

Τ.Ε.Ι ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

"Θεωρητική και πειραματική σύγκριση
ασύρματων πρωτοκόλλων επικοινωνίας"

Κωνσταντόπουλος Δημήτριος

Επιβλέπων: Κος Τσακανίκας Βασίλειος

ΑΝΤΙΡΡΙΟ 2014

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Ναύπακτος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1ο

- 1.1 Εισαγωγή - ιστορική αναδρομή..... 7
- 1.2 Μοντελοποίηση OPNET λογισμικού..... 11

Κεφάλαιο 2ο

- 2 Πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας..... 13
 - 2.1 Πρωτόκολλα επικοινωνίας..... 13
 - 2.2 Πρωτόκολλο 802.11 a..... 13
 - 2.2.1 Χαρακτηριστικά – περιγραφή..... 13
 - 2.2.2 Τεχνική περιγραφή..... 14
 - 2.3 Πρωτόκολλο 802.11b..... 14
 - 2.4 Πρωτόκολλο 802.11g..... 15
 - 2.5 Πρωτόκολλο 802.11i..... 16
 - 2.6 Πρωτόκολλο WIMAX..... 17
 - 2.7 Πρωτόκολλο Bluetooth..... 19
 - 2.8 Πρωτόκολλο 3G..... 19

Βιβλιογραφία..... 20

Πίνακας χαρακτηριστικών πρωτοκόλλων..... 21

Κεφάλαιο 3ο

- 3 Εφαρμογή δικτύων προσομοιώσεων OPNET..... 22
 - 3.1 Πρωτόκολλο 802.11a..... 22
 - 3.1.1 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 1
χρήστη..... 22

3.1.2	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 15 χρήστες.....	26
3.1.3	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 35 χρήστες.....	29
3.1.4	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 50 χρήστες.....	33
3.2	Πρωτόκολλο Wimax.....	36
3.2.1	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 1 χρήστη.....	36
3.2.2	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 15 χρήστη.....	38
3.2.3	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 35 χρήστη.....	41
3.2.4	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 50 χρήστη.....	43
3.3	Πρωτόκολλο 802.11b.....	46
3.3.1	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 1 χρήστη.....	46
3.3.2	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 15 χρήστες.....	48
3.3.3	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 35 χρήστες.....	50
3.3.4	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 50 χρήστες.....	52
3.4	Πρωτόκολλο 802.11g.....	54
3.4.1	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 1 χρήστη.....	54
3.4.2	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 15 χρήστες.....	56
3.4.3	Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 35 χρήστες.....	58

3.4.4 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 50 χρήστες.....	60
3.5 Συγκεντρωτικοί πίνακες προσομοιώσεων OPNET.....	61

Κεφάλαιο 4ο

4 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων	63
4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης με τη θεωρητική προσέγγιση των πρωτοκόλλων.....	63
4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	70
4.3 Συμπεράσματα αποτελεσμάτων προσομοίωσης.....	71

Κεφάλαιο 1ο

1.1 Εισαγωγή – Ιστορική αναδρομή

Στη πτυχιακή αυτή εργασία θα ασχοληθούμε με τη θεωρητική και πειραματική σύγκριση στα ασύρματα πρωτόκολλα στις ασύρματες επικοινωνίες. Θα αναπτύξουμε και μέσα από πολλά πειράματα θα αποδείξουμε ποιο ασύρματο πρωτόκολλο είναι αποδοτικότερο για χρήση. Τα τελευταία χρόνια λόγω της ανάγκης των χρηστών οδήγησαν στη ραγδαία αύξηση του ασύρματου δικτύου αφήνοντας πίσω τα καλώδια. Έτσι οι χρήστες με τις φορητές συσκευές τους μπορούν από οποιοδήποτε σημείο να έχουν πρόσβαση σε δίκτυο. Παράλληλα είχαμε και αύξηση των ασύρματων πρωτοκόλλων και πολλά από αυτά θα τα αναλύσουμε όπως το πρωτόκολλο της IEEE 802.11 και το κάθε πρότυπο του, το WiMax , Bluetooth και το 3G. Ο πρωταρχικός στόχος του 802.11 ήταν η τυπική προδιαγραφή ενός απλού και ισχυρού δικτύου που θα προσφέρει σύγχρονες υπηρεσίες.



Εικόνα 1: Ένα απλό ασύρματο δίκτυο

Τα ασύρματα δίκτυα είναι συχνά πιο αργά από εκείνα που βρίσκονται στις πιο σύγχρονες εκδόσεις των Ethernet. Τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιούν τις συχνότητες 2.4GHz και 5GHz χωρίς άδεια και σκοπός είναι η συμμετοχή στο δίκτυο και δεν επιτρέπεται να χρεώνεται ούτε η σύνδεση ούτε οι υπηρεσίες του κάθε χρήστη. Τέτοια ενέργεια είναι αντίθετη με τον κοινοτικό χαρακτήρα του δικτύου και αφετέρου παράνομη. Αν και το ασύρματο δίκτυο γνώρισε την άνθισή του τα έτη 2003-4 σήμερα ακόμα κι αν οι εταιρίες ISP προσφέρουν άφθονη ταχύτητα στο «κατέβασμα» αρχείων το ασύρματο δίκτυο θα συνεχίσει να είναι ανταγωνιστικό και ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τους χρήστες του.

Στη συνέχεια θα αναλύσουμε το πρωτόκολλο WiMax που είναι βασισμένο στη τεχνολογία 802.16 και λειτουργεί στο φάσμα συχνοτήτων 10-66GHz. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο έχει ως αντικείμενο του τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα επικοινωνιών και μεταφοράς δεδομένων. Η διαφορά του WiMax με το πρωτόκολλο 802.11 είναι ότι το WiMax μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής και φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50Mbps.



Σε θέματα ασφάλειας το πρωτόκολλο WiMax υποστηρίζει τεχνολογίες όπως το AES (Advanced Encryption Standard) και το 3DES (Triple DES, όπου DES είναι το Data Encryption Standard). Με την κρυπτογράφηση των συνδέσεων μεταξύ του σταθμού βάσης και του σταθμού υπηρεσίας, το WiMAX παρέχει στους χρήστες ιδιωτικότητα και ασφάλεια στο ασύρματο ευρυζωνικό μέσο αλληλεπίδρασης (interface). Η ασφάλεια επίσης παρέχει στους υπεύθυνους υψηλή προστασία εναντίον της κλοπής υπηρεσιών. Το WiMAX επίσης έχει ενσωματωμένη υποστήριξη VLAN, η οποία παρέχει υποστήριξη για δεδομένα που εκπέμπονται από διαφορετικούς χρήστες στον ίδιο σταθμό βάσης. Στο πρωτόκολλο Bluetooth θα δείξουμε τις εφαρμογές δικτύωσης του όπως:

- Ασύρματη δικτύωση μεταξύ επιτραπέζιου και φορητού υπολογιστή, σε έναν περιορισμένο χώρο με ελάχιστο διαθέσιμο εύρος ζώνης.

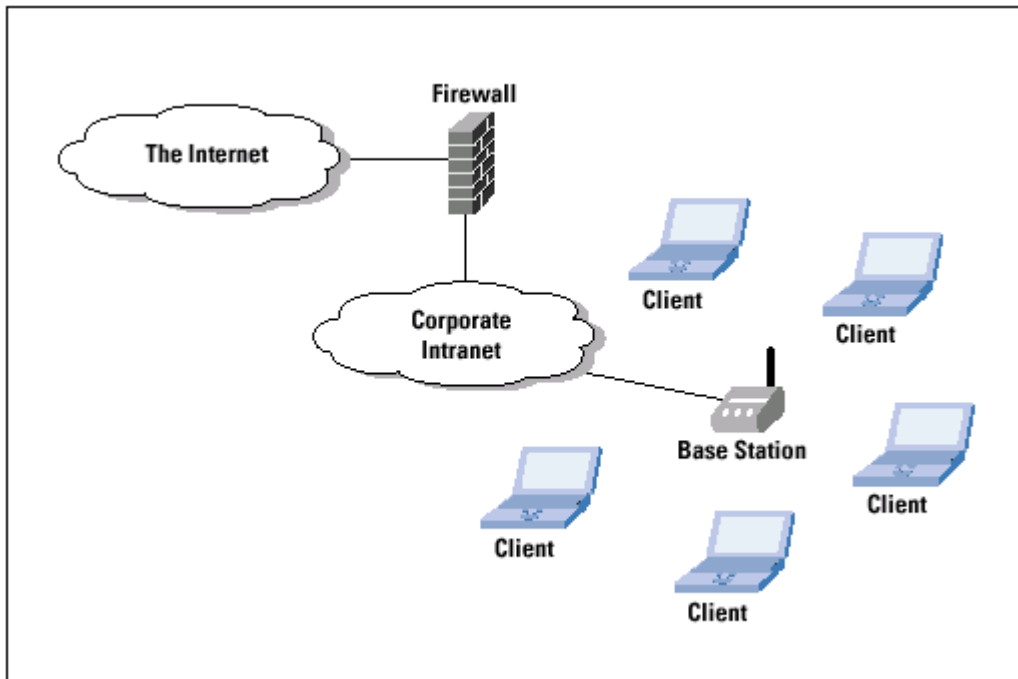
- Ασύρματα περιφερειακά, όπως εκτυπωτές, ποντίκια και πληκτρολόγια, τα οποία επικοινωνούν με κάποιον επιτραπέζιο ή φορητό υπολογιστή.
- Ασύρματη μεταφορά ψηφιακών αρχείων (εικόνες, mp3 , κλπ) ανάμεσα σε κινητά τηλέφωνα και PDA.
- Ασύρματα ακουστικά για κινητά τηλέφωνα και Smartphone.
- Ορισμένοι δέκτες GPS μεταφέρουν πληροφορίες μέσω Bluetooth.
- Ασύρματη τηλεφωνία στο αυτοκίνητο: Το Bluetooth δίνει τη δυνατότητα σε χρήστες καταλλήλως εξοπλισμένων κινητών τηλεφώνων να χρησιμοποιούν κάποιες βασικές λειτουργίες τους με ασύρματα ακουστικά. Ανάλογο σύστημα υπάρχει ενσωματωμένο και σε κράνη οδηγών μοτοσικλέτας, επιτρέποντας τη συνομιλία κατά την οδήγηση.
- Απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών, όπου έως την εμφάνιση του Bluetooth χρησιμοποιούνταν τεχνολογία υπέρυθρων ακτινών.



Εικόνα 2:Bluetooth

Επίσης ένα πρωτόκολλο που υπόσχεται μεγάλη ασφάλεια είναι το 802.11i όπου συνδυάζει τα καλύτερα υπάρχοντα πρωτόκολλα και αλγορίθμους. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τις πολιτικές ασφάλειας που είναι το κυριότερο μέτρο ασφάλειας που πρέπει εξαρχής να λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη σε ένα δίκτυο. Οι πολιτικές ασφάλειας πρέπει να χωρίζονται σε 3 μεγάλες κατηγορίες :

- α) Ασφάλεια στο χώρο
- β) Ασφάλεια στο AP (Access Point)
- γ) Ασφάλεια στους χρήστες



Εικόνα 3: Ένα τυπικό δίκτυο wireless

Στο πρωτόκολλο IEEE 802.11 το πλήρες σύνολο αρχιτεκτονικών υπηρεσιών των δικτύων είναι το ακόλουθο:

- Πιστοποίηση (Authentication)
- Σύνδεση (Association)
- Τέλος πιστοποίησης (Deauthentication)
- Αποσύνδεση (Deassociation)
- Διανομή (Distribution)
- Ενσωμάτωση (Integration)
- Μυστικότητα (Privacy)
- Επανασύνδεση (Reassociation)
- Παράδοση MSDU (MSDU delivery)

Από τις εννέα υπηρεσίες που προαναφέρθηκαν και διευκρινίζονται από το IEEE 802.11 έξι χρησιμοποιούνται για να υποστηρίξουν την παράδοση MSDU μεταξύ των σταθμών και τρεις για να ελέγξουν την πρόσβαση και την εμπιστευτικότητα του IEEE 802.11 δικτύου.

Ακόμη με τα πρωτόκολλα 3G αναπτύχθηκαν κάποια συστήματα που πρέπει να ικανοποιούν κάποια πρότυπα κατά τη σχεδίαση τους όπως παρουσιάζεται στο παρακάτω πίνακα:

Πρότυπο	EDGE	CDMA2000	UMTS W- CDMA	UMTS TD- CDMA	UMTS TD- STDMA	DECT
Bandwith	EDGE evolution	EV-DO	HSPA	HSPA	HSPA	-
Μέθοδος Πολυπλεξίας	TDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	FDMA/ TDMA
Duplex	FDD	FDD	FDD	TDD	TDD	TDD

1.2 Μοντελοποίηση OPNET λογισμικού



Στο πλαίσιο αυτό θα ασχοληθούμε και σε πειραματικό στάδιο ώστε να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα μέσω προσομοίωσης δικτύου όπου εκεί θα αναλύσουμε τα πρωτόκολλα και θα δούμε πιο είναι πιο αποδοτικό για τη χρήση του. Για τη προσομοίωση του δικτύου θα χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό OPNET IT GURU Academic Edition. Η συγκεκριμένη έκδοση του OPNET αποτελεί ένα εξειδικευμένο ακαδημαϊκό εργαλείο στο χώρο των επικοινωνιών, που προσφέρει τη δυνατότητα με τη βοήθεια ενός γραφικού περιβάλλοντος να μοντελοποιηθούν και να προσομοιωθούν διάφορα είδη δικτύων. Το OPNET παρέχει δυνατότητες για δημιουργία πληρέστατων και μεγάλων δικτύων σχεδιασμένων μέχρι τη παραμικρή λεπτομέρεια, τα οποία μπορούμε να τα «στήσουμε» σχετικά εύκολα, να τα δοκιμάσουμε με χρήση πολλών σύγχρονων τεχνολογιών και να τα βελτιστοποιήσουμε γενικότερα. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι χωρισμένο σε επίπεδα. Αν υποθεθεί μια ιεραρχία για τα επίπεδα χρήσης του OPNET, αυτή έχει την ακόλουθη μορφή. Στις υψηλότερες θέσεις της ιεραρχίας το περιβάλλον είναι φιλικότερο στο χρήστη ενώ στα κατώτερα επίπεδα απαιτούνται γνώσεις προγραμματισμού σε γλώσσα C.

Το σημαντικό είναι ότι ο χρήστης έχει πλήρη πρόσβαση στα χαρακτηριστικά και στις προδιαγραφές λειτουργίας του κάθε αντικειμένου. Η εξομοίωση που παρέχεται βασίζεται στην αρχή των σειριακά εκτελούμενων γεγονότων (discrete event simulation). Το περιβάλλον αυτό επιτρέπει την εκτέλεση προσομοιώσεων, μέσω των

οποίων καθίσταται δυνατή η ανάλυση της συμπεριφοράς και της επίδοσης των μοντελοποιημένων συστημάτων. Το OPNET διαθέτει εργαλεία για όλες τις φάσεις της μελέτης ενός συστήματος, όπως για παράδειγμα το σχεδιασμό του μοντέλου, την εκτέλεση της προσομοίωσης, τη συλλογή των αποτελεσμάτων και την ανάλυσή τους.

Μερικά από τα κύρια χαρακτηριστικά του OPNET είναι:

1. Ιεραρχικά Μοντέλα
2. Ειδίκευση στα Δίκτυα Επικοινωνιών και τα Πληροφοριακά συστήματα
3. Γραφικό Περιβάλλον
4. Ευελιξία
5. Αυτόματη παραγωγή προσομοιώσεων
6. Ενσωματωμένα Στατιστικά
7. Διασύνδεση με άλλα περιβάλλοντα προσομοίωσης
8. Εύκολη Αποσφαλμάτωση
9. Animation
10. Εργαλεία Ανάλυσης

Τα εργαλεία που θα χρησιμοποιήσουμε για την εξομοίωση χωρίζονται σε 3 κατηγορίες: α) Προδιαγραφή (Specification) , β) Συλλογή Δεδομένων και Προσομοίωση (Data Collection and Simulation) , γ) Ανάλυση (Analysis) .

Τα αποτελέσματα των εξομοιώσεων των δικτύων με τα διάφορα πρωτόκολλα που θα αναλυθούν θα τα κοιτάξουμε μέσα από πολλές γραφικές παραστάσεις του προγράμματος που θα μας δείχνουν την αποδοτικότητα των πρωτοκόλλων μέσα από τα δίκτυα που θα έχουμε σχεδιάσει και με αποτέλεσμα να συμπεραίνουμε πιο πρωτόκολλο είναι πιο αποδοτικό για το σχεδιασμό ενός δικτύου για ασύρματη επικοινωνία.

Οι γραφικές αυτές παραστάσεις θα μας δείχνουν το χρόνο (Response Time) , τη ταχύτητα την ισχύ του κάθε πρωτόκολλου που θα έχουμε χρησιμοποιήσει.

Στο OPNET για να διαπιστώσουμε πιο πρωτόκολλο έχει καλύτερη επίδοση για τις ασύρματες επικοινωνίες θα φτιάξουμε πολλά σενάρια με διάφορα δίκτυα και με διαφορετικά πρωτόκολλα και στο τέλος θα έχουμε συγκεντρωτικά όλες τις γραφικές παραστάσεις από όλα τα σενάρια που θα έχουμε δημιουργήσει και θα καταλήξουμε πιο είναι καλύτερο σε απόδοση στην ασύρματη επικοινωνία επειδή πολλά πρωτόκολλα στη σημερινή τεχνολογία ανταγωνίζονται μεταξύ τους.

Κεφάλαιο 2ο

2. Πρωτόκολλα ασύρματης επικοινωνίας

2.1 Πρωτόκολλα επικοινωνίας

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μας βοηθάνε στο να κάνουν ψηφιακή κωδικοποίηση και όχι αναλογική. Στην ασύρματη επικοινωνία έπρεπε για να δημιουργηθεί ένα ανοιχτό δίκτυο να εκπέμπει σε ελεύθερες συχνότητες που δεν θα χρειάζεται άδεια από κανέναν που να το χρησιμοποιεί εμπορικά. Ακόμη θα έπρεπε η συχνότητα και η ισχύς τους να μην είναι βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία. Έτσι καταλήξαμε στο πρωτόκολλο 802.11 και άλλα πρότυπα του που έχουν εδραιωθεί. Χαρακτηρίζεται ως ένα μικρό τεχνολογικό θαύμα διότι αρχικά έκανε διαμόρφωση του σήματος στην ελεύθερη συχνότητα ISB band των 2,45GHz. Παρακάτω θα αναπτύξουμε μερικά από τα πρότυπα του πρωτόκολλου 802.11 και διάφορα άλλα για την ασύρματη επικοινωνία. (1)

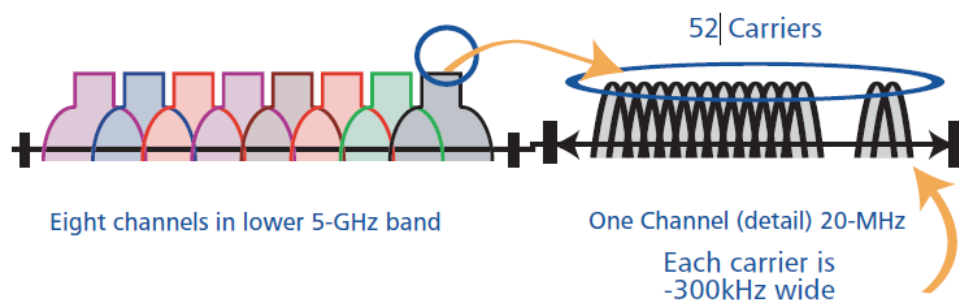
2.2 Πρωτόκολλο 802.11a

2.2.1 Χαρακτηριστικά – περιγραφή

Το 802.11a πρωτόκολλο χρησιμοποιεί τον ίδιο πυρήνα πρωτόκολλου με το αρχικό πρότυπο. Λειτουργεί στη ζώνη των 5GHz και χρησιμοποιεί μια 52-υπο μεταφορέα ορθογώνια πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας (OFDM) με μια μέγιστη ταχύτητα δεδομένων των 54Mbit/sec. Η αναλόγια δεδομένων μειώνεται σε 48,36,24,18,12,9 και μετά στα 6 Mbit/sec αν απαιτείται. Το 802.11 a δεν είναι αλληλοχειριζόμενο με το 802.11b καθώς λειτουργούν σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων. Επειδή η ζώνη 2,4 GHz χρησιμοποιείται ευρέως στο σημείο συσσώρευσης χρησιμοποιώντας τη ζώνη 5 GHz το 802.11 a πλεονεκτεί. Ένα μειονέκτημα του 802.11a είναι ότι τα σήματα δεν μπορούν να εκπέμπουν τόσο μακριά όπως εκείνα του 802.11b και

απορροφούνται πιο γρήγορα από τοίχους και άλλα αντικείμενα που βρίσκονται στο περιβάλλον. (2)

2.2.2 Τεχνική περιγραφή

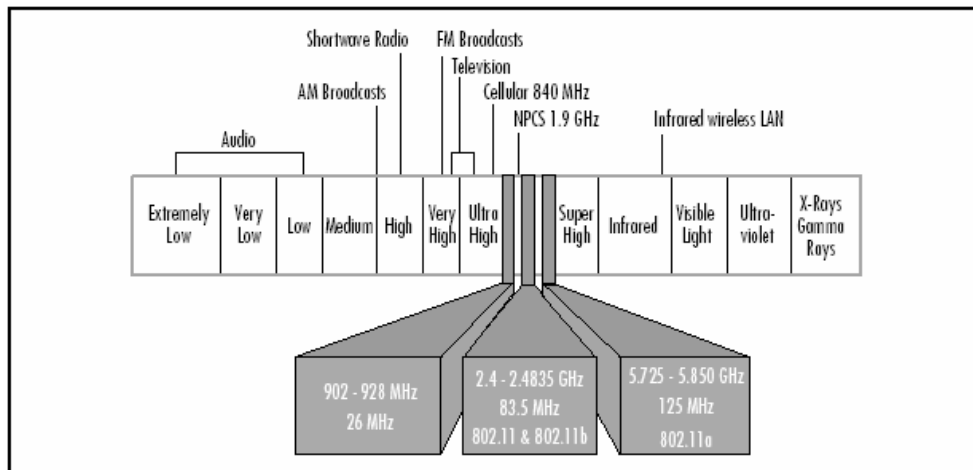


Εικόνα 4: Σήμα 802.11a

Από τους 52 υπομεταφορείς οι 48 είναι για δεδομένα και οι 4 για πιλοτικούς υπομεταφορείς με διαχωρισμό μεταφορέα των 0,3125MHz. Κάθε ένας από αυτούς τους μεταφορείς μπορεί να είναι διαμορφωμένος με BPSK, QPSK, 16-QAM ή 64-QAM. Το ολικό πλάτος ζώνης είναι 20 MHz με ένα απασχολημένο πλάτος ζώνης των 16,6 MHz. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης του OFDM περιλαμβάνουν μειωμένα αποτελέσματα μονοπατιών σε λήψη και αυξημένη επίδοση φάσματος. (2)

2.3 Πρωτόκολλο 802.11b

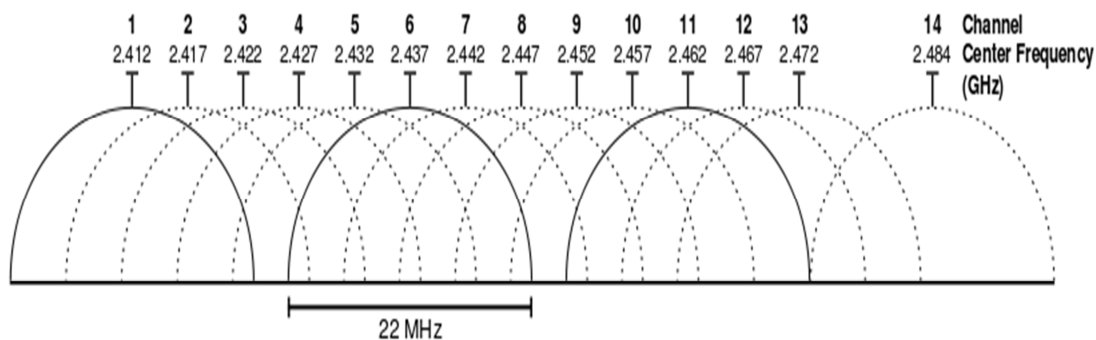
Το 802.11b είναι το πρώτο wireless πρωτόκολλο να μπει δυναμικά στο χώρο της δικτύωσης. Για τη μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιεί τη μπάνα των 2,4GHz. Όπως βλέπουμε το 802.11b χρησιμοποιεί μια ελεύθερη ζώνη η οποία είναι πλήρως ελεύθερη για εκπομπή χαμηλής ισχύος. Η ισχύς που ορίζει το στάνταρ στις εξόδους κεραίας των εμπορικών συσκευών είναι τα 0,2mW το οποίο με τις μικρές εργοστασιακές κεραίες που συνοδεύουν τις συσκευές, δίνει στο 802.11b εμβέλεια της τάξεως των 300μ σε ανοιχτό χώρο. Τα συστήματα 802.11b προσφέρουν 11, 5.5, 2, 1Mbps, ανάλογα με τη τρέχουσα παρέμβαση και την απόσταση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη. Επίσης υπάρχουν 2 εκδόσεις α) η συχνότητα-hopping εξάπλωσης φάσματος (FHSS) και β) άμεσης ακολουθίας εξάπλωσης φάσματος (DSSS). Επειδή τα DSSS τρέχουν πιο γρήγορα μέχρι και 11Mbps χρησιμοποιούνται πιο πολύ κατά κύριο λόγο και κυριαρχούν στην αγορά. Ακόμη υπάρχουν 14 οριζόμενα κανάλια όπου για κάθε ένα δίνετε η κεντρική συχνότητα.



Εικόνα 5:Οι ελεύθερες συχνότητες

Η απόσταση των κεντρικών συχνοτήτων πρέπει να είναι τουλάχιστον 25MHz ώστε να έχουν μια ελάχιστη παρέμβαση και το εύρος ζώνης του καναλιού είναι 22 MHz. Οι 802.11b κάρτες μπορούν να λειτουργήσουν στα 11Mbit/sec αλλά θα μειωθεί 5.5, έπειτα στα 2 και μετά στα 1Mbit/sec αν η ποιότητα του σήματος γίνει θέμα. Το γενικό πλάτος ζώνης μοιράζεται σε όλους τους χρήστες σε ένα κανάλι. Οι συσκευές 802.11b παθαίνουν παρεμβολή από άλλα προϊόντα που λειτουργούν στην ζώνη των 2.4GHz. οι συσκευές αυτές που λειτουργούν σε 2.4 GHz ακτίνες περιλαμβάνουν φούρνους μικροκυμάτων, συσκευές Bluetooth, monitors και ασύρματα τηλέφωνα. Τα θέματα παρεμβολής και τα προβλήματα καθυστερήσεων (delay) του δικτύου μες στη μάντα των 2.4 GHz έχουν ανησυχήσει και εκνευρίσει τους χρήστες. (2)

2.4 Πρωτόκολλο 802.11g



Εικόνα 6:σηματοδοσία 802.11g

Το πρωτόκολλο 802.11g προσφέρει ασύρματη επικοινωνία σε σχετικά μικρές αποστάσεις με ταχύτητα έως 54 Mbps. Το 802.11g προτείνει το δυαδικό πακέτο συνελκτικής κωδικοποίηση για να φτάσει σε ένα ποσοστό των δεδομένων των 22 Mbps. Τα συμβατά προϊόντα 802.11g λόγω της αύξησης της ταχύτητας τους μπορούν

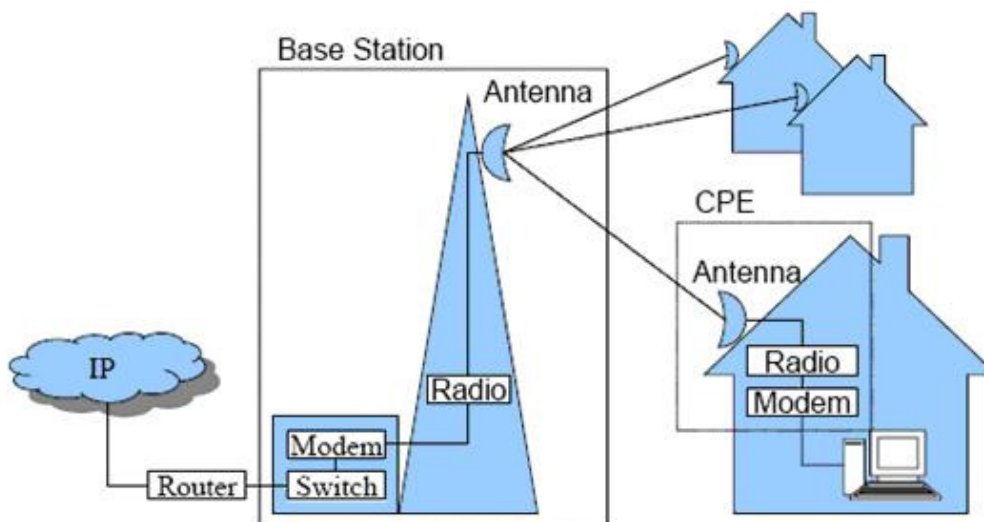
να τρέξουν εφαρμογές που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης όπως πολυκαναλικό βίντεο ποιότητας DVD. Το hardware του 802.11g είναι πλήρως συμβατό με το hardware του 802.11b . Σε ένα δίκτυο 802.11g μειώνεται σημαντικά η ταχύτητα του δικτύου από τη κληρονομία που υπάρχει από το 802.11b. Χρησιμοποιείται η ορθογώνια πολυπλεξία με διαίρεση συχνότητας OFDM όπου αντιγράφηκε από το 802.11a . Το πρότυπο 802.11g έγινε ραγδαία αποδεκτό από τους καταναλωτές αλλά παρόλο της μεγάλης αποδοχής που έχει , υποφέρει από την ίδια παρεμβολή όπως το 802.11 b από την ήδη γεμάτη ακτίνα των 2.4 GHz που οδηγούν σε παρεμβολές. Επιπλέον η επιτυχία του πρότυπου έχει προκαλέσει προβλήματα χρήσης / πυκνότητας που σχετίζονται με τη πολυκοσμία σε αστικές περιοχές και έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει η σχετική καθυστέρηση (delay) στα δίκτυα. (2)

Χαρακτηριστικά	802.11g Χαρακτηριστικά
Εφαρμογές	Broadband Wireless LAN Access
Ταχύτητα (Mbps)	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54
Συχνότητα (GHz)	ISM band: 2.4 to 2.4835 GHz
Αξιοπιστία	OFDM (mandatory) or PBCC(optional)
Κάλυψη (m)	20 to 100
Mobility	Roaming between APs by mobile IP devices
Security	128 bit WEP
Ζεύξη	CSMA/CA with RTS/CTS, CCA

2.5 Πρωτόκολλο 802.11 i

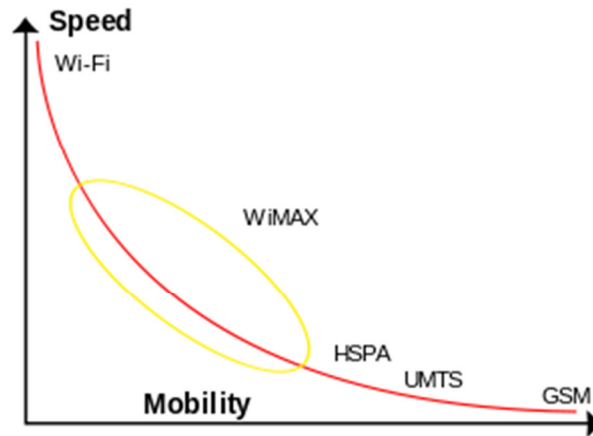
Το πρωτόκολλο 802.11i επικεντρώνεται σε αρκετές βελτιώσεις ασφαλείας γνωστό και ως πρωτόκολλο Temporal Key Integrity Protocol (TKIP) . Οι βελτιώσεις ασφαλείας περιλαμβάνουν ένα πρωτόκολλο ταυτότητας-κλειδί κατακερματισμού λειτουργίας σε συνδυασμό με ένα πραγματικό έλεγχο ακεραιότητας μηνύματος και δυναμική διαχείριση κλειδιών. Το 802.11i επαληθεύει τη συμβατότητα με το πρωτόκολλο TKIP WEP. (3)

2.6 Πρωτόκολλο WIMAX



Εικόνα 7: ένα απλό δίκτυο wimax

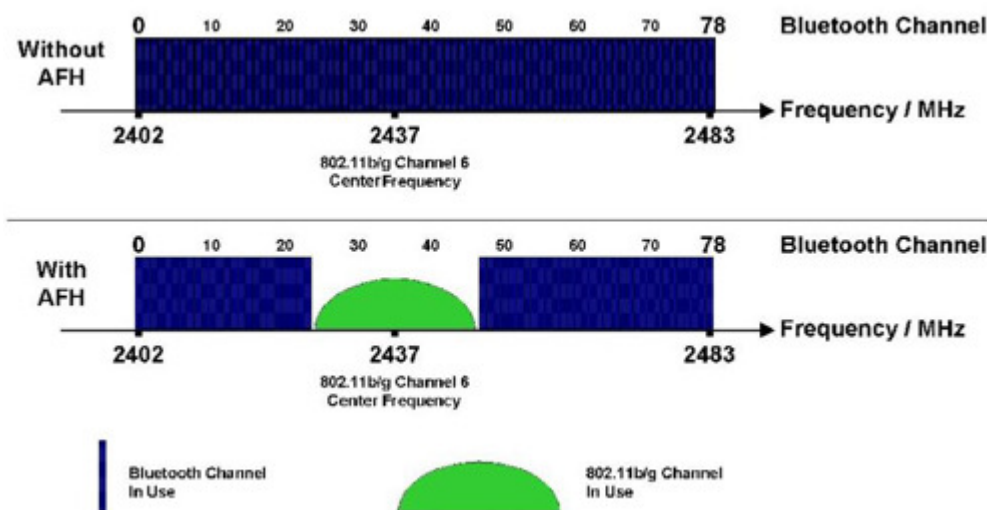
Το πρωτόκολλο WIMAX είναι βασισμένο στη τεχνολογία 802.16 για ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα. Στην αρχική έκδοση του το φάσμα συχνοτήτων του ήταν 10-66GHz αλλά μετά στις άλλες εκδόσεις με τις τροποποιήσεις το επέκτειναν για εφαρμογές μη οπτικής επαφής κάτω των 11GHz. Τα συστήματα WIMAX, καλύπτοντας το κενό μεταξύ των ασύρματων τοπικών δικτύων (Wireless LAN) και των δικτύων ευρείας περιοχής (WAN) , θα παράσχουν μία οικονομική εναλλακτική λύση στην ευρυζωνική πρόσβαση με τεχνολογία DSL, όπου αυτή είναι διαθέσιμη, ενώ το πιο σημαντικό είναι ότι θα προσφέρουν ευρυζωνική πρόσβαση σε περιοχές όπου το DSL δεν έχει ακόμα φτάσει Προσφέρει εμβέλεια μη οπτικής επαφής 6 χιλιομέτρων και, σε μια point-to-multipoint διανομή, το μοντέλο μπορεί να διανείμει σχεδόν οποιοδήποτε εύρος ζώνης σε σχεδόν οποιοδήποτε αριθμό συνδρομητών, ανάλογα με την πυκνότητα των συνδρομητών και την αρχιτεκτονική του δικτύου. Μια κοινή λάθος γνώμη είναι ότι το WIMAX θα διανέμει 72 Mbit/sec σε πάνω από 50 χιλιόμετρα.



Εικόνα 8:Σήμα Wimax

Στην πραγματικότητα μπορεί το WIMAX να κάνει η το ένα η το άλλο λειτουργώντας πάνω από την ακτίνα των 50 χιλιομέτρων αυξάνοντας το ποσοστό λάθους και έτσι πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα χαμηλότερο bit-rate. Χαμηλώνοντας την ακτίνα επιτρέπει σε μια συσκευή να λειτουργήσει σε υψηλότερα bit-rate. Το αρχικό πρωτόκολλο του WiMax όριζε το WiMax στο εύρος των 10 με 66 GHz. Το πρωτόκολλο 802.16a αναβαθμίστηκε το 2004 σε 802.16-2004 προσθέτοντας προδιαγραφές για το εύρος 2 με 11 GHz. Το 802.16-2004 αναβαθμίστηκε στο 802.16e το 2005 και χρησιμοποιεί τύπο συχνότητας scalable orthogonal frequency-division multiple access (SOFDMA) ο οποίος συγκρούεται με την έκδοση OFDM-256 που χρησιμοποιείται από το 802.16d. Οι πιο εξελιγμένες μορφές πρωτοκόλλων, συμπεριλαμβανομένου και του 802.16e, χρησιμοποιούν Multiple Antenna Support δια μέσω του συστήματος Multiple-input multiple-output (MIMO) το οποίο παραπέμπει στη χρήση Multiple Antenna και από τον πομπό και από τον δέκτη. Αυτό μπορεί να επιφέρει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της κάλυψης, της ατομικής εγκατάστασης, της αποτελεσματικής χρήσης και της ευρυζωνικής αποτελεσματικότητας. Το 802.16e προσθέτει την ικανότητα για κάλυψη σε περίπτωση κίνησης του χρήστη. (4)

2.7 Πρωτόκολλο Bluetooth



Εικόνα 9:Σήμα Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα πρότυπο για ασύρματα τοπικά δίκτυα το οποίο επιτρέπει σύνδεση και επικοινωνία με μια πλειάδα συσκευών όπως κινητά, εκτυπωτές, υπολογιστές κτλ. μέσω μιας ασφαλούς ραδιοσυχνότητας. Σχεδιάστηκε έχοντας χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και τη δημιουργία συσκευών που θα έχουν πολύ μικρό μέγεθος και ελάχιστο κόστος. Το Bluetooth χρησιμοποιεί χαμηλότερη ισχύς από τα πρότυπα Wi-Fi και διαφορετικούς τρόπους πολυπλεξίας. Οι αποστάσεις που λειτουργεί είναι περίπου στα 1-10 μέτρα και σε χαμηλές ταχύτητες. (5) Το Bluetooth επιτρέπει την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ κινητών τηλεφώνων και περιφερειακών συσκευών. Τέλος το Bluetooth έχει αντικαταστήσει την υπέρυθρη ακτινοβολία όπως για παράδειγμα σύγχρονες κονσόλες παιχνιδιών χρησιμοποιούν το Bluetooth για την επικοινωνία με τα χειριστήρια. (6)

2.8 Πρωτόκολλο 3G

Το 3G αποτελεί ένα γενικό όρο ο οποίος αναφέρεται στην τρίτη γενιά τεχνολογίας κινητής τηλεφωνίας. Ως γενιά χαρακτηρίζεται το σύνολο των ασύρματων τεχνολογιών που επιτρέπουν τη μετάδοση φωνής ή και δεδομένων στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Σε αντίθεση με προηγούμενες τεχνολογίες που βασίζονται σε μετάδοση δεδομένων πάνω από απευθείας σύνδεση των δύο μερών (circuit-switched), οι τεχνολογίες που ανήκουν στην ομάδα τρίτης γενιάς βασίζονται σε υψηλής ταχύτητας μετάδοση δεδομένων μοιρασμένων σε πακέτα (packet-switched). (7) Η τεχνολογία στηρίζεται στα γνωστά δίκτυα GSM με μια παραλλαγή του CDMA με το όνομα

WCDMA (Wideband-CDMA) η οποία είναι ικανή να επιτύχει ταχύτητες μετάδοσης έως και 2Mbps! Στα άμεσα επερχόμενα δίκτυα τρίτης γενιάς όμως, ο συνδυασμός του WCDMA με τις υπό διάθεση συσκευές θα είναι ικανός να προσφέρει στον τελικό χρήστη ταχύτητες έως και 384Kbps, οι οποίες όμως είναι αρκετές για να μετατρέψουν το κινητό σε μια ασύρματη συσκευή πολυμέσων. Οι υψηλές ταχύτητες ασύρματης μεταφοράς δεδομένων είναι ένα ακόμη από τα πλεονεκτήματα των δικτύων 3G. (8)

Βιβλιογραφία

1. http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999
2. http://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
3. http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11i-2004
4. <http://www.tutorialspoint.com/wimax/>
5. <http://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
6. http://www.it.uom.gr/project/smart_home_0662.pdf
7. <http://en.wikipedia.org/wiki/3G>.
8. <http://www.myphone.gr/library/article-37.html>.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ

Πρ/Χαρ	Ζώνη συχνοτήτων	Ταχύτητα	Ρυθμός μετάδοσης	Εμβέλεια	Έκδοση
IEEE 802.11a	5GHz	54Mbit/sec	54Mbit/sec	35m	1999
IEEE 802.11b	2,4GHz	11Mbit/sec	11Mbit/sec	38m	1999
IEEE 802.11g	2,4GHz	54Mbit/sec	54Mbit/sec	38m	2003
IEEE 802.11i	2,4GHz	11Mbit/sec	11Mbit/sec	38m	2004
Wimax	10-66GHz	72Mbit/sec	<72Mbit/sec	50km	2003
Bluetooth	2,4GHz	1Mbps	700-800Kbps	<10m	1994
3G	900-1800MHz	2Mbps	<384Kbps	38m	2001

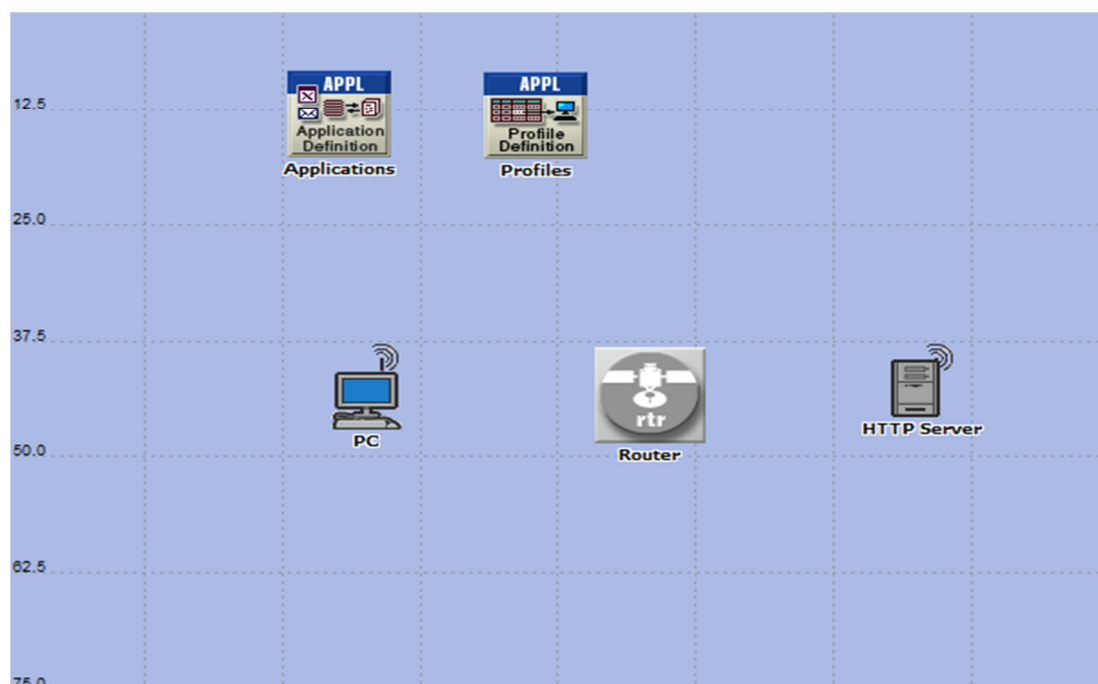
Κεφάλαιο 3ο

3. Εφαρμογή δικτύων προσομοιώσεων OPNET

Θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο OPNET MODELER 14.5 για να μοντελοποιήσουμε μερικά δίκτυα. Στα συγκεκριμένα δίκτυα θα συγκρίνουμε τέσσερα πρωτόκολλα που μας δίνει τη δυνατότητα το εργαλείο ,αυτά είναι τα πρωτόκολλα 802.11a , 802.11b , 802.11g και το WIMAX. Για να εξετάσουμε πως συμπεριφέρεται το κάθε πρωτόκολλο στα δίκτυα που σχεδιάστηκαν φτιάξαμε σενάρια και τοποθετήσαμε 1 , 15 , 35 και 50 χρήστες αντίστοιχα και βάλουμε όλοι οι χρήστες να τρέχουν μια υπηρεσία Web browsing (light) .Οι ταχύτητες που χρησιμοποιούνται στα πρωτόκολλα 802.11 a και 802.11g είναι 24Mbps και στο πρωτόκολλο 802.11b είναι 11Mbps.Έτσι μέσα από προσομοιώσεις θα βγουν γραφικές παραστάσεις με διάφορα στοιχεία των δικτύων. Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα μοντελοποιημένα δίκτυα και τα διαγράμματα των δικτύων.

3.1 Πρωτόκολλο 802.11a

3.1.1 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 1 χρήστη



Εικόνα 10: Δίκτυο 802.11a με 1 χρήστη

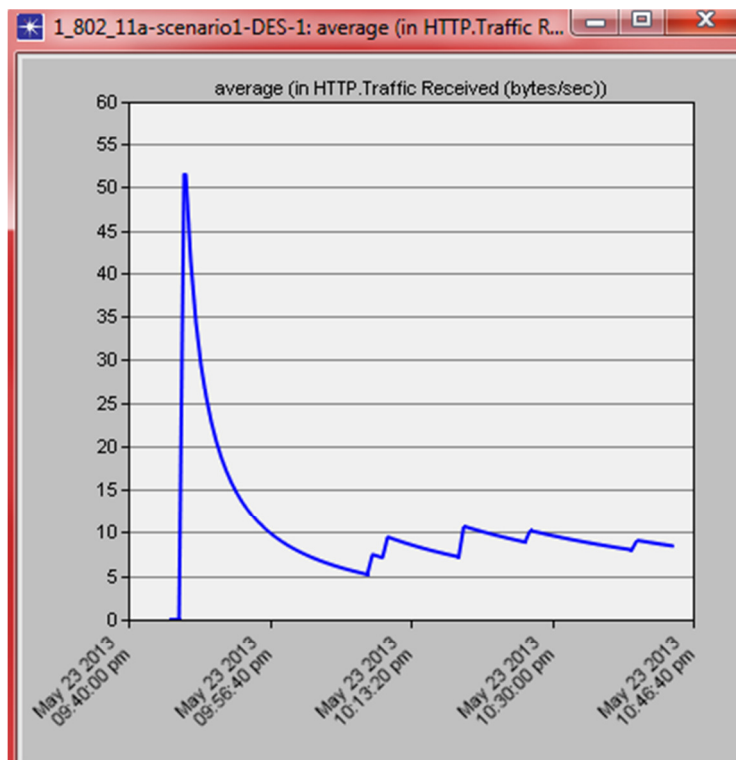
Στο σενάριο αυτό το δίκτυο που έχει μοντελοποιηθεί βλέπουμε ότι είναι σχεδιασμένο με έναν χρήστη στο δίκτυο ένα router και έναν server όπου από εκεί λαμβάνουν την υπηρεσία Web browsing και έχουμε βάλει το πρωτόκολλο 802.11a . Έχουμε ορίσει το profile και τα applications που θα έχει ο χρήστης αλλά και ο server και η ταχύτητα στο δίκτυο είναι στα 24Mbps. Το δίκτυο έχει προσομοιωθεί για μια ώρα για το πρωτόκολλο 802.11a και παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης που μοντελοποιήθηκε. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.0025– 0.0043 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 9.8 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 9.8 bytes/sec (average)

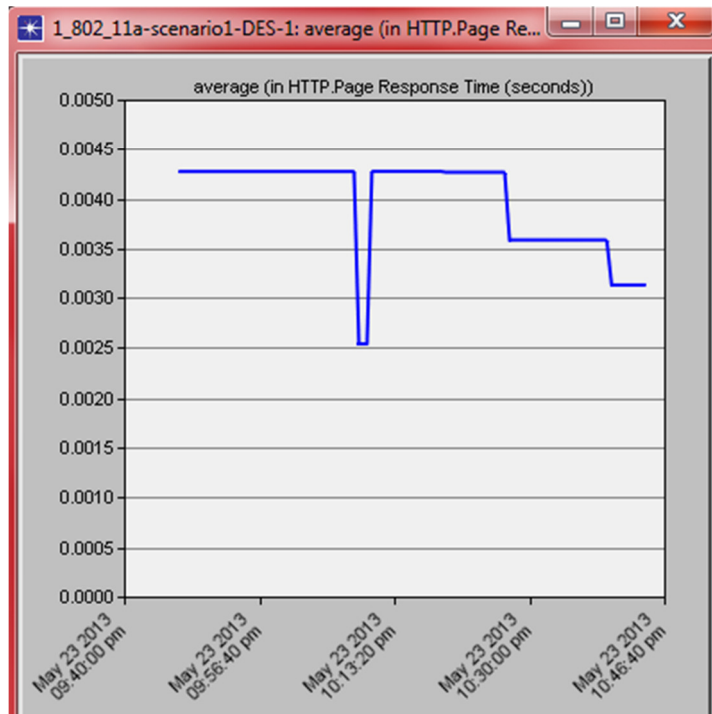
Για το δίκτυο 802.11a:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.00025 sec (average)
 - 2) Throughput: 50 bits/sec (average)



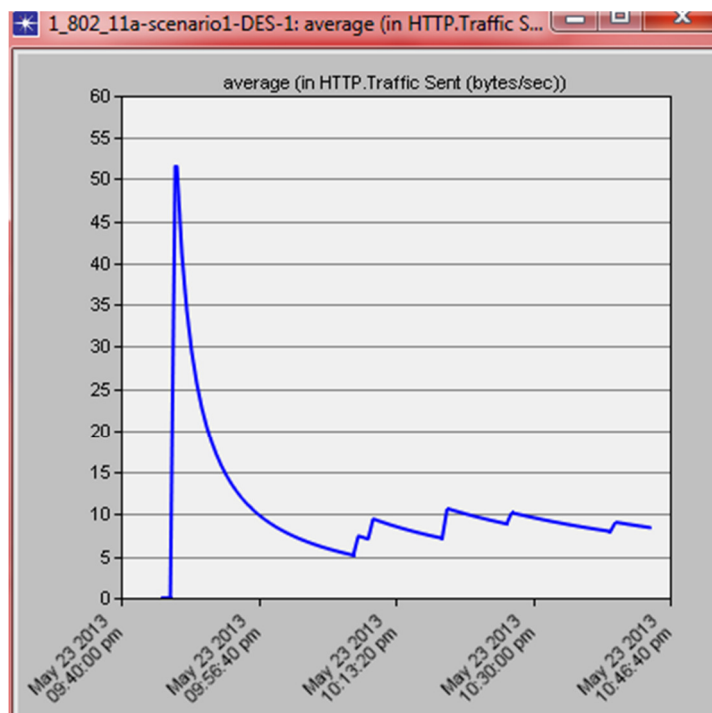
Εικόνα 11:traffic received

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εισέρχονται στο δίκτυο και είναι 9.8 bytes/sec μέσο όρο.



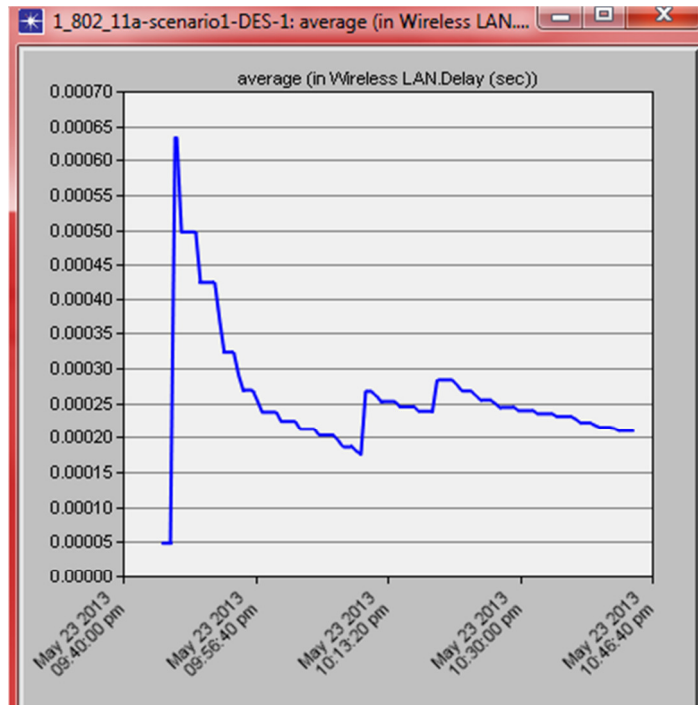
Εικόνα 12:response time

Εδώ παρατηρούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται ένας χρήστης για να ανοίξει μια σελίδα web χρειάζεται 0.0025– 0.0043 sec μέσο όρο.

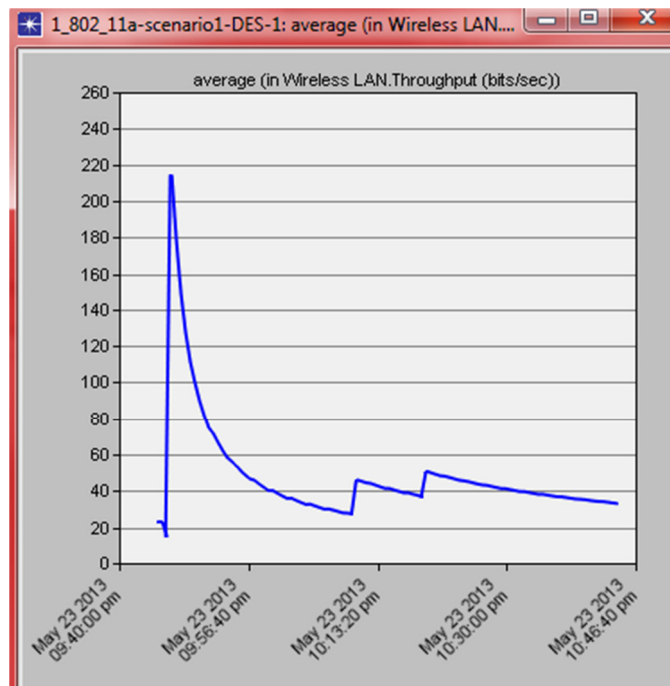


Εικόνα 13:traffic sent

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εξέρχονται από το δίκτυο και είναι 9.8 bytes/sec μέσο όρο.



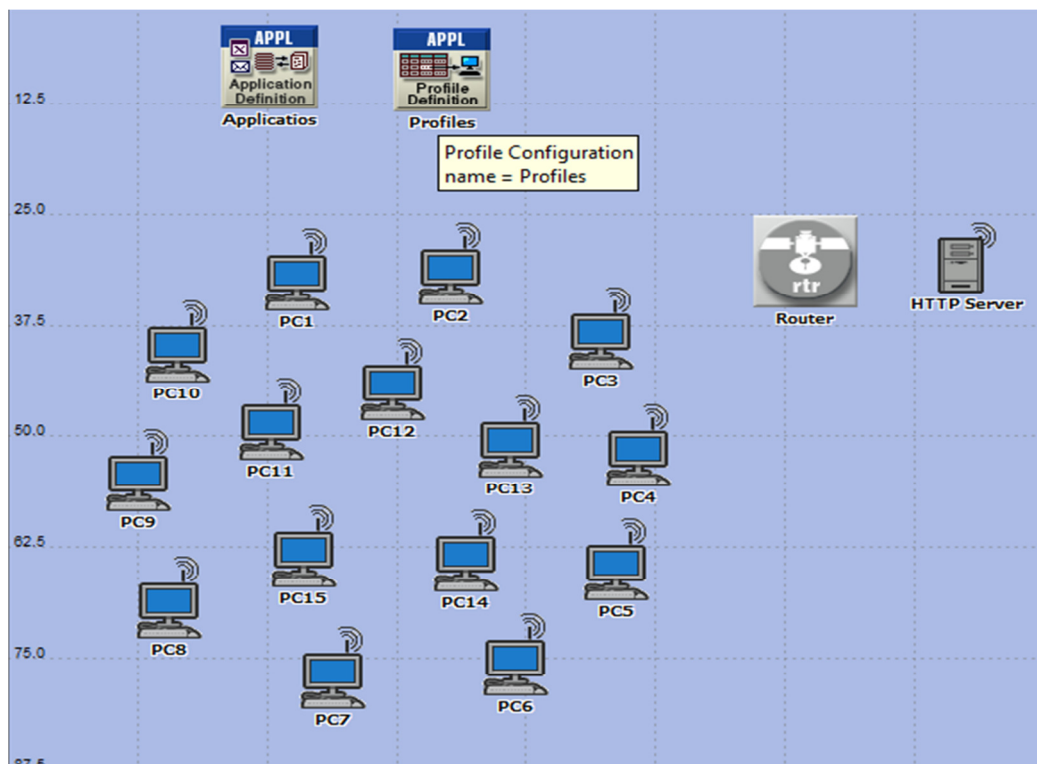
Εικόνα 14:delay



Εικόνα 15:throughput

Στις γραφικές αυτές βλέπουμε τη πραγματική μεταφορά δεδομένων συνολικά στο δίκτυο που είναι 50 bits/sec μέσο όρο και επίσης βλέπουμε και τη συνολική καθυστέρηση που υπάρχει στο δίκτυο και είναι 0.00025 sec μέσο όρο

3.1.2 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 15 χρήστες



Εικόνα 16: Δίκτυο 802.11a με 15 χρήστες

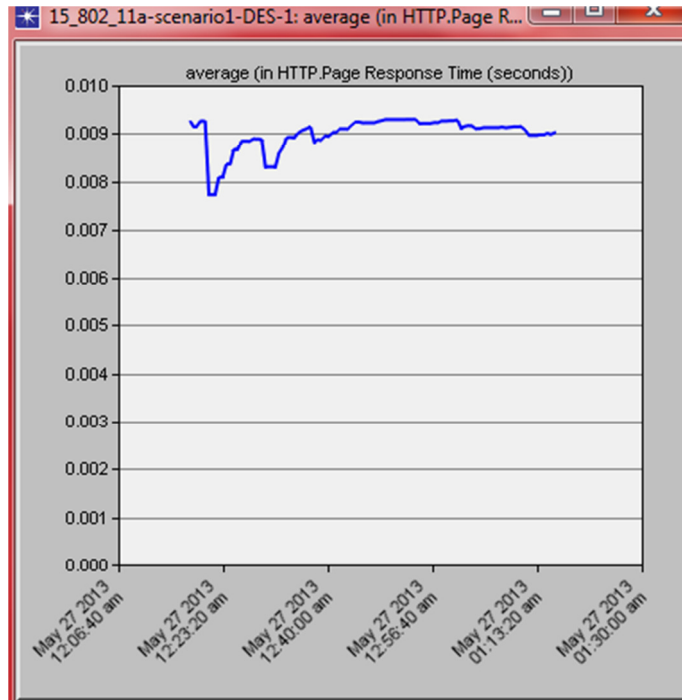
Στο επόμενο σενάριο θέλαμε να δούμε πως θα συμπεριφερθεί το δίκτυο ως προς τη ταχύτητα και τη μεταφορά των δεδομένων με περισσότερους χρήστες. Έτσι τοποθετήσαμε 15 χρήστες στο δίκτυο με έναν router και έναν server. Ορίσαμε πάλι τα profiles και τα applications σε χρήστες και server και εγκαταστήσαμε το πρωτόκολλο 802.11a και η ταχύτητα στο δίκτυο είναι στα 24Mbps. Επίσης και αυτό το δίκτυο το προσομοιώσαμε για μια ώρα και παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0,008 – 0,0091sec (average)
 - 2) Traffic Received: 98 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 98 bytes/sec (average)

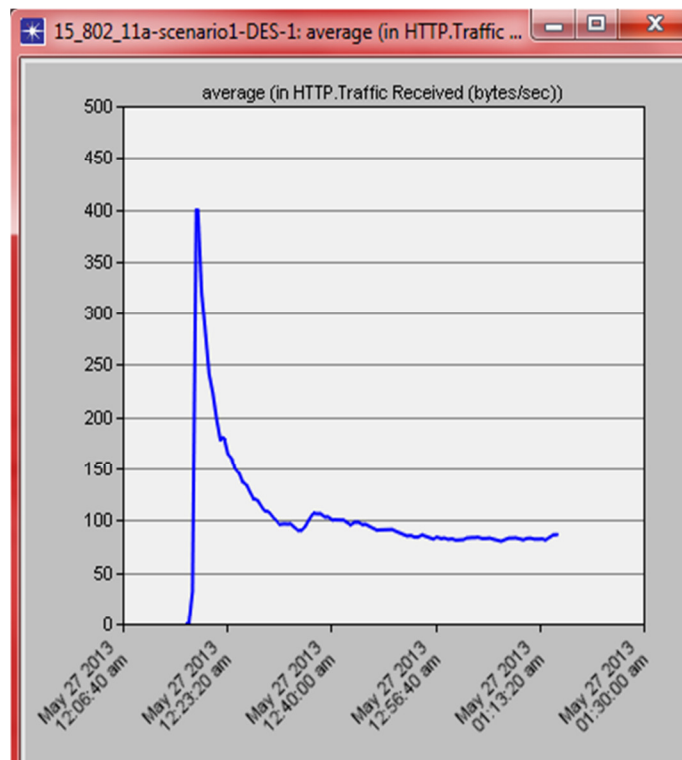
Για το δίκτυο 802.11a:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0008sec (average)
 - 2) Throughput: 1500 bits/sec (average)



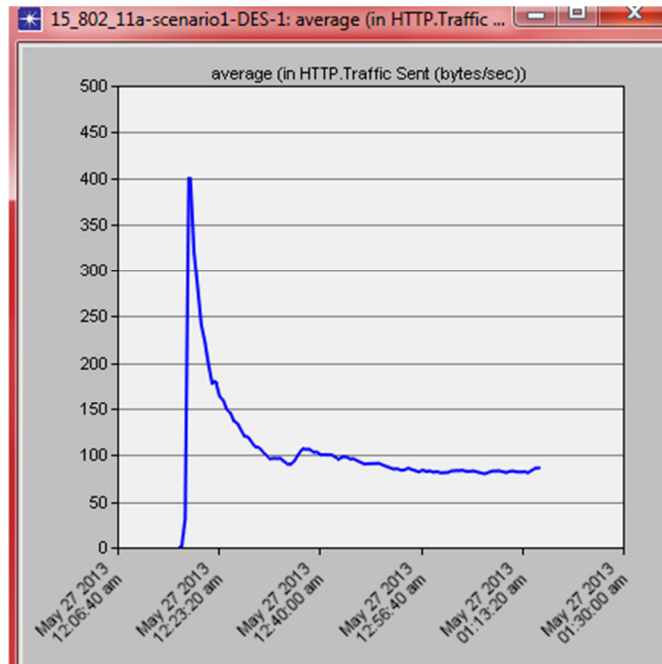
Εικόνα 17:response time

Στη παραπάνω γραφική βλέπουμε το χρόνο απόκρισης που χρειάζεται ένας χρήστης για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο και είναι 0,008 – 0,0091sec μέσο όρο.



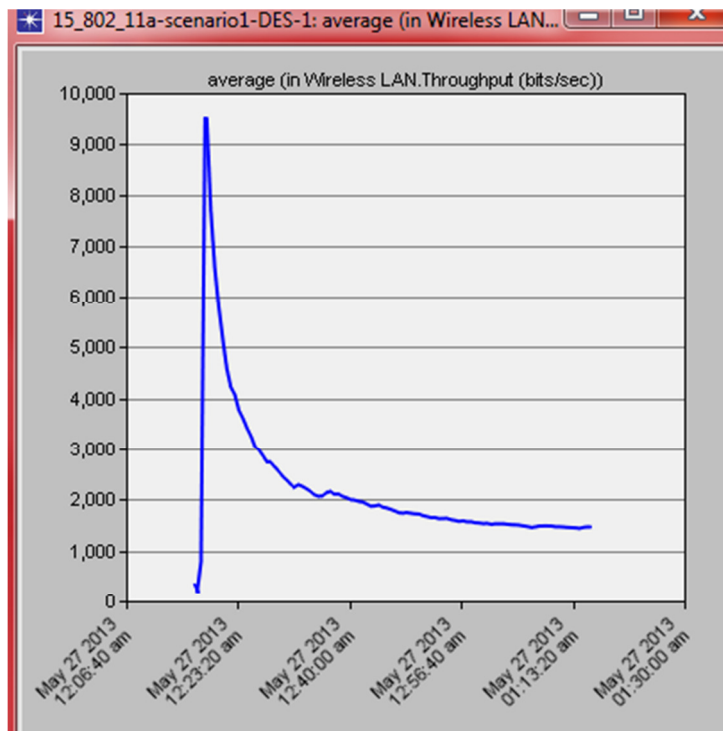
Εικόνα 18:traffic received

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εισέρχονται από το δίκτυο και είναι 98 bytes/sec μέσο όρο.

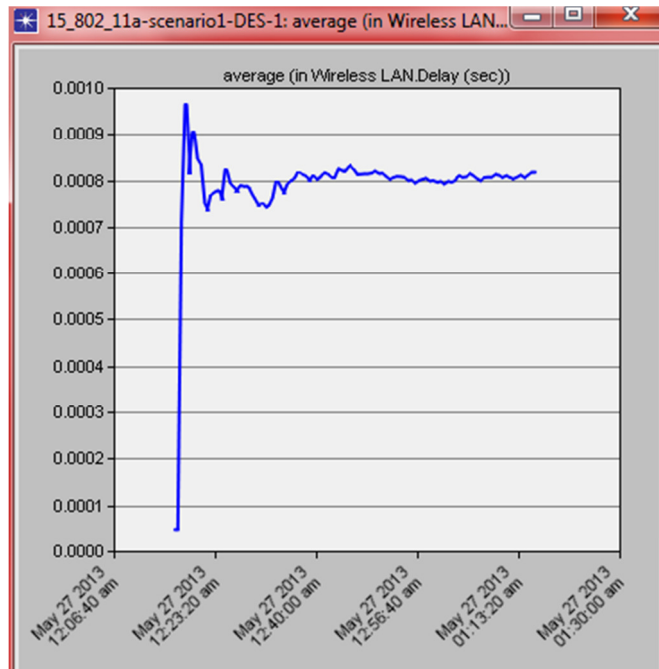


Εικόνα 19:traffic sent

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εξέρχονται από το δίκτυο και είναι 98 bytes/sec μέσο όρο.



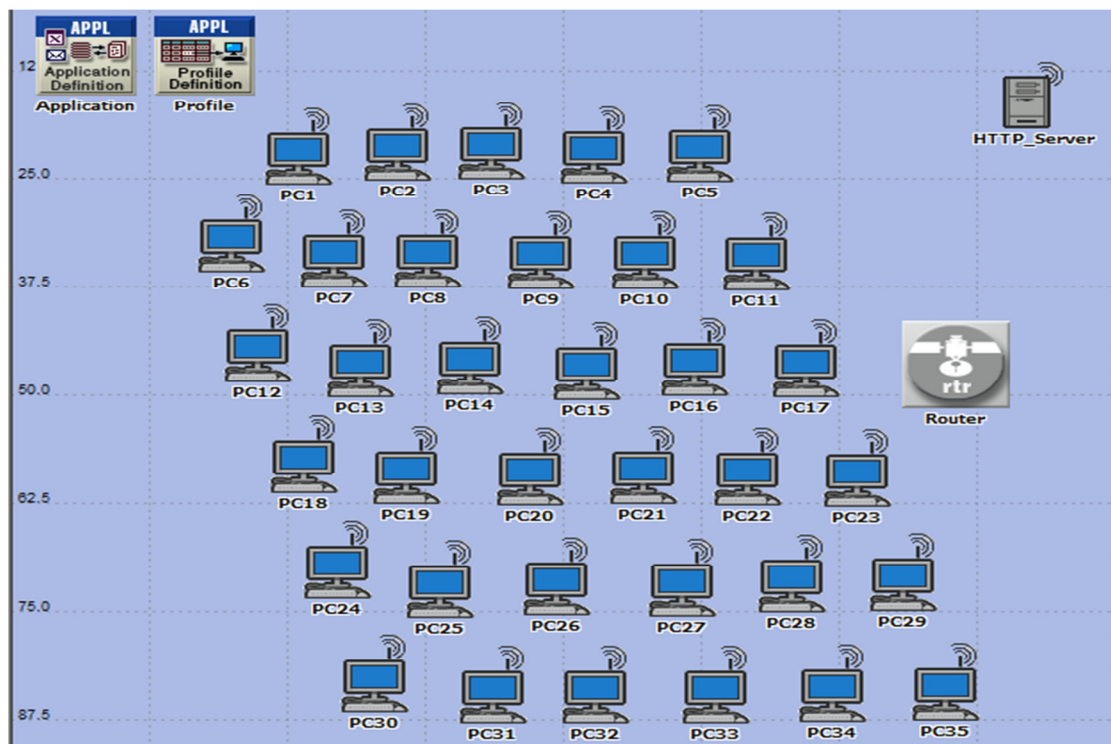
Εικόνα 20:throughput



Εικόνα 21:delay

Στις γραφικές παρατηρούμε τη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων που είναι 1500 bits/sec μέσο όρο και το χρόνο καθυστέρησης του δικτύου που είναι 0.0008sec μέσο όρο.

3.1.3 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 35 χρήστες



Εικόνα 22: Δίκτυο 802.11a με 35 χρήστες

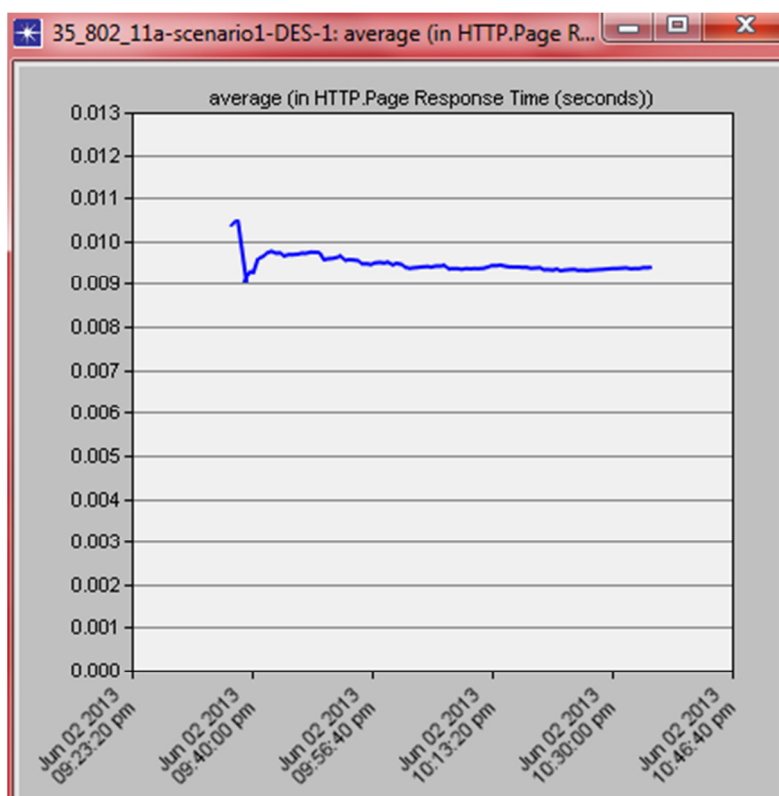
Στο συγκριμένο σενάριο τοποθετήσαμε 35 χρήστες για να δούμε με πιο φορτωμένο δίκτυο πως συμπεριφέρεται. Ορίστηκαν και εδώ τα profiles και τα applications σε χρήστες και server. Τοποθετήθηκε και εδώ το πρωτόκολλο 802.11a και η ταχύτητα στο δίκτυο είναι στα 24Mbps . Προσομοιώθηκε επίσης και αυτό το σενάριο για μια ώρα. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0,009sec (average)
 - 2) Traffic Received: 210 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 210 bytes/sec (average)

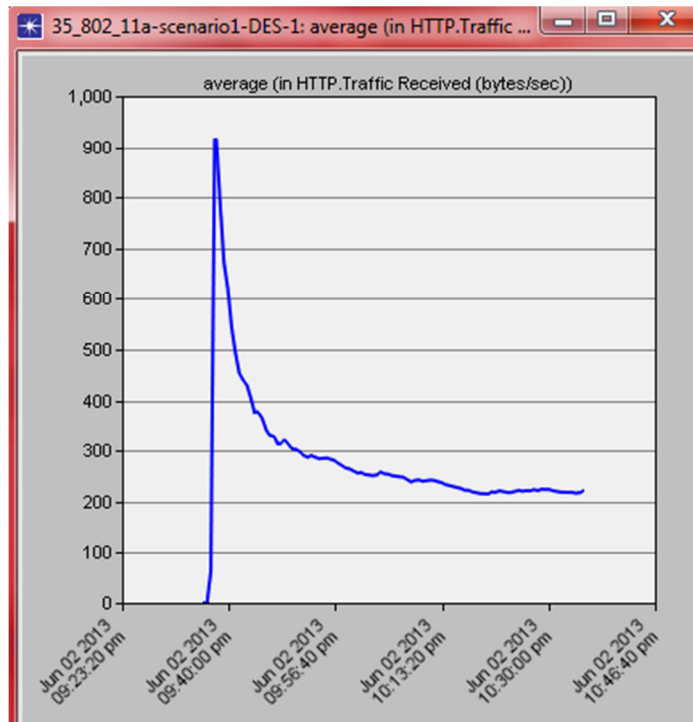
Για το δίκτυο 802.11a:

- Wireless LAN: 1) Delay: 0.0009 sec (average)
- 2) Throughput: 4000 bits/sec (average)



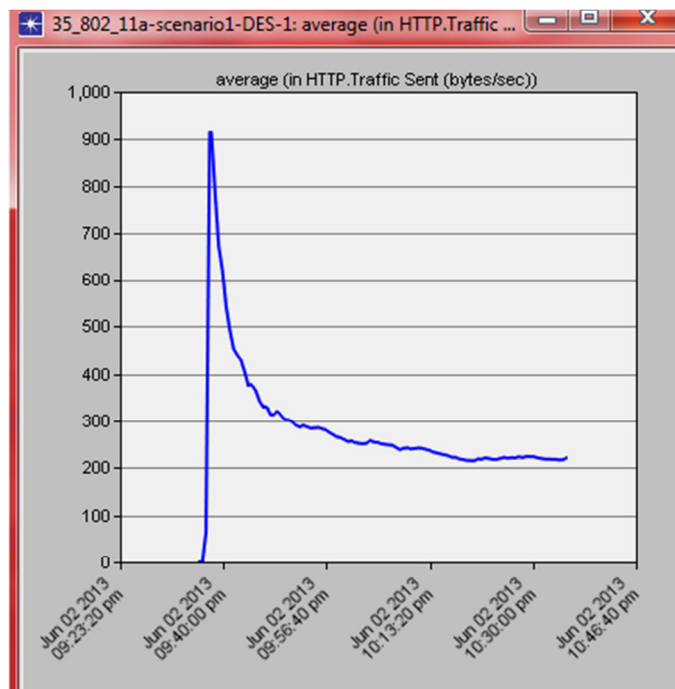
Εικόνα 23:response time

Παρατηρούμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται ένας χρήστης για να ανοίξει μια σελίδα είναι 0,009sec μέσο όρο.



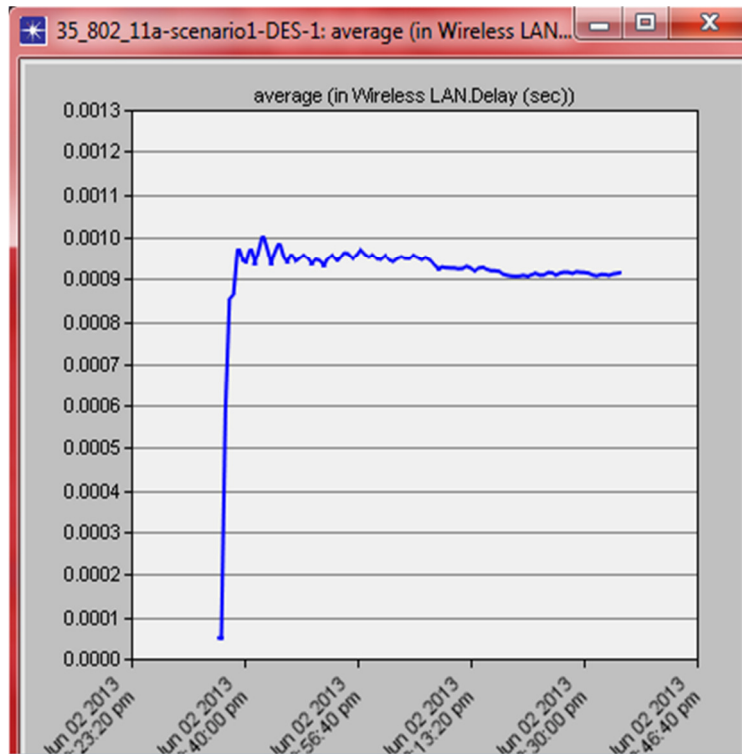
Εικόνα 24:traffic received

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εισέρχονται από το δίκτυο και είναι 210 bytes/sec μέσο όρο.

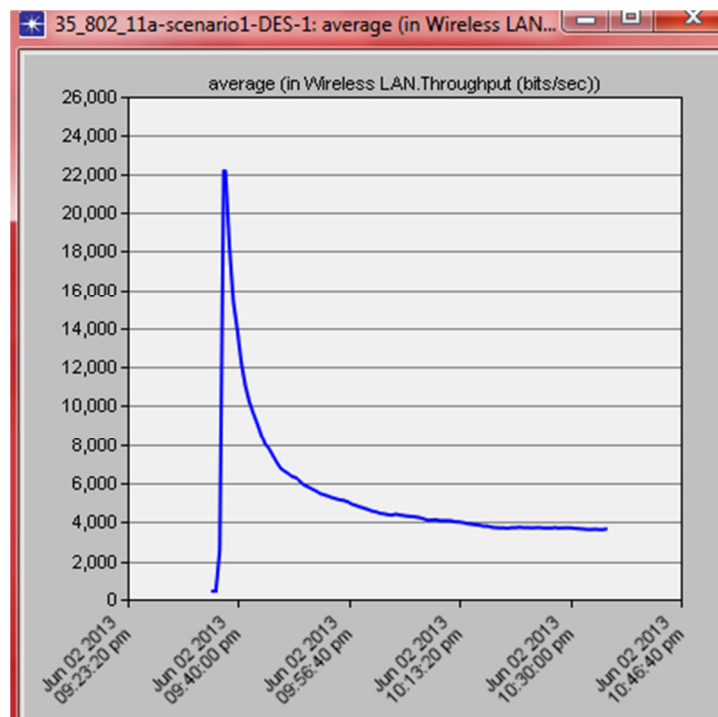


Εικόνα 25:traffic sent

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εξέρχονται από το δίκτυο και είναι 210 bytes/sec μέσο όρο.



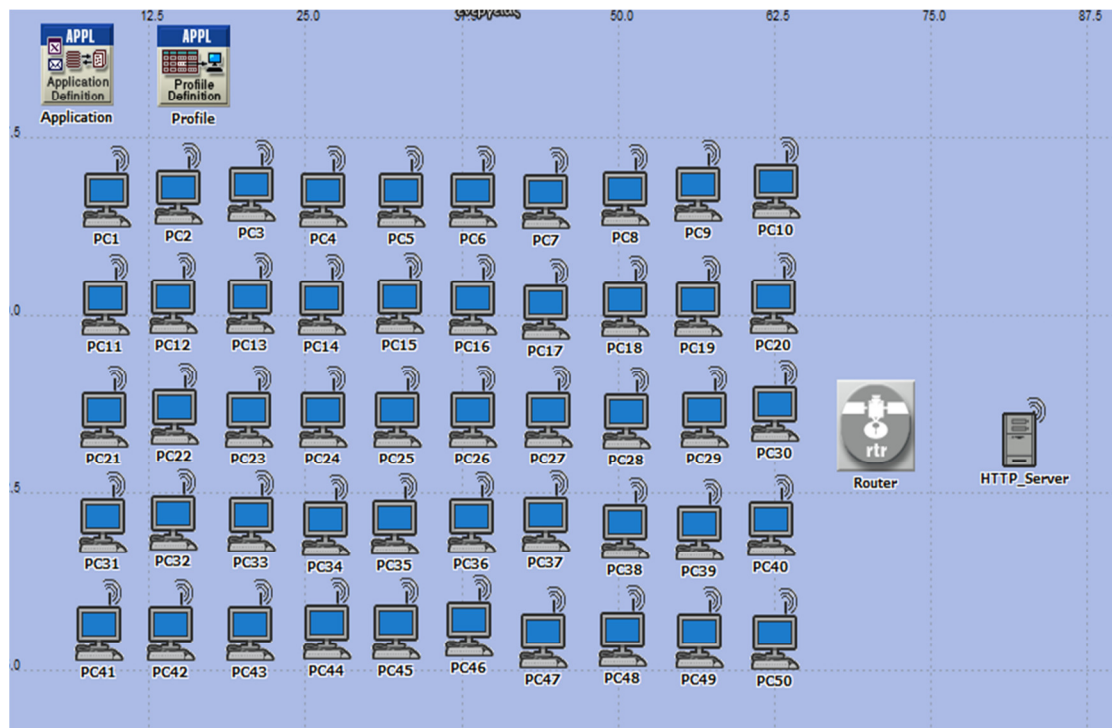
Εικόνα 26:delay



Εικόνα 27:throughput

Στις γραφικές βλέπουμε το χρόνο καθυστέρησης του δικτύου που είναι 0.0009 sec και ακόμη βλέπουμε και το χρόνο απόκρισης που χρειάζεται να ανοίξει μια σελίδα που είναι 0,009sec

3.1.4 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11a με 50 χρήστες



Εικόνα 28:Δίκτυο 802.11α με 50 χρήστες

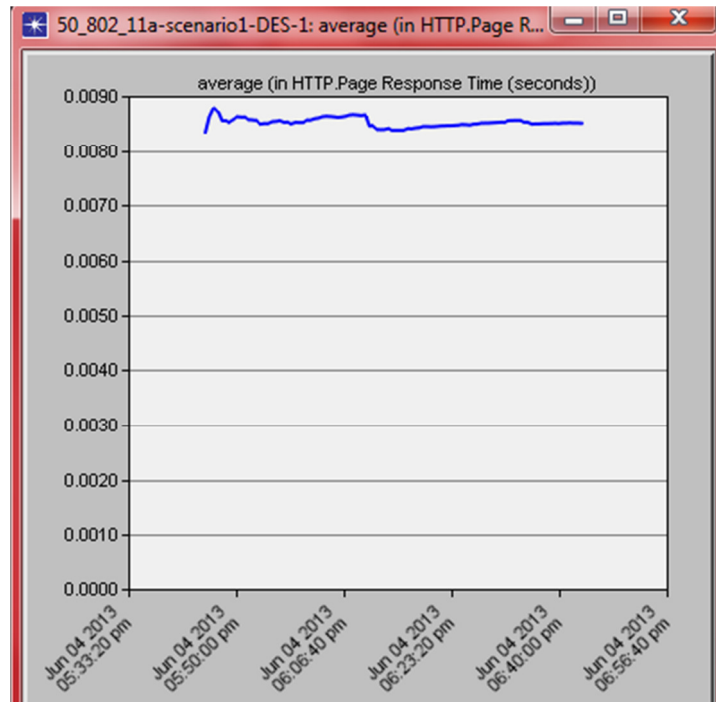
Τέλος για το πρωτόκολλο 802.11a τοποθετήσαμε 50 χρήστες στο δίκτυο με ένα router και έναν server. Εφαρμόστηκε σε όλες τις συσκευές το πρωτόκολλο 802.11 a και τα profiles και τις υπηρεσίες που θα τρέχουν τα PC και ο server και η ταχύτητα στο δίκτυο είναι στα 24Mbps. Η προσομοίωση έτρεξε για μια ώρα και σε αυτό το σενάριο για να δούμε τη συμπεριφορά του δικτύου. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.0085 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 300 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 300 bytes/sec (average)

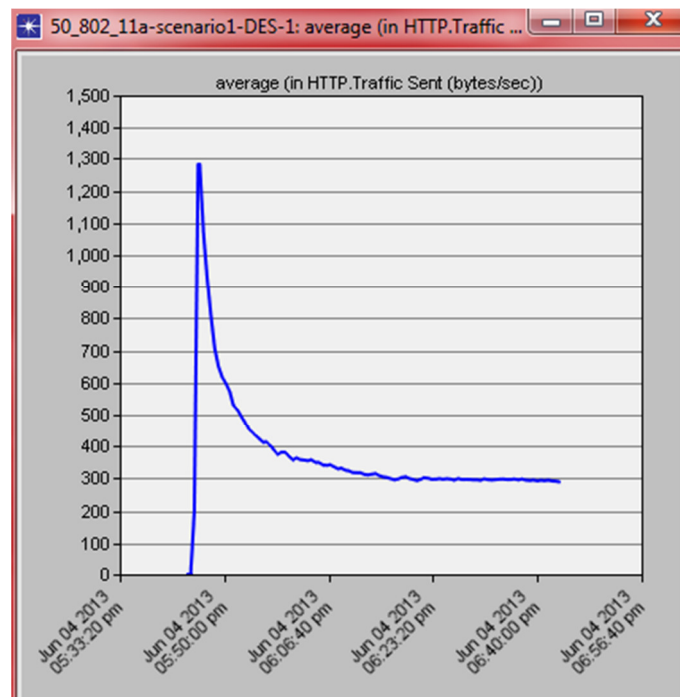
Για το δίκτυο 802.11α:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0012 sec (average)
 - 2) Throughput: 3000 bits/sec (average)

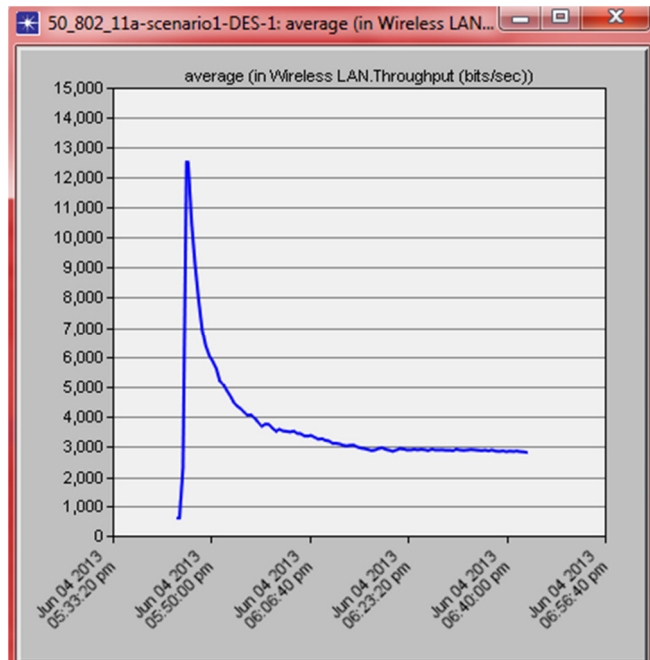


Εικόνα 29:response time

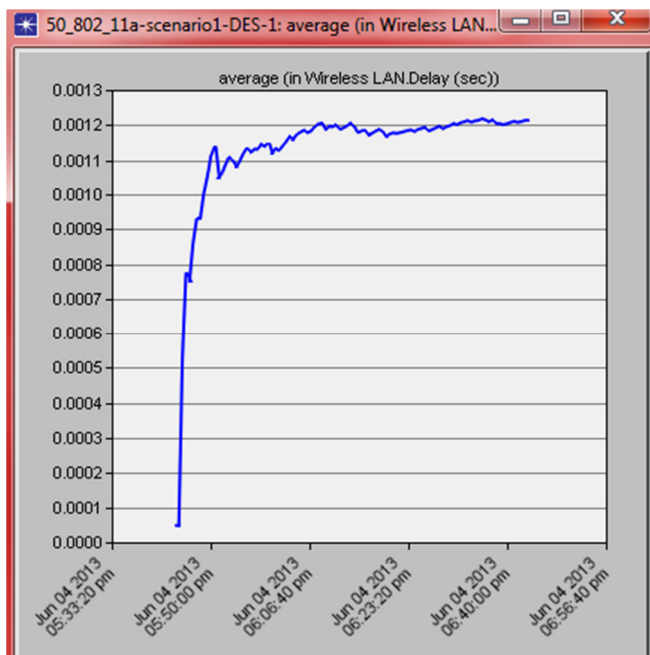
Εδώ βλέπουμε ότι ο χρόνος που χρειάζεται να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.0085 sec



Εικόνα 30:traffic sent



Εικόνα 31:throughput



Εικόνα 32:delay

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τη κίνηση των δεδομένων από τον server που εξέρχονται από το δίκτυο και είναι 300 bytes/sec μέσο όρο. Επίσης παρατηρούμε τη μεταφορά δεδομένων συνολικά του δικτύου που είναι 3000 bits/sec και η καθυστέρηση του δικτύου είναι 0.0012 sec.

3.2 Πρωτόκολλο Wimax

3.2.1 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 1 χρήστη



Εικόνα 33: Δίκτυο wimax με 1 χρήστη

Στα επόμενα σενάρια θα ασχοληθούμε με το πρωτόκολλο wimax.

Στο παραπάνω δίκτυο τοποθετήσαμε έναν χρήστη, μια κεραία και έναν server. Εφαρμόσαμε το πρωτόκολλο wimax τα profiles και τις υπηρεσίες που θα τρέχουν οι συσκευές. Επιπλέον τοποθετήθηκε την εφαρμογή του wimax που είναι απαραίτητο για να τρέξει η προσομοίωση το πρωτόκολλο wimax. Η προσομοίωση έτρεξε για μια ώρα και παρακάτω είναι τα αποτελέσματα. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου.

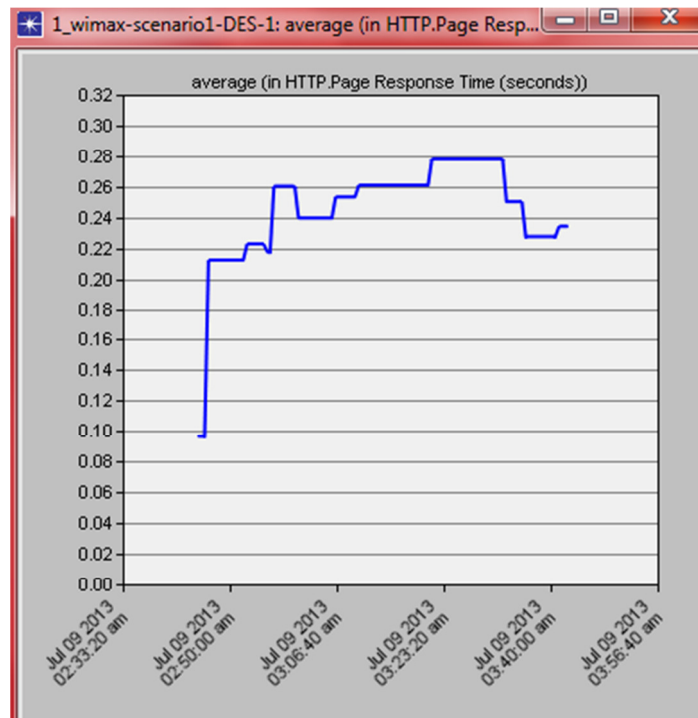
Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP: 1) Page response time: 0.25 sec (average)
2) Traffic Received: 15 bytes/sec (average)
3) Traffic Sent: 15 bytes/sec (average)

Για το δίκτυο wimax:

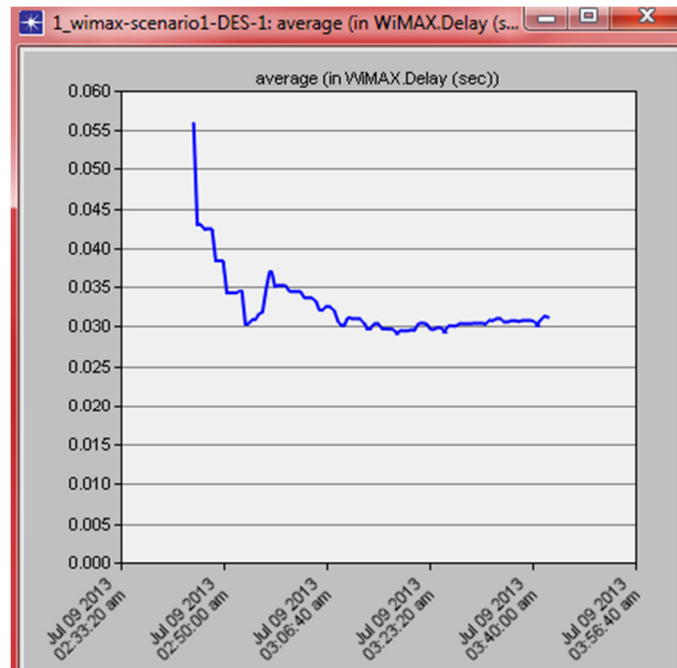
Wimax: 1) Delay: 0.030 sec (average)

2) Throughput: 300 bits/sec (average)



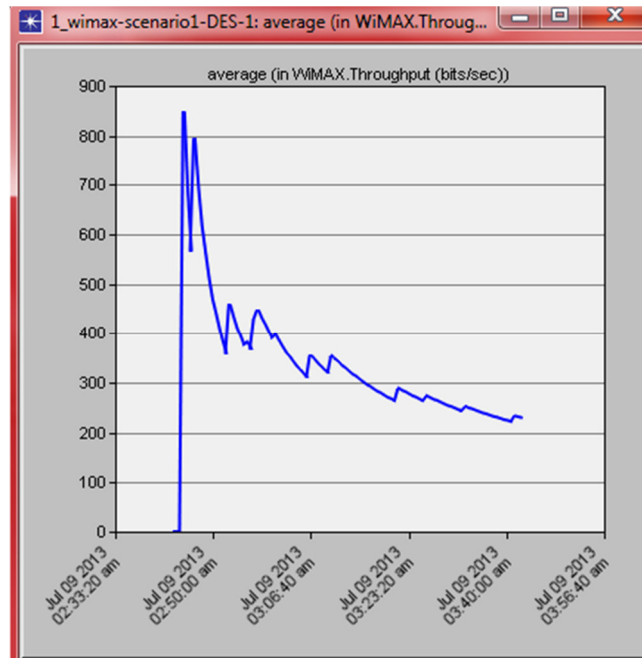
Εικόνα 34:response time

Στη γραφική βλέπουμε το χρόνο που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο που είναι 0.25 sec μέσο όρο.



Εικόνα 35:delay

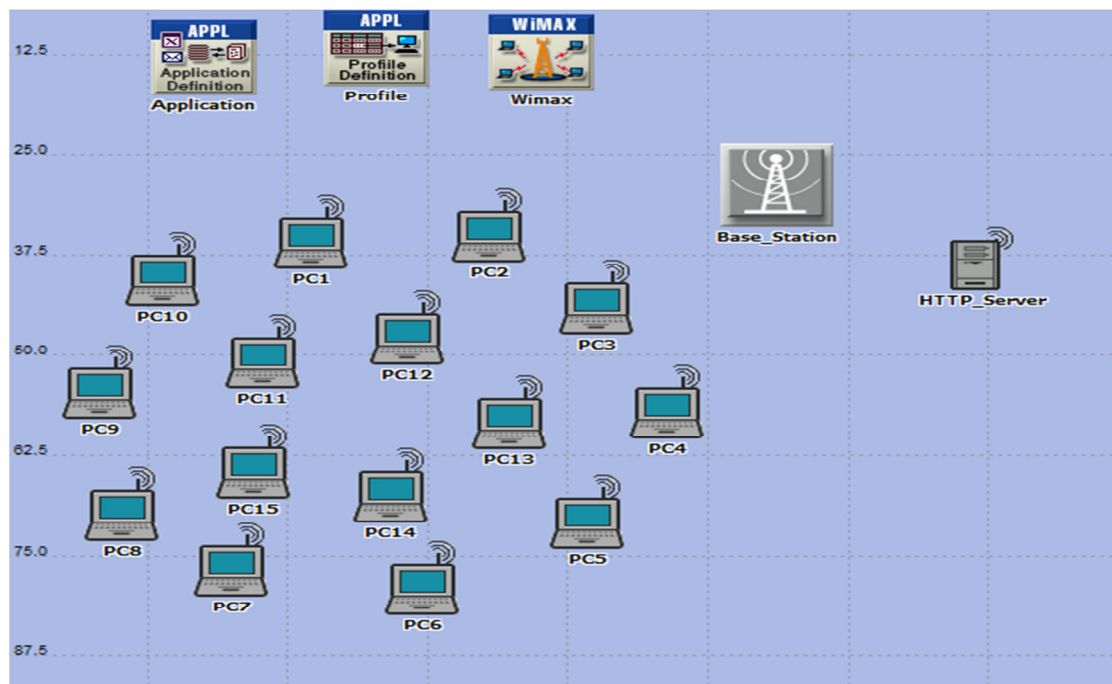
Εδώ η γραφική παράσταση δείχνει το χρόνο καθυστέρησης του δικτύου που είναι 0.030 sec.



Εικόνα 36:throughput

Εδώ η γραφική δείχνει τη μεταφορά δεδομένων του δικτύου που είναι 300 bits/sec.

3.2.2 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 15 χρήστες



Εικόνα 37:Δίκτυο wimax με 15 χρήστες

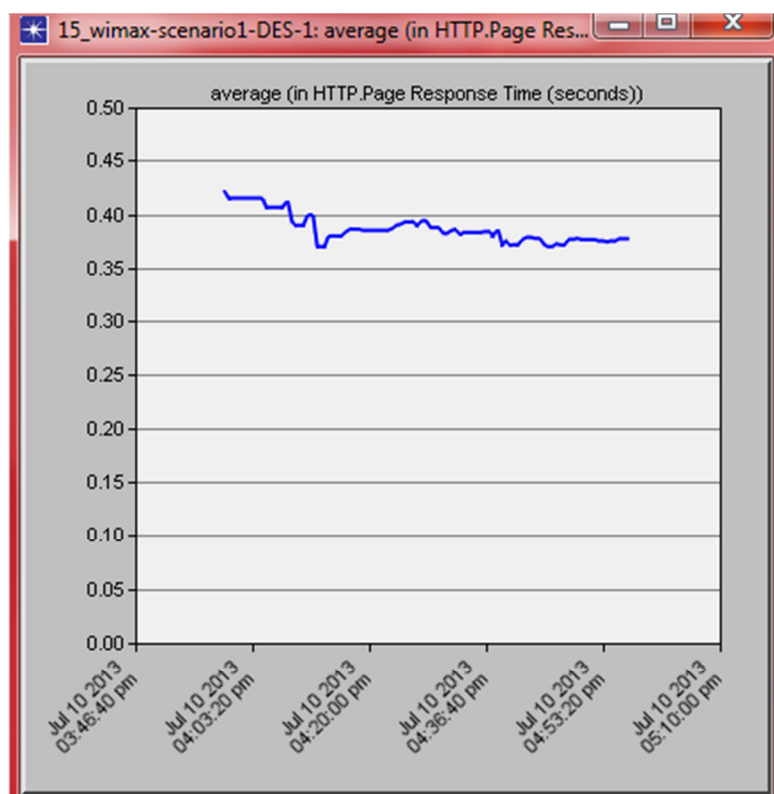
Στο επόμενο σενάριο τοποθετήσαμε 15 χρήστες για να δούμε το δίκτυο πως συμπεριφέρεται με πιο αυξημένη κίνηση μέσα στο δίκτυο. Ορίσαμε τα profiles , τα applications και μαζί με την εφαρμογή του wimax τρέξαμε για μια ώρα τη προσομοίωση. Ρυθμίσαμε και την υπηρεσία Web browsing που παρέχει ο server στους χρήστες. Παρακάτω βλέπουμε τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP: 1) Page response time: 0.37 sec (average)
2) Traffic Received: 99 bytes/sec (average)
3) Traffic Sent: 99 bytes/sec (average)

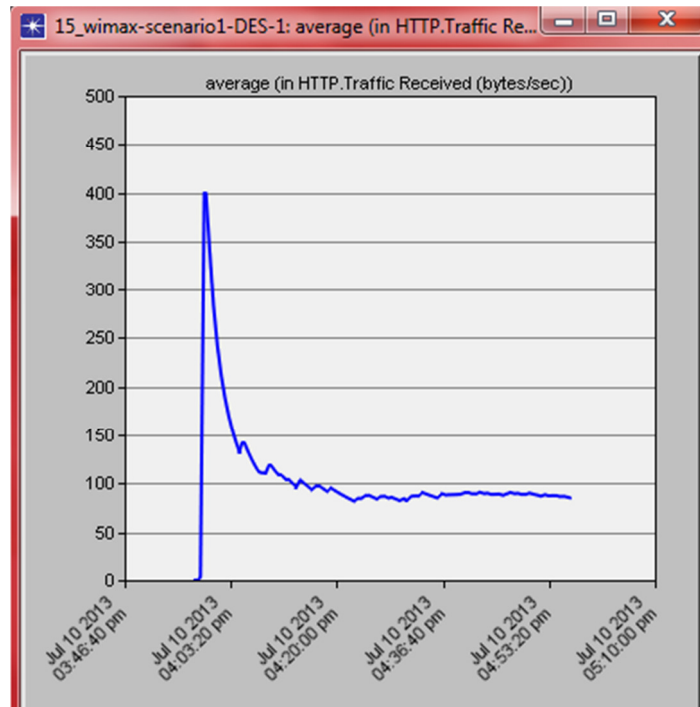
Για το δίκτυο wimax:

- Wimax: 1) Delay: 0.042 sec (average)
2) Throughput: 3000 bits/sec (average)



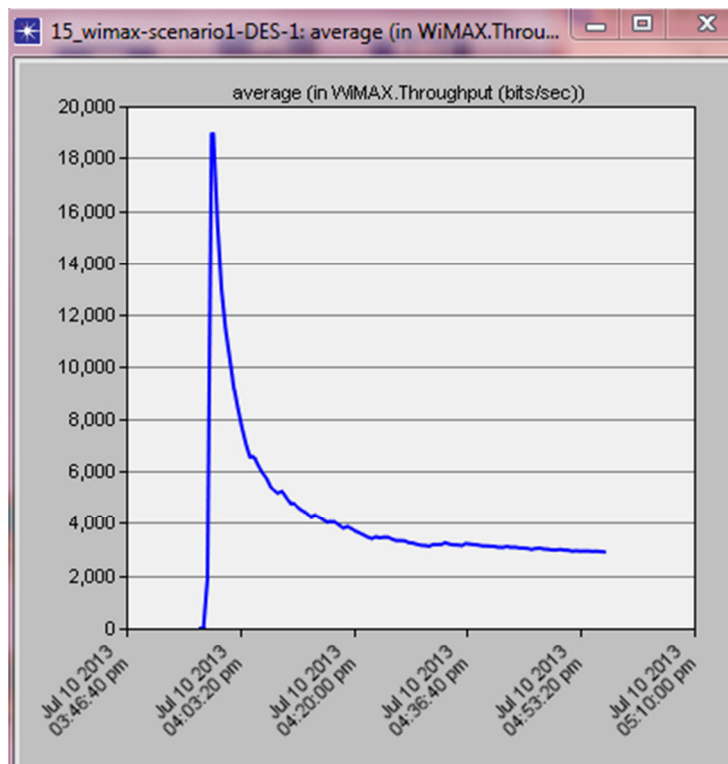
Εικόνα 38:response time

Στη γραφική αυτή παρατηρούμε το χρόνο που θέλει για να ανοίξει μια σελίδα ένας χρήστης στο δίκτυο και συγκεκριμένα χρειάζεται 0.37 sec μέσο όρο.



Εικόνα 39:traffic received

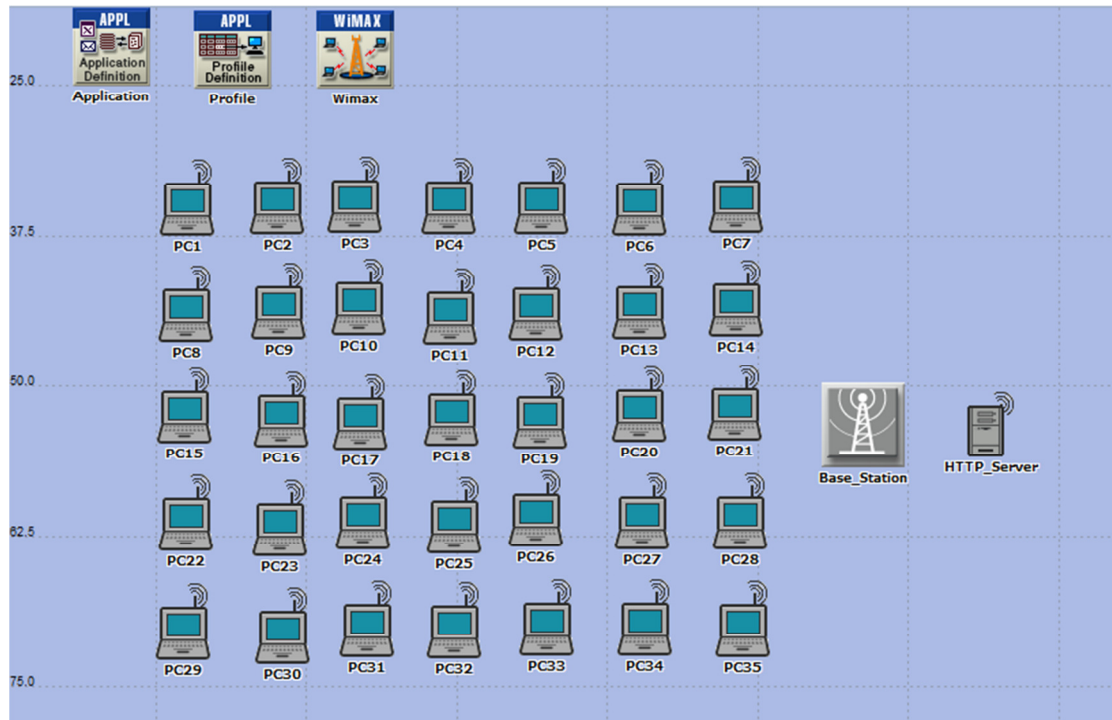
Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εισέρχονται από το δίκτυο και είναι 99 bytes/sec μέσο όρο.



Εικόνα 40:throughput

Η μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο είναι 3000 bits/sec μέσο όρο.

3.2.3 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 35 χρήστη



Εικόνα 41: Δίκτυο wimax με 35 χρήστες

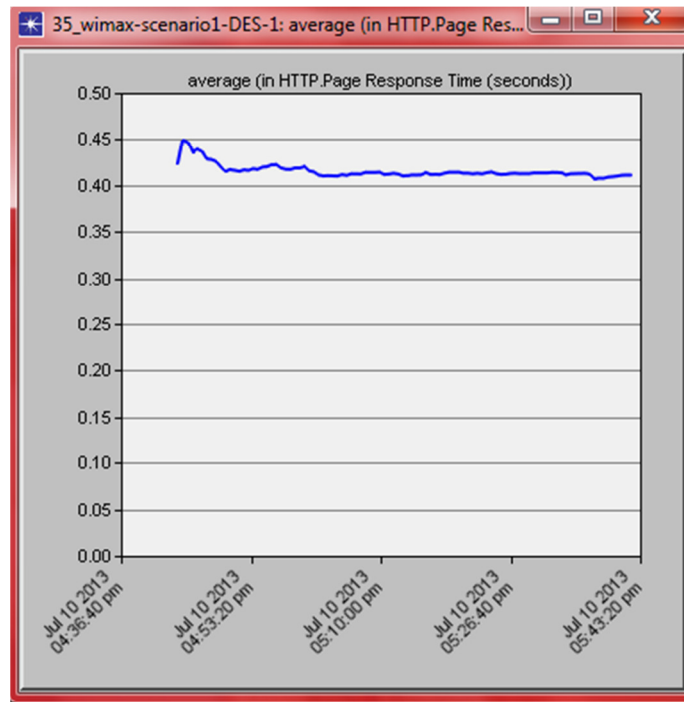
Στο παραπάνω σενάριο τοποθετήθηκαν 35 χρήστες στο δίκτυο για να αυξηθεί η κίνηση του δικτύου. Ορίσαμε ξανά το πρωτόκολλο wimax και τοποθετήσαμε τη κεραία και τον server που τρέχει την υπηρεσία Web browsing. Επίσης και το αυτό δίκτυο προσομοιώθηκε και έτρεξε για μια ώρα για να δούμε τα στατιστικά παρακάτω. Τα παρακάτω στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP: 1) Page response time: 0.42 sec (average)
- 2) Traffic Received: 210 bytes/sec (average)
- 3) Traffic Sent: 210 bytes/sec (average)

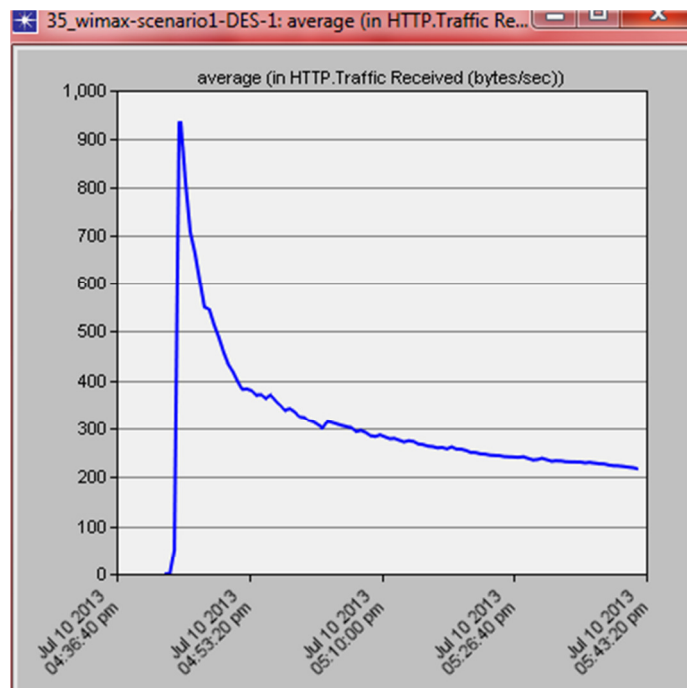
Για το δίκτυο wimax:

- Wimax: 1) Delay: 0.048 sec (average)
- 2) Throughput: 7500 bits/sec (average)



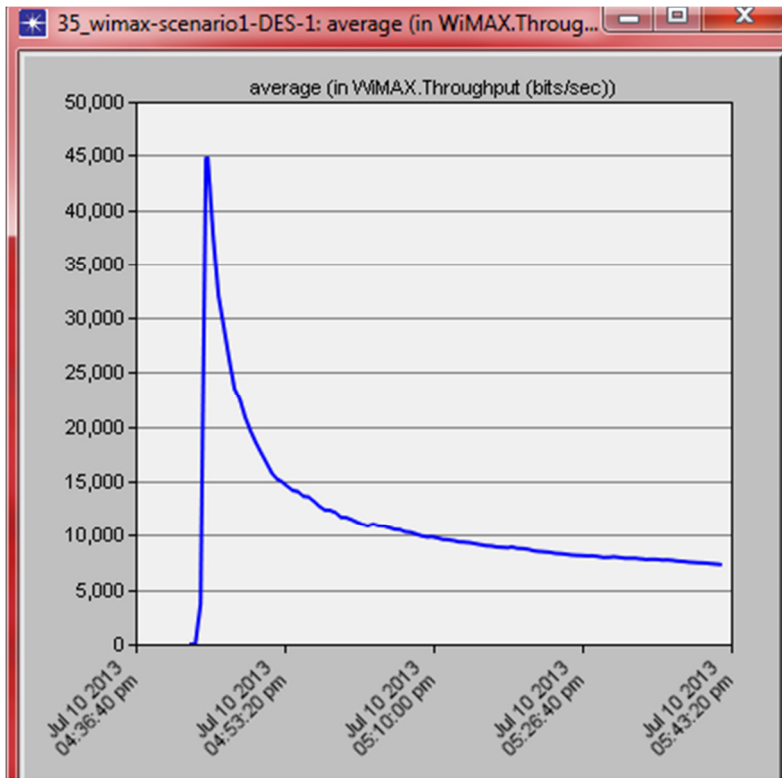
Εικόνα 42:response time

Η ταχύτητα που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.42 sec.



Εικόνα 43traffic received

Στη γραφική αυτή βλέπουμε τα δεδομένα που εισέρχονται από το δίκτυο και είναι 210 bytes/sec μέσο όρο.



Εικόνα 44:throughput

Η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων είναι 7500 bits/sec

3.2.4 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου Wimax με 50 χρήστη



Εικόνα 45:Δίκτυο wimax με 50 χρήστες

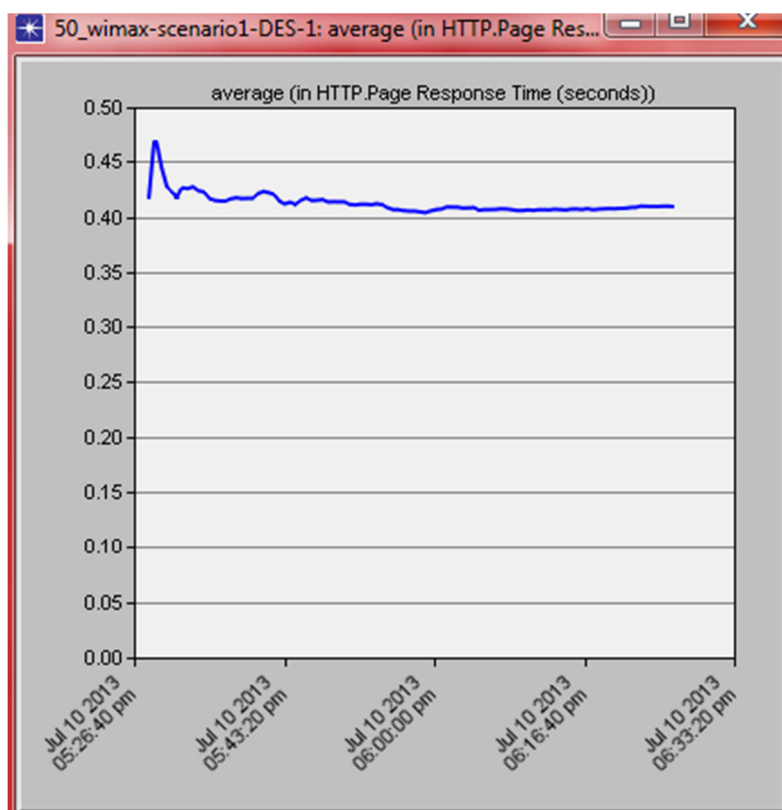
Τέλος για το wimax τοποθετήσαμε 50 χρήστες στο δίκτυο μια κεραία wimax και έναν server που τρέχει την υπηρεσία Web browsing. Ρυθμίσαμε τα profiles και τα applications σε όλα τα τερματικά. Τέλος το προσομοιώσαμε για μια ώρα το δίκτυο και τα αποτελέσματα τα βλέπουμε παρακάτω. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

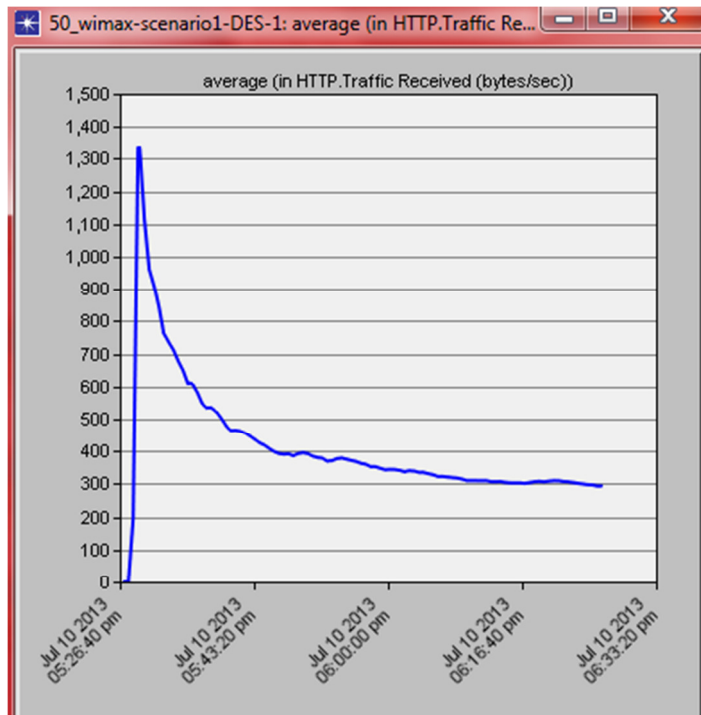
- HTTP: 1) Page response time: 0.42 sec (average)
2) Traffic Received: 300 bytes/sec (average)
3) Traffic Sent: 300 bytes/sec (average)

Για το δίκτυο wimax:

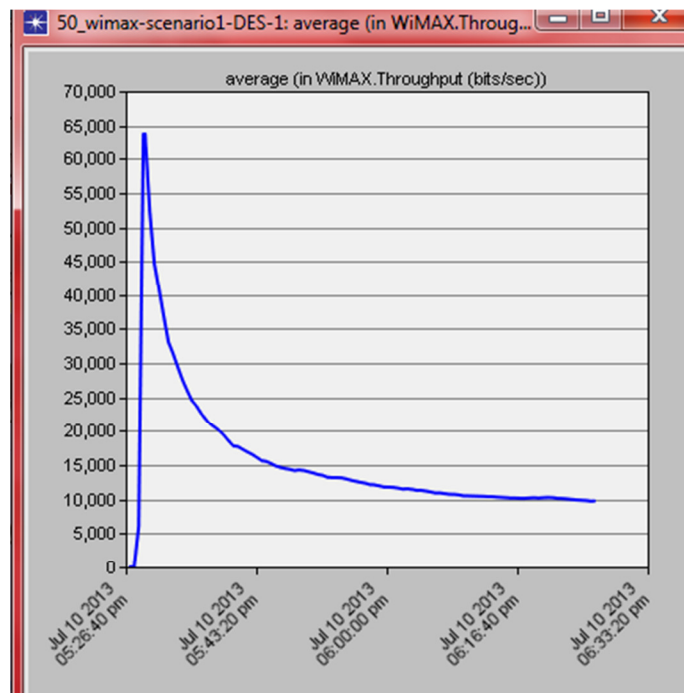
- Wimax: 1) Delay: 0.048 sec (average)
2) Throughput: 10000 bits/sec (average)



Εικόνα 46:response time



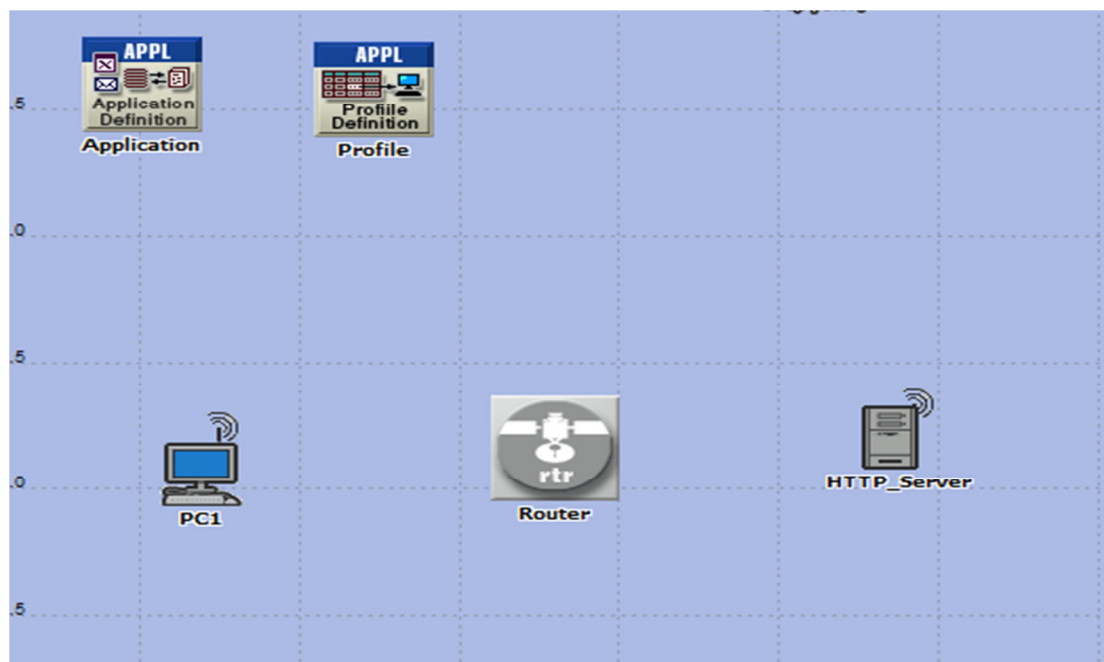
Εικόνα 47:traffic received



Εικόνα 48:throughput

3.3 Πρωτόκολλο 802.11b

3.3.1 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 1 χρήστη



Εικόνα 49: Δίκτυο 802.11b

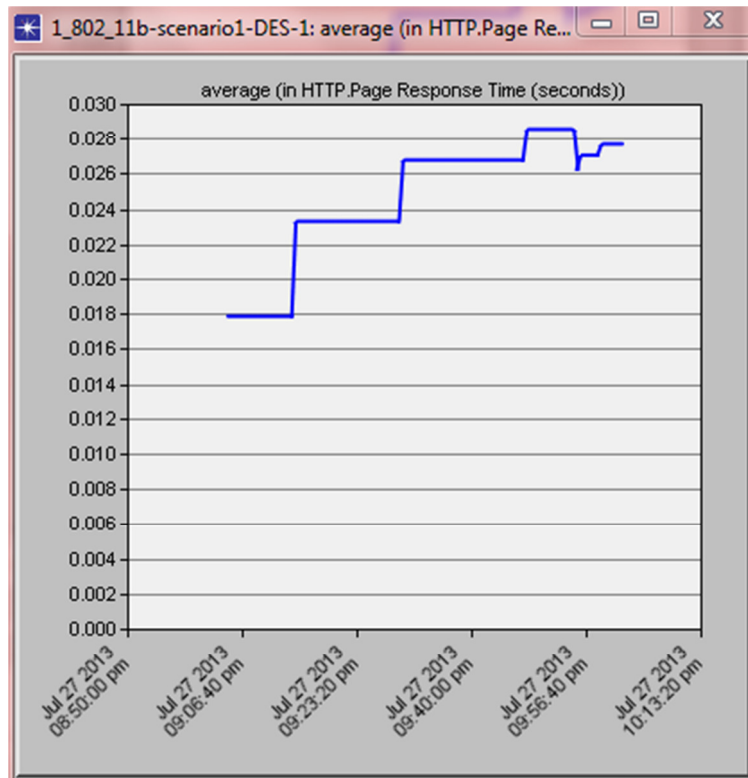
Στο επόμενο σενάριο θα μοντελοποιήσουμε δίκτυο για το πρωτόκολλο 802.11b. τοποθετούμε ένα χρήστη ένα router και έναν server. Η ταχύτητα του δικτύου είναι στα 11Mbps. Ορίσαμε τα profiles και τα applications σε PC και server. Τα δίκτυο το τρέξαμε στη προσομοίωση για μια ώρα και τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.025 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 9 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 9 bytes/sec (average)

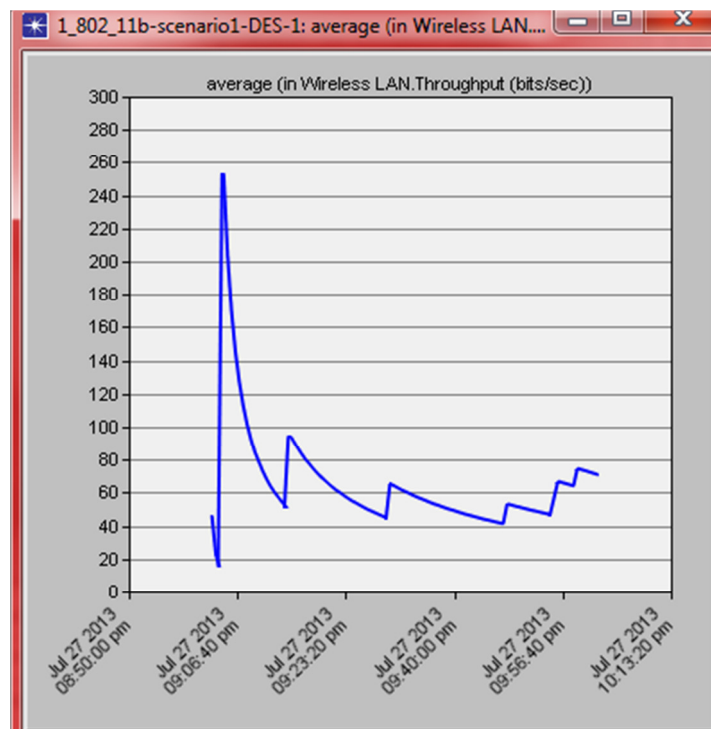
Για το δίκτυο 802.11b:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0013 sec (average)
 - 2) Throughput: 50 bits/sec (average)



Εικόνα 50:response time

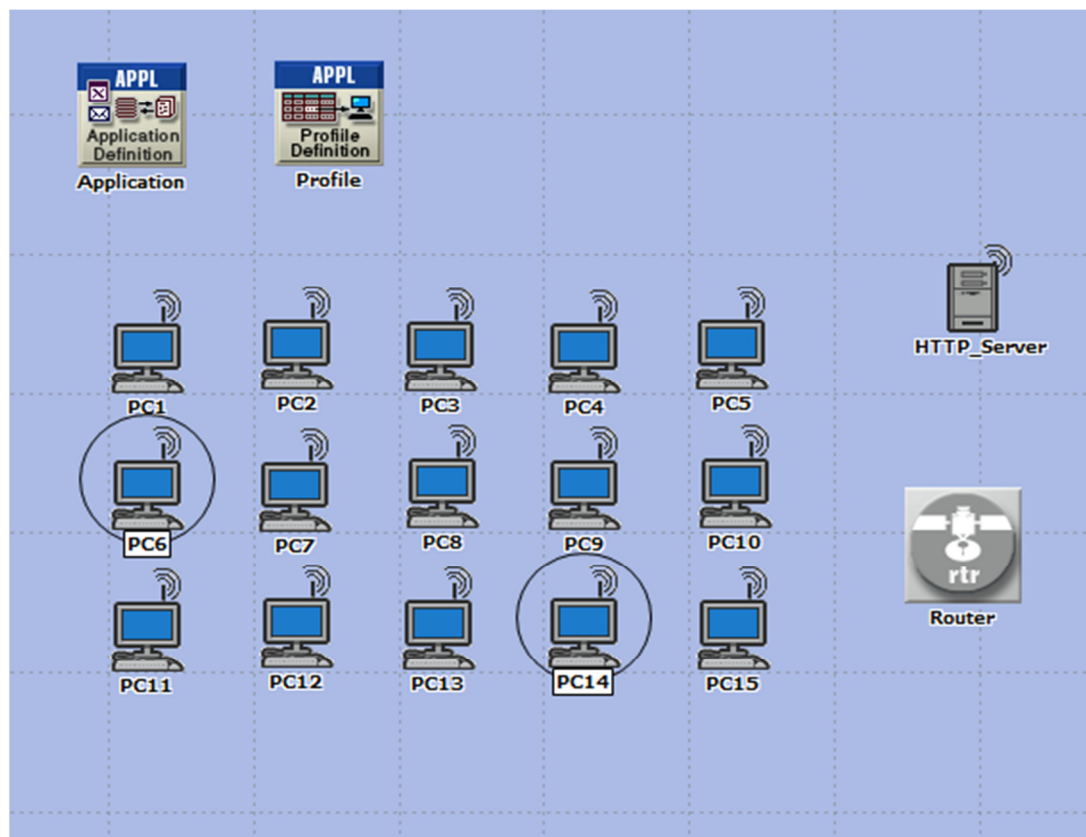
Η ταχύτητα που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.025 sec.



Εικόνα 51:throughput

Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων στο δίκτυο είναι 50 bits/sec.

3.3.2 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 15 χρήστες



Εικόνα 52: Δίκτυο 802.11b με 15 χρήστες

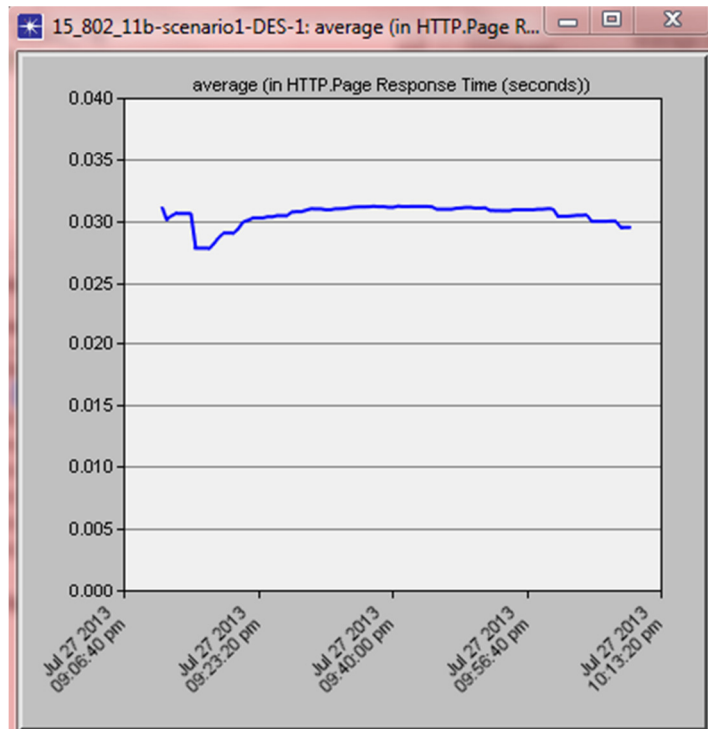
Στο σενάριο αυτό τοποθετήσαμε 15 χρήστες για να αυξήσουμε τη κίνηση του δικτύου. Ορίσαμε τις υπηρεσίες και τα προφίλ στο server και τα PC. Η ταχύτητα του δικτύου είναι στα 11Mbps. Το δίκτυο το τρέξαμε στη προσομοίωση για μια ώρα και τα αποτελέσματα φαίνονται παρακάτω. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.030 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 100 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 100 bytes/sec (average)

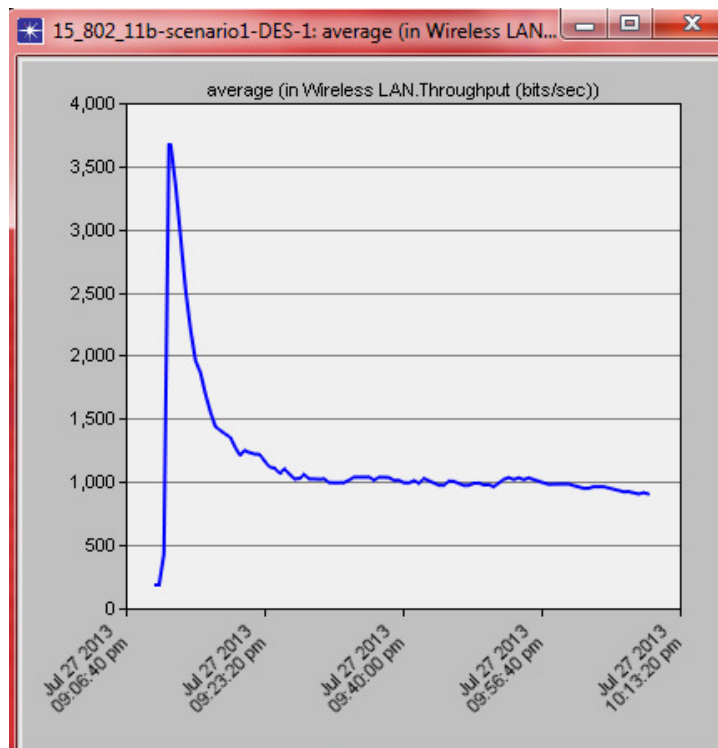
Για το δίκτυο 802.11b:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0038 sec (average)
 - 2) Throughput: 1000 bits/sec (average)



Εικόνα 53:response time

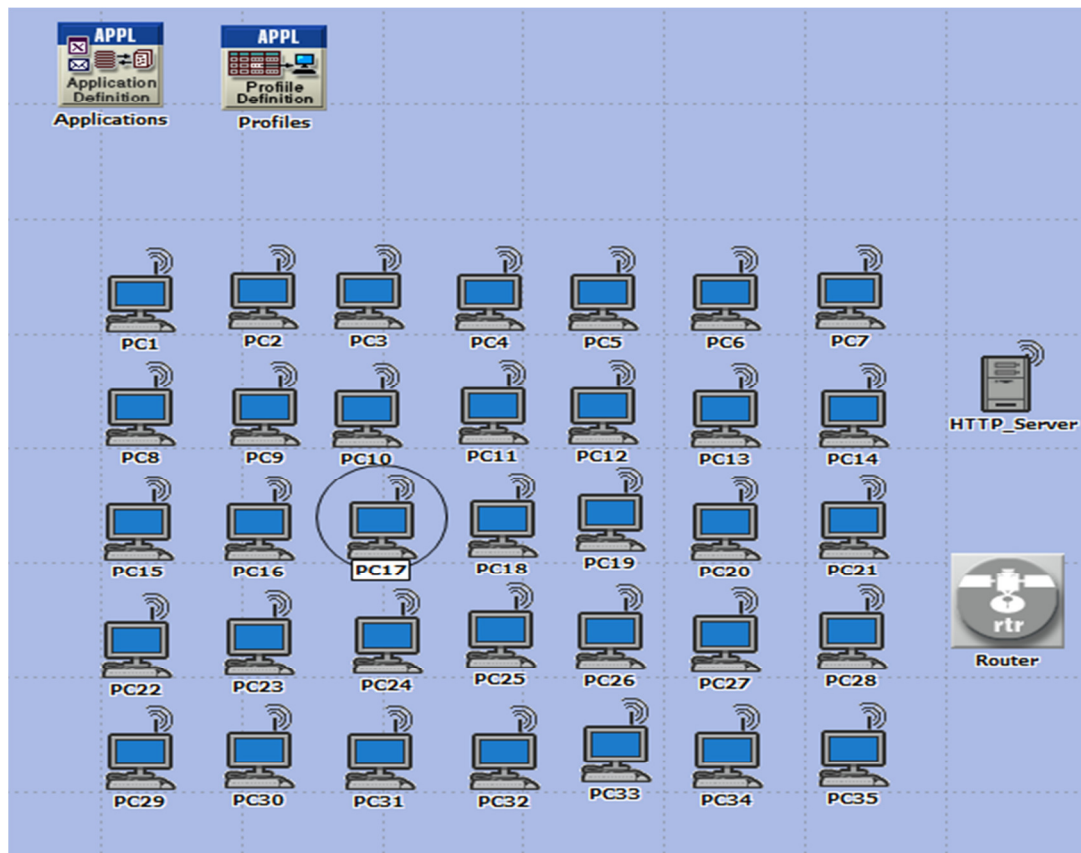
Η ταχύτητα που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.030 sec



Εικόνα 54:throughput

Η ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων είναι 1000 bits/sec

3.3.3 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 35 χρήστες



Εικόνα 55: Δίκτυο 802.11b με 35 χρήστες

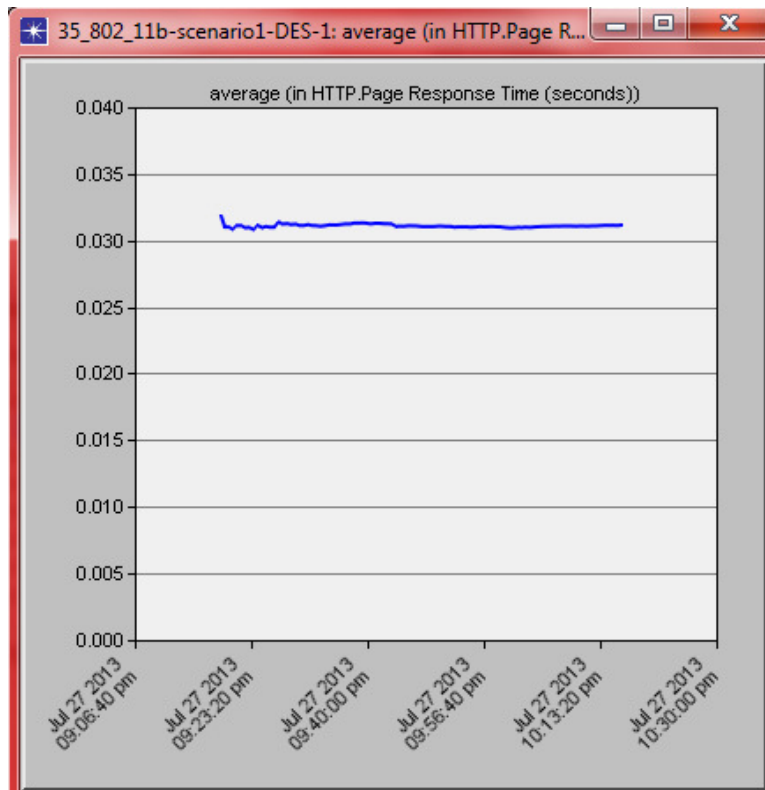
Σε αυτό το δίκτυο τοποθετήσαμε 35 χρήστες ένα router και έναν server. Καταφέραμε να αυξήσουμε τη κίνηση του δικτύου και επιπλέον ορίσαμε σε όλες τις συσκευές το πρωτόκολλο 802.11b μαζί με τις υπηρεσίες που θέλουμε (web browsing) και τα προφίλ. Η προσομοίωση έτρεξε για μια ώρα και παρακάτω φαίνονται τα αποτελέσματα. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

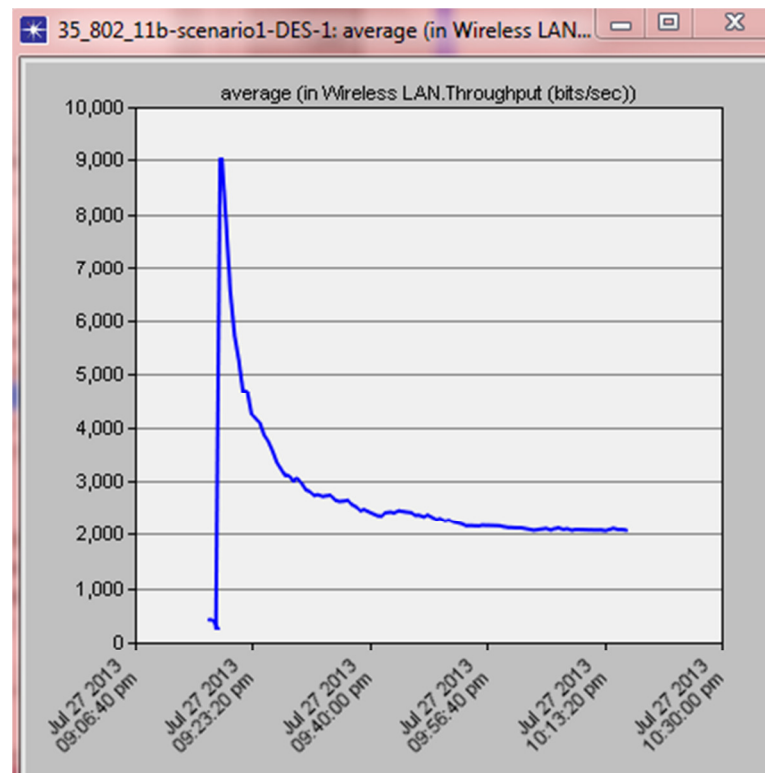
- HTTP:
- 1) Page response time: 0.032 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 210 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 210 bytes/sec (average)

Για το δίκτυο 802.11b:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0043 sec (average)
 - 2) Throughput: 2000 bits/sec (average)



Εικόνα 56:response time



Εικόνα 57:throughput

3.3.4 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11b με 50 χρήστες

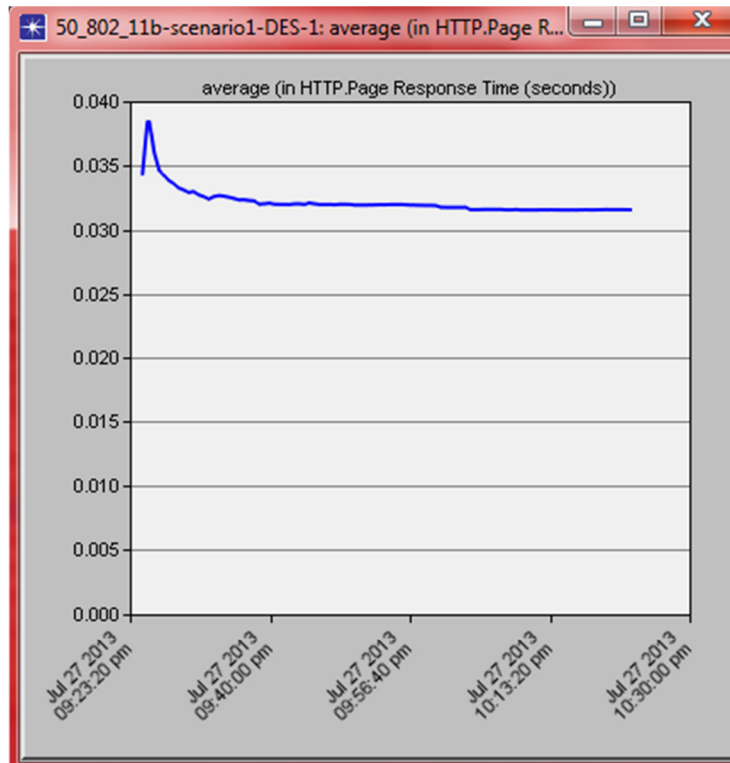
Τέλος εγκαταστάθηκαν 50 χρήστες στο τελευταίο σενάριο με το πρωτόκολλο 802.11b. Μπήκε η μέγιστη ταχύτητα στα 11Mbps. Ορίστηκαν και σε αυτό το δίκτυο οι υπηρεσίες και τα προφίλ και η προσομοίωση έγινε για μια ώρα. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

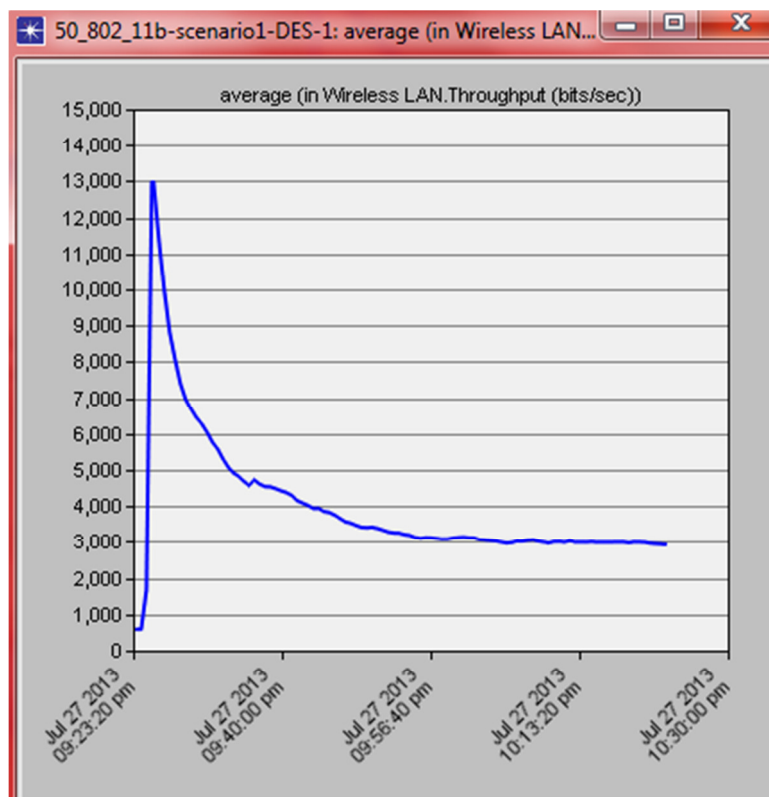
- HTTP:
- 1) Page response time: 0.032 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 300 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 300 bytes/sec (average)

Για το δίκτυο 802.11b:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0045 sec (average)
 - 2) Throughput: 3000 bits/sec (average)



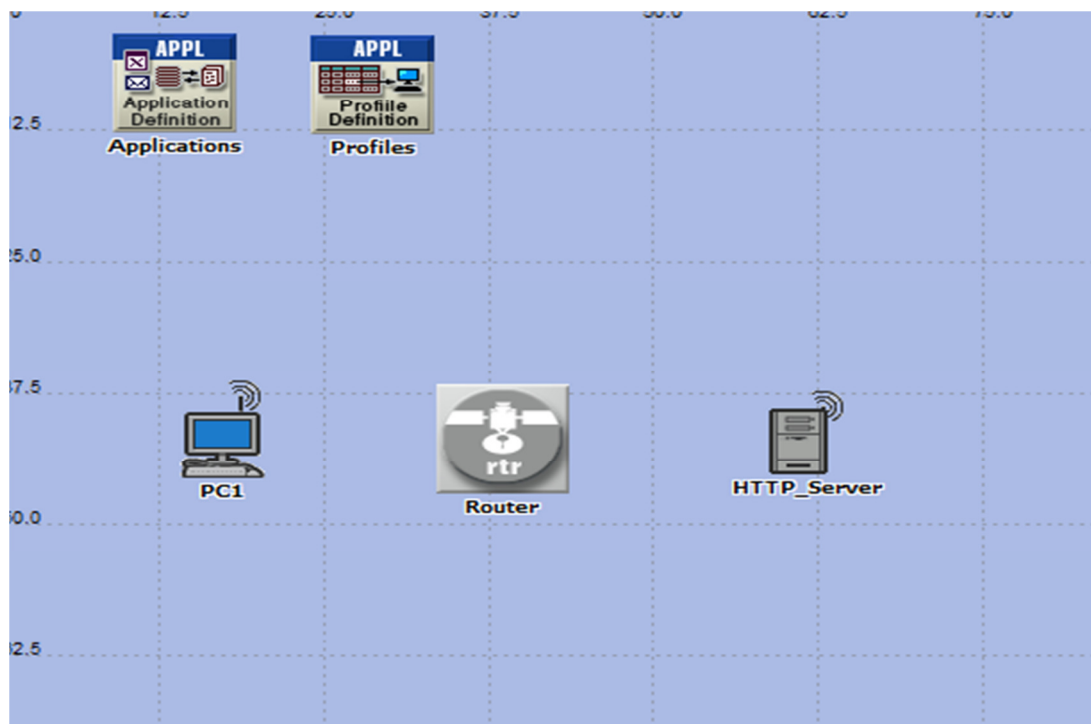
Εικόνα 58:response time



Εικόνα 59:throughput

3.4 Πρωτόκολλο 802.11g

3.4.1 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 1 χρήστη



Εικόνα 60:Δίκτυο 802.11g

Στα επόμενα σενάρια θα ασχοληθούμε με το πρωτόκολλο 802.11g.

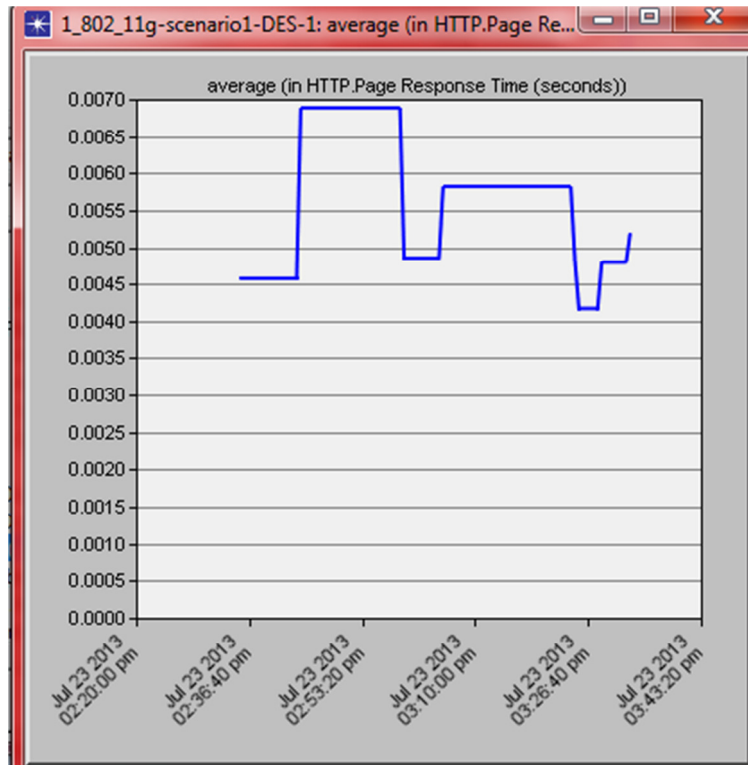
Τοποθετήσαμε έναν χρήστη έναν router και έναν server. Μπήκε η μέγιστη ταχύτητα στα 24Mbps και ορίστηκαν προφίλ και υπηρεσίες (web browsing) σε όλες τις συσκευές. Η προσομοίωση έτρεξε για μια ώρα για να δούμε πως συμπεριφέρεται το δίκτυο. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.0055 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 9 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 9 bytes/sec (average)

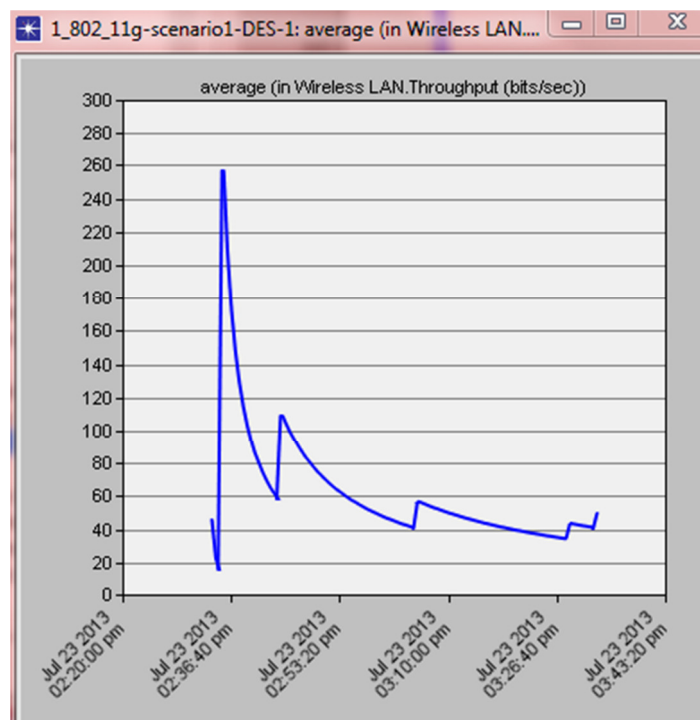
Για το δίκτυο 802.11g:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.00020 sec (average)
 - 2) Throughput: 50 bits/sec (average)



Εικόνα 61:response time

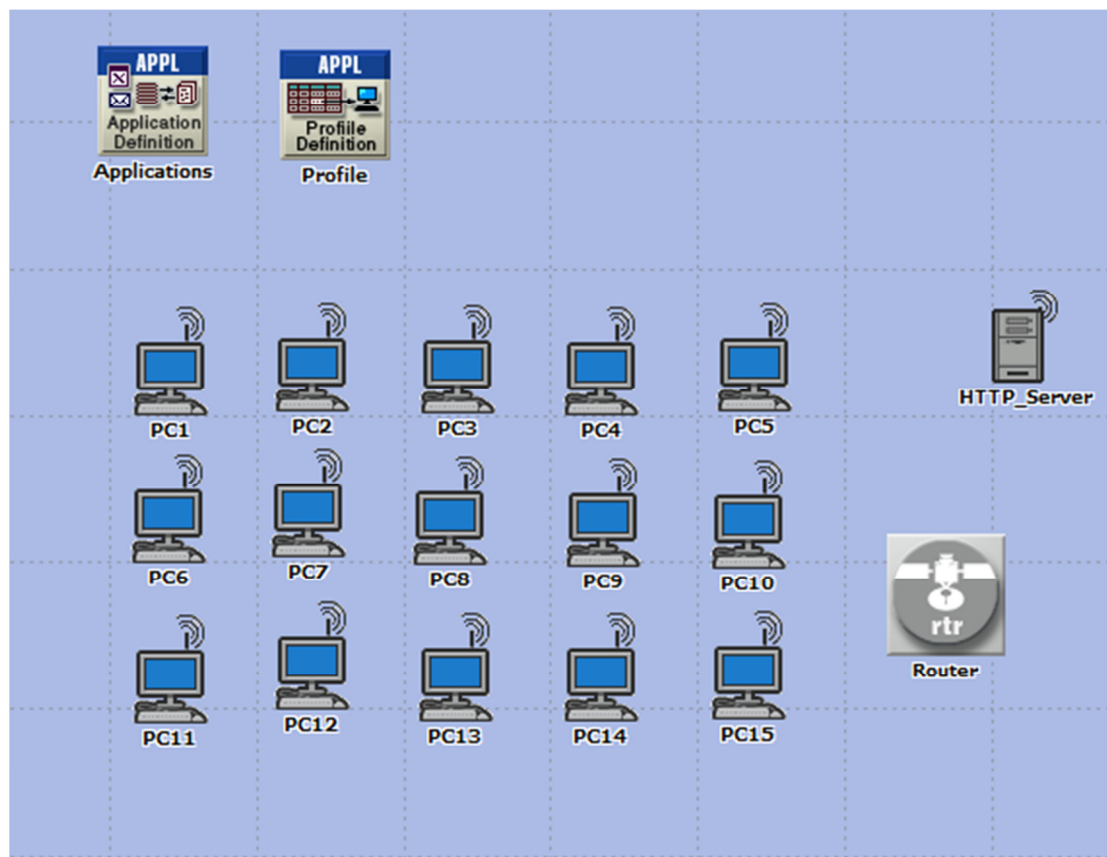
Ο χρόνος που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.0055 sec.



Εικόνα 62:throughput

Εδώ η γραφική μας δείχνει τη μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο που είναι 50 bits/sec.

3.4.2 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 15 χρήστες



Εικόνα 63:Δίκτυο 802.11g με 15 χρήστες

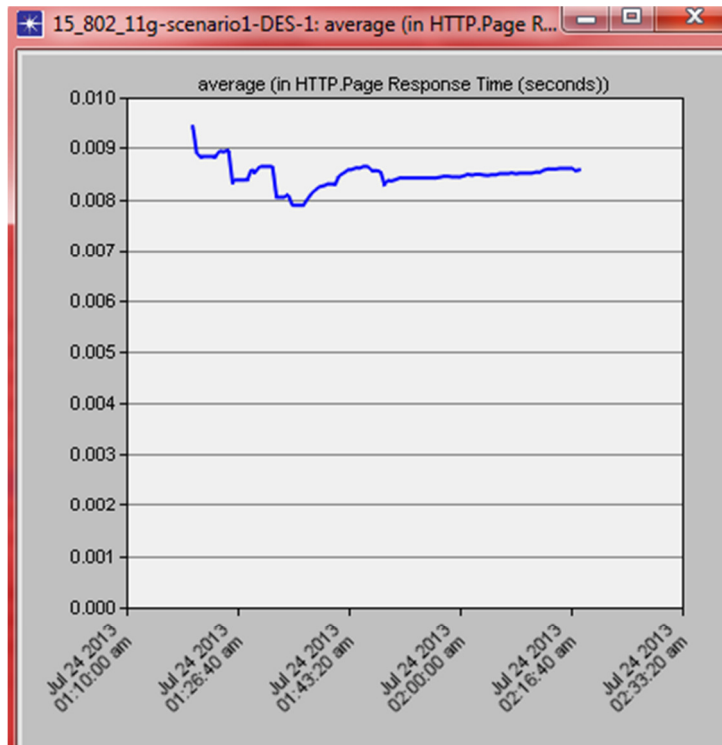
Στο δίκτυο τοποθετήσαμε 15 χρήστες για να αυξήσουμε τη κίνηση του δικτύου. Ορίσαμε στα PC και στο server προφίλ και υπηρεσίες κι βάλουμε το δίκτυο να τρέχει τη μέγιστη ταχύτητα 24Mbps. Προσομοίωση του δικτύου έτρεξε για μια ώρα. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.008 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 100 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 100 bytes/sec (average)

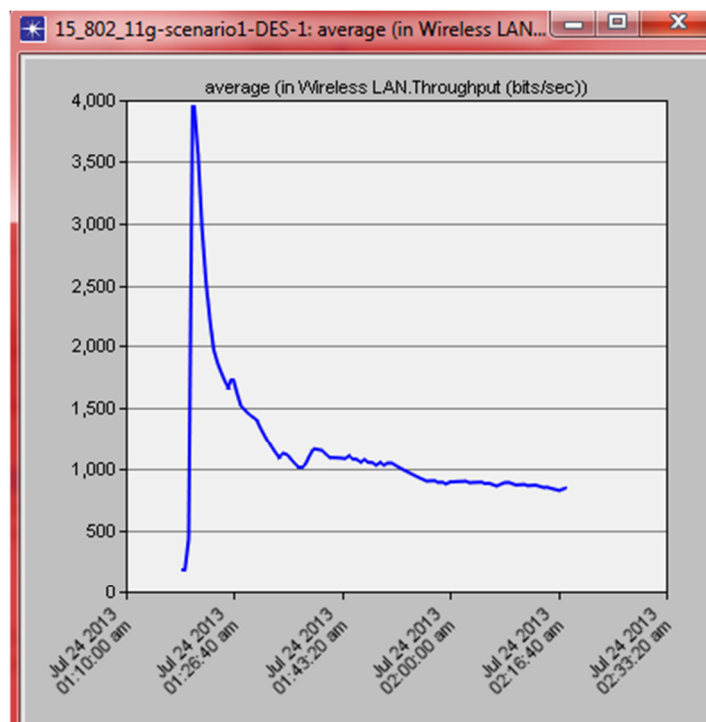
Για το δίκτυο 802.11g:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0010 sec (average)
 - 2) Throughput: 800 bits/sec (average)



Εικόνα 64:response time

Η ταχύτητα που χρειάζεται για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο είναι 0.008 sec.



Εικόνα 65:throughput

Η γραφική παράσταση μας δείχνει τη μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο που είναι 800 bits/sec.

3.4.3 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 35 χρήστες

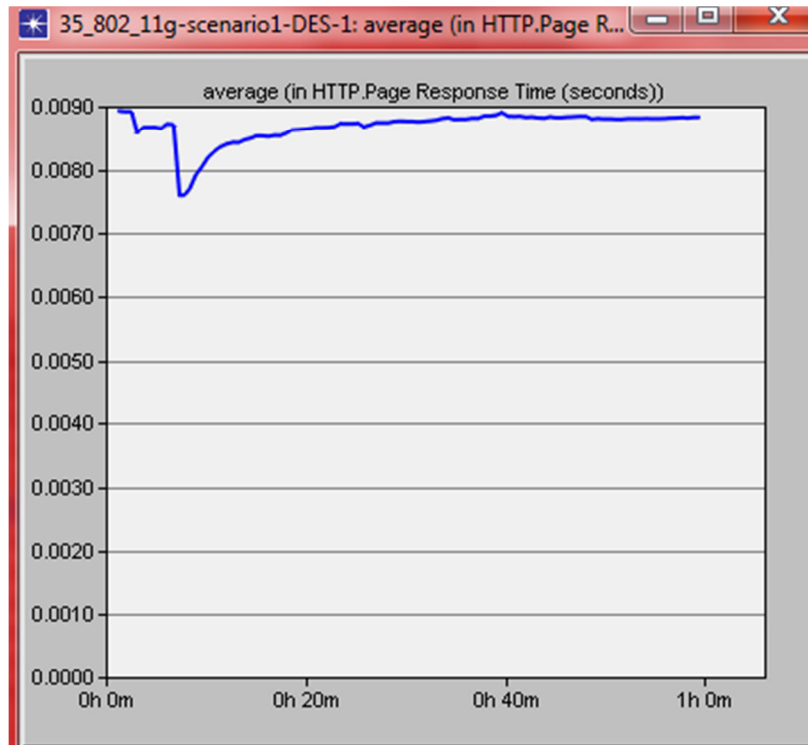
Στο επόμενο σενάριο τοποθετήθηκαν 35 χρήστες στο δίκτυο για να δούμε το δίκτυο με μεγαλύτερη συμφόρηση από τους χρήστες πως τρέχει. Ορίσαμε και πάλι τα προφίλ και τις υπηρεσίες σε όλες τις συσκευές. Το δίκτυο τρέχει με τη μέγιστη ταχύτητα 24Mbps. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

HTTP: 1) Page response time: 0.0088 sec (average)
 2) Traffic Received: 220 bytes/sec (average)
 3) Traffic Sent: 220 bytes/sec (average)

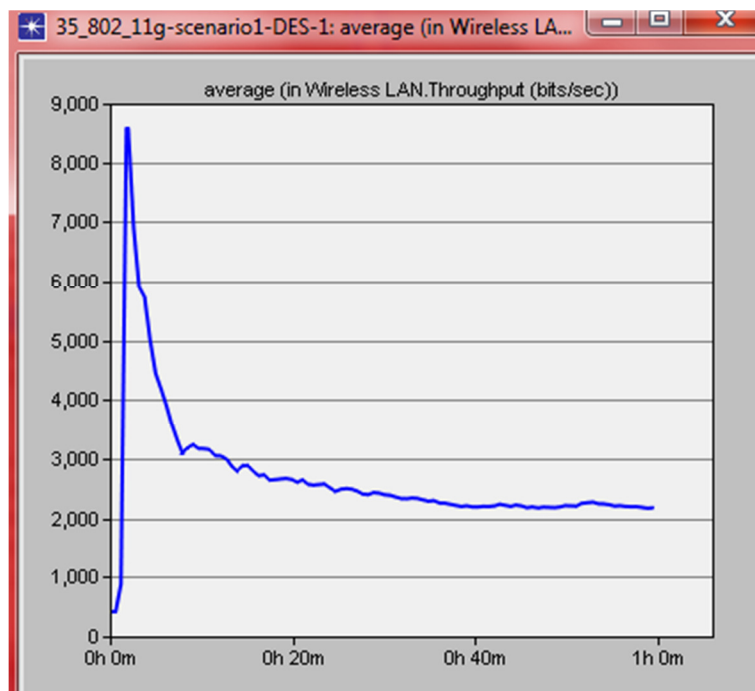
Για το δίκτυο 802.11g:

Wireless LAN: 1) Delay: 0.0012 sec (average)
 2) Throughput: 2200 bits/sec (average)



Εικόνα 66:response time

Στη γραφική αυτή παρατηρούμε ότι χρόνος για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο κάνει 0.0088 sec.



Εικόνα 67:throughput

Η μεταφορά των δεδομένων στο δίκτυο είναι 2200 bits/sec.

3.4.4 Αποτελέσματα Πρωτόκολλου 802.11g με 50 χρήστες

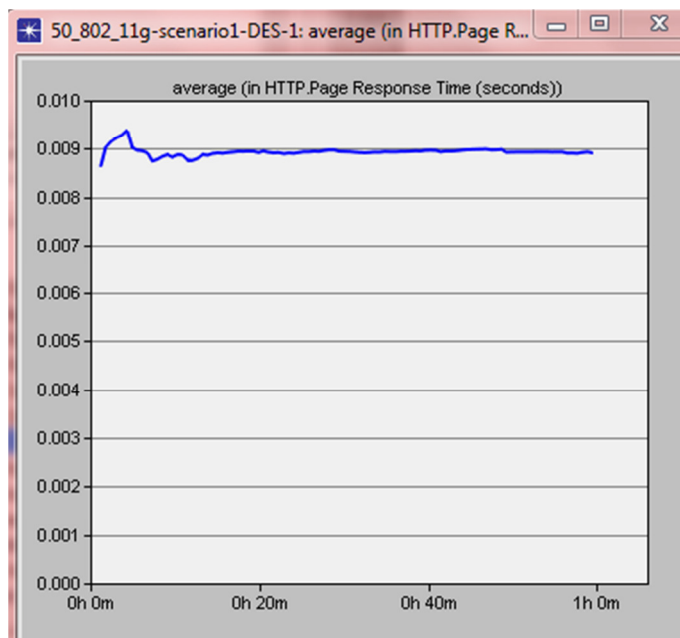
Τέλος στο σενάριο προστέθηκαν 50 χρήστες ένας server και ένα router. Επίσης και σε αυτό το δίκτυο η μέγιστη ταχύτητα είναι στα 24Mbps που ορίζει το πρωτόκολλο και ορίστηκαν προφίλ και υπηρεσίες Web browsing στους χρήστες. Η προσομοίωση έτρεξε για μια ώρα και παρακάτω υπάρχουν τα αποτελέσματα για το πρωτόκολλο 802.11g. Τα στατιστικά που δίνονται είναι συνολικά του δικτύου .

Για την υπηρεσία HTTP (Web browsing) :

- HTTP:
- 1) Page response time: 0.009 sec (average)
 - 2) Traffic Received: 300 bytes/sec (average)
 - 3) Traffic Sent: 300 bytes/sec (average)

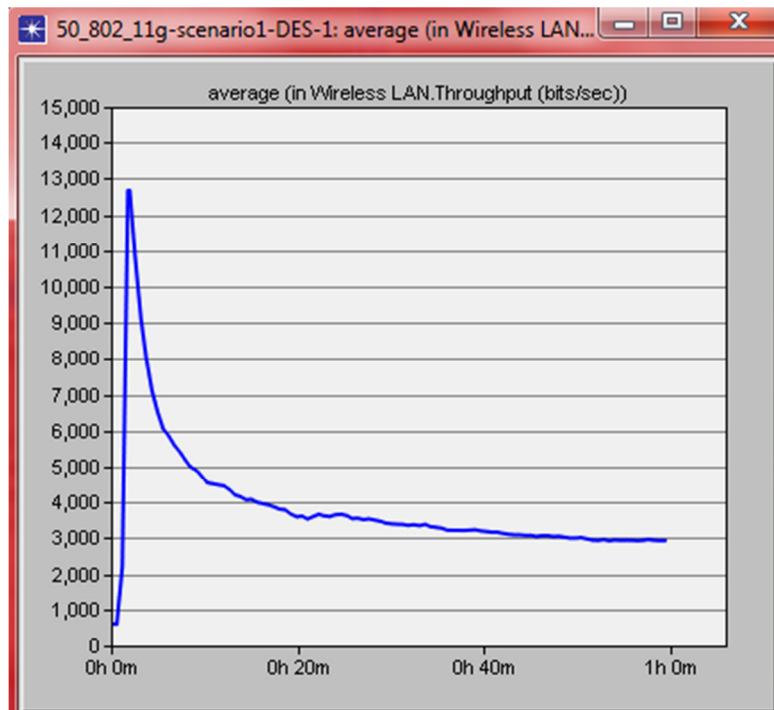
Για το δίκτυο 802.11g:

- Wireless LAN:
- 1) Delay: 0.0013 sec (average)
 - 2) Throughput: 3000 bits/sec (average)



Εικόνα 68:response time

Στη γραφική φαίνεται ότι ο κάθε χρήστης για να ανοίξει μια σελίδα στο δίκτυο θα χρειαστεί 0.009 sec.



Εικόνα 69:throughput

Η μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο αυτό είναι 3000 bits/sec.

3.5 Συγκεντρωτικοί πίνακες προσομοιώσεων OPNET

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που εμφανίζονται στους παρακάτω πίνακες απεικονίζουν μοντελοποιημένα δίκτυα στα πρωτόκολλα Wimax, 802.11a, 802.11b, 802.11g.

Για 1 χρήστη (average):

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.25 sec	15 bytes/sec	15 bytes/sec	0.030 sec	300bits/sec
802.11a	0.0030 sec	9.8 bytes/sec	9.8 bytes/sec	0.00025 sec	50 bits/sec
802.11b*	0.025 sec	9 bytes/sec	9 bytes/sec	0.0013 sec	50 bits/sec
802.11g	0.0055 sec	9 bytes/sec	9 bytes/sec	0.00025 sec	48bits/sec

Για 15 γρήστες (average):

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.37 sec	99 bytes/sec	99 bytes/sec	0.042 sec	3000 bits/sec
802.11a	0.0085 sec	98 bytes/sec	98 bytes/sec	0.0008 sec	1500 bits/sec
802.11b*	0.030 sec	100 bytes/sec	100bytes/sec	0.0038 sec	1000 bits/sec
802.11g	0.0085 sec	100bytes/sec	100bytes/sec	0.0011 sec	900 bits/sec

Για 35 γρήστες (average):

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.42 sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.048 sec	7500bits/sec
802.11a	0,009sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.0009 sec	4000bits/sec
802.11b*	0.031 sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.0043 sec	2000bits/sec
802.11g	0,009sec	220 bytes/sec	220bytes/sec	0.0012 sec	2200bits/sec

Για 50 γρήστες (average):

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.42 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.048 sec	10000bits/sec
802.11a	0.0085 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0012 sec	3000bits/sec
802.11b*	0.032 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0045 sec	3000bits/sec
802.11g	0,009sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0013 sec	3000bits/sec

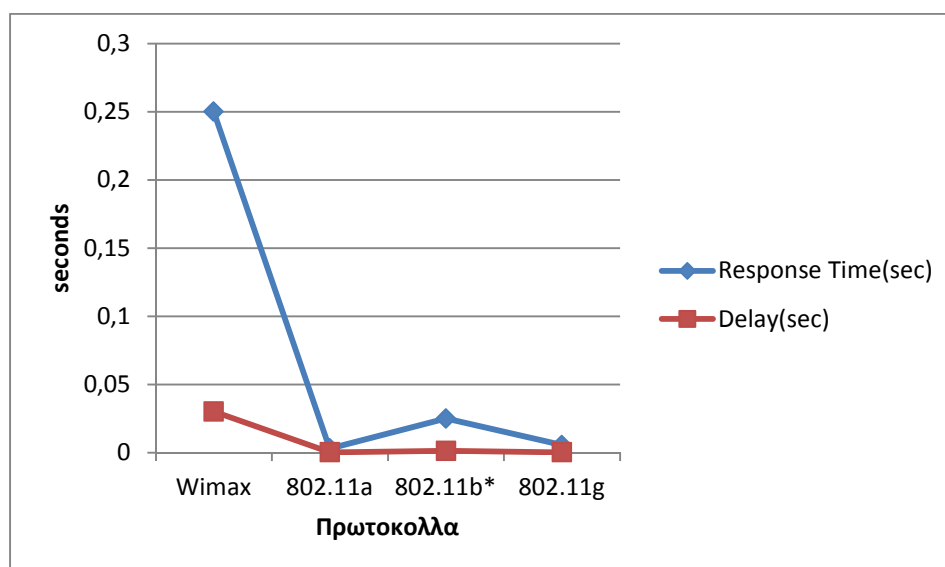
Κεφάλαιο 4ο

4 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοιώσεων

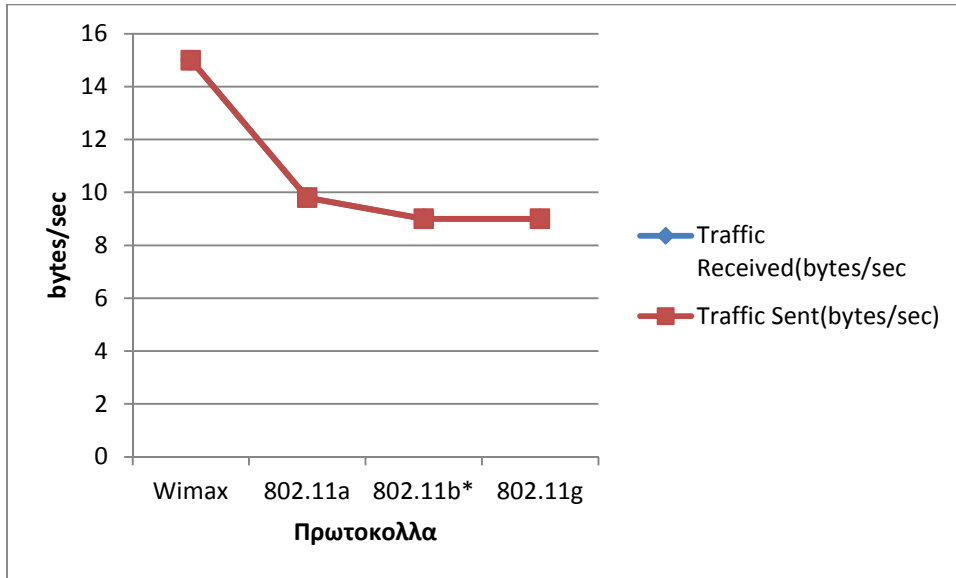
4.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης με τη θεωρητική προσέγγιση των πρωτοκόλλων

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.25 sec	15 bytes/sec	15 bytes/sec	0.030 sec	300bits/sec
802.11a	0.0030 sec	9.8 bytes/sec	9.8 bytes/sec	0.00025 sec	50 bits/sec
802.11b*	0.025 sec	9 bytes/sec	9 bytes/sec	0.0013 sec	50 bits/sec
802.11g	0.0055 sec	9 bytes/sec	9 bytes/sec	0.00025 sec	48bits/sec

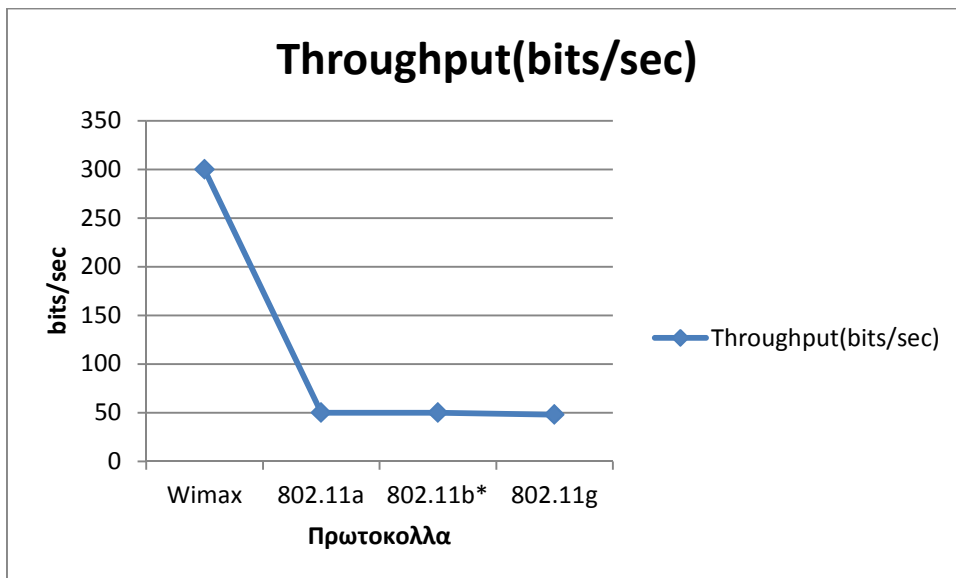
Πίνακας αποτελεσμάτων με 1 χρήστη



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 1 χρήστη



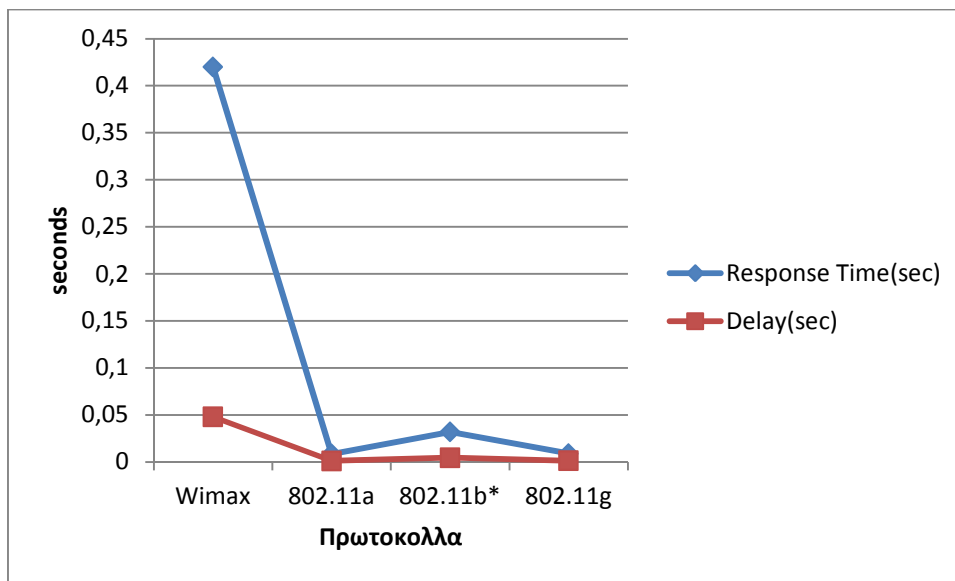
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 1 χρήστη



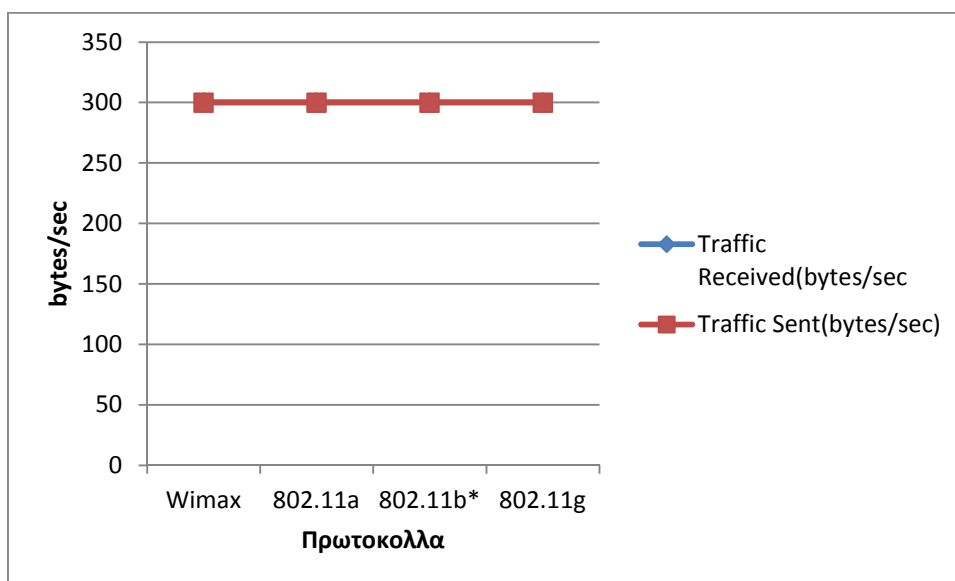
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 1 χρήστη

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.37 sec	99 bytes/sec	99 bytes/sec	0.042 sec	3000 bits/sec
802.11a	0.0085 sec	98 bytes/sec	98 bytes/sec	0.0008 sec	1500 bits/sec
802.11b*	0.030 sec	100 bytes/sec	100bytes/sec	0.0038 sec	1000 bits/sec
802.11g	0.0085 sec	100bytes/sec	100bytes/sec	0.0011 sec	900 bits/sec

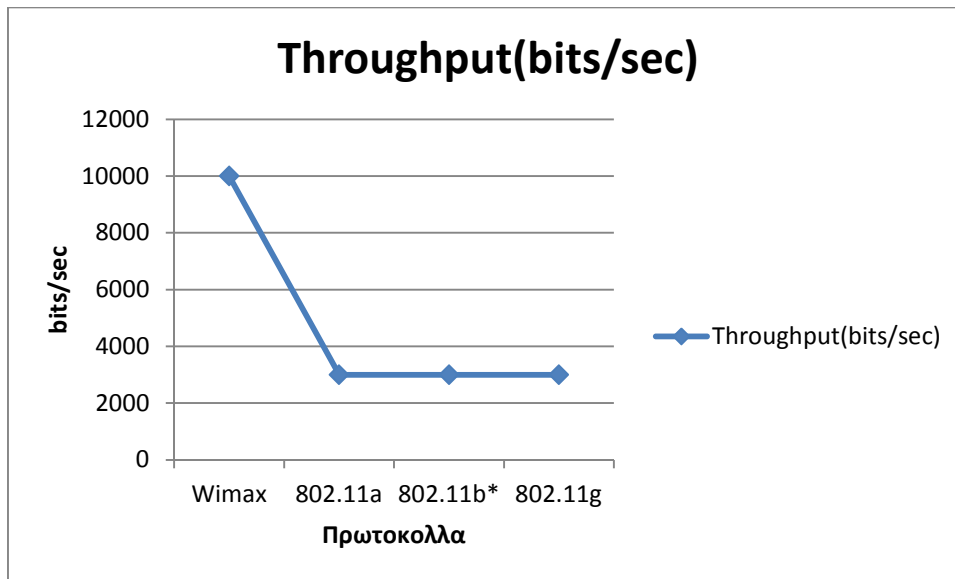
Πίνακας αποτελεσμάτων με 15 χρήστες



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 15 χρήστες



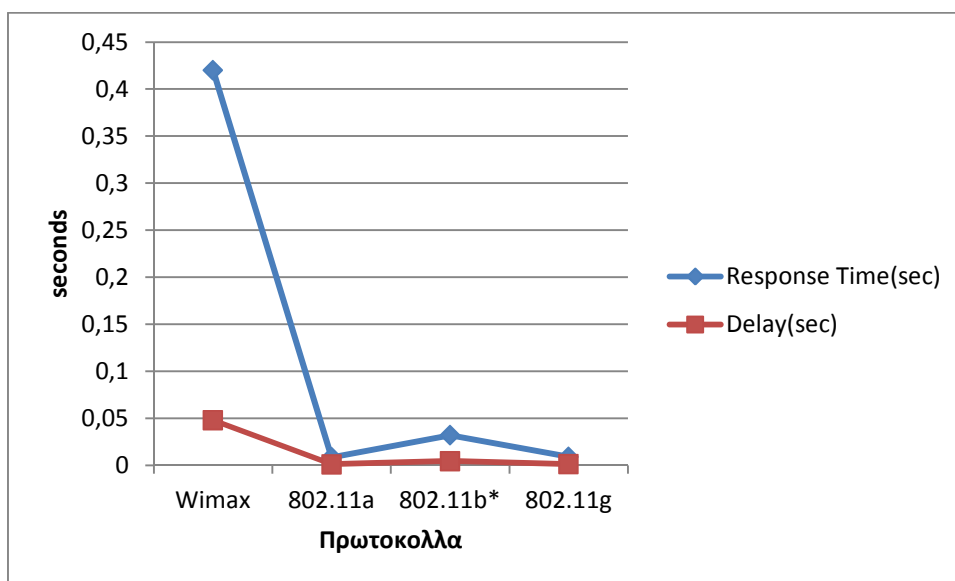
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 15 χρήστες



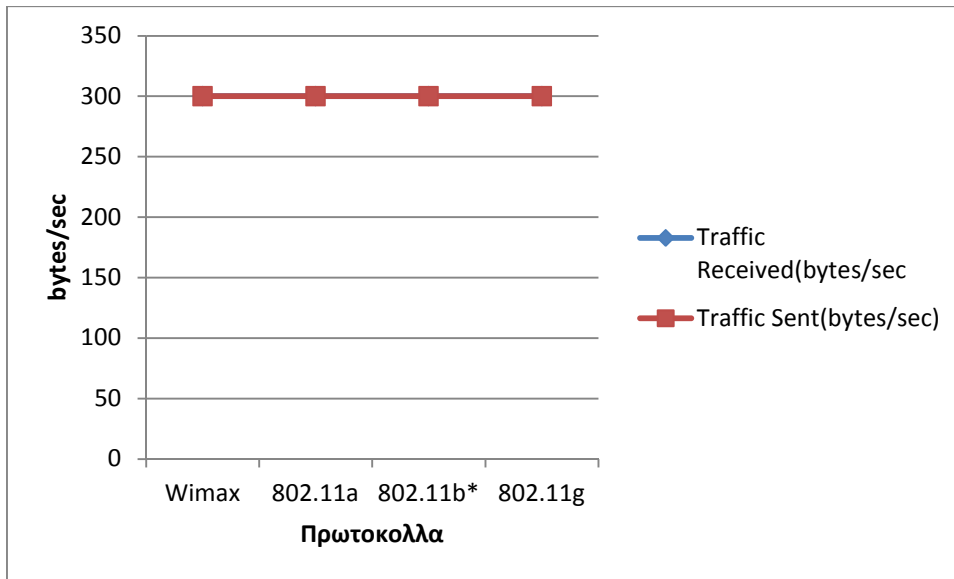
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 15 χρήστες

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.42 sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.048 sec	7500bits/sec
802.11a	0,009sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.0009 sec	4000bits/sec
802.11b*	0.031 sec	210 bytes/sec	210bytes/sec	0.0043 sec	2000bits/sec
802.11g	0,009sec	220 bytes/sec	220bytes/sec	0.0012 sec	2200bits/sec

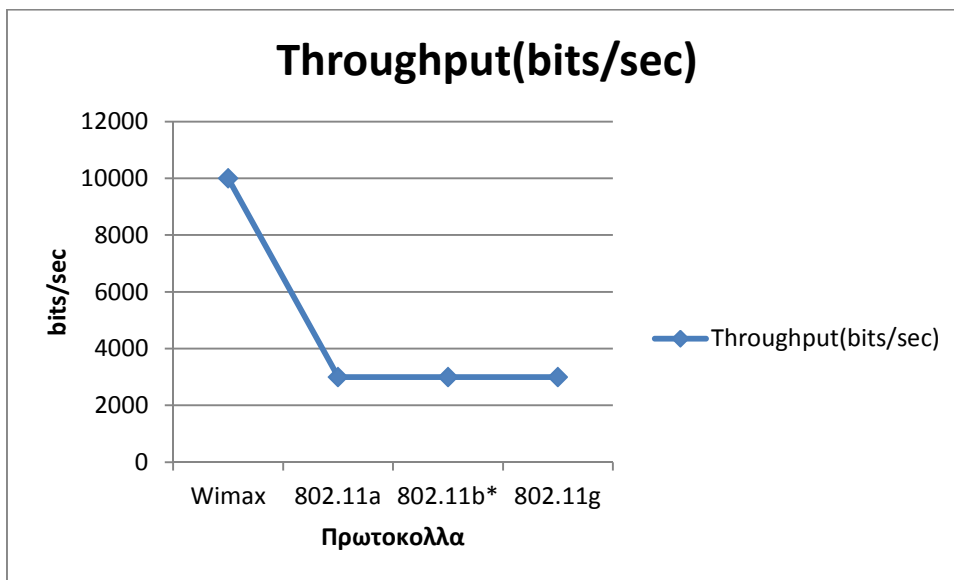
Πίνακας αποτελεσμάτων με 35 χρήστες



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 35 χρήστες



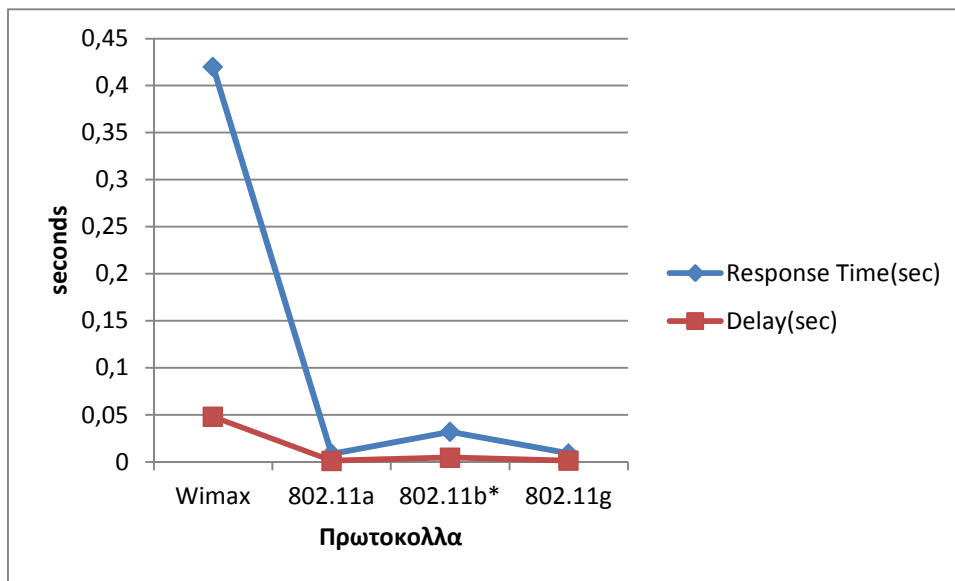
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 35 χρήστες



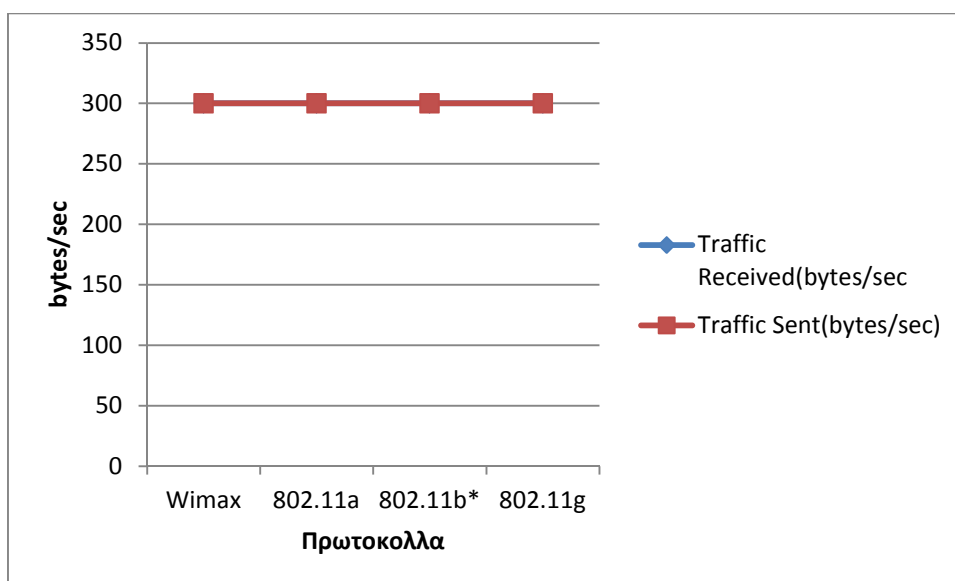
Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 35 χρήστες

	Response Time	Traffic Received	Traffic Sent	Delay	Throughput
Wimax	0.42 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.048 sec	10000bits/sec
802.11a	0.0085 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0012 sec	3000bits/sec
802.11b*	0.032 sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0045 sec	3000bits/sec
802.11g	0,009sec	300 bytes/sec	300bytes/sec	0.0013 sec	3000bits/sec

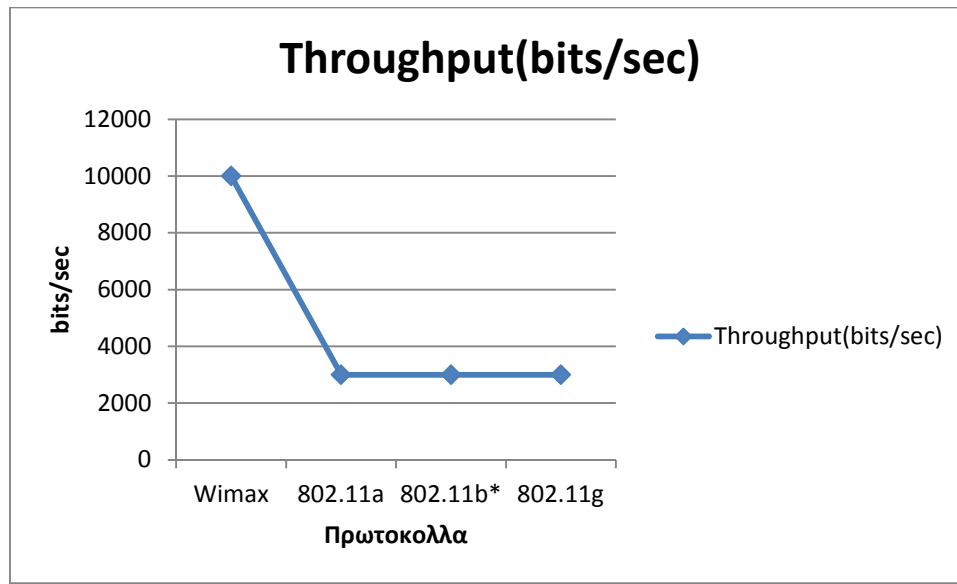
Πίνακας αποτελεσμάτων με 50 χρήστες



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 50 χρήστες



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 50 χρήστες



Γράφημα πίνακα αποτελεσμάτων με 50 γρήστες

Παραπάνω τοποθετηθήκαν ξανά οι πίνακες και τα γραφήματα με τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων ώστε να τα αναλύσουμε με βάση τη θεωρητική προσέγγιση των πρωτοκόλλων που έγινε και σε παραπάνω κεφάλαιο.

Στο δίκτυο (**Πίνακας αποτελεσμάτων με 1 γρήστη**) παρατηρούμε ότι ανάμεσα στο 802.11a , 802.11b και 802.11g πιο αποδοτικό και πιο γρήγορο είναι το πρωτόκολλο 802.11a στο στατιστικό πόσο χρόνο θα χρειαστεί για να ανοίξει μια σελίδα ένας χρήστης. Αυτό γνωρίζουμε ότι γίνεται λόγω της χρήσης OFDM που περιλαμβάνει μειωμένα μονοπάτια ως προς τη λήψη και αυξημένη απόδοση φάσματος. Το στατιστικό για τη καθυστέρηση του δικτύου είναι λόγω της μπάντας των συχνοτήτων που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο 802.11b και 802.11g στα 2.4 GHz που πάνω σε αυτή τη συχνότητα λειτουργούν πολλές συσκευές που είναι συμβατές με αυτά τα πρωτόκολλα και γι'αυτό υπάρχει αυτή η καθυστέρηση , δηλαδή πάνω σε αυτή τη συχνότητα των 2.4GHz φορτώνονται πολλές συσκευές με αποτέλεσμα η ταχύτητα που μπορούν να πάρουν τα πρωτόκολλα αυτά μειώνεται πολύ λόγω της αυξημένης κίνησης πάνω στην ίδια συχνότητα. Για το πρωτόκολλο Wimax βλέπουμε ότι είναι πιο αποδοτικό σε σχέση με τα άλλα πρότυπα πρωτοκόλλων της IEEE 802.11 που προσομοιώθηκαν στο στατιστικό του throughput. Το πρωτόκολλο Wimax είναι πιο ποιοτικό στο θέμα της ταχύτητας των δεδομένων στο δίκτυο διότι χρησιμοποιεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης συχνοτήτων στα 10 με 66 GHz σε αντίθεση με τα πρωτόκολλα 802.11a που είναι στη συχνότητα 5 GHz και τα πρωτόκολλα 802.11b και 802.11g που χρησιμοποιούν τη συχνότητα 2.4 GHz .

Στους επόμενους πίνακες με τα αποτελέσματα προσομοίωσης παρατηρείται ότι για τα πρωτόκολλα 802.11a και 802.11g στα στατιστικά δεν υπάρχουν διαφορές μεταξύ τους παρά μόνο στο throughput που σε κάθε σενάριο το πρωτόκολλο 802.11a είναι σαφώς καλύτερο λόγω της μπάντας συχνοτήτων που χρησιμοποιεί όπως αναφέρθηκε

κι προηγουμένως. Για το πρωτόκολλο 802.11b τα στατιστικά είναι χαμηλότερα για το λόγω ότι η μέγιστη ταχύτητα που μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σε ένα δίκτυο στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι 11 Mbps. Αντιθέτως για το Wimax βλέπουμε ότι το throughput όσο προσθέτονται χρήστες στο δίκτυο τόσο μεγαλώνει και το Throughput γιατί είναι απευθείας συνδέσεις και το Wimax όπως αναφέραμε έχει το πλεονέκτημα ότι χρησιμοποιεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης συχνοτήτων.

4.2 Σύγκριση αποτελεσμάτων προσομοίωσης OPNET

Ύστερα από τις προσομοιώσεις που έγιναν για τα πρωτόκολλα 802.11a , 802.11b , 802.11g και το wimax παρατηρήθηκαν κάποια στοιχεία. Στα δίκτυα με έναν χρήστη για τα πρωτόκολλα 802.11a και 802.11g τα στατιστικά έβγαλαν τα ίδια αποτελέσματα. Αντιθέτως για το πρωτόκολλο 802.11b υπήρχε μεγάλη διαφορά στα στατιστικά με την ταχύτητα που θα ανοίξει ένας χρήστης μια σελίδα στο δίκτυο αλλά και στο χρόνο καθυστέρησης που παρουσιάζεται στο δίκτυο. Αυτό προκαλείται επειδή η μέγιστη ταχύτητα που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο είναι στα 11 Mbps. Το στατιστικό Page Response Time δείχνει πόσο χρόνο θα χρειαστεί ο χρήστης να ανοίξει την υπηρεσία Web browsing που του δίνει ο Server και η καθυστέρηση του δικτύου που δείχνει είναι συνολικά του δικτύου στην επικοινωνία και όχι μεμονωμένα σε κάθε χρήστη. Για το πρωτόκολλο wimax τα στατιστικά δείχνουν ότι το Throughput είναι μεγαλύτερο σε αντίθεση με τα άλλα πρωτόκολλα 802.11a , 802.11b , 802.11g όπου εκεί φαίνεται η πραγματική ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων στο δίκτυο.

Στις επόμενες προσομοιώσεις με τους 15 χρηστές στα δίκτυα τα στατιστικά έδειξαν για το πρωτόκολλο 802.11a και το 802.11g ότι για το άνοιγμα μιας σελίδας στο δίκτυο και για τα δεδομένα που εισέρχονται και εξέρχονται στο δίκτυο είναι ίδια για το λόγο ότι χρησιμοποιούν την ίδια μέγιστη ταχύτητα του πρωτοκόλλου στα 24 Mbps. Εκεί που υπήρχε μια μικρή διαφορά ανάμεσα σε αυτά τα δυο πρωτόκολλα είναι στη καθυστέρηση του δικτύου που για το πρωτόκολλο 802.11a είναι 0.0008 sec και για το 802.11g είναι 0.0011 sec. Στο στατιστικό που παρουσιάστηκε μεγάλη διαφορά είναι στο throughput όπου εκεί το πρωτόκολλο 802.11a έχει 1500 bits/sec και το πρωτόκολλο 802.11g έχει 900 bits/sec . Το 802.11a είναι σαφώς καλύτερο διότι χρησιμοποιεί μεγαλύτερη μπάντα συχνοτήτων στα 5 GHz ενώ το 802.11g στα 2.4 GHz. Αυτό γίνεται διότι η μεγαλύτερη μπάντα συχνοτήτων που προσφέρει το πρωτόκολλο 802.11a έχει μεγαλύτερο φάσμα με συνέπεια η ταχύτητα της μεταφοράς δεδομένων να είναι μεγαλύτερη. Για το πρωτόκολλο 802.11b τα στατιστικά του παρουσιάζουν μεγάλη διαφορά από τα άλλα πρωτόκολλα λόγω της χαμηλότερης ταχύτητας που χρησιμοποιείται στα 11 Mbps. Στο wimax για να

ανοίξουν μια σελίδα οι χρήστες ο χρόνος είναι στο 0.37 sec για να πάρουν απάντηση από τον server που τους παρέχει την υπηρεσία. Στο throughput φαίνεται ότι η πραγματική ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων σε όλο το δίκτυο είναι στα 3000 bits/sec το διπλάσιο από το πρωτόκολλο 802.11a.

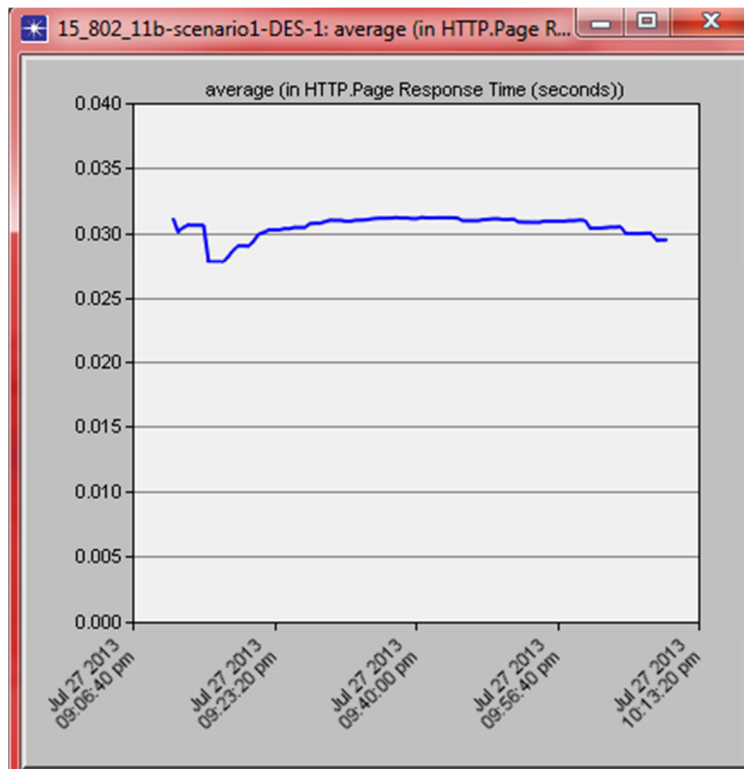
Οι επόμενες προσομοιώσεις περιλάμβαναν 35 χρήστες στα δίκτυα. Τα στατιστικά για το πρωτόκολλο 802.11a και 802.11g για το Page Response Time , το Traffic Received, το Traffic Sent που αφορούν την επικοινωνία των χρηστών με τον server που τους δίνει την υπηρεσία Web browsing και το Delay που είναι η συνολική καθυστέρηση της επικοινωνίας του δικτύου είναι ίδια επειδή χρησιμοποιούν την ίδια μέγιστη ταχύτητα των πρωτοκόλλων στα 24 Mbps. Η διαφορά στα δυο αυτά πρωτόκολλα είναι πάλι στο Throughput όπου εκεί δείχνει τη πραγματική ταχύτητα μεταφοράς των δεδομένων στο δίκτυο. Στο πρωτόκολλο 802.11a είναι 4000bits/sec και στο 802.11g είναι 2200bits/sec. Αυτό γίνεται διότι το πρωτόκολλο 802.11g χρησιμοποιεί μικρότερη μπάνα συχνοτήτων και γι' αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται πιο πολλές συσκευές πάνω σε αυτή την συχνότητα των 2.4 GHz. Στο wimax φαίνεται και σε αυτές τις προσομοιώσεις ότι είναι καλύτερο ως προς το throughput όπου η τιμή που μας βγάζει είναι στα 7500bits/sec.

Τέλος οι τελευταίες μας προσομοιώσεις έγιναν με 50 χρήστες στα δίκτυα. Τα στατιστικά για τα πρωτόκολλα 802.11a και 802.11g είναι ίδια στο μέσο ορό γιατί χρησιμοποιούν την ίδια ταχύτητα που επιτρέπουν τα πρωτόκολλα στα 24 Mbps. Σε αυτά τα σενάρια εξαιτίας ότι προστέθηκαν περισσότεροι χρήστες από τα προηγούμενα σενάρια τα δυο αυτά πρωτόκολλα έχουν πολύ μικρές διαφορές μεταξύ τους και το πρωτόκολλο 802.11a έχει 0.0012 sec καθυστέρηση στο δίκτυο και για το άνοιγμα μιας σελίδας στο δίκτυο είναι 0.0085 sec. Για το πρωτόκολλο 802.11b τα στατιστικά είναι σαφώς κατώτερα τα στατιστικά λόγω ότι χρησιμοποιείσαι η μέγιστη ταχύτητα στα 11 Mbps και γι' αυτό το λόγο έχει και χαμηλό Throughput. Όσο για το wimax και σε αυτές τις προσομοιώσεις που προστέθηκαν 50 χρήστες τα στατιστικά του throughput, η μέγιστη ταχύτητα της μεταφοράς των δεδομένων είναι στα 10000bits/sec όπου και αυτή είναι η πραγματική ταχύτητα συνολικά του δικτύου.

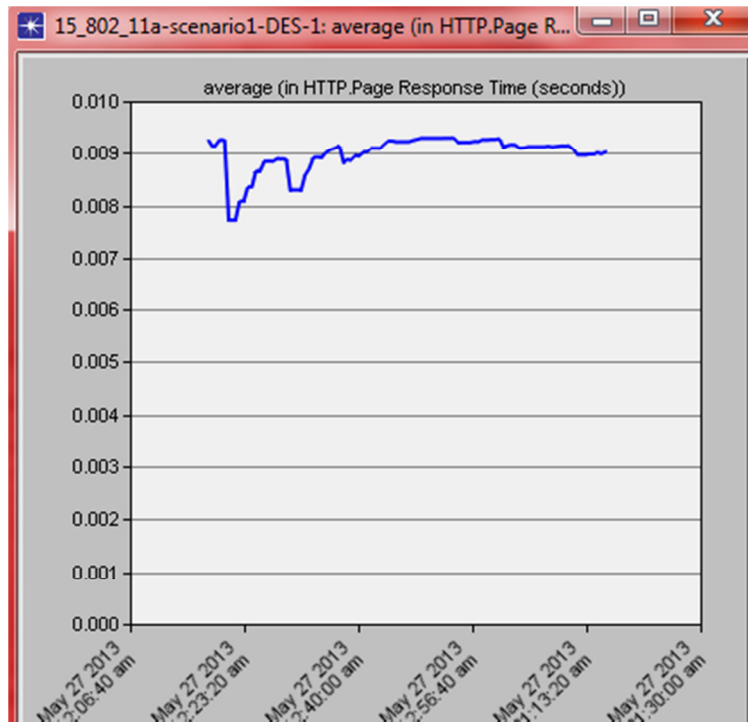
4.3 Συμπεράσματα αποτελεσμάτων προσομοίωσης

Το συμπέρασμα από τη σύγκριση που έγινε στα παραπάνω πρωτοκόλλα βλέπουμε ότι στη ταχύτητα για το άνοιγμα μιας σελίδας υπερτερούν τα πρωτόκολλα 802.11a και 802.11g λόγω της μέγιστης ταχύτητας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα 24 Mbps και στο πρωτόκολλο 802.11b φαίνεται ότι έχει μεγάλη διαφορά στα αποτελέσματα διότι στο συγκεκριμένο πρωτόκολλο η μέγιστη ταχύτητα που μπορούμε να βάλουμε

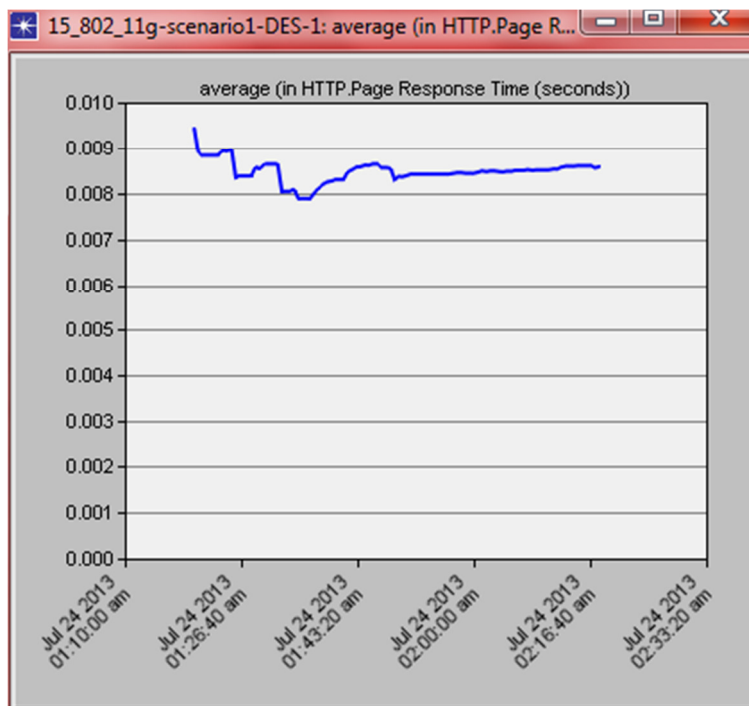
να τρέξει το δίκτυο είναι στα 11Mbps. Παρακάτω φαίνονται και οι γραφικές από το πρόγραμμα προσομοίωσης. Έχουμε επιλέξει τις γραφικές από τις προσομοιώσεις με 15 χρήστες επειδή είναι πιο κοντά σε πραγματικές προδιαγραφές που μπορεί να εγκατασταθεί ένα δίκτυο.



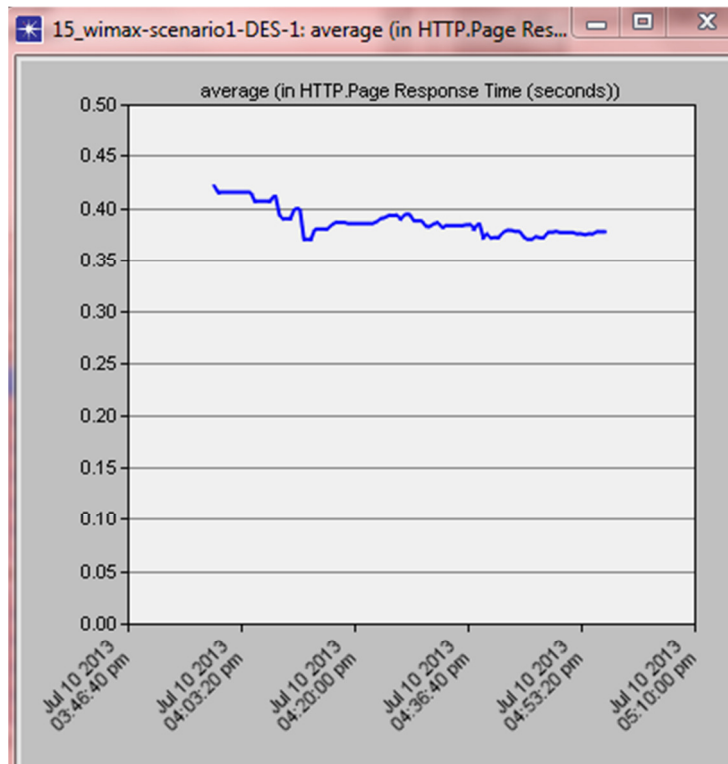
Εικόνα 70: response time 802.11b



Εικόνα 71:response time 802.11a

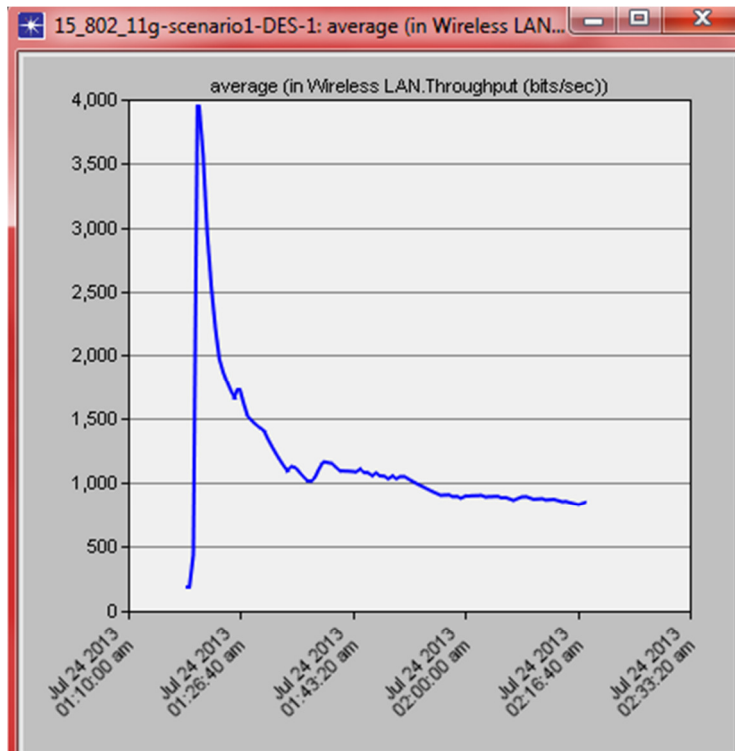


Εικόνα 72:response time 802.11g

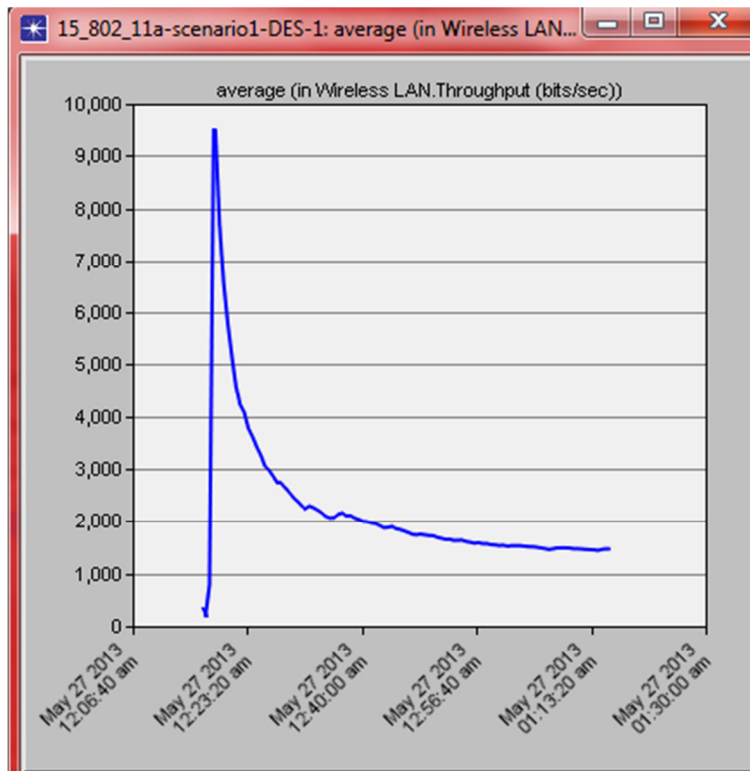


Εικόνα 73:response time Wimax

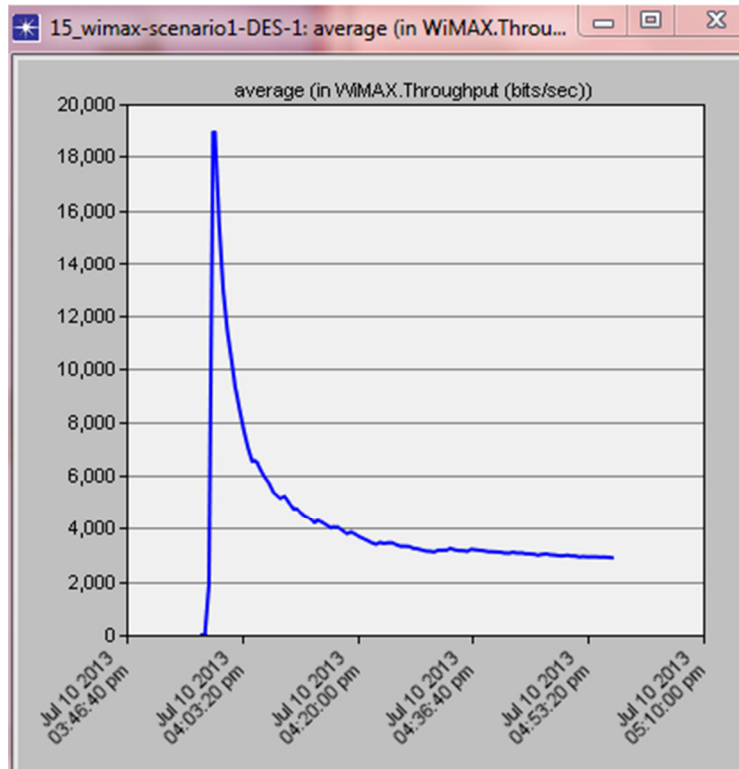
Για το πρωτόκολλο 802.11a γνωρίζουμε ότι είναι στη ζώνη συχνοτήτων των 5GHz ενώ το πρωτόκολλο 802.11g είναι στα 2.4 GHz και το Wimax είναι 11 – 66 GHz. Το αρνητικό για τη ζώνη συχνοτήτων του 802.11a είναι ότι μπορεί να έχει πιο εύκολα παρεμβολές και να βρίσκει πιο πολλά εμπόδια σε αντίθεση με το πρωτόκολλο 802.11g. Ένα σημαντικό στοιχείο όμως είναι ότι το πρωτόκολλο 802.11g λόγω της χαμηλής ζώνης συχνοτήτων χρησιμοποιείται από πιο πολλές συσκευές με αποτέλεσμα αυτό να κάνει πιο αργή τη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Αυτό φαίνεται και στις γραφικές παραστάσεις όπου στο πρωτόκολλο 802.11g η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (throughput) είναι 900 bits/sec ενώ στο 802.11a είναι 1500 bits/sec και στο Wimax λόγω του υψηλού εύρος συχνοτήτων είναι στα 3000bits/sec. Παρακάτω φαίνονται οι γραφικές που δείχνουν το Throughput στο δίκτυο για τα συγκεκριμένα πρωτόκολλα.



Εικόνα 74::throughput 802.11g



Εικόνα 75:throughput 802.11a



Εικόνα 76: throughput wimax

Η διαφορά που υπάρχει ανάμεσα σε αυτά τα τρία πρωτόκολλα είναι στη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (throughput) που δείχνει τη πραγματική ταχύτητα που μεταφέρονται σε ένα δίκτυο τα δεδομένα και το Wimax δείχνει να είναι καλύτερο και ποιοτικότερο στις μετρήσεις. Χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι μόνο ένας σταθμός (κεραία) Wimax μπορεί να προσφέρει ταυτόχρονα συνδέσεις σε αρκετούς συνδρομητές ή επιχειρήσεις ενώ παράλληλα να εξυπηρετεί πλήθος συνδέσεων με ταχύτητες ADSL που το αποτέλεσμα της δυνατότητας αυτής, είναι η διάθεση πολλών ασύρματων συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων με μειωμένο κόστος εγκατάστασης και συντήρησης σε σύγκριση με τις υπάρχουσες τεχνολογίες.

Όποτε οι μοντελοποιήσεις που έγιναν μας έδειξαν ότι το πρωτόκολλο Wimax είναι το καλύτερο για να προσαρμοστεί σε ένα δίκτυο ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Ακόμη είναι το πιο χρήσιμο πρωτόκολλο για εφαρμογές και υψηλές ταχύτητες που απαιτούν μεγάλο εύρος ζώνης για παράδειγμα μεγάλες μεταφορές αρχείων καθώς και οικονομικά συμφέρει για την εγκατάσταση του.

Τέλος παρατηρείται ότι το πρωτόκολλο Wimax από τις μοντελοποιήσεις που έγιναν και από τις μετρήσεις δείχνει ότι είναι πιο αποδοτικό από το πρωτόκολλο 802.11. Παρόλο αυτά φαίνεται ότι το Wi-fi έχει κερδίσει την εμπιστοσύνη και χρησιμοποιείται πιο πολύ στις συνδέσεις το πρωτόκολλο 802.11. αυτό έχει την εξήγηση στο ότι το πρωτόκολλο Wimax υπάρχει πρόβλημα με τις παρεμβολές

δηλαδή μειώνεται η απόδοση αν βρεθεί κάποιο εμπόδιο (πχ δέντρα, κτίρια) με αποτέλεσμα αυτό να είναι μεγάλο πρόβλημα στα μεγάλα αστικά κέντρα. Επίσης οι δυνατές βροχές μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στη ρυθμαπόδοση (throughput). Μια σημαντική διαφορά του Wimax σε σχέση με το IEEE 802.11 είναι ότι το πρώτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε συνθήκες μη οπτικής επαφής φυσικά με ρυθμούς μετάδοσης πολύ χαμηλότερους των 50 Mbps. Το θετικό είναι ότι στο Wimax ακόμα και αν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο η μεταφορά των δεδομένων είναι ικανοποιητική. Η βασική διαφορά στο Wi-fi και στο Wimax είναι ότι το WiFi είναι μια τεχνολογία για τοπική δικτύωση και σχεδιάστηκε για να δώσει μια κινητικότητα σε ιδιωτικά ενσύρματα LAN. Έτσι λοιπόν ενώ το WiFi υποστηρίζει εύρος μετάδοσης μερικών εκατοντάδων μέτρων, τα WiMAX συστήματα μπορούν να υποστηρίξουν υπηρεσίες μεγαλύτερες των 50 χιλιομέτρων.

Τέλος το Wimax τα επόμενα χρόνια αναμένεται να αντικαταστήσει το γνωστό 802.11 στις ασύρματες επικοινωνίες τοποθετώντας κοντινούς σταθμούς Wimax για να αποφεύγονται τα προβλήματα και ότι ακριβώς συμβαίνει με το Wi-fi θα συμβαίνει και με το Wimax.