

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ VIDEO
ΣΕ ΕΝΑ ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ

Μενδρινός Κ. Ιωάννης

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Ιανουάριος 2009

Στη μητέρα μου Αθηνά

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η αξιολόγηση της ποιότητας πολυμεσικών εφαρμογών σε ασύρματα δίκτυα με βάση κυρίως την επίδραση του χαμηλού bandwidth που προσφέρουν τα δίκτυα αυτά στις διάφορες επιλογές κωδικοποίησης του πολυμεσικού περιεχομένου.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται μία ανασκόπηση των ασύρματων δικτύων και αναλύονται τα σημαντικότερα πρότυπα WLANs της οικογένειας 802.11x (802.11a, 802.11b και 802.11g), ενώ στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία ανασκόπηση στα είδη πολυμέσων, εστιάζοντας τη προσοχή κυρίως στα πρότυπα συμπίεσης ψηφιακού βίντεο τα οποία μεταδίδονται στα σύγχρονα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η τεχνική μετάδοσης δεδομένων streaming και οι τρεις βασικές κατηγορίες της, οι οποίες είναι η unicast, broadcast, και multicast μετάδοση. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η παρουσίαση των βασικών εργαλείων διαχείρισης και παρακολούθησης της λειτουργίας ενός ασύρματου δικτύου. Αρχικά παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα διαχείρισης δικτύου δίνοντας έμφαση στο πρωτόκολλο SNMP (Simple Network Management Protocol). Στην συνέχεια παρουσιάζονται δύο από τα πιο ευρέως γνωστά εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούν τα παραπάνω πρωτόκολλα, το PRTG και το Ethereal.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται μία αναφορά στις βασικές λειτουργίες του λογισμικού μετάδοσης VLC (Video Lan Client) το οποίο αποτελεί τον βασικό player που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση των πειραμάτων.

Στο έκτο και έβδομο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζονται μια σειρά από πειραματικές μετρήσεις που αποσκοπούν στην μέτρηση της ποιότητας των παρεχόμενων πολυμεσικών υπηρεσιών σε ένα ασύρματο δίκτυο. Συγκεκριμένα πραγματοποιείται μετάδοση βίντεο κωδικοποίησης MPEG-2 από έναν κεντρικό server σε έναν και δύο clients με την χρήση ενός ασύρματου τοπικού δικτύου 802.11g με σκοπό να μελετήσουμε την επίδραση στην ποιότητα της εικόνας και του ήχου από την μετάδοση βίντεο με διαφορετική ροή μεταφοράς (transport stream) μέσα στο συγκεκριμένο bandwidth που προσφέρει το 802.11g. Να σημειωθεί ότι εξετάστηκαν δύο περιβάλλοντα διάδοσης: στο 1^ο δεν υπάρχουν φυσικά εμπόδια μεταξύ Clients-

Server, ενώ στο 2^ο παρεμβάλλονται φυσικά εμπόδια μεταξύ τους. Για την πειραματική μας μελέτη, χρησιμοποιήθηκε ένα ακαδημαϊκό δίκτυο 802.11g μέσα στο οποίο πραγματοποιήθηκε unicast μετάδοση από τον Server στον Client, χωρίς και με την παρεμβολή φυσικού εμποδίου ανάμεσα στον Server και στον Client. Ιδιαίτερ έμφαση δόθηκε στις πειραματικές μετρήσεις με διάφορες τιμές του threshold τμηματοποίησης για να διαπιστωθεί με ποιά τιμή η μετάδοση γίνεται με τον μικρότερο αριθμό πακέτων και συνεπώς ταχύτερα.

Στο όγδοο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε broadcast μετάδοση. Συγκεκριμένα, έγινε μετάδοση ζωντανού βίντεο με την βοήθεια USB cameras σε δύο χρήστες ταυτόχρονα με τρεις διαφορετικές τιμές bit rate. Επίσης, έγινε μετάδοση ζωντανής τηλεόρασης σε τρεις χρήστες ταυτόχρονα. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε στον server ήταν το WME (Windows Media Encoder) ενώ στον client το WMP (Windows Media Player). Τέλος, έγιναν μετρήσεις σε όλες τις μεταδόσεις με το λογισμικό PRTG και αξιολογήθηκαν αυτές οι μετρήσεις.

Στο τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που απορρέουν από την μελέτη των αποτελεσμάτων για την επίτευξη καλής ποιότητας πολυμεσικών υπηρεσιών σε ένα ασύρματο δίκτυο 802.11g. Συνοπτικά, η παρακολούθηση ενός αρχείου ψηφιακού βίντεο MPEG-2 σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο 802.11g είναι καλή, όταν η ροή μεταφοράς του MPEG-2 είναι μικρότερη ή ίση με 22 Mbps, που αντιστοιχεί στο bitrate του ασύρματου δικτύου (throughput). Αξίζει να σημειωθεί, ότι το bitrate που υποστηρίζει το 802.11g είναι ικανό να υποστηρίξει μετάδοση HD (High Definition) βίντεο (15Mbps). Επιπλέον κατά την unicast μετάδοση προς δύο clients το bitrate μοιράζεται ισόποσα, με αποτέλεσμα για τον κάθε ένα client να ισοδυναμεί με περίπου 11 Mbps, bitrate για μετάδοση ποιότητας DVD και DVB. Επίσης, εξάγεται το συμπέρασμα ότι για την μετάδοση των video σε ένα ασύρματο δίκτυο 802.11g με την μεσολάβηση φυσικού εμποδίου, το bitrate υποστηρίζει πολύ υψηλή ποιότητα μετάδοσης, που φτάνει με αυτή του DVD, δηλαδή bandwidth από 2300 kbps έως 2500 kbps εξαρτώνενο από το είδος του εμποδίου. Επιπλέον, με τον μηχανισμό της τμηματοποίησης περιορίζεται η επανεκπομπή σε unicast πακέτα αλλά μειώνεται το συνολικό bit rate του δικτύου. Τέλος κατά την broadcast μετάδοση το throughput του δικτύου είναι ανεξάρτητο από τον αριθμό των clients που παρακολουθούν το ζωντανό βίντεο και είναι το ίδιο για όλους τους clients.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	iii
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	vii
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ	vii
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	1
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ	1
1.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ IR ΚΑΙ RF	2
1.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	4
1.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ 802.11x	14
1.4 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ 802.11x ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
ΠΟΛΥΜΕΣΑ	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	28
STREAMING	28
3.1 UNICAST	30
3.2 BROADCAST	32
3.3 MULTICAST	33
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	36
ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ	36
4.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ	36
4.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΥΚΤΙΟΥ	38
✓ PRTG	38
✓ Ethereal	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	42
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ VIDEO	42
5.1 VLC (Video Lan Client)	42
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	46
ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ 802.11g	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	52
UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2	52
7.1 UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2 ΠΡΟΣ 2 CLIENT	57

7.2 UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2 ΜΕ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΜΕΣΟΥ	59
7.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΒΙΤΡΑΤΕ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (FRAGMENTATION) ΠΑΚΕΤΩΝ ...	60
7.3.1 ΣΥΜΠΑΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΒΙΤ ΡΑΤΕ.....	65
7.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΛΗΨΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ AP-CLIENT	67
7.4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8	74
BROADCAST	74
8.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ	75
8.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ LIVE VIDEO	76
8.3 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΟΥΣ CLIENTS	82
8.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	83
8.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ LIVE ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ	88
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9	93
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	93
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	95

РАНЕЕЗНАМО ПЕРПАА

РАНЕЕЗНАМО ПЕРПАА

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ-ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

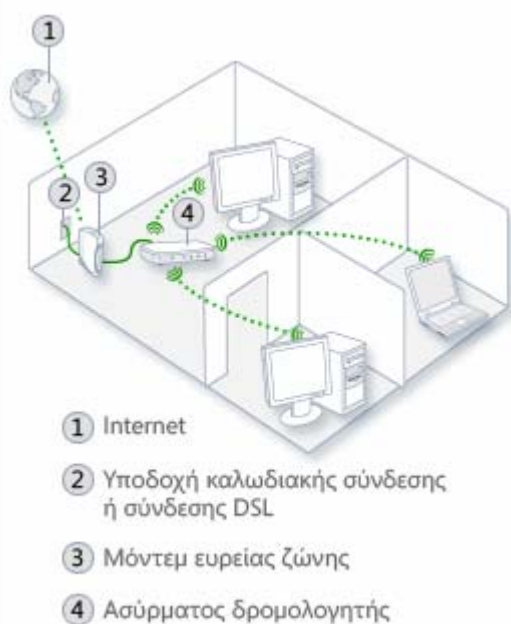
ACK	Acknowledgement
AP	Access Point
AWMN	Athens Wireless Metropolitan Network
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BSS	Basic Service Set
CCK	Complementary Code Keying
CPU	Central Processing Unit
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance
DAB	Digital Audio Broadcasting
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-C	Digital Video Broadcasting-Cable
DVB-H	Digital Video Broadcasting-Handheld
DVB-S	Digital Video Broadcasting-Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial
ESS	Extended Service Set
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
IBSS	Independent Basic Service Set
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
HIPERLAN	High Performance Radio LAN
HomeRF	Home Radio Frequency Networks
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
IGMP	Internet Group Management Protocol
IP	Internet Protocol
ISA	Integrated Services Architecture
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
LLC	Logical Link Control
MAC	Media Access Control

MBone	Multicast Backbone
MPEG	Motion Picture Experts Group
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplex
OSPF	Open shortest Path First
PIM	Protocol Independent Multicast
PN	Pseudo-Noise
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RC4	Ron's Code or Rivest's Cipher
RF	Radio Frequency
SNMP	Simple Network Management Protocol
SSID	Secure Set Identifier
SWAP	Shared Wireless Access Protocol
TCP	Transmission Control Protocol
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
TS	Transport Stream
UDP	User Datagram Protocol
WEP	Wired Equivalent Privacy
Wi-Fi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WPA	WiFi Protected Access

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Ένα δίκτυο μπορεί να αποτελείται από έναν υπολογιστή που συνδέεται στο Internet ή από δύο ή περισσότερους υπολογιστές που συνδέονται μεταξύ τους (και στο Internet). Στο ασύρματο δίκτυο, οι υπολογιστές συνδέονται με ραδιοκύματα και όχι με καλώδια. Μερικά από τα πλεονεκτήματα των ασύρματων δικτύων είναι η κινητικότητα και η μη ύπαρξη καλωδίων. Τα μειονεκτήματα είναι μεταξύ άλλων η βραδύτερη σύνδεση σε σύγκριση με τα ενσύρματα δίκτυα και οι παρεμβολές από άλλες ασύρματες συσκευές, όπως για παράδειγμα τα ασύρματα τηλέφωνα.



Σχήμα 1. Διάταξη ασύρματων συσκευών

1.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ IR ΚΑΙ RF

Υπάρχουν 2 κύριες κατηγορίες τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στα ασύρματα οικιακά δίκτυα :

- **Η υπέρυθρη τεχνολογία (IR)**
- **Η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων (RF)**

IR : Σε ένα οικιακό δίκτυο υπέρυθρη τεχνολογία χρησιμοποιούν τα Remote Controls για τις τηλεοράσεις, τα VCR και τα CD-players. Η μετάδοση των υπέρυθρων κατηγοριοποιείται ως μια line-of-sight ασύρματη τεχνολογία. Αυτό σημαίνει ότι ο πομπός και ο δέκτης πρέπει να βρίσκονται σε ευθεία γραμμή και να μην υπάρχουν αντικείμενα ανάμεσά τους. Η τεχνολογία αυτή έχει σκοπό να συνδέσει συσκευές που βρίσκονται σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, συνήθως στο ίδιο δωμάτιο, και δεν υποστηρίζει δυνατότητες roaming. (Η δυνατότητα μιας συσκευής να διατηρεί σύνδεση στο δίκτυο όταν εξέρχεται από την εμβέλεια κάποιου σταθμού πρόσβασης και όταν εισέρχεται στην εμβέλεια κάποιου άλλου.)

RF : Η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων είναι πιο ευέλικτη και επιτρέπει στους καταναλωτές να συνδέουν συσκευές που βρίσκονται σε όλο το σπίτι. Μπορεί να κατηγοριοποιηθεί ως narrow band ή spread spectrum. Η narrow band απαιτεί ένα καθαρό κανάλι στο οποίο δεν παρεμβάλλονται άλλες ψηφιακές συσκευές. Για αυτό το λόγο, δεν είναι κατάλληλη για χρήση σε οικιακά δίκτυα. Η τεχνική spread spectrum είναι από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες στα ασύρματα δίκτυα. Εφόσον η διάδοση του σήματος γίνεται σε ευρύ εύρος συχνοτήτων, είναι δύσκολο να παρεμποδιστεί. Υπάρχουν δύο τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην ανάπτυξη της τεχνολογίας spread spectrum:

- α) η τεχνική της Φασματικής Εξάπλωσης της Σειριακής Ακολουθίας (DSSS) και
- β) η τεχνική της Φασματικής Εξάπλωσης Αναπήδησης Συχνότητας (FHSS).

Τα DSSS συστήματα μεταδίδουν το σήμα πληροφορίας χρησιμοποιώντας το πλήρες διαθέσιμο εύρος ζώνης. Το γεγονός αυτό τα κάνει πολύ ανθεκτικά σε παρεμβολές. Τα συστήματα FHSS μεταδίδουν σήματα τα οποία πηδούν από

συχνότητα σε συχνότητα με μια συγκεκριμένη ακολουθία. Σ' έναν απομακρυσμένο δέκτη που δεν συγχρονίζεται με την ακολουθία των πηδημάτων τα σήματα αυτά εμφανίζονται σαν τυχαίος θόρυβος. Ένας δέκτης μπορεί μόνο να επεξεργαστεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα με το να συγχρονιστεί με τη συγκεκριμένη συχνότητα μετάδοσης. Ο FHSS δέκτης πηδά από τη μια συχνότητα στην άλλη σε συγχρονισμό με τον πομπό. Οποιαδήποτε στιγμή μπορεί να υπάρξει ένας αριθμός πομποδεκτών που να πηδούν κατά μήκος του ίδιου εύρους συχνοτήτων. Ο κάθε πομποδέκτης χρησιμοποιεί μια διαφορετική ακολουθία πηδημάτων η οποία επιλέγεται προσεκτικά ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι παρεμβολές στο οικιακό δίκτυο. Η FHSS είναι η πιο διαδεδομένη τεχνολογία για τη λειτουργία ασύρματων οικιακών δικτύων. Ακολουθεί ένας συγκριτικός πίνακας των 2 αυτών τεχνικών από όπου γίνονται φανερά τα εξής :

DSSS vs. FHSS Comparison

Direct Sequence (DS)	Frequency Hopping (FH)
Higher Throughput	Interference immunity
Wider Range	Echo resistant
Upgradeable to higher speeds at 2.4GHz	Less expensive than DS systems
	Simpler installation
	More extensive product selection, more vendors

- FHSS degrades gradually, DSSS degrades drastically!
- DSSS can achieve much higher data rates than FHSS's 2Mbps
- FHSS can have up to 10 or 15 channels, while DSSS can have up to 2 or 3 channels

- Η τεχνική FHSS είναι ανθεκτική σε παρεμβολές & σε επιθέσεις hacker
- Είναι φθηνότερη από την DSSS
- Η εγκατάσταση των συστημάτων που χρησιμοποιούν FHSS είναι πιο απλή
- Υπάρχει μεγαλύτερη πληθώρα προϊόντων στην αγορά

Σχήμα 2. Πίνακας διαφορών DSSS και FHSS

Τέλος η ιδιότητα του line-of-sight στις υπέρυθρες έχει περιορίσει την ανάπτυξή τους στα δίκτυα δεδομένων αλλά παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια από υποκλοπές σε σχέση με την τεχνολογία RF.

1.2 ΠΡΟΤΥΠΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

I. Το πρότυπο IrDA

Τα αρχικά IrDA προέρχονται από το Infrared Data Association, που είναι ένας οργανισμός ο οποίος εδρεύει στην Καλιφόρνια και είναι υπεύθυνος για τη θέσπιση των προτύπων για τις υπέρυθρες επικοινωνίες. Ο οργανισμός ιδρύθηκε το 1993 ενώ τα πρώτα προϊόντα που χρησιμοποιούσαν το πρότυπο IrDA κυκλοφόρησαν στην αγορά το 1995. Το αρχικό πρότυπο επέτρεπε την ασύρματη, αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ συσκευών όπως desktops, εκτυπωτές, laptops και PDAs. Οι ταχύτητες που επιτυγχάνουμε με τις υπέρυθρες ακτίνες κυμαίνονται από 9600 bps έως 4Mbps. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της τεχνολογίας είναι η μικρή εμβέλεια μετάδοσης, η οποία κυμαίνεται στα 1 με 2m. Επιπλέον για να επιτευχθεί σύνδεση πρέπει μεταξύ των συσκευών να μην παρεμβάλλονται εμπόδια (line-of-sight transmission). Αντίθετα κύριο πλεονέκτημα θεωρείται η υψηλότερη ταχύτητα μετάδοσης σε σχέση με αντίστοιχες τεχνολογίες (bluetooth).

Μεγάλες εταιρίες στο χώρο των τηλεπικοινωνιών όπως η ITX E-Globaledge Corporation, η NTT DoCoMo, Sharp Corporation καθώς και το πανεπιστήμιο Waseda ένωσαν τις δυνάμεις τους και ανέπτυξαν ένα νέο πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας με υπέρυθρες. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο ονομάζεται IrSimple και η μεταφορά των δεδομένων μέσω αυτού γίνεται γρηγορότερα από ότι του υπάρχοντος πρωτοκόλλου με υπέρυθρες με ταχύτητες μετάδοσης από 4 μέχρι 100 φορές υψηλότερες. Το νέο πρωτόκολλο είναι συμβατό με τις συσκευές που χρησιμοποιούν IrDA, ενώ οι κάτοχοι των «απλών» πλέον υπερύθρων, θα μπορούν να τις αναβαθμίσουν στη νέα έκδοση με ένα απλό software update του πρωτοκόλλου. Άλλο ένα χαρακτηριστικό της νέας έκδοσης θα είναι η αυξημένη αποδοτικότητα, η οποία και θα προέρχεται από την μείωση της καθυστέρησης που παρατηρείται κατά την επικοινωνία δύο συμβατών συσκευών, ή πιο απλά η έναρξη της επικοινωνίας τους θα γίνεται πιο γρήγορα. Το πρωτόκολλο υιοθετήθηκε από τον οργανισμό IrDA και πλέον θα έρχεται σαν στάνταρτ σε όλες τις νέες συσκευές με υπέρυθρες. Τέλος σύμφωνα με τον IrDA η έκδοση VFIR (Very Fast Infrared) του IrSimple, που υποστηρίζει

ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων 16Mbps έχει ήδη επιτευχθεί, ενώ υπό κατασκευή είναι η έκδοση UFIR (Ultra-Fast Infrared) η ταχύτητα μετάδοσης της οποίας θα φτάνει τα 100Mbps. Αμέσως παρακάτω παρατίθεται ένας πίνακας που δείχνει το χρόνο που απαιτείται για να μεταδοθεί μια 2-megapixel φωτογραφία (περίπου 500KB) μεταξύ 2 συσκευών που χρησιμοποιούν διαφορετικές εκδόσεις πρωτοκόλλων με υπέρυθρες.

Πρωτόκολλο	IrSimple-16M	IrDA-4M	IrDA-115K
Φυσικό Επίπεδο	VFIR(Very Fast IrDA) (16Mbps)	FIR(Fast IrDA) (4 Mbps)	SIR (Serial Infrared) (115.2 Kbps)
Απαιτούμενος Χρόνος Μετάδοσης	>1second	4-11seconds	50-100seconds

Σχήμα 3. Πίνακας διαφορών εκδόσεων τεχνολογίας IR

Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος εξοπλισμού
- Ασφάλεια
- Ευκολία στη χρήση

Μειονεκτήματα:

- Περιορισμένο εύρος κάλυψης
- Δεν αποτελεί ολοκληρωμένη πρόταση για οικιακή δικτύωση

II. Το πρότυπο Bluetooth

Το πρωτόκολλο Bluetooth δημιουργήθηκε από μια ομάδα εταιρειών που περιλαμβάνει την Ericsson, την IBM, την Toshiba, την Intel, τη Nokia, τη Motorola, ενώ υποστηρίζεται από όπως 1900 εταιρείες. Αποτελεί πρότυπο για την ασύρματη διαδίκτυωση ηλεκτρονικών συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, PDAs, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, ασύρματες περιφερειακές συσκευές (πληκτρολόγιο, ποντίκι κ.α.). Τα δίκτυα αυτού του τύπου ονομάζονται Δίκτυα Προσωπικού Χώρου (Personal Area Networks-PANs) λόγω του μικρότερου χώρου που καλύπτουν σε σχέση με τα Local Area Networks_LANs.

Κάθε συσκευή που υποστηρίζει την τεχνολογία Bluetooth περιέχει ένα μικροσκοπικό φθινό radio chip, το οποίο έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να στέλνει

δεδομένα μέσω μιας συγκεκριμένης ραδιοσυχνότητας σε ένα άλλο chip Bluetooth. Το chip του δέκτη, είτε πρόκειται για ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε για κινητό τηλέφωνο είτε για άλλη συσκευή, μεταδίδει στη συνέχεια τα δεδομένα στη συσκευή λήψης. Με την τεχνολογία Bluetooth η επικοινωνία γίνεται μέσω ραδιοκυμάτων σε συχνότητα 2,45 GHz περίπου ενώ η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων φτάνει το 1Mbps.

Η επικοινωνία βασίζεται στα ad hoc δίκτυα. Αυτό σημαίνει ότι το πρωτόκολλο ορίζει μηχανισμούς και μηνύματα ώστε οι συσκευές Bluetooth να ανακαλύπτουν η μια την άλλη και να εγκαθιστούν συνδέσεις επικοινωνίας. Για παράδειγμα, όταν το κινητό τηλέφωνο, το laptop και το PDA του ίδιου ανθρώπου επικοινωνούν, καμία άλλη συσκευή εντός του πεδίου δεν επιτρέπεται να επικοινωνήσει με κανένα τρόπο. Παρ' όλα αυτά, μετά την αρχική επικοινωνία το πρωτόκολλο ορίζει μια δομημένη αρχιτεκτονική δικτύου που βασίζεται σε μια τοπολογία αστέρα η οποία ονομάζεται piconet. Το piconet είναι ένα ασύρματο δίκτυο πολύ μικρής εμβέλειας με διάμετρο έως 10m. Όταν μια συσκευή Bluetooth ξεκινάει μια νέα επικοινωνία, ορίζει μια καινούρια κυψέλη piconet με τη συσκευή ως το κέντρο όπως κυψέλης. Αυτή η συσκευή είναι η master συσκευή Bluetooth όπως κυψέλης και όπως οι όπως συσκευές θεωρούνται συσκευές slave. Μια συσκευή master μπορεί να επικοινωνήσει με έως 7 ενεργές συσκευές slave. Αν περισσότερες συσκευές βρίσκονται μέσα στο ίδιο piconet, παραμένουν μη ενεργές και κανένας πόρος δεν κατανέμεται σε αυτές. Οι κυψέλες piconet μπορούν να ενωθούν και να δημιουργήσουν ένα scatternet. Σ' ένα scatternet μία ή περισσότερες συσκευές Bluetooth είναι μέλη περισσότερων από ένα piconet δρώντας ως συσκευές master σε μία κυψέλη και ως συσκευές slave σε μια άλλη. Οποιαδήποτε συσκευή Bluetooth μπορεί να μεταπηδήσει από κατάσταση master σε κατάσταση slave και αντίστροφα αλλά δε μπορεί να βρίσκεται σε κατάσταση master και σε κατάσταση slave ταυτόχρονα. Από πλευράς ασφάλειας δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο. Χρησιμοποιεί μηχανισμούς πιστοποίησης (authentication) λογισμικού για να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων άλλων έμπιστων συσκευών. Έτσι ο χρήστης θα πρέπει να ενεργοποιήσει μια διαδικασία εγγραφής και όπως 2 συσκευές Bluetooth, εισάγοντας ένα κωδικό αριθμό σε κάθε μια προτού να μπορέσουν να επικοινωνήσουν μεταξύ όπως. Η κρυπτογράφηση, συμπεριλαμβανομένης όπως όπως εναέριος διεπαφής, μπορεί να παράσχει προστασία ενάντια όπως υποκλοπές με τη χρησιμοποίηση όπως κλειδιού που προέρχεται από διαδικασίες επικύρωσης.

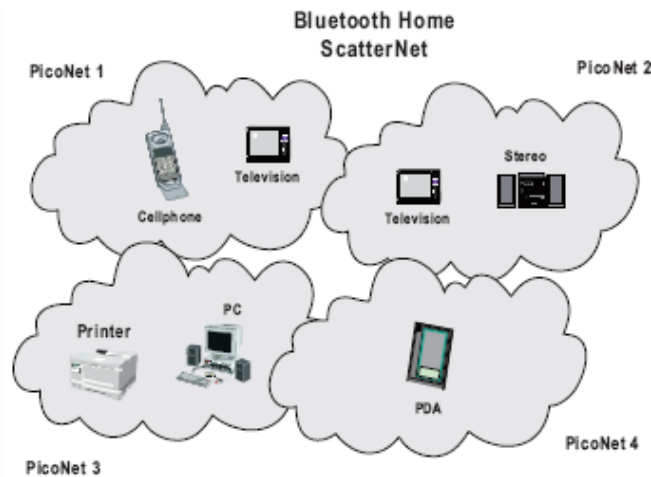


Figure 3: A Bluetooth Scatternet

Σχήμα 4. Bluetooth scatternet

Από πλευράς ασφάλειας δεν παρέχει ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο. Χρησιμοποιεί μηχανισμούς πιστοποίησης (authentication) λογισμικού για να δημιουργήσει μια βάση δεδομένων άλλων έμπιστων συσκευών. Έτσι ο χρήστης θα πρέπει να ενεργοποιήσει μια διαδικασία εγγραφής στις δύο συσκευές Bluetooth, εισάγοντας ένα κωδικό αριθμό σε κάθε μία προτού να μπορέσουν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους. Η κρυπτογράφηση, συμπεριλαμβανομένης όπως όπως εναέριας διεπαφής, μπορεί να παράσχει προστασία ενάντια όπως υποκλοπές με τη χρησιμοποίηση όπως κλειδιού που προέρχεται από διαδικασίες επικύρωσης.

Όσον αφορά την αποφυγή παρεμβολών πρόκειται για ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας Bluetooth. Αναφέρθηκε προηγουμένως ότι λειτουργεί σε συχνότητα 2.45 GHz, αλλά ουσιαστικά χρησιμοποιεί όπως συχνότητες από 2.40 έως 2.48 GHz. Σε αυτήν τη ζώνη υπάρχουν 79 κανάλια ραδιοσυχνότητας και μια συσκευή με Bluetooth μετακινείται τυχαία μεταξύ αυτών των 79 καναλιών 1.600 φορές ανά δευτερόλεπτο. Όταν δύο ή περισσότερες συσκευές είναι συνδεδεμένες, μετακινούνται συγχρονισμένα. Εάν δύο διαφορετικές «συνομιλίες» συμπέσουν στο ίδιο κανάλι ραδιοσυχνότητας, ο χρόνος παρεμβολής είναι τόσο μικρός ώστε δεν δημιουργεί κανένα απολύτως πρόβλημα. Κατά συνέπεια αν σε ένα δωμάτιο του σπιτιού έχετε ένα στερεοφωνικό σύστημα που χρησιμοποιεί τεχνολογία Bluetooth αντί για καλώδια, ένα νέο μοντέλο ασύρματου τηλεφώνου, το κινητό τηλέφωνο και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, δεν πρόκειται να υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ των συσκευών. Στην αγορά κατασκευής συσκευών που υποστηρίζουν το

πρότυπο Bluetooth δραστηριοποιούνται σήμερα περισσότερες από 2000 εταιρίες μεταξύ των οποίων οι Ericsson, Nokia, IBM, Intel, Toshiba, Motorola, Lucent, 3Com κ.α.

Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος υλοποίησης
- Αποφυγή παρεμβολών
- Χαμηλή κατανάλωση ρεύματος (0,01W)
- Δυνατότητα δημιουργίας πολλών Bluetooth δικτύων (Scatternet) στον ίδιο χώρο

Μειονεκτήματα :

- Περιορισμένη απόσταση μεταξύ πομπού-δέκτη (από 10cm έως 10m)
- Χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (εως 1Mbps)
- Όχι ιδιαίτερα υψηλό επίπεδο ασφάλειας
- Περιορισμός 8 συσκευών στο ίδιο δίκτυο

III. Τα πρότυπα IEEE 802.11 x

Το πρωτόκολλο 802.11 ή Wi-Fi (Wireless Fidelity) είναι αποτέλεσμα εργασίας της IEEE, αφορά τα ασύρματα τοπικά δίκτυα και δημιουργήθηκε το 1997 με αρχική ταχύτητα λειτουργίας τα 2Mbps. Το πρότυπο αυτό ανέπτυξε προδιαγραφές του Φυσικού Επιπέδου και του Επιπέδου Προσπέλασης Μέσου για την ασύρματη επικοινωνία σταθμών σ' ένα WLAN, δηλαδή τα 2 πρώτα επίπεδα του OSI. Το πρότυπο 802.11 ορίζει τρία διαφορετικά φυσικά επίπεδα (PHY). Η ύπαρξη περισσότερων από μίας επιλογής για το φυσικό επίπεδο επιτρέπει στους σχεδιαστές συστημάτων να επιλέγουν κάθε φορά την τεχνολογία εκείνη, η οποία ταιριάζει καλύτερα με το κόστος, την απόδοση και το προφίλ των λειτουργιών μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Ειδικότερα, το πρότυπο προσδιορίζει ένα οπτικό φυσικό επίπεδο που χρησιμοποιεί υπέρυθρες ακτίνες για τη μετάδοση δεδομένων και δύο φυσικά επίπεδα ραδιοσυχνότητας (RF based). Το μικρό εύρος κάλυψης που έχει το υπέρυθρο φυσικό επίπεδο το καθιστά κατάλληλο μόνο για εφαρμογές κλειστού χώρου, όπως ένα μικρό γραφείο, ένα δωμάτιο, κ.ο.κ. Αντίθετα, οι άλλοι δύο τύποι

φυσικών επιπέδων μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές όπου υπάρχει η ανάγκη κάλυψης μεγάλων περιοχών ανοικτών ή κλειστών.

Το 1998 δημιουργήθηκε η αναβαθμισμένη έκδοση, δηλαδή το 802.11b, που έφτανε τα 11Mbps, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης των επόμενων εκδόσεων που ακολούθησαν (802.11a & 802.11g) ήταν 54Mbps. Για την μετάδοση των δεδομένων τα πρωτόκολλα 802.11b και 802.11g χρησιμοποιούν την μπάντα των 2.4GHz. Τα δύο αυτά πρωτόκολλα χρησιμοποιούνται σε υλοποιήσεις τοπικών δικτύων που δεν χρειάζεται να τρέχουν εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων σε εύρος ζώνης και η κάλυψη που παρέχουν φτάνει τα 100m. Αντίθετα το ακριβότερο από πλευράς υλοποίησης 802.11a λειτουργεί στα 5GHz και είναι καταλληλότερο για ευρυζωνικές εφαρμογές. Καλύπτει έκταση έως 50m ενώ η χρήση όπως OFDM , Orthogonal Frequency Division Multiplexing έχει σαν αποτέλεσμα την πιο αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος.. Το γεγονός ότι η συχνότητα λειτουργίας των πρωτοκόλλων 802.11b και 802.11g είναι τα 2.4GHz δημιουργεί παρεμβολές στο πρωτόκολλο Bluetooth με αποτέλεσμα η συνεργασία όπως να είναι δύσκολη.

Αν και η ταχύτητα σύνδεσης που ορίζει το IEEE802.11b είναι τα 11Mbps, λόγω του γεγονότος ότι όπως οι συσκευές WiFi έχουν ένα και μόνο ραδιοφωνικό πομποδέκτη, η λειτουργία όπως σαν δικτυακές συσκευές είναι σε half-duplex mode, καθώς ο πομποδέκτης μπορεί να ακούει το δίκτυο ή να στέλνει σε αυτό, αλλά όχι και τα δύο ταυτόχρονα. Έτσι το πραγματικό όριο για το bandwidth μιας 802.11b σύνδεσης είναι διαμορφώνεται στα 5Mbps. Όπως εταιρίες υπόσχονται ονομαστικές διπλάσιες ή και περισσότερο ταχύτητες. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι εκτός του στάνταρ, και λειτουργούν μόνο μεταξύ των προϊόντων όπως όπως εταιρίας.

Το 802.11 ορίζει δύο στοιχεία εξοπλισμού: έναν ασύρματο σταθμό που είναι συνήθως PC και είναι εφοδιασμένος με μια κάρτα δικτύου για ασύρματα δίκτυα κι ένα πομποδέκτη ή σημείο πρόσβασης (AP), ο οποίος συμπεριφέρεται σα γέφυρα μεταξύ του ασύρματου και του ενσύρματου δικτύου. Το σημείο πρόσβασης ενεργεί ως σταθμός-βάση για το ασύρματο δίκτυο συγκεντρώνοντας τη δυνατότητα προσπέλασης του ενσύρματου δικτύου από πολλαπλούς σταθμούς. Η επικοινωνία των τερματικών στο πρότυπο αυτό υποστηρίζεται μέσω δύο γενικών τοπολογιών αρχιτεκτονικής δικτύου, τη δομημένη κατάσταση και την ad hoc κατάσταση.

Τέλος όσον αφορά την ασφάλεια των επικοινωνιών αποτελεί σημαντικό μειονέκτημα για το 802.11 καθώς η μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση σε κάποιο ασύρματο 802.11 δίκτυο είναι εύκολη και συχνή. Το 802.11i είναι προσανατολισμένο στην ασφάλεια υποστηρίζοντας μεθόδους κρυπτογράφησης. Τα πρότυπα 802.11b & 802.11g είναι σήμερα τα πιο διαδεδομένα και ο εξοπλισμός δικτύωσης είναι προσιτός σε χαμηλές τιμές με αποτέλεσμα να έχουν εξαπλωθεί σε Ευρώπη και Αμερική. Το μέλλον όπως φαίνεται να ανήκει στο 802.11n που υπόσχεται ταχύτητα 100Mbps.

Πλεονεκτήματα :

- Ικανοποιητικό εύρος κάλυψης για οικιακά δίκτυα (έως 100m)
- Υψηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων(έως 100Mbps)
- Χαμηλό κόστος (κυρίως 802.11b)
- Ευκολία εγκατάστασης
- Πολύ διαδεδομένο στα οικιακά δίκτυα

Μειονεκτήματα :

- Περιορισμένη ασφάλεια
- Παρεμβολές με συσκευές Bluetooth

IV. High Performance Radio LAN (HIPERLAN)

Το HIPERLAN είναι ευρωπαϊκή απάντηση στα πρωτόκολλα IEEE802.11. Το ινστιτούτο ETSI European Telecommunications Standardization Institute έχει ορίσει το HIPERLAN ως ένα ασύρματο δίκτυο LAN που επιτρέπει σταθερή ζεύξη κινούμενων σταθμών. Δημιουργήθηκε στα πλαίσια μιας προσπάθειας του ινστιτούτου που ονομάζεται Ευρυζωνικό Δίκτυο Ραδιοπρόσβασης (Broadband Radio Access Network-BRAN). Το HiperLAN υπάρχει σε δύο εκδόσεις, τη HiperLAN Type 1 που τυποποιήθηκε το 1996 και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 24Mbps και τη HiperLAN Type 2, η οποία δημιουργήθηκε το 2000 και υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 54Mbps καθώς όπως προσφέρει υψηλές επιδόσεις σε περιβάλλοντα με μεγάλη διασπορά χρόνου που μπορεί να οφείλεται σε πολλαπλές ανακλάσεις. Αμφότερες οι εκδόσεις του HiperLAN χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 5GHz, η οποία στην Αμερική και στην Ιαπωνία είναι ελεύθερη και στην Ευρώπη έχει επισήμως παραχωρηθεί για χρήση από τα ασύρματα δίκτυα, με αποτέλεσμα αφενός μεν να μη δημιουργούνται

προβλήματα με τα δίκτυα που τρέχουν στα 2,4GHz και αφετέρου οι συσκευές HiperLAN να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου χωρίς τροποποιήσεις. Μια άλλη ιδιαιτερότητα του HiperLAN είναι όπως το ad hoc roaming, η δυνατότητα δηλαδή όπως αυτόματης προώθησης των δεδομένων από access point σε access point σε περίπτωση που ο δέκτης δεν βρίσκεται στο βεληνεκές του πομπού. Εκτός από αυτό, υπερέχει έναντι των άλλων πρωτοκόλλων ασύρματης δικτύωσης λόγω του γεγονότος ότι δίνει τη δυνατότητα QoS (Quality Of Service, Ποιότητα Υπηρεσιών). Με το QoS μπορούν τα πακέτα δεδομένων να κατηγοριοποιούνται και να αποκτούν διαφορετική σειρά προτεραιότητας ανάλογα με το είδος όπως. Έτσι, τα πακέτα που αφορούν ένα video π.χ., μπορεί να έχουν μεγαλύτερη προτεραιότητα κατά τη μεταφορά, με αποτέλεσμα την πιο ομαλή εμφάνισή του.

Το HiperLAN υποστηρίζει τόσο μία δομημένη αρχιτεκτονική δικτύου που ενσωματώνει ένα σταθμό βάσης όσο και ad-hoc δίκτυα. Όσον αφορά την ασφάλεια έχει την δυνατότητα υποστήριξης πιστοποίησης και κρυπτογράφησης. Με την διαδικασία όπως πιστοποίησης τόσο το σημείο πρόσβασης όσο και το κινητό τερματικό μπορούν να πιστοποιήσουν το ένα το άλλο ώστε να διασφαλίσουν διαπιστευμένη πρόσβαση στο δίκτυο.

Το HiperLAN2, σε αντίθεση με όλα τα υπόλοιπα πρότυπα, είναι συμβατό με μια τεράστια ποικιλία δικτύων (Ethernet, ATM, 3G, IP κ.ά.) και η εμβέλεια του φτάνει τα 150m.

Πλεονεκτήματα :

- Συγκριτικά μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης (54Mbps)
- Δυνατότητα ad-hoc roaming
- Δυνατότητα QoS
- Κατάλληλο για απαιτητικές σε bandwidth εφαρμογές

Μειονεκτήματα :

- Αρκετά πολύπλοκο πρωτόκολλο
- Μπορεί να δημιουργηθεί πρόβλημα συμβατότητας
- Χρησιμοποιείται μόνο στην Ευρώπη
- Δεν έχει όπως εμπορικές εφαρμογές

V. Home RF

Τον Μάρτιο του 1998 η ομάδα εργασίας HomeRF ανέπτυξε μια ενιαία προδιαγραφή, το κοινό ασύρματο πρωτόκολλο εφαρμογής SWAP (Shared Wireless Access Protocol), με σκοπό να ανταλλάσσονται δεδομένα μεταξύ των οικιακών συσκευών. Η συχνότητα λειτουργίας είναι τα 2.4 GHz. Το πρότυπο HomeRF 2.0 για όπως ασύρματες μεταδόσεις χρησιμοποιεί στο φυσικό στρώμα την τεχνική FHSS, (την τεχνική αναπήδησης συχνότητας Frequency Hopping) και υποστηρίζει ταχύτητες διαμεταγωγής των δεδομένων που ανέρχονται στα 10Mbit/s και χρησιμοποιείται για την ασύρματη ενδοεπικοινωνία μεταξύ των ηλεκτρικών συσκευών, όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές, ασύρματα τηλέφωνα DECT, PDAs, ενώ χρησιμοποιείται και από ορισμένες συσκευές ήχου και εικόνας. Με τη χρήση του πρωτοκόλλου αυτού υπάρχει η δυνατότητα σύνδεσης μέχρι και 127 διαφορετικών οικιακών συσκευών στο ίδιο δίκτυο. Η εμβέλειά του φτάνει τα 50m. Αν και το HomeRF υποστηρίζει ταυτόχρονη μεταφορά ήχου και δεδομένων, η χαμηλή ταχύτητα που προσφέρει σε συνδυασμό με το κόστος υλοποίησής του, που είναι παρόμοιο με αυτό του IEEE802.11b, δεν του δίνει ιδιαίτερες προοπτικές επιτυχίας. Τον Ιανουάριο του 2003 η ομάδα εργασίας HomeRF που περιλάμβανε εταιρίες όπως η Siemens, η Motorola και όπως διαλύθηκε με αποτέλεσμα το πρότυπο αυτό, αν και εξακολουθεί να έχει εφαρμογές, να μην αναπτύσσεται πια.

Πλεονεκτήματα :

- Δυνατότητα σύνδεσης μέχρι 127 συσκευών στο ίδιο δίκτυο
- Παρέχει αρκετά μεγάλη προστασία από παρεμβολές
- Ικανοποιητική εμβέλεια (έως 50m)

Μειονεκτήματα :

- Αδυναμία να ανταγωνιστεί όπως τεχνολογίες (όπως WiFi)
- Δεν υποστηρίζεται πλέον από κατασκευαστές ή ομάδες εργασίας

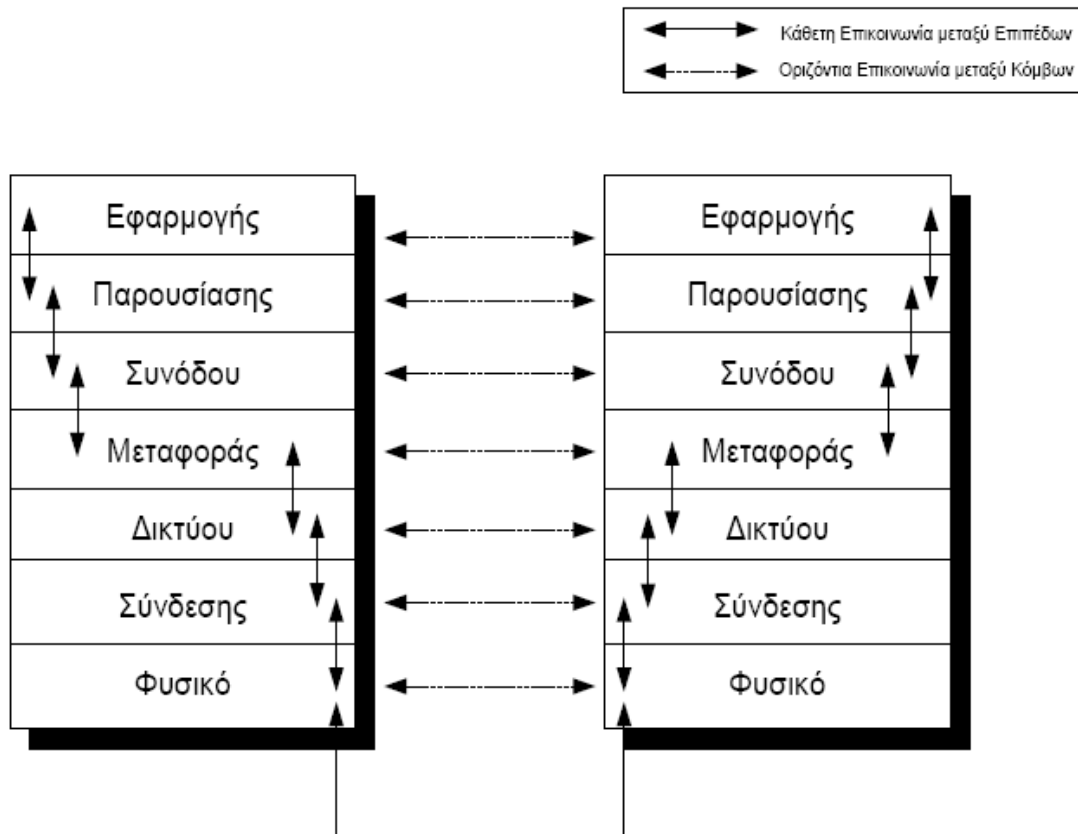
Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των σημαντικότερων προτύπων που εφαρμόζονται στα ασύρματα οικιακά δίκτυα ώστε να είναι εφικτή η σύγκρισή τους.

	Bluetooth	HomeRF	IEEE802.11b	IEEE802.11a	IEEE802.11g	HiperLAN1	HiperLAN2
Ταχύτητα	1Mbps	2Mbps	11Mbps	54Mbps	54Mbps	24Mbps	54Mbps
Εμβέλεια	10μ	50μ	100μ	50μ	100μ	50μ	30-150μ
Συχνότητα	2,4GHz	2,4GHz	2,4GHz	5GHz	2,4GHz	5GHz	5GHz
Κόστος	χαμηλό	μεσαίο	χαμηλό	υψηλό	μεσαίο	μεσαίο	μεσαίο
Υποστηρικτές	Ericsson, IBM, Toshiba, Intel, Nokia, Motorola	Proxim, Intel, HP, 3COM, Motorola	Cisco, Lucent, 3Com, Apple, Compaq, Zoom, Dell, Nokia	Cisco, Lucent, 3Com, Apple, Compaq, Zoom, Dell, Nokia	Cisco, Lucent, 3Com, Apple, Compaq, Zoom, Dell, Nokia	ETSI, Proxim, HP, Xircom, IBM, Nokia	ETSI, HP, Xircom, IBM, TI, Dell, Ericsson, Nokia, Proxim

Σχήμα 5. Συγκριτικός πίνακας προτύπων ασύρματων δικτύων

1.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΤΟΥ 802.11x

Στο σχήμα 6 παρουσιάζεται το μοντέλο αναφοράς κατά OSI (στοίβα πρωτοκόλλων) της τεχνολογίας 802.11x



Σχήμα 6. Μοντέλο αναφοράς (στοίβα πρωτοκόλλων) του 802.11x κατά OSI.

Όπως παρατηρούμε από το Σχήμα 6, οι λειτουργίες και οι υπηρεσίες που καθορίζονται από το 802.11 αφορούν κυρίως τα επίπεδα MAC και PHY.

Όπως προαναφέρθηκε στο φυσικό στρώμα (physical layer) όπου μεταδίδει και λαμβάνει πραγματικά τα δεδομένα (bits) μεταξύ των υπολογιστών, στο 802.11b χρησιμοποιείται τεχνική διαμόρφωσης διασποράς ευρείας ακολουθίας DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ή οποία κάνει χρήση της συμπληρωματικής διαμόρφωσης κώδικα CCK (Complementary Code Keying), και στο 802.11a και 802.11g διαμόρφωση Ορθογωνικής πολύπλεξης με διαίρεση συχνότητας OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing).

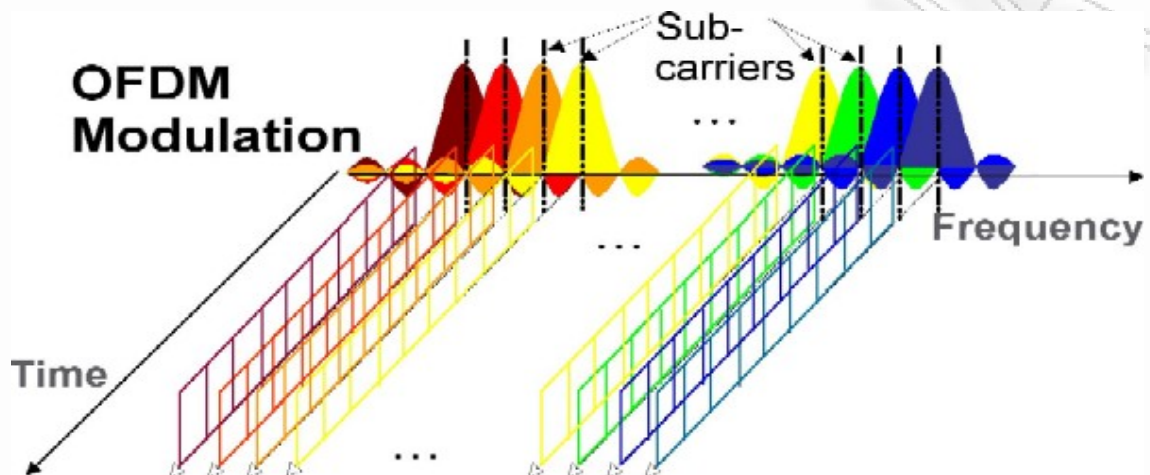
Η τεχνική DSSS εξαπλώνει την ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος σε μία ευρεία μπάντα συχνοτήτων με αποτέλεσμα να μειωθεί η φασματική πυκνότητα ισχύος του θορύβου και των παρεμβολών από άλλες μεταδόσεις οι οποίες χρησιμοποιούν συνήθως ένα μικρό εύρος συχνοτήτων.

Αρχικά λοιπόν το σήμα της βασικής ζώνης (baseband) εξαπλώνεται σε ένα μεγαλύτερο φάσμα με πολλαπλασιασμό των δεδομένων με μία γρήγορη ακολουθία και στη συνέχεια τα εξαπλωμένα δεδομένα διαμορφώνονται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Η διαδικασία είναι η εξής: Για να επιτευχθεί η φασματική εξάπλωση στον πομπό, πολλαπλασιάζεται το σήμα βασικής ζώνης με ένα ψηφιακό σήμα ψευδό-θορύβου PN (Pseudo-Noise signal). Το σήμα PN αναφέρεται και ως chip code ή spreading sequence. Το σήμα ψευδό-θορύβου PN που χρησιμοποιείται ονομάζεται συμπληρωματική διαμόρφωση κώδικα CCK (Complementary Code Keying) που είναι μία ακολουθία των 8 bit. Το σήμα που προκύπτει έχει υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης από αυτόν του αρχικού σήματος, το οποίο οδηγεί στο ευρύτερο φάσμα εκπομπής.

Το εξαπλωμένο σήμα χρησιμοποιεί διαμόρφωση QPSK. Με την QPSK έχουμε συνολική κωδικοποίηση ανά 2 bits στην είσοδο στον διαμορφωτή και τέσσερα σύμβολα εκπομπής λόγω των τεσσάρων πιθανών συνδυασμών τους 00, 01, 10, και 11. Καθένα από αυτά τα σύμβολα των 2 bit στέλνονται με ρυθμό 5.5 Mbps, καταλήγοντας σε ένα ρυθμό δεδομένων ίσο με 11 Mbps. Ο διαμορφωτής (Carrier modulator) παράγει το αναλογικό σήμα από το ψηφιακό γύρω από τη συχνότητα εκπομπής.

Η τεχνική OFDM είναι πολύ σημαντική τεχνική στην μετάδοση υψηλού ρυθμού δεδομένων σε ασύρματα κανάλια επικοινωνίας. Η OFDM χρησιμοποιείται δεδομένου της καλής συμπεριφοράς της σε περίπτωση λήψης από πολλαπλές διαδρομές, υποστηρίζοντας μεγάλες ταχύτητες κίνησης του δέκτη αλλά και να υποστηρίξει αποδοτικά κατανομές φάσματος σε περιοχές με κυψελωτή δομή (άρα και να συνδυαστεί με τα κυψελωτά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας). Χρησιμοποιεί πολλαπλές συχνότητες, στέλνοντας μερικά από τα bits σε κάθε υπο-κανάλι (υπο-φέρον). Δηλαδή η αρχή λειτουργίας του OFDM βασίζεται στην κατανομή ενός υψηλού ρυθμού ροής δεδομένων μέσω ενός μεγάλου αριθμού ορθογωνίων

(εκατοντάδες μέχρι και χιλιάδες, ανάλογα την περίπτωση) υπο-φερόντων, όπου κάθε ένα από αυτά μεταφέρει ένα χαμηλό ρυθμό [1]. Στο σχήμα 3 παρουσιάζεται η διαμόρφωση OFDM.



Σχήμα 7. Διαμόρφωση OFDM. Διακρίνεται η ορθογωνιότητα μεταξύ των υπο-φερουσών

Η ορθογωνιότητα των υποφερόντων μειώνει την παρεμβολή μεταξύ των καναλιών (crosstalk). Αξίζει να σημειώσουμε ότι ο αριθμός των φερόντων σημάτων που χρησιμοποιεί το 802.11a και το 802.11g είναι 52 [2].

Τα υπο-φέροντα μπορούν να κωδικοποιηθούν με μία από τις εξής διαμορφώσεις:

- QPSK (Αναφέρεται και σαν 4-QAM ή και σαν 4-PSK)
- 16-QAM
- 64-QAM

Άρα επιλέγεται είτε να μεταφέρονται 2 bits (4-QAM) είτε 4 bits (16-QAM) είτε 6 bits (64-QAM) σε κάθε υπο-φέρον σήμα. Δεν θα γίνει άλλη επέκταση στην ανάλυση της OFDM αφού οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα είναι αρκετά πολύπλοκες και πρέπει να αναλυθούν διεξοδικά και οι περιγραφές τους δεν είναι το βασικό θέμα αυτής της εργασίας. Πρέπει να τονιστεί όμως ότι η τεχνική OFDM χρησιμοποιείται σήμερα κατά κόρον σε πολλές τεχνολογίες, όπως το ADSL και την επίγεια ψηφιακή τηλεόραση DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial).

Το στρώμα ζεύξης δεδομένων (Data Link layer) αποτελείται από δύο υποστρώματα. Το πρώτο υπόστρωμα είναι το υπόστρωμα ελέγχου πρόσβασης στο

μέσο μετάδοσης MAC (Medium Access Control) και το δεύτερο υπόστρωμα είναι ο έλεγχος λογικής σύνδεσης LLC (Logical Link Control).

Το υπόστρωμα MAC ρυθμίζει την κίνηση του δικτύου, συγκεκριμένα χρησιμοποιείται για να ελέγξει και να καθορίσει ποιος έχει σειρά μετάδοσης σε ένα δίαυλο (κανάλι) πολλαπλής προσπέλασης. Το MAC συνήθως κάνει χρήση του πρωτοκόλλου πολλαπλής προσπέλασης με ανίχνευση φέροντος και αποφυγή σύγκρουσης CSMA/CA. Το CSMA/CA βοηθάει στην αποφυγή συγκρούσεων (collisions) αναγκάζοντας τον σταθμό εκπομπής να ανιχνεύσει τον αέρα εάν ο δίαυλος είναι ελεύθερος πριν αρχίσει την εκπομπή των δεδομένων. Εάν ο δίαυλος είναι απασχολημένος περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί. Εάν είναι ελεύθερος τότε επιτρέπεται στον σταθμό εκπομπής να μεταδώσει δεδομένα για ένα χρονικό διάστημα. Ο σταθμός λήψης πρέπει να απαντήσει με ένα πακέτο επιβεβαίωσης (ACK). Η λήψη του πακέτου επιβεβαίωσης από τον σταθμό εκπομπής δηλώνει ότι δεν συνέβη σύγκρουση. Εάν ο σταθμός εκπομπής δεν λάβει το πακέτο επιβεβαίωσης μετά από κάποιο χρονικό διάστημα (ACKTimeout), ξαναστέλνει το πακέτο δεδομένων αφού δεν θα έχει φθάσει στον προορισμό του. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για έναν συγκεκριμένο αριθμό επαναμεταδόσεων.

Το CSMA/CA αντιμετωπίζει αποτελεσματικά προβλήματα σχετικά με την μετάδοση των ράδιο-κυμάτων και της ασύρματης λήψης αλλά δημιουργεί εάν σημαντικό πλεόνασμα φορτίου γραμμής (overheads). Έτσι ένα LAN 802.11 θα έχει πάντα μικρότερη απόδοση από ένα ισοδύναμο Ethernet LAN [3]. Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι στο υπόστρωμα MAC τεμαχίζονται τα πακέτα σε μικρότερα πακέτα δεδομένων (packet fragmentation). Ο τεμαχισμός γίνεται σύμφωνα με μια τιμή η οποία ονομάζεται threshold όπου ορίζει το μέγιστο μήκος που πρέπει να έχει ένα πακέτο για να μεταδοθεί. Για παράδειγμα εάν σε ένα πακέτο 500 byte γίνει τεμαχισμός με threshold 250 τότε το πακέτο θα χωριστεί σε δύο πακέτα των 250 byte. Αποτέλεσμα του τεμαχισμού πακέτων είναι να αποστέλλονται πακέτα μεγάλου μήκους σε μικρά κομμάτια. Αυτό έχει δύο σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. μειώνει την ανάγκη αναμετάδοσης των πακέτων επειδή η πιθανότητα να υπάρχει αλλοίωση και φθορά πακέτων είναι μικρότερη όταν τα πακέτα έχουν μικρότερο μέγεθος και

2. δεύτερον σε περίπτωση που υπάρχει φθορά πακέτων λόγω μικρού μεγέθους η αναμετάδοση τους είναι γρηγορότερη [3].

Το υπόστρωμα LLC είναι αυτό που περιγράφεται στο πρότυπο IEEE 802.2. Το LLC σε κάθε πακέτο προσθέτει μια επικεφαλίδα LLC η οποία περιέχει την διεύθυνση πηγής, διεύθυνση προορισμού, αύξοντα αριθμό και αριθμό επαλήθευσης, κ.α. Η προκύπτουσα δομή εισάγεται μέσα στο πεδίο του ωφέλιμου φορτίου ενός πλαισίου (frame) του 802.11 και μεταδίδεται. Ο δέκτης φυσικά λαμβάνει το πλαίσιο και το και το αποσυναρμολογεί για να λάβει τον συρμό των bit.

1.4 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ 802.11x ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ

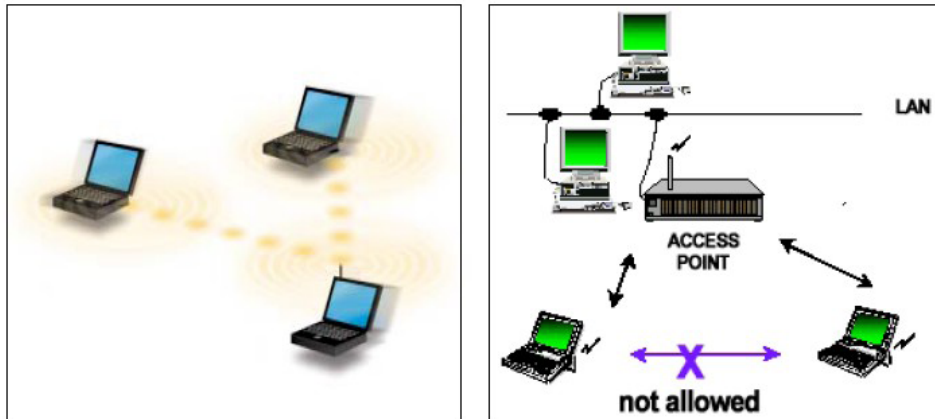
Για να στηθεί ένα ασύρματο δίκτυο ο απαραίτητος εξοπλισμός συνίσταται σε 2 μέρη:

- A) Μια ασύρματη κάρτα δικτύου (wireless Adapter) η οποία έχει πάνω της μια κεραία μέσω της οποίας επικοινωνεί με άλλες συσκευές που έχουν ασύρματη κάρτα.
- B) Έναν πομποδέκτη ή σημείο πρόσβασης (Access Point-AP) ο οποίος εκτός από κεραία διαθέτει και κατάλληλες διεπαφές για τη σύνδεση με το σταθερό δίκτυο.

Όσον αφορά τις αρχιτεκτονικές διακρίνουμε τις ακόλουθες :

- Ανεξάρτητη (Ad-hoc) Αρχιτεκτονική στην οποία οι συσκευές συνδέονται μεταξύ τους απευθείας χωρίς δηλαδή τη διαμεσολάβηση κάποιου σημείου πρόσβασης.
- Αρχιτεκτονική σταθερής υποδομής (Infrastructure) στην οποία υπάρχει τουλάχιστον ένα σημείο πρόσβασης το οποίο συνδέεται με το καλωδιωμένο δίκτυο και ένα σύνολο από ασύρματους σταθμούς. Αυτή η σχεδίαση ονομάζεται Βασικό Σύνολο Υπηρεσίας (BSS). Ως επέκταση του BSS είναι το Εκτεταμένο Σύνολο Υπηρεσίας (ESS) το οποίο αποτελεί σύνολο δύο ή περισσότερων BSS.

Ad-Hoc vs. Infrastructure Networking Modes



Ad Hoc Network

Infrastructure Network

Σχήμα 8. Ασύρματο δίκτυο Peer to Peer (Ad hoc) και Infrastructure

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΠΟΛΥΜΕΣΑ

Τα πολυμέσα είναι ο συνδυασμός μέσων που πρέπει να ενεργοποιηθούν κατά την διάρκεια κάποιου χρονικού διαστήματος, συνήθως με κάποια αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Στην πράξη, τα μέσα αυτά είναι ήχος και κινούμενες εικόνες [7], δηλαδή βίντεο. Για αυτό το λόγο θα εστιάσουμε τη μελέτη αυτή κυρίως στη τεχνολογία του βίντεο.

Το βίντεο το οποίο αποτελεί μια σύνθεση εικόνας και ήχου αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά μέσα οικιακής ψυχαγωγίας και επικοινωνίας. Το αναλογικό βίντεο είχε πολλά μειονεκτήματα, όπως κακή ποιότητα εικόνας και ήχου με προβλήματα στην φωτεινότητα, στο χρώμα, στην ευκρίνεια, κ.ο.κ.. Επίσης εμφανίζει μία δύσκολη, χρονοβόρα, και με αρκετούς περιορισμούς διαδικασία επεξεργασίας του υλικού. Με την πρόοδο της επιστήμης της πληροφορικής και την εισαγωγή στον ψηφιακό κόσμο η εξέλιξη του χώρου αυτού είναι το ψηφιακό βίντεο.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το ψηφιακό βίντεο είναι πολλά. Προσφέρει σημαντικά καλύτερη ποιότητα εικόνας και ήχου αυξάνοντας την ευκρίνεια της εικόνας και αφαιρώντας την επίδραση του θορύβου, παρέχει δυνατότητα εύκολης και αποδοτικής επεξεργασίας όπως είναι η αποθήκευση και η τροποποίηση (εφέ, μοντάζ, κτλ) μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων και άλλων πολυμεσικών πλατφόρμων.

Σήμερα τα CD, τα DVD, το Internet, η δορυφορική και η καλωδιακή τηλεόραση, οι φωτογραφικές μηχανές και τα κινητά τηλέφωνα, μας αποδεικνύουν ότι η καταγραφή, η αναπαραγωγή και η μετάδοση του ψηφιακού βίντεο είναι κομμάτι της καθημερινότητας.

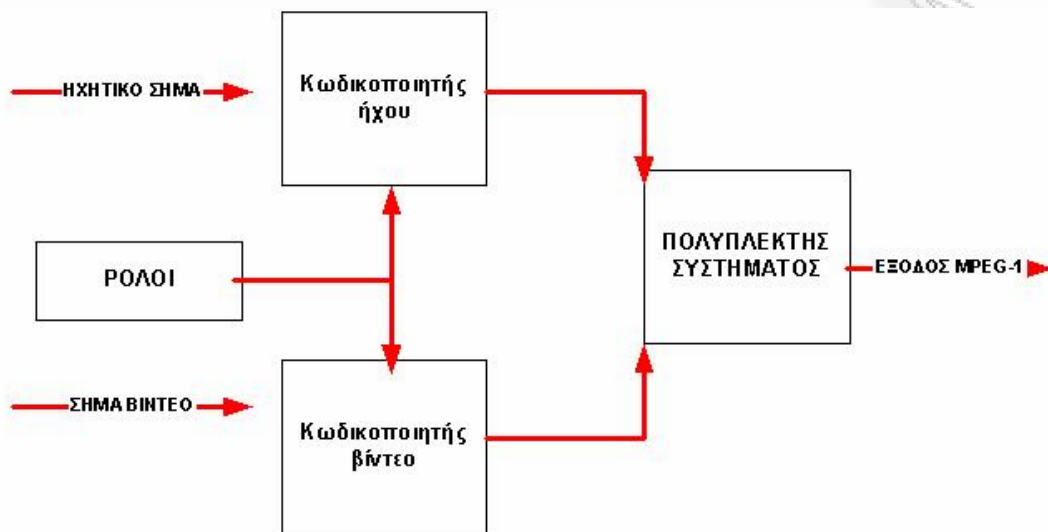
Πραγματοποιώντας ψηφιοποίηση του βίντεο, ο όγκος της πληροφορίας που προκύπτει είναι τεράστιος. Για την μετάδοση του χρειάζονται τουλάχιστον 240 Mbps δηλαδή 30 MB/sec. Αυτός ο ρυθμός μετάδοσης είναι απαγορευτικός αφού για παράδειγμα η ταχύτητα του CD φθάνει μέχρι 20 Mbps δηλαδή δώδεκα φορές μικρότερη. Επίσης ένα DVD το οποίο έχει χωρητικότητα 4.7 GB δεν επαρκεί για την αποθήκευση μιας κινηματογραφικής ταινίας ενενήντα λεπτών ($90 \times 60 = 5400$ sec) ασυμπίεστου ψηφιακού βίντεο, αφού η αποθήκευση του θα απαιτούσε $30 \times 5400 = 162$ GB, δηλαδή τουλάχιστον 35 DVD.

Για αυτό το λόγο όπως μπορεί να γίνει αντιληπτό δεν μπορεί να γίνει τόσο μετάδοση όσο και αποθήκευση ψηφιακού βίντεο και γενικότερα υλικού πολυμέσων σε ασυμπίεστη μορφή. Πρέπει λοιπόν το σήμα να συμπιεστεί. Υπάρχουν πολλές τεχνικές συμπίεσης εικόνας και βίντεο και αλγόριθμοι που καθιστούν εφικτή την μετάδοση πολυμέσων. Όλα τα συστήματα συμπίεσης απαιτούν έναν αλγόριθμο για την συμπίεση δεδομένων στην πηγή και έναν άλλον για την αποσυμπίεση στον προορισμό τους.

Οι βασικοί αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για την συμπίεση βίντεο είναι τα πρότυπα της ομάδας MPEG (Motion Picture Experts Group). Τα πρότυπα αυτά είναι θεσπισμένα από τον διεθνή οργανισμό πιστοποίησης, με την πρώτη επικύρωση τους το 1993 [7].

Το πρώτο πρότυπο που παρουσιάστηκε είναι το MPEG-1. Στο MPEG-1 η αποθήκευση και η ανάκτηση εικόνας και ήχου σε ψηφιακά μέσα φτάνει τον ρυθμό μετάδοσης 1.5Mbps παρουσιάζοντας ανάλυση εικόνας 352×240 (NTSC) ή 352×288 pixels (PAL) και η ποιότητά της είναι σε επίπεδα VHS video. Ο ήχος έχει δύο κανάλια για στερεοφωνική μουσική ή διπλό μονοφωνικό με εύρος στα 44.1 KHz (CD). Χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση βίντεο σε CD-ROM του προτύπου VCD (Video CD).

Η πολυπλεξία του σήματος στο MPEG-1 παρουσιάζεται στο Σχήμα 9.

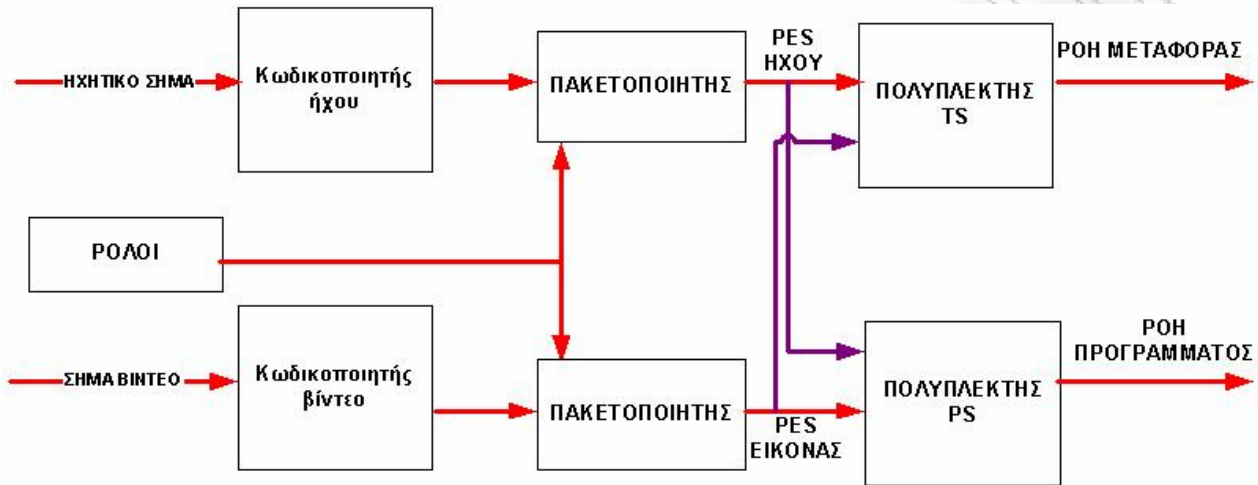


Σχήμα 9. Διαδικασία παραγωγής του MPEG-1 σήματος.

Οι κωδικοποιητές ήχου και βίντεο λειτουργούν ανεξάρτητα. Για αυτό το λόγο υπάρχει ένα ρολόι των 90 KHz που δίνει την τρέχουσα τιμή του χρόνου στους κωδικοποιητές, έτσι ώστε να μην υπάρξει πρόβλημα συγχρονισμού των δύο συρμών στον πολυπλέκτη του συστήματος.

Το επόμενο πρότυπο της οικογένειας MPEG είναι το MPEG-2. Στο MPEG-2 ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας κυμαίνεται από 1.5 Mbps μέχρι 15 Mbps [8]. Παρουσιάζει ανάλυση εικόνας 704×480 pixels (NTSC) ή 704×576 pixels (PAL). Ο ήχος είναι πολυκαναλικός έξι καναλιών (το πολυκαναλικό σύστημα είναι και γνωστό ως 3/2) με εύρος 48KHz. Χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση κινηματογραφικών ταινιών στα DVD, αλλά και σε όλα τα είδη της ψηφιακής τηλεόρασης, δηλαδή στην καλωδιακή τηλεόραση DVB-C (Digital Video Broadcasting Cable), στην δορυφορική τηλεόραση DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite), στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (Digital Video Broadcasting Terrestrial) και στην φορητή ψηφιακή τηλεόραση (Digital Video Broadcasting Handheld). Θα ήταν ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι η Ελληνική κρατική τηλεόραση ανακοίνωσε επίσημα την πειραματική εκπομπή ψηφιακού σήματος αξιοποιώντας την τεχνολογία της επίγειας ψηφιακής τηλεόρασης.

Η πολυπλεξία του σήματος στο MPEG-2 παρουσιάζεται στο Σχήμα 10.



Σχήμα 10. Διαδικασία παραγωγής του MPEG-2 σήματος.

Στο σύστημα είναι δυνατόν να εισαχθεί ένας απεριόριστος αριθμός εισόδων εικόνας, ήχου αλλά και δεδομένων (για παράδειγμα υπότιτλοι σε διάφορες γλώσσες). Στο σχήμα 10 παρουσιάζεται η απλή περίπτωση για μια μόνο είσοδο εικόνας και ήχου. Τα σήματα της εικόνας και ήχου κωδικοποιούνται και συμπιέζονται. Τα δεδομένα εισάγονται σε πακετοποιητές. Η έξοδος κάθε πακετοποιητή είναι μια πακετοποιημένη στοιχειώδη ροή αντίστοιχα για εικόνα και ήχο. Τα πακέτα της ροής που παράγονται εκτός από τα συμπιεσμένα δεδομένα εικόνας και ήχου περιέχουν και διάφορες σημασιολογικές πληροφορίες χρονισμού, κ.λ.π.

Έχουν οριστεί δύο τύποι ροών, η ροή μεταφοράς (transport stream) και η ροή προγράμματος (programme stream). Τα πακέτα στην ροή προγράμματος έχουν μεταβλητό και μεγάλο μήκος ενώ τα πακέτα στην ροή μεταφοράς έχουν σταθερό μήκος των 188 bytes. Η κάθε μορφή κωδικοποίησης είναι κατάλληλη για διαφορετικές εφαρμογές. Η ροή προγράμματος σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί για τις περιπτώσεις stored-based συστημάτων (για παράδειγμα DVD) όπου δεν

έχουμε σφάλματα και για εφαρμογές στις οποίες μπορεί να γίνει λογισμική επεξεργασία των πληροφοριών του συστήματος.

Η ροή μεταφοράς σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί σε broadcasting εφαρμογές. Για παράδειγμα, όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ροή (ρεύμα) μεταφοράς MPEG-2 χρησιμοποιείται στην επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T) και περιέχει τις πολυπλεγμένες υπηρεσίες εικόνας, ήχου και δεδομένων. Το καινούριο πρότυπο της οικογένειας MPEG είναι το MPEG-4. Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε με το σκεπτικό της μετάδοσης βίντεο σε δίκτυα με μικρό διαθέσιμο bandwidth ανά συνδρομητή, για παράδειγμα τα σημερινά ασύρματα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα. Μια σημαντική καινοτομία του MPEG-4 είναι η κωδικοποίηση των δεδομένων της εικόνας και του ήχου σε αντικείμενα (objects) ή πακέτα αντικειμένων. Με αυτόν τον τρόπο οι θεατές και ακροατές δεν παραμένουν πλέον παθητικοί. Στα μέχρι πρότινος οπτικοακουστικά συστήματα ο χρήστης μπορούσε απλώς να διακόπτει και να επανεκκινεί ένα βίντεο ενώ ήταν σε εξέλιξη. Στον αλγόριθμο συμπίεσης MPEG-4 υποστηρίζεται η πλήρης διαδραστικότητα. Έτσι το MPEG-4 είναι τελείως διαφορετικό, επιτρέπει στον χρήστη να επιδρά σε αντικείμενα μέσα στη σκηνή, είτε αυτά προέρχονται από πραγματικές πηγές, όπως κινούμενο βίντεο, ή από συνθετικές, όπως γραφικά υπολογιστών. Οι συγγραφείς τέτοιων σκηνών μπορούν να δίνουν στο χρήστη την δυνατότητα να σβήνουν ή να προσθέτουν αντικείμενα, να αλλάζουν την συμπεριφορά τους, κτλ. Θα ήταν ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι η γλώσσα που χρησιμοποιεί το MPEG-4 για την περιγραφή και τη δυναμική αλλαγή της σκηνής ονομάζεται BIFS (Binary Format for Scene) [9]. Οι εντολές της είναι κατάλληλες, όχι μόνο για να προσθέτουν ή να αφαιρούν αντικείμενα στη σκηνή, αλλά και για να αλλάζουν τις οπτικές ή ακουστικές ιδιότητες ενός αντικειμένου, χωρίς να αλλάζουν το ίδιο το αντικείμενο.

Στο MPEG-4 ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας κυμαίνεται από 4.8 μέχρι 64 Kbps. Παρουσιάζει ανάλυση εικόνας 176×144 pixels. Ενώ ήχος έχει μόνο ένα κανάλι με εύρος 8 KHz (τηλεφωνικής ποιότητας ήχος). Το MPEG-4 χρησιμοποιείται κυρίως για εφαρμογές επικοινωνίας πολυμέσων όπως είναι η τηλεδιάσκεψη (video-conference), το video-phone, το video-email κτλ. Αξίζει να σημειωθεί ότι το έτος 2003 η ITU (International Telecommunication Union) και η ομάδα MPEG (Motion Picture Experts Group) ανακοίνωσαν την από κοινού ανάπτυξη ενός νέου προτύπου συμπίεσης ψηφιακού βίντεο. Το πρότυπο αυτό αναφέρεται από την ITU ως H.264

AVC (Advanced Video Coding) ενώ από την MPEG ως MPEG-4 Part 10 [10]. Το πρότυπο H.264 (MPEG-4 Part 10) αναμένεται να επιτυγχάνει περαιτέρω μείωση του ρυθμού μετάδοσης περίπου κατά 20% σε σχέση με το MPEG-4 και συγχρόνως καλύτερη ποιότητα εικόνας και ήχου. Η ανάλυση του βίντεο στο H.264 είναι 320×240 pixels ενώ στο MPEG-4 είναι 176×144 pixels. Το H.264 θα χρησιμοποιηθεί στα κινητά τρίτης γενιάς αλλά και στο DMB (Digital Multimedia Broadcasting), το οποίο είναι ένα σύστημα αναπαραγωγής αρχείων πολυμέσων (βίντεο και μουσικής) και είναι η εξέλιξη του προτύπου ψηφιακού ραδιοφώνου DAB (Digital Audio Broadcasting) Eureka-147.

Οι δοκιμές για την ανάπτυξη και την εφαρμογή των τεχνολογιών H.264 και MPEG-4 είναι σε εξέλιξη. Αντίθετα οι τεχνολογίες MPEG-1 και MPEG-2 είναι ευρέως διαδεδομένες και έχουν τεθεί σε εκτεταμένη εφαρμογή.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα βασικά πρότυπα MPEG

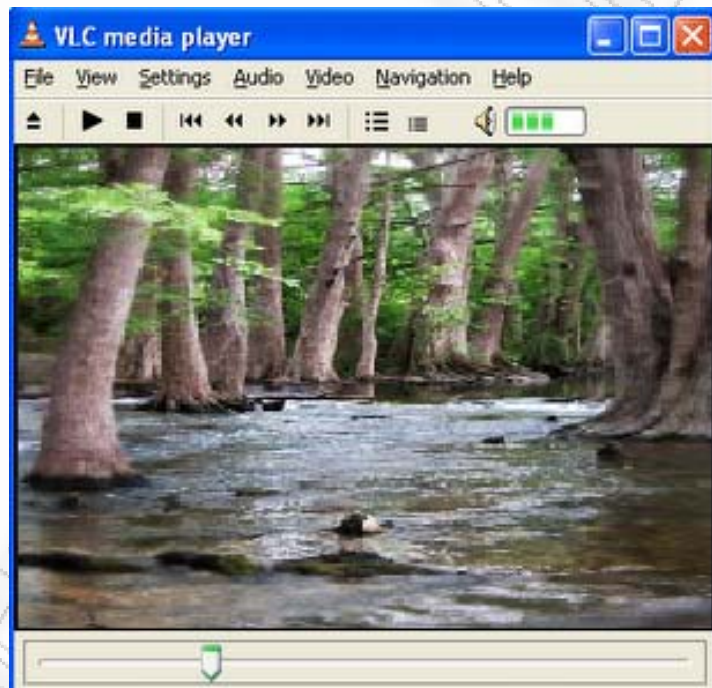
	MPEG1	MPEG2	MPEG-4
ΕΦΑΡΜΟΓΗ	VCD	DVD & DVB	ΚΙΝΗΤΑ 3ΗΣ ΓΕΝΙΑΣ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ	352×228	720×480	1766×144
ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	1.5 Mbps	1.5-15 Mbps	4.8-64 Kbps
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΗΧΟΥ	CD (2 ΚΑΝΑΛΙΑ)	ΠΟΛΥΚΑΝΑΛΟΣ- CINEMA	ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ (1 ΚΑΝΑΛΙ)

Σχήμα 11. Πρότυπα MPEG.

Σύμφωνα με υπόδειξη της διεθνούς ένωσης ITU (International Telecommunication Union) [11] δεν υπάρχει αντικειμενικός τρόπος ώστε κάποιος να μετρήσει και να αξιολογήσει την ποιότητα ενός βίντεο, αφού κατά την παρακολούθηση από μια ομάδα ατόμων ενός προγράμματος, το θέμα ποιότητας του βίντεο είναι καθαρά υποκειμενικό.

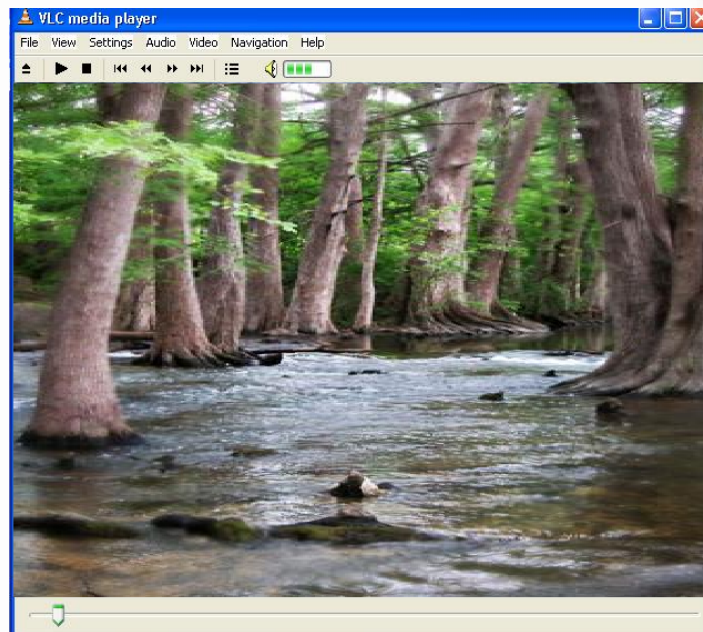
Σίγουρα όμως η ποιότητα του ψηφιακού βίντεο μπορεί να χαρακτηριστεί από την ανάλυσή του (resolution), δηλαδή πόσα pixels οριζόντια και κάθετα αλλά και frames το δευτερόλεπτο απεικονίζονται στην οθόνη. Επίσης, είναι εύκολα αντιληπτό

ότι όσο αυξάνεται ο ρυθμός μετάδοσης (bitrate) ενός βίντεο αυξάνεται και η ποιότητα της εικόνας και του ήχου. Για παράδειγμα, στα σχήματα 12 και 13 χρησιμοποιήθηκε το freeware πρόγραμμα Tsunami MPEG Encoder για να κωδικοποιηθεί το ίδιο βίντεο MPEG-2 κωδικοποιημένο σε δύο διαφορετικά bitrate (ρυθμό μετάδοσης). Το αρχείο του βίντεο είναι MPEG-2 και για την αναπαραγωγή του χρησιμοποιήθηκε το freeware λογισμικό VLC media player. Στο σχήμα 12 το βίντεο έχει κωδικοποιηθεί κοντά στα 4.23 Mbps.



Σχήμα 12. Το βίντεο κωδικοποιημένο στα 4.23Mbps

Στο σχήμα 13 το βίντεο έχει κωδικοποιηθεί κοντά στα 1.52 Mbps



Σχήμα 13. Το βίντεο κωδικοποιημένο στα 1.52Mbps

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, το βίντεο με bitrate 4.23Mbps έχει καλύτερη εικόνα από εκείνο με bitrate 1.52Mbps.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

STREAMING

Υπάρχουν δύο τεχνικές για την παρακολούθηση αρχείων πολυμέσων μέσω δικτύων υπολογιστών. Η πρώτη τεχνική είναι το downloading.

Στην πρώτη τεχνική ο χρήστης είναι αναγκασμένος να κατεβάσει ολόκληρο το αρχείο στον υπολογιστή του για να μπορέσει να το παρακολουθήσει. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος του αρχείου, τόσο αυξάνει η καθυστέρηση και η αναμονή. Για παράδειγμα εάν η ταχύτητα σύνδεσης του χρήστη είναι χαμηλή, τότε για ένα αρχείο εξήντα δευτερολέπτων ο χρήστης χρειάζεται περίπου μισή ώρα ώστε να κατέβει ολόκληρο το αρχείο.

Η δεύτερη τεχνική είναι το streaming. Streaming είναι η τεχνική κατά την οποία ένας χρήστης (client) αναπαράγει ένα ακουστικό ή τηλεοπτικό αρχείο το οποίο κατεβάζει από έναν εξυπηρετητή (server) προτού παραλάβει ολόκληρο το αρχείο [12]. Κατά την τεχνική αυτή λοιπόν, το αρχείο αποστέλλεται στον χρήστη (client) με την μορφή μιας συνεχής ροής και ο χρήστης το παρακολουθεί από την άφιξη των πρώτων πακέτων στον υπολογιστή του, χωρίς να χρειάζεται να παραλάβει όλα τα δεδομένα. Η τεχνολογία streaming μας προσφέρει και την δυνατότητα παρακολούθησης ζωντανού πολυμεσικού προγράμματος (για παράδειγμα live video) από τους χρήστες, με περιορισμούς βέβαια όσο αφορά το μέγεθος και την ποιότητα του σήματος.

Το streaming χρησιμοποιεί την τεχνική buffering. Τα δεδομένα που αποστέλλονται στον χρήστη αποθηκεύονται σε κάποιους προσωρινούς καταχωρητές (buffers). Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά προβάλλονται, ενώ ταυτόχρονα γίνεται η μετάδοση νέων δεδομένων από τον server στον client. Τα νέα δεδομένα αποθηκεύονται με την σειρά τους στους προσωρινούς καταχωρητές και προβάλλονται κ.ο.κ. Με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει περίοδο αναμονής από τον χρήστη, ο οποίος παρακολουθεί το πολυμεσικό αρχείο (βίντεο, ήχος) με την μορφή συνεχής ροής.

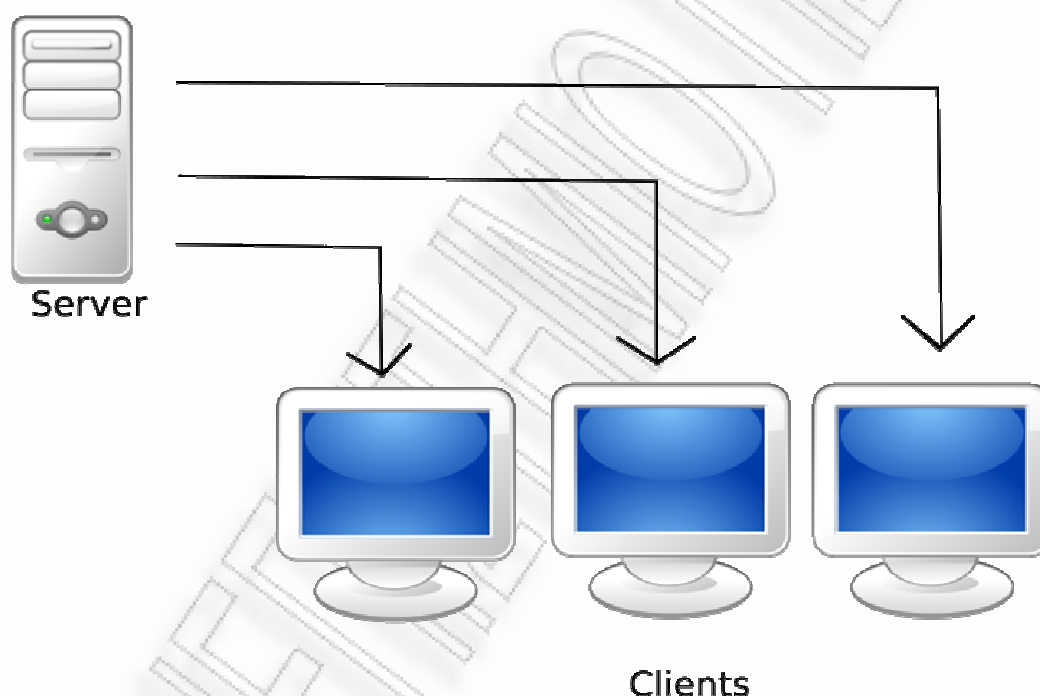
Να σημειωθεί ότι για την προβολή ενός πολυμεσικού αρχείου για παράδειγμα βίντεο, ο client θα πρέπει να διαθέτει και το κατάλληλο πρόγραμμα το οποίο θα υποστηρίζει την μορφή (format) βίντεο που αποστέλλει ο server.

Η τεχνική streaming χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές όπως στο video on demand (βίντεο κατά παραγγελία), βίντεο-τηλέφωνο (videophone), τηλεδιάσκεψη (video conferencing) κ.α. Υπάρχουν τρεις βασικές κατηγορίες streaming μετάδοσης. Η συνεχής ροή πληροφορίας μπορεί να δρομολογηθεί από τον server στον client είτε

- κατά unicast
- κατά broadcast
- κατά multicast.

3.1 UNICAST

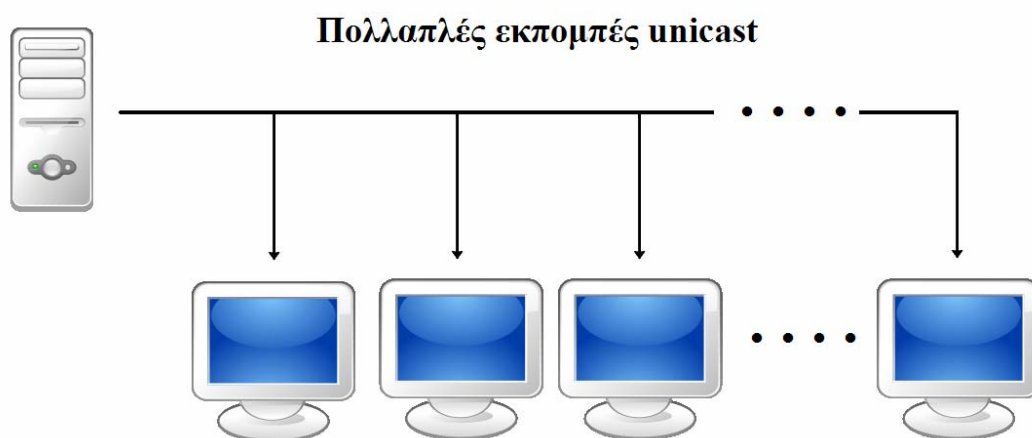
Η συνηθισμένη μέθοδος επικοινωνίας σε δίκτυα υπολογιστών στηρίζεται στη δρομολόγηση unicast. Στην unicast μετάδοση υπάρχει η δυνατότητα αποστολής δεδομένων από ένα συγκεκριμένο υπολογιστή μόνο προς ένα άλλον υπολογιστή κάθε χρονική στιγμή (one-to-one). Με άλλα λόγια, υπάρχει μια πηγή ροής δεδομένων (ένας server ή απλός υπολογιστής) η οποία αποστέλλει τα δεδομένα προς ένα και μοναδικό προορισμό. Στο σχήμα 14 απεικονίζεται ένα παράδειγμα unicast μετάδοσης.



Σχήμα 14. Unicast μετάδοση σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Εάν ένας υπολογιστής θέλει να αποστείλει την ίδια πληροφορία σε πολλούς αποδέκτες τότε θα πρέπει να επαναλάβει την αποστολή της πληροφορίας σε κάθε αποδέκτη. Δηλαδή εάν πολλοί clients επιθυμούν την παραλαβή του ίδιου περιεχομένου, τότε ο server θα πρέπει να αποστέλλει ολόκληρη την ροή δεδομένων για κάθε παραλήπτη. Το γεγονός αυτό, προκαλεί κατανάλωση και σπατάλη του εύρους ζώνης (bandwidth) του δικτύου.

Στο σχήμα 15 απεικονίζεται ένα παράδειγμα πολλαπλών unicast μεταδόσεων.



Σχήμα 15. Πολλαπλές εκπεμπόμενες unicast ροές σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Η unicast μετάδοση χρησιμοποιείται για τις κλασικές εφαρμογές client-server όπως για παράδειγμα είναι η πρόσβαση ενός client σε μια βάση δεδομένων που υπάρχει σε ένα server.

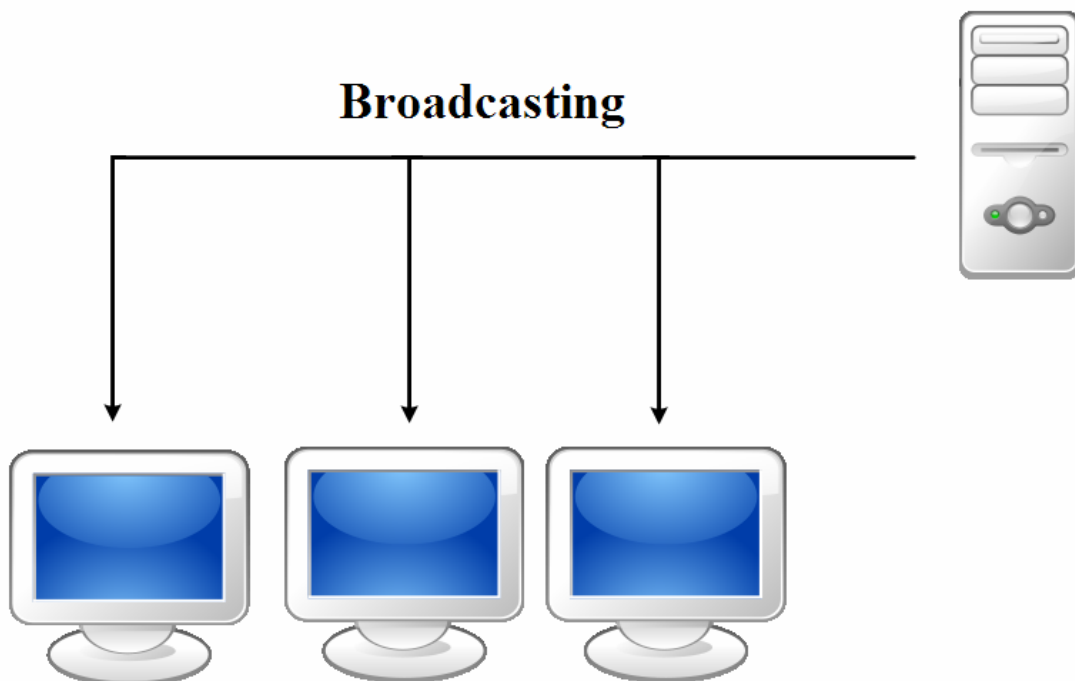
Χρησιμοποιείται κατά κόρον στο internet, όπου ένας χρήστης πραγματοποιεί streaming ενός αρχείου βίντεο από μία ιστοσελίδα. Τα αρχεία βίντεο μπορεί να είναι καταχωρημένα στο server και ο χρήστης μόλις πραγματοποιεί κλικ σε κάποιο hyperlink ο player που διαθέτει ανοίγει και αρχίζει την αναπαραγωγή του αρχείου.

3.2 BROADCAST

Στην broadcast μετάδοση η πηγή ροής δεδομένων (ένας server ή απλός υπολογιστής) αποστέλλει τα δεδομένα προς όλους τους υπολογιστές (clients) που βρίσκονται στο δίκτυο κάθε χρονική στιγμή (one-to-all). Με άλλα λόγια η πηγή αποστέλλει μια και μοναδική ροή δεδομένων την οποία παραλαμβάνουν όλοι οι χρήστες.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι πληροφορίες αποστέλλονται στους clients είτε το θέλουν είτε όχι. Δηλαδή οι χρήστες λαμβάνουν αναγκαστικά τα πακέτα δεδομένων. Στη μέθοδο αυτή δεν σπαταλάται εύρος ζώνης (αφού αποστέλλεται μια ροή δεδομένων) αλλά φυσικά αφού οι υπολογιστές λαμβάνουν αναγκαστικά τα δεδομένα έχουν κατανάλωση σε CPU και μνήμη με αποτέλεσμα τις μικρές αποδόσεις.

Η broadcast μετάδοση χρησιμοποιείται κυρίως εάν επιθυμείται να ειδοποιηθούν οι χρήστες ενός δικτύου για κάποιο γεγονός, π.χ. ειδοποίηση ότι στο δίκτυο θα λάβει χώρα συντήρηση. Στο σχήμα 16 απεικονίζεται ένα παράδειγμα broadcast μετάδοσης.



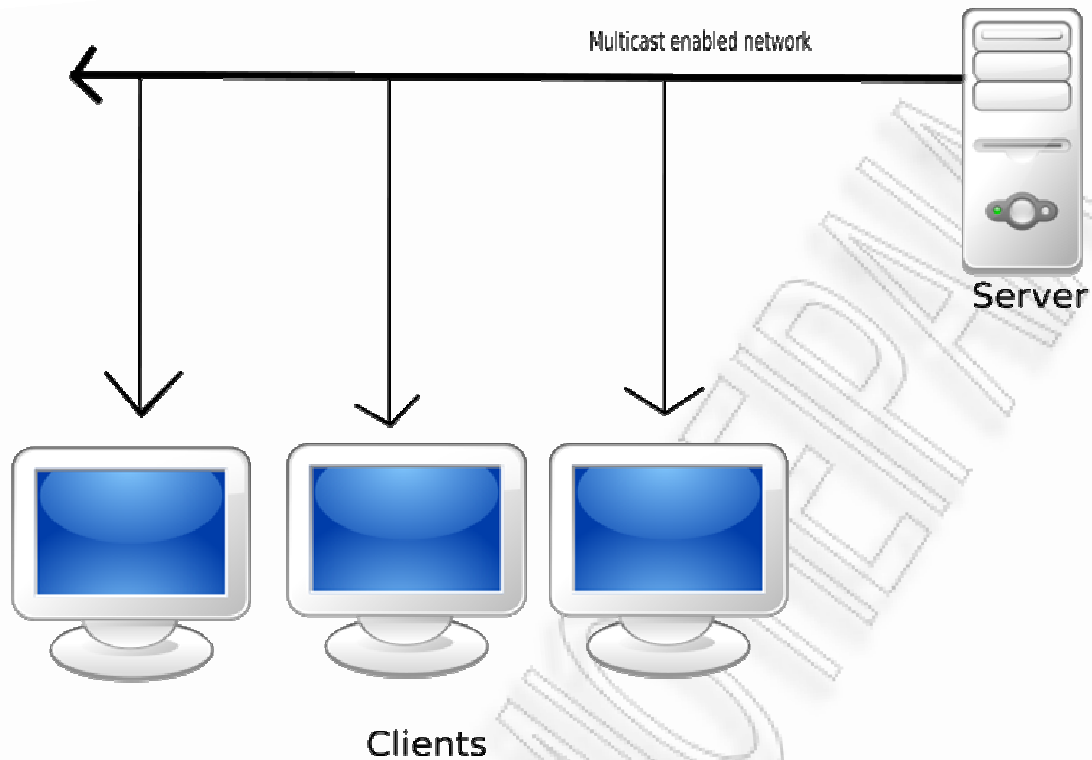
Σχήμα 16. Broadcast μετάδοση σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

3.3 MULTICAST

Στην multicast μετάδοση (one-to-many) η πηγή (ένας server ή απλός υπολογιστής) αποστέλλει μια και μοναδική ροή δεδομένων ανεξάρτητα από τον αριθμό των αποδεκτών. Η πηγή αποστέλλει την ροή των δεδομένων σε μια ειδική διεύθυνση IP. Για τη δρομολόγηση της πληροφορίας χρησιμοποιούνται οι διευθύνσεις IP 224.0.0.0 - 239.255.255.255. Κάθε υπολογιστής που ανήκει στο δίκτυο και θέλει να λάβει τη ροή των δεδομένων γράφεται και γίνεται μέλος του γκρουπ που ακούει στη συγκεκριμένη διεύθυνση. Ενώ στην περίπτωση που δεν θέλει να λάβει την ροή των δεδομένων απλά δεν γράφεται στην multicast διεύθυνση. Με αυτόν τον τρόπο οι χρήστες επιλέγουν εάν θα λάβουν τα δεδομένα ή όχι. Να σημειωθεί ότι οι δρομολογητές (routers) του δικτύου πρέπει να έχουν ενεργοποιημένες τις αντίστοιχες multicast ρυθμίσεις. Οι δρομολογητές αυτοί ονομάζονται δρομολογητές πολλαπλής διανομής mrouter (multicast routers). Οι δρομολογητές αναδιανέμουν στους γειτονικούς τους μόνο ένα αντίγραφο της ροής της πληροφορίας στην αντίστοιχη διεύθυνση. Οι χρήστες κάνουν αίτηση εγγραφής στον πιο κοντινό δρομολογητή.

Στη μέθοδο αυτή το δίκτυο επιβαρύνεται με μόνο μια ροή πληροφορίας, με αποτέλεσμα να μην σπαταλάται το εύρος ζώνης του δικτύου. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται έξυπνη και σωστή διαχείριση του δικτύου.

Στο σχήμα 17 απεικονίζεται ένα παράδειγμα multicast μετάδοσης.



Σχήμα 17. Multicast μετάδοση σε ένα δίκτυο υπολογιστών.

Θα ήταν ενδιαφέρον να σημειωθούν τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται κατά multicast μετάδοση. Είναι το Πρωτόκολλο Δρομολόγησης Πολλαπλής Διανομής με Διανύσματα Αποστάσεων DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) το οποίο είναι βασισμένο στον αλγόριθμο διανυσμάτων αποστάσεων Bellman-Ford [7], ο αλγόριθμος Πολλαπλής Διανομής Ανεξάρτητης από Πρωτόκολλο PIM (Protocol Independent Multicast) ο οποίος υπάρχει σε δύο παραλλαγές (version 1 και version 2), το πρωτόκολλο MOSPF το οποίο είναι τροποποίηση του πρωτοκόλλου Δρομολόγησης Πρώτης Συντομότερης Διαδρομής OSPF (Open shortest Path First) για πολλαπλή διανομή, και τέλος το Πρωτόκολλο Διαχείρισης Ομάδων Internet IGMP (Internet Group Management Protocol) το οποίο έχει μόνο δύο είδη πακέτων τα οποία αποτελούν ερώτηση και απάντηση και το οποίο χρησιμοποιείται κατά την διαδικασία όπου ένας (multicast router) δρομολογητής στέλνει ένα πακέτο και ρωτά για το ποιος ενδιαφέρεται για το κανάλι και οι host που επιθυμούν να λάβουν το κανάλι στέλνουν πίσω ένα πακέτο απάντησης.

Η multicast μετάδοση χρησιμοποιείται κυρίως όταν υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός clients που θέλουν να παρακολουθήσουν πολυμεσικό περιεχόμενο (multimedia). Χρησιμοποιείται για τηλεδιάσκεψη (video conferencing), για μετάδοση ζωντανού πολυμεσικού προγράμματος (live video), βίντεο κατά παραγγελία (video on demand) και γενικότερα για μετάδοση ραδιοφωνικού και τηλεοπτικού προγράμματος μέσω internet (IP-TV). Αξίζει να σημειωθεί ότι μια σημαντική multicast εφαρμογή είναι το Δίκτυο Σκελετού Διανομής MBone (Multicast Backbone) [7]. Το MBone αποτελεί μια ακαδημαϊκή υλοποίηση και λειτουργεί από το 1992 μέσω του οποίου έχουν μεταδοθεί πολλά επιστημονικά συνέδρια και αξιοσημείωτα επιστημονικά γεγονότα όπως για παράδειγμα εκτοξεύσεις διαστημικών πυραύλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ

Σε αυτή την ενότητα παραθέτουμε μερικά χρήσιμα και δωρεάν εργαλεία λογισμικού για την παρακολούθηση (monitoring) ενός δικτύου. Τα εργαλεία αυτά χρησιμοποιούνται για να μπορεί ο διαχειριστής του κάθε δικτύου να λαμβάνει σημαντικές πληροφορίες για το δίκτυό του. Τέτοιες πληροφορίες είναι το bandwidth, top connections, πρωτόκολλα, collision, κ.τ.λ. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα εργαλεία αυτά δεν λειτουργούν αυτόνομα αλλά χρησιμοποιούν τα είδη υπάρχοντα πρωτόκολλα διαχείρισης ενός δικτύου, τα οποία θα αξιολογήσουμε στην επόμενη παράγραφο.

4.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ

- ✓ SMTP (Simple Network Management Protocol)

Το SMTP είναι το βασικό πρωτόκολλο για συλλογή παραμέτρων χωρητικότητας και χρήσης του δικτύου. Είναι μέρος του TCP/IP και επιτρέπει στους διαχειριστές να παρακολουθούν την απόδοσή του και να επιλύουν τα προβλήματα που εμφανίζονται. Χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της χρήσης των δρομολογητών και μεταγωγέων (routers and switches) καθώς και για την παρακολούθηση χρήσης των παραμέτρων των συσκευών δικτύου (servers) όπως χρήση μνήμης, ποσοστό χρήσης της CPU κ.ο.κ. Ένα δίκτυο το οποίο διαχειρίζεται με SNMP έχει τρία βασικά στοιχεία: διαχειριζόμενες συσκευές, πράκτορες (agents), και συστήματα διαχείρισης δικτύου (Network Management Systems- NMS). Μια διαχειριζόμενη συσκευή είναι ένας κόμβος του δικτύου ο οποίος περιέχει ένα SNMP πράκτορα και βρίσκεται μέσα στο διαχειριζόμενο δίκτυο. Οι διαχειριζόμενες συσκευές συλλέγουν και αποθηκεύουν πληροφορίες και τις διαθέτουν στο σύστημα διαχείρισης του δικτύου με χρήση του SNMP. Ένας πράκτορας έχει γνώση των τοπικών πληροφοριών διαχείρισης και τις

μετατρέπει σε μορφή που είναι συμβατή με το SNMP. Στη συνέχεια ένα σύστημα διαχείρισης δικτύου εκτελεί εφαρμογές οι οποίες παρακολουθούν και ελέγχουν τις διαχειριζόμενες συσκευές. Το σύστημα διαχείρισης του δικτύου προσφέρει τον κύριο όγκο των πόρων επεξεργασίας που απαιτούνται για τη διαχείριση. Τέλος, στις σύγχρονες συσκευές χρησιμοποιείται η δεύτερη έκδοση του SNMP (SNMPv2).

✓ Packet Sniffing

Το πρωτόκολλο αυτό προσφέρει εποπτεία και παρακολούθηση όλων των πακέτων που διακινούνται στο υπο-παρακολούθηση δίκτυο. Με τον τρόπο αυτό υπολογίζεται η χρήση του δικτύου (bandwidth usage).

✓ NetFlow protocol

Το NetFlow είναι το πιο ισχυρό πρωτόκολλο για μέτρηση της χρήσης της χωρητικότητας του δικτύου (bandwidth usage). Δημιουργήθηκε από την εταιρεία Cisco και χρησιμοποιήθηκε αρχικά ενσωματωμένο στο λειτουργικό σύστημα των συσκευών της Cisco. Είναι κατάλληλο για δίκτυα με ιδιαίτερα υψηλή κίνηση. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτό το πρωτόκολλο δημιουργούν εγγραφές τύπου Netflow (Netflow Records) και ο διαχειριστής του δικτύου συλλέγει αυτές τις εγγραφές με ειδικό λογισμικό (Netflow collectors). Μια εγγραφή τύπου Netflow περιέχει πληροφορίες, όπως διεύθυνση παραλήπτη και αποστολέα των πακέτων, Type of service (ToS), TCP flags και άλλες ανάλογα με την έκδοσή του. Οι πιο πολλές δικτυακές συσκευές που χρησιμοποιούν Netflow έχουν την έκδοση 5, αλλά σήμερα το πρωτόκολλο έχει φθάσει στην έκδοση 9.

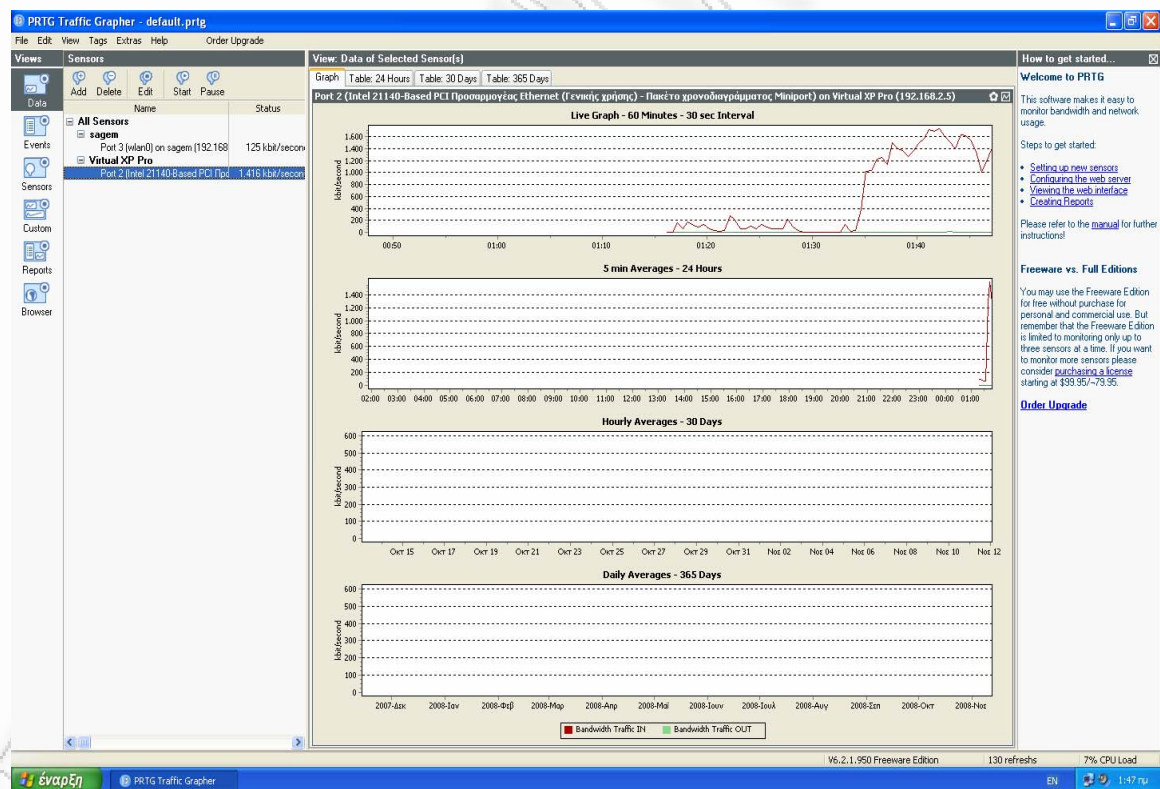
✓ Remote Monitoring

Χρησιμοποιείται για απομακρυσμένη διαχείριση δικτύου. Με το Remote Monitoring, οι διαχειριστές δικτύων μπορούν να συλλέξουν τις πληροφορίες από τα μακρινά τμήματα του δικτύου.

4.2 ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΔΥΚΤΙΟΥ

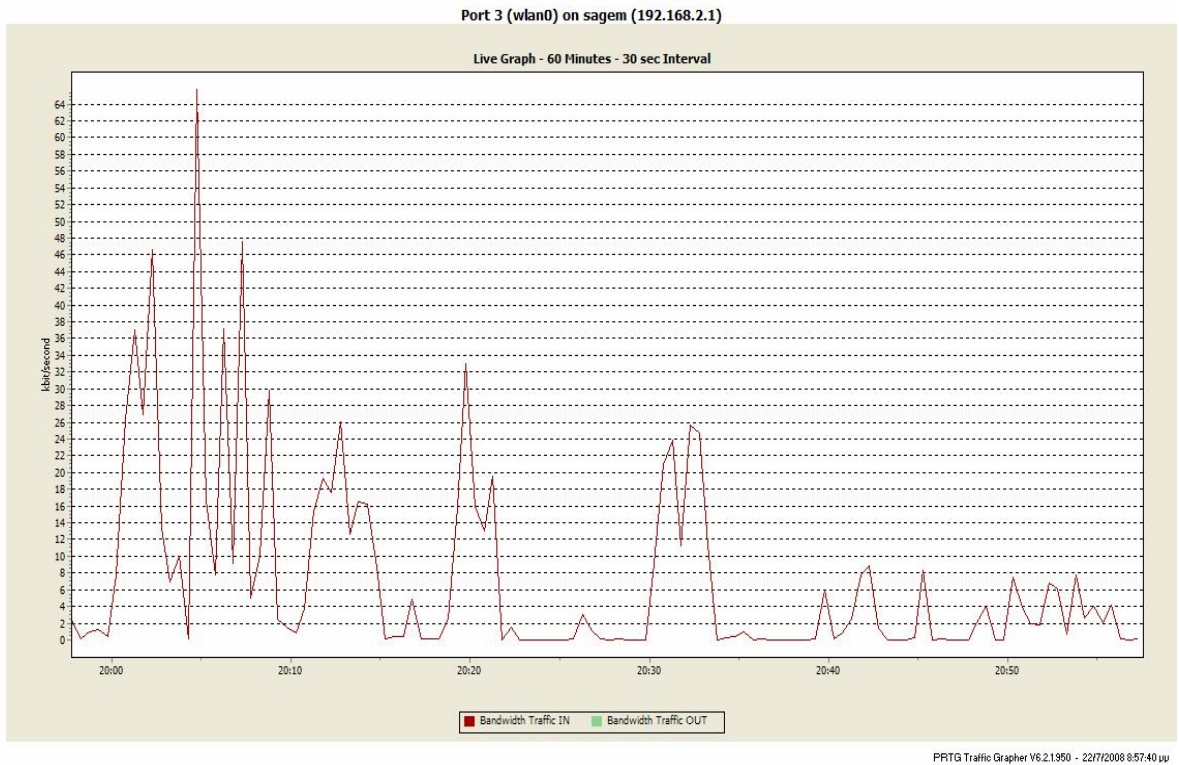
✓ PRTG

Είναι ένα εύχρηστο γραφικό εργαλείο ελεύθερης διανομής για την παρακολούθηση δικτύου, το οποίο λειτουργεί κάτω από το λειτουργικό σύστημα Windows. Μέσω του εργαλείου αυτού οι διαχειριστές μπορούν να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο και σε 24-ωρη βάση τις παραμέτρους χρήσης του δικτύου (πχ χρήση της χωρητικότητας του δικτύου – bandwidth usage). Οι παρακολουθούμενοι παράμετροι αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων για να μπορούν να ανακτηθούν από το σύστημα με σκοπό την παραγωγή στατιστικών αποτελεσμάτων.

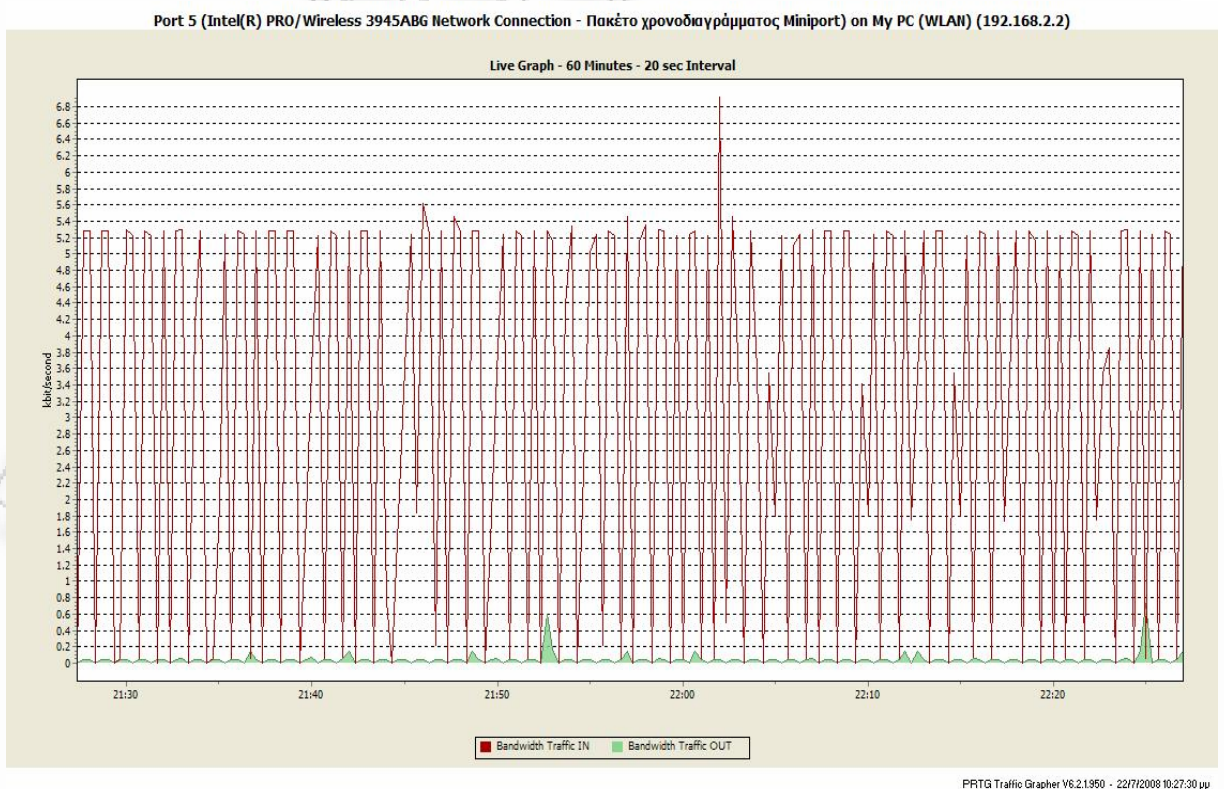


Σχήμα 18. Κεντρική κονσόλα διαχείρισης του PRTG.

Το λογισμικό διαθέτει δυνατότητες γραφικής απεικόνισης των αποτελεσμάτων χρήσης (Σχήμα 19).



Σχήμα 19. Παρακολούθηση του bandwidth σε ένα δίκτυο με το λογισμικό PRTG.



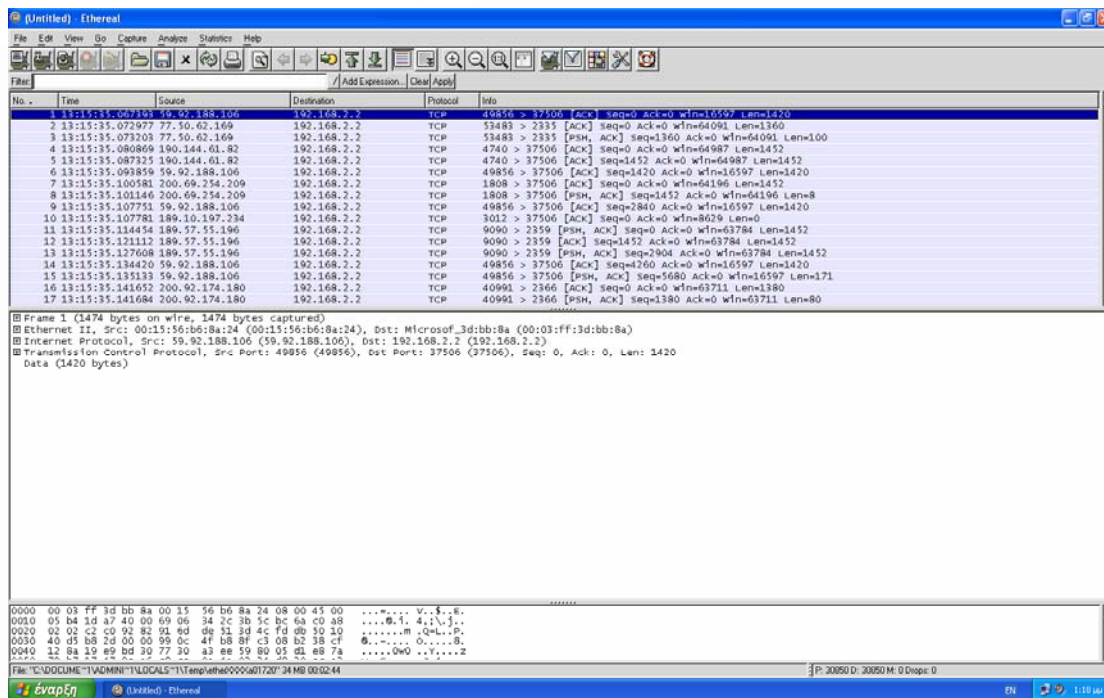
Σχήμα 20. Παρακολούθηση μεταφοράς αρχείων σε ένα δίκτυο με το λογισμικό PRTG.

Επιπρόσθετα, το PRTG μέσω ενός ιδιαίτερα φιλικού περιβάλλοντος, επιτρέπει τη ρύθμιση των εποπτευόμενων παραμέτρων του δικτύου, την παραγωγή γραφημάτων κατ' απαίτηση καθώς και την παραγωγή αναφορών κατ' απαίτηση. Υποστηρίζει πολλά διαδεδομένα πρωτόκολλα για συλλογή παραμέτρων παρακολούθησης δικτύου: (SNMP, Packet Sniffing, NetFlow). Ειδικά για το Packet Sniffer και το NetFlow το πρόγραμμα υπολογίζει τη χρήση χωρητικότητας ανά IP διεύθυνση ή port και δίνει τη δυνατότητα για παραγωγή στατιστικών στοιχείων. Επιπλέον, έχει πολλά πλεονεκτήματα όπως γραφική αναπαράσταση αποτελεσμάτων, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, ρύθμιση εποπτευόμενων παραμέτρων, υποστήριξη πολλών πρωτοκόλλων διαχείρισης δικτύων. Δυστυχώς, δεν διαθέτει δυνατότητες για ανίχνευση σφαλμάτων στις συσκευές του δικτύου. Τέλος, το PRTG είναι ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της κίνησης του δικτύου, κατάλληλο για αρχάριους διαχειριστές δικτύων, μια και είναι ιδιαίτερα απλό στη χρήση.

✓ Ethereal

Το Ethereal είναι ένα εργαλείο ανοιχτού λογισμικού και προσφέρεται σε εκδόσεις για Unix Linux, Solaris, FreeBSD, NetBSD, OpenBSD, Mac OS X and Windows. Αποτελεί ένα εργαλείο διαχείρισης και παρακολούθησης δικτύου. Μέσω του εργαλείου αυτού οι διαχειριστές μπορούν να παρακολουθούν την κίνηση του δικτύου συνολικά αλλά και σε μεγάλο βάθος ανάλυσης (ανά δικτυακή συσκευή κτλ).

Το Ethereal βασίζεται στο πολύ ισχυρό εργαλείο tcpdump (πολύ διαδεδομένο console-based εργαλείο για διαχείριση και παρακολούθηση δικτύου), αλλά παρέχει γραφικό περιβάλλον, καθώς και πολλές δυνατότητες οπτικοποίησης και ταξινόμησης των αποτελεσμάτων χρήσης. Επίσης, υποστηρίζει πολλά πρωτόκολλα δικτύων (Ethernet, internet, ATM κτλ) καθώς και πολλά πρωτόκολλα επικοινωνίας (ftp, tcp/ip, κτλ). Χρησιμοποιεί τη μέθοδο packet sniffing για συλλογή δεδομένων για ανάλυση της κίνησης του δικτύου.



Σχήμα 21. Περιβάλλον εργασίας του Ethereal.

Το Ethereal είναι ένα πρόγραμμα κατάλληλο για την παρακολούθηση της κίνησης μεγάλων δικτύων. Το συγκριτικό του πλεονέκτημα σε σχέση με τα άλλα προγράμματα εποπτείας δικτύων είναι ότι υποστηρίζει πολλούς τύπους δικτυακών συσκευών και πολλές τοπολογίες δικτύων. Αναλυτικότερα, μερικά από τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής είναι: υποστήριξη πολλών πρωτοκόλλων, επικοινωνίας δικτύου, υποστήριξη πολλών τύπων δικτύου, υποστήριξη σχεδόν όλων των δικτυακών, συσκευών από γνωστούς κατασκευαστές, μεγάλες δυνατότητες ανάλυσης της κίνησης του δικτύου, γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων, υποστήριξη πολλών Λ.Σ. Εν αντιθέσει, τα μειονεκτήματα του Ethereal είναι:

1. υποστήριξη μόνο της μεθόδου packet sniffing για συλλογή δεδομένων. Παρόλα αυτά όμως, υποστηρίζει διασύνδεση με πολλά προγράμματα συλλογής δεδομένων, μόνο τύπου packet sniffing.
2. προσφέρει λειτουργικότητα μόνο για την παρακολούθηση του δικτύου, δεν διαθέτει δυνατότητες για ανίχνευση και διαχείριση σφαλμάτων και δεν προσφέρει λειτουργίες για την παρακολούθηση των δικτυακών συσκευών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ VIDEO

5.1 VLC (Video Lan Client)

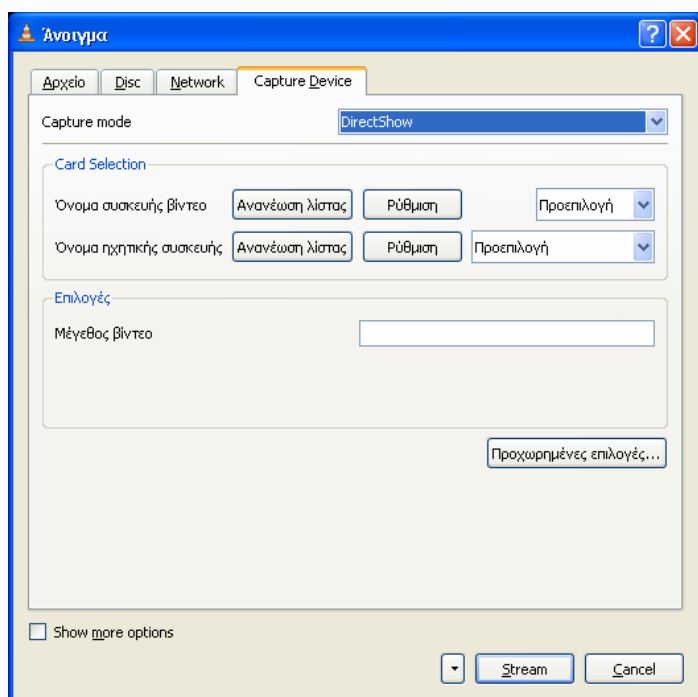
Το VLC είναι ένα πραγματικά εντυπωσιακό πρόγραμμα αναπαραγωγής βίντεο, που οι δυνατότητές του θα καλύψουν τις ανάγκες και του πιο απαιτητικού χρήστη, κάτι που έχει βοηθήσει σημαντικά στην εξάπλωσή του τόσο στον χώρο του Linux όσο και στα Windows, καθώς πρόκειται για έναν cross platform player. Σχεδιάστηκε για να μεταδίδει video (streaming) κωδικοποίησης MPEG σε δίκτυα με υψηλό bandwidth.



Σχήμα 22. Βασική κονσόλα VLC client.

Το VLC media player παρέχει πληθώρα δυνατοτήτων, όπως αναπαραγωγή βίντεο (MPEG-1, MPEG-2, και MPEG-4 αρχεία), DVD, VCD, αρχείων ήχου και όλα αυτά χωρίς την ανάγκη εγκατάσταση πρόσθετων codec είτε εικόνας είτε ήχου. Παρέχει multicast και unicast μεταδόσεις και μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο ως server για την

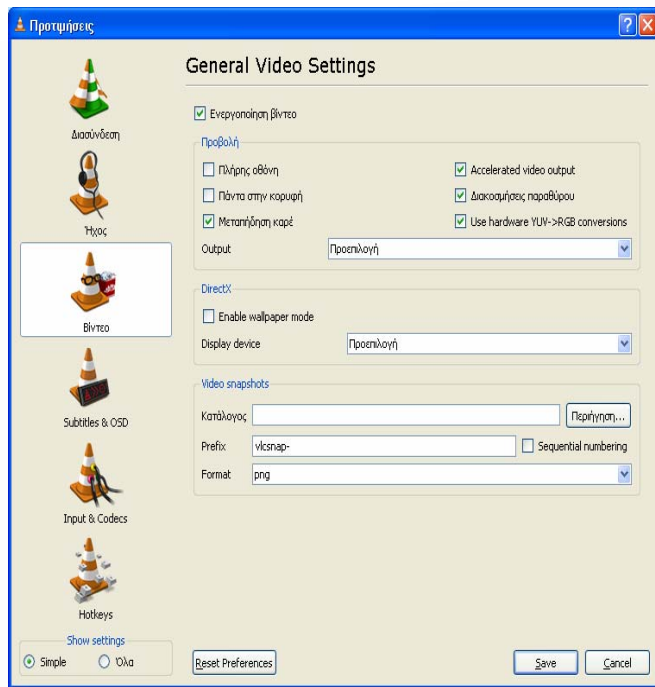
μετάδοση ενός video, όσο και ως client για την λήψη και αποκωδικοποίηση του video που λήφθηκε. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα network streaming, αλλά και λειτουργία ως server εκπομπής streaming περιεχομένου.



Σχήμα 23. Παράμετροι για steaming στο VLC.

Τα λειτουργικά συστήματα που υποστηρίζει το λογισμικό είναι Linux, Windows, Mac OS X, BeOS, BSD, Solaris, και τις περισσότερες εκδόσεις Linux. Το VLC μεταδίδει video είτε προς ένα H/Y (unicast), είτε προς ένα δυναμικό group υπολογιστών, όπου οι clients μπορούν να συνδεθούν ή να αποσυνδεθούν σε όποιο σημείο της μετάδοσης θέλουν (multicast).

Οι επιλογές που παρέχει είναι σχεδόν πλήρεις, και ίσως η μοναδική επιλογή της οποίας στερείται η έκδοση για Linux είναι η δυνατότητα να είναι ανοιχτό μόνο ένα instance του player, κάτι το οποίο θα γίνει εφικτό με την έκδοση 0.9 που αναμένεται τους επόμενους μήνες.



Σχήμα 24. Ρυθμίσεις του VLC media player στην νεότερη του έκδοση 0.9.8a

Η νέα version (που μετράει ήδη πάνω από 450,000 downloads) έχει πολλά νέα στοιχεία όπως ανανεωμένο interface με media library, νέο panel για την full screen μορφή του, 3 διαφορετικά προφίλ λειτουργίας (κλασσικό, εμπλουτισμένο και μινιμαλιστικό) και πολλές άλλες προσθήκες.

Βελτιώσεις έχουν γίνει και στην αναπαραγωγή αρχείων με υποστήριξη ακόμη περισσότερων τύπων αρχείων, άλλωστε ο τομέας αυτός είναι ένα από τα δυνατά σημεία του VLC αφού δεν χρειάζεται την εγκατάσταση codecs για να παίξει οποιοδήποτε αρχείο.

Συνολικά, το VLC υποστηρίζει τα παρακάτω format video:

- MPEG / MPG
- AVI
- MP3
- FLAC
- OGG
- VCD
- DivX
- WMA
- WMV
- FLV
- MOV
- H264 (Hi def)
- 3GP

Κάποια από τα λίγα μειονεκτήματα του VLC είναι η αδυναμία αναπαραγωγής αρχείων real media και η ύπαρξη ελάχιστων skins σε σχέση με άλλους player που είναι και λιγότερο δημοφιλείς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ 802.11g

Το δίκτυο στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις έχει την εξής δομή:

- Αποτελείται από έναν File Server ο οποίος είναι ένας προσωπικός υπολογιστής (desktop) όπου έχει εγκαταστημένο το λειτουργικό σύστημα Windows 2003 Server Standard edition και είναι εξοπλισμένος με ένα 802.11g AP.
- Οι ρυθμίσεις δικτύου του Server αναφέρονται παρακάτω :

IP	Gateway	Subnetmask
192.168.2.2	192.168.2.1	255.255.255.0

- Τον ρόλο του Client τον έχει ένας φορητός υπολογιστής (laptop), ο οποίος έχει εγκαταστημένο το λειτουργικό σύστημα Windows XP και είναι εξοπλισμένος με ένα 802.11g STA. Το STA στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι μια εσωτερική ασύρματη κάρτα mini PCMCIA. Για τα παρακάτω πειράματα χρησιμοποιήθηκε η κάρτα : Intel PRO/Wireless 3945 ABG.
- Οι ρυθμίσεις δικτύου του Client αναφέρονται παρακάτω :

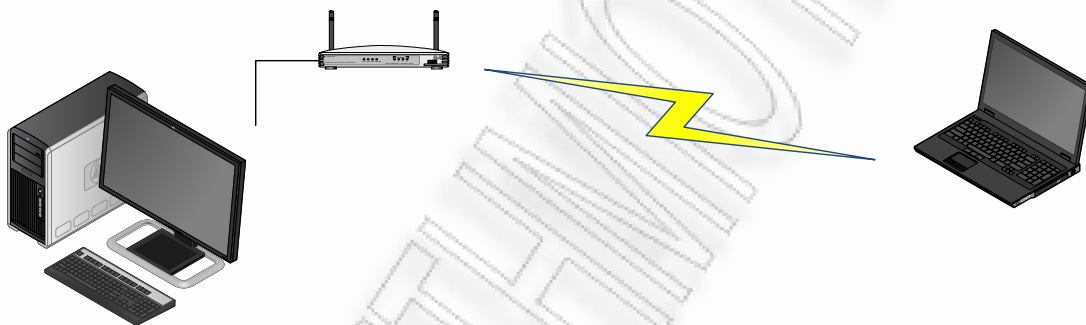
IP	Gateway	Subnetmask
192.168.2.3	192.168.2.1	255.255.255.0

- Το Access Point αφού λάβει τα ψηφιακά δεδομένα μέσω καλωδίου δικτύου από τον Server, τα διαμορφώνει κατάλληλα, και τα μεταδίδει μέσω ενός ασύρματου καναλιού το οποίο κυμαίνεται στην μπάντα των 2.4 GHz.

- Το Station Adapter λαμβάνει τα σήματα που μεταδίδει το Access Point, τα αποδιαμορφώνει και τα μεταδίδει στον χρήστη (client) στην πρωταρχική τους μορφή.

Το δίκτυο υλοποιήθηκε σε κλειστό χώρο (indoor). Η απόσταση ανάμεσα στον Server και Client είναι μικρή και ίση με 3 μέτρα. Να σημειωθεί ότι ανάμεσα στο Access Point του Server και του Station Adapter του Client δεν παρεμβάλλονται εμπόδια. Επίσης το δίκτυο είναι αυτόνομο, δηλαδή δεν συνδέεται με κάποιο άλλο ενσύρματο ή ασύρματο δίκτυο.

Στο σχήμα 22 απεικονίζεται η τοπολογία του δικτύου.



Σχήμα 25. Σχηματική απεικόνιση της δομής του δικτύου στο οποίο έγιναν οι πειραματικές μετρήσεις.

Το πρωτόκολλο 802.11g θεωρητικά υποστηρίζει ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων (bitrate) έως 54 Mbps. Ο πραγματικός όμως ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων αποκλίνει σημαντικά από την θεωρητική τιμή. Πρακτικά, ο πραγματικός ρυθμός μετάδοσης κυμαίνεται μεταξύ 19 έως 22 Mbps [18].

Για την μέτρηση του πραγματικού bit rate του δικτύου, μεταφέρθηκε (αντιγραφή-επικόλληση) ένα αρχείο βίντεο 29 MB και ένα 96 MB από τον Server προς τον χρήστη. Χρησιμοποιώντας το εργαλείο monitoring PRTG (Port Router Traffic Grapher) που αποτελεί ένα πρόγραμμα παρακολούθησης της κίνησης του δικτύου, παραστάθηκε γραφικά το throughput του δικτύου (σχήμα 26 και 27) κατά την μεταφορά των αρχείων. Αξίζει να σημειωθεί κατά την εγκατάσταση του PRTG επιλέχθηκε το πρωτόκολλο SNMP (Simple Network Management Protocol) για την συλλογή παραμέτρων παρακολούθησης του δικτύου.

Το bitrate αυτό είναι το μέγιστο που μπορεί να επιτευχθεί στο δίκτυο αφού υπολογίστηκε σε κατάσταση ιδανικών συνθηκών (κοντινή απόσταση χωρίς εμπόδια). Πρέπει να τονιστεί ότι κατά γενικό κανόνα η ταχύτητα ενός ασύρματου δικτύου μειώνεται όσο αυξάνεται η απόσταση μεταξύ του access point και του client αλλά και όσο αυξάνεται και ο αριθμός των client που εξυπηρετεί το συγκεκριμένο access point. Δηλαδή στην περίπτωση όπου στο δίκτυο προστεθεί και ένας επιπλέον client το ωφέλιμο bitrate στο συγκεκριμένο κανάλι επικοινωνίας όπου χρησιμοποιείται, θα διαμοιραστεί ανάμεσα στους δύο clients.

Τον ρόλο δεύτερου Client τον έχει ένας δεύτερος φορητός υπολογιστής (laptop), ο οποίος έχει εγκαταστημένο το λειτουργικό σύστημα Windows XP και είναι εξοπλισμένος με ένα 802.11g STA. Να σημειωθεί ότι το STA στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η LINKSYSYS 802.11G WPC54GS εξωτερική ασύρματη κάρτα τύπου PCMCIA. (Σχήμα 28).

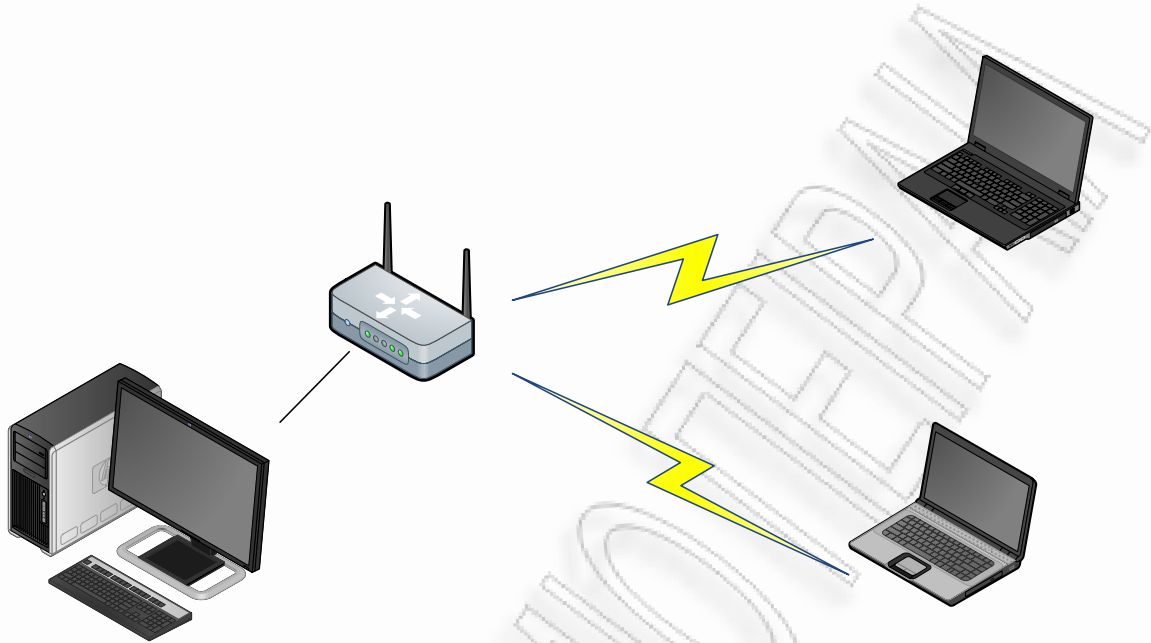


Σχήμα 28. Εξωτερική ασύρματη κάρτα τύπου PCMCIA.

Οι ρυθμίσεις δικτύου του δεύτερου Client δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

IP	Gateway	Subnetmask
192.168.2.4	192.168.2.1	255.255.255.0

Στο σχήμα 29 απεικονίζεται η τοπολογία του δικτύου με την προσθήκη ενός επιπλέον client.



Σχήμα 29. Σχηματική απεικόνιση της δομής του δικτύου στο οποίο έγιναν οι πειραματικές μετρήσεις μετά την προσθήκη ενός επιπλέον χρήστη.

Για την μέτρηση του νέου bitrate του δικτύου, μεταφέρθηκε (αντιγραφή - επικόλληση) ένα αρχείο βίντεο 343.2 MB από τον Server προς τους δύο clients (χρήστες). Χρησιμοποιώντας το εργαλείο monitoring PRTG (Port Router Traffic Grapher) παραστάθηκε γραφικά το throughput του δικτύου (σχήμα 30) κατά την μεταφορά του αρχείου.

AP



Σχήμα 30. Γραφική απεικόνιση του throughput του δικτύου κατά την μεταφορά του αρχείου σε δύο clients.

Στην γραφική απεικόνιση ο οριζόντιος άξονας αναπαριστά τον χρόνο της διεργασίας σε δευτερόλεπτα ενώ ο κάθετος άξονας αναπαριστά τα byte που αποστέλλονται από τον Server προς τους Clients. Η πράσινη γραμμή στο γράφημα αντιστοιχεί στον πρώτο client και η κόκκινη γραμμή στον δεύτερο client. Γίνεται αντιληπτό ότι ο πρώτος client λαμβάνει κάποια δεδομένα μόνος του μέχρι κάποια χρονική στιγμή (περίπου μέχρι το 3^ο sec), όταν και ο δεύτερος client αρχίζει να παραλαμβάνει το αρχείο. Κατά την ταυτόχρονη μεταφορά πακέτων και στους δύο clients (από το 4^ο έως και το 15^ο sec) παρατηρείται ότι το ωφέλιμο bitrate του καναλιού διαμοιράζεται ισόποσα στον κάθε χρήστη. Στην ταυτόχρονη μεταφορά παρατηρούμε ότι μεταδίδονται περίπου 374000 byte ανά δευτερόλεπτο. Δηλαδή $1400000 \times 8 = 11200000$ bits το δευτερόλεπτο σε κάθε χρήστη.

Οπότε το bitrate του δικτύου (throughput) σε Mbps όπου αντιστοιχεί σε κάθε client είναι 10.681 Mbps. Φυσικά ο πρώτος client ολοκληρώνει πρώτος την παραλαβή ολόκληρου του αρχείου (στο 16^ο sec) και ακολουθεί στην συνέχεια ο δεύτερος client (στο 20^ο sec).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2

Όπως έχει προαναφερθεί μία από τις πιο γνωστές μορφές βίντεο είναι τα αρχεία MPEG-2. Το MPEG-2 format είναι κατάλληλο για βίντεο ποιότητας DVD. Επίσης στην Ελλάδα τα ψηφιακά δορυφορικά κανάλια αλλά και τα τρία ψηφιακά επίγεια κανάλια της EPT, χρησιμοποιούν το format MPEG-2. Θα ήταν ενδιαφέρον να τονιστεί ότι η τεχνολογία για τα ψηφιακά δορυφορικά κανάλια είναι η DVB-S (Digital Video Broadcasting Satellite) ενώ η τεχνολογία που χρησιμοποιεί πιλοτικά η EPT είναι η επίγεια ψηφιακή τηλεόραση DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial).

Η ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας δηλαδή το bitrate που υποστηρίζει το MPEG-2 κυμαίνεται από 1.5 Mbps μέχρι 15 Mbps. Όπως δείξαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, όσο αυξάνεται ο ρυθμός μετάδοσης (bitrate) αυξάνεται και η ποιότητα της εικόνας [13].

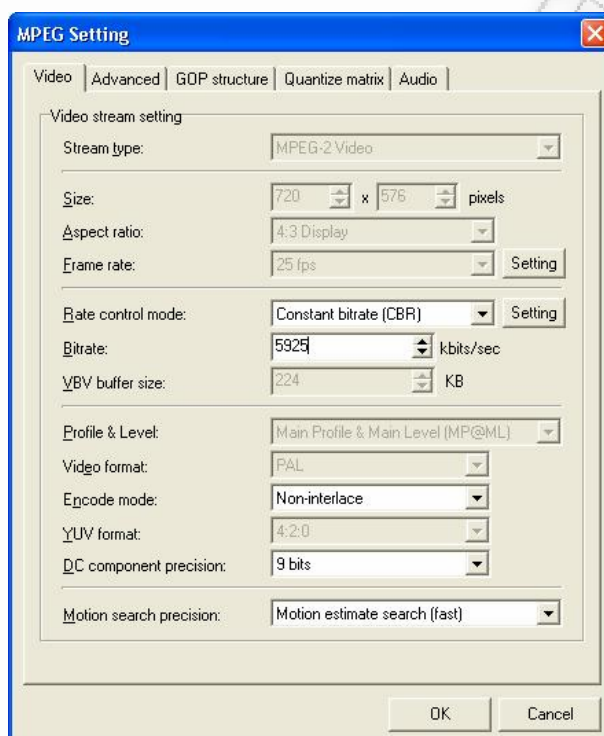
Για το πρότυπο MPEG-2 η κωδικοποίηση του προγράμματος προδιαγράφεται σε δύο μορφές: την ροή μεταφοράς (transport stream) και την ροή προγράμματος (programme stream). Η κάθε μορφή κωδικοποίησης είναι κατάλληλη για διαφορετικές εφαρμογές. Και στις δύο μορφές, η εικόνα και ο ήχος κωδικοποιούνται και συμπιέζονται. Η πολυπλεξία που λαμβάνει χώρα παράγει πακέτα δεδομένων.

Τα πακέτα εκτός από τα συμπιεσμένα δεδομένα εικόνας και ήχου περιέχουν και διάφορες σημασιολογικές πληροφορίες χρονισμού [15]. Η ροή προγράμματος σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί για τις περιπτώσεις stored-based συστημάτων όπου δεν έχουμε σφάλματα και για εφαρμογές στις οποίες μπορεί να γίνει λογισμική επεξεργασία των πληροφοριών του συστήματος.

Η ροή μεταφοράς σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιηθεί σε broadcasting εφαρμογές. Για παράδειγμα η ροή (ρεύμα) μεταφοράς MPEG-2 χρησιμοποιείται στην

επίγεια ψηφιακή τηλεόραση (DVB-T) και περιέχει τις πολυπλεγμένες υπηρεσίες εικόνας, ήχου, και δεδομένων[14], [15].

Για την αξιολόγηση της ποιότητας του βίντεο που μπορεί να παρέχει το σύστημα πραγματοποιείται μετάδοση αρχείων βίντεο από τον File Server προς τον Client. Για τις πειραματικές μετρήσεις επιλέχθηκαν μικρής διάρκειας βίντεο κλίπ μορφής συμπίεσης MPEG-2. Συγκεκριμένα μεταδόθηκαν τρία βίντεο κλίπ από τον Server στον Client. Χρησιμοποιήθηκε το freeware utility Tsunami MPEG Encoder για να μετατρέψει τα αρχεία βίντεο σε format MPEG-2 (σχήμα 31).



Σχήμα 31. Ρυθμίσεις κωδικοποίησης των βίντεο μέσω του t-mpeg.

Για τα πειράματα μετάδοσης video χρησιμοποιήθηκαν τρία video με διαφορετικά bit rate και μορφής συμπίεσης MPEG-2. Ο σκοπός αυτής της παραμετροποίησης είναι για να παρατηρήσουμε την μετάδοση video στις “περιοχές” του πρακτικά μεγίστου throughput, δηλαδή για bit rate κοντά στα 22 Mbps, όπως φαίνεται και στον πίνακα του σχήματος 32. Τα τρία βίντεο κλίπ επιλέχθηκαν έτσι ώστε να διαφέρουν στην κωδικοποίηση της ροής μεταφοράς (transport bit rate). Το transport stream bit rate είναι το άθροισμα του video και audio bit-rate, συν κάποια bit πληροφοριών και ελέγχου που ενθυλακώνονται πάνω στην ροή μεταφοράς. Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται αναλυτικά τα χαρακτηριστικά κάθε βίντεο κλίπ.

ONOMA	TRANSPORT (Mbps)	STREAM ΔΙΑΡΚΕΙΑ (sec)
Video1	16	20
Video2	22	20
Video3	24	20

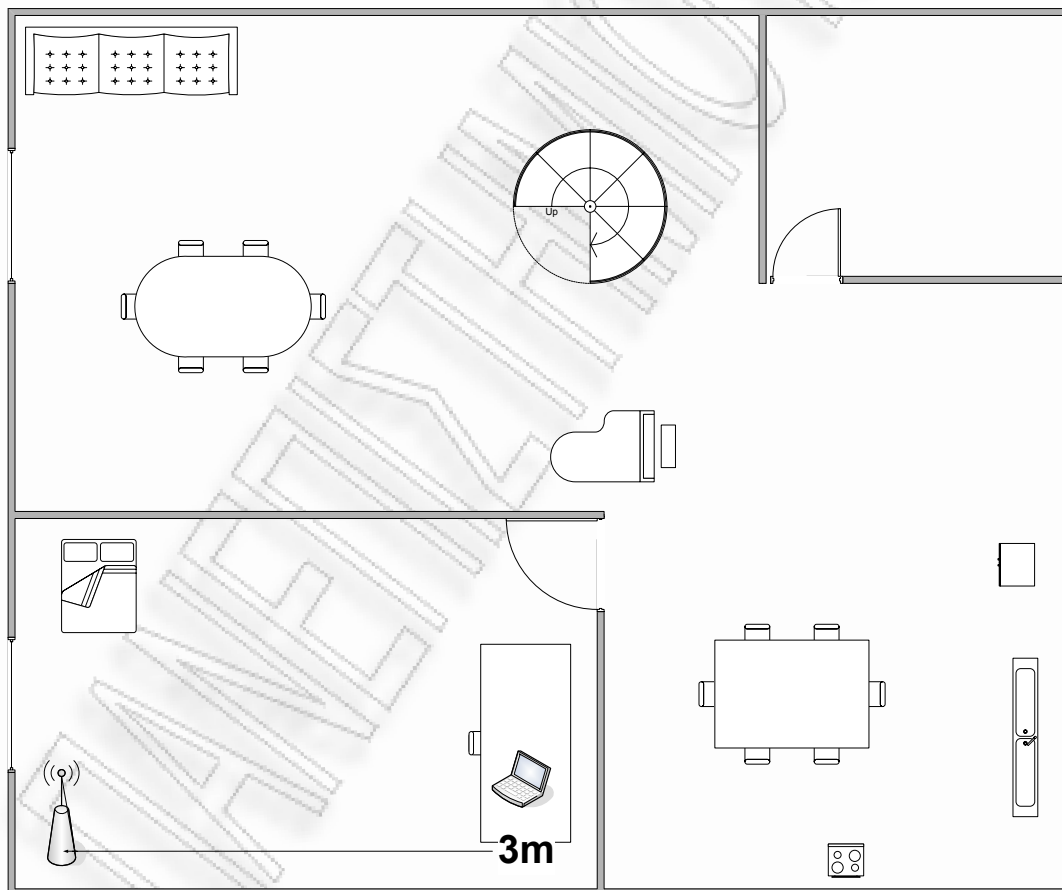
Σχήμα 32. Πίνακας καταγραφής στοιχείων των MPEG-2 βίντεο που μεταδίδονται.

Τα αρχεία βίντεο κλίπ είναι αποθηκευμένα στον Server. Δημιουργήθηκε μια ιστοσελίδα στον Server και ανέβηκαν τα αρχεία. Ο client μέσω της ιστοσελίδας επιλέγει το αρχείο του βίντεο. Η μετάδοση streaming είναι unicast μορφής. Ο client μόλις κάνει κλικ σε κάποιο hyperlink πραγματοποιείται μια αίτηση για αποστολή του αρχείου. Ο Server, όταν δεχτεί την αίτηση, αποστέλλει το Acknowledgement (πακέτο επιβεβαίωσης) και ξεκινάει την αποστολή των δεδομένων σε μορφή πακέτων. Ο media player που διαθέτει ο client ανοίγει και αρχίζει η αναπαραγωγή του αρχείου. Για την αναπαραγωγή των αρχείων χρησιμοποιήθηκε το freeware λογισμικό VLC media player.

Όπως αποδείχθηκε προηγουμένως, στην περίπτωση του ενός χρήστη, το ασύρματο δίκτυο που περιγράφηκε παρέχει bitrate 22 Mbps. Κατά την μετάδοση του video από τον Server και την αναπαραγωγή του στον client, παρατηρήθηκε ότι όταν το transport bit rate (η ταχύτητα μετάδοσης της πληροφορίας) του MPEG-2 υπερβαίνει το παρεχόμενο throughput του δικτύου, παρουσιάζονται παύσεις εικόνας και ήχου. Δηλαδή υπάρχει κάποιο είδος καθυστέρησης. Ο λόγος που αυτό συμβαίνει, εντοπίστηκε στην λειτουργία του media player που χρησιμοποιεί ο client. Ο media player έχει κάποιους προσωρινούς καταχωρητές μνήμης (memory buffers). Κατά την μετάδοση, τα δεδομένα του MPEG-2 συνεχώς φορτώνονται στους καταχωρητές και από εκεί οδηγούνται και αναπαράγονται σαν εικόνα και ήχος, στην οθόνη και στα ηχεία αντίστοιχα. Η ροή φόρτωσης στους καταχωρητές (loading rate) είναι ισότιμη με το throughput του δικτύου ενώ η ροή αναπαραγωγής (unloading rate) είναι ισότιμη με transport bit rate του MPEG-2 (ανανέωση εικόνας και ήχου).

Όταν λοιπόν η ροή φόρτωσης στους καταχωρητές είναι μεγαλύτερη από την ροή αναπαραγωγής, τότε δεν παρατηρείται καθυστέρηση στην εικόνα και στον ήχο (αφού έχει αποθηκευτεί το μεγαλύτερο μέρος του βίντεο). Από την άλλη μεριά όταν η ροή φόρτωσης στους καταχωρητές είναι μικρότερη από την ροή αναπαραγωγής υπάρχουν περιόδοι όπου οι καταχωρητές είναι τελείως άδειοι. Σε αυτές τις περιόδους τα frames της εικόνας και ο ήχος δεν ανανεώνονται [16].

Στο σχήμα 33 βλέπουμε μια πανοραμική άποψη του δωματίου που διεξάχθηκε το πείραμα. Το laptop απέχει 3m από το access point και οι δύο συσκευές βρίσκονται στον ίδιο χώρο.



Σχήμα 33. Μετάδοση βίντεο χωρίς εμπόδια (απόσταση AP με Laptop : 3 m).

Σύμφωνα με τα παραπάνω στην αξιολόγηση της ποιότητας των MPEG-2 στο συγκεκριμένο δίκτυο θα βοηθούσε η καταγραφή των παύσεων που παρουσιάζονται κατά την αναπαραγωγή. Χρησιμοποιήθηκε το freeware λογισμικό VLC media player όπου ρυθμίστηκε να μετράει τις παύσεις κάθε ένα δευτερόλεπτο. Έγινε αυτή η επιλογή επειδή οι παύσεις κάτω από ένα δευτερόλεπτο δεν είναι αντιληπτές με το ανθρώπινο μάτι. Κατά την μετάδοση και αναπαραγωγή των τεσσάρων βίντεο καταγράφηκε ο αριθμός των παύσεων.

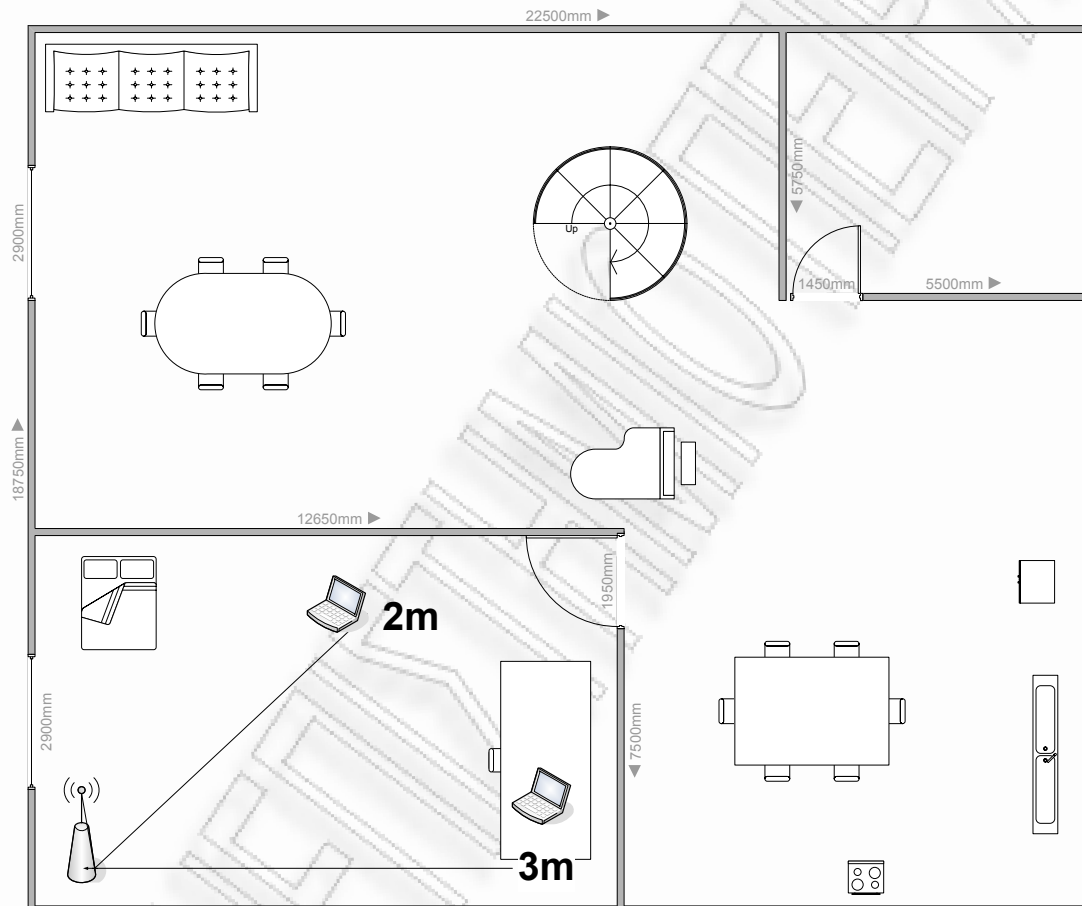
Η ροή μεταφοράς (transport stream) για το πρώτο βίντεο είναι 16 Mbps. Δηλαδή η ροή αναπαραγωγής είναι μικρότερη από την ροή φόρτωσης στους καταχωρητές. Θα περιμένουμε να μην υπάρχει κάποιο είδος καθυστέρησης στην εικόνα και στον ήχο. Πράγματι από το VLC παρατηρούμαι ότι δεν υπάρχουν παύσεις δηλαδή οι καταχωρητές δεν είναι ποτέ άδειοι με αποτέλεσμα την συνεχή ανανέωση των frame της οθόνης.

Η ροή μεταφοράς (transport stream) για το δεύτερο βίντεο είναι 22 Mbps δηλαδή η ροή αναπαραγωγής είναι οριακά και με προϋποθέσεις μικρότερη από την ροή φόρτωσης στους καταχωρητές. Θα περιμένουμε να παρουσιαστούν κάποιες παύσεις εικόνας και ήχου προς το τέλος της μετάδοσης. Πράγματι από το VLC παρατηρούμαι ότι υπάρχουν παύσεις δηλαδή στους καταχωρητές δεν υπάρχουν δεδομένα, είναι εντελώς άδειοι. Συγκεκριμένα, υπήρχε επιτυχής μετάδοση μέχρι και το 17^ο sec. Τα 3 τελευταία sec μεταδόθηκαν με πολλές διακοπές και παύσεις.

Η ροή μεταφοράς (transport stream) για το τελευταίο βίντεο είναι 24 Mbps δηλαδή η ροή αναπαραγωγής είναι μεγαλύτερη από την ροή φόρτωσης στους καταχωρητές. Στην περίπτωση αυτή το βίντεο δεν αναπαράγεται και δεν μπορεί να παρακολουθηθεί αφού αναπαράχθηκαν μόνο τα πρώτα 2 δευτερόλεπτα.

7.1 UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2 ΠΡΟΣ 2 CLIENT

Όπως υπολογίστηκε από την παραπάνω παράγραφο το throughput του δικτύου μοιράζεται ισόποσα ανάμεσα στους δύο client κατά του βίντεο. Στην συνέχεια, ακολουθεί η κάτοψη του δωματίου που έγινε το πείραμα (Σχήμα 34).

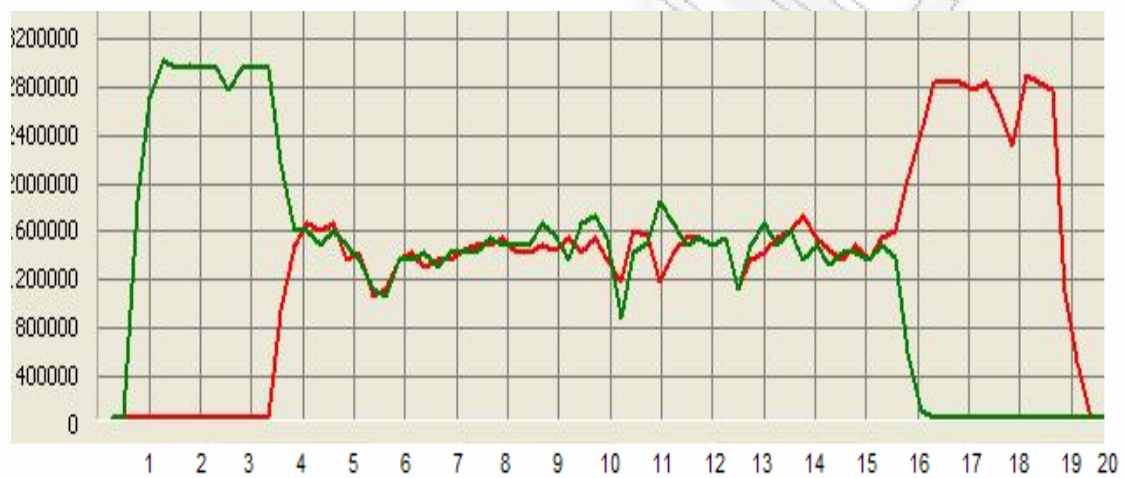


Σχήμα 34. Μετάδοση βίντεο χωρίς εμπόδια με δύο client (απόσταση AP με Laptop : 2 m & 3 m)

Σε αυτό το πείραμα, έγινε μετάδοση ενός βίντεο 21,45 Mbps από τον server προς τους client. Η χρονική διάρκεια του βίντεο είναι 16 sec και έχει μέγεθος 343,2 MB. Αρχικά, η μετάδοση αρχίζει με αποστολή προς τον πρώτο client (Σχήμα 35). Μετά από 3 sec αρχίζει και η αποστολή προς τον δεύτερο client. Στο 4^ο sec γίνεται ταυτόχρονη αποστολή προς τους δύο client. Από αυτό το σημείο και έως το 15^ο sec το throughput του δικτύου μειώνεται σε κάθε client, στα 11 Mbps, με αποτέλεσμα να

παρατηρηθούν “κενά” κατά την αναπαραγωγή του βίντεο και στους δύο client (Σχήμα 36).

Αυτό το φαινόμενο συμβαίνει διότι το bit rate του βίντεο είναι 21.45 Mbps, ενώ το δίκτυο υποστηρίζει περίπου 11 Mbps. Στο 16^ο sec η μετάδοση για τον πρώτο client και το throughput φθάνει στα 22 Mbps περίπου, με αποτέλεσμα τα τελευταία 4 sec να μεταδοθούν φυσιολογικά για τον δεύτερο client. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι το βίντεο που μεταδόθηκε είναι βίντεο ποιότητας High Definition (HD) και αναμένεται μετάδοση μόνο τέτοιων βίντεο στις μελλοντικές τηλεοράσεις [17].



Σχήμα 35. Γραφική απεικόνιση του throughput του δικτύου κατά την μετάδοση βίντεο με bitrate 21.45 Mbps.

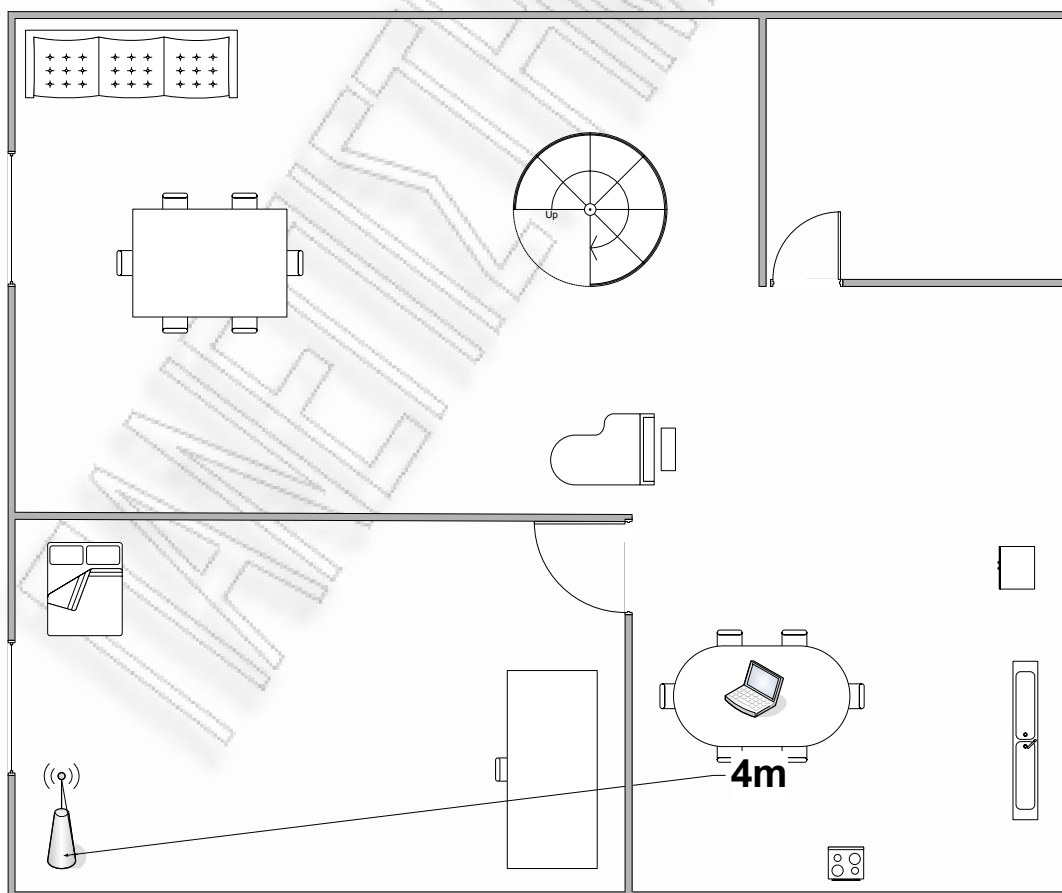


Σχήμα 36. Δημιουργία “κενών” κατά την μετάδοση βίντεο με μεγαλύτερο bitrate από το throughput του δικτύου.

7.2 UNICAST ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΒΙΝΤΕΟ MPEG-2 ΜΕ ΠΑΡΕΜΒΟΛΗ ΕΝΔΙΑΜΕΣΟΥ ΜΕΣΟΥ

Σε προηγούμενη παράγραφο ελέγχθηκε η απόδοση της αναπαραγωγής των αρχείων MPEG-2 σε ένα ασύρματο δίκτυο με βάση την ποιότητα, δηλαδή την κωδικοποίηση των βίντεο. Παρατηρήθηκε ότι το bitrate του βίντεο κλίπ πρέπει να είναι μικρότερο ή ισοδύναμο για μια καλή αναπαραγωγή χωρίς παύσεις. Όλη η πειραματική μας μελέτη βασίστηκε σε μια συγκεκριμένη τοπολογία δικτύου. Ένας ή δύο client, οι οποίοι επικοινωνούν με το access point χωρίς την παρεμβολή και την μεσολάβηση κάποιου εμποδίου. Για να λάβουμε υπόψη μας και να μελετήσουμε την επίδραση του εμποδίου στην λήψη και αναπαραγωγή ενός βίντεο MPEG-2 κάναμε το παρακάτω πείραμα.

Αλλάζουμε θέση στο laptop όπως απεικονίζεται και στην πανοραμική εικόνα του δωματίου στο σχήμα 37. Το laptop απέχει 4m από το access point και μεταξύ τους παρεμβάλλεται ένας τοίχος των 15cm.



Σχήμα 37. Μετάδοση βίντεο με εμπόδιο, τοίχος 15 cm (απόσταση AP με Laptop : 4 m).

Στο πείραμα οι μεταδόσεις video που πραγματοποιήθηκαν, έχουν εμπόδιο έναν τοίχο μήκους 15 cm. Η μετάδοση του πρώτου βίντεο ήταν επιτυχής, χωρίς παύσεις ή διακοπές. Το επόμενο video με bit rate 22 Mbps μεταδόθηκε για τα πρώτα 12 sec. Από εκεί και μετά παρατηρήθηκαν παύσεις για τα επόμενα 3 sec. Τέλος, τα τελευταία 5secs δεν μεταδόθηκαν καθόλου, όπως συνέβει και με το τελευταίο video με bit rate 24 Mbps.

7.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΙΜΗΣ ΤΟΥ ΒΙΤΡΑΤΕ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ (FRAGMENTATION) ΠΑΚΕΤΩΝ

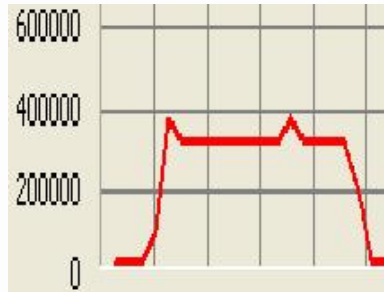
Σε αυτή την ενότητα μελετάμε την επίδραση του παράγοντα τμηματοποίησης (fragmentation) των πακέτων στο εφικτό bit rate σε ένα 802.11x ασύρματο δίκτυο. Η δομή του δικτύου στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις δίνεται στα σχήματα 38 και 39. Αποτελείται

- από ένα File Server, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με ένα AP το οποίο λειτουργεί αποκλειστικά είτε σε 802.11b mode (B only) είτε σε 802.11g (G only),
- από το χρήστη (User) με ένα 802.11x SA που λειτουργεί με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Έχουμε δηλαδή ένα Infrastructure δίκτυο στο οποίο η επικοινωνία βασίζεται σε ένα AP.

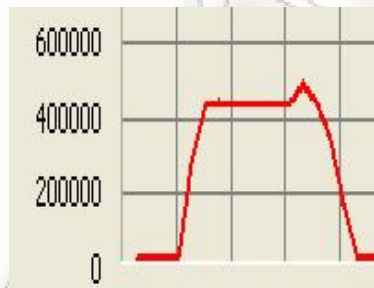
Οι μετρήσεις αφορούν την μεταφορά αρχείων από τον File Server προς έναν χρήστη (User) μέσω ενός ασύρματου καναλιού (channel 10) στα 2.4GHz.. Ενώ στη πρώτη ενότητα το threshold τμηματοποίησης ήταν 2346 byte, που είναι και η μέγιστη τιμή η οποία ορίζεται από τον κατασκευαστή του εξοπλισμού (AP) σε αυτό το κεφάλαιο μεταβάλλουμε την τιμή του ξεκινώντας από την ελάχιστη τιμή που μπορούμε να δώσουμε (256 byte) και φθάνοντας στην μέγιστη (2346 byte).

Οι τιμές του bit rate που πήραμε για τις τιμές του threshold που ορίστηκαν παρουσιάζονται στον πίνακα του σχήματος 43 (για 802.11b) και στον πίνακα του σχήματος 50 (για 802.11g), ενώ στις γραφικές παραστάσεις 38 έως και 42 (για 802.11b) και 45 έως και 49 (για 802.11g) δίνεται γραφικά η τιμή του bit rate που παίρνουμε για threshold ίσο με 256, 512, 1024, 2048, και 2346, αντίστοιχα. Ο

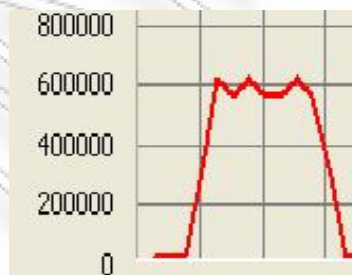
κάθετος άξονας αντιστοιχεί στα bytes που μεταφέρονται στον χρήστη ανά δευτερόλεπτο.



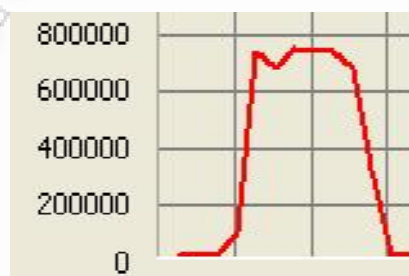
Σχήμα 38 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 29mb σε ένα δίκτυο 802.11b με Fragmentation threshold ίσο με 256 byte.



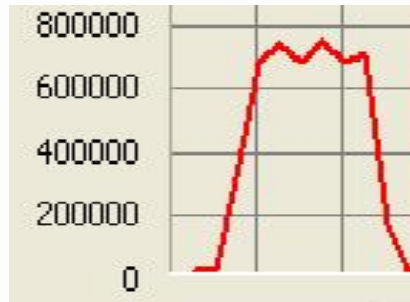
Σχήμα 39 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 29mb σε ένα δίκτυο 802.11b με Fragmentation threshold ίσο με 512 byte.



Σχήμα 40 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 29mb σε ένα δίκτυο 802.11b με Fragmentation threshold ίσο με 1024 byte.



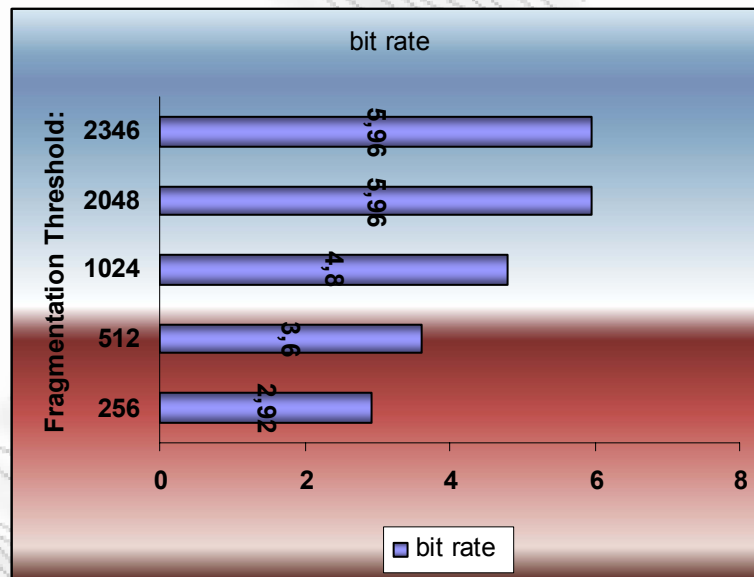
Σχήμα 41 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 29mb σε ένα δίκτυο 802.11b με Fragmentation threshold ίσο με 2048 byte.



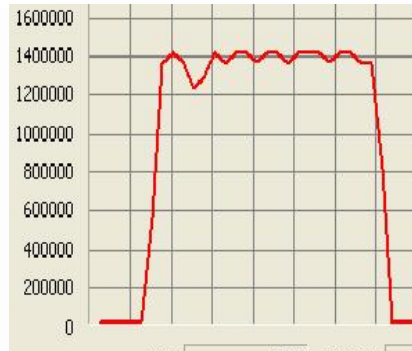
Σχήμα 42 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 29mb σε ένα δίκτυο 802.11b με Fragmentation threshold ίσο με 2346 byte

Fragmentation Threshold:	Mbps
256	2.92
512	3.6
1024	4.8
2048	5.96
2346	5.96

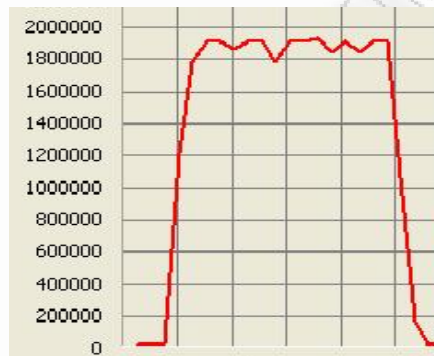
Σχήμα 13 Κατά προσέγγιση τιμή του bit-rate σε σχέση με την τιμή του Fragmentation Threshold σε ένα 802.11b δίκτυο.



Σχήμα 44 Γραφική αναπαράσταση της τιμής του bit-rate σε σχέση με την τιμή του Fragmentation Threshold σε ένα 802.11b δίκτυο.



Σχήμα 45 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 96mb σε ένα δίκτυο 802.11g με Fragmentation threshold ίσο με 256 byte.



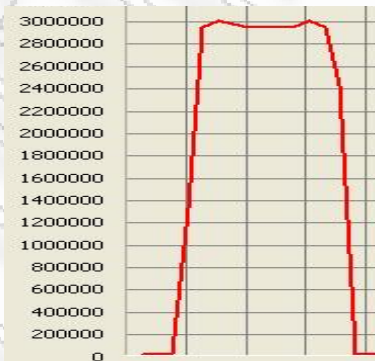
Σχήμα 46 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 96mb σε ένα δίκτυο 802.11g με Fragmentation threshold ίσο με 512 byte.



Σχήμα 47 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 96mb σε ένα δίκτυο 802.11g με Fragmentation threshold ίσο με 1024 byte.



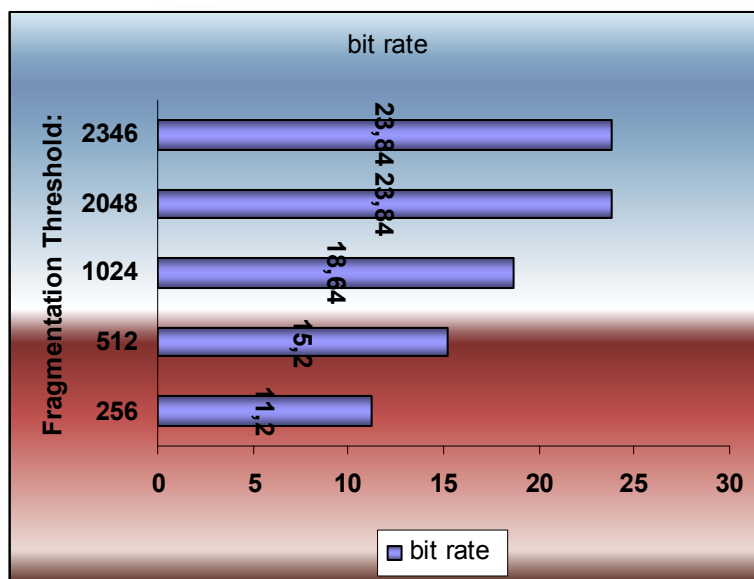
Σχήμα 48 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 96mb σε ένα δίκτυο 802.11g με Fragmentation threshold ίσο με 2048 byte.



Σχήμα 49 Μέτρηση της τιμής του bit-rate για τη μεταφορά ενός αρχείου 96mb σε ένα δίκτυο 802.11g με Fragmentation threshold ίσο με 2346 byte.

Fragmentation Threshold:	Mbps
256	11.2
512	15.2
1024	18.64
2048	23.84
2346	23.84

Σχήμα 50 Κατά προσέγγιση τιμή του bit-rate σε σχέση με την τιμή του Fragmentation Threshold σε ένα 802.11g δίκτυο.



Σχήμα 51 Γραφική αναπαράσταση της τιμής του bit-rate σε σχέση με την τιμή του Fragmentation Threshold σε ένα 802.11g δίκτυο.

7.3.1 ΣΥΜΠΑΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΑΓΟΝΤΑ ΤΜΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΑΚΕΤΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ BIT RATE

Όπως είδαμε η τιμή του bit rate σε ένα 802.11b και ένα 802.11g δίκτυο εξαρτάται άμεσα από την τιμή του fragmentation threshold που ορίζεται. Η απάντηση στο γιατί αυτό συμβαίνει ίσως δοθεί παρατηρώντας τους δύο παραπάνω πίνακες (σχήματα 44 και 51). Η παρατήρηση τους λοιπόν μας δίνει τη δυνατότητα να αντιληφθούμε ότι η τιμή του bit rate παραμένει σταθερή όταν το fragmentation threshold ξεπεράσει κάποια τιμή. Αυτό συμβαίνει διότι ο μηχανισμός τμηματοποίησης των 802.11 συσκευών ενεργοποιείται μόνο στην περίπτωση που το προς μετάδοση πακέτο είναι μεγαλύτερο από το fragmentation threshold. Λαμβάνοντας όλα αυτά υπόψη μας είναι εύκολο να συμπεράνει κανείς ότι η τιμή τελικά του fragmentation threshold για την οποία η τιμή του bit rate παραμένει σταθερή έχει σχέση με το μέγεθος του TCP Window (TCP Window Size) που έχει οριστεί και στην περίπτωση του δικτύου μας είναι περίπου 1500 bytes. Συνεπώς όταν η τιμή του fragmentation threshold είναι μικρότερη του TCP Window τότε μόνο το πακέτο διασπάται σε fragments.

Ένα άλλο χρήσιμο συμπέρασμα που εξάγεται από την παρατήρηση των παραπάνω πινάκων και γραφικών παραστάσεων είναι η σταδιακή αύξηση του bit rate καθώς αυξάνεται το fragmentation threshold. Η εξήγηση που μπορούμε να δώσουμε στην μεταβολή αυτή του bit rate είναι ότι το επιπλέον overhead που προστίθεται για

την μετάδοση ενός πακέτου το οποίο θα διασπαστεί σε fragments. Για παράδειγμα θέτοντας την τιμή του fragmentation threshold ίση με 256 byte για την μετάδοση ενός πακέτου ίσο με 1500 byte, έχει ως αποτέλεσμα την διάσπαση του πακέτου σε 6 πακέτα των 256 byte, εφόσον σε κάθε πακέτο αναλογεί κάποιο overhead (ACK, RTS, CTS) θα έχουμε overhead το οποίο αναλογεί σε 6 πακέτα των 256 byte και όχι overhead το οποίο θα αναλογούσε σε ένα πακέτο των 1500 byte. Έτσι αν Ψ ο αριθμός των fragment X είναι το μέγεθος του overhead για την μεταφορά ενός πακέτου (άρα και για την μεταφορά ενός fragment) και X είναι το μέγεθος του overhead για την μεταφορά ενός πακέτου (άρα και για την μεταφορά ενός fragment) τότε $\Psi * X$ θα είναι το συνολικό overhead για την μεταφορά ενός πακέτου και θα δίνεται από την σχέση

$$\Psi * X + \text{μέγεθος του πακέτου(bytes)}$$

Η ικανή και αναγκαία συνθήκη για να ισχύει ο παραπάνω τύπος είναι η τιμή του fragmentation threshold < μέγεθος του πακέτου προς μετάδοση (bytes) έτσι ώστε να είναι αναγκαίος ο τεμαχισμός του πακέτου. Άρα για μεταφορά ενός πακέτου των 1500 byte χωρίς τμηματοποίηση ο συνολικός όγκος πληροφορίας που μεταδίδεται είναι ίσος με : $X + 1500$ (γιατί $\Psi=1$ αφού η τιμή του fragmentation threshold > 1500) Θέτοντας fragmentation threshold ίσο με 256 ο συνολικός όγκος πληροφορίας που μεταδίδεται είναι ίσος με $6 * X + 1500 > X + 1500$. Όπως παρατηρήθηκε η μικρή τιμή του fragmentation threshold έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού μετάδοσης ο μηχανισμός τμηματοποίησης είναι χρήσιμος στην περίπτωση ανάγκης επανεκπομπής κάποιου πακέτου λόγω παρουσίας θορύβου στο κανάλι επικοινωνίας ή collisions δεν μεταδίδεται ολόκληρο το πακέτο αλλά μόνο το fragment που χάθηκε. Σε αυτή την περίπτωση θα μεταδοθεί μικρότερος όγκος πληροφορίας (το fragment που χάθηκε) του οποίου το μέγεθος θα είναι σαφώς μικρότερο από το μέγεθος του πακέτου από το οποίο προήλθε.

Τέλος, πρέπει να σημειώσουμε ότι ο μηχανισμός τμηματοποίησης εφαρμόζεται μόνο στα unicast πακέτα. Τα unicast πακέτα είναι εκείνα που προωθούνται σε έναν συγκεκριμένο σταθμό ενός δικτύου. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει αυτό είναι για να μην προστίθεται επιπλέον overhead στα broadcast (π.χ. beacon frames) και multicast frame καθώς για τις εφαρμογές στις οποίες χρησιμοποιούνται multicast και broadcast πακέτα, όπως για παράδειγμα μετάδοση video σε μία UDP διεύθυνση, δεν χρειάζεται να έχουμε επιβεβαίωση για τη σωστή λήψη ενός πακέτου.

7.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΙΣΧΥΟΣ ΛΗΨΗΣ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΑΠΟΣΤΑΣΗ AP-CLIENT

Η ισχύς του σήματος που δέχεται η ασύρματη κάρτα δικτύου του client από το AP αποτελεί καθοριστική παράμετρο στην μετάδοση video τόσο στην αύξηση της απόστασης μετάδοσης όσο και στην ποιότητα.

Μεγαλύτερη ισχύ εκπομπής δεν σημαίνει αναγκαστικά και μεγαλύτερη εμβέλεια αφού η εμβέλεια καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά και των δύο διαδρομών. Μπορεί πάντως να μεταφραστεί σε καλύτερη ποιότητα ζεύξης. Το σημαντικότερο όμως χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα να ρυθμίζεται η ισχύς εκπομπής. Αυτό θα σημαίνει να μπορούμε να εκπέμπουμε μόνο το ποσό της ισχύος που χρειάζεται για να έχουμε ένα ικανοποιητικό επίπεδο ζεύξης. Μεγαλύτερα ποσά ακτινοβολούμενης ισχύος θα έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία παρεμβολών και έτσι τη συνολική υποβάθμιση της ποιότητας του ασύρματου δικτύου.

Βασικό χαρακτηριστικό της ισχύος είναι η ευαισθησία του δέκτη, που έχει η ασύρματη συσκευή. Αυτό είναι η ελάχιστη ισχύς του σήματος που απαιτεί να έχει ο δέκτης στην είσοδο του προκειμένου να αποδιαμορφώνει το σήμα με κάποιο ελάχιστο αριθμό λαθών. Καλύτερη ευαισθησία μεταφράζεται σε μεγαλύτερη εμβέλεια για τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης, ή για την ίδια απόσταση μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης. Η ευαισθησία του δέκτη εκφράζεται πάντα σε dBm και με την χρήση συσκευών υψηλής ευαισθησίας, η απαιτούμενη εκπεμπόμενη ισχύς θα είναι μικρότερη και έτσι οι παρεμβολές στο εκπεμπόμενο ραδιοφάσμα θα είναι μικρότερη.

7.4.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

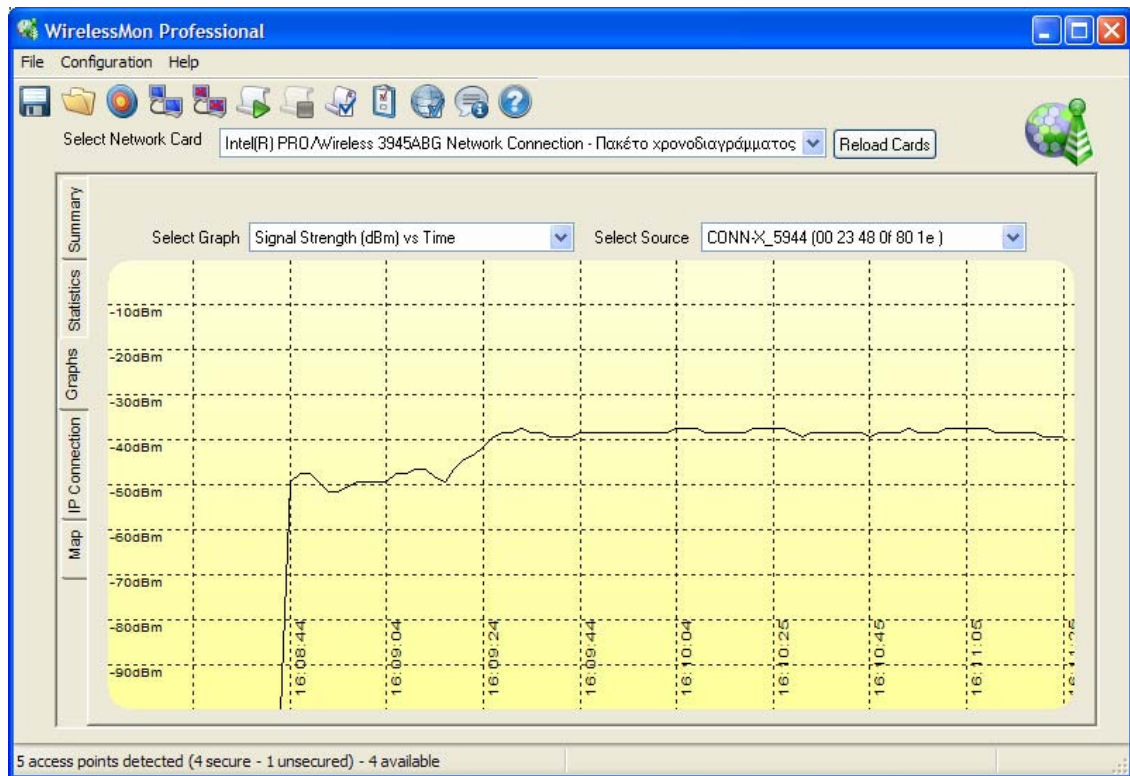
Η ασύρματη κάρτα δικτύου που χρησιμοποιήθηκε στα πειράματα αυτής της εργασίας είναι η Intel PRO/ Wireless 3945 ABG και οι τιμές ισχύος και ευαισθησίας καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα σύμφωνα με την επίσημη ενημέρωση της Intel.

Output power (for CKK) ²	15 dBm
Output power (for OFDM; power varies by data rate) ²	15 dBm
Power consumption	Transmit: 1.8 Watts (max) Receive: 1.4 Watts (max) Idle mode: 150 mW (nominal) Sleep mode: 30 mW (max)
Power management	ACPI compliant power management 802.11 Compliant Power Saving Mode
Receiver sensitivity ³	54 Mbps: -72 dBm, 11 Mbps: -89 dBm, 1 Mbps: -97 dBm
Antenna type	High efficiency dual band antenna with polarization diversity, mounted in the display enclosure
Range	802.11 a – Typical 600 feet – Outdoor Open Area (@6 Mbps) 150 feet – Indoor, Office environment 802.11 b – Typical 1200 feet – Outdoor Open Area (@1 Mbps) 300 feet – Indoor, Office environment 802.11 g – Typical 1200 feet – Outdoor Open Area (@1 Mbps) 300 feet – Indoor, Office environment

Σχήμα 52. Specifications του NIC Intel PRO/ Wireless 3945 ABG από την Intel.

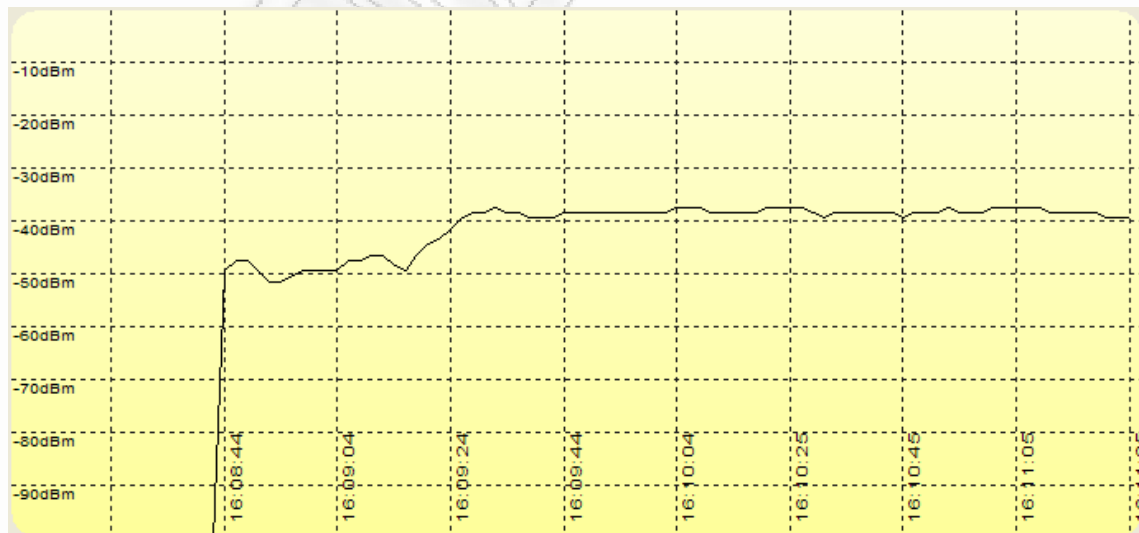
Για την πειραματική μέτρηση της ισχύος του σήματος χρησιμοποιείται το λογισμικό Wireless Mon Professional. Το λογισμικό αυτό έχει την δυνατότητα να μετράει την λαμβανόμενη ισχύ της ασύρματης κάρτας δικτύου του client από το AP που στέλνεται το σήμα.

Στις παρακάτω εικόνες παρατηρούμε το γραφικό περιβάλλον του λογισμικού και τη λαμβανόμενη ισχύ του NIC του client σε απόσταση 3 m από το AP.



Σχήμα 53. Βασικό panel του λογισμικού Wireless Mon Professional.

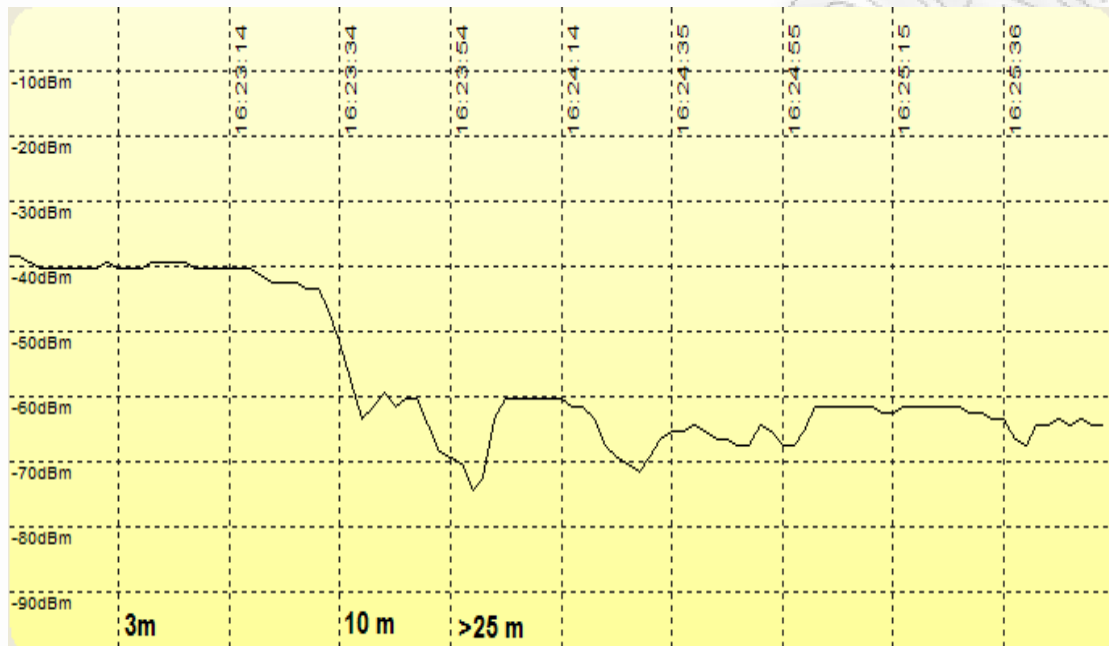
Να σημειωθεί πως τα 802.11g δίκτυα έχουν μέγιστη απόσταση λήψης τα 40 m περίπου σε εσωτερικούς χώρους, απόσταση που φυσικά μεταβάλλεται ανάλογα με τα μεσολαβούμενα εμπόδια, την φήση των υλικών κατασκευής του χώρου και τα specification του NIC.



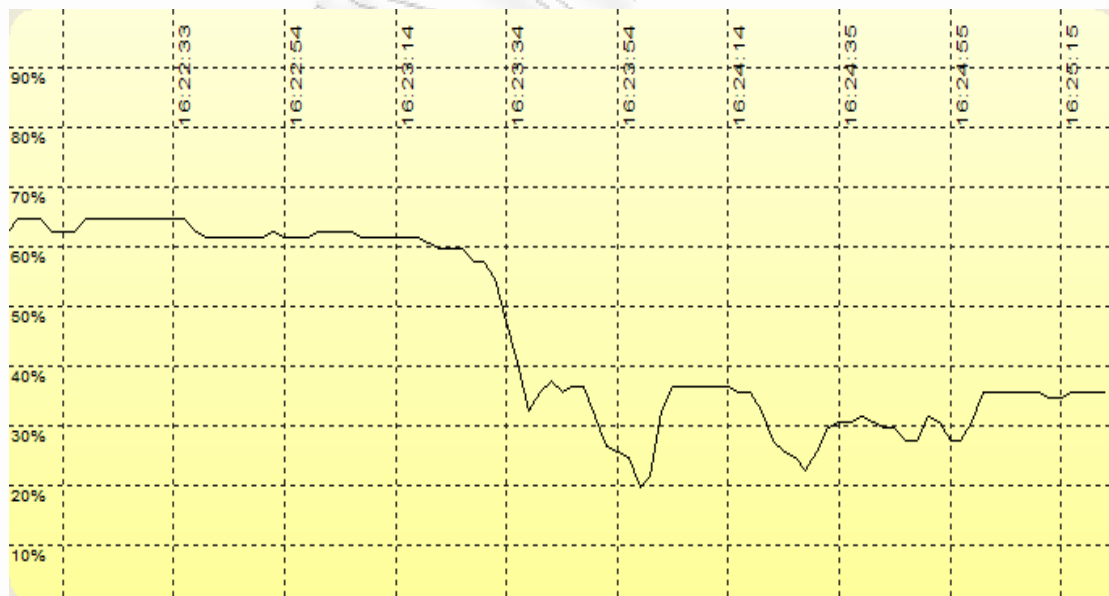
Σχήμα 54 . Μέτρηση λαμβανόμενης ισχύος με απόσταση client-AP τα 3m.

Όπως φαίνεται από την παραπάνω γραφική παράσταση η λαμβανόμενη ισχύς του σήματος είναι στα -40 dBm. Η μετάδοση σε αυτή την ισχύ γίνεται χωρίς προβλήματα σε 802.11g δίκτυα.

Στη συνέχεια γίνεται μετακίνηση στο Laptop και παρατηρείται πτώση της ισχύος, όπως ήταν φυσικό. Στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις διακρίνεται η μεταβολή της λαμβανόμενης ισχύος σε συνάρτηση με την απόσταση.



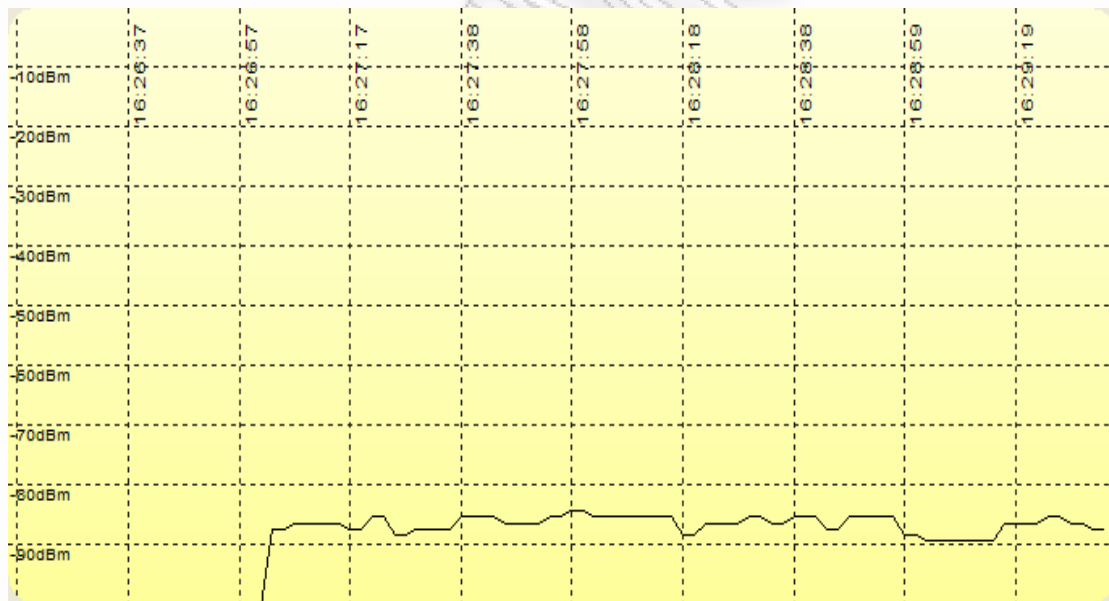
Σχήμα 55. Μέτρηση ισχύος (σε dBm) με σταδιακή απομάκρυνση του client από το AP.



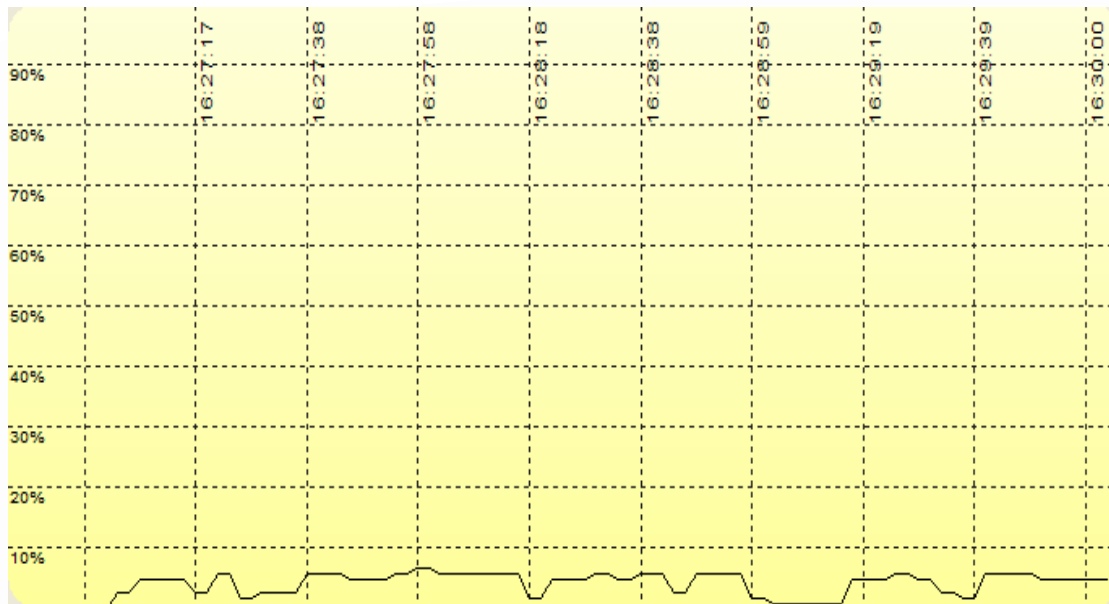
Σχήμα 56 . Μέτρηση ισχύος (σε ποσοστό) με σταδιακή απομάκρυνση του client από το AP.

Το λογισμικό Wireless Mon Professional έχει την δυνατότητα να απεικονίσει γραφικά την ισχύ και σε ποσοστό. Στην παραπάνω γραφική παράσταση διακρίνεται η μείωση της λαμβανόμενης ισχύς ανάλογα με την αύξηση της απόστασης. Όταν η λαμβανόμενη ισχύς τείνει στο μηδέν, τότε η NIC του δέκτη δεν μπορεί να λαβει το σήμα από το AP. Φυσικά το “μηδέν” είναι υποκειμενικό αφού το κάθε NIC έχει διαφορετική ευαισθησία και συνεπώς το supremum του αλλάζει. Το NIC που χρησιμοποιήθηκε στις πειραματικές μετρήσεις έχει ευαισθησία σε ιδανικές συνθήκες περιβάλλοντος -72 dBm για μετάδοση στα 54 Mbps και φτάνει στο supremum του, στα -97 dBm.

Οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις δείχνουν την λαμβανόμενη ισχύ σε απόσταση κοντά στα 40 m. Το λαμβανόμενο σήμα είναι κοντά στα -90 dBm και η μετάδοση είναι είτε οριακή αν πρόκειται για βίντεο χαμηλής κωδικοποίησης (κάτω από 1 Mbps), είτε δεν γίνεται για τα βίντεο με υψηλότερη του 1 Mbps κωδικοποίησης.

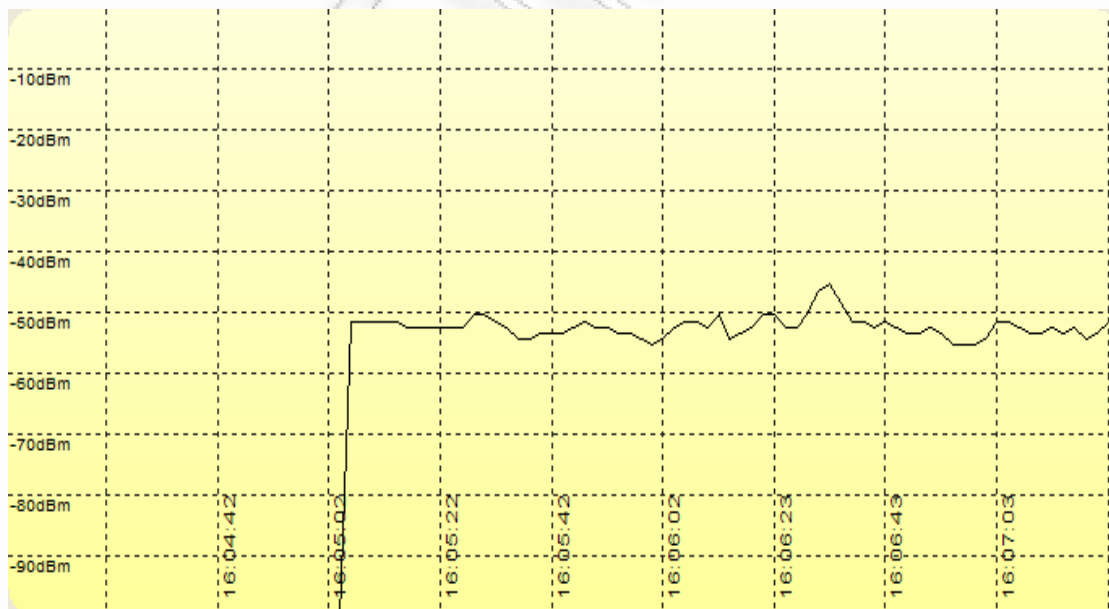


Σχήμα 57. Μέτρηση λαμβανόμενης ισχύος (σε dBm) με απόσταση client-AP περίπου τα 3m



Σχήμα 58. Μέτρηση λαμβανόμενης ισχύος (σε ποσοστό) με απόσταση client-AP περίπου τα 3m

Η επόμενη μέτρηση είναι η μέτρηση της λαμβανόμενης ισχύος όταν υπάρχουν 2 clients στο δίκτυο. Για να πραγματοποιηθεί αυτή η μέτρηση και τα αποτελέσματα να είναι όσο το δυνατόν πιο σωστά, ο δεύτερος client έχει το ίδιο ακριβώς NIC με το πρώτο. Σε αυτή την περίπτωση πρέπει να προσδιοριστούν και να αξιολογηθούν οι προδιαγραφές του AP.



Σχήμα 59. Μέτρηση λαμβανόμενης ισχύος με 2 clients με απόσταση clients-AP περίπου τα 3m

Στην παραπάνω γραφική παράσταση γίνεται εκπομπή από το AP προς δύο clients ταυτόχρονα. Όπως φαίνεται στην γραφική παράσταση η λαμβανόμενη ισχύς βρίσκεται τώρα στα -50dBm για κάθε client. Η ισχύς αυτή διαφέρει κατά 10 dB σε σχέση με αυτή όταν ο client ήταν μόνο ένας. Το αποτέλεσμα είναι ότι ο δεύτερος client επηρεάζει την λήψη του σήματος. Τα 10dB λιγότερα που υπάρχουν κατά οφείλονται σε παρεμβολές του σήματος που δημιουργεί το NIC του δεύτερου client και μπορούν να περιοριστούν με την μείωση της ισχύος λήψης από τους δύο clients.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

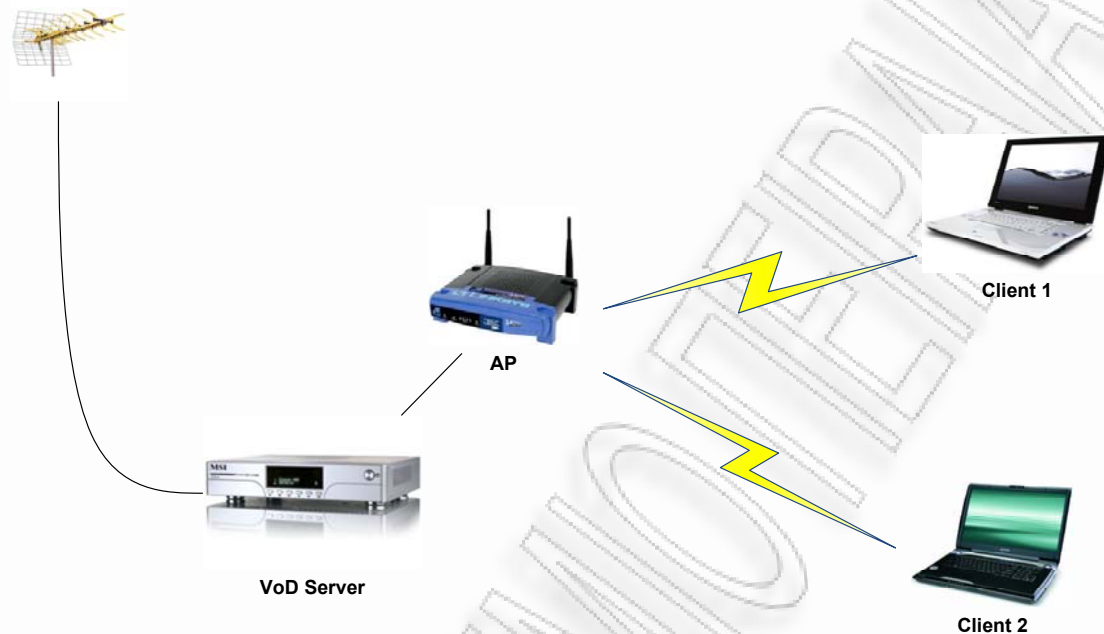
BROADCAST

Ο δεύτερος σημαντικός τρόπος μετάδοσης δεδομένων είναι το broadcast. Ένα broadcast μήνυμα λαμβάνεται από κάθε μέλος ενός δικτύου, ενώ εκπέμπεται μια μόνο φορά από την πηγή του. Παρόλο που κάτι τέτοιο φαίνεται μια ικανοποιητική εναλλακτική λύση σε σχέση με το unicast, το broadcast παρουσιάζει τα δικά του προβλήματα. Έτσι για παράδειγμα στέλνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο δεδομένα σε ένα δίκτυο υποχρεώνουμε το κάθε μέλος του δικτύου να καταναλώσει κάποιον υπολογιστικό χρόνο για να τα συλλέξει και να τα αναλύσει, για να δει αν του είναι χρήσιμα ή όχι.

Αυτό σημαίνει για όσα μέλη δεν ενδιαφέρονται για την υπό μετάδοση πληροφορία, απώλεια χρόνου επεξεργασίας δεδομένων και επομένως περιττή καθυστέρηση. Για παράδειγμα, στέλνοντας ένα broadcast μήνυμα είναι σαν να έχουμε ένα κτίριο του οποίου όλα τα τηλέφωνα να είναι συνδεδεμένα στην ίδια γραμμή. Έτσι όταν κάποιος καλεί, υποχρεώνει τον καθένα να απαντήσει στην κλήση για να διαπιστώσει αν το τηλεφώνημα προορίζεται για αυτόν ή όχι. Επίσης σχεδόν σε όλα τα δίκτυα απαγορεύεται τα broadcast μηνύματα να μεταδίδονται από ένα υποδίκτυο (subnets) σε άλλο. Αυτό περιορίζει σημαντικά το μέγεθος ενός broadcast δικτύου.

8.1 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟΥ

Το δίκτυο στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις έχει την ακόλουθη τοπολογία



Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε στο ρόλο του VoD (Video on Demand) server ένα HTPC (Home Theater PC) το οποίο είναι εφοδιασμένο με την hybrid κάρτα τηλεόρασης Hauppauge Win TV HVR-3000. Επισημαίνεται, ότι οι υβριδικές κάρτες τηλεόρασης μπορούν να υποστηρίξουν τόσο αναλογικό όσο και επίγειο ψηφιακό σήμα. Το HTPC που χρησιμοποιήθηκε είναι το MSI Media Live. Το λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιεί ο server είναι τα Windows XP SP3 με ενσωματωμένο το Media Center 2005. Στην κάρτα τηλεόρασης έχει συνδεθεί με ομοαξονικό καλώδιο κεραία που υποστηρίζει σήμα τύπου UHF/VHF.

Το AP που χρησιμοποιήθηκε στις πειραματικές μετρήσεις είναι το Linksys WRT54G, το οποίο υποστηρίζει broadcasting σε έως και πέντε client ταυτόχρονα. Τέλος, τους client αποτελούν δύο φορητοί υπολογιστές HP.

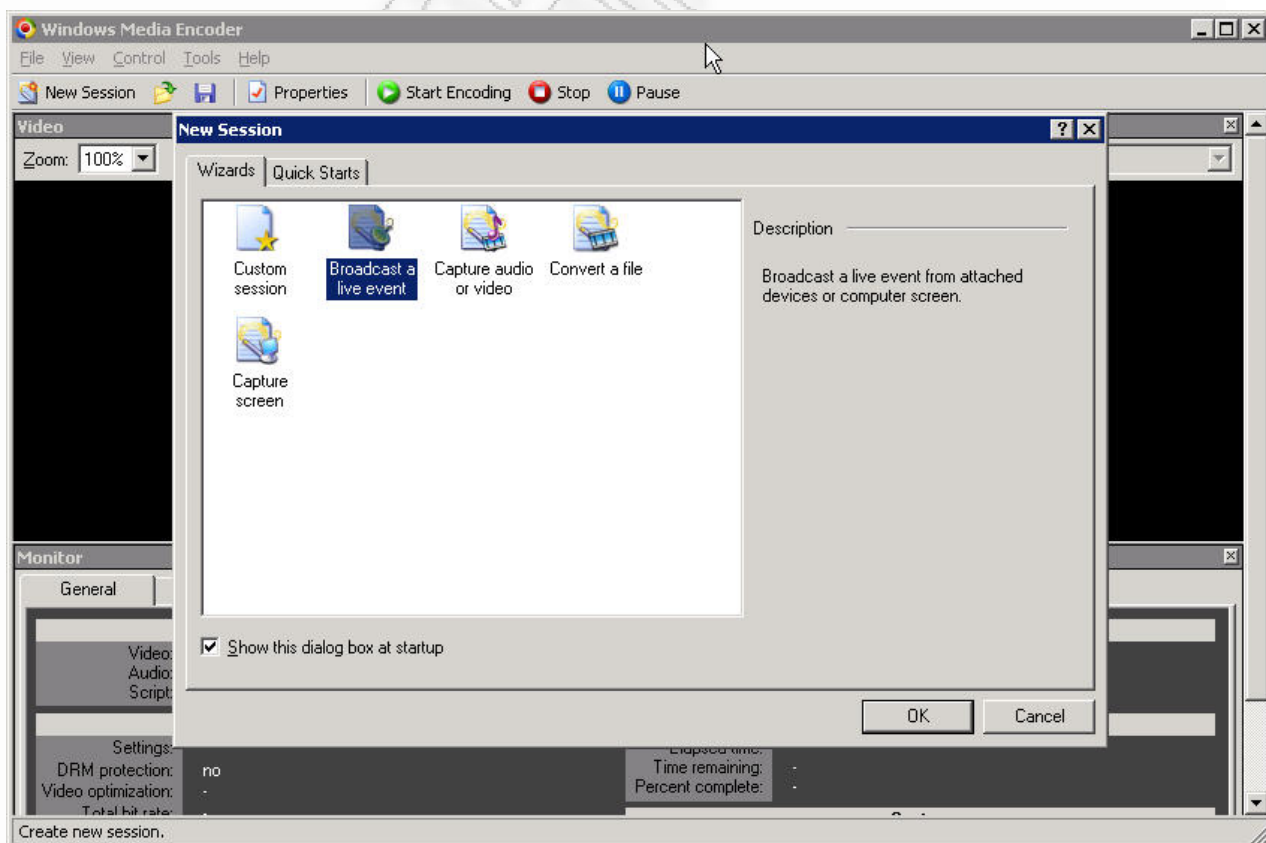
Οι IP διευθύνσεις που έχουν δοθεί καρφωτά στο server είναι η 192.168.1.2 και 192.168.1.3 στον client με μάσκα υπο-δικτύου 255.255.255.0. Τόσο ο server όσο και ο client έχουν συνδεθεί ασύρματα με πρωτόκολλο επικοινωνίας 802.11g.

8.2 ΜΕΤΑΔΟΣΗ LIVE VIDEO

Το δίκτυο υλοποιήθηκε σε κλειστό χώρο. Η απόσταση ανάμεσα στον server και στους clients είναι περίπου με 6 μέτρα. Για την μετάδοση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το freeware λογισμικό της Microsoft, το Windows Media Encoder (WME). Το λογισμικό αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετατροπή πολυμεσικών αρχείων από μία μορφή σε μία άλλη, για την ψηφιοποίηση πολυμεσικού υλικού, και για τη ζωντανή μετάδοση audio και video πάνω από το δίκτυο. Τα αρχεία video αποστέλλονται σε όλους τους χρήστες (clients) του δικτύου με την μορφή μιας συνεχής ροής (stream) και αυτοί τα λαμβάνουν και τα παρακολουθούν ζωντανά.

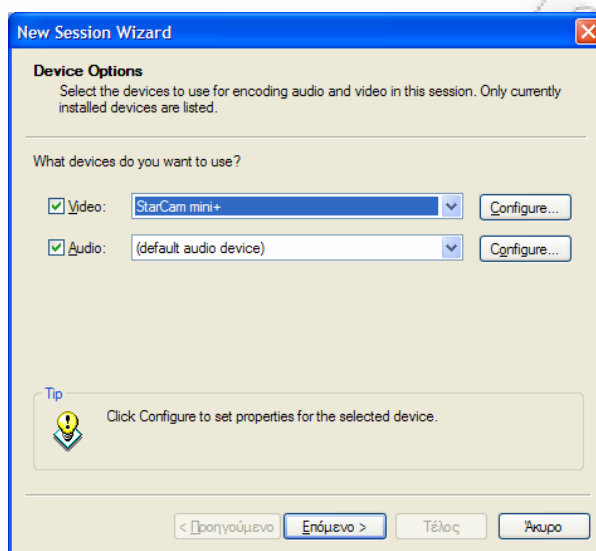
Για τις πειραματικές μετρήσεις επιλέχθηκε η μετάδοση ζωντανού βίντεο και ως πηγή εισόδου χρησιμοποιήθηκε μία USB camera. Για να καλυφθούν όλες οι παράμετροι μετάδοσης επιλέχθηκε να μεταδοθεί video με τρία διαφορετικά bit rate. Παρακάτω, παρουσιάζονται οι διαδικασίες και οι ρυθμίσεις για το broadcasting.

Αρχικά, από το λογισμικό επιλέγουμε την μετάδοση ενός live event.



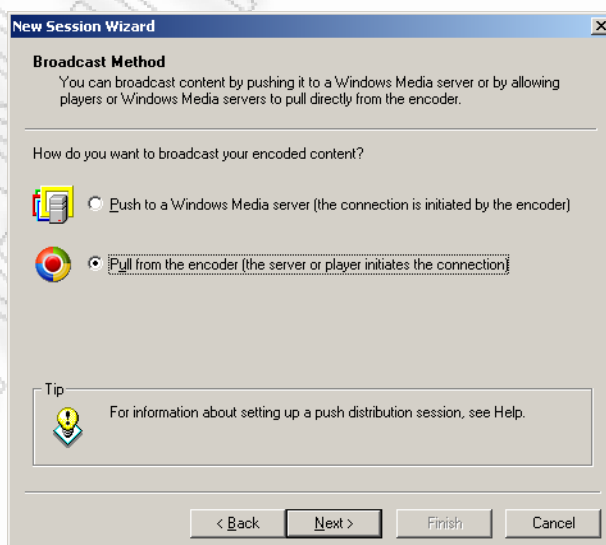
Σχήμα 60. Αρχικό βήμα για broadcasting με το WME.

Στο επόμενο πλαίσιο διαλόγου πρέπει να επιλεγούν συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν ως πηγές για το video και τον ήχο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση θα επιλεγεί η USB camera η οποία έχει συνδεθεί στον server. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και άλλες πηγές εισόδου όπως η κάρτα γραφικών ή κάρτα τηλεόρασης, υλοποίηση που θα γίνει σε παρακάτω πειράματα.



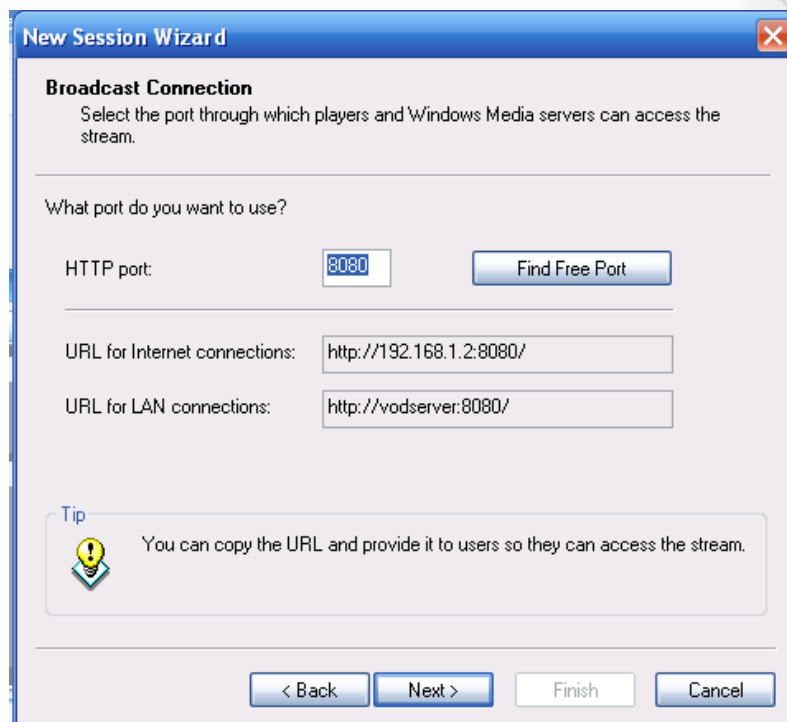
Σχήμα 61. Επιλογή της USB camera ως πηγή εισόδου.

Στο νέο πλαίσιο διαλόγου (Σχήμα 62) που θα εμφανιστεί επιλέγουμε τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η μετάδοση. Η επιλογή στην περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος είναι οι players των χρητών να παίρνουν το πολυμεσικό υλικό από τον Encoder οπότε η επιλογή θα είναι η “Pull from the Encoder”.



Σχήμα 62. Επιλογή το broadcasting να γίνεται από τον server.

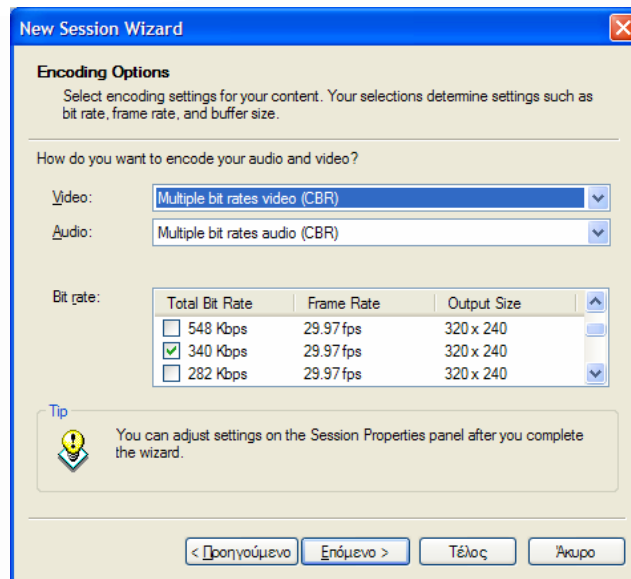
Το επόμενο βήμα θα είναι η επιλογή της πόρτας από την οποία θα λαμβάνουν δεδομένα οι clients. Η broadcasting IP είναι η ίδια με αυτή του server.



Σχήμα 63. Επιλογή της πόρτας μετάδοσης από τον χρήστη.

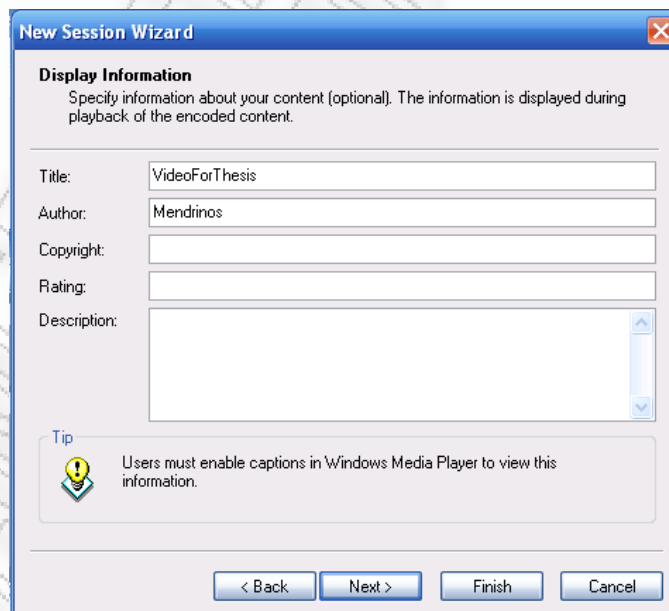
Στο πέμπτο και πιο σημαντικό βήμα θα επιλεγούν το bit rate μετάδοσης (Σχήμα 64). Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή έχουν επιλεγεί τρία διαφορετικά bitrate.

- Το πρώτο ακολουθεί το πρότυπο HD (High Definition) με format 720p ή 1280×720 ή 0.9 MP (Mega Pixel), το οποίο είναι 5393 kbps.
- Το επόμενο ακολουθεί ποιότητα DVD, δηλαδή ανάλυση 640 × 480, που είναι 2393 kbps.
- Το τελευταίο bit rate μετάδοσης επιλέχθηκε στα 720 kbps, το οποίο έχει ανάλυση 320 × 240 ίδια με ποιότητα VHS (Video Home System).



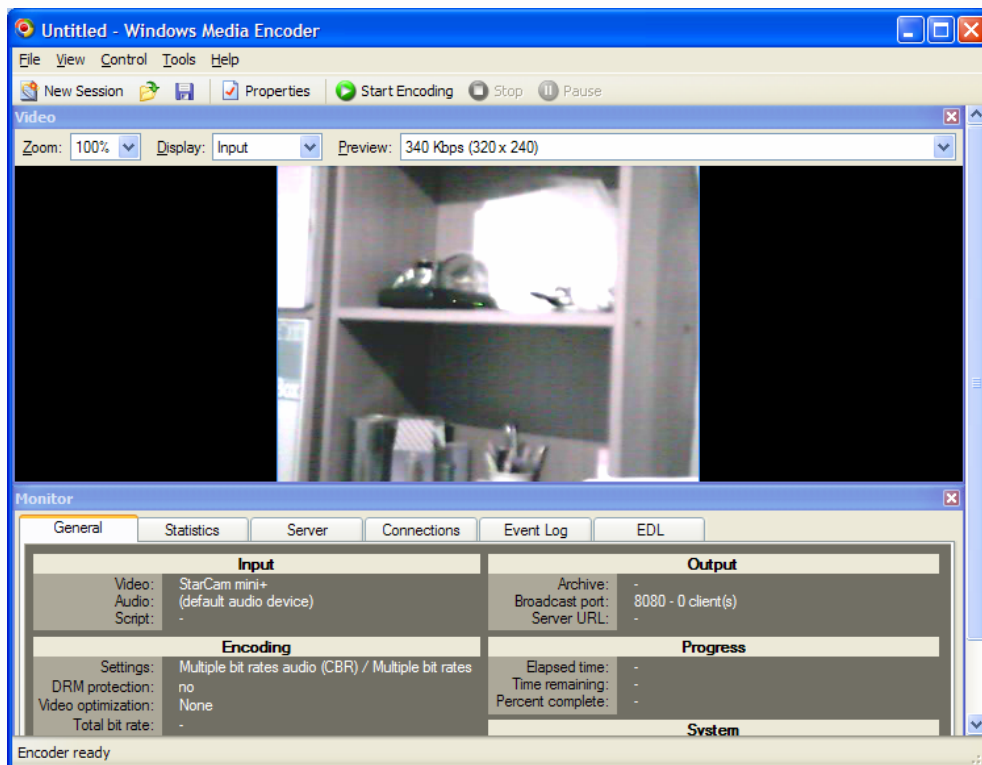
Σχήμα 64. Επιλογή bit rate μετάδοσης.

Στο τελευταίο βήμα επιλέγονται ο τίτλος του broadcasting και του όνομα του μεταδότη.



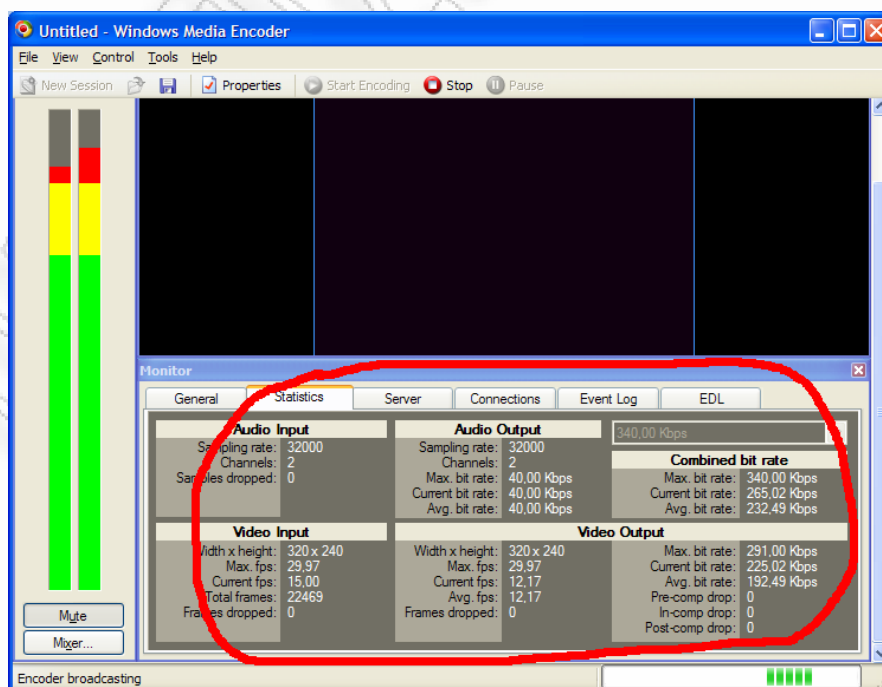
Σχήμα 65. Ονομασία του broadcasting.

Το αποτέλεσμα φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



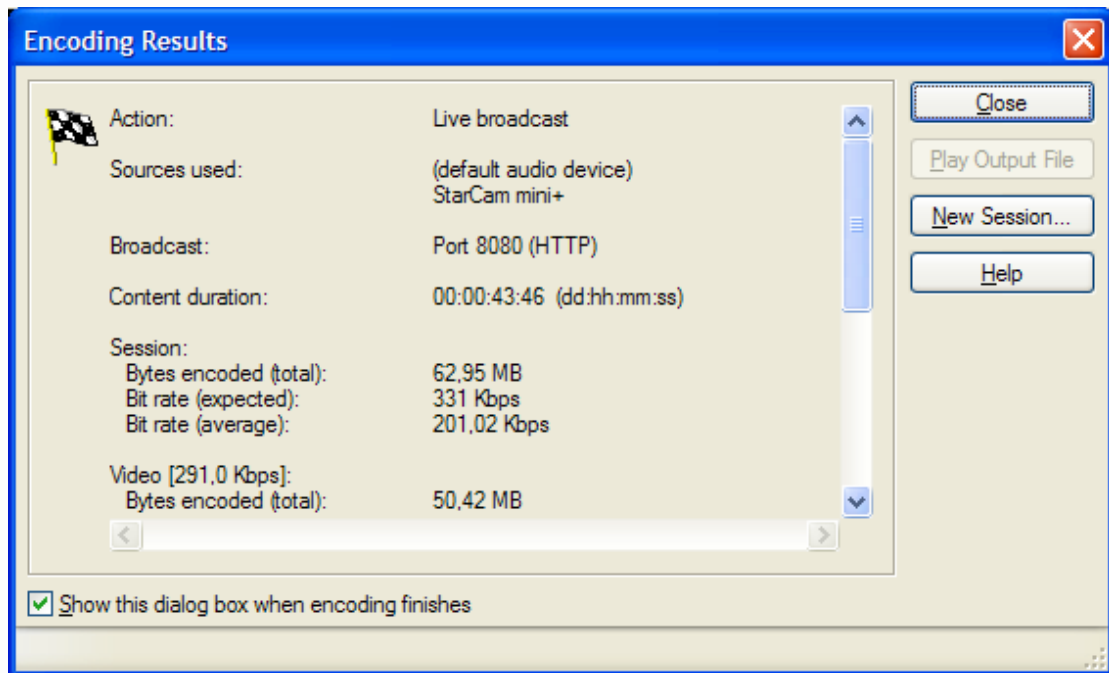
Σχήμα 66. Το panel μετάδοσης του WME.

Κατά την διάρκεια της μετάδοσης το λογισμικό ενημερώνει συνεχώς για το current bitrate, τα fps (frames per second), και τους χρήστες στους οποίους μεταδίδεται (Σχήμα 67).

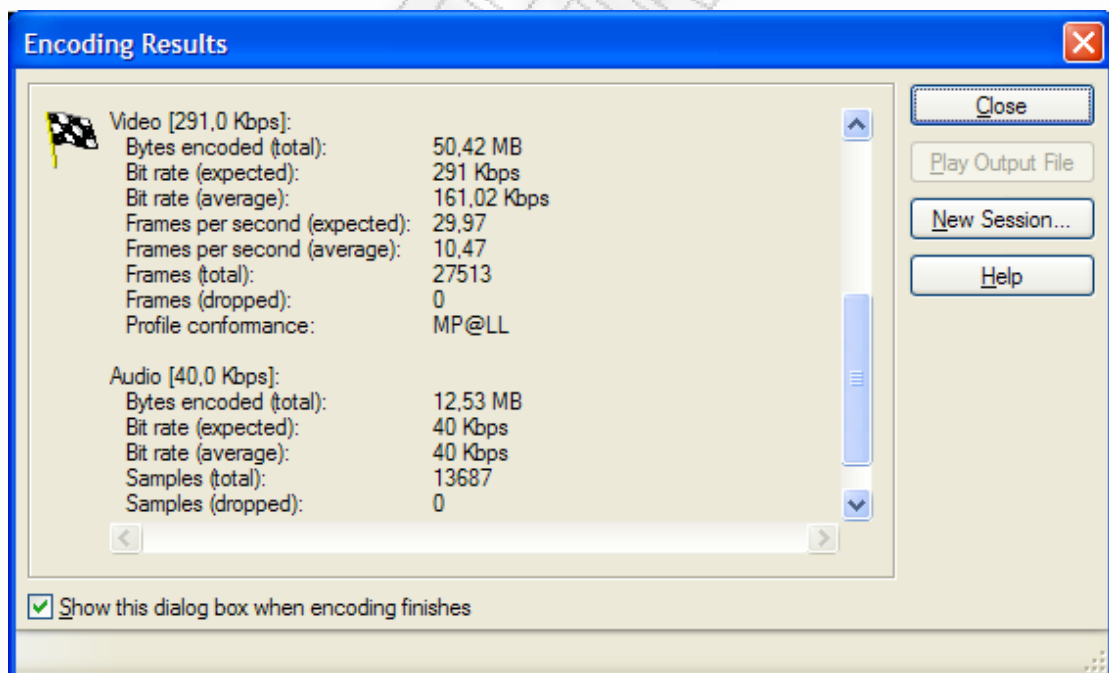


Σχήμα 67. Προβολή αναλυτικών πληροφοριών κατά την διάρκεια της μετάδοσης.

Στο τέλος της μετάδοσης το λογισμικό ενημερώνει τα αποτελέσματα.



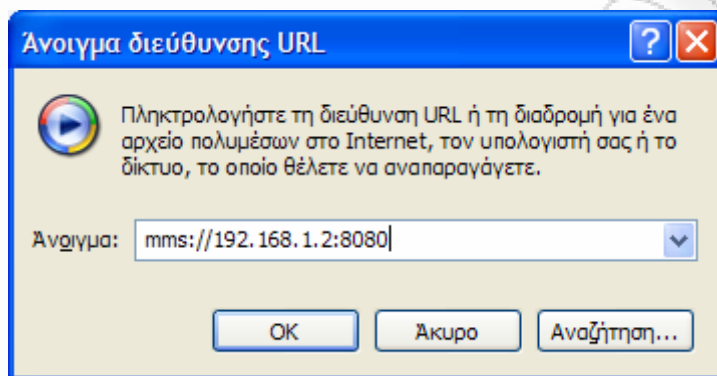
Σχήμα 68. Αποτελέσματα κατά το τέλος μίας επιτυχημένης μετάδοσης (1/2).



Σχήμα 69. Αποτελέσματα κατά το τέλος μίας επιτυχημένης μετάδοσης (2/2).

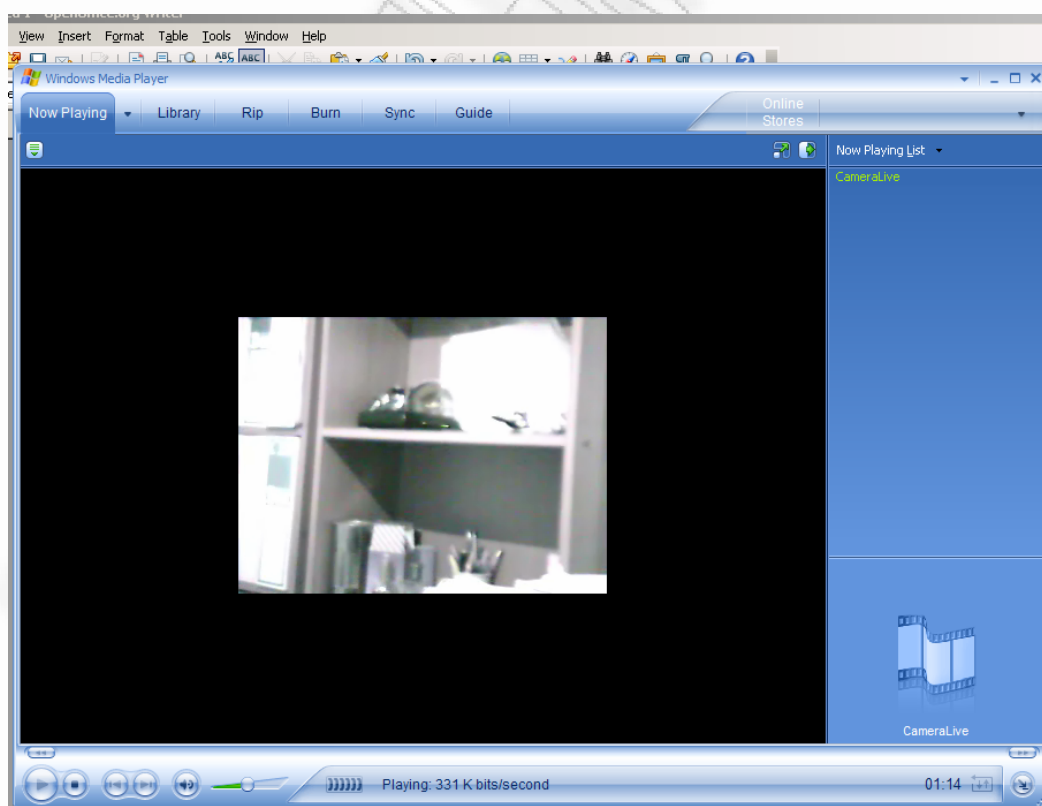
8.3 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΠΟ ΤΟΥΣ CLIENTS

Για την αναπαραγωγή του broadcasting από τους clients θα χρησιμοποιηθεί ο Windows Media Player της Microsoft και ως IP και πόρτα μετάδοσης θα χρησιμοποιηθεί αυτή του server, δηλαδή η 192.168.1.2 με πόρτα την 8080.



Σχήμα 70. Ανοιγμα απομακρυσμένης σύνδεσης από τον WMP.

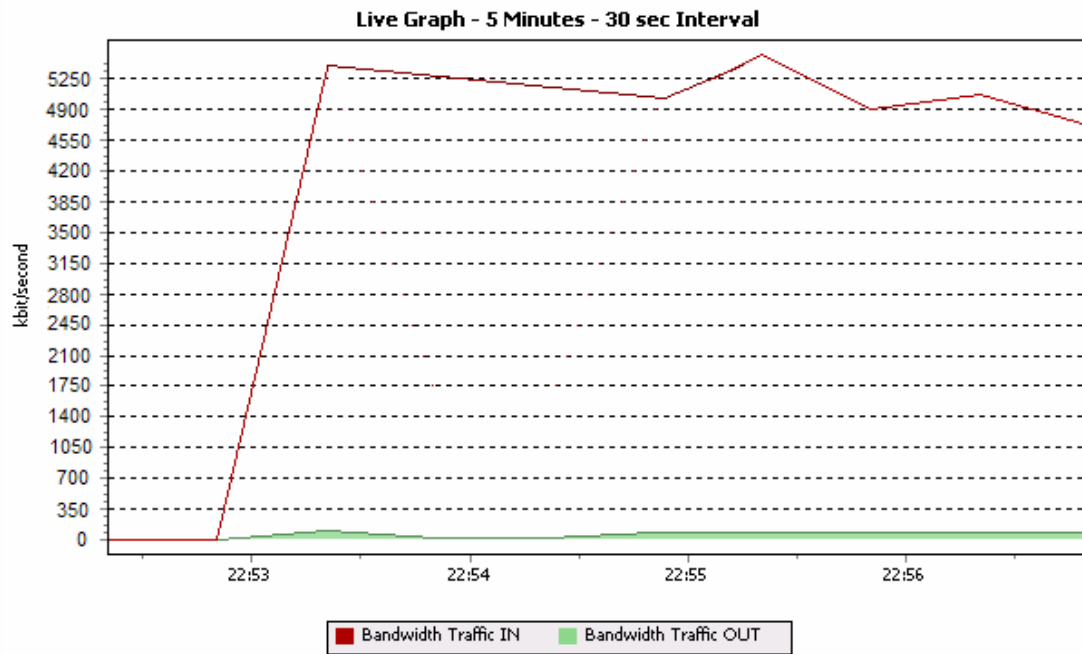
Το αποτέλεσμα παρατηρείται στον client.



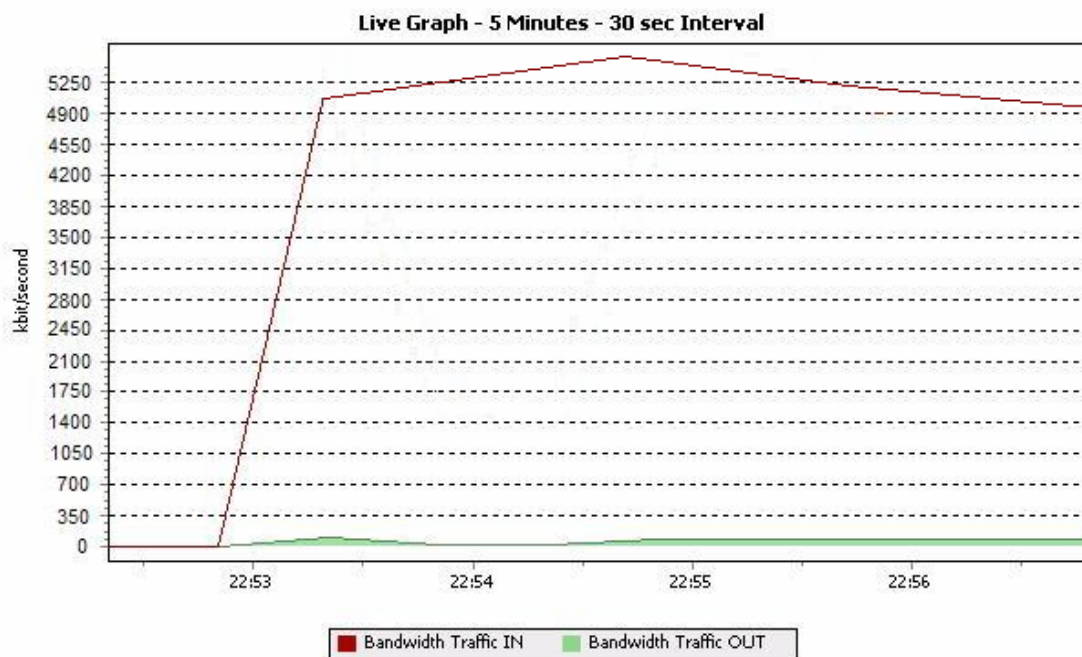
Σχήμα 71. Ζωντανή μετάδοση από τον WMP.

8.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Για τα αποτελέσματα του broadcasting χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό PRTG. Από τις γραφικές παραστάσεις θα γίνει αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

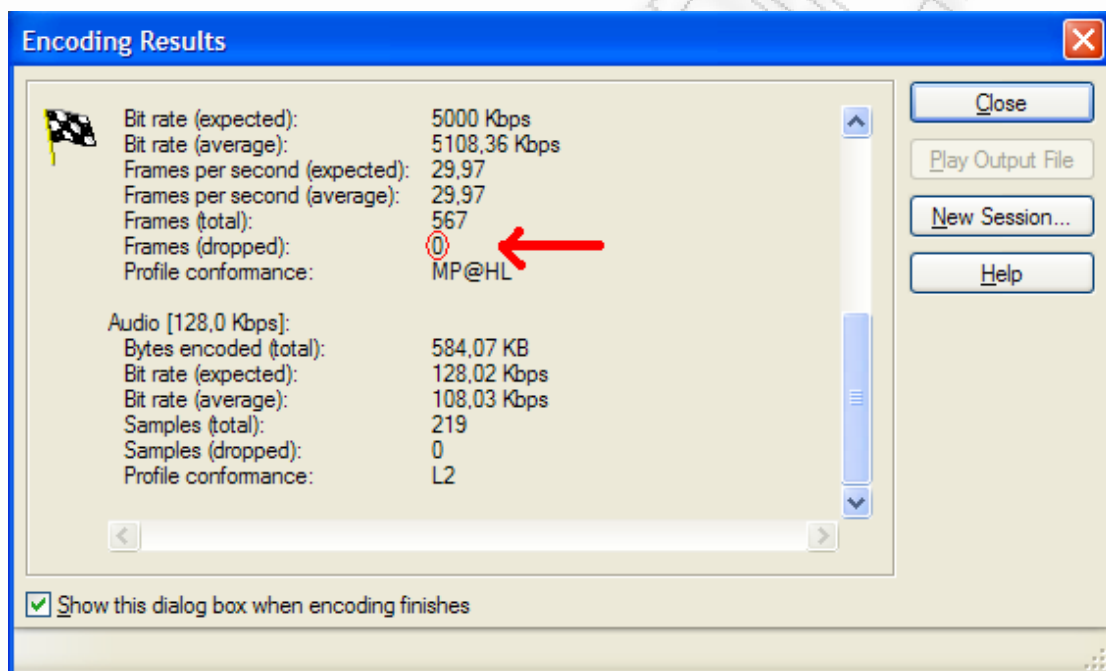


Σχήμα 72. Γραφική παράσταση HD ποιότητας, μετάδοσης, client 1.

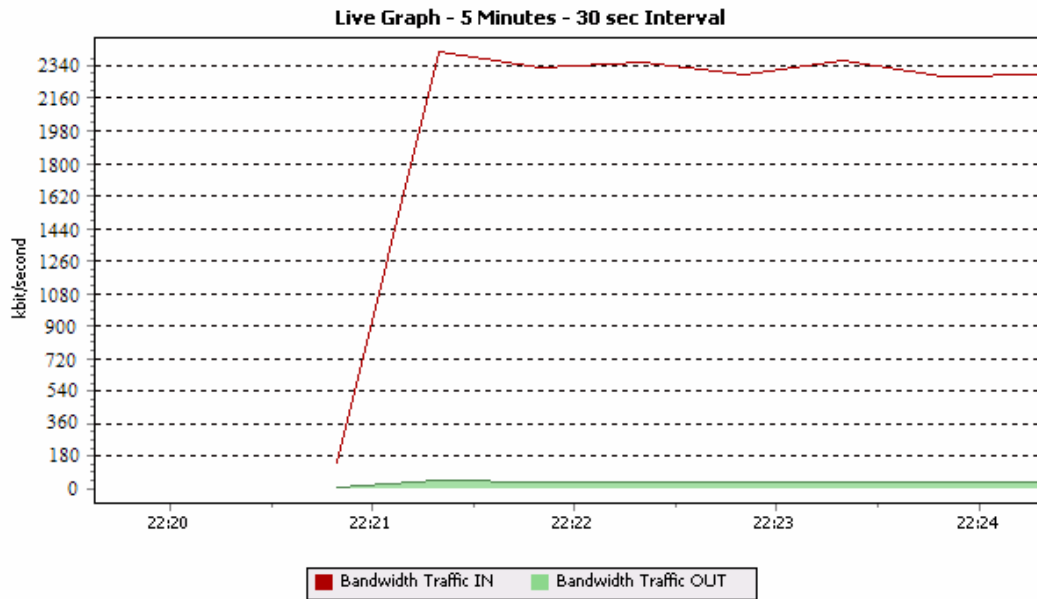


Σχήμα 73. Γραφική παράσταση HD ποιότητας, μετάδοσης, client 2.

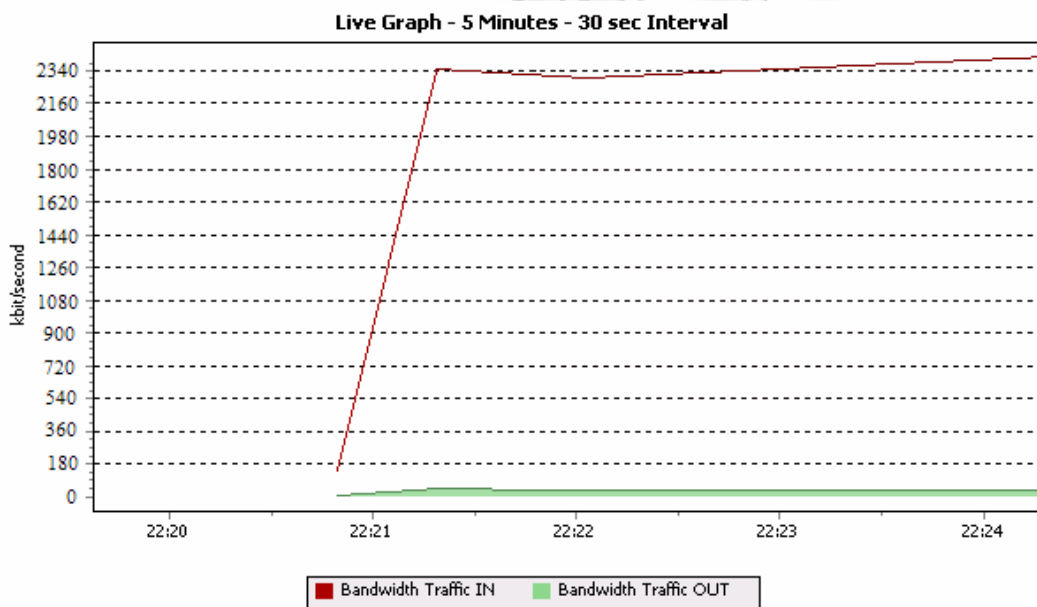
Στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις γίνεται broadcasting με bit rate 5250 kbps, δηλαδή ακολουθεί το πρότυπο HD. Στην πρώτη φαίνεται η μετάδοση του πρώτου client, ενώ στην δεύτερη η μετάδοση του δεύτερου. Σύμφωνα με τις γραφικές παραστάσεις δεν θα πρέπει να υπάρχουν προβλήματα στην μετάδοση αφού οι αποκλείσεις είναι πολύ μικρές. Αυτό επαληθεύεται και από τα αποτελέσματα του λογισμικού Windows Media Encoder, αφού δεν έχει χαθεί κανένα frame (Σχήμα 74). Τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα αφού το εύρος του δικτύου είναι 15 Mbps, το οποίο μετρήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 74. Αποτελέσματα HD ποιότητας μετάδοσης. Μηδενικές απώλειες σε frames.

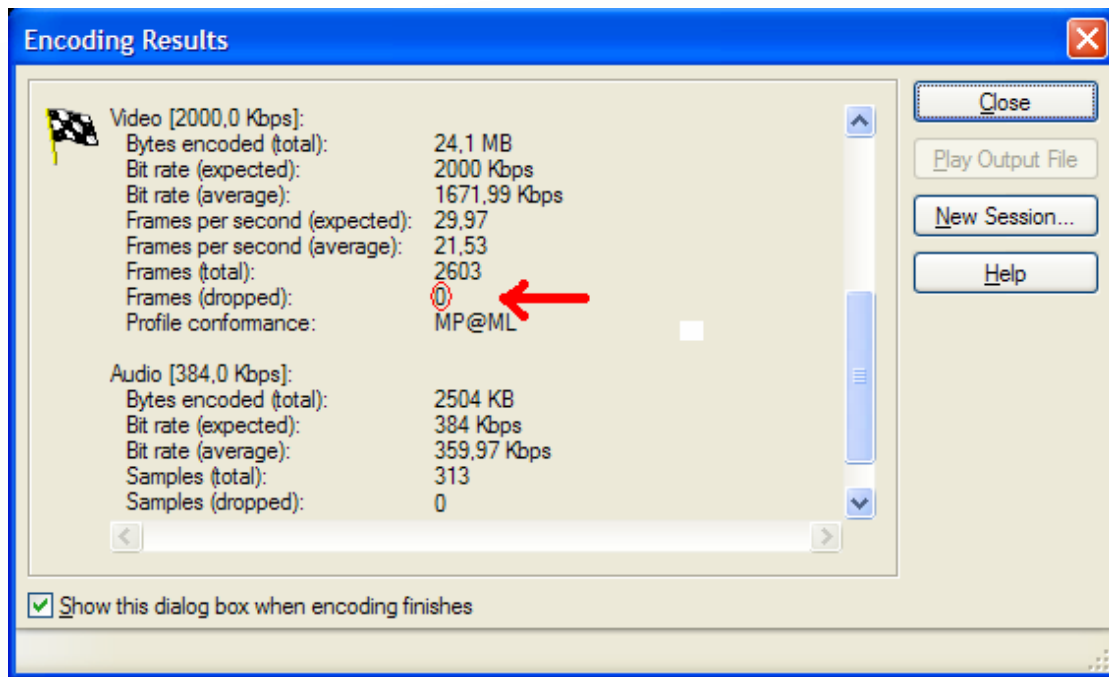


Σχήμα 75. Γραφική παράσταση DVD ποιότητας, μετάδοσης, client 1.

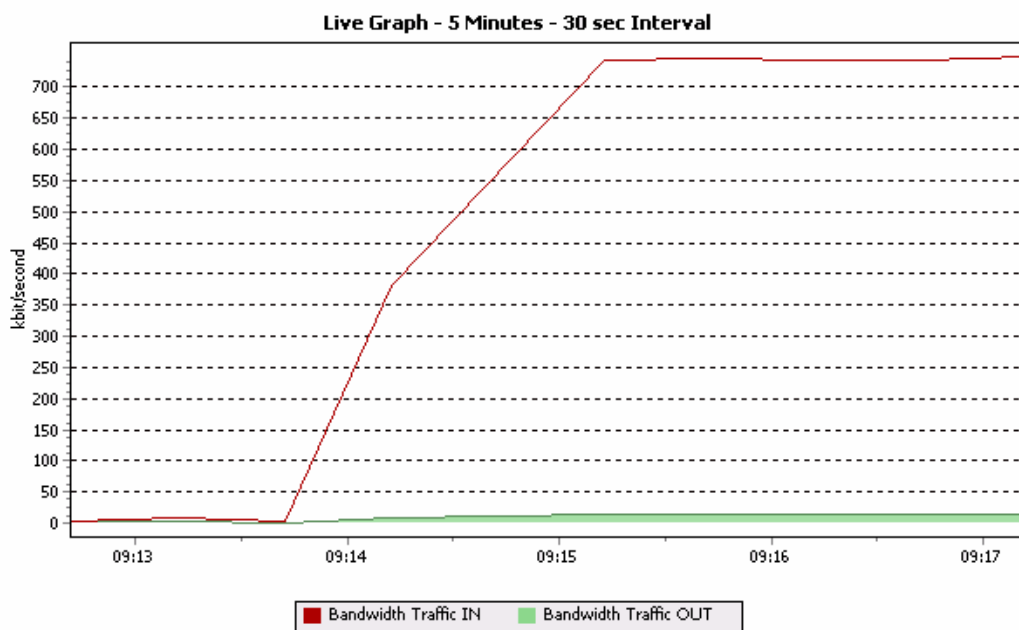


Σχήμα 76. Γραφική παράσταση DVD ποιότητας, μετάδοσης, client 2.

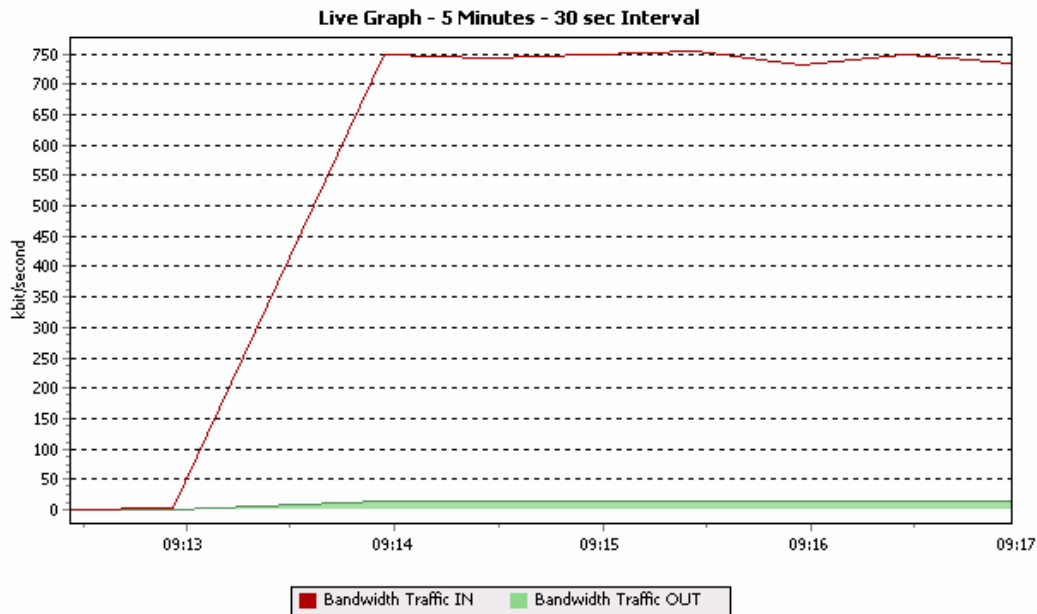
Στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις γίνεται broadcasting με bit rate 2393 kbps, δηλαδή ακολουθεί ποιότητα DVD. Όπως αναμέναμε η μετάδοση ήταν επιτυχής και προς τους δύο client και δεν υπήρχε απόκλιση από τις τιμές μετάδοσης. Η επιβεβαίωση γίνεται και από το Windows Media Encoder (Σχήμα 77).



Σχήμα 77. Αποτελέσματα DVD ποιότητας, μετάδοσης. Μηδενικές απώλειες σε frames.

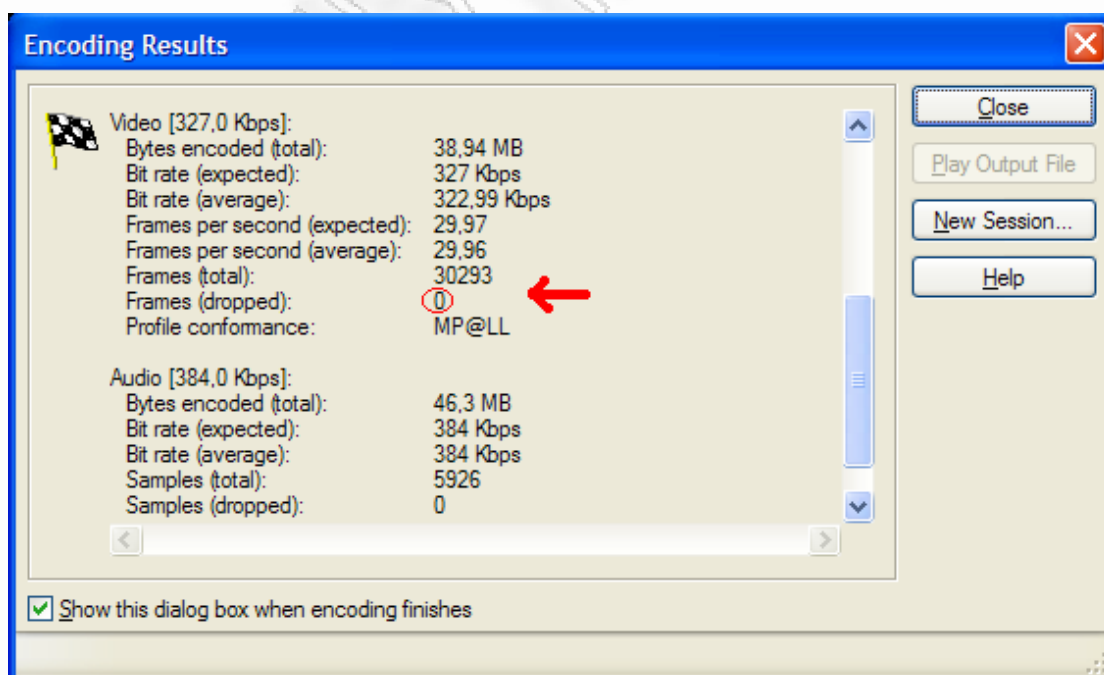


Σχήμα 78. Γραφική παράσταση VHS ποιότητας, μετάδοσης, client 1.



Σχήμα 79. Γραφική παράσταση VHS ποιότητας, μετάδοσης, client 2.

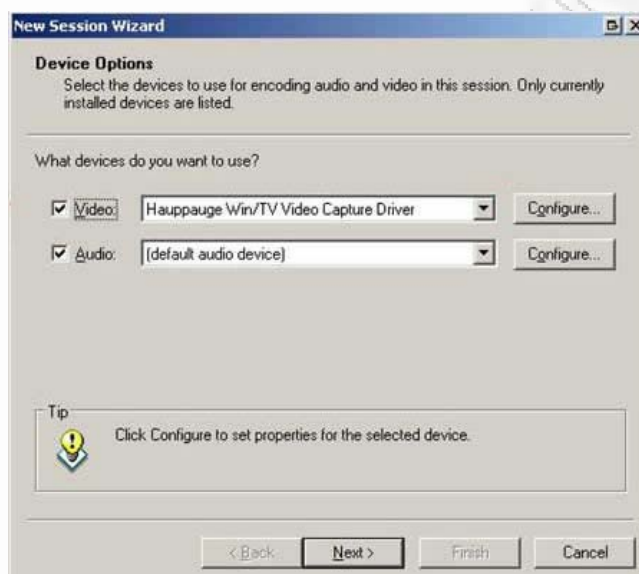
Στις παραπάνω γραφικές παραστάσεις γίνεται broadcasting με bit rate 720 kbps, δηλαδή ακολουθεί ποιότητα VHS. Όπως αναμέναμε η μετάδοση ήταν επιτυχής και προς τους δύο client και δεν υπήρχε απόκλιση από τις τιμές μετάδοσης. Η επιβεβαίωση γίνεται και από το Windows Media Encoder (Σχήμα 80).



Σχήμα 80. Αποτελέσματα VHS ποιότητας, μετάδοσης. Μηδενικές απώλειες σε frames.

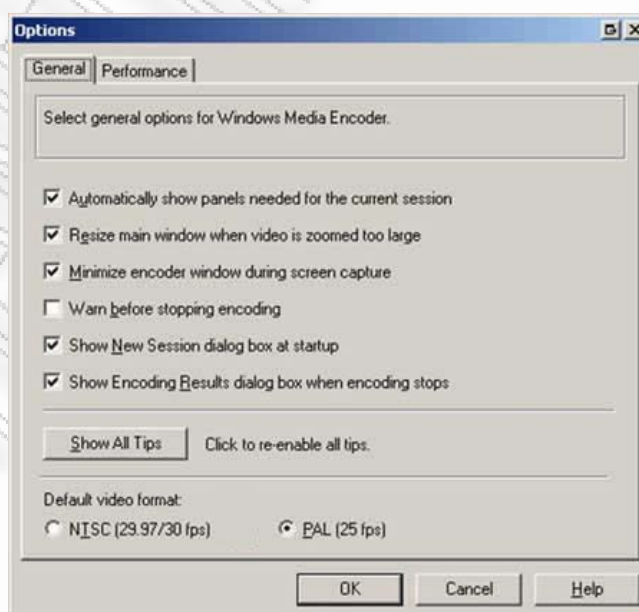
8.5 ΜΕΤΑΔΟΣΗ LIVE ΤΗΛΕΟΡΑΣΗΣ

Στο επόμενο πείραμα θα γίνει broadcasting ζωντανής τηλεόρασης μέσω του λογισμικού Windows Media Encoder. Οι ρυθμίσεις που θα γίνουν στο λογισμικό είναι ίδιες με αυτές από την μετάδοση ζωντανού βίντεο με μόνο μία διαφορά. Πρέπει ως πηγή εισόδου βίντεο και ήχου να επιλεγεί η κάρτα τηλεόρασης (Σχήμα 81). Ως bit rate μετάδοσης θα είναι τα 5393 kbps (HD).



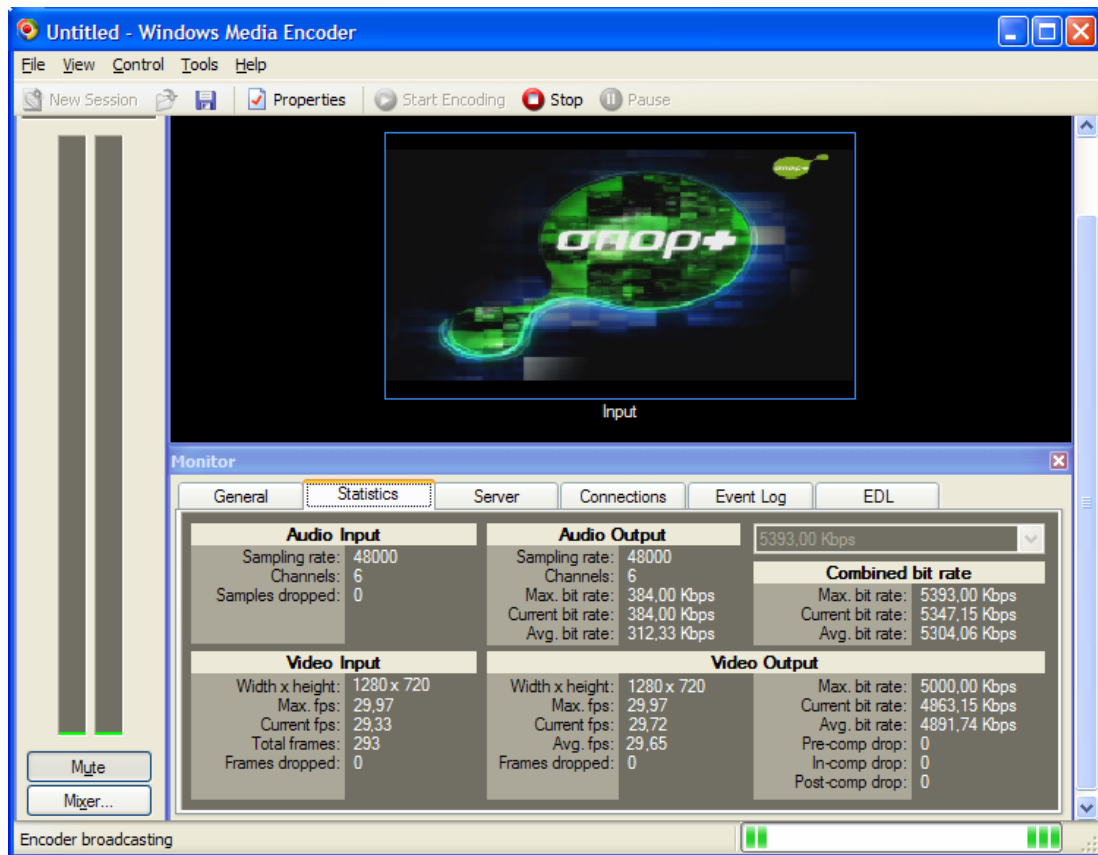
Σχήμα 81. Επιλογή της κάρτας τηλεόρασης ως πηγή εισόδου

Επιπλέον πρέπει μέσα από τις ρυθμίσεις της κάρτας τηλεόρασης (Σχήμα 82) να μειώσουμε τα frames ανά δευτερόλεπτο σε 25 ώστε να ακολουθούν το πρότυπο PAL.



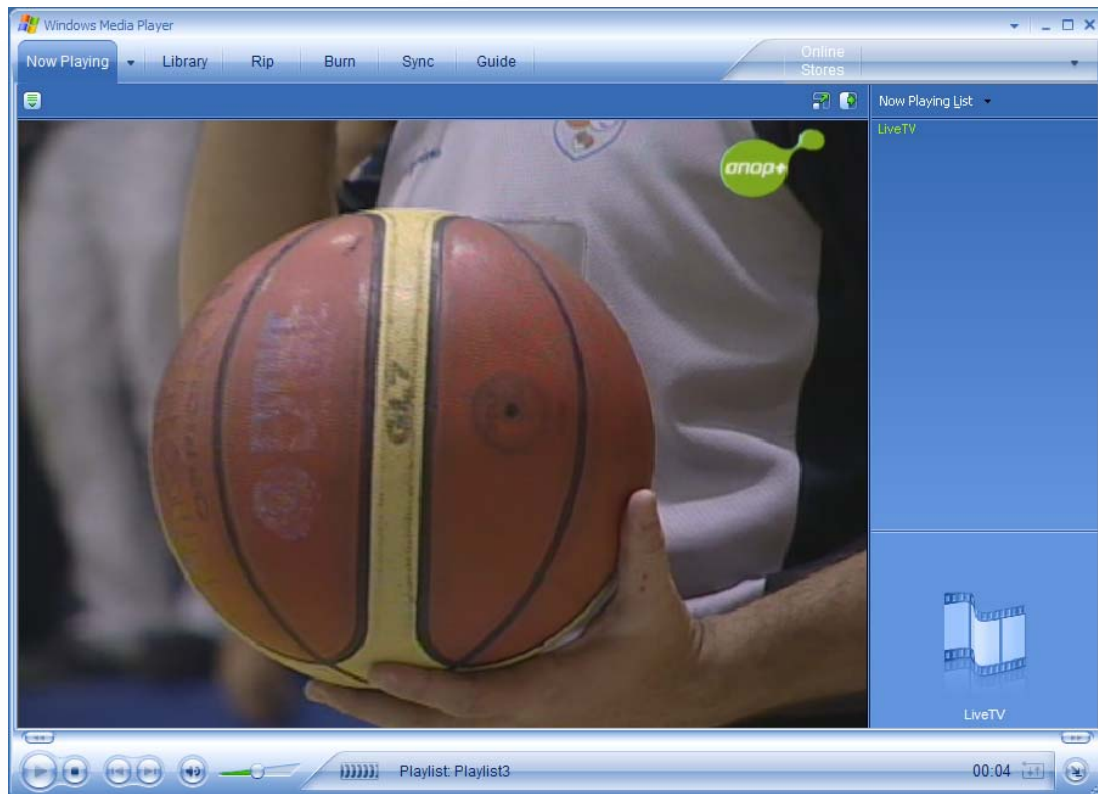
Σχήμα 82. Επιλογή του προτύπου PAL, από τις ρυθμίσεις της κάρτας τηλεόρασης.

Τέλος, έχουμε το panel μετάδοσης του Windows Media Encoder.



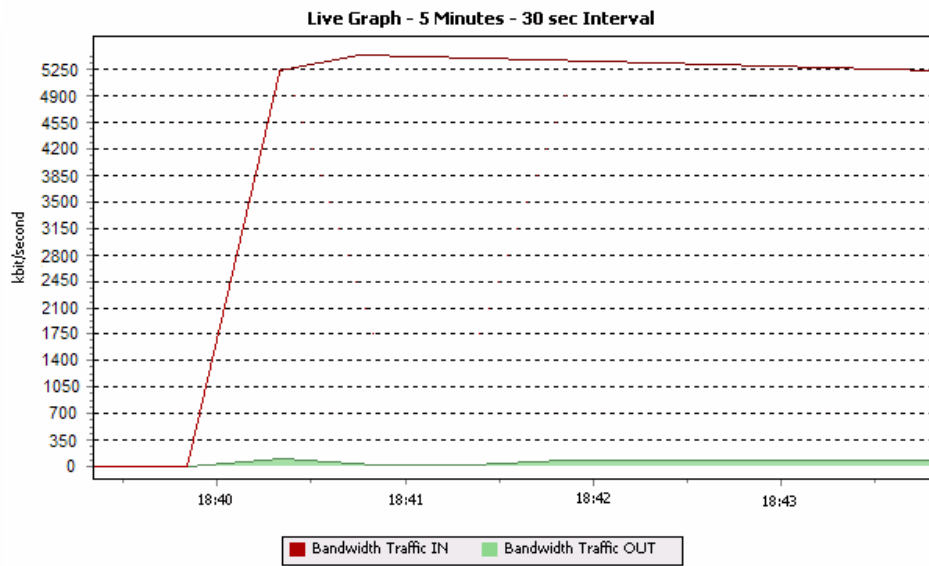
Σχήμα 83. Το panel μετάδοσης του WME. Διακρίνεται η μετάδοση γνωστού ψηφιακού καναλιού της EPT.

Οι client παρακολουθούν live από τον Windows Media Player, με την ίδια διαδικασία όπως και στην προηγούμενη παράγραφο. Για παραμετροποίηση του πειράματος χρησιμοποιήθηκε ένας ακόμα client, με συνολικό αριθμό τους τρεις.

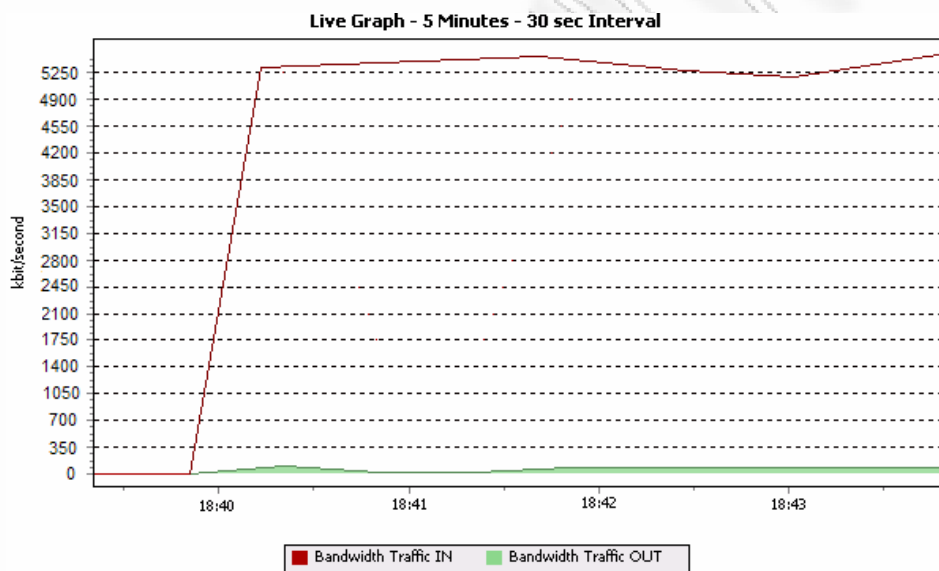


Σχήμα 84. Μετάδοση ζωντανής τηλεόρασης από τον WMP.

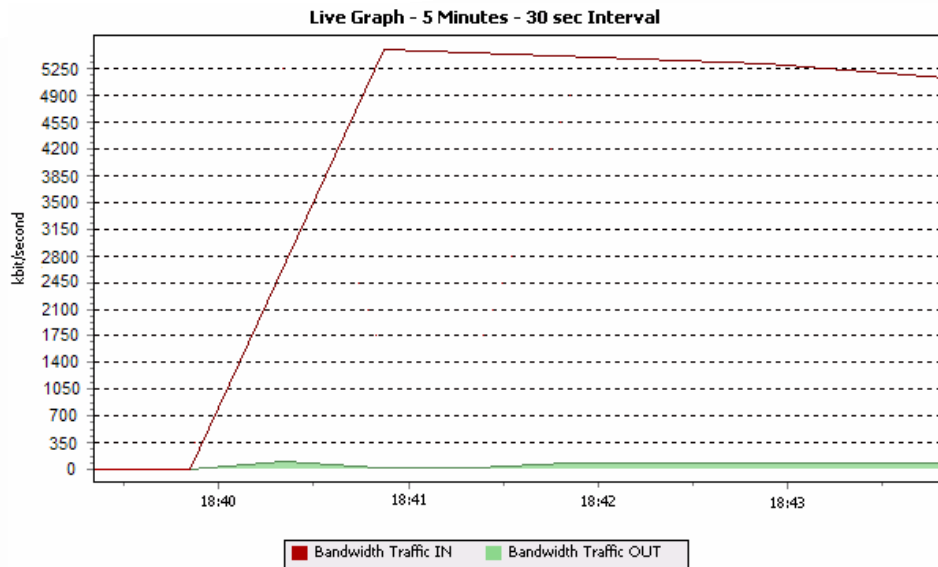
Τα αποτελέσματα της μετάδοσης είναι εντυπωσιακά. Σύμφωνα με τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις η απόκλιση από το μέγιστο-φυσιολογικό bit rate στα 5393 bit rate είναι αμελητέα και στους τρεις client και δεν χάνεται κανένα frame. Αυτό επαληθεύεται και στο τέλος της μετάδοσης από τον συγκεντρωτικό πίνακα του WME (Σχήμα 88). Να σημειωθεί πως γίνεται μετάδοση HD εικόνας στα 720p και οκτακάναλου ήχου και η διάρκεια της μετάδοσης ήταν 47 λεπτά. Η μόνη διαφορά από την παρακολούθηση σε πραγματική τηλεόραση είναι ότι η μετάδοση στους client του δικτύου γίνεται δύο δευτερόλεπτα πιο αργά, λόγω του buffering. Δηλαδή η καθυστέρηση (delay) της εικόνας και του ήχου ανάμεσα στον server και στους client είναι δύο δευτερόλεπτα.



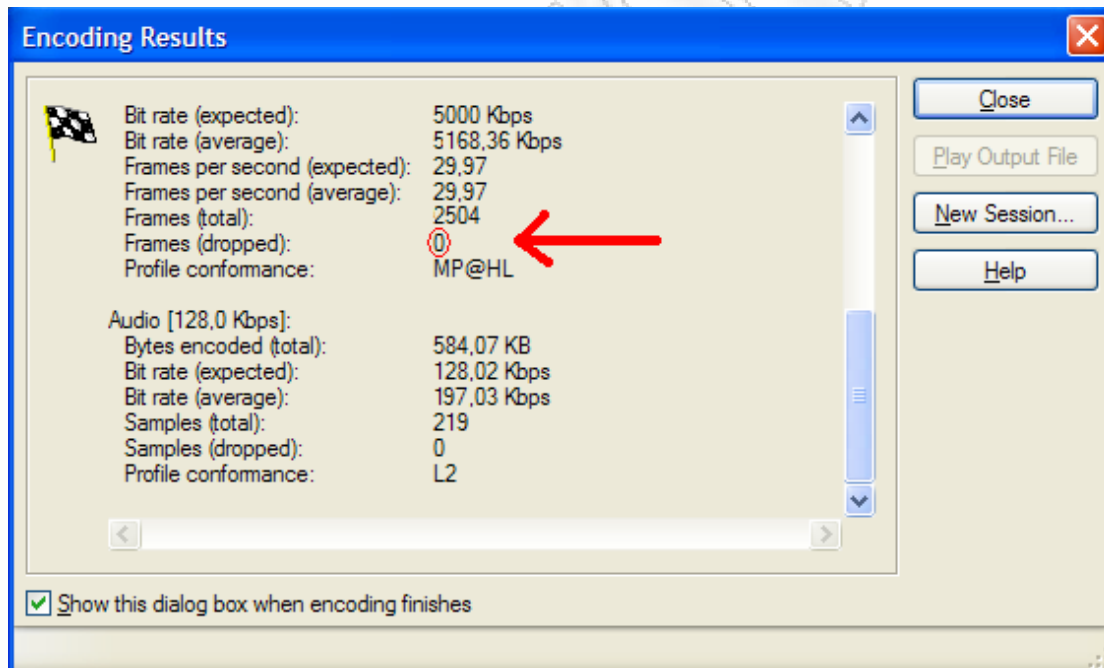
Σχήμα 85. Γραφική παράσταση HD ποιότητας, μετάδοσης, client 1.



Σχήμα 86. Γραφική παράσταση HD ποιότητας, μετάδοσης, client 2.



Σχήμα 87. Γραφική παράσταση HD ποιότητας, μετάδοσης, client 3.



Σχήμα 88. Αποτελέσματα HD ποιότητας, μετάδοσης ζωντανής τηλεόρασης. Μηδενικές απώλειες σε frames.

Από την αξιολόγηση των παραπάνω αποτελεσμάτων αποδεικνύεται πως τουλάχιστον τρεις χρήστες μπορούν να παρακολουθούν ταυτόχρονα ζωντανή τηλεόραση ποιότητας HD σε ένα ασύρματο δίκτυο και για μεγάλη χρονική διάρκεια. Να σημειωθεί πως σε κάθε αλλαγή καναλιού από τον server, στον κάθε client θα προβληθεί μετά από δύο δευτερόλεπτα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στο προηγούμενο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν έτσι ώστε να διαπιστωθούν πειραματικά οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία του 802.11. Συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν οι μετρήσεις της τιμής του bit rate που παίρνουμε όταν χρησιμοποιηθεί κάποιο 802.11 πρωτόκολλο (802.11g και 802.11b) ως τεχνολογία για την εγκατάσταση ενός δικτύου, εξετάστηκε το πώς η τιμή του bit rate μεταβάλλεται όταν παρεμβάλλεται ένα εμπόδιο, το πώς το εύρος ζώνης ενός καναλιού επικοινωνίας μοιράζεται όταν χρησιμοποιείται από πολλούς χρήστες και τέλος εξετάστηκε η περίπτωση παροχής broadcast υπηρεσιών σε ένα 802.11 δίκτυο. Λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν και τον σχολιασμό αυτών που έγιναν σε προηγούμενο κεφαλαίο αλλά και τα χαρακτηριστικά των 802.11 πρωτοκόλλων που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα.

Για την υλοποίηση ενός 802.11 εσωτερικού ασύρματου δικτύου η χρήση του 802.11g πρωτοκόλλου αποτελεί την καλύτερη επιλογή εφόσον σε σχέση με το 802.11b παρέχει τον υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης.

Κατά το σχεδιασμό ενός 802.11 Infrastructure δικτύου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης διαμοιράζεται μεταξύ των χρηστών που εξυπηρετούνται από το AP. Αυτό σημαίνει ότι εάν X είναι το διαθέσιμο εύρος και Y ο αριθμός των χρηστών που χρησιμοποιούν το κανάλι επικοινωνίας για μετάδοση και λήψη δεδομένων τότε το bit rate με το οποίο ο καθένας θα λαμβάνει δεδομένα θα είναι X/Y .

Επιπλέον, η παρακολούθηση ενός αρχείου ψηφιακού βίντεο MPEG-2 σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο 802.11g είναι καλή, όταν η ροή μεταφοράς του MPEG-2 είναι μικρότερη ή ίση με 22 Mbps, που αντιστοιχεί στο bitrate του ασύρματου δικτύου (throughput). Αξίζει να σημειωθεί, ότι το bitrate που υποστηρίζει το 802.11g είναι ικανό να υποστηρίξει μετάδοση HD (High Definition) βίντεο (15Mbps).

Κατά την εγκατάσταση ενός δικτύου (AP's και SA's) το οποίο χρησιμοποιεί το 802.11g πρωτόκολλο πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι η παρουσία συσκευών που στηρίζονται στο 802.11b θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του bit rate που παρέχεται από το δίκτυο .

Η τιμή του fragmentation threshold πρέπει να καθορίζεται μετά από προσεκτική μελέτη και αυτό διότι μπορεί η αποστολή μίας MSDU σε fragments να είναι θεμιτή όταν το ασύρματο κανάλι έχει προβλήματα διάδοσης αλλά ο ορισμός μικρής τιμής για το fragmentation threshold μπορεί να μειώσει το bit rate του δικτύου. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι μία μικρή τιμή του fragmentation threshold δεν θα αποφέρει καμία επιπλέον βελτιστοποίηση στην ποιότητα της σύνδεσης όταν το δίκτυο χρησιμοποιείται για broadcast ή multicast εφαρμογές για παράδειγμα multicast video και αυτό διότι από το 802.11 δεν εφαρμόζεται fragmentation στα multicast και broadcast πακέτα.

Ένας ακόμη παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει τις δυνατότητες ενός 802.11 δικτύου είναι το είδος των παρερχόμενων υπηρεσιών προς τους χρήστες. Όπως είδαμε η παροχή broadcast υπηρεσιών για παράδειγμα broadcast video από ένα AP σε ένα κανάλι είναι ανεξάρτητη των χρηστών που λαμβάνουν την υπηρεσία, γεγονός που τα καθιστά μια αξιόπιστη λύση για εφαρμογές όπως αυτής της βίντεο ζήτησης.

Βάση των συμπερασμάτων τα οποία στηρίχθηκαν σε πραγματικές πειραματικές μετρήσεις μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ανάπτυξη ευζωνικών ασύρματων δικτύων για πρόσβαση σε διαδραστικές IP υπηρεσίες με τη χρήση του 802.11g είναι εφικτή καθώς υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης μεταξύ απομακρυσμένων κόμβων. Όμως τις δυνατότητες του δικτύου υπαγορεύουν κάθε φορά παράγοντες όπως η οπτική επαφή μεταξύ των σταθμών και ο διαμοιρασμός του ωφέλιμου bit rate σε ένα κανάλι επικοινωνίας βάση του αριθμού των χρηστών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Gerard Faria, “*The marvels of the OFDM*”, Scientific director ITIS, France, 2004
- [2] ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000(E), “ *IEEE std 802.11a-1999, part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications. High-speed Physical Layer in the 5 GHz Band*”,1999
- [3] Dr. Jong-Moon Chung, “ *Introduction To IEEE 802.11b Wireless LAN*”, School of Electrical and Computer Engineering, Oklahoma state University,November 2003
- [4] Gilbert Held, “*Data over Wireless Networks Bluetooth, WAP, and Wireless LANs*”, McGraw-Hill, Inc, 2001
- [5]Borisov, N., Goldberg, I., & Wagner, D, “*Intercepting Mobile Communications: The Insecurity of 802.11*”, 2001
- [6] Dornan, A, “*Emerging Technology: Wireless Lan Standards*”, NetworkMagazine, February 2002
- [7] Andrew S.Tanenbaum, ‘Computer Networks’, 3rd Edition, Prentice-Hall,Inc
- [8] ISO/IEC IS 13818, ‘Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, Part 2: Video.’ Nov. 1994.
- [9] Πλακογιάννης-Φωτίου Πέτρος, Τουμανίδης Νικόλαος “ Μετάδοση τηλεοπτικού σήματος σε κινητούς δέκτες ” , Πανελλήνιο συνέδριο Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Λάρισα, 30-31 Μαρτίου και 1-2 Απριλίου 2006
- [10] Rob Koenen (2002), “*Overview of the MPEG-4 standard*”, International organisation for standardisation
- [11] ITU-R BT500.

[12] Dapeng Wu, Yiwei Thomas Hou, Wenwu Zhu, Ya-Qin Zhang Fellow, Jon M. Peha. “*Streaming Video over the Internet: Approaches and Directions*”

[13] ISO/IEC IS 13818, “*Information Technology - Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information, Part 2: Video.*”, November 1994.

[14] Plakogiannis Fotiou-Petros, Toumanidis Nikolaos. “*Convergence between digital video broadcasting terrestrial and third generation cellular telephony system (e.g. UMTS)*”. Annual Conference on Telecommunications and Multimedia – TEMU Heraklio, June 2005

[15] Π.Χ.Βαφειάδη. “*Αναλογική-Ψηφιακή τηλεόραση και βίντεο*”. Αθήνα 2001

[16] Pallis E, Pantos G, Kourtis A, Alexandridis AA. “*QoS in the provision of MPEG-2 programmes in a wireless indoor environment*”. Proceedings of the 1999 International Workshop on Mobile Communications Focused on UMTS and IMT-2000, June 1999;105-111.

[17] Jun-hee Lim. “*Experiment report for transmitting HDTV on wireless*”, March 2005

[18] S. Casner, "Frequently Asked Questions (FAQ) on the Multicast Backbone (MBONE)," December 22 1994

[19] S. Deering, "Host Extensions for IP Multicasting," Internet Request For Comment 1112, August 1989

[20] Schooler, E.M., “Case Study: Multimedia Conference Control in a Packet-switched Teleconferencing System” Journal of Internetworking: Research and Experience, June 1993

[21] Yang Xiao, Jon Rosdahl. “*Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11*”. Communications Letters, Vol. 6, No. 8, Aug. 2002.