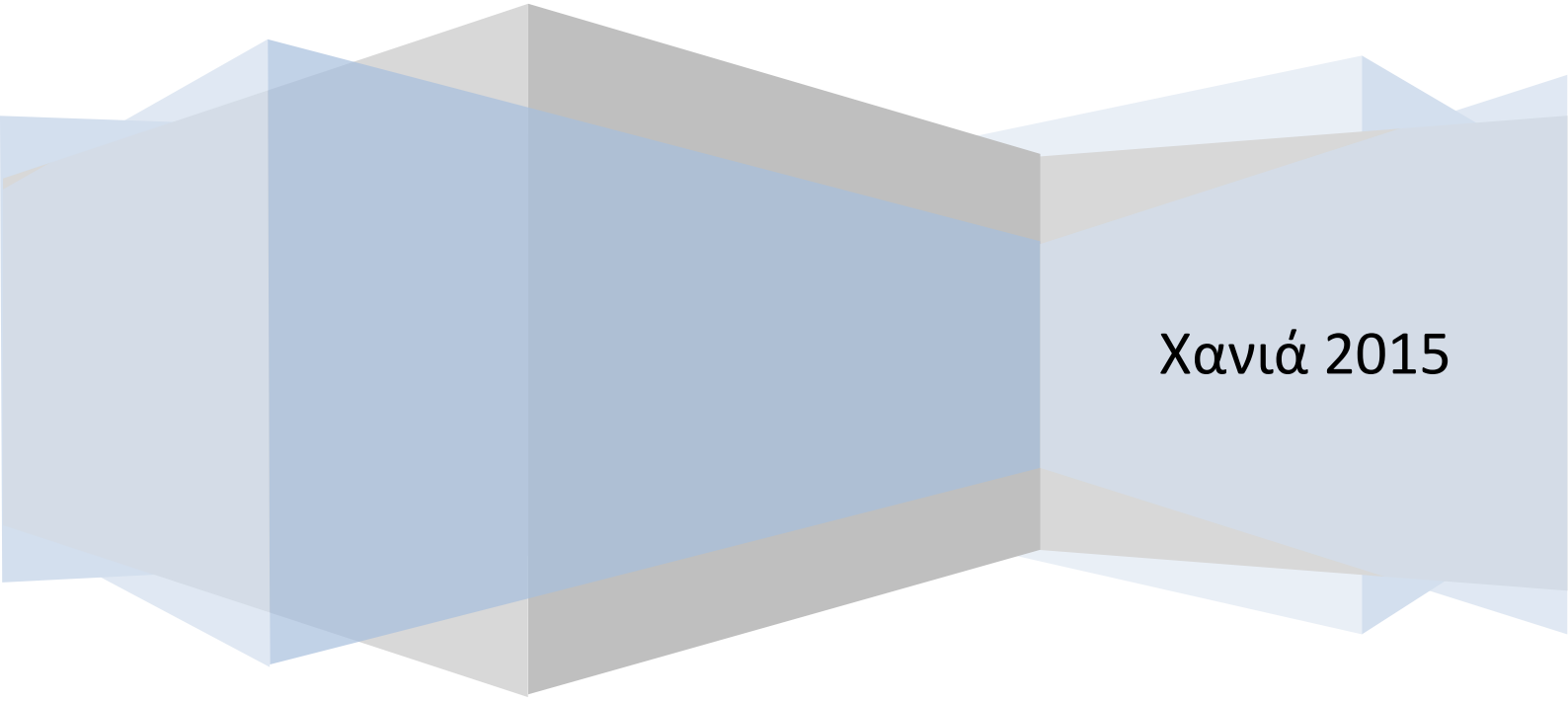
Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών
Τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε

Προσομοίωση Δικτύων Υπολογιστών με Χρήση του Εργαλείου Packet Tracer

Πτυχιακή Εργασία

Μανιαδάκης Ευστράτιος Α.Μ. 3835

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ Ιωάννης Μπαρμπουνάκης



Χανιά 2015

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία, μου έχει ανατεθεί η υλοποίηση ενός δικτύου υπολογιστών με λογισμικό προσομοίωσης δικτύων με σκοπό την ανάπτυξη και βελτιστοποίηση διαφόρων υπηρεσιών οι οποίες θα παρέχονται στους χρήστες του.

Αρχικά θα παρουσιαστεί μια απλή δικτυακή υλοποίηση, στην οποία θα διεξάγουμε ορισμένες δοκιμές ως προς την απόδοση των υπηρεσιών της. Στην συνέχεια θα παρουσιαστεί μια βελτιωμένη έκδοση της προηγούμενης δικτυακής υλοποίησης και θα επαναλάβουμε τις δοκιμές.

Σκοπός μας είναι η σύγκριση και ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων των πειραματικών δοκιμών στις δυο δικτυακές υλοποιήσεις, καθώς και η διατύπωση ορισμένων συμπερασμάτων στα οποία καταλήξαμε κατά την εκπόνηση αυτής της εργασίας.

Abstract

In this dissertation, I am assigned to construct a computer network, using computer network simulation software, and then develop and improve a number of services that will be provided to the users.

As an initial computer network topology, a simple local area network will be introduced, and we will conduct some tests, in order to test the performance of some of the services provided. Then, an improved network topology will be introduced and the same tests will be performed.

Our purpose is to compare and discuss the results of the tests among the different computer network topologies, as long as to formulate a number of conclusions reached through this dissertation.

Πίνακας Περιεχομένων

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με κίνητρο το προσωπικό μου ενδιαφέρον για την τεχνολογία και την απόκτηση τεχνογνωσίας για τα δίκτυα υπολογιστών και με αφορμή την ακαδημία Cisco που λειτουργεί στο ΤΕΙ Κρήτης υπό την ευθύνη του Δρ Ιωάννη Μπαρμπουνάκη, ο οποίος είναι και καθηγητής του προγράμματος CCNAExploration, θέλησα να πραγματοποιήσω την παρούσα πτυχιακή εργασία, με την συνεργασία και την καθοδήγηση του Δρ Ιωάννη Μπαρμπουνάκη.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μου έχει ανατεθεί να προσομοιώσω σε ένα δοκιμαστικό εικονικό περιβάλλον,το δίκτυο υπολογιστών του ΤεχνολογικούΕκπαιδευτικού Ιδρύματοςστα Χανιά, πάνω στο λογισμικό PacketTracer.

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της εργασίας είναι να δοκιμαστεί το δίκτυο υπολογιστών του ιδρύματος σε συνθήκες υψηλών απαιτήσεων. Για παράδειγμα θα εξετάσουμε το πόσο καλά μπορούν να αποδώσουν οι διάφορες υπηρεσίες που θα παρέχονται σε συνθήκες αυξημένης χρήσης των πόρων του δικτύου σε ώρες αιχμής, ούτως ώστε να μπορέσουμε να βελτιώσουμε τονρυθμό μετάδοσης (bandwidth) του δικτύου εφόσον χρειαστεί.

1.2 Περιγραφή της εργασίας

Το πρώτο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, περιέχει την εισαγωγή, στην οποία αναλύουμε το τι θα ακολουθήσει σε αυτήν.

Στο δεύτεροκεφάλαιο της εργασίαςπεριγράφεται το λογισμικό το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την διεκπεραίωσή της. Αναλύεται ο τρόπος λειτουργίας του προγράμματος, οι δυνατότητες που μπορεί να μας παρέχει καθώς και εντυπώσεις τις οποίες αποκόμισα κατά την χρήση του.

Το τρίτοκεφάλαιο της εργασίας είναι η κατά προσέγγιση κατασκευή, της λογικής απεικόνισης του δικτύου υπολογιστών του ιδρύματος, πάνω στο οποίο θα γίνουν ορισμένες πειραματικές μετρήσεις.

Το τέταρτοκεφάλαιο είναι η κατασκευήτης λογικής απεικόνισης μιας βελτιωμένης έκδοσης της αρχικής υλοποίησης, και η επανάληψη των πειραματικών μετρήσεων. Επίσης σε αυτό το κεφάλαιο εφαρμόζουμε τεχνικές ασφάλειας δικτύου, με σκοπό να αυξήσουμε την αξιοπιστία της δικτυακής μας υλοποίησης. Σχολιάζουμε διάφορες τεχνικές δικτυακής ασφαλείας οι οποίες εφαρμόζονται στους δρομολογητές και στους μεταγωγείς της υλοποίησής μας.

Οι συσκευές οι οποίες απαρτίζουν τιςδικτυακές μας υλοποιήσεις είναι προσωπικοί σταθμοί εργασίας, εξυπηρετητές, μεταγωγείς και δρομολογητές. Οι προσωπικοί σταθμοί εργασίας βρίσκονται στα διάφορα εργαστήρια των δυο κτηρίων του ιδρύματος, οι οποίοι χρησιμοποιούνται τόσο από φοιτητές, όσο και από καθηγητές.

Οι εξυπηρετητές θα χρησιμοποιηθούν για να παρέχουν διάφορες υπηρεσίες στην δικτυακή μας υλοποίηση, οι οποίες θα χρησιμοποιηθούν ούτως ώστε να γίνουν ορισμένες πειραματικές μετρήσεις ανάμεσα στις δυο δικτυακές υλοποιήσεις.

Οι υπηρεσίες οι οποίες παρέχονται στην δικτυακή μας υλοποίηση είναι οι ακόλουθες:

- **FTP**

Στην δικτυακή μας υλοποίηση θα προσθέσουμε έναν FTPεξυπηρετητή (Server), και στην συνέχεια θα πραγματοποιήσουμε διάφορα σενάρια λήψης ενός συγκεκριμένου αρχείου στις δυο δικτυακές μας υλοποιήσεις. Επίσης θα αναλύσουμε τα αρχικά στάδια επίτευξης της σύνδεσης ενός σταθμού εργασίας με τον εξυπηρετητή.

- **DHCP& Στατική Διευθυνσιοδότηση**

Χρησιμοποιούμε και τις δυο τεχνικές διευθυνσιοδότησης, θέλοντας να αναλύσουμε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της κάθε τεχνικής. Θα αναλύσουμε τον τρόπο λήψης IP διεύθυνσης από ένα σταθμό εργασίας ο οποίος κάνει χρήση της DHCPυπηρεσίας, και θα πραγματοποιήσουμε πειραματικές μετρήσεις σε ορισμένα σενάρια χρησιμοποιώντας την DHCPυπηρεσία στις δυο δικτυακές μας υλοποιήσεις.

- **E-MAIL**

Η υπηρεσία του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου θα χρησιμοποιηθεί για να μπορέσειη δικτυακή μας υλοποίηση να δοκιμαστεί σε πραγματικές συνθήκες. Θα χρησιμοποιήσουμε την υπηρεσία ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για να παράγουμε κίνηση στο δίκτυό μας, την οποία μπορούμε να συνδυάσουμε με άλλες πειραματικές μετρήσεις.

- **WEB & DNS**

Στην δικτυακή μας υλοποίηση, χρησιμοποιούμεWEBκαι DNSεξυπηρετητές. Με αυτή την κίνηση παρέχουμε στους χρήστες υπηρεσίες διαδικτύου, για παράδειγμα περιήγηση σε ιστοσελίδες. Η κίνηση δεδομένων αυτού του τύπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με προηγούμενα κεφάλαια για τις πειραματικές μετρήσεις.

Πέμπτοκεφάλαιο της εργασίας είναι η σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις πειραματικές μετρήσεις τωνπροηγούμενων σταδίων. Ερευνούμε το πως επηρεάζεται η απόδοση του δικτύου ανάλογα με το ποσοστό χρήσης των πόρων του. Βάσει των αποτελεσμάτων καταλήξαμε σε ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία σχολιάζουμε.

Τέλος, στον επίλογο αναφέρονται κάποια συμπεράσματα για την διαδικασία που ακολουθήσαμε για να κατασκευάσουμε το δίκτυο σε εικονικό περιβάλλον και γίνεται ένας σχολιασμός των γνώσεων που αποκομίσαμε κατά την διάρκεια της εργασίας.

2 CISCOPACKETTRACER[7.1]

Στην εργασία αυτή, για να πραγματοποιήσουμε την προσομοίωση του δικτύου υπολογιστών, χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα της εταιρίας CISCO, PacketTracer,έκδοση 6.0.1. Το PacketTracerείναι ένα ισχυρό πρόγραμμα εξομοίωσης δικτύων υπολογιστών, το οποίο μας επιτρέπει να παρατηρήσουμε και να πειραματιστούμε με την δικτυακή συμπεριφορά της κάθε υλοποίησης. Το PacketTracer παρέχεται από την CISCOμέσω της διαδικτυακής της πλατφόρμας www.netacad.com σε εγγεγραμμένους καθηγητές και σπουδαστές, με σκοπό την πρακτική εξάσκηση και υποστηρίζει την πλειοψηφία των πρωτοκόλλων και των τεχνολογιών που διδάσκονται στα επίπεδα CISCOCCNADiscovery, CCNAExplorationκαι CCNASecurity, καθώς επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για το επίπεδο CCNP.

2.1 Περιβάλλοντα εργασίας

Το PacketTracer παρέχει δυο περιβάλλοντα εργασίας, το λογικό και το φυσικό. Στο λογικό περιβάλλον εργασίας ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει λογικές δικτυακές τοπολογίες, τοποθετώντας και συνδέοντας εικονικές δικτυακές συσκευές. Το φυσικό περιβάλλον εργασίας παρέχει μια γραφική φυσική διάσταση του λογικού δικτύου, δίνοντας μια αίσθηση μεγέθους και τοποθέτησης ως προς το πώς δικτυακές συσκευές όπως δρομολογητές, μεταγωγείς και υπολογιστές μπορεί να φαίνονται σε πραγματικό περιβάλλον. Επίσης παρέχει την δυνατότητα γεωγραφικών αναπαραστάσεων των δικτύων, περιλαμβάνοντας πολλαπλές πόλεις, κτήρια και ντουλάπες καλωδίωσης.

2.2 Περιβάλλοντα λειτουργίας

Το PacketTracerπαρέχει δυο περιβάλλοντα λειτουργίας για να απεικονίσει την συμπεριφορά ενός δικτύου, το περιβάλλον πραγματικού χρόνου, και το περιβάλλον προσομοίωσης. Στο περιβάλλον πραγματικού χρόνου,η εκάστοτε δικτυακή υλοποίηση συμπεριφέρεται ως ένα πραγματικό δίκτυο, με άμεση πραγματικού χρόνου αντίδραση για όλες τις δικτυακές δραστηριότητες. Το περιβάλλον πραγματικού χρόνου παρέχει στον χρήστη μια βιώσιμη εναλλακτική του πραγματικού εξοπλισμού και του επιτρέπει να εξασκηθεί στην διαμόρφωση των δικτυακών συσκευών πριν εργαστεί με πραγματικό εξοπλισμό. Στο περιβάλλον της προσομοίωσης, ο χρήστης μπορεί να δει και να ελέγξει τα χρονικά περιθώρια, τις εσωτερικές λειτουργίες της μετάδοσης δεδομένων, και την διάδοση των δεδομένων δια μέσω του δικτύου.

2.3 Υποστηριζόμενα πρωτόκολλα

Το PacketTraceυποστηρίζει μια πληθώρα πρωτοκόλλων ανά επίπεδο λειτουργίας δικτύου. Αυτά συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

Επίπεδο	Υποστηριζόμενα Πρωτόκολλα
Εφαρμογής	FTP, SMTP POP3, HTTP, TFTP, Telnet, SSH, DNS, DHCP, NTP, SNMP, AAA, ISR VOIP, SCCP config and calls ISR command Support, CallManager Express
Μεταφοράς	TCP &UDP, TCP Nagle Algorithm & IP Fragmentation, RTP
Δικτύου	BGP, Ipv4, ICMP, ARP, Ipv6, ICMPv6, IPSec, RIPv1/v2, Multi-Area OSPF, EIGRP, Static Routing, Route Redistribution, Multilayer Switching, L3 QoS, NAT, CBAL, Zone-based policy Firewall and intrusion Protection System on the ISR, GRE VPN, IPSec VPN
Πρόσβασης Δικτύου / Διεπαφής	Ethernet (802.3), 802.11, HDLC, Frame Relay, PPP, PPPoE, STP, RSTP, VTP, DTP, CDP, 802.1q, PagP, L2 QoS, SLARP, Simple WEP, WPA, EAP

2.4 Διαμορφώσιμες συσκευές

Η γραφική αναπαράσταση, προσομοιώνει οπτικά συσκευές και προσφέρει την δυνατότητα να εισάγει ο χρήστης διαφόρων ειδών διεπαφές σε διαμορφώσιμους δρομολογητές και μεταγωγείς, οι οποίοι στην συνέχεια γίνονται μέρος της δικτυακής προσομοίωσης.

2.5 Υποστήριξη πολλαπλών χρηστών

Το PacketTracereίναι μια εφαρμογή που υποστηρίζει την δυνατότητα σύνδεσής του σε δίκτυο, με πολλαπλών χρηστών peer-to-peer λειτουργία, επιτρέπει την συνεργασία για την δημιουργία ενός εικονικού δικτύου, μέσω ενός πραγματικού. Τα πολλαπλών χρηστών χαρακτηριστικά του προγράμματος επιτρέπουν την συνεργασία δίνοντας στον χρήστη την επιλογή να προχωρήσει από την ατομική πρακτική εξάσκηση στην ομαδική. Τα χαρακτηριστικά αυτά επίσης επιτρέπουν στον χρήστη να αποκτήσει εμπειρίες συνεργασίας,

συναγωνισμού, καθώς και απομακρυσμένη επίβλεψη μεταξύ μαθητή και καθηγητή.

2.6 Οδηγός Δραστηριότητας

Ο οδηγός δραστηριότητας επιτρέπει στους χρήστες να συντάξουν τις δικές τους δραστηριότητες, να δημιουργήσουν σενάρια χρησιμοποιώντας κείμενα με οδηγίες, και να δημιουργήσουν αρχικές και τελικές δικτυακές τοπολογίες και καθορισμένα είδη πακέτων. Παρέχει επίσης δυνατότητες βαθμολόγησης καθώς και πληροφορίες προηγούμενων δραστηριοτήτων.

Το PacketTracerείναι ένα πρόγραμμα του οποίου ο σκοπός είναι κυρίως εκπαιδευτικός και λιγότερο ερευνητικός. Παρότι δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να εξασκήσει τις ικανότητές του στο να προγραμματίσει δικτυακές συσκευές, δεν παρέχει την επιλογή απόδοσης στατιστικών στοιχείων ως προς το ποσοστό κίνησης δεδομένων στο δίκτυο, ούτε διευκρινίζει τον τύπο δεδομένων που καταναλώνει τους περισσότερους από τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου. Δεν παρέχει απαντήσεις σε κρίσιμα ερωτήματα, όπως για παράδειγμα όταν κάποια υπηρεσία δεν αποδίδει ορθά, δεν προσδιορίζει εάν το πρόβλημα είναι της εφαρμογής, του δικτύου, ήτουεξυπηρετητή, ούτε τι αλλαγές θα πρέπει να γίνουν για να μπορέσει η εκάστοτε εφαρμογή να αποδώσει καλύτερα.

Το PacketTracerπαρέχει πληθώρα δικτυακών συσκευών της CISCO, αλλά δεν παρέχει όλα τα διαθέσιμα μοντέλα δρομολογητών και μεταγωγέων. Οι δυνατότητες προγραμματισμού των δικτυακών συσκευών σε σύγκριση με την πραγματικότητα είναι πιο περιορισμένες, καθώς το λειτουργικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο στους εικονικούς δρομολογητές και μεταγωγείς δεν υποστηρίζει όλη την γκάμα των εντολών που υπάρχει στις πραγματικές συσκευές.

Υπάρχουν πολλά προγράμματα προσομοίωσης δικτυακών εγκαταστάσεων, μερικά απ’ τα οποία είναι το COMNETIII, τοOPNET, το NetRule, και τοQualNet.

3 Αρχικό δίκτυο

Ξεκινώντας αυτή την εργασία, θεωρούμε ότι η δικτυακή μας υλοποίηση ανταποκρίνεται σε αυτήν του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος. Έτσι αρχικά παρουσιάζουμε μια κατά προσέγγιση υλοποίηση του δικτύου υπολογιστών του ιδρύματος.

3.1 Δομή του δικτύου υπολογιστών

Η δικτυακή μας υλοποίηση καλύπτει δυο κτήρια. Το κάθε κτήριο αποτελείται από δυο ορόφους, και τρεις αίθουσες σε κάθε όροφο. Στο πρώτο κτήριο υπάρχουν οι αίθουσες ένα έως έξι, το δωμάτιο διαχείρισης του δικτύου, και το δωμάτιο με τους κεντρικούς μεταγωγείς και δρομολογητές. Στο δεύτερο κτήριο υπάρχουν οι αίθουσες επτά έως δώδεκα.

Οι προσωπικοί σταθμοί εργασίας της λογικής μας υλοποίησης, παριστάνουν τους υπολογιστές οι οποίοι βρίσκονται στους εργαστηριακούς χώρους του ιδρύματος. Το δωμάτιο με τους εξυπηρετητές βρίσκεται σε ξεχωριστό σημείο της κτηριακήςυποδομής.

3.1.1 Εγκατάσταση υπολογιστών

Για λόγους ευκολίας στην κατανόηση της υλοποίησής μας, οι υπολογιστές οι οποίοι είναι τοποθετημένοι στις εργαστηριακές αίθουσες είναι τρεις στον αριθμό, με αρίθμηση PC1, PC2, ..., PCX, όπου X ο αριθμός του τελευταίου κατά σειρά υπολογιστή στην εκάστοτε αίθουσα.

Σε κάθε αίθουσα υπάρχει διαφορετικός αριθμός υπολογιστών, με σκοπό να υπάρξουν διαφορετικά υποδίκτυα στην υλοποίησή μας. Το δωμάτιο διαχείρισης του δικτύου, περιέχει ενδεικτικά δυο υπολογιστές, και το δωμάτιο με τους εξυπηρετητές περιέχει πέντε εξυπηρετητές, όσες και οι υπηρεσίες που παρέχονται στο δίκτυό μας.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με την κατανομή των υπολογιστών που υπάρχουν στις αίθουσες του κτηρίου μας.

Αριθμός Αίθουσας (Κτήριο Ένα)	*Αριθμός Υπολογιστών*
1	15
2	20
3	12
4	9
5	20
6	18
Δωμάτιο Διαχείρισης	2
Αριθμός Αίθουσας (Κτήριο Δυο)	*Αριθμός Υπολογιστών*

7	20
8	15
9	15
10	12
11	14
12	13

3.1.2 Εγκατάσταση δικτυακών συσκευών

Σε κάθε αίθουσα τοποθετείται ένας μεταγωγέας, ο οποίος ονοματοδοτείται σύμφωνα με τον αριθμό της αίθουσας στην οποία βρίσκεται. Σε μία πραγματική δικτυακή υλοποίηση, οι υπολογιστές πρέπει να συνδέονται σε ένα patchpanel και στην συνέχεια να οδηγούνται τα καλώδια μέσω ηλεκτρολογικών καναλιών στον μεταγωγέα. Αυτή η δυνατότητα δεν παρέχεται στο PacketTracer, και έτσι η σύνδεση των υπολογιστών γίνεται απευθείας στον μεταγωγέα.

Σε κάθε όροφο των κτηρίων, υπάρχει εγκατεστημένος ένας κεντρικός μεταγωγέας ορόφου, στον οποίο συνδέονται οι μεταγωγείς των αιθουσών του ορόφου και ο οποίος με την σειρά του συνδέεται με τον κεντρικό μεταγωγέα του κτηρίου.

Τέλος, το δωμάτιο στο οποίο υπάρχουν οι κεντρικοί μεταγωγείς και δρομολογητές των κτηρίων, βρίσκεται στον υπόγειο όροφο του πρώτου κτηρίου, ασφαλισμένο και με πρόσβαση μόνο σε εξουσιοδοτημένα άτομα. Αυτό γίνεται για λόγους ασφαλείας, και η ασφάλεια θα αναλυθεί στο τέταρτο κεφάλαιο.

3.1.3 Καλωδίωση

Στην αρχική δικτυακή υλοποίηση που παρουσιάζουμε, όλες οι καλωδιώσεις πραγματοποιούνται με 100BASE-TXFast-Ethernetκαλώδιο.Ανάλογα με τον τύπο των συνδεόμενων συσκευών, χρησιμοποιούμε τον κατάλληλο τύπο καλωδίου για την διασύνδεσή τους. Εάν θέλουμε να συνδέσουμε δυο όμοιες συσκευές (μεταγωγέας - μεταγωγέας), χρησιμοποιούμε καλώδιο τύπου crossover. Εάν πάλι θέλουμε να συνδέσουμε δυο διαφορετικές συσκευές (μεταγωγέας - δρομολογητής), χρησιμοποιούμε καλώδιο τύπουstraightthrough.

3.2 Διευθυνσιοδότηση[7.2]

Στην υλοποίησή μαςχρησιμοποιούμε σαν γενικό δίκτυο, το 172.21.0.0 με μάσκα δικτύου 255.255.0.0, (172.21.0.0/16). Η καθεμιά από τις αίθουσες των κτηρίων, ανήκει σε διαφορετικό υποδίκτυο. Για το παράδειγμά μας και για λόγους ευκολότερης εξοικείωσης με την δικτυακή υλοποίηση, το υποδίκτυο ορίζεται ανάλογα με την αίθουσα όπου ανήκει.Έτσι για παράδειγμα, στην αίθουσα ένα που βρίσκεται στο κτήριοένα, έχει οριστεί το υποδίκτυο 172.21.1.0.

Για λόγους εξοικονόμησης και σωστότερης κατανομής[7.3]των IP διευθύνσεων στις αίθουσες, ορίζεται και η μάσκα υποδικτύου ανάλογα με τον αριθμό των υπολογιστών που υπάρχουν σε κάθε αίθουσα. Για να συνεχίσουμε το προηγούμενο παράδειγμα, στην αίθουσα «ένα» υπάρχουν τοποθετημένοι 15 υπολογιστές. Για αυτό το λόγο επιλέγουμε να θέσουμε την 255.255.255.224 (/27)ως μάσκα υποδικτύου. Επιλέγοντας αυτή τη μάσκα παρέχουμε στο υποδίκτυο 29 διαθέσιμες IP διευθύνσεις (32 – 1 (*networkaddress*) – 1 (*broadcastaddress*) = 30 διαθέσιμες διευθύνσεις).Έτσι, το υποδίκτυοτης αίθουσας«ένα»μπορεί να παρέχει IPδιευθύνσεις και σε νέους υπολογιστές σε περίπτωση που εγκατασταθούν στην αίθουσα.

Παρακάτω ακολουθεί πίνακας με την διευθυνσιοδότηση της δικτυακής μας υλοποίησης.

Αριθμός Αίθουσας	*Υποδίκτυο*	*Μάσκα Υποδικτύου*
1	172.21.1.0	255.255.255.224
2	172.21.2.0	255.255.255.224
3	172.21.3.0	255.255.255.240
4	172.21.4.0	255.255.255.240
5	172.21.5.0	255.255.255.224
6	172.21.6.0	255.255.255.224
7	172.21.7.0	255.255.255.224
8	172.21.8.0	255.255.255.224
9	172.21.9.0	255.255.255.224
10	172.21.10.0	255.255.255.240

11	172.21.11.0	255.255.255.224
12	172.21.12.0	255.255.255.240
Management Room	172.21.15.0	255.255.255.0
Server Room	172.21.0.0	255.255.255.248

Πίνακας 1. Υποδίκτυα αιθουσών

Ως gatewayδιεύθυνση για τα υποδίκτυά μας, ορίζεται η προηγούμενηαπό την broadcastδιεύθυνση του υποδικτύου.

Αριθμός Αίθουσας	*Υποδίκτυο*	*Gateway Διεύθυνση*
1	172.21.1.0/27	172.21.1.30
2	172.21.2.0/27	172.21.2.30
3	172.21.3.0/28	172.21.3.14
4	172.21.4.0/28	172.21.4.14
5	172.21.5.0/27	172.21.5.30
6	172.21.6.0/27	172.21.6.30
7	172.21.7.0/27	172.21.7.30
8	172.21.8.0/27	172.21.8.30
9	172.21.9.0/27	172.21.9.30
10	172.21.10.0/28	172.21.10.14
11	172.21.11.0/27	172.21.11.30
12	172.21.12.0/28	172.21.12.14
Management Room	172.21.15.0/24	172.21.15.200
Server Room	172.21.0.0/29	172.21.0.6

Πίνακας 2. Gateway διευθύνσεις υποδικτύων

Για την διευθυνσιοδότηση των υπολογιστών των δυο κτηρίων, χρησιμοποιούμεστατική διευθυνσιοδότηση, αλλά και διευθυνσιοδότηση μέσω ενός DHCPεξυπηρετητή, θέλοντας να αναδείξουμε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κάθε μεθόδου.

3.2.1 Στατική διευθυνσιοδότηση

Για τις αίθουσες τέσσερα, πέντε και έξι του κτηρίου ένα, και δέκα, ένδεκα, δώδεκα του κτηρίου δυο, χρησιμοποιούμε στατικό τρόπο διευθυνσιοδότησης. Οι στατικέςIP διευθύνσεις χρησιμοποιούνται για να αναγνωρίζονται ημι-μόνιμες συσκευές με σταθερές διευθύνεις IP.Ο διαχειριστής του δικτύου γνωρίζει την IP διεύθυνση του κάθε υπολογιστή ανά αίθουσα, μιας και η στατική IP διεύθυνση διαμορφώνεται άμεσα για κάθε υπολογιστή ξεχωριστά. Κάτι τέτοιο όμως δημιουργεί αρκετά προβλήματα:

- Χρειάζεται πάρα πολλή εργασία από τον διαχειριστή του δικτύου η οποία είναι χρονοβόρα και επιρρεπής σε λάθη.
- Το να διατηρούνται οι παράμετροι ενημερωμένες απαιτεί συνεχή δουλειά η οποία αυξάνεται γεωμετρικά με τις αλλαγές που συμβαίνουν στο δίκτυο, ειδικά αν υπάρχουν υπολογιστές που αλλάζουν συνεχώς θέση (π.χ. φορητοί Η/Υ).
- Η αλλαγή μίας παραμέτρου κοινής για τους υπολογιστές σε ένα υποδίκτυο (*subnet*), (π.χ. τοπική διεύθυνση ενός δρομολογητή) απαιτεί αλλαγές σε κάθε υπολογιστή.
- Μερικά μηχανήματα μπορεί να λειτουργούν ως τερματικά. Κάτι τέτοιο σημαίνει ότι δεν έχουν αποθηκευτικό χώρο για να κρατήσουν τις ρυθμίσεις.
- Σε περιπτώσεις έλλειψης διευθύνσεων ή ενός δικτύου που αλλάζει συνέχεια είναι σπατάλη χρόνου να δίνουμε σε έναν μη σταθερό υπολογιστή μόνιμη διεύθυνση. Μία καλύτερη προσέγγιση θα ήταν να χρησιμοποιούνται ομάδες διευθύνσεων από ομάδες υπολογιστών. Η «χειροκίνητη» ρύθμιση τέτοιου είδους δεν παρέχει εύκολο τρόπο για να γίνει αυτό.

Η στατική διευθυνσιοδότηση είναι υποχρεωτική για εξυπηρετητές, όπου η αλλαγή IP διεύθυνσης είναι βέβαιο ότι θα οδηγήσει σε μη λειτουργικότητα της υπηρεσίας.

3.2.2 DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)[7.4]

Για τις αίθουσες ένα, δυο και τρία του κτηρίου ένα, και επτά, οκτώ, εννέα του κτηρίου δυο, χρησιμοποιούμε διευθυνσιοδότηση μέσω ενός DHCPεξυπηρετητή. Αυτές οι αίθουσες θεωρούμε ότι αποτελούνται από ελάχιστους μόνιμους εγκατεστημένους υπολογιστές, και εξυπηρετούν κυρίως μη μόνιμους υπολογιστές. Χρησιμοποιώντας την DHCPυπηρεσία, προσδίδουμε

στην υλοποίησή μας ευελιξία ως προς την ευκολία διάθεσης IP διευθύνσεων σε μόνιμους ή μη υπολογιστές.

Το DHCP παρέχει παραμέτρους ρυθμίσεων για ένα μοντέλο δικτύου πελάτη-εξυπηρετητή. Οι DHCPεξυπηρετητές δεσμεύουν τις διευθύνσεις του δικτύου και στέλνουν τις πληροφορίες για αυτές στους υπολογιστές (πελάτες). Το DHCP αποτελείται από δύο τμήματα. Το πρώτο είναι το πρωτόκολλο που στέλνει παραμέτρους ρυθμίσεων από τον εξυπηρετητή στον υπολογιστή και το δεύτερο είναι ο μηχανισμός για να αντιστοιχίζει τις διευθύνσεις στους υπολογιστές.

Το DHCP υποστηρίζει 3 μηχανισμούς για να αντιστοιχίζει διευθύνσεις. Αυτοί είναι:

- **Αυτόματη αντιστοίχιση** με αντιστοίχιση μόνιμης διεύθυνσης, όπου ο εξυπηρετητής διαθέτει σε έναν υπολογιστή μια μόνιμη IPδιεύθυνση, μέχρι την στιγμή που αποδεσμεύεται και την διαθέτει στον επόμενο υπολογιστή που ζητάει να κάνει χρήση της υπηρεσίας.
- **Δυναμική αντιστοίχιση** με διεύθυνση με ημερομηνία λήξης, όπου ο διαχειριστής ορίζει μια IP διεύθυνση σε κάποιον υπολογιστή για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα.
- **Χειροκίνητη αντιστοίχιση** όπου ο διαχειριστής μπορεί να δεσμεύσει μια IPδιεύθυνση σε μια φυσική διεύθυνση (MACaddress) ενός υπολογιστή. Έτσι ένας υπολογιστής που έχει πρόσβαση σε κάποια υπηρεσία ή εξυπηρετητή, μπορεί να έχει την συγκεκριμένη IP διεύθυνση με την οποία απέκτησε πρόσβαση, έστω κι αν κάνει χρήση της DHCPυπηρεσίας.

Ο πελάτης (υπολογιστής) και ο εξυπηρετητής (Server) εμπλέκονται σε μία ανταλλαγή μηνυμάτων ώστε να πάρει ο πελάτης τις ζητούμενες ρυθμίσεις. Αυτές ακολουθούν τα εξής βήματα:

- Ο πελάτης μεταδίδει ένα ***DHCPDISCOVER*** μήνυμα.
- Ο εξυπηρετητής απαντά με ένα ***DHCPOFFER***μήνυμα.
- Ο πελάτης λαμβάνει το ***DHCPOFFER*** και αναμεταδίδει ένα ***DHCPREQUEST*** για να ζητήσει ρυθμίσεις.
- Αν κάποιοι εξυπηρετητές δεν προτιμήθηκαν από τον πελάτη (σε δίκτυα με άνω του ενός εξυπηρετητή) κατανοούν την ***DHCPREQUEST*** ως απόρριψή τους. Ο εξυπηρετητής που επελέγη

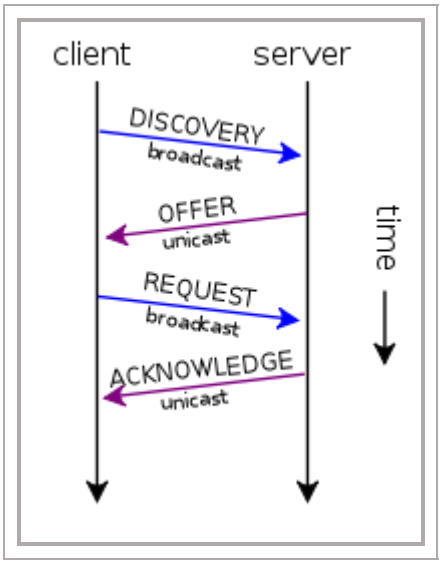
με την ***DHCPREQUEST*** απαντά με το μήνυμα***DHCPACK*** που περιέχει τις παραμέτρους για τον πελάτη.

- Ο πελάτης λαμβάνει την ***DHCPACK*** και ρυθμίζεται βάση αυτών. Αν λάβει την εντολή ***DHCPNAK*** (απόρριψη), ξαναρχίζει τη διαδικασία.
- Ο πελάτης μπορεί να ελευθερώσει τη διεύθυνσή του με το μήνυμα ***DHCPRELEASE*** στον εξυπηρετητή.
- Ο εξυπηρετητής λαμβάνει την ***DHCPRELEASE*** και σημειώνει το δανεισμό διεύθυνσης ως λήξαν.

Υπάρχει περίπτωση ο πελάτης να επαναχρησιμοποιήσει μία διεύθυνση που είχε. Έτσι απλά παρακάμπτει μερικά από τα παραπάνω βήματα.

Έτσι, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο DHCP, ο διαχειριστής γνωρίζει σε ποιο υποδίκτυο ανήκει η κάθε αίθουσα, αλλά δεν γνωρίζει ποια IPδιεύθυνση έχει δοθεί σε κάθε υπολογιστή, εκτός κι αν εκτελέσει την εντολή *"nslookupIP-Address"*. Ενώ το DHCPδιευκολύνει την διευθυνσιοδότηση, δεν διαθέτει κανένα μηχανισμό ασφαλείας.Η αυτόματη ανάκτηση διεύθυνσης και διακομιστών DNS μπορεί να δημιουργήσει τα εξής προβλήματα:

- Κάποιος κακόβουλος να παρεμβάλει ένα DHCP εξυπηρετητή ο οποίος:
    - θα δίνει κακόβουλες διευθύνσεις διακομιστών DNS με αποτέλεσμα όσοι τον χρησιμοποιούν να είναι ευάλωτοι σε επιθέσεις τύπου *Man-in-the-middle*.
    - θα δίνει ψεύτικες διευθύνσεις με αποτέλεσμα να μην μπορούν οι υπολογιστές-πελάτες να συνδεθούν στο δίκτυο (*επίθεση άρνησης εξυπηρέτησης - Denial of Serviceattack*)
- Μπορεί κάποιος να ζητάει συνεχώς διευθύνσεις από τον DHCP εξυπηρετητή (είτε κακόβουλα είτε λόγω αστοχίας υλικού ή λογισμικού) με αποτέλεσμα να τελειώσουν όλες οι διευθύνσεις που μπορεί να παρέχει ο DHCP εξυπηρετητής (επίθεση άρνησης εξυπηρέτησης - *Denial of Serviceattack*).



Εικόνα 1. Λειτουργεία DHCPπρωτοκόλλου

3.3 Ορισμός εικονικών δικτύων[7.5]

Τα εικονικά δίκτυα(Vlan) είναι μια απαραίτητη προϋπόθεση στις υλοποιήσεις δικτύων υπολογιστών. Το IEEE 802.1Q είναι το δικτυακό στάνταρτ που υποστηρίζει τα εικονικά δίκτυα. Το 802.1Q ορίζει ένα σύστημα εισαγωγής ετικετών στα Ethernet πλαίσια, το οποίοαποτυπώνει σε πιο εικονικό δίκτυο ανήκει το εκάστοτε πλαίσιο, με σκοπό να μπορούν να γνωρίζουν οι μεταγωγείς και δρομολογητές την προέλευση των πλαισίων.

Εικονικά δίκτυα ορίζονται για σκοπούς ασφαλείας και εξοικονόμησης διεπαφών στους δρομολογητές, μιας και η gatewayδιεύθυνση του υποδικτύου μπορεί να οριστεί σε μια εικονική διεπαφή σε ένα δρομολογητή, κάνοντας χρήση του πρωτοκόλλου 802.1Q. Το εικονικό δίκτυο ένα (Vlan 1), είναι προεγκατεστημένο σε όλους τους μεταγωγείς, και δεν μπορεί να διαγραφεί.

Έτσι, στην υλοποίησή μας ορίζουμε εικονικά δίκτυα για όλα τα διαθέσιμα υποδίκτυα. Ακολουθώντας την ίδια μέθοδο με αυτή της κατανομής των υποδικτύων στις αίθουσες, ορίζουμε και τα εικονικά δίκτυα. Για παράδειγμα, η αίθουσα ένα ανήκει στο εικονικό δίκτυο 10.

Αριθμός Αίθουσας	*Υποδίκτυο*	*Εικονικό Δίκτυο*
1	172.21.1.0/27	10
2	172.21.2.0/27	20
3	172.21.3.0/28	30
4	172.21.4.0/28	40
5	172.21.5.0/27	50
6	172.21.6.0/27	60
7	172.21.7.0/27	70
8	172.21.8.0/27	80
9	172.21.9.0/27	90
10	172.21.10.0/28	100
11	172.21.11.0/27	110
12	172.21.12.0/28	120
Management Room	172.21.15.0/24	150
Server Room	172.21.0.0/29	200

Πίνακας 3. Εικονικά δίκτυα αιθουσών

3.4 Παρεχόμενες Υπηρεσίες

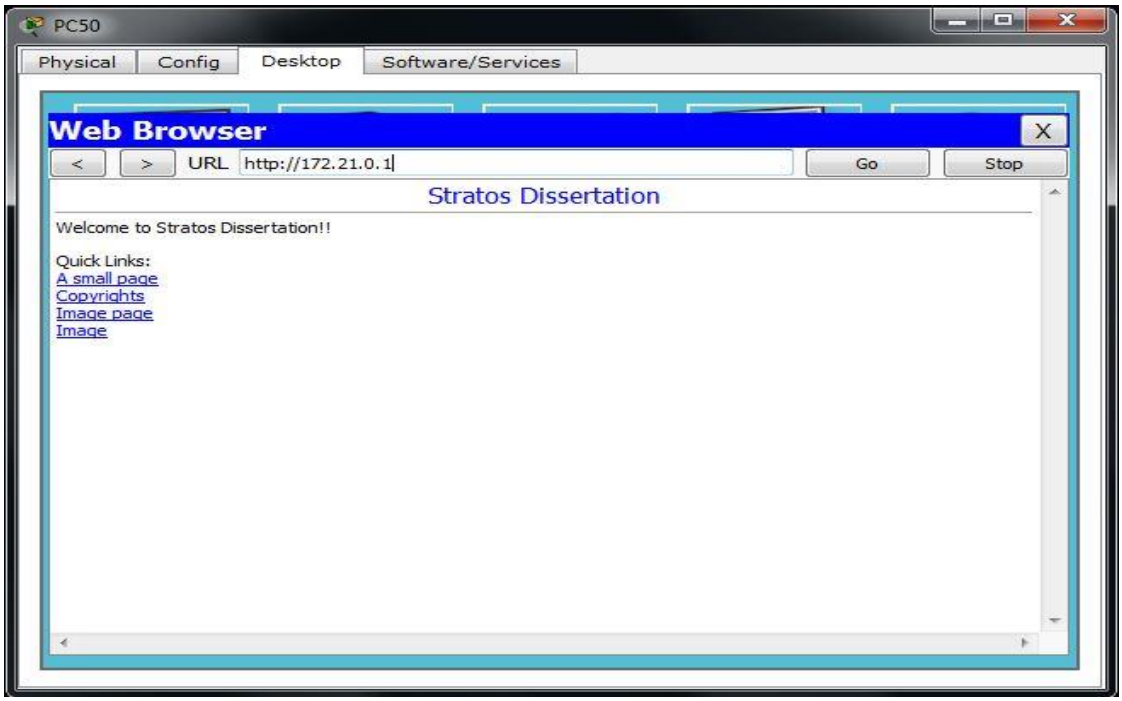
Στην δικτυακή μας υλοποίηση χρησιμοποιούμε βασικές υπηρεσίες, παρεχόμενες από εξυπηρετητές. Χρησιμοποιούμε έναν εξυπηρετητή για κάθε υπηρεσία, αν και υπάρχει η δυνατότητα να λειτουργήσουν παραπάνω από μια υπηρεσίες σε έναν εξυπηρετητή. Προσθέτουμε βασικές υπηρεσίες, θέλοντας η προσομοίωσή μας να ανταποκρίνεται όσο το δυνατόν καλύτερα σε μια πραγματική υλοποίηση.

Οι εξυπηρετητές της υλοποίησής μας, παρέχουν τις ακόλουθες υπηρεσίες:

3.4.1 WEBServer

Κάνοντας χρήση της webυπηρεσίας, δίνουμε στον χρήστη την δυνατότητα να περιηγηθεί σε σελίδες του διαδικτύου. Στην υλοποίησή μας, όπως και στην πραγματικότητα, οι σελίδες αυτές είναι εγκατεστημένες στον εξυπηρετητή δικτύου (webserver).

Σε αρχικό στάδιο, για να έχει πρόσβαση ο χρήστης στις ιστοσελίδες που παρέχονται από τον εξυπηρετητή δικτύου, πρέπει ανοίξει ένα πρόγραμμα περιήγησης από τον υπολογιστή του, και στην γραμμή περιήγησης να πληκτρολογήσει την IP διεύθυνση του εξυπηρετητή. Με αυτό τον τρόπο ανοίγει η ορισμένη ως αρχική σελίδα του εξυπηρετητή της υλοποίησής μας στο πρόγραμμα περιήγησης του υπολογιστή του χρήστη.

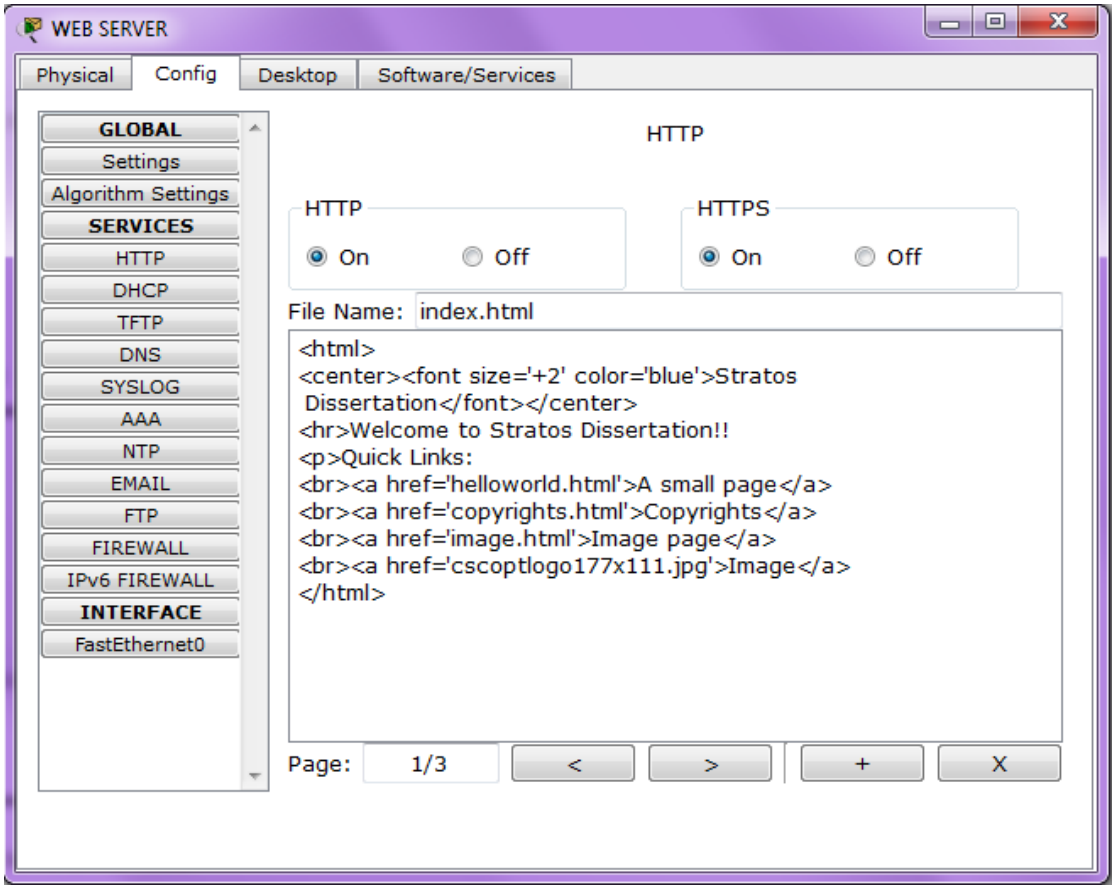


Εικόνα 2. Αρχική σελίδα εξυπηρετητή δικτύου

Οι διαθέσιμες ιστοσελίδες του εξυπηρετητή δικτύου, μπορούν να τροποποιηθούν. Μπορούμε είτε να προσθέσουμε καινούριες δικές μας ιστοσελίδες, είτε να τροποποιηθούν οι ήδη υπάρχουσες, όπως έχει γίνει για την υλοποίησή μας (Εικόνα 2). Για να δημιουργήσουμε δικές μας ιστοσελίδες με σκοπό να τις εισάγουμε στον εξυπηρετητή δικτύου, θα πρέπει να είναι γραμμένες χρησιμοποιώντας HTMLκώδικα.

Για να λειτουργήσει ως εξυπηρετητής δικτύου ο επιλεγμένος εξυπηρετητής, απενεργοποιούμε όλες τις άλλες διαθέσιμες υπηρεσίες και ενεργοποιούμε μόνο τιςHTTP(*HypertextTransferProtocol)* και HTTPS(*HypertextTransferProtocolSecure)* υπηρεσίες. Στην συνέχεια ορίζουμε την

IPδιεύθυνση του εξυπηρετητή, την gatewayδιεύθυνση του δικτύου, και την IPδιεύθυνση του DNSεξυπηρετητή.



Εικόνα 3. WebServer

3.4.2 DNS Server[7.6]

Το σύστημα DNS (DomainNameSpace) προέκυψε επειδή στους ανθρώπους τα ονόματα σημαίνουν περισσότερα από τις αριθμητικές διευθύνσεις, αλλά στην συνέχεια απέκτησε και άλλες χρήσεις εξίσου σημαντικές.

Το DNS επιτρέπει την ανεύρεση ενός εξυπηρετητή ή μιας υπηρεσίας σε έναν εξυπηρετητή χρησιμοποιώντας ένα όνομα. Ένας εξυπηρετητής μπορεί να προσφέρει ταυτόχρονα περισσότερες από μια υπηρεσίες, σύμφωνα με διάφορα πρωτόκολλα, όπως τοHTTP, το FTP, το POP, το IMAP και το SMTP, δίνοντας τη δυνατότητα στο χρήστη να συνδεθεί σε μια ιστοσελίδα (HTTP), σε μια αποθήκη αρχείων (FTP), ή να λάβει e-mail (POP ή IMAP). Για ένα χρήστη είναι ευκολότερο να θυμάται το όνομα της ιστοσελίδας www.google.gr αντί του74.125.133.94:80 (ο συνδυασμός διεύθυνσης IP και θύρας TCP στην οποία βρίσκεται ο εξυπηρετητής HTTP του www.google.gr).

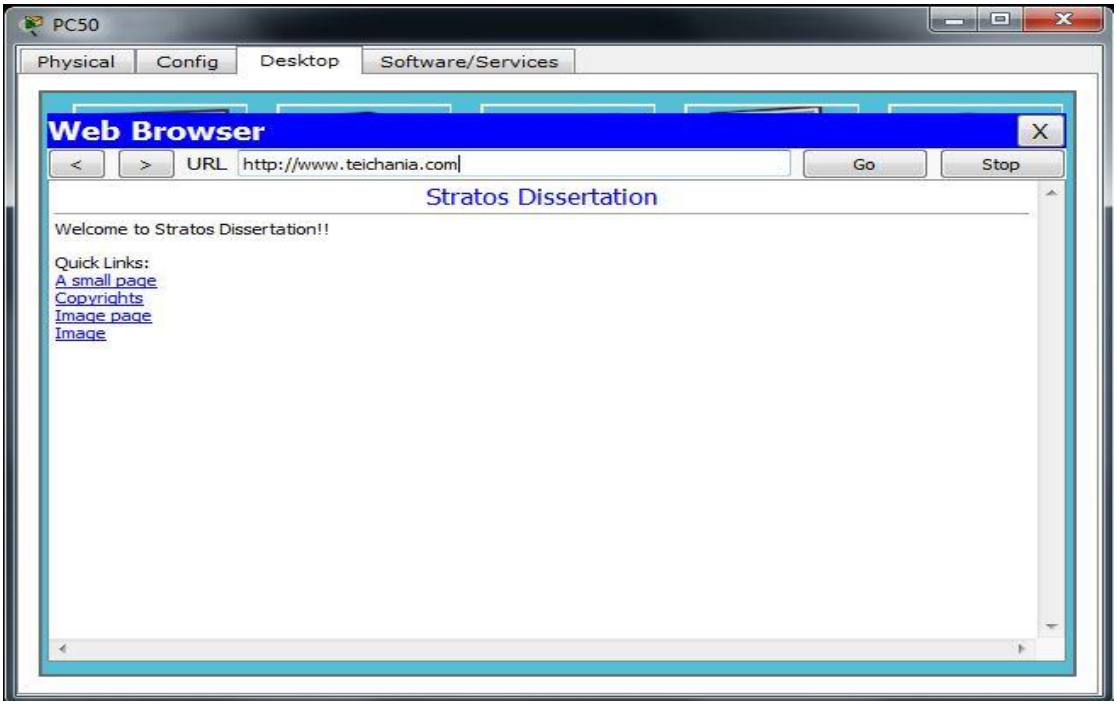
Επίσης το DNS χρησιμοποιείται για να αντιστοιχίσει διευθύνσεις IP με ονόματα. Έτσι ο διαχειριστής ενός δικτύου μπορεί να χρησιμοποιήσει ονόματα για να επικοινωνήσει ή απλώς να θυμάται ονόματα μηχανημάτων, τοποθεσίες, ονόματα χώρου και ότι άλλο σκεφτεί. Τα ονόματα των διευθύνσεων IP λειτουργούν κατά κάποιον τρόπο σαν εγγυήσεις μιας και μόνο οι διαχειριστές των δικτύων - κάτοχοι των διευθύνσεων μπορούν να τα αλλάξουν. Στην λειτουργία του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου το όνομα της διεύθυνσης IP του εξυπηρετητή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (Mail Server) θεωρείται απόδειξη του ότι είναι αυτός που λέει.

Το σύστημα DNS δίνει, τέλος, τη δυνατότητα αντιστοίχισης μεταξύ ονομάτων, καθώς και τη δυνατότητα αντιστοίχισης ενός ονόματος σε πολλαπλές διευθύνσεις IP (roundrobin DNS και IP sorting), πράγμα που βοηθά στη διαμοίραση του φόρτου μιας δικτυακής υπηρεσίας σε περισσότερους του ενός εξυπηρετητή ή την κατεύθυνση των πελατών δικτυακών υπηρεσιών σε γεωγραφικά κοντινότερους εξυπηρετητές.

Στο σύστημα DNS είναι δυνατή η αντιστοίχιση άπειρων ονομάτων σε μία διεύθυνση IP ή μια ομάδα διευθύνσεων IP. Αυτό διευκολύνει λογιστικά την διαχείριση εξυπηρετητών δικτυακών υπηρεσιών και βοηθά στην οικονομία διευθύνσεων IP.Για να λειτουργήσει ως DNSεξυπηρετητής, ο επιλεγμένος εξυπηρετητής της υλοποίησής μας, απενεργοποιούμε όλες τις διαθέσιμες υπηρεσίες εκτός από τη DNS.

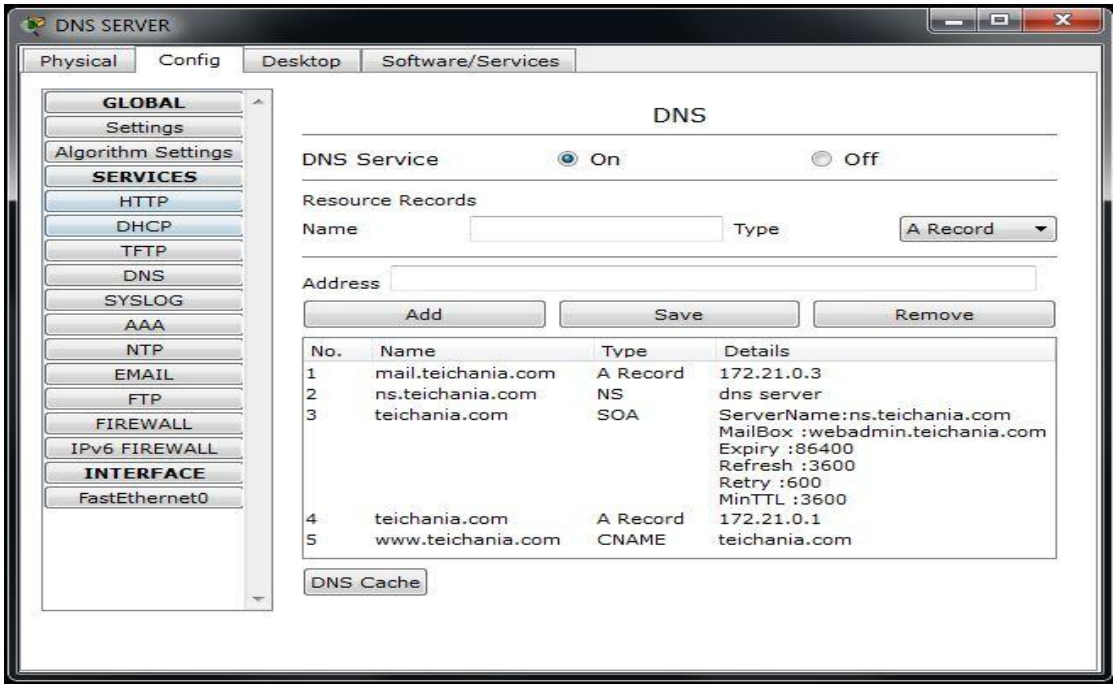
Για να αντιστοιχίσουμε την IP διεύθυνση του εξυπηρετητή δικτύου μας με ένα όνομα που έχουμε επιλέξει, δημιουργούμε ένα A record (Addressrecord). Επιλέγουμε να αντιστοιχίσουμε το όνομα teichania.comμε την IPδιεύθυνση του εξυπηρετητή δικτύου, και το όνομα mail.teichania.comμε την IP διεύθυνση του MailServer.

Στην συνέχεια δημιουργούμε μια CNAME (CanonicalName) εγγραφή. Η CNAMEεγγραφή αντιστοιχίζει ένα όνομα χώρου (domainname), με ένα άλλο. Είναι πιθανό ο χρήστης να πληκτρολογήσει ***www****.teichania.com*αντί για *teichania.com*. Με την CNAMEεγγραφή διασφαλίζουμε ότι ο χρήστης έχει πρόσβαση στην ιστοσελίδα, έστω και αν πληκτρολογήσει την πρώτη διεύθυνση.



Εικόνα 4. Λειτουργικότητα DNSεξυπηρετητή

Δημιουργούμε επίσης μια NS (NameServer) εγγραφή, και μία SOA (StartOfAuthority) εγγραφή. Η NSεγγραφή υποδεικνύει ποιος είναι ο επίσημος DNSεξυπηρετητής για τον τομέα/ζώνη, και η SOAεγγραφή χρησιμοποιείται για να ορίσει τις παραμέτρους ως προς το πώς διαδίδεται ο τομέας/ζώνη μας σε δευτερεύοντες NameServers.

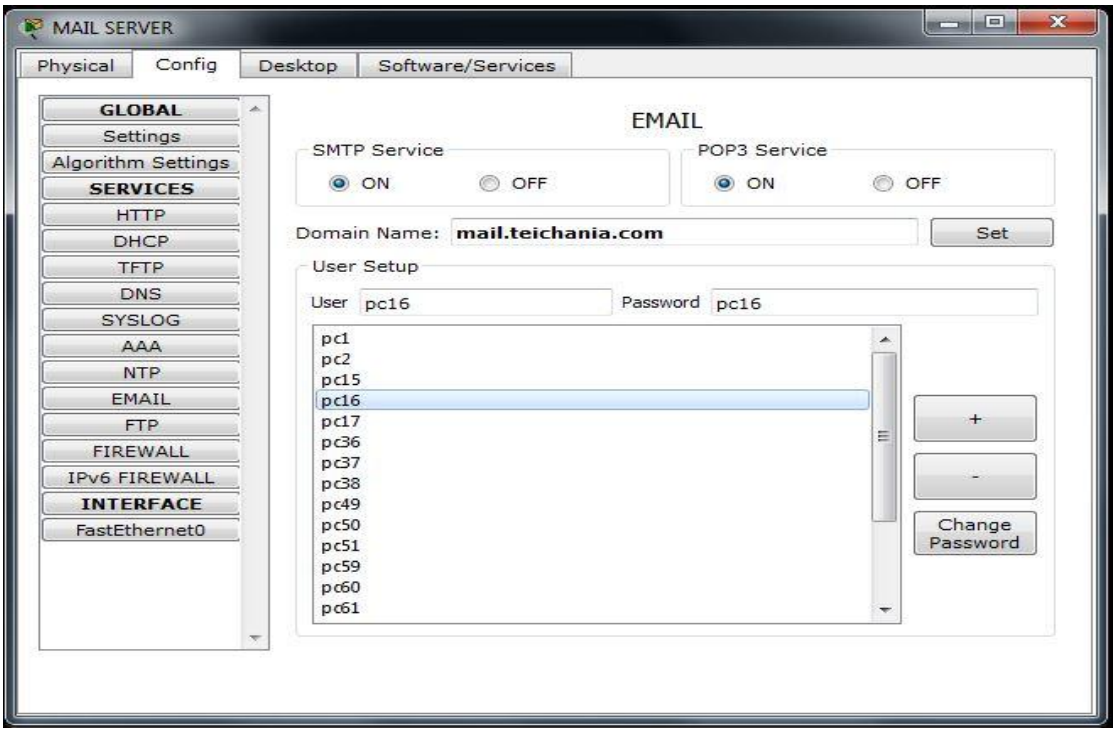


Εικόνα 5. Οθόνη ρυθμίσεων του DNSΕξυπηρετητή

3.4.3 MailServer

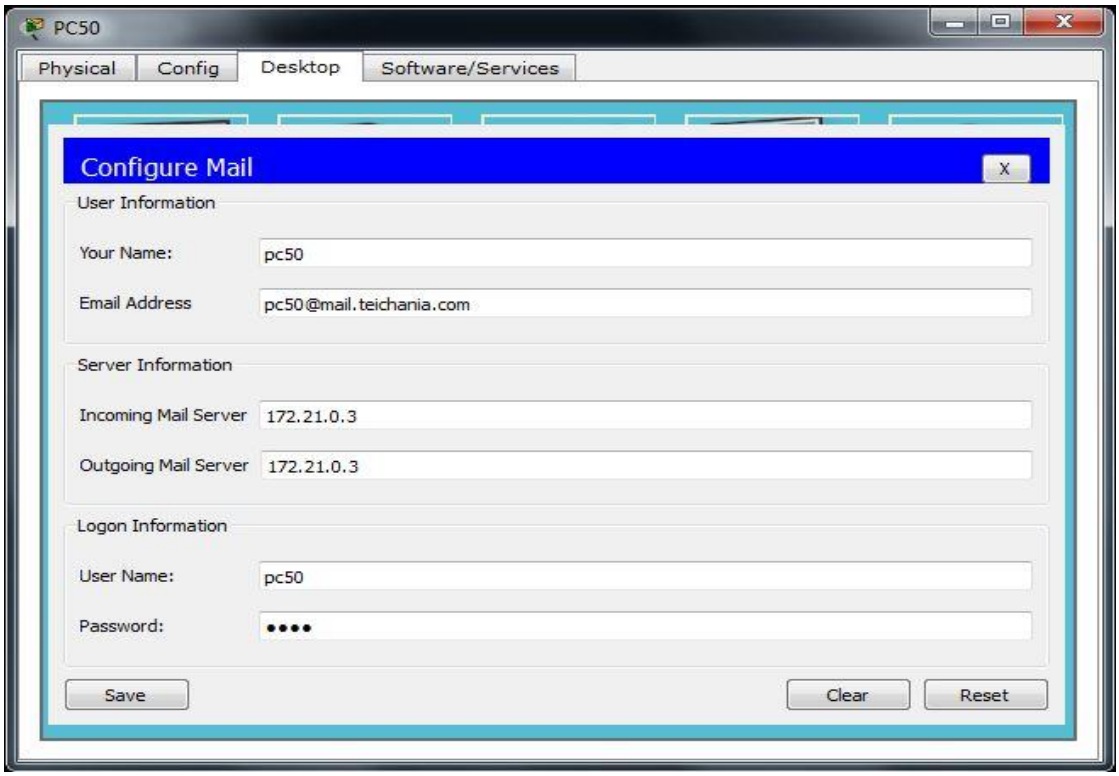
Δημιουργούμε ένα E-Mailεξυπηρετητή για την υλοποίησή μας. Ενεργοποιούμε την υπηρεσία E-Mailστον επιλεγμένο εξυπηρετητή και απενεργοποιούμε τις υπόλοιπες. Στην υλοποίησή μας προσθέτουμε την υπηρεσία του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου για να κάνουμε δυνατή την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των χρηστών όλων των αιθουσών των δυο κτηρίων.

Για την ρύθμιση του εξυπηρετητή ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ορίζουμε ένα όνομα χώρου (domainname), και στην συνέχεια προσθέτουμε τους λογαριασμούς των χρηστών. Κάθε λογαριασμός, έχει σαν όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης, το όνομα του εκάστοτε υπολογιστή. Χρησιμοποιούμε έναν εξυπηρετητή για αποστολή και λήψη του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Για να το πετύχουμε αυτό, ενεργοποιούμε στην υπηρεσία το πρωτόκολλοSMTP (SimpleMailTransferProtocol), το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποστολή των ηλεκτρονικών μηνυμάτων, και το POP3 (PostOfficeProtocolversion 3), το οποίο είναι υπεύθυνο για την λήψη των μηνυμάτων.



Εικόνα 6. Εξυπηρετητής Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου

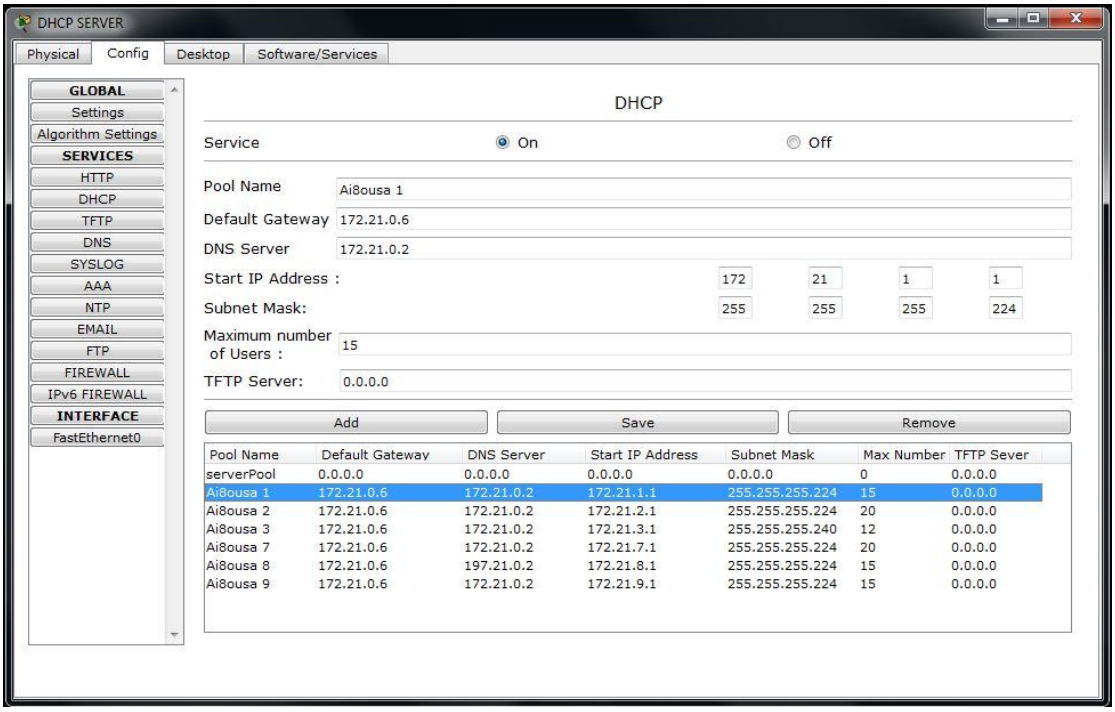
Για να μπορέσουμε να ολοκληρώσουμε επιτυχώς την διαδικασία αποστολής – λήψης ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, ρυθμίζουμε την e-mailυπηρεσία σε κάθε υπολογιστή (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Ρύθμιση Υπηρεσίας Ηλεκτρονικού Ταχυδρομείου σε υπολογιστή

3.4.4 DHCPServer

Σε προηγούμενο στάδιο έχει γίνει εκτενής αναφορά ως προς την λειτουργία του DHCPπρωτοκόλλου. Για την ρύθμιση του DHCP εξυπηρετητή της υλοποίησής μας, δημιουργούμε ένα νέο πεδίο διευθύνσεων (addresspool), ξεχωριστό για κάθε αίθουσα. Κάθε πεδίο έχει το όνομα της αίθουσας για την οποία προορίζεται. Σε κάθε πεδίο ορίζουμε την gatewayδιεύθυνση για τις υπηρεσίες του εξυπηρετητή και την IP διεύθυνση του DNSεξυπηρετητή. Στην συνέχεια ορίζουμε την πρώτη προς διάθεση IP διεύθυνση για το εκάστοτε υποδίκτυο, την μάσκα υποδικτύου, και τον μέγιστο αριθμό των υπολογιστών οι οποίοι θα διευθυνσιοδοτηθούν, ή αλλιώς το πόσες IP διευθύνσεις θα διατεθούν στο κάθε υποδίκτυο (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Καρτέλα ρυθμίσεων DHCP εξυπηρετητή

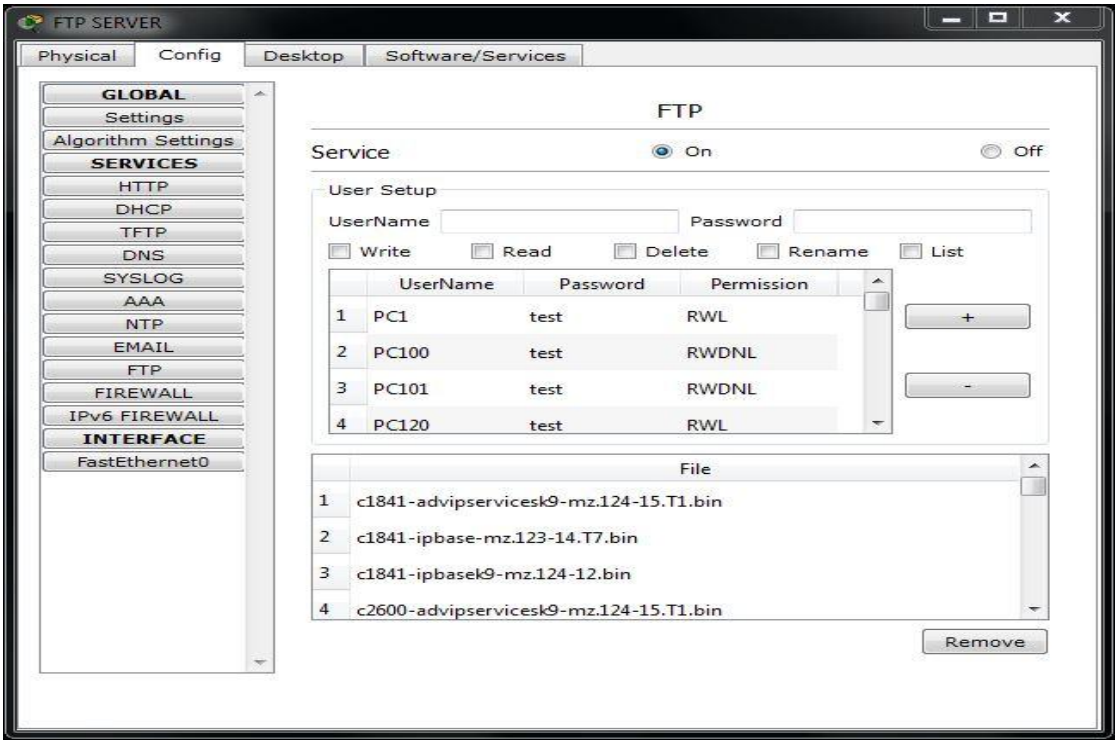
Σημαντική σημείωση για την λειτουργικότητα της υπηρεσίας, είναι μια επιπλέον ρύθμιση που πρέπει να γίνει στον δρομολογητή κατά την διάρκεια ορισμού των IPδιευθύνσεων των υποδικτύων, στις διεπαφές του. Για κάθε αίθουσα που χρησιμοποιεί την DHCPυπηρεσία, ορίζουμε στον δρομολογητή την εντολή *"iphelper-address**IP-Address**"*. Στο πεδίο ***IP-Address*** θέτουμε την IP διεύθυνση του DHCPεξυπηρετητή. Με αυτή την εντολή, ο δρομολογητής όταν λάβει ένα ***DHCPDISCOVER***πακέτο από κάποιον υπολογιστή, γνωρίζει που να το προωθήσει για να εξυπηρετηθεί το αίτημα.

3.4.5 FTPServer

OFTP(FileTransferProtocol) εξυπηρετητής, χρησιμοποιείται στην υλοποίησή μας, για να παρέχουμε την δυνατότητα σε εξουσιοδοτημένους με πρόσβαση χρήστες του δικτύου, να ανεβάσουν ή να λάβουν κάποιο από τα διαθέσιμα αρχείατου εξυπηρετητή.

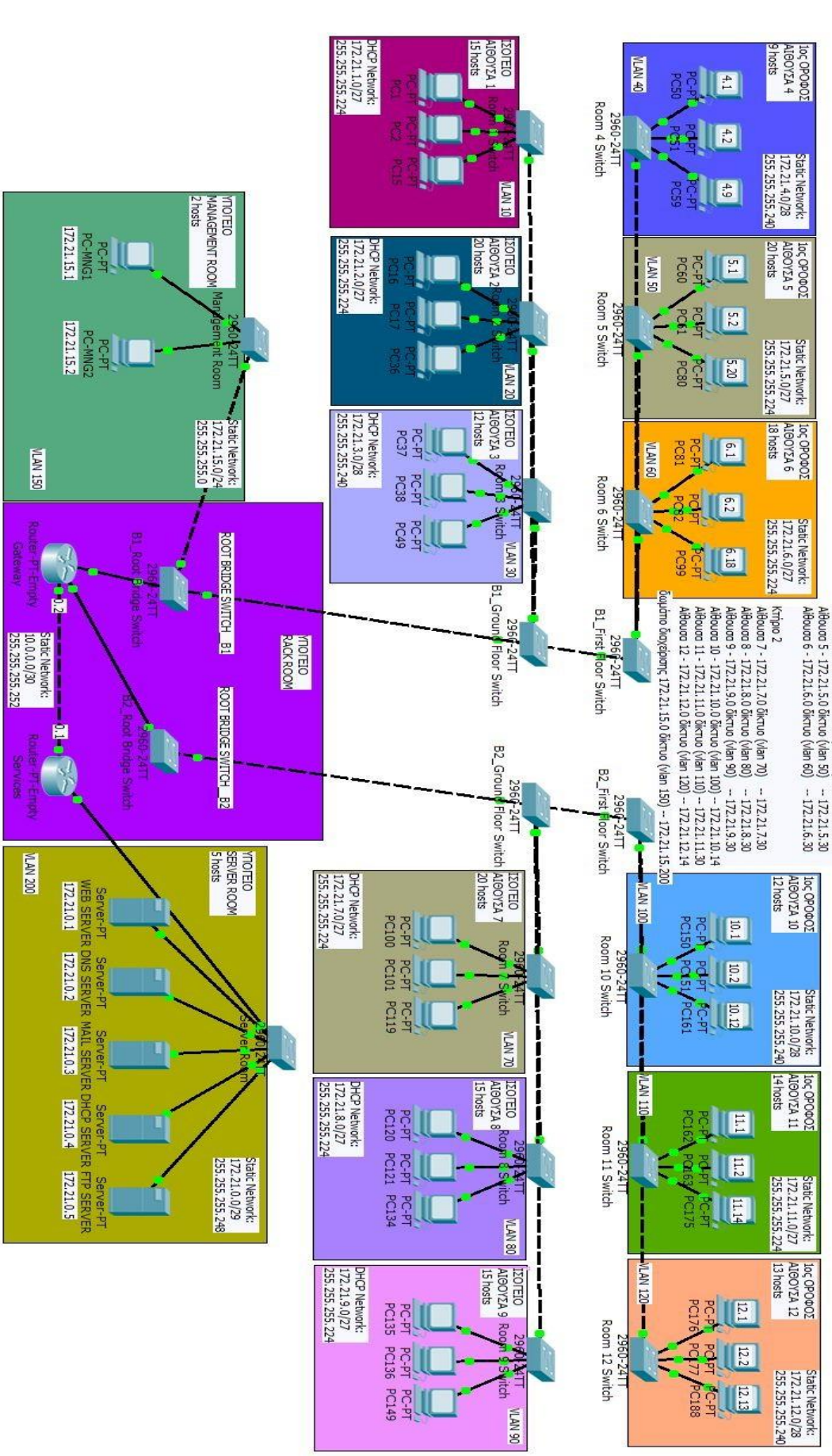
Για να λειτουργήσει ως FTPεξυπηρετητής ο επιλεγμένος εξυπηρετητής, ενεργοποιούμε την FTPυπηρεσία, και απενεργοποιούμε τις υπόλοιπες. Στην συνέχεια δημιουργούμε λογαριασμούς χρηστών, δίνοντας τα επιθυμητά δικαιώματα σε κάθε λογαριασμό. Τα διαθέσιμα δικαιώματα για τους λογαριασμούς των χρηστών είναι τα ακόλουθα:

- Write : Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να ανεβάσει κάποιο αρχείο στον FTPεξυπηρετητή
- Read : Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να κατεβάσει κάποιο αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή
- Delete : Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να διαγράψει κάποιο αρχείο από τον FTPεξυπηρετητή
- Rename : Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να μετονομάσει κάποιο αρχείο από τον FTPεξυπηρετητή
- List : Ο χρήστης έχει το δικαίωμα να δει την λίστα με τα διαθέσιμα αρχεία του FTPεξυπηρετητή.



Εικόνα 9. Καρτέλα ρυθμίσεων FTPεξυπηρετητή

Ολοκληρώνοντας την περιγραφή της αρχικής μας υλοποίησης, παραθέτουμε την εικόνα δέκα, η οποία απεικονίζει την υλοποίηση σε λογικό περιβάλλον λειτουργίας.



Εικόνα 10. Αρχική δικτυακή υλοποίηση

3.5 Αρχικά στάδιασύνδεσηςμε τονFTP εξυπηρετητή

Την εδραίωση της σύνδεσης μεταξύ ενός υπολογιστή και του FTPεξυπηρετητή, αναλαμβάνει να φέρει σε πέρας το πρωτόκολλο TCP.

3.5.1 Το ΠρωτόκολλοTCP[7.7]

Το TCP *(TransmissionControlProtocol - Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς)* είναι ένα από τα κυριότερα πρωτόκολλα της σουίτας Πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Βρίσκεται πάνω από το πρωτόκολλο IP. Οι κύριοι στόχοι του πρωτοκόλλου TCP είναι να επιβεβαιώνεται η αξιόπιστη αποστολή και λήψη δεδομένων, να μεταφέρονται τα δεδομένα χωρίς λάθη μεταξύ του επιπέδου δικτύου (επίπεδο 3) και του επιπέδου εφαρμογής (επίπεδο 7) και φτάνοντας στο πρόγραμμα του επιπέδου εφαρμογής, να έχουν σωστή σειρά. Οι περισσότερες σύγχρονες υπηρεσίες στο Διαδίκτυο βασίζονται στο TCP. Για παράδειγμα το SMTP (θύρα 25), το παλαιότερο (και μη-ασφαλές) Telnet (θύρα 23), το FTP και πιο σημαντικό το HTTP (θύρα 80), γνωστό ως υπηρεσίες World Wide Web (WWW - Παγκόσμιος Ιστός). Το TCP χρησιμοποιείται σχεδόν παντού, για αμφίδρομη επικοινωνία μέσω δικτύου.

Το πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς (TCP) είναι connection oriented, δηλαδή η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω σύνδεσης, η οποία οριοθετείται από ένα σήμα έναρξης και ένα σήμα τέλους ή διακοπής. Πριν να προσπαθήσει ένα πρόγραμμα-πελάτης να συνδεθεί με έναν εξυπηρετητή, ο εξυπηρετητής πρέπει πρώτα να δεσμεύσει μια θύρα και να την ανοίξει ώστε να δέχεται συνδέσεις: αυτό καλείται passive open. Όταν γίνει αυτό, ο πελάτης μπορεί να αρχίσει τη σύνδεση (active open). Για να εδραιωθεί μια σύνδεση, λαμβάνει χώρα μια "χειραψία" ανάμεσα στα συμμετέχοντα μέρη, τη λεγόμενη “τριμερής χειραψία” (**three-way handshake)**:

1.Αρχικά αποστέλλεται ένα πακέτο με το SYN bit ενεργοποιημένο. Ο πελάτης θέτει το πεδίο αριθμού ακολουθίας στην TCP κεφαλίδα στον αρχικό αριθμό ακολουθίας του (ISN - Initial Sequence Number).

2.Ο εξυπηρετητής στο άλλο άκρο απαντάει είτε με SYN (για να στείλει και το δικό του ISN) είτε με ACK (που έχει το ISN+1 του πελάτη) του πρώτου πακέτου του πελάτη για να αποδεχτεί τη σύνδεση, είτε με SYN/RST για να ενημερώσει τον πελάτη ότι αρνείται τη σύνδεση και η διαδικασία σταματά.

3.Όταν ο πελάτης πάρει ένα πακέτο SYN/ACK απαντάει, αυτή τη φορά, με ένα πακέτο ACK. Σε αυτό το σημείο, τα δύο μέρη συνδέονται και μπορούν πλέον να σταλούν τα δεδομένα.

Κατά τη διάρκεια της τριμερούς χειραψίας, τα δύο μέρη διαπραγματεύονται επίσης όλες τις ειδικές επιλογές που θα χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια της TCPσύνδεσης.

Για την πειραματική μας μέτρηση επιλέγουμε τον υπολογιστή PC50. Στην εφαρμογή του υπολογιστή command prompt πληκτρολογούμε την εντολή *"ftp 172.21.0.5"* , δηλαδή την IP διεύθυνση του ftp εξυπηρετητή. Την στιγμή που εκτελούμε την προηγούμενη εντολή, και την χρονική στιγμή 0 msec, δημιουργείται ένα TCP πλαίσιο. Ο υπολογιστής επιχειρεί να πραγματοποιήσει μια TCP σύνδεση με την IP διεύθυνση 172.21.0.5 στην θύρα 21, και θέτει την κατάσταση σύνδεσης του σε TCP SYN_SENT, πράγμα που σημαίνει ότι στέλνει ένα πακέτο και περιμένει ανταπόκριση για να συγχρονίσει την σύνδεσή του με τον εξυπηρετητή (επίπεδο μεταφοράς - επίπεδο 4).

Το πρωτόκολλο TCP δέχεται μέγιστο μέγεθος παραθύρου στα 65535 bytes. Επίσης προσθέτει το Maximum Segment Size Option (MSS) στην TCP SYN κεφαλίδα ίσο με 1460 bytes. Επίσηςθέτειτο sequence number σε 0, το acknowledgement number σε 0, και data length σε 24 bytes.

Το επίπεδο δικτύου (επίπεδο 3) θέτει την IP διεύθυνση του υπολογιστή καθώς και αυτή του προορισμού. Η IP διεύθυνση του προορισμού δεν ανήκει στο ίδιο δίκτυο και έτσι θέτει ως διεύθυνση επόμενου άλματος(next hopaddress), την gateway διεύθυνση του δικτύου στο οποίο ανήκει ο υπολογιστής PC50.

Στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων – επίπεδο 2, η εφαρμογή βλέπει ότι η IP διεύθυνση επόμενου άλματος είναι μοναδιαία, δηλαδή απευθύνεταισε συγκεκριμένο υπολογιστή (unicast). Η ARP διαδικασία ψάχνει για αυτήν στον ARP πίνακα, και βλέποντας ότι υπάρχει, θέτει την φυσική διεύθυνση προορισμού και ενθυλακώνει το PDU σε Ethernet πλαίσιο. Στην συνέχεια, και την χρονική στιγμή 16 msec, ο υπολογιστής αποστέλλει το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρα του (φυσικό επίπεδο – επίπεδο 1).

Στην συνέχεια, την χρονική στιγμή 20 msec, ο FTPεξυπηρετητής λαμβάνει το Ethernet πλαίσιο μέσω της FastEthernet θύρας του (φυσικό επίπεδο – επίπεδο 1) και το προωθεί για επεξεργασία στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων – επίπεδο 2, διαβάζει την φυσική διεύθυνση του Ethernet πλαισίου που λαμβάνει, και μιας και η φυσική διεύθυνση του

πλαισίου που λαμβάνει ταιριάζει με την φυσική διεύθυνση της θύρας από την οποία το έλαβε, αποσυμπιέζει το PDU από το Ethernet πλαίσιο και το προωθεί για επεξεργασία στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο δικτύου – επίπεδο 3, εξετάζει αν η IP διεύθυνση προορισμού του πακέτου ταιριάζει με την IP διεύθυνση του FTPεξυπηρετητή. Στην συνέχεια αποσυμπιέζει το πακέτο και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Στο επίπεδο μεταφοράς (επίπεδο 4), ο εξυπηρετητής αναγνωρίζει ότι λαμβάνει ένα TCPSYN πλαίσιο στην θύρα 21. Οι πληροφορίες του ληφθέντος τεμαχίου (segment) είναι ότι το sequence number και το acknowledgement number είναι στο μηδέν, και το data length πεδίο στα 24 bytes. Επίσης περιέχει το Maximum Segment Size (MSS) στα 1460 bytes από την MSS TCP SYN κεφαλίδα του πακέτου. Το αίτημα σύνδεσης γίνεται αποδεκτό και το TCP πρωτόκολλο θέτει την κατάσταση σύνδεσης σε SYN_RECEIVED. Το SYN_RECEIVED σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής περιμένει για μια επιβεβαίωση του αιτήματος σύνδεσης.

Στην συνέχεια, το επίπεδο μεταφοράς (επίπεδο 4), δημιουργεί ένα TCPSYN+ACK τεμάχιο, με TCPsourceport 21 και destinationport 1027. Το TCP πρωτόκολλο δέχεται το μέγεθος παραθύρου μέχρι τα 16384 bytes, και προσθέτει το MSS Option στην TCP SYN-ACK κεφαλίδα με MSS ίσο με 536 bytes. Επίσης θέτει sequencenumber 0, acknowledgementnumber 1 (0+1), και το datalength στα 24 bytes, και στην συνέχεια προωθεί το τεμάχιο στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο δικτύου βλέπει ότι η IP διεύθυνση προορισμού δεν ανήκει στο ίδιο δίκτυο και ότι επίσης δεν είναι ούτε η broadcast διεύθυνση του δικτύου. Έτσι θέτει σαν διεύθυνση επόμενου άλματος, την gateway διεύθυνση του δικτύου που ανήκει ο εξυπηρετητής, και προωθεί το πακέτο στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων ψάχνει στον ARP πίνακα για την φυσική διεύθυνση του επόμενου άλματος (nexthop). Την στιγμή που την βρίσκει στον ARP πίνακα, την τοποθετεί ως διεύθυνση προορισμού του πλαισίου, και κατόπιν ενθυλακώνει το PDU σε Ethernet πλαίσιο και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για να το αποστείλει.

Την χρονική στιγμή 21 msec, το φυσικό επίπεδο προωθεί το Ethernet πλαίσιο μέσω της FastEthernet θύρας του εξυπηρετητή.

Την χρονική στιγμή 37 msec, το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή PC50, λαμβάνει μέσω της FastEthernet θύρας του το Ethernet πλαίσιο και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων συγκρίνει την φυσική διεύθυνση προορισμού του πακέτου με αυτή της θύρας που το έλαβε, και από την στιγμή που ταιριάζουν εξάγει το PDU από το Ethernet πλαίσιο. Στην συνέχεια το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Αντίστοιχα, το επίπεδο δικτύου συγκρίνει την IP διεύθυνση προορισμού του πακέτου με αυτή του υπολογιστή και από την στιγμή που ταιριάζουν προωθεί το πακέτο στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο μεταφοράς λαμβάνει ένα TCPSYN+ACK τεμάχιο (segment) της σύνδεσης του με την θύρα 21 του FTPεξυπηρετητή. Οι πληροφορίες του πλαισίου που έλαβε είναι το sequencenumber 0, acknowledgementnumber 1 και datalength 24 bytes. Το TCP τεμάχιο έχει το αναμενόμενο sequencenumber, και η TCP σύνδεση είναι επιτυχής. Επίσης το TCP ανακτά την MSS τιμή των 536 bytes από το MaximumSegmentSizeOption που βρίσκεται στην TCP κεφαλίδα. Κατόπιν ο υπολογιστής θέτει την κατάσταση σύνδεσης σε εδραιωμένη (Established). Στην συνέχεια, το επίπεδο μεταφοράς δημιουργεί ένα TCPACK τεμάχιο με sourceport 1027 και destinationport 21, και με πληροφορίες τεμαχίου sequencenumber 1, acknowledgementnumber 1 και datalength 20 bytes και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο δικτύου θέτει την IP διεύθυνση πηγής και προορισμού, και μιας και η IP διεύθυνση προορισμού δεν ανήκει στο ίδιο δίκτυο, θέτει σαν διεύθυνση επόμενου άλματος την gateway του δικτύου που ανήκει ο υπολογιστής. Στην συνέχεια προωθεί το πακέτο για στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων θέτει την φυσική διεύθυνση της θύρας FastEthernet του υπολογιστή ως φυσική sourceaddress, και την φυσική διεύθυνση της FastEthernet θύρας του GatewayRouter ως την φυσική διεύθυνση προορισμού. Στην συνέχεια ενθυλακώνει το PDU σε EthernetFrame και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για αποστολή.

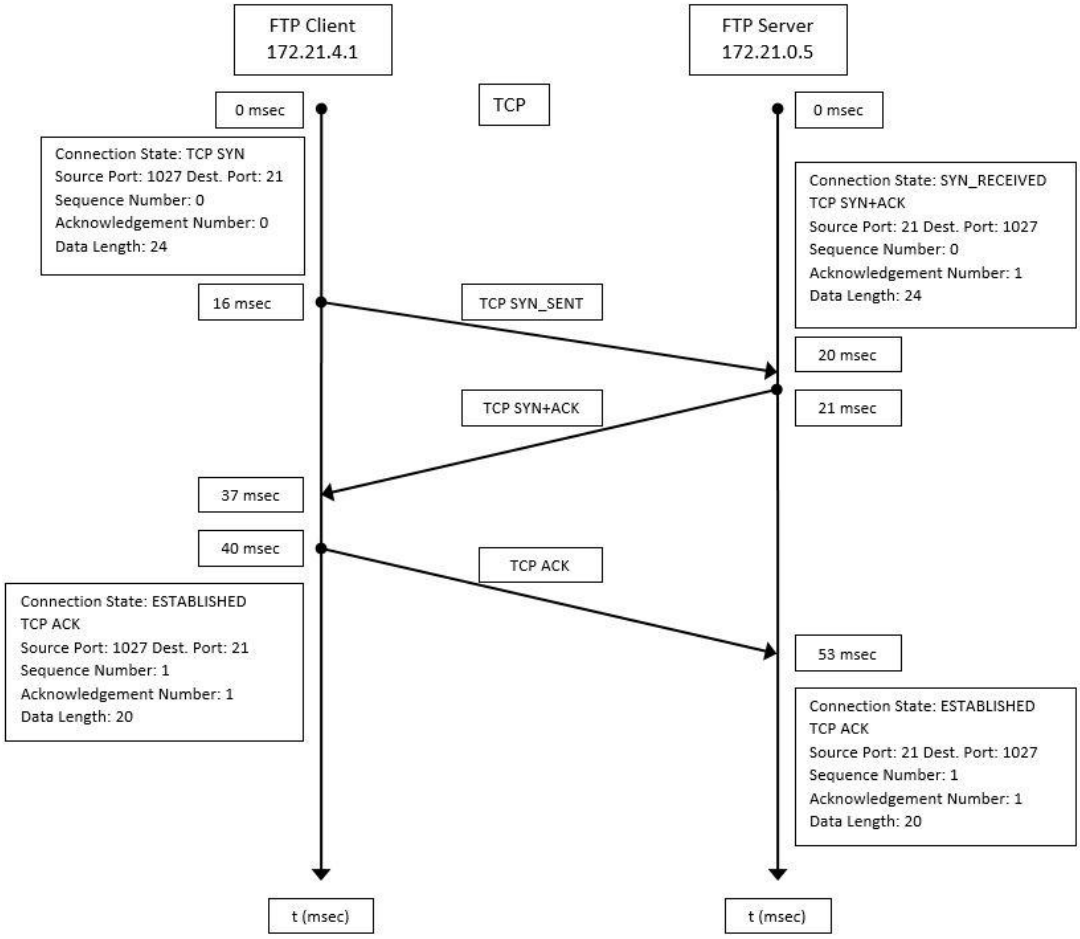
Το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή, την χρονική στιγμή 40 msec στέλνει το πακέτο μέσω της FastEthernet θύρας του υπολογιστή.

Την χρονική στιγμή 53 msec, το φυσικό επίπεδο του FTPεξυπηρετητή λαμβάνει το πακέτο μέσω της FastEthernet θύρας του εξυπηρετητή, και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων συγκρίνει την φυσική διεύθυνση προορισμού με αυτήν της θύρας που έλαβε το πλαίσιο, και μιας και ταιριάζουν, εξάγει το PDU από το Ethernetπλαίσιο και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Το επίπεδο δικτύου συγκρίνει την IP διεύθυνση προορισμού με αυτή του FTPεξυπηρετητή, και μιας και ταιριάζουν εξάγει το πακέτο και το προωθεί στο επόμενο επίπεδο για επεξεργασία.

Τέλος, το επίπεδο μεταφοράς λαμβάνει ένα TCPACK τεμάχιο από την σύνδεσή του με τον υπολογιστή. Οιπληροφορίεςτουτεμαχίουείναι sequence number 1, acknowledgement number 1, και data length 20. Μιας και το TCP τεμάχιο έχει το αναμενόμενο sequencenumber και η TCP σύνδεση είναι επιτυχής, η κατάσταση της σύνδεσης τίθεται ως εδραιωμένη.

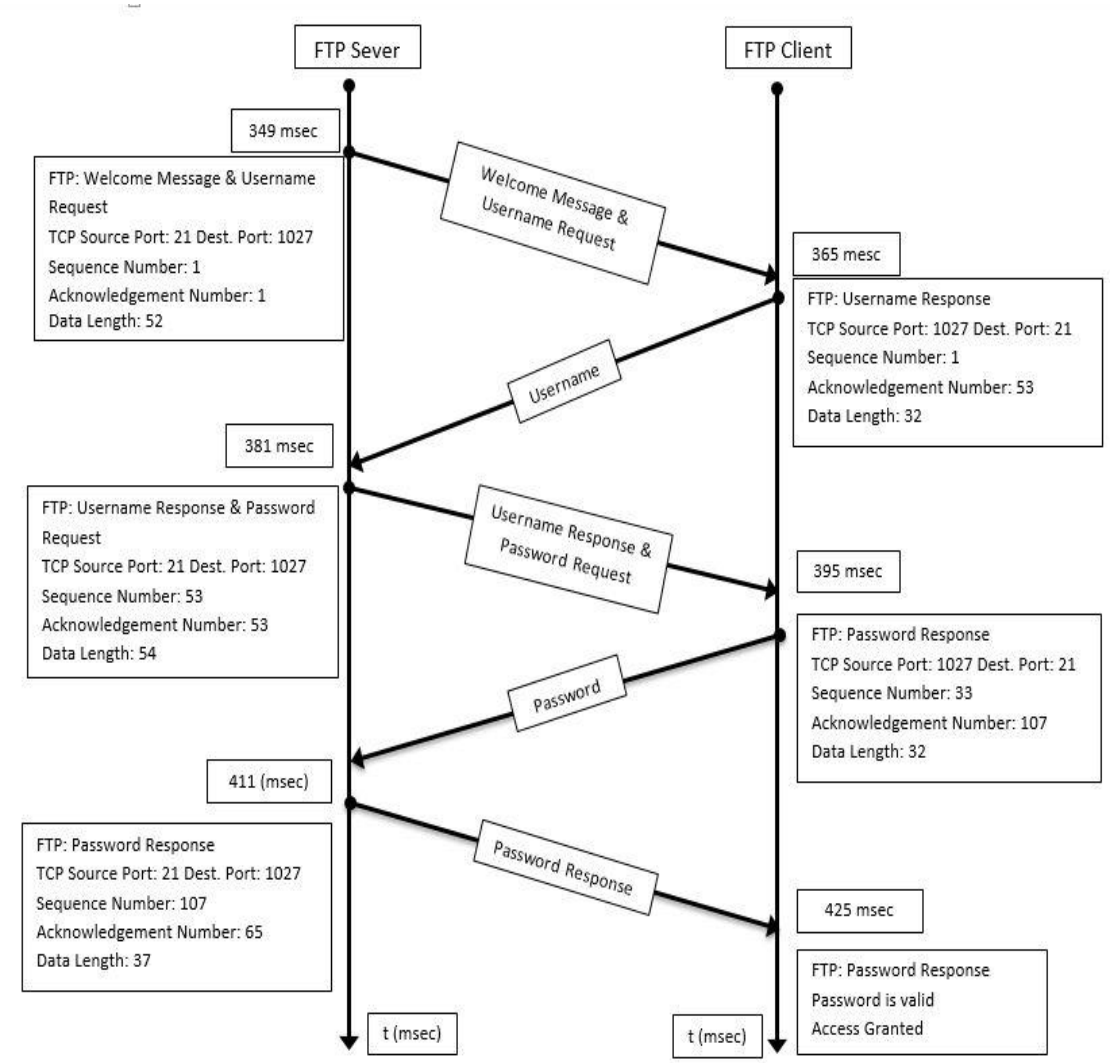


Εικόνα 11. TCPThree-wayHandshake

3.5.2 Διαδικασία πρόσβασης στον FTP εξυπηρετητή

Σε αυτό το κεφάλαιο, περιγράφουμε την διαδικασία απόκτησης πρόσβασης ενός υπολογιστή (ftp client) με τον FTP εξυπηρετητή, από την στιγμή που εδραιώνεται η TCPσύνδεση και μετά.

Μόλις εδραιωθεί η TCP σύνδεση μεταξύ υπολογιστή (ftp client) και FTP εξυπηρετητή, μπαίνει σε λειτουργία η FTP υπηρεσία του επιπέδου εφαρμογής (επίπεδο 7). Παρακάτω ακολουθεί εικόνα με την διαδικασία απόκτησης πρόσβασης μεταξύ FTP εξυπηρετητή και υπολογιστή (FTP Client).



Εικόνα 12. Διαδικασία πρόσβασης χρήστη στον FTPεξυπηρετητή

Την χρονική στιγμή 349 msec (ο προηγούμενος χρόνος χρειάστηκε για την εδραίωση της TCP σύνδεσης), ο FTP εξυπηρετητήςδημιουργεί στο επίπεδο εφαρμογώντου (επίπεδο 7), ένα FTP μήνυμα υποδοχής (Welcome Message) προς τον υπολογιστή (FTP Client), καθώς και μια αίτηση για όνομα χρήστη.

Το επίπεδο μεταφοράς (επίπεδο 4), θέτει στην κεφαλίδα του TCP τεμαχίου sequence number 1, acknowledgement number 1 και data length 52 bytes, και στην συνέχεια προωθείται στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο του δικτύου (επίπεδο 3), θέτει στην IP κεφαλίδα του πακέτου, την IP διεύθυνση πηγής καθώς και προορισμού. Επειδή η IP διεύθυνση δεν

υπάρχει στον ARP πίνακα του εξυπηρετητή, η gateway του δικτύου τίθεται ως διεύθυνση επόμενου άλματος και προωθείται το πακέτο στο επόμενο επίπεδο.

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (επίπεδο 2), θέτει στο Ethernet πλαίσιο ως φυσική διεύθυνση πηγής, την φυσική διεύθυνση της Fast Ethernet θύρας που θα προωθήσει το Ethernet πλαίσιο, και ως φυσική διεύθυνση προορισμού, την φυσική διεύθυνση της θύρας η οποία θα λάβει το Ethernet πλαίσιο. Στην συνέχεια προωθείται το Ethernet πλαίσιο στο φυσικό επίπεδο (επίπεδο 1) και μέσω της Fast Ethernet θύρας του FTP εξυπηρετητή διοχετεύεται στο δίκτυο.

Την χρονική στιγμή 365 msec, γίνεται λήψη του Ethernet πλαισίου από το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή μέσω της Fast Ethernet θύρας του. Ο υπολογιστής (FTP Client) λαμβάνει το μήνυμα υποδοχής (Welcome Message) από τον FTP εξυπηρετητή και ζητείται η πληκτρολόγηση ονόματος χρήστη ως πρώτο βήμα πρόσβασης στον FTPεξυπηρετητή. Μόλις ο χρήστης πληκτρολογήσει το όνομα χρήστη, το επίπεδο εφαρμογών δημιουργεί ένα FTP τεμάχιο απάντησης στο αίτημα ονόματος χρήστη από τον FTP εξυπηρετητή. Το επίπεδο μεταφοράς, θέτει στην κεφαλίδα του TCP τεμαχίου sequence number 1, acknowledgement number 53 και data length 32 bytes. Η επεξεργασία που γίνεται στα επόμενα επίπεδα είναι η ίδια με αυτήν του FTP Server προς τον υπολογιστή. Την χρονική στιγμή 365 msec το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή προωθεί το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρας του.

Την χρονική στιγμή 381 msec, το φυσικό επίπεδο του FTP εξυπηρετητή λαμβάνει μέσω της Fast Ethernet θύρας του το Ethernet πλαίσιο. Στην συνέχεια επεξεργάζεται την απάντηση του αιτήματος ονόματος χρήστη του υπολογιστή, και από την στιγμή πουυπάρχει ορισμένο στην λίστα χρηστών το όνομα χρήστη το οποίο δόθηκε, τότε το επίπεδο εφαρμογών του FTP εξυπηρετητή, δημιουργεί ένα FTP τεμάχιο θετικής απάντησης ως προς το όνομα χρήστη, και ζητείται από τον υπολογιστή (FTP Client), να πληκτρολογήσει τον κωδικό πρόσβασης για το συγκεκριμένο όνομα χρήστη. Το επίπεδο μεταφοράς θέτει στην κεφαλίδα του TCP τεμαχίου, sequence number 53, acknowledgement number 53 και data length 54 bytes. Η επεξεργασία των επόμενων επιπέδων παραμένει η ίδια. Την χρονική στιγμή 381 msec το φυσικό επίπεδο του FTP εξυπηρετητή προωθεί το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρας του.

Την χρονική στιγμή 395 msec, το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή (FTP Client), λαμβάνει το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρας του. Ο υπολογιστής λαμβάνει την θετική απόκριση ως προς το όνομα χρήστη από τον FTP εξυπηρετητή και ζητείται από τον χρήστη να πληκτρολογήσει τον κωδικό πρόσβασης για το συγκεκριμένο όνομα χρήστη, για να μπορέσει να αποκτήσει

πρόσβαση στον FTP εξυπηρετητή. Μόλις ο χρήστης πληκτρολογήσει τον κωδικό πρόσβασης, το επίπεδο εφαρμογών δημιουργεί ένα FTP τεμάχιο απάντησης στο αίτημα κωδικού πρόσβασης του FTP εξυπηρετητή. Το επίπεδο μεταφοράς, θέτει στην κεφαλίδα του TCP τεμαχίου sequence number 33, acknowledgement number 107 και data length 32 bytes. Η επεξεργασία που γίνεται στα επόμενα επίπεδα παραμένει ίδια, και τη χρονική στιγμή 395 msec το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή αποστέλλει το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρας του.

Την χρονική στιγμή 411 msec, το φυσικό επίπεδο του FTP εξυπηρετητή λαμβάνει μέσω της Fast Ethernet θύρας του το Ethernet πλαίσιο. Στην συνέχεια επεξεργάζεται την απάντηση του αιτήματος κωδικού πρόσβασης του υπολογιστή. Από την στιγμή που ο κωδικός πρόσβασης αντιστοιχεί στο συγκεκριμένο όνομα χρήστη, το επίπεδο εφαρμογών του FTP εξυπηρετητή, δημιουργεί ένα FTP τεμάχιο θετικής απάντησης ως προς τον κωδικό πρόσβασης. Το επίπεδο μεταφοράς θέτει στην κεφαλίδα του TCP τεμαχίου, sequence number 107, acknowledgement number 65 και data length 37 bytes. Η επεξεργασία των επόμενων επιπέδων παραμένει η ίδια. Την χρονική στιγμή 411 msec το φυσικό επίπεδο του FTP εξυπηρετητή προωθεί το Ethernet πλαίσιο μέσω της Fast Ethernet θύρας του.

Την χρονική στιγμή 425 msec, γίνεται λήψη του Ethernet πλαισίου από το φυσικό επίπεδο του υπολογιστή (FTP Client) μέσω της Fast Ethernet θύρας του. Ο υπολογιστής λαμβάνει την θετική απόκριση από τον FTP εξυπηρετητή ως προς τον κωδικό χρήστη, και έτσι ο χρήστης αποκτάει πρόσβαση στον FTP εξυπηρετητή.

Η ίδια διαδικασία αιτήματος – απόκρισης εκτελείται κάθε φορά που ο χρήστης πληκτρολογεί μια εντολή προς τον FTP Server.

Οι χρόνοι λήψης και αποστολής πακέτων μεταξύ FTP εξυπηρετητή και υπολογιστή (FTPClient), είναι οι ίδιοι επειδή το πείραμα γίνεται στο περιβάλλον προσομοίωσης του Packet Tracer.

3.6 Πειραματικές δοκιμές με χρήση τουFTPεξυπηρετητή

Πραγματοποιούμε τις πειραματικές μας μετρήσεις στην αρχική έκδοση της δικτυακής εγκατάστασης, με την συμμετοχή και των δυο κτηρίων.

Αρχικά αξιολογούμε την απόδοση της FTPυπηρεσίας, πραγματοποιώντας διάφορα σενάρια λήψης ενός συγκεκριμένου αρχείου, τα οποία ανταποκρίνονται σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας δικτυακών υλοποιήσεων.

Μετράμε τον μέσο συνολικό χρόνο λήψης του αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή, αρχικά από έναν υπολογιστή και στην συνέχεια, από μεγαλύτερο αριθμό υπολογιστών οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου.

Για όλες τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε το αρχείο του FTPεξυπηρετητή **c2600-i-mz.122-28.bin**, του οποίου το μέγεθος είναι περίπου 5,5 Megabytes. Επιλέγουμε αυτό το αρχείο λόγω του ότι το μικρό μέγεθός του μπορεί να αντιπροσωπεύσει μεγέθη αρχείων απαραιτήτων για την διεξαγωγή κάποιου εργαστηριακού μαθήματος, για την διευκόλυνση των πειραματικών δοκιμών, καθώς και του αναγνώστη.

Οι πειραματικές μετρήσεις που διεξάγονται σε όλα τα σενάρια, εκτελούνται δυο φορές, με στόχο να διερευνήσουμε εάν υπάρχουν μεγάλες αποκλίσεις της μιας μέτρησης από την άλλη, και για να μπορέσουμε να υπολογίσουμε ένα μέσο όρο της απόδοσης της υπηρεσίας.

3.6.1 Σενάριο 1

Έστω αρχικά, ότι ένας καθηγητής χρειάζεται να κατεβάσει ένα αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή για τις ανάγκες διεξαγωγής ενός εργαστηρίου.

Για την πειραματική μας μέτρηση, χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή PC50, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα τέσσερα του πρώτου κτηρίου. Ακολουθώντας την διαδικασία που αναφέραμε προηγουμένως, αποκτάμε πρόσβαση στον FTP εξυπηρετητή. Εκτελούμε την εντολή *"dir"*(directory), η οποία εφόσον έχουμε τις κατάλληλες άδειες-δικαιώματα ορισμένες στο λογαριασμό μας, μας επιτρέπει ή όχινα δούμε την λίστα με τα ως προς διάθεση αρχεία που βρίσκονται στον FTP εξυπηρετητή. Εκτελώντας την εντολή *"get όνομα_αρχείου"*, εκκινούμε την διαδικασία λήψης του αρχείου.

Από την στιγμή που εκτελούμε την εντολή, περιμένουμε να διαπιστώσουμε το πόσο χρόνο χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η λήψη του αρχείου καθώς και τον ρυθμό μετάδοσης. Τα αποτελέσματα των δυο πειραματικών μετρήσεων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **Ένας υπολογιστής**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	71,97	17738
2	PC50	73,55	17356
Μέση τιμή		72,76	17547

Πίνακας 4. Ένας υπολογιστής

Βάση των αποτελεσμάτων, παρατηρούμε ότι η χρονική απόκλιση είναι μόλις ενάμιση δευτερόλεπτο. Ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης είναι 72,76 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 17547 bytes ανά δευτερόλεπτο.

Στην συνέχεια προσομοιώνουμε την ίδια διαδικασία, αυτή τη φορά χρησιμοποιώντας δυο υπολογιστές.

3.6.2 Σενάριο 2

Έστω ότι δυο καθηγητές, ένας σε κάθε κτήριο,χρειάζονταιταυτόχρονα το ίδιο αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή.

Για την πειραματική μας μέτρηση,χρησιμοποιούμετον υπολογιστή PC50,ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα τέσσερα του πρώτου κτηρίου, και τον υπολογιστή PC150, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα δέκα του δευτέρου κτηρίου. Οι πειραματικές μετρήσεις πραγματοποιούνται ξανά δυο φορές, για να μπορέσουμε να δούμε εάν υπάρχει μεγάλη απόκλιση στα τελικά αποτελέσματα.

Εκτελώντας την ίδια διαδικασία με πριν, για την πρόσβαση στον FTPεξυπηρετητή και για την λήψη του αρχείου, προχωράμε στις πειραματικές μας μετρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτών απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **<u>Δυο υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	208,99	6108
	PC150	217,41	5871
2	PC50	235,03	5431
	PC150	232,67	5486
Μέση τιμή #1		213,2	5990
Μέση τιμή #2		233,85	5459
Συνολική Μέση Τιμή		*223,52*	*5725*

Πίνακας 5. Δυο υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι για δυο υπολογιστές οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου, ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου είναι 223,52 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 5725 bytes ανά δευτερόλεπτο.

Στην συνέχεια,επαναλαμβάνουμε την πειραματική μας μέτρηση, αυτή την φορά χρησιμοποιώντας πέντε υπολογιστές οι οποίοι θα πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του συγκεκριμένου αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή.

3.6.3 Σενάριο 3

Έστω ότι πέντε φοιτητές, καθένας σε διαφορετική αίθουσα των δυο κτηρίων του ιδρύματος, χρειάζεται να πραγματοποιήσουν ταυτόχρονη λήψητου ίδιου αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή για τις ανάγκες εργαστηριακών μαθημάτων.

Για την πειραματική μας μέτρηση,χρησιμοποιούμετους υπολογιστές PC50, PC60 και PC81, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες τέσσερα, πέντε και έξι αντίστοιχα του κτηρίου ένα, καθώς και τους υπολογιστές PC150 και PC162, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσεςδέκα και ένδεκα αντίστοιχα, του δευτέρου κτηρίου.

Εκτελώντας τα ίδια βήματα για την πρόσβαση στον FTPεξυπηρετητή και για την λήψη του αρχείου, προχωράμε στις πειραματικές μας μετρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτών απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **Πέντε υπολογιστές**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	688,45	1854
	PC60	685,12	1863
	PC81	604,69	2111
	PC150	659,18	1936
	PC162	684,63	1864
2	PC50	691,55	1846
	PC60	664,23	1921
	PC81	685,24	1863
	PC150	623,19	2048
	PC162	683,99	1866
Μέση τιμή #1		664,41	1926
Μέση τιμή #2		669,64	1909
Συνολική Μέση Τιμή		*667*	*1918*

Πίνακας 6. Πέντε υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι για πέντε υπολογιστές οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου, ο μέσοςσυνολικός χρόνος λήψης του αρχείου είναι 667 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 1918 bytes ανά δευτερόλεπτο.

3.6.4 Σενάριο 4

Έστω ότι σε μια αίθουσα ξεκινάει ένα εργαστηριακό μάθημα, και για τις ανάγκες διεξαγωγής του εργαστηρίου οι φοιτητές που μετέχουν σε αυτό θα πρέπει να κατεβάσουν από τον FTP εξυπηρετητή ένα συγκεκριμένο αρχείο.

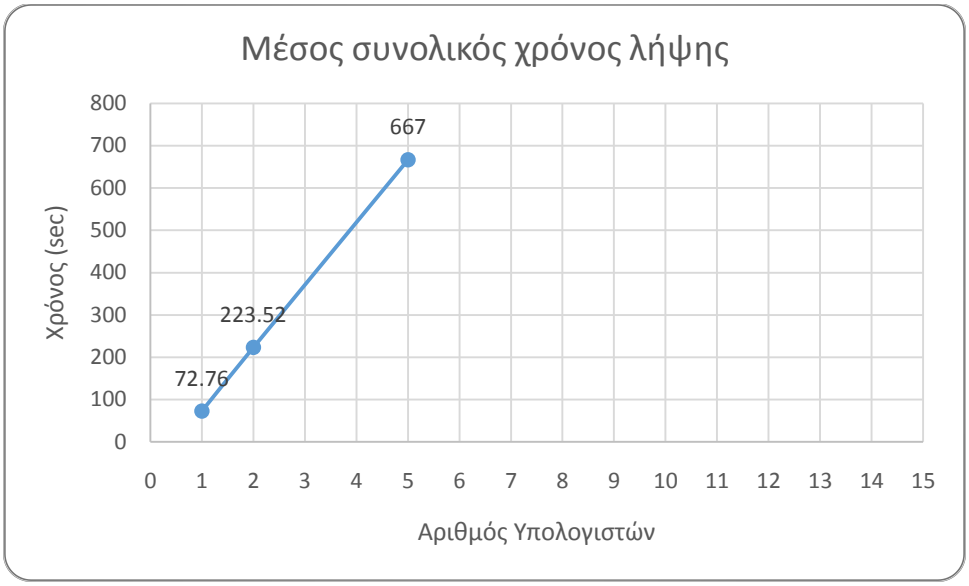
Για την επόμενη πειραματική μέτρηση, χρησιμοποιούμε την Αίθουσα 1 του κτηρίου ένα. Για να πραγματοποιήσουμε την μέτρηση, θα γεμίσουμε την Αίθουσα 1 με τους υπολογιστές που έχουμε ορίσει ότι θα βρίσκονται σε αυτήν, και οι οποίοι λαμβάνουν την IP διεύθυνσή τους μέσω του DHCP εξυπηρετητή. Ο αριθμός των υπολογιστών που θα απαρτίσουν την αίθουσα είναι δεκαπέντε (15). Όπως και για τις προηγούμενες πειραματικές μετρήσεις έτσι και σε αυτήν, οι υπολογιστές της Αίθουσας 1 θα χρειαστεί να κατεβάσουν το ίδιο αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή ταυτόχρονα.

Λαμβάνοντας υπόψιν την απόδοση τηςFTP υπηρεσίας από το προηγούμενο σενάριο, όπου πέντε υπολογιστές κατέλαβαν σχεδόν όλο το διαθέσιμο εύρος ζώνης του δικτύου, συμπεραίνουμε ότι η παρούσα πειραματική μέτρηση δεν θα μπορέσει να ολοκληρωθεί λόγω του ότι η ταχύτητα του δικτύου θα είναι πολύ μικρή.

Εκτελώντας την πειραματική μέτρηση του παρόντος σεναρίου, παρατηρούμε ότι πράγματι η λήψη του αρχείου δεν μπορεί να ολοκληρωθεί, λόγω των πεπερασμένων πόρων του δικτύου, και της αυξημένης ζήτησης αυτών. Στο παρόν σενάριο, κανένας από τους υπολογιστές δεν μπόρεσε να κατεβάσει το αρχείο από τον FTPεξυπηρετητή.

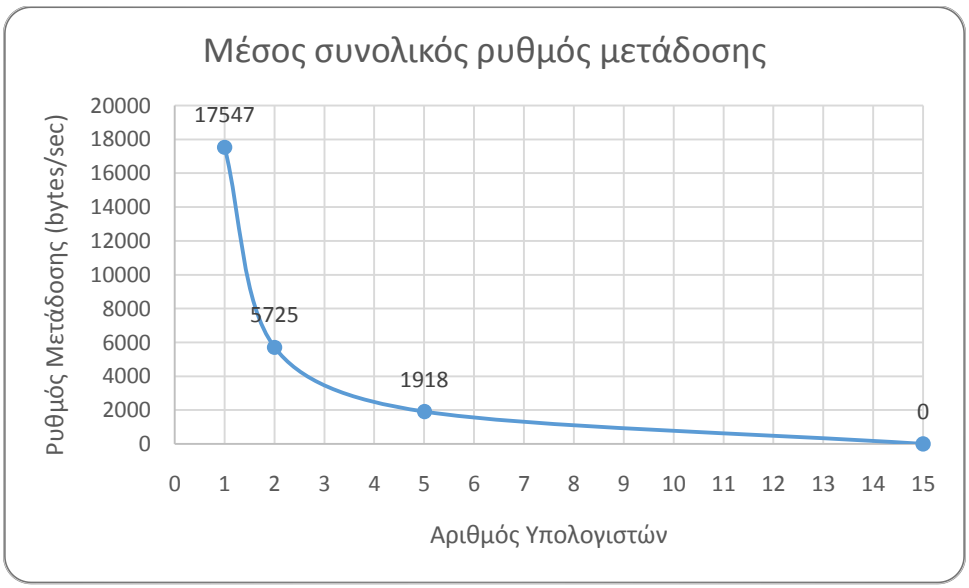
3.6.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Πραγματοποιώντας τα διάφορα σενάρια λήψης ενός συγκεκριμένου αρχείου από τον FTPεξυπηρετητή, συμπεραίνουμε ότι η αρχική δικτυακή υλοποίηση μας υπολειτουργεί. Υπό συνθήκες χαμηλής ζήτησης των πόρων του δικτύου, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει με άλλους χρήστες του δικτύου και να κάνει χρήση των διαθέσιμων υπηρεσιών. Όμως σε συνθήκες αυξημένης ζήτησης, για τις ώρες αιχμής, η παρούσα υλοποίηση δεν μπορεί να ανταποκριθεί, και το δίκτυο ουσιαστικά τίθεται εκτός λειτουργίας.



Εικόνα 13. Μέσος συνολικός χρόνος λήψης αρχείου αρχικής υλοποίησης

Στην εικόνα δεκατρία, παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση του μέσου συνολικού χρόνου λήψης του αρχείου για την αρχική μας υλοποίησηείναι γραμμική, αλλά με μεγάλη κλήση. Ο απαιτούμενος χρόνος λήψης τριπλασιάζεται από τον έναν υπολογιστή στους δυο, και το ίδιο συμβαίνει από τους δυο υπολογιστές στους πέντε. Ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης για τους δεκαπέντε υπολογιστές είναι άπειρος.



Εικόνα 14. Μέσος συνολικός ρυθμός μετάδοσης αρχείου αρχικής υλοποίησης

Αντίστοιχα, για τον μέσο συνολικό ρυθμό μετάδοσης του αρχείου για την αρχική μας υλοποίηση, παρατηρούμε στην εικόνα δεκατρία ότι η γραφική παράσταση μοιάζει με υπερβολή. Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης του αρχείου υποτριπλασιάζεται από τον έναν υπολογιστή στους δυο, και το ίδιο συμβαίνει

από τους δυο υπολογιστές στους πέντε. Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης για τους δεκαπέντε υπολογιστές τείνει στο μηδέν.

3.7 Πειραματικές δοκιμές με χρήση του DHCP εξυπηρετητή

Για να λάβει ένας υπολογιστής IP διεύθυνση κάνοντας χρήση της DHCP υπηρεσίας, πραγματοποιείται η παρακάτω διαδικασία.

Αρχικά, ο αιτούμενος για διεύθυνση υπολογιστής δημιουργεί ένα DHCPDiscovery πακέτο (επίπεδο εφαρμογής - 7) για να το αποστείλει. Στην συνέχεια, το επίπεδο μεταφοράς (επίπεδο 4) ενθυλακώνει το PDU (ProtocolDataUnit) σε UDP(UserDatagramProtocol),ορίζοντας στο UDPτην θύρα προέλευσης και προορισμού. Η επόμενη διεργασία εκτελείται στο επίπεδο δικτύου (επίπεδο 3). Επειδή ο υπολογιστής δεν έχει IPδιεύθυνση, η διεργασία θέτει την IPδιεύθυνση πηγήςσε μηδενική (0.0.0.0)και την IPδιεύθυνση προορισμού σε broadcastδιεύθυνση (255.255.255.255). Στοεπίπεδο ζεύξης δεδομένων (επίπεδο 2), επειδήηIPδιεύθυνση επόμενου άλματος (nexthop)είναιbroadcast, ηARP διεργασία θέτει την φυσική διεύθυνση (MACaddress) του προορισμού σε broadcastφυσική διεύθυνση (FFFF.FFFF.FFFF) και ενθυλακώνει το PDUσε Ethernetπλαίσιο. Τέλος, το φυσικό επίπεδο (επίπεδο 1) αποστέλλει το πακέτο μέσω της FastEthernetθύρας του υπολογιστή.

Στην συνέχεια το Ethernetπλαίσιοφτάνει στον μεταγωγέατης αίθουσας στην οποία ανήκει ο αιτούμενος για IP διεύθυνση υπολογιστής. Ο μεταγωγέαςλαμβάνει το Ethernetπλαίσιο και το επεξεργάζεται. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει η φυσική διεύθυνση του αιτούμενου υπολογιστή στον ARPπίνακα με τις φυσικές διευθύνσεις του μεταγωγέα, τότε αυτός την προσθέτει. Επειδή το πλαίσιο είναι τύπου broadcast, ο μεταγωγέαςπροωθεί το πλαίσιο σε όλες τις θύρες που ανήκουν στο ίδιο εικονικό δίκτυο (VLAN), εκτός από την θύρα που το έλαβε. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να σταλούν δεδομένα και σε όλους τους υπολογιστές που είναι συνδεδεμένοι με τονμεταγωγέα, αλλά δεν μπορούν να το επεξεργαστούν μιας και δεν παρέχουν κάποια DHCP υπηρεσία, και έτσι το πακέτο απορρίπτεται.

Φτάνοντας το πλαίσιο στον κεντρικό μεταγωγέατου ορόφου, ο μεταγωγέας το επεξεργάζεται και προχωράει στην αποστολή του πλαισίου σε όλες τις trunkθύρες που επιτρέπεται η διέλευση του συγκεκριμένου εικονικού δικτύου. Η ίδια διαδικασία γίνεται και στονκεντρικό μεταγωγέα του κτηρίου.

Στην συνέχεια το πλαίσιο φτάνει στον δρομολογητή ο οποίοςλαμβάνει το πακέτο από το sub-interfaceπου δέχεται το συγκεκριμένο εικονικό δίκτυο. Ο δρομολογητήςαποσυμπιέζει το PDUαπό το 802.1Qπλαίσιο και βλέπει ότι η

διεύθυνση του προορισμού είναι μια broadcast διεύθυνση και παραδίδει το πακέτο στο επόμενο επίπεδο (επίπεδο μεταφοράς)για επεξεργασία. Επειδή στον δρομολογητήδεν υπάρχει εγκατεστημένη DHCP υπηρεσία, το πακέτο επεξεργάζεται και προωθείται στην βοηθητική διεύθυνση (helperaddress)που του έχει οριστεί.Οδρομολογητής ψάχνει στον πίνακα διευθύνσεώντου να βρει την διεύθυνση του προορισμού, και μιας και αυτή η διεύθυνση υπάρχει, ο δρομολογητήςθέτει ως διεύθυνση προορισμού την IP που του έχει δοθεί από την helperaddress, δηλαδή την IP διεύθυνσητου DHCPεξυπηρετητή. Ο δρομολογητήςβλέπει ότι η επόμενη διεύθυνση είναι unicast,ψάχνει τον ARPπίνακά του για την φυσική διεύθυνση του προορισμού και την τοποθετεί στο πλαίσιο. Έπειτα συμπυκνώνει το PDUσε 802.1Q πλαίσιο (επίπεδο ζεύξης δεδομένων) και το αποστέλλει (φυσικό επίπεδο).

Το πλαίσιο φτάνει στον DHCPεξυπηρετητή, ο οποίος το επεξεργάζεται. Αποσυμπιέζοντας το PDU από το Ethernetπλαίσιο, βλέπει ότι έχει λάβει ένα DHCPDiscovery πακέτο. Ο DHCPεξυπηρετητής δεν έχει αλληλεπιδράσει με τον συγκεκριμένο υπολογιστή και έτσι κοιτάει για την επόμενη διαθέσιμη IP διεύθυνση στο addresspooltου. Στην συνέχεια ο DHCPεξυπηρετητής δημιουργεί καιστέλνει ένα DHCPOfferπακέτο πίσω.

Ο δρομολογητής λαμβάνει το απαντητικόπακέτο από την βοηθητική διεύθυνσηπου του έχει οριστεί και το προωθεί. Επειδή όμως ο δρομολογητήςγνωρίζει μόνο το εικονικό δίκτυοστο οποίο θα πρέπει να προωθηθεί το πακέτο και όχι συγκεκριμένη IP διεύθυνση, θέτει την IPκαι την φυσική διεύθυνση προορισμού σε broadcast(255.255.255.255 – FFFF.FFFF.FFFF). Στην συνέχεια ενθυλακώνει το πακέτο σε 802.1Qπλαίσιο και το προωθεί.

Ο κεντρικός μεταγωγέας του κτηρίου και ο μεταγωγέας ορόφου προωθούν το πακέτο στις trunkθύρες που επιτρέπουν την διέλευση του συγκεκριμένου εικονικού δικτύου.

Ο μεταγωγέαστης αίθουσας, αφού λάβει το πακέτο, μιας και έχει broadcast address, το προωθεί σε όλες τις θύρες του εκτός από αυτήν που το έλαβε. Οι υπόλοιποι υπολογιστές της αίθουσας, κατόπιν επεξεργασίας του πακέτου τελικά το απορρίπτουν διότι δεν προοριζόταν για αυτούς.

Ο αιτούμενος υπολογιστής, αφού λάβει το DHCPOfferπακέτο, δημιουργεί και αποστέλλει ένα DHCPRequest πακέτο. Η διαδικασία για να φτάσει το πακέτο στον DHCP εξυπηρετητήείναι η ίδια με αυτή της αποστολής του Discovery πακέτου.

Μόλις λάβει ο DHCPεξυπηρετητής το Offer πακέτο, δεσμεύει την επόμενη διαθέσιμη IP διεύθυνση για το συγκεκριμένο εικονικό δίκτυο με την φυσική διεύθυνση του υπολογιστή. Στην συνέχεια δημιουργεί και αποστέλλει ένα Acknowledgement (Ack) πακέτο. Την στιγμή που παραλαμβάνει το πακέτο ο υπολογιστής ρυθμίζεται και η IPδιεύθυνση του.

Σε αυτό το κεφάλαιο πραγματοποιούμε διάφορα σενάρια λήψης IPδιεύθυνσης από τους υπολογιστές της υλοποίησής μας, θέλοντας να διερευνήσουμε εάν μπορεί να αποδώσει επαρκώς η παρεχόμενη DHCPυπηρεσία μας σε ώρες αιχμής.

Όλα τα σενάρια, όπως και για την FTPυπηρεσία, πραγματοποιούνται δυο φορές, με σκοπό την διασταύρωση των αποτελεσμάτων και παρατήρηση πιθανών μεγάλων διαφορών σε αυτά. Για να μπορέσουμε να έχουμε ακρίβεια στις μετρήσεις μας, χρησιμοποιούμε την λειτουργία προσομοίωσης του Packet Tracer (Simulation mode).

3.7.1 Σενάριο 1

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση ενός υπολογιστή στην αίθουσα ένα για λόγους μελέτης.

Για τιςπειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή PC15, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα ένα του κτηρίου ένα.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα επτά.

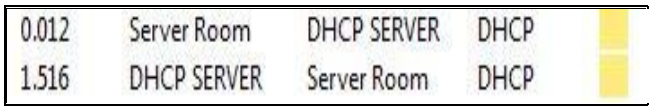
- **Ένας υπολογιστής**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC15	1,560
2	PC15	1,568
Συνολική Μέση τιμή		1,564

Πίνακας 7. Ένας υπολογιστής

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός μέσος χρόνος λήψης IP διεύθυνσης για τον υπολογιστή PC15, είναι 1,564 δευτερόλεπτα. Σε αυτό το χρόνο, θα πρέπει να

λάβουμε υπόψη μας και τον χρόνο επεξεργασίας των αιτημάτων από τον DHCPεξυπηρετητή.



0.012	Server Room	DHCP SERVER	DHCP
1.516	DHCP SERVER	Server Room	DHCP

Εικόνα 15. Χρόνος επεξεργασίας του DHCPεξυπηρετητή

Στην εικόνα δεκαπέντε, βλέπουμε ότι το DHCPαίτημα καταφτάνει στον DHCPεξυπηρετητή σε χρόνο 0,012 δευτερολέπτων. Το επόμενο πακέτο που δημιουργεί και αποστέλλει ο εξυπηρετητήςείναι στα 1,516 δευτερόλεπτα, πράγμα το οποίο σημαίνει ότι ο εξυπηρετητής χρειάστηκε συνολικά 1.504 δευτερόλεπτα από την στιγμή που έλαβε το DHCPαίτημα για να το επεξεργαστεί, να δημιουργήσει και να προωθήσει το απαντητικό μήνυμα στον αιτούντα υπολογιστή.

Κάνοντας αυτήν την παρατήρηση, βλέπουμε ότι εάν ο χρόνος επεξεργασίας του αιτήματος από τον DHCPεξυπηρετητήήταν μικρότερος, τότε θα μπορούσε ο αιτών υπολογιστής να εξυπηρετηθεί σε μικρότερο χρόνο, μιας και οι χρόνοι μεταφοράς των DHCP πακέτων από τον εκάστοτε υπολογιστή στον DHCPεξυπηρετητή και αντίστροφα, είναι πολύ μικροί.

Στην συνέχεια επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία, εκτελώντας διάφορα σενάρια λήψης IPδιεύθυνσης με μεγαλύτερο αριθμό υπολογιστών,ώστε να μπορέσουμε να παρατηρήσουμε τον μέσο συνολικό χρόνο υλοποίησης DHCPαιτημάτων από τον DHCPεξυπηρετητή.

3.7.2 Σενάριο 2

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση δύο υπολογιστών σε αίθουσες του κτηρίου ένα για λόγους μελέτης και πρακτικής εξάσκησης.

Για τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1 και PC16, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες ένα και δυο αντίστοιχα, του κτηρίου ένα.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απεικονίζονται στον πίνακα 8.

- **<u>Δυο υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,570
	PC16	1,572

2	PC1	1,561
	PC16	1,564
Μέση τιμή #1		1,565
Μέση τιμή #2		1,568
Συνολική Μέση Τιμή		*1,566*

Πίνακας 8. Δυο υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι ο μέσος συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για να υλοποιηθούν τα αιτήματα είναι 1,566 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος αυτός είναι σχεδόν ίδιος με αυτόν που χρειάστηκε ο ένας υπολογιστής.

3.7.3 Σενάριο 3

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση πέντε υπολογιστών σε αίθουσες των δυο κτηρίων για λόγους μελέτης και πρακτικής εξάσκησης.

Για τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1, PC16 και PC37,οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες ένα, δυο και τρία αντίστοιχα του πρώτου κτηρίου, και τους υπολογιστές PC100 και PC120, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες επτά και οκτώ του δευτέρου κτηρίου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απεικονίζονται στον πίνακα 9.

- **Πέντε υπολογιστές**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,561
	PC16	1,569
	PC37	1,579
	PC100	1,573
	PC120	1,567
2	PC1	1,568
	PC16	1,561

	PC37	1,571
	PC100	1,558
	PC120	1,564
Μέση τιμή #1		1,569
Μέση τιμή #2		1,564
Συνολική Μέση Τιμή		*1,566*

Πίνακας 9. Πέντε υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι ο μέσος συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για να υλοποιηθούν τα αιτήματα είναι 1,566 δευτερόλεπτα. Στο προηγούμενο σενάριο με τους δυο υπολογιστές, τα αιτήματα για διευθυνσιοδότηση υλοποιήθηκαν στο ίδιο χρονικό σημείο.

3.7.4 Σενάριο 4

Έστω ότι δέκα υπολογιστές της αίθουσας ένα μπαίνουν σε λειτουργία ταυτόχρονα για την διεξαγωγή ενός εργαστηριακού μαθήματος.

Για την διεξαγωγή αυτού του σεναρίου, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1 έως PC10 της αίθουσας ένα, του πρώτου κτηρίου.

- **<u>Δέκα υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,593
	PC2	1,585
	PC3	1,598
	PC4	1,573
	PC5	1,603
	PC6	1,583
	PC7	1,607
	PC8	1,589

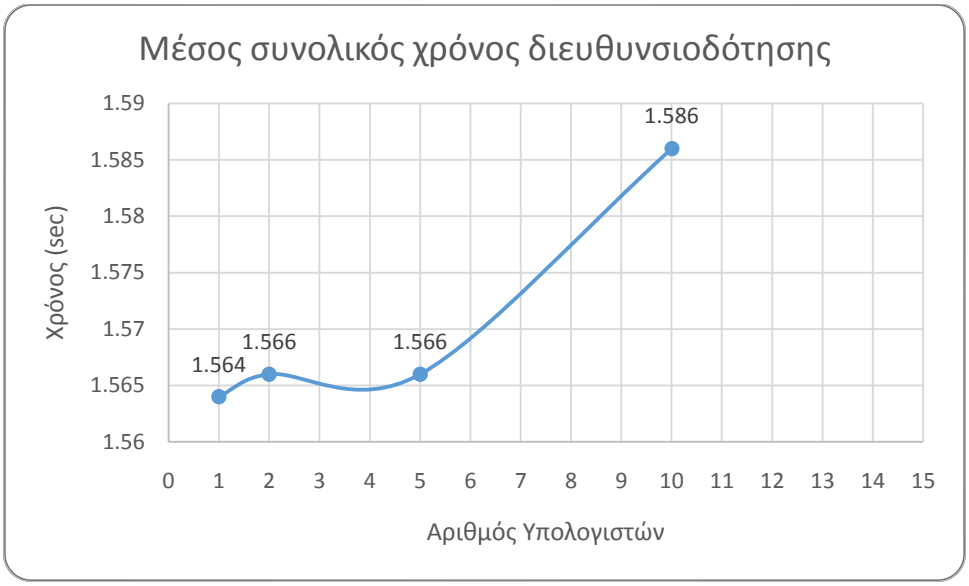
	PC9	1,576
	PC10	1,601
2	PC1	1,562
	PC2	1,572
	PC3	1,567
	PC4	1,580
	PC5	1,586
	PC6	1,582
	PC7	1,591
	PC8	1,596
	PC9	1,576
	PC10	1,601
Μέση τιμή #1		1,591
Μέση τιμή #2		1,581
Συνολική Μέση Τιμή		*1,586*

Πίνακας 10. Δέκα υπολογιστές

Παρατηρούμε, ότι ο μέσος συνολικός χρόνος ο οποίος χρειάστηκε για να ολοκληρωθούν τα ταυτόχρονα αιτήματα διευθυνσιοδότησης των δέκα υπολογιστών, είναι 1,586 δευτερόλεπτα. Με διπλάσιο αριθμό υπολογιστών, χρειάστηκε επιπλέον είκοσι χιλιοστά του δευτερολέπτου, μια διαφορά η οποία δεν επηρεάζειτην απόδοση της DHCPυπηρεσίας μας.

3.7.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Πραγματοποιώντας τα διάφορα σενάρια λήψης IP διεύθυνσης, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι ανεξαρτήτως του αριθμού των αιτούμενων υπολογιστών, η DHCPυπηρεσία αποδίδει εξίσου καλά.



Εικόνα 16. Μέσος συνολικός χρόνος διευθυνσιοδότησης αρχικής υλοποίησης

Στην εικόνα δεκαέξι, απεικονίζεται γραφικά ο μέσος συνολικός χρόνος υλοποίησης των αιτημάτων διευθυνσιοδότησης των υπολογιστών των διαφόρων σεναρίων. Οι χρόνοι απόκλισης από σενάριο σε σενάριο είναι της τάξης των λίγων χιλιοστών του δευτερολέπτου, απόκλιση η οποία δεν επηρεάζει την απόδοση της DHCPυπηρεσίας της υλοποίησής μας. Οι χρήστες μπορούν να λάβουν IP διεύθυνση, είτε επικρατούν συνθήκες αυξημένης ζήτησης της υπηρεσίας σε ώρες αιχμής, είτε σε ώρες μειωμένης ζήτησης της υπηρεσίας, σε συνθήκες μεμονωμένων αιτήσεων διευθυνσιοδότησης, σχεδόν την ίδια χρονική στιγμή.

3.8 Γενικές παρατηρήσεις και συμπεράσματα για την αρχική δικτυακή υλοποίηση

Πραγματοποιώντας τα διάφορα σενάρια αξιολόγησης των παρεχόμενων υπηρεσιών, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότιστην αρχική δικτυακή υλοποίησή μας, υπάρχουν πολλά αδύνατα σημεία.

Είδαμε πως σε ώρες αιχμής και με συνθήκες αυξημένης ζήτησης των διαθέσιμων πόρων του δικτύου, η παρούσα υλοποίηση δεν μπόρεσε να ανταπεξέλθει, θέτοντας ουσιαστικά το δίκτυο εκτός λειτουργίας.

Επίσης, η παρούσα υλοποίηση δεν παρέχει εναλλακτικές οδούς διέλευσης της κίνησης των δεδομένων του δικτύου.Έτσι λοιπόν, σε περίπτωση που βγει εκτός λειτουργίας κάποιος κεντρικός μεταγωγέας ορόφου, αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα να βγει εκτός δικτύου ολόκληρος ο εκάστοτε όροφος. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και εάν βγει εκτός λειτουργίας η διεπαφή του κεντρικού μεταγωγέα ορόφου που συνδέεται με τον κεντρικό μεταγωγέα του εκάστοτε κτηρίου. Τα ίδια αποτελέσματα θα έχουμε έστω και εάν χαλάσει το

UTP(UnshieldedTwistedPair) καλώδιο το οποίο συνδέει τον κεντρικό μεταγωγέα του εκάστοτε κτηρίου με κάποιο κεντρικό μεταγωγέα ορόφου.

Στην υλοποίησή μας, πέραν των εικονικών δικτύων τα οποία έχουμε ορίσει στις αίθουσες, δεν έχει ληφθεί κάποιο άλλο μέτρο για την ασφάλεια του δικτύου. Έτσι, η υλοποίησή μας είναι εξαιρετικά ευάλωτη στον οποιονδήποτε κακόβουλο χρήστη ο οποίος κατέχει βασικές γνώσεις προγραμματισμού δικτυακών συσκευών.

Συνοψίζοντας τα συμπεράσματα και τις παρατηρήσεις μας για αυτή την αρχική δικτυακή υλοποίηση, καταλήγουμε στο ότι είναι ανεπαρκής από πολλές απόψεις, και ότι δεν θα πρέπει να εφαρμοστεί η παρούσα εικονική υλοποίηση σε πραγματικό επίπεδο.

Στο επόμενο κεφάλαιο, εισάγουμε μια βελτιωμένη έκδοση της παρούσας υλοποίησης, με σκοπό να εξαλείψουμε τα αδύνατα σημεία τα οποία εντοπίσαμε και αναλύσαμε σε αυτό το κεφάλαιο.

4 Βελτιωμένο δίκτυο

Πραγματοποιούμε την βελτιωμένη έκδοση της αρχικής μας υλοποίησης, θέλοντας να διορθώσουμε τις αδυναμίες της αρχικής μας υλοποίησης. Η δομή του αρχικού δικτύου και οι παρεχόμενες υπηρεσίες παραμένουν οι ίδιες. Τροποποιούμε μόνο την καλωδίωση της αρχικής μας υλοποίησης καθώς και το υποδίκτυο στο οποίο ανήκουν οι εξυπηρετητές.

4.1 Τροποποίηση καλωδίωσης

Στην παρούσα υλοποίηση, αντικαθιστούμε την FastEthernetκαλωδίωση με GigabitEthernetκαι GigabitOpticalFiber (καλώδιο οπτικής ίνας). Οι υπολογιστές συνδέονται με τους μεταγωγείς της εκάστοτε αίθουσας με FastEthernetκαλώδιο. Οι μεταγωγείς των αιθουσών συνδέονται με GigabitEthernetκαλώδιο με τους κεντρικούς μεταγωγείς ορόφων. Τέλος, οι κεντρικοί μεταγωγείς ορόφων του κάθε κτηρίου, συνδέονται με τους κεντρικούς μεταγωγείς κτηρίου με GigabitOpticalFiberκαλωδίωση, όπως και οι δρομολογητές μεταξύ τους.

Οι εξυπηρετητές συνδέονται με GigabitOpticalFiberμε τον μεταγωγέα της αίθουσας τους, και ο μεταγωγέας με την σειρά του, συνδέεται επίσης με GigabitOpticalFiber με τον δρομολογητή.

4.2 Τεχνικές πλεονασμού

Στην υλοποίησή μας, εφαρμόζουμε τεχνικές πλεονασμού (redundancy), οι οποίες προσδίδουν ευελιξία και εναλλακτικές οδούς διέλευσης της κίνησης των δεδομένων του δικτύου, σε περίπτωση που απενεργοποιηθεί κάποια σύνδεση. Υπάρχουν δυο πρωτόκολλα που μας βοηθάνε να πετύχουμε τον πλεονασμό, αποφεύγοντας την αέναη κίνηση των δεδομένων που μπορεί να δημιουργηθεί (routingloop). Αυτά τα δυο πρωτόκολλα είναι το STP (SpanningTreeProtocol) και το LACP (LinkAggregationControlProtocol).

4.2.1 STP πρωτόκολλο[7.8]

ToSTP(SpanningTreeProtocol), είναιένα δικτυακό πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης δεδομένων (επίπεδο 2), το οποίο λειτουργεί σε μεταγωγείς. Η βασική λειτουργία του πρωτοκόλλου, είναι να αποτρέπει την δημιουργία βρόχων αέναης κίνησης δεδομένων στο δίκτυο. Το STPεπιτρέπει στον διαχειριστή μιας δικτυακής υλοποίησης, να συμπεριλάβει εφεδρικές συνδέσεις στους μεταγωγείς, με σκοπό να παραχθούν εφεδρικές διαδρομές για την κίνηση των δεδομένων, σε περίπτωση που κάποια ενεργή σύνδεση βγει εκτός λειτουργίας, χωρίς τον κίνδυνο δημιουργίας βρόχων αέναης κίνησης και δίχως να χρειαστεί ο διαχειριστής να ενεργοποιήσει χειροκίνητα τις εφεδρικές διαδρομές.

Όπως υπονοεί το όνομα του πρωτοκόλλου, το STPδημιουργεί ένα εκτεινόμενο δέντρο (spanningtree) μέσα σε ένα δίκτυο διασυνδεδεμένων μεταγωγέων επιπέδου ζεύξης δεδομένων (επίπεδο 2), απενεργοποιώντας τις συνδέσεις που δεν μετέχουν στο spanningtree, αφήνοντας μια μόνο ενεργή διαδρομή ανάμεσα σε οποιουσδήποτε δυο δικτυακούς κόμβους. Το STP, για να αποφύγει την δημιουργία βρόχων διατηρώντας την πρόσβαση σε όλα τα τοπικά

δίκτυα (LAN), οι μεταγωγείς συλλογικά υπολογίζουν ένα spanningtree, του οποίου το κόστος δεν είναι απαραιτήτως το χαμηλότερο. Ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί, εάν κρίνεται απαραίτητο, να χαμηλώσει το κόστος του spanningtree, αλλάζοντας μερικές από τις παραμέτρους ρύθμισης του πρωτοκόλλου, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να επηρεάσει την επιλογή του κεντρικού μεταγωγέα (rootbridge) του spanningtree.

- **Επιλογή κεντρικού μεταγωγέα**

Ο κεντρικός μεταγωγέας του spanningtree, είναι ο μεταγωγέας με το χαμηλότερο bridgeID. Κάθε μεταγωγέας έχει ένα ρυθμιζόμενο αριθμό προτεραιότητας και μία φυσική διεύθυνση (MACAddress), το bridgeIDπεριέχει και τους δυο αριθμούς συνδυασμένους - προτεραιότητα μεταγωγέα και φυσική διεύθυνση, για παράδειγμα ο αριθμός 32768.0200.0000.1111. Ο αριθμός προτεραιότητας του μεταγωγέα, είναι εξ ορισμού το 32768, ο οποίος μπορεί να ρυθμιστεί μόνο σε πολλαπλάσια του 4096.

Συγκρίνοντας δυο bridgeIDs, οι τομείς των αριθμών προτεραιότητας συγκρίνονται πρώτα, και οι φυσικές διευθύνσεις συγκρίνονται μόνο εάν οι αριθμοί προτεραιότητας είναι οι ίδιοι. Απ’ όλους τους μεταγωγείς, ο μεταγωγέας με τον χαμηλότερο αριθμό προτεραιότητας εκλέγεται να είναι ο κεντρικός μεταγωγέας. Σε περίπτωση που οι αριθμοί προτεραιότητας σε δυο μεταγωγείς είναι οι ίδιοι, τότε ο μεταγωγέας με την μικρότερη φυσική διεύθυνση εκλέγεται ως ο κεντρικός. Για παράδειγμα, αν ο μεταγωγέας Α έχει φυσική διεύθυνση το 0200.0000.1111, και ο μεταγωγέας Β έχει φυσική διεύθυνση το 0200.0000.2222, έχοντας και οι δυο αριθμό προτεραιότητας το 32768, τότε ο μεταγωγέας Α θα εκλεχτεί ως κεντρικός. Εάν ο διαχειριστής δικτύου θέλει τον μεταγωγέα Β να εκλεχτεί ως κεντρικός, πρέπει να ορίσει τον αριθμό προτεραιότητας του, σε αριθμό μικρότερο του 32768.

Το STPέχει προβλέψει την πιθανότητα ο κεντρικός μεταγωγέας να έχει παραπάνω από μια θύρες στο ίδιο τοπικό δίκτυο. Σε αυτή την περίπτωση, η θύρα με το χαμηλότερο portID, ορίζεται ως η κύρια θύρα (designatedport) γι’ αυτό το δίκτυο, και τίθεται σε λειτουργία προώθησης (forwardingmode) της κίνησης των δεδομένων, ενώ οι υπόλοιπες θύρες σε αυτό το δίκτυοκαθίστανται ως μη κύριες θύρες (non-designatedports), και τίθενται σε λειτουργία μπλοκαρίσματος (blockingmode).

- **Καθορισμός διαδρομής χαμηλότερου κόστους προς τον κεντρικό μεταγωγέα**

Το STP, έχει την ιδιότητα κάθε διασυνδεδεμένη συσκευή να στέλνει μηνύματα προς τον κεντρικό μεταγωγέα, διασχίζοντας την διαδρομή με το χαμηλότερο κόστος, ανάμεσα σε όλες τις διαθέσιμες διαδρομές συσκευής – κεντρικού μεταγωγέα. Το κόστος του να διασχίσει μια διαδρομή, είναι το άθροισμα του κόστους των τμημάτων της διαδρομής. Διαφορετικές τεχνολογίες έχουν διαφορετικά εξ ορισμού κόστη, για τα τμήματα του δικτύου. Ένας διαχειριστής μπορεί να ρυθμίσει το κόστος διάσχισης μιας διαδρομής ενός συγκεκριμένου τμήματος του δικτύου. Η ιδιότητα ότι τα μηνύματα προς τον κεντρικό μεταγωγέα, πάντα μεταδίδονται μέσω της διαδρομής με το λιγότερο κόστος, διασφαλίζεται από τους ακόλουθους δυο κανόνες.

- *Διαδρομή χαμηλότερου κόστους από κάθε μεταγωγέα*. Μετά την εκλογή του κεντρικού μεταγωγέα, κάθε μεταγωγέας ορίζει το κόστος κάθε πιθανής διαδρομής από τον εαυτό του στον κεντρικό μεταγωγέα. Από αυτές, διαλέγει αυτή με το χαμηλότερο κόστος. Η θύρα η οποία συνδέει αυτή την διαδρομή, γίνεται η κύρια θύρα (rootport) του μεταγωγέα.
- *Διαδρομή χαμηλότερου κόστους από κάθε τμήμα του δικτύου*. Οι μεταγωγείς σε ένα τμήμα του δικτύου, συλλογικά ορίζουν ποιος μεταγωγέας έχει την διαδρομή χαμηλότερου κόστους προς τον κεντρικό μεταγωγέα. Η θύρα η οποία συνδέει τον μεταγωγέα με το τμήμα του δικτύου, είναι η κύρια θύρα (designatedport) για το τμήμα αυτό.

- **Απενεργοποίηση όλων των υπολοίπων διαδρομών προς το κεντρικό μεταγωγέα.**

Όλες οι ενεργές θύρες που δεν έχουν οριστεί ως κύριες (designatedήrootθύρες), τίθενται ως μπλοκαρισμένες θύρες (blockedports).

- **Ρυθμός δεδομένων και STPκόστος διαδρομών**

Η ταχύτητα των συνδέσεων καθορίζει το κόστος διαδρομής για το STPπρωτόκολλο. Ο πίνακας ένδεκα παρουσιάζει τις αντιστοιχίσεις της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων, με τα κόστη για το STP.

Ρυθμός μετάδοσης	*STP κόστος*
4 Mbit/s	250
10 Mbit/s	100

16 Mbit/s	62
100 Mbit/s	19
1 Gbit/s	4
2 Gbit/s	3
10 Gbit/s	2

Πίνακας 11. Κόστη STP πρωτοκόλλου

- Bridge Protocol Data Unit (BPDU)

Οι κανόνες που αναφέραμε προηγουμένως, περιγράφουν τον τρόπο υπολογισμού του spanningtree από τον αλγόριθμο. Οι μεταγωγείς πρέπει να ορίσουν τον κεντρικό μεταγωγέα και τον ρόλο των θυρών (root, designatedή blocked), χρησιμοποιώντας μόνο τις πληροφορίες που κατέχουν. Για να διασφαλιστεί ότι κάθε μεταγωγέας κατέχει αρκετές πληροφορίες, οι μεταγωγείς χρησιμοποιούν ειδικά πλαίσια δεδομένων που ονομάζονται Bridge Protocol DataUnits (BPDUs), για ανταλλαγή πληροφοριών ως προς τα κόστη προς τον κεντρικό μεταγωγέα και τα bridgeIDs.

Ο μεταγωγέας στέλνει ένα BPDUπλαίσιο χρησιμοποιώντας την φυσική διεύθυνση της θύρας ως διεύθυνση πηγής, και ως διεύθυνση προορισμού θέτει την STPmulticastδιεύθυνση 01:80:C2:00:00:00.

Υπάρχουν δυο είδη BPDUπλαισίων, το CBPDU (ConfigurationBPDU), το οποίο χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του spanningtree, και το TCN (TopologyChangeNotification) BPDU, το οποίο χρησιμοποιείται για την αναγγελία αλλαγής της δικτυακής τοπολογίας.

Τα BPDUsανταλλάσσονται εξ ορισμού κάθε δυο δευτερόλεπτα, πράγμα το οποίο επιτρέπει στους μεταγωγείς να παραμείνουν ενημερωμένοι για κάποια πιθανή αλλαγή της δικτυακής τοπολογίας, έτσι ώστε να επιτρέπουν ή να αποτρέπουν την κίνηση δεδομένων στις θύρες τους, αναλόγως μετις πληροφορίες που λαμβάνουν.

- **STP καταστάσεις θυρών στους μεταγωγείς**

Όταν μια συσκευή συνδέεται σε κάποια θύρα μεταγωγέα, η θύρα δεν θα αρχίσει αμέσως να μεταδίδει δεδομένα. Αντιθέτως, περνάει από διάφορα στάδια που καθορίζουν τη λειτουργία της θύρας.

  - **Blocking** : Μια θύρα που θα προκαλούσε βρόχους αέναης κίνησης δεδομένων εάν ήταν ενεργή. Κανένα δεδομένο δεν

στέλνεται ή λαμβάνεται από μια μπλοκαρισμένη θύρα, αλλά μπορεί να αρχίσει να προωθεί δεδομένα (forwardingmode) σε περίπτωση που άλλες ενεργές θύρες βγουν εκτός λειτουργίας. BPDUπλαίσια λαμβάνονται ακόμα κι αν η θύρα είναι μπλοκαρισμένη.

- **Listening** : Ο μεταγωγέας επεξεργάζεται τα BPDUs και περιμένει πιθανόννέες πληροφορίες που ίσως θέσουν την κατάσταση λειτουργίας του σε μπλοκαρισμένη. Σε αυτή την κατάσταση, οι θύρες δεν προωθούν πλαίσια και δεν καταχωρούν φυσικές διευθύνσεις στην βάση δεδομένων του μεταγωγέα.
- **Learning**: Ενώ οι θύρες δεν προωθούν ακόμη πλαίσια, ο μεταγωγέας μπορεί να μάθει διευθύνσεις πηγών αλλά και φυσικές διευθύνσεις από πλαίσια που λαμβάνει, και τις προσθέτει στην βάση δεδομένων του.
- **Forwarding** : Μια θύρα η οποία λαμβάνει και στέλνει δεδομένα. Το STPακόμα παρακολουθεί τα εισερχόμενα BPDUs, τα οποία υποδεικνύουν εάν η θύρα θα πρέπει να μπει σε κατάσταση μπλοκαρίσματος, με σκοπό να αποτραπεί κάποιος βρόχος αέναης κίνησης δεδομένων.
- **Disabled**: Αυτή η κατάσταση δεν ανήκει αυστηρά στο STPπρωτόκολλο, μιας και ο διαχειριστής του δικτύου μπορεί να απενεργοποιήσει κάποια θύρα του μεταγωγέα χειροκίνητα.

Για να επιτύχουμε πλεονασμό στην υλοποίησή μας χρησιμοποιώντας το STPπρωτόκολλο, συνδέουμε τις δυο GigabitEthernetθύρες των μεταγωγέων αιθουσών, μία σε κάθε κεντρικό μεταγωγέα ορόφου.Με αυτόν τον τρόπο διασύνδεσης, καταφέρνουμε να αυξήσουμε την αξιοπιστία της δικτυακής μας υλοποίησης. Αυτό συμβαίνει γιατί σε περίπτωση που βγει εκτός λειτουργίας ο κεντρικός μεταγωγέας του πρώτου ορόφου, η κίνηση των δεδομένων του δικτύου έχει εναλλακτική οδό τονμεταγωγέα του ισογείου ορόφου. Επίσης σε περίπτωση που ο κεντρικόςμεταγωγέας του ισογείου ορόφου βγει εκτός λειτουργίας, η κίνηση των δεδομένων έχει εναλλακτική οδό τον κεντρικό μεταγωγέα του πρώτου ορόφου.

4.2.2 LACP πρωτόκολλο[7.9]

Ο όρος άθροιση συνδέσεων (linkaggregation), χρησιμοποιείται για διάφορες μεθόδους παράλληλης σύνδεσης πολλαπλών δικτυακών συνδέσεων, με σκοπό την αύξηση της ταχύτητας μετάδοσης δεδομένων πέραν από ότι θα

μπορούσε μια απλή μονή σύνδεση να αποδώσει, παρέχοντας επίσης την ιδιότητα του πλεονασμού σε περίπτωση που κάποια ή κάποιες ενεργές συνδέσεις, απενεργοποιηθούν.

Δικτυακές αρχιτεκτονικές μπορούν να εφαρμόσουν την άθροιση συνδέσεων σε καθένα από τα τρία πρώτα επίπεδα του μοντέλου OSI.

- Παράδειγμα άθροισης για το φυσικό επίπεδο, είναι οι ασύρματες (IEEE 802.11) δικτυακές συσκευές, οι οποίες συνδυάζουν πολλαπλά εύρη συχνοτήτων.
- Στο επίπεδο ζεύξης δεδομένων, η άθροιση συνδέσεων συνήθως πραγματοποιείται ανάμεσα σε θύρες μεταγωγέων (Ethernet πλαίσια για τα τοπικά δίκτυα - LAN, ή το πολλαπλής σύνδεσης PPP για τα δίκτυα ευρείας περιοχής - WAN), οι οποίες μπορούν να είναι είτε φυσικές θύρες, είτε εικονικές, διαχειριζόμενες από ένα λειτουργικό σύστημα.
- Στο επίπεδο δικτύου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον round-robinσχεδιασμό.

Ανεξαρτήτως του επιπέδου λειτουργίας της άθροισης συνδέσεων (aggregation),εξισορροπεί τον φόρτο δεδομένων σε όλες του τις συνδέσεις. Οι περισσότερες μέθοδοι παρέχουν επίσης τεχνικές ανάκαμψης, σε περιπτώσεις σφάλματος.

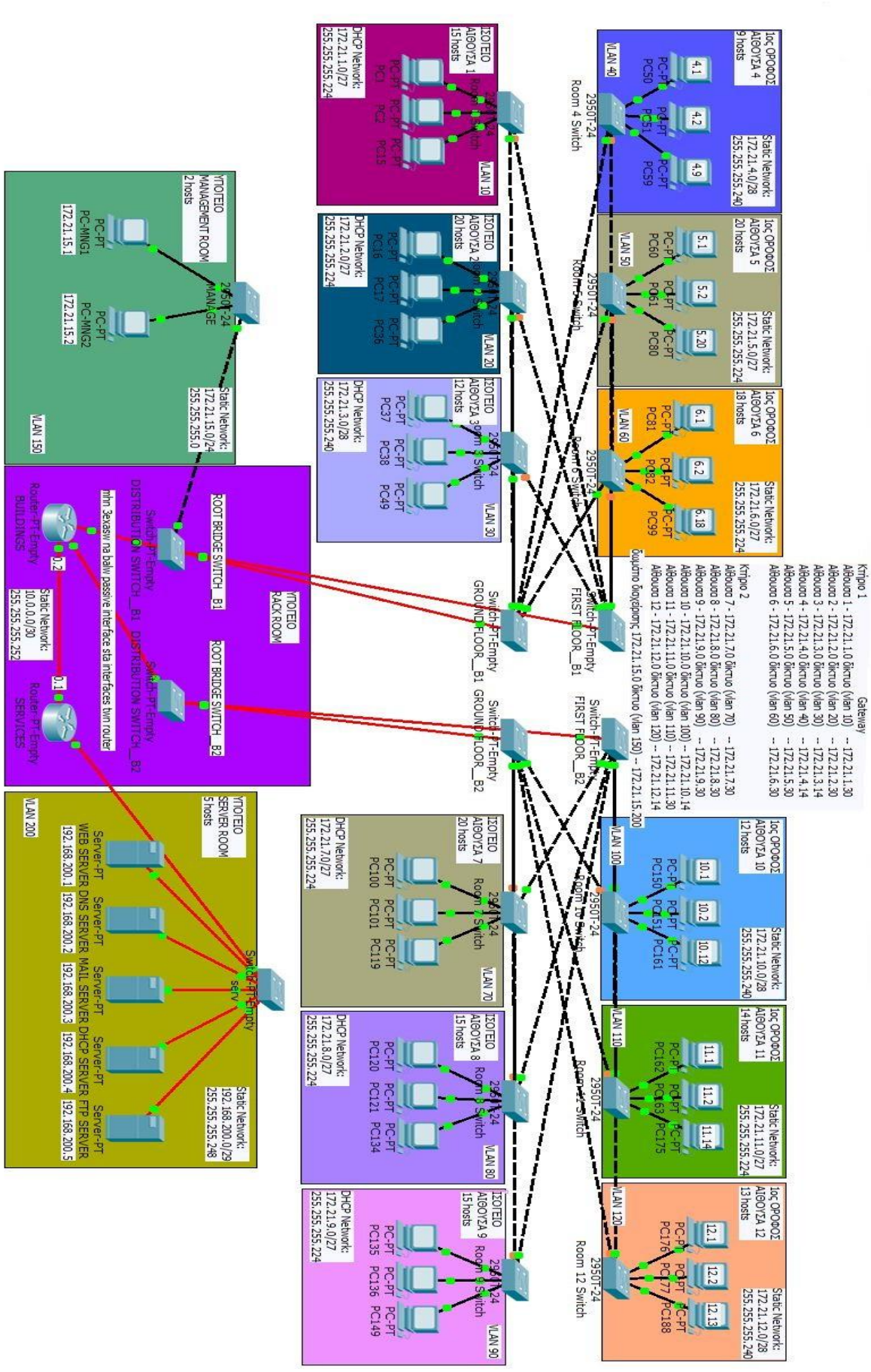
Ο συνδυασμός μπορεί να συμβεί, έτσι ώστε πολλαπλές διεπαφές να μοιράζονται μια κοινή λογική διεύθυνση, για παράδειγμα μια IP διεύθυνση, είτε μια φυσική διεύθυνση, είτε να μπορεί κάθε διεπαφή να έχει την δική της διεύθυνση.

Το πρωτόκολλο LACPπαρέχει μια μέθοδο για να μπορεί να ελέγξει την ομαδοποίηση αρκετών φυσικών θυρών μαζί, για να σχηματίσει ένα μοναδικό λογικό κανάλι. Το πρωτόκολλο LACP επιτρέπει σε μια δικτυακή συσκευή να διαπραγματευτεί μια αυτόματη ομαδοποίηση των συνδέσεων, στέλνοντας LACPπακέτα σε μιαάμεσα συνδεδεμένη συσκευή, στην οποία λειτουργεί το ίδιο πρωτόκολλο.

Ο μέγιστος επιτρεπόμενος αριθμόςομαδοποιημένων θυρών διαφέρει από συσκευή σε συσκευή. Ο συνήθης αριθμός επιτρεπόμενων θυρών είναι από μια έως οκτώ. Τα LACPπακέτα αποστέλλονται με την multicastφυσική διεύθυνση 0180.c200.0002(01-80-c2-00-00-02). Κατά την διάρκεια ανίχνευσης του LACP πρωτοκόλλου, τα LACPπακέτα μεταδίδονται κάθε ένα δευτερόλεπτο.Ένας μηχανισμός διατήρησης της σύνδεσης (keepalivemechanism) στέλνει πακέτα σε

όλες τις άμεσα συνδεδεμένες συσκευές, σε καθορισμένες χρονικές στιγμές. Οι εξ ορισμού χρονικές τιμές, είναι ένα δευτερόλεπτο για την γρήγορη λειτουργία, και 30 δευτερόλεπτα για την αργή. Το πρωτόκολλο LACPέχει την δυνατότητα να παρέχει εξισορρόπηση του φόρτου δεδομένων στις συνδέσεις που συμμετέχουν σε κάποιο port-channel. Τα port-channelsέχουν δυο τρόπους ρύθμισης για την λειτουργία τους, active, όπου η επιλογή του επιτρέπει την άνευ όρων λειτουργία του LACPπρωτοκόλλου, και passive, όπου ενεργοποιείται το LACP μόνο εάν μια άμεσα συνδεδεμένη συσκευή χρησιμοποιεί το LACPπρωτόκολλο.

Για να λειτουργήσει το LACPπρωτόκολλο, θα πρέπει και τα δυο άκρα της σύνδεσης (για παράδειγμα οι θύρες των μεταγωγέων), θα πρέπει να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά, καθώς και τις ίδιες ρυθμίσεις του LACPπρωτοκόλλου. Σε διαφορετική περίπτωση των παραπάνω, δεν τίθεται σε εφαρμογή το πρωτόκολλο, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η λειτουργία των θυρών των μεταγωγέων, οι οποίες έχουν επιλεγεί να χρησιμοποιήσουν το πρωτόκολλο.



Εικόνα 17. Βελτιωμένη δικτυακή υλοποίηση

4.3 Πειραματικές δοκιμές με χρήση του FTP εξυπηρετητή

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ των δυο δικτυακών υλοποιήσεων, πραγματοποιούμαι τα ίδια σενάρια λήψης του ίδιου αρχείου από τον FTPεξυπηρετητή.

4.3.1 Σενάριο 1

Έστω αρχικά, ότι ένας καθηγητής χρειάζεται να κατεβάσει ένα αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή για τις ανάγκες διεξαγωγής ενός εργαστηρίου.

Για την πειραματική μας μέτρηση, χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή PC50, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα τέσσερα του πρώτου κτηρίου. Ακολουθώντας την διαδικασία που αναφέραμε προηγουμένως, αποκτάμε πρόσβαση στον FTP εξυπηρετητή. Εκτελούμε την εντολή *"dir"*(directory), η οποία εφόσον έχουμε τις κατάλληλες άδειες-δικαιώματα ορισμένες στο λογαριασμό μας, μας επιτρέπει ή όχι, να δούμε την λίστα με τα ως προς διάθεση αρχεία που βρίσκονται στον FTP εξυπηρετητή. Εκτελώντας την εντολή *"get όνομα_αρχείου"*, εκκινούμε την διαδικασία λήψης του αρχείου.

Από την στιγμή που εκτελούμε την εντολή, περιμένουμε να διαπιστώσουμε το πόσο χρόνο χρειάστηκε για να ολοκληρωθεί η λήψη του αρχείου καθώς και τον ρυθμό μετάδοσης. Τα αποτελέσματα των δυο πειραματικών μετρήσεων συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **<u>Ένας υπολογιστής</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	10,87	117444
2	PC50	11,43	111660
Μέση τιμή		11,15	114552

Πίνακας 12. Ένας υπολογιστής

Βάση των αποτελεσμάτων, παρατηρούμε ότι η χρονική απόκλιση είναι μόλις μισό δευτερόλεπτο. Ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης είναι 11,15 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 114552 bytes ανά δευτερόλεπτο.

Στην συνέχεια προσομοιώνουμε την ίδια διαδικασία, αυτή τη φορά χρησιμοποιώντας δυο υπολογιστές.

4.3.2 Σενάριο 2

Έστω ότι δυο καθηγητές, ένας σε κάθε κτήριο,χρειάζονται ταυτόχρονα το ίδιο αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή.

Για την πειραματική μας μέτρηση,χρησιμοποιούμετον υπολογιστή PC50, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα τέσσερα του πρώτου κτηρίου, και τον υπολογιστή PC150, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα δέκα του δευτέρου κτηρίου. Οι πειραματικές μετρήσεις πραγματοποιούνται ξανά δυο φορές, για να μπορέσουμε να δούμε εάν υπάρχει μεγάλη απόκλιση στα τελικά αποτελέσματα.

Εκτελώντας την ίδια διαδικασία με πριν, για την πρόσβαση στον FTPεξυπηρετητή και για την λήψη του αρχείου, προχωράμε στις πειραματικές μας μετρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτών απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **<u>Δυο υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	21,56	59195
	PC150	21,07	60577
2	PC50	22,39	57014
	PC150	22,03	57951
Μέση τιμή #1		21,31	59886
Μέση τιμή #2		22,21	57482
Συνολική Μέση Τιμή		*22,26*	*58684*

Πίνακας 13. Δυο υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι για δυο υπολογιστές οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου, ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου είναι 22,26 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 58684 bytes ανά δευτερόλεπτο.

Στην συνέχεια,επαναλαμβάνουμε την πειραματική μας μέτρηση, αυτή την φορά χρησιμοποιώντας πέντε υπολογιστές οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του συγκεκριμένου αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή.

4.3.3 Σενάριο 3

Έστω ότι πέντε φοιτητές, καθένας σε διαφορετική αίθουσα των δυο κτηρίων του ιδρύματος, χρειάζεται να πραγματοποιήσουν ταυτόχρονη λήψητου ίδιου αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή για τις ανάγκες εργαστηριακών μαθημάτων.

Για την πειραματική μας μέτρηση,χρησιμοποιούμετους υπολογιστές PC50, PC60 και PC81, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες τέσσερα, πέντε και έξι αντίστοιχα του κτηρίου ένα, καθώς και τους υπολογιστές PC150 και PC162, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες δέκα και ένδεκα αντίστοιχα, του δευτέρου κτηρίου.

Εκτελώντας τα ίδια βήματα για την πρόσβαση στον FTPεξυπηρετητή και για την λήψη του αρχείου, προχωράμε στις πειραματικές μας μετρήσεις. Τα αποτελέσματα αυτών απεικονίζονται στον παρακάτω πίνακα.

- **<u>Πέντε υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC50	68,84	18544
	PC60	59,01	21633
	PC81	72,77	17542
	PC150	73,94	17265
	PC162	70,08	18215
2	PC50	73,95	17263
	PC60	74,47	17143
	PC81	73,71	17318
	PC150	61,21	20856
	PC162	65,09	19613

Μέση τιμή #1	68,93	18640
Μέση τιμή #2	69,87	18439
Συνολική Μέση Τιμή	*69,4*	*18540*

Πίνακας 14. Πέντε υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι για πέντε υπολογιστές οι οποίοι πραγματοποιούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου, ο μέσοςσυνολικός χρόνος λήψης του αρχείου είναι 69,4 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 18540 bytes ανά δευτερόλεπτο.

4.3.4 Σενάριο 4

Έστω ότι σε μια αίθουσα ξεκινάει ένα εργαστηριακό μάθημα, και για τις ανάγκες διεξαγωγής του εργαστηρίου οι φοιτητές που μετέχουν σε αυτό θα πρέπει να κατεβάσουν από τον FTP εξυπηρετητή ένα συγκεκριμένο αρχείο.

Για την επόμενη πειραματική μέτρηση, χρησιμοποιούμε την Αίθουσα ένα του κτηρίου ένα. Για να πραγματοποιήσουμε την μέτρηση, γεμίζουμε την αίθουσα με τους υπολογιστές που έχουμε ορίσει ότι βρίσκονται σε αυτήν, και οι οποίοι λαμβάνουν την IP διεύθυνσή τους μέσω του DHCP εξυπηρετητή. Ο αριθμός των υπολογιστών που απαρτίζουν την αίθουσα ένα, είναι δεκαπέντε. Όπως και για τις προηγούμενες πειραματικές μετρήσεις έτσι και σε αυτήν, οι υπολογιστές της αίθουσας ένα, χρειάζονται να κατεβάσουν το ίδιο αρχείο από τον FTP εξυπηρετητή ταυτόχρονα.

- **<u>Δεκαπέντε υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC1	286,60	4454
	PC2	231,19	5522
	PC3	275,91	4626
	PC4	274,45	4651
	PC5	275,72	4630
	PC6	263,86	4838
	PC7	283,87	4497
	PC8	280,07	4558
	PC9	267,88	4765
	PC10	281,96	4527
	PC11	277,99	4592
	PC12	235,88	5412
	PC13	287,25	4444
	PC14	241,37	5288
	PC15	278,71	4580
2	PC1	244,41	5223
	PC2	242,81	5257
	PC3	271,21	4707
	PC4	222,15	5746
	PC5	263,80	4839
	PC6	252	5065
	PC7	264,32	4829

	PC8	251,66	5072
	PC9	233,14	5475
	PC10	255,50	4996
	PC11	248,14	5144
	PC12	249,90	5108
	PC13	266,26	4794
	PC14	273,67	4664
	PC15	267,44	4773
Μέση τιμή #1		269,51	4759
Μέση τιμή #2		253,76	5046
Συνολική Μέση Τιμή		*261,68*	*4902*

Πίνακας 15. Δεκαπέντε υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι στην πρώτη πειραματική μέτρηση, ο μέσος χρόνος λήψης του αρχείου είναι 269,51 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 4759bytes ανά δευτερόλεπτο. Στην δεύτερη πειραματική μέτρηση, ο μέσος χρόνος λήψης του αρχείου είναι 253,76 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 5046bytes ανά δευτερόλεπτο. Ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου είναι 261,68 δευτερόλεπτα, και ο συνολικός μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 4902 bytesανά δευτερόλεπτο.

4.3.5 Σενάριο 5

Έστω ότι σε δυο αίθουσες, μια σε κάθε κτήριο, ξεκινάει ένα εργαστηριακό μάθημα, όπου για τις ανάγκες διεξαγωγής του εργαστηρίου οι φοιτητές που μετέχουν σε αυτό θα πρέπει να κατεβάσουν από τον FTP εξυπηρετητή ένα συγκεκριμένο αρχείο.

Για την επόμενη πειραματική μας μέτρηση, χρησιμοποιούμε την Αίθουσα ένα του κτηρίου ένα, καθώς και την Αίθουσα εννέα του κτηρίου δυο. Για να πραγματοποιήσουμε την μέτρηση, συμπληρώνουμε τις αίθουσες ένα και εννέα, με τους υπολογιστές που έχουμε ορίσει ότι θα βρίσκονται σε αυτές, και οι οποίοι λαμβάνουν την IP διεύθυνσή τους μέσω του DHCPServer. Ο αριθμός των υπολογιστών που απαρτίζουν την κάθε αίθουσα είναι δεκαπέντε, οπότε ο συνολικός αριθμός των υπολογιστών που θα κάνουν ταυτόχρονη λήψη του

αρχείου είναι τριάντα. Όπως και στις προηγούμενες πειραματικές μετρήσεις έτσι και σε αυτήν, οι υπολογιστές της αίθουσας ένα και της αίθουσας εννέαεκτελούν ταυτόχρονη λήψη του ίδιου αρχείου από τον FTPεξυπηρετητή. Η πειραματική μέτρηση πραγματοποιείται δυο φορές για να δούμε αν υπάρχει μεγάλη απόκλιση ως προς τον συνολικό μέσο χρόνο λήψης και τον μέσο ρυθμό μετάδοσης του αρχείου από την μια πειραματική μέτρηση στην άλλη.

- Τριάντα υπολογιστές

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
1	PC1	418,28	3052
	PC2	454,11	2808
	PC3	FTP Peer Reset	------
	PC4	480,88	2654
	PC5	FTP Peer Reset	------
	PC6	372,56	3426
	PC7	428,15	2981
	PC8	FTP Peer Reset	------
	PC9	477,02	2676
	PC10	FTP Peer Reset	------
	PC11	481,05	2653
	PC12	FTP Peer Reset	------
	PC13	483,38	2640
	PC14	450,51	2883
	PC15	457,94	2787
	PC135	460,65	2771
	PC136	481,35	2652
	PC137	450,03	2836
	PC138	469,84	2717
	PC139	477,97	2670
	PC140	484,21	2636

	PC141	457,05	2793
	PC142	456,24	2798
	PC143	474,33	2691
	PC144	FTP Peer Reset	------
	PC145	481,84	2649
	PC146	481,68	2650
	PC147	428,44	2979
	PC148	427,02	2989
	PC149	480,75	2655
Μέση τιμή #1		459	2794

Πίνακας 16. Πρώτη πειραματική μέτρηση για τριάντα υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι στην πρώτη πειραματική μέτρηση, οι είκοσι τέσσερις από τους τριάντα υπολογιστές κατάφεραν να ολοκληρώσουν την λήψη του αρχείου, ενώ μόλις έξι απέτυχαν. Ο συνολικός μέσος χρόνος λήψης του αρχείου από τους υπολογιστές που κατάφεραν να το λάβουν είναι 459 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 2794bytes ανά δευτερόλεπτο.

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*	*Ρυθμός Μετάδοσης (bytes/sec)*
2	PC1	FTPPeerReset	------
	PC2	443,40	2879
	PC3	462,03	2763
	PC4	440,99	2894
	PC5	FTP Peer Reset	------
	PC6	472,16	2703
	PC7	FTP Peer Reset	------
	PC8	FTP Peer Reset	------
	PC9	FTP Peer Reset	------
	PC10	406,26	3142
	PC11	FTP Peer Reset	------

PC12	454,24	2810
PC13	390,73	3267
PC14	448,26	2847
PC15	466,74	2735
PC135	450,27	2835
PC136	FTP Peer Reset	------
PC137	452,63	2820
PC138	430,70	2964
PC139	413,04	3090
PC140	454,88	2806
PC141	406,95	3137
PC142	468,32	2725
PC143	460,59	2771
PC144	461,29	2767
PC145	469,62	2718
PC146	466,16	2738
PC147	470,02	2716
PC148	442,36	2885
PC149	472,24	2703
Μέση τιμή #2	448	2857

Πίνακας 17. Δεύτερη πειραματική μέτρηση για τριάντα υπολογιστές

Παρατηρούμε ότι στην δεύτερη πειραματική μέτρηση, οι επτά από τους τριάντα υπολογιστές δεν κατάφεραν να ολοκληρώσουν την λήψη του αρχείου, ενώ ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου από τους υπολογιστές που κατάφεραν να το λάβουν είναι 448 δευτερόλεπτα, και ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 2857bytes ανά δευτερόλεπτο.

Μέση τιμή #1	459	2794
Μέση τιμή #2	448	2857
Συνολική Μέση Τιμή	***453,5***	***2826***

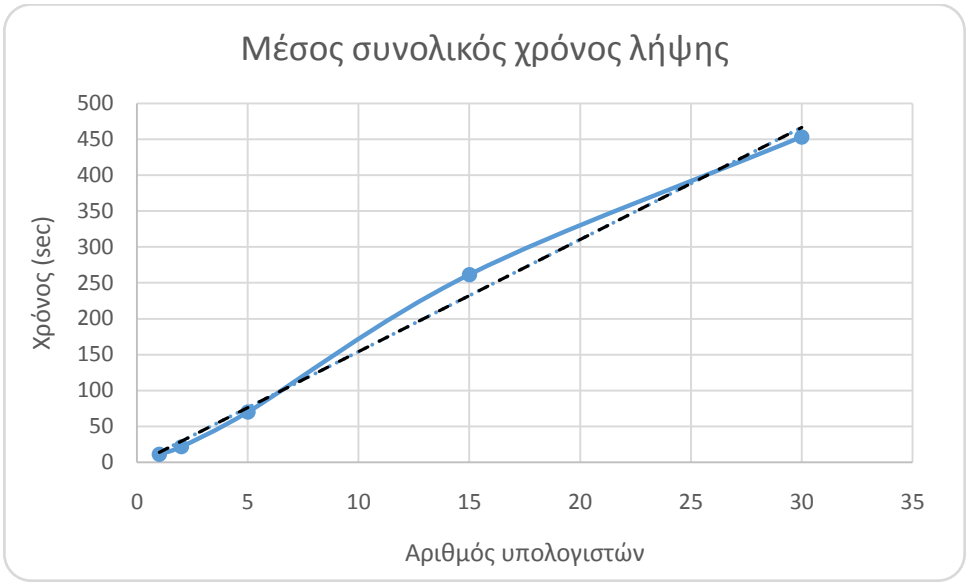
Πίνακας 18. Μέσες συνολικές αποδώσεις για τριάντα υπολογιστές

Στον πίνακα δεκαοκτώ, παρατηρούμε ότι ο μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου για τριάντα υπολογιστές είναι 453,5 δευτερόλεπτα, ενώ ο μέσος ρυθμός μετάδοσης είναι 2826 bytesανά δευτερόλεπτο.

4.3.6 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

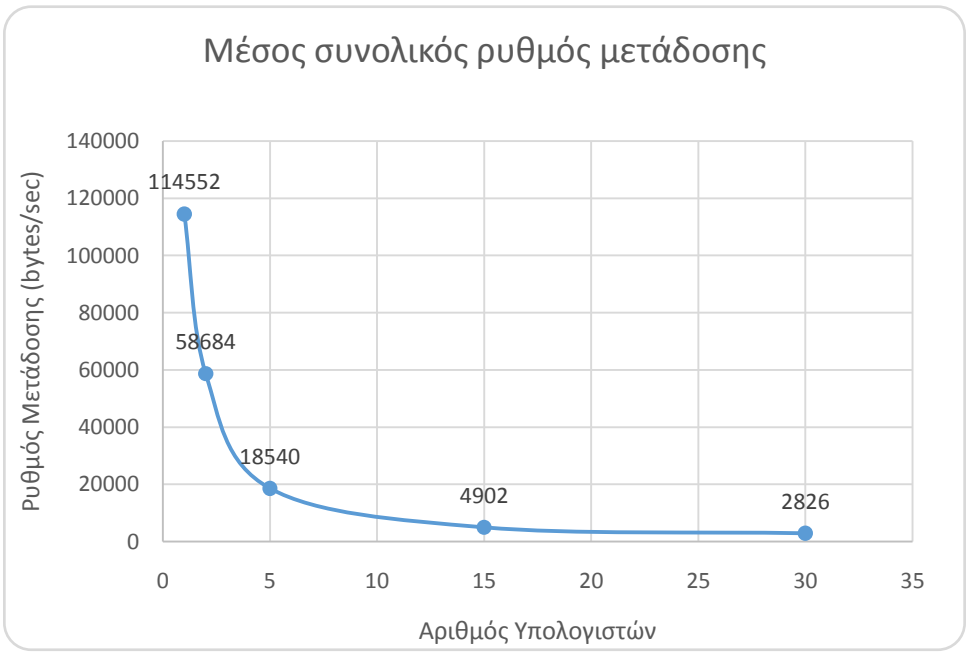
Πραγματοποιώντας τα διάφορα σενάρια λήψης ενός συγκεκριμένου αρχείου από τον FTPεξυπηρετητή, συμπεραίνουμε ότι η βελτιωμένη έκδοση της δικτυακήςμας υλοποίησης,λειτουργεί πολύ καλύτερα σε σχέση με την αρχική υλοποίηση. Υπό συνθήκες χαμηλής ζήτησης των πόρων του δικτύου, ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει με άλλους χρήστες του δικτύου και να κάνει χρήση των διαθέσιμων υπηρεσιών. Όμως και σε συνθήκες αυξημένης ζήτησης, για τις ώρες αιχμής, η παρούσα υλοποίηση μπορεί να ανταποκριθεί σε πολύ πιο ικανοποιητικό βαθμό από ότι η αρχική.

Στην εικόνα δεκαοκτώ, παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση του μέσου συνολικού χρόνου λήψης του αρχείου για την βελτιωμένη υλοποίηση είναι γραμμική. Ο απαιτούμενος χρόνος λήψης διπλασιάζεται από τον έναν υπολογιστή στους δυο.Από τους δυο υπολογιστές στους πέντε, απαιτείται δυόμιση φορές περισσότερος χρόνος.Από τους πέντε υπολογιστές στους δεκαπέντε, και από τους δεκαπέντε στους τριάντα, ο συνολικός μέσος χρόνος λήψης, αυξάνεται γραμμικά.



Εικόνα 18. Μέσος συνολικός χρόνος λήψης βελτιωμένης υλοποίησης

Αντιστοίχως, για τον μέσο συνολικό ρυθμό μετάδοσης του αρχείου για την βελτιωμένη υλοποίηση, παρατηρούμε στην εικόνα δεκαεννέα, ότι η γραφική παράσταση μοιάζει με υπερβολή. Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης του αρχείου από τον έναν υπολογιστή στους δυο είναι ο μισός, και το ίδιο συμβαίνει από τους δυο υπολογιστές στους πέντε. Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης για τους δεκαπέντε και τριάντα υπολογιστές μειώνεται πάλι σχεδόν στον μισό.



Εικόνα 19. Μέσος συνολικός ρυθμός μετάδοσης βελτιωμένης υλοποίησης

4.4 Πειραματικές δοκιμές με χρήση του DHCP εξυπηρετητή

Όπως και στις πειραματικές δοκιμές με τον FTPεξυπηρετητή, έτσι και στις δοκιμές με τον DHCPεξυπηρετητή, πραγματοποιούμε τα ίδια σενάρια με αυτά της αρχικής μας υλοποίησης, ώστε να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα μεταξύ των δυο υλοποιήσεων.

4.4.1 Σενάριο 1

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση ενός υπολογιστή στην αίθουσα ένα για λόγους μελέτης.

Για τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή PC15, ο οποίος βρίσκεται στην αίθουσα ένα του κτηρίου ένα.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στον πίνακα επτά.

- **Ένας υπολογιστής**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC15	1,555
2	PC15	1,562
Συνολική Μέση τιμή		1,558

Πίνακας 19. Ένας υπολογιστής

Στον πίνακα δεκαεννέα, παρατηρούμε ότι ο μέσος συνολικός χρόνος που απαιτήθηκε ώστε να λάβει IPδιεύθυνση ένας υπολογιστής, είναι 1,558 δευτερόλεπτα.

4.4.2 Σενάριο 2

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση δύο υπολογιστών σε αίθουσες του κτηρίου ένα για λόγους μελέτης και πρακτικής εξάσκησης.

Για τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1 και PC16, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες ένα και δυο αντίστοιχα, του κτηρίου ένα.Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απεικονίζονται στον πίνακα 8.

- **<u>Δυο υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,569
	PC16	1,571
2	PC1	1,570
	PC16	1,563
Μέση τιμή #1		1,570
Μέση τιμή #2		1,566
Συνολική Μέση Τιμή		*1,568*

Πίνακας 20. Δυο υπολογιστές

Στον πίνακα είκοσι, παρατηρούμε ότι ο μέσος συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για να υλοποιηθούν τα αιτήματα δυο υπολογιστών, είναι 1,568 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος αυτός είναι κατά ένα εκατοστό του δευτερολέπτου μεγαλύτερος απότον χρόνο που χρειάστηκε ο ένας υπολογιστής.

4.4.3 Σενάριο 3

Έστω ότι είναι απαραίτητη η χρήση πέντε υπολογιστών σε αίθουσες των δυο κτηρίων για λόγους μελέτης και πρακτικής εξάσκησης.

Για τις πειραματικές μας μετρήσεις, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1, PC16 και PC37,οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες ένα, δυο και τρία αντίστοιχα του πρώτου κτηρίου, και τους υπολογιστές PC100 και PC120, οι οποίοι βρίσκονται στις αίθουσες επτά και οκτώ του δευτέρου κτηρίου. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων απεικονίζονται στον πίνακα εικοσιένα.

- **<u>Πέντε υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,593
	PC16	1,607
	PC37	1,583
	PC100	1,590
	PC120	1,613
2	PC1	1,594
	PC16	1,620
	PC37	1,622
	PC100	1,589
	PC120	1,576
Μέση τιμή #1		1,597
Μέση τιμή #2		1,600
Συνολική Μέση Τιμή		*1,599*

Πίνακας 21. Πέντε υπολογιστές

Παρατηρούμε στον πίνακα εικοσιένα, ότι ο μέσος συνολικός χρόνος που χρειάστηκε για να υλοποιηθούν τα αιτήματα είναι 1,599 δευτερόλεπτα. Στο προηγούμενο σενάριο με τους δυο υπολογιστές, τα αιτήματα για διευθυνσιοδότηση υλοποιήθηκαν τρία εκατοστά του δευτερολέπτου πιο σύντομα.

4.4.4 Σενάριο 4

Έστω ότι δέκα υπολογιστές της αίθουσας ένα μπαίνουν σε λειτουργία ταυτόχρονα για την διεξαγωγή ενός εργαστηριακού μαθήματος.

Για την διεξαγωγή αυτού του σεναρίου, χρησιμοποιούμε τους υπολογιστές PC1 έως PC10 της αίθουσας ένα, του πρώτου κτηρίου.

- **<u>Δέκα υπολογιστές</u>**

Δοκιμή	*Όνομα Υπολογιστή*	*Χρόνος Λήψης (sec)*
1	PC1	1,668
	PC2	1,599
	PC3	1,649
	PC4	1,621
	PC5	1,629
	PC6	1,681
	PC7	1,651
	PC8	1,658
	PC9	1,666
	PC10	1,674
2	PC1	1,663
	PC2	1,665
	PC3	1,678
	PC4	1,594
	PC5	1,674
	PC6	1,696
	PC7	1,694
	PC8	1,675
	PC9	1,601

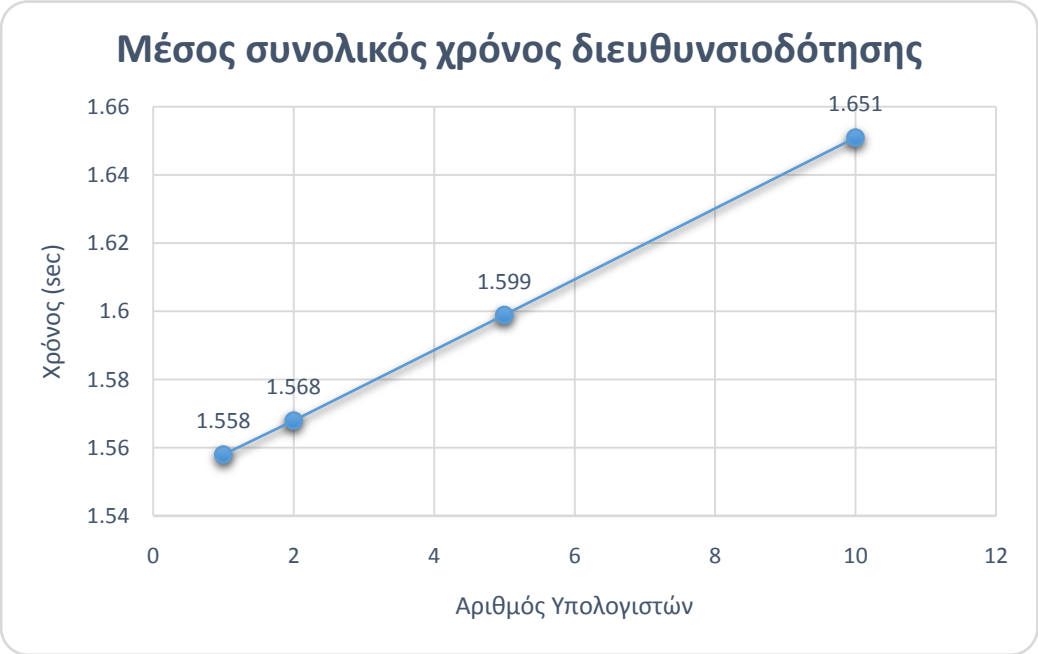
	PC10	1,571
Μέση τιμή #1		1,650
Μέση τιμή #2		1,652
Συνολική Μέση Τιμή		*1,651*

Πίνακας 22. Δέκα υπολογιστές

Παρατηρούμε, ότι ο μέσος συνολικός χρόνος ο οποίος χρειάστηκε για να ολοκληρωθούν τα ταυτόχρονα αιτήματα διευθυνσιοδότησης των δέκα υπολογιστών, είναι 1,650.5 δευτερόλεπτα. Με διπλάσιο αριθμό υπολογιστών, χρειάστηκε επιπλέον είκοσι χιλιοστά του δευτερολέπτου, μια διαφορά η οποία δεν επηρεάζει την απόδοση της DHCPυπηρεσίας μας.

4.4.5 Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Πραγματοποιώντας τα διάφορα σενάρια λήψης IP διεύθυνσης, οδηγούμαστε στο συμπέρασμα ότι ανεξαρτήτως του αριθμού των αιτούμενων υπολογιστών, η DHCPυπηρεσία αποδίδει εξίσου καλά.



Εικόνα 20. Μέσος συνολικός χρόνος διευθυνσιοδότησης DHCP υπηρεσίας στην βελτιωμένη έκδοση

Η εικόνα είκοσι μας δείχνει την γραφική παράσταση του μέσου χρόνου διευθυνσιοδότησης των υπολογιστών των διαφόρων σεναρίων που

πραγματοποιήσαμε. Παρατηρούμε ότι η γραφική παράσταση είναι γραμμική, καθώς για κάθε υπολογιστή που προσθέταμε στα σενάρια προσομοίωσης της υπηρεσίας, απαιτούνταν κατά μέσο όρο ένα εκατοστό του δευτερολέπτου ανά υπολογιστή.

Με βάση τα αποτελέσματα, συμπεραίνουμε ότι η DHCPυπηρεσία στην βελτιωμένη μας δικτυακή υλοποίηση μπορεί να αποδώσει εξίσου καλά και σε ώρες μειωμένης κίνησης στο δίκτυο, για μεμονωμένα περιστατικά, αλλά και σε ώρες αιχμής, όπου πολλοί χρήστες του δικτύου ταυτόχρονα απαιτούν να κάνουν χρήση της υπηρεσίας.

4.5 Ρυθμίσεις ασφαλείας[7.10][7.11]

Το επίπεδο ασφαλείας σε ένα δίκτυο αυξάνει την αξιοπιστία της υλοποίησης, διασφαλίζοντας τα δεδομένα των χρηστών, των διαχειριστών αλλά και των παρεχόμενων υπηρεσιών της υλοποίησης. Έτσι το δίκτυό μας πρέπει να προστατευτεί από πιθανές κακόβουλες προθέσεις, είτε εσωτερικών είτε εξωτερικών χρηστών. Η κύρια και πιο σημαντική συσκευή σε ένα δίκτυο είναι ο δρομολογητής, επομένως και στο δίκτυό μας είναι η πρώτη συσκευή στην οποία εφαρμόζουμε ορισμένα μέτρα ασφαλείας.

Για λόγους ευκολίας στην πρόσβαση των δικτυακών συσκευών και υπηρεσιών, στην δικτυακήμας υλοποίησηθέτουμε ως κωδικό πρόσβασης την λέξη**test**παντού. Αυτή δεν είναι μια καλή πρακτική για θέματα ασφάλειας και δεν πρέπει να εφαρμόζεται σε πραγματικές δικτυακές εγκαταστάσεις.

4.5.1 Ρυθμίσεις ασφαλείας στους δρομολογητές

Στουςδρομολογητές της υλοποίησήςμας, ορίζουμε το όνομα της συσκευής (hostname), εκτελώντας την εντολή *“hostnameόνομα_δρομολογιτή”*όντας σε globalconfigurationmode. Αυτή η ρύθμιση, καθώς και οι ρυθμίσεις που θα ακολουθήσουν, εφαρμόζονται και στους δυο δρομολογητές της δικτυακής μας υλοποίησης.

4.5.1.1 Ασφάλεια τηςθύρας ρυθμίσεων του δρομολογητή

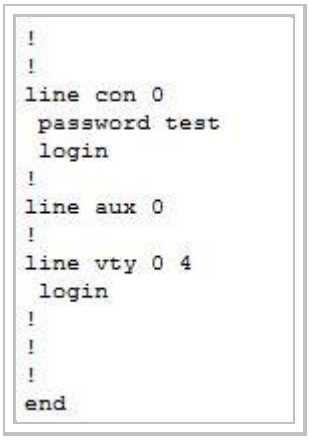
Το πρώτο βήμα είναι να ασφαλίσουμε την θύρα ρυθμίσεων(consoleport) του δρομολογητή, ώστε να αποτρέψουμε την μην εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε άτομα τα οποία ίσως αποκτήσουν φυσική πρόσβαση στο δωμάτιο των κεντρικών δικτυακών συσκευών, και με ένα φορητό υπολογιστή και ένα

σειριακό καλώδιο να αποκτήσουν πρόσβαση και στον δρομολογητή χωρίς να αντιμετωπίσουν κανένα πρόβλημα.

Για να το επιτύχουμε αυτό, όντας σε globalconfigurationmode, πληκτρολογούμε την εντολή "*lineconsole 0*" , με την οποία μεταβαίνουμε στο περιβάλλον ρύθμισης της θύρας ρυθμίσεων του δρομολογητή. Στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή "*password*test", όπου test είναι ο κωδικός ο οποίος ορίζουμε για την πρόσβαση στη θύρα ρυθμίσεων του δρομολογητή. Έπειτα πληκτρολογούμε την εντολή "*login*" για να ενεργοποιήσουμε την θύρα.

Έχοντας εκτελέσει την παραπάνω διαδικασία, όταν κάποιος θελήσει να αποκτήσει πρόσβαση στην θύρα ρυθμίσεων του δρομολογητή, θα πρέπει να πληκτρολογήσει τον κωδικό πρόσβασηςtest για να το καταφέρει.

Αυτός ο τρόπος όμως δεν είναι ασφαλής, διότι η συγκεκριμένη εντολή δεν παρέχει κάποιον αλγόριθμο κρυπτογράφησης. Αυτό έχει σαν συνέπεια να είναι ορατός ο κωδικός πρόσβασης στο αρχείο ρυθμίσεων (configurationfile)του δρομολογητή. Έτσι εάν κάποιος με κάποιον τρόπο καταφέρει να αποκτήσει το αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή, είτε καταφέρει να υποκλέψει πακέτα με κάποιο εργαλείο, θα μπορέσει να δει τον κωδικό πρόσβασης της θύρας ρυθμίσεων του συγκεκριμένου δρομολογητή. Στην εικόνα εικοσιένα βρίσκεται το τμήμα των ρυθμίσεων της θύρας όπως φαίνεται στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή.



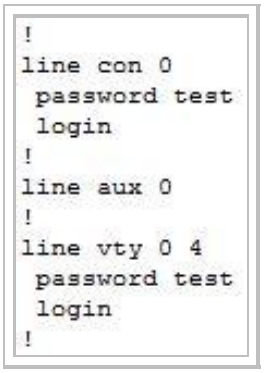
Εικόνα 21. Τμήμα του αρχείου ρυθμίσεων του δρομολογητή

Στην παραπάνω εικόνα φαίνονται επίσης και οι ρυθμίσεις πρόσβασης τηςβοηθητικής θύρας (auxiliaryport)του δρομολογητή καθώς και οι ρυθμίσεις για την απομακρυσμένη πρόσβαση, όπως Telnet και SSH, στις οποίες δεν έχει ρυθμιστεί ακόμα κάποιος κωδικός πρόσβασης. Στην συνέχεια ασφαλίζουμε τον απομακρυσμένο τρόπο πρόσβασης στον δρομολογητή.

4.5.1.2 Ασφάλεια απομακρυσμένης πρόσβασης στον δρομολογητή

Επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε κωδικό πρόσβασης για τις απομακρυσμένες προσβάσεις μέσω Telnet και SSH. Σε globalconfigurationmodeπληκτρολογούμε την εντολή "*linevty 0 4*", με την οποία μεταβαίνουμε στο περιβάλλον ρυθμίσεων των εικονικών τερματικών του δρομολογητή. Το "0 4" σημαίνει ότι υπάρχουν πέντε εικονικά τερματικά στον δρομολογητή, πράγμα που σημαίνει ότι είναι δυνατό να υπάρξουν μέχρι και πέντε ταυτόχρονες συνδέσεις από διαχειριστές. Εκτελούμε την εντολή "*password*test", όπου test ο κωδικός πρόσβασης τον οποίο ορίζουμε για τις απομακρυσμένες προσβάσεις μέσω Telnet και SSH. Έπειτα πληκτρολογούμε την εντολή "*login*" για να ενεργοποιήσουμε την θύρα.

Όπως περιγράψαμε και παραπάνω, η συγκεκριμένη εντολή δεν είναι η ασφαλέστερη επιλογή. Παρακάτω ακολουθεί η εικόνα είκοσι δυο, με τοτμήμα των ρυθμίσεων για την απομακρυσμένη πρόσβαση όπως φαίνεται στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή.



Εικόνα 22. Τμήμα του αρχείου ρυθμίσεων του δρομολογητή

Επομένως για να αποκτήσει κάποιος πρόσβαση στον δρομολογητή είτε μέσωTelnet είτε μέσωSSH, του ζητείταικωδικός πρόσβασης. Από την στιγμή όμως που δεν έχουμε ρυθμίσει τον κωδικό αλλαγής επιπέδουρυθμίσεων, από απλού χρήστη σε προνομιακού (privileged), η απομακρυσμένη σύνδεση μέσωTelnet, δεν επιτρέπει στον διαχειριστή να παρέμβει για να πραγματοποιήσει αλλαγές στον δρομολογητή μέσω αυτού του απομακρυσμένου τρόπου πρόσβασης. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για την ρύθμιση της βοηθητικής θύρας του δρομολογητή. Στην συνέχεια ορίζουμε στον δρομολογητή τον κωδικό πρόσβασης για την αλλαγή επιπέδου ρυθμίσεων από απλό χρήστη σε προνομιακό.

4.5.1.3 Ενεργοποίηση κωδικού πρόσβασης για την αλλαγή επιπέδου ρυθμίσεων

Όνταςσεglobalconfigurationmodeπληκτρολογούμετηνεντολή "*enablepasswordtest*". Εκτελώντας την προηγούμενη εντολή, ο κωδικός παραμένει εμφανής στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή.

Για να μην είναι ορατοί οι κωδικοί σαν απλό κείμενο στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή, ενεργοποιούμε μια κρυπτογράφηση τύπου 7 στους κωδικούς πρόσβασης που έχουμε θέσει μέχρι στιγμής.

4.5.1.4 Κρυπτογράφηση τύπου 7

Σε globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*servicepassword-encryption*", με την οποία ενεργοποιούμε έναν αλγόριθμο κωδικοποίησης των κωδικών πρόσβασης. Έτσι, όπως φαίνεται και στην εικόνα είκοσι τρία, οι κωδικοί πρόσβασης τους οποίους έχουν ορίσει στον δρομολογητή, δεν εμφανίζονται σαν απλό κείμενο, αλλά εμφανίζονται κωδικοποιημένοι χρησιμοποιώντας την τύπου 7 κωδικοποίηση.

```
Gateway(config)#service password-encryption
!
enable password 7 0835495D1D
!
!
line con 0
 password 7 0835495D1D
 login
!
line aux 0
 password 7 0835495D1D
 login
!
line vty 0 4
 password 7 0835495D1D
 login
!
```

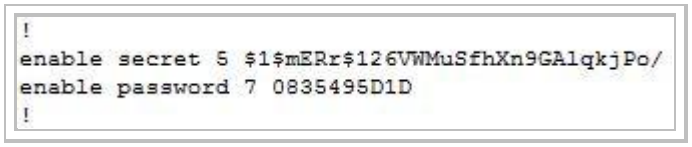
Εικόνα 23. Τμήμα αρχείου ρυθμίσεων του δρομολογητή με τύπου 7 κωδικοποίηση

Παρόλο που αυτή η εντολή παρέχει κάποιο επίπεδο ασφάλειας, ο συγκεκριμένος αλγόριθμος είναι πλέον εύκολο να αποκωδικοποιηθεί και έτσι δεν ενδείκνυται για εφαρμογή σε πραγματικές δικτυακές εγκαταστάσεις.

4.5.1.5 Κρυπτογράφηση τύπου 5

Για να εφαρμόσουμε καλύτερο αλγόριθμο κωδικοποίησης για τους κωδικούς πρόσβασης στον δρομολογητή, από globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*enablesecrettest*", όπου test ο κωδικός πρόσβασης. Όπως βλέπουμε στην εικόνα είκοσι τέσσερα, ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης είναι πιο σύνθετος, μιας και ο κρυπτογραφημένος κωδικός έχει περισσότερα

ψηφία και επίσης περιέχει και ειδικούς χαρακτήρες όπως το δολάριο ($) και η πλάγια γραμμή (/).



Εικόνα 24. Κρυπτογράφηση τύπου 5 και τύπου 7

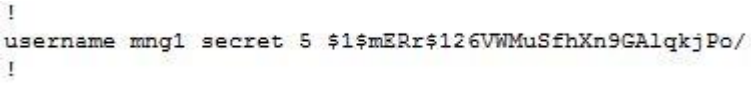
Με τις ρυθμίσεις που έχουμε πραγματοποιήσει έως τώρα, παρατηρούμε στην εικόνα είκοσι τέσσερα, ότι στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή, υπάρχουν και οι δυο τύποι των κωδικοποιήσεων ενεργοποιημένοι. Για να απενεργοποιήσουμε την κωδικοποίηση τύπου 7, από globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*noenablepassword*", και με την εντολή "*showrunning-configuration*" επαληθεύουμε ότι πλέον υπάρχει μόνο η κωδικοποίηση τύπου 5 στο αρχείο ρυθμίσεων του δρομολογητή.

Παρόλο όμως που ο κωδικός αλλαγής επιπέδου ρυθμίσεων από απλό χρήστη σε προνομιακό έχει κωδικοποίηση τύπου 5, οι υπόλοιποι κωδικοί πρόσβασης παραμένουν με κωδικοποίηση τύπου 7, η οποία είναι ευάλωτη. Αυτή την αδυναμία την διορθώνουμε στο επόμενο στάδιο.

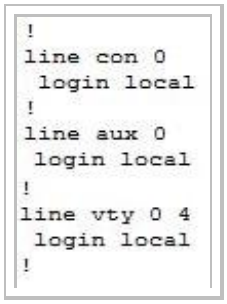
4.5.1.6 Ρύθμιση LoginLocal

Για να αποτρέψουμε την προηγούμενη διαδικασία σύνδεσης, όπου υπήρχε ένας κωδικός πρόσβασης, είτε απομακρυσμένης είτε τοπικής, και κατόπιν σύνδεσης στον δρομολογητή ο κάθε χρήστης είχε τον πλήρη έλεγχο στον δρομολογητή, δημιουργούμε μια λίστα χρηστών οι οποίοιείναι εξουσιοδοτημένοι να αποκτούνπρόσβαση.

Για να το επιτύχουμε αυτό, από globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*lineconsole 0*" και στην συνέχεια εκτελούμε τις εντολές "*nologin*" και "*nopassword*" για να απενεργοποιήσουμε τον προηγούμενο τρόπο σύνδεσης. Στην συνέχεια επιστρέφουμε σε globalconfigurationmode και εκτελούμε την εντολή "*username*mng1*secret*test", η οποία δημιουργεί τον χρήστη mng1 με κωδικό χρήστη test, ο οποίος έχει κρυπτογράφηση τύπου 5. Έπειτα εκτελούμε ξανά την εντολή "*lineconsole 0*" και στην συνέχεια την εντολή "*loginlocal*". Η συγκεκριμένη εντολή επιτρέπει την πρόσβαση στον router μόνο με όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης για τον εκάστοτε χρήστη. Την ίδια διαδικασία επαναλαμβάνουμε και για τα πέντε εικονικά τερματικά.



Εικόνα 25. Όνομα χρήστη και κωδικός πρόσβασης κωδικοποίησης τύπου 7



Εικόνα 26. Ορισμός loginlocalστις θύρες του δρομολογητή

Εικόνα 27. Αιτούμενο όνομα και κωδικό χρήστη για την πρόσβαση στον δρομολογητή

4.5.1.7 Ρύθμιση ελάχιστου επιτρεπτού μεγέθους κωδικού

Για να μπορέσουμε να βελτιώσουμε ακόμα περισσότερο την ασφάλεια των κωδικών χρήστη, εκτελούμε από globalconfigurationmode την εντολή "***securitypasswordsmin-length 10***", η οποία προϋποθέτει ότι από το επόμενο όνομα χρήστη που θα προστεθεί στον δρομολογητή, ο κωδικός πρόσβασης θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος ή ίσος των δέκα ψηφίων. Η εντολή δεν επηρεάζει τους ήδη καταχωρημένους χρήστες.

4.5.1.8 Ρύθμιση μέγιστου επιτρεπόμενου χρόνου σύνδεσης με τον δρομολογητή

Επίσης μπορούμε να αλλάξουμε τον χρόνο τερματισμού (timeout) της σύνδεσης με τον δρομολογητή από δέκα λεπτά που είναι ο προκαθορισμένος χρόνος, σε τρία λεπτά, ούτως ώστε να μην μπορεί κάποιος να έχει και τις πέντε εικονικές θύρες κατειλημμένες για μεγάλο χρονικό διάστημα, πράγμα το οποίο θα έχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στον δρομολογητή κάποιος διαχειριστής του δικτύου. Για να το επιτύχουμε αυτό, από globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*lineconsole 0*" με την οποία μεταφερόμαστε στην κονσόλα ρυθμίσεων της θύρας ρυθμίσεων του δρομολογητή, και εκτελούμε την εντολή "*exec-timeout 3*". Την ίδια διαδικασία πραγματοποιούμε και στις εικονικές θύρες του δρομολογητή, vty 0 4.

4.5.1.9 Καταγραφή χρηστών και συμβάντων στον δρομολογητή

Επόμενο βήμα είναι να ενεργοποιήσουμε την καταγραφή των χρηστών οι οποίοι συνδέονται στον δρομολογητή καθώς και των εντολών που εκτελούνται. Μας παρέχετε η δυνατότητα να υπάρξει απεικόνιση της χρονικής στιγμής στην οποία εκτελέστηκε η κάθε εντολή. Αυτό το καταφέρνουμε εκτελώντας τις

εντολές “*loggingconsole*”, “*logginguserinfo*” και “*servicetimestampslogdatetimemsec*” από globalconfigurationmode. Με την πρώτη εντολή ενεργοποιούμε την καταγραφή των εντολών που εκτελούνται στην κονσόλα, με την δεύτερη εντολή ενεργοποιούμε την καταγραφή των χρηστών που συνδέονται στον δρομολογητή και με την τρίτη εντολή ενεργοποιούμε την χρονική καταγραφή των συμβάντων, με ημερομηνία, ώρα, καθώς και την υπόδειξη μέχρι και του χιλιοστού του δευτερολέπτου που εκτελέστηκαν οι εντολές.

4.5.1.10 Ρύθμιση Passive – Interfaces στις θύρες του δρομολογητή

Μια ακόμη σημαντική ρύθμιση για την ασφάλεια της υλοποίησής μας, είναι ο ορισμός των Passive – Interfacesστις θύρες του δρομολογητή. Την εντολήpassiveinterfaceτην εκτελούμε για τις θύρες του δρομολογητή οι οποίες δεν συνδέονται με κάποιον άλλο δρομολογητή, και έτσι δεν χρειάζεται να προωθούν πακέτα πρωτοκόλλων με πληροφορίες για το δίκτυο.

Με αυτό τον τρόπο, αποτρέπουμε τους δρομολογητές να προωθούν πακέτα πρωτοκόλλων με πληροφορίες για τα υπάρχοντα υποδίκτυα της υλοποίησής μας, μέσω των θυρών τους που επικοινωνούν με υπολογιστές χρηστών. Έτσι, μόνο οι θύρες των δρομολογητών που είναι συνδεδεμένες με άλλους δρομολογητές, έχουν το δικαίωμα να προωθούν πακέτα πρωτοκόλλων για την λειτουργικότητα του εκάστοτε πρωτοκόλλου.

4.5.2 Ρυθμίσεις ασφαλείας στους μεταγωγείς

Για να βελτιώσουμε το επίπεδο ασφαλείας του δικτύου μας, πρέπει να θωρακίσουμε και τουςμεταγωγείς της δικτυακής μας υλοποίησης. Αυτό το επιτυγχάνουμε ακολουθώντας τα επόμενα βήματα.

4.5.2.1 Ορισμός εικονικών δικτύων (VLANs) [7.12]

Όπως φαίνεται και στην εικόνα είκοσι οκτώ, αρχικά σε έναμεταγωγέα, όλες οι θύρες του είναι ορισμένες στο εικονικό δίκτυο ένα (VLAN 1), το οποίο δεν μπορεί να διαγραφεί από την λίστα των εικονικών δικτύων του μεταγωγέα.

```
Name: Fa0/11
Switchport: Enabled
Administrative Mode: dynamic auto
Operational Mode: down
Administrative Trunking Encapsulation: dot1q
Operational Trunking Encapsulation: native
Negotiation of Trunking: On
Access Mode VLAN: 1 (default)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
Voice VLAN: none
```

Εικόνα 28. Εργοστασιακές ρυθμίσεις του μεταγωγέα

Παρατηρούμε επίσης ότι τοAdministrativeMode είναι ορισμένο σε dynamicauto, και το NegotiationofTrunking είναι στο on. Το AccessModeVlan και το TrunkingNativeModeVLan είναι και τα δυο ορισμένα στο Vlan 1.

Αυτές τις αδυναμίες μπορεί κάποιος να προσπαθήσει να τις εκμεταλλευτεί, μετατρέποντας κάποια θύρα του μεταγωγέα από accessport που πρέπει να είναι σε trunkport, μιας και το AdministrativeMode είναι ορισμένο σε dynamicauto, και το NegotiationofTrunking είναι στο on, έχοντας έτσι την δυνατότητα να αποκτήσει πρόσβαση και σε άλλα εικονικά δίκτυα και να μπορεί με κάποιο λογισμικό να υποκλέψει πακέτα και πληροφορίες για το δίκτυο. Γι' αυτό το λόγο λαμβάνουμεορισμένα μέτρα προστασίας των μεταγωγέων της δικτυακήςμας υλοποίησης.

Αρχικά,ορίζουμε ένα εικονικό δίκτυο, το Vlan 250 συγκεκριμένα, όπου ονομάζουμε Unused_Ports και στο οποίο τοποθετούμε όλες τις ανενεργές θύρες των μεταγωγέων μας. Στην συνέχεια θέτουμε όλες τις θύρες του μεταγωγέα να λειτουργούν ως accessports, και να ανήκουν στο Vlan 250. Με αυτή την διαδικασία οι θύρες του μεταγωγέα δεν διαπραγματεύονται πλέον το αν θα μετατραπούν σε trunkports και επίσης δεν ανήκουν πλέον στο Vlan 1 το οποίο είναι εύκολα παραβιάσιμο. Τις θύρες του μεταγωγέα που δεν συμμετέχουν στην υλοποίησήμας, τις απενεργοποιούμε με την εντολή "*shutdown*".

```
ROOM_4_Switch(config)#vlan 250
ROOM_4_Switch(config-vlan)#name Unused_Ports

ROOM_4_Switch(config)#interface range fa0/10-24
ROOM_4_Switch(config-if-range)#switchport mode access
ROOM_4_Switch(config-if-range)#switchport access vlan 250
ROOM_4_Switch(config-if-range)#shutdown

Name: Fa0/11
Switchport: Enabled
Administrative Mode: static access
Operational Mode: down
Administrative Trunking Encapsulation: dot1q
Operational Trunking Encapsulation: native
Negotiation of Trunking: Off
Access Mode VLAN: 250 (Unused_Ports)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)

VLAN Name                             Status    Ports
---- -------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                          active
40   Ai8ousa_4                        active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
                                                Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
                                                Fa0/9, Gig1/1, Gig1/2
250  Unused_Ports                     active    Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12, Fa0/13
                                                Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16, Fa0/17
                                                Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20, Fa0/21
                                                Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
```

Εικόνα 29. Εικονικά δίκτυα στον μεταγωγέα

Στην εικόνα είκοσι-εννέα, παρατηρούμεπως μετά τις προηγούμενες ρυθμίσεις,στηθύραFastEthernet 0/11 τουμεταγωγέα, τοAdministrativeModeείναι “staticaccess” καιτοNegotiationofTrunkingείναι “Off”. Επίσης το OperationalMode είναι “down” επειδή έχουμε απενεργοποιήσει την θύρα. Με αυτό τον τρόπο διασφαλίζουμε την αντιμετώπιση των τρωτών σημείων που αναφέραμε. Βλέπουμε επίσης ότι το Vlan 1 εξακολουθεί να υπάρχει αλλά δεν υπάρχει καμία θύρα του μεταγωγέα ορισμένη σε αυτό.

4.5.2.2 Ρυθμίσεις Cisco Discovery Protocol (CDP)

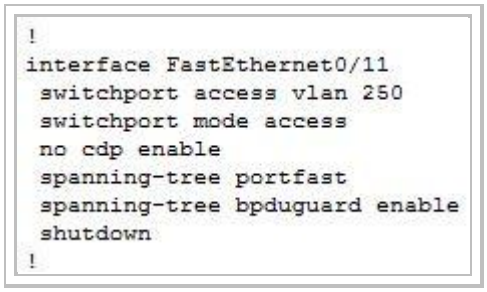
Το CiscoDiscoveryProtocol (CDP), είναι χρήσιμο όταν στονμεταγωγέα μας συνδέεται κάποια VoiceoverIP (VoIP) συσκευή, όπως ένα τηλέφωνο, και μέσω του τηλεφώνου συνδέεται ο υπολογιστής μας στο δίκτυο. Μιας και εμείς δεν παρέχουμε αυτή την υπηρεσία, απενεργοποιούμε το CDP σε όλες τις θύρες του μεταγωγέα. Αυτό γίνεται επιλέγοντας όλες τις θύρες του μεταγωγέα, εκτελώντας από globalconfigurationmodeτην εντολή “*interfacerangefa0/1-24*” και στην συνέχεια την εντολή “*nocdpenable*”.

4.5.2.3 Ρυθμίσεις Spanning Tree Protocol (STP)

ΕπιλέγονταςόλεςτιςFastEthernetθύρεςτουμεταγωγέα, εκτελούμετηνεντολή “***spanning-treeportfast***”. Με αυτή την εντολή οι θύρες του μεταγωγέα περνάνε κατευθείαν από BlockingMode σε ForwardingMode, προσπερνώντας τα στάδια Listening και Learning. Αυτό το κάνουμε επειδή οι θύρες του μεταγωγέα πρέπει να είναι accessports και δεν πρέπει να υπάρχει δυνατότητα διαπραγμάτευσης για την μετατροπή τους σε trunkports.

Στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή “***spanning-treebpduguardenable***”. Με την εντολή αυτή αποτρέπουμε τις θύρες από το να δεχθούν ή να προωθήσουν bridgeprotocoldataunits (bpdu) πακέτα τα οποία τα χρησιμοποιεί το STP για να ορίσει RootBridgeSwitch στο δίκτυό μας. Σε περίπτωση που κάποια θύρα δεχτεί ένα πακέτο τέτοιου τύπου κλείνει.

Εκτελώντας τις παραπάνω εντολές, βλέπουμε στο αρχείο ρυθμίσεων του μεταγωγέα ότι οι θύρες που δεν συμμετέχουν στην δικτυακή υλοποίηση να είναι απενεργοποιημένες και να ανήκουν στο Vlan 250, καθώς επίσης και σε όλες τις θύρες τις παραμέτρους του SpanningTree πρωτοκόλλου. Οι έως τώρα ρυθμίσεις που έχουμε πραγματοποιήσει, απεικονίζονται στην εικόνα τριάντα.



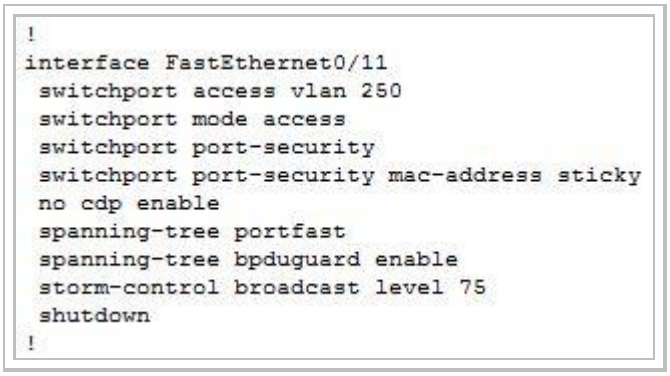
Εικόνα 30. Ρυθμίσεις της θύραςFastEthernet 0/11 του μεταγωγέα

4.5.2.4 Ασφάλεια θυρών

Στην προσπάθεια να θωρακίσουμε ακόμα καλύτερα το δίκτυό μας, εφαρμόζουμε τα παραπάνω μέτρα ασφαλείας στις θύρες των μεταγωγέων. Επιλέγουμε όλες τις θύρες του μεταγωγέα, και στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή "***switchportport-security***", με την οποία ενεργοποιούνται οι υπηρεσίες ασφάλειας των θυρών. Επόμενοβήμαείναιναεκτελέσουμετιςεντολές "***switchport port-security maximum 1***", "***switchport port-security violation shutdown***" καιτηνεντολή "***switchport port-security mac-address sticky***".

Εκτελώντας τις παραπάνω εντολές, δίνουμε την δυνατότητα στις θύρες του μεταγωγέα να καταχωρήσουν στον ARP πίνακά του, μόνο μια φυσική διεύθυνση ανά θύρα. Σε περίπτωση που η φυσική διεύθυνση η οποία θα συνδεθεί σε κάποια θύρα του switch είναι διαφορετική από αυτήν που έχει καταχωρημένη στον ARP πίνακά του, τότε η συγκεκριμένη θύρα θα κλείσει αυτόματα. Επίσης έχουμε ορίσει στις θύρες του μεταγωγέα να καταχωρήσουν στον ARP πίνακά τους την πρώτη φυσική διεύθυνση όπου διαβάζει η κάθε θύρα χωριστά.

Στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή "***storm-controlbroadcastlevel 75***", με την οποία θέτουμε στις θύρες μας όριο ως προς το πόσα broadcast πακέτα μπορούν να μεταδώσουν. Εάν το ποσοστό των broadcast πακέτων ξεπεράσει το 75% του διαθέσιμου εύρους ζώνης, τότε οι θύρες κλείνουν. Οι έως τώρα ρυθμίσεις στις θύρες του μεταγωγέα, απεικονίζονται στην εικόνα τριάντα ένα.



Εικόνα 31. Ρυθμίσεις της θύρας FastEthernet 0/11 του μεταγωγέα

4.5.2.5 Ρυθμίσεις των Trunk θυρών[7.13]

Πέραν από τα accessports που υπάρχουν στους μεταγωγείς μας, πρέπει να ορίσουμε και τις trunkθύρες, τις οποίεςρυθμίζουμε να επιτρέπουν την διέλευση πακέτων μόνο εκείνων των εικονικών δικτύων τα οποία υπάρχουν στην υλοποίησή μας.

Επιλέγοντας την θύρα την οποία θέλουμε να μετατρέψουμε σε trunk, εκτελούμε την εντολή *"switchportmodetrunk"*. Στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή *"switchporttrunkallowedvlan 10"*, για να επιτρέψουμε την διέλευση των πακέτων του συγκεκριμένου εικονικού δικτύου. Για να προσθέσουμε και άλλαεικονικά δίκτυα των οποίων τα πακέτα επιθυμούμε να μπορούν να διέρχονται μέσω της trunk θύρας μας, εκτελούμε την εντολή "*switchporttrunkallowedvlanadd 20*" και ούτω καθεξής και για τα υπόλοιπα εικονικά δίκτυα. Την ίδια διαδικασία ακολουθάμε και για την ρύθμιση tounativevlan στους μεταγωγείς.

4.5.3 SECURESHELL (SSH)[7.14]

Για να μπορέσει κάποιος διαχειριστής του δικτύου να συνδεθεί με απομακρυσμένο και ασφαλή τρόπο σε κάποιο μεταγωγέα ούτως ώστε να μπορέσει να εκτελέσει κάποιες ενέργειες που πιθανόν να χρειαστούν, θα χρειαστεί να προβούμε σε κάποιες ρυθμίσεις στουςμεταγωγείς της υλοποίησής μας, για να μπορέσουμε να το καταστήσουμε αυτό δυνατό. Για τον απομακρυσμένο τρόπο σύνδεσης χρησιμοποιούμε την δεύτερη έκδοση τουSSH, καθώς η έκδοση ένα και το Telnet δεν παρέχουν κρυπτογράφηση και έτσι ευαίσθητες πληροφορίες για το δίκτυό μας φαίνονται ως απλό κείμενο. Για το παράδειγμά μας, προγραμματίζουμε έναν μεταγωγέα. Ο προγραμματισμός αυτός πρέπει να επαναληφθεί σε όλους τουςμεταγωγείς της υλοποίησής μας.

Ορίζουμε ένα εικονικό δίκτυο το οποίο εξυπηρετεί τον σκοπό της διαχείρισης του εκάστοτε μεταγωγέα. Μιας και στην δικτυακή μας υλοποίηση υπάρχει δωμάτιο διαχείρισης, ορίζουμε στουςμεταγωγείς ως εικονικό δίκτυο διαχείρισης το Vlan που υπάρχει ήδη για αυτό τον σκοπό, το Vlan 150. Για να μπορέσει να συνδεθεί κάποιος διαχειριστής στονμεταγωγέα,ορίζουμε μια IP διεύθυνση στο εικονικό δίκτυο διαχείρισης του κάθε μεταγωγέα. Επειδή η δημιουργία των εικονικών δικτύων έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο προχωράμε στονορισμό μιαςIP διεύθυνσης στο Vlan 150. Στονπίνακα είκοσι τρία, απεικονίζονται οιIP διευθύνσεις τις οποίες ορίζουμε στο εικονικό δίκτυο διαχείρισης,Vlan 150 του κάθε μεταγωγέα του κτηρίου μας.

Κτήριο	*Αίθουσα*	*Μεταγωγέας*	*IP Διεύθυνση*
1	Αίθουσα Ένα	Room_1_Switch	172.21.15.10
	Αίθουσα Δυο	Room_2_Switch	172.21.15.20
	Αίθουσα Τρία	Room_3_Switch	172.21.15.30
	Αίθουσα Τέσσερα	Room_4_Switch	172.21.15.40
	Αίθουσα Πέντε	Room_5_Switch	172.21.15.50
	Αίθουσα Έξι	Room_6_Switch	172.21.15.60
	Διαχείριση	MNG_Room_Switch	172.21.15.150

Κτήριο	*Αίθουσα*	*Μεταγωγέας*	*IP Διεύθυνση*
2	Αίθουσα Επτά	Room_7_Switch	172.21.15.70
	Αίθουσα Οκτώ	Room_8_Switch	172.21.15.80
	Αίθουσα Εννέα	Room_9_Switch	172.21.15.90
	Αίθουσα Δέκα	Room_10_Switch	172.21.15.100
	Αίθουσα Ένδεκα	Room_11_Switch	172.21.15.110
	Αίθουσα Δώδεκα	Room_12_Switch	172.21.15.120
	Αίθουσα Εξυπηρετητών	Server_Room_Switch	172.21.15.205

Πίνακας 23. IP διευθύνσεις για τα εικονικά δίκτυα διαχείρισης

Κτήριο	*Μεταγωγέας*	*Όνομα*	*IP Διεύθυνση*
1	Κεντρικός Ισογείου Ορόφου	B1_GF_Switch	172.21.15.160
	Κεντρικός Πρώτου Ορόφου	B1_FF_Switch	172.21.15.170
	Κεντρικός Κτηρίου Ένα	B1_Root_Switch	172.21.15.180
2	Κεντρικός Ισογείου Ορόφου	B2_GF_Switch	172.21.15.190

Κεντρικός Πρώτου Ορόφου	B2_FF_Switch	172.21.15.210
Κεντρικός ΚτηρίουΔυο	B2_Root_Switch	172.21.15.220

Πίνακας 24. IP διευθύνσεις των εικονικών δικτύων διαχείρισης κεντρικών μεταγωγέων

Για το παράδειγμά μας προγραμματίζουμε τονμεταγωγέα της αίθουσας τέσσερα.

Απόglobalconfigurationmodeεκτελούμετηνεντολή "*interface vlan 150*". Με αυτή την εντολή δημιουργούμε μια εικονική θύρα στην οποία ανήκει το Vlan 150 και στην οποία μπορεί να συνδεθεί κάποιος διαχειριστής. Όντας στην κονσόλα ρυθμίσεων της εικονικής θύρας, εκτελούμε την εντολή "*ipaddress 172.21.15.40 255.255.255.0*" με την οποία ορίζουμε IP διεύθυνση στην εικονική θύρα.

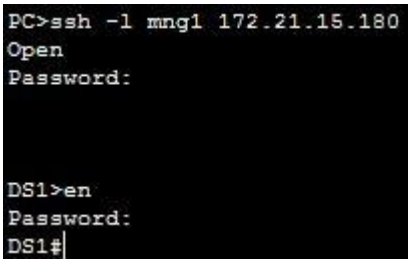
Ο κάθε μεταγωγέας έχει από προεπιλογή ενεργοποιημένο το Telnet. Εμείς το απενεργοποιούμε και ορίζουμε ως τον μόνο τρόπο απομακρυσμένης σύνδεσης το SSHVersion 2. Για να το επιτύχουμε αυτό ακολουθούμε τα επόμενα βήματα.

Αρχικά, από globalconfigurationmode εκτελούμε την εντολή "*linevty 0 15*" με την οποία μεταβαίνουμε στην κονσόλα ρυθμίσεων των εικονικών τερματικών 0 έως 15. Με την εντολή "*passwordtest*" ορίζουμε ως κωδικό πρόσβασης την λέξη "test". Εκτελούμε την εντολή "*login*" για να ενεργοποιήσουμε την πρόσβαση στα εικονικά τερματικά. Στην συνέχεια θα πρέπει να ορίσουμε domainname στονμεταγωγέα. Απόglobal configuration modeεκτελούμετηνεντολή "*ip domain-name teichania.com*".

Το πρωτόκολλο SSH χρησιμοποιεί κρυπτογραφημένα κλειδιά για την λειτουργία του για να μπορεί να πιστοποιήσει αρχικά τον απομακρυσμένο υπολογιστή και στην συνέχεια να επιτραπεί να γίνει πιστοποίηση και του χρήστη εάν έχει οριστεί κάποιος. Εκτελούμεαπό global configuration mode τηνεντολή "*cryptokeygeneratersa*". Στην συνέχεια μας ζητείταινα ορίσουμε πόσα bits θα είναι το κλειδί κρυπτογράφησης στο οποίο επιλέγουμε να κάνει 1024 bits κρυπτογράφηση. Θα μπορούσαμε να επιλέξουμε και 2048 bits αλλά απαιτεί περισσότερη ώρα να δημιουργήσει και να αποκωδικοποιήσει το κλειδί. Έπειτα, για να ενεργοποιηθεί το SSH πρωτόκολλο εκτελούμε την εντολή "*ipsshversion 2*". Τέλος για να απενεργοποιήσουμε το Telnet και να επιτρέπουμε την πρόσβαση μόνο μέσω SSH, από την κονσόλα ρυθμίσεων των εικονικών τερματικών εκτελούμε την εντολή "*transportinputssh*".

Για να αυξήσουμε το επίπεδο ασφαλείας, ορίζουμε σε κάθε μεταγωγέα ένα όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης για αυτό, τα οποία γράφονται στην βάση δεδομένων του κάθε μεταγωγέα. Η διαδικασία δημιουργίας ονόματος χρήστη έχει ήδη αναφερθεί και έτσι δεν θα την αναλύσουμε. Βρισκόμενοι στην κονσόλα ρυθμίσεων για τα εικονικά τερματικά, και εκτελώντας την εντολή "*loginlocal*" ενεργοποιείται η παραπάνω διαδικασία.

Τέλος, για να μπορέσει ένας υπολογιστής από την αίθουσα διαχείρισης δικτύου να συνδεθεί σε κάποιονμεταγωγέα, επιλέγουμε την εφαρμογή της γραμμής εντολών και εκτελούμε την εντολή "*ssh –lusernameip-address*". Με την συγκεκριμένη εντολή, ζητάμε να επιτευχθεί μια σύνδεση ssh, το –l σημαίνει login, δίνουμε το όνομα χρήστη το οποίο έχει οριστεί στην βάση δεδομένων του κάθε μεταγωγέα, και στην συνέχεια δίνουμε την ip διεύθυνση του μεταγωγέα στον οποίο θέλουμε να συνδεθούμε. Στην εικόνα τριάντα δυο, έχει γίνει η απομακρυσμένη σύνδεση του υπολογιστή της αίθουσας διαχείρισηςPC-MNG1 και του κεντρικού μεταγωγέα του κτηρίου ένα.



Εικόνα 32. SSHσύνδεση με τον κεντρικό μεταγωγέα του κτηρίου ένα

5 Σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων των πειραματικών μετρήσεων των δυο υλοποιήσεων

Στο κεφάλαιο αυτό, συγκρίνουμε τα αποτελέσματα των πειραματικών μετρήσεων των διαφόρων σεναρίων ανάμεσα στις δυο δικτυακέσμας υλοποιήσεις, και σχολιάζουμε τα αποτελέσματα αυτών.

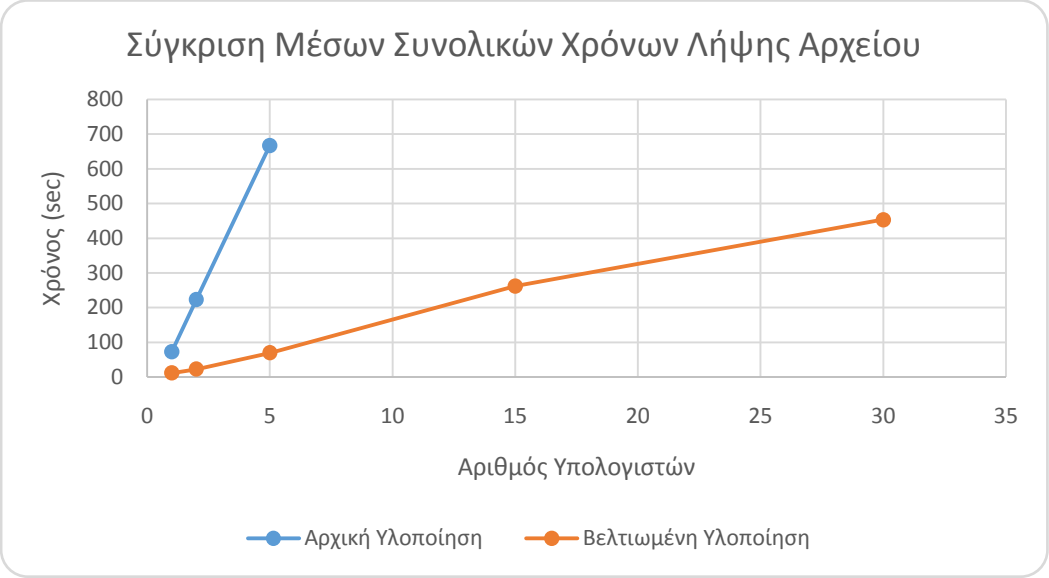
5.1 Σύγκριση και σχολιασμός των αποτελεσμάτων FTP

Στον πίνακα είκοσι πέντε, βλέπουμε τον μέσο συνολικό χρόνο που απαιτήθηκε για να ολοκληρωθεί η λήψη του συγκεκριμένου αρχείου από τον FTP εξυπηρετητή, στις δυο δικτυακές μας υλοποιήσεις, από διάφορο αριθμό υπολογιστών.

Αριθμός Υπολογιστών	*Αρχική Υλοποίηση (sec)*	*Βελτιωμένη Υλοποίηση (sec)*
1	72,76	11,15
2	223,52	22,26
5	667	69,4
15	∞	261,68
30	∞	453,5

Πίνακας 25. Μέσος συνολικός χρόνος λήψης του αρχείου των δυο υλοποιήσεων

Κρίνοντας εκ των αποτελεσμάτων των δυο υλοποιήσεων, η βελτιωμένη δικτυακή μας υλοποίηση, ανταποκρίνεται καλύτερα στις ανάγκες των χρηστών του δικτύου ως προς την απόδοση της FTPυπηρεσίας. Παρατηρούμε ότι στην αρχική υλοποίηση, ένας υπολογιστής χρειάστηκε εβδομήντα τρία δευτερόλεπτα για να ολοκληρώσει την λήψη του αρχείου από τον FTPεξυπηρετητή, ενώ στην βελτιωμένη υλοποίηση χρειάστηκε μόνο ένδεκα. Για τους δυο υπολογιστές, ο απαιτούμενος χρόνος της αρχικής υλοποίησης είναι δεκαπλάσιος από αυτόν της βελτιωμένης, όπως το ίδιο συμβαίνει και στους πέντε υπολογιστές. Παρατηρούμε επίσης, πως για δεκαπέντε και τριάντα υπολογιστές, να κάνουν ταυτόχρονη χρήση της υπηρεσίας, η αρχική δικτυακή υλοποίηση δεν μπόρεσε να ανταποκριθεί.



Εικόνα 33. Μέσος συνολικός χρόνος λήψης των δυο υλοποιήσεων

Στη γραφική παράσταση της εικόνας τριάντα τρία, βλέπουμε ότι η αύξηση του απαιτούμενου χρόνου για την ολοκλήρωση της λήψης, είναι γραμμική. Η κλίση όμως της αρχικής υλοποίησης είναι πολύ μεγάλη, και οι επόμενες τιμές μετά την 667, είναι άπειρες. Αυτό σημαίνει ότι η λήψη του αρχείου δεν ολοκληρώνεται, και το δίκτυο τίθεται ουσιαστικά εκτός λειτουργίας. Το ίδιο συμπεραίνουμε και εάν κοιτάξουμε τον πίνακα είκοσι έξι, ο οποίος περιέχει την σύγκριση των μέσων ρυθμών μετάδοσης του αρχείου των δυο υλοποιήσεων.

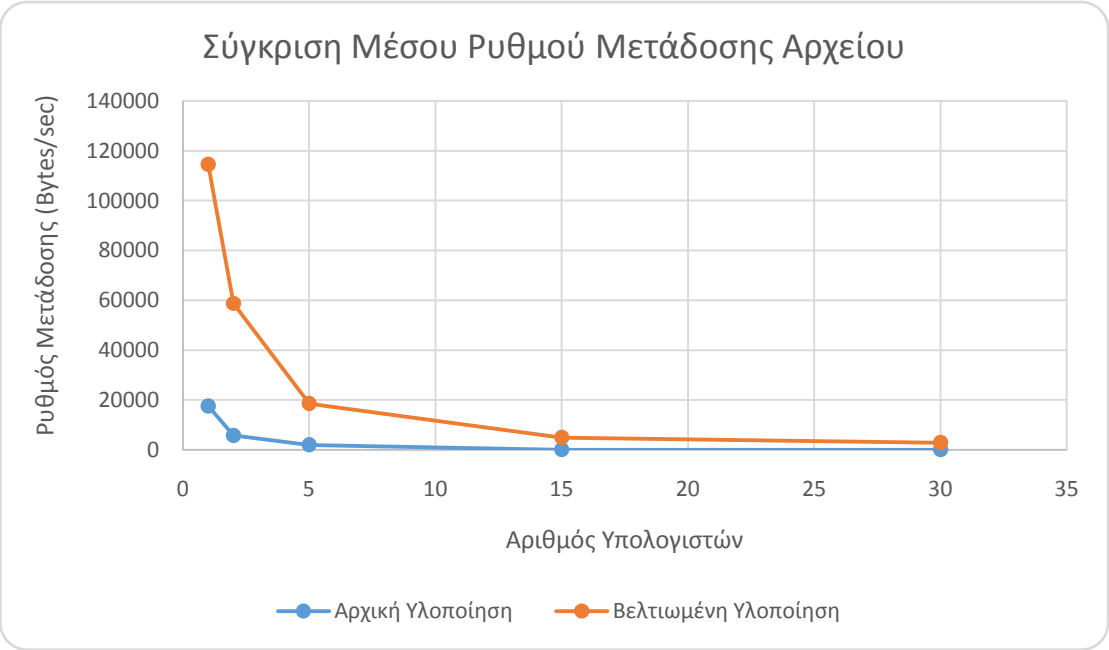
Αριθμός Υπολογιστών	*Αρχική Υλοποίηση (Bytes/sec)*	*Βελτιωμένη Υλοποίηση (Bytes/sec)*
1	17547	114552
2	5725	58684
5	1918	18540
15	0	4902
30	0	2826

Πίνακας 26. Σύγκριση μέσων ρυθμών μετάδοσης του αρχείου των δυο υλοποιήσεων

Όπως παρατηρήσαμε και στον πίνακα είκοσι πέντε, για τα σενάρια με τους δεκαπέντε και τριάντα υπολογιστές, όπου ο χρόνος ολοκλήρωσης της λήψης του αρχείου είναι άπειρος, έτσι στον πίνακα είκοσι έξι, ο ρυθμός μετάδοσης του αρχείου γι’ αυτά τα σενάρια είναι μηδενικός, όπως ήταν αναμενόμενο. Επίσης παρατηρούμε, ότι όπως ο μέσος χρόνος ολοκλήρωσης της λήψης, έτσι και ο

μέσος ρυθμός μετάδοσης μεταξύ των δυο υλοποιήσεων, έχουν ισόποσες διαφορές.

Για το σενάριο με τον ένα υπολογιστή, ο μέσος ρυθμός μετάδοσης της αρχικής υλοποίησης είναι επτά φορές μικρότερος από αυτόν της βελτιωμένης υλοποίησης, όπως και με τα σενάρια με τους δυο και πέντε υπολογιστές, ο μέσος ρυθμός μετάδοσης της αρχικής μας υλοποίησης είναι δέκα φορές μικρότερος από αυτόν της βελτιωμένης υλοποίησης.



Εικόνα 34. Μέσος ρυθμός μετάδοσης των δυο υλοποιήσεων

Στην εικόνα τριάντα τέσσερα, φαίνεται καθαρά η διαφορά απόδοσης της FTPυπηρεσίας μεταξύ των δυο υλοποιήσεων. Ο μέσος ρυθμός μετάδοσης της βελτιωμένης υλοποίησης, είναι σε όλες τις περιπτώσεις πολύ μεγαλύτερος από αυτόν της αρχικής μας υλοποίησης. Το σημείο που τείνει να μηδενιστεί, είναι στο σενάριο με τους τριάντα υπολογιστές. Όμως παρά τον μικρό ρυθμό μετάδοσης, η λήψη του αρχείου ολοκληρώθηκε, σε αντίθεση με την αρχική μας υλοποίηση, η οποία δεν μπόρεσε να ανταπεξέλθει, ακόμα και στον μισό αριθμό υπολογιστών αυτού του σεναρίου.

Η μεγάλη αυτή διαφορά στην απόδοση μεταξύ των δυο υλοποιήσεων, οφείλεται αφενός στην αλλαγή της καλωδίωσης στην βελτιωμένη υλοποίηση, και αφετέρου στην αλλαγή των IP διευθύνσεων στους εξυπηρετητές.

Με την αλλαγή της καλωδίωσης από FastEthernetσε GigabitEthernet, προσφέραμε στην βελτιωμένη δικτυακή μας υλοποίηση δεκαπλάσια ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων. Πολύ σημαντικό ρόλο στην αύξηση της απόδοσης έπαιξε η αλλαγή της IPδιεύθυνσης στους εξυπηρετητές. Παρατηρήσαμε πως αλλάζοντας την αρχική IPδιεύθυνση, η οποία άνηκε σε διαφορετικό υποδίκτυο από των άλλων αιθουσών, αλλά στο ίδιο δίκτυο (172.21.0.0/16), σε διαφορετικό υποδίκτυο διαφορετικού δικτύου (192.168.200.0/24) μεγαλύτερης μάσκας δικτύου, η υπηρεσία απέδωσε πολύ καλύτερα.

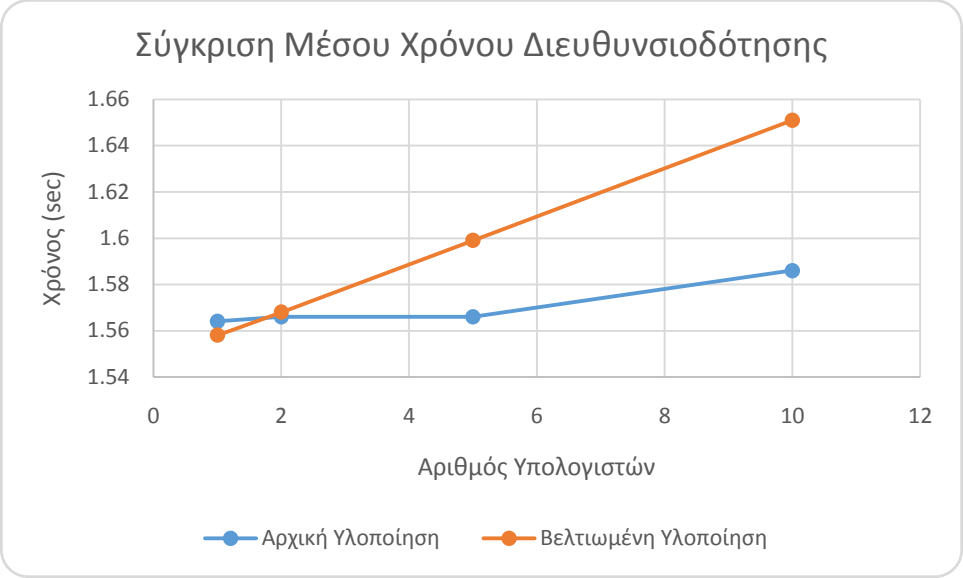
5.2 Σύγκριση και σχολιασμός των DHCPαποτελεσμάτων

Όπως παρατηρήσαμε κατά την διάρκεια των πειραματικών δοκιμών της DHCPυπηρεσίας στα διάφορα σενάρια, και όπως βλέπουμε και στον πίνακα είκοσι επτά, οι χρόνοι διευθυνσιοδότησης των διαφόρων σεναρίων για τις δυο υλοποιήσεις είναι σχεδόν οι ίδιοι.

Αριθμός Υπολογιστών	*Αρχική Υλοποίηση (sec)*	*Βελτιωμένη Υλοποίηση (sec)*
1	1,564	1,558
2	1,566	1,568
5	1,566	1,599
10	1,586	1,651

Πίνακας 27. Μέσος χρόνος διευθυνσιοδότησης των δυο υλοποιήσεων

Όπως αναφέραμε και προηγουμένως, ανεξαρτήτου δικτυακής υλοποίησης που πραγματοποιείται η πειραματική μέτρηση, η DHCPυπηρεσία αποδίδει εξίσου καλά. Θεωρούμε ότι η DHCPυπηρεσία μπορεί να αποδώσει εξίσου καλά και με μεγαλύτερο αριθμό αιτούμενων υπολογιστών, αλλά λόγω του ότι γεμίζει η διαθέσιμη μνήμη της προσομοίωσης του PacketTracer, δεν κατέστη δυνατό να γίνει προσομοίωση της υπηρεσίας με μεγαλύτερο αριθμό υπολογιστών. Στην εικόνα τριάντα πέντε, βλέπουμε την γραφική παράσταση των μέσων χρόνων διευθυνσιοδότησης των δυο υλοποιήσεων.



Εικόνα 35. Μέσος χρόνος διευθυνσιοδότησης των υλοποιήσεων

Παρατηρούμε πως η αύξηση του χρόνου διευθυνσιοδότησης και στις δυο υλοποιήσεις είναι γραμμική. Οι διαφορές μεταξύ αρχικής και βελτιωμένης υλοποίησης είναι μόλις λίγα εκατοστά του δευτερολέπτου, διαφορά η οποία δεν γίνεται αισθητή από τον χρήστη, αλλά ούτε και επηρεάζει αρνητικά την απόδοση της υπηρεσίας μας.

Ο μέσος χρόνος διευθυνσιοδότησης της βελτιωμένης υλοποίησης είναι λίγο μεγαλύτερος, λόγω του ότι καταφτάνουν με μεγαλύτερη ταχύτητα τα DHCPπακέτα στους μεταγωγείς, οι οποίοι δεν μπορούν να τα επεξεργαστούν όλα ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα ορισμένα πακέτα να απορρίπτονται. Οι υπολογιστές των οποίων τα πακέτα απορρίπτονται, πρέπει να αποστείλουν ξανά το DHCPDiscoverπακέτο για να διευθυνσιοδοτηθούν.

6 Επίλογος

Σε αυτή την πτυχιακή εργασία, θεωρώ ότι απέκτησα εξειδικευμένες γνώσεις πάνω στην τεχνολογία και στην τεχνογνωσία των δικτύων υπολογιστών. Η εξοικείωση με την λειτουργία των δικτυακών πρωτοκόλλων καθώς και με τον προγραμματισμό των δικτυακών συσκευών και εξυπηρετητών, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Οι βασικές γνώσεις που αποκόμισα και προσπάθησα να μεταφέρω σε αυτή την εργασία, ανταποκρίνονται σε αυτές που πρέπει κατ' ελάχιστο να έχει ένας εργαζόμενος στον τομέατων δικτύων υπολογιστών.

Τα πρωτόκολλα τα οποία αναλύσαμε καθώς και ο προγραμματισμός των δικτυακών συσκευών, ανταποκρίνονται σε αυτά που ισχύουν σήμερα, και δεν είναι κάποια παλιά και ξεπερασμένη τεχνολογία.

Ο τομέας των δικτύων υπολογιστών, είναι ένας τεχνολογικός τομέας ο οποίος συνεχώς εξελίσσεται. Για να μπορέσει κάποιος να είναι ενημερωμένος, θα πρέπει συνεχώς να παρακολουθεί και να μελετάει τις εξελίξεις στον τομέα.

7 Βιβλιογραφία

7.1 Cisco Packet Tracer Data Sheet, 2010, http://www.cisco.com/web/learning/netacad/course_catalog/docs/Cisco_PacketTracer_DS.pdf

7.2 IP Addressing and Subnetting for New Users, Document ID: 13788, Updated: Sep 26, 2005, http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13788-3.html?referring_site=RE&pos=1&page=http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13790-8.html

7.3 Host and Subnet Quantities, Document ID: 13790, Updated: Aug 10, 2005, http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/routing-information-protocol-rip/13790-8.html

7.4 DHCP, Τελευταία τροποποίηση 20 Μαρτίου 2013,http://el.wikipedia.org/wiki/DHCP

7.5 Configuring VLANs, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus5000/sw/configuration/guide/cli/CLIConfigurationGuide/VLANs.html

7.6 DomainNameSystem, Τελευταία τροποποίηση 30 Νοεμβρίου 2014,http://el.wikipedia.org/wiki/Domain_Name_System

7.7 TCP/IP, Τελευταία τροποποίηση 4 Αυγούστου 2014,http://el.wikipedia.org/wiki/TCP/IP

7.8 Spanning Tree Protocol, page last modified on 27 February 2015, http://en.wikipedia.org/wiki/Spanning_Tree_Protocol

7.9 Link aggregation, page last modified on 10 November 2014, http://en.wikipedia.org/wiki/Link_aggregation

7.10 Cisco Guide to Harden Cisco IOS Devices, Document ID: 13608, Updated: Jun 03, 2014, http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/access-lists/13608-21.html

7.11 Port Security, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst6500/ios/12-2SX/configuration/guide/book/port_sec.html

7.12 Configuring VLANs, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/datacenter/nexus5000/sw/configuration/guide/cli/CLIConfigurationGuide/VLANs.html

7.13 Configuring an Ethernet Interface as a Trunk Port, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/12-2_55_se/configuration/guide/scg_2960/swvlan.html

7.14 Configuring Secure Shell, http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios/12_2/security/configuration/guide/fsecur_c/scfssh.html