

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων



Πτυχιακή Εργασία

“ Μελέτη, σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση δικτυακής υποδομής βασισμένης στο πρότυπο DVB-T για μελέτη και βελτιστοποίηση δικτυακών επιδόσεων πλατφόρμας σύγκλισης ετερογενών δικτύων”

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: **ΜΩΡΑΪΤΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 4/6/2009

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: **ΜΑΡΚΑΚΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ**

*Στην οικογένεια μου και σε όλους
όσους στάθηκαν δίπλα μου,
με ιδιαίτερη εκτίμηση και αγάπη*

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, η οποία υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων (ΠΑΣΙΦΑΗ) του Τ.Ε.Ι Κρήτης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους ανθρώπους οι οποίοι βοήθησαν στην περάτωση αυτής της εργασίας. Θα ήταν παράλειψη να μην αναφερθώ σε όλους εκείνους που συμπαραστάθηκαν σε αυτήν την προσπάθεια.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου και εργαστηριακού συνεργάτη του Τ.Ε.Ι Κρήτης κ. Μαρκάκη Ευάγγελο, με τον οποίο με χαρά συνεργάστηκα για την επιτυχή ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

Θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου προς τον επίκουρο καθηγητή κ. Πάλλη Ευάγγελο, τον διδάκτορα κ. Μαστοράκη Γεώργιο και τον υποψήφιο διδάκτορα κ. Σιδέρη Ανάργυρο οι οποίοι με υποστήριξαν καθ'όλη τη διάρκεια της πτυχιακής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται επίσης και στους συμφοιτητές μου του εργαστηρίου ΠΑΣΙΦΑΗ για την απεριόριστη ψυχολογική υποστήριξη και κατανόηση που μου παρείχαν όποτε αυτή χρειάστηκε.

Ηράκλειο, Ιούνιος 2009

Μωραϊτης Ιωάννης

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή εργασία περιλαμβάνει την μελέτη βελτιστοποίησης των δικτυακών επιδόσεων μίας πλατφόρμας σύγκλισης ετερογενών δικτύων (p2p) στην οποία θα ενσωματωθούν μηχανισμοί για τη διασφάλιση της διατερματικής (end-to-end) Ποιότητας Υπηρεσίας (QoS). Στα πλαίσια αυτά ένα σύστημα δυναμικής διαχείρισης και ανάθεσης των δικτυακών πόρων σε πραγματικό χρόνο θα αναπτυχθεί έτσι ώστε να ενισχύσει τις δυνατότητες του δικτύου για την παροχή πολλαπλών υπηρεσιών ετερογενούς εύρους ζώνης. Θα σχεδιαστούν και θα υλοποιηθούν όλα τα απαραίτητα στοιχεία του λογισμικού και θα πραγματοποιηθεί η εγκατάσταση του εξοπλισμού για την ανάπτυξη ενός συστήματος που θα εξασφαλίζει την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών. Το σύστημα αυτό θα ενσωματωθεί στην υποδομή των ενδιάμεσων κόμβων διανομής και στο κεντρικό σημείο εκπομπής του δικτύου για τη βέλτιστη διαχείριση των δικτυακών πόρων της πλατφόρμας σύγκλισης. Οι επιδόσεις αυτού του συστήματος θα αξιολογηθούν διεξοδικά μέσα από μία σειρά εργαστηριακών πειραμάτων και θα αποτιμηθεί η διατερματική ποιότητα υπηρεσίας. Η υλοποίηση του πειραματικού δικτύου έγινε με εξοπλισμό του ερευνητικού εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης ([ΠΑΣΙΦΑΗ](#)).

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή.....	8
1.1.	Γενικά.....	8
1.2.	Στόχοι.....	8
1.3.	Οργάνωση	9
2.	Τεχνολογίες και Πρωτόκολλα.....	11
2.1.	Εισαγωγή.....	11
2.2.	Τεχνολογίες	11
2.2.1.	Ψηφιακή Τηλεόραση και Broadcasting Δίκτυα.....	11
2.2.1.1.	DVB-T.....	12
2.2.1.1.1.	Το MPEG Πρότυπο	13
2.2.2.	WLAN.....	13
2.2.3.	Η Τεχνολογία ADSL.....	16
2.2.4.	P2P (peer to peer) [4].....	17
2.2.4.1.	Αρχές P2P [6].....	19
2.2.4.2.	Ορισμός του P2P [7].....	20
2.2.4.3.	Ασφάλεια του P2P [12].....	20
2.2.4.3.1.	Anonymity [13].....	20
2.2.4.3.2.	Encryption [14]	20
2.2.4.4.	Είδη εφαρμογών του P2P.....	21
2.2.4.5.	Η εξέλιξη του P2P [15]	21
2.3.	Πρωτόκολλα.....	22
2.3.1.	Το Πρωτόκολλο TCP.....	22
2.3.2.	Gnutella	24
2.3.3.	Napster	25
2.3.4.	BitTorrent [16][17][18]	26
2.3.4.1.	Λειτουργία [19].....	27
3.	Αρχιτεκτονική Του Πειραματικού Δικτύου	30
3.1.	Εισαγωγή.....	30
3.2.	Τοπολογία Δικτύου	31
3.3.	Υλοποίηση	33
3.3.1.	Τελικός Χρήστης (End User).....	33
3.3.2.	Ενδιάμεσος Κόμβος Διανομής (Cell Main Node).....	34
3.3.3.	Κεντρικό Σημείο Εμπομπής (Πλατφόρμα DVB-T)	37
3.3.4.	Firewall	37
3.3.5.	Προγράμματα που Χρησιμοποιήθηκαν	38
3.3.6.	Προετοιμασία δικτύου πλατφόρμας DVB-T εν'όψει της πειραματικής διαδικασίας.....	42
3.3.7.	Πακέτα και απώλεια πακέτων [27].....	42
3.4.	Παραμετροποίηση για βελτιστοποίηση επιδόσεων.....	44
3.5.	Σενάρια Πειραματικών Μετρήσεων	45
4.	Παρουσίαση Των Πειραματικών Μετρήσεων	47
4.1.1.	Σενάριο 1 C-M mode	47
4.1.2.	Σενάριο 2 C-M mode	48
4.1.3.	Σενάριο 3 C-M mode	48
4.1.4.	Σενάριο 4 C-M mode	49
4.1.5.	Σενάριο 5 C-M mode	52

4.2.	Σενάριο 1 P2P mode	56
4.2.1.	Σενάριο 2 P2P mode	57
4.2.2.	Σενάριο 3 P2P mode	58
4.2.3.	Σενάριο 4 P2P mode	58
4.2.4.	Σενάριο 5 P2P mode	62
4.3.	Συγκεντρωτικά 1 ^{ων} σεναρίων	65
4.3.1.	Συγκεντρωτικά 2 ^{ων} σεναρίων.....	66
4.3.2.	Συγκεντρωτικά 3 ^{ων} σεναρίων.....	66
4.3.3.	Συγκεντρωτικά 4 ^{ων} σεναρίων.....	67
4.3.4.	Συγκεντρωτικά 5 ^{ων} σεναρίων.....	69
5.	Συμπεράσματα.....	72
6.	Βιβλιογραφία	75
7.	Λίστα σχημάτων	76

Ακρωνύμια

A

AAL ATM Adaption Layer
ACK Acknowledgement packet
ADSL Asymmetric Digital Subscriber Line
AIX Advanced Interactive eXecutive
AMD Advanced Micro Devices
AoD Audio on Demand
API Application Program(ming) Interface
ATM Asynchronous Transfer Mode

B

BDP Bandwidth Delay Products
BSD Berkeley Software Distribution

C

COFDM Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing
CMN Cell Main Node

D

DSL Digital Subscriber Line
DSLAM Digital Subscriber Line Access Multiplexer
DVB-C Digital Video Broadcasting-Cable
DVB-H Digital Video Broadcasting-Handover
DVB-S Digital Video Broadcasting-Satellite
DVB-T Digital Video Broadcasting-Terrestrial
DVD Digital Video Decoder

E

ES Elementary Stream
ETSI European Telecommunications Standard Institute

F

FEC Forward Error Correction

G

GOP Group Of Pictures
GPRS General Packet Radio Service
GSM Global System For Mobile Communications

H

HDTV High Definition Television
HP-UX Hewlett Packard UniX

I

IEEE Institute of Electrical & Electronics Engineers
IFFT Inverse Fast Fourier Transform
IP Internet Protocol
IPTV Internet Protocol Television
ISDB-T International Standard Digital Broadcasting-Terrestrial
ISDN Integrated Services Digital Network
ISM Industrial, Scientific, Medical
ISP Internet Service Provider
ITU-R International Telecommunications Union – Radio Communication
ISDN Integrated Services Digital Network

J

JPEG Joint Photographic Experts Group

M

MAC Media Address Controler
MAC OS X Macintosh Operating System X
MHP Multimedia Home Platform

MPE Multi Protocol Encapsulation
MPEG Motion Pictures Experts Group
MSS Maximum Segment Size
MTU Maximum Transmission Unit
N
NAT Network Address Translation
NRL Naval Research Laboratory
NTSC National TV Standards Committee
O
OPAL Omni-Purpose Apparatus at LEP
P
PAT Programm Association Table
PCR Program Clock Reference
PES Packetised Elementary Stream
PID Programm Identifier
PMT Programm Map Table
POSIX Portable Operating System Interface for uniX
PS Program Stream
Q
QAM Quadrature Amplitude Modulation
QoS Quality of Service
QPSK Quadrature Phase Shift Keying
R
RAM Random-Access Memory
RDVB-T Regenerative Digital Video Broadcasting-Terrestrial
RS Reed Solomon
RTO Retransmission Time Out
S
SFN Single Frequency Networks
SNR Signal-to-noise ratio
T
TCP Transmission Control Protocol
TPS Transactions Per Second
TS Transport Stream
TV Television
U
UDP User Datagram Protocol
UHF Ultra High Frequency
ULE Ultra-Light Encapsulation
UMTS Universal Mobile Telecommunications System
V
VCR Video Cassette Recorder
VLC VideoLAN Client
VoD Video on Demand
W
WLAN Wireless Lan
WEP Wired Equivalent Privacy

1. Εισαγωγή

1.1. Γενικά

Η εισαγωγή της ψηφιακής τηλεόρασης εκτός από τα πλεονεκτήματα που έχει εισάγει στον χώρο της εκπομπής τηλεοπτικών προγραμμάτων συγκριτικά με την αναλογική τηλεόραση μπορούμε πλέον να έχουμε με ένα κανάλι επιστροφής και αμφίδρομες υπηρεσίες. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι μπορούμε εκτός από τηλεοπτικά προγράμματα να μεταδώσουμε και IP δεδομένα το πλεονέκτημα αυτό της ψηφιακής τηλεόρασης είναι που θα εκμεταλλευτούμε για να δημιουργήσουμε ένα υβριδικό δίκτυο και να παρέχουμε δικτυακές υπηρεσίες πάνω από ένα σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης. Όλα αυτά κάνοντας χρήση της τεχνολογίας του Digital Video Broadcasting -Terrestrial (DVB-T) στην κατερχόμενη ζεύξη (downlink) και των τεχνολογιών ADSL και WLAN στα κανάλια επιστροφής (uplinks).

1.2. Στόχοι

Η Πτυχιακή αυτή εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη, σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση δικτυακής υποδομής βασισμένης στο πρότυπο DVB-T στην οποία πάνω εφαρμόζουμε τεχνολογία ετερογενών δικτύων για την μεταφορά αρχείων, με τελικό στόχο την μείωση του χρόνου μεταφοράς τους.. Έχοντας ένα δίκτυο με περιορισμένο εύρος ζώνης θα πρέπει να διασφαλίσουμε την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών και να βελτιστοποιήσουμε τις επιδόσεις του δικτύου μας. Το δίκτυο θα χρησιμοποιηθεί για τη διασύνδεση ενδιάμεσων κόμβων διανομής και θα δοκιμαστεί, επιδειχθεί και ελεγχθεί για την ορθότητά του πάνω από την πλατφόρμα DVB-T του Εργαστηρίου Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων, ΠΑΣΙΦΑΗ. Η πτυχιακή εργασία θα συμπεριλαμβάνει την υλοποίηση, δοκιμή και έλεγχο ορθότητας της συνολικής απόδοσης του δικτύου με τη χρήση ενσύρματων επίγειων δικτύων συνεισφέροντας έτσι στην περαιτέρω σύγκλιση της τεχνολογίας DVB-T με τα δίκτυα τηλεπικοινωνιών σε ένα ολοκληρωμένο και συμπαγή περιβάλλον.

1.3. Οργάνωση

Σε μια προσπάθεια να καλυφθούν ικανοποιητικά τα παραπάνω θέματα, επιχειρείται να εξετασθούν όλες οι παράμετροι που καθορίζουν τη λειτουργία ενός τέτοιου δικτύου με την πραγματοποίηση των κατάλληλων μετρήσεων έτσι ώστε να επιτευχθούν οι απαιτούμενες βελτιστοποιήσεις για την καλύτερη δυνατή απόδοση του συστήματος. Στην ενότητα 2 παρουσιάζονται θεωρητικά στοιχεία σχετικά με την τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και τον δημιουργία σημάτων βασικής ζώνης. Ακολούθως, επιχειρείται η περιγραφή του τρόπου δημιουργίας της τελικής ροής μεταφοράς MPEG-2 (MPEG-2 TS). Στη συνέχεια, γίνεται μία εκτενέστερη αναφορά στο Ευρωπαϊκό πρότυπο DVB-T πάνω στο οποίο στηρίζεται η λειτουργία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης και ακολουθεί αναφορά στα διομότιμα δίκτυα (p2p networks) και τον τρόπο λειτουργίας τους.

Αντικείμενο της ενότητας 3 αποτελεί η παρουσίαση μιας υβριδικής αρχιτεκτονικής ασύμμετρων δικτύων (πελάτη-εξυπηρετητή) στα οποία οι τεχνολογίες ADSL και WLAN εφαρμόζεται στα κανάλια επιστροφής. Πιο συγκεκριμένα, το προτεινόμενο δίκτυο παρουσιάζεται σχεδιαστικά, περιγράφεται η λειτουργία του και εξηγείται αναλυτικά ο ρόλος του κάθε στοιχείου από το οποίο αποτελείται. Επίσης, περιγράφεται η δημιουργία ενός ενδιάμεσου κόμβου διανομής (CMN) και αναλύεται ο ρόλος του μέσα στο συγκεκριμένο ευρυζωνικό δίκτυο.

Η ενότητα 4 ασχολείται με τη στοιχειοθέτηση των πειραματικών μετρήσεων οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής εργασίας. Στη συνέχεια, μελετάται και εξετάζεται η συμπεριφορά του προτεινόμενου αμφίδρομου διαδραστικού δικτύου DVB-T, το οποίο υλοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καταγράφηκαν και αναλύθηκαν με στόχο τη εξαγωγή όσο το δυνατόν χρησιμότερων συμπερασμάτων σε μία προσπάθεια βελτιστοποίησης των επιδόσεων αυτών.

Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής πραγματοποιείται με την ενότητα 5 καταγράφοντας τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη μελέτη του αμφίδρομου διαδραστικού δικτύου και προτείνονται θέματα για την επέκταση της συγκεκριμένης μελέτης στην ίδια θεματική περιοχή.

1.4. Θεωρητικό Υπόβαθρο για την Τεχνολογία Digital Video Broadcasting- Terrestrial (DVB-T)

Η εξέλιξη του προτύπου επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης DVB-T και η εφαρμογή του πάνω σε επίγεια κανάλια είναι μία από τις πιο σημαντικές τεχνολογικές εξελίξεις στις ασύρματες τηλεπικοινωνίες. Μια πλατφόρμα DVB-T μπορεί να αξιοποιηθεί όχι μόνο για την εκπομπή "μπουκέτων" τηλεοπτικών προγραμμάτων σε ένα μεγάλο αριθμό τελικών χρηστών κατανεμημένων πάνω σε μεγάλες γεωγραφικά περιοχές αλλά και για την παροχή αμφίδρομων Διαδικτυακών υπηρεσιών. Η χαρακτηριστική ιδιότητα του DVB-T να συνδυάζει τηλεοπτικά προγράμματα MPEG-2 με υπηρεσίες IP στο ίδιο κανάλι μεταφοράς, επιτρέπει την ανάπτυξη δικτυακών υποδομών οι οποίες μπορούν να διασυνδέσουν ενδιάμεσους κόμβους διανομής για την παροχή υπηρεσιών κατά απαίτηση.

1.5. Σύνοψη

Η μελέτη αυτή υλοποιεί την ιδέα της σύγκλισης των τηλεπικοινωνιών και των τεχνολογιών εκπομπής διερευνώντας ένα μοντέλο υβριδικού ευρυζωνικού δικτύου βασισμένου στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T). Εφαρμόζουμε μια πολύ διαδεδομένη τεχνολογία δικτύων στις μέρες μας (peer to peer) που χρησιμοποιείται για την μεταφορά δεδομένων και την επικοινωνία γενικότερα στην αρχιτεκτονική που προτείνεται, συνδυάζοντας την τεχνολογία του DVB-T με μια ήδη υπάρχουσα δικτυακή υποδομή, για να προσφέρει στον τελικό χρήστη ψηφιακά τηλεοπτικά προγράμματα μαζί με υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες δεδομένων.

2. Τεχνολογίες και Πρωτόκολλα

2.1. Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε και θα αναλύσουμε ορισμένες τεχνολογίες όπως είναι η ψηφιακή τηλεόραση και ειδικότερα τα πρότυπα DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), WLAN (Wireless Local Area Network), ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), P2P (Peer to Peer) . Ενώ τα πρωτόκολλα που θα εξετάσουμε είναι τα πρωτόκολλα TCP (Transmission Control Protocol), Gnutella[9], Napster[10], BitTorrent.

2.2. Τεχνολογίες

2.2.1. Ψηφιακή Τηλεόραση και Broadcasting Δίκτυα

Η ψηφιακή τηλεόραση έχει εισέλθει στη ζωή μας εδώ και μερικά χρόνια φέρνοντας μαζί τα πλεονεκτήματά της. Λέγοντας ψηφιακή τηλεόραση μας έρχονται στο νου τα πρότυπα DVB (Digital Video Broadcasting), ATSC (Advanced Television Systems Committee) και ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting) η πρώτη οικογένεια προτύπων χρησιμοποιείται στην Ευρώπη και είναι αυτό που θα ασχοληθούμε, η δεύτερη χρησιμοποιείται στη Αμερική και η τρίτη στην Ιαπωνία.

Η οικογένεια προτύπων DVB έχει ως μέλη της τα πρότυπα DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial), DVB-S (Digital Video Broadcasting-Satellite), DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite) και DVB-H (Digital Video Broadcasting - Handheld).

2.2.1.1. DVB-T

Το πρότυπο DVB-T [2](Digital Video Broadcasting-Terrestrial), χρησιμοποιείται για την μετάδοση ψηφιακής επίγειας τηλεόρασης. Σε ένα σύστημα DVB-T το οπτικοακουστικό σήμα μεταδίδεται συμπιεσμένο, χρησιμοποιώντας διαμόρφωση πολλαπλών φερόντων στο σχήμα της πολυπλεξίας με ορθογώνια διαίρεση συχνότητας και κωδικοποίηση καναλιού (COFDM – Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing). Η μέθοδος κωδικοποίησης πηγής που χρησιμοποιείται είναι το πρότυπο MPEG-2, ενώ πρόσφατα υιοθετήθηκε και το H.264. Στα DVB-T συστήματα η μετάδοση επιτυγχάνεται εκπέμποντας σε ένα από τα κανάλια 21-69 της μπάντας των UHF, όπως και τα “παραδοσιακά” συστήματα αναλογικής μετάδοσης, έχοντας διαθέσιμο εύρος ζώνης 8 MHz.

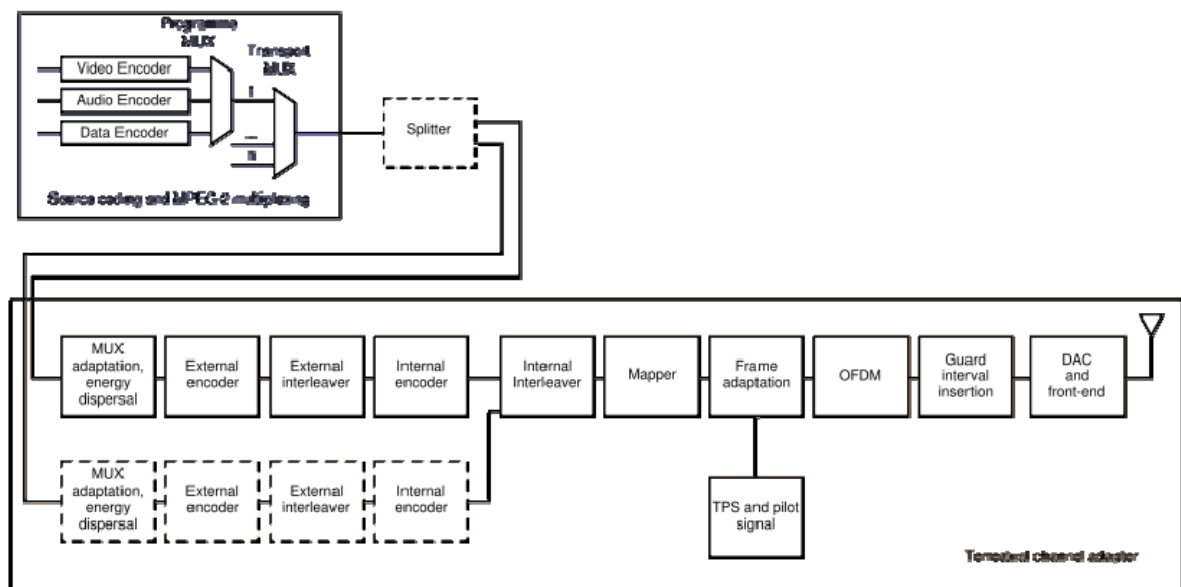


Figure 1 Διάγραμμα ενός DVB Πομπού

Το πρότυπο αυτό υποστηρίζει μόνο μονόδρομη κίνηση όπου μπορεί να εκπεμφθούν επιπλέον υπηρεσίες όπως IPTV και IPRadio όπου δεν χρειάζεται αλληλεπίδραση με τον τελικό χρήστη. Για να μπορέσουμε να έχουμε επιπλέον IP [1] υπηρεσίες όπως HTTP, FTP, SMTP, Video On Demand ή Audio On Demand θα πρέπει να έχουμε ένα κανάλι επιστροφής ώστε να γίνονται οι αιτήσεις για την υπηρεσία που ζητά ο τελικός χρήστης. Αυτό το κανάλι επιστροφής θα μπορούσε να είναι ένα δίκτυο PSTN, ISDN, GSM, GPRS, DVB-S, xDSL ή οποιαδήποτε άλλη τεχνολογία εξυπηρετεί την εκάστοτε εφαρμογή.

2.2.1.1.1. Το MPEG Πρότυπο

Η Ομάδα Ειδικών Κινούμενης Εικόνας ή MPEG (Moving Picture Experts Group) είναι μια ομάδα εργασίας ISO/ IEC, υπεύθυνη για την ανάπτυξη των τηλεοπτικών και ακουστικών προτύπων κωδικοποίησης. Ένα από τα πρότυπα της οικογένειας MPEG το οποίο αξιοποιείται για τη δημιουργία τηλεοπτικών σημάτων είναι το MPEG-2. Το πρότυπο αυτό υποστηρίζει εφαρμογές με μεγάλες απαιτήσεις στην ποιότητα του video και προσφέρει μεταβλητούς ρυθμούς μετάδοσης από τη στιγμή που ο βαθμός συμπίεσης μεταβάλλεται αντιστρόφως ανάλογα με την πολυπλοκότητα των πλαισίων που κωδικοποιούνται. Έχει καθιερωθεί σε παγκόσμιο επίπεδο ως το πρότυπο για συμπίεση της ψηφιακής τηλεόρασης αφού παρέχει υψηλό βαθμό συμπίεσης διατηρώντας την εικόνα σε υψηλό επίπεδο ποιότητας. Το πρότυπο MPEG-2 σε συνδυασμό με το πρότυπο Multi Protocol Encapsulation (MPE) ενθυλακώνει τα IP δεδομένα σε ροές μεταφοράς οι οποίες αποστέλλονται μέσω δικτυακών πλατφόρμων DVB. Εκτός από την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση το πρότυπο MPEG-2 αξιοποιείται ακόμα στην δορυφορική τηλεόραση (Satellite Digital TV), στην καλωδιακή τηλεόραση (Cable TV) και στους δίσκους DVD (Digital Video Disk).

2.2.2. WLAN

Ως ασύρματο τοπικό δίκτυο (Wireless LAN - WLAN) εννοούμε τη σύνδεση δύο ή περισσότερων υπολογιστών χωρίς την χρήση καλωδίων. Το WLAN χρησιμοποιεί την διαμόρφωση σήματος Spread Spectrum ή/και OFDM και τα ραδιοκύματα για να πετύχει επικοινωνία μεταξύ συσκευών σε μια μικρή περιοχή. Αυτό δίνει την δυνατότητα στους χρήστες να μπορούν να μετακινούνται μέσα στην ορισμένη περιοχή και να συνεχίζουν να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο.

Για τους οικιακούς χρήστες, το ασύρματο δίκτυο έχει γίνει δημοφιλές λόγω της ευκολίας που έχει στην εγκατάσταση και την ελευθερία που δίνει στην τοποθέτηση του υπολογιστή, σε συνδυασμό με την διείσδυση στην αγορά των φορητών υπολογιστών.

Το πρώτο WLAN αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο της Χαβάη και ονομαζόταν ALOHAnet. Το συγκεκριμένο δίκτυο περιλάμβανε πολλές καινοτομίες και υπήρξε η βάση για το τοπικό δίκτυο Ethernet και για τα ασύρματα δίκτυα. Χρησιμοποιούσε τοπολογία αμφίδρομου αστέρα για την επικοινωνία επτά υπολογιστών, οι οποίοι ήταν εγκατεστημένοι

σε τέσσερα νησιά, με ένα κεντρικό υπολογιστή, χωρίς να χρησιμοποιούνται ενσύρματες γραμμές.

Στην αρχή της πορείας των ασύρματων δικτύων, το υλικό τους ήταν τόσο ακριβό που χρησιμοποιούνταν μόνο όπου η εγκατάσταση δομημένης καλωδίωσης ήταν δύσκολη ή αδύνατη. Κατά την ανάπτυξη των WLAN κυριάρχησαν τα πρότυπα IEEE 802.11χ

Protocol	Release Date	Op. Frequency	Throughput (Typ)	Data Rate (Max)	Modulation Technique	Range (Radius Indoor)	Range (Radius Outdoor)
Legacy	1997	2.4 GHz	0.9 Mbit/s	2 Mbit/s		~20 Meters	~100 Meters
802.11a	1999	5 GHz	23 Mbit/s	54 Mbit/s	OFDM	~35 Meters	~120 Meters
802.11b	1999	2.4 GHz	4.3 Mbit/s	11 Mbit/s	DSSS	~38 Meters	~140 Meters
802.11g	2003	2.4 GHz	19 Mbit/s	54 Mbit/s	OFDM	~38 Meters	~140 Meters
802.11n	June 2009	2.4 GHz 5 GHz	74 Mbit/s	248 Mbit/s		~70 Meters	~250 Meters
802.11y	June 2008	3.7 GHz	23 Mbit/s	54 Mbit/s		~50 Meters	~5000 Meters

Figure 2 Περιγραφή των Πρωτοκόλλων 802.11

Τα WLAN έγιναν δημοφιλή κυρίως για την ευκολία χρήσης τους, το μικρό κόστος και την ευκολία ενσωμάτωσής τους με υπάρχοντα δίκτυα και εξοπλισμό. Πολλοί υπολογιστές που πωλούνται σήμερα και σχεδόν το σύνολο των φορητών υπολογιστών έρχονται με εξοπλισμό πρόσβασης σε ασύρματο δίκτυο.

Η τεχνολογία των ασύρματων τοπικών δικτύων, αν και παρέχει πολλές ευκολίες και παρέχει τα πλεονεκτήματα που αναφέρονται παραπάνω, έχει και τις αδυναμίες της. Για ορισμένες εγκαταστάσεις, η χρήση τοπικών δικτύων μπορεί να μην είναι η επιθυμητή λύση. Αυτό κυρίως οφείλεται σε περιορισμούς που εισαγάγει η ίδια η τεχνολογία όπως η ασφάλεια, ακτίνα χρήσης, αξιοπιστία, ταχύτητα και πολλούς άλλους περιορισμούς.

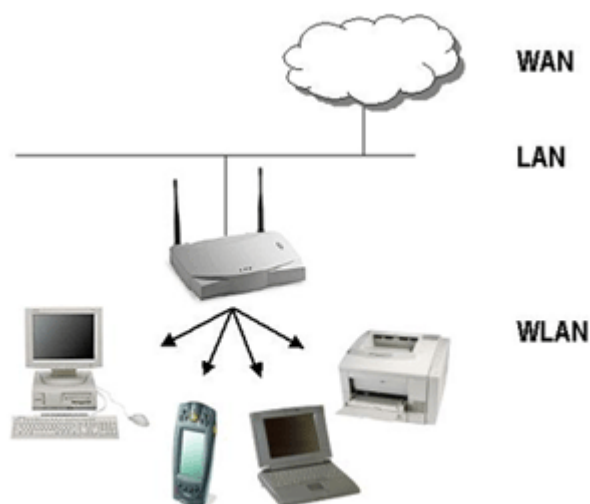


Figure 3 Αρχιτεκτονική Ασύρματου Δικτύου

Όλα τα συστήματα που μπορούν να συνδεθούν στο ασύρματο μέσο σε ένα δίκτυο αναφέρονται ως σταθμοί. Όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ασύρματες κάρτες δικτύου. Οι σταθμοί χωρίζονται σε δύο κατηγορίες σημεία πρόσβασης και πελάτες.

Τα σημεία πρόσβασης (Access Point - AP) είναι σταθμοί βάσης για το ασύρματο τοπικό δίκτυο. Εκπέμπουν και λαμβάνουν ραδιοσυχνότητες έτσι ώστε οι ασύρματες συσκευές να επικοινωνούν μεταξύ τους (δηλ. όλες οι ασύρματες συσκευές επικοινωνούν μέσω των AP). Το AP είναι το κέντρο και ο ελεγκτής του ασύρματου δικτύου, ορίζει την ακτίνα δράσης και τις παραμέτρους των πρωτοκόλλων που θα χρησιμοποιηθούν. Το AP συνδέει το ασύρματο δίκτυο με υπάρχοντα ενσύρματα δίκτυα. Πολλά AP συνδεδεμένα με ενσύρματο μέσο και λειτουργώντας σε διαφορετικά κανάλια συχνότητας συνδυάζονται για να επεκτείνουν την ακτίνα ενός ασύρματου τοπικού δικτύου.

Οι πελάτες σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο μπορεί να είναι μεταφερόμενες συσκευές όπως φορητοί υπολογιστές, PDA (Personal digital Assistants), τηλέφωνα IP ή σταθερές συσκευές όπως προσωπικοί υπολογιστές, κ.α., εξοπλισμένα με μια ασύρματη κάρτα δικτύου.

Το WLAN χαρακτηρίζεται από αρκετά πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα:

- Κινητικότητα
- Παραγωγικότητα
- Επεκτασιμότητα
- Ευκολία στη χρήση
- Σχετικά χαμηλό κόστος

Μειονεκτήματα:

- Ασφάλεια
- Ακτίνα χρήσης
- Αξιοπιστία
- Ταχύτητα

2.2.3. Η Τεχνολογία ADSL

Το Asymmetric Digital Subscriber Line (Ασύμμετρη Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή) ή ADSL είναι μια μορφή DSL, δηλαδή μια τεχνολογία μετάδοσης δεδομένων που λειτουργεί πάνω σε παραδοσιακή τηλεφωνική γραμμή αλλά πετυχαίνει υψηλότερους ρυθμούς μεταφοράς από τα παραδοσιακά modem.

Το απλό χάλκινο καλώδιο (γνωστό και ως τοπικός βρόχος, local loop ή last mile) που συνδέει σχεδόν κάθε σπίτι με το τοπικό τηλεφωνικό κέντρο, έχει πολύ περισσότερες δυνατότητες από την υποστήριξη της απλής τηλεφωνίας. Έτσι με χρήση ανώτερου τμήματος του εύρους ζώνης του βρόχου, εκείνου το οποίο μένει αναξιοποίητο από την κλασική τηλεφωνία (PSTN ή ISDN), επιτυγχάνονται υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων. Το γεγονός αυτό προσφέρει κι ένα ακόμη πλεονέκτημα: η παραδοσιακή τηλεφωνία και η μετάδοση δεδομένων μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα και ανεξάρτητα η μία από την άλλη, εφόσον χρησιμοποιούν διαφορετικό φάσμα συχνοτήτων στην τηλεφωνική γραμμή. Ωστόσο οι συχνότητες που χρησιμοποιεί το ADSL εξασθενούν συντομότερα από αυτές της τηλεφωνίας, με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργήσει σε αποστάσεις έως 5 Χλμ. από το τηλεφωνικό κέντρο. Επιπλέον, όσο μεγαλώνει η απόσταση από το τηλεφωνικό κέντρο τόσο μειώνεται η ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων που μπορεί να επιτευχθεί από το ADSL.

Χαρακτηριστικό του ADSL είναι το ότι οι ταχύτητες λήψης και αποστολής δεδομένων διαφέρουν - σε αυτό οφείλει και τη λέξη «ασύμμετρη» στο όνομά του. Για παράδειγμα, μια τυπική ταχύτητα για ADSL στην Ελλάδα είναι η 1024/256 Kbps, ενώ η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει είναι τα 24/1 Mbps. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό είναι ότι η σύνδεση ADSL είναι μόνιμη και διαθέσιμη ανά πάσα στιγμή (always-on). Δηλαδή δεν απαιτείται σύνδεση και αποσύνδεση από το δίκτυο όπως συμβαίνει με τις τηλεφωνικές κλήσεις. Εξελιγμένες εκδόσεις του ADSL είναι το ADSL2 και το ADSL2+, οι οποίες παρέχουν μεγαλύτερες ταχύτητες αξιοποιώντας διαφορετικά το εύρος ζώνης του καλωδίου. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να επιτύχει το ADSL2+ είναι τα 24/1 Mbps (ή τα 24/3,5 Mbps σε περίπτωση που υλοποιεί το πρότυπο ITU G.992.5 Annex M), αλλά στην πράξη

πολύ λίγοι χρήστες μπορούν να συνδεθούν σε αυτές τις ταχύτητες, λόγω της απόστασής τους από το τηλεφωνικό κέντρο.

Standard name	Common name	Downstream rate	Upstream rate
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8Mbit/s	1.0Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	12Mbit/s	1.3Mbit/s
ITU G.992.1 Annex A	ADSL OVER POTS	12Mbit/s	1.3Mbit/s
ITU G.992.1 Annex B	ADSL OVER ISDN (IDSL)	12Mbit/s	1.8Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1.5Mbit/s	0.5Mbit/s
ITU G.992.3/4	ADSL2	12Mbit/s	1.0Mbit/s
ITU G.992.3 Annex J	ADSL2	12Mbit/s	1.0Mbit/s
ITU G.992.3 Annex L	RE-ADSL2	5Mbit/s	0.8Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL+	24Mbit/s	1.0Mbit/s
ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24Mbit/s	3.5Mbit/s

Figure 4 Πίνακας Προτύπων ADSL

2.2.4. P2P (peer to peer) [4]

Αντίθετα με τις κλασικές υποδομές Πελάτη-Διακομιστή (Client-Server), πάνω στις οποίες έχουν βασιστεί οι πιο δημοφιλείς καταναμημένες εφαρμογές, όπως είναι ο Παγκόσμιος Ιστός (World Wide Web, WWW) και το Ηλεκτρονικό Ταχυδρομείο (Electronic Mail, e-mail), το Διομότιμο μοντέλο επικοινωνίας εισάγει την έννοια των ομότιμης υπευθυνότητας οντοτήτων, οι οποίες μεταφέρουν την επικοινωνία εξουσιοδοτώντας τη σε άλλες οντότητες. Τα Διομότιμα συστήματα έχουν κερδίσει επιτυχία σε εφαρμογές που εστιάζουν στην ανταλλαγή αρχείων μεταξύ χρηστών.

Ένα peer-to-peer δίκτυο υπολογιστών δεν έχει σταθερό αριθμό πελατών και εξυπηρετητών, αλλά αποτελείται από ένα μεταβλητό αριθμό αλληλένδετων κόμβων που λειτουργούν και σαν πελάτης και σαν εξυπηρετητής για κάθε άλλο κόμβο του δικτύου. Έτσι, κάθε κόμβος μπορεί να στείλει ή να λάβει αίτηση εξυπηρέτησης. Τα δίκτυα peer-to-peer αποτελούν μια κατηγορία εφαρμογών που εκμεταλλεύεται τους αποθηκευτικούς πόρους, τους υπολογιστικούς κύκλους, το περιεχόμενο και την ανθρώπινη παρουσία που είναι διαθέσιμη στα διάφορα σημεία που συνδέονται μέσω Διαδικτύου. Ωστόσο, επειδή η πρόσβαση σε αυτούς τους καταναμημένους πόρους συνεπάγεται λειτουργία σε ένα περιβάλλον με υπολογιστές, που δεν είναι σταθερά συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο, και επιπλέον, οι IP διευθύνσεις τους είναι μη προβλέψιμες, πρέπει οι κόμβοι ενός δικτύου peer-to-peer να λειτουργούν έξω από το σύστημα DNS και να μην εξαρτώνται από κεντρικούς

εξυπηρετητές. Τα peer-to-peer υπερκείμενα δίκτυα δεύτερης γενιάς δε χρησιμοποιούν συγκεντρωμένες υπηρεσίες και δε χρειάζονται υποστήριξη από ISPs. Τέλος, χρησιμοποιούν μεγάλο όγκο πόρων χωρίς να απαιτείται κεντρικός σχεδιασμός ή μεγάλες επενδύσεις σε υλικό, εύρος ζώνης.

Στα πρωτοεμφανιζόμενα συστήματα peer-to-peer συγκαταλέγονται προγράμματα επικοινωνίας με την υπηρεσία instant messaging όπως το ICQ[8] και δίκτυα ανταλλαγής αρχείων όπως το Gnutella[9] και ο Napster (ωστόσο και το ICQ και ο Napster χρησιμοποιούν σύστημα client-server για την αναζήτηση). Τέλος, θα μπορούσε κανείς να πει ότι το πιο γνωστό σύστημα peer-to-peer είναι η IP δρομολόγηση.

Τα συστήματα peer-to-peer αποτελούν δημοφιλές πεδίο έρευνας στο χώρο της πληροφορικής και των επικοινωνιών, και χρησιμοποιούνται κυρίως για την υλοποίηση εντελώς αποκεντρωμένων δικτύων από αλληλένδετους κόμβους. Τέτοια δίκτυα ενδείκνυνται για εφαρμογές ομαδικής επικοινωνίας, αποθήκευσης αρχείων, κατανομής περιεχομένου και ανταλλαγής πόρων.

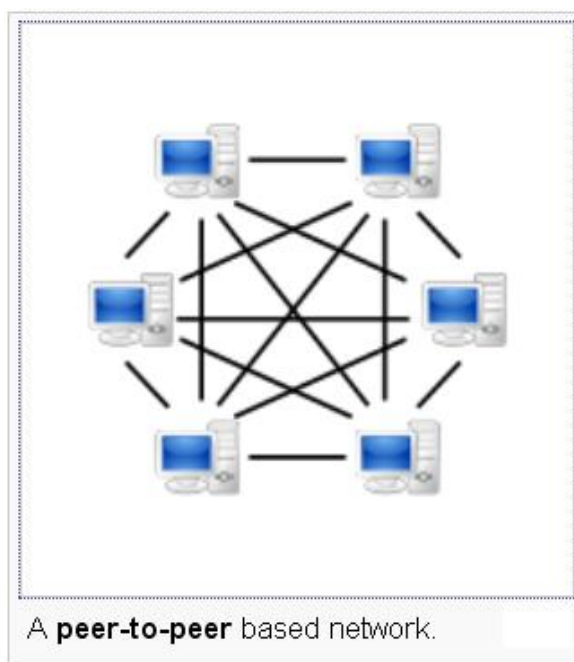


Figure 5 Peer to Peer Network

Η δεύτερη γενιά των συστημάτων peer-to-peer είναι τα δομημένα peer-to-peer υπερκείμενα δίκτυα όπως είναι το Tapestry, το Chord, το Pastry, το CAN, το Kademlia, το Bamboo. Αυτά τα υπερκείμενα δίκτυα υλοποιούν ένα βασικό interface δρομολόγησης με βάση το κλειδί (key-based routing – KBR), το οποίο υποστηρίζει μία ντετερμινιστική δρομολόγηση μηνυμάτων στον κόμβο - υπεύθυνο για το κλειδί προορισμού. Επίσης, μπορούν να υποστηρίξουν interfaces υψηλότερου επιπέδου όπως έναν κατανομημένο πίνακα

κατακερματισμού (Distributed Hash Table – DHT) ή ένα στρώμα κατανεμημένου εντοπισμού και δρομολόγησης αντικειμένων (Distributed Object Location and Routing – DOLR). Αυτά τα συστήματα παρουσιάζουν καλή κλιμάκωση και εγγυώνται ότι οι ερωτήσεις βρίσκουν τα ζητούμενα αντικείμενα υπό φυσιολογικές συνθήκες.

Ένα χαρακτηριστικό που διαφοροποιεί αυτά τα συστήματα μεταξύ τους είναι το εάν λαμβάνουν υπόψη δικτυακές αποστάσεις, όταν φτιάχνουν το υπερκείμενο στρώμα δρομολόγησης. Έτσι, στο CAN και στο Chord ένα υπερκείμενο βήμα μπορεί να είναι όσο η διάμετρος του δικτύου. Και τα δύο πρωτόκολλα δρομολογούν κατά μήκος της μικρότερης διαθέσιμης διαδρομής και χρησιμοποιούν σε χρόνο εκτέλεσης διάφορες τεχνικές για τη βελτιστοποίηση της συμπεριφοράς τους. Από την άλλη, το Tapestry και το Pastry φτιάχνουν τοπικά βελτιστοποιημένους πίνακες δρομολόγησης κατά την αρχικοποίηση και τους διατηρούν προκειμένου να μειώσουν την έκταση που θα πάρει η δρομολόγηση.

2.2.4.1. Αρχές P2P [6]

- Οι αρχές P2P εφαρμόζονται σε πολλά είδη συστημάτων
 - Διαμοιρασμός περιεχομένου, επικοινωνία, διανεμημένοι υπολογισμοί, συνεργασία
- Κύρια μέρη των αρχών P2P:
 - Αυτόματη οργάνωση περιεχομένου, μη κεντρική διαχείριση
 - Διαμοιρασμός πηγών, π.χ. αρχείων
 - Βασισμένο σε εθελοντική συνεργασία
 - Όλοι οι χρήστες είναι ισότιμοι
 - Μεγάλος αριθμός χρηστών στο δίκτυο
- Σε αντίθεση: Πελάτης - εξυπηρετητής= συγκεκριμένα καθορισμένοι ρόλοι για πελάτη και εξυπηρετητή

2.2.4.2. Ορισμός του P2P Error! Reference source not found.

Ένα σύστημα P2P παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά :

1. Υψηλό βαθμό αυτονομίας
2. Αξιοποιεί πηγές στα άκρα και στα άκρα του δικτύου
3. Μεμονωμένοι κόμβοι έχουν διακοπτόμενη σύνδεση
4. Μη αυστηρές προϋποθέσεις, απλά τυπικά χαρακτηριστικά

2.2.4.3. Ασφάλεια του P2P [12]

2.2.4.3.1. *Anonymity Error! Reference source not found.*

Ένα ανώνυμο δίκτυο υπολογιστών P2P είναι ένας ιδιαίτερος τύπος P2P δικτύου στο οποίο οι χρήστες είναι ανώνυμοι ή με ψευδώνυμο εξ ορισμού. Η βασική διαφορά μεταξύ των κανονικών δικτύων και των ανώνυμων είναι στη μέθοδο δρομολόγησης της αρχιτεκτονική τους αντίστοιχα. Αυτά τα δίκτυα επιτρέπουν την αδέσμευτη-ελεύθερη ροή των πληροφοριών.

Το ενδιαφέρον για τα ανώνυμα P2P έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια για πολλούς λόγους, συμπεριλαμβανομένων της δυσπιστίας των κυβερνήσεων, της μαζική παρακολούθηση και διατήρησης των δεδομένων, καθώς και με αγωγές κατά των bloggers. Αυτό το είδος δικτύων, επίσης, προτιμάται από αυτούς που θέλουν να διακινήσουν δωρεάν αρχεία που έχουν πνευματικά δικαιώματα.

Μερικά είδη πρωτόκολλων P2P (όπως το Freenet[11]) επιχειρούν να κρύψουν την ταυτότητα των χρηστών περνώντας όλη την κίνηση από ενδιάμεσους κόμβους.

2.2.4.3.2. *Encryption [13]*

Ορισμένα δίκτυα P2P κρυπτογραφούν την ροή κυκλοφορίας μεταξύ των κόμβων.

Αυτό βοηθάει σε:

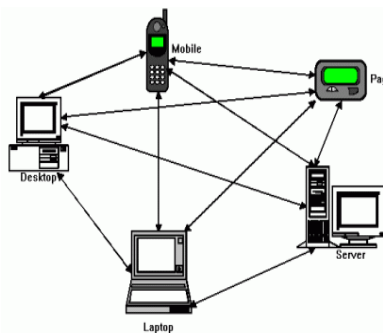
- Κάνει πιο δύσκολο για έναν πάροχο να αναγνωρίσει ότι γίνεται χρήση της τεχνολογίας P2P (έτσι ώστε να μειώσει το εύρος ζώνης που διαθέτει).
- Κρύβει το περιεχόμενο των αρχείων από ωτακουστές που προσπαθούν να κάνουν υποκλοπή πληροφοριών.
- εμποδίζει τις προσπάθειες προς την επιβολή νόμου ή τη λογοκρισία ορισμένων ειδών υλικού.

- πραγματοποιεί έλεγχο ταυτότητας των χρηστών και πρόληψη επιθέσεων πρωτοκόλλου
- ενισχύει τη διατήρηση της ανωνυμίας

2.2.4.4. Είδη εφαρμογών του P2P

- Διαμοιρασμός αρχείων (χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο όπως το BitTorrent)
- VoIP (χρησιμοποιώντας πρωτόκολλο όπως το SIP)
- Streaming media
- Instant messaging(msn messenger,icq) και online chat
- Δημοσίευση και διανομή λογισμικού
- Δημοσίευση και διανομή των media(ραδιοφώνου, βίντεο)

2.2.4.5. Η εξέλιξη του P2P [15]



Όλοι γνωρίζουμε το P2P πρωτόκολλο που μέχρι στιγμής είναι το πιο διαδεδομένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο για τη μεταφορά αρχείων μέσω του Internet. Όμως, μια εξέλιξη έρχεται να ταράξει τα νερά στο χώρο που υπόσχεται μεγάλη αύξηση των ταχυτήτων πάνω στο δίκτυο.

Η εταιρία Verizon παρουσίασε ένα νέο πρωτόκολλο, το P4P(aka Proactive network Provider Participation for P2P), που έχει ως κύριο στόχο τη μείωση του backbone traffic και επίσης την ελαχιστοποίηση των κοστών λειτουργίας του δικτύου.

Σε αντίθεση με το P2P που διαλέγει τυχαία peers, το P4P τους διαλέγει με έξυπνο τρόπο ώστε να αξιοποιήσει καλύτερα την τοπολογία του δικτύου για να αυξήσει την αποτελεσματικότητα μεταξύ των P2P συνδέσεων.

Τα αποτελέσματα των tests(with Pando) έχουν δείξει ότι υπάρχει αύξηση απόδοσης 200% και μερικές φορές η αύξηση έφτασε μέχρι και 600%. Αν προωθηθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία, οι υπεύθυνοι υποστηρίζουν ότι θα μπορούμε να μεταφέρουμε αρχεία που μέχρι τώρα δεν το επιχειρούσαμε, ας πούμε αρχεία ταινιών HD.

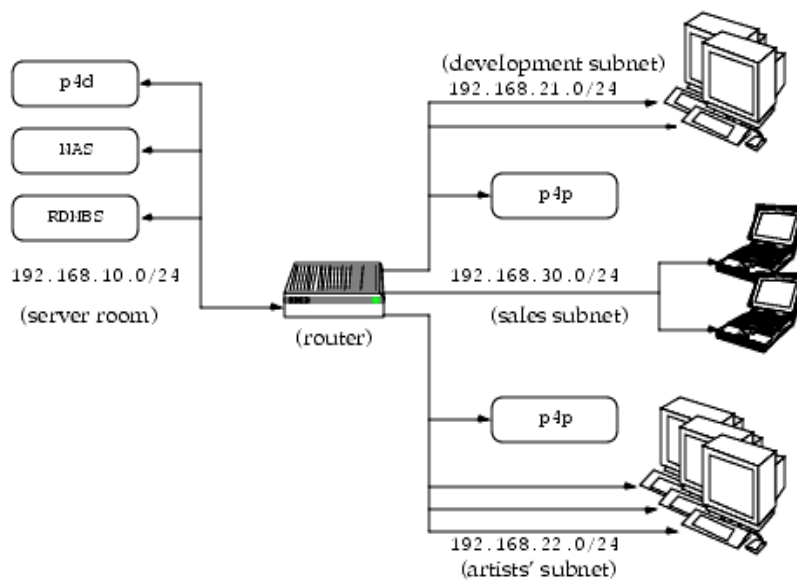


Figure 6 P4P Network

2.3. Πρωτόκολλα

2.3.1. Το Πρωτόκολλο TCP

Το πρωτόκολλο TCP[3] (*Transmission Control Protocol - Πρωτόκολλο Ελέγχου Μεταφοράς*) είναι ένα από τα κυριότερα πρωτόκολλα της Σουίτας Πρωτοκόλλων Διαδικτύου. Βρίσκεται πάνω από το IP protocol (*πρωτόκολλο IP*). Οι κύριοι στόχοι του πρωτοκόλλου TCP είναι να επιβεβαιώνεται η αξιόπιστη αποστολή και λήψη δεδομένων, επίσης να μεταφέρονται τα δεδομένα χωρίς λάθη μεταξύ του στρώματος δικτύου (*network layer*) και του στρώματος εφαρμογής (*application layer*) και, φτάνοντας στο πρόγραμμα του στρώματος εφαρμογής, να έχουν σωστή σειρά. Οι περισσότερες σύγχρονες υπηρεσίες στο Διαδίκτυο βασίζονται στο TCP. Για παράδειγμα το SMTP (port 25), το παλαιότερο (και μη-ασφαλές) Telnet (port 23), το FTP και πιο σημαντικό το HTTP (port 80), γνωστό ως υπηρεσίες World Wide Web (WWW - Παγκόσμιος Ιστός). Το TCP χρησιμοποιείται σχεδόν παντού, για αμφίδρομη επικοινωνία μέσω δικτύου. Έτσι και σε αυτή την πτυχιακή εργασία δεν θα μπορούσαμε να μην ασχοληθούμε.

+	Bits 0 - 3	4 - 9	10 - 15	16 - 31
0	Source Port Θύρα Προέλευσης		Destination Port Θύρα Προορισμού	
32	Sequence Number Αριθμός ακολουθίας			
64	Acknowledgment Number Αριθμός επιβεβαίωσης			
96	Data Offset	Reserved	Flags Σημαίες	Window Παράθυρο
128	Checksum Άθροισμα ελέγχου		Urgent Pointer Επείγοντα δεδομένα	
160	Options Επιλογές (προαιρετικές)			
160/192+	Data Δεδομένα			

Figure 7 Δομή ενός TCP πακέτου

Στο σχήμα 7 μπορούμε να δούμε την διάταξη ενός πακέτου TCP όπου αποτελείται από την θύρα προέλευσης που είναι το πεδίο που ορίζει την port (θύρα) του αποστολέα, την θύρα προορισμού το πεδίο με την port (θύρα) του παραλήπτη, το Sequence Number (αριθμός ακολουθίας), τον Acknowledgment Number (αριθμό επιβεβαίωσης), data offset είναι ο αριθμός από words μεγέθους 32 bit στην επικεφαλίδα TCP (TCP header), από το reserved που καθορίζει το μέγεθος της επικεφαλίδας (πολλαπλάσιο του 32) και επομένως δείχνει και την αρχή των δεδομένων, από πεδίο 6 bit "κρατημένων" για μελλοντική χρήση. Η τιμή των bit πρέπει να είναι 0. Από το πεδίο flags (σημαίες) η αλλιώς control bits (bits ελέγχου) περιέχει 6bit σημαίες.

Σημαία	Σημασία	Προέλευση ονομασίας
URG	Το πεδίο urgent pointer είναι σημαντικό	URG ent
ACK	Το πεδίο επιβεβαίωσης είναι σημαντικό	ACK nowledgment
PSH	Λειτουργία ώθησης	PuSH
RST	Επαναρύθμιση σύνδεσης	ReSeT
SYN	Συγχρονισμός αριθμών ακολουθίας	SYN chronize
FIN	Ο αποστολέας δεν στέλνει άλλα δεδομένα	FIN (=τέλος)

Figure 8 Flags για την κεφαλίδα TCP

Από το window που είναι ο αριθμός των byte που επιθυμεί να δεχθεί ο αποστολέας του πακέτου, το πεδίο checksum μεγέθους 16 bit χρησιμοποιείται για έλεγχο λαθών στην επικεφαλίδα και στα δεδομένα, από option μεταβλητή η οποία καθορίζει ειδικές επιλεγόμενες ρυθμίσεις και μπορεί να καταλάβει χώρο στο τέλος της επικεφαλίδας TCP και το urgent pointer όπου εάν είναι ενεργοποιημένο το URG bit ελέγχου, τότε αυτό το πεδίο δείχνει τον αριθμό ακολουθίας (sequence number) και τέλος το πεδίο data όπου περιέχονται τα δεδομένα της επικεφαλίδας.

Για την ανίχνευση χαμένων πακέτων το κάθε πακέτο αριθμείται στο πεδίο Sequence Number που αναφέραμε προηγουμένως και αυξάνεται κατά ένα σε σχέση με το προηγούμενο. Ο παραλήπτης απαντά για την επιτυχή παραλαβή πακέτου με ένα πακέτο όπου στο πεδίο Acknowledgment Number περιέχει τον αριθμό του επόμενου πακέτου που περιμένει. Ανεπιβεβαίωτα πακέτα που έχουν υπερβεί ένα χρονικό όριο γνωστό ως RTO (Retransmission TimeOut) επανεπέμπονται.

Το TCP πρωτόκολλο ξεκινώντας μια σύνδεση στέλνει ένα αριθμό bytes χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση αυτό ονομάζεται window size. Μετά από μια επιτυχή παράδοση πακέτου το TCP πρωτόκολλο επιχειρεί να αυξήσει το ρυθμό αποστολής αλλά σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να ξεπερνά το μέγεθος του receiver advertised window που έχει δηλωθεί από τον παραλήπτη.

Για την έλεγχο της συμφόρησης του δικτύου το TCP έχει μερικούς αλγόριθμους που εξασφαλίζουν την είτε στην αποφυγή είτε στην γρήγορη αποκατάσταση αυτό επιτυγχάνεται μέσα από ειδικούς αλγόριθμους όπως τον αλγόριθμο slow-start, τον congestion avoidance, τον fast retransmit και τον fast recovery όπως αναφέρεται στο RFC 2001 [5].

2.3.2. Gnutella

Το **Gnutella** αποκεντρώνει τη διαδικασία εντοπισμού του αρχείου. Οι χρήστες ενός δικτύου Gnutella οργανώνονται σε ένα πλέγμα επιπέδου εφαρμογής, στο οποίο κατευθύνονται μαζικά οι αιτήσεις για ένα αρχείο με συγκεκριμένο περιεχόμενο. Η πλημμύρα για κάθε αίτηση προφανώς δεν είναι κλιμακούμενη ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου και επειδή πρέπει να σταματήσει σε κάποιο σημείο, είναι πιθανό η αναζήτηση να αποτύχει και να μη βρεθεί το ζητούμενο περιεχόμενο στο σύστημα. Το MojoNation χρησιμοποιεί ένα online οικονομικό μοντέλο, για να ενθαρρύνει το μοίρασμα των πόρων. Το Freenet είναι ένα δίκτυο ανταλλαγής αρχείων σχεδιασμένο για να αντιστέκεται στη λογοκρισία. Ούτε το Gnutella ούτε το Freenet εγγυώνται τον εντοπισμό των αρχείων – ακόμα και σε ένα κανονικό δίκτυο που λειτουργεί χωρίς μεγάλα προβλήματα.

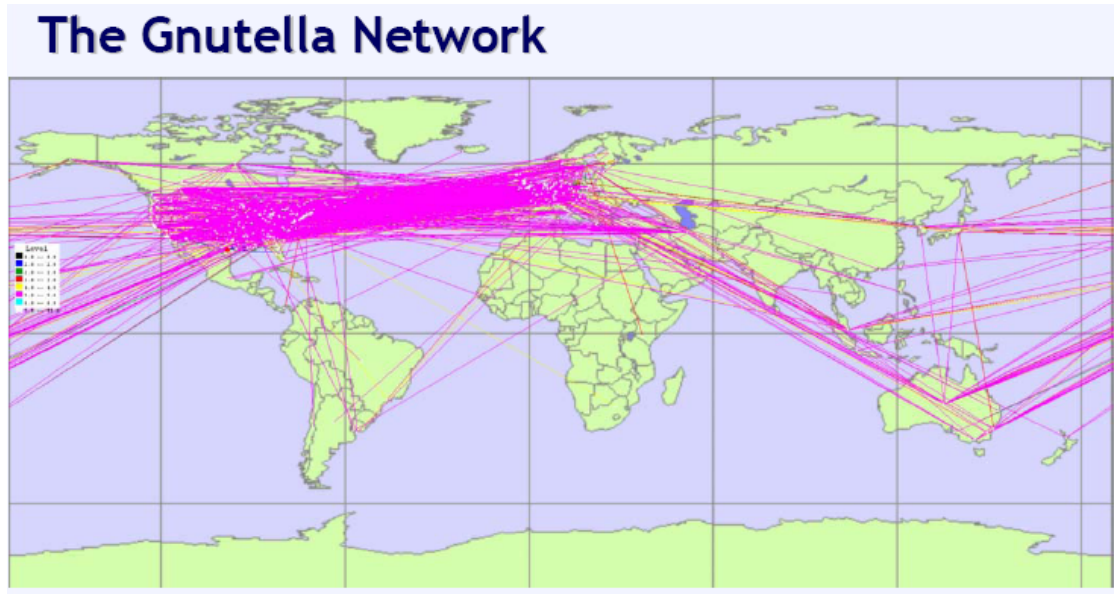


Figure 9 GNutella Network

2.3.3. Napster

Τα πρωτοεμφανιζόμενα συστήματα peer-to-peer ήταν συστήματα ανταλλαγής αρχείων. Ο **Napster** εμφανίστηκε στα μέσα του 1999 και μέχρι το τέλος του 2000 το λογισμικό του αποκτήθηκε από περισσότερους από 50 εκατομμύρια χρήστες. Σε αυτά τα συστήματα τα αρχεία αποθηκεύονται σε μηχανήματα τελικών χρηστών (*peers*) αντί σε έναν κεντρικό εξυπηρετητή και σε αντίθεση με το μοντέλο client-server, τα αρχεία ανταλλάσσονται μεταξύ των *peers*. Στον Napster ένας κεντρικός εξυπηρετητής αποθηκεύει τον κατάλογο όλων των αρχείων της κοινότητας χρηστών του Napster. Για την ανάκτηση ενός αρχείου ο χρήστης ρωτά τον κεντρικό εξυπηρετητή χρησιμοποιώντας το ευρύτερα γνωστό όνομα του αρχείου και παίρνει ως απάντηση την IP διεύθυνση του μηχανήματος που αποθηκεύει το παραπάνω αρχείο. Έτσι, εάν και ο Napster χρησιμοποιεί μοντέλο επικοινωνίας peer-to-peer για τη μεταφορά του αρχείου, η διαδικασία εντοπισμού του αρχείου εξακολουθεί να είναι κεντρική με αποτέλεσμα να κοστίζει στο σύστημα η αυξομείωση του κεντρικού καταλόγου και να είναι τρωτό, αφού η αποτυχία εξαρτάται από ένα και μόνο σημείο.

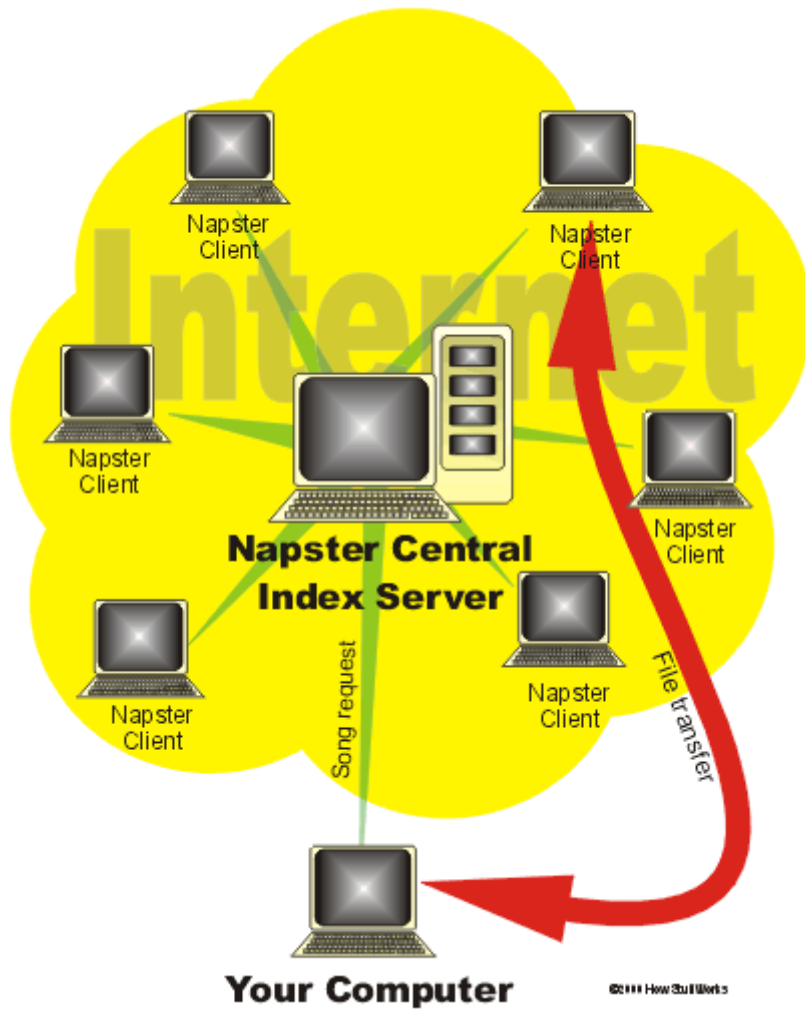


Figure 10 Αρχιτεκτονική του Napster

2.3.4. BitTorrent [16][17][18]

Παρότι τα P2P βασισμένα στο Gnutella συνεχίζουν να λειτουργούν μέχρι σήμερα και αυτό κυρίως λόγω του μεγάλου community που σχηματίστηκε, τα τελευταία χρόνια ο κύριος τρόπος μεταγωγής αρχείων (ο οποίος αντιστοιχεί σε πάνω από το 24% της παγκόσμιας κίνησης στο internet σύμφωνα με έρευνα – Wikipedia, BitTorrent) είναι το πρωτόκολλο BitTorrent. Το BitTorrent αρχικά λειτουργούσε με κάποια .torrent αρχεία που περιέγραφαν κάποιο network share, τον tracker που το αναλάμβανε και χωρίς να παρέχει κάποιο τρόπο εύρεσης των ίδιων των .torrent αρχείων που περιείχαν αυτές τις πληροφορίες. Έτσι θέλοντας κάποιος να κατεβάσει μια διανομή Linux χρησιμοποιούσε μια μηχανή αναζήτησης για το torrent αρχείο της διανομής και στην συνέχεια η διαμεταγωγή ξεκινούσε και γινόταν μέσω του πρωτοκόλλου. Το πρόβλημα αυτής της αρχιτεκτονικής είναι

ότι τα .torrent files αναγκαστικά έπρεπε να γίνουν host από κάποιους κεντρικούς κόμβους , οι οποίοι όμως ήταν με την σειρά τους ευάλωτοι σε μηνύσεις και άρα κλείσιμο με αποτέλεσμα την κατάρρευση της δυνατότητας του δικτύου για νέες μεταφορές αρχείων πέρα από τις τρέχουσες. Το BitTorrent παρότι στις τελευταίες του υλοποιήσεις περιλαμβάνει και έναν DHT αλγόριθμο για την εύρεση αρχείων κατά βάση συνεχίζει να λειτουργεί όπως και αρχικά. Μια πολύ σημαντική προσθήκη του BitTorrent είναι ότι οι κόμβοι οι οποίοι λαμβάνουν ένα αρχείο μπορούν να πραγματοποιήσουν τμηματική λήψη από πολλούς κόμβους ενώ ταυτόχρονα να μεταδίδουν και οι ίδιοι το κομμάτι που έχουν συλλέξει με αποτέλεσμα την κατανομή του φόρτου σε πολλούς κόμβους και φοβερή επιτάχυνση γιατί όλοι οι κόμβοι από μόνοι τους (καθότι έχουν ασύμμετρες ταχύτητες upstream/downstream) δεν θα μπορούσαν ποτέ να μεταδώσουν πληροφορίες με τέτοια ταχύτητα.

Τα τελευταία πρόβλημα το οποία υπάρχουν σε αυτή την αρχιτεκτονική είναι ότι κακόβουλοι κόμβοι μπορεί να δηλητηριάζουν το δίκτυο , να συλλέγουν IP διευθύνσεις οι οποίες δεν προστατεύονται , οι Internet Service Providers μπορούν να παρακολουθούν την ανταλλαγή μηνυμάτων και όταν αντιλαμβάνονται τα Handshakes να χαμηλώνουν (throttling) σκόπιμα την προτεραιότητα των πακέτων.

Τέλος οι χρήστες δεν έχουν κανένα λόγο να κρατήσουν ανοιχτό τον Torrent Client τους μετά το τέλος της μεταφοράς του αρχείου που επιθυμούν το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τα .torrent αρχεία να πεθαίνουν σταδιακά μετά τις πρώτες λίγες εβδομάδες ύπαρξης τους στο δίκτυο.

2.3.4.1. Λειτουργία [19]

Ένας BitTorrent client είναι οποιοδήποτε πρόγραμμα βάζει σε εφαρμογή το BitTorrent πρωτόκολλο. Ο κάθε client έχει τη δυνατότητα να προετοιμάζει, να ζητάει και να μεταδίδει κάθε τύπου αρχείου σε ένα δίκτυο χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο.

Για να μοιράσει ένα αρχείο ή μια ομάδα από αρχεία ένας peer δημιουργεί ένα μικρό αρχείο που ονομάζεται torrent. Αυτό το αρχείο τορρεντ περιέχει πληροφορίες (metadata) για το αρχείο ή τα αρχεία που πρόκειται να μοιραστούν, για τον τρακιερ(server που βοηθά την επικοινωνία των κόμβων έχοντας πληροφορίες για την θέση τους) και για το που βρίσκεται(τις συντεταγμένες) του υπολογιστή που θα κάνει την διανομή. Οι peers που θέλουν να κατεβάσουν το αρχείο πρέπει πρώτα να πάρουν το αντίστοιχο τορρεντ αρχείο και να συνδεθούν στον καθορισμένο τρακιερ, ο οποίος θα τους “πει” στη συνέχεια από ποιους άλλους peers θα βρουν να πάρουν τα κομμάτια του αρχείου που ζητάνε.

Η διαδικασία κατεβάσματος ενός αρχείου μέσω του BitTorrent πρωτοκόλλου από μια κλασσική αίτηση μεταφοράς μέσω HTTP(Hypertext Transfer Protocol) πρωτοκόλλου.

- Το BitTorrent κάνει πολλές μικρές αιτήσεις σε διαφορετικά TCP sockets ενώ ένας περιηγητής διαδικτύου(web browser) κάνει μια τυπική HTTP αίτηση σε ένα μόνο TCP socket.
- Ο τρόπος που κατεβάζει το BitTorrent είναι είτε τυχαίος είτε χρησιμοποιώντας αλγόριθμο προσέγγισης (“rarest-first”) διασφαλίζοντας έτσι την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα των κομματιών του αρχείου, ενώ το κατέβασμα μέσω HTTP γίνεται με διαδοχική σειρά (σειριακά, το ένα κομμάτι μετά το άλλο).

Αυτές οι διαφορές επιτρέπουν στο BitTorrent να επιτύχει πολύ μικρότερο κόστος στον πάροχο του περιεχομένου, καλύτερη εκμετάλλευση-διαχείριση των πόρων και μεγαλύτερη αντοχή στην κατάχρηση από το συνηθισμένο HTTP. Παρ'όλαυτα αυτή η “προστασία” που μπορεί και προσφέρει έρχεται με ένα κόστος: η ταχύτητα του κατεβάσματος μπορεί να πάρει λίγη ώρα να ανέβει στο μέγιστο επειδή χρειάζεται χρόνος ώστε να πραγματοποιηθεί η σύνδεση μεταξύ των πολλών κόμβων και ακόμα παίρνει χρόνο σε έναν κόμβο να παραλάβει επαρκή δεδομένα ώστε να μετατραπεί σε ενεργό uploader . Σε αντίθεση με έναν HTTP σερβερ ο οποίος είναι πιο ευάλωτος στην υπερφόρτωση και κατάχρηση, η ταχύτητα ανεβαίνει πολύ γρήγορα στο μέγιστο και μένει εκεί μέχρι το τέλος της μεταφοράς.

BitTorrent tracker identifies the swarm and helps the client software trade pieces of the file you want with other computers.

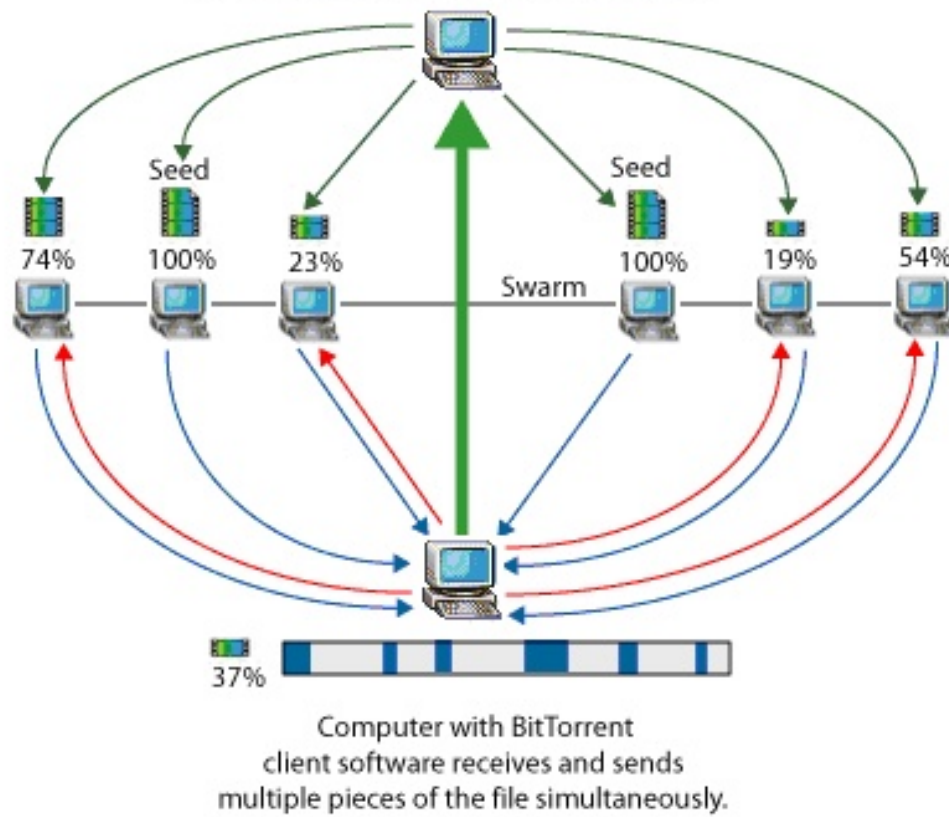


Figure 11 Αρχιτεκτονική του BitTorrent

3. Αρχιτεκτονική Του Πειραματικού Δικτύου

3.1. Εισαγωγή

Όπως αναφέραμε και παραπάνω ένα σύστημα ψηφιακής τηλεόρασης με ένα κανάλι επιστροφής (xDSL, WLAN, PSTN, ISDN, GSM, GPRS) μπορεί να γίνει διαδραστικό (interactive TV), όμως πέρα από μια απλή αλληλεπίδραση του τελικού χρήστη με το περιεχόμενο (VoD, AoD) μπορεί να μεταφέρει και IP δεδομένα. Αυτό το πλεονέκτημα είναι που θα εκμεταλλευτούμε για να παρέχουμε δικτυακές υπηρεσίες πάνω από ένα υβριδικό σύστημα όπου συνεργάζονται η ψηφιακή τηλεόρασης αλλά και άλλες τεχνολογίες.

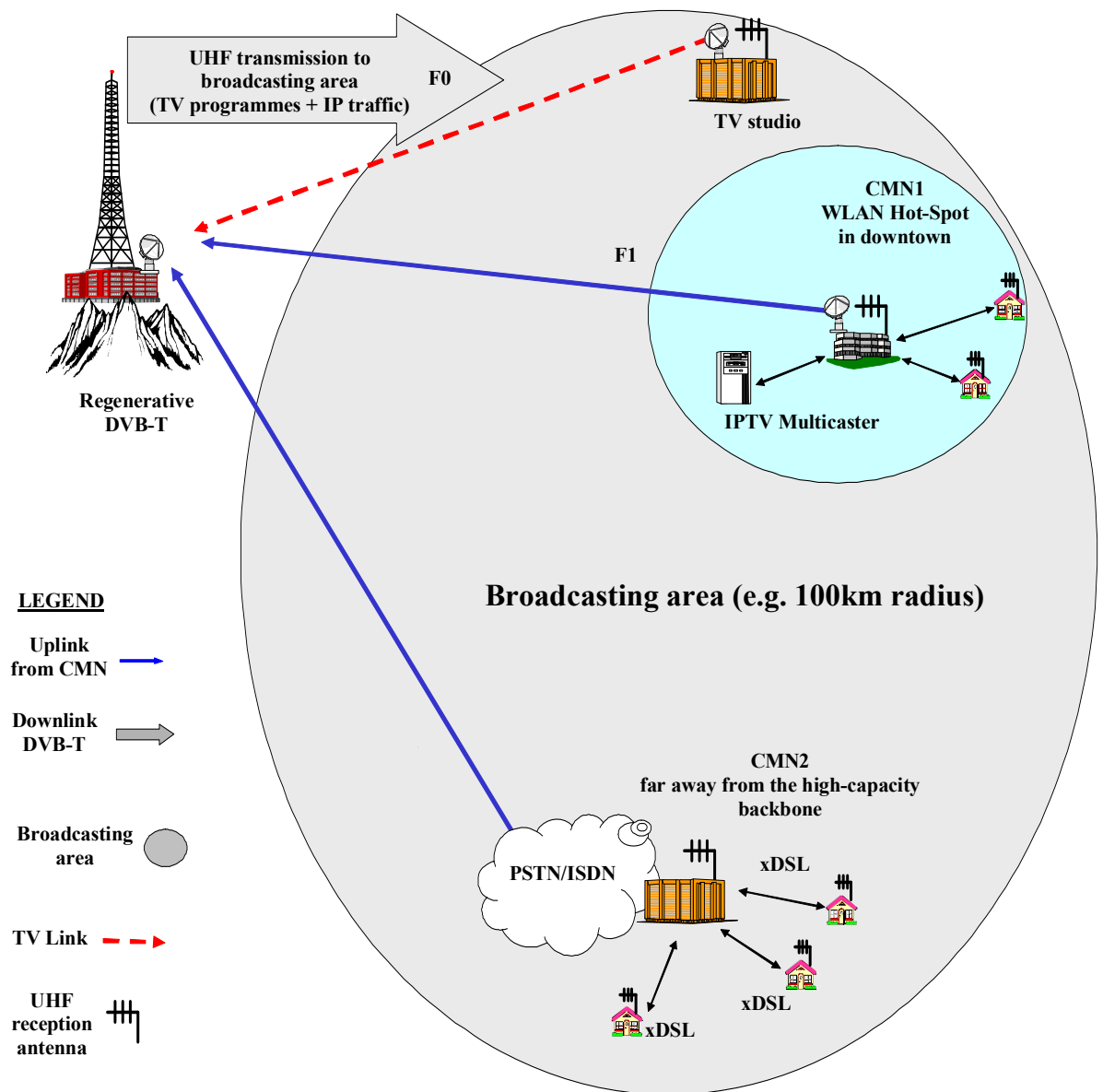


Figure 12 Γενική Αρχιτεκτονική ενός DVB-T συστήματος

Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από το κεντρικό σημείο εκπομπής (πλατφόρμα DVB-T), από πολλούς ενδιάμεσους κόμβους διανομής (Cell Main Node - CMN) και από τους τελικούς χρήστες (End User). Οι CMN δρομολογούν την κίνηση από και προς τους τελικούς χρήστες δηλαδή λαμβάνουν την κίνηση από μία κάρτα τηλεόρασης (DVB-T) και την προωθούν στους τελικούς χρήστες και την κίνηση από τους τελικούς χρήστες προς την πλατφόρμα ψηφιακής τηλεόρασης μέσω του καναλιού επιστροφής που διαθέτει ο εκάστοτε CMN (WLAN, ISDN). Στο **Error! Reference source not found.** μπορούμε να δούμε την γενική αρχιτεκτονική ενός τέτοιου συστήματος.

3.2. Τοπολογία Δικτύου

Το σύστημα μας (**Error! Reference source not found.5**) βασίζεται στη γενική αρχιτεκτονική που περιγράψαμε χρησιμοποιώντας σαν κανάλια επιστροφής WLAN(802.11g) για τον πρώτο CMN (CMN1) και ISDN για τον δεύτερο CMN (CMN2). Ενώ στο δίκτυο πρόσβασης του τελικού χρήστη χρησιμοποιείται WLAN τεχνολογίας 802.11g και για τους δύο CMN που υπάρχουν στο πειραματικό δίκτυο. Το δίκτυο μας αποτελείται από το κεντρικό σημείο εκπομπής (πλατφόρμα DVB-T) τους CMN και τους τελικούς χρήστες. Οι τελικοί χρήστες συνδέονται με τους CMN και οι CMN με το κεντρικό σύστημα διανομής.

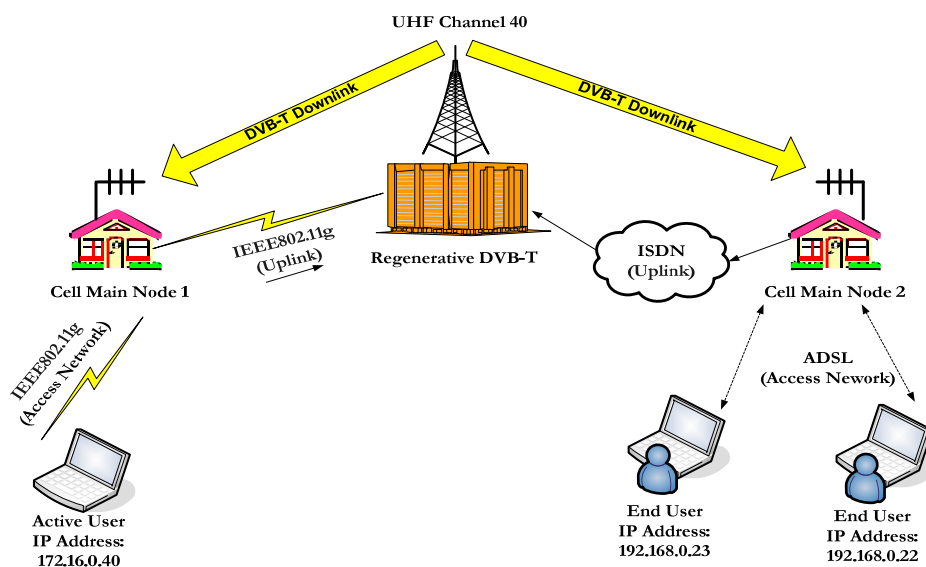


Figure 13 Συνολικό Δίκτυο DVB-T

Για να έχουμε αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ της πλατφόρμας DVB-T και των CMN χρησιμοποιούμε σαν κανάλι καθόδου το DVB-T όπου αποστέλλονται τα IP δεδομένα και ως κανάλι επιστροφής ένα ασύρματο δίκτυο τεχνολογίας 802.11g και ένα κανάλι ISDN που προσομοιώνεται μέσω ενός Dialup server.

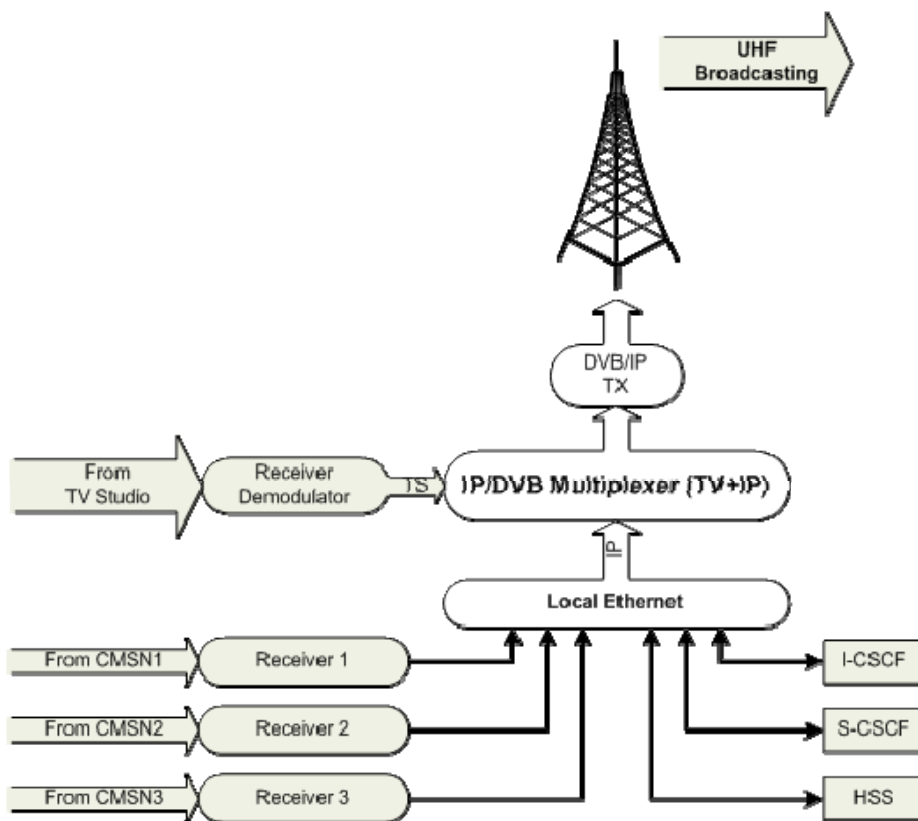


Figure 14 IP/DVB πολυπλέκτης

Τέλος οι τελικοί χρήστες συνδέονται στους CMN μέσω DSL routers και ενός DSLAM, όλη η κίνηση τους περνά από τον CMN όπου και δρομολογείται.

Η κίνηση που δημιουργείται από τον εξυπηρετητή δρομολογείται μέσω του CMN2 προς την πλατφόρμα DVB-T και από εκεί στον CMN1 για να προωθηθεί στους τελικούς χρήστες..

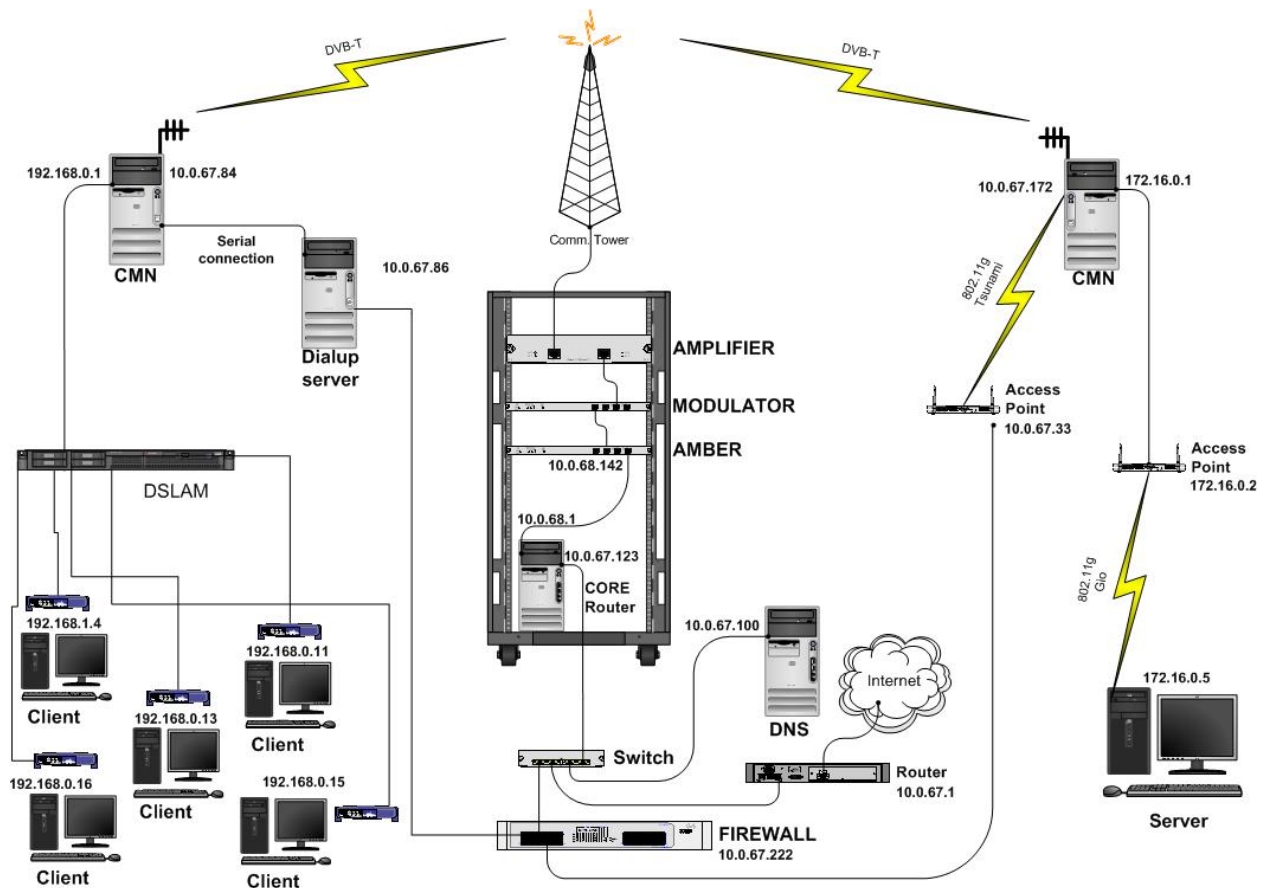


Figure 15 Αρχιτεκτονική πλατφόρμας DVB/IP ερευνητικού εργαστηρίου ΠΑΣΙΦΑΗ

3.3. Υλοποίηση

Η πυκνική αυτή εργασία υλοποιήθηκε με εξοπλισμό του ερευνητικού εργαστηρίου Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης [ΠΑΣΙΦΑΗ](#). Σε όλους τους υπολογιστές που χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό δίκτυο ήταν εγκατεστημένο δωρεάν λειτουργικό σύστημα Linux διανομής Gentoo.

3.3.1. Τελικός Χρήστης (End User)

Στην εργαστηριακή υλοποίηση που χρησιμοποιήθηκε στη διπλωματική ο εξοπλισμός του τελικού χρήστη περιλαμβάνει έναν τυπικό Η/Υ, Intel Core 2 Duo 2.4GHz με 4 Gbyte μνήμη RAM και λειτουργικό σύστημα LINUX με διανομή Gentoo. Το τεμαχικό αυτό επικοινωνεί με μία κάρτα δικτύου 1Gbps και με τη χρήση καλωδίου τύπου RJ-45 με ένα modem ADSL το οποίο έχει επιπλέον δυνατότητες δρομολόγησης. Ο τύπος της συγκεκριμένης συσκευής modem είναι το Linksys WAG200G (ADSL Home Gateway) και

διασυνδέεται με τηλεφωνικό καλώδιο (RJ-11) με τη συσκευή IP-DSLAM. Η συσκευή IP-DSLAM έχει ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε ο ρυθμός μετάδοσης του καναλιού καθόδου να είναι 8Mbps και του καναλιού ανόδου 1024Kbps. Ο τύπος της συσκευής αυτής είναι ZYXEL IP Express IE5-1000 και διασυνδέεται με καλώδιο δικτύου RJ-45 με τη διεπαφή δικτύου πρόσβασης του ενδιάμεσου κόμβου διανομής 2. Για την υλοποίηση του συγκεκριμένου κόμβου αξιοποιήθηκε ένας Η/Υ, Intel Core 2 Duo 2.4GHz με 4 Gbyte μνήμη RAM και λειτουργικό σύστημα LINUX με διανομή Gentoo.

Οι τελικοί χρήστες χρησιμοποίησαν DSL routers τα οποία συνδέθηκαν στο DSLAM το οποίο συνδέεται καλωδιακά με καλώδιο Ethernet με τον CMN. Η κίνηση που δημιουργείται από τον εξυπηρετητή δρομολογείται μέσω του CMN2 στην πλατφόρμα και από εκεί στον CMN1 για να φτάσει η κίνηση στους τελικούς χρήστες.

3.3.2. Ενδιάμεσος Κόμβος Διανομής (Cell Main Node)

Κάθε CMN καθιστά δυνατή την πρόσβαση από έναν αριθμό τελικών χρηστών (οι οποίοι βρίσκονται γεωγραφικά κοντά στο CMN) σε IP υπηρεσίες που παρέχονται από το δίκτυο. Η επικοινωνία ανάμεσα στους χρήστες και στον αντίστοιχο κόμβο επιτυγχάνεται με την χρήση ασύρματων τεχνολογιών πρόσβασης, όπως WLAN. Κάθε κεντρικός κόμβος συγκεντρώνει όλη την IP κίνηση, η οποία προέρχεται από τους χρήστες του, και την προωθεί στο κεντρικό σημείο ευρυεκπομπής (regenerative DVB-T) με τη χρήση point-to-point ζεύξεων (uplinks). Η IP κίνηση που προέρχεται από κάθε CMN, λαμβάνεται από το κεντρικό σημείο ευρυεκπομπής, όπου φιλτράρεται, αναγεννάται σε μία κοινή ροή μεταφοράς (Transport Stream), η οποία αποτελεί το τελικό μπουκέτο DVB-T (DVB-T bouquet). Η αναγεννημένη κίνηση εκπέμπεται σε ένα κανάλι UHF (π.χ. κανάλι 29), σύμφωνα με το πρότυπο DVB-T. Κάθε χρήστης λαμβάνει τις κατάλληλες IP απαντήσεις (replies) μέσω του αντίστοιχου CMN.

Η κυψελωτή προσέγγιση η οποία έχει υιοθετηθεί, χρησιμοποιεί το DVB-T κανάλι μεταφοράς ως δικτυακό κορμό backbone, ο οποίος διασυνδέει όλους τους κόμβους διανομής (CMN) που βρίσκονται μέσα στην περιοχή ευρυεκπομπής (broadcasting area). Έτσι, δημιουργείται ένας μοναδικός κορμός Ethernet, που είναι διαθέσιμος στους τελικούς χρήστες (μέσω του κατάλληλου κόμβου – CMN). Η IP κίνηση του δικτύου Ethernet παρέχεται μέσω του συρμού DVB-T.

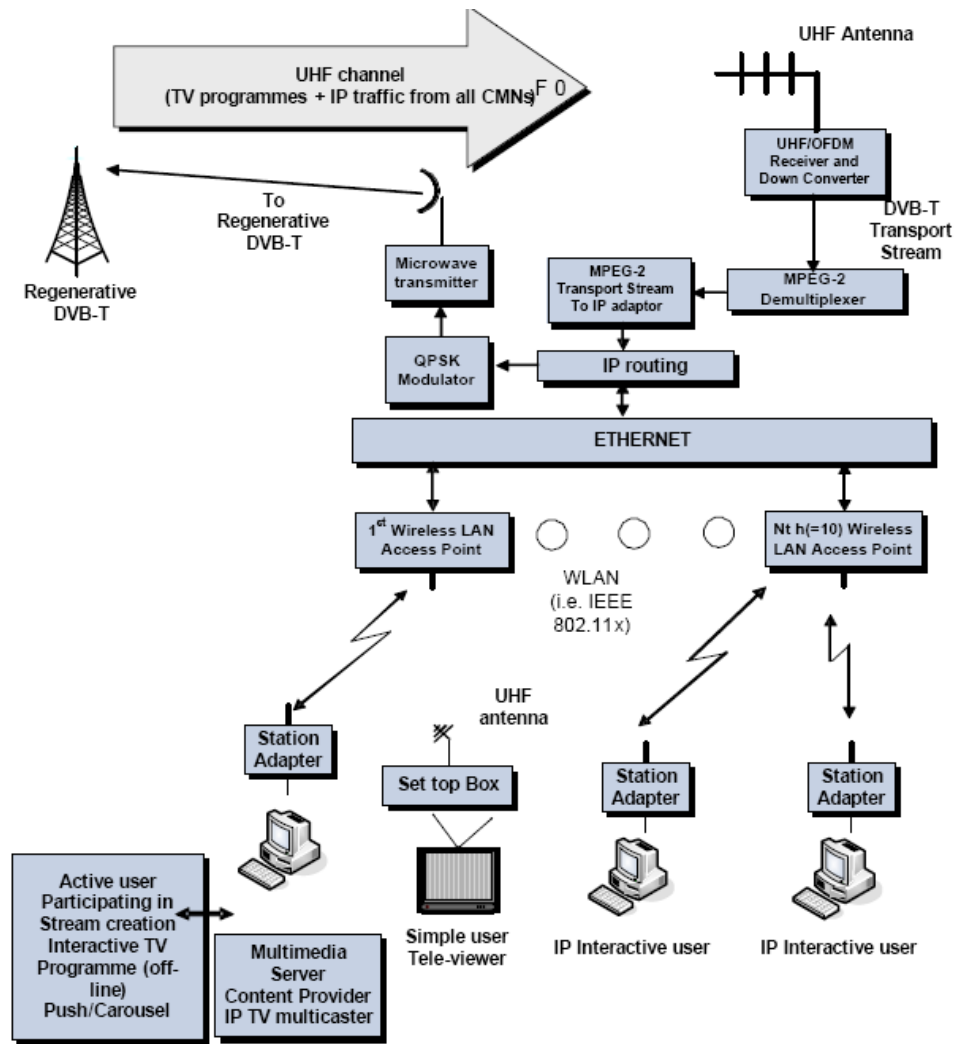


Figure 16 Πλατφόρμα DVB και δίκτυο διαδραστικών υπηρεσιών

Ο ενδιάμεσος κόμβος διανομής 2 αποτελείται από τρεις διαφορετικές διεπαφές. Η πρώτη αφορά τη λήψη σημάτων COFDM, η δεύτερη τη διεπαφή του δικτύου πρόσβασης και η τρίτη τη διεπαφή του μονόδρομου καναλιού επιστροφής προς την πλατφόρμα DVB-T. Η διεπαφή λήψης σημάτων COFDM υλοποιήθηκε με τη χρήση ενός δέκτη DVB-T ο οποίος χρησιμοποιεί το κατάλληλο λογισμικό για την αποθυλάκωση σε πραγματικό χρόνο των πακέτων IP από τη λαμβανόμενη ροή μεταφοράς MPEG-2 και την παράδοσή τους στη στοιβιά πρωτοκόλλων TCP/IP του λειτουργικού συστήματος. Για τη διεπαφή του δικτύου πρόσβασης αξιοποιήθηκε μία κάρτα δικτύου ρυθμού μετάδοσης 1Gbps και για τη διεπαφή του καναλιού επιστροφής ένα καλώδιο σειριακής σύνδεσης. Τα δεδομένα επιστροφής (αιτήσεις και επιβεβαιώσεις) της κίνησης TCP μεταφέρονται έτσι μέσω του δικτύου μεταγωγής σε ένα τυπικό Η/Υ (Pentium 2, μνήμη RAM 256MB) με λειτουργικό σύστημα LINUX ο οποίος έχει ρυθμιστεί κατάλληλα για την αξιοποίησή του ως εξυπηρετητής dial up και αποτελεί τη διεπαφή καναλιού επιστροφής 2 της πλατφόρμας DVB-T.

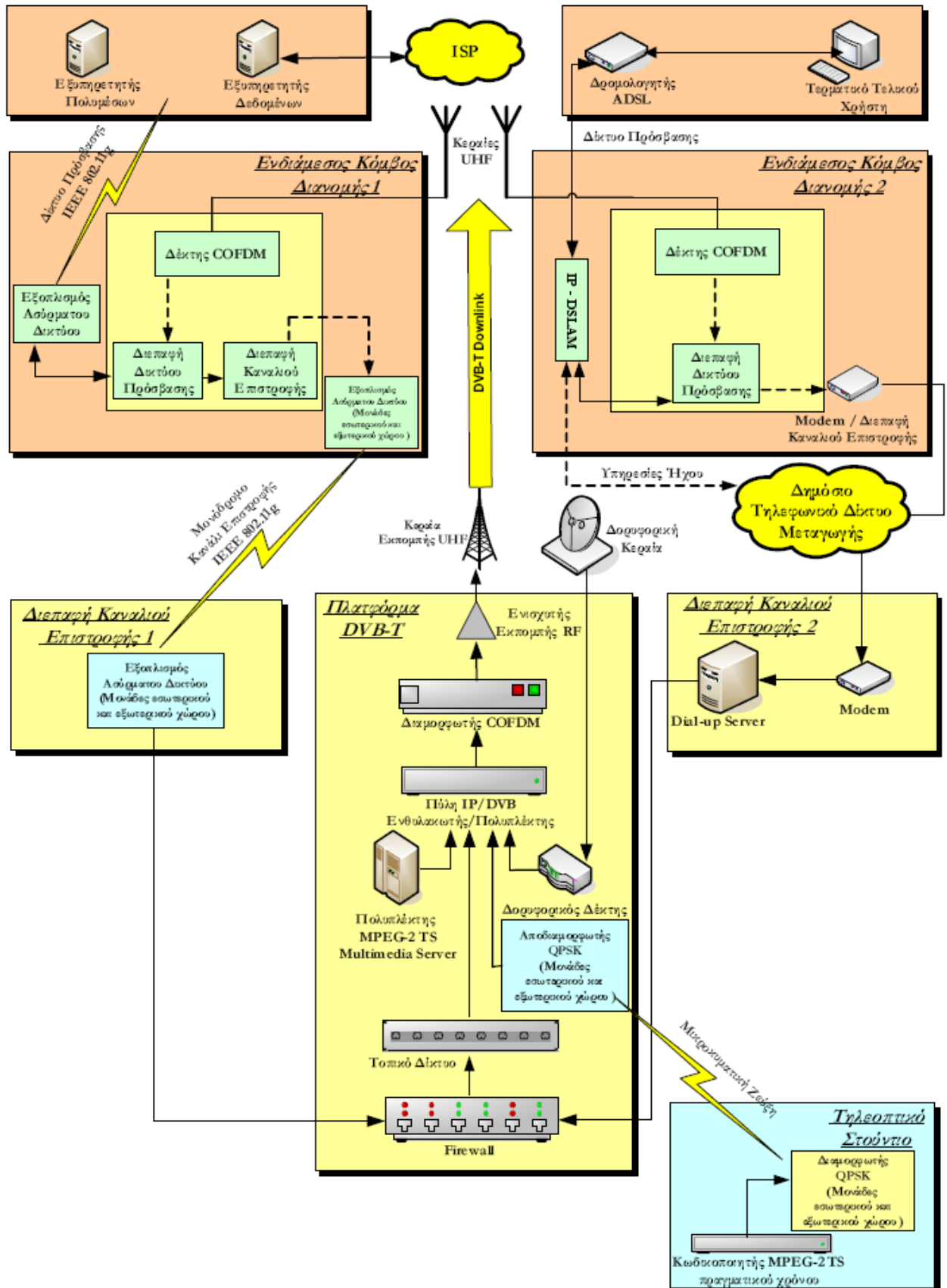


Figure 17 Πλατφόρμα DVB

3.3.3. Κεντρικό Σημείο Εκπομπής (Πλατφόρμα DVB-T)

Το κεντρικό σημείο εκπομπής αποτελείται από τον Core Router, τον ενθυλακωτή-πολυπλέκτη (Encapsulator-Multiplexer), τον διαμορφωτή (Modulator) από τον ενισχυτή (Amplifier) και από έναν MPEG 2 TS Server που περιέχει τηλεοπτικά προγράμματα.

Η Πύλη IP/DVB υλοποιήθηκε με την αξιοποίηση της συσκευής τύπου AMBER THALES η οποία έχει επιπλέον δυνατότητες πολυπλεξίας πολλαπλών ροών μεταφοράς MPEG-2 για τη δημιουργία μίας τελικής κοινής ροής προς εκπομπή στα UHF. Η κατανομή του ρυθμού μετάδοσης για τα δεδομένα βασισμένα σε κίνηση πρωτοκόλλου TCP επιλέχθηκε να είναι 8Mbps. Η τελική ροή μεταφοράς η οποία περιέχει τα διαδικτυακά δεδομένα κίνησης IP (δεδομένα επιστροφής και εμπρόσθια διαδικτυακή κίνηση) που προέρχονται από τους ενδιάμεσους κόμβους διανομής, μεταφέρεται στη μονάδα διαμόρφωσης και εκπομπής DVB-T για την τελική μετάδοση στην περιοχή κάλυψης με τη μίας διεπαφής ASI και καλώδιο.

Όπως αναφέραμε ο CR λαμβάνει την κίνηση από τους CMN μέσω του WLAN από τον CMN2 και μέσω του ISDN από τον CMN1. Στη συνέχεια προωθεί την κίνηση στον Encapsulator-Multiplexer μέσω μιας ενσύρματης κάρτας δικτύου για να ενθυλακωθούν τα πακέτα στο MPEG2-TS από τον MPEG 2 TS Server. Ο Encapsulator-Multiplexer ρυθμίστηκε να δεσμεύει για τις IP υπηρεσίες 8 Mbps. Ο διαμορφωτής DVB-T (COFDM) ρυθμίστηκε σε διαμόρφωση 64QAM, ρυθμό κώδικα 7/8 και διάστημα φύλαξης (guard interval) ίσο με το 1/32 του μήκους συμβόλου.

Οι παράμετροι αυτές αντιστοιχούν σε ωφέλιμο ρυθμό δεδομένων ίσο με 8 Mbps. Επίσης ως φέροντα σήματα δηλώνονται 8K. Η συχνότητα του σήματος εκπομπής είναι στα 626 MHz (κανάλι 40) με επίπεδο δύναμης (power level) 1Watt και το συγκεκριμένο κανάλι έχει εύρος 8MHz.

3.3.4. Firewall

Η διαδικτυακή κίνηση επιστροφής στη μονάδα του τοίχους προστασίας (firewall) μέσω της κάρτας δικτύου (100Mbps) του εξυπηρετητή dial up. Το τοίχος προστασίας υλοποιήθηκε με την αξιοποίηση μίας συσκευής ProCurve Switch 2424M τύπου HP J4093A η οποία ρυθμίστηκε κατάλληλα έτσι ώστε να μην είναι εφικτή η μεταφορά των δεδομένων από την πλατφόρμα DVB-T προς τον εξυπηρετητή dial up διατηρώντας έτσι μία μονόδρομη επικοινωνία χαμηλού ρυθμού μετάδοσης με ενεργό μόνο το κανάλι ανόδου από τον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 2 προς την πλατφόρμα DVB-T.

Στη συσκευή του τοίχου προστασίας συνδέεται επίσης και η διεπαφή καναλιού επιστροφής 1 της πλατφόρμας DVB-T για την μεταφορά την εμπρόσθιας διαδικτυακής κίνησης TCP η οποία προέρχεται από τον εξυπηρετητή δεδομένων ο οποίος διασυνδέεται στο δίκτυο πρόσβασης του ενδιάμεσου κόμβου διανομής 1.

Όλα τα δεδομένα τα οποία προέρχονται από τους δύο κόμβους με προορισμό την πλατφόρμα DVB-T προωθούνται από τη συσκευή του τοίχους προστασίας σε μία συσκευή Switch τύπου Level One RSW-0808TX με μέγιστο ρυθμό μετάδοσης 100Mbps και από εκεί δρομολογούνται στην Πύλη IP/DVB για την ενθυλάκωσή τους στην κοινή ροή μεταφοράς DVB-T και την τελική εκπομπή τους στην περιοχή κάλυψης του DVB-T.

3.3.5. Προγράμματα που Χρησιμοποιήθηκαν

Η δημιουργία της κίνησης έγινε με τα εξής προγράμματα :

- *Iperf [20]:* Το Iperf είναι ένα εργαλείο για δημιουργία TCP και UDP κινήσεων, το οποίο λειτουργεί σε όλα τα συστήματα (Unix, Windows, MacOS κλπ.).

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του γνωρίζονται είναι ότι παρέχει χρήσιμες πληροφορίες και αποτελέσματα για το εύρος ζώνης, τις απώλειες, την διακύμανση της καθυστέρησης και γενικότερα για την απόδοση του δικτύου. Η σύλληψη της δικτυακής κίνησης με :

- *Tcpdump [21]:* Το Tcpdump είναι ένα εργαλείο ‘σύλληψης’ και παρακολούθησης της δικτυακής κυκλοφορίας, το οποίο σε συνεργασία με άλλα προγράμματα βοηθάει στην ανάλυση των διαφόρων χαρακτηριστικών των δικτυακών κινήσεων.

Άλλα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν :

- *Tcptrace [22]:* Το Tcptrace είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αρχείων που έχουν δημιουργηθεί από διάφορα προγράμματα “σύλληψης” δικτυακής κίνησης, όπως είναι το tcpdump. Το tcptrace μπορεί να παράγει αρχεία τα οποία περιέχουν διαφόρους τύπους πληροφοριών για κάθε υπαρκτή κίνηση, όπως επαναμεταδόσεις, καθυστέρηση, ρυθμοαπόδοση και άλλα. Μπορεί επίσης να παράγει γραφικές παραστάσεις για κάθε μια από τις παραπάνω πληροφορίες, για περαιτέρω ανάλυση.

- *Iproute2* [23] και *tc*: Το *iproute2* είναι μια συλλογή εφαρμογών για την διαχείριση IP δικτυακής κίνησης σε περιβάλλον Linux. Από τα εργαλεία που προσφέρει πιο σημαντικά θεωρούνται το *ip* και το *tc*. Το εργαλείο *tc* δίνει την δυνατότητα εισαγωγής ουρών, φίλτρων και την διαχείριση του εύρους ζώνης μιας ζεύξης.
- *Iptables* [24]: το εργαλείο *iptables* χρησιμοποιείται και αυτό για την διαχείριση της δικτυακής κίνησης. Μέσα στις λειτουργίες που παρέχει είναι το φιλτράρισμα πακέτων με την εισαγωγή κανόνων και η σήμανση των πεδίων ToS και DSCP της επικεφαλίδας των IP πακέτων.

Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση του p2p δικτύου:

- Azureus Vuze Torrent Client [26]: είναι δωρεάν λογισμικό ανοικτού κώδικα που εγκαταστάθηκε στα τερματικά των χρηστών και του εξυπηρετητή δεδομένων. Με τον Vuze γίνεται ο διαμοιρασμός των αρχείων από τον εξυπηρετητή, ο διαμοιρασμός από τους χρήστες, η αναφόρτωση και μεταφόρτωση αρχείων και τμημάτων αυτών.

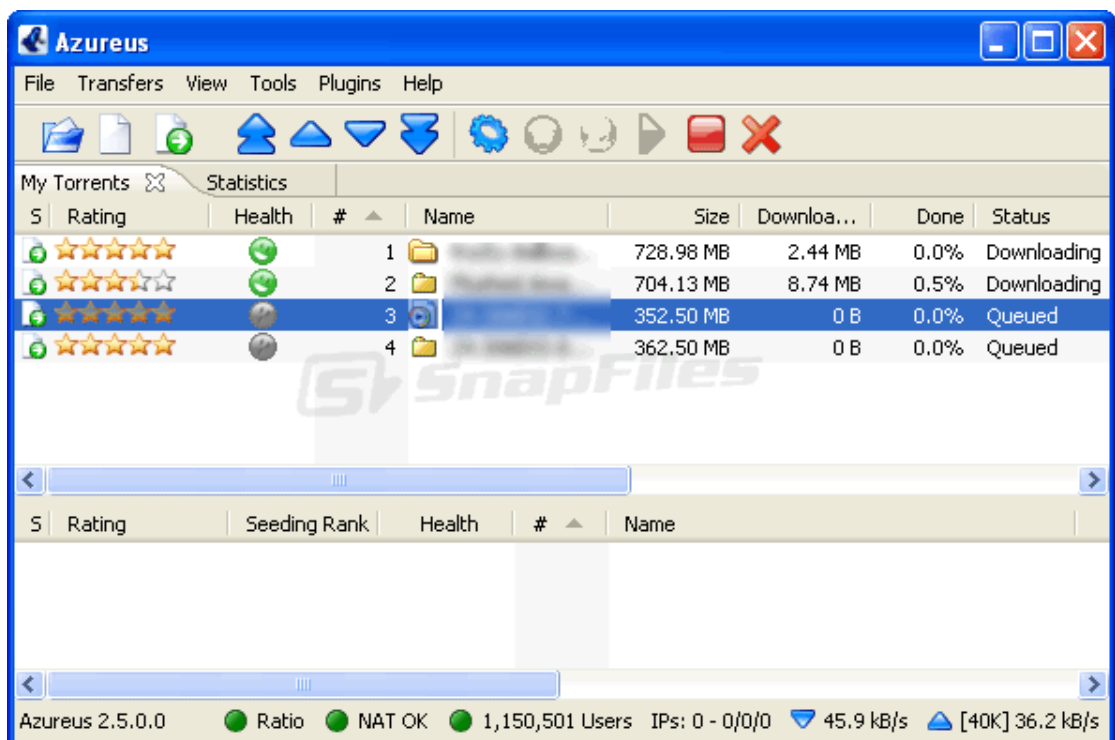


Figure 18 Azureus downloading torrents screen

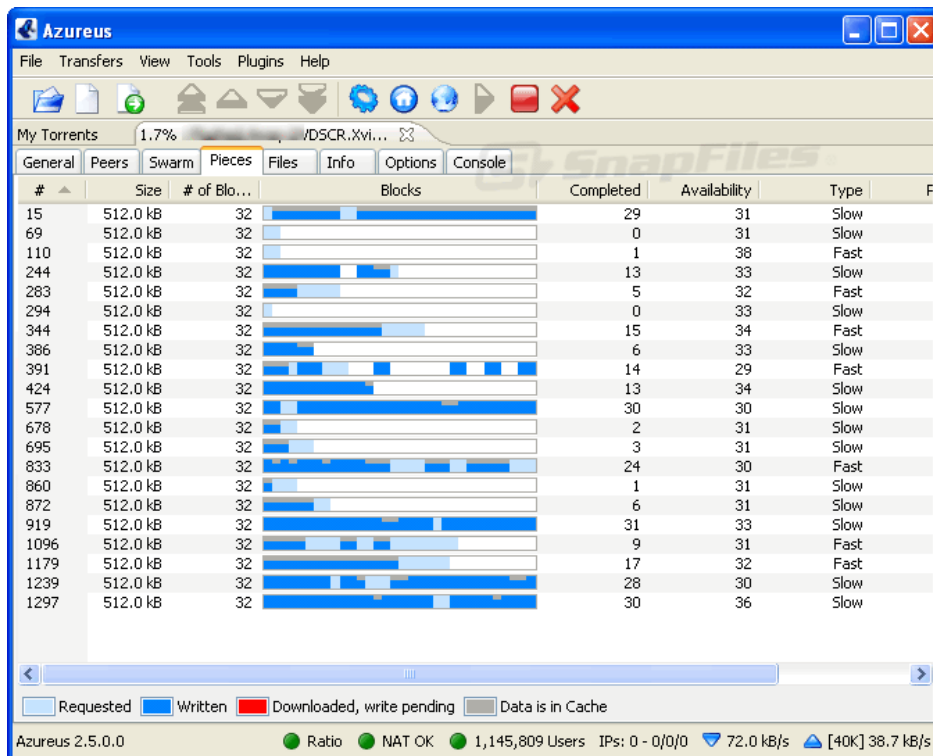


Figure 19 Azureus downloading pieces screen

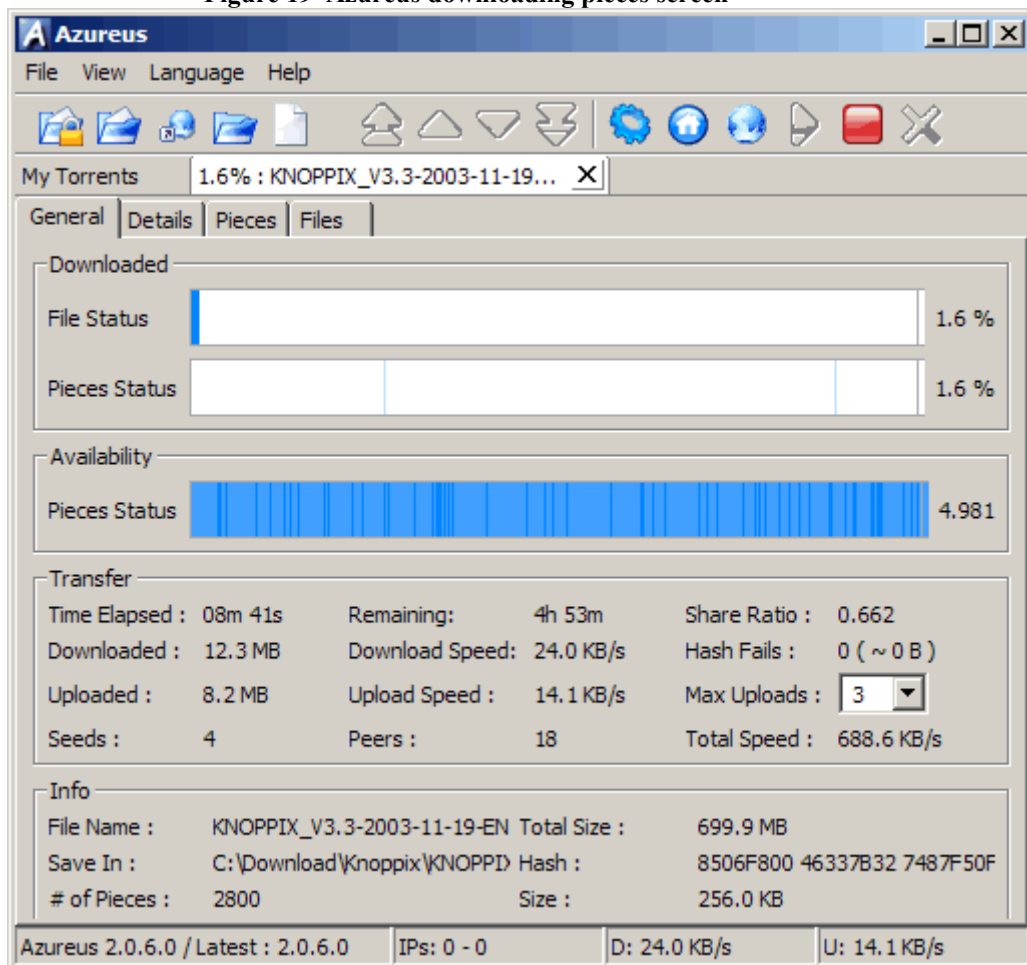


Figure 20 Azureus general status screen

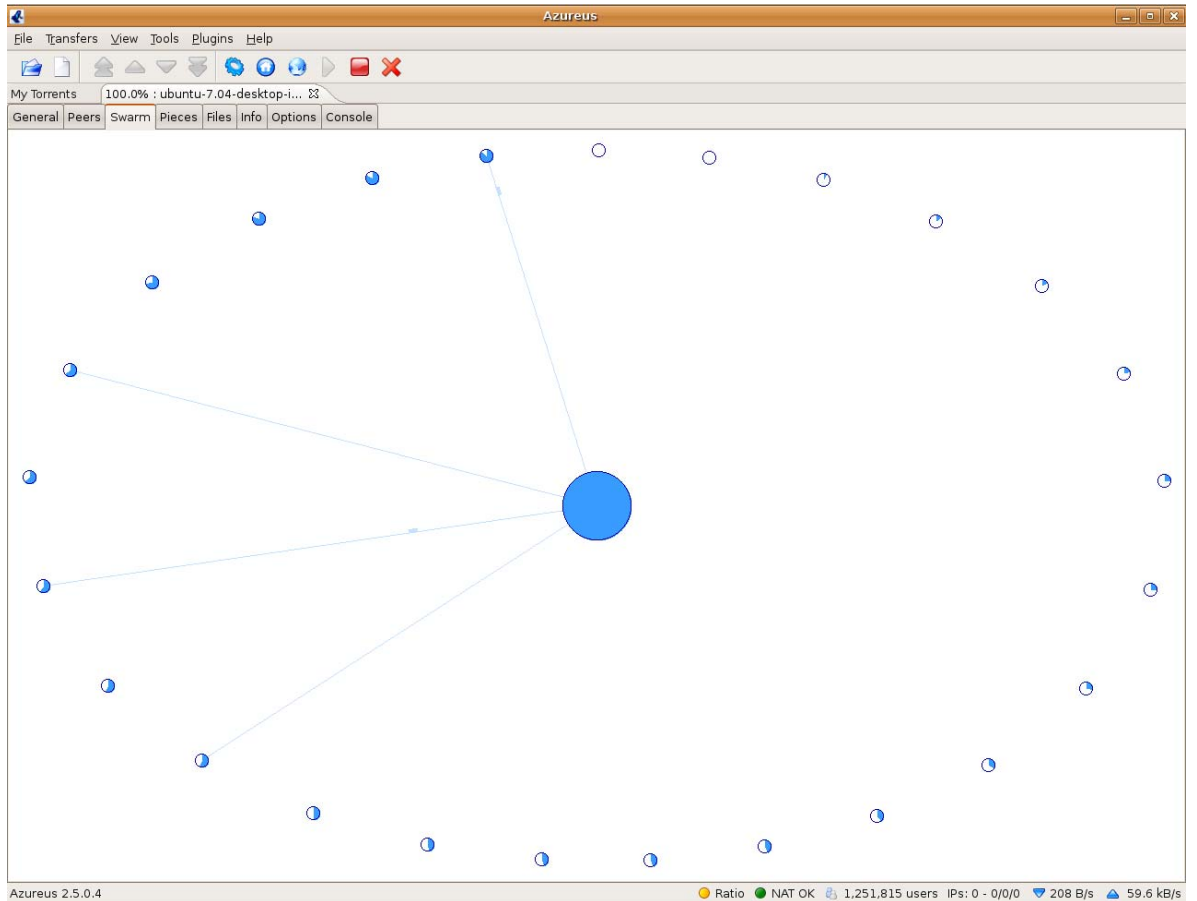


Figure 21 Azureus swarm screen

- Xbt Tracker [25]: Ο Xbt tracker είναι δωρεάν λογισμικό ανοικτού κώδικα που εγκαταστήθηκε στον core router.

Torrents

Name	%	Left	Size	Downloaded	Uploaded	Down rate	Up rate	Leechers	Seeders	Priority	State
<input type="checkbox"/> The Ultimate Collection.rar	92	278 m	3663 m	3582 m	1053 m	110 k	38 k	42	41		R

Do... ▾

Bløderen... Open

Options

Name	Value
Admin Port (TCP)	6879
Peer Port (TCP)	6881
Tracker Port (UDP)	2710
Upload Rate	64 kb/s
Upload Slots	8
Seeding Ratio	0 %
Peer Limit	0 peers
Torrent Limit	0 torrents
Completes Directory	C:\XBT\Completes
Incompletes Directory	C:\XBT\Incompletes
Torrents Directory	C:\XBT\Torrents
	Set

Figure 22 Xbt Tracker main page

3.3.6. Προετοιμασία δικτύου πλατφόρμας DVB-T ενόψει της πειραματικής διαδικασίας

Πριν την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας, φροντίσαμε ώστε οι επιδόσεις του δικτύου της DVB-T πλατφόρμας να είναι αρκετά ικανοποιητικές αν όχι οι βέλτιστες.

Για να θεωρηθούν ικανοποιητικές οι επιδόσεις του δικτύου, επιδιώξαμε οι πειραματικές μας μετρήσεις να πραγματοποιηθούν χωρίς απώλειες πακέτων (packet losses) και με το μέγιστο δυνατό εύρος ζώνης, σε πειραματικές συνθήκες πάντα.

Ας αναλύσουμε λίγο το τι σημαίνει απώλεια πακέτου και πως αναγνωρίζεται:

3.3.7. Πακέτα και απώλεια πακέτων [27]

Μια δεδομένη μεθοδολογία θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν τρόπο για να γίνει διάκριση μεταξύ μιας απώλειας πακέτων και μιας μεγάλης (αλλά πεπερασμένης) καθυστέρησης. Όπως έχει παρατηρηθεί από τον Mahdavi και τον Paxson, τα ανώτερα όρια (όπως το θεωρητικό άνω όριο των 255 δευτερολεπτών της ζωής του IP πακέτου) μπορούν να χρησιμοποιηθούν - βοηθώντας στην κατανόηση περί της ζωής των πακέτων- και θα χρειαστούν στην πράξη.

{Σχόλιο: Να σημειωθεί ότι για πολλές εφαρμογές αυτών των μετρήσεων μπορεί να μην υπάρχει ζημιά αντιμετωπίζοντας μια μεγάλη καθυστέρηση όπως η απώλεια πακέτων. Στην αναπαραγωγή πακέτων ήχου, για παράδειγμα, που φτάνουν μόνο μετά το σημείο αναπαραγωγής, μπορεί και να έχουν χαθεί.}

Αν το πακέτο φτάσει αλλά είναι κατεστραμμένο τότε υπολογίζεται για χαμένο. Αν ωστόσο η επικεφαλίδα της διεύθυνσης IP είναι κατεστραμμένη τότε δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την πηγή ή τον προορισμό του πακέτου, γι'αυτόν τον λόγο δεν είμαστε σίγουροι αν το κατεστραμμένο πακέτο αντιστοιχεί σε ένα δεδομένο σταλμένο πακέτο δοκιμής. Ομοίως αν έχουν καταστραφεί άλλα μέρη του πακέτου, που απαιτούνται από τη μεθοδολογία για να καταλάβουμε ότι το κατεστραμμένο πακέτο που ήρθε αντιστοιχεί σε ένα πακέτο δοκιμής, αυτό θα πρέπει να μετρηθεί ως χαμένο. Θεωρώντας αυτά τα πακέτα χαμένα και μη θεωρώντας χαμένα πακέτα, πακέτα με κατεστραμμένα μερικά μέρη τους θα ήταν αντιφατικό.

Εάν το πακέτο αναπαράγεται κατά μήκος της πορείας του έτσι ώστε τα πολλαπλά μη κατεστραμμένα αντίγραφα του να φτάνουν τελικά στον προορισμό τους, τότε το πακέτο μετράται ως ληφθέν.

Αν το πακέτο είναι τεμαχισμένο και αν για οποιονδήποτε λόγο η επανασυναρμολόγηση δεν πραγματοποιείται, τότε το πακέτο θα θεωρηθεί χαμένο.

Όπως με άλλου είδους -P- μετρήσεις η λεπτομερής μεθοδολογία θα εξαρτάται από το είδος -P- (π.χ. αριθμό πρωτοκόλλου, UDP/TCP αριθμός πόρτας, μέγεθος, ποσοστό).

Γενικά, για ένα δεδομένο τύπο -P, μια πιθανή μεθοδολογία εξελίσσεται ως ακολούθως:

Κανονίστε η πηγή και ο προορισμός να έχουν συγχρονισμένα ρολόγια. Ο βαθμός συγχρονισμού είναι μια παράμετρος της μεθοδολογίας και εξαρτάται από το κατώτατο όριο που χρησιμοποιείται για να καθορίσει την απώλεια. Στην πηγή επιλέγουμε την διεύθυνση IP της πηγής και του προορισμού και διαμορφώνουμε ένα πακέτο δοκιμής τύπου -P με αυτές τις διευθύνσεις. Στον κόμβο προορισμού έχουμε μεριμνήσει για την παραλαβή των πακέτων. Στην πηγή βάζουμε ένα "χρονικό σημάδι" στο ετοιμασμένο πακέτο τύπου -P και το στέλνουμε στον προορισμό.

Αν το πακέτο φτάσει μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα τότε η απώλεια τείνει στο μηδέν.

Αν το πακέτο αποτύχει να φτάσει μέσα σε ένα λογικό χρονικό διάστημα τότε η απώλεια τείνει προς το ένα. Σημειώνεται ότι το όριο- κατώφλι για το "λογικό χρονικό διάστημα" είναι παράμετρος της μεθοδολογίας.

Αφού αναλύσαμε τις συνθήκες αναγνώρισης ενός πακέτου ως χαμένο πακέτο, ας δούμε κάποιες παραμέτρους του λειτουργικού συστήματος Linux-gentoo των τελικών χρηστών, οι οποίες με σωστή παραμετροποίηση ανάλογα με τις συνθήκες του δικτύου και το πειραματικό σενάριο μπορούν να επιφέρουν τις επιθυμητές βελτιώσεις στις επιδόσεις του δικτύου.

3.4. Παραμετροποίηση για βελτιστοποίηση επιδόσεων

/proc/sys/net/ipv4/* Variables:

ip_forward - BOOLEAN

0 - disabled (default)

not 0 - enabled

Πρωθεί τα πακέτα μεταξύ των διεπαφών.

Αυτή η μεταβλητή είναι ειδική, η αλλαγή της επανακινεί όλες τις ρυθμίσεις στην προτερόθετη κατάστασή τους

tcp_wmem

Διάνυσμα τριών ακεραίων: min,default,max

Min: Ποσότητα δεσμευμένης μνήμης της ενδιάμεσης μνήμης αποστολής σε TCP υποδοχή.

Κάθε υποδοχή TCP έχει δικαίωμα να το χρησιμοποιήσει λόγω του γεγονότος της δημιουργίας του.

Ποσότητα επιτρεπόμενης μνήμης της ενδιάμεσης μνήμης αποστολής σε TCP υποδοχή από προτερόθετη ρύθμιση. Αυτή η τιμή υπερσκελίζει τα net.core.wmem_default που χρησιμοποιούνται από άλλα πρωτόκολλα, είναι συνήθως χαμηλότερη από την προτερόθετη ρύθμιση των net.core.wmem_default.

Μέγιστη ποσότητα επιτρεπόμενης μνήμης σε αυτόματα επιλεγόμενες ενδιάμεσες μνήμες αποστολής σε TCP υποδοχή. Αυτή η τιμή δεν υπερσκελίζει τα net.core.wmem_default, η στατική επιλογή μέσω του SO_SNDBUF δεν το κάνει αυτό.

tcp_rmem

Διάνυσμα τριών ακεραίων:

Ελάχιστο μέγεθος της ενδιάμεσης μνήμης λήψης χρησιμοποιούμενη από TCP υποδοχές. Είναι εξασφαλισμένο σε κάθε υποδοχή TCP, ακόμη και υπό μεσαίας τάξεως πίεση.

Προτερόθετο μέγεθος της ενδιάμεσης μνήμης λήψης χρησιμοποιούμενη από TCP υποδοχές. Αυτή η τιμή υπερσκελίζει τα `net.core.wmem_default` που χρησιμοποιούνται από άλλα πρωτόκολλα. Προτερόθετη τιμή: 87380 bytes. Αυτή η τιμή έχει σαν αποτέλεσμα ένα μέγεθος παραθύρου στα 65535 με προτερόθετη ρύθμιση του `of tcp_adv_win_scale` και του `tcp_app_win` στο 0 και λίγο λιγότερο για την προτερόθετη τιμή του `tcp_app_win`.

Μέγιστο μέγεθος επιτρεπόμενης ενδιάμεσης μνήμης σε αυτόματα επιλεγόμενες ενδιάμεσες μνήμες λήψης σε TCP υποδοχή. Αυτή η τιμή δεν υπερσκελίζει τα `net.core.wmem_default`, η στατική επιλογή μέσω του `SO_SNDBUF` δεν το κάνει αυτό.

tcp_mem

Διάστημα τριών αιεραίων:

Low: κάτω από αυτό το κατώτερο όριο σελίδων TCP δεν ενοχλείται από την 'όρεξη' της μνήμης του.

Όταν ποσότητα της μνήμης καταχωρημένη από το TCP ξεπεράσει αυτό τον αριθμό σελίδων, το TCP ρυθμίζει την κατανάλωση μνήμης και εισέρχεται σε κατάσταση 'πίεσης μνήμης', από την οποία εξέρχεται όταν η κατανάλωση μνήμης πέσει κάτω από το όριο 'low'.

3.5. Σενάρια Πειραματικών Μετρήσεων

Στο πρώτο σενάριο θα μελετηθεί η συμπεριφορά του δικτύου στην παρουσία δικτυακής κίνησης πρωτοκόλλου μεταφοράς TCP, στις εξής περιπτώσεις: ενώ η κίνηση που θα δημιουργηθεί θα είναι η μόνη που χρησιμοποιεί το δίκτυο, α) θα δημιουργήσουμε TCP κίνηση από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς 1 χρήστη, β) προς 3 χρήστες ταυτόχρονα και γ) προς 5 χρήστες ταυτόχρονα. Η κίνηση θα είναι τα δεδομένα ενός αρχείου μεγέθους 50 Megabyte. Βάζουμε ένα αρκετά μεγάλο χρονικό όριο, της τάξεως των 2000 sec, ώστε να είμαστε σίγουροι ότι η μεταφορά του αρχείου θα έχει ολοκληρωθεί προς όλους τους χρήστες μέσα στο χρονικό όριο αυτό.

Στο δεύτερο σενάριο θα μελετηθεί η συμπεριφορά του δικτύου μετά την προσθήκη λογισμικού p2p στον εξυπηρετητή και τους τελικούς χρήστες και ανάλογη δημιουργία κίνησης προς ανάλογο αριθμό χρηστών.

Σκοπός είναι να παρατηρηθεί η συμπεριφορά του δικτύου και να αξιολογηθεί η επίδοση του από την μέτρηση κάποιων χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών.

4. Παρουσίαση Των Πειραματικών Μετρήσεων

4.1.1. Σενάριο 1 C-M mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς έναν χρήστη. Η κίνηση δημιουργείται με το εργαλείο Iperf, είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από ένα αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes (50.000.000 Bytes = 50 Megabytes). Τα πειραματικά δεδομένα της πειραματικής διαδικασίας αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με την βοήθεια του εργαλείου Tcpdump. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 59 δευτερόλεπτα.

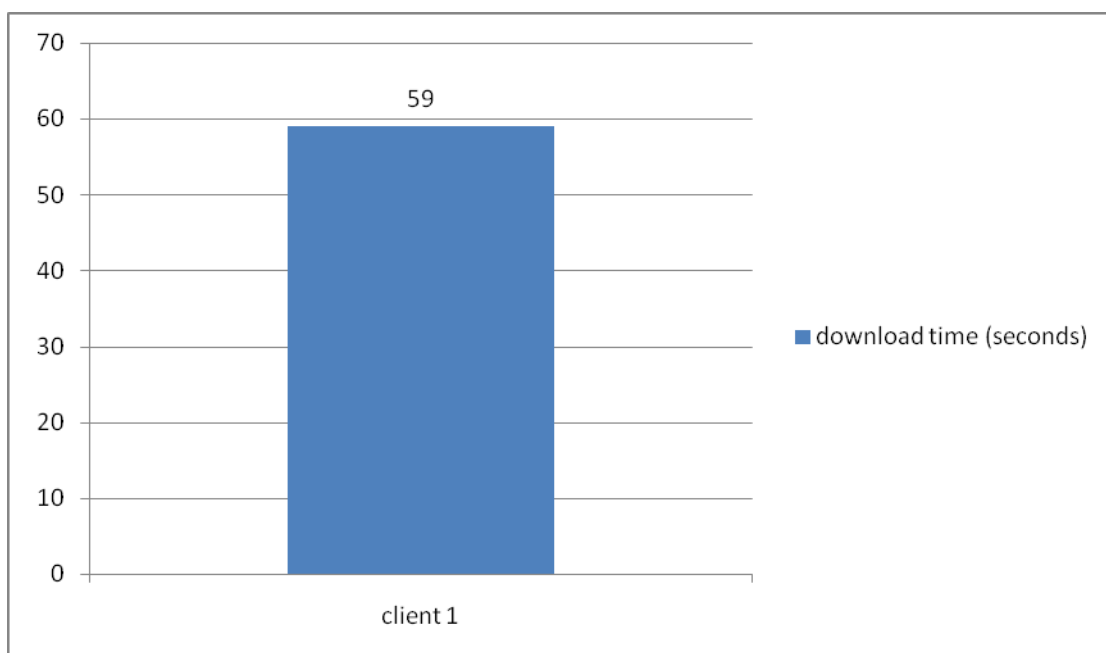


Figure 23 Client server Mode - 1 user

4.1.2. Σενάριο 2 C-M mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς δύο χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes, όπως και στο σενάριο 1. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1 και 2 τελείωσαν με ένα δευτερόλεπτο διαφορά.

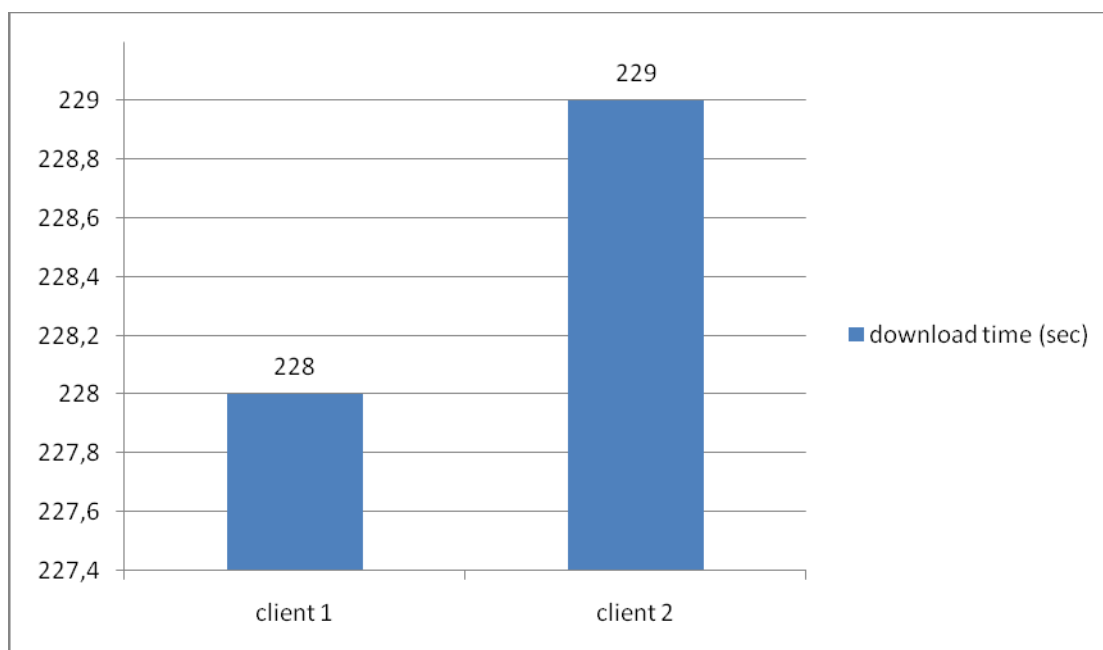


Figure 24 Client server Mode - 2 users

4.1.3. Σενάριο 3 C-M mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τρεις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes, όπως και στο σενάριο 1. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 235 δευτερόλεπτα και για τους τρεις.

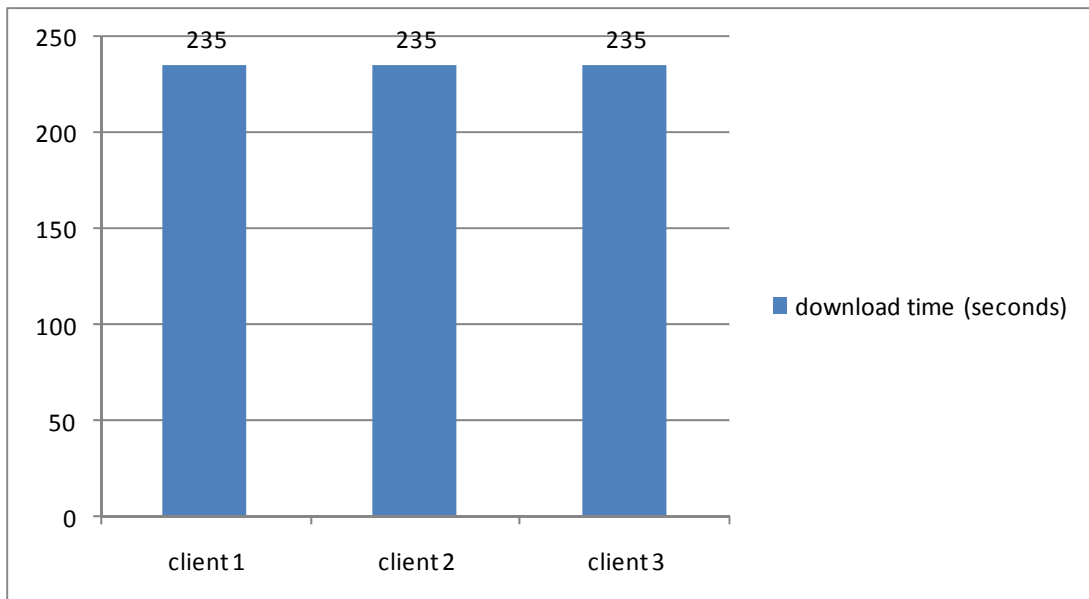


Figure 25 Client server Mode - 3 users

4.1.4. Σενάριο 4 C-M mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes, όπως και στα σενάρια 1, 2 και 3. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 242 δευτερόλεπτα για τον χρήστη 1 και 4, ενώ για τον 3^ο σε 243 δευτερόλεπτα και τον 2^ο σε 244 δευτερόλεπτα.

50Million Bytes

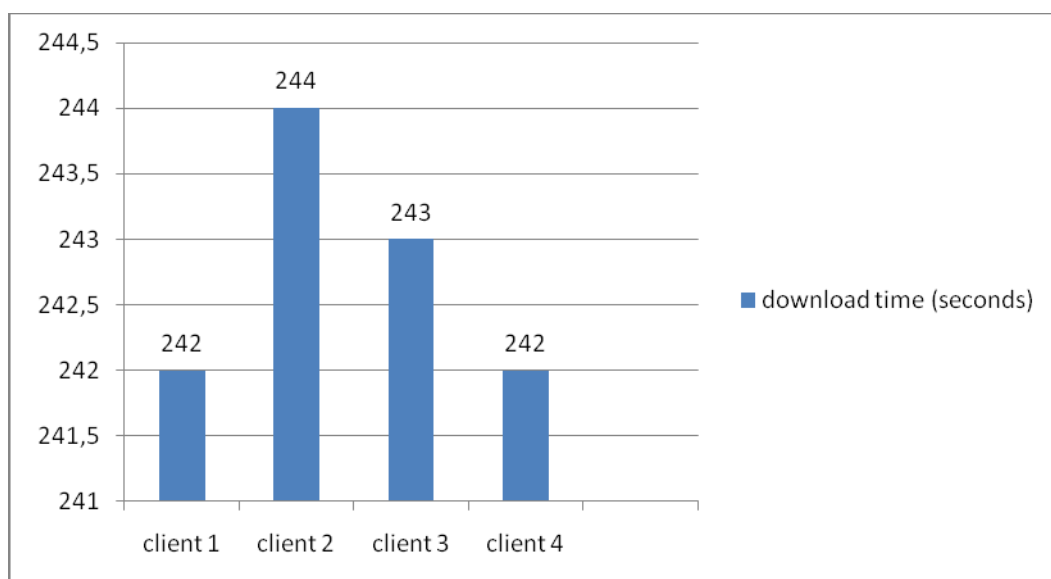


Figure 26 Client server Mode - 4 users - 50 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 75 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η κίνηση ολοκληρώθηκε σε 364 δευτερόλεπτα και για τους τέσσερις.

75 Million Bytes

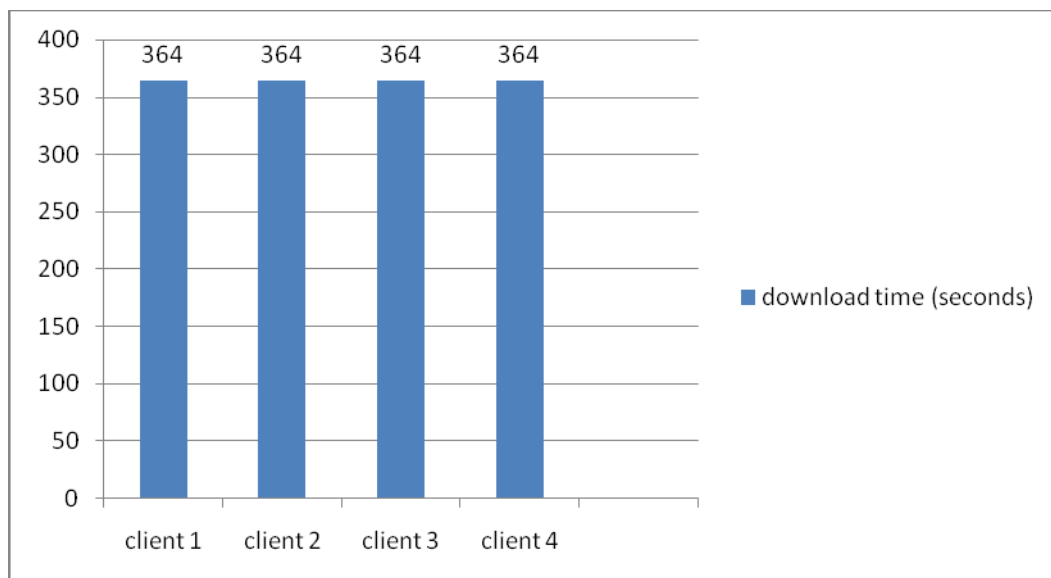


Figure 27 Client server Mode - 4 users - 75 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 150 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 731 δευτερόλεπτα για τον χρήστη 1 και 3, ενώ για τον 2^ο σε 733 δευτερόλεπτα και τον 4^ο σε 732 δευτερόλεπτα.

150 Million Bytes

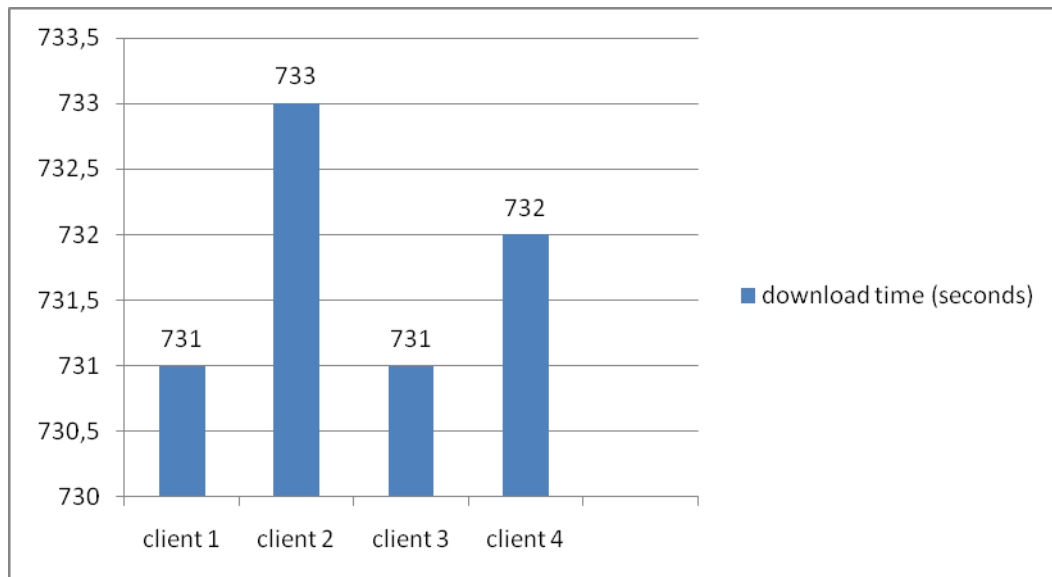


Figure 28 Client server Mode - 4 users - 150 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 300 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 1462 δευτερόλεπτα για τον χρήστη 1,2 και 4, ενώ για τον 3^ο σε 1463 δευτερόλεπτα.

300 Million Bytes

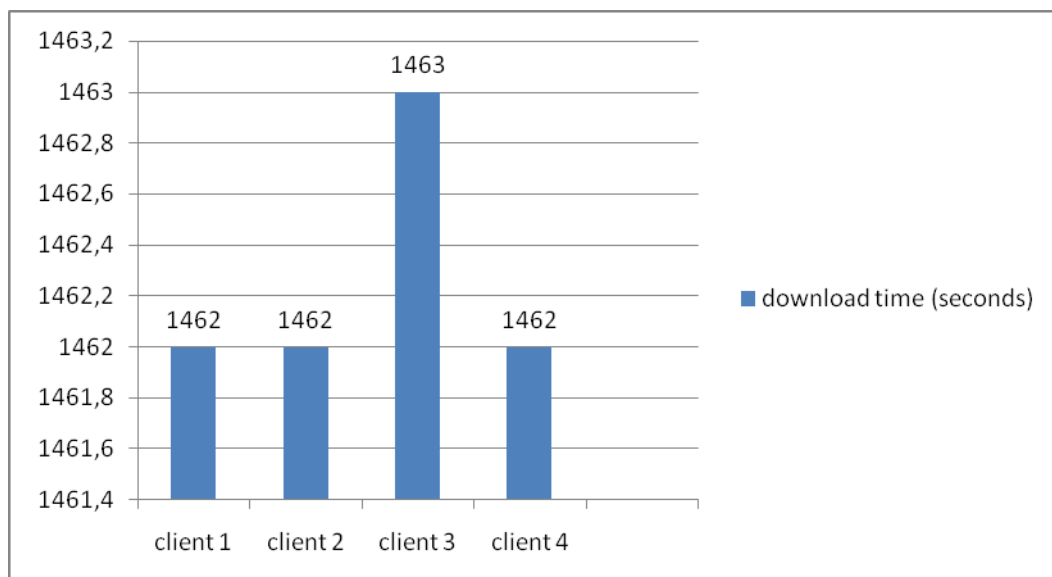


Figure 29 Client server Mode - 4 users - 300 Million Bytes

Ακολουθεί ένα γράφημα με τους συνολικούς χρόνους και των τεσσάρων αρχείων.

Total times

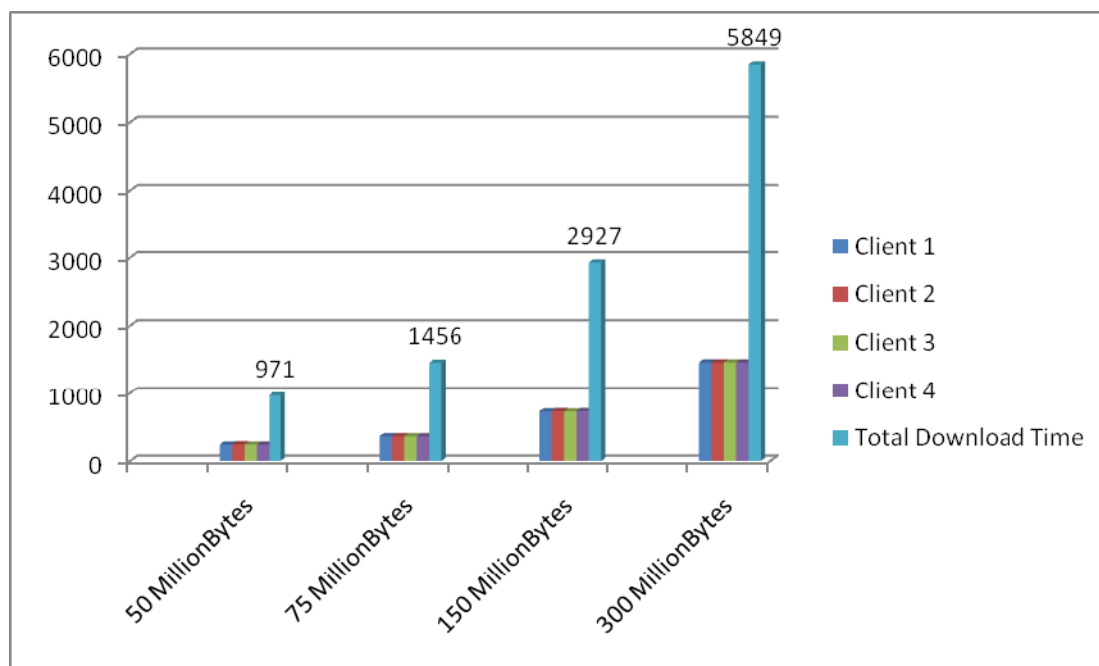


Figure 30 Συνολικοί χρόνοι για Client Server mode με 4 χρήστες

4.1.5. Σενάριο 5 C-M mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 273 δευτερόλεπτα για τον 1^ο, τον 2^ο, τον 4^ο και τον 5^ο ενώ για τον 3^ο έγινε σε 274 δευτερόλεπτα.

50 Million Bytes

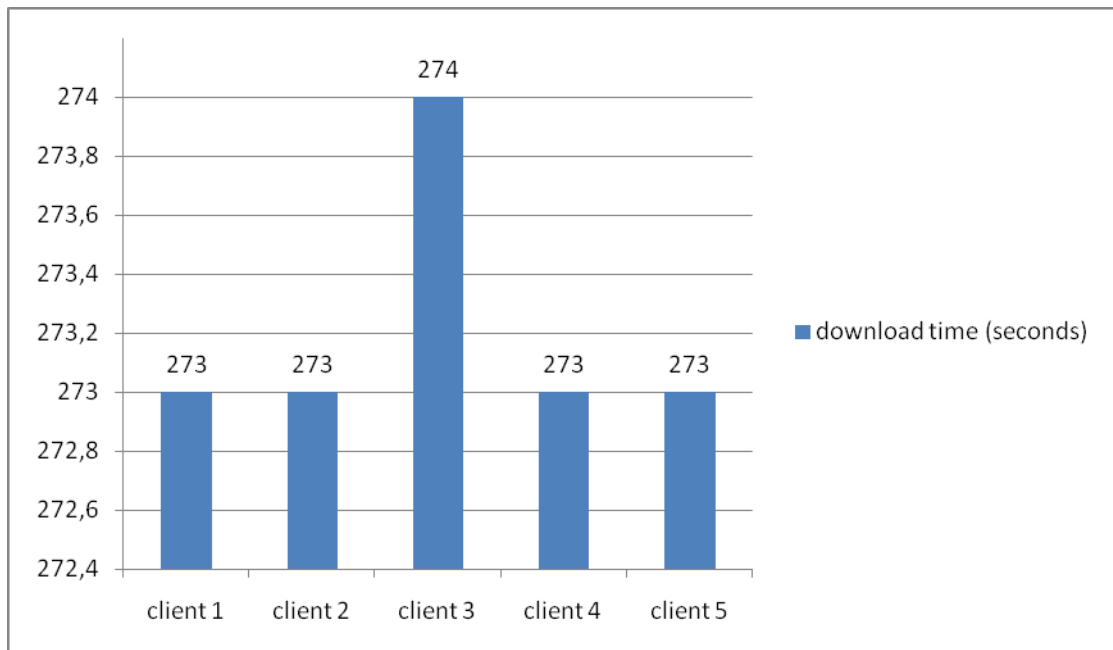


Figure 31 Client Server Mode -5 users - 50 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 75 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 406 δευτερόλεπτα για τον 1^ο, σε 414 δευτερόλεπτα για τον 2^ο, σε 416 δευτερόλεπτα για τον 3^ο, σε 421 δευτερόλεπτα για τον 4^ο και για τον 5^ο έγινε σε 417 δευτερόλεπτα.

75 Million Bytes

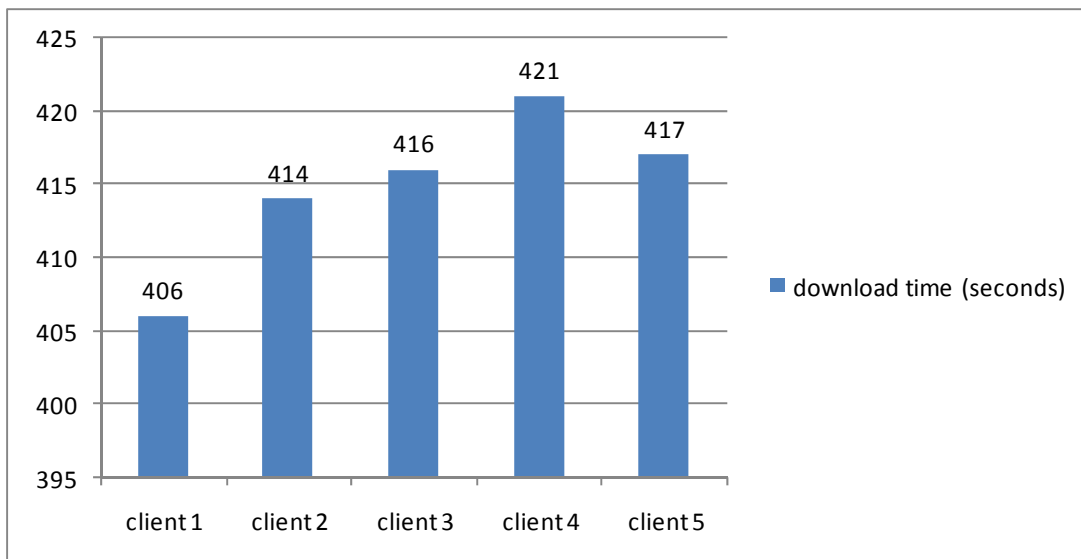


Figure 32 Client Server Mode -5 users - 75 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 150 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 825 δευτερόλεπτα για τον χρήστη 1, σε 808 δευτερόλεπτα για τον 2^ο, σε 809 δευτερόλεπτα για τον 3^ο, σε 813 δευτερόλεπτα για τον 4^ο και για τον 5^ο έγινε σε 810 δευτερόλεπτα.

150 Million Bytes

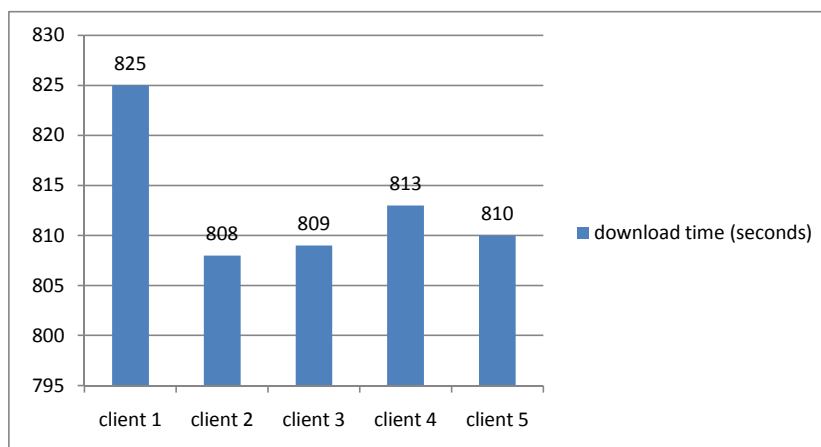


Figure 33 Client Server Mode -5 users - 150 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 300 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 1654 δευτερόλεπτα για τον χρήστη 1, σε 1641 δευτερόλεπτα για τον 2^ο, σε 1660 δευτερόλεπτα για τον 3^ο, σε 1706 δευτερόλεπτα για τον 4^ο και για τον 5^ο έγινε σε 1600 δευτερόλεπτα.

300 Million Bytes

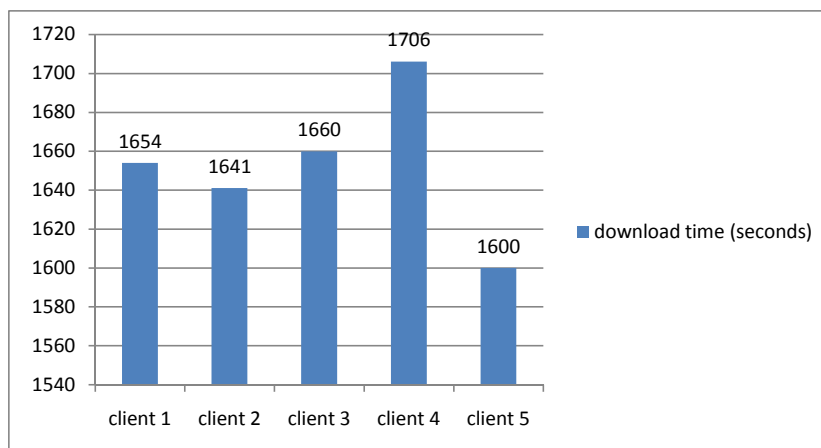


Figure 34 Client Server Mode -5 users - 300 Million Bytes

Ακολουθεί ένα γράφημα με τους συνολικούς χρόνους και των τεσσάρων αρχείων.

Total times

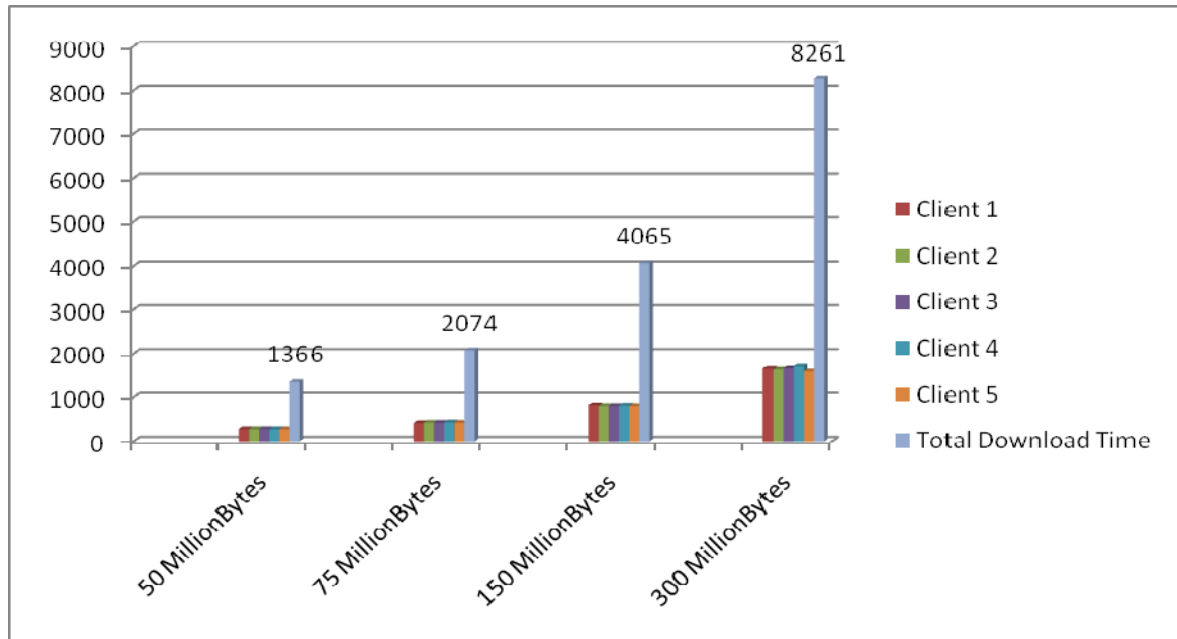


Figure 35 29 Συνολικοί χρόνοι για Client Server mode με 5 χρήστες

4.2. Σενάριο 1 P2P mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς έναν χρήστη. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει ένα αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes (50.000.000 Bytes = 50 Megabytes). Το αρχείο είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις σε client – server mode, στα όλα τα προηγούμενα σενάρια. Τα πειραματικά δεδομένα της πειραματικής διαδικασίας αποθηκεύονται και πάλι σε ένα αρχείο με την βοήθεια του εργαλείου Tcpdump. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 101 δευτερόλεπτα.

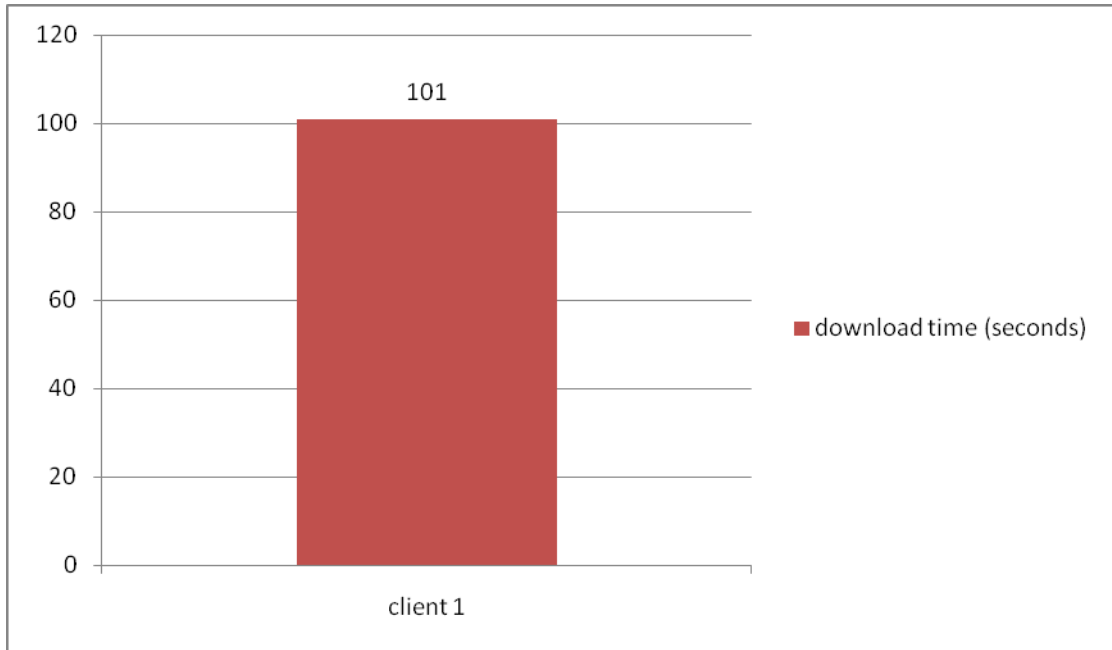


Figure 36 Peer to peer Mode - 1 user

4.2.1. Σενάριο 2 P2P mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς δύο χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι δύο χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 2 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 τελείωσε την μεταφορά σε 200 δευτερόλεπτα ενώ ο 2 σε 224 δευτερόλεπτα.

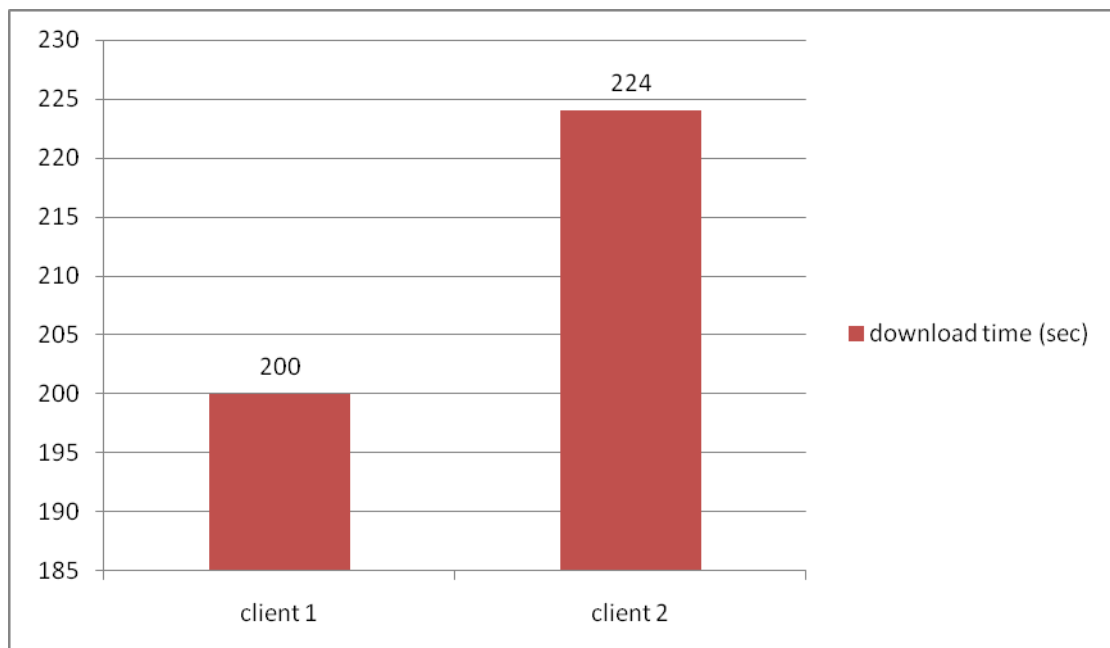


Figure 37 Peer to peer Mode - 2 users

4.2.2. Σενάριο 3 P2P mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τρεις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι τρεις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 3 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 189 δευτερόλεπτα για τον πρώτο, 265 δευτερόλεπτα για τον δεύτερο και σε 210 δευτερόλεπτα για τον τρίτο.

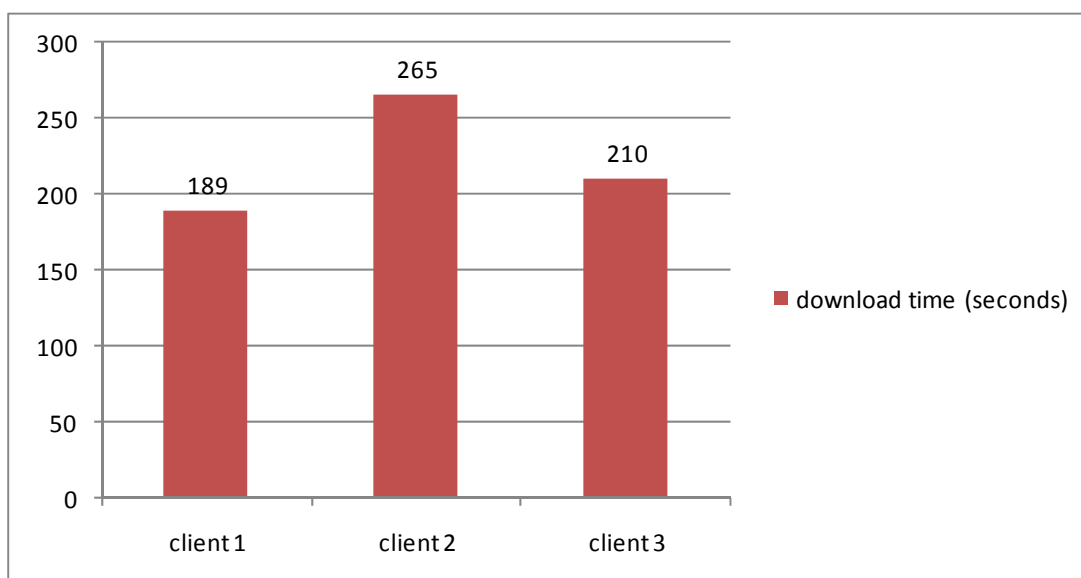


Figure 38 Peer to peer Mode - 3 users

4.2.3. Σενάριο 4 P2P mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι το αρχείο κατέβηκε σε 265 δευτερόλεπτα στον 1^ο χρήστη, σε 172 δευτερόλεπτα στον 2^ο χρήστη, σε 278 δευτερόλεπτα στον 3^ο χρήστη και τέλος σε 190 δευτερόλεπτα στον 4^ο χρήστη.

50 Million Bytes

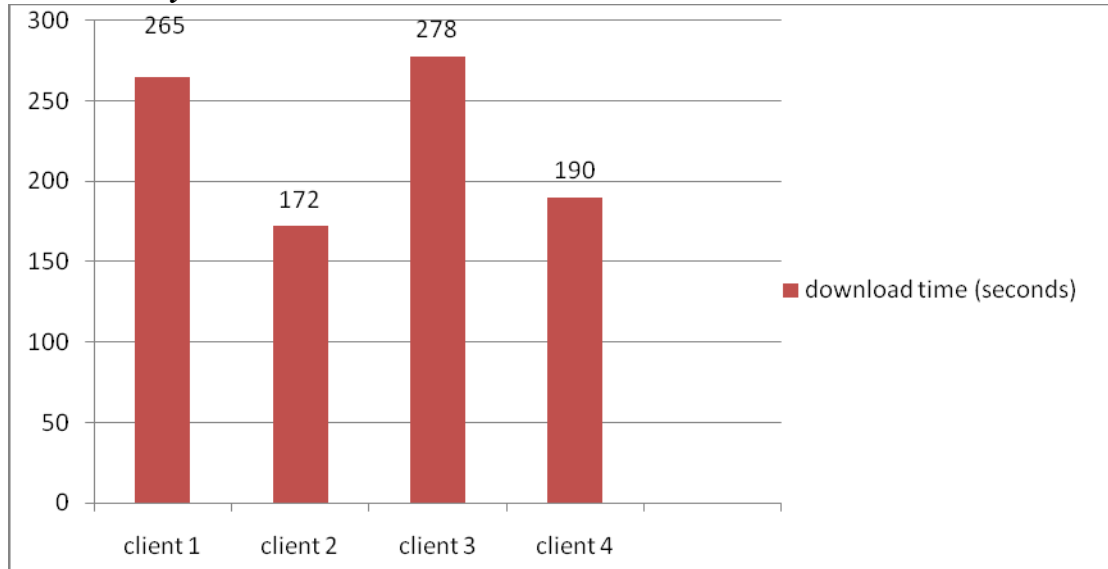


Figure 39 Peer to peer Mode - 4 users - 50 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 75 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι το αρχείο κατέβηκε σε 408 δευτερόλεπτα στον 1^ο χρήστη, σε 267 δευτερόλεπτα στον 2^ο χρήστη, σε 427 δευτερόλεπτα στον 3^ο χρήστη και τέλος σε 300 δευτερόλεπτα στον 4^ο χρήστη.

75 Million Bytes

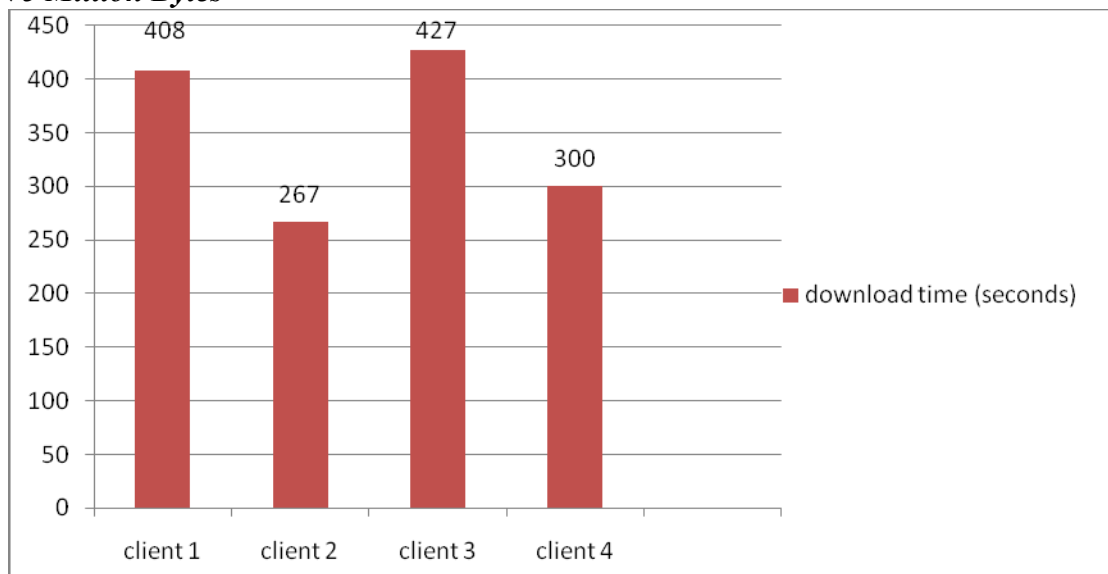


Figure 40 Peer to peer Mode - 4 users - 75 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 150 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι το αρχείο κατέβηκε σε 817 δευτερόλεπτα στον 1^ο χρήστη, σε 526 δευτερόλεπτα στον 2^ο χρήστη, σε 852 δευτερόλεπτα στον 3^ο χρήστη και τέλος σε 592 δευτερόλεπτα στον 4^ο χρήστη.

150 Million Bytes

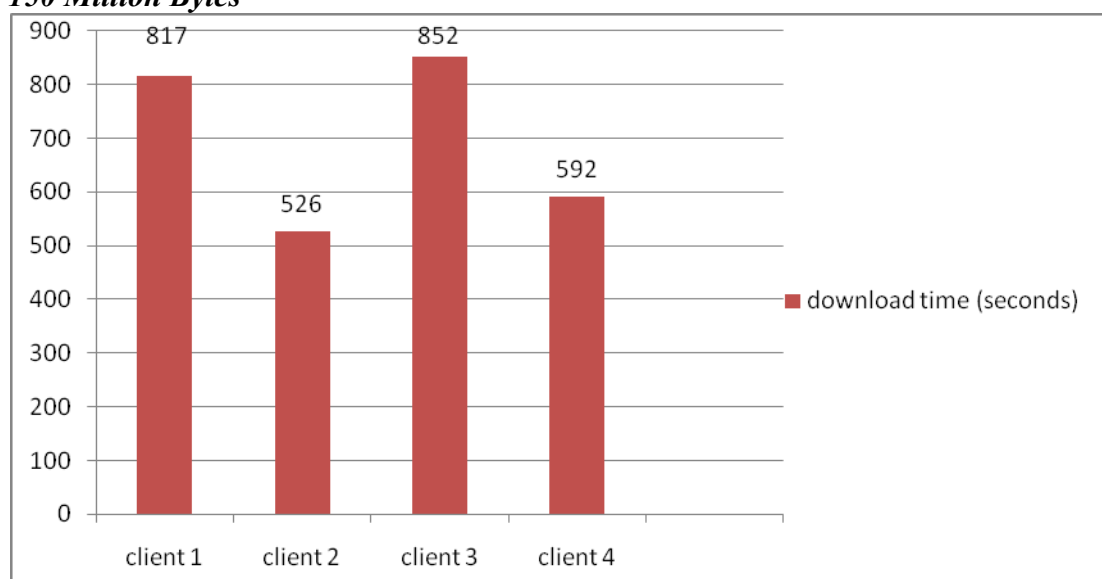


Figure 41 Peer to peer Mode - 4 users - 150 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 300 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι το αρχείο κατέβηκε σε 1538 δευτερόλεπτα στον 1^ο χρήστη, σε 707 δευτερόλεπτα στον 2^ο χρήστη, σε 1616 δευτερόλεπτα στον 3^ο χρήστη και τέλος σε 1140 δευτερόλεπτα στον 4^ο χρήστη.

300 Million Bytes

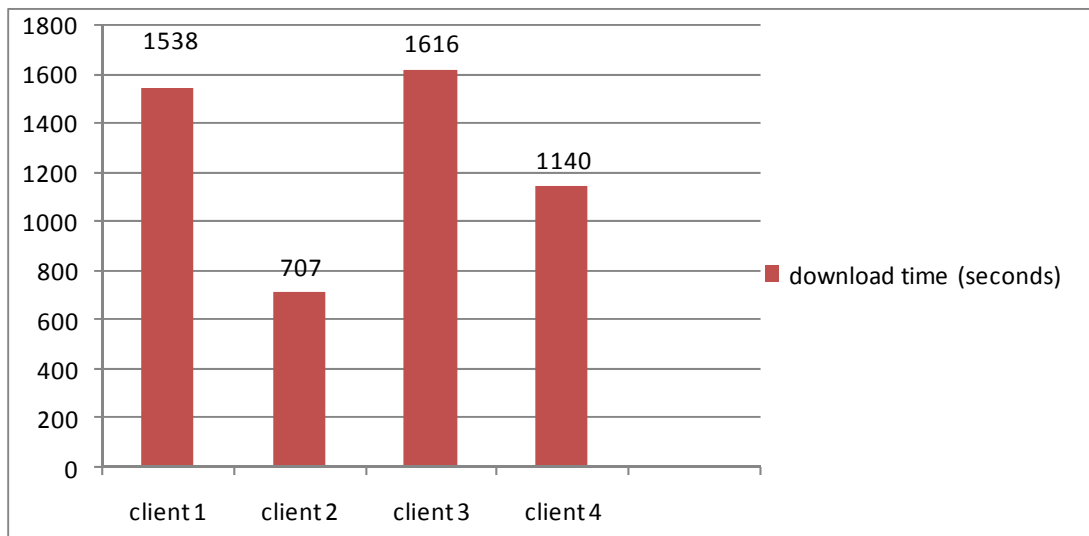


Figure 42 Peer to peer Mode - 4 users - 300 Million Bytes

Ακολουθεί ένα γράφημα με τους συνολικούς χρόνους και των τεσσάρων αρχείων.

Total times

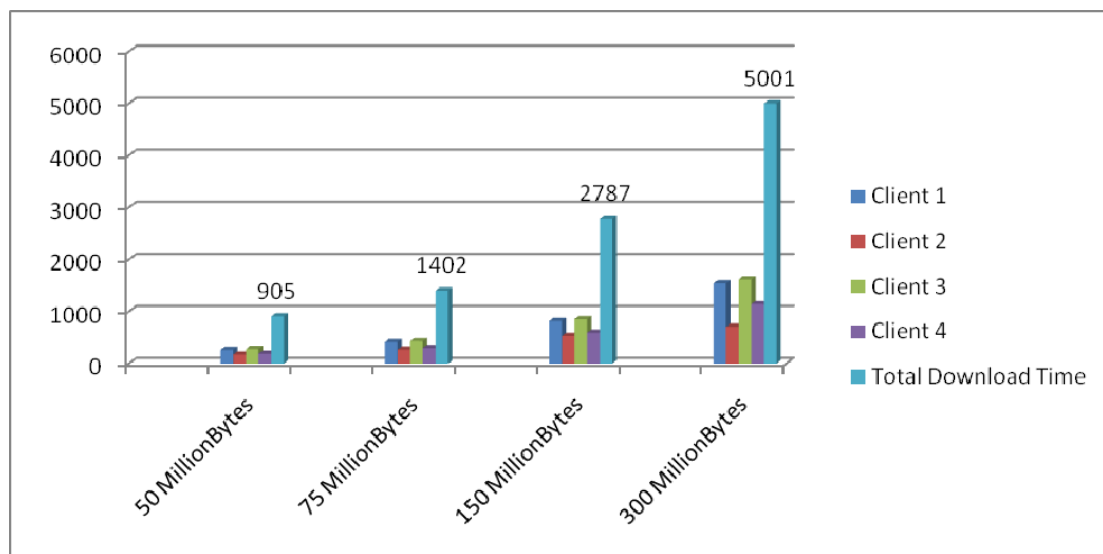


Figure 43 Συνολικοί χρόνοι για Peer to Peer mode με 4 χρήστες

4.2.4. Σενάριο 5 P2P mode

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 180 δευτερόλεπτα για τον πρώτο, 196 δευτερόλεπτα για τον δεύτερο, 261 δευτερόλεπτα για τον τρίτο, 226 δευτερόλεπτα για τον τέταρτο και σε 263 δευτερόλεπτα για τον πέμπτο.

50 Million Bytes

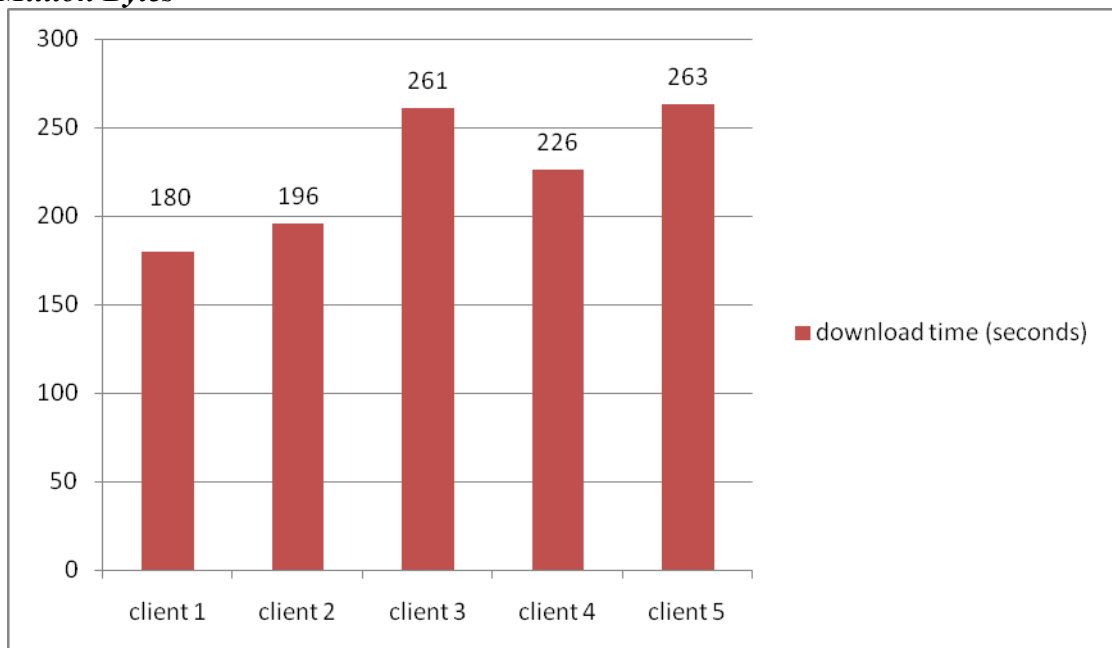


Figure 44 Peer to peer Mode - 5 users - 50 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 75 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 290 δευτερόλεπτα για τον πρώτο, 234 δευτερόλεπτα για τον δεύτερο, 379 δευτερόλεπτα για τον τρίτο, 313 δευτερόλεπτα για τον τέταρτο και σε 400 δευτερόλεπτα για τον πέμπτο.

75 Million Bytes

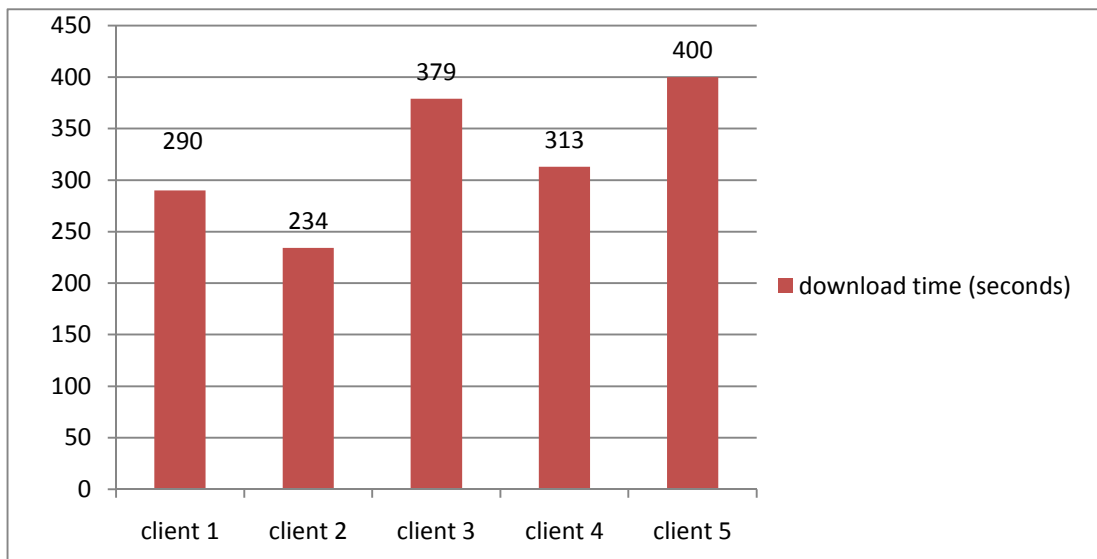


Figure 45 Peer to peer Mode - 5 users - 75 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 560 δευτερόλεπτα για τον πρώτο, 455 δευτερόλεπτα για τον δεύτερο, 724 δευτερόλεπτα για τον τρίτο, 720 δευτερόλεπτα για τον τέταρτο και σε 820 δευτερόλεπτα για τον πέμπτο.

150 Million Bytes

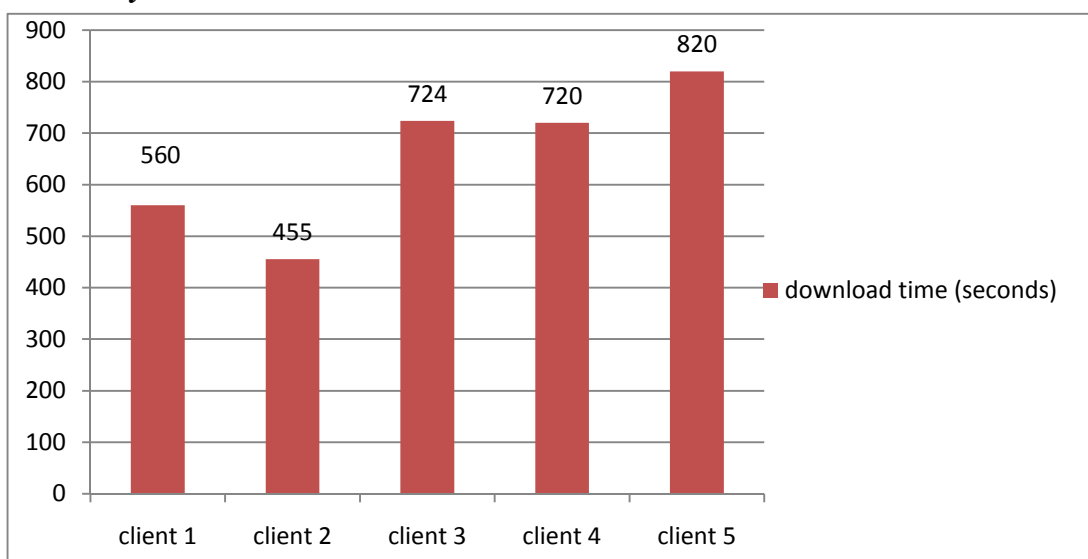


Figure 46 Peer to peer Mode - 5 users - 150 Million Bytes

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεινούν την ίδια χρονική στιγμή να το καταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε η ολοκλήρωση της κίνησης έγινε σε 1164 δευτερόλεπτα για τον πρώτο, 957 δευτερόλεπτα για τον δεύτερο, 1467 δευτερόλεπτα για τον τρίτο, 1066 δευτερόλεπτα για τον τέταρτο και σε 1652 δευτερόλεπτα για τον πέμπτο.

300 Million Bytes



Figure 47 Peer to peer Mode - 5 users - 300 Million Bytes

Ακολουθεί ένα γράφημα με τους συνολικούς χρόνους και των τεσσάρων αρχείων.

Total time

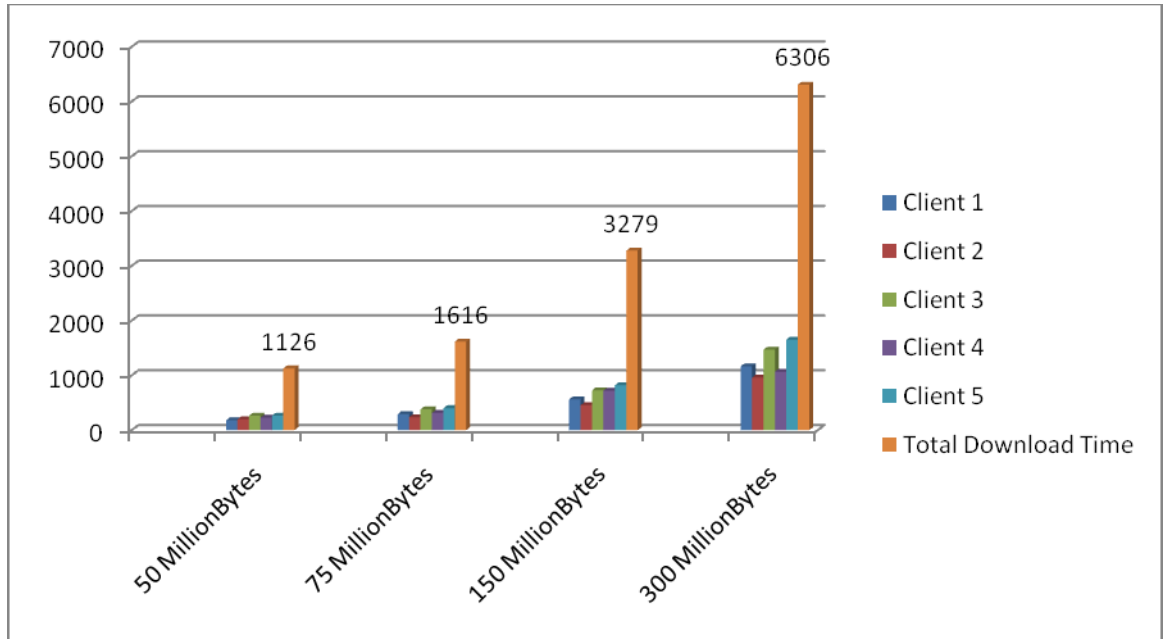


Figure 48 Συνολικοί χρόνοι για Peer to Peer mode με 5 χρήστες

4.3. Συγκεντρωτικά 1^{ον} σεναρίων

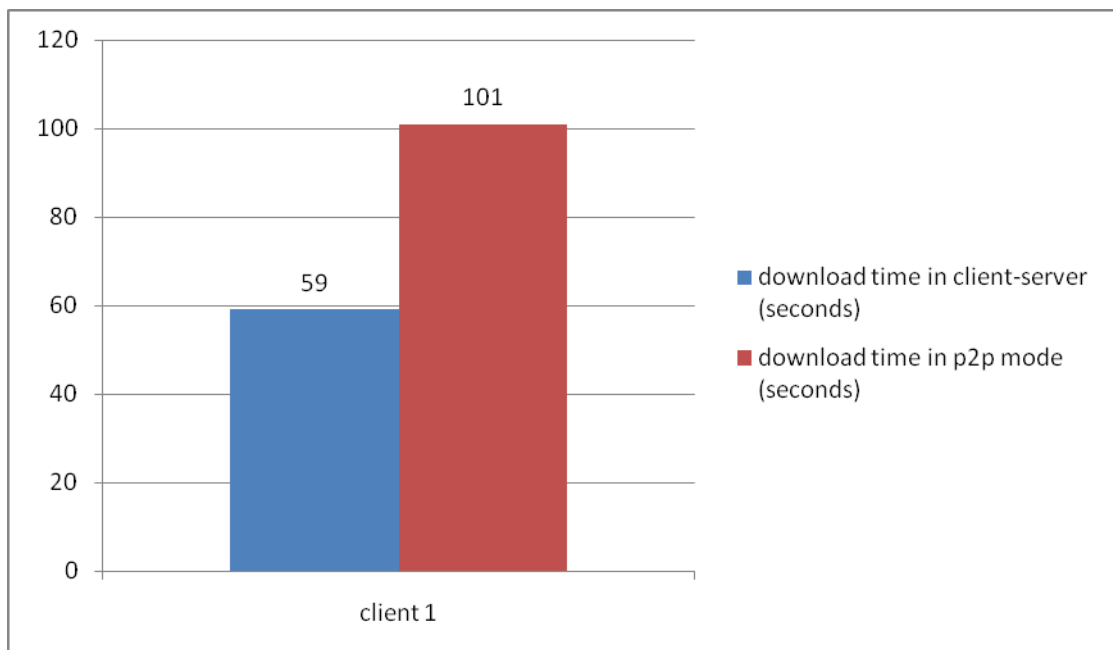


Figure 49 Συγκεντρωτικά 1ον σεναρίων (με 1 χρήστη)

4.3.1. Συγκεντρωτικά 2^{ων} σεναρίων

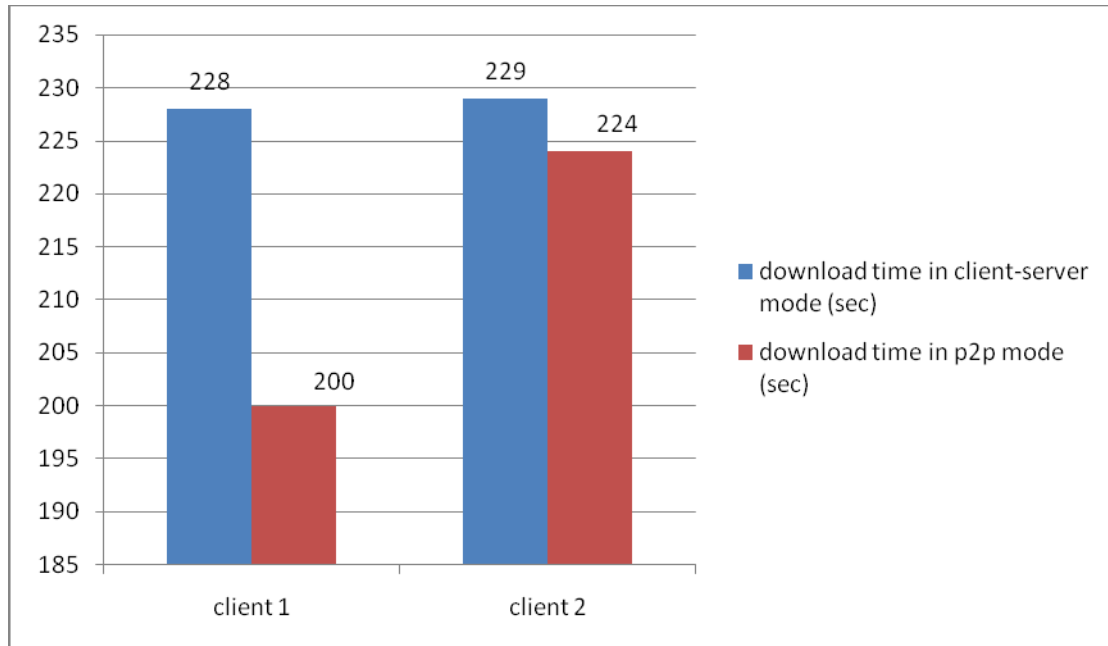


Figure 50 Συγκεντρωτικά 2ων σεναρίων (με 2 χρήστες)

4.3.2. Συγκεντρωτικά 3^{ων} σεναρίων

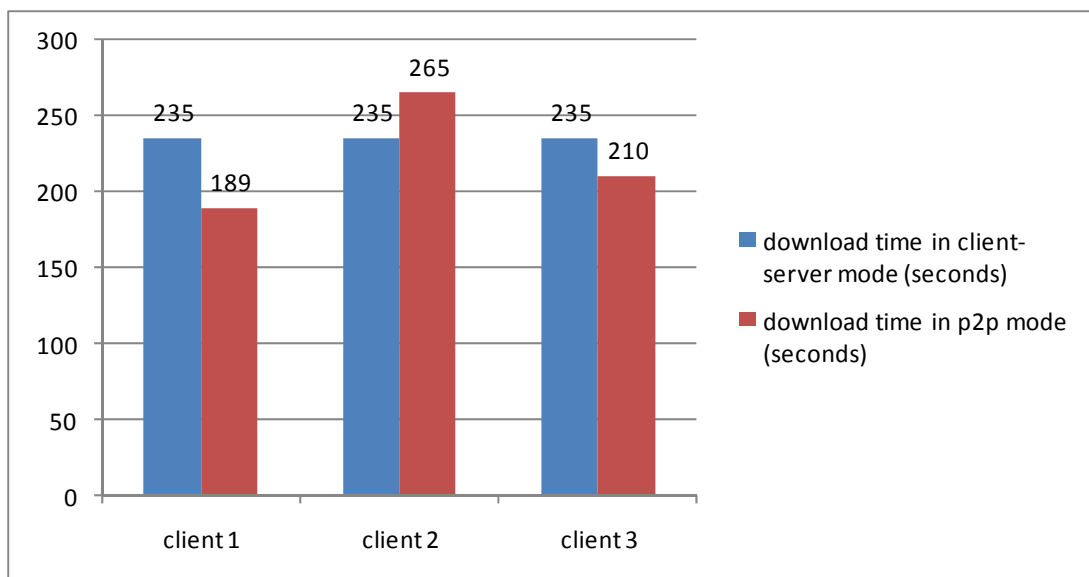


Figure 51 Συγκεντρωτικά 3ων σεναρίων (με 3 χρήστες)

4.3.3. Συγκεντρωτικά 4^{ων} σεναρίων

50 Million Bytes

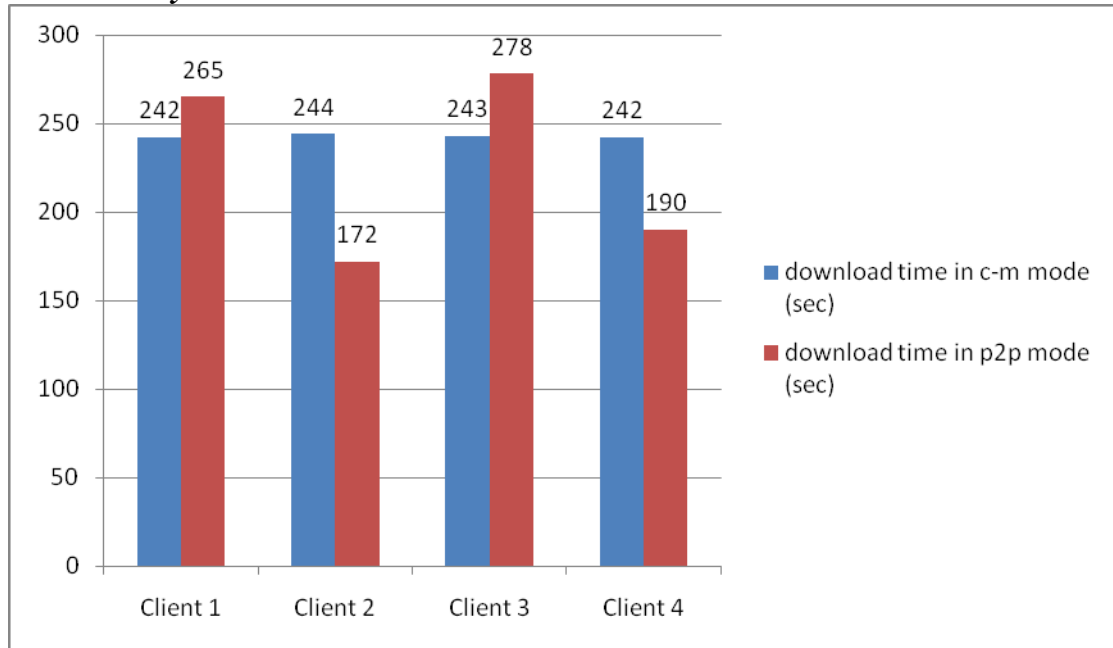


Figure 52 Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 50 Million Bytes

75 Million Bytes

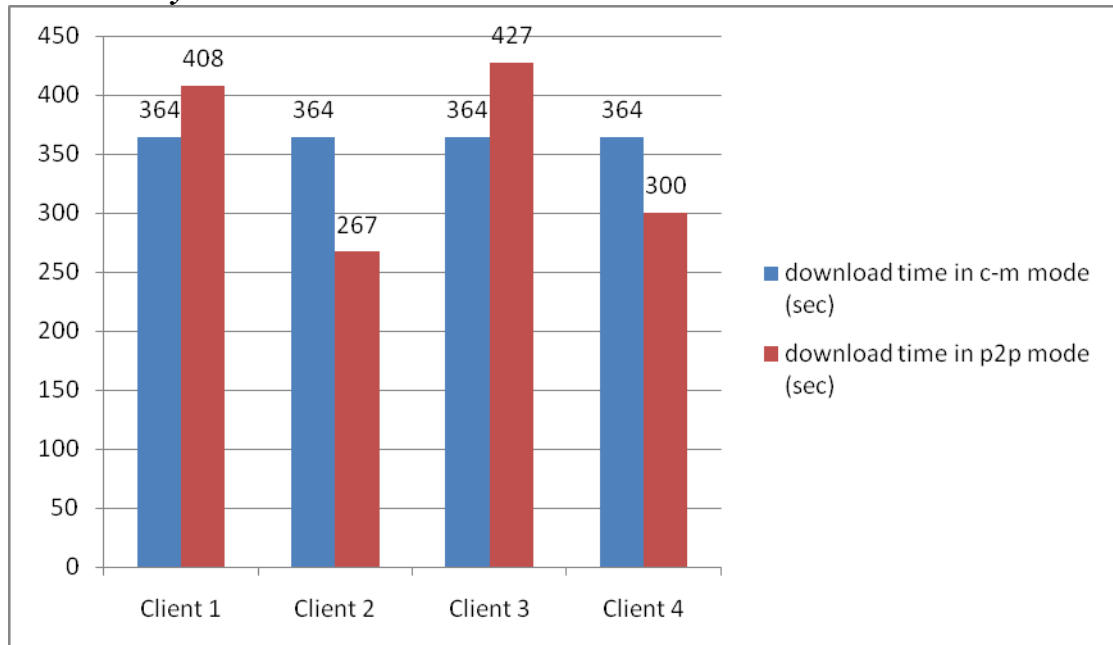


Figure 53 Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 75 Million Bytes

150 Million Bytes

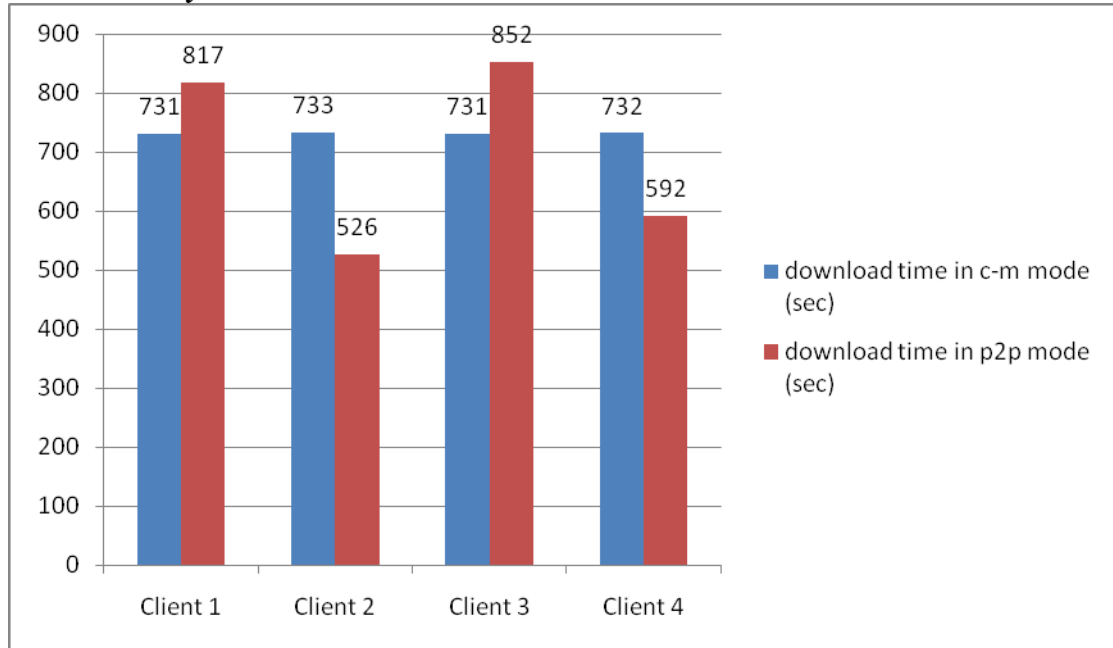


Figure 54 Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 150 Million Bytes

300 Million Bytes

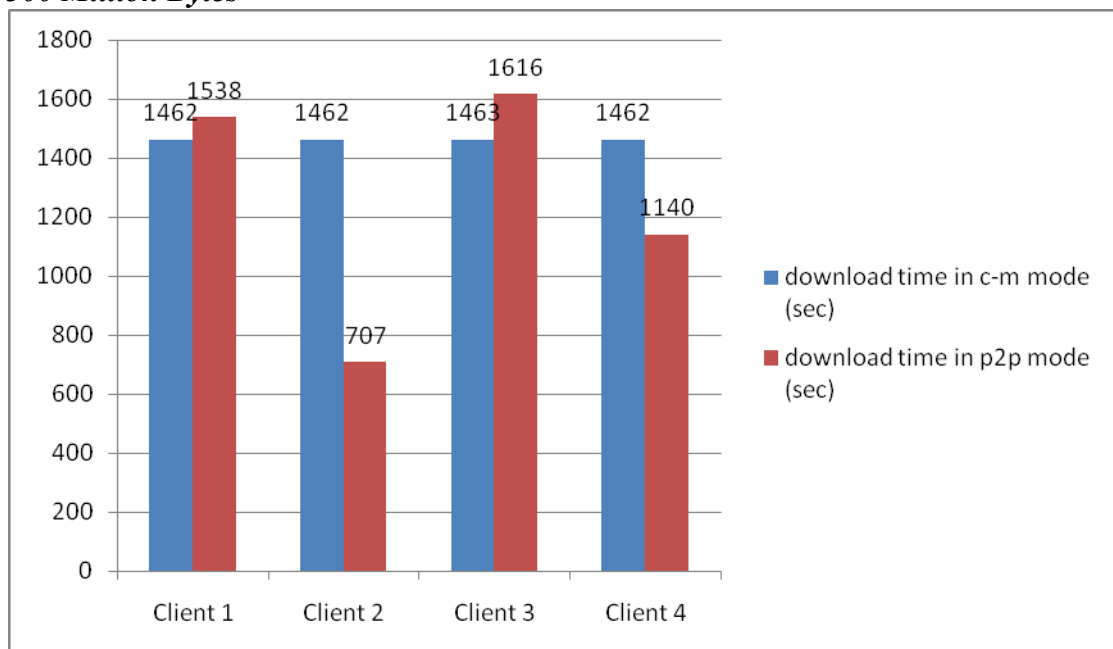


Figure 55 Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 300 Million Bytes

Total times

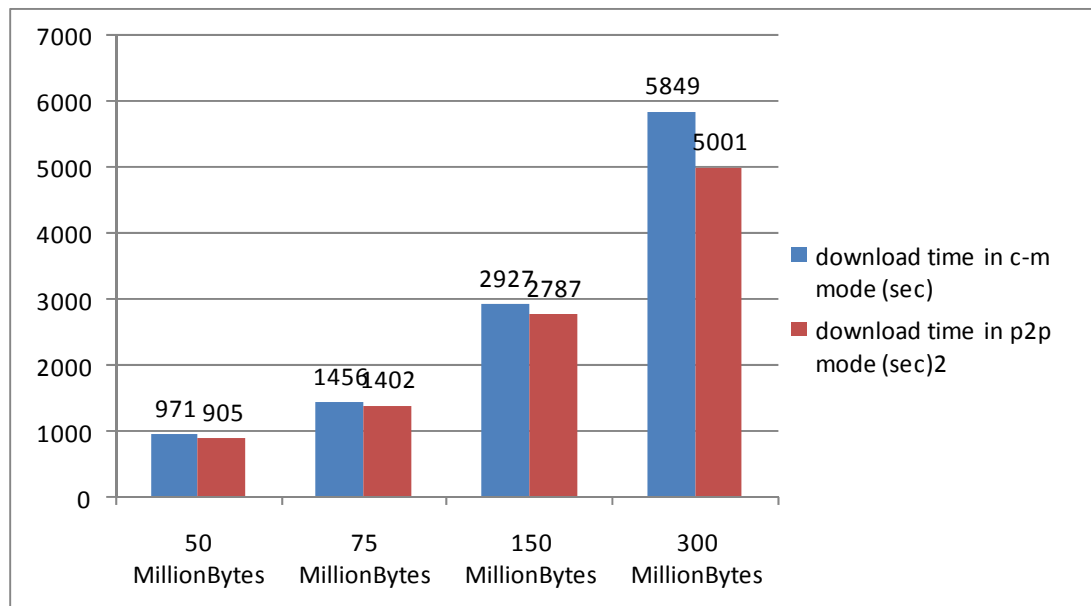


Figure 56 Συγκεντρωτικά συνολικών χρόνων (με 4 χρήστες)

4.3.4. Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων

50 Million Bytes

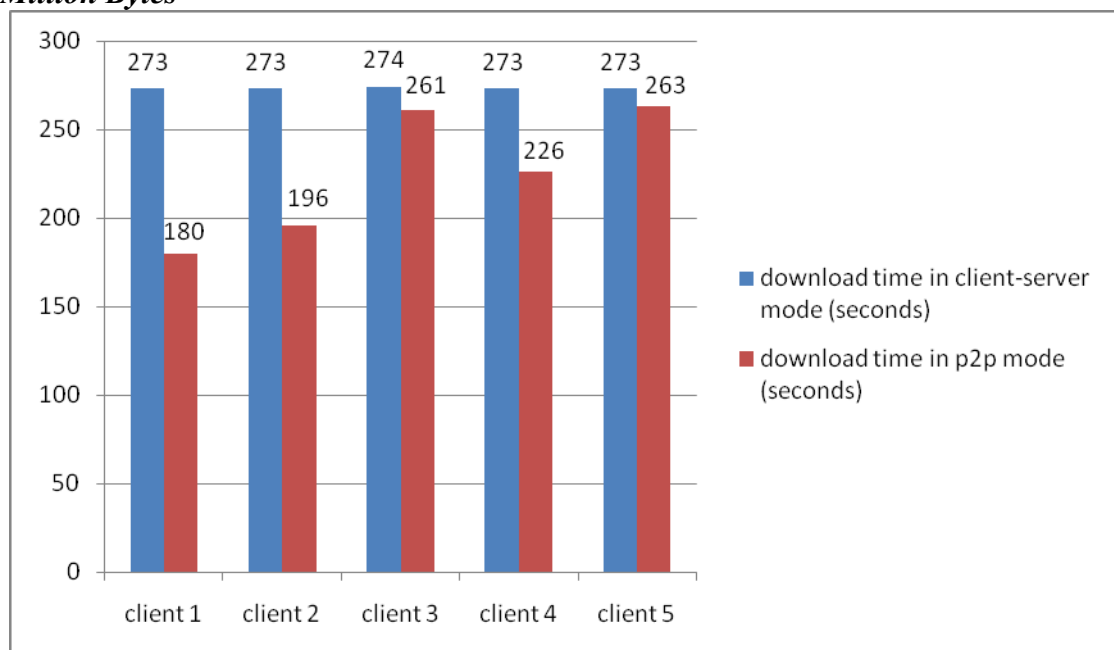


Figure 57 Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 50 Million Bytes

75 Million Bytes

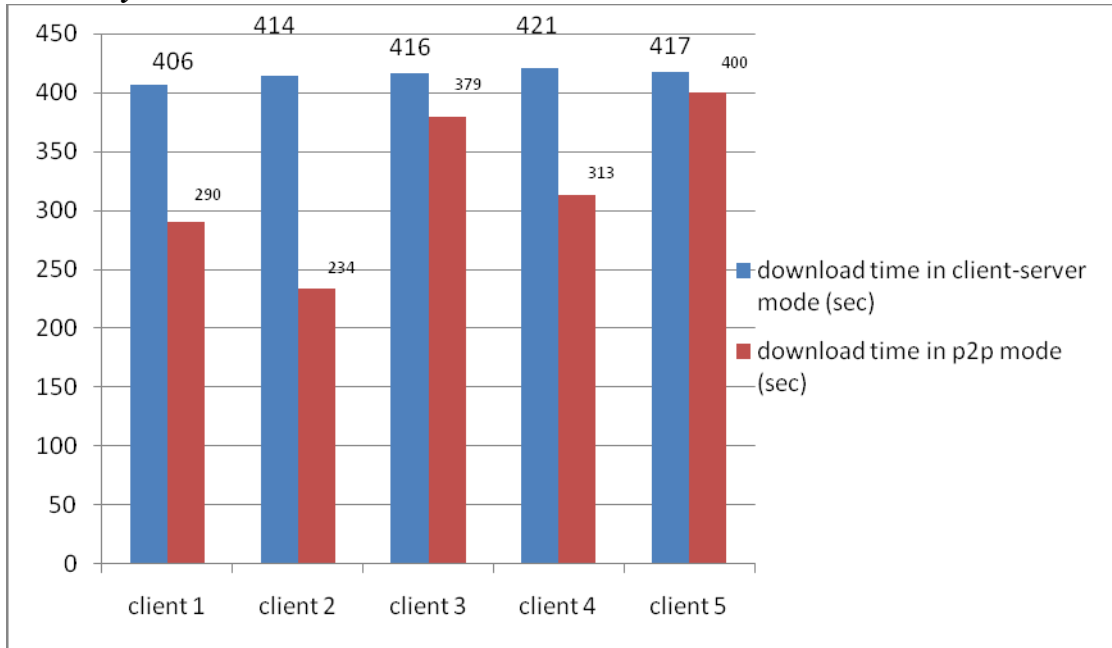


Figure 58 Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 75 Million Bytes

150 Million Bytes

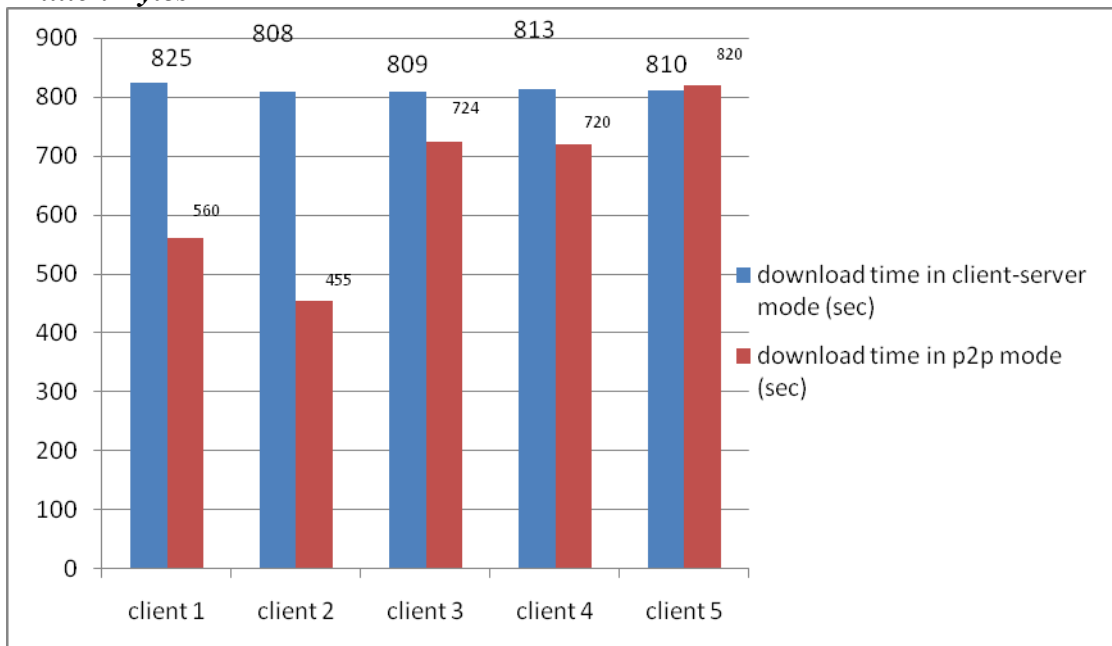


Figure 59 Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 150 Million Bytes

300 Million Bytes

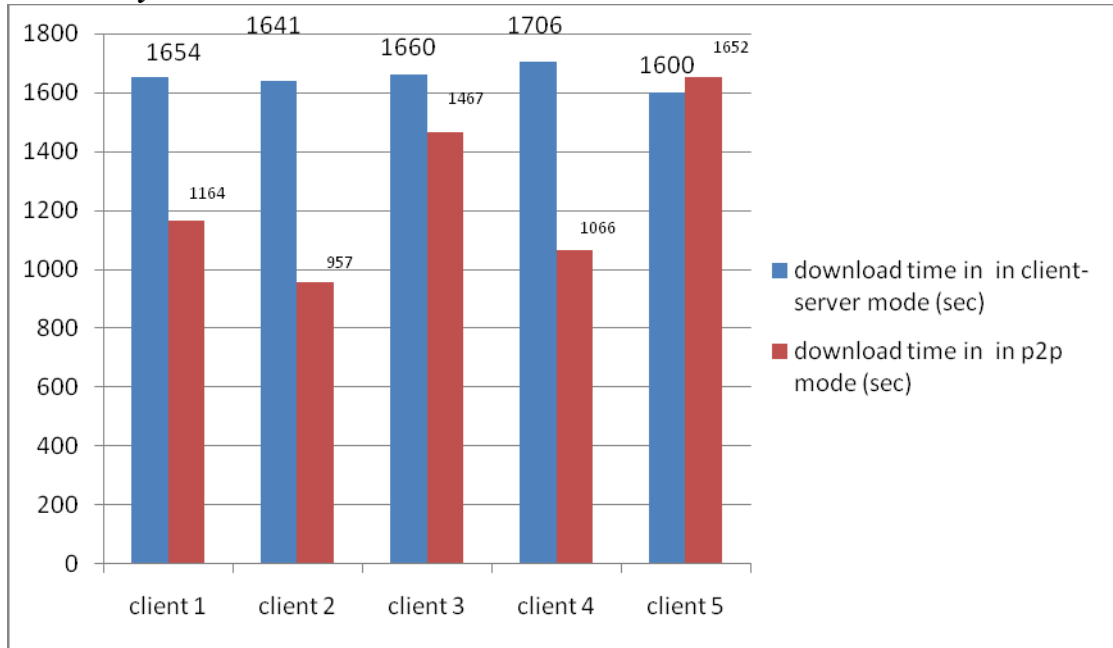


Figure 60 Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 300 Million Bytes

Total Times

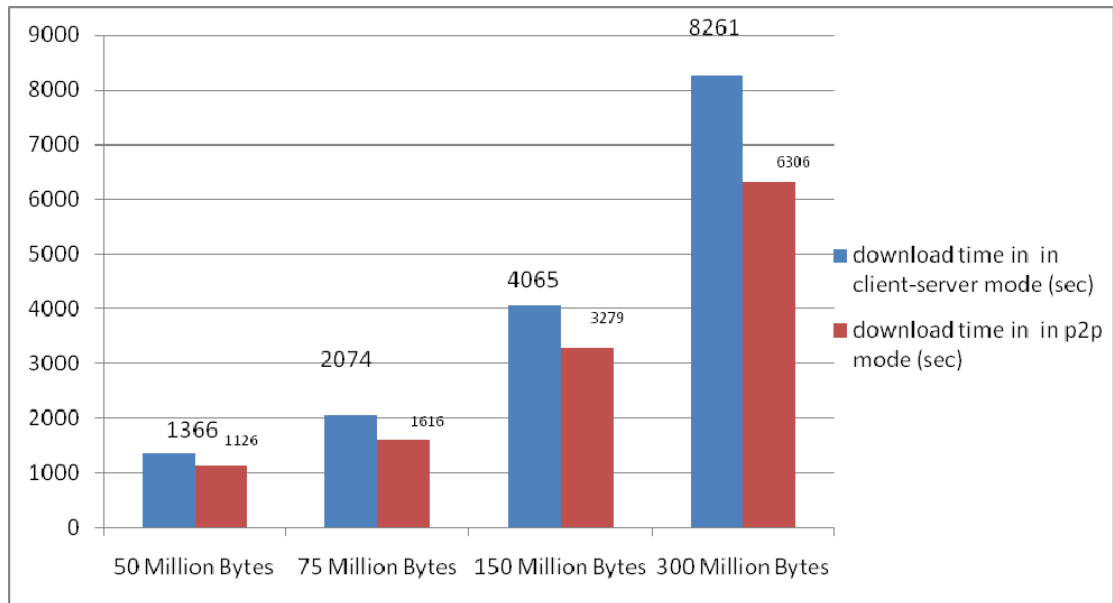


Figure 61 Συγκεντρωτικά συνολικών χρόνων (με 5 χρήστες)

5. Συμπεράσματα

Η πτυχιακή εργασία εστίασε την έρευνα πάνω στη χρήση της σύγχρονης και προτυποποιημένης τεχνολογίας της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης (DVB-T) ως ευρυζωνικό δίκτυο πρόσβασης για υπηρεσίες δεδομένων. Μελετήθηκε μία υβριδική αρχιτεκτονική ασύμμετρου δικτύου σε δύο διαφορετικές παραλλαγές, στις οποίες η κατερχόμενη ζεύξη (downlink) υλοποιήθηκε με ένα ευρυζωνικό κανάλι DVB-T ενώ η ανερχόμενη (uplink) παροχόταν από την ενσύρματη τεχνολογία ISDN και WLAN. Σημαντικό ρόλο στην αρχιτεκτονική των δικτύων είχαν οι ενδιάμεσοι κόμβοι διανομής (CMNs). Εξετάστηκε και αξιολογήθηκε η συμπεριφορά του δικτύου σε μεταδόσεις από σημείο σε σημείο κάνοντας χρήση πρωτοκόλλου BitTorrent πάνω σε peer to peer δίκτυο .

Όσον αφορά τα αποτελέσματα των μετρήσεων, κρίνονται ικανοποιητικά με βάση την αρχιτεκτονική και τη λειτουργία του δικτύου επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης με κανάλι επιστροφής την τεχνολογία ISDN. Παρόλο που πρόκειται για μια τεχνολογία με σημαντικά μειονεκτήματα, αποδείχθηκε για άλλη μια φορά ότι ο συνδιασμός της με την τεχνολογία DVB-T και τα δίκτυα peer to peer είναι αποτελεσματικός και δημιουργείται μια αρχιτεκτονική παροχής πολλαπλών διαδικτυακών υπηρεσιών όπως γρήγορης, αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων και υπηρεσιών πολυμέσων.

Οι παρακάτω γραφικές δείχνουν το συνολικό κέρδος σε δευτερόλεπτα όσο αυξάνουμε τους χρήστες και το μέγεθος των αρχείων:

Για 50 Million Bytes

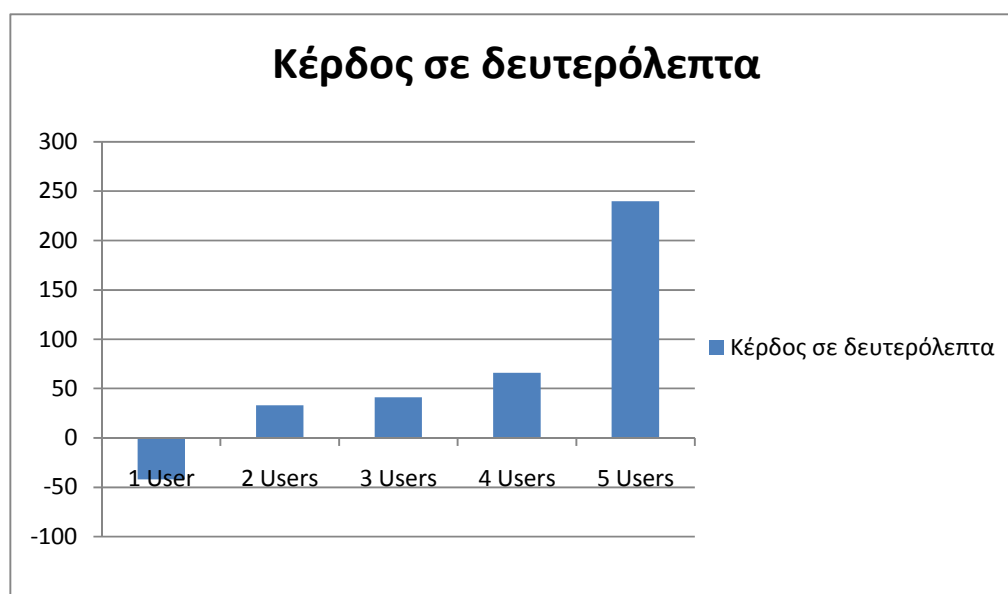


Figure 62 Κέρδος σε χρόνο όσο αυξάνονται οι χρήστες- 50 Million Bytes

Στον πρώτο χρήστη ο χρόνος είναι μείων επειδή στο client-server mode η μεταφορά του αρχείου ήταν πιο γρήγορη από'τι στο p2p mode.

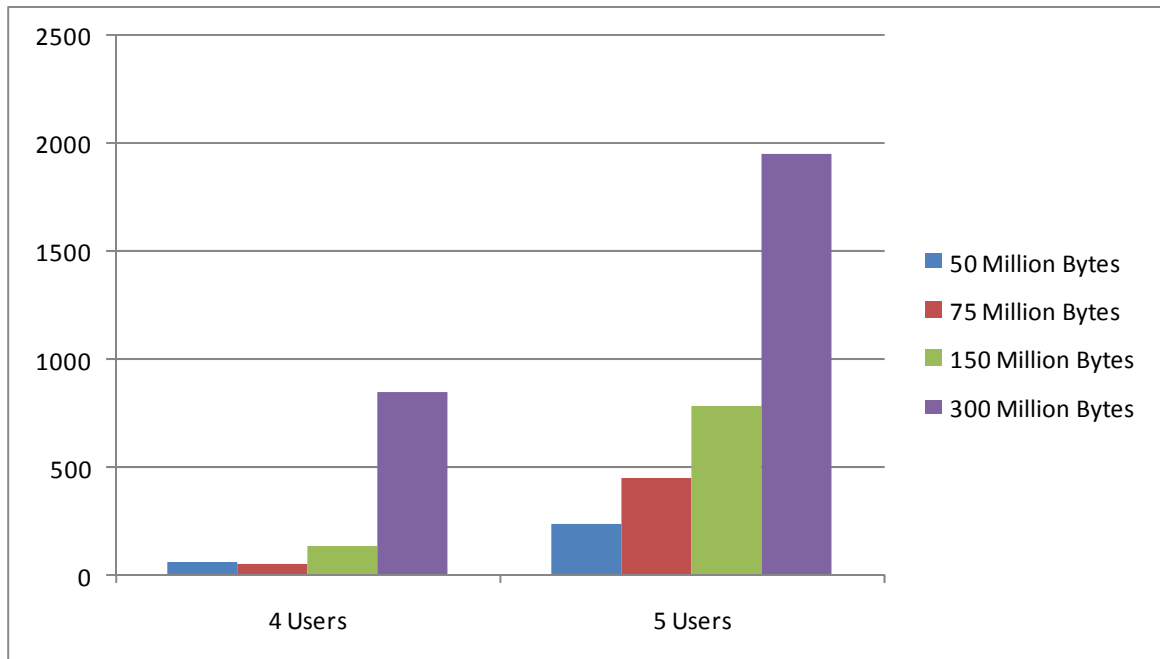


Figure 63 Κέρδος σε δευτερόλεπτα όσο αυξάνεται το μέγεθος των αρχείων

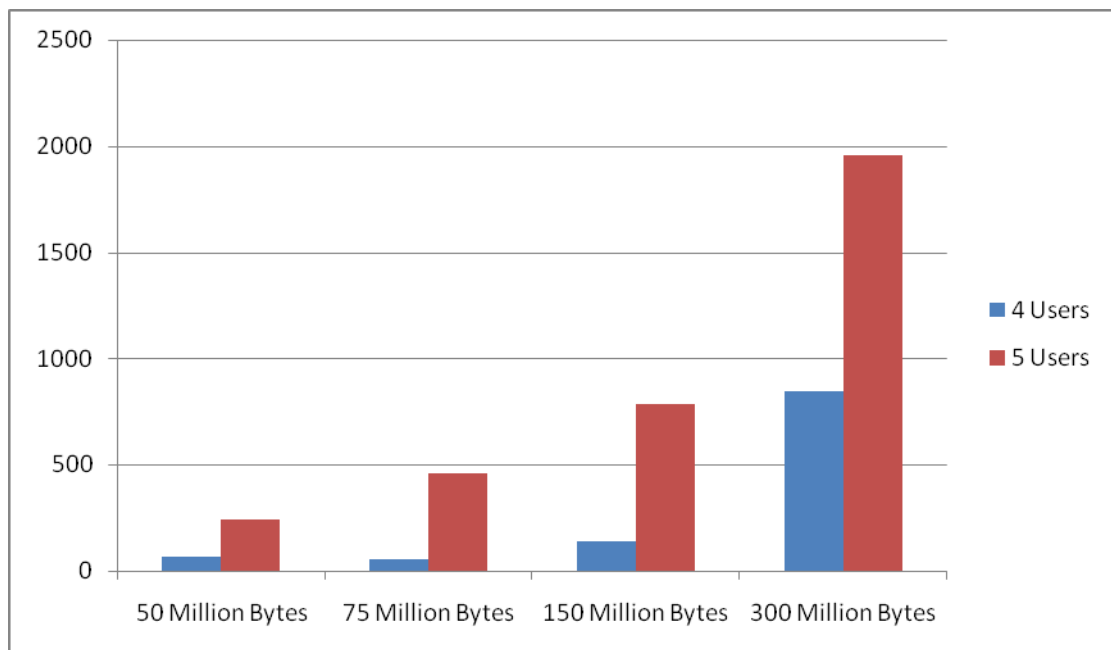


Figure 64 Κέρδος σε δευτερόλεπτα όσο αυξάνονται οι χρήστες

Όπως παρατηρούμε και από την ανάλυση των σχεδιαγραμμάτων, όσο αυξάνουμε τους χρήστες (peers) και το μέγεθος των αρχείων τόσο αυξάνεται και το κέρδος σε χρόνο αποστολής. Αυτό δικαιολογείται απόλυτα από τον τρόπο λειτουργίας του πρωτοκόλλου και αυτού του είδους το δίκτυο (P2P). Ολόκληρη η λειτουργία του και οι χαμηλοί χρόνοι που υπόσχεται στην μεταφορά των δεδομένων, βασίζονται στους πολλούς ισότιμους κόμβους οι οποίοι βοηθούν στην διακίνηση των αρχείων. Αυτό λοιπόν εφαρμόστηκε και λειτούργησε και στην δική μας περίπτωση, πάνω στην πλατφόρμα μας (DVB-T).

6. Βιβλιογραφία

- [1]. Information Sciences Institute University of Southern California, “INTERNET PROTOCOL”, RFC 791, September 1981
- [2]. ETSI EN 300 744, “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel
- [3]. A.S.Tanenbaum, “Δίκτυα Υπολογιστών”, Τρίτη έκδοση
- [4]. Braden R., Clark D. and Shenker S., “Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview”, RFC 1633, June 1994.
- [5]. W. Stevens, NOAO, RFC 2001, January 1997
- [6]. Michael Welzl, DPS NSG Team, Institute of Computer Science University of Innsbruck, Austria
- [7]. 1999 – 2003 P-Cube Inc. Controlling Peer to Peer Bandwidth Consumption
- [8]. ICQ. <http://www.icq.com>
- [9]. Gnutella. <http://gnutella.wego.com>
- [10]. Napster. <http://www.napster.com>
- [11]. Scour. <http://www.scourdesign.com>
- [12]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer#Security>
- [13]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer#Anonymity>
- [14]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Peer-to-peer#Encryption>.
- [15]. <http://www.newsfilter.gr/2008/03/16/p4p-protocol/>.
- [16]. [http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_\(protocol\)](http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_(protocol))
- [17]. http://serial.ammar.ondsl.gr/~ammar/ammarnet/blogs/media/blogs/a/amarnet_1.pdf

- [18]. <http://el.tech-faq.com/bittorrent.shtml>
- [19]. [http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_\(protocol\)#Operation](http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent_(protocol)#Operation)
- [20]. Iperf - <http://sourceforge.net/projects/iperf>
- [21]. Tcpdump - <http://www.tcpdump.org/>
- [22]. Tcptrace - <http://www.tcptrace.org/>
- [23]. Iproute2 - <http://www.linuxfoundation.org/en/Net:Iproute2>
- [24]. Iptables - <http://www.netfilter.org/>
- [25]. XBT Tracker - <http://xbtt.sourceforge.net/tracker/>
- [26]. Azureus - <http://azureus.sourceforge.net/>
- [27]. Ietf - <http://www.ietf.org/>

7. Λίστα σχημάτων

Figure 1 Διάγραμμα ενός DVB Πομπού.....	12
Figure 2 Περιγραφή των Πρωτοκόλλων 802.11.....	14
Figure 3 Αρχιτεκτονική Ασύρματου Δικτύου	15
Figure 4 Πίνακας Προτύπων ADSL	17
Figure 5 Peer to Peer Network.....	18
Figure 6 P4P Network.....	22
Figure 7 Δομή ενός TCP πακέτου	23
Figure 8 Flags για την κεφαλίδα TCP.....	23
Figure 9 GNutella Network	25
Figure 10 Αρχιτεκτονική του Napster	26
Figure 11 Αρχιτεκτονική του BitTorrent.....	29
Figure 12 Γενική Αρχιτεκτονική ενός DVB-T συστήματος.....	30
Figure 13 Συνολικό Δίκτυο DVB-T	31
Figure 14 IP/DVB πολυπλέκτης	32
Figure 15 Αρχιτεκτονική πλατφόρμας DVB/IP ερευνητικού εργαστηρίου ΠΑΣΙΦΑΗ	33
Figure 16 Πλατφόρμα DVB και δίκτυο διαδραστικών υπηρεσιών	35
Figure 17 Πλατφόρμα DVB.....	36

Figure 18	Azureus downloading torrents screen	39
Figure 19	Azureus downloading pieces screen.....	40
Figure 20	Azureus general status screen.....	40
Figure 21	Azureus swarm screen.....	41
Figure 22	Xbt Tracker main page	41
Figure 23	Client server Mode - 1 user	47
Figure 24	Client server Mode - 2 users.....	48
Figure 25	Client server Mode - 3 users.....	49
Figure 26	Client server Mode - 4 users - 50 Million Bytes	49
Figure 27	Client server Mode - 4 users - 75 Million Bytes	50
Figure 28	Client server Mode - 4 users - 150 Million Bytes	51
Figure 29	Client server Mode - 4 users - 300 Million Bytes	51
Figure 30	Συνολικοί χρόνοι για Client Server mode με 4 χρήστες	52
Figure 31	Client Server Mode -5 users - 50 Million Bytes.....	53
Figure 32	Client Server Mode -5 users - 75 Million Bytes.....	54
Figure 33	Client Server Mode -5 users - 150 Million Bytes.....	54
Figure 34	Client Server Mode -5 users - 300 Million Bytes.....	55
Figure 35	29 Συνολικοί χρόνοι για Client Server mode με 5 χρήστες	56
Figure 36	Peer to peer Mode - 1 user.....	57
Figure 37	Peer to peer Mode - 2 users	57
Figure 38	Peer to peer Mode - 3 users	58
Figure 39	Peer to peer Mode - 4 users - 50 Million Bytes.....	59
Figure 40	Peer to peer Mode - 4 users - 75 Million Bytes.....	59
Figure 41	Peer to peer Mode - 4 users - 150 Million Bytes.....	60
Figure 42	Peer to peer Mode - 4 users - 300 Million Bytes.....	61
Figure 43	Συνολικοί χρόνοι για Peer to Peer mode με 4 χρήστες	61
Figure 44	Peer to peer Mode - 5 users - 50 Million Bytes.....	62
Figure 45	Peer to peer Mode - 5 users - 75 Million Bytes.....	63
Figure 46	Peer to peer Mode - 5 users - 150 Million Bytes.....	63
Figure 47	Peer to peer Mode - 5 users - 300 Million Bytes.....	64
Figure 48	Συνολικοί χρόνοι για Peer to Peer mode με 5 χρήστες	65
Figure 49	Συγκεντρωτικά 1ων σεναρίων (με 1 χρήστη).....	65
Figure 50	Συγκεντρωτικά 2ων σεναρίων (με 2 χρήστες)	66
Figure 51	Συγκεντρωτικά 3ων σεναρίων (με 3 χρήστες)	66
Figure 52	Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 50 Million Bytes.....	67
Figure 53	Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 75 Million Bytes.....	67
Figure 54	Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 150 Million Bytes.....	68
Figure 55	Συγκεντρωτικά 4ων σεναρίων (με 4 χρήστες) - 300 Million Bytes.....	68
Figure 56	Συγκεντρωτικά συνολικών χρόνων (με 4 χρήστες).....	69
Figure 57	Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 50 Million Bytes.....	69
Figure 58	Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 75 Million Bytes.....	70
Figure 59	Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 150 Million Bytes.....	70
Figure 60	Συγκεντρωτικά 5ων σεναρίων (με 5 χρήστες) - 300 Million Bytes.....	71
Figure 61	Συγκεντρωτικά συνολικών χρόνων (με 5 χρήστες).....	71
Figure 62	Κέρδος σε χρόνο όσο αυξάνονται οι χρήστες- 50 Million Bytes.....	72
Figure 63	Κέρδος σε δευτερόλεπτα όσο αυξάνεται το μέγεθος των αρχείων	73
Figure 64	Κέρδος σε δευτερόλεπτα όσο αυξάνονται οι χρήστες.....	73