλουμε να δημιουργηθεί η ακόλουθη τοπολογία όπου οι δύο υπολογιστές θα αποκτούν διεύθυνση IP μέσω του εξυπηρετητή DHCP.

Σχήμα 71: Δεύτερη εκδοχή παραδείγματος δημιουργίας τοπολογίας στο εργαλείο προσομοίωσης



Για την σχεδίαση της τοπολογίας και την εκχώρηση διεύθυνσης στον δρομολογητή ακολουθούμε τα ίδια βήματα με την προηγούμενη τοπολογία. Ο εξυπηρετητής DHCP χρησιμοποιείται για να προσφέρει διευθύνσεις στους αιτούμενους υπολογιστές. Σε αυτόν τον server εκχωρείται η διεύθυνση 192.168.1.2 με μάσκα 255.255.255.0 και η διεύθυνση 192.168.1.3 για το DNS, ενώ ταυτόχρονα εκχωρείται και η προεπιλεγμένη πύλη με την διεύθυνση της διεπαφής fa0/0 του δρομολογητή. Στους υπολογιστές εφαρμόζεται αυτόματη εκχώρηση διευθύνσεων από τον εξυπηρετητή DHCP.

Κεφάλαιο 8

Συμπεράσματα

Το παρόν κεφάλαιο αποτελεί έναν επίλογο όλων των στοιχείων που αναλύθηκαν στην παρούσα διατριβή περιλαμβάνοντας τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του δικτύου και των χαρακτηριστικών που υλοποιήθηκαν καθώς και τις μελλοντικές προοπτικές.

8.1 Συμπεράσματα & Μελλοντικές Προεκτάσεις

Με άξονα τη σημερινή σχέση με την τρέχουσα διαδικτυακή πραγματικότητα οι χώροι της εκπαίδευσης είναι υποχρεωμένοι να αντιμετωπίζουν τη ραγδαία αύξηση των κενών στα δεδομένα που προκύπτουν από την καθημερινή παραγωγή πληροφοριών σε παγκόσμιο επίπεδο [16]. Στο πλαίσιο τέτοιου είδους παρεμβάσεων υπάρχουν διεθνή παραδείγματα με ομάδες δράσης που καθοδηγούν και συμβουλεύουν τα σχολεία σχετικά με το πώς μπορούν να αξιοποιηθούν οι ψηφιακές τεχνολογίες. Οι ομάδες τέτοιου τύπου προτείνουν μια σειρά δραστηριοτήτων με στόχο την αξιοποίηση συστημάτων διαχείρισης (Management Information Systems - MIS) που απαιτείται για να επωφεληθούν τα σχολεία και οι μαθητές [17]. Για να συμβεί αυτό οι εκπαιδευτικοί οργανισμοί οφείλουν όχι μόνο να επωφεληθούν από τις ψηφιακές τεχνολογίες πληροφόρησης και επικοινωνιών στην πιο σύγχρονη μορφή τους (Cloud, υψηλές ταχύτητες, VPN), αλλά και να τις εντάξουν οργανικά στην διδακτική τους πράξη.

Ένα επόμενο βήμα συνιστά την συγκεντρωτική σχεδίαση των όμορων εργαστηριακών κέντρων σε σχέση με την πόλη ή τον νομό που ανήκουν. Η σχεδίαση αυτή μπορεί να αποτελέσει την λύση κοινών προβλημάτων και τον συντονισμό κοινών δράσεων σχετικά με την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας, έχοντας στόχο την ελαχιστοποίηση του σχεδιαστικού κόστους. Έχοντας δημιουργήσει ένα κεντρικό σχέδιο δικτύωσης με χαρακτηριστικά νέφους και ασφαλούς σύνδεσης VPN, είναι εφικτή και διαχειρίσιμη μία μελλοντική αναβάθμιση του.

Βιβλιογραφία

- [1] X. Δουληγέρης, P. Μαυροπόδη, E. Κοπανάκη, Τεχνολογίες Διαδικτύου - Αρχές Λειτουργίας & Προγραμματισμός Εφαρμογών στο Διαδίκτυο, Εκδόσεις Νηρηίδες, 2004, σελ. 74-76.
- [2] Mark A. Dye, Rick McDonald, Antoon W. Ruffi, Network Fundamentals - CCNA Exploration Companion Guide, Εκδόσεις Cisco Systems, 2008, σελ. 44-47, 83-84, 108-112, 114-119, 124, 188-227, 355, 368-401.
- [3] James F. Kurose, Keith W. Ross, Δικτύωση Υπολογιστών - Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω, Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας, 2008, σελ. 114, 240-242, 334-337, 357-358.
- [4] Andrew S. Tanenbaum, Δίκτυα Υπολογιστών - 4^η Αμερικάνικη Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2003, σελ. 615-616, 623-624, 526-527, 749-751.
- [5] Rick Graziani, Allan Johnson, Routing Protocols and Concepts - CCNA Exploration Companion Guide, Εκδόσεις Cisco Systems, 2008, σελ. 152-153, 183-184, 500-501.
- [6] Bob Vachon, Rick Graziani, Accessing the WAN - CCNA Exploration Companion Guide, Εκδόσεις Cisco Systems, 2008, σελ. 204-228, 402-418.
- [7] Α. Πομπόρτσος, Γ. Παπαδημητρίου, Ασφάλεια Δικτύων Υπολογιστών, Εκδόσεις Τζιόλα, 2003 σελ. 162-176.
- [8] Γ. Μπάρδης, Μελέτες - Εφαρμογές & Υλοποίηση Δικτύων Η/Υ, Ανάκτηση (16/11/2015) από <http://www.dga.gr/web/publications/notes/networks.pdf>
- [9] Martin Fowler, Εισαγωγή στη UML - Τρίτη Αμερικάνικη Έκδοση - Συνοπτικός Οδηγός της Πρότυπης Γλώσσας Μοντελοποίησης Αντικειμένων, Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2006 σελ. 73, 141-147.
- [10] Wayne Lewis, LAN Switching and Wireless - CCNA Exploration Companion Guide, Εκδόσεις Cisco Systems, 2008 σελ.22-27.
- [11] Govind P. Agrawal, Συστήματα Επικοινωνιών με Οπτικές Ύφες - 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2008 σελ. 18-20.
- [12] Α. Μήλιου, Π. Νικοπολιτίδης, Α. Πομπόρτσος, Διαχείριση Δικτύων Υπολογιστών, Εκδόσεις Τζιόλα, 2007, σελ. 108-115.
- [13] CCNA Security - Chapter 8 Lab A, Configuring a Site-to-Site VPN Using Cisco IOS and SDM Instructor Version, Ανάκτηση (16/11/2015) από www.cs.rpi.edu/~kotfid/secvoice10/labs/Security_Ch8_Lab-A-Site2Site-VPN_Instructor.doc
- [14] The NIST Definition of Cloud Computing, Special Publication 800-145. Ανάκτηση (16/11/2015) από <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- [15] Cisco Packet Tracer Overview - May 2013 Ανάκτηση (16/11/2015) από <http://slideplayer.com/slide/1684424/>
- [16] Bateman, K. - Schools need to address data gap says Advanced Learning. Ανάκτηση (16/11/2015) από <http://www.computerweekly.com/news/4500250324/Schools-need-to-address-data-gap-says-Advanced-Learning>
- [17] Rouse, M. - MIS (management information systems) definition. Ανάκτηση (16/11/2015) από <http://searchdatacenter.techtarget.com/definition/MIS>