

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων**



Πτυχιακή Εργασία

**Αξιολόγηση δικτυακών επιδόσεων πλατφόρμας IP/DVB για
την παροχή υπηρεσιών εγγυημένης ποιότητας (QoS)**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΕΡΓΕΝΤΑΚΗΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 21/05/2009

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΣΤΟΡΑΚΗΣ

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

Ευχαριστίες

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής αυτής εργασίας που υλοποιήθηκε στο Εργαστήριο Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης (ΠΑΣΙΦΑΗ) θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους βοήθησαν στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα μου Επιστημονικό Συνεργάτη του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης Δρ. Γεώργιο Μαστοράκη για τη βοήθεια και την υποστήριξη που μου πρόσφερε καθόλη τη διάρκεια υλοποίησης αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Δρ. Ευάγγελο Πάλλη και τους Υποψήφιους Διδάκτορες κ. Ευάγγελο Μαρκάκη και Ανάργυρο Σιδέρη για την πολύτιμη βοήθεια τους, σε επιστημονικό αλλά και ψυχολογικό επίπεδο, την οποία μου πρόσφεραν κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης αυτής της πτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την πολύτιμη ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχε όλα αυτά τα χρόνια των σπουδών μου καθώς και τους συναδέλφους συμφοιτητές μου κατά τη διάρκεια υλοποίησης αυτής της εργασίας.

Ηράκλειο, Μάιος 2009

Γεώργιος Σεργεντάκης

Περίληψη

Η πτυχιακή αυτή εργασία περιλαμβάνει τη μελέτη βελτιστοποίησης των δικτυακών επιδόσεων μίας πλατφόρμας σύγκλισης ετερογενών δικτυακών τεχνολογιών. Στην πλατφόρμα αυτή και πιο συγκεκριμένα στα τερματικά των τελικών χρηστών καθώς και στο τερματικό του εξυπηρετητή ενσωματώθηκε λογισμικό διομοτίμων δικτύων ελευθέρως χρήσης. Η έννοια των διομοτίμων δικτύων αναλύθηκε θεωρητικά και παρουσιάστηκαν ιστορικά δεδομένα καθώς και η τωρινή κατάσταση που επικρατεί. Στα πλαίσια αυτά παρατηρήθηκε η συμπεριφορά του δικτύου και αξιολογήθηκε η επίδοση του μετρώντας πειραματικά χαρακτηριστικά που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών σε ένα σύστημα διαχείρισης και ανάθεσης των δικτυακών πόρων σε πραγματικό χρόνο. Αρχικά πραγματοποιήθηκε η καταγραφή των επιδόσεων της πλατφόρμας χωρίς την ενσωμάτωση λογισμικού P2P και καταγράφηκαν εκ νέου οι επιδόσεις της πλατφόρμας μετά την ενσωμάτωση του λογισμικού. Οι επιδόσεις συγκρίθηκαν και παρουσιάστηκαν με τη μορφή πειραματικών αποτελεσμάτων αξιοποιώντας γραφικές παραστάσεις. Πριν την έναρξη των πειραματικών μετρήσεων επιχειρήθηκε να βέλτιστη διαχείριση των δικτυακών πόρων της πλατφόρμας σύγκλισης, μέσω της παραμετροποίησης συγκεκριμένων αρχείων ρυθμίσεων του λειτουργικού συστήματος των τερματικών των χρηστών. Ολοκληρώνοντας την πτυχιακή εργασία, προτάθηκαν στοιχεία μελλοντικής έρευνας τα οποία θα μπορούσαν να μελετηθούν.

Περιεχόμενα

Λίστα σχημάτων	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
1.1 Γενικά.....	11
1.2 Στόχοι.....	11
1.3 Οργάνωση.....	11
2. ΕΡΕΥΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ.....	13
2.1 Εισαγωγή στο Digital Video Broadcasting (DVB)	13
2.1.2 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T).....	14
2.2 xDSL	16
2.3 Πρωτόκολλο μεταφοράς TCP	17
2.4 WLAN	19
3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ P2P	21
3.1 Διομότιμα δίκτυα (P2P)[4]	21
3.1.1 Αρχές P2P[5].....	21
3.1.2 Ορισμός του P2P[6].....	22
3.1.3 Τα βασικότερα συστήματα peer-to-peer	29
1) CAN (Content-Addressable Networks)	29
2) Kademlia	30
3) Chord	31
4) Tapestry	32
5) Pastry.....	33
6) Bamboo	35
3.1.4 Εξέλιξη του P2P	35

Το P2P αφήνει τη θέση του στο P4P πρωτόκολλο.....	39
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΕΠΙΓΕΙΑΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ.....	41
4.1 Τοπολογία Πειραματικού Δικτύου Επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης.....	41
4.1.1 Τελικός Χρήστης (End User).....	47
4.1.2 Ενδιάμεσος Κόμβος Διανομής (Cell Main Node)	47
4.1.3 Κεντρικό Σημείο Εκπομπής (Πλατφόρμα DVB-T).....	51
Firewall	51
5. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ.....	53
5.1 Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν.....	53
6. ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ	56
6.1 Προετοιμασία δικτύου πλατφόρμας DVB-T ενόψει της πειραματικής διαδικασίας	56
6.1.1 Πακέτα και απώλεια πακέτων[32].....	56
6.1.2 Παραμετροποίηση για βελτιστοποίηση επιδόσεων	58
7. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.....	60
7.1 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας.....	60
7.2.1 Σενάριο 1ο	61
7.2.2 Σενάριο 2ο	61
7.2.3 Σενάριο 3ο	62
7.2.4 Σενάριο 4ο	63
7.2.5 Σενάριο 5ο	66
7.3.1 Σενάριο 1ο	69
7.3.2 Σενάριο 2ο	69
7.3.3 Σενάριο 3ο	70
7.3.4 Σενάριο 4ο	71
7.3.5 Σενάριο 5ο	74
7.4 Συγκεντρωτικά	77
7.4.1 Συγκεντρωτικά σεναρίων με έναν χρήστη	77
7.4.2 Συγκεντρωτικά σεναρίων με δύο χρήστες	78
7.4.3 Συγκεντρωτικά σεναρίων με τρεις χρήστες.....	80

7.4.4 Συγκεντρωτικά σεναρίων με τέσσερις χρήστες.....	81
(Αρχείο 50 Megabytes)	81
(Αρχείο 75 Megabytes)	82
(Αρχείο 150 Megabytes)	84
(Αρχείο 300Megabytes)	85
7.4.5 Συγκεντρωτικά σεναρίων με πέντε χρήστες.....	86
(Αρχείο 50 Megabytes)	87
(Αρχείο 75 Megabytes)	88
(Αρχείο 150 Megabytes)	89
(Αρχείο 300Megabytes)	90
Συμπεράσματα	92
7.5 Γενικό συμπέρασμα	95
7.6 Μελλοντική Έρευνα	95
Βιβλιογραφία	96

Λίστα σχημάτων

2.1 Ένα μητροπολιτικό δίκτυο DVB.....	15
2.2 Διάγραμμα ενός DVB-T πομπού.....	15
2.3 Δίκτυο xDSL.....	17
2.4 Κεφαλίδα πρωτοκόλλου TCP	18
2.5 Τεχνολογίες WLANS	19
3.1 Το δίκτυο Gnutella	25
3.2 Napster vs Gnutella vs Kazaa.....	25
3.3 Αρχιτεκτονική p2p δικτύων.....	26
3.4 Εξυπηρετητής, tracker και χρήστες-peers	27
3.5 Εξέλιξη p2p δικτύων σε βάθος χρόνου.....	36
3.6 Παράμετροι p2p.....	39
3.7 Δίκτυο p4p	40
4.1 Δίκτυο DVB-T	43
4.2 IP/DVB πολυπλέκτης.....	44
4.3 Πλατφόρμα DVB και δίκτυο διαδραστικών υπηρεσιών.....	48
4.4 Πλατφόρμα DVB	50
5.1 Στατιστικά μεταφόρτωσης/αναφόρτωσης του Azureus.....	54
5.2 Σχεδιάγραμμα peers	55
7.1 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode	61
7.2 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 2 χρήστες	62
7.3 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 3 χρήστες	63
7.4 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες	63

7.5 Received bytes, αρχείο 75 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες	64
7.6 Received bytes, αρχείο 150 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες	65
7.7 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες	65
7.8 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες	66
7.9 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες	67
7.10 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες	67
7.11 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες	68
7.12 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode	69
7.13 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 2 χρήστες	70
7.14 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 3 χρήστες	71
7.15 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες	72
7.16 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες	72
7.17 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες	73
7.18 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες	74
7.19 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες	75
7.20 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες	75
7.21 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες	76
7.22 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες	77
7.23 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με έναν χρήστη	77
7.24 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με δύο χρήστες	78
7.25 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με δύο χρήστες	79
7.26 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τρεις χρήστες.....	80
7.27 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τρεις χρήστες.....	80

7.28 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 50 Mbytes.....	81
7.29 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 50 Mbytes.....	81
7.30 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 75 Mbytes.....	82
7.31 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 75 Mbytes.....	83
7.32 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 150 Mbytes.....	84
7.33 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 150 Mbytes.....	84
7.34 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 300 Mbytes.....	85
7.35 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 300 Mbytes.....	86
7.36 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 50 Mbytes	87
7.37 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 50 Mbytes	87
7.38 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 75 Mbytes	88
7.39 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 75 Mbytes.....	88
7.40 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 150 Mbytes.....	89
7.41 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 150 Mbytes.....	90
7.42 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 300 Mbytes.....	90
7.43 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 300 Mbytes.....	91
7.44 Αναλογική βελτίωση αξιοποίησης κατερχόμενου καναλιού DVB (δεδομένα)	92
7.45 Χρησιμοποίηση ανερχόμενης ζεύξης DSL από τους χρήστες.....	93
7.46 Συνεισφορά εξυπηρετητή σε συνθήκη client - server.....	93
7.47 Συνεισφορά εξυπηρετητή και χρηστών σε συνθήκη p2p	94

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά

Η τεχνολογία της ψηφιακής τηλεόρασης συγκριτικά με την αναλογική της μορφή μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα παροχής αμφίδρομων υπηρεσιών. Εκτός από τη μετάδοση τηλεοπτικών προγραμμάτων, μπορούν να μεταδοθούν δεδομένα βασισμένα στο Internet Protocol (IP) δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο υβριδικά δίκτυα παροχής δικτυακών υπηρεσιών.

1.2 Στόχοι

Η πτυχιακή εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη, σχεδίαση, υλοποίηση και αξιολόγηση δικτυακής υποδομής βασισμένης στο πρότυπο DVB-T. Έχοντας ένα δίκτυο με περιορισμένο εύρος ζώνης επιχειρήθηκε μέσω της ενσωμάτωσης λογισμικού υλοποίησης διομοτίμων δικτύων να βελτιωθούν οι επιδόσεις του προτεινόμενου δικτύου. Το δίκτυο αξιοποιήθηκε για τη διασύνδεση ενδιάμεσων κόμβων διανομής και πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος για την ορθότητά του πάνω από την πλατφόρμα επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης του Εργαστηρίου Έρευνας και Ανάπτυξης Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων, ΠΑΣΙΦΑΗ. Η πτυχιακή εργασία συμπεριλαμβάνει την υλοποίηση, δοκιμή και τον 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 γίνεται μια μικρή έρευνα τεχνολογιών και

παρουσιάζονται θεωρητικά στοιχεία σχετικά με την τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Στη συνέχεια, γίνεται μία εκτενέστερη αναφορά στο Ευρωπαϊκό πρότυπο DVB-T πάνω στο οποίο στηρίζεται η λειτουργία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης. Τέλος, ακολουθεί μία αναφορά στη λειτουργία της τεχνολογίας των ασυρμάτων δικτύων και του πρωτοκόλλου TCP.

Στην ενότητα 3 γίνεται μία αρκετά διεξοδική περιγραφή του αντικειμένου των διομοτίμων δικτύων (P2P networks).

Αντικείμενο της ενότητας 4 αποτελεί η παρουσίαση και η ανάλυση του πειραματικού δικτύου που υλοποιήθηκε με σκοπό την πραγματοποίηση των πειραματικών μας μετρήσεων.

Στην ενότητα 5 παρουσιάζονται συνοπτικά τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν στην πραγματοποίηση των μετρήσεων, ενώ στην ενότητα 6 γίνεται περιγραφή της προετοιμασίας του δικτύου της πλατφόρμας DVB-T για την πειραματική διαδικασία και παρουσιάζονται πληροφορίες σχετικά με τα πακέτα δεδομένων και την απώλεια πακέτων δεδομένων.

Η ενότητα 7 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 την εξαγωγή όσο το δυνατόν χρησιμότερων συμπερασμάτων σε μία προσπάθεια βελτιστοποίησης των επιδόσεων αυτών. Η ολοκλήρωση της εργασίας αυτής πραγματοποιείται 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.

2. ΕΡΕΥΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

2.1 Εισαγωγή στο Digital Video Broadcasting (DVB)

Σε μια εποχή που έχει επικρατήσει για τις περισσότερες μορφές πληροφορίας η ψηφιοποιημένη αποθήκευση και μεταφορά η τηλεοπτική τεχνολογία έχει δυστυχώς διατηρήσει την αναλογική μέθοδο εκπομπής. Μόνο την τελευταία δεκαετία και χάρη στα πρότυπα συμπίεσης και πολυπλεξίας εικόνας της οικογένειας MPEG και το ευρωπαϊκό σύνολο προδιαγραφών DVB για διαμόρφωση και μετάδοση έχει αποκτήσει η ψηφιακή τηλεόραση μια συγκεκριμένη προοπτική.

Είναι αρκετά τα πλεονεκτήματα τα οποία εισάγει η ψηφιακή τεχνολογία στην διαμόρφωση και διανομή του τηλεοπτικού σήματος. Μερικά από αυτά είναι:

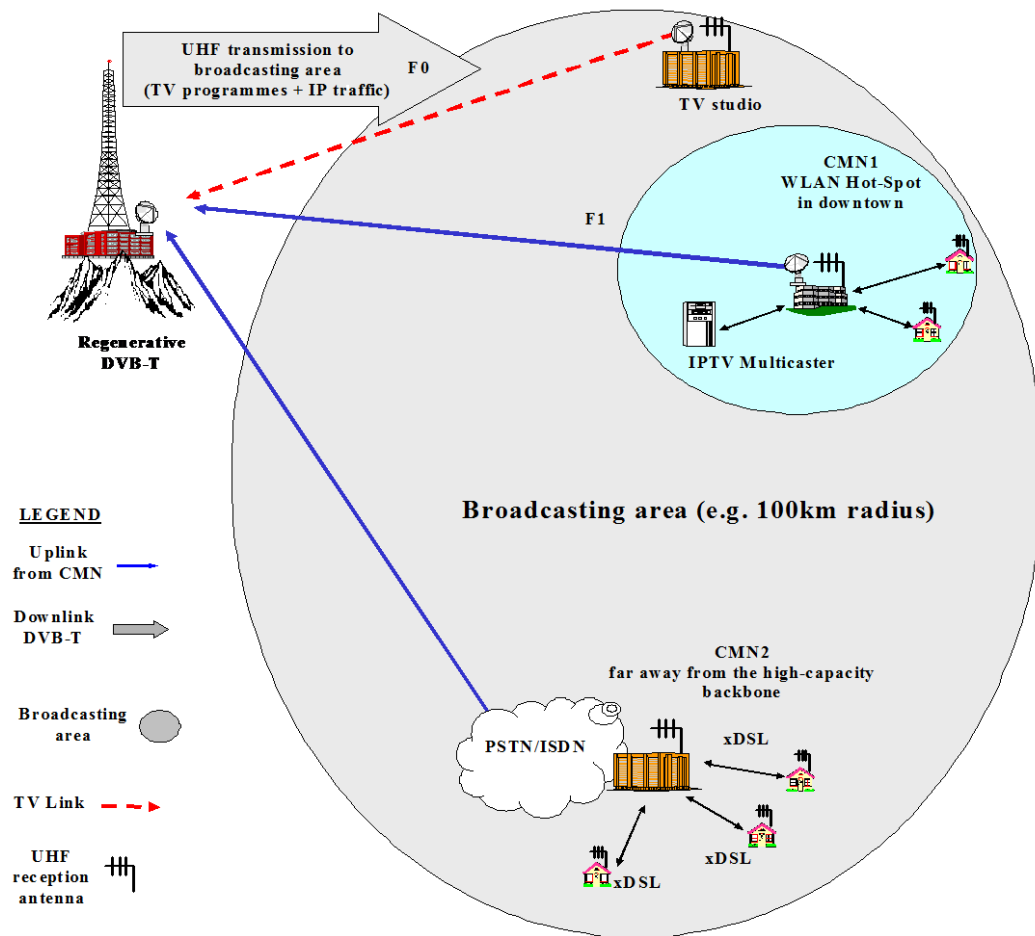
- Σταθερή ποιότητα εικόνας, με μεγαλύτερη ανοχή στις ατέλειες του ασύρματου ή ενσύρματου διαύλου. Εξάλειψη φαινομένων όπως αυτά της θόλωσης, των πολλαπλών ειδώλων ή του θορύβου («χιονιού»).
- Μειωμένος λόγος σήματος προς θόρυβο που απαιτείται σε σύγκριση με την αναλογική μετάδοση. Αυτό επιτρέπει τη μείωση της εκπεμπόμενης ισχύος μέχρι και κατά 30 dB χωρίς να διαταράσσεται η ποιότητα της εικόνας.
- Καλύτερη εκμετάλλευση του φάσματος λόγω της συμπίεσης του σήματος βασικής ζώνης. Για παράδειγμα, ένα επίγειο κανάλι UHF αντιστοιχεί σε ένα και μόνο αναλογικό τηλεοπτικό πρόγραμμα, ενώ το ίδιο εύρος μπορεί να φιλοξενήσει μέχρι και 4 ψηφιακά προγράμματα υψηλής ποιότητας.
- Ευέλικτες τεχνικές πολυπλεξίας των ψηφιακών συστημάτων, που επιτρέπουν την συνύπαρξη πολλών προγραμμάτων και υπηρεσιών επιλεγόμενης ποιότητας και ευκρίνειας.
- Μεταβλητή ταχύτητα (bit rate) εκπομπής, ανάλογα με τις απαιτήσεις ποιότητας του προγράμματος, κάτι που μεταξύ άλλων αυξάνει το κέρδος

πολυπλεξίας (multiplexing gain) στην περίπτωση της ταυτόχρονης μετάδοσης πολλών προγραμμάτων μεταβλητού ρυθμού.

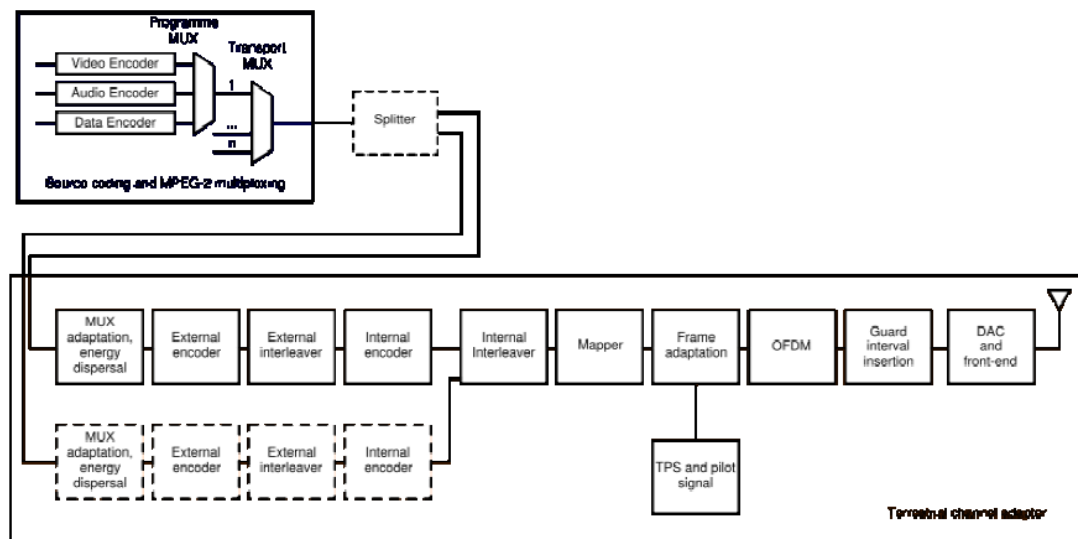
- Δυνατότητα επεξεργασίας της εικόνας στο δέκτη μετά τη λήψη μέσω αλγορίθμων ψηφιακής επεξεργασίας (digital image post-processing), όπως χρωματική διόρθωση, αποκοπή ορίων, αυξομείωση του μεγέθους ή αφαίρεση θορύβου.
- Εύκολος εμπλουτισμός των τηλεοπτικών προγραμμάτων μέσω τυποποιημένων αρχιτεκτονικών (π.χ. MHP, OpenTV) με τοπικές εφαρμογές που εκμεταλλεύονται τις δυνατότητες των σύγχρονων «έξυπνων δεκτών».
- Ενσωμάτωση διαφόρων πολυμεσικών εφαρμογών και υπηρεσιών δεδομένων, όπως αμφίδρομων υπηρεσιών και διαδικτυακής πρόσβασης σε μια κοινή ψηφιακή πλατφόρμα, με προϋπόθεση ότι υπάρχει διαθέσιμο κανάλι επιστροφής (reverse path).

2.1.2 Επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T)

Ένα από τα πιο διαδεδομένα πρότυπα επίγεια ψηφιακής μετάδοσης τηλεοπτικού σήματος είναι το πρότυπο DVB-T0, [2]. 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 μάντας των UHF, όπως και τα “παραδοσιακά” συστήματα αναλογικής μετάδοσης, έχοντας διαθέσιμο εύρος ζώνης 8 MHz.



2.1 Ένα μητροπολιτικό δίκτυο DVB

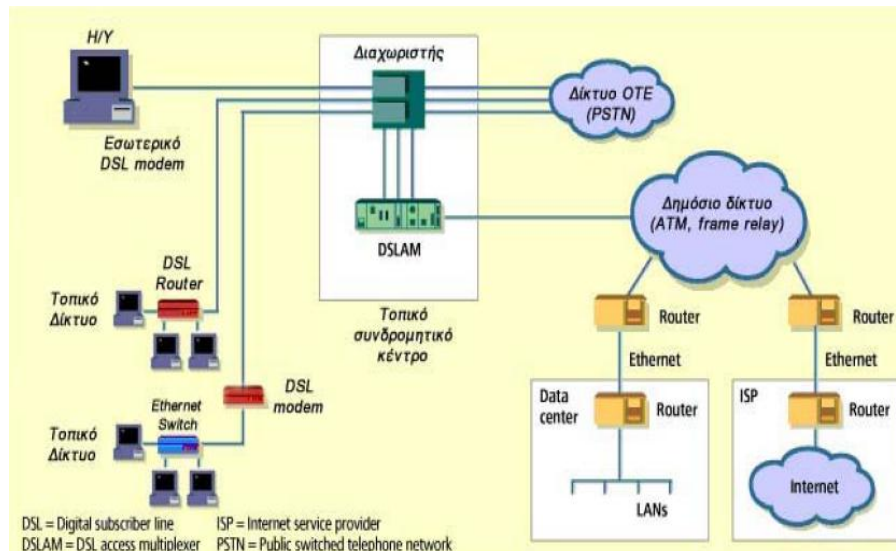


2.2 Διάγραμμα ενός DVB-T πομπού

Το πρότυπο DVB-T προσδιορίζει ένα μονόδρομο σύστημα εκπομπής κατάλληλο για την μετάδοση υπηρεσιών, όπως IP-TV και IP-Radio, χωρίς να παρέχει διαδραστικότητα. Για την επίτευξη διαδραστικότητας και αμφίδρομης επικοινωνίας απαιτείται η επέκταση του συστήματος προσθέτοντας ένα κανάλι επιστροφής DVB-RCT (Return Channel Terrestrial), ώστε να είναι δυνατή η επικοινωνία και η μεταφορά δεδομένων από τον χρήστη προς τον παροχέα υπηρεσιών. Για την υλοποίηση του καναλιού επιστροφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες από τις σημερινές διαθέσιμες τεχνολογίες, όπως xDSL, ISDN, PSTN, WLAN, GPRS, UMTS. Η ύπαρξη του καναλιού επιστροφής ανοίγει τον δρόμο στην παροχή περισσότερων υπηρεσιών, όπως VoIP, Internet, Email και κατ' απαίτηση οπτικοακουστικού υλικού, κάνοντας χρήση του DVB-T καναλιού επικοινωνίας.

2.2 xDSL

Ο όρος xDSL (Ψηφιακή Συνδρομητική Γραμμή - Digital Subscriber Line) περιγράφει μια οικογένεια τεχνολογιών που παρέχουν ψηφιακή μετάδοση δεδομένων πάνω από το παραδοσιακό τηλεφωνικό δίκτυο, πετυχαίνοντας υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι χρησιμοποιούνται οι υψηλές συχνότητες του χάλκινου καλωδίου, που μένουν ανεκμετάλλευτες από την κλασσική τηλεφωνία. Δυστυχώς, οι συχνότητες αυτές εξασθενούν σύντομα, με αποτέλεσμα η συγκεκριμένη τεχνολογία να μπορεί να λειτουργήσει σε αποστάσεις έως 5 χμ. από το τηλεφωνικό κέντρο. Η πιο δημοφιλής τεχνολογία DSL είναι η ADSL (Asymmetric DSL). 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. Εξελιγμένες εκδόσεις του ADSL είναι το ADSL2 και το ADSL2+, οι οποίες παρέχουν μεγαλύτερες ταχύτητες αξιοποιώντας ακόμα περισσότερες συχνότητες 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).

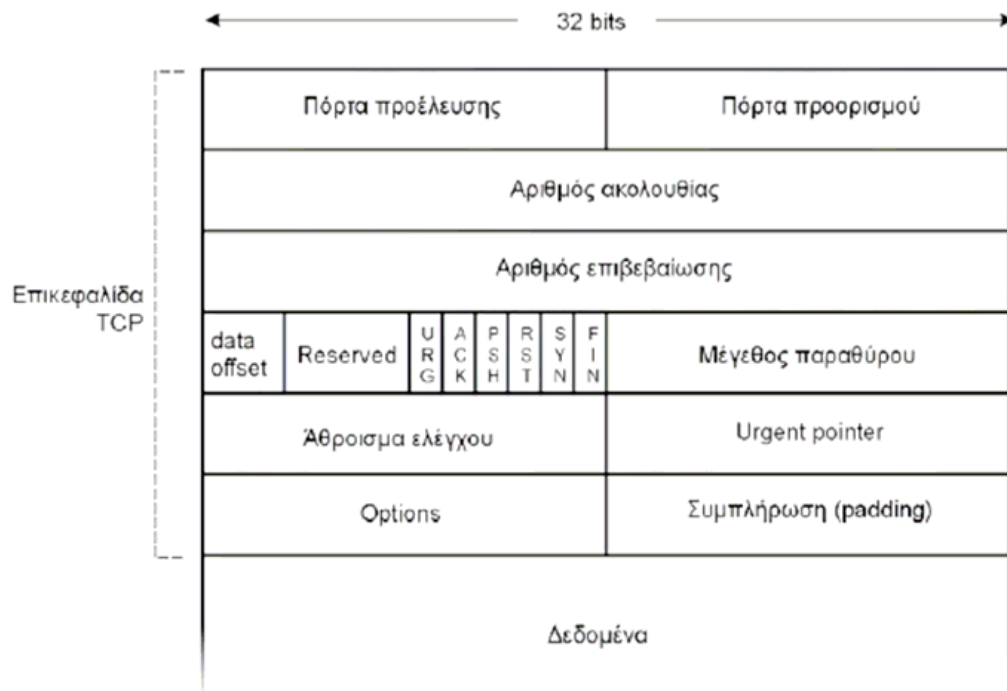


2.3 Δίκτυο xDSL

2.3 Πρωτόκολλο μεταφοράς TCP

Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP (Transmission Control Protocol)[3] είναι σήμερα το πιο δημοφιλές ίσως πρότυπο στις επικοινωνίες δεδομένων μέσω του Internet και όχι μόνο. Σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1981 για χρήση στο αμερικανικό DARPA για να εξασφαλίσει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο τερματικών. Από τότε, έχει γίνει αντικείμενο πάμπολλων ερευνητικών προσπαθειών και έχει υποστεί πολλές προσθήκες και βελτιώσεις. Πολλές από τις βελτιώσεις αυτές θα υιοθετηθούν στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής για να μεγιστοποιηθεί η επίδοση του TCP σε ασύμμετρα δίκτυα DVB-T.

Το TCP παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων με σύνδεση (connection-oriented) και έλεγχο ροής (flow control) χρησιμοποιώντας το IP ως επίπεδο δικτύου. Οργανώνει τα δεδομένα σε τμήματα (segments) με επικεφαλίδα, της οποίας τα πεδία διευκολύνουν τις λειτουργίες ελέγχου ροής και αποφυγής λαθών, όπως φαίνεται και από το σχήμα που ακολουθεί.



2.4 Κεφαλίδα πρωτοκόλλου TCP

Το πρωτόκολλο μεταφοράς TCP (Transmission Control Protocol)[2] είναι σήμερα το πιο δημοφιλές ίσως πρότυπο στις επικοινωνίες δεδομένων μέσω του Internet και όχι μόνο. Σχεδιάστηκε για πρώτη φορά το 1981 για χρήση στο αμερικανικό DARPA για να εξασφαλίσει αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ δύο τερματικών. Από τότε, έχει γίνει αντικείμενο πάμπολλων ερευνητικών προσπαθειών και έχει υποστεί πολλές προσθήκες και βελτιώσεις. Πολλές από τις βελτιώσεις αυτές θα υιοθετηθούν στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής για να μεγιστοποιηθεί η επίδοση του TCP σε ασύμμετρα δίκτυα DVB-T.

Το TCP παρέχει υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων με σύνδεση (connection-oriented) και έλεγχο ροής (flow control) χρησιμοποιώντας το IP ως επίπεδο δικτύου. Οργανώνει τα δεδομένα σε τμήματα (segments) με επικεφαλίδα, της οποίας τα πεδία διευκολύνουν τις λειτουργίες ελέγχου ροής και αποφυγής λαθών (διαδικασία αποφυγής συμφόρησης - «congestion avoidance»). Το παράθυρο που χρησιμοποιεί ο αποστολέας δεν μπορεί να υπερβεί την ονομαστική τιμή (receiver advertised window) που δηλώνει ο παραλήπτης σε κάθε επιβεβαίωση χρησιμοποιώντας το αντίστοιχο πεδίο της επικεφαλίδας. Σε περίπτωση απώλειας πακέτου, ο αποστολέας μειώνει το παράθυρο συμφόρησης στο ήμισυ της προηγούμενης τιμής του, με αποτέλεσμα να

μειώνεται αντίστοιχα και η ταχύτητα αποστολής. Είναι γεγονός ότι το TCP είναι το πιο διαδεδομένο πρωτόκολλο στις διαδικτυακές συνδέσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι το 95% των bytes, το 90% των πακέτων και το 75% των συνδέσεων στο Internet σήμερα χρησιμοποιούν το TCP.

2.4 WLAN

Η τεχνολογία των ασύρματων τοπικών δικτύων (Wireless Local Area Network - WLAN) είναι ένα είδος τοπικού δικτύου που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα υψηλής συχνότητας αντί καλωδίων για την σύνδεση και επικοινωνία δύο ή περισσότερων υπολογιστών. Κάνει χρήση των τεχνολογιών διαμόρφωσης της φασματικής εξάπλωσης (spread spectrum) ή της ορθογωνικής πολύπλεξης διαίρεσης συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplex – OFDM). Η ομάδα εργασίας του IEEE[3], έχει αναλάβει την ανάπτυξη των πρωτοκόλλων που σχετίζονται με τα ασύρματα δίκτυα έχει ορίσει ένα σύνολο πρωτοκόλλων με την ονομασία IEEE 802.11x.

Πρωτόκολλο	Συχνότητα Λειτουργίας	Throughput	Ρυθμός Μετάδοσης	Εμβέλεια (Εσωτερικοί χώροι)	Εμβέλεια (Εξωτερικοί χώροι)
Legacy 802.11	2.4-2.5 GHz	0.7 Mbps	2 Mbps	~25 μέτρα	~75 μέτρα
802.11a	5.15-5.25 GHz, 5.25-5.35 GHz, 5.725-5.875 GHz	23 Mbps	54 Mbps	~30 μέτρα	~100 μέτρα
802.11b	2.4-2.5 GHz	4 Mbps	11 Mbps	~35 μέτρα	~110 μέτρα
802.11g	2.4-2.5 GHz	19 Mbps	54 Mbps	~35 μέτρα	~110 μέτρα
802.11n	2.4 GHz and/or 5 GHz	74 Mbps	248 Mbps = 2x2 ant	~70 μέτρα	~160 μέτρα

2.5 Τεχνολογίες WLANS

Οι προδιαγραφές για τη ραδιομετάδοση καθορίζουν λειτουργία μέσα στη ζώνη συχνοτήτων 2.4 GHz ISM (Industrial, Scientific, Medical). Τόσο το IEEE 802.11 όσο και το IEEE 802.11b χρησιμοποιούν ραδιοκυματικές τεχνικές ευρέως φάσματος (spread spectrum), οι οποίες αυξάνουν την αξιοπιστία του συστήματος, προωθούν το ρυθμό απόδοσης του δικτύου και περιορίζουν τις παρεμβολές. Το τρίτο πρότυπο που αναπτύχθηκε είναι το 802.11g, το οποίο χρησιμοποιεί την OFDM διαμόρφωση και έχει συμβατότητα με το 802.11b λειτουργώντας όμως καλύτερα λόγω των ομοιοτήτων του με το 802.11a. Τέλος, αναμένεται η επίσημη κυκλοφορία του 802.11n, το οποίο θα προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από τα παλαιότερα πρωτόκολλα φτάνοντας στα 248 Mbps. Η χρήση του προτύπου 802.11b ή του 802.11g για την υλοποίηση μιας αμφίδρομης επικοινωνίας καθιστά το χρήστη ικανό να έχει ευρυζωνική πρόσβαση στις διαδραστικές υπηρεσίες που επιθυμεί, ακόμα και όταν βρίσκεται σε κίνηση. Επιπροσθέτως, τα χαρακτηριστικά (υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης και χρήση τεχνικών spread spectrum και OFDM) των προτύπων 802.11b και 802.11g δημιουργούν ένα δίκτυο στο οποίο το κανάλι επιστροφής έχει συγκρίσιμη απόδοση με το ευρυζωνικό κανάλι προώθησης.

3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ P2P

3.1 Διομότιμα δίκτυα (P2P)[4]

Αντίθετα με τις κλασικές υποδομές Πελάτη-Διακομιστή (Client-Server), πάνω στις οποίες έχουν βασιστεί οι πιο δημοφιλείς καταναεμημένες 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 καταναεμημένους 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.

3.1.1 Αρχές P2P[5]

- 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

3.1.2 Ορισμός του P2P[6]

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
- Μη αυστηρές προϋποθέσεις, απλά τυπικά χαρακτηριστικά
 - Τα παραπάνω χαρακτηριστικά μας επιτρέπουν να αναγνωρίζουμε τα συστήματα P2P.

Στα πρωτοεμφανιζόμενα συστήματα peer-to-peer συγκαταλέγονται προγράμματα επικοινωνίας με την υπηρεσία instant messaging όπως το ICQ[6] και δίκτυα ανταλλαγής αρχείων όπως το Gnutella[8] και ο Napster[8] (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.

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. Τα συστήματα ανταλλαγής αρχείων peer-to-peer μπορούν να οδηγήσουν σε νέα μοντέλα κατανομής περιεχομένου για εφαρμογές όπως η διανομή λογισμικού, η ανταλλαγή αρχείων και η στατική διανομή περιεχομένου web. Άλλα συστήματα ανταλλαγής αρχείων είναι τα Scour[9] , FreeNet[10], Ohaha[12], Jungle Monkey[13], MojoNation[14].

Ωστόσο, τα παραπάνω συστήματα peer-to-peer δεν είναι κλιμακούμενα ως προς το μέγεθος του δικτύου. Για παράδειγμα, 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.

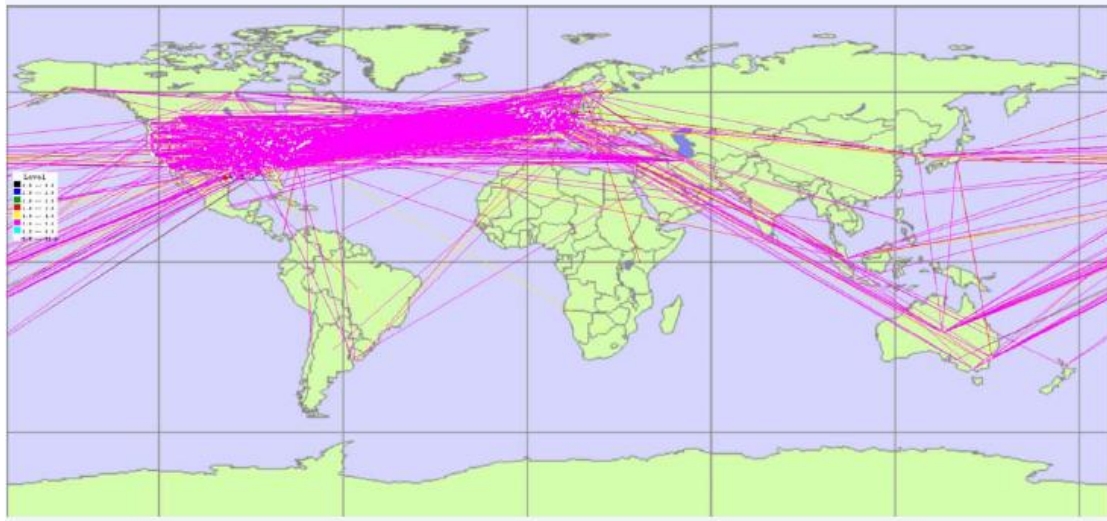
Μια υπηρεσία διαμοιρασμού αρχείων που το 2003 διεκδίκησε το ρεκόρ συνολικού αριθμού μεταφορτώσεων (downloads) από όλα τις ιστοσελίδες (περισσότερες από 230 εκατομμύρια αφότου λειτούργησε). Αντίθετα με το Napster, που παρείχε έναν κεντρικό κατάλογο αρχείων προς διαμοιρασμό, Το KazaA[35] διανείμει τους καταλόγους του σε «υπερκόμβους» που είναι οι υπολογιστές των χρηστών. Οι υπερκόμβοι επικοινωνούν με άλλους υπερκόμβους για να ολοκληρώσουν μια αναζήτηση. Οι χρήστες με γρήγορους υπολογιστές και συνδέσεις αυτόματα μετατρέπονται σε υπερκόμβους εκτός εάν δεν το επιτρέψουν. Σε έναν υπερκόμβος δεν χρησιμοποιείται περισσότερο από το 10% της υπολογιστικής ισχύς του. Ένας υπερκόμβος περιέχει μια λίστα κάποιων αρχείων που διατίθενται από άλλους χρήστες του KazaA και την τοποθεσία τους. Όταν ο χρήστης εκτελούσε μια αναζήτηση, το KazaA πρώτα έψαχνε το κοντινότερο στον χρήστη υπερκόμβο και έστελνε άμεσα αποτελέσματα. Κατόπιν, ο πρώτος υπερκόμβος , ανέφερε την

αναζήτηση σου σε άλλους κ.ο.κ.. Αυτή η διαδικασία σχεδιάστηκε έτσι ώστε να κάνει την αναζήτηση όσο γρηγορότερη γινόταν και επικεντρωνόταν στο ότι ο υπολογιστής του χρήστη δεν θα αναζητούσε ανάμεσα σε όλα τα διαθέσιμα αρχεία του αλλά μόνο σε αυτά που είχαν αρχειοθετηθεί από τους υπερκόμβους στους οποίους είσαι ο χρήστης είναι συνδεδεμένος. Η μεταφορά γινόταν μεταξύ του υπολογιστή που ζήτησε το αρχείο και του υπολογιστή που διέθετε το αρχείο. Ο υπερκόμβος δεν αναμειγνύονταν καθόλου.

Στηριζόμενο από διαφημιστικές εταιρείες, το λογισμικό Kazaa καθιστούσε ικανούς τους χρήστες να δουν περιεχόμενο που διέθεταν άλλοι χρήστες άλλα και περιεχόμενο από το Altnet, που χρησιμοποιούσε τη διαχείριση ψηφιακών δικαιωμάτων (digital rights management (DRM)). Παρόλο που το το Kazaa προέτρεπε τους χρήστες που ήθελαν να μοιράζονται αρχεία, να μην το κάνουν εάν επρόκειτο για υλικό πνευματικής ιδιοκτησίας, δεν υπήρχε τρόπος κάτι τέτοιο να διασφαλιστεί .

Από την άλλη, το Gnutella [36] προχωράει ένα βήμα και 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.

The Gnutella Network



3.1 Το δίκτυο Gnutella

	Napster	Gnutella	KaZaA
Type of Network	Centralized	Distributed	Hybrid
Efficient Searching	+++	---	+
Resilience to Attacks	---	++?	+
Open Protocol	N	Y	N
Spyware-free	Y	Y	Y/N?
Popularity	+++	-	+++

3.2 Napster vs Gnutella vs Kazaa

Το eDonkey[33] αναπτύχθηκε από την “Meta Machine”, NYC, το 2000-2001 και χρησιμοποιήθηκε κυρίως για διαμοιρασμό μεγάλων αρχείων όπως video και παιχνίδια. Η αρχιτεκτονική του ήταν υβριδική και σύμφωνα με αυτή, ο καθένας μπορούσε να δημιουργήσει τον εξυπηρετητή του.

Με τη χρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου MFTP (Multiple File Transfer Protocol) το οποίο χρησιμοποιούσε τα ήδη υπάρχοντα TCP και UDP πρωτόκολλα,

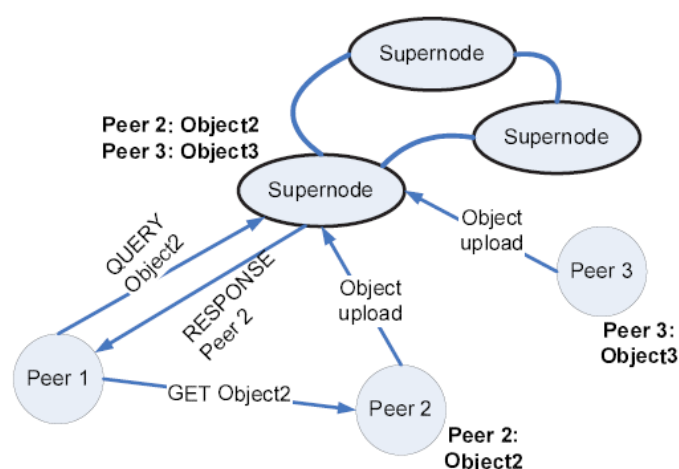
γινόταν δυνατή η μεταφόρτωση πολλαπλών αρχείων, καθώς και η μεταφόρτωση τμημάτων ενός συγκεκριμένου αρχείου από διαφορετικούς χρήστες-διαμοιραστές

- Οι χρήστες μεταφορτωτές συνεργάζονται έχοντας κοινό στόχο, το να ολοκληρωθεί η μεταφόρτωση του αρχείου.
- Διευκολύνονται ανάλογα με την προτεραιότητα και τους μηχανισμούς δημοφιλίας.

Η διαχείριση του διαμοιρασμού γίνεται με μηχανισμούς ‘έξυπνης’ μεταφόρτωσης και μεταφόρτωσης (download – upload).

Ο μεταφορτωτής πραγματοποιεί την μεταφορά και κάνει περιοδικούς ελέγχους.

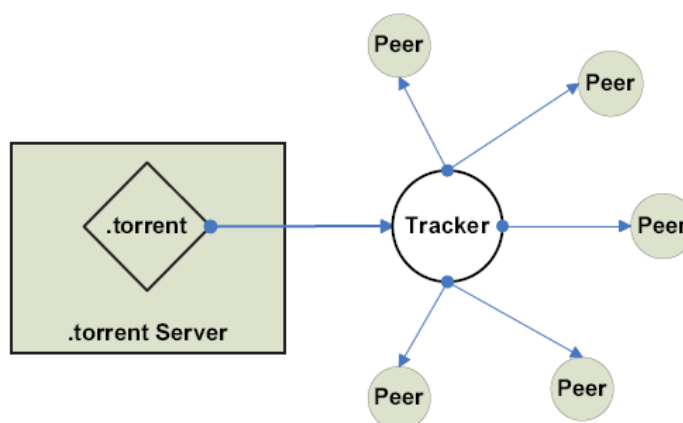
Παρότι τα P2P βασισμένα στο Gnutella συνεχίζουν να λειτουργούν μέχρι σήμερα και αυτό κυρίως λόγω του μεγάλου community που σχηματίστηκε , τα τελευταία χρόνια ο κύριος τρόπος μεταγωγής αρχείων (ο οποίος αντιστοιχεί σε πάνω από το 24% της παγκόσμιας κίνησης στο internet σύμφωνα με έρευνα – Wikipedia , BitTorrent) είναι το πρωτόκολλο BitTorrent[34] .



3.3 Αρχιτεκτονική p2p δικτύων

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.



3.4 Εξυπηρετητής, tracker και χρήστες-peers

Το τελευταίο πρόβλημα το οποία υπάρχει 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. Η παράταση ζωής ενός αρχείου .torrent

εξαρτάται αποκλειστικά από την διάθεση του χρήστη να προσφέρει με τη σειρά του το μεταφορτωμένο αρχείο σε άλλους χρήστες.

Η επιτυχία των P2P δικτύων μέσα σε λίγες γραμμές :

- Η εφαρμογές διαμοιρασμού P2P αρχείων είναι απλές στη χρήση
- Το περιεχόμενο που προσφέρεται είναι χρήσιμο και δωρεάν
- Οποιοσδήποτε μπορεί να συνεισφέρει, ενώ οι συνεισφέροντες μπορεί να βρίσκονται σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου
- Υπάρχουν αρκετοί χρήστες με αλτρουιστικό προφίλ ώστε τα δίκτυα P2P να είναι χρήσιμα

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 κατανεμημένο 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.

3.1.3 Τα βασικότερα συστήματα peer-to-peer

1) CAN (Content-Addressable Networks)

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα για ένα σύστημα peer-to-peer είναι η ευκολία κλιμάκωσής του. Η διαδικασία peer-to-peer μεταφοράς ενός αρχείου είναι από τη φύση της κλιμακούμενη, αλλά η πραγματική δυσκολία έγκειται στην εύρεση του κόμβου που διαθέτει το αρχείο. Δίκτυα Διευθυνσιοδότησης σύμφωνα με το Περιεχόμενο (Content-Addressable Networks - CANs) είναι τα δίκτυα που χρησιμοποιούν ένα σχήμα δεικτοδότησης για την αντιστοίχιση ονομάτων αρχείων σε θέση στο σύστημα. Τα CANs, εκτός από τα συστήματα peer-to-peer, βρίσκουν εφαρμογή και σε συστήματα οργάνωσης αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας, όπως το OceanStore, το Farsite[15] και το Publius[16]. Και αυτά τα συστήματα απαιτούν αποδοτική εισαγωγή και ανάκτηση περιεχομένου σε μία μεγάλη κατανεμημένη υποδομή αποθήκευσης και έτσι ένας εύκολα κλιμακούμενος μηχανισμός δεικτοδότησης είναι απαραίτητος. Μια άλλη πιθανή εφαρμογή των CANs θα μπορούσε να είναι η κατασκευή υπηρεσιών ανάλυσης ονόματος (name resolution) ευρείας κλίμακας, οι οποίες, σε αντίθεση με το DNS, θα αποσυνδέουν το σχήμα της ονοματοδοσίας από τη διαδικασία της ανάλυσης ονόματος και έτσι θα επιτρέπουν τη χρήση αυθαίρετων και ανεξάρτητων από τη θέση σχημάτων ονοματοδοσίας. Γενικά, σκοπός των CANs (και ειδικότερα της αφαιρετικής δομής ενός πίνακα κατακερματισμού) είναι να χρησιμοποιηθούν σαν σχεδιαστικό εργαλείο από τους σχεδιαστές Διαδικτύου για την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και μοντέλων επικοινωνίας.

Ένα CAN αποτελεί μια κατανεμημένη υποδομή, η οποία παρέχει τη λειτουργικότητα ενός πίνακα κατακερματισμού (hash table) σε επίπεδο Διαδικτύου. Ένας πίνακας κατακερματισμού είναι μια δομή δεδομένων που αντιστοιχίζει αποδοτικά «κλειδιά» σε «τιμές» και αποτελεί την κύρια δομική μονάδα στις περισσότερες υλοποιήσεις συστημάτων λογισμικού.

Τα CANs μοιάζουν με πίνακες κατακερματισμού. Οι βασικές λειτουργίες τους είναι η εισαγωγή, η αναζήτηση και η διαγραφή ζευγών (κλειδί, τιμή). Το CAN αποτελείται από πολλούς μεμονωμένους κόμβους. Κάθε κόμβος CAN αποθηκεύει ένα τμήμα ολόκληρου του πίνακα κατακερματισμού, το οποίο καλείται ζώνη (zone).

Επιπλέον, κάθε κόμβος κρατά πληροφορίες για ένα μικρό αριθμό «γειτονικών» ζωνών. Αιτήσεις εισαγωγής, αναζήτησης ή διαγραφής για ένα συγκεκριμένο κλειδί δρομολογούνται από ενδιάμεσους CAN κόμβους προς τον κόμβο, του οποίου η ζώνη περιέχει το κλειδί. Αυτός ο CAN σχεδιασμός είναι εντελώς κατανεμημένος (δεν απαιτείται καμιά μορφή κεντρικός έλεγχος, συνεργασία ή ρύθμιση), κλιμακούμενος (οι κόμβοι διατηρούν μονάχα μια μικρή ποσότητα της πληροφορίας ελέγχου, η οποία είναι ανεξάρτητη από τον αριθμό των κόμβων στο σύστημα) και ανεκτικός σε σφάλματα (οι κόμβοι μπορούν να συνεχίζουν τη δρομολόγηση παρά τις αποτυχίες). Επίσης, δε χρησιμοποιεί καμιά μορφή ιεραρχικής δομής ονοματοδοσίας (όπως το DNS ή η IP δρομολόγηση), για να πετύχει καλή κλιμάκωση και μπορεί να υλοποιηθεί εξολοκλήρου σε επίπεδο εφαρμογής.

2) Kademlia

Το Kademlia[17] είναι ένα peer-to-peer σύστημα αποθήκευσης και αναζήτησης ζευγών (κλειδί, τιμή). Βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι ελαχιστοποιεί τον αριθμό των μηνυμάτων ρύθμισης που πρέπει να στείλουν οι κόμβοι, για να μάθουν όσα χρειάζεται να ξέρουν για τους άλλους κόμβους. Οι πληροφορίες ρύθμισης εξαπλώνονται αυτόματα, καθώς διεξάγονται οι αναζητήσεις κλειδιών. Επιπλέον, οι κόμβοι έχουν την απαραίτητη γνώση και ευελιξία, ώστε να δρομολογούν ερωτήσεις μέσω διαδρομών χαμηλής καθυστέρησης. Το Kademlia χρησιμοποιεί παράλληλα ασύγχρονα ερωτήματα, για να αποφύγει καθυστερήσεις λήξης χρόνου από νεκρούς κόμβους και ο αλγόριθμος με τον οποίο ενημερώνονται οι κόμβοι για την κατάσταση των άλλων κόμβων στο σύστημα είναι ανθεκτικός απέναντι στη βασική επίθεση DoS.

Τα κλειδιά στο Kademlia είναι λέξεις των 160 bits (π.χ. ο SHA-1 κατακερματισμός μεγαλύτερων δεδομένων). Κάθε ένας από τους συμμετέχοντες στο σύστημα υπολογιστές έχει ένα node ID σε έναν χώρο κλειδιών των 160 bits. Τα ζεύγη (κλειδί, τιμή) αποθηκεύονται σε κόμβους με IDs «κοντά» στο κλειδί. Τέλος, ο αλγόριθμος δρομολόγησης βασίζεται στα node IDs και επιτρέπει τον εντοπισμό των εξυπηρετητών κοντά σε ένα κλειδί-προορισμό από κάθε κόμβο.

Ένα από τα καινοτόμα στοιχεία του Kademlia είναι η XOR τεχνική μέτρησης της απόστασης ανάμεσα σε δύο σημεία στο χώρο των κλειδιών. Η XOR τεχνική είναι συμμετρική και επιτρέπει στους κόμβους του Kademlia να λαμβάνουν ερωτήσεις

αναζήτησης από ακριβώς την ίδια κατανομή κόμβων που περιέχεται στους πίνακες δρομολόγησης τους. Ένας κόμβος Kademlia μπορεί να στείλει ερώτηση σε οποιονδήποτε κόμβο εντός ενός διαστήματος και έτσι μπορεί να επιλέξει διαδρομές ανάλογα με την καθυστέρηση ή ακόμα και να στείλει παράλληλα ασύγχρονες ερωτήσεις.

Για τον εντοπισμό κόμβων κοντά σε ένα συγκεκριμένο ID το Kademlia χρησιμοποιεί έναν απλό αλγόριθμο δρομολόγησης από την αρχή μέχρι το τέλος (άλλα συστήματα χρησιμοποιούν έναν αλγόριθμο για να πλησιάσουν το ID-στόχο και έναν άλλο για τα τελευταία λίγα βήματα).

3) Chord

Το Chord[19][18] είναι μια κατανεμημένη υπηρεσία αναζήτησης, η οποία είναι κλιμακούμενη σε μέγεθος και αποκεντρωμένη, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για συστήματα peer-to-peer γενικού σκοπού. Τα πιο πολλά συστήματα peer-to-peer εμφανίζουν κάποια χαρακτηριστικά που ενισχύουν την απόδοσή τους, όπως η εφεδρική αποθήκευση, η μονιμότητα και αποδοτική τοποθέτηση των δεδομένων, η επιλογή των κοντινών εξυπηρετητών, η πιστοποίηση και η ιεραρχική ονοματοδοσία. Το Chord δεν υλοποιεί αυτές τις υπηρεσίες άμεσα, αλλά μάλλον επιλέγει μια εύκαμπτη και υψηλής απόδοσης αρχή αναζήτησης, πάνω στην οποία μπορούν να βασιστούν αποδοτικά οι παραπάνω λειτουργικότητες. Με άλλα λόγια, η σχεδιαστική φιλοσοφία έγκειται στο διαχωρισμό του προβλήματος της αναζήτησης από την επιπλέον λειτουργικότητα. Τοποθετώντας επιπλέον χαρακτηριστικά πάνω σε μία υπηρεσία αμιγούς αναζήτησης, το σύστημα κερδίζει σε ευρωστία και δυνατότητα κλιμάκωσης.

Το Chord είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να προσφέρει την απαραίτητη λειτουργικότητα για την υλοποίηση συστημάτων γενικού σκοπού διατηρώντας παράλληλα τη μέγιστη ελαστικότητα. Ουσιαστικά, είναι ένα σύστημα αποδοτικής και κατανεμημένης αναζήτησης που βασίζεται στο συνεχή κατακερματισμό. Παρέχει μία μονοσήμαντη αντιστοίχιση ανάμεσα στο χώρο των αναγνωριστικών και στο σύνολο των κόμβων. Ένας κόμβος μπορεί να είναι ένας υπολογιστής ή μια διεργασία με IP διεύθυνση και αριθμό πόρτας. Κάθε κόμβος συνδέεται με ένα αναγνωριστικό Chord. Το Chord αντιστοιχεί κάθε αναγνωριστικό a στον κόμβο με το μικρότερο αναγνωριστικό που είναι μεγαλύτερο από a . Αυτός ο κόμβος καλείται διάδοχος του a .

Το Chord είναι αποδοτικό. Ο καθορισμός του διαδόχου ενός αναγνωριστικού απαιτεί με μεγάλη πιθανότητα την ανταλλαγή $O(\log N)$ μηνυμάτων όπου N είναι ο αριθμός των εξυπηρετητών στο δίκτυο Chord. Η εισαγωγή ή αφαίρεση ενός εξυπηρετητή από το δίκτυο μπορεί να επιτευχθεί με κόστος $O(\log N)$ μηνύματα.

4) Tapestry

Το Tapestry[20] είναι μια επεκτάσιμη υποδομή, η οποία παρέχει αποκεντρωμένο εντοπισμό και δρομολόγηση ενός αντικειμένου (Decentralized Object Location and Routing – DOLR). Το DOLR interface εστιάζει στη δρομολόγηση μηνυμάτων σε τελικά σημεία, όπως είναι οι κόμβοι και τα αντίγραφα αντικειμένων. Το DOLR παρέχει εικονικούς πόρους, αφού τα τελικά σημεία παίρνουν ονόματα αναγνωριστικών κωδικοποιώντας μηδενική πληροφορία για τη φυσική τους θέση. Με αυτήν την υλοποίηση επιτρέπεται η παράδοση μηνυμάτων σε κινητά τελικά σημεία ή αντίγραφα τελικών σημείων κατά την παρουσία αστάθειας στην υποκείμενη υποδομή. Σαν αποτέλεσμα, ένα δίκτυο DOLR παρέχει μια απλή πλατφόρμα πάνω στην οποία μπορούν να υλοποιηθούν καταναεμημένες εφαρμογές, ενώ μπορεί να αγνοηθεί η δυναμικότητα του δικτύου. Ήδη το Tapestry έχει κάνει δυνατή την ανάπτυξη εφαρμογών αποθήκευσης μεγάλης κλίμακας όπως το OceanStore και συστημάτων multicast διανομής όπως το Bayeux.

Το Tapestry χρησιμοποιεί προσαρμοστικούς αλγόριθμους, για να επιδείξει αντοχή σε λάθη, καθώς αλλάζει το σώμα μελών του δικτύου και γίνονται δικτυακά λάθη. Η αρχιτεκτονική του είναι τμηματική και περιλαμβάνει μια εκτεταμένη λειτουργικότητα "upcall" γύρω από έναν απλό, υψηλής απόδοσης δρομολογητή. Αυτό το API επιτρέπει στους προγραμματιστές να αναπτύξουν και να επεκτείνουν την υπερκείμενη λειτουργικότητα, όταν η βασική λειτουργικότητα DOLR είναι ανεπαρκής για την εφαρμογή τους.

Το Tapestry επιτρέπει στις εφαρμογές να τοποθετούν αντικείμενα ανάλογα με τις ανάγκες τους και δε ρυθμίζει, όπως άλλα συστήματα peer-to-peer, τον αριθμό και τη θέση των αντιγράφων των αντικειμένων μέσω ενός DHT interface. Το Tapestry «δημοσιεύει» δείκτες θέσης μέσα στο δίκτυο, για να διευκολυνθεί η δρομολόγηση στα αντικείμενα που έχουν μικρή διασπορά στο δίκτυο. Αυτή η τεχνική δίνει στο Tapestry ιδιότητες τοπικότητας: οι ερωτήσεις για κοντινά αντικείμενα ικανοποιούνται

γενικά σε χρόνο ανάλογο της απόστασης ανάμεσα στην πηγή της ερώτησης και στο πλησιέστερο αντίγραφο του αντικειμένου.

Το Tapestry είναι υλοποιημένο σε Java και υπό κανονικές συνθήκες το σχετικό κόστος καθυστέρησης (relative delay penalty – RPD) για τον εντοπισμό δύο κινητών τελικών σημείων είναι το πολύ δύο σε μία μεγάλη περιοχή. Σύμφωνα με τις προσομοιώσεις, οι λειτουργίες του Tapestry είναι επιτυχείς σχεδόν κατά το 100% του χρόνου, ενώ υπό συνεχείς δικτυακές αλλαγές και υπό μαζικές αποτυχίες ή προσχωρήσεις παρουσιάζουν μικρές περιόδους υποβαθμισμένης επίδοσης (όσο διαρκεί η αυτο-διόρθωση). Αυτά τα αποτελέσματα καταστούν το Tapestry ικανό να λειτουργήσει σαν μία υπηρεσία μακράς διάρκειας σε δυναμικά και επιρρεπή σε λάθη δίκτυα όπως το Διαδίκτυο.

5) Pastry

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα στις peer-to-peer εφαρμογές μεγάλης κλίμακας είναι η εύρεση αποδοτικών αλγορίθμων για τον εντοπισμό αντικειμένων και τη δρομολόγηση μέσα στο δίκτυο. Το Pastry[21] είναι ένα γενικό σχήμα peer-to-peer εντοπισμού αντικειμένων και δρομολόγησης βασισμένο σε ένα αυτο-διοργανούμενο υπερκείμενο δίκτυο κόμβων που συνδέονται μέσω του Διαδικτύου. Είναι πλήρως αποκεντρωμένο, ανθεκτικό σε λάθη, κλιμακούμενο σε μέγεθος και αξιόπιστο. Επιπλέον, διαθέτει καλές ιδιότητες όσον αφορά την τοπικότητα της δρομολόγησης. Το Pastry προορίζεται για γενικό υπόστρωμα δόμησης πολλών και διαφορετικών peer-to-peer εφαρμογών Διαδικτύου, όπως η εκτεταμένη ανταλλαγή και αποθήκευση αρχείων, η επικοινωνία ομάδων και τα συστήματα ονοματοδοσίας. Πολλές εφαρμογές έχουν δομηθεί πάνω στο Pastry μέχρι στιγμής, όπως το PAST[23][22], μια υπηρεσία συνεχούς αποθήκευσης και το SCRIBE[24], ένα κλιμακούμενο σύστημα δημοσίευσης / εγγραφής.

Το Pastry παρέχει την ακόλουθη λειτουργικότητα: κάθε κόμβος στο δίκτυο Pastry έχει ένα μοναδικό αναγνωριστικό (nodeId). Με ένα μήνυμα και ένα κλειδί ένας Pastry κόμβος δρομολογεί αποδοτικά το μήνυμα στον κόμβο με nodeId που είναι αριθμητικά πλησιέστερα στο κλειδί σε σχέση με όλους τους άλλους ζωντανούς κόμβους Pastry. Ο αναμενόμενος αριθμός βημάτων δρομολόγησης είναι $O(\log N)$, όπου N ο αριθμός των κόμβων Pastry στο δίκτυο. Από κάθε κόμβο Pastry που

περνάει ένα μήνυμα κατά τη διαδρομή του, ενημερώνεται η εφαρμογή και ενδέχεται να κάνει -ανάλογα με την εφαρμογή- υπολογισμούς σχετικά με το μήνυμα.

Το Pastry λαμβάνει υπόψη του την τοπικότητα δικτύου: προσπαθεί να ελαχιστοποιήσει τις αποστάσεις που ταξιδεύουν τα μηνύματα σύμφωνα με ένα κλιμακούμενο μέτρο εγγύτητας όπως ο αριθμός των IP βημάτων δρομολόγησης. Κάθε κόμβος Pastry είναι ενήμερος για τους άμεσους γείτονές του στο χώρο των nodeIds και πληροφορεί τις εφαρμογές για αφίξεις νέων κόμβων, αποτυχίες και ανακάμψεις κόμβων. Επειδή τα nodeIds ανατίθενται τυχαία, είναι πολύ πιθανό μια ομάδα κόμβων με γειτονικά αναγνωριστικά να βρίσκονται αρκετά μακριά γεωγραφικά. Οι εφαρμογές μπορούν να το εκμεταλλευτούν αυτό, καθώς το Pastry μπορεί να δρομολογήσει σε έναν από k κόμβους που είναι αριθμητικά κοντύτερα στο κλειδί. Μια ευρηματική τεχνική διασφαλίζει ότι ανάμεσα στο σύνολο των k κόμβων με τα κοντινότερα nodeIds στο κλειδί το μήνυμα μάλλον θα φτάσει πρώτο στον κόμβο που είναι «κοντύτερα» (όσον αφορά το μέτρο εγγύτητας) στον κόμβο από τον οποίο προέρχεται το μήνυμα.

Οι εφαρμογές χρησιμοποιούν αυτές τις ιδιότητες με διαφορετικούς τρόπους. Το PAST, για παράδειγμα, χρησιμοποιεί ένα fileId (ο κατακερματισμός του ονόματος και του ιδιοκτήτη του αρχείου) ως κλειδί για το αρχείο. Αντίγραφα του αρχείου αποθηκεύονται σε k κόμβους Pastry με nodeIds αριθμητικά πλησιέστερα στο fileId. Το αρχείο μπορεί να αναζητηθεί στέλνοντας ένα μήνυμα στο δίκτυο Pastry και χρησιμοποιώντας το fileId σαν κλειδί. Εξ ορισμού η αναζήτηση θα καταλήξει σε έναν κόμβο που αποθηκεύει το αρχείο, αρκεί κάποιος από τους k κόμβους να είναι ζωντανός. Επιπλέον, αναμένεται το μήνυμα να φτάσει πρώτα στον κόμβο που είναι κοντύτερα στον πελάτη. Αυτός ο κόμβος θα παραδώσει το αρχείο και το ταξίδι του μηνύματος τελειώνει. Οι μηχανισμοί ενημέρωσης του Pastry επιτρέπουν στο PAST να διατηρεί αντίγραφα ενός αρχείου στους k πλησιέστερους κόμβους στο κλειδί ανεξάρτητα από αποτυχίες και αφίξεις κόμβων και χρησιμοποιώντας μόνο τοπικό συντονισμό μεταξύ κόμβων με κοντινά nodeIds.

Στην άλλη τυπική εφαρμογή του Pastry, στο SCRIBE, σύστημα δημοσίευσης / εγγραφής, μια λίστα συνδρομητών αποθηκεύεται σε έναν κόμβο με nodeId αριθμητικά πλησιέστερα στο topicId του θέματος, όπου topicId είναι ο κατακερματισμός του ονόματος του θέματος. Αυτός ο κόμβος αποτελεί σημείο συνάντησης για εκδότες και συνδρομητές. Οι συνδρομητές στέλνουν ένα μήνυμα στο

δίκτυο Pastry χρησιμοποιώντας το `topicId` σαν κλειδί και η εγγραφή καταγράφεται σε κάθε κόμβο κατά μήκος της διαδρομής. Ένας εκδότης στέλνει δεδομένα στο σημείο-κόμβο συνάντησης μέσω του Pastry χρησιμοποιώντας πάλι το `topicId` σαν κλειδί. Το σημείο συνάντησης προωθεί τα δεδομένα κατά μήκος του multicast δέντρου που δημιουργείται από τις αντίστροφες διαδρομές από το σημείο-κόμβο συνάντησης προς όλους τους συνδρομητές.

6) *Bamboo*

Το Bamboo είναι ένας κατανεμημένος πίνακας κατακερματισμού (DHT) που υλοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2003. Αποτελείται από πάνω από 10.000 γραμμές κώδικα Java, εκ των οποίων οι περίπου 3.300 υλοποιούν το στρώμα δρομολόγησης που μελετάται στη συνέχεια. Η ανάπτυξη του Bamboo στόχευε κυρίως σε ένα σύστημα ανθεκτικό σε μεγάλα επίπεδα από "churn". Churn είναι η συνεχής διαδικασία εισαγωγής και αποχώρησης κόμβων από το δίκτυο. Αυτό υλοποιείται με βελτιστοποίηση της χρήσης του εύρους δικτύου, το οποίο αυξομειώνεται λογαριθμικά ανάλογα με τον αριθμό των κόμβων στο σύστημα. Το κύριο πλεονέκτημα του Bamboo σε σύγκριση με άλλα συστήματα peer-to-peer, όπως το Chord και το Pastry, είναι ότι δεν καταρρέει σε υψηλά ποσοστά churn.

Το Bamboo βασίζεται στο Pastry, αλλά τροποποιεί ελαφρά τα πρωτόκολλα και τους αλγορίθμους του. Ωστόσο, το Bamboo αντιμετωπίζει καλύτερα μεγάλες ή συνεχείς αλλαγές μελών ειδικά σε περιβάλλοντα περιορισμένου εύρους δικτύου. Κατά τα άλλα χρησιμοποιεί ίδιους μηχανισμούς με το Pastry.

3.1.4 *Εξέλιξη του P2P*

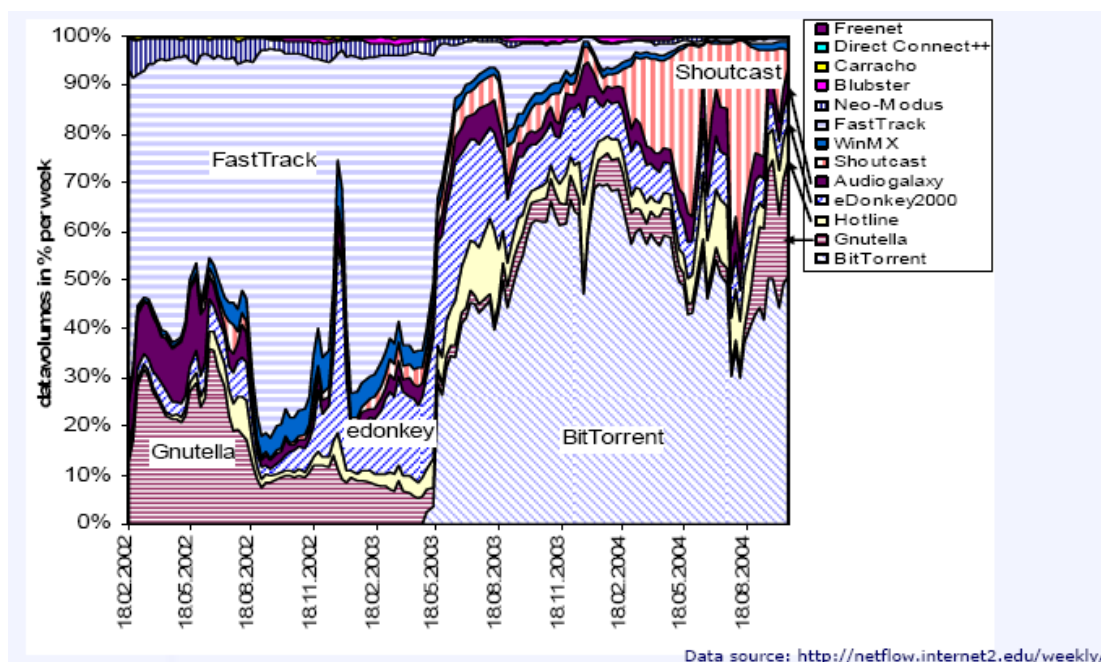
Το P2P χθές και σήμερα

- 2005
- Πάνω από 8 εκατομμύρια ενεργοί συμμετέχοντες σε δίκτυα P2P ανά πάσα στιγμή
- Διακίνηση δεδομένων συνολικού μεγέθους 10 Petabytes ανά πάσα στιγμή
- Πάνω από το 50% της διαδικτυακής κίνησης είναι κίνηση P2P

- Αρκετά δίκτυα P2P έχουν διακόψει την λειτουργία τους λόγω δικαστικών αποφάσεων

- 2007

- Για πρώτη φορά, το ποσοστό κίνησης P2P είναι μικρότερο από την κίνηση ιστού (“το Youtube κερδίζει το BitTorrent”)



3.5 Εξέλιξη p2p δικτύων σε βάθος χρόνου

Αν και η δημοτικότητα των εφαρμογών P2P προκαλεί σημαντικές προκλήσεις και θέματα για τη νόμιμη κυριότητα του copyrighted υλικού που διανέμεται ελεύθερα, σημαντικό θέμα είναι και η δημιουργία του δικτύου και η ικανότητα διαχείρισης των προβλημάτων συνδρομητή. Υπάρχει μεγάλη προσδοκία για τους παρόχους υπηρεσιών Διαδικτύου. Κάθε IP δίκτυο είναι χτισμένο με παραδοχές σχετικά με τη χρήση, οι οποίες με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για να αναλυθεί και να υπολογιστεί το αναγκαίο ποσό της χωρητικότητας του δικτύου και οι πόροι που απαιτούνται για να υποστηρίξουν μια συγκεκριμένη μάζα συνδρομητών. Η ανάλυση αυτή είναι απαραίτητη για τους παρόχους υπηρεσιών στην προσπάθειά τους να διατηρήσουν μια σταθερή απόδοση της επένδυσης για το μοντέλο των δικτύων τους και να διατηρήσουν κάποιο επίπεδο της προβολής τους σε μελλοντικές ανάγκες. Οι P2P εφαρμογές είναι διαφορετικές από τις παραδοσιακές client / server εφαρμογές

στον τρόπο χρήσης τους και τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν το δίκτυο και σύμφωνα με πολλές απόψεις, αλλάζει το παιχνίδι για τους παρόχους υπηρεσιών που προσπαθούν να διατηρήσουν τα δίκτυά τους. Ο παρακάτω πίνακας δίνει μια γεύση από κάποιες από τις παραμέτρους που χρησιμοποιούνται από τους παρόχους υπηρεσιών, τη σημασία τους για το σχεδιασμό του δικτύου και την επιρροή που οι P2P τεχνολογίες έχουν σε αυτές τις παραμέτρους.

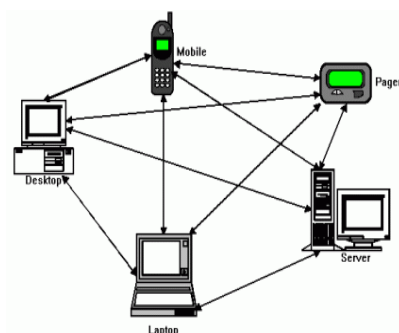
Παράμετροι	Σημασία του δικτυακού σχεδιασμού	Επιρροή των παραδοσιακών εφαρμογών	Αλλαγή που προκαλείται από τις εφαρμογές P2P
Αναλογία κίνησης ανερχόμενης / κατερχόμενης ζεύξης	Τα δίκτυα είναι ασύμμετρα από την φύση τους. Το ποσό της κίνησης την οποία ένα δίκτυο μπορεί να συντηρήσει στο ανερχόμενο κανάλι (π.χ. από τους συνδρομητές προς το δίκτυο), είναι διαφορετικό από το ποσό που μπορεί να συντηρήσει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η αναλογία που απαιτείται να έχουν οι δύο αυτές κατευθύνσεις εξαρτώνται άμεσα από τις απαιτήσεις των εφαρμογών που χρησιμοποιούν το δίκτυο. Τα δίκτυα είναι 'χτισμένα' με μια συγκεκριμένη αναλογία η οποία αν είναι λανθασμένη, μπορεί να είναι η αιτία για υψηλά ποσοστά συμφόρησης και μη χρησιμοποίησης του διαθέσιμου εύρους ζώνης	Ένας τυπικός χρήστης χρησιμοποιεί το δίκτυο για εφαρμογές καταφόρτωσης. Αυτές οι εφαρμογές (e-mail, περιήγηση ιστού, κλπ.) δημιουργούν μεγαλύτερο ποσό κατερχόμενης κίνησης για μια ανερχόμενη αίτηση και οι παροχείς υπηρεσιών έφτασαν στο συμπέρασμα ότι πρέπει να ακολουθούν αυτή την αναλογία.	P2P εφαρμογές ενθαρρύνουν τους χρήστες να μοιράζονται αρχεία, και ένας τυπικός peer εξυπηρετεί πολλών Mbytes αρχεία. Αυτό προκαλεί μια αλλαγή στην αναλογία μεταφόρτωσης/καταφόρτωσης, ως αποτέλεσμα τον κορεσμό της ανερχόμενης ζεύξης (λόγω της αύξησης του ποσοστού μεταφόρτωσης αρχείων των μεμονωμένων χρηστών).

Ωρα της μέρας και ποσοστό δραστηριότητας	Οι πάροχοι υπηρεσιών συνήθως προϋποθέτουν μια μέση διάρκεια χρήσης του δικτύου ανά συνδρομητή ανά ημέρα, και (με βάση το προφίλ του συνδρομητή) χρήση περιόδους αιχμής. Ένας φορέας παροχής υπηρεσιών θα είναι συνήθως σε θέση να προβλέψει τη συμπεριφορά του δικτύου σε "ώρες αιχμής" και σε λιγότερο πολυσύχναστες περιόδους της χρήσης του δικτύου. Αυτό το προφίλ του συνδρομητή βασίζεται σε υποθέσεις που οι οικιακοί χρήστες κυρίως χρησιμοποιούν το δίκτυο κατά τη διάρκεια των Σαββατοκύριακων και κατά τις νυχτερινές ώρες, και ότι οι υπάλληλοι των μικρών γραφείων το χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας. Οι ξαφνικές ή σποραδικές αλλαγές σε αυτές τις συνήθειες μπορεί να προκαλέσουν συμφόρηση κατά τη διάρκεια ορισμένων ωρών που δεν ήταν εμφανής πριν.	Η ώρα της ημέρας και το ποσοστό της δραστηριότητας των οικιακών ευρυζωνικών συνδρομητών, έχουν τις ρίζες τους στην παραδοχή ότι ένας τυπικός οικιακός χρήστης χρησιμοποιεί το δίκτυο μόνο όταν ο συνδρομητής έχει φυσική παρουσία και ενεργή χρήση της σύνδεσης. Τέτοια είναι η περίπτωση του web browsing, της ανάγνωσης ηλεκτρονικών μηνυμάτων, κλπ.	Καθώς οι P2P εφαρμογές είναι χρησιμοποιούνται για μεταφόρτωση ή καταφόρτωση μεγάλων, αρχείων, συνήθως αφήνονται χωρίς προσοχή για μέρες κάθε φορά, ενώ η εφαρμογή συνεχώς προσπαθεί να λάβει μια λίστα με τα αρχεία από τη μια πλευρά, και να εξυπηρετεί πολλαπλές αιτήσεις αρχείων άλλων peers από την άλλη. Αυτό δημιουργεί μια ατέρμουςα, υψηλού όγκου ρεύμα δραστηριότητας του δικτύου σε όλη την ημέρα. Για παράδειγμα, ένας μαθητής στον υπολογιστή του με μια ευρυζωνική σύνδεση μπορεί να ανταγωνιστεί με τηλεργάτες ζωτικής σημασίας για το δίκτυο των πόρων κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας, ενώ ο μαθητής βρίσκεται στο σχολείο.
Προορισμός της κυκλοφορίας και ορόσημα σημεία	Οι δαπάνες συνδέονται με το δίκτυο που εξυπηρετεί κάθε πακέτο σύνδεσης και μερικές φορές	Οι παραδοσιακές χρήσεις των στοιχείων του δικτύου είναι κυρίως OnNET	Η κίνηση P2P έχει αυξήσει το ποσό της κίνησης μεταξύ των οικιακών χρηστών σε μεγάλο βαθμό. Πριν

	εξαρτώνται από τη θέση του ομότιμου συνδρομητή.	(email, NNTP, web – browsing)	την ύπαρξη τέτοιων τεχνολογιών, ήταν αδύνατο να δημιουργηθεί μια ζεύξης τέτοιου τύπου μεταξύ δύο οικιακών χρηστών.
--	---	-------------------------------	--

3.6 Παράμετροι p2p

Το P2P αφήνει τη θέση του στο P4P πρωτόκολλο

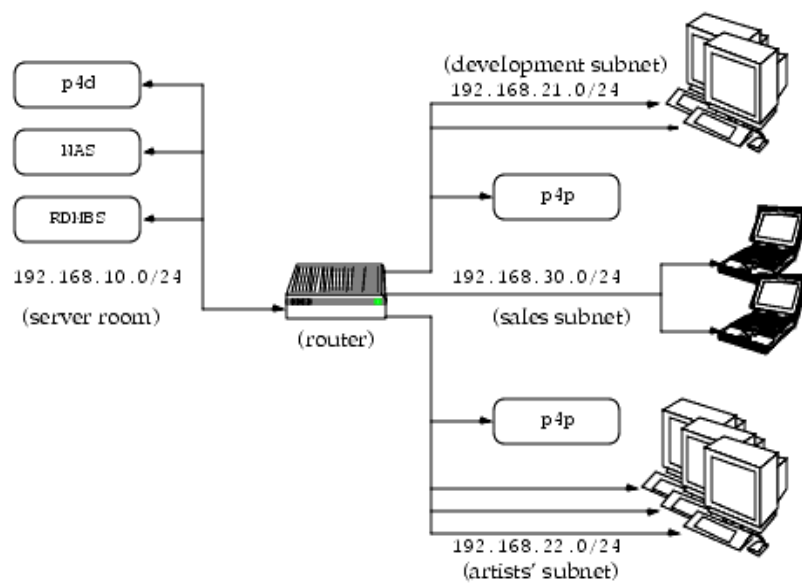


Όλοι γνωρίζουμε το P2P πρωτόκολλο που μέχρι στιγμής είναι το πιο διαδεδομένο και ευρέως χρησιμοποιούμενο για τη μεταφορά αρχείων μέσω του Internet. Όμως, μια εξέλιξη έρχεται να ταράξει τα νερά στο χώρο που υπόσχεται μεγάλη αύξηση των ταχυτήτων πάνω στο δίκτυο.

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.



3.7 Δίκτυο p4p

4. Πειραματικό δίκτυο Επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης

4.1 Τοπολογία Πειραματικού Δικτύου Επίγειας Ψηφιακής Τηλεόρασης

Η τοπολογία του πειραματικού δικτύου DVB-T για την υλοποίηση της υβριδικής δικτυακής μητροπολιτικής υποδομής παρουσιάζεται στο Σχ. 4.1. Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική αποτελείται από τρία διακριτά μέρη με τα οποία υλοποιείται το περιβάλλον σύγκλισης του τομέα των δικτύων εκπομπής ευρείας κάλυψης και των δικτύων τηλεπικοινωνιών για την παροχή πολλαπλών υπηρεσιών διαφορετικού ρυθμού μετάδοσης σε αστικές και απομακρυσμένες περιοχές. Τα μέρη αυτά είναι μία πλατφόρμα επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης η οποία αποτελείται από όλες τις κατάλληλες λειτουργικές μονάδες έτσι ώστε να είναι δυνατή η εκπομπή σημάτων COFDM και δύο ενδιάμεσοι κόμβοι διανομής με διαφορετικά κανάλια επιστροφής και δίκτυο πρόσβασης των τελικών χρηστών και των πάροχων των υπηρεσιών. Η δικτυακή υποδομή αυτή επιτρέπει τη μεταφορά κίνησης βασισμένη στα πρωτόκολλα TCP και UDP η οποία ενθυλακώνεται στην τελική ροή μεταφοράς MPEG-2 με τη μορφή πακέτων IP. Η διαδικασία της ενθυλάκωσης πραγματοποιείται από μία μονάδα που δρα ως Πύλη IP/DVB (IP-to-DVB Gateway) και η έξοδος της σε μορφή σήματος βασικής ζώνης οδηγείται στον διαμορφωτή COFDM ο οποίος αναλαμβάνει να δημιουργήσει το προς εκπομπή RF σήμα σύμφωνα με το πρότυπο του DVB-T. Τα εκπεμπόμενα δεδομένα λαμβάνονται έτσι από τις διεπαφές λήψης σημάτων COFDM των ενδιάμεσων κόμβων διανομής και δρομολογούνται κατάλληλα στους τελικούς χρήστες και στους πάροχους των υπηρεσιών οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο πρόσβασής τους.

Πιο αναλυτικά, η επικοινωνία του τελικού χρήστη με τον εξυπηρετητή δεδομένων επιτυγχάνεται όπως περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω. Το τερματικό του τελικού χρήστη στέλνει τα δεδομένα επιστροφής (αιτήσεις και επιβεβαιώσεις) στον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 2 μέσω του δικτύου ADSL στο οποίο είναι συνδεδεμένος με τη χρήση μίας συσκευής modem ADSL. Τα δεδομένα αυτά λαμβάνονται από την συσκευή IP-DSLAM και την διεπαφή του δικτύου πρόσβασης και δρομολογούνται κατάλληλα στην διεπαφή του καναλιού επιστροφής (dial up server). Από εκεί μεταφέρονται στο κεντρικό σημείο εκπομπής DVB-T μέσω του δικτύου μεταγωγής. Η πλατφόρμα DVB-T είναι εξοπλισμένη με μία διεπαφή για το Δίκτυο επιστροφής από τον κόμβο 2 η οποία έχει ρυθμιστεί κατάλληλα για την δρομολόγηση των

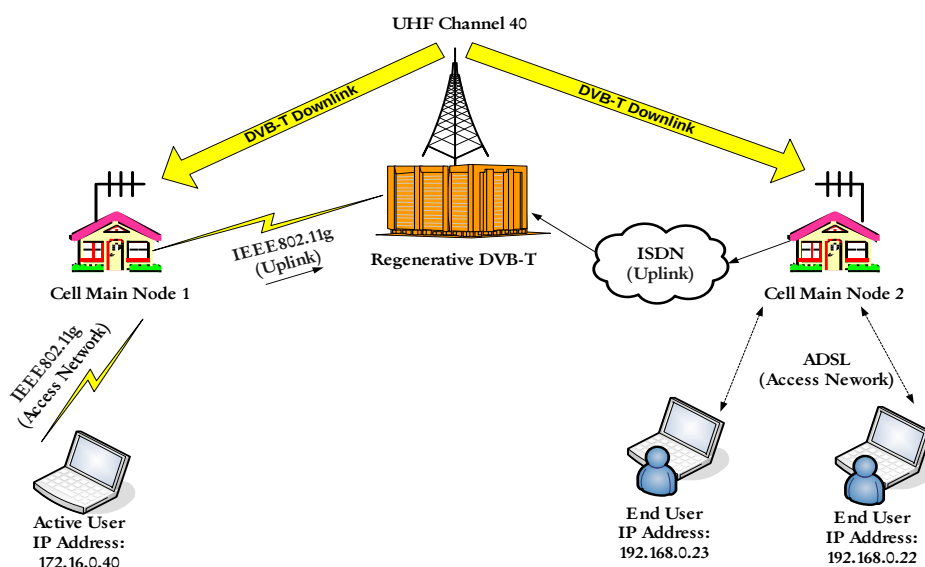
πακέτων IP προς την Πύλη IP/DVB για την ενθυλάκωσή τους και τελικά την εκπομπή τους σε όλη την περιοχή κάλυψης του DVB-T. Τα δεδομένα επιστροφής λαμβάνονται με αυτόν τον τρόπο από τον δέκτη COFDM του ενδιάμεσου κόμβου διανομής 1 και δρομολογούνται στην διεπαφή του δικτύου πρόσβασης του.

Στο συγκεκριμένο κόμβο το δίκτυο πρόσβασης υλοποιείται με την αξιοποίηση μίας ασύρματης πολυ-σημειακής ζεύξης (point-to-multipoint) σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.11g, η οποία αναλαμβάνει να δρομολογήσει τα δεδομένα επιστροφής στον εξυπηρετητή δεδομένων. Η ταχεία εξάπλωση των ασύρματων δικτύων δεδομένων (WLANs) και ιδίως της οικογένειας προτύπων IEEE 802.11x έχει καταστήσει την τεχνολογία αυτή κυρίαρχη στον χώρο της ασύρματης μετάδοσης δεδομένων σε μικρές περιοχές με ρυθμούς μετάδοσης οι οποίοι μπορούν να αγγίξουν τα 54Mbps (full duplex) ή και ακόμα υψηλότερα. Δεδομένου ότι οι συσκευές αυτές είναι πλέον προσιτές εμπορικά, είναι πολύ διαδεδομένη η ανάπτυξη τοπικών μικροκυψελών (hot-spots) υψηλής ταχύτητας εντός των οποίων μπορούν να συνδεθούν αρκετοί τελικοί χρήστες αλλά και εν δυνάμει πάροχοι υπηρεσιών. Η χρήση έτσι μίας ευρυζωνικής τεχνολογίας για την υλοποίηση του δικτύου πρόσβασης στον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 1 δίνει τη δυνατότητα στους εξυπηρετητές δεδομένων και πολυμέσων να στέλνουν δεδομένα με υψηλό ρυθμό μετάδοσης προς τους τελικούς χρήστες οι οποίοι βρίσκονται συνδεδεμένοι στο δίκτυο πρόσβασης του ενδιάμεσου κόμβου διανομής 2.

Υπάρχει με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα ακόμα και οι τελικοί χρήστες οι οποίοι επιθυμούν να γίνουν “ενεργοί” και εν δυνάμει πάροχοι υπηρεσιών να στέλνουν τις υπηρεσίες τους αξιοποιώντας μία ουδέτερη πλατφόρμα DVB-T που αναλαμβάνει να παρέχει τα δεδομένα σε όλη την περιοχή εκπομπής. Η τεχνολογία ασύρματης τοπικής δικτύωσης που αξιοποιήθηκε για την υλοποίηση του δικτύου πρόσβασης στον κόμβο 1 λειτουργεί στην ελεύθερη (license-free) περιοχή συχνοτήτων των 2,4GHz, γνωστή και ως ζώνη ISM (Industrial, Scientific, Medical).

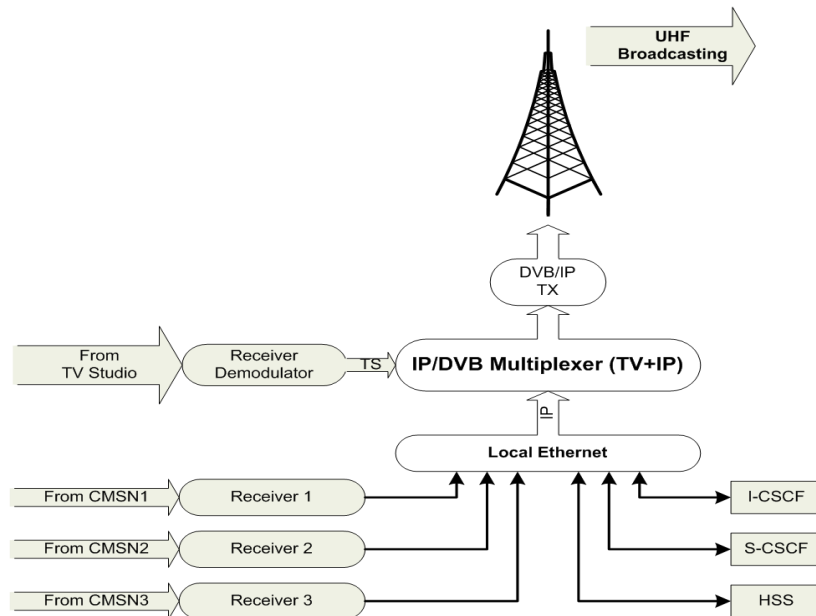
Οι κατάλληλες απαντήσεις του συγκεκριμένου εξυπηρετητή στα δεδομένα επιστροφής για την παροχή υπηρεσιών, βασισμένες σε κίνηση με βάση το πρωτόκολλο TCP, δρομολογούνται από το τερματικό του στον εξοπλισμό του ασύρματου δικτύου μέσω της κατάλληλης κάρτας (station adapter IEEE 802.11g) και από εκεί στον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 1. Σε αυτό το σημείο του δικτύου η διεπαφή δικτύου πρόσβασης του κόμβου 1 δρομολογεί τα δεδομένα στην διεπαφή του

καναλιού επιστροφής και από εκεί προς το κεντρικό σημείο εκπομπής. Το κανάλι επιστροφής του κόμβου 1 υλοποιείται σε αυτήν την περίπτωση με τη χρήση μία κατευθυντικής ασύρματης ζεύξης (point-to-point) με βάση το πρότυπο IEEE 802.11g, υψηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.



4.1 Δίκτυο DVB-T

Με αυτόν τον τρόπο η κίνηση TCP από τον εξυπηρετητή δεδομένων λαμβάνεται από τη διεπαφή καναλιού επιστροφής 1 της πλατφόρμας DVB-T η οποία αναλαμβάνει να την δρομολογήσει κατάλληλα στην πύλη IP/DVB μέσω του τείχους προστασίας (firewall) το οποίο δεν επιτρέπει την επιστροφή δεδομένων από το κεντρικό σημείο εκπομπής προς τους κόμβους μέσω των καναλιών επιστροφής. Στο επόμενο στάδιο μετά την ενθυλάκωση της κίνησης TCP με τη μορφή πακέτων IP, εκπέμπεται η ροή μεταφοράς DVB-T. Τα δεδομένα έτσι λαμβάνονται από το δέκτη COFDM του κόμβου 2 και δρομολογούνται στην διεπαφή δικτύου πρόσβασης. Η συσκευή IP-DSLAM αναλαμβάνει στην πορεία να προωθήσει την κίνηση στον δρομολογητή ADSL και αυτός με τη σειρά του στο τερματικό του τελικού χρήστη. Η πλατφόρμα DVB-T έχει επιπλέον τη δυνατότητα μετάδοσης πολλαπλών ψηφιακών τηλεοπτικών προγραμμάτων σε όλη την περιοχή εκπομπής.



4.2 IP/DVB πολυπλέκτης

Στην εργαστηριακή υλοποίηση, χρησιμοποιήθηκε επίσης, ο εξοπλισμός του εξυπηρετητή δεδομένων που αποτελείται από έναν τυπικό H/Y, τύπου Intel Core 2 Duo 2.4GHz με 4 Gbyte μνήμη RAM και λειτουργικό σύστημα LINUX με διανομή Gentoo. Ο H/Yς αυτός αξιοποιήθηκε για την αποστολή των δεδομένων προς τον τελικό χρήστη. Η προτεινόμενη υλοποίηση του δικτυακού περιβάλλοντος σύγκλισης έχει ως στόχο την ταχεία διασύνδεση του τελικού χρήστη με το Internet μέσω κάποιου πάροχου διαδικτυακών υπηρεσιών (ISP). Οι μετρήσεις επιδόσεων εν τούτοις για την αξιολόγηση της δικτυακής υποδομής DVB-T με βάση την κίνηση TCP και την κίνηση με μηχανισμό μεταφοράς P2P επιλέχθηκε να πραγματοποιηθούν με έναν τοπικό εξυπηρετητή (εξυπηρετητής δεδομένων) ούτως ώστε να μην επηρεάζονται από πιθανές συμφορήσεις (bottlenecks) εκτός του προτεινόμενου δικτύου κάτι που ενδεχομένως να συνέβαινε στην περίπτωση ενός απομακρυσμένου εξυπηρετητή. Ο εξυπηρετητής που αξιοποιήθηκε για τις μετρήσεις αξιολόγησης της απόδοσης διασυνδέθηκε με την κάρτα ασύρματου δικτύου του (τύπου Netgear WG311V.3, PCI) στον εξοπλισμό πρόσβασης ασύρματου δικτύου (τύπου LINKSYS WAG54G) στον ενδιαμέσο κόμβο διανομής 1. Η ονομαστική τιμή του μέγιστου ρυθμού μετάδοσης αυτής της ασύρματης πολυσημειακής ζεύξης με βάση το πρότυπο IEEE 802.11g είναι της τάξης των 27Mbps και στα δύο κανάλια (ανόδου και καθόδου). Τα δεδομένα αποστολής μεταφέρονται έτσι από τον εξοπλισμό της ασύρματης πρόσβασης στη διεπαφή δικτύου πρόσβασης του ενδιαμέσου κόμβου διανομής 1 μέσω της κάρτας

δικτύου (1Gbps) της συσκευής αυτής και ενός καλωδίου RJ-45. Ο ενδιάμεσος κόμβος διανομής 1 αποτελείται και αυτός όπως και ο 2 από τρεις διαφορετικές διεπαφές και για την υλοποίησή του αξιοποιήθηκε ένας H/Y, τύπου Intel Core 2 Duo 2.4GHz με 4 Gbyte μνήμη RAM και λειτουργικό σύστημα LINUX με διανομή Gentoo. Η πρώτη διεπαφή του συγκεκριμένου κόμβου αφορά τη λήψη σημάτων COFDM, η δεύτερη τη διεπαφή του δικτύου πρόσβασης (κάρτα δικτύου ρυθμού μετάδοσης 1Gbps) και η τρίτη τη διεπαφή του καναλιού επιστροφής προς την πλατφόρμα DVB-T (κάρτα δικτύου ρυθμού μετάδοσης 1Gbps). Η εμπρόσθια διαδικτυακή κίνηση TCP δρομολογείται έτσι κατάλληλα μέσω του κόμβου, του dialup server και της διεπαφής καναλιού επιστροφής στην πλατφόρμα DVB-T. Η μεταφορά των δεδομένων πραγματοποιείται με αυτόν τον τρόπο μέσω του εξυπηρετητή dialup με τον οποίο προσομοιώνουμε ένα κανάλι επιστροφής τύπου ISDN, προσθέτοντας την κατάλληλη καθυστέρηση στο δίκτυο (240 ms). Η συσκευή η οποία αξιοποιήθηκε για τη λήψη των δεδομένων στην πλατφόρμα DVB-T διασυνδέεται με καλώδιο δικτύου RJ-45 στο τείχος προστασίας. Το τείχος προστασίας όπως αναφέρθηκε παραπάνω έχει ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε να μην είναι εφικτή η μεταφορά των δεδομένων από την πλατφόρμα DVB-T προς τον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 1 μέσω του εξοπλισμού ασύρματου δικτύου, διατηρώντας έτσι μία μονόδρομη επικοινωνία υψηλού ρυθμού μετάδοσης με ενεργό μόνο το κανάλι ανόδου από τον κόμβο 1 προς την πλατφόρμα.

Η συμπεριφορά και οι επιδόσεις της προτεινόμενης δικτυακής αρχιτεκτονικής DVB-T με βάση την κίνηση πρωτοκόλλου TCP, μετρήθηκαν και αξιολογήθηκαν στα πλαίσια μίας σειράς εργαστηριακών πειραμάτων τα οποία πραγματοποιήθηκαν με τη μαζική μεταφορά δεδομένων (TCP bulk data transfer) από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς το τερματικό του τελικού χρήστη αξιοποιώντας το πρόγραμμα δημιουργίας διαδικτυακής κίνησης Iperf. Το μετρητικό αυτό πρόγραμμα πραγματοποιεί μεταφορά εικονικών δεδομένων (dummy data) από ένα τερματικό σε ένα άλλο για μία συγκεκριμένη χρονική διάρκεια με σκοπό να προσδιοριστούν οι επιδόσεις και η συμπεριφορά των πρωτοκόλλων δικτύου πάνω από τα συγκεκριμένα κανάλια. Κατά τη διάρκεια μεταφοράς των δεδομένων στα πλαίσια μίας εργαστηριακής μέτρησης, τα πακέτα που ανταλλάσσονται στις διεπαφές της δικτυακής υποδομής DVB-T καταγράφονται από ένα πρόγραμμα σύλληψης πακέτων (tcpdump) και οι κεφαλίδες τους αποθηκεύονται σε ένα τοπικό dump file. Τα dump files αναλύονται εκ των υστέρων από έναν αναλυτή πρωτοκόλλου (protocol analyzer TCPTrace) έτσι ώστε να

εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με το ρυθμό διαμεταγωγής (Throughput) και τον αριθμό των πακέτων επανεκπομπής (Retransmitted Packets) των δεδομένων και των επιβεβαιώσεων κατά τη μεταφορά. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι καμία ειδική ρύθμιση ή τροποποίηση στη στοίβα πρωτοκόλλων δεν απαιτείται από την πλευρά του τελικού χρήστη για να λάβει τα δεδομένα όταν διασυνδεθεί στην προτεινόμενη δικτυακή υποδομή DVB-T. Αρκετές φορές όμως η καθυστέρηση που υπεισέρχεται τόσο από τα κανάλια επιστροφής και ειδικά από αυτό της dial up σύνδεσης χαμηλού ρυθμού μετάδοσης, όσο και από τις λειτουργικές μονάδες επεξεργασίας του καναλιού εκπομπής, σε συνδυασμό με τον υψηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων του DVB-T, μπορούν μερικές φορές να προκαλέσουν σχετικά μεγάλα γινόμενα καθυστέρησης-εύρους ζώνης (bandwidth-delay products). Έτσι είναι απαραίτητο να προσαρμοστεί το μέγιστο παράθυρο λήψης (TCP receive window) στο τερματικό του τελικού χρήστη έτσι ώστε να επιτευχθούν οι βέλτιστες δυνατές επιδόσεις. Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις αξιολόγησης της απόδοσης της δικτυακής υποδομής DVB-T βασισμένες σε κίνηση πρωτοκόλλου TCP στις οποίες παρατηρείται μεταξύ των άλλων και η σχέση μεταξύ του παραθύρου λήψης στο τερματικό του δέκτη και των διαφορετικών ρυθμών διαμεταγωγής σε κάθε περίπτωση.

Η γενική τοπολογία του προτεινόμενου δικτύου αποτελείται όπως έχει ήδη περιγραφεί από μία κεντρική πλατφόρμα DVB-T και δύο ενδιάμεσους κόμβους διανομής οι οποίοι μεσολαβούν στη διασύνδεση των τελικών χρηστών και των πάροχων των διαδικτυακών και πολυμεσικών υπηρεσιών της μητροπολιτικής αρχιτεκτονικής. Όσον αφορά τη διευθυνσιοδότηση, για λόγους τάξης αλλά και σαφέστερης δρομολόγησης, η τοπολογία του συνολικού δικτύου χωρίστηκε σε τρία διαφορετικά υποδίκτυα με ιδιωτικές (private) IP διευθύνσεις.

Το υποδίκτυο Α με διευθύνσεις στο χώρο 10.0.67.x περιλαμβάνει όλη την αλυσίδα εκπομπής DVB-T (Πύλη IP/DVB, τοπικό δίκτυο, τοίχος προστασίας), τις δύο διεπαφές καναλιού επιστροφής στην πλατφόρμα DVB-T και στους ενδιάμεσους κόμβους διανομής καθώς και τους δέκτες COFDM σε αυτούς. Το υποδίκτυο Β (δίκτυο πρόσβασης πάροχων υπηρεσιών) με διευθύνσεις στο χώρο 172.16.0.x περιλαμβάνει όλο το αμφίδρομο δίκτυο πρόσβασης των εξυπηρετητών του δικτυακού περιβάλλοντος σύγκλισης στον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 1. Επίσης το υποδίκτυο Γ (δίκτυο πρόσβασης τελικών χρηστών) με διευθύνσεις στο χώρο 192.168.0.x περιλαμβάνει το αμφίδρομο δίκτυο πρόσβασης των τελικών χρηστών της

μητροπολιτικής υποδομής DVB-T στον ενδιάμεσο κόμβο διανομής 2. Τα υποδίκτυα Β και Γ γεφυρώνονται μέσα στους κόμβους διανομής 1 και 2 αντίστοιχα με το υποδίκτυο Α με την αξιοποίηση των κατάλληλων εντολών δρομολόγησης του λειτουργικού συστήματός τους.

4.1.1 Τελικός Χρήστης (End User)

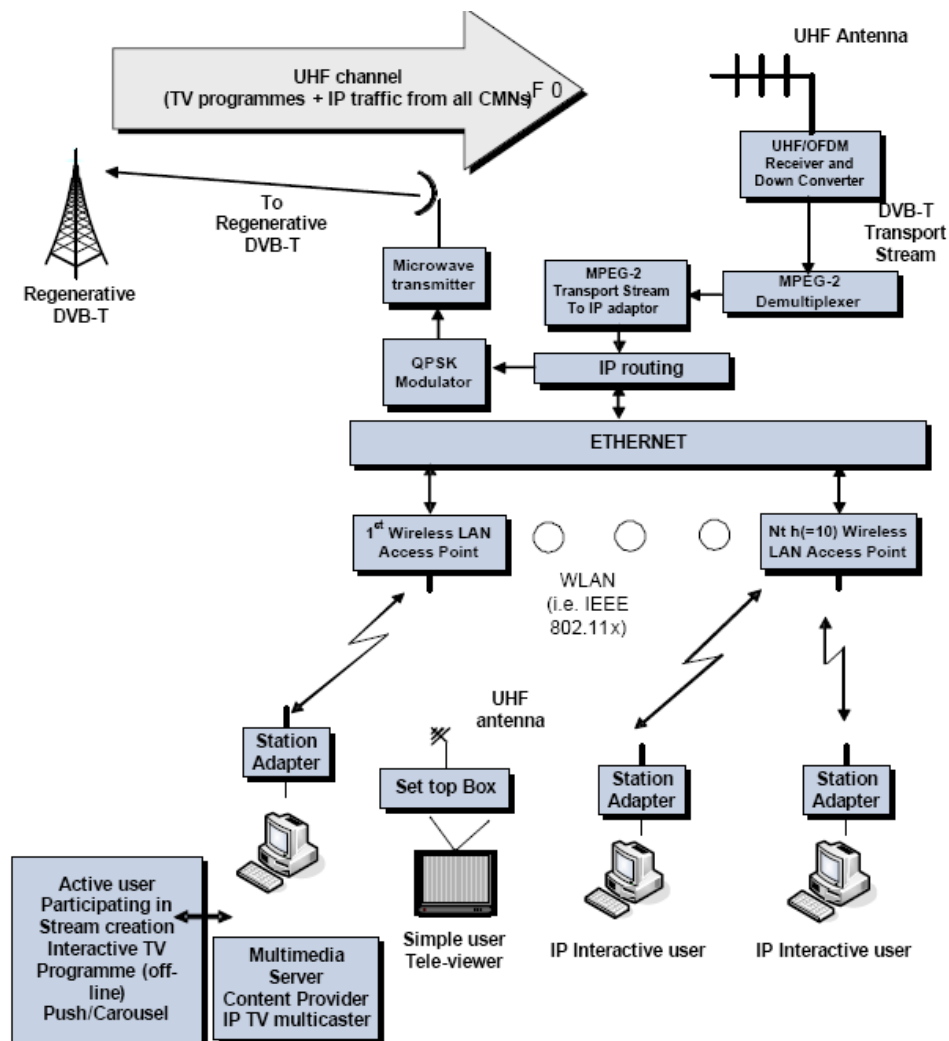
Στην εργαστηριακή υλοποίηση που χρησιμοποιήθηκε στη διπλωματική ο εξοπλισμός του τελικού χρήστη περιλαμβάνει έναν τυπικό Η/Υ, Intel Core 2 Duo 2.4GHz με 4 Gbyte μνήμη RAM και λειτουργικό σύστημα LINUX με διανομή Gentoo. Το τερματικό αυτό επικοινωνεί με μία κάρτα δικτύου 1Gbps και με τη χρήση καλωδίου 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.

4.1.2 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

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.



4.3 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 στοίβα 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 H/Y (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.

4.1.3 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.

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.

5. Προγράμματα

5.1 Προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν

Η δημιουργία της κίνησης, η καταγραφή και η ανάλυση έγινε με τα εξής προγράμματα :

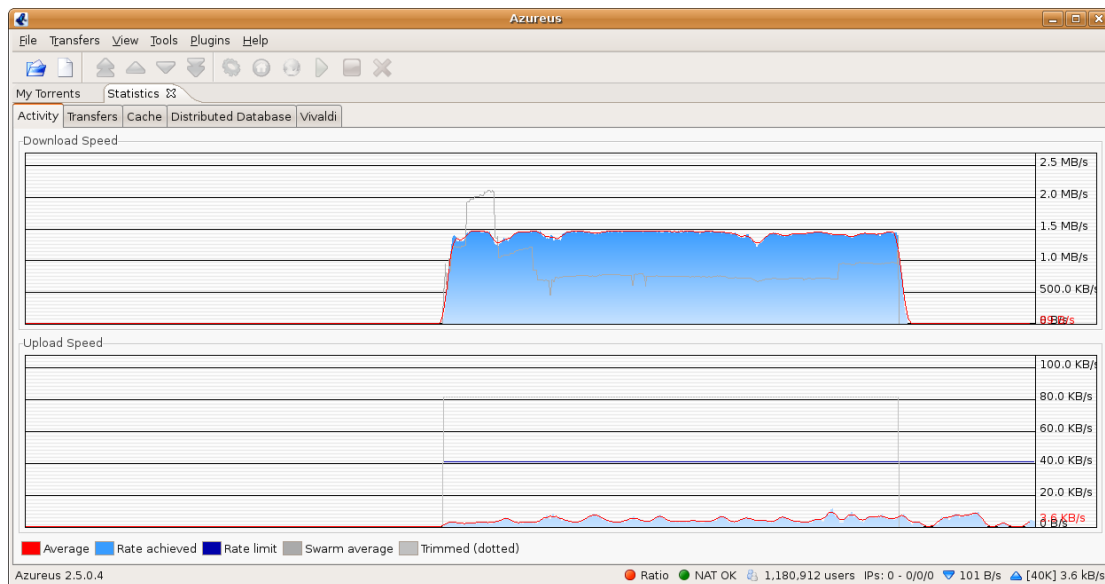
- Iperf[25]: Το Iperf είναι ένα εργαλείο για δημιουργία TCP και UDP κινήσεων, το οποίο λειτουργεί σε όλα τα συστήματα (Unix, Windows, MacOS κλπ.). Μερικά από τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα είναι ότι παρέχει χρήσιμες πληροφορίες και αποτελέσματα για το εύρος ζώνης, τις απώλειες, την διακύμανση της καθυστέρησης και γενικότερα για την απόδοση του δικτύου. Η σύλληψη της δικτυακής κίνησης με :
 - Tcpdump[26]: 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 :

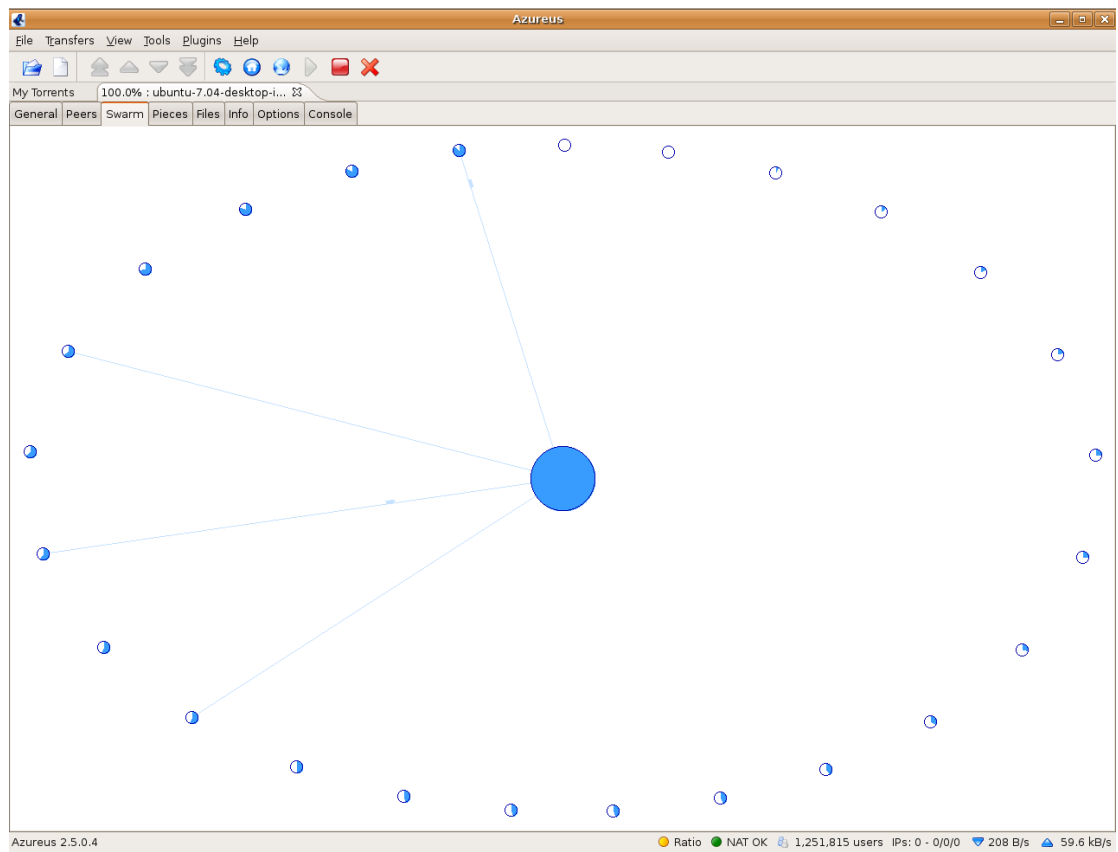
- Tcptrace[27]: Το Tcptrace είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για την ανάλυση αρχείων που έχουν δημιουργηθεί από διάφορα προγράμματα “σύλληψης” δικτυακής κίνησης, όπως είναι το tcpdump. Το tcptrace μπορεί να παράγει αρχεία τα οποία περιέχουν διαφόρους τύπους πληροφοριών για κάθε υπαρκτή κίνηση, όπως επαναμεταδόσεις, καθυστέρηση, ρυθμοαπόδοση και άλλα. Μπορεί επίσης να παράγει γραφικές παραστάσεις για κάθε μια από τις παραπάνω πληροφορίες, για περαιτέρω ανάλυση.
- Iproute2[28] 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[29]: 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:

- Xbt tracker **Error! Reference source not found.**: Ο Xbt tracker είναι δωρεάν λογισμικό ανοικτού κώδικα που εγκαταστήθηκε στον core router.
- Azureus / Vuze[31]: Ο Vuze, η βελτιωμένη έκδοση του Azureus, 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.



5.1 Στατιστικά μεταφόρτωσης/αναφόρτωσης του Azureus



5.2 Σχεδιάγραμμα peers

6. Προετοιμασία δικτύου

6.1 Προετοιμασία δικτύου πλατφόρμας DVB-T εν όψει 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:

6.1.1 Πακέτα και απώλεια πακέτων[32]

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 δευτερολέπτων 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' αυτό 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.

6.1.2 Παραμετροποίηση για βελτιστοποίηση επιδόσεων

/proc/sys/net/ipv4/* μεταβλητές:

ip_forward

(BOOLEAN)

0 - disabled (default)

not 0 - enabled

Προωθεί 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 ενδιαμέσης μνήμης αποστολής σε TCP υποδοχή.

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

Ποσότητα επιτρεπόμενης μνήμης της ενδιαμέσης 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

Διάνυσμα τριών ακεραίων:

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'.

7. Πειραματική διαδικασία

7.1 Περιγραφή Πειραματικής Διαδικασίας

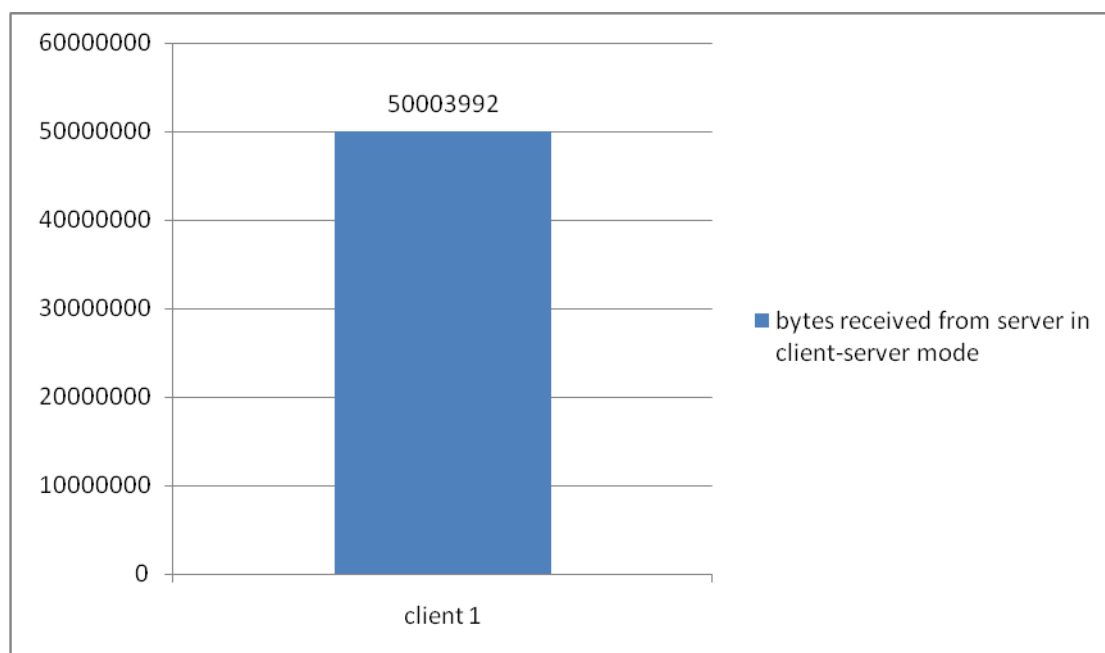
Στην ενότητα αυτή θα γίνει μια περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας που θα ακολουθηθεί μέσω κάποιων σεναρίων, κάθε ένα από τα οποία θα καλύψει συγκεκριμένες περιπτώσεις δικτυακής κίνησης. Σκοπός είναι να παρατηρηθεί η συμπεριφορά του δικτύου και να αξιολογηθεί η επίδοση του από την μέτρηση κάποιων χαρακτηριστικών που επηρεάζουν την ποιότητα των υπηρεσιών. Σαν στόχος τέθηκε η επαλήθευση της εξής υποθέσεως: Δεδομένου ότι το κατερχόμενο κανάλι DVB-T το οποίο χρησιμοποιείται για αναμετάδοση των δεδομένων προς το δίκτυο πρόσβασης των χρηστών (μέσω του CMN 2) έχει συγκεκριμένο εύρος, θεωρήσαμε ότι με την ενσωμάτωση τεχνολογίας διομοτίμων δικτύων στον εξυπηρετητή και στα τερματικά των χρηστών θα μπορούσαμε να ελαττώσουμε το ποσοστό χρησιμοποίησης του κατερχόμενου καναλιού DVB-T ενώ παράλληλα θα αξιοποιούσαμε τα ανερχόμενα κανάλια των ADSL συνδέσεων των χρηστών που παρέμεναν σχεδόν ανενεργά. Τα τερματικά των χρηστών δεν θα χρειάζεται πλέον να ζητούν αποκλειστικά από τον εξυπηρετητή αρχεία ή τμήματα αυτών, αλλά θα μπορούν να τα ανταλλάσσουν μεταξύ τους, μέσα στο ίδιο το δίκτυο πρόσβασής τους εφόσον φυσικά τα έχουν ήδη μεταφορτώσει .

Σε πρώτη φάση 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 2 χρήστες ταυτόχρονα, γ) προς 3 χρήστες ταυτόχρονα, δ) προς 4 χρήστες ταυτόχρονα και ε) προς 5 χρήστες ταυτόχρονα. Η κίνηση θα είναι τα δεδομένα αρχείων μεγέθους 50 Megabytes, 75 Megabytes, 150 Megabytes και 300 Megabytes. 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.

Σε δεύτερη φάση 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.

7.2.1 Σενάριο 1ο

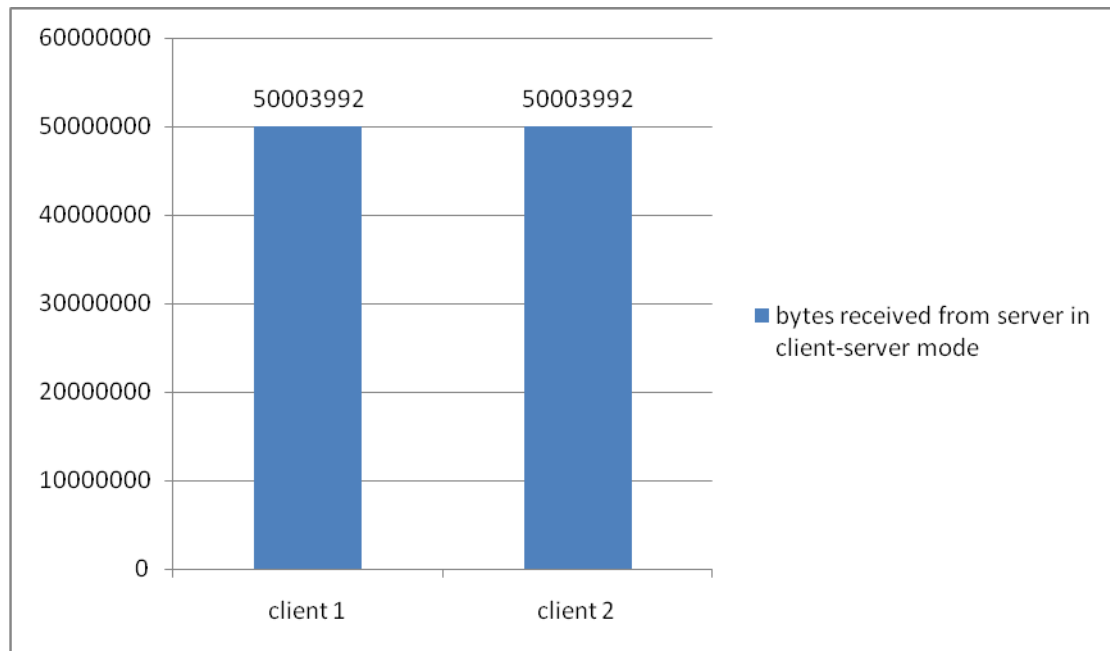
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς έναν χρήστη. Η κίνηση δημιουργείται με το εργαλείο Iperf, είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από ένα αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes (50.000.000 Bytes = 50 Megabytes). Τα πειραματικά δεδομένα της πειραματικής διαδικασίας αποθηκεύονται σε ένα αρχείο με την βοήθεια του εργαλείου Tcpdump. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης παρέλαβε 50.003.992 bytes.



7.1 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode

7.2.2 Σενάριο 2ο

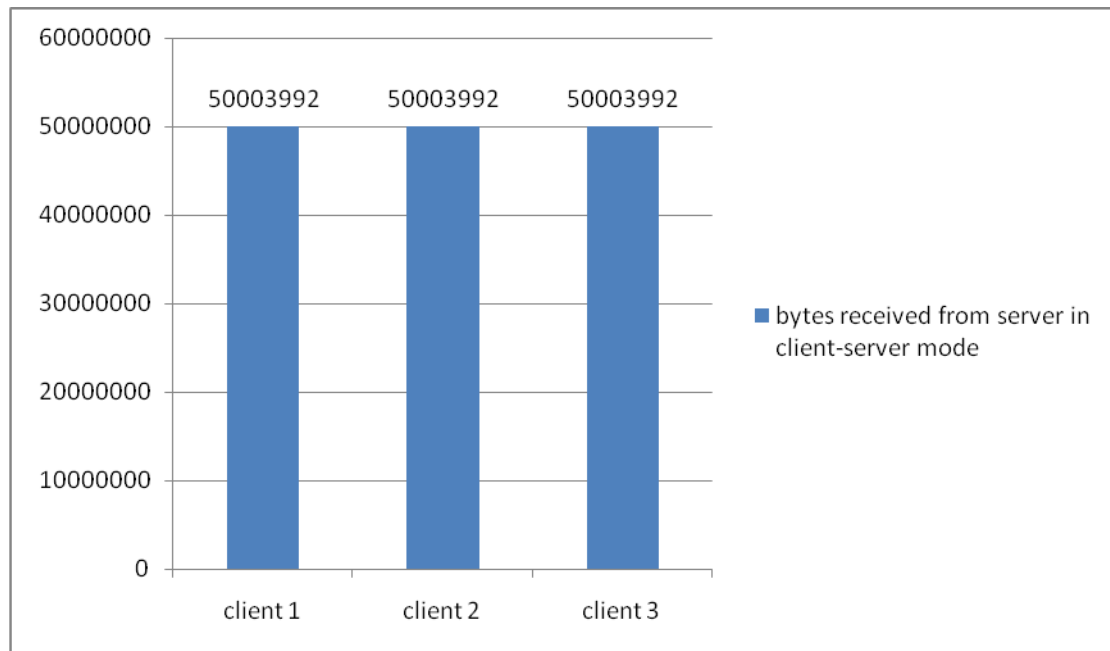
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς δύο χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes, όπως και στο σενάριο 1. . Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1 και 2 παρέλαβαν 50.003.992 bytes ο καθένας.



7.2 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 2 χρήστες

7.2.3 Σενάριο 3ο

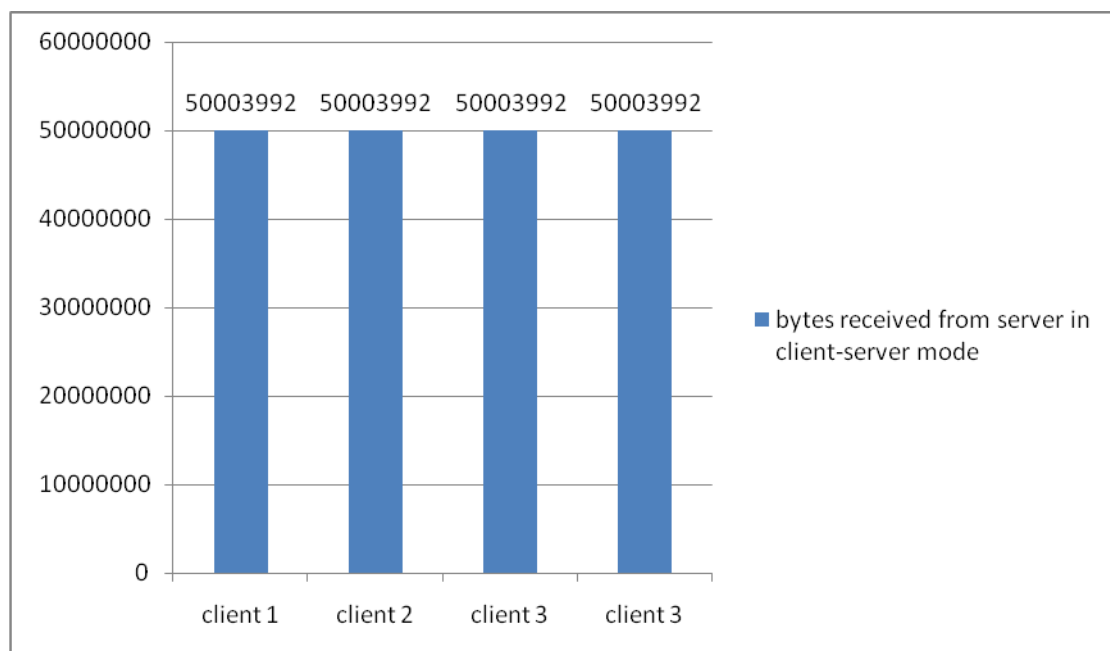
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τρεις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από το ίδιο αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes, όπως και στο σενάριο 1. . Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2 και 3 παρέλαβαν 50.003.992 bytes ο καθένας.



7.3 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 3 χρήστες

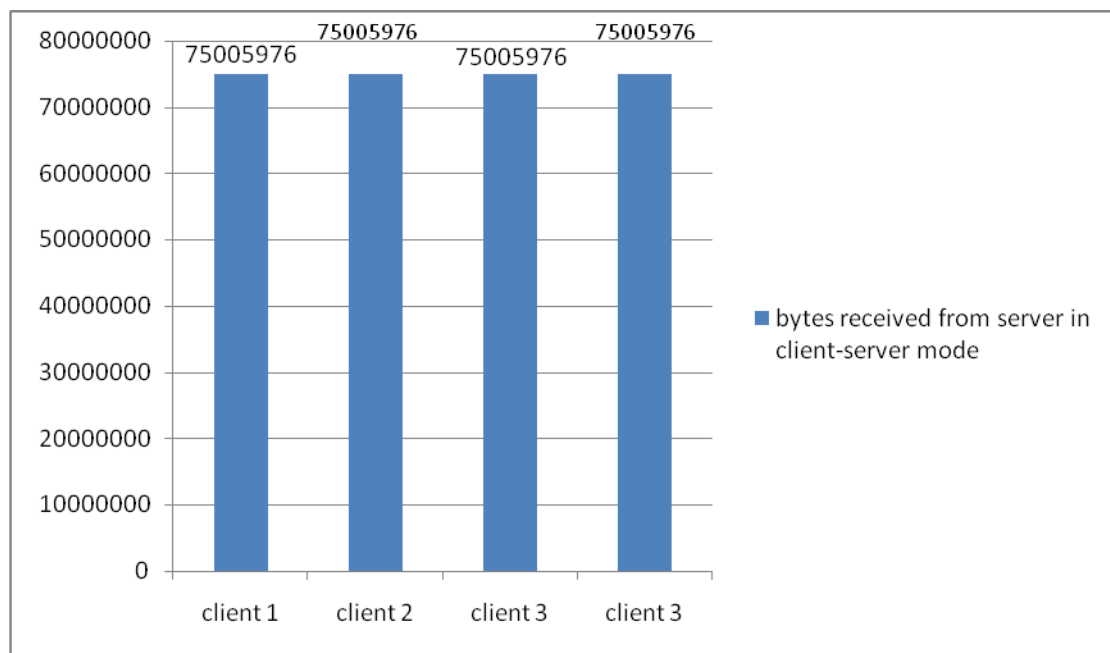
7.2.4 Σενάριο 4ο

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 και 2. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3 και 4 παρέλαβαν 50.003.992 bytes ο καθένας.



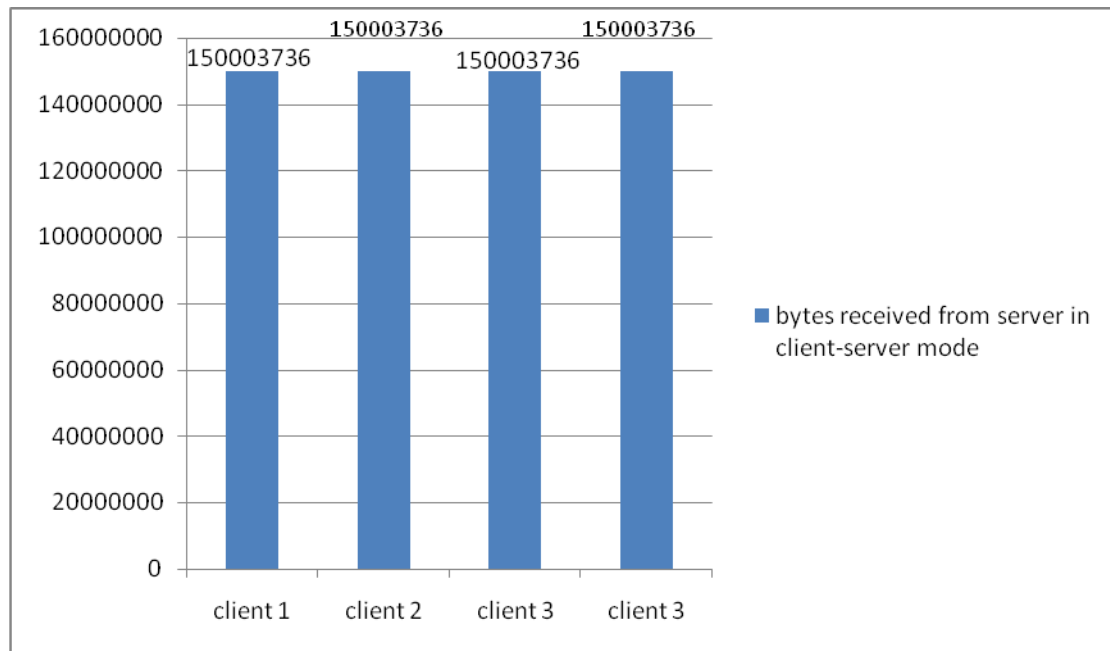
7.4 Received bytes, αρχείο 50 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες

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 αρχείο μεγέθους 75 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3 και 4 παρέλαβαν 75.005.976 bytes ο καθένας.



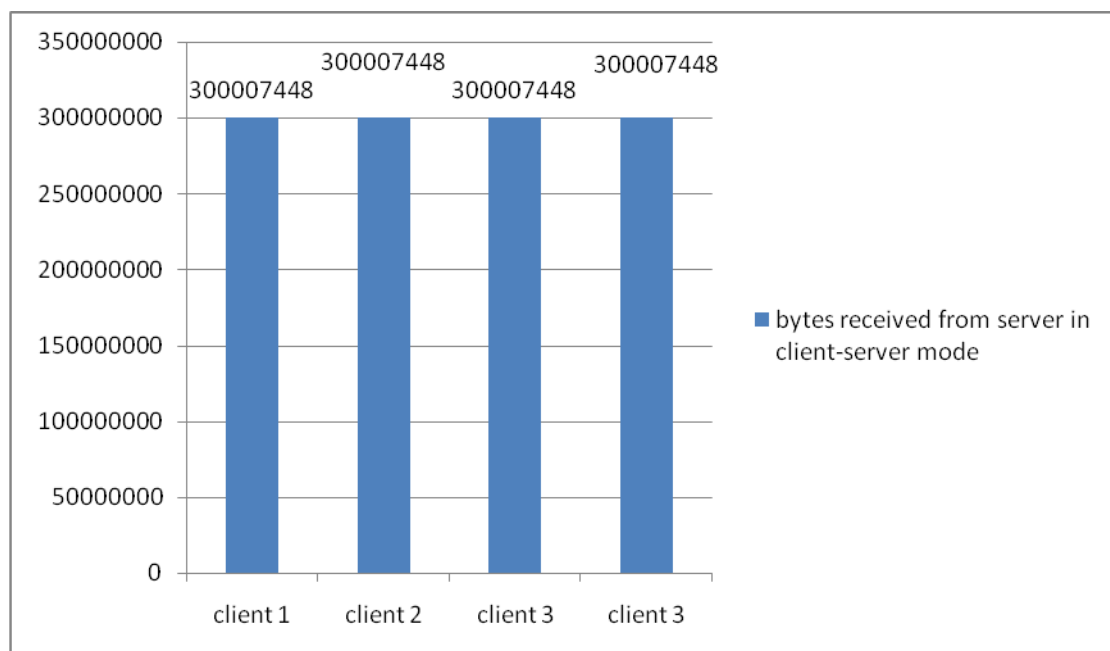
7.5 Received bytes, αρχείο 75 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες

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 αρχείο μεγέθους 150 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3 και 4 παρέλαβαν 150.003.736 bytes ο καθένας.



7.6 Received bytes, αρχείο 150 Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες

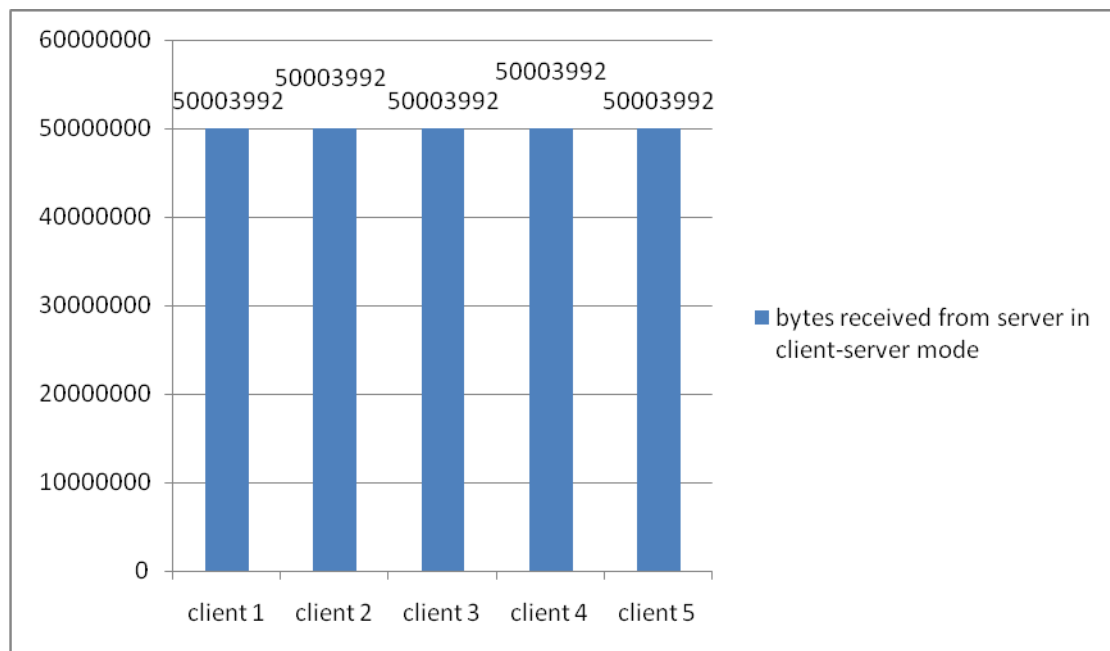
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από αρχείο μεγέθους 300 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3 και 4 παρέλαβαν 300.007.448 bytes ο καθένας.



7.7 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, c-s mode με 4 χρήστες

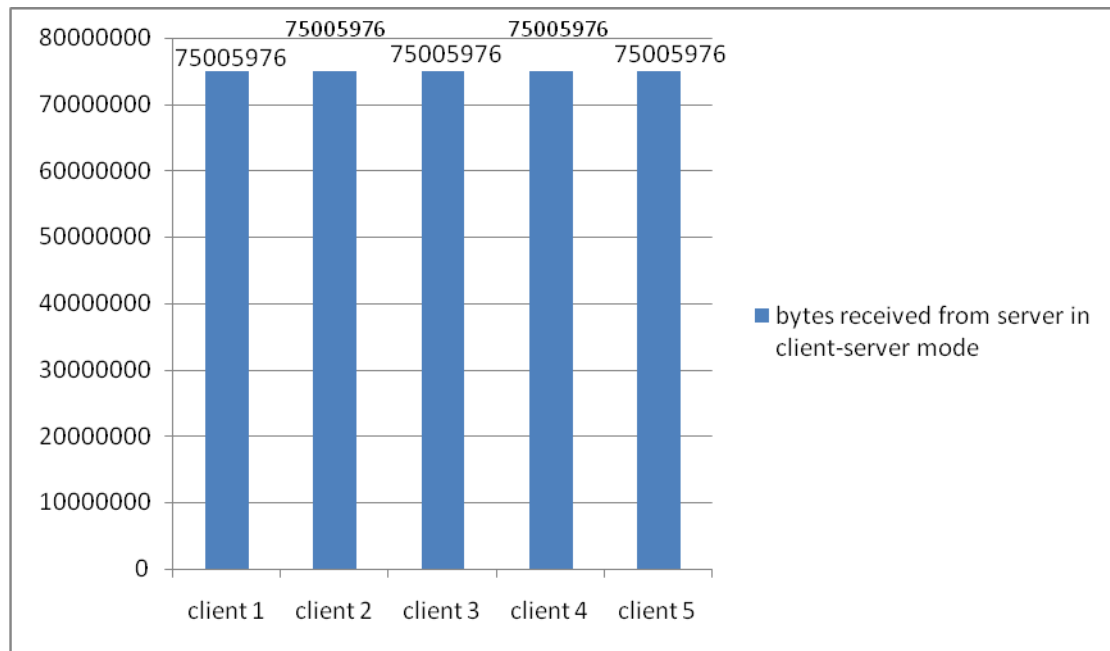
7.2.5 Σενάριο 5ο

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, όπως και στα σενάρια 1 και 2. . Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3,4 και 5 παρέλαβαν 50.003.992 bytes ο καθένας.



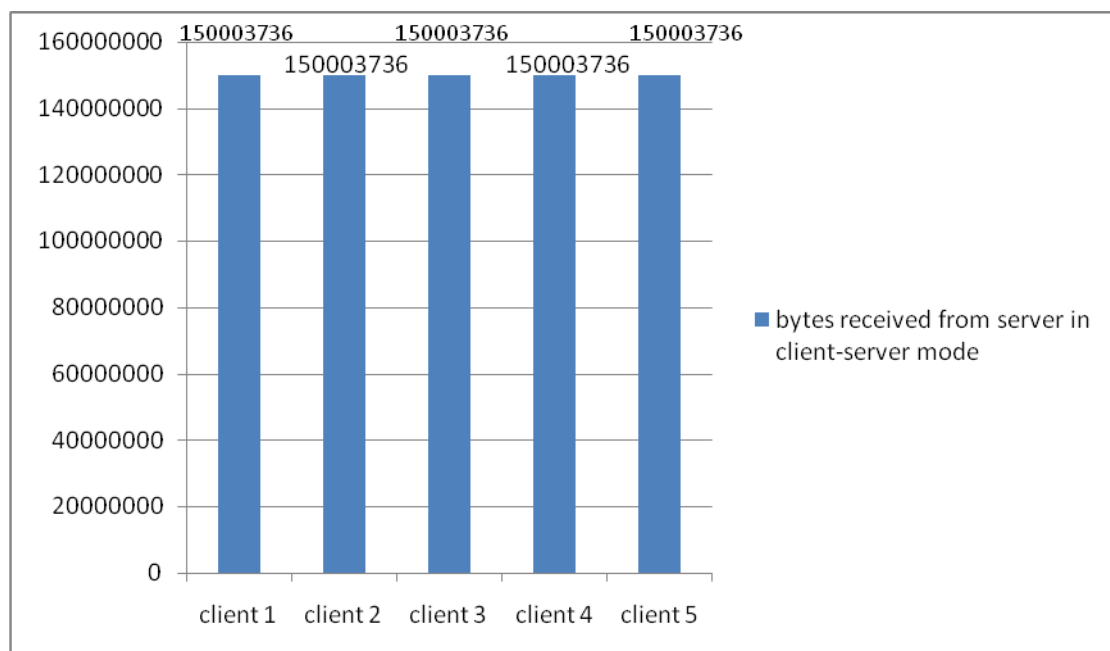
7.8 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες

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 αρχείο μεγέθους 75 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3,4 και 5 παρέλαβαν 75.005.976 bytes ο καθένας.



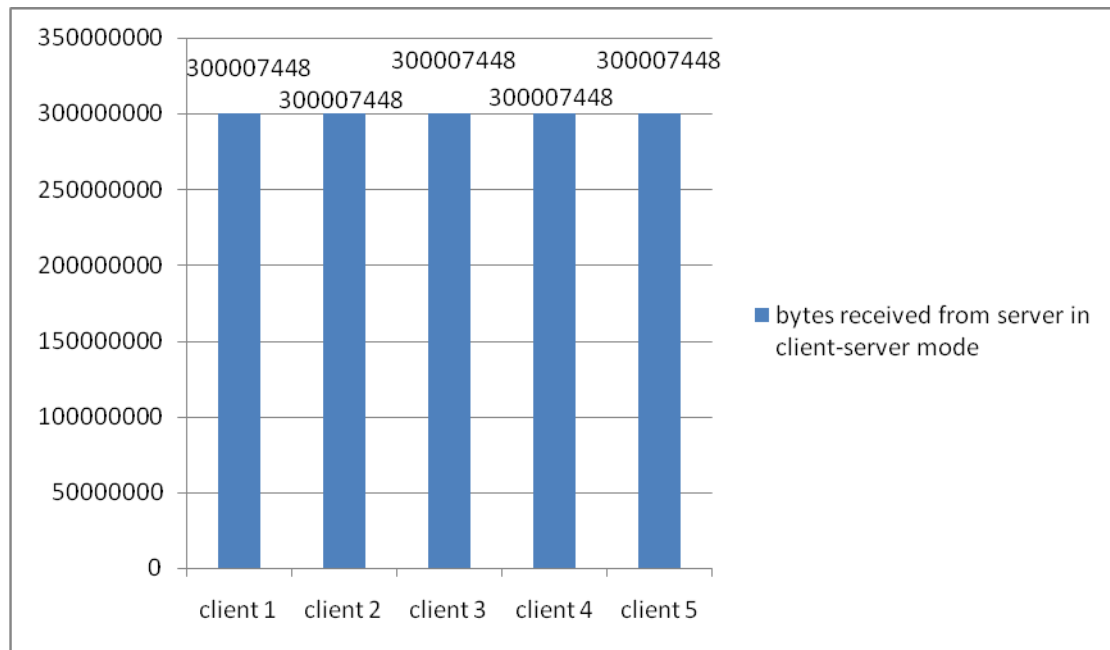
7.9 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες

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 αρχείο μεγέθους 150 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3,4 και 5 παρέλαβαν 150.003.736 bytes ο καθένας.



7.10 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες

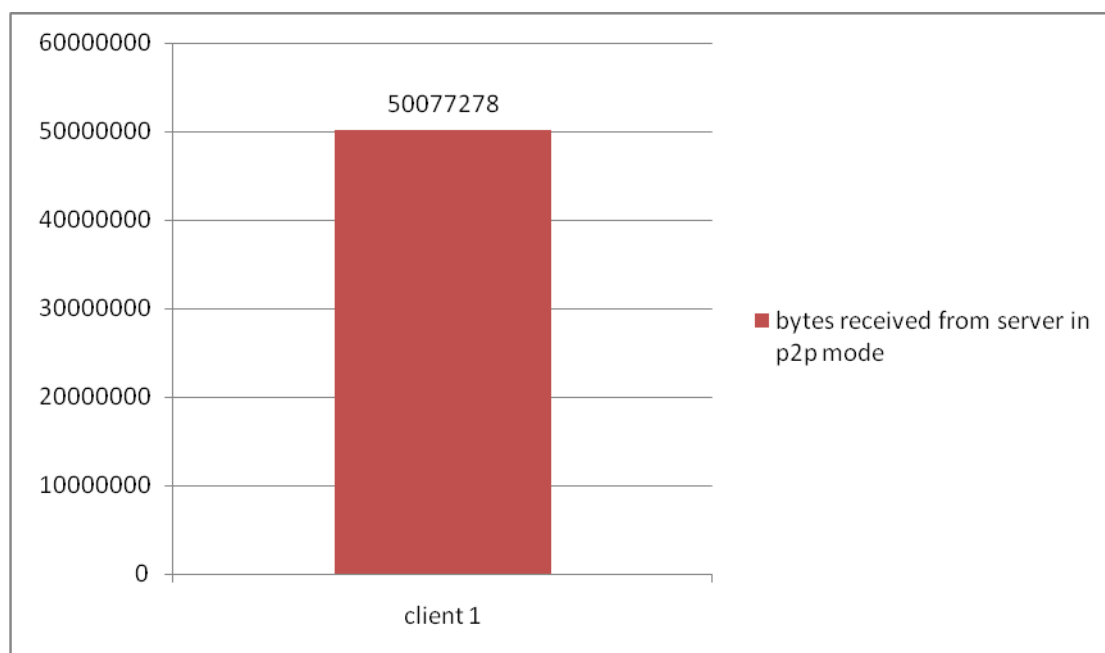
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες, ξεκινώντας την ίδια χρονική στιγμή. Η κίνηση είναι μέγιστης διάρκειας 2000 seconds και τα δεδομένα αντλούνται από αρχείο μεγέθους 300 εκατομμυρίων Bytes. Μετά την ολοκλήρωση της κίνησης και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι οι χρήστες 1,2,3,4 και 5 παρέλαβαν 300.007.448 bytes ο καθένας.



7.11 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, c-s mode με 5 χρήστες

7.3.1 Σενάριο 1ο

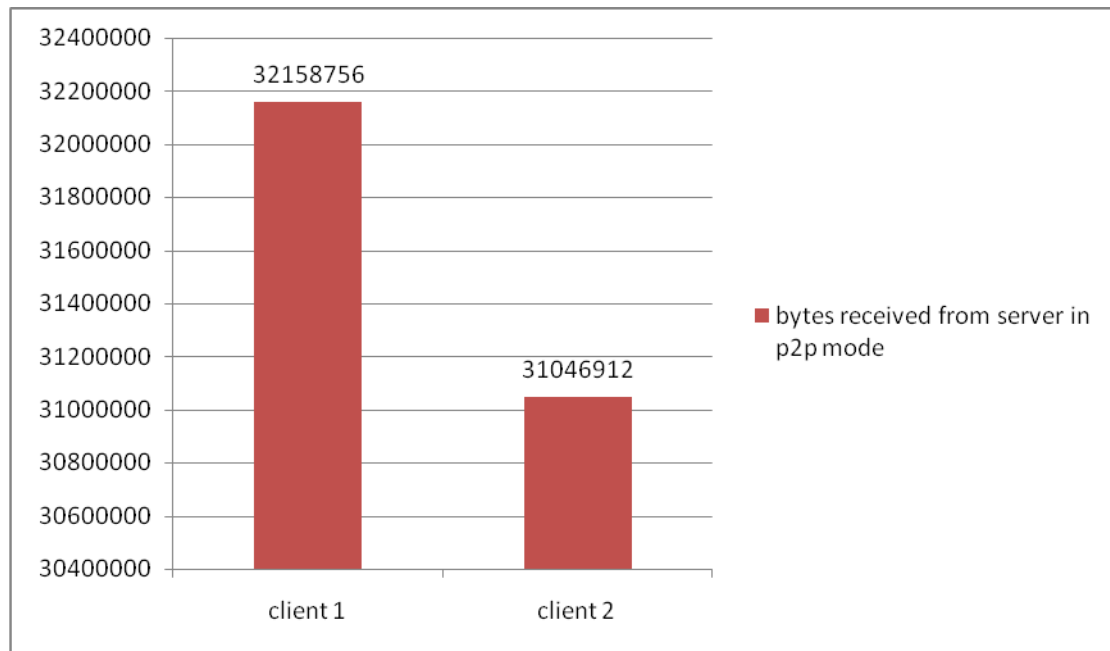
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς έναν χρήστη. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει ένα αρχείο μεγέθους 50 εκατομμυρίων Bytes (50.000.000 Bytes = 50 Megabytes). Το αρχείο είναι το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις σε client – server mode, στα προηγούμενα σενάρια. Τα πειραματικά 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 ο χρήστης παρέλαβε 50.077.278 bytes.



7.12 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode

7.3.2 Σενάριο 2ο

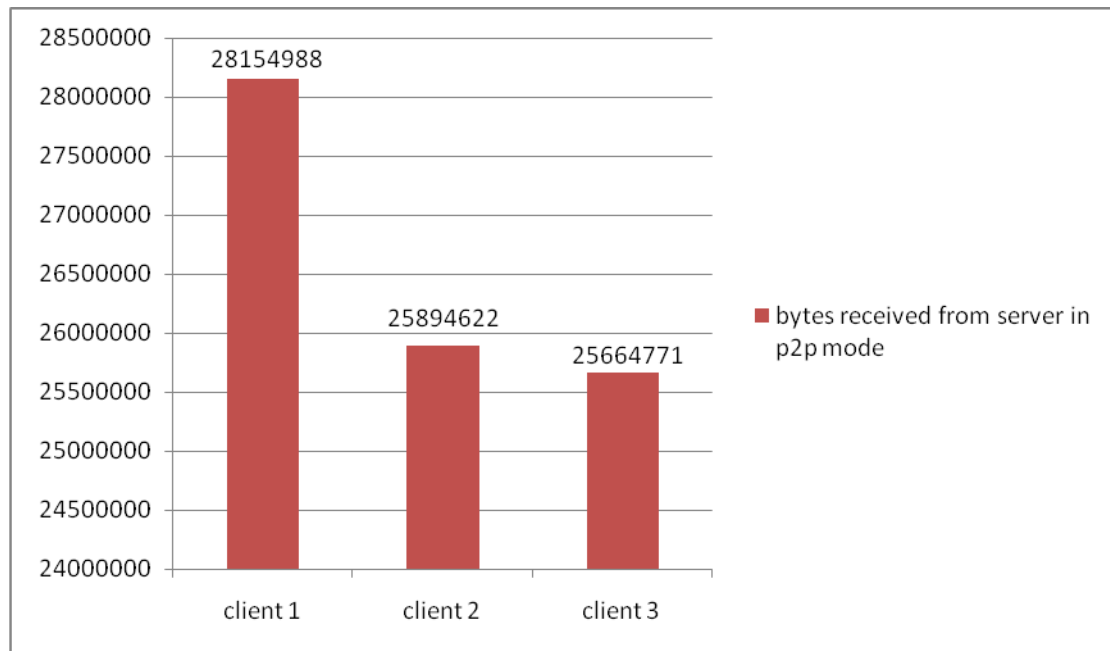
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς δύο χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι δύο χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 2 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 32.158.756 bytes και ο χρήστης 2 παρέλαβε 31.046.912 bytes.



7.13 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 2 χρήστες

7.3.3 Σενάριο 3ο

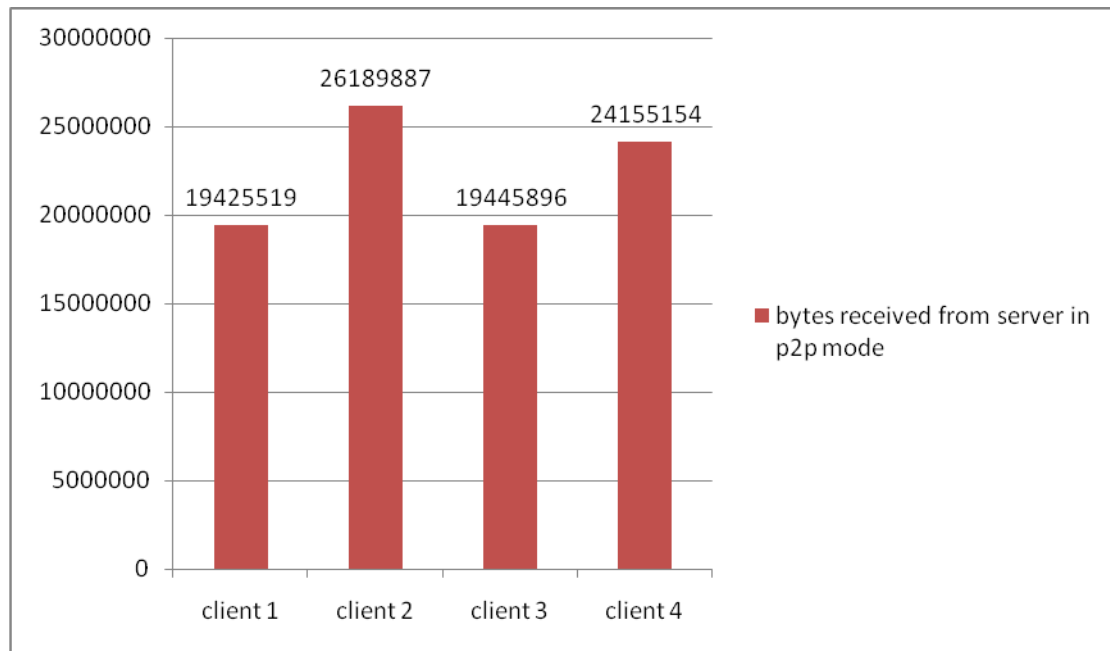
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τρεις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει το αρχείο μεγέθους 50 Megabytes και οι τρεις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 3 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 28.154.988 bytes, ο χρήστης 2 25.894.622 bytes και ο χρήστης 3 παρέλαβε 25.664.771 bytes.



7.14 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 3 χρήστες

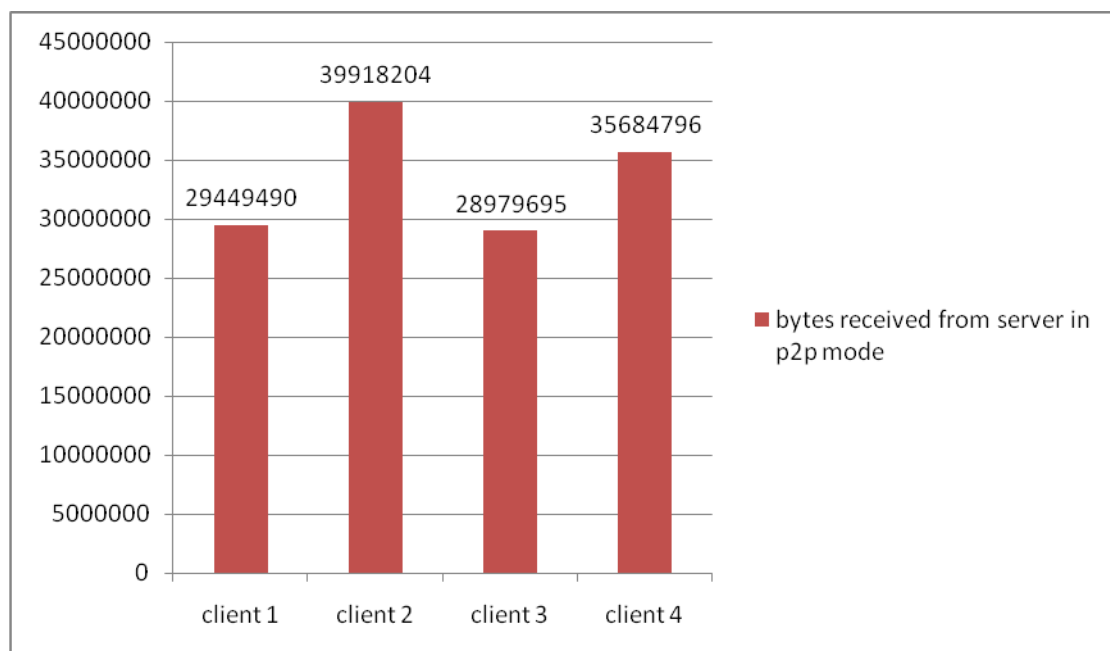
7.3.4 Σενάριο 4ο

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 μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 19.425.519 bytes, ο χρήστης 2 26.189.887 bytes, ο χρήστης 3 19.445.896 bytes και ο χρήστης 4 24.155.154 bytes.



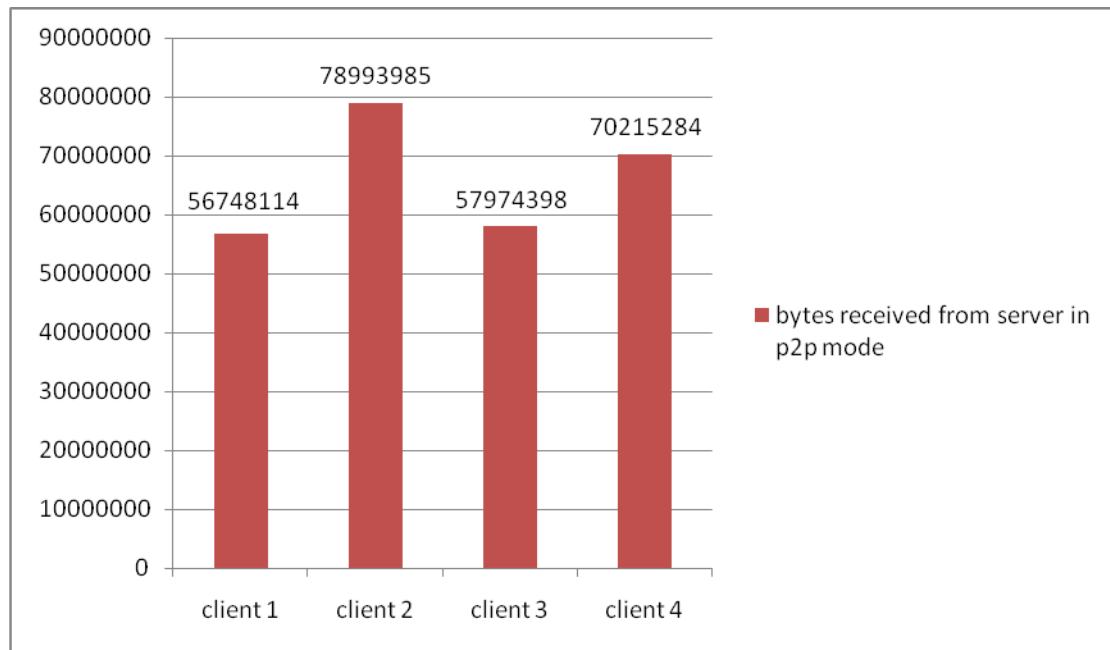
7.15 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 75 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 29.449.490 bytes, ο χρήστης 2 39.918.204 bytes, ο χρήστης 3 28.979.695 bytes και ο χρήστης 4 35.684.796 bytes.



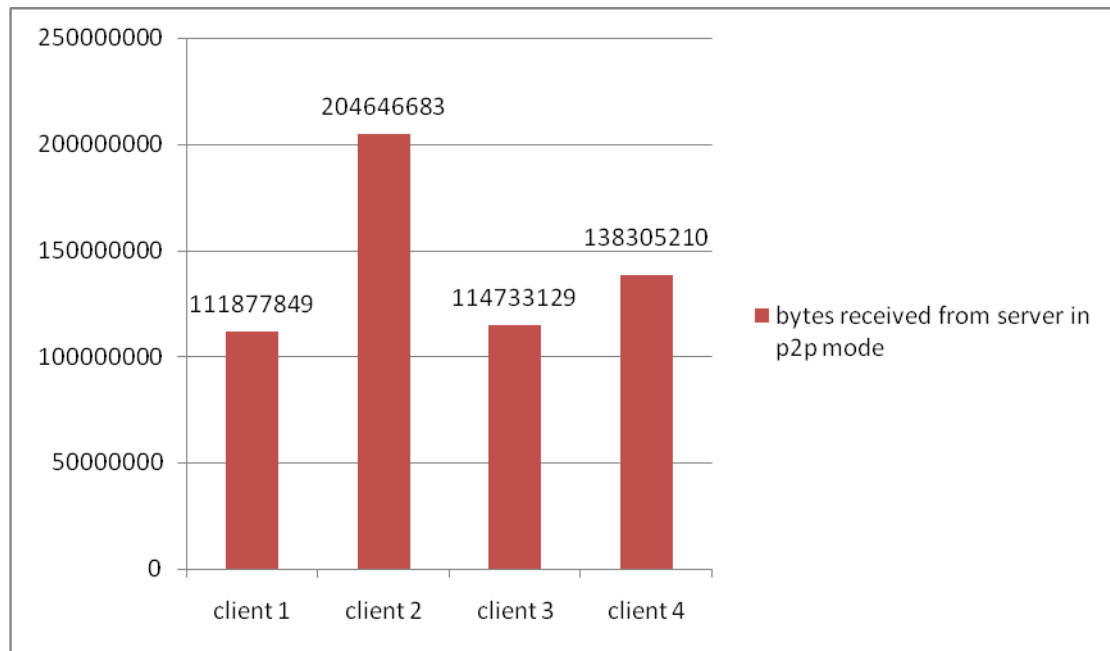
7.16 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 150 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 56.748.114 bytes, ο χρήστης 2 78.993.985 bytes, ο χρήστης 3 57.974.398 bytes και ο χρήστης 4 70.215.284 bytes.



7.17 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες

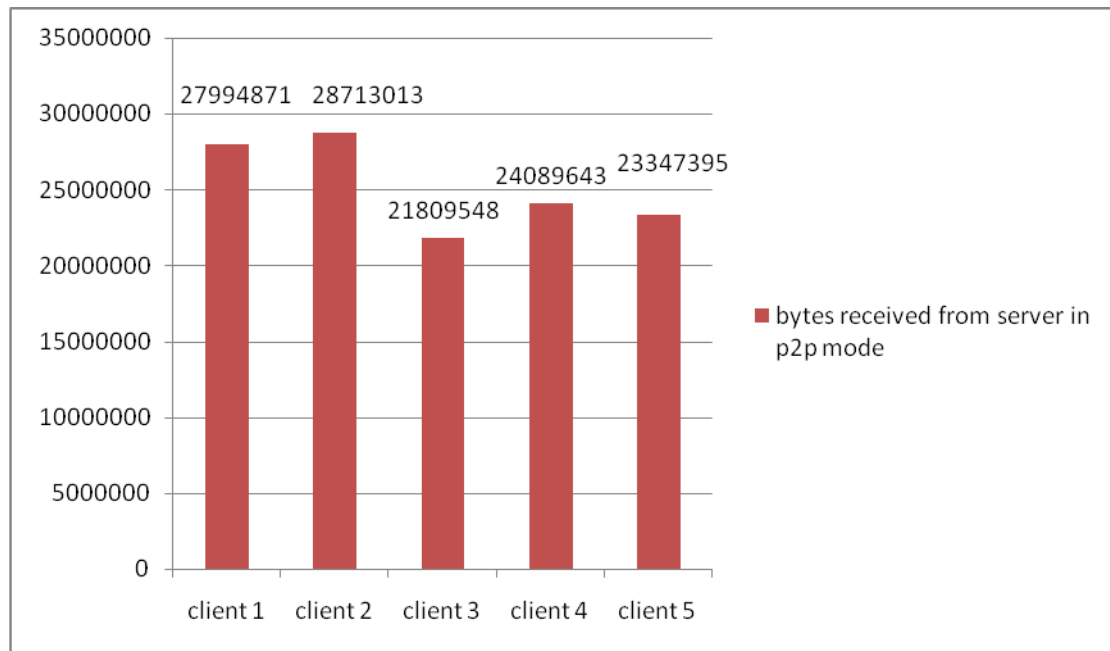
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς τέσσερις χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 300 Megabytes και οι τέσσερις χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 4 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 111.877.849 bytes, ο χρήστης 2 204.646.683 bytes, ο χρήστης 3 114.733.129 bytes και ο χρήστης 4 138.305.210 bytes.



7.18 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, p2p mode με 4 χρήστες

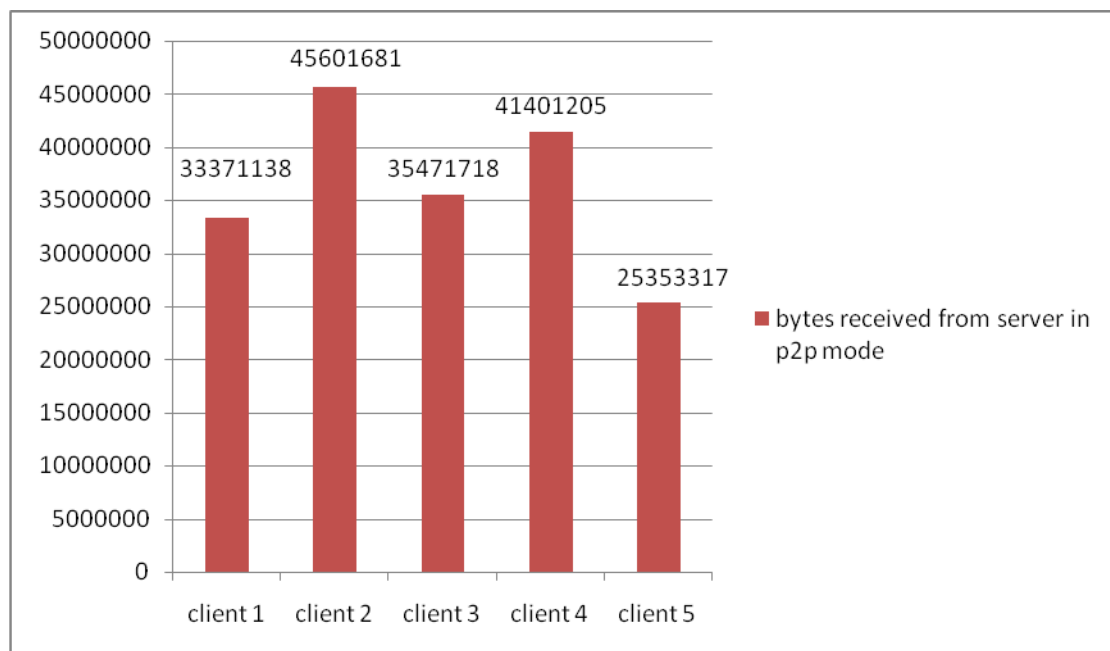
7.3.5 Σενάριο 5ο

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 μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 27.994.871 bytes, ο χρήστης 2 28.713.013 bytes, ο χρήστης 3 21.809.548 bytes, ο χρήστης 4 24.089.643 bytes και ο χρήστης 5 παρέλαβε 23.347.395 bytes .



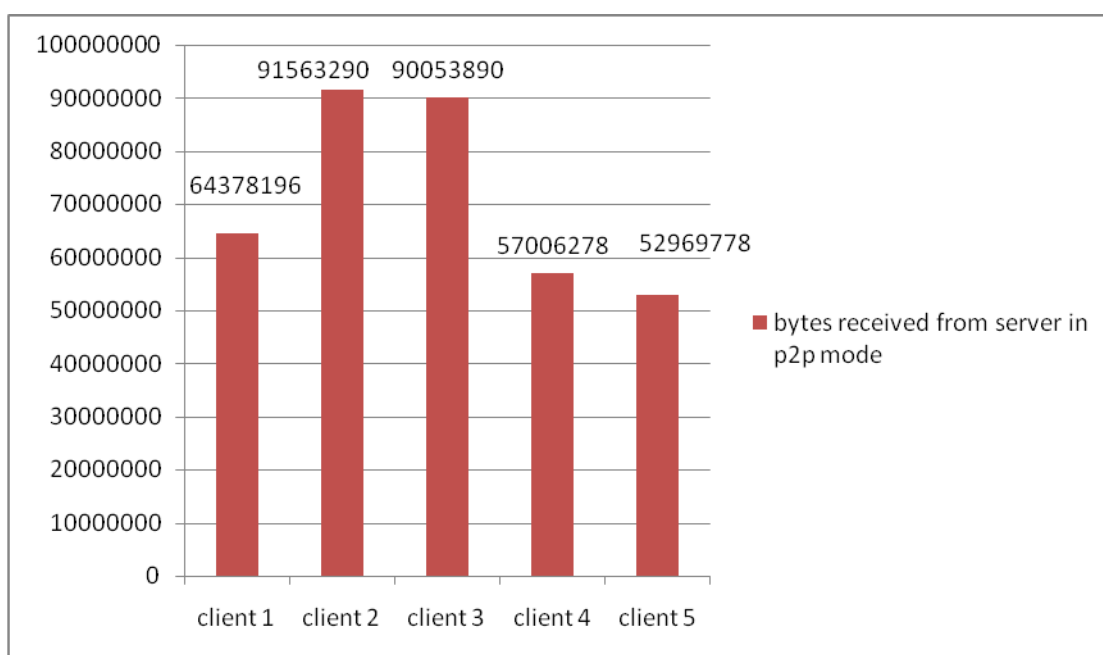
7.19 Received bytes, αρχείο 50Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 75 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 33.371.138 bytes, ο χρήστης 2 45.601.681 bytes, ο χρήστης 3 35.471.718 bytes, ο χρήστης 4 41.401.205 bytes και ο χρήστης 5 παρέλαβε 25.353.317 bytes .



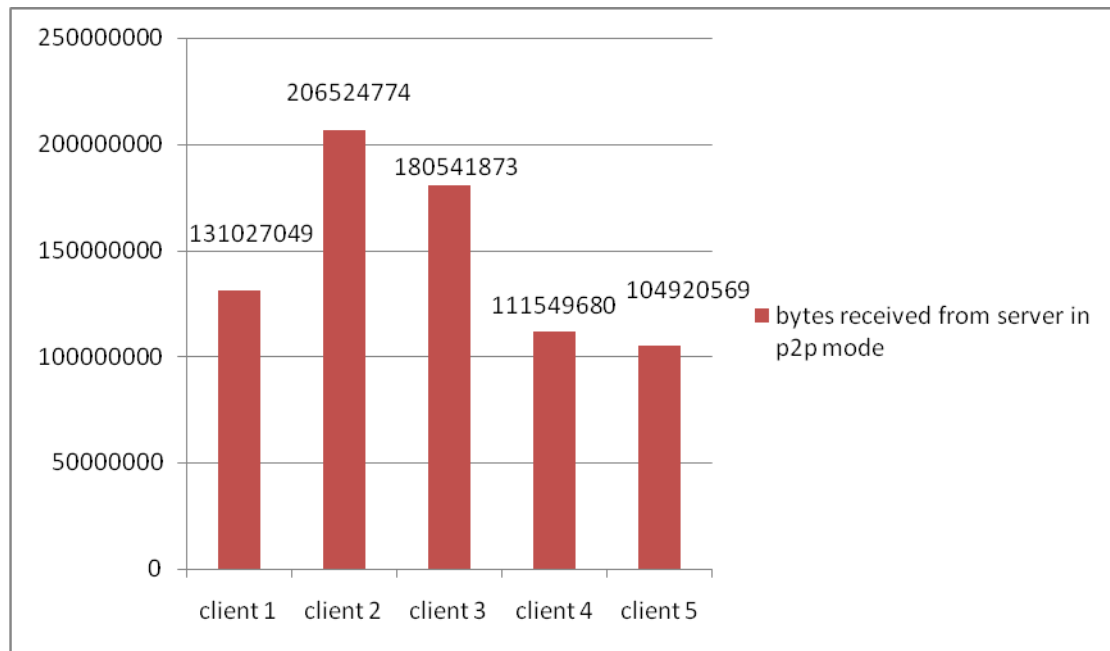
7.20 Received bytes, αρχείο 75Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες

Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 150 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 64.378.196 bytes, ο χρήστης 2 91.563.290 bytes, ο χρήστης 3 90.053.890 bytes, ο χρήστης 4 57.006.278 bytes και ο χρήστης 5 παρέλαβε 52.969.778 bytes .



7.21 Received bytes, αρχείο 150Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες

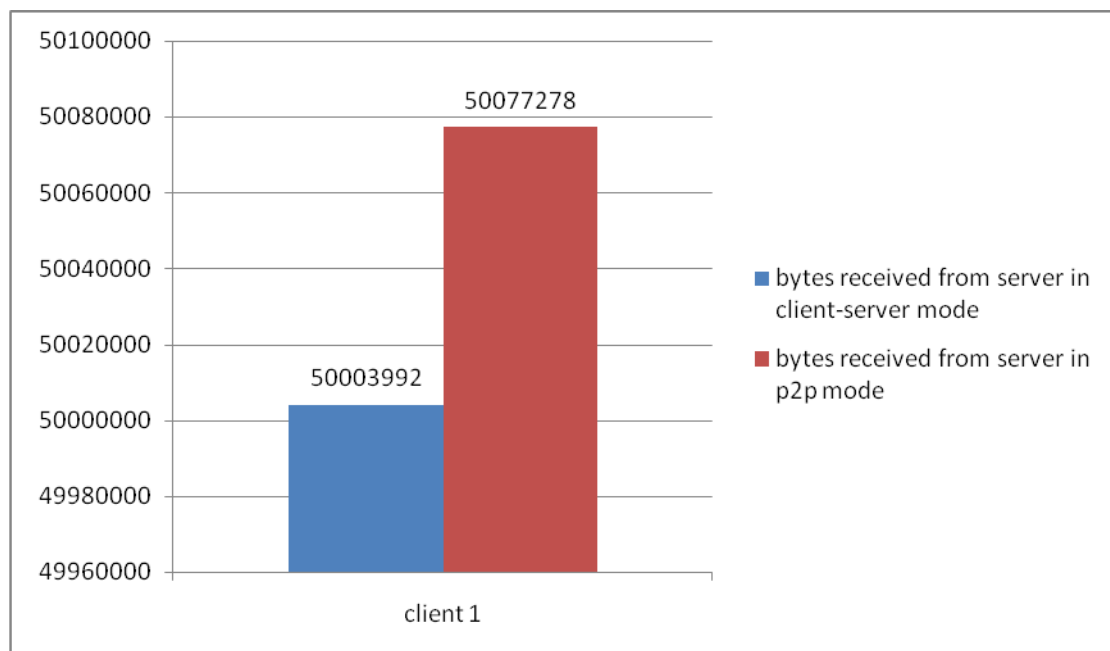
Δημιουργία κίνησης από τον εξυπηρετητή δεδομένων προς πέντε χρήστες. Ο εξυπηρετητής διαμοιράζει αρχείο μεγέθους 150 Megabytes και οι πέντε χρήστες ξεκινούν την ίδια χρονική στιγμή να το μεταφορτώνουν. Μετά την ολοκλήρωση της καταφόρτωσης και στους 5 χρήστες και την ανάλυση των δεδομένων που συλλέξαμε, παρατηρούμε ότι ο χρήστης 1 παρέλαβε 131.027.049 bytes, ο χρήστης 2 206.524.774 bytes, ο χρήστης 3 180.541.873 bytes, ο χρήστης 4 111.549.680 bytes και ο χρήστης 5 παρέλαβε 104.920.569 bytes .



7.22 Received bytes, αρχείο 300Mbytes, p2p mode με 5 χρήστες

7.4 Συγκεντρωτικά

7.4.1 Συγκεντρωτικά σεναρίων με έναν χρήστη



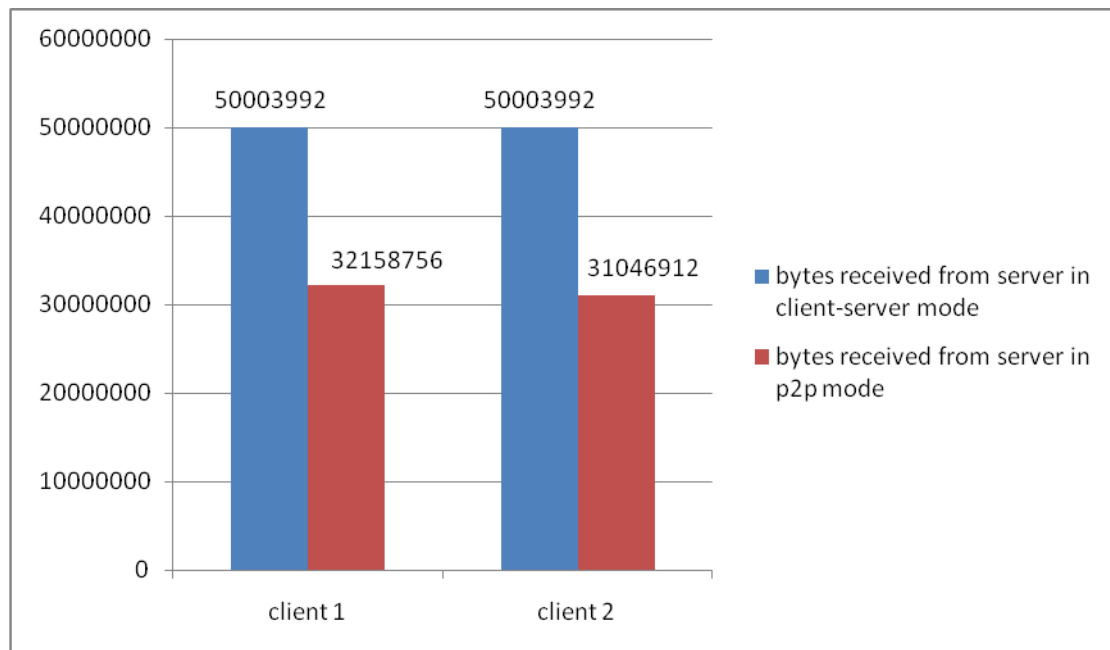
7.23 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σεσάρια με έναν χρήστη

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τον χρήστη σε συνθήκη client – server είναι λιγότερα κατά 0.1% από αυτά που ελήφθησαν από

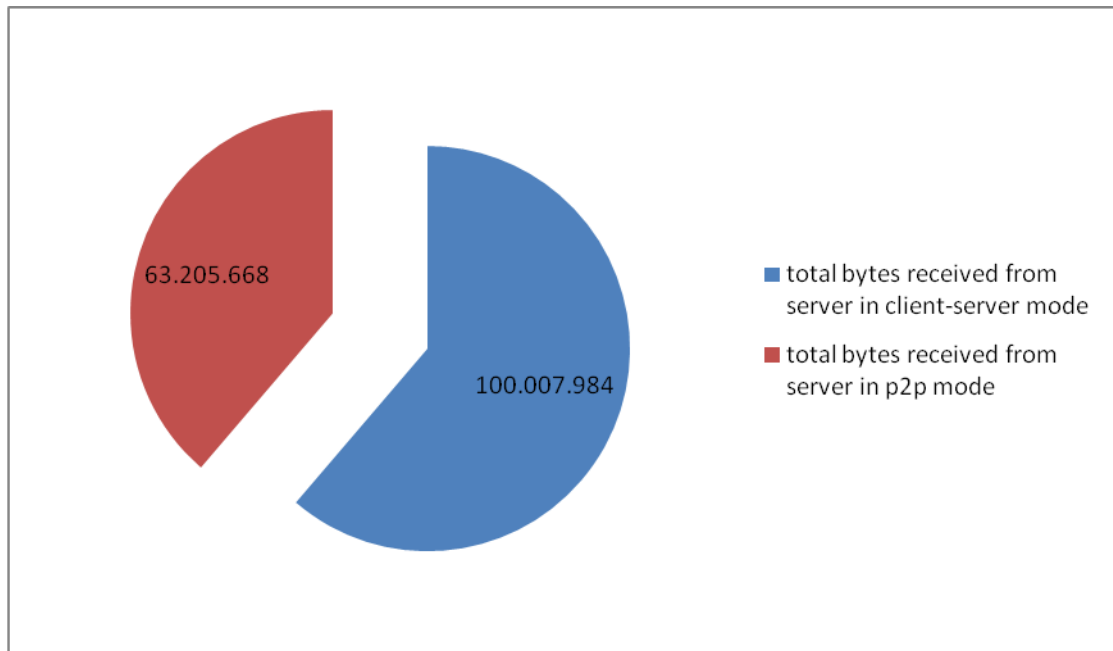
τον χρήστη σε συνθήκη P2P, ποσοστό ανεπαίσθητο, κάτι αναμενόμενο εφόσον ο χρήστης παραλαμβάνει και το 100% του αρχείου απευθείας από τον εξυπηρετητή.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι σε συνθήκη P2P ο λήπτης φαίνεται να λαμβάνει περισσότερα bytes από όσο είναι το μέγεθος του αρχείου των 50 Mbytes(50.003.992). Αυτό συμβαίνει για τον λόγο ότι προσθέτονται τα overheads του πρωτοκόλλου bittorrent (οι επικοινωνίες με τον tracker, DHT, ACK) δηλ. τα σήματα που στέλνει και λαμβάνει το τερματικό του χρήστη ώστε να ξεκινήσει, να ενημερώσει και να τερματίσει τις απαιτούμενες συνδέσεις.

7.4.2 Συγκεντρωτικά σεναρίων με δύο χρήστες



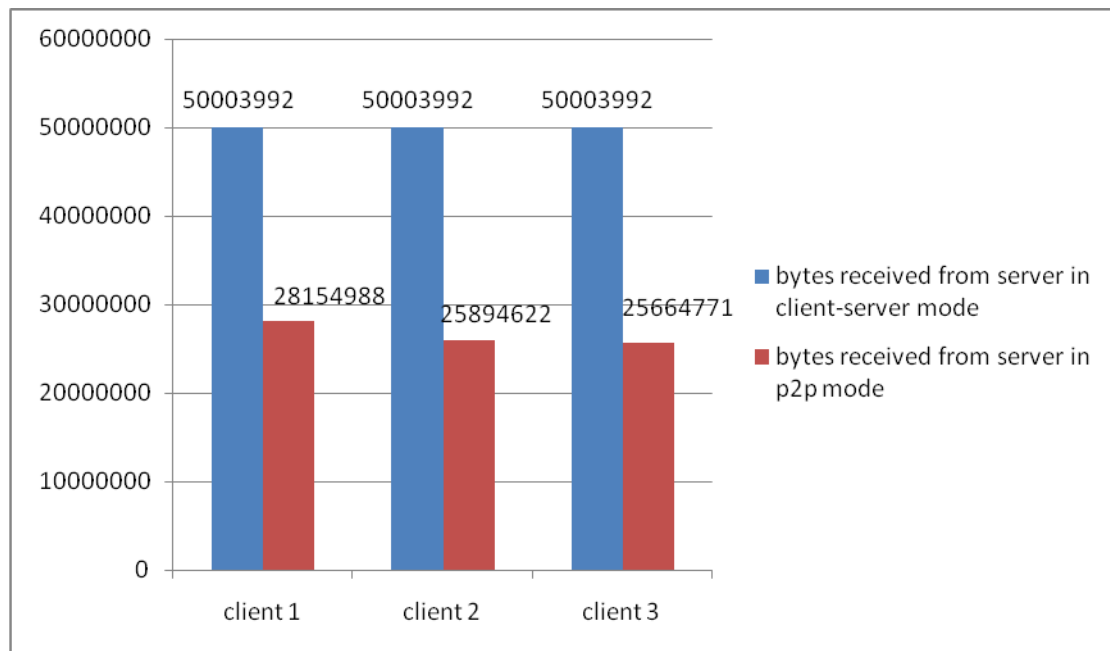
7.24 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σεσάρια με δύο χρήστες



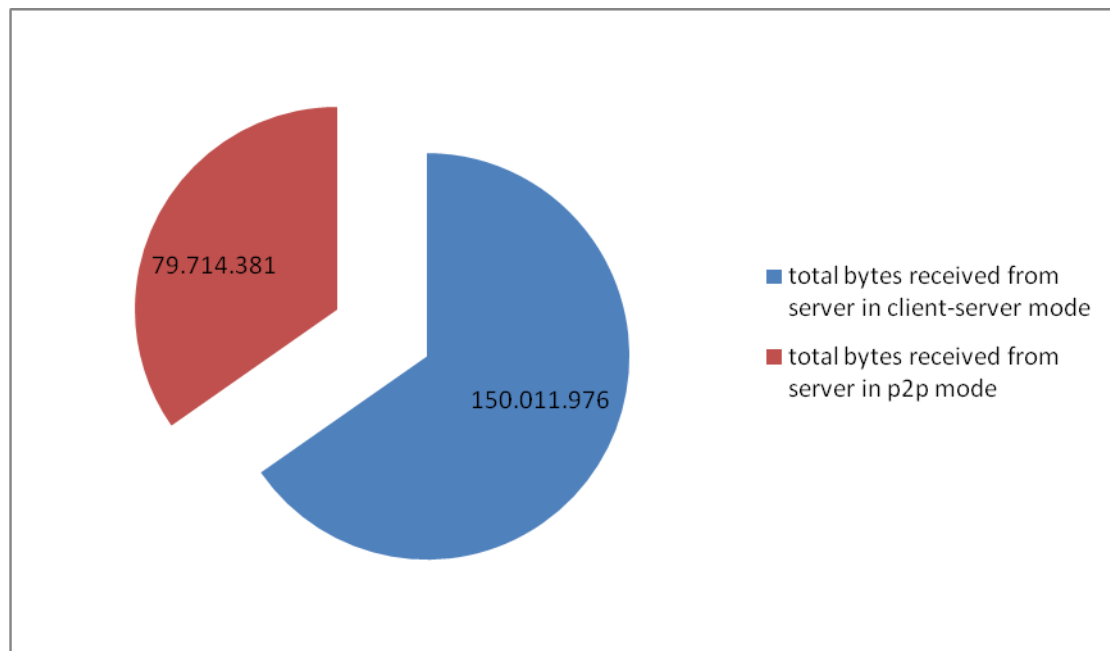
7.25 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με δύο χρήστες

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 37% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P. Ήδη από την ύπαρξη ενός και μόνο επιπλέον χρήστη στο δίκτυο πρόσβασης ο οποίος μεταφορτώνει το ίδιο αρχείο ταυτόχρονα με τον πρώτο παρουσιάζεται αρκετά σημαντική μείωση στην χρησιμοποίηση του κατερχόμενου καναλιού DVB. Τμήματα του αρχείου που αναζητά κάποιος χρήστης μπορεί πλέον να τα προμηθευτεί από έναν άλλο στον οποίο υπάρχουν ήδη μεταφορτωμένα.

7.4.3 Συγκεντρωτικά σεναρίων με τρεις χρήστες



7.26 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τρεις χρήστες

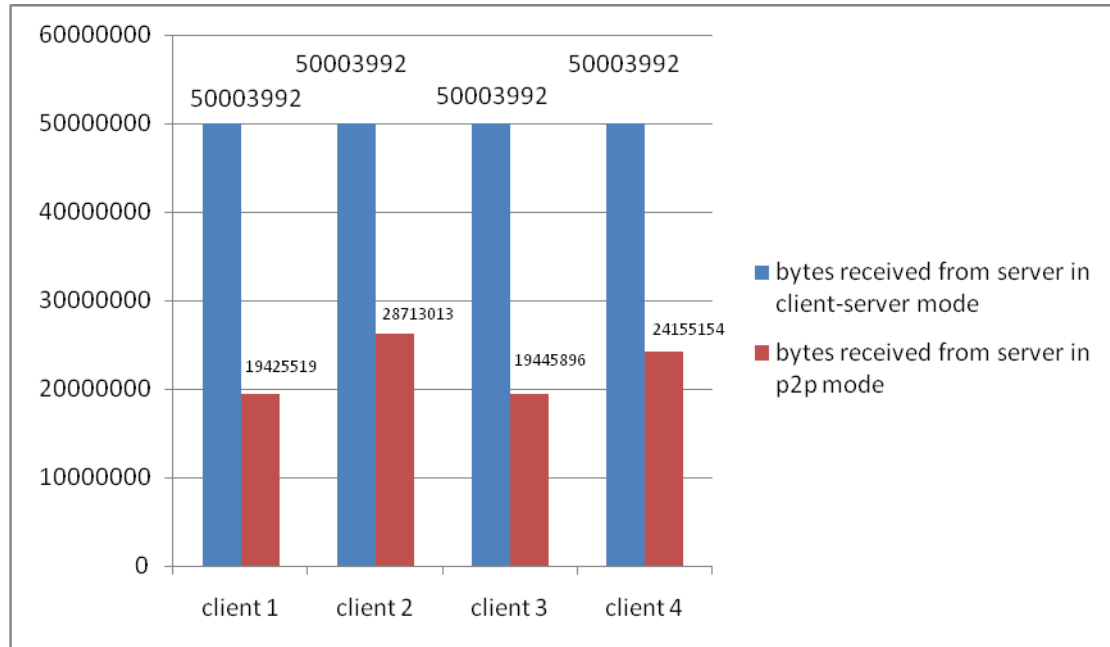


7.27 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τρεις χρήστες

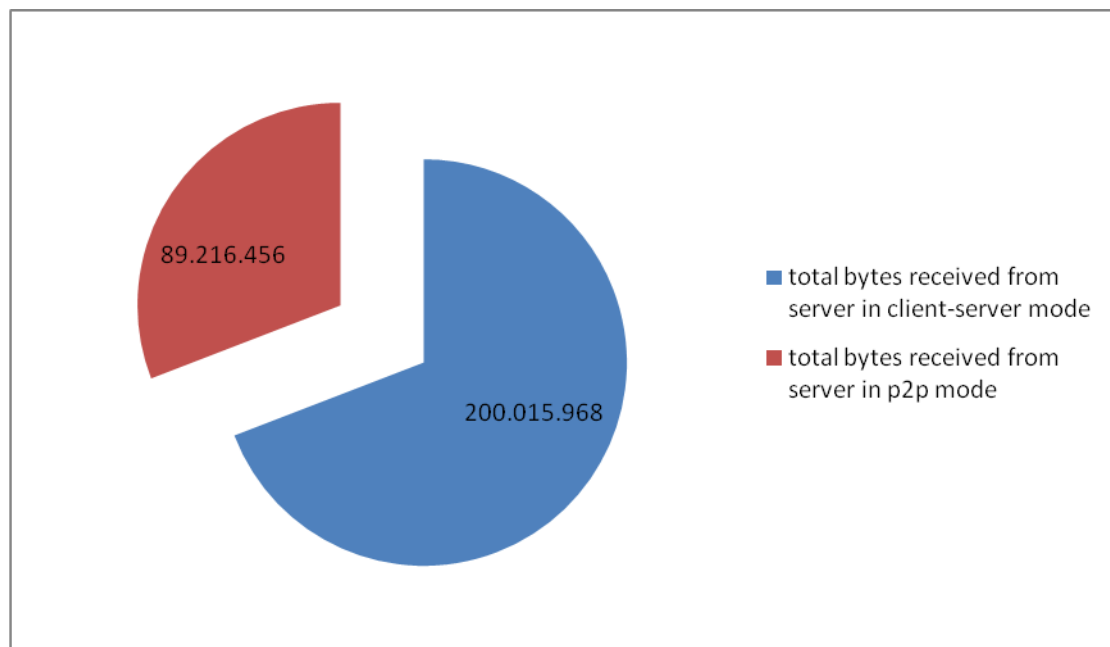
Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 46,9% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

7.4.4 Συγκεντρωτικά σεναρίων με τέσσερις χρήστες

(Αρχείο 50 Megabytes)



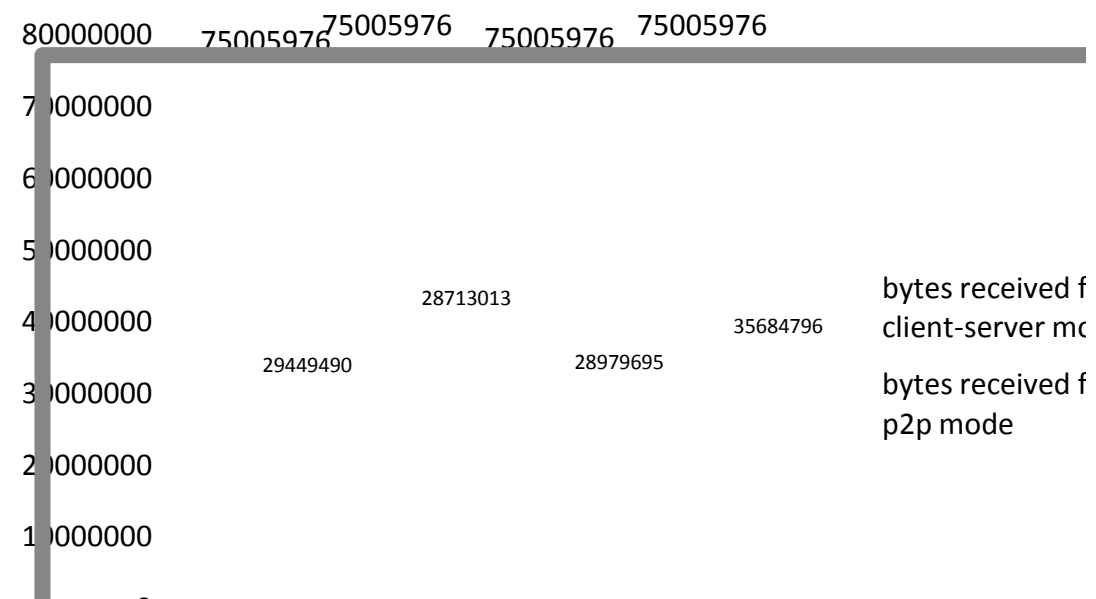
7.28 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 50 Mbytes



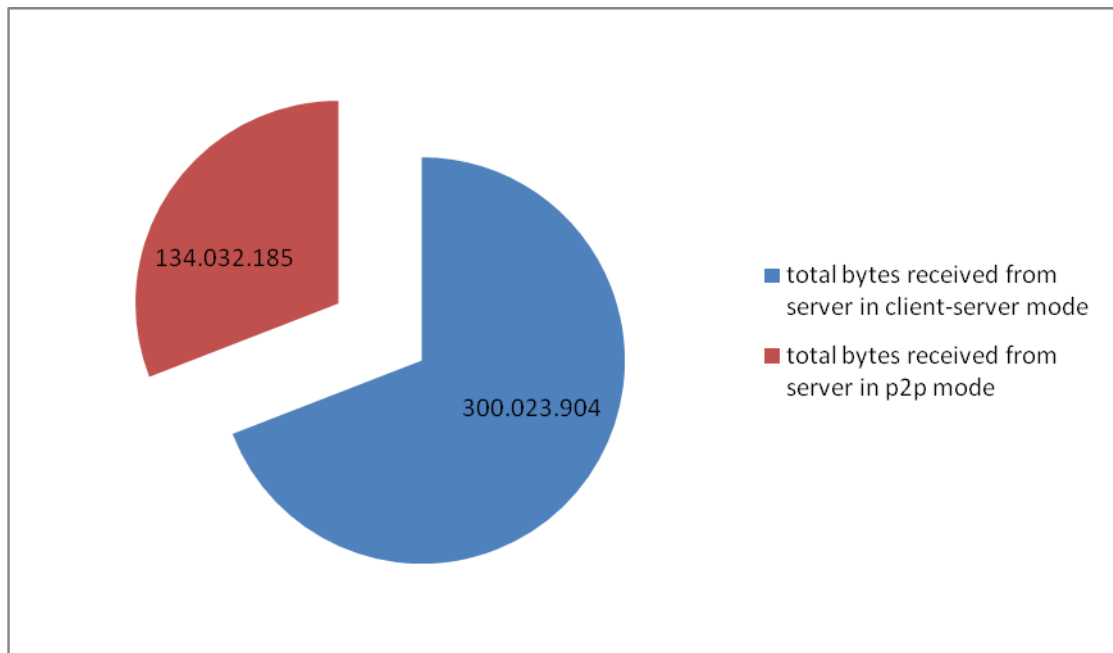
7.29 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 50 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 55,4% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P. Με την προσθήκη τρίτου και τέταρτου χρήστη στο δίκτυο πρόσβασης, τα ληφθέν bytes σε συνθήκη client – server είναι τώρα υπερδιπλάσια σε σχέση με αυτά που ελήφθησαν σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 75 Megabytes)



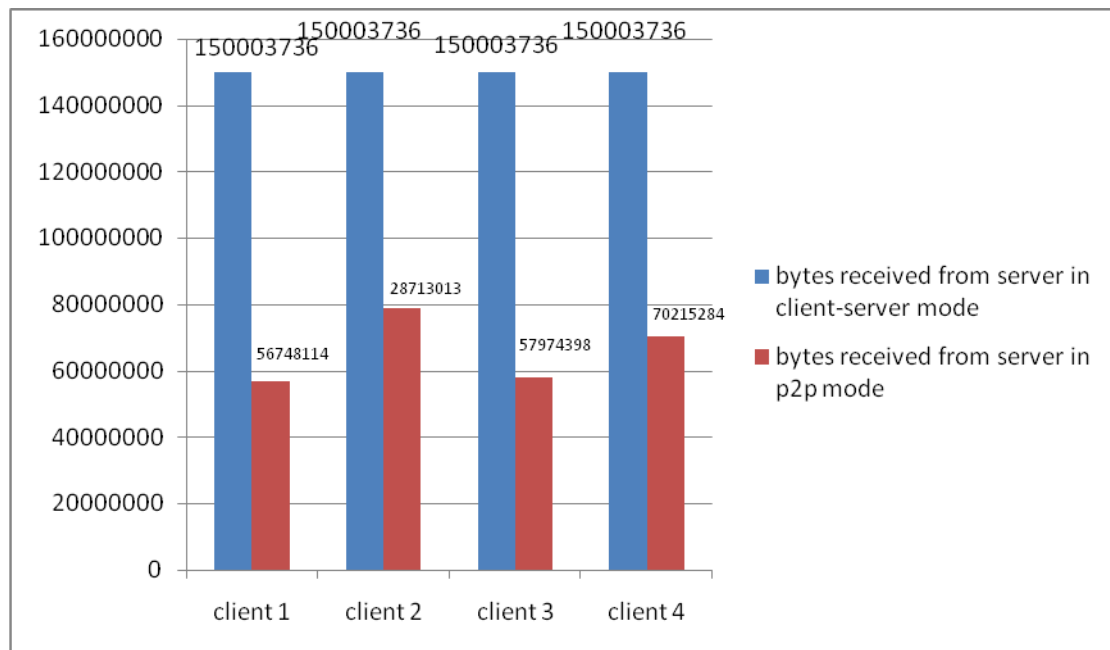
7.30 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 75 Mbytes



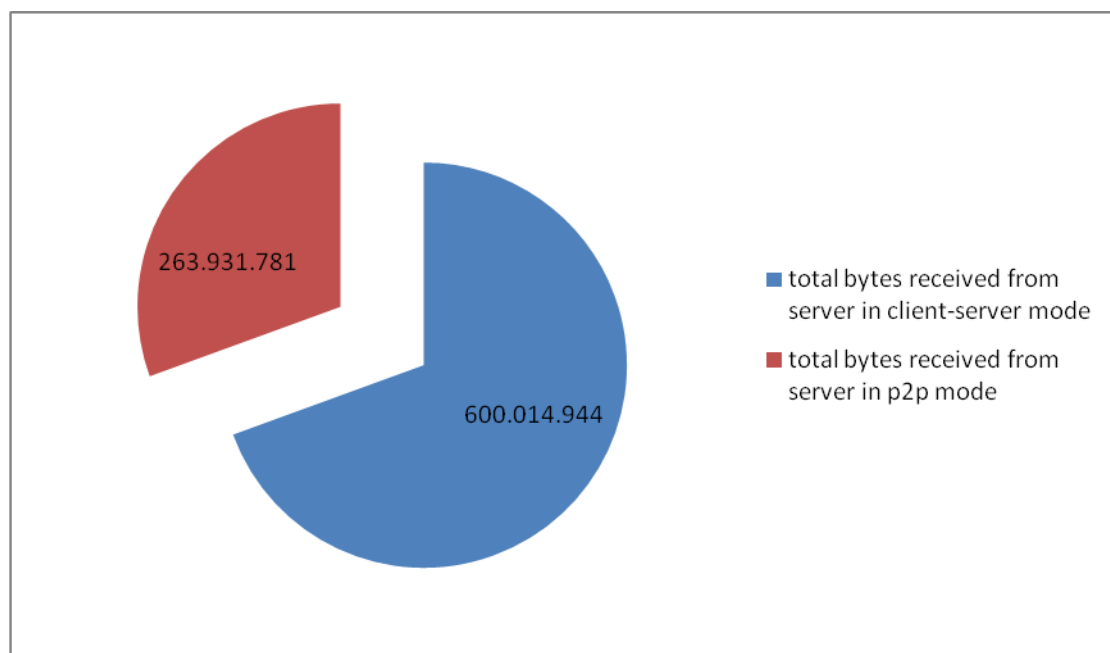
7.31 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 75 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 40% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 150 Megabytes)



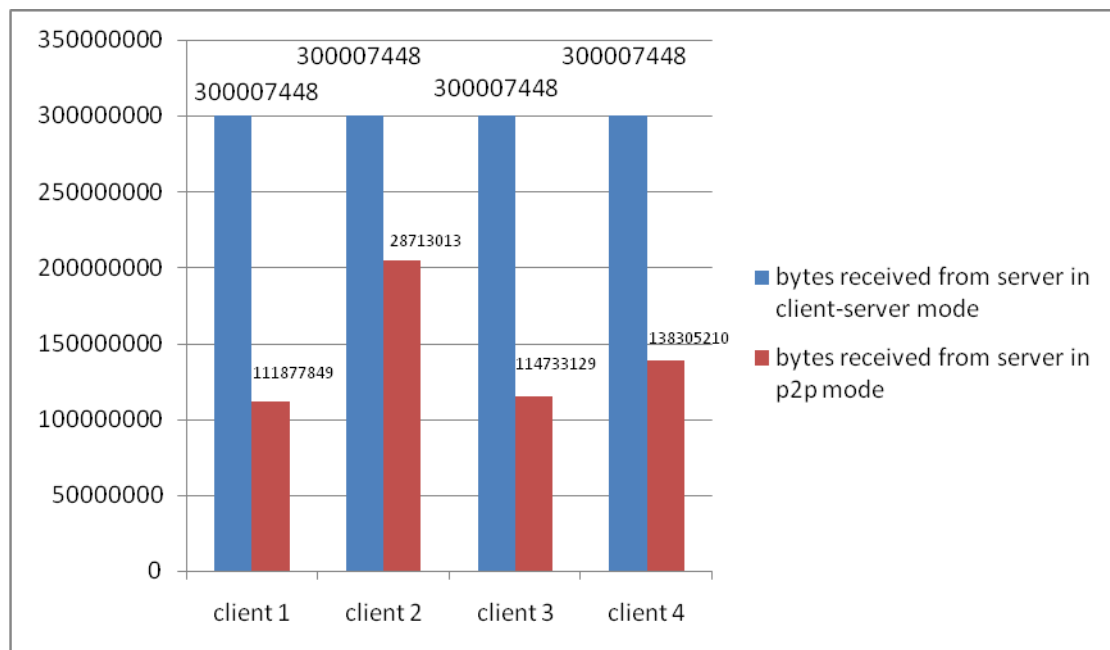
7.32 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 150 Mbytes



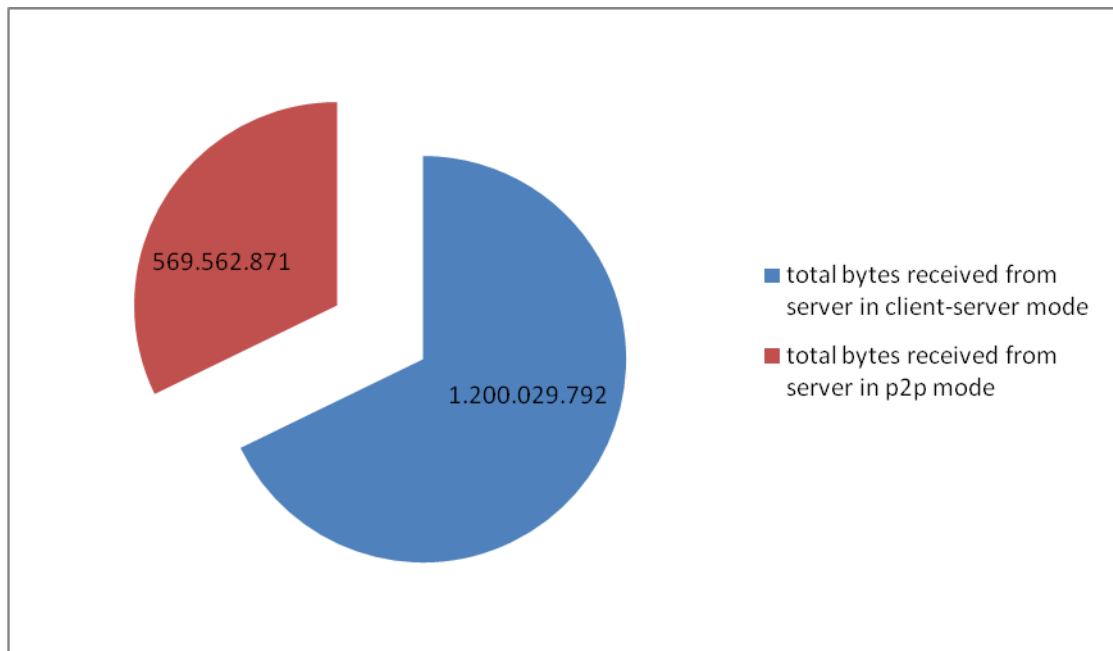
7.33 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 150 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 56% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 300Megabytes)



7.34 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 300 Mbytes

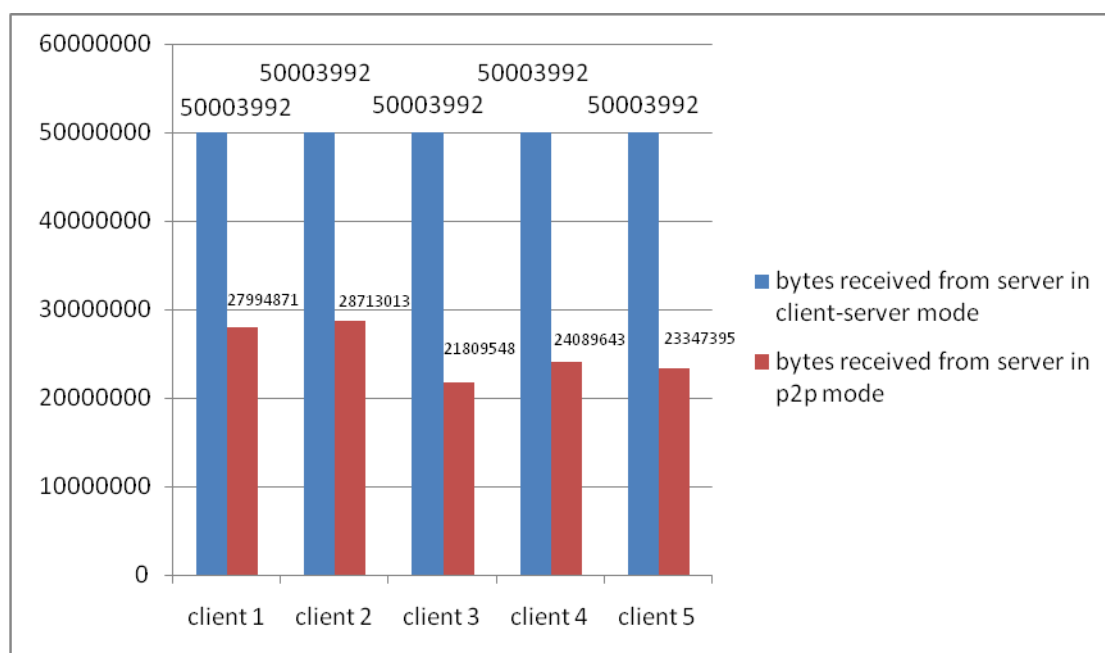


7.35 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με τέσσερις χρήστες, αρχείο 300 Mbytes

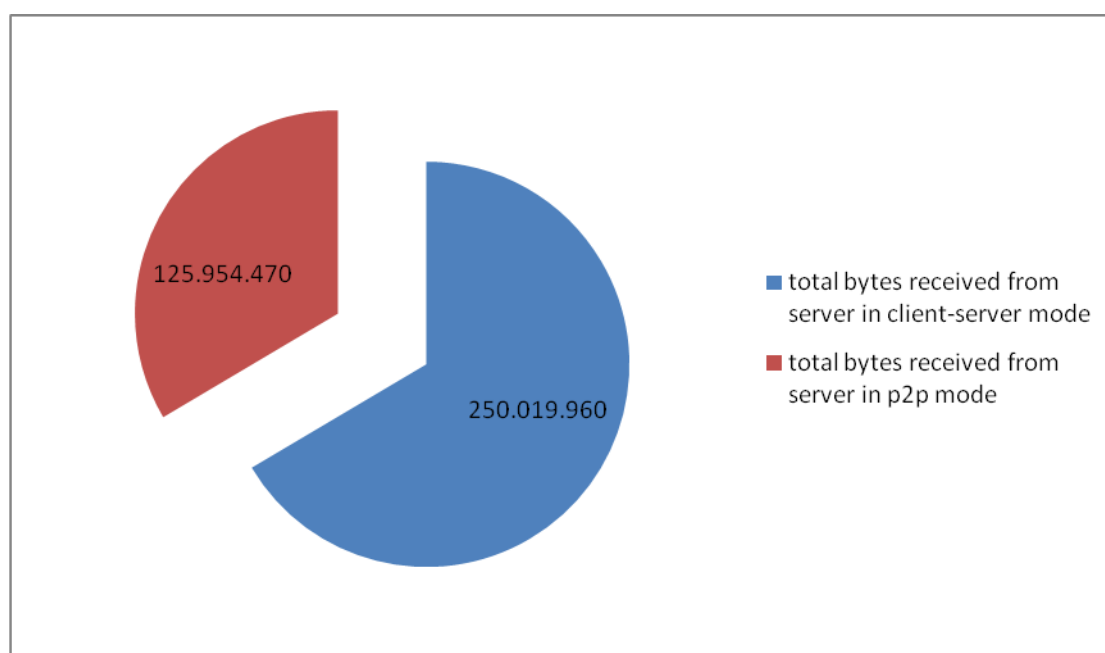
Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τον χρήστη σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 52,6% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

7.4.5 Συγκεντρωτικά σεναρίων με πέντε χρήστες

(Αρχείο 50 Megabytes)



7.36 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 50 Mbytes

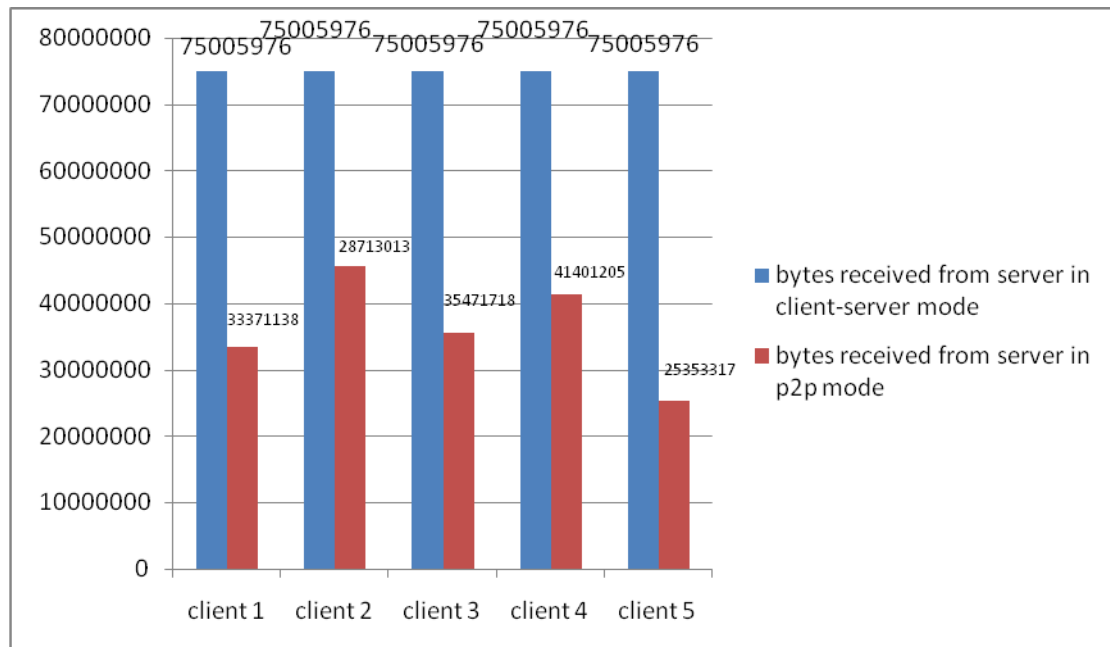


7.37 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 50 Mbytes

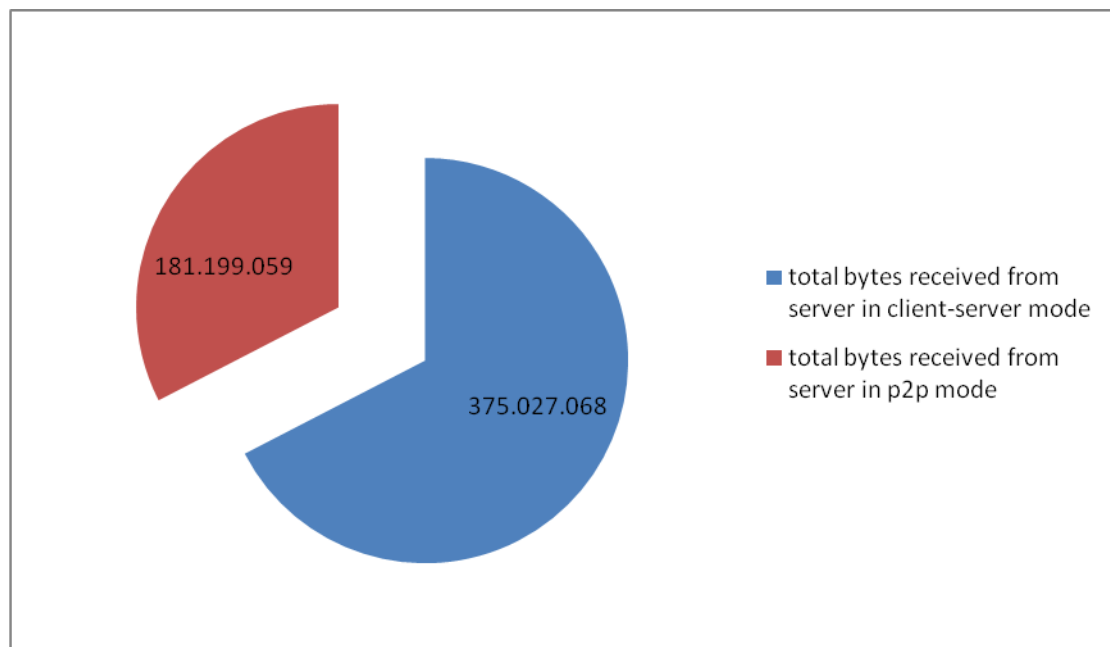
Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 50% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P. Σε αυτή την περίπτωση στην οποία προστέθηκε και 5^{ος} χρήστης στο δίκτυο πρόσβασης, τα συνολικά bytes που

αποστέλλονται από τον εξυπηρετητή σε συνθήκη client - server φαίνεται να σταθεροποιούνται στο +50% σε σχέση με αυτά που αποστέλλονται σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 75 Megabytes)



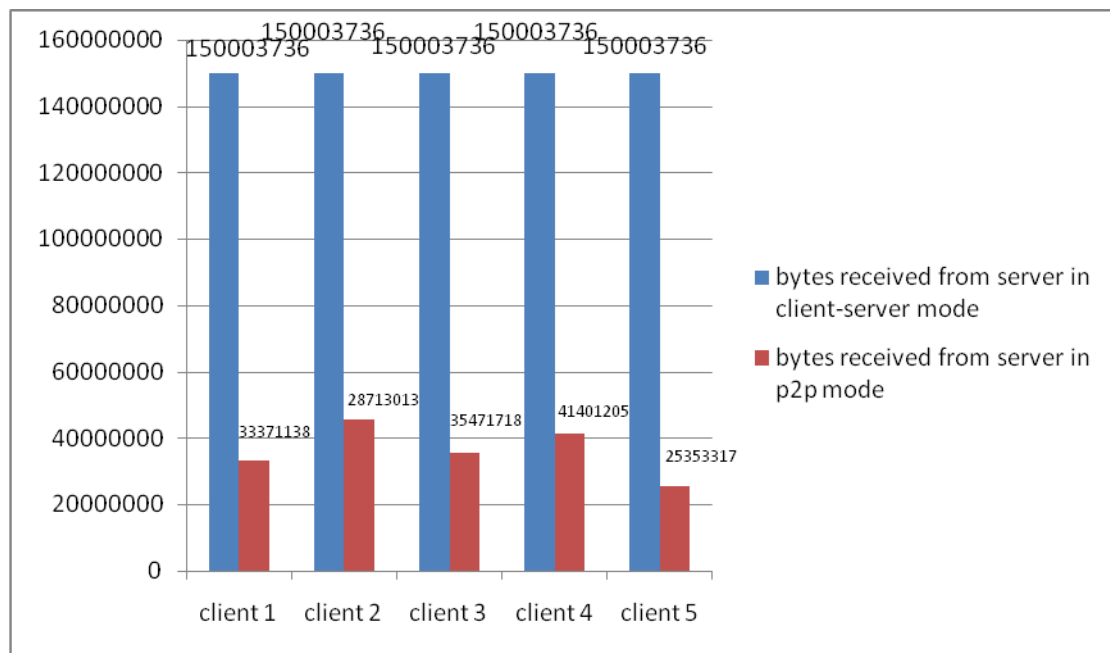
7.38 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 75 Mbytes



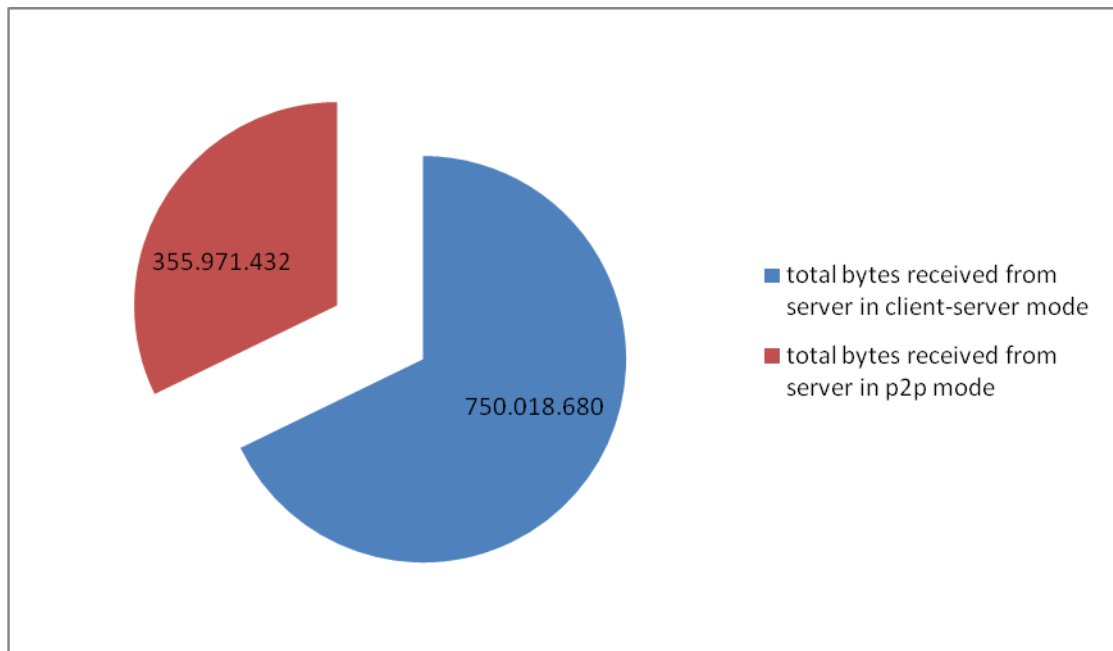
7.39 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 75 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 52% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 150 Megabytes)



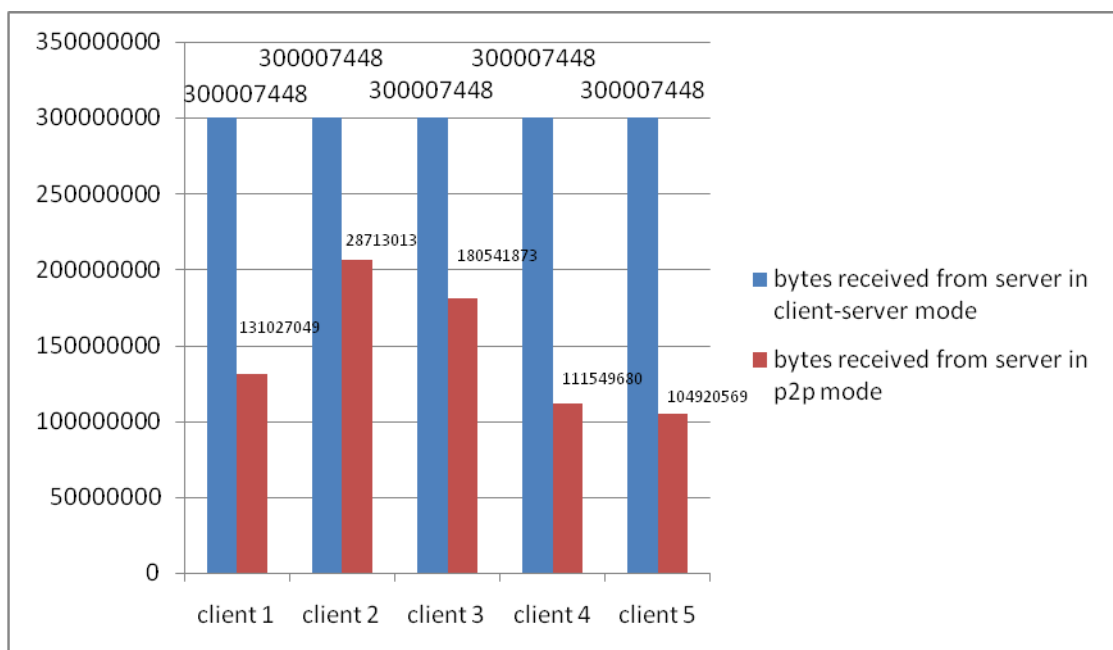
7.40 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 150 Mbytes



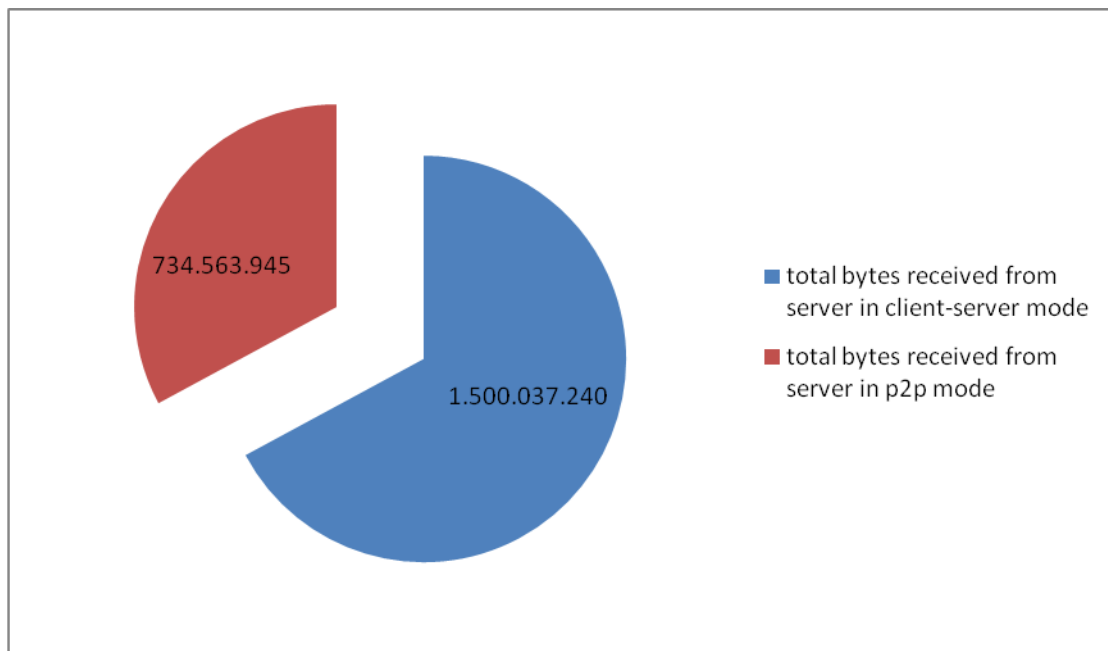
7.41 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 150 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 53% από αυτά που ελήφθησαν από τους χρήστες σε συνθήκη P2P.

(Αρχείο 300Megabytes)



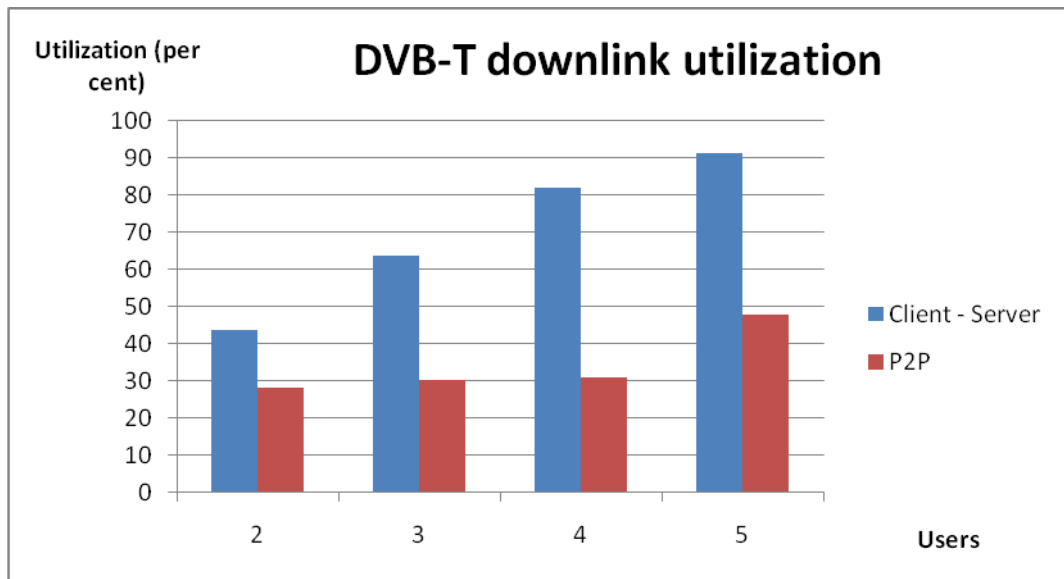
7.42 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 300 Mbytes



7.43 Σύγκριση ληφθέντων bytes από σενάρια με πέντε χρήστες, αρχείο 300 Mbytes

Παρατηρούμε ότι ο συνολικός αριθμός bytes που απεστάλησαν από τον εξυπηρετητή σε συνθήκη client – server είναι περισσότερα κατά 51% από αυτά που απεστάλησαν σε συνθήκη P2P. Το ποσοστό όχι μόνο σταθεροποιείται πάνω από 50% αλλά φαίνεται ότι με προσθήκη χρηστών, σε κάποιες περιπτώσεις αυξάνεται, αργά αλλά σταθερά.

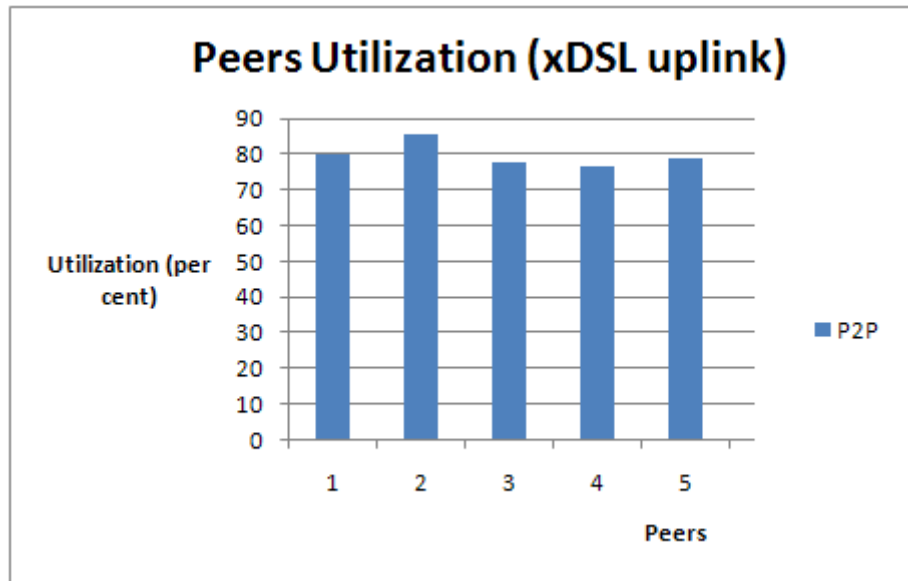
Συμπεράσματα



7.44 Αναλογική βελτίωση αξιοποίησης κατερχόμενου καναλιού DVB (δεδομένα)

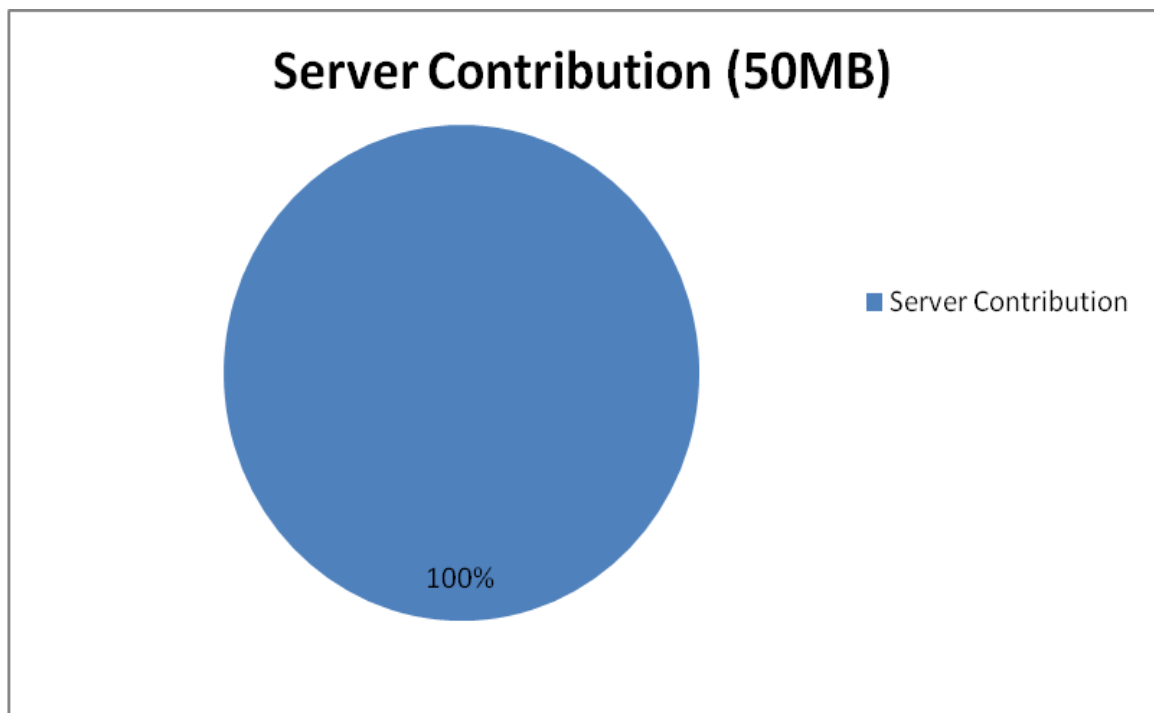
Παρατηρώντας συγκεντρωτικά το ποσό των δεδομένων που απεστάλησαν από τον εξυπηρετητή στην κοινή περίπτωση αποστολής του αρχείου 50 Mbytes προς τους χρήστες στα σενάρια με έναν, δύο, τρεις, τέσσερις και πέντε χρήστες φαίνεται ξεκάθαρα ότι η χρησιμοποίηση του κατερχόμενου καναλιού DVB είναι αρκετά μικρότερη σε συνθήκη P2P.

Σε συνθήκη P2P το κανάλι DVB φαίνεται να χρησιμοποιείται λιγότερο όσο αυξάνονται οι χρήστες και το μέγεθος του μεταφερόμενου αρχείου.

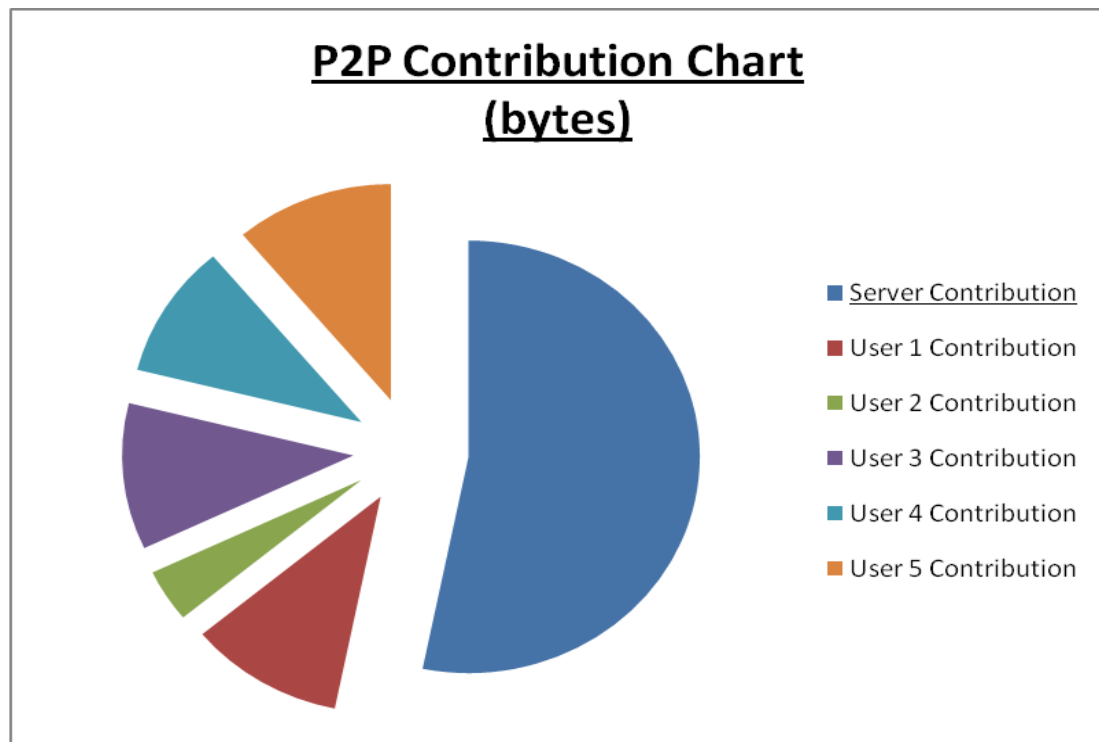


7.45 Χρησιμοποίηση ανερχόμενης ζεύξης DSL από τους χρήστες

Εδώ βλέπουμε την συνεισφορά των χρηστών στην καταφόρτωση ενός αρχείου σε συνθήκη P2P. Η συνεισφορά είναι μοιρασμένη μεταξύ των πέντε χρηστών και του εξυπηρετητή. Στην συνθήκη client – server η συνεισφορά των χρηστών είναι μηδενική, ο εξυπηρετητής αναλαμβάνει αποκλειστικά να διαμοιράσει το αρχείο στους χρήστες, αυξάνοντας έτσι την χρησιμοποίηση του καναλιού DVB.



7.46 Συνεισφορά εξυπηρετητή σε συνθήκη client - server



7.47 Συνεισφορά εξυπηρετητή και χρηστών σε συνθήκη p2p

7.5 Γενικό συμπέρασμα

Με βάση τα πειραματικά αποτελέσματα, με την ενσωμάτωση λογισμικού διομοτίμων δικτύων στα τερματικά χρηστών – εξυπηρετητών στο δίκτυο πρόσβασης ενός δικτύου κορμού DVB το οποίο είναι περιορισμένου εύρους ζώνης, δίδεται η δυνατότητα στους χρήστες να ανταλλάσσουν μεταξύ τους μεγάλο όγκο πληροφοριών οποιαδήποτε στιγμή το θελήσουν, χωρίς να εξαρτώνται άμεσα από τους εξυπηρετητές. Παράλληλα η χρησιμοποίηση του κατερχομένου καναλιού DVB μειώνεται δραστικά με συνέπεια να υπάρχει πλεόνασμα εύρους ζώνης, το οποίο μπορεί πλέον να αξιοποιηθεί για την παροχή πρόσθετων υπηρεσιών.

7.6 Μελλοντική Έρευνα

Η έρευνά θα μπορούσε να επεκταθεί είτε προσθέτοντας περισσότερους χρήστες και πραγματοποιώντας εκ νέου μετρήσεις και συγκρίνοντας τις επιδόσεις σε συνθήκη client – server και P2P, είτε χρησιμοποιώντας μεγαλύτερα αρχεία των 300 Mbytes σαν πηγή άντλησης δεδομένων στη συνθήκη client – server ή σαν μεταφερόμενο αρχείο στη συνθήκη P2P.

Βιβλιογραφία

- [1]. ETSI EN 300 744, “Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel
- [2]. Coding and modulation for digital terrestrial television”, v1.5.1, ETSI, 2004.
- [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]. Michael Welzl, DPS NSG Team, Institute of Computer Science University of Innsbruck, Austria
- [6]. 1999 – 2003 P-Cube Inc. Controlling Peer to Peer Bandwidth Consumption
- [7]. ICQ. <http://www.icq.com>
- [8]. Gnutella. <http://gnutella.wego.com>

Copyright © Κυριακή Α. Λεβαντή, 2005. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

- [9]. Napster. <http://www.napster.com>
- [10]. Scour. <http://www.scourdesign.com>
- [11]. I. Clarke, O. Sandberg, B. Wiley, and T. W. Hong, “Freenet: A distributed anonymous information storage and retrieval system,” in Proc. Int. Workshop Design Issues in Anonymity and Unobservability, Berkeley, CA, 2001
- [12]. Ohaha. <http://www.ohaha.com>
- [13]. Jungle Monkey. <http://www.junglemonkey.net/>
- [14]. B.Wilcox-O’Hearn, “Experiences deploying a large-scale emergent network,” in Proc. IPTPS, Cambridge, MA, Mar. 2002.
- [15]. W. Bolosky, J. Douceur, D. Ely, and M. Theimer. Feasibility of a Serverless Distributed File System Deployed on an existing set of Desktop PCs. In Proceedings of SIGMETRICS 2000, Santa Clara, CA, June 2000.
- [16]. A. D. R. Marc Waldman and L. F. Cranor. Publius: A Robust, Tamper-evident, Censorship-resistant, Web Publishing System. In Proceedings of the 9th USENIX Security Symposium, August 2000
- [17]. Petar Maymounkov, David Mazières. Kademia: A Peer-to-peer Information System Based on the XOR Metric. In Proc. IPTPS, Cambridge, MA, Mar 2002
- [18]. Frank Dabek, Emma Brunskill, M. Frans Kaashoek, David Karger, Robert Morris, Ion Stoica, Hari Balakrishnan. MIT Laboratory for Computer Science
- [19]. Building Peer-to-Peer Systems with Chord, a Distributed Lookup Service. <http://pdos.lcs.mit.edu/chord>
- [20]. B. Y. Zhao, J. D. Kubiatowicz, and A. D. Joseph, “Tapestry: An infrastructure

- for fault-tolerant wide-area location and routing,” Univ. California, Berkeley, CA, Tech. Rep. CSD-01-1141, Apr. 2001
- [21]. Rowstron and P. Druschel, “Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems,” in Proc. Middleware, Heidelberg, Germany, Nov. 2001.
 - [22]. Rowstron and P. Druschel, “Storage management and caching in PAST, a large-scale, persistent peer-to-peer storage utility,” in Proc. SOSP, Banff, Canada, Oct. 2001.
 - [23]. P. Druschel and A. Rowstron. PAST: A large-scale, persistent peer-to-peer storage utility. In Proc. HotOS VIII, Schloss Elmau, Germany, May 2001.
 - [24]. Rowstron, A.-M. Kermarrec, P. Druschel, and M. Castro, “SCRIBE: The design of a large-scale event notification infrastructure,” in Proc. NGC, London, U.K., Nov. 2001
 - [25]. Iperf - <http://sourceforge.net/projects/iperf>
 - [26]. Tcpdump - <http://www.tcpdump.org/>
 - [27]. Tcptrace - <http://www.tcptrace.org/>
 - [28]. Iproute2 - <http://www.linuxfoundation.org/en/Net:Iproute2>
 - [29]. Iptables - <http://www.netfilter.org/>
 - [30]. XBT Tracker - <http://xbtt.sourceforge.net/tracker/>
 - [31]. Azureus - <http://azureus.sourceforge.net/>
 - [32]. Ietf - <http://www.ietf.org/>
 - [33]. Edonkey - http://en.wikipedia.org/wiki/EDonkey_network
 - [34]. Bittorrent - <http://en.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>
 - [35]. Kazaa - <http://en.wikipedia.org/wiki/Kazaa>
 - [36]. Gnutella - <http://en.wikipedia.org/wiki/Gnutella>