



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΝΑΥΠΑΚΤΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

“Μελέτη Απόδοσης Ασύρματων Δικτύων Με Multimedia Εφαρμογές”

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: Χαραλαμπόπουλος Γεώργιος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Πραγιάτη Αγγελική

ΝΑΥΠΑΚΤΟΣ 2010

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Ναύπακτος, .../.../2010

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ:

1. Πραγιάτη Αγγελική
2.
3.

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μελετά την απόδοση των ασύρματων δικτύων κατά την μεταφορά video streaming εφαρμογών. Το δίκτυο αποτελείται από ασύρματους σταθμούς που αναπτύσσονται στο χώρο ενδιαφέροντος και σχηματίζουν ένα ασύρματο δίκτυο με την χρήση των IEEE 802.11x πρωτοκόλλων επικοινωνίας. Η επικοινωνιακή τοπολογία αυτήν των δικτύων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

- **Δίκτυο Υποδομής (Infrastructure):** Υπάρχουν κάποια σταθερά σημεία πρόσβασης (Access Points-AP) για να μπορούν οι κινητές συσκευές να επικοινωνούν μέσω αυτών.
- **Από-σημείο-προς-σημείο (Ad hoc):** Οι συσκευές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους απ' ευθείας χωρίς δικτυακή υποδομή.

Στα πλαίσια της πτυχιακής μελετώνται τόσο η οικογένεια πρωτοκόλλων 802.11x ως προς τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες επικοινωνίας που προσφέρει καθώς και το πρότυπο MPEG-4 που χρησιμοποιείται από streaming εφαρμογές ως προς τα χαρακτηριστικά του φορτίου αλλά και τις απαιτήσεις που επιβάλλει στην δικτυακή υποδομή. Η θεωρητική ανάλυση συμπληρώθηκε από μελέτη με εξομοίωση των ασύρματων δικτύων με τη χρήση εργαλείων ανοιχτού κώδικα (Open Source), όπως είναι ο NS-2 σε περιβάλλον Windows Vista με τη βοήθεια του Cygwin. Ορίστηκαν διαφορετικά σενάρια για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων ως προς την καταλληλότητα των ασύρματων δικτυακών υποδομών και τις συνθήκες λειτουργίας τους.

Τα σενάρια που ορίστηκαν για την εξομοίωση περιλαμβάνουν τις 2 εναλλακτικές επικοινωνιακές δομές (infrastructure και ad hoc) και παραμέτρους που χαρακτηρίζουν την κίνηση του δικτύου, τη διαμόρφωση της πρόσβασης στο ασύρματο μέσο και την τοπολογία του δικτύου. Τα αποτελέσματα των εξομοιώσεων αφορούν στα ποιοτικά μέτρα απόδοσης του δικτύου με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά σε:

- Από-άκρο-σε-άκρο καθυστέρηση και ρυθμοαπόδοση κίνησης σταθερού ρυθμού μετάδοσης bits.
- Πόσοι κόμβοι μπορούν να συνδεθούν παράλληλα σε ένα Access Point χωρίς να μειώνεται η απόδοση του δικτύου
- Ρυθμοαπόδοση των συνδέσεων χωρίς βαρύ φορτίο
- Επίδραση του μεγέθους πακέτων στη ρυθμοαπόδοση του δικτύου

Abstract

This thesis studies the performance of wireless networks supporting video streaming applications. The network consists of wireless stations deployed in the area of interest that form a wireless network using the IEEE 802.11x communication protocol. The communication topology of such networks is divided into two categories:

- ♣ Network Infrastructure: Fixed access points (AP) enable mobile devices to communicate through them.
- ♣ On-Point-to-point (Ad hoc): The mobile devices can communicate directly without the need of any network infrastructure.

In the context of this work, the 802.11x family of communication protocols is evaluated with respect to the offered communication capabilities and the MPEG-4 standard used by streaming applications is analyzed with regards to network traffic and respective requirements imposed on the underlying communication infrastructure. The theoretical analysis is complemented by the simulation-based evaluation of wireless networks performance under the open source ns-2 environment over Windows Vista and Cygwin. Different scenarios have been defined for the extraction of useful conclusions concerning the suitability of wireless network infrastructures under varying operating conditions.

The outlined simulation scenarios cover 2 alternative communication topologies (infrastructure and ad hoc) and parameters characterizing the network traffic, MAC configuration parameters and network topology. Simulation results on the quality of network performance metrics assist in drawing conclusions with respect to:

- ♣ End-to-end delay and throughput of constant bit rate
- ♣ How many nodes can an Access Point handle without performance degradation
- ♣ Throughput efficiency under light traffic load
- ♣ Impact of packet size on throughput

Ευχαριστίες

Τελειώνοντας την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στα άτομα που με την πολύτιμη βοήθειά τους έκαναν δυνατή την εκπόνησή της.

Κατ' αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου κ. Αγγελική Πραγιάτη για την επίβλεψη της εργασίας, τις πολύτιμες συμβουλές της και την συμπαράστασή της ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα εργασία αλλά και για τη δυνατότητα που μου παρείχε ν' ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου που χωρίς την ψυχική και υλική βοήθειά τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους δεν θα ήταν δυνατό να ολοκληρώσω τις προπτυχιακές μου σπουδές.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 ^ο : Εισαγωγή	13
Κεφάλαιο 2 ^ο : Δικτυακές Υποδομές Για Streaming Εφαρμογές	15
2. Πρότυπα Επικοινωνίας.....	16
2.1 IEEE 802.11	16
2.1.1 Πρότυπο IEEE 802.11b.....	16
2.1.2 Πρότυπο IEEE 802.11a	17
2.1.3 Πρότυπο IEEE 802.11g.....	17
2.1.4 Πρότυπο IEEE 802.11e	17
2.1.5 Υποπρότυπο IEEEα 802.11f.....	18
2.1.6 Πρότυπο IEEE 802.11i.....	19
2.1.7 Πρότυπο IEEE 802.11h.....	20
2.2 Χαρακτηριστικά υποστρώματος MAC (Medium Access Control) για 802.11 – Διαστρωμάτωση	21
2.2.1 Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11.....	22
2.2.2 Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11.....	23
2.3 Ultra Wide Band (UWB), IEEE 802.15.3a	23
2.4 Homeplug 1.0	25
2.5 IEEE 802.16 (Ασύρματο Δίκτυο Μητροπολιτικής Περιοχής).....	25
2.6 IEEE 802.20	27
2.7 Τεχνολογία Δικτυακής Υποδομής.....	29
2.7.1 Ασύρματα Δίκτυα Υποδομής	28
2.7.2 Ad hoc Ασύρματα Δίκτυα	29
2.7.3 Δικτυακή Υποδομή.....	30
2.8 Παραδείγματα Τυπικών Δικτυακών Υποδομών	32
2.8.1 Δίκτυο σπιτιού.....	32
2.8.2 Hot Spot.....	34

2.9 Πρωτόκολλα δρομολόγησης για ad hoc δίκτυα	35
2.9.1 Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing Protocol (DSDV)	37
2.9.2 AODV	39
2.9.3 Dynamic Source Routing Protocol (DSR).....	40
Κεφάλαιο 3 ^ο : Streaming Εφαρμογές.....	45
3.1 Τα πρότυπα κωδικοποίησης video και ήχου.....	45
3.1.1 MPEG-1.....	45
3.1.2 MPEG-2.....	45
3.1.3 MPEG-4.....	47
3.1.4 Τα Μέρη Του MPEG-4 Προτύπου	48
3.1.5 Τεχνική Σύνοψη	49
3.2 Σύγκριση και εκτίμηση του MPEG προτύπου.....	50
Κεφάλαιο 4 ^ο : Πειραματικό Μέρος.....	52
4.1 Περιγραφή Περιβάλλοντος Εξομοίωσης.....	52
4.2 Γενική Περιγραφή Σεναρίων.....	52
4.3 Σενάρια σε Ad hoc δίκτυα.....	53
4.3.1 Σενάριο 1 ^ο : Ροή δεδομένων από ένα σταθερό κόμβο στον κινητό.....	53
4.3.2 Σενάριο 2 ^ο : Παράλληλη ροή δεδομένων τρίτων κόμβων.....	54
4.3.3 Σενάριο 3 ^ο : Μεταβολή μεγέθους πακέτου και επίδραση στη ρυθμοαπόδοση.....	54
4.3.4 Σενάριο 4 ^ο : Ροή δεδομένων από κινητό κόμβο προς δύο σταθερούς.....	55
4.3.5 Σενάριο 5 ^ο : Αποστολή πακέτων από τον κινητό κόμβο προς τρεις σταθερούς.....	55
4.4 Σενάρια σε Infrastructure δίκτυο.....	56
4.4.1 Σενάριο 1 ^ο : Παράλληλη ροή δεδομένων μέσω AP	56
4.4.2. Σενάριο 2 ^ο : Αποστολή πακέτων από τον κινητό κόμβο προς τρεις σταθερούς.....	56
4.4.3 Σενάριο 3 ^ο : Μέγιστος αριθμός κόμβων που μπορούν να συνδεθούν σε ένα AP....	57
Κεφάλαιο 5 ^ο : Αποτελέσματα Και Συμπεράσματα.....	58
5.1 Αποτελέσματα Σεναρίων Για Ad-hoc Δίκτυα.....	58

5.1.1 Ποσοστό χαμένων πακέτων.....	58
5.1.2 Καθυστέρηση μετάδοσης	59
5.1.3 Ρυθμοαπόδοση.....	61
5.2 Σύγκριση Ad-Hoc με Infrastructure Δίκτυο.....	63
5.2.1 Ρυθμοαπόδοση.....	63
5.2.2 Καθυστέρηση.....	64
5.2.3 Μέση ρυθμοαπόδοση και μέση καθυστέρηση.....	64
5.2.4 Μέση ρυθμοσπόδοση και μέση καθυστέρηση	64
5.3 Μελέτη αριθμού κόμβων συνδεδεμένων σε ένα Access Point.....	66
5.3.1 Μέση ρυθμοαπόδοση.....	66
5.3.2 Ποσοστό Χαμένων Πακέτων.....	67
5.3.3 Καθυστέρηση.....	67
Κεφάλαιο 6° :Συμπεράσματα.....	70
6.1 Ρυθμοαπόδοση (throughput).....	70
6.2 Καθυστέρηση (delay).....	70
6.3 Χαμένα πακέτα (dropped packets).....	71
6.4 Σύγκριση Ad – hoc με Infrastructure δικτύου.....	71
Βιβλιογραφία	72
Διευθύνσεις Internet.....	73
Κώδικας TCL	74

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 2.1 : Αλγόριθμοι Κρυπτογράφησης.....	20
Εικόνα 2.3: Γραφική απεικόνιση MAC για 802.11.....	22
Εικόνα 2.4: Υπό-επίπεδα Φυσικού επιπέδου 802.11.....	23
Εικόνα 2.5: Η τοπολογία ενός infrastructure WLAN.....	29
Εικόνα 2.6: Η τοπολογία ενός ad-hoc WLAN.....	30
Εικόνα 2.8: Διαφορές DSDV, AODV και DSR.....	43
Εικόνα 3.1 : Οι βελτιώσεις στην ικανότητα κωδικοποίησης εγκαθίστανται από τον διαγωνισμό που βασίζεται στο MPEG.....	46
Εικόνα 3.2 : Οι βελτιώσεις στην ικανότητα κωδικοποίησης εγκαθίστανται απ' τον διαγωνισμό που βασίζεται στο MPEG.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 3.3 : Συσκευές που μπορεί να υποστηρίξει κάθε στάδιο κωδικοποίησης-αποκωδικοποίησης του MPEG-4.....	47
Εικόνα 3.4 : Τα Τμήματα Του MPEG-4, τα βέλη αντιπροσωπεύουν τη ροή των bits μέσω του MPEG-4 συστήματος.....	49
Εικόνα 3.5 : Ένα σχέδιο MPEG-4 που χρησιμοποιεί πολλαπλά αντικείμενα και αρχικά ρεύματα.....	51
Εικόνα 4.1: Γενική Τοπολογία.....	53
Εικόνα 4.2: NAM 1 ^{ου} σεναρίου.....	53
Εικόνα 4.3: NAM 2 ^{ου} σεναρίου.....	54
Εικόνα 4.4: NAM 3 ^{ου} σεναρίου.....	54
Εικόνα 4.5: NAM 4 ^{ου} σεναρίου.....	55
Εικόνα 4.6: NAM 5 ^{ου} σεναρίου.....	56
Εικόνα 4.7: NAM 1 ^{ου} infrastructure σεναρίου.....	56
Εικόνα 4.8: NAM 2 ^{ου} infrastructure σεναρίου.....	57
Εικόνα 4.9: NAM 3 ^{ου} infrastructure σεναρίου.....	58

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά βασικών προτύπων του 802.11.....	21
Πίνακας 2.7: Χαρακτηριστικά προτύπων ασύρματης δικτύωσης.....	32

Λίστα Γραφημάτων

5.1 Γραφική απεικόνιση του ποσοστού των χαμένων πακέτων.....	59
5.2 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 1 ^{ου} σεναρίου.....	60
5.3 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 2 ^{ου} σεναρίου.....	60
5.4 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 3 ^{ου} σεναρίου.....	61
5.5 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 4 ^{ου} σεναρίου.....	61
5.6 Γραφική Παράσταση για τη ρυθμοαπόδοση του 1 ^{ου} σεναρίου.....	62
5.7 Γραφική Παράσταση για τη ρυθμοαπόδοση του 3 ^{ου} σεναρίου.....	63
5.8 Γραφική απεικόνιση για την μέση ρυθμοαπόδοση (mean throughput).....	63
5.9 Γραφική Παράσταση για το Throughput του ad-hoc σεναρίου.....	64
5.10 Γραφική Παράσταση για το Throughput του infrastructure σεναρίου.....	64
5.11 :Καθυστέρηση για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο.....	65
5.12 Ποσοστό χαμένων πακέτων για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο.....	66
5.13 Μέσο throughput για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο.....	66
5.14 Μέσο delay για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο.....	67
5.15 Τιμές μέσου throughput και αριθμός κόμβων.....	68
5.16 Ποσοστό χαμένων πακέτων από 0 ως 30 κόμβους.....	68
5.17 Καθυστέρηση δικτύου με πέντε κόμβους.....	69
5.18 Καθυστέρηση δικτύου με δέκα κόμβους.....	69
5.19 Καθυστέρηση δικτύου με δεκαπέντε κόμβους.....	70

5.20 Καθυστέρηση δικτύου με είκοσι κόμβους.....	70
5.21 Καθυστέρηση δικτύου με εικοσιπέντε κόμβους.....	71
5.22 Καθυστέρηση δικτύου με είκοσι εννιά κόμβους.....	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει στόχο την μελέτη της συμπεριφοράς και απόδοσης ασύρματων δικτύων όσον αφορά στην καταλληλότητά τους για την υποστήριξη multimedia εφαρμογών. Οι δύο πτυχές της εργασίας καλύπτουν κυρίως την δικτυακή υποδομή και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας καθώς και το επίπεδο της εφαρμογής ως προς τις επικοινωνιακές απαιτήσεις που θέτει στα υποκείμενα επίπεδα.

Πιο αναλυτικά μελετήθηκαν τα πρωτόκολλα της οικογένειας 802.11x και οι εφαρμογές πολύπλεξης εικόνας-ήχου κατά το πρότυπο MPEG, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στο MPEG-4 που χρησιμοποιείται από streaming εφαρμογές ως προς τα χαρακτηριστικά του φορτίου αλλά και τις απαιτήσεις που επιβάλλει στην δικτυακή υποδομή. Στόχος της αναλυτικής μελέτης είναι η επιλογή του κατάλληλου πρωτοκόλλου 802.11 καθώς και του προτύπου MPEG για την δημιουργία σεναρίων και την συμπλήρωση της μελέτης απόδοσης ασύρματων δικτύων με multimedia εφαρμογές.

Στη θεωρητική ανάλυση αναφέρονται η οικογένεια πρωτοκόλλων 802.11x ως προς τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες επικοινωνίας που προσφέρει καθώς και το πρότυπο MPEG-4 που χρησιμοποιείται από streaming εφαρμογές ως προς τα χαρακτηριστικά του φορτίου αλλά και τις απαιτήσεις που επιβάλλει στην δικτυακή υποδομή.

Για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων δημιουργήθηκαν σενάρια με πολλαπλή κίνηση από ένα κόμβο προς πολλούς και αντίθετα για τον έλεγχο της ρυθμοαπόδοσης (throughput) και της end-to-end καθυστέρησης (delay). Από αυτά τα σενάρια ελέγχθηκε επίσης το μέγεθος των χαμένων πακέτων (dropped packets) και το ποσοστό επιτυχίας (success ratio). Δημιουργήθηκαν σενάρια για Infrastructure δίκτυα και με την αλλαγή του αριθμού των κόμβων μελετήσαμε πόσους κόμβους μπορούν να συνδεθούν παράλληλα σε ένα Access Point. Τέλος, δημιουργήσαμε δυο σενάρια, ένα για ad-hoc και ένα για infrastructure δίκτυο, με ακριβώς ίδιες παραμέτρους για να ελέγξουμε ποίος από τους δύο τύπους δικτύων έχει καλύτερη απόδοση. Τα αποτελέσματα των εξομοιώσεων αφορούν στα ποιοτικά μέτρα απόδοσης του δικτύου με σκοπό την εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων όσον αφορά τη ρυθμοαπόδοση των συνδέσεων χωρίς βαρύ φορτίο, την επίδραση του μεγέθους πακέτων στη ρυθμοαπόδοση του δικτύου, την από άκρο-σε-άκρο καθυστέρηση και ρυθμοαπόδοση κίνησης σταθερού ρυθμού μετάδοσης bits και τέλος, τον αριθμό των κόμβων που μπορούν να συνδεθούν παράλληλα σε ένα Access Point χωρίς να μειώνεται η απόδοση του δικτύου.

Η πτυχιακή εργασία αυτή δομείται ως εξής:

- ✓ Στο 2^ο Κεφάλαιο εξετάζονται αναλυτικά οι δικτυακές υποδομές για streaming εφαρμογές δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στα είδη των δικτύων, το πρότυπο επικοινωνίας 802.11 και τα πρωτόκολλα δρομολόγησης.
- ✓ Στο 3^ο Κεφάλαιο αναφέρονται οι εφαρμογές streaming, τα πρότυπα κωδικοποίησης video και ήχου, αναλύοντας κυρίως το MPEG-4 και τις απαιτήσεις που αυτό επιβάλλει στο επικοινωνιακό μοντέλο.
- ✓ Το 4^ο Κεφάλαιο είναι το πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής. Αναφέρονται τα σενάρια εξομοίωσης που ορίστηκαν με τη χρήση του NS-2.
- ✓ Στο 5^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα γενικά συμπεράσματα.
- ✓ Στο 6^ο Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συνολικά συμπεράσματα της εργασίας αυτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΓΙΑ STREAMING ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι πρώτες υλοποιήσεις ασύρματης δικτύωσης αν και πολλά υποσχόμενες, οδήγησαν σε απογοήτευση, καθώς αποδείχθηκαν ανεπαρκείς και προβληματικές. Το κακό αυτό κλίμα έκανε την αγορά επιφυλακτική απέναντι σε αυτές τις τεχνολογίες, με αποτέλεσμα η υιοθέτηση αυτών να γίνει μόνο από συγκεκριμένους τομείς παραγωγής που είχαν πραγματικά ανάγκη από κάτι τέτοιο. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια έγιναν σημαντικές αλλαγές με σκοπό να υπάρχουν τα ασύρματα δίκτυα σε μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις αλλά και στα σπίτια των απλών χρηστών. Όσον αφορά στις επιχειρήσεις, τα οφέλη είναι τόσα πολλά που η επιτυχία των ασύρματων δικτύων θεωρείται δεδομένη.

Ένα από τα σπουδαιότερα πλεονεκτήματα που προσφέρουν τα ασύρματα δίκτυα είναι η κινητικότητα του χρήστη (user mobility). Μελέτες έχουν αποδείξει ότι τον περισσότερο χρόνο τους οι εργαζόμενοι τον περνούν έξω από τα γραφεία τους, σε χώρους γύρω από αυτά. Με την ύπαρξη ενός WLAN μπορεί κάποιος να μένει συνεχώς συνδεδεμένος με τον υπολογιστή του γραφείου ή τον κεντρικό server και να έχει πρόσβαση στα δεδομένα σε πραγματικού χρόνου.

Αλλά και η ταχύτητα εγκατάστασης ενός ασύρματου δικτύου είναι πολύ μικρότερη από αυτή ενός ενσύρματου. Σε ένα νέο κτήριο η δομημένη καλωδίωση απαιτεί προγραμματισμό και αρκετό χρόνο, ενώ άμα έχει ολοκληρωθεί η κατασκευή παρουσιάζονται σημαντικά προβλήματα και δυσκολίες καθώς απαιτείται το πέρασμα καλωδίων μέσα από τοίχους και άλλες μετατροπές από εξειδικευμένο προσωπικό.

Σημαντική επίσης είναι η ευελιξία και η επεκτασιμότητα που παρουσιάζουν τα ασύρματα δίκτυα. Η αναδιοργάνωση ενός ενσύρματου δικτύου είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και δύσκολη, σε αντίθεση με αυτή ενός WLAN όπου απλώς η μετακίνηση ή η προσθήκη ενός ακόμα σημείου πρόσβασης (Access Point) αλλάζει και την έκταση του καλυπτόμενου χώρου.

Ένα ακόμα πλεονέκτημα των ασύρματων δικτύων, που δεν διαφαίνεται με την πρώτη ματιά, είναι και το χαμηλό κόστος. Αν και η αρχική επένδυση που απαιτείται για την αγορά μηχανημάτων είναι μεγαλύτερη από αυτή για την υλοποίηση ενός ενσύρματου δικτύου, ωστόσο, το μηδενικό κόστος επαναδιαμόρφωσης και το αμελητέο κόστος συντήρησης, κάνουν το WLAN οικονομικότερο.

Οι εφαρμογές ενός ασύρματου δικτύου είναι τόσες πολλές που περιορίζονται μόνο από την φαντασία των χρηστών και των μηχανικών. Σε οικιακό επίπεδο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το μερισμό αρχείων ή μιας σύνδεσης Internet (file and Internet sharing, video streaming). Η ύπαρξη δύο ή και περισσότερων υπολογιστών σε ένα

χώρο δεν είναι πλέον κάτι σπάνιο και η ασύρματη δικτύωση αυτών, αποτελεί σαφώς καλύτερη λύση από την εγκατάσταση καλωδίων και την καταστροφή της αισθητικής του.

Σ' αυτή την ενότητα περιγράφουμε 3 σημαντικά επερχόμενα πρότυπα συνδεσιμότητας τα οποία θεωρούνται η βάση του δικτύου του σπιτιού συνδυάζοντας τις συσκευές PC και CE. Αυτά είναι: το ασύρματο Ethernet, το επερχόμενο Ultra Wide Band και το Homeplug βασιζόμενο σε powerline. Περιγράφουμε την όψη της τεχνολογίας η οποία παρουσιάζει ενδιαφέρον για υψηλής ποιότητας ρεύματα (stream) βίντεο πάνω από μια τέτοια τεχνολογία. Τέλος γίνεται μια συγκριτική ανάλυση των πρότυπων ως προς την επάρκειά τους για την ανάπτυξη της υποδομής του hot spot.

2.1 IEEE 802.11

Σ' αυτή την ενότητα περιγράφεται το IEEE 802.11 ως μια οικογένεια προτύπων για το ασύρματο Ethernet. Παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του φυσικού και MAC επιπέδου που καλύπτει το πρότυπο αυτό.

2.1.1 Πρότυπο IEEE 802.11b

Το 802.11b είναι σήμερα το πιο δημοφιλές από τα μέλη της οικογένειας των προτύπων ασύρματης δικτύωσης IEEE 802.11, με υποστήριξη από πολλούς κατασκευαστές. Το πρώτο 802.11 πρότυπο παρείχε αρκετά χαμηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων με αρκετά όμως υψηλό κόστος για να υιοθετηθεί ευρέως. Έτσι το 1999, η IEEE εξέδωσε ένα νέο πρότυπο, το 802.11b, το οποίο υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 11 Mb/s και χρησιμοποιεί την ελεύθερη μπάντα συχνοτήτων των 2,4 GHz. Επίσης, είναι το πιο διαδεδομένο στην αγορά, ανεξάρτητα από το γεγονός, ότι το 802.11a προσφέρει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης. Όταν η ποιότητα επικοινωνίας είναι φτωχή, το σύστημα μπορεί να μειώσει την ταχύτητα σε 5,5 Mb/s, 2 Mb/s ή 1 Mb/s προκειμένου να διατηρηθεί η σύνδεση μεταξύ των ασύρματων συσκευών.

Τα περισσότερα 802.11 προϊόντα προορίζονται να χρησιμοποιηθούν για να επιτυγχάνουν κάλυψη ως 150 μέτρα κάτω από τις βέλτιστες συνθήκες (ειδικές κεραίες είναι διαθέσιμες για την επέκταση της κάλυψης για ανοικτές περιοχές ή από σημείο σε σημείο επικοινωνίες). Εντούτοις, το πρότυπο χρησιμοποιείται κυρίως για κάλυψη έκτασης το πολύ 30 μέτρα, ώστε να εξασφαλιστεί καλή απόδοση.

Το IEEE 802.11b πρότυπο επιτάσσει την ύπαρξη ενός ελάχιστου επιπέδου ασφάλειας, αλλά καθορίζει και άλλα επίπεδα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν προαιρετικά. Η πιστοποίηση Wi-Fi (Wireless Fidelity) απαιτεί τα προϊόντα να υποστηρίζουν τουλάχιστον ένα μήκους 40 bits κλειδί κρυπτογράφησης (WEP key).

2.1.2 Πρότυπο IEEE 802.11a

Η IEEE αναγνωρίζοντας ότι οι εφαρμογές πολυμέσων θα απαιτούσαν ταχύτητες υψηλότερες από 11 Mb/s, εξέδωσε το 1999 το πρότυπο IEEE 802.11a, το οποίο είναι βελτιστοποιημένο για υψηλή απόδοση στα εσωτερικό περιβάλλον. Παρέχει ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων μέχρι 54 Mb/s, ενώ χρησιμοποιεί την μπάντα των 5GHz. Τα πρότυπα 802.11a και 802.11b πρέπει να είναι σε θέση να λειτουργήσουν παράλληλα στο τοπικό LAN δεδομένου ότι χρησιμοποιούν ίδια MAC και λειτουργούν σε διαφορετικές περιοχές συχνότητας. Συνεπώς, οι διαφορές στη διάδοση μπορούν να καταστήσουν απαραίτητο τον επαναπροσδιορισμό των περιοχών κάλυψής τους.\

2.1.3 Πρότυπο IEEE 802.11g

Η ομάδα εργασίας IEEE εξέδωσε το πρότυπο 802.11g, το οποίο επεκτείνει το 802.11b και προσφέρει ρυθμούς μετάδοσης μέχρι 54 Mbps αλλά και συμβατότητα με το 802.11b. Χρησιμοποιεί και αυτό την ISM μπάντα των 2,4 GHz. Σε αντίθεση με το παρόν πρότυπο χρησιμοποιεί την OFDM για να πετύχει τους επιθυμητούς ρυθμούς μετάδοσης. Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του 802.11g είναι η συμβατότητά του με το 802.11b. Το 802.11b αποτελεί σήμερα το φυσικό στρώμα που υλοποιείται στα περισσότερα προϊόντα ασύρματης δικτύωσης. Το 802.11g λειτουργώντας ταυτόχρονα με το 802.11b μπορεί να το αντικαταστήσει σταδιακά εξολοκλήρου.

2.1.4 Πρότυπο IEEE 802.11e

Το πρότυπο αυτό παρέχει εγγυήσεις για ποιότητα υπηρεσίας. Στην ουσία παρέχει λειτουργίες ποιότητας υπηρεσίας (Quality of Service - QoS), με εισαγωγή προτεραιοτήτων στα πακέτα των δικτύων 802.11, για μεταδόσεις VoIP και streaming media. Η πραγματοποίηση αυτού του στόχου προϋποθέτει συνεννόηση μεταξύ σταθμών και Access Points, αλλά και από τον διαχειριστή του δικτύου.

Το βασικότερο συστατικό του προτύπου IEEE 802.11 είναι το πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης (Multiple Access Control -MAC), το οποίο ελέγχει τη μετάδοση πολλών σταθμών στην ίδια περιοχή. Το πρωτόκολλο περιέχει τους εξής δύο μηχανισμούς πρόσβασης: το Distributed Coordination Function (DCF) και το Point Coordination Function (PCF). Ο DCF είναι ο βασικός μηχανισμός πρόσβασης και υποχρεωτικός για όλα τα συστήματα που υλοποιούν το πρότυπο. Βασίζεται στην ανίχνευση φέροντος και στην αποφυγή σύγκρουσης (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance - CSMA/CA). Αυτό σημαίνει ότι ένας σταθμός περιμένει μέχρι να περιέλθει το ασύρματο μέσο σε απραξία, προτού προχωρήσει σε μετάδοση πακέτου (carrier sense), ενώ διαθέτει μηχανισμούς για την αποφυγή των συγκρούσεων (collision avoidance). Το CSMA/CA είναι παρόμοιο με το CSMA/CD του Ethernet, μόνο που λόγω της φύσεως του ασύρματου μέσου, η ανίχνευση σύγκρουσης κατά τη διάρκεια της μετάδοσης δεν είναι εφικτή. Ο μηχανισμός PCF είναι προαιρετικός και εφαρμόζεται μόνο στις δομημένες τοπολογίες. Βασίζεται στη περιοδική «σφυγμομέτρηση» (polling) των σταθμών από το Σημείο Πρόσβασης,

δίνοντας κάθε φορά δυνατότητα μετάδοσης σε διαφορετικό σταθμό, χωρίς ανταγωνισμό. Οι μηχανισμοί DCF και PCF μπορούν να πολυπλέκονται στο χρόνο σε ένα υπερ-πλαίσιο (superframe), το οποίο αποτελείται από μια περίοδο PCF στην οποία δεν υπάρχει ανταγωνισμός (Contention-Free Period - CFP), ακολουθούμενη από μια περίοδο DCF στην οποία υπάρχει ανταγωνισμός (Contention Period - CP) για πρόσβαση στο μέσο, επαναλαμβανόμενα στο χρόνο.

Στα WLAN, όπως και στην περίπτωση των LAN, η ποιότητα υπηρεσιών από άκρη σε άκρη δεν είναι εξασφαλισμένη. Οι αλγόριθμοι πρόσβασης στο μέσο DCF και PCF δεν υποστηρίζουν μηχανισμούς QoS. Την λύση έρχεται φυσικά να δώσει ο αλγόριθμος πρόσβασης στο μέσο HCF που ονομάζεται και Enhanced DCF (EDCF). Σκοπός του είναι να προσφέρει πρόσβαση στο μέσο είτε με ανταγωνισμό είτε χωρίς ανταγωνισμό μεταξύ των σταθμών, προσφέροντας ταυτόχρονα έναν μηχανισμό προτεραιοτήτων. Παράλληλα χρησιμοποιεί στοιχεία από τους DCF και PCF και διατηρεί τη συμβατότητα με αυτούς. Ένα BSS (Business Support System) που υποστηρίζει το πρότυπο IEEE 802.11e ονομάζεται QoS supporting BSS.

2.1.5 Υποπρότυπο IEEE 802.11f

Όπως αναφέρθηκε, λόγω κινητικότητας του χρήστη λαμβάνει χώρα handover. Υπενθυμίζεται ότι κατά το handover του κινητού χρήστη, διακόπτονται οι οποιεσδήποτε ενεργές συνδέσεις του και όσα πακέτα φτάνουν στη συνέχεια στον προηγούμενο σταθμό βάσης του χάνονται (η φυσική σύνδεση έχει κοπεί). Προκειμένου να πραγματοποιηθεί επιτυχώς η επαναφορά των ενεργών συνδέσεων του χρήστη, ώστε να είναι δυνατή η δρομολόγηση πακέτων από και προς τη νέα τοποθεσία του σταθμού, έχουν προταθεί αρκετοί μηχανισμοί οι οποίοι βοηθούν και στηρίζουν το handover των κινητών χρηστών.

Το πρότυπο, που είναι ακόμα γνωστό και σαν IAPP (Inter Access Point Protocol), ορίζει την ακριβή διαδικασία handover, ανάλογα με τα δύο είδη κινητικότητας που παρουσιάσαμε προηγουμένως. Έτσι προσδιορίζει την επικοινωνία των APs ενός IEEE 802.11 ESS. Εφαρμόζεται σε ένα Σύστημα Διανομής (Distribution System - DS) το οποίο υποστηρίζει ένα ασύρματο δίκτυο 802.11. Σκοπός του είναι προσφέρει έναν τρόπο ώστε τα APs από διαφορετικούς κατασκευαστές να μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, προκειμένου να εκτελούνται σωστά οι λειτουργίες του DS. Επομένως, το πρότυπο καθορίζει την πληροφορία η οποία πρέπει να ανταλλάσσεται ανάμεσα στα APs καθώς και με διαχειριστικές οντότητες σε ανώτερα δικτυακά επίπεδα.

Σκοπός του ESS είναι να μεγαλώσει την εμβέλεια ασύρματης κάλυψης. Αποτελείται από ένα σύνολο BSS, όπου τα AP είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους με μία δομή δικτύου μετάδοσης DS. Με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η μετακίνηση ενός ασύρματου σταθμού από ένα BSS σε ένα άλλο. Το DS αποτελεί το δίκτυο κορμού του WLAN και μπορεί να είναι κατασκευασμένο με ενσύρματα LAN ή με ασύρματο δίκτυο. Τυπικά το DS είναι ένα λεπτό στρώμα σε κάθε AP το οποίο προσδιορίζει τον

προορισμό των δεδομένων. Έτσι το DS είναι αυτό που θα αποφασίσει αν τα δεδομένα που λαμβάνονται από ένα σταθμό στο BSS θα μεταχθούν πίσω στο ίδιο BSS, αν θα προωθηθούν μέσω του DS σε κάποιο άλλο AP, ή θα σταλούν μέσω του DS σε προορισμό εκτός του ESS, δηλαδή σε εξωτερικό δίκτυο.

Κάποια συσκευή εκτός του ESS, βλέπει τους κινητούς σταθμούς σαν ένα μονό MAC-layer δίκτυο, όπου όλοι οι σταθμοί είναι σταθεροί. Έτσι το ESS κρύβει την κινητικότητα των σταθμών από οποιονδήποτε εκτός του ESS. Αυτό επιτρέπει στα υπάρχοντα πρωτόκολλα δικτύου να λειτουργούν σωστά σε ένα WLAN όπου υπάρχει κινητικότητα.

2.1.6 Πρότυπο IEEE 802.11i

Πρόκειται για το πρότυπο που μελετά θέματα ασφαλείας στα WLAN. Είναι σαφές, ότι τα ενσύρματα LAN είναι πιο ασφαλή από ότι τα ασύρματα και αυτό οφείλεται στους παρακάτω δύο λόγους:

A) Στα WLAN το ασύρματο μέσο μετάδοσης έχει συγκεκριμένες δυνατότητες απόδοσης και εμφανίζει σημαντικές και μεγάλες διαφορές συγκρινόμενο με το ασύρματο κανάλι των LANs. Κάτι τέτοιο οφείλεται προφανώς στην ασύρματη φύση του καναλιού και στο ότι παρουσιάζει μεγάλες μεταβολές με το πέρασμα του χρόνου.

B) Ο οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση στο κανάλι μετάδοσης (αέρας), κάτι που δεν ισχύει στα ενσύρματα δίκτυα.

Οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης που χρησιμοποιούνται σήμερα, όπως ο WEP (Wired Equivalent Privacy), ο WPA (Wi-Fi Protected Access) και ο IP SEC παρουσιάζουν κάποια προβλήματα. Για παράδειγμα, ο πρώτος εμφανίζει σημαντικά κενά ασφαλείας, ο WPA ενώ έρχεται να καλύψει τα κενά του WEP, στην πραγματικότητα δεν καλύπτει την ουσιαστική ασφάλεια στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Τέλος ο IP SEC εφαρμόζεται τοπικά σε κάθε χρήση και καλύπτει Point-to-Point συνδέσεις.

- **WEP (Wired Equivalent Privacy) και WPA (Wi-Fi Protected Access)**

Πρόκειται για πρότυπο ασφάλειας που αναπτύχθηκε προκειμένου να προστατεύσει την ασύρματη επικοινωνία μέσω του προτύπου WiFi. Παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1999 αλλά δεν ήταν πολύ ασφαλές. Έτσι, το 2003 για να λυθούν τα προβλήματα δημιουργήθηκε ένας νέος αλγόριθμος κρυπτογράφησης, ο WPA. Ο WPA κρυπτογραφεί πληροφορίες, ενώ ταυτόχρονα εκτελεί ελέγχους, ώστε να εξασφαλίσει ότι το κλειδί ασφαλείας δικτύου δεν έχει τροποποιηθεί. Επιπλέον, η WPA ελέγχει την ταυτότητα των χρηστών και εξασφαλίζει ότι μόνον εξουσιοδοτημένοι χρήστες έχουν πρόσβαση στο δίκτυο. Αμέσως μετά, το 2004, παρουσιάστηκε και η ολοκληρωμένη τελική έκδοση του WPA, γνωστή ως WPA2. Παρ' όλα αυτά, αν και λιγότερο ασφαλή, τόσο το WEP, όσο και το WPA χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω του χρόνου που βρίσκεται το πρώτο στην αγορά. Η

WPA2 είναι ασφαλέστερη από την WPA, αλλά δεν είναι συμβατή με ορισμένους παλαιότερους προσαρμογείς δικτύου.

- **IPSec (IP Security)**

Το Internet αποτελεί αντικείμενο πολλών και διαφορετικών τύπων επιθέσεων συμπεριλαμβανομένων αυτών της απώλειας του απόρρητου, της ακεραιότητας των δεδομένων, της πλαστοπροσωπίας και της άρνησης παροχής υπηρεσιών. Ο στόχος της IPSec είναι η αντιμετώπιση όλων αυτών των προβλημάτων μέσα στην ίδια την υποδομή του δικτύου χωρίς να είναι αναγκαία η εγκατάσταση και η ρύθμιση ακριβών μηχανών και λογισμικού.

Στο παρακάτω σχήμα γίνεται αναδρομή στους αλγορίθμους κρυπτογράφησης από το 1997 ως σήμερα δείχνοντας επίσης το ποσοστό ασφάλειας κάθε αλγορίθμου.



Εικόνα 2.1 : Αλγόριθμοι Κρυπτογράφησης

Το 1997 δημιουργήθηκε ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης WEP ο οποίος έχει πολύ χαμηλή ασφάλεια. Το 2003 δημιουργήθηκε ο WPA με βελτιωμένη ασφάλεια σε σχέση με τον WEP και τέλος, το 2004 δημιουργήθηκε ο WPA v2 που είναι ο ασφαλέστερος έως σήμερα.

2.1.7 Πρότυπο IEEE 802.11h

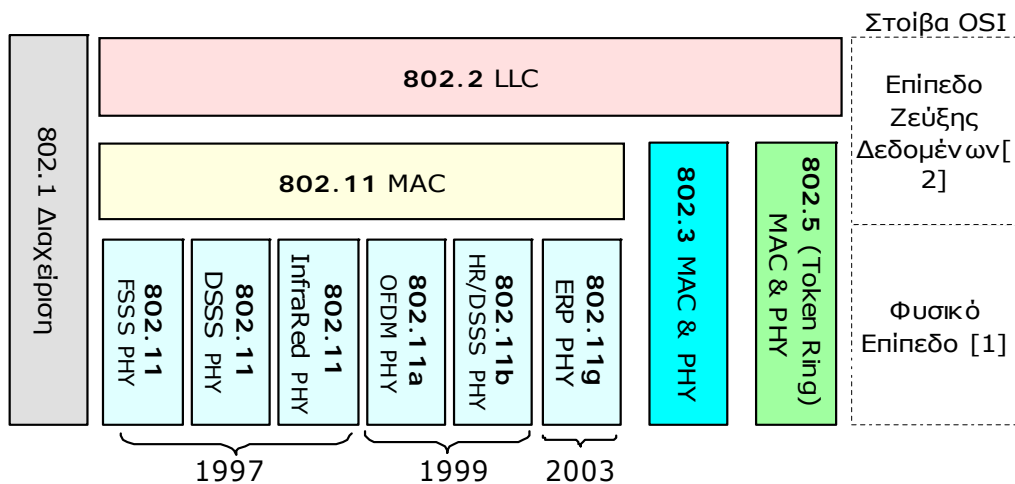
Προστίθεται η δυνατότητα για καλύτερο έλεγχο συγκρούσεων, καθώς και η λειτουργία Transmit Power Control (TPC) και Dynamic Frequency Selection (DFS). Μια συσκευή θα επιλέγει αυτόματα την ελάχιστη αναγκαία ισχύ εκπομπής, πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε ανταλλαγή δεδομένων. Επίσης θα επιλέγει αυτόματα σε ποια συχνότητα θα λειτουργήσει, αναλόγως την χρήση της κάθε συχνότητας στον περιβάλλοντα χώρο.

	Ρυθμός Μετάδοσης	Μπάντα Συχνοτήτων	Χαρακτηριστικά
802.11a	Από 11 Έως 54 Mbps	5 GHz	Εφαρμογές πολυμέσων Λειτουργεί παράλληλα με το 802.11b σε τοπικό LAN
802.11b	Έως 11 Mbps	2.4 GHz	Το πιο δημοφιλές από όλα τα πρότυπα Καλείται και Wi-Fi (Wireless Fidelity)
802.11g	Έως 54 Mbps	2.4 GHz	Επέκταση στο 802.11b ώστε να υποστηρίζει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης
802.11e	Έως 11 Mbps	2.4 GHz	Υποστήριξη QoS στο MAC επίπεδο (EDCF, Enhanced DCF και HCF, Hybrid Coordination Function)

Πίνακας 2.2: Χαρακτηριστικά βασικών προτύπων του 802.11

2.2 Χαρακτηριστικά υποστρώματος MAC (Medium Access Control) για 802.11 – Διαστρωμάτωση

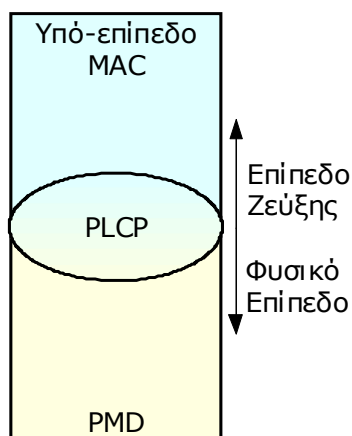
Το 802.11 αναφέρεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστρωμάτωσης OSI (Open System Interconnection), δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer – PHY) και στο υπόστρωμα MAC (Medium Access Control) του στρώματος ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer). Το άλλο υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, δηλαδή το υπόστρωμα ελέγχου λογικής ζεύξης (Logical Link Control – LLC), είναι αυτό που έχει προτυποποιηθεί ως IEEE 802.2 και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με όλα τα διαφορετικά MAC της σειράς IEEE 802, όπως φαίνεται στην εικόνα.



Εικόνα 2.3: Γραφική απεικόνιση MAC για 802.11

2.2.1 Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11

Η φιλοσοφία που ακολουθεί το πρότυπο 802.11 είναι η ύπαρξη ενός μόνο MAC που όμως υποστηρίζει περισσότερα από ένα φυσικά στρώματα. Κάθε φυσικό στρώμα χωρίζεται σε δύο υποστρώματα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το υπόστρωμα PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) χρησιμεύει στην προσαρμογή των διαφόρων φυσικών στρωμάτων στο κοινό MAC. Το υπόστρωμα PMD (Physical Medium Dependent) περιέχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη μετάδοση της πληροφορίας από το εκάστοτε φυσικό στρώμα.



Εικόνα 2.4: Υπό-επίπεδα Φυσικού επιπέδου 802.11

2.2.2 Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11

Το υπόστρωμα MAC του 802.11 είναι ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι της προτυποποίησης. Υποστηρίζει όλα τα φυσικά στρώματα και προσφέρει υπηρεσίες αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων και πρόσβασης στο μέσο στα ανώτερα στρώματα. Οι όποιες διαφοροποιήσεις του από το αντίστοιχο MAC ενσύρματων δικτύων οφείλονται στις ιδιαιτερότητες του ασύρματου μέσου μετάδοσης που χρησιμοποιείται στο φυσικό επίπεδο. Σαν μηχανισμός πρόσβασης στο μέσο έχει επιλεγεί ο CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Για να αποφευχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο οι συγκρούσεις αντί για το μηχανισμό ανίχνευσης συγκρούσεων CD (Collision Detection) που χρησιμοποιείται στο 802.3 επιλέχτηκε ο μηχανισμός αποφυγής συγκρούσεων CA (Collision Avoidance). Αιτία για την επιλογή αυτή είναι η αδυναμία του δέκτη να αντιλαμβάνεται την κατάσταση του ασύρματου μέσου την χρονική στιγμή που μεταδίδει κάποια πληροφορία. Επομένως, το φαινόμενο της σύγκρουσης (δύο ή περισσότεροι σταθμοί μεταδίδουν την ίδια ακριβώς χρονική στιγμή) γίνεται αντιληπτό από τους σταθμούς εργασίας μόνο εκ του αποτελέσματος, που είναι φυσικά η μη παράδοση των πακέτων της πληροφορίας.

Η αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων κόμβων δυσχεραίνεται ακόμα περισσότερο εξαιτίας του ασύρματου φυσικού μέσου. Προβλήματα όπως η κακή ποιότητα της ασύρματης ζεύξης λόγω θορύβου ή παρεμβολών, η πιθανότητα κάποιος κόμβος να βγει προσωρινά εκτός της περιοχής κάλυψης του δικτύου και η ύπαρξη κρυμμένων κόμβων (hidden nodes) δεν υπάρχουν σε ενσύρματα δίκτυα. Για να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω το 802.11 MAC προσφέρει τους κατάλληλους μηχανισμούς, όπως η θετική επιβεβαίωση (positive acknowledgment) κάθε πλαισίου, καθώς και η ανταλλαγή πλαισίων RTS (Ready To Send) και CTS (Clear To Send) πριν την μετάδοση κάποιου πλαισίου, ο τελευταίος χρησιμοποιείται κυρίως για την αντιμετώπιση της περίπτωσης hidden node.

2.3 Ultra Wide Band (UWB), IEEE 802.15.3a

Σ' αυτή την ενότητα συζητάμε ασύρματες συνδέσεις υψηλής ταχύτητας με ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης τουλάχιστον 100 Mbps. Για ασύρματα δίκτυα υψηλής ταχύτητας φαίνεται ότι υπάρχουν τρεις πιθανότητες: (1) να χρησιμοποιήσουμε μία υψηλή συχνότητα στην οποία περισσότερο φάσμα είναι διαθέσιμο για χρήση χωρίς έγκριση, (2) να χρησιμοποιήσουμε πολλαπλές κεραιές και (3) να χρησιμοποιήσουμε υπέρ – πλατιές τεχνικές ζώνες. Αυτό το τμήμα περιγράφει γρήγορα τα πρώτα δύο σε σύγκριση με την UWB τεχνική.

Για το πρώτο, διαθέσιμες συχνότητες είναι 5 GHz, 17 GHz, 24 GHz και 60 GHz. Αλλά σε τόσο υψηλές συχνότητες η διάδοση του σήματος είναι αρκετά διαφορετική απ' αυτή που εκπέμπεται σε χαμηλότερες συχνότητες. Υπάρχει ακόμη ένας αριθμός προβλημάτων με το εύρος της διάδοσης, την επιτρεπόμενη ενέργεια και το

συμπληρωματικό κόστος. Μία δεύτερη πιθανότητα για να πάμε σε υψηλότερες αναλογίες bit είναι η χρήση της πολλαπλής κεραίας. Η χρήση των πολλαπλών κεραιών μπορεί να ωφελήσει πρακτικά όλα τα πρότυπα μοντέρνων ασύρματων δικτύων επειδή με τις πολλαπλές κεραίες είναι πιο εύκολο να ξανακατασκευάσεις ένα σήμα το οποίο έχει ακολουθήσει πολλαπλά μονοπάτια επεμβαίνοντας με το ίδιο. Φυσιολογικά αυτή η ανακατασκευή θέτει απαιτήσεις στη διαμόρφωση του σήματος, οδηγώντας σε χαμηλότερες αναλογίες bit. Οι κεραίες θα πρέπει να είναι τουλάχιστον μισό μήκος κύματος μακριά. Η IEEE 802.11 ομάδα έχει σχηματιστεί να αναπτύξει μια πολλαπλή επέκταση κεραίας στην οικογένεια IEEE 802.11. Για το 802.11η, οι πρόσφατα αναμενόμενες αναλογίες bit δεν είναι καθαρές αλλά οι προσδοκίες ποικίλουν από 100 σε 320 Mbit/s ενδεχομένως.

Η Ultra Wide Band υπόσχεται εύρος ζώνης κλίμακας από περίπου 400 Mbit/s μέχρι 600 Mbit/s, και μακροπρόθεσμα ο ρυθμός των δεδομένων πηγαίνει μέχρι gigabits το δευτερόλεπτο. Αυτή τη στιγμή είναι ακόμη δύσκολο να κρίνουμε τις πραγματικές πιθανότητες αυτής της τεχνολογίας. Σε πρόσφατα ασύρματα πρότυπα όπως είναι 802.11 εύρους ζώνης τεχνικές εφαρμόζονται για να επιτρέψουν τη λειτουργία σε ζώνες που δεν χρειάζονται άδεια. Ένα μεγαλύτερο μέρος του φάσματος χρησιμοποιείται αλλά σε τέτοιο επίπεδο ενέργειας αυτή η παρεμβολή είναι περιορισμένη σε πολύ μικρές αποστάσεις. Η βαθύτερη υπόθεση του UWB είναι να χρησιμοποιήσει ένα πολύ μεγάλο μέρος του φάσματος (εξού και η ονομασία Η Ultra Wide Band) αλλά σε χαμηλή ενέργεια προκειμένου να μην αναμιχθεί με τα σήματα που μεταδίδονται από αυτά που έχουν άδεια για τμήματα της ζώνης.

Τα δεδομένα μεταφέρονται με τη μορφή παλμών. Αυτή η διαδικασία μερικές φορές συγκρίνεται με τη μετάδοση των Morse σημάτων. Δεδομένου τη χαμηλή ενέργεια που χρησιμοποιείται, δεν είναι εύκολο να ανακατασκευάσει το πρωτότυπο σήμα από αυτό που λήφθηκε, αφού μπορεί να είναι "κρυμμένο" απ' το θόρυβο. Η διαδικασία ανακατασκευής αφορά κατανάλωση ενέργειας.

Αυτή η ανακατασκευή σήματος επίσης καθορίζει το θεωρητικό μέγιστο εύρος ζώνης. Επιπλέον αυτό το εύρος ζώνης εξαρτάται πάρα πολύ απ' την απόσταση. Οι υψηλότεροι ρυθμοί bit μπορούν να επιτευχθούν σε μια πολύ μικρή κλίμακα ή σε μια υψηλότερη ενέργεια, το οποίο θα μπορούσε να εισάγει ρίσκα για τους ανθρώπους. Η συμπεριφορά στην πράξη είναι ακόμα υπό έρευνα και η επιρροή των πολλαπλών UWB μεταδόσεων που έχουν η μία στην άλλη δεν είναι ακόμα ξεκάθαρη. Οι αμερικάνικες Ομοσπονδιακές Εντολές Επικοινωνιών έχουν κατανέμει UWB φάσμα μεταξύ 3.1 και 10.6 GHz, που πρόσφατα χρησιμοποιήθηκαν από δορυφορικές μεταδόσεις. Πολλές χώρες δεν επιτρέπουν διαφημιστικό UWB επειδή επιτρέπουν μόνο τεχνολογίες που λειτουργούν σε κλίμακα με μικρές συχνότητες [3]. Δεδομένου του μεγάλου ενδιαφέροντος απ' την κοινότητα, υπάρχει ήδη ένα σοβαρό ενδιαφέρον στην τυποποίηση των επικοινωνιακών τεχνολογιών σε τόσο υψηλούς ρυθμούς IEEE 802.15.3α δουλεύει σ' αυτή την κατεύθυνση. Αυτή η ομάδα θα χτίσει ένα υψηλότερο

– bitrate φυσικό κανάλι κάτω απ’ το IEE 802.15.3 πρότυπο MAC, το οποίο βασικά προέρχεται απ’ το Bluetooth με μια πρόσθεση CSMA/CA MAC.

2.4 Homeplug 1.0

Η μεσαία επικοινωνία για το HomePlug είναι το εγκατεστημένο ηλεκτρικό ρεύμα πλέγματος στο σπίτι. Επιπλέον, το HomePlug θεωρείται ένας καλός ανταγωνιστής για τη μεσαία επικοινωνία του σπιτιού, επειδή είναι ήδη εγκατεστημένη η καλωδίωση. Η τεχνολογία είναι γρήγορα αποδεκτή στην Αμερική όπου πολλά προϊόντα πουλιούνται βάσει της επικοινωνίας μέσω των καλωδίων ηλεκτρικού ρεύματος π.χ. X10.

Στην Ευρώπη το θέμα της άδειας είναι ακόμα αμφιλεγόμενο. Το πρότυπο HomePlug 1.0 έχει υιοθετήσει Ορθογώνια Πολύπλεξη Διαίρεσης Συχνότητας (OFDM) με Κυκλικό Πρόθεμα (CP) όπως το IEEE 802.11. Το εύρος ζώνης μπορεί να ποικίλει από 1 Mbit/s μέχρι 14 Mbit/s συνέχεια ανάλογα με τις συνθήκες του καναλιού. Το Αρχικό Βύσμα 1.0 MAC είναι ένα τροποποιημένο πρωτόκολλο CSMA/CA με προτεραιότητα σήματος [1]. Οι συσκευές Αρχικού Βύσματος διευθύνουν η μία την άλλη αμέσως και δεν επικοινωνούν με ένα AP όπως το IEEE 802.11. Το πρότυπο παρέχει 4 προτεραιότητες. Μια συσκευή υποστηρίζει την προτεραιότητά της εγκαθιστώντας ένα bit σε ένα παράθυρο προτεραιότητας. Οι συσκευές με πακέτα χαμηλότερης προτεραιότητας κάνουν πίσω. Οι συσκευές με την υψηλότερη προτεραιότητα για μια δοσμένη περίοδο μετάδοσης, διαλέγουν ένα τυχαίο back off παράθυρο μέσα σ’ αυτήν την προτεραιότητα. Έπειτα από κάθε σύγκρουση, οι συσκευές περιμένουν ένα παράθυρο back-off μεγαλύτερης διάρκειας. Σε αντίθεση με το IEEE 802.11, το Αρχικό Βύσμα διαλέγει το τυχαίο του διάλειμμα back-off μεγαλύτερο από αυτό που επιλέχθηκε κατά τη διάρκεια της προηγούμενης σύγκρουσης.

Hub = συσκευή διασύνδεσης των σταθμών εργασίας και των συσκευών ενός τοπικού δικτύου.

2.5 IEEE 802.16 (Ασύρματο Δίκτυο Μητροπολιτικής Περιοχής)

Το 2003 η IEEE υιοθέτησε το πρότυπο 802.16 γνωστό και ως WiMAX, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις για ασύρματη πρόσβαση (με σταθερούς ρυθμούς) ευρείας ζώνης. Όπως συμβαίνει με τα πρότυπα της σειράς 802 για ασύρματα τοπικά δίκτυα, έτσι και το 802.16 καθορίζει μια οικογένεια προτύπων με επιλογές για συγκεκριμένες ρυθμίσεις. Το WiMax είναι μια νέα τεχνολογία, ένα βήμα μπροστά από το Wi-Fi, που παρέχει ασύρματη ευρυζωνική πρόσβαση υψηλών ταχυτήτων σε μεγάλες αποστάσεις. Είναι καλύτερο από το Wi-Fi και μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις μετάδοσης. Πλέον ένας φορητός υπολογιστής μπορεί να

συνδυάζει τις ιδιότητες κινητού τηλεφώνου και ραδιοφωνικού πομπού: θα πιάνει «παντού» και θα εξασφαλίζει επικοινωνία με και από κάθε γωνιά του πλανήτη.

Τα αρχικά της λέξης WiMax προκύπτουν από τις λέξεις World Interoperability for Microwave Access και είναι ένας μη κερδοσκοπικός οργανισμός ο οποίος ταυτοποιεί συγκεκριμένο εξοπλισμό υποστηριζόμενος από εταιρίες, όπως η Intel, προσπαθώντας να προωθήσει το πρότυπο 802.16 σε κάθε σύστημα ευρυζωνικής ασύρματης πρόσβασης. Για την ακρίβεια, το WiMAX δεν είναι ένα πρότυπο αλλά ένα εμπορικό όνομα που αναφέρεται σε κάθε σύστημα και εφαρμογή που χρησιμοποιεί το πρότυπο 802.16. Το να ταυτοποιείται λοιπόν ένα προϊόν με το όνομα WiMAX σημαίνει ότι έχει κατασκευαστεί με βάση το πρότυπο 802.16 και έτσι εξασφαλίζεται η συμβατότητα και η διαλειτουργικότητα (interoperability) στον BWA εξοπλισμό.

Αρχικά, το όραμα των υπερασπιστών του WiMax, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα, ήταν ότι οι μεταφορείς θα εγκαταστήσουν πομποδέκτες στεγών ως σταθμούς βάσεων συνδεδεμένους με το Διαδίκτυο. Κάθε ένας σταθμός βάσεων θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία WiMax για να στείλει και να λάβει δεδομένα από και προς τις σταθερές κεραίες συνδρομητών, που είναι τοποθετημένες στις στέγες ή στους εξωτερικούς τοίχους.

Αντίθετα με άλλα ασύρματα δίκτυα, τα οποία επιτρέπουν μεταδόσεις μόνο με ένα φάσμα συχνότητας, το WiMax επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων με πολλαπλά, ευρέα φάσματα συχνότητας. Αυτό βοηθάει πάρα πολύ, γιατί το να υπάρχουν πολλά φάσματα, μεγιστοποιεί τη δυνατότητα της τεχνολογίας να μεταδώσει πέρα από τις συχνότητες άλλων ασύρματων εφαρμογών.

Το WiMax αναμένεται να επιτρέψει αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες πέρα από τα ασύρματα δίκτυα με κόστος που θα καταστήσει ενεργή την υιοθέτηση μαζικής αγοράς. Το WiMax είναι το μόνο ασύρματο πρότυπο που σήμερα έχει τη δυνατότητα να παραδώσει τις αληθινές ευρυζωνικές ταχύτητες και βοηθάει στο να γίνει το όραμα της κυρίαρχης συνδετικότητας μια πραγματικότητα. Τα βασικά πλεονεκτήματα των συστημάτων που βασίζονται στο πρότυπο 802.16 είναι τα εξής:

- Η ικανότητα γρήγορης παροχής υπηρεσιών ακόμα και σε περιοχές πολύ απομακρυσμένες όπου η εγκατάσταση ενσύρματων δικτύων θα ήταν εξαιρετικά δύσκολη.
- Αποφυγή μεγάλου κόστους εγκατάστασης.
- Η ικανότητα υπέρβασης των φυσικών περιορισμών που υπάρχουν στην ενσύρματη δικτύωση.

Τα σενάρια, όπου πραγματοποιούνται τα handover ανάμεσα στα hot spots (802.11) ποικίλουν:

Ένας χρήστης μιας 802.11 υπηρεσίας βγαίνει έξω απ' την hot spot κάλυψη. Η υποβάθμιση του WLAN σήματος ανιχνεύεται και το handover εμφανίζεται seamlessly απ' το .11 στο .16 WMAN χωρίς την παρέμβαση του χρήστη.

Ένας χρήστης μιας 802.16 υπηρεσίας πηγαίνει σε τυφλές περιοχές της WMAN κάλυψης, όπου παρατάσσεται το 802.11 WLAN. Σ' αυτή την περίπτωση, η υποβάθμιση του WMAN σήματος ανιχνεύεται και το handover εκτελείται seamlessly ενεργό απ' το .16 στο .11 χωρίς την παρέμβαση του χρήστη.

Ένας χρήστης μιας 802.11 υπηρεσίας οδηγεί μέσω ή έξω απ' την κάλυψη hot spot. Εξαιτίας της κίνησης με υψηλή ταχύτητα και τη μικρή απόσταση που συμπίπτει, εγκαθίσταται μια καινούρια σύνδεση με πολύ μικρή latency

Αρκετά θέματα που αφορούν μοντέλα handover και μοντέλα που δουλεύουν με internet στην ολοκλήρωση του 802.16 είναι ακόμα ανοιχτά.

2.6 IEEE 802.20

Αντίθετα με το 802.16e που βασίζεται σ' ένα υπάρχον πρότυπο (802.16a), το 802.20 ξεκινάει απ' την αρχή. Το 802.20 ενισχύει ρυθμούς μετάδοσης πραγματικού χρόνου δεδομένων σε ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής με ταχύτητες 1 Mbps ή περισσότερο βασισμένες σε κλίμακες κελιού μέχρι 15 χιλιόμετρα ή περισσότερο και σκοπεύει να παραδώσει αυτούς τους ρυθμούς σε κινητούς χρήστες ακόμη και αν ταξιδεύουν με ταχύτητες 250 χιλιόμετρα την ώρα. Αυτό θα έκανε το 802.20 μια επιλογή για ανάπτυξη σε τρένα υψηλής ταχύτητας. Τα πρότυπα 802.16e και 802.20 συμπίπτουν αλλά το 802.20 απευθύνεται σε συγκεκριμένα θέματα υψηλής ταχύτητας κινητικότητας.

Τα συστήματα 3G έχουν σκοπό να παρέχουν μια παγκόσμια κινητικότητα με μεγάλη κλίμακα υπηρεσιών συμπεριλαμβανομένου τηλεφωνία, σελιδοποίηση, μηνύματα, δεδομένα Internet και ευρείας ζώνης. Η τρίτη γενιά των κινητών συστημάτων χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνολογίες απ' ότι το GSM σύστημα. Οι κύριες διαφορές είναι η χρήση του Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) και η χρήση της Κατάστασης Λειτουργίας της Ασυγχρόνιστης Μεταφοράς στο δίκτυο πρόσβασης ραδίου.

Στην Ευρώπη η διαλειτουργικότητα μεταξύ UMTS (3G) και WLAN hot spots ενδεχομένως να κυριαρχήσει καθώς οι 802.11 τεχνολογίες είναι συμπληρωματικές στο 3G. Η WLAN-GPRS λύση βοηθάει και τα έσοδα του χειριστή και την αγορά ασύρματων δεδομένων.

Τα WLANs θεωρούνται μια συμπληρωματική τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει στους χρήστες με υπηρεσίες υψηλού ρυθμού

δεδομένων σε τοπικές υψηλής πυκνότητας τοποθεσίες (π.χ. κέντρα πόλεων και επιχειρήσεις).

Στην ενοποίηση των ετερογενών δικτύων όπως είναι το WLAN και το UMTS, απαιτούνται κάθετα handovers. Κάθετα handovers εμφανίζονται όταν οι χρήστες μεταφέρονται μεταξύ και των δύο δικτύων.

Η φυσική τάση είναι να χρησιμοποιήσει υψηλού εύρους ζώνης WLANs όπως είναι το 802.11 στα hot spots και να μεταφερθεί σε ασύρματες μεγάλες περιοχές δικτύων (WWANs) όπως είναι το UMTS όταν η κάλυψη του WLAN δεν είναι διαθέσιμη ή οι συνθήκες δικτύου στο WLAN δεν είναι αρκετά καλές.

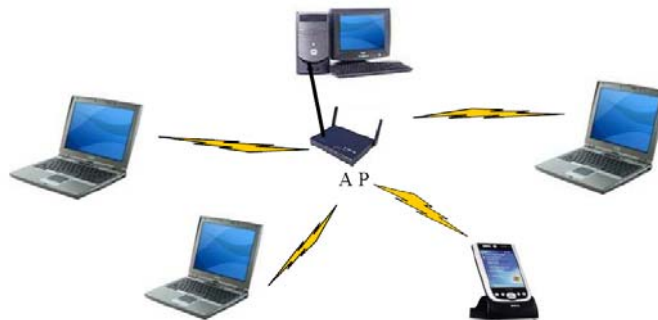
Μια τέτοια διαδικασία ονομάζεται κάθετο handover. Τα οριζόντια handover αναφέρονται σε μεταφορά μεταξύ σταθμών (BS) ή APs σ' ένα ομογενοποιημένο ασύρματο σύστημα. Τα πειράματα στα [18] δείχνουν ότι seamless roaming μεταξύ WLAN και UMTS μπορεί να επιτευχθεί και μπορεί να αποκτηθεί καλύτερη εκτέλεση απ' την παραδοσιακή διάταξη. Τα οριζόντια Handover μέσα σε IPv6 ασύρματα δίκτυα, όπως είναι τα WLANs διευθύνονται με το Κινητό IPv6 πρωτόκολλο. Έχουν προταθεί αρκετές επεκτάσεις στο Κινητό IPv6 για να μειωθεί η handover latency και ο αριθμός των χαμένων πακέτων: ιεραρχικό Κινητό IPv6 και Γρήγορο Handover πρωτόκολλο (το οποίο επιτρέπει τη χρήση του στρώματος 2 προκαλεί να περιμένουμε τα handovers). [19] Handover latency μπορεί μερικές φορές να έχει μεγάλη διάρκεια για εφαρμογές πραγματικού χρόνου πολυμέσων, υποβαθμίζοντας ισχυρά το ρεύμα των πολυμέσων. Προκειμένου να αποφεύγουμε πολύ συχνά και γρήγορα οριζόντια handover μεταξύ των APs σε ένα WLAN (υψηλότερη κινητικότητα χρήστη, μπορεί να δημιουργηθεί ένα κάθετο handover για να "γυρίσει" το χρήστη σε UMTS βάση σταθμού, ο οποίος καλύπτει μια μεγαλύτερη κλίμακα μειώνοντας τον απαιτούμενο αριθμό handovers.

2.7 Τεχνολογία Δικτυακής Υποδομής

2.7.1 Ασύρματα Δίκτυα Υποδομής

Στα δίκτυα υποδομής υπάρχουν κάποια σταθερά σημεία πρόσβασης (access points-AP) μέσω των οποίων μπορούν οι διάφορες συσκευές να επικοινωνούν. Οι συσκευές έχουν ενσωματωμένους μηχανισμούς πρόσβασης στο ασύρματο μέσο μετάδοσης και επικοινωνούν με τα AP μέσω ραδιοκυμάτων. Τα AP μαζί με τις συσκευές που βρίσκονται στην δική τους κάλυψη, σχηματίζουν ένα βασικό σύνολο υπηρεσιών (Basic Service Set -BSS). Η σύνθεση των διαφόρων BSS, γίνεται μέσω των AP με ένα καταναμημένο σύστημα και έτσι σχηματίζεται ένα δίκτυο. Οι συσκευές μπορούν να επιλέξουν ένα AP και να συσχετιστούν μαζί του. Τα AP παρέχουν συγχρονισμό μέσα στα BSS, υποστηρίζουν διαχείριση ενέργειας και μπορούν να ελέγχουν το μέσο

πρόσβασης για υποστήριξη υπηρεσιών με χρονικούς περιορισμούς . Στην Εικόνα 1 φαίνεται η τοπολογία ενός τέτοιου δικτύου.



Εικόνα 2.5: Η τοπολογία ενός infrastructure WLAN.

2.7.2 Ad hoc Ασύρματα Δίκτυα

Στα ad-hoc δίκτυα δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη δομή στο δίκτυο. Κάθε ασύρματος σταθμός έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει απευθείας με οποιονδήποτε άλλο σταθμό, χωρίς να χρειάζεται να παρεμβληθεί στην επικοινωνία το access point. Έτσι μεταξύ των συσκευών μπορούν να δημιουργηθούν διάφορα BSS. Σε αυτή την περίπτωση, ένα BSS αποτελείται από συσκευές που λειτουργούν και εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα. Υπάρχουν διάφοροι αλγόριθμοι για την διατήρηση τέτοιου είδους δικτύου, όπως για παράδειγμα αλγόριθμοι εκλογής αρχηγού, όπου ένας κόμβος λειτουργεί σαν σταθμός βάση (base station) ή αφέντης και οι άλλοι σαν «σκλάβοι», αλγόριθμοι υπερχειλίσης (flooding) και ευρείας μετάδοσης για επικοινωνία μεταξύ των κόμβων. Τα ad-hoc δίκτυα μπορούν να φανούν χρήσιμα, π.χ κατά την διάρκεια μια σύσκεψης όπου οι συμμετέχοντες επικοινωνούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν αρχεία.



Εικόνα 2.6: Η τοπολογία ενός ad-hoc WLAN

2.7.3 Δικτυακή Υποδομή

Από τα παραπάνω αναφερόμενα πρότυπα, η 802.11 οικογένεια των Ασύρματων LANs είναι επίσης η βάση infrastructure των hot spot. Τα βασικά ενός hot spot είναι ένα ασύρματο LAN. Μεγαλύτερα hot spots χρησιμοποιούν πολλαπλούς σταθμούς βάσης (ή APs) για να παρέχουν κάλυψη της εσωτερικής (ή εξωτερικής) micro-υπηρεσίας της περιοχής του hot spot. Τα APs είναι δικτυωμένα μαζί μέσω συμβατικών LAN hubs και μεταφέρονται και αθροίζονται σε μια υψηλή ταχύτητα backup σύνδεση στο Internet.

Οι περισσότερες ασύρματες εγκαταστάσεις σήμερα είναι συμμορφωμένες με 802.11b, το οποίο είναι επίσης η βάση για Wi-Fi πιστοποίηση απ' την Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA).

Έχει υπάρξει μεγάλη διαμάχη για τη χρήση των 802.11g vs 802.11a για την ικανοποίηση αναγκών για υψηλότερη εκτέλεση WLAN εφαρμογών. Εξαιτίας της ανώτερης εκτέλεσης της χωρητικότητας, το 802.11a ενδεχομένως να κυριαρχήσει στην υψηλή εκτέλεση WLAN αγορά βραχυπρόθεσμα και στο μακρινό μέλλον. Επιπλέον το 802.11h πρότυπο στέλνει τις απαιτήσεις των Ευρωπαϊκών ρυθμισμένων σωμάτων και μειώνει θέματα παρεμβολής του 802.11a εφαρμόζοντας Δυναμική Επιλογή Συχνότητας (DFS) και Έλεγχος Μετάδοσης Ενέργειας (TPC). Μ' αυτό τον τρόπο, το 802.11h καθιστά ικανές τις πωλήσεις των 802.11a δικτύων στην Ευρώπη, το οποίο τελικά θα έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερες πωλήσεις ήχου (φωνής) σε χαμηλότερες τιμές. Απ' τη μια μεριά καθώς το 802.11g είναι επέκταση του 802.11b, η βάση της πλειοψηφίας των ασύρματων LANs που υπάρχουν σήμερα.

Υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των 802.11b και του 802.11g και είναι σχετικά εύκολο να αναβαθμιστούν τα 802.11b APs να γίνουν υποχωρητικά 802.11g (μόνο 2.4 GHz). Απ' την άλλη μεριά, τα τρία (3) διαθέσιμα κανάλια στο 802.11g περιορίζουν τον αριθμό των συμπιπτόντων APs σε τρία (όπως με το 802.11b), το οποίο κάνει την ανάθεση καναλιού δύσκολη, όταν χρειαστεί να καλύψουν μια μεγάλη περιοχή, όπου υπάρχει μεγάλη πυκνότητα χρηστών. Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι η σημαντική RF παρεμβολή από άλλες συσκευές που λειτουργούν στην ίδια κλίμακα συχνότητας (2.4 GHz) όπως το 802.11g.

Το 802.11a λειτουργεί σε συχνότητα ζώνης 5 GHz με δώδεκα ξεχωριστά μη – επικαλυπτόμενα κανάλια. Σαν αποτέλεσμα μέχρι δώδεκα APs μπορούν να οριστούν σε διαφορετικά κανάλια στην ίδια περιοχή χωρίς να επεμβαίνουν το ένα με το άλλο. Αυτό κάνει την AP ανάθεση καναλιού ευκολότερη και αυξάνει σημαντικά το throughput που το WLAN μπορεί να παραδώσει μέσα σε μια δοσμένη περιοχή. Επιπλέον η παρεμβολή RF μειώνεται σημαντικά εξαιτίας της λιγότερο πληθυσμιακής ζώνης 5 GHz. Παρ' όλα αυτά εξαιτίας της υψηλότερης συχνότητας η κλίμακα του 802.11a είναι μάλλον λιγότερη από το 802.11b ή 802.11g. Αυτό απαιτεί έναν σημαντικό αριθμό APs αλλά επίσης αυξάνει την χωρητικότητα από επανάχρηση του

καναλιού. Εξαιτίας της χρησιμοποιούμενης υψηλής συχνότητας, η κλίμακα είναι χαμηλότερη για το 802.11a. Αλλά ακόμα και με αυτόν τον περιορισμό το 802.11a μπορεί μερικές φορές να παραδώσει καλύτερη εκτέλεση απ' το 802.11b σε παρόμοιες κλίμακες απ' το AP. Ένα άλλο σημαντικό θέμα είναι περιορισμένη interoperability, αφού ένα 802.11a τελικό δεν μπορεί να επικοινωνήσει με ένα 802.11b AP. Αυτό λύνεται με πολλαπλής κατάστασης λειτουργία ράδιο κάρτα που υποστηρίζουν πολλαπλά 802.11 PHYs (a, b, g) σε μια μονή κάρτα ή χρησιμοποιώντας με διπλή 802.11ab λύση η οποία λειτουργεί και με τα δύο. Τελικά, 802.11a προϊόντα κοστίζουν περίπου 30 τοις εκατό πιο πολύ απ' το 802.11b. Ωστόσο, το 802.11a θα μπορούσε να είναι μια καλύτερη μακροπρόθεσμη λύση, ειδικά όταν δεν είναι γνωστές οι μελλοντικές ανάγκες εκτέλεσης.

Πρότυπα όπως η Ολοκληρωμένη Ζώνη Εύρους ή Αρχικό Βύσμα 1.0 φαίνονται πιο κατάλληλα για home δίκτυα από ότι τα δίκτυα για hot spot. Η ολοκληρωμένη Ζώνη Εύρους δεν θεωρείται ένας καλός υποψήφιος για ένα δίκτυο hot spot εξαιτίας του μειωμένου επιπέδου ενέργειας (εξαιτίας των παρεμβολών με άλλες RF επικοινωνίες στην ίδια κλίμακα συχνότητας), το οποίο το περιορίζει σε πολύ μικρές αποστάσεις. Παρ' όλα αυτά το χαρακτηριστικό της μειωμένης ενέργειας παραδίδει UWB πιο επαρκή για home δίκτυα καθώς είναι κατάλληλο για μια μικρή κλίμακα μέχρι 10 μέτρα (ενώ η 802.11 καθορισμένη κλίμακα είναι μέχρι 100 μέτρα) όπου αναμένονται ρυθμοί δεδομένων μέχρι 600 MB/s. Καθώς αυξάνεται η απόσταση μετάδοσης, οι ρυθμοί δεδομένων μειώνονται δραστικά σε λίγα kbps. Επιπλέον διαφέρει σημαντικά από άλλες επικοινωνίες Ράδιο Συχνότητας, το οποίο καθιστά την interoperability με άλλα πρότυπα δύσκολο επίτευγμα.

Medium	Range	Total bandwidth	Measured bandwidth	PER / Loss probability ¹
Switched Ethernet	100 m	100 Mbit/s	90 Mbit/s	0.02
			40 Mbit/s	0.0003
IEEE 1394	72 m	400 Mbit/s		< 10 ⁻¹⁷
Homeplug 1.0	2 m	14 Mbit/s	4-6 Mbit/s	0.1
	10 m		3-6 Mbit/s	
	20 m		3-6 Mbit/s	
IEEE 802.11a	2 m		18-24 Mbit/s	

	10 m	54 Mbit/s	10-15 Mbit/s	0.5
	20 m		6-7 Mbit/s	
IEEE 802.11b	2 m		5-6 Mbit/s	
	10 m	11 Mbit/s	5-6 Mbit/s	0.5
	20 m		5 Mbit/s	
	50 m		n/a	
IEEE 802.11g	2 m		7-14 Mbit/s	
	10 m	54 Mbit/s	6-8 Mbit/s	0.5
	50 m		n/a	
Bluetooth	2 m	800 Kbit/s	570 Kbit/s	0.25
Ultra Wide Band	10 m	100 Mbit/s	n/a	n/a

Πίνακας 2.7: Χαρακτηριστικά προτύπων ασύρματης δικτύωσης

2.8 Παραδείγματα Τυπικών Δικτυακών Υποδομών

Πρώτα συζητιέται η υποδομή του δικτύου του σπιτιού και αναμένονται και καλωδιακές και ασύρματες συσκευές. Έπειτα, τα υποψήφια μέσα περιγράφονται με περισσότερη λεπτομέρεια. Συζητάμε ιδιαίτερα την διαθεσιμότητα των μηχανισμών που κάνουν την τεχνολογία της επικοινωνίας κατάλληλη για μεταφορά ρευμάτων βίντεο και ήχου. Μετά παρουσιάζονται οι διαφορές και οι ομοιότητες των σημαντικών σημείων της υποδομής και συζητούνται οι ιδιότητες των ρευμάτων που χρησιμοποιούν.

2.8.1 Δίκτυο σπιτιού

Το δίκτυο του σπιτιού μπορεί να χτιστεί από διαφορετικά τμήματα δικτύου. Σ' ένα ασύρματο δίκτυο μια συσκευή πρέπει να συνδεθεί σε μια καλωδιακή υποδομή πριν να μπορεί αυτή η συσκευή να επικοινωνήσει με άλλες συσκευές στο δίκτυο. Τυπικές τεχνολογίες ασύρματου δικτύου είναι: Switched Ethernet, IEEE 1394 και Homeplug (χρησιμοποιώντας αγωγούς ενέργειας).

Ασύρματα μέσα επικοινωνίας (IEEE 802.11, IEEE 802.15 x) έχουν το πλεονέκτημα ότι δεν χρειάζονται παραπάνω καλώδια. Μέσα στο ασύρματο πλαίσιο, δύο τύποι συσκευών μπορούν να εξεταστούν: φορητές συσκευές (5 κιλά ή λιγότερο) και (2) κινητές συσκευές. Ο δεύτερος τύπος συσκευής (π.χ. ένα PDA ή Laptop) πρέπει να συνδεθεί ασύρματα, αφού αυτό το είδος της συσκευής είναι μόνιμα στην κίνηση.

Συγκεκριμένα κινητές συσκευές μπορούν να εισαχθούν στο σπίτι σαν guest συσκευές με περιορισμένα δικαιώματα. Για το φορητό τύπο το ασύρματο δίκτυο είναι ευκολία. Αυτές οι συσκευές σπάνια μεταφέρονται, 2–3 φορές τη μέρα το περισσότερο. Για παράδειγμα, μία φορητή συσκευή (π.χ. ένα 17 ίντσες πλάσμα οθόνη) μπορεί να τη σηκώσει κάποιος, να τη μεταφέρει σε άλλο δωμάτιο να τη συνδέσει στους αγωγούς και η επικοινωνία εγκαθίστανται. Πρόσφατα δύο ασύρματες καταστάσεις λειτουργίας είναι γνωστές (1) ad hoc και (2) με Access Point (AP). Στην πρώτη περίπτωση δεν χρειάζεται συγκεκριμένη υποδομή, στη δεύτερη περίπτωση χρειάζεται ένα Access Point (AP).

Όταν καλωδιακές και ασύρματες συνδέσεις υπήρχαν μαζί στο σπίτι, APs μπορούν να συνδέσουν τις ασύρματες συσκευές στην καλωδιακή υποδομή. Ένα βασισμένο δίκτυο στο AP για το IEEE 802.11 μπορεί να είναι επαρκές ανάλογα με τη χρήση και τις συνθήκες του δικτύου. Στο μέλλον όταν η ανάπτυξη των δικτύων του σπιτιού αυξηθεί, αρκετά APs θα είναι επιθυμητά ή ακόμα και απαραίτητα. Η αλληλοσύνδεση μεταξύ των APs μπορεί να γίνει με δύο τρόπους (1) καλωδιώνοντας τα APs, το οποίο μας επαναφέρει στο πρόβλημα καλωδίωσης αλλά με περιορισμένη αίσθηση (αφού τα AP κανονικά φτιάχνονται) ή (2) συνδέοντας τα ασύρματα το οποίο μπορεί να είναι μπερδεμένο εάν υπάρχουν εμπόδια με τη μορφή τοίχου.

Πρόσφατα, το να μοιράζεσαι μια μονή σύνδεση Internet με άλλες συσκευές είναι ο κύριος driver για το στήσιμο του δικτύου του σπιτιού. Συνεπώς, όλες οι συσκευές καλωδιακές και ασύρματες έχουν συνδεσιμότητα στο Internet. Τη στιγμή που γράφεται το κείμενο ο έλεγχος του δικτύου του σπιτιού δεν έχει καθοριστεί.

Πολλά δίκτυα απασχολούν συσκευές που συνδυάζουν ένα Internet modem με ασύρματη καλωδιακή συνδεσιμότητα και τα δύο έχουν αντιτυρική ζώνη και λειτουργικότητα ρίζας.

Όταν μόνο μία συσκευή συνδυάζει καλωδιακή και ασύρματη συνδεσιμότητα μπορεί να αποτελέσει κεντρικό ελεγκτή ολόκληρου του δικτύου του σπιτιού. Για τηλεπικοινωνιακές και καλωδιακές εταιρίες αυτό είναι ένα ενδιαφέρον μοντέλο λειτουργίας.

Άλλη μια πιθανότητα είναι ότι ο PC θα πάρει τον έλεγχο σε ολόκληρο το δίκτυο του σπιτιού. Ωστόσο μια Τρίτη πιθανότητα είναι ότι ο αριθμός των συσκευών θα είναι τόσο μεγάλος, ή θα έχει μια διαφορετική φύση, ή το δίκτυο έχει τέτοια τοπολογία την οποία ο κεντρικός διαχειριστής δεν θα είναι αποδεκτός. Σ' αυτή την περίπτωση το δίκτυο θα πρέπει να διαχειριστεί με έναν επιμεριστικό τρόπο. Πρόσφατα όλες οι επιλογές είναι ακόμα ανοιχτές και είναι απαραίτητο να ερευνήσουμε τη διαχείριση του δικτύου η οποία μπορεί να αντιμετωπίσει αυτές τις διαφορετικές καταστάσεις.

2.8.2 Hot Spot

Ένα Hot spot είναι ένα μέρος όπου η ασύρματη πρόσβαση στο Web είναι διαθέσιμη στο κοινό (αμοιβή ή δωρεάν). Για χρήστες φορητών υπολογιστών εξοπλισμένοι για ασύρματο, ένα hot spot είναι ένα ασύρματο LAN κόμβο που παρέχει Internet σύνδεση και λειτουργικότητα του εικονικού ιδιωτικού δικτύου. Μ' ένα παρόμοιο τρόπο, μια hot ζώνη είναι μια ασύρματη περιοχή πρόσβασης που δημιουργήθηκε από πολλαπλά hot spots τοποθετημένα σε κοντινή αμεσότητα μεταξύ τους.

Η κύρια κατάσταση λειτουργίας επικοινωνίας σ' ένα hot spot είναι το access point (AP), καθώς το WLAN εγκαθίσταται με το να προσκολλήσουμε στο ασύρματο δίκτυο έναν σταθμό βάση, ο οποίος αναμεταδίδει την κυκλοφορία ανάμεσα σε ασύρματους χρήστες και στο καλωδιακό δίκτυο. Σε δημόσια μέρη που υπάρχει ένας αριθμός των APs, ο χρήστης φόρτωσης είναι σε γενική δυναμική και άνισα διανεμημένη ανάμεσα στα APs. Είναι δυνατό ότι μερικά APs να είναι σε συμφόρηση από πολλούς χρήστες και δεν μπορούν να παραδεχτούν περισσότερες παρακλήσεις, ενώ τα γειτονικά υπηρετούν λίγους χρήστες και τα bandwidth είναι αναξιοποίητα. Προκειμένου να αποφύγουμε τέτοια συμφόρηση μπορεί να εισαχθεί ένα ad hoc ασύρματο αναμετάδοσης LAN πλαίσιο σκελετού. Μ' αυτόν τον τρόπο ένα γειτονικό AP υπηρετεί ένα κινητό χρήστη σε hot spot. Η αναλογία αποτυχίας μειώνεται καθώς και η αξιοποίηση του bandwidth βελτιώνεται σ' ένα hot spot δίκτυο. Στο hot spot πλαίσιο, Wi-Fi (Ασύρματη Ακρίβεια) είναι ένας όρος για συγκεκριμένους τύπους ασύρματων δικτύων τοπικών περιοχών (WLAN) που χρησιμοποιούν προσδιορισμούς στη 802.11 οικογένεια και που εξασφαλίζουν την interoperability του προϊόντος.

Ένας συγκεκριμένος προσδιορισμός, κάτω απ' τον οποίο ένα Wi-Fi δίκτυο λειτουργεί καλείται η «γεύση» του δικτύου.

Η interoperability επίσης βρίσκεται ανάμεσα στα Wi-Fi hot spots και στα 2.5G/3G συστήματα καθώς η παράταξη των ασύρματων LANs hot spot μπορούν να ενισχύσουν την εκτέλεση των 3G cellular δικτύων. Μέσα στο πλαίσιο των 3G cellular συστημάτων, τα WLANs είναι μια συμπληρωματική τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρέχει στους χρήστες με υψηλές υπηρεσίες αναλογικών δεδομένων σε περιορισμένες περιοχές. Αυτό πετυχαίνεται διαμέσου του handovers ανάμεσα στα 3G cellular access networks και WLAN APs. Interoperability ανάμεσα στο WLAN (802.11 οικογένεια) και το 802.16 πρότυπο για ασύρματη μητροπολίτικη περιοχή δικτύου (WMAN) θεωρείται και 802.11/802.16 ολοκλήρωση συζητιέται στον ακόλουθο τομέα. Εάν δεν είναι επαρκώς προστατευμένο ένα Wi-Fi δίκτυο μπορεί να είναι ευαίσθητο στην πρόσβαση από χρήστες που δεν έχουν δικαιοδοσία οι οποίοι χρησιμοποιούν την πρόσβαση για δωρεάν Internet σύνδεση. Οποιαδήποτε οντότητα έχει ασύρματο LAN θα πρέπει να χρησιμοποιήσει security safeguards όπως είναι το Wired Equivalent Privacy (WEP) encryption standard, η περισσότερο πρόσφατη Wi-Fi προστατευόμενη πρόσβαση (WPA), Ασφάλεια Πρωτοκόλλου Ίντερνετ ή ένα εικονικό δίκτυο (VPN). Επιπλέον, θέματα όπως είναι η πρόσβαση

ασφαλείας, η αυθεντικότητα του χρήστη ή encryption δεδομένων γίνονται πολύ σημαντικά.

Ένα απαραίτητο συστατικό του hot spot δεν είναι μόνο τα handovers μέσα στα hot spot αλλά επίσης και η διαχείριση των handover ανάμεσα στα hot spot. Το μελλοντικό Internet θα είναι πολύ διαφορετικό σε σύγκριση με το τωρινό ασύρματο Internet καθώς ο αριθμός των κινητών χρηστών συνεχώς αυξάνεται. Σαν αποτέλεσμα το Internet θα περιλαμβάνει μια συλλογή hot spots τα οποία συνδέονται στο ένα δίκτυο backbone routing το οποίο είναι το γνωστό Internet. Hence, νομαδική χρήση των υπολογιστών θα πρέπει να υποστηρίζεται. Παρ' όλα αυτά εξετάζοντας τις πιθανές εφαρμογές η χρήση των εφαρμογών των πολυμέσων πραγματικού χρόνου ενώ είναι κινητά αναμένεται να γίνει σημαντική. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα όχι μόνο νομαδική χρήση, αλλά επίσης θα πρέπει να εξετάζεται (ή να παρέχεται) η seamless mobility μεταξύ διαφορετικών APs. Αυτό απαιτεί πολύ διαχείριση στο στρώμα του δικτύου επειδή πράγματι τα πακέτα θα πρέπει να πορεύονται προς ένα διαφορετικό AP seamlessly και όχι να χάνουμε περιεχόμενο πολυμέσων. Η πρόσφατη Κινητή IP λύση θα χρειαστεί μια σφιχτή ενσωμάτωση με τα χαμηλότερα στρώματα για να μπορεί να παραδώσει την απαιτούμενη εκτέλεση της εφαρμογής. Όπως συζητήθηκε στο [16] η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στο στρώμα της σύνδεσης έχει μεγάλο αντίκτυπο στην εκτέλεση της καθυστέρησης του Handover.

Ανάλογα τη φόρτωση του καινούριου hot spot η καθυστέρηση που εμφανίζεται για να έχουμε πρόσβαση στο καινούριο κανάλι μπορεί να είναι συγκεκριμένη (μέχρι 2 sec στο [16]). Αυτή η καθυστέρηση είναι αποτέλεσμα του DLC/MAC στρώματος μόνο και προστίθεται στην Κινητή IP καθυστέρηση. Για να αποκτηθεί ένα seamless handover απαιτείται να υπάρχει η ικανότητα σε DLC/MAC στρώμα, να συνδεθεί προσωρινά σε διαφορετικά APs. Λαμβάνοντας υπόψιν την υψηλή κινητικότητα ή τα μη – συμπιπτόμενα hot spots, αυτό μπορεί να μην είναι πάντα εφικτό. Hence, άλλες τεχνικές να βελτιώσουν την συνεργασία μεταξύ του PHY, MAC, δίκτυο και στρώμα εφαρμογής θα χρειαστούν για να πετύχουν την απαιτούμενη εκτέλεση ακόμα και αν ο αριθμός των handover είναι μεγάλος.

2.9 Πρωτόκολλα δρομολόγησης για ad hoc δίκτυα

Για τον συντονισμό μεταξύ των κόμβων ενός ad hoc δικτύου και τη διευκόλυνση της επικοινωνίας μεταξύ τους σε απομακρυσμένες πολλαπλών βημάτων (hops) διαδρομές, χρησιμοποιούνται πρωτόκολλα δρομολόγησης, τα οποία ανακαλύπτουν μονοπάτια μεταξύ των κόμβων αυτών. Τα ad hoc κινητά δίκτυα, έχουν όπως έχει προαναφερθεί, αρκετά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία καθιστούν τα παραδοσιακά πρωτόκολλα δρομολόγησης, που έχουν σχεδιαστεί για ενσύρματα δίκτυα, ακατάλληλα για αυτά.

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης για ad hoc δίκτυα , μπορούν να διαιρεθούν σε δύο βασικές κατηγορίες :

- **Table-driven (proactive) πρωτόκολλα:**

Στην κατηγορία αυτή, η δρομολόγηση πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες που διατηρούν οι κόμβοι. Καθένας από αυτούς προσπαθεί κάθε στιγμή να κρατά συνεπείς πληροφορίες δρομολόγησης για κάθε άλλο κόμβο του δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται με μηνύματα που μεταδίδουν μεταξύ τους οι κόμβοι είτε κάθε φορά που συντελείται μια αλλαγή στο δίκτυο είτε σε τακτά χρονικά διαστήματα. Για το λόγο ότι οι πληροφορίες αυτές συνήθως διατηρούνται σε έναν αριθμό από διαφορετικούς πίνακες, τα πρωτόκολλα αυτά αναφέρονται και ως *Table-Driven protocols*. Ανάλογα με τον τύπο των πληροφοριών που διατηρούνται σε κάθε πίνακα και τον τρόπο που κατασκευάζονται και ενημερώνονται οι τελευταίοι, υπάρχουν διάφορα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας.

- **On-demand (reactive) πρωτόκολλα:**

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης reactive ή on-demand σχεδιάστηκαν ώστε να ελαττώνουν την κατανάλωση πόρων που προκαλούν τα πρωτόκολλα της προηγούμενης κατηγορίας. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσπάθεια να διατηρηθεί συνεπής η πληροφορία μόνο για τα μονοπάτια που χρησιμοποιούνται. Αυτό σημαίνει ότι τα μονοπάτια αποκαλύπτονται μόνο όταν κάποιος κόμβος επιθυμεί να στείλει δεδομένα σε κάποιον άλλο κόμβο. Έτσι, ο συγκεκριμένος κόμβος ανακαλύπτει τα υποψήφια μονοπάτια προς τον κόμβο προορισμό τη στιγμή που ο ίδιος θέλει να επικοινωνήσει μαζί του για την αποστολή κάποιων δεδομένων. Τότε, η ανακάλυψη των μονοπατιών αυτών πραγματοποιείται με την εφαρμογή της πλημμύρας στο δίκτυο. Αντίθετα προς την τακτική αυτή λειτουργούν τα global/proactive πρωτόκολλα τα οποία φροντίζουν όλοι οι κόμβοι να γνωρίζουν κάθε στιγμή τα μονοπάτια που οδηγούν σε οποιοδήποτε κόμβο του δικτύου και όχι μόνο τη στιγμή που θέλουν να επικοινωνήσουν μαζί τους.

- **Υβριδικά πρωτόκολλα:**

Η τρίτη κατηγορία πρωτοκόλλων συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των προηγούμενων κατηγοριών. Συγκεκριμένα, σε μια μικρή περιοχή γύρω από έναν κόμβο η δρομολόγηση πραγματοποιείται ακολουθώντας τους κανόνες της πρώτης κατηγορίας πρωτοκόλλων, ενώ για τη δρομολόγηση δεδομένων έξω από αυτή την περιοχή εφαρμόζονται αλγόριθμοι της δεύτερης κατηγορίας ή και το αντίστροφο.

Η τεχνολογία Ad-Hoc προσπαθεί να πετύχει επικοινωνία δύο σημείων μέσω της αναμετάδοσης σημάτων RF. Αυτό σπάνια μπορεί να γίνει με απευθείας σύνδεση των δύο κόμβων που επιθυμούν να επικοινωνήσουν. Για το λόγο αυτό απαιτείται από τους κόμβους που βρίσκονται σε γεωγραφικά ενδιάμεσες θέσεις, να αναμεταδώσουν το

σήμα. Έτσι επέρχεται η ανάγκη εύρεσης καλύτερης διαδρομής (routing - δρομολόγηση).

2.9.1 Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing Protocol (DSDV)

Ο DSDV βασίζεται στον κλασικό αλγόριθμο δρομολόγησης των Bellman-Ford , με κάποιες βελτιώσεις .Σύμφωνα με το DSDV, κάθε κινητός κόμβος του δικτύου διατηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης, στον οποίο αποθηκεύει όλους τους πιθανούς προορισμούς, τον απαιτούμενο αριθμό των hops για κάθε προορισμό και έναν σειριακό αριθμό, ο οποίος έχει οριστεί από τον προορισμό. Ο αριθμός αυτός χρησιμοποιείται για να διαχωριστούν οι παλιές διαδρομές από τις νεώτερες , και έτσι αποφεύγεται η δημιουργία βρόχων. Οι κόμβοι μεταδίδουν περιοδικά τους πίνακες δρομολόγησής τους στους άμεσους γείτονές τους, έτσι ώστε να διατηρείται η συνέπεια των πινάκων. Επίσης, μεταδίδουν τους πίνακες δρομολόγησής τους αν συμβεί κάποια σημαντική αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου (και επομένως στους πίνακες τους) στο χρόνο μεταξύ των περιοδικών μεταδόσεων. Για να μειωθεί η πιθανά μεγάλη κίνηση στο δίκτυο που μπορεί να προκληθεί από τέτοιου είδους ενημερώσεις των πινάκων δρομολόγησης, οι ενημερώσεις αυτές μπορούν να σταλούν με δύο είδη πακέτων. Το πρώτο είδος, είναι γνωστό σαν “full dump” πακέτα, περιέχει ολόκληρους τους πίνακες δρομολόγησης και μπορεί να απαιτήσει πολλαπλές μονάδες δεδομένων του πρωτοκόλλου του δικτύου (NPDUs).

Το δεύτερο είδος, είναι τα πακέτα επαύξησης (incremental packets), τα οποία χρησιμοποιούνται για να σταλούν μόνο εκείνες οι εγγραφές των πινάκων δρομολόγησης που έχουν αλλάξει από την τελευταία ενημέρωση και πρέπει να χωρούν σε ένα NPDU, και έχουν ως αποτέλεσμα να μειώνεται το ποσό της κίνησης που παράγεται . Αν υπάρχει χώρος στα πακέτα επαύξησης , τότε μπορούν να συμπεριληφθούν και οι εγγραφές εκείνες των οποίων έχει αλλάξει ο sequence number. Όταν το δίκτυο είναι σχετικά σταθερό , στέλνονται πακέτα επαύξησης , έτσι ώστε να αποφευχθεί η επιπλέον κίνηση , ενώ τα πακέτα “full dump” είναι σχετικά σπάνια . Σε ένα δίκτυο που αλλάζει συχνά τα πακέτα επαύξησης μπορεί να μεγαλώσουν , επομένως τα πακέτα “full dump” θα είναι πιο συχνά . Κάθε πακέτο ενημέρωσης , περιέχει τη διεύθυνση του προορισμού , τον αριθμό των hops για να φτάσουμε στον προορισμό αυτό , το sequence number των πληροφοριών που ελήφθησαν σε σχέση με τον προορισμό αυτό , όπως επίσης και ένα sequence number το οποίο είναι μοναδικό για την εκπομπή . Η διαδρομή με το μεγαλύτερο sequence number , δηλαδή η πιο πρόσφατη , είναι αυτή που χρησιμοποιείται . Στην περίπτωση που δύο διαδρομές έχουν το ίδιο sequence number , τότε χρησιμοποιείται η διαδρομή με την καλύτερη μετρική , δηλαδή η μικρότερη διαδρομή. Όταν κάποιος κόμβος A αντιληφθεί ότι η διαδρομή μέχρι τον προορισμό D έχει πάψει να είναι έγκυρη , τότε αυξάνεται ο αριθμός hop-count της διαδρομής αυτής . Έτσι , την επόμενη φορά που ο A θα κοινοποιήσει στους γείτονες του τον πίνακα δρομολόγησής του , θα δώσει στη

διαδρομή προς τον D άπειρο hop-count και ένα sequence number που είναι μεγαλύτερος από πριν .

Οι κόμβοι υπολογίζουν επίσης το χρόνο εγκατάστασης μιας διαδρομής , δηλαδή το μέσο χρόνο κατά τον οποίο κυμαίνονται οι διαδρομές για ένα προορισμό μέχρι να ληφθεί η καλύτερη διαδρομή . Έτσι, καθυστερούν την εκπομπή μιας ενημέρωσης διαδρομής κατά ένα ποσό χρόνου ίσο με το χρόνο εγκατάστασης , μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την κίνηση του δικτύου και βελτιστοποιώντας τις διαδρομές , αφού εξαλείφονται οι εκπομπές αυτές οι οποίες θα συνέβαιναν αν μια καλύτερη διαδρομή βρισκόταν πολύ σύντομα.

Συζήτηση των χαρακτηριστικών του αλγορίθμου

Πλεονεκτήματα

- Η χρήση του σειριακού αριθμού εγγυάται ότι δεν υπάρχουν βρόχοι επανάληψης στους πίνακες δρομολόγησης για να διαχωρίσει τις παλιές από τις νέες διαδρομές .
- Ενώ παρέχει μόνο ένα μονοπάτι για κάθε προορισμό επιλέγει το μικρότερο μονοπάτι βασισμένος στον αριθμό των hops για τον προορισμό .
- Παρέχει δύο είδη πακέτων ενημέρωσης, το ένα από τα οποία είναι σημαντικά μικρότερο από το άλλο και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ενημερώσεις επαύξησης έτσι ώστε να μη χρειάζεται να σταλεί ολόκληρος ο πίνακας δρομολόγησης για κάθε αλλαγή στην τοπολογία του δικτύου .
- Διατηρεί ενημερωμένες διαδρομές χρησιμοποιώντας τους σειριακούς αριθμούς.

Μειονεκτήματα

Ο DSDV είναι μη αποδοτικός γιατί :

- Απαιτεί εκπομπή περιοδικών ενημερώσεων ανεξάρτητα από τον αριθμό των αλλαγών στην τοπολογία του δικτύου , το οποίο έχει ως συνέπεια να περιορίζεται ο αριθμός των κόμβων που μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο , αφού το συνολικό κόστος του δικτύου αυξάνεται ($O(n^2)$) .
- Χρειάζεται κάποιο χρόνο έτσι ώστε να συγκλίνει πριν χρησιμοποιηθεί κάποια διαδρομή . Αυτός ο χρόνος σύγκλισης μπορεί να θεωρηθεί αμελητέος σε ένα στατικό δίκτυο , όπου η τοπολογία δεν αλλάζει και τόσο συχνά , αλλά στα ad hoc δίκτυα η τοπολογία περιμένουμε να μεταβάλλεται πολύ συχνά . Έτσι ο χρόνος αυτός σύγκλισης μπορεί να σημαίνει ότι ένας μεγάλος αριθμός πακέτων έχουν απορριφθεί προτού βρεθεί μια κατάλληλη διαδρομή .

2.9.2 AODV

Ο AODV αλγόριθμος δρομολόγησης δημιουργείται με βάση τον DSDV αλγόριθμο. Ο AODV είναι μια βελτίωση του DSDV, αφού τυπικά ελαχιστοποιεί τον αριθμό των εκπομπών που απαιτούνται, δημιουργώντας διαδρομές όταν απαιτούνται, σε αντίθεση με τον DSDV που διατηρεί μια πλήρη λίστα των διαδρομών. Οι συγγραφείς του AODV τον κατατάσσουν σαν ένα απλό σύστημα απόκτησης διαδρομής όταν απαιτείται, αφού οι κόμβοι που δε βρίσκονται στο επιλεγμένο μονοπάτι δε διατηρούν πληροφορίες δρομολόγησης, ούτε συμμετέχουν σε ανταλλαγές πινάκων δρομολόγησης.

Κάθε κόμβος του δικτύου διατηρεί ένα πίνακα Δρομολόγησης, κάθε εγγραφή του οποίου περιέχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Την IP διεύθυνση του προορισμού
- Το sequence number του προορισμού
- Τον αριθμό των hops μέχρι τον προορισμό
- Το επόμενο βήμα-κόμβο, το οποίο έχει επιλεγεί για την αποστολή πακέτων στον προορισμό μέσω αυτής της διαδρομής
- Το χρόνο για τον οποίο η διαδρομή θεωρείται έγκυρη (lifetime)
- Τους γειτονικούς κόμβους, οι οποίοι χρησιμοποιούν ενεργά αυτή τη διαδρομή
- Ένα buffer (Request Buffer), ο οποίος εξασφαλίζει ότι μια αίτηση επεξεργάζεται μόνο μια φορά.

Συζήτηση των χαρακτηριστικών του αλγορίθμου

Πλεονεκτήματα

- Πλεονεκτεί σε σχέση με τους κλασικούς αλγόριθμους δρομολόγησης στο ότι έχει περιορίσει σημαντικά τον αριθμό των μηνυμάτων δρομολόγησης μέσα στο δίκτυο.
- Με τη χρήση των σειριακών αριθμών εξασφαλίζεται ότι μια διαδρομή είναι πρόσφατη και δεν περιέχει βρόχους.
- Προσθέτει τη δυνατότητα multicast, η οποία αυξάνει την απόδοση σημαντικά όταν ένας κόμβος επικοινωνεί με πολλούς.
- Το πρωτόκολλο είναι κατανεμημένο, αφού δεν εξαρτάται από κάποιον κεντρικό κόμβο.

- Διατηρεί χαμηλό το overhead δρομολόγησης , αφού τόσο τα πακέτα αναζήτησης διαδρομής , όσο και τα πακέτα απάντησης διαδρομής , περιέχουν μικρό όγκο πληροφοριών .
- Με την αποστολή “hello” μηνυμάτων μπορεί να διατηρηθεί η συνδεσιμότητα της γειτονιάς του κάθε κόμβου .

Μειονεκτήματα

- Η χρήση των σειριακών αριθμών μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα, αν οι κόμβοι πάντουν να είναι συγχρονισμένοι .
- Υποστηρίζει μόνο μια διαδρομή για κάθε προορισμό .
- Απαιτεί συμμετρικές συνδέσεις μεταξύ των κόμβων και για το λόγο αυτό δε μπορεί να χρησιμοποιήσει διαδρομές με μη-συμμετρικές συνδέσεις.
- Αν προκύψει μια αποτυχία σύνδεσης κατά μήκος ενός μονοπατιού , ο αλγόριθμος ανακάλυψης διαδρομής πρέπει να ξανακληθεί από την πηγή για να βρεθεί ένα νέο μονοπάτι για τον προορισμό . Δε γίνεται καμιά προσπάθεια να χρησιμοποιηθεί τμηματική ανάκτηση διαδρομής , δηλαδή να επιτραπεί στους ενδιάμεσους κόμβους να προσπαθήσουν να ξαναφτιάξουν μόνοι τους τη διαδρομή . Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερους χρόνους ανακατασκευής διαδρομής .

Όμως η προσπάθεια και η αποτυχία ενός ενδιάμεσου κόμβου να ξαναφτιάξει μια διαδρομή, θα προκαλέσει μεγαλύτερη καθυστέρηση από ότι αν ο κόμβος-πηγή είχε προσπαθήσει να την ξαναφτιάξει αμέσως μόλις αντιλήφθηκε τη σπασμένη σύνδεση .

2.9.3 Dynamic Source Routing Protocol (DSR)

Το DSR πρωτόκολλο , είναι ένα on-demand πρωτόκολλο δρομολόγησης, το οποίο βασίζεται στην έννοια της δρομολόγησης πηγής . Κάθε κόμβος χρειάζεται να διατηρεί κρυφές μνήμες διαδρομών , οι οποίες περιέχουν τις διαδρομές πηγής για τις οποίες είναι ενήμερος . Οι εγγραφές στην κρυφή μνήμη διαδρομών ενός κόμβου ενημερώνονται συνεχώς , καθώς αυτός μαθαίνει για νέες διαδρομές . Κάθε εγγραφή στην κρυφή μνήμη διαδρομών έχει συσχετισμένη με αυτή μια περίοδο λήξης , μετά την οποία η εγγραφή διαγράφεται από την κρυφή μνήμη.

Το πρωτόκολλο αποτελείται από δύο κύριες φάσεις : την ανακάλυψη διαδρομής και τη διατήρηση διαδρομής . Όταν ένας κινητός κόμβος θέλει να στείλει ένα πακέτο σε κάποιον προορισμό , ελέγχει την κρυφή μνήμη διαδρομών του για να καθορίσει αν ήδη έχει μια διαδρομή για τον προορισμό αυτό . Αν βρει ότι υπάρχει μια διαδρομή για τον προορισμό που δεν έχει λήξει, χρησιμοποιεί τη διαδρομή αυτή για να στείλει το

πακέτο . Αν όμως ο κόμβος δεν έχει μια τέτοια διαδρομή , τότε ξεκινάει τη διαδικασία ανακάλυψης διαδρομής εκπέμποντας ένα πακέτο αίτησης διαδρομής . Αυτό το πακέτο αίτησης διαδρομής , περιέχει τη διεύθυνση της πηγής και του προορισμού και ένα μοναδικό αριθμό αναγνώρισης ταυτότητας. Κάθε ενδιάμεσος κόμβος που λαμβάνει το πακέτο αυτό , ελέγχει αν ξέρει μια διαδρομή για τον προορισμό . Αν δεν ξέρει μια τέτοια διαδρομή , προσαρτά τη διεύθυνσή του στο αρχείο διαδρομής του πακέτου και στη συνέχεια προωθεί το πακέτο στους γείτονές του . Για να μειωθεί ο αριθμός των αιτήσεων διαδρομής που μεταδίδονται , ένας κόμβος προωθεί το πακέτο αίτησης διαδρομής μόνο αν δεν έχει δει ήδη το πακέτο αυτό και η διεύθυνσή του δεν εμφανίζεται ήδη στο αρχείο διαδρομής του πακέτου .

Μια απάντηση διαδρομής παράγεται όταν το πακέτο αίτησης διαδρομής φτάσει είτε στον ίδιο τον προορισμό , είτε σε έναν ενδιάμεσο κόμβο που περιέχει στην κρυφή μνήμη διαδρομών του μια διαδρομή για τον προορισμό που δεν έχει λήξει . Ένα πακέτο αίτησης διαδρομής που φτάνει σε έναν από αυτούς τους κόμβους , ήδη περιέχει στο αρχείο διαδρομής του την ακολουθία των βημάτων που ακολουθήθηκαν από την πηγή μέχρι τον κόμβο αυτό .

Ιδιότητες

Ο DSR χρησιμοποιεί το σημαντικό πλεονέκτημα της δρομολόγησης από τη πηγή. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι δεν χρειάζεται να διατηρούν ενημερωμένες πληροφορίες για τις διαδρομές έτσι ώστε να δρομολογούν τα πακέτα που προωθούν. Επίσης, δεν υπάρχει ανάγκη για περιοδική μετάδοση μηνυμάτων που να περιέχουν πληροφορία για τις διαδρομές. Αυτό το γεγονός μειώνει το εύρος ζώνης επικοινωνίας που καταναλώνουμε λόγω πρόσθετου κόστους, ειδικά σε περιόδους όπου δεν παρατηρείται σημαντική μετακίνηση των σταθμών του δικτύου. Επίσης, με αυτό τον τρόπο εξοικονομούμε ενέργεια αφού αφενός δεν στέλνουμε τέτοια μηνύματα ενημέρωσης, και αφετέρου δεν χρειάζεται να λαμβάνουμε. Έτσι, ένας κόμβος μπορεί να τεθεί σε κατάσταση sleep mode.

Αυτός ο αλγόριθμος έχει το πλεονέκτημα της μάθησης διαδρομών με τον έλεγχο της πληροφορίας που περιέχεται στα πακέτα που λαμβάνει. Μια διαδρομή από τον A στον C μέσω του B σημαίνει ότι ο A μαθαίνει την διαδρομή στον C, αλλά και ο B μαθαίνει την διαδρομή μέχρι τον C. Επιπλέον, η διαδρομή προς τον αρχικό κόμβο A σημαίνει ότι και ο B γνωρίζει την διαδρομή μέχρι τον A, και ακόμη ο C γνωρίζει την διαδρομή προς τον A και B. Αυτή η μορφή ενεργούς μάθησης είναι πολύ χρήσιμη αφού μειώνει το πρόσθετο κόστος του δικτύου.

Παρόλα αυτά, κάθε πακέτο περιέχει ένα μικρό πρόσθετο κόστος που περιέχει την διαδρομή μέχρι τον αρχικό κόμβο που έστειλε το πακέτο. Αυτό το πρόσθετο κόστος αυξάνεται όταν το πακέτο πρέπει να περάσει μέσα από πολλά hops μέχρι να φτάσει στον προορισμό του. Έτσι, τα πακέτα θα είναι ελαφρά μεγαλύτερα, λόγω αυτού του πρόσθετου κόστους.

Η χρήση του συστήματος επικοινωνίας στην “αδιάκριτη” κατάσταση εισάγει επίσης θέματα ασφάλειας. Αφού στο σύστημα της επικοινωνίας δεν χρησιμοποιούμε τον μηχανισμό φιλτραρίσματος διεύθυνσης, μπορούμε να διαβάσουμε όλα τα πακέτα που μεταδίδονται στην περιοχή. Ένας πιθανός εισβολέας θα μπορούσε να ακούσει όλα τα πακέτα και να τα ψάξει για πολύτιμες πληροφορίες όπως είναι οι αριθμοί πιστωτικών καρτών. Οι εφαρμογές θα πρέπει να παρέχουν ασφάλεια κρυπτογραφώντας τα δεδομένα πριν να τα αποστέλλουν. Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης αποτελούν πρωταρχικούς στόχους σε επιθέσεις υποκλοπής και θα πρέπει ως εκ τούτου να κρυπτογραφούνται. Μια μέθοδος για να το πετύχουμε αυτό είναι το IP-sec ([10]).

Το DSR περιέχει επίσης υποστήριξη για αμφίδρομες συνδέσεις με τη χρήση νέων αιτήσεων από τον τελικό προς τον αρχικό κόμβο (riggybacking). Αυτό μπορεί να αυξήσει την απόδοση σε σενάρια όπου έχουμε πολλές αμφίδρομες συνδέσεις. Φυσικά θα πρέπει πρώτα να έχουμε το κατάλληλο MAC πρωτόκολλο που να υποστηρίζει αυτές τις λειτουργίες.

	DSDV	AODV	DSR
Loop-free	Ναι	Ναι	Ναι
Multiple Routes	Όχι	Όχι	Ναι
Distributed	Ναι	Ναι	Ναι
Reactive	Όχι	Ναι	Ναι
Unidirectional	Όχι	Όχι	Ναι
QoS Support	Όχι	Όχι	Όχι
Multicast	Όχι	Ναι	Όχι
Security	Όχι	Όχι	Όχι
Power	Όχι	Όχι	Όχι
Periodic	Ναι	Ναι	Όχι
Utilizes GPS	Όχι	Όχι	Όχι

Εικόνα 2.8: Διαφορές DSDV, AODV και DSR

Επεξηγήσεις

Loop-free: οι σχηματιζόμενες διαδρομές δεν περιέχουν κύκλους

Multiple Routes: υπάρχει υποστήριξη για περισσότερες από μια διαδρομές για κάθε σύνδεση

Distributed: ο αλγόριθμος εκτελείται κατανεμημένα σε όλους τους κινητούς κόμβους

Reactive: ο αλγόριθμος είναι μετα-δραστικός (και όχι προ-δραστικός)

Unidirectional: ο αλγόριθμος μπορεί να λειτουργήσει σε δίκτυα με μονόδρομες συνδέσεις

QoS Support: υπάρχει υποστήριξη για εξασφάλιση της ποιότητας της παρεχόμενης υπηρεσίας

Multicast: υπάρχει υποστήριξη για μετάδοση σε πολλούς κόμβους

Security: χρησιμοποιούνται μηχανισμοί που εισάγουν ασφάλεια στην επικοινωνία

Power: χρησιμοποιείται μηχανισμός εξοικονόμησης ενέργειας

Periodic: χρησιμοποιούν περιοδική μετάδοση μηνυμάτων ελέγχου

Utilizes GPS: εκμεταλλεύεται το *Global Positioning System* για την εύρεση της ακριβούς τοποθεσίας των κινητών κόμβων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

STREAMING ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το MPEG, η κωδικοποίηση video και ήχου, το οποίο είναι αντιπροσωπευτικό για οποιαδήποτε videos.

3.1 Τα πρότυπα κωδικοποίησης video και ήχου

Αυτή η ενότητα περιγράφει τα πρότυπα της ομάδας MPEG-4 και ένα μέρος της τεχνολογίας που αναπτύσσεται εκτός του MPEG.

ISO/IEC's Ειδική Ομάδα Κινούμενων Εικόνων: Από το τέλος της δεκαετίας του '80 η επιτροπή MPEG που κέρδισε το Emmy Award έχει δημιουργήσει τα θεμέλια της παράδοσης του ψηφιακού περιεχομένου με υψηλά επιτυχημένα πρότυπα.

3.1.1 MPEG-1

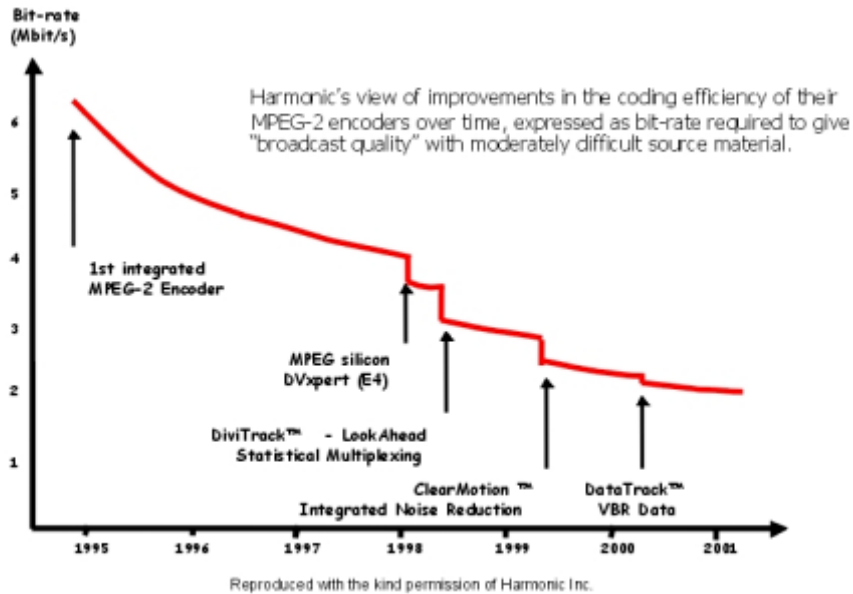
Σήμερα, για το home video, τα MPEG-1 video και ήχος(MP3) είναι πιθανόν οι καλύτερες μορφές για να μοιραστεί το περιεχόμενό του ένας χρήστης με άλλους γιατί είναι κατανοητές διεθνώς. Συνδυάζοντας ένα καλό ρυθμό συμπίεσης με υψηλή ποιότητα και διεθνή χρήση στα PCs, αυτές οι μορφές έχουν γίνει πολύ δημοφιλείς εδώ και αρκετά χρόνια. Το MPEG-1 είναι η βάση των multimedia στα PCs. Το MPEG-1 αρχικά σχεδιάστηκε για διαδραστικό CD και για τις απαιτήσεις εφαρμογών video, είναι πολύ δημοφιλές στην μορφή VideoCD.

3.1.2 MPEG-2

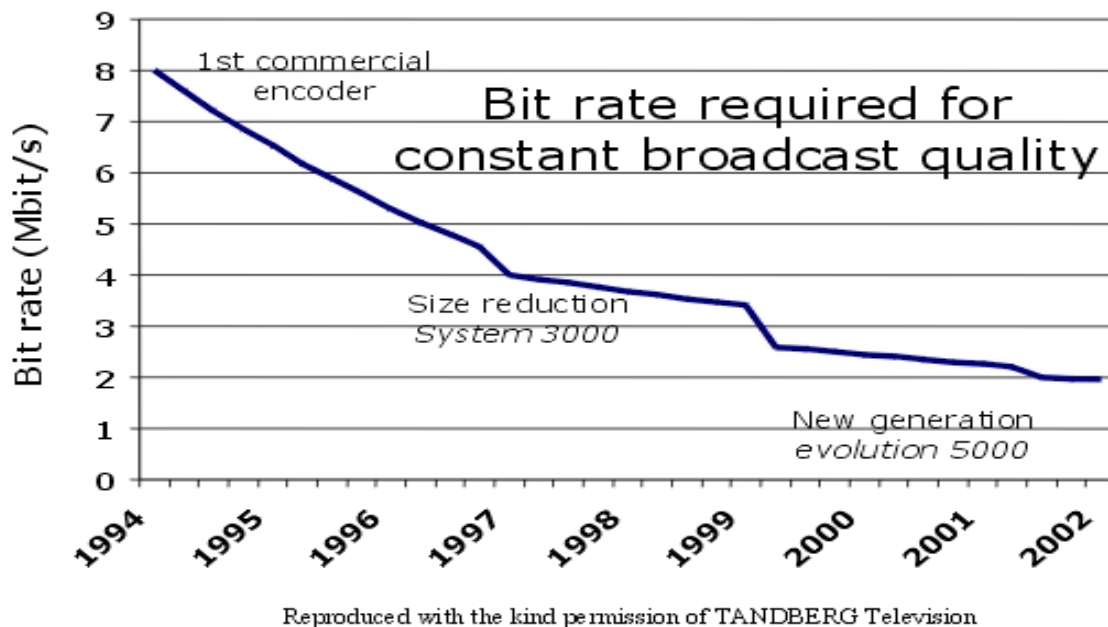
Είναι το οπτικοακουστικό πρότυπο που χρησιμοποιείται για εφαρμογές video ψυχαγωγίας. Επίσης, επιτρέπει ψηφιακή TV και DVDs και υπάρχουν αρκετοί MPEG αποκωδικοποιητές με εφαρμογή στην ψηφιακή δορυφορική και καλωδιακή τηλεόραση, DVD players και PCs. Είναι μια μορφή πιο ενισχυμένη από το MPEG-1, ικανή να πετυχαίνει υψηλότερους ρυθμούς συμπίεσης και να υποστηρίζει τη σάρωση video.

Εικονικά, κάθε εικόνα στην TV σήμερα ,ακόμα και σε έναν αναλογικό λήπτη, έχει ως ένα σημείο κωδικοποιηθεί και αποκωδικοποιηθεί με MPEG-2. Οι ρυθμοί απόδοσης του MPEG-2 έχουν μειωθεί δραματικά από τη στιγμή που οι αρχικοί προσαρμογείς βγήκαν στον αέρα χωρίς καμία αλλαγή σύμφωνα με το πρότυπο. Όταν ελευθερώθηκε το πρότυπο χρειαζόταν πάνω από 6Mbps ώστε η εικόνα να έχει ποιότητα αποδεκτή για εκπομπή. Σήμερα, πολλοί προμηθευτές υπηρεσιών μεταδίδουν με επιτυχία ποιότητα εικόνας με ρυθμούς 2-2,5 Mbps χρησιμοποιώντας τους ίδιους αποκωδικοποιητές. Το MPEG-4 έχει αρχίσει την κλίμακα στην ίδια καμπύλη

ποιότητας/ρυθμού μετάδοσης, καθοδηγούμενο από την ανάγκη των πρότυπων να είναι ανοιχτά για οποιονδήποτε θέλει να τα βελτιώσει, π.χ. ελεύθερος διαγωνισμός σε επίπεδο «αναπαραγωγής» με το μηχανισμό να λειτουργεί για ήχο όπως και για video.



Εικόνα 3.1 : Οι βελτιώσεις στην ικανότητα κωδικοποίησης εγκαθίστανται από τον διαγωνισμό που βασίζεται στο MPEG. [Πηγή: Harmonicv]



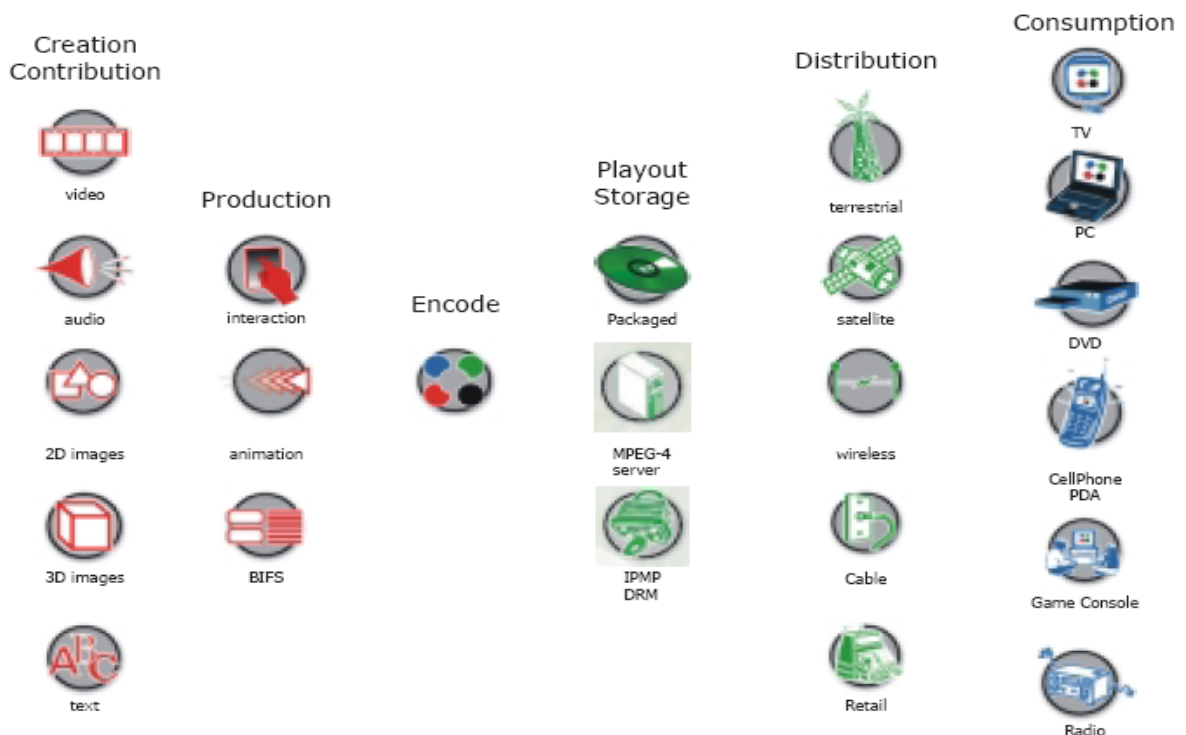
Εικόνα 3.2 : Οι βελτιώσεις στην ικανότητα κωδικοποίησης εγκαθίστανται απ' τον διαγωνισμό που βασίζεται στο MPEG. [Πηγή: TandbergTVvi]

3.1.3 MPEG-4

Το MPEG-4 είναι ένα ανοιχτό πρότυπο κωδικοποίησης και αποκωδικοποίησης ήχου και εικόνας. Είναι το μόνο ανοιχτό πρότυπο το οποίο μπορεί να οδηγήσει τις ευκαιρίες από τη ψηφιακή επανάσταση: multimedia περιεχόμενο για όλες τις πλατφόρμες.

Το MPEG-4 αναβαθμίζει σημαντικά τη συμπίεση ήχου και video καθιστώντας ικανή τη διανομή του περιεχομένου και των υπηρεσιών από bandwidth σε ποιότητα υψηλού προσδιορισμού κατά την εκπομπή broadband, των ασύρματων και media πακέτων.

Το MPEG-4 είναι ένα ανοιχτό εργαλείο που δημιουργεί ρεύματα από bit και κωδικοποιητές/αποκωδικοποιητές για όλα τα multimedia περιεχόμενα. Το MPEG-4 παρέχει ένα καθορισμένο σκελετό για πολλές μορφές των media – συμπεριλαμβάνοντας κείμενο, εικόνες, 2D και 3D γραφικά αντικείμενα – το οποίο μπορεί να παρουσιαστεί σε αλληλεπίδραση των media. Για να υποστηριχθεί η διαφοροποίηση του μελλοντικού περιεχομένου, η αγορά MPEG-4 προσφέρει μια ποικιλία των ονομαζόμενων “profiles” ,εργαλείων από την εργαλειοθήκη, τα οποία είναι χρήσιμα για συγκεκριμένες εφαρμογές , π.χ. κωδικοποίηση ήχου-video , απλού ακουστικού ή αναβαθμισμένου απλού ακουστικού “profile”. Οι χρήστες χρειάζεται να συμπληρώσουν τα “profiles” που υποστηρίζουν την απαιτούμενη λειτουργικότητα.



ΕΙΚΟΝΑ 3.3 : Συσκευές που μπορεί να υποστηρίξει κάθε στάδιο κωδικοποίησης-αποκωδικοποίησης του MPEG-4 .

Το MPEG-7 και το MPEG-21 είναι πρόσθετα εργαλεία τα οποία επεκτείνουν την λειτουργικότητα του MPEG. Το MPEG φροντίζει ώστε το MPEG-4 να συνεργάζεται σωστά με το MPEG-7 και το MPEG-21. Οι περιγραφές του MPEG-7 και τα μετά-δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν σαν MPEG ρεύματα (streams) και οι προδιαγραφές του MPEG-21 γράφονται για να συμπληρώσουν την παρουσίαση του MPEG-4 περιεχομένου.

3.1.4 Τα Μέρη Του MPEG-4 Προτύπου

Το MPEG-4 αποτελείται από συσχετιζόμενα αλλά και διακριτά τμήματα που μπορούν να λειτουργήσουν ατομικά (π.χ. ο MPEG-4 ήχος μπορεί να λειτουργήσει μόνος του) ή να συνδυαστούν με άλλα τμήματα. Αυτή η βάση μορφοποιείται από Συστήματα (part 1), ακουστική (part 2), και ήχο (part 3). Το DMIF(ο σκελετός παράδοσης multimedia integration, part 6) προσδιορίζει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στην εφαρμογή και στην αποθήκευση/δικτύου. Το conformance (part 4) προσδιορίζει πώς να ελέγξουμε μια MPEG-4 εφαρμογή και το (part 5) δίνει μια συγκεκριμένη μορφή αναφοράς λογισμικού, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ξεκινήσει την εφαρμογή του προτύπου και εξυπηρετεί σαν παράδειγμα για το πώς γίνονται τα πράγματα. Το part 7 του MPEG-4 προσδιορίζει μια βέλτιστη κωδικοποίηση video, πρόσθετη στην αναφορά λογισμικού, η οποία δεν είναι απαραίτητα βέλτιστη συμπλήρωση του προτύπου.

Πιο πρόσφατα τμήματα που προστέθηκαν στο MPEG-4 είναι:

Part 8: Η μεταφορά είναι μια αρχή που δεν προσδιορίζεται στο πρότυπο, αλλά προσδιορίζει πώς να χαρτογραφηθούν τα ρεύματα του MPEG-4 πάνω στην IP μεταφορά.

Part 9: “Περιγραφή αναφοράς υλικού”, Phase 1 επιταχυντές υλικού, Phase 2 ολοκλήρωση λογισμικού βέλτιστης αναφοράς μέσω εικονικής υποδοχής.

Part 10: Αναβαθμισμένη κωδικοποίηση video (όπως εξετάζεται πιο κάτω).

Part 11: Περιγραφή σχεδίου (χωρισμός από το part 1).

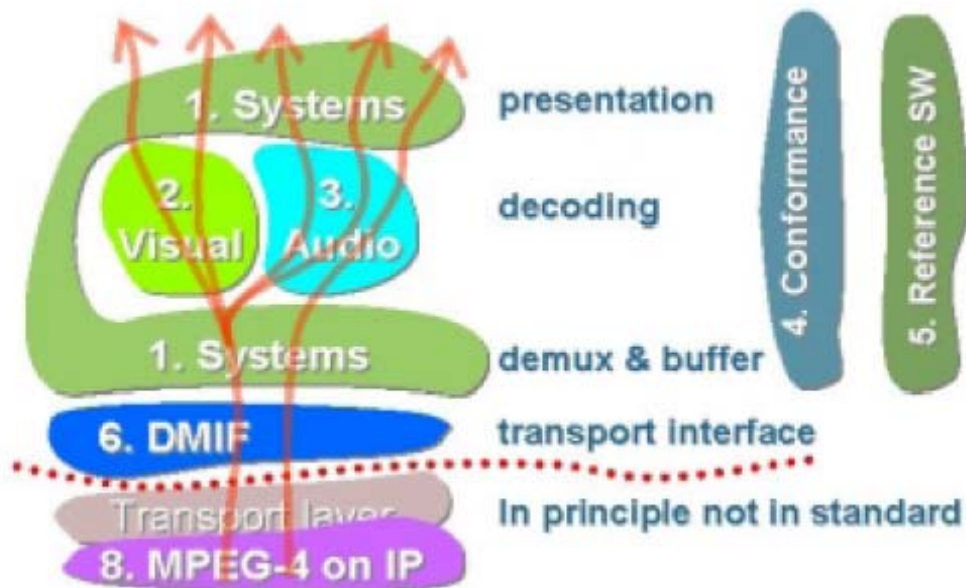
Part 12: ISO μορφοποίηση media αρχείου.

Part 13: IPMP επεκτάσεις.

Part 14: Μορφοποίηση αρχείου MP4 (βασισμένη στο part 12).

Part 15: Μορφοποίηση αρχείου AVC (επίσης βασισμένη στο part 12).

Part 16: AFX (επεκτάσεις σκελετού εργασίας γραφικών) και MuW (κόσμοι πολυχρηστών).



Εικόνα 3.4 : Τα Τμήματα Του MPEG-4, τα βέλη αντιπροσωπεύουν τη ροή των bits μέσω του MPEG-4 συστήματος.

Στο παραπάνω σχήμα, περιγράφεται επιγραμματικά σε υψηλό επίπεδο η διαδικασία μετατροπής των λαμβανόμενων bits σε αντικείμενα. Αναλύοντας την εικόνα από κάτω προς τα πάνω αναφερόμαστε στο επίπεδο μεταφοράς, το οποίο δεν ανήκει στο πρότυπο, όπου γίνεται η χαρτογράφηση στο διαδίκτυο. Στη συνέχεια, συναντούμε το DMIF επίπεδο που είναι πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων το οποίο διαχειρίζεται αντικείμενα από τα πλαίσια (frames) του video. Αμέσως μετά, είναι το επίπεδο συστήματος, στο οποίο τα πακέτα διαχωρίζονται σε αντικείμενο με πληροφορίες για εικόνα και ήχο. Στο επίπεδο αυτό γίνεται απόπλεξη και αποκωδικοποίηση της εικόνας και του ήχου. Τέλος, γίνεται η αναπαράσταση της εικόνας και ο συγχρονισμός με τον ήχο.

3.1.5 Τεχνική Σύνοψη

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζεται μια σύνοψη των τεχνικών πλεονεκτημάτων του MPEG-4 και μερικές από τις τελευταίες πληροφορίες πάνω στις επεκτάσεις και στο αναβαθμισμένο MPEG-4 μονοπάτι. Για μια πιο λεπτομερή τεχνική σύνοψη του MPEG-4 προτείνεται η επίσημη “ MPEG-4 περιγραφή προδιαγραφών”.

Το MPEG-4 είναι μια προοδευτική εξέλιξη καθώς λειτουργεί σε υπάρχουσες υποδομές, συνυπάρχοντας με MPEG-2 περιβάλλοντα. Το MPEG-4 κάνει περισσότερα από το να αποδίδει παραδοσιακές εκδοχές του 2D video και ήχου στους τελικούς χρήστες επαρκώς όσο δυνατόν γίνεται. Το MPEG-4 αποδίδει σχέση αλληλεπίδρασης των πολυμέσων με διδιάστατα και τρισδιάστατα μέσα. Στο MPEG-4, ενώ το video και ο ήχος κωδικοποιούνται με τεχνικές συμπίεσης ερευνητικού υπόβαθρου, γραφικά, συνθετικά αντικείμενα και κειμένου έχουν τη δική τους

κωδικοποίηση από το να μετατρέπει σε pixels ή μορφές κυμάτων. Αυτό κάνει την επαναπαρουσίαση περισσότερο ικανή και τα χειρίζεται πιο εύκολα. Το MPEG-4 προσφέρει επαναστατικά συνθετικά εργαλεία περιεχομένου όπως δομημένο ήχο, γραφικά πρόσωπα και σώματα, 2D και 3D, γραφικά βασισμένα σε διανύσματα. Με αυτό τον τρόπο, ελάχιστες γενερικές πληροφορίες μεταδίδονται.

Επειδή το MPEG-4 βασίζεται σε αντικείμενα είναι δυνατόν να κατασκευάσουμε σχέδια multimedia. Οι προγραμματιστές μπορούν να επιτρέψουν στους τελικούς χρήστες να αλληλεπιδράσουν με αντικείμενα στο σχέδιο: να αλλάξουν το χρώμα ενός αυτοκινήτου για να δουν πως θα φαίνεται, να κάνουν tag σε ένα δέκτη στο γήπεδο και να παρακολουθήσουν όλες τις κινήσεις του ή να προσωποποιηθούν ενισχύσεις σε ένα πρόγραμμα εωισχυμένου video. Το MPEG-4 επίσης δίνει νέες ευκαιρίες μέσω της αναβάθμισης των συστημάτων γραφείου περιλαμβανομένων των συστημάτων διαφήμισης.

Με το MPEG-4, το αναβαθμισμένο πρόγραμμα αλληλεπίδρασης συντάσσεται αναβαθμίζοντας ηχητικά/video με 2D, 3D αντικείμενα, γραφικά και αλληλεπίδραση. Για παράδειγμα ένας θεατής μπορεί να πλοηγηθεί σε μια σειρά αθλητικών γεγονότων από ένα 3D χάρτη, να επιλέξει πληροφορίες για πλευρές του προγράμματος, να ακούσει το σχολιασμό, μέσα σε ένα παράθυρο εικόνας με εικόνα και να παρακολουθήσει διαφημίσεις χορηγών-όλα αυτά μέσα σε ένα μόνο MPEG-4 ρεύμα που υποστηρίζει αντικείμενα πολλαπλών μέσων. Το MPEG-4 επιτρέπει τον ίδιο προγραμματισμό αλληλεπίδρασης που χρησιμοποιείται σε διαφορετικά κανάλια παράδοσης. Το ίδιο πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα DVD ή σε ένα δίκτυο παράδοσης broadband, κάτι που μέχρι στιγμής είναι αδύνατο.

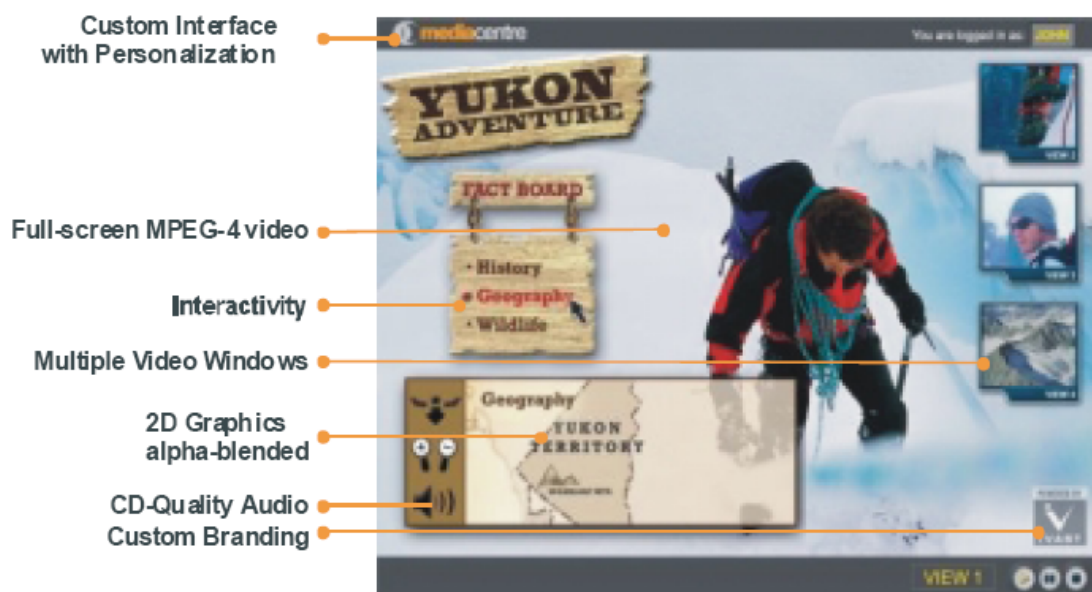
3.2 Σύγκριση και εκτίμηση του MPEG προτύπου

Για την βαθύτερη κατανόηση του MPEG-4 γίνεται σύγκριση με το MPEG-2. Στο MPEG-2 το περιεχόμενο δημιουργείται από πικαίλες πηγές όπως το κινούμενο video, γραφικά, κείμενο. Μετά τη σύνθεση σε plane από pixels, αυτά κωδικοποιούνται σαν να ήταν pixels κινούμενου video. Από την πλευρά του καταναλωτή η κωδικοποίηση είναι μια άμεση λειτουργία. Το MPEG-2 είναι μια στατική μηχανή παρουσίασης: αν ένας πομπός αναμεταδίδει ένα γεγονός άλλου πομπού, του τελευταίου το λογότυπο δε μπορεί να μετακινηθεί.

Το MPEG-4 είναι δυναμικό ενώ το MPEG-2 στατικό. Διαφορετικά αντικείμενα μπορούν να κωδικοποιηθούν και να μεταδοθούν ξεχωριστά στον κωδικοποιητή, στα δικά τους αρχικά ρεύματα. Η σύνθεση πραγματοποιείται μετά την κωδικοποίηση αντί για πριν. Αυτό στην πραγματικότητα εφαρμόζεται για ηχητικά και εικονικά αντικείμενα, παρόλο που η γενική αντίληψη που επικρατεί, είναι πιο εύκολο να εξηγήσουμε τα εικονικά στοιχεία. Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η σύνθεση, το

MPEG-4 περιλαμβάνει μια ειδική γλώσσα περιγραφής σχεδίου που ονομάζεται BiFs για δυαδική μορφοποίηση σχεδίων.

Η γλώσσα BiFS δεν περιγράφει μόνο που και πότε εμφανίζονται τα αντικείμενα στο σχέδιο, μπορεί επίσης να περιγράψει συμπεριφορά (κάνει ένα αντικείμενο να γυρίζει ή σε δυο video να γίνεται βαθμιαία εξαφάνιση του ενός και βαθμιαία εμφάνιση του άλλου) και ακόμα πρόσθετη συμπεριφορά-αντικείμενα κάνουν πράγματα ανταποκρινόμενα σε ένα γεγονός ,συνήθως στο input του χρήστη- Αυτό δημιουργεί την αλληλεπίδραση του MPEG-4. Όλα τα αντικείμενα μπορούν να κωδικοποιηθούν με τη δική τους βέλτιστη διάταξη κωδικοποίησης-το video κωδικοποιείται σαν video, το κείμενο σαν κείμενο, τα γραφικά σαν γραφικά αντί να χειρίζονται όλα τα pixels σαν κινούμενο video, τα οποία συχνά δεν είναι. Καθώς όλοι οι κωδικοποιητές στο MPEG-4 βελτιστοποιούνται για τους κατάλληλους τύπους δεδομένων, το MPEG-4 περιλαμβάνει επαρκείς κωδικοποιητές για ηχητικό, ομιλία, video καισυνθετικό περιεχόμενο όπως είναι τα γραφικά πρόσωπα και σώματα.



Εικόνα 3.5 : Ένα σχέδιο MPEG-4 που χρησιμοποιεί πολλαπλά αντικείμενα και αρχικά ρεύματα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 Περιγραφή Περιβάλλοντος Εξομοίωσης

Στο πειραματικό μέρος της εργασίας, εξομοιώνεται ένα δίκτυο και μετρούνται κάποια από τα μεγέθη που το χαρακτηρίζουν. Η εξομοίωση γίνεται με το πρόγραμμα Network Simulator (NS-2) χρησιμοποιώντας την έκδοση ns-allinone-2.33.

Το NS-2 είναι προγραμματισμένο για περιβάλλον UNIX/LINUX, αλλά στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιείται σε περιβάλλον Windows Vista με τη βοήθεια ενός εξομοιωτή UNIX/LINUX, το Cygwin. Η επεξεργασία των μετρήσεων που λαμβάνονται από το Network Simulator γίνεται με τη χρήση ενός φίλτρου γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού AWK. Τέλος η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων γίνεται με τη χρήση του Microsoft Excel.

4.2 Γενική Περιγραφή Σεναρίων

Σε εσωτερικό χώρο 100x100 m υπάρχουν τέσσερις ασύρματοι κόμβοι (σταθεροί ή κινητοί) και ένα Access Point (AP). Για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους χρησιμοποιούν το IEEE 802.11b που είναι σήμερα το πιο δημοφιλές από τα μέλη της οικογένειας των προτύπων ασύρματης δικτύωσης, με ταχύτητα 4Mbps και εμβέλεια στα 30m. Κατά την επικοινωνία τους ανταλλάσσουν πακέτα Video με UDP πρωτόκολλο μεταφοράς. Τέλος, η κωδικοποίηση του video είναι MPEG-4 η οποία προσφέρει video stream υψηλής ποιότητας, frame μεγάλης αναλογίας 640x480 και προορίζεται για εφαρμογές με πολύ μικρό διαθέσιμο bandwidth πχ 4.8 έως 64Kbps.

Τις παραπάνω απαιτήσεις τις καλύπτει το Constant Bitrate (CBR-σταθερός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων) όπου ένα αρχείο έχει σταθερό ρυθμό μετάδοσης καθ' όλο το μήκος του (256 kbit / s ή 320 kbit / s) και είναι κατάλληλο για την περιγραφή streaming περιεχόμενο πολυμέσων, συμπεριλαμβανόμενου του MPEG-4. Το CBR είναι η βέλτιστη επιλογή για τα σενάρια τα οποία αναλύονται παρακάτω.

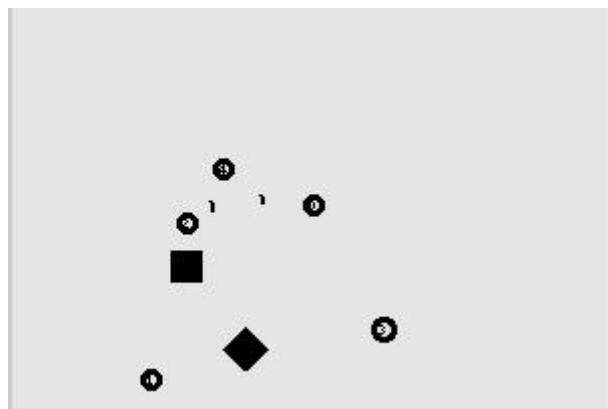


Εικόνα 4.1: Γενική Τοπολογία

4.3 Σενάρια σε Ad hoc δίκτυα

4.3.1 Σενάριο 1^ο: Ροή δεδομένων από ένα σταθερό κόμβο στον κινητό

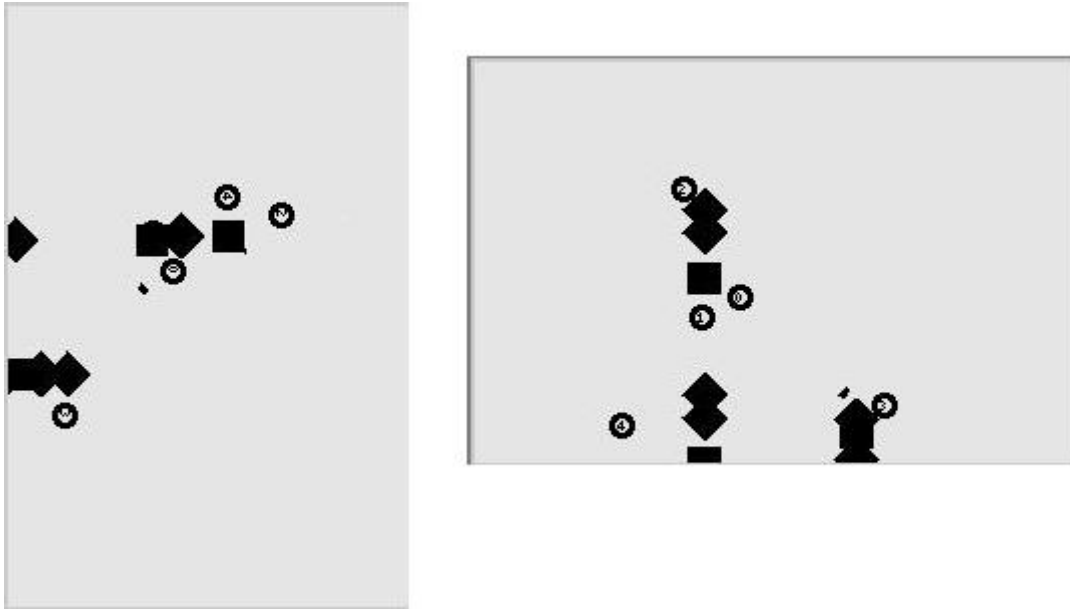
Σε αυτό το σενάριο ορίζεται κίνηση του video από τον κινούμενο κόμβο (0) προς τον κόμβο (1) , χωρίς την παράλληλη κίνηση video από άλλους κόμβους. Το σενάριο αυτό στόχο έχει να αναδείξει την απόδοση του δικτύου όσον αφορά τη ρυθμαπόδοση και τη καθυστέρηση υπό συνθήκες απλής ροής δεδομένων χωρίς επιπλέον παρεμβολές.



Εικόνα 4.2: NAM 1^ο σεναρίου

4.3.2 Σενάριο 2^ο: Παράλληλη ροή δεδομένων τρίτων κόμβων

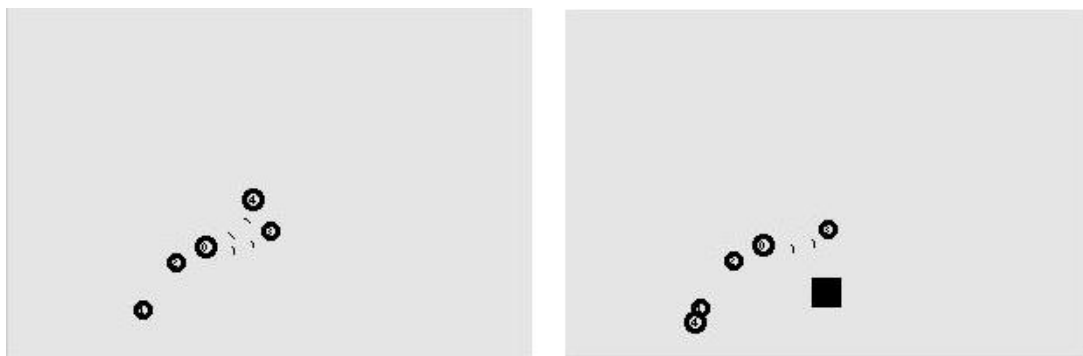
Σε αυτό το σενάριο ελέγχουμε την κίνηση του video από τον κινούμενο κόμβο (2) προς τον κόμβο (0), με παράλληλη κίνηση video από τον κόμβο (1) στον κόμβο (0). Με την ύπαρξη παράλληλης ροής δεδομένων μελετάμε την μεταβολή στην καθυστέρηση του δικτύου.



Εικόνα 4.3: NAM 2^ο σεναρίου

4.3.3 Σενάριο 3^ο: Μεταβολή μεγέθους πακέτου και επίδραση στη ρυθμοαπόδοση

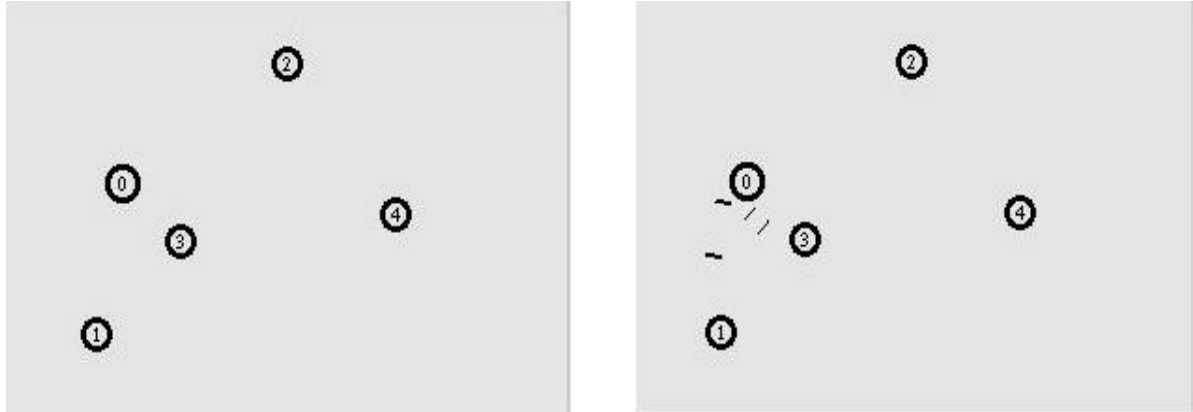
Σε αυτό το σενάριο ελέγχουμε την επίδραση που μπορεί να έχει το διαφορετικό μήκος πακέτου στην ρυθμοαπόδοση και στην καθυστέρηση του δικτύου. Το φορτίο κίνησης κατευθύνεται από τον κόμβο (1) προς τον κινούμενο κόμβο (0) για πακέτο 512 και 1024 Bytes.



Εικόνα 4.4: NAM 3^ο σεναρίου

4.3.4 Σενάριο 4^ο: Ροή δεδομένων από κινητό κόμβο προς δύο σταθερούς

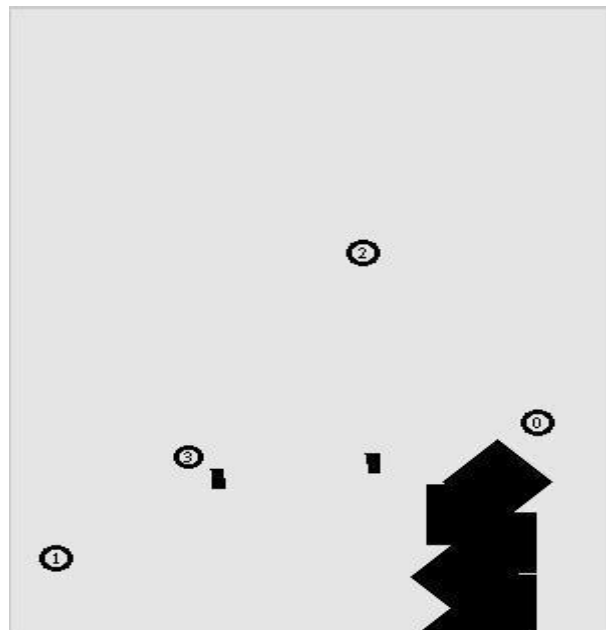
Είναι παρόμοιο με το 3^ο σενάριο με την διάφορα ότι τα πακέτα video στέλνονται από τον κινητό κόμβο (0) προς τους κόμβους (1) και (2). Και σε αυτό το σενάριο κάνουμε μετρήσεις για την καθυστέρηση και τις απώλειες πακέτων. Αυτό το σενάριο ορίστηκε για να μελετηθεί η απόδοση του δικτύου στην πολλαπλή αποστολή πακέτων από ένα κόμβο.



Εικόνα 4.5: NAM 4^ο σεναρίου

4.3.5 Σενάριο 5^ο: Αποστολή πακέτων από τον κινητό κόμβο προς τρεις σταθερούς

Τα πακέτα video στέλνονται από τον κινητό κόμβο (0) προς τους κόμβους (1), (2) και (3). Το σενάριο αυτό δημιουργήθηκε για να γίνει η σύγκριση με ένα σενάριο για δίκτυο υποδομής σε ακριβώς ίδιες συνθήκες λειτουργίες με βάση την απόδοση του δικτύου.

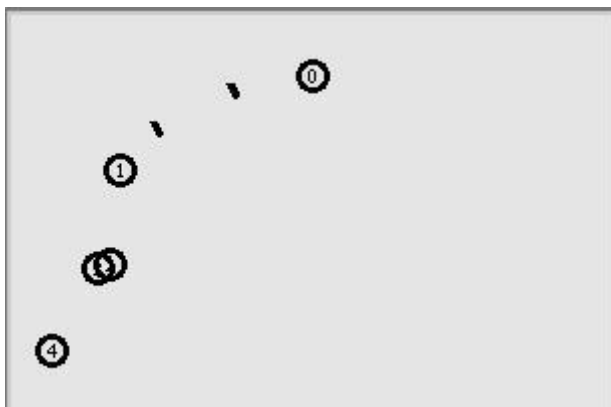


Εικόνα 4.6: NAM 5^ο σεναρίου

4.4 Σενάρια σε Infrastructure δίκτυο

4.4.1 Σενάριο 1^ο: Παράλληλη ροή δεδομένων μέσω AP

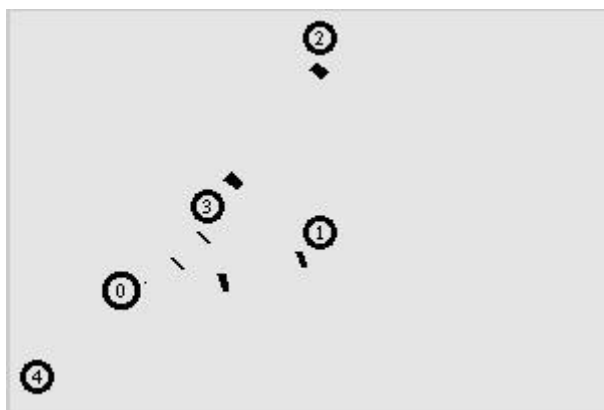
Σε αυτό το σενάριο ελέγχουμε την κίνηση του video από τον κινούμενο κόμβο (1) προς τον κόμβο (0), με παράλληλη κίνηση video από τον κόμβο (1) στον κόμβο (2). Μελετάμε την καθυστέρηση του δικτύου για πολλαπλές ροές μετάδοσης.



Εικόνα 4.7: NAM 1^ο infrastructure σεναρίου

4.4.2. Σενάριο 2^ο: Αποστολή πακέτων από τον κινητό κόμβο προς τρεις σταθερούς

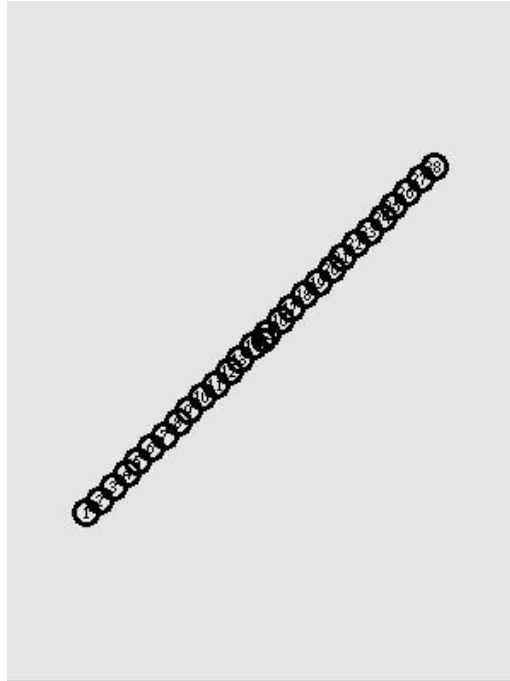
Τα πακέτα video στέλνονται από τον κινητό κόμβο (0) προς τους κόμβους (1), (2) και (3). Το σενάριο αυτό δημιουργήθηκε για να γίνει η σύγκριση με το 5ο σενάριο ad-hoc με ίδιες παραμέτρους λειτουργίας ως προς την καθυστέρηση και τη ρυθμαπόδοση.



Εικόνα 4.8: NAM 2^ο infrastructure σεναρίου

4.4.3 Σενάριο 3^ο: Μέγιστος αριθμός κόμβων που μπορούν να συνδεθούν σε ένα AP

Έχοντας την ίδια τοπολογία και αλλάζοντας σταδιακά τον αριθμό των κόμβων μετράμε τη μέση ρυθμαπόδοση και την καθυστέρηση. Αυτό το σενάριο δημιουργήθηκε για να ελέγξουμε πόσοι κόμβοι μπορούν να είναι παράλληλα συνδεδεμένοι σε ένα AP χωρίς κατάρρευση της δικτυακής υποδομής.



Εικόνα 4.9: NAM 3⁰⁰ infrastructure σεναρίου

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

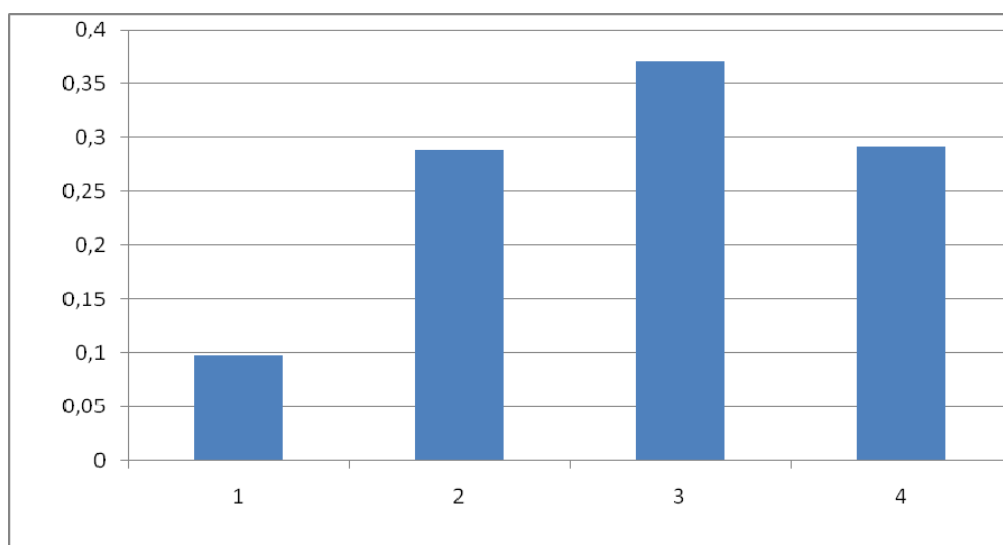
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη της συμπεριφοράς του ασύρματου δικτύου για την εξαγωγή συμπερασμάτων όσον αφορά στην προτιμότερη διαμόρφωση των παραμέτρων λειτουργίας για την βέλτιστη απόδοση των σεναρίων εφαρμογής που περιγράφηκαν παραπάνω, βασίστηκε στα αποτελέσματα της εξομοίωσης των σεναρίων ad hoc και τα infrastructure τοπολογίας που περιγράφονται στο κεφ. 4. Με το πέρας της εξομοίωσης συλλέχθηκαν αποτελέσματα ως προς την καθυστέρηση, τη ρυθμοαπόδοση και το ποσοστό των χαμένων πακέτων για διαφορετικές συνθήκες φορτίου στο δίκτυο.

5.1 Αποτελέσματα Σεναρίων Για Ad-hoc Δίκτυα

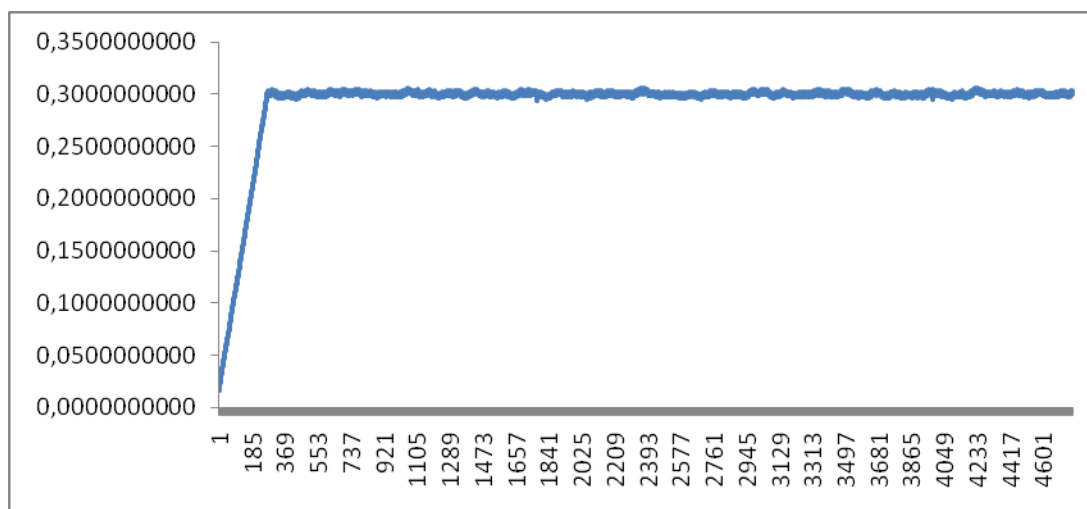
5.1.1 Ποσοστό χαμένων πακέτων

Στην γραφική παράσταση 5.1 παρατηρείται ότι για το 1^ο σενάριο, όπου αποστέλλονται πακέτα από ένα κόμβο σε έναν άλλο με packet size 1024, το ποσοστό των χαμένων πακέτων είναι 9% σε αντίθεση με το 3^ο σενάριο, όπου το packet size είναι 512 και το ποσοστό ιδιαίτερα αυξημένο 37,05%. Για το 2^ο σενάριο που η αποστολή των πακέτων γίνεται από δυο κόμβους προς έναν άλλο, το ποσοστό των χαμένων πακέτων είναι 28,75% και περίπου ίσο με το ποσοστό των χαμένων πακέτων του 4^{ου} σεναρίου, 29,23%, όπου τα πακέτα αποστέλλονται από ένα κόμβο προς δύο άλλους. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι η παράλληλη αποστολή πακέτων, από έναν προς πολλούς κόμβους ή αντίθετα, αυξάνει το μέγεθος των χαμένων πακέτων. Επίσης, όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των πακέτων προς αποστολή τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των χαμένων πακέτων αφού για τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης ο αριθμός πακέτων διπλασιάζεται.



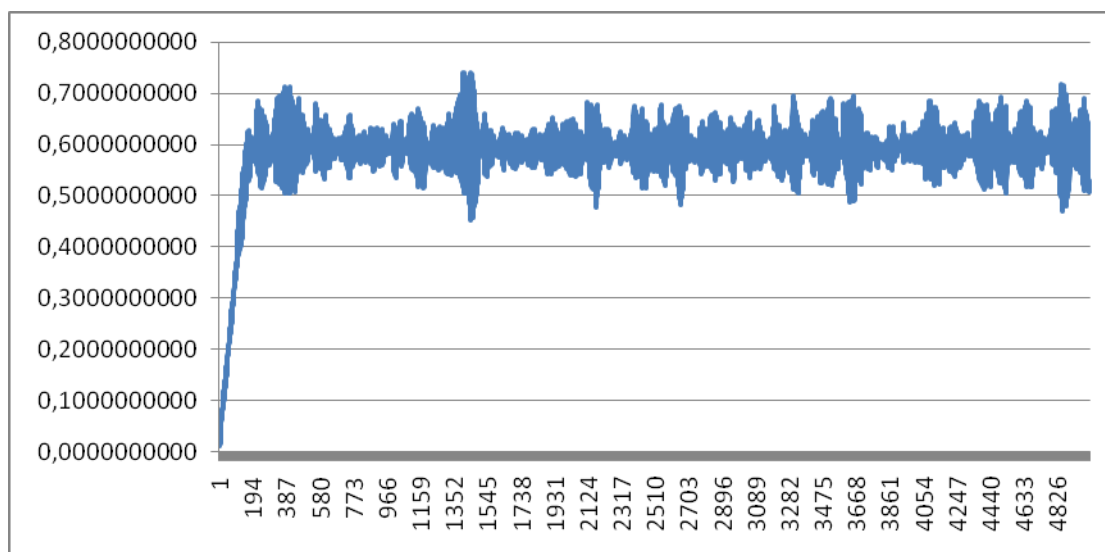
5.1 Γραφική απεικόνιση του ποσοστού των χαμένων πακέτων

5.1.2 Καθυστέρηση μετάδοσης



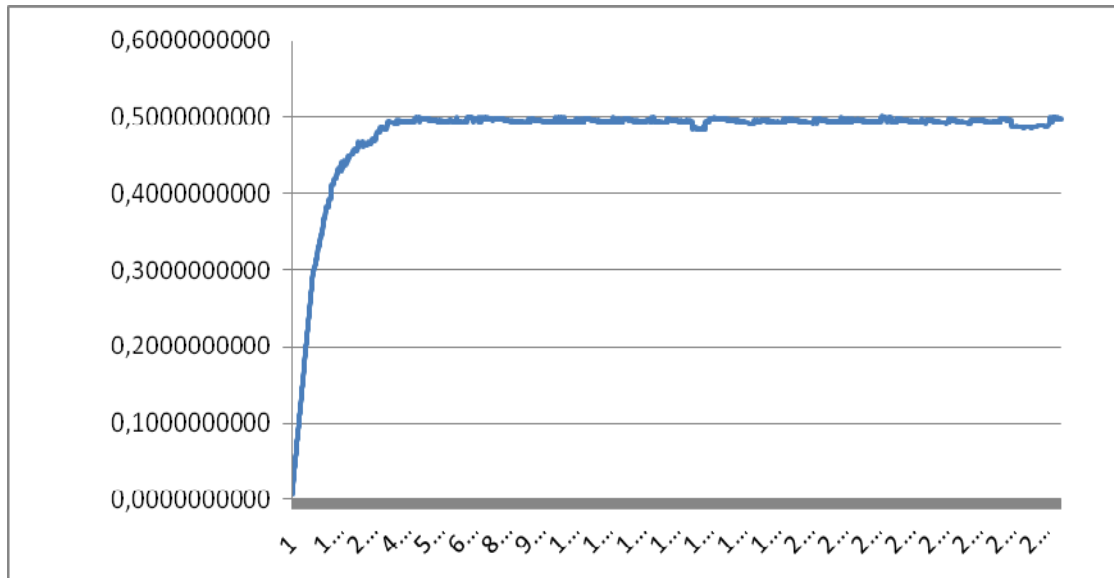
5.2 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 1^ο σεναρίου

Σε αυτή τη γραφική παράσταση παρουσιάζεται η καθυστέρηση για το 1^ο σενάριο με τιμές 0,29 ως 0,31 sec.



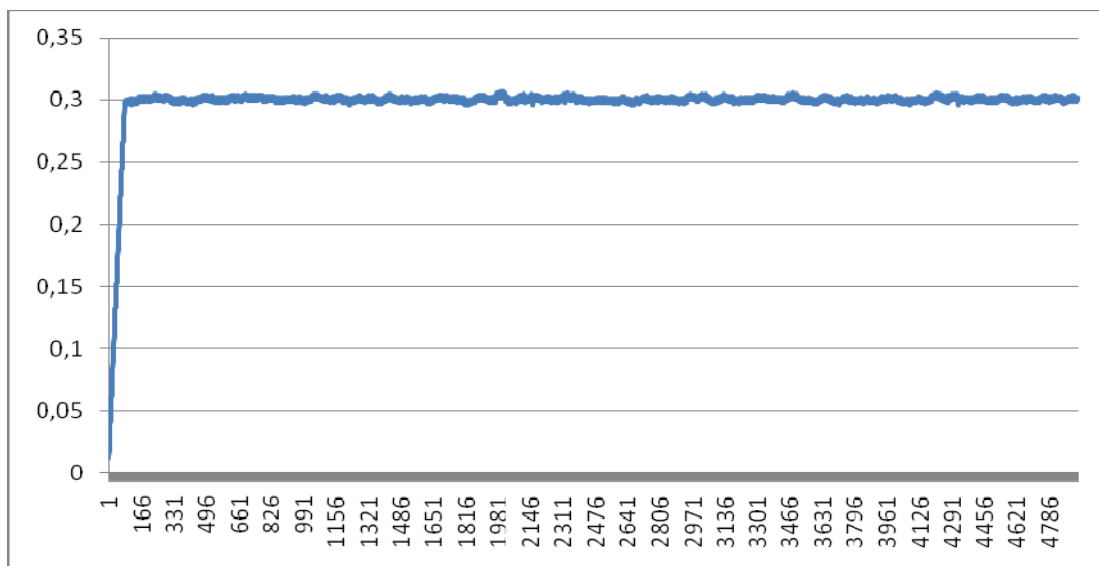
5.3 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 2^ο σεναρίου

Για το 2^ο σενάριο μας, η καθυστέρηση έχει τιμές από 0,50 ως 0,70 sec περίπου. Επειδή ένας κόμβος λαμβάνει πακέτα από δυο άλλους, τα χαμένα πακέτα είναι πολύ περισσότερα απ' ό,τι στο 1^ο σενάριο, έτσι δημιουργείται αυξημένη συμφόρηση και συνεπώς η καθυστέρηση είναι διπλάσια.



5.4 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 3^{ου} σεναρίου

Σε σχέση με το 1^ο σενάριο, που είναι ίδιο με το 3^ο σενάριο, και με την αλλαγή του μεγέθους των πακέτων από 1024 Bytes σε 512 Bytes παρατηρείται αύξηση της καθυστέρησης με τιμές από 0,49 ως 0,50 sec. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το πακέτο με μικρότερο μέγεθος καταλαμβάνει λιγότερο χρόνο το μέσο μετάδοσης και άρα παρουσιάζει μικρότερη καθυστέρηση.



5.5 Γραφική Παράσταση για την καθυστέρηση του 4^{ου} σεναρίου

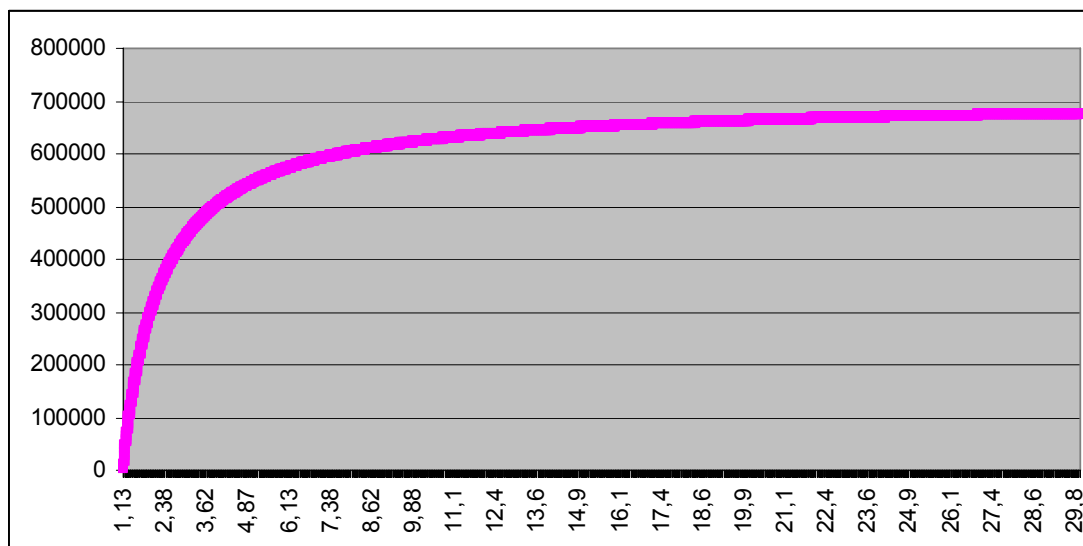
Τέλος, για την γραφική παράσταση του 4^{ου} σεναρίου παρατηρείται ότι η καθυστέρηση παίρνει τιμές από 0,29 ως 0,30 sec, μικρότερη από το σενάριο 2 γιατί τα πακέτα στέλνονται από ένα κόμβο προς δύο άλλους και δεν υπάρχει μεγάλη συμφόρηση, σε αντίθεση με το 2^ο σενάριο όπου τα πακέτα στέλνονται από δύο κόμβους προς ένα.

Αξίζει να επισημανθεί:

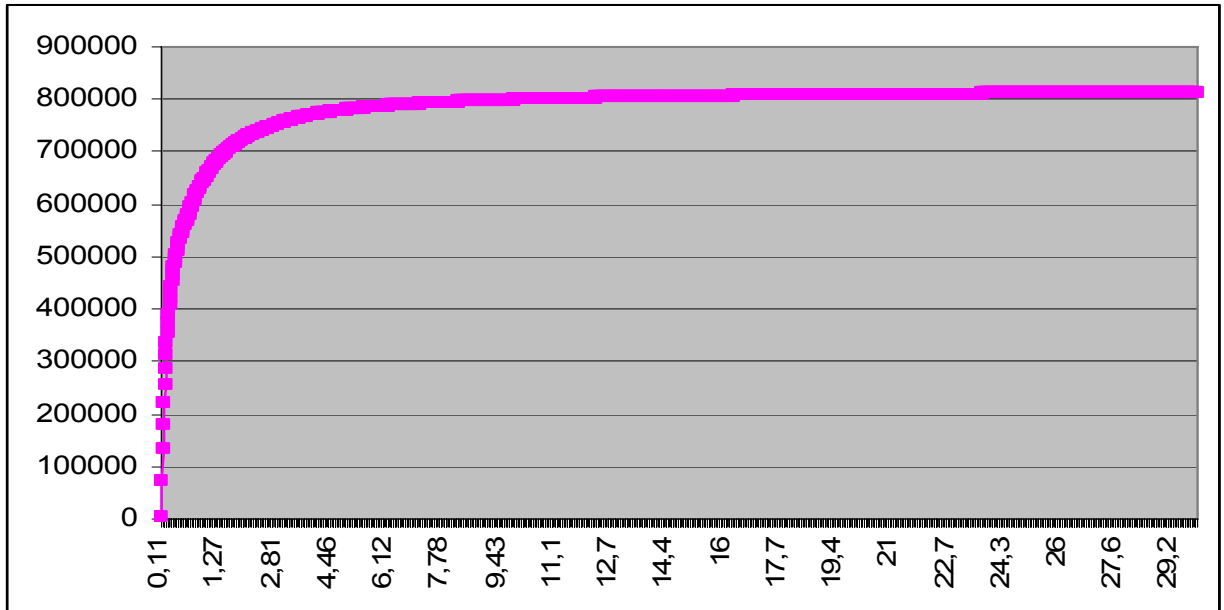
1. Όταν υπάρχει παράλληλη κίνηση κόμβων σε ένα δίκτυο, η καθυστέρηση αυξάνεται.
2. Το μέγεθος του πακέτου είναι αντιστρόφως ανάλογο της καθυστέρησης. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος πακέτου, τόσο μικρότερη είναι η καθυστέρηση.
3. Όσο μικρότερη είναι η καθυστέρηση, τόσο καλύτερο είναι το δίκτυο μας.

5.1.3 Ρυθμοαπόδοση

Παρατηρώντας τις γραφικές παραστάσεις 5.6 και 5.7 φαίνεται ότι η ρυθμοαπόδοση αυξάνεται συνεχώς και για τα δυο σενάρια ώσπου κάποια στιγμή σταθεροποιείται. Έτσι, σε εξομοίωση 30sec, η ρυθμοαπόδοση σταθεροποιείται για το 1^ο σενάριο σε 680000 Kbps και για το 3^ο σενάριο 800000 Kbps. Το 1^ο και το 3^ο σενάριο διαφέρουν ως προς το μέγεθος πακέτων που διακινούνται στο δίκτυο, το οποίο είναι 512 Bytes για το 1^ο σενάριο και 1024 Bytes για το 3^ο. Συνεπώς, όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των πακέτων video τόσο μικρότερη είναι η ρυθμοαπόδοση του δικτύου.

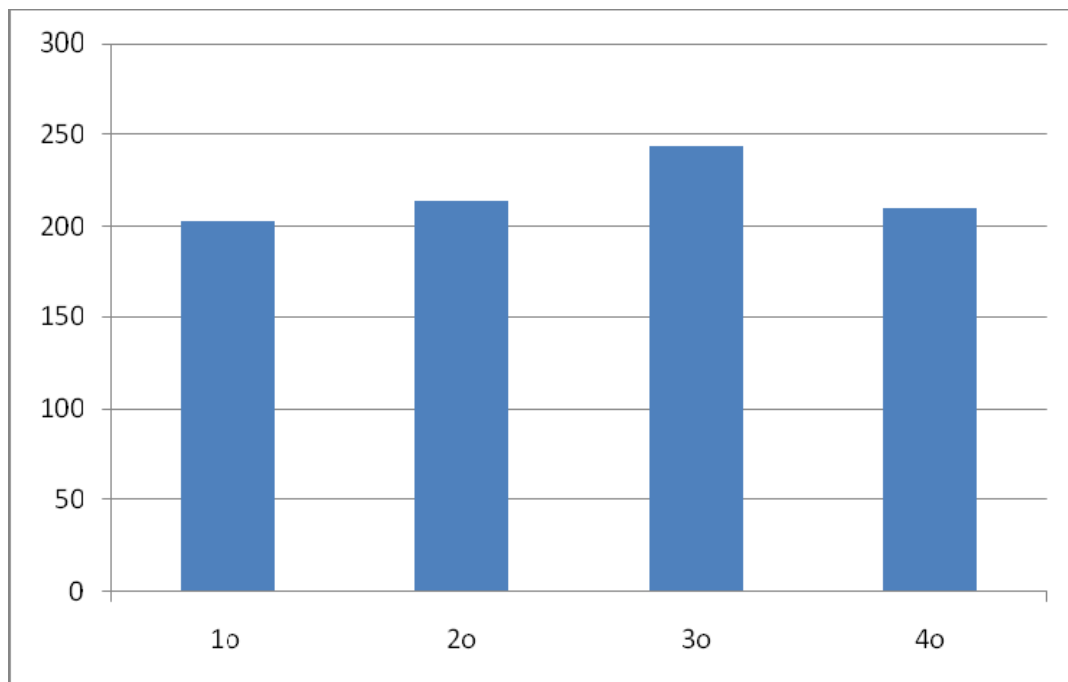


5.6 Γραφική Παράσταση για τη ρυθμοαπόδοση του 1^{ου} σεναρίου



5.7 Γραφική Παράσταση για τη ρυθμοαπόδοση του 3^{ου} σεναρίου

Με την χρήση του AWK (στον NS-2), δίνονται οι τιμές για την μέση ρυθμοαπόδοση (mean throughput) και παρουσιάζονται στην παρακάτω γραφική παράσταση.



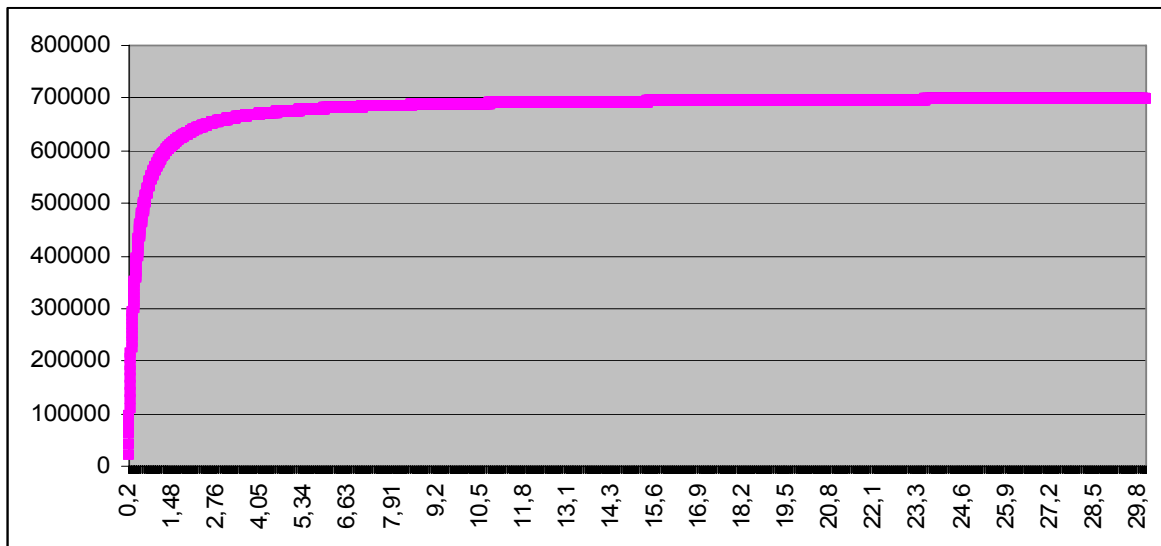
5.8 Γραφική απεικόνιση για την μέση ρυθμοαπόδοση (mean throughput)

Παρατηρείται ότι για το 1^ο σενάριο η μέση ρυθμοαπόδοση έχει τιμή ίση με 202,9604 Kbps, για το 2^ο σενάριο 213,439, για το 3^ο σενάριο 243,8637 και για το 4^ο 210,0734 Kbps. Το throughput είναι μια ένδειξη της ποιότητας μεταφοράς του video μέσα στο δίκτυο.

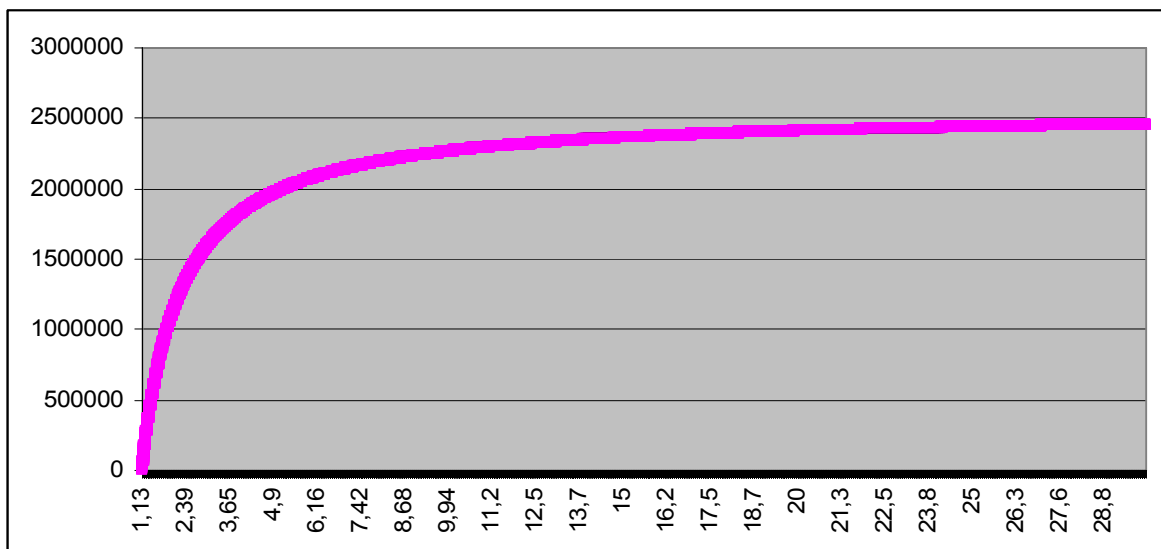
5.2 Σύγκριση Ad-Hoc με Infrastructure Δίκτυο

5.2.1 Ρυθμοαπόδοση

Από τις παρακάτω γραφικές παραστάσεις παρατηρείται ότι για το ad – hoc δίκτυο η ρυθμοαπόδοση είναι περίπου ίση με 70000 Kbps ενώ για το Infrastructure είναι περίπου 250000 Kbps. Όσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμοαπόδοση τόσο καλύτερο είναι το δίκτυο. Συνεπώς, καλύτερη απόδοση έχει το Infrastructure δίκτυο.



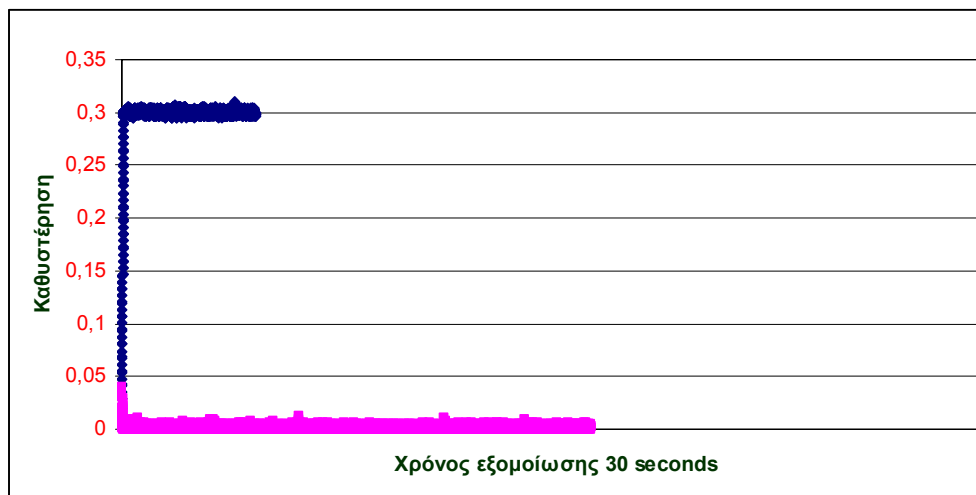
5.9 Γραφική Παράσταση για το Throughput του ad-hoc σεναρίου



5.10 Γραφική Παράσταση για το Throughput του infrastructure σεναρίου

5.2.2 Καθυστέρηση

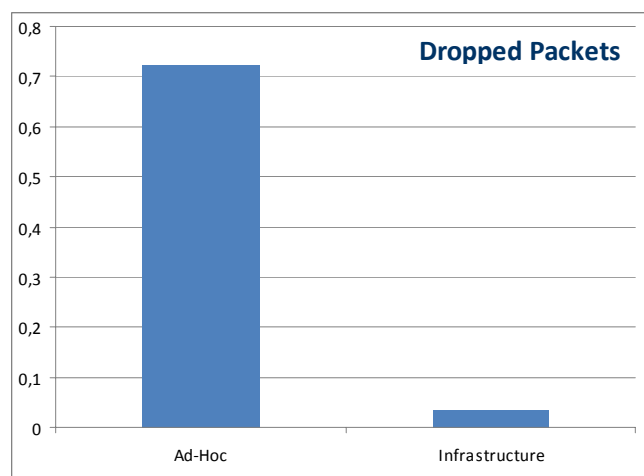
Από τη γραφική παράσταση παρατηρείται ότι για το ad-hoc δίκτυο η καθυστέρηση παίρνει τιμές από 0,28 ως 0.32 sec και για το infrastructure σενάριο μηδενικές τιμές. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα από το σενάριο 5^ο (Ad hoc) και σενάριο 2^ο (infrastructure), τα αποτελέσματα αυτά είναι για τον ίδιο χρόνο εξομοίωσης και για τις ίδιες παραμέτρους του δικτύου. Άρα, καλύτερο δίκτυο είναι το infrastructure γιατί έχει χαμηλότερα ποσοστά καθυστέρησης.



5.11 :Καθυστέρηση για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο

5.2.3 Ποσοστό χαμένων πακέτων

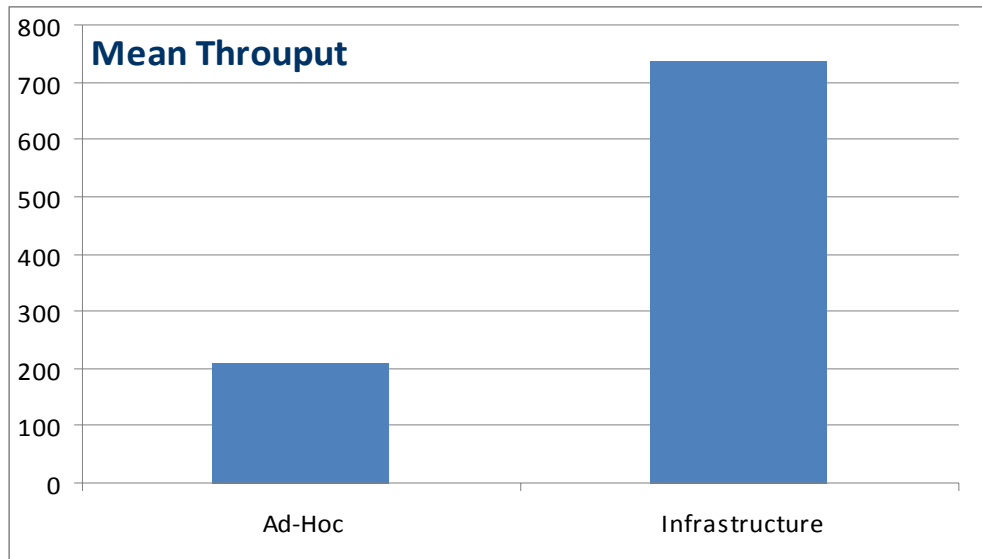
Στο 5^ο Ad-Hoc σενάριο, το ποσοστό των χαμένων πακέτων είναι 72% περίπου σε αντίθεση με το infrastructure σενάριο (Σενάριο 2^ο) όπου το ποσοστό είναι ιδιαίτερα χαμηλό γύρω στο 2%. Συνεπώς, ο τύπος δικτύου με την καλύτερη απόδοση είναι η τοπολογία υποδομής που παρορσιάζει το μικρότερο ποσοστό χαμένων πακέτων.



5.12 Ποσοστό χαμένων πακέτων για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο

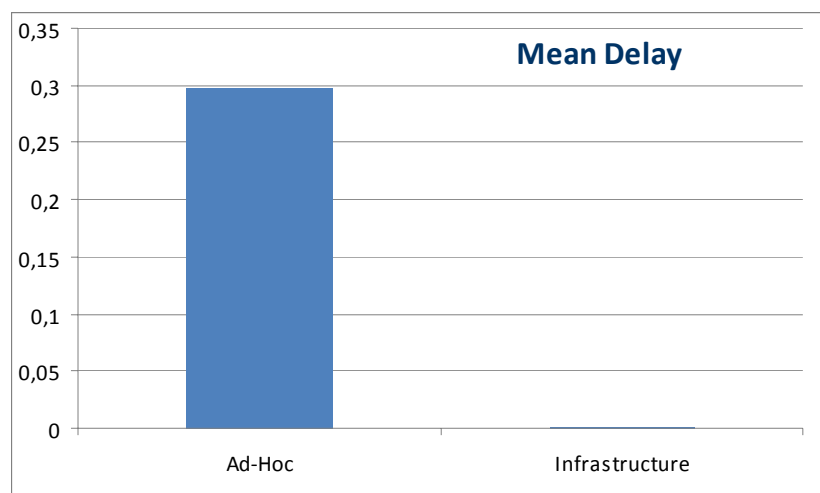
5.2.4 Μέση ρυθμοαπόδοση και μέση καθυστέρηση

Παρατηρείται ότι για το Ad-Hoc σενάριο η μέση ρυθμοαπόδοση έχει τιμή ίση με 209,39 ενώ για το Infrastructure σενάριο 738. Η ρυθμοαπόδοση υπολογίζεται ως Kbytes/sec και καθορίζει την ποιότητα μεταφοράς του video μέσα στο δίκτυο. Άρα, καλύτερη μεταφορά video έχουμε στο Infrastructure σενάριο.



5.13 Μέσο throughput για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο

Όσον αφορά στη μέση καθυστέρηση, παρατηρείται ότι για το Ad-Hoc σενάριο έχει τιμή ίση με 0.3 sec και για το Infrastructure σενάριο σχεδόν μηδενική. Και σε αυτή τη περίπτωση η καλύτερη τοπολογία είναι ο Infrastructure.

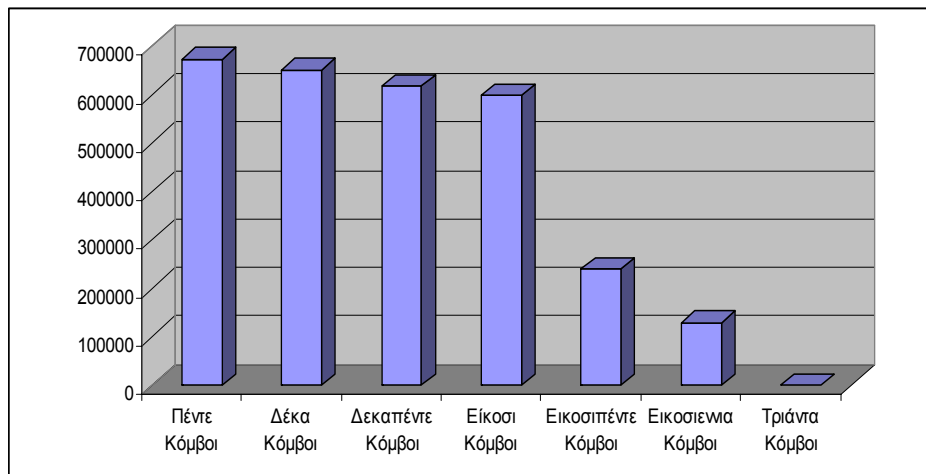


5.14 Μέσο delay για τη σύγκριση του ad-hoc με το infrastructure σενάριο

5.3 Μελέτη αριθμού κόμβων συνδεδεμένων σε ένα Access Point

5.3.1 Μέση ρυθμοαπόδοση

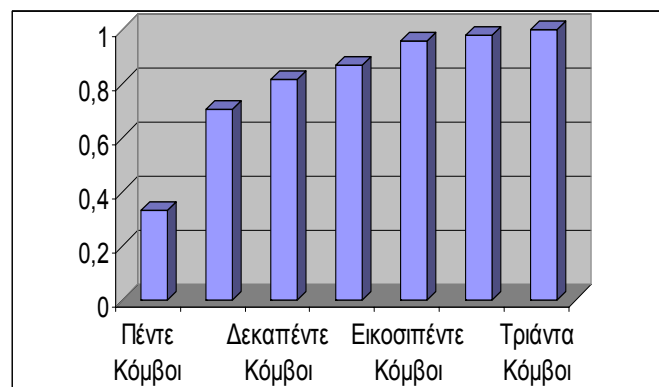
Για το σενάριο 4^ο της infrastructure τοπολογίας παρατηρείται ότι με την αύξηση των κόμβων μειώνεται η μέση ρυθμοαπόδοση. Παρατηρήθηκε ότι για 30 κόμβους το μέσο throughput είναι μηδενικό, ενώ για είκοσι εννιά κόμβους το μέση ρυθμοαπόδοση έχει τιμή 130108,348348. Όσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμοαπόδοση, τόσο καλύτερο είναι το δίκτυο μας. Συνεπώς, ο μέγιστος αριθμός κόμβων που μπορούν να συνδεθούν παράλληλα σε ένα δίκτυο είναι 29.



5.15 Τιμές μέσου throughput και αριθμός κόμβων

5.3.2 Ποσοστό Χαμένων Πακέτων

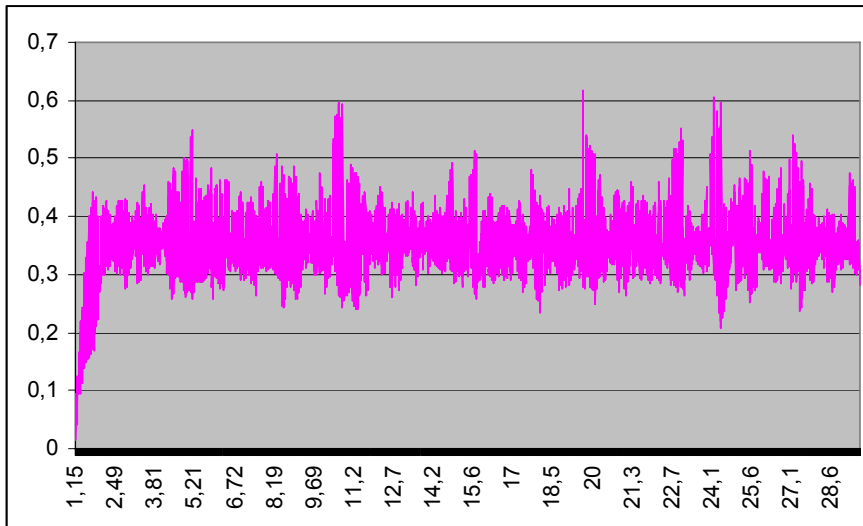
Από την γραφική παράσταση 5.16 παρατηρείται ότι το ποσοστό των χαμένων πακέτων αυξάνεται καθώς αυξάνονται οι κόμβοι του δικτύου και άρα οι παράλληλες ροές δεδομένων που μεταφέρονται στο δίκτυο. Το ποσοστό των χαμένων πακέτων για 30 κόμβους αγγίζει το 100% που σημαίνει ότι το δίκτυό δεν μπορεί να εξυπηρετήσει τόσους κόμβους.



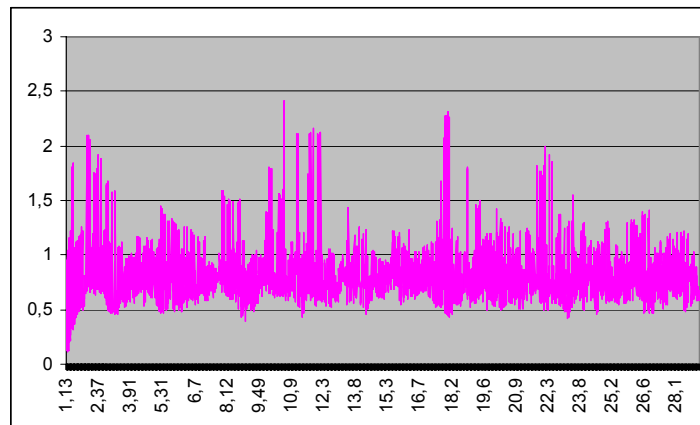
5.16 Ποσοστό χαμένων πακέτων από 0 ως 30 κόμβους

5.3.3 Καθυστέρηση

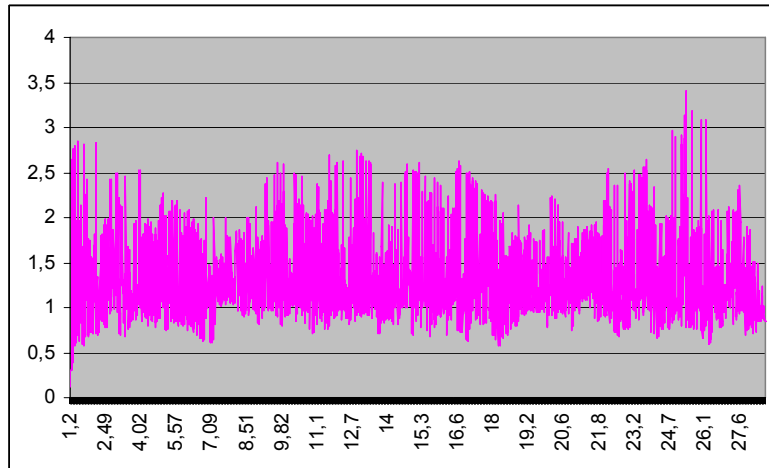
Στις γραφικές παραστάσεις που ακολουθούν παρατηρείται ότι η καθυστέρηση στο δίκτυο αυξάνεται συνεχώς. Αυτό οφείλεται στη σύνδεση επιπλέον κόμβων στο Access Point και στην αυξημένη κίνηση που δημιουργείται.



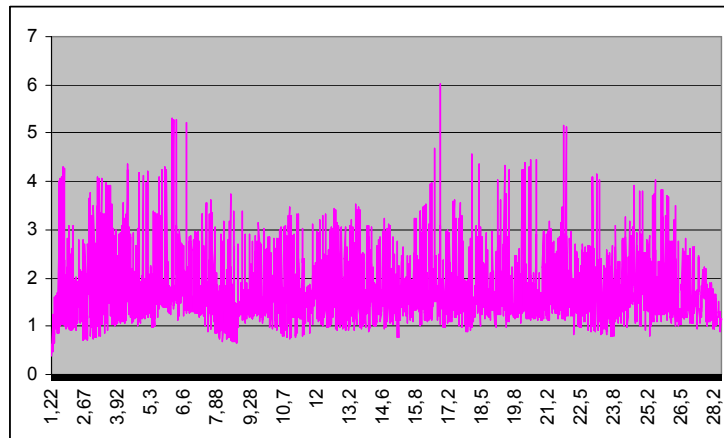
5.17 Καθυστέρηση δικτύου με πέντε κόμβους



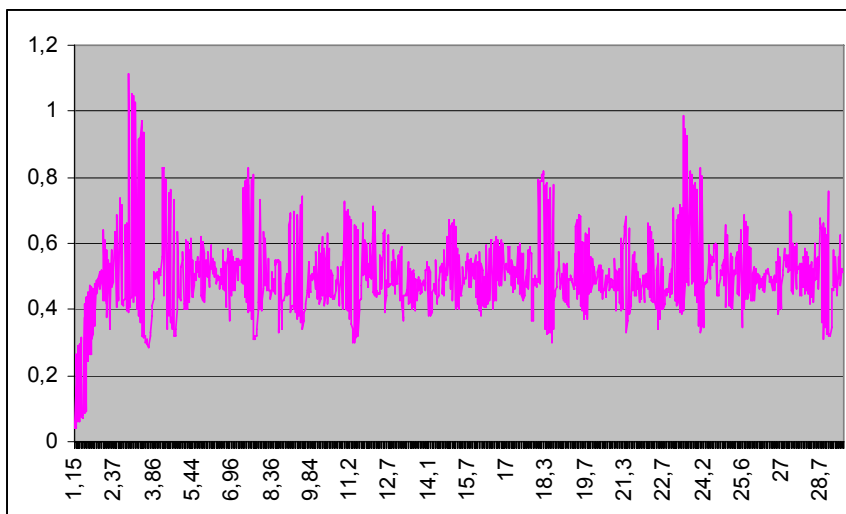
5.18 Καθυστέρηση δικτύου με δέκα κόμβους



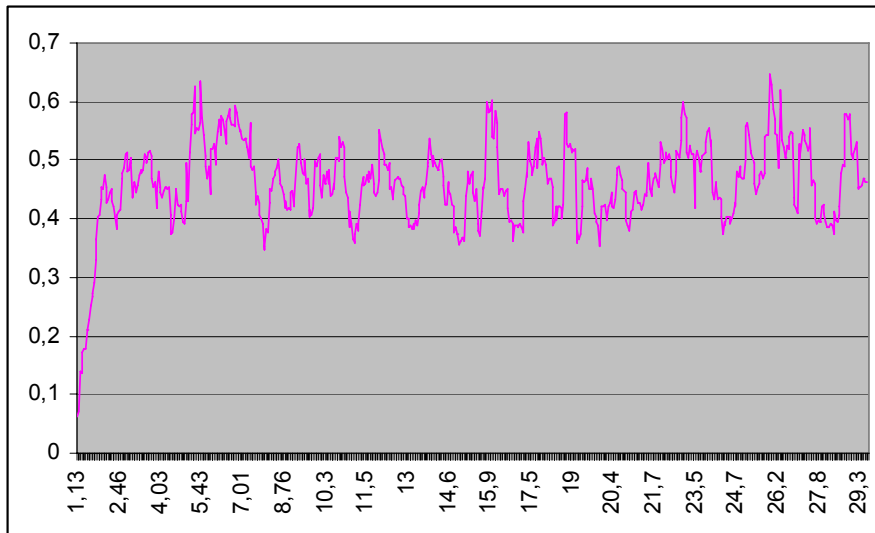
5.19 Καθυστέρηση δικτύου με δεκαπέντε κόμβους



5.20 Καθυστέρηση δικτύου με είκοσι κόμβους



5.21 Καθυστέρηση δικτύου με εικοσιπέντε κόμβους



5.22 Καθυστέρηση δικτύου με είκοσι εννιά κόμβους

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται την μελέτη της απόδοσης ασύρματων δικτύων κατά την μεταφορά multimedia κίνησης. Στα πλαίσια της μελέτης καλύφθηκε αναλυτικά η δικτυακή υποδομή και το πρωτόκολλο επικοινωνίας 802.11 και αλγόριθμοι δρομολόγησης. Επιγραμματικά μελετήθηκε και το επίπεδο εφαρμογής για ένα streaming σενάριο με κωδικοποίηση MPEG-4 ως προς τις επικοινωνιακές απαιτήσεις που θέτει στα υποκείμενα επίπεδα. Στόχος της αναλυτικής μελέτης είναι η επιλογή της κατάλληλης διαμόρφωσης του πρωτοκόλλου 802.11 με βάση τα σενάρια εφαρμογής που αναπαριστούν τη μεταφορά multimedia κίνησης και τα χαρακτηριστικά της.

Τα σενάρια που εξομοιώθηκαν περιγράφουν τις 2 τοπολογίες του 802.11 και στόχο έχουν να εξετάσουν την επίδραση του μεγέθους πακέτου, του αριθμού κόμβων, της κινητικότητας του κόμβου και των συνθηκών της δικτυακής κίνησης στην απόδοση του δικτύου. Από τις εξομοιώσεις των σεναρίων που δημιουργήθηκαν συλλέχθηκαν αποτελέσματα τα οποία αναφέρονται στη ρυθμοαπόδοση (throughput), στην end-to-end καθυστέρηση (delay) και στο μέγεθος των χαμένων πακέτων (dropped packets) και καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα.

6.1 Ρυθμοαπόδοση (throughput)

Η ρυθμοαπόδοση είναι μέτρο ένδειξης της ποιότητας μεταφοράς του video μέσα στο δίκτυο. Όσο μεγαλύτερο είναι το μέγεθος των πακέτων της εφαρμογής τόσο μεγαλύτερη είναι η ρυθμοαπόδοση του δικτύου.

6.2 Καθυστέρηση (delay)

Όταν υπάρχει παράλληλη ροή δεδομένων σε ένα δίκτυο, η καθυστέρηση αυξάνεται. Το μέγεθος του πακέτου είναι ανάλογο της καθυστέρησης. Όσο μικρότερη είναι η καθυστέρηση στο δίκτυο, μειώνεται το ποσοστό σφαλμάτων και άρα αυξάνεται η ποιότητα εικόνας.

6.3 Χαμένα πακέτα (dropped packets)

Η παράλληλη αποστολή πακέτων, από έναν προς πολλούς κόμβους ή αντίθετα, αυξάνει τον αριθμό των χαμένων πακέτων. Όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των πακέτων προς αποστολή τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό των χαμένων πακέτων αφού για τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης ο αριθμός πακέτων διπλασιάζεται.

6.4 Σύγκριση Ad – hoc με Infrastructure τοπολογίας

Τα σενάρια αυτά δημιουργήθηκαν για να γίνει η σύγκριση ενός δικτύου χωρίς υποδομή (Ad – hoc) με δίκτυο υποδομής (Infrastructure) σε ακριβώς ίδιες συνθήκες λειτουργίες με βάση την απόδοση του δικτύου. Από τη σύγκριση αυτή συμπεραίνεται ότι τα δίκτυα υποδομής είναι καλύτερα από τα Ad – hoc στις παρακάτω περιπτώσεις:

- Τα Infrastructure δίκτυα έχουν μεγαλύτερη ρυθμοαπόδοση σε σχέση με τα Ad – hoc
- Τα Infrastructure δίκτυα έχουν μικρότερα ποσοστά καθυστέρησης σε αντίθεση με τα Ad – hoc
- Το ποσοστό των χαμένων πακέτων για τα Infrastructure δίκτυα είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με το ποσοστό των χαμένων πακέτων για τα Ad – hoc

Το μειονέκτημα της τοπολογίας υποδομής όμως είναι πως ο μεγαλύτερος αριθμός κόμβων που μπορούν να συνδεθούν παράλληλα σε ένα δίκτυο είναι 29. Το ποσοστό των χαμένων πακέτων για 30 κόμβους αγγίζει το 100% που σημαίνει ότι το δίκτυο δεν μπορεί να εξυπηρετήσει τόσους κόμβους. Η καθυστέρηση του δικτύου αυξάνεται συνεχώς. Αυτό οφείλεται στη συνεχή σύνδεση επιπλέον κόμβων στο Access Point και στην αυξημένη κίνηση που δημιουργείται. Σε περιπτώσεις λοιπόν όπου οι κόμβοι είναι παραπάνω από 30 και κινούνται εκτός της περιοχής κάλυψης του AP, προτείνεται είτε η χρήση δευτερεύοντος AP ή η χρήση ad-hoc τοπολογίας.

Βιβλιογραφία

1. Martin Jacklin, MPEG-4 Industry Forum, “MPEG-4 – The Media Standard, The landscape of advanced multimedia coding”
2. Frank Fitzek, Patrick Seeling and Martin Reisslein, “Video Streaming in Wireless Internet”, December 2004
3. Haitao Zheng, Jill Boyce, “Streaming video over wireless networks”, CRC Press, Inc, Boca Raton, FL, USA, 2003
4. A.S Tanenbaum, Computer Networks, 4 ed., Prentice Hall, 2003
5. Giel van Doren, Dimitri van Heesch, “Streaming concepts”, Philips Research Technical Note 7253, 12/2002.
6. S. A. Akella, R. K. Balan, and N. Bansal, “Protocols for Low-Power”, tech. rep., Carnegie Mellon University, 2001
7. X. Hu, U. Ogras, N. Zamora, R. Marculescu, 'Data Partitioning Techniques for Pervasive Multimedia Platforms', in Proc. IEEE Intl. Conf. on Multimedia and Expo, Taipei, Taiwan, June 2004
8. M. Zorzi and R. Rao, “Is TCP Energy Efficient?,” in Proc. IEEE Intl. Workshop on Mobile Multimedia Communications, 1999
9. C. Aurrecoecha, A. Campbell, and L. Hauw, "A Survey of QoS Architectures", in ACM/Springer-Verlag Multimedia Systems Journal, vol. 6, no. 3, pp. 138-151, May 1998
10. S. Chandra and A. Vahdat, “Application-specific network management for energy-aware streaming of popular multimedia formats,” in Proc. USENIX Annual Technical Conference, June 2002
11. R. Marculescu, A. Nandi, L. Lavagno, and A. Sangiovanni-Vincentelli, 'System-Level Power/Performance Analysis of Portable Multimedia Systems Communicating over Wireless Channels' , in Proc. IEEE/ACM Intl. Conf. on Computer Aided Design, San Jose, CA, Nov. 2001
12. Eitan Altman and Tania Jimenez, “NS Simulator for beginners”, December 4, 2003

Παράρτημα Α

Διευθύνσεις Internet

1. 802.11: http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
2. 802.11: http://www.patraswireless.net/tutorial/basic%20tutorial/tutorial/ieee_802_11b.htm
3. MPEG: <http://www.chiariglione.org/mpeg/>
4. NS-2 Manual: <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
5. Cygwin User's Guide: <http://www.cygwin.com/cygwin-ug-net/cygwin-ug-net.html>

Παράρτημα Β

Α. Κώδικας TCL

ΣΕΝΑΡΙΑ ΓΙΑ AD-HOC ΔΙΚΤΥΑ

Σενάριο 1^ο

```
set val(chan) Channel/WirelessChannel      ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround     ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy            ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                   ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail/PriQueue      ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                         ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                             ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna          ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 2                              ;# αριθμός σταθερών κόμβων
set val(nm) 1                              ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV                           ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512                        ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005                    ;# multimedia packet interval

# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simple1.tr w]
set nf [open out1.nam w]

$ns trace-all $tracefd

$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100     ;# μέγεθος τοπολογίας
```

```

proc finish {} {
    global ns nf tracefd
    $ns flush-trace
    close $nf
    close $tracefd
    exec nam out1.nam &
    exit 0
}

# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid 100 100

#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nn)

# Ρύθμιση κόμβου
$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
-IIType $val(II) \
-macType $val(mac)\
-ifqType $val(ifQ) \
-ifqLen $val(ifQlen) \
-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netIF) \
-topoInstance $topo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \

```

```

-movementTrace ON \
-channel [new $val(chan)]

#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
}

#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
}

#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(0) set X_ 25.00
$node_(0) set Y_ 60.00
$node_(0) set Z_ 0.0

#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(1) set X_ 50.00
$node_(1) set Y_ 50.00
$node_(1) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 2
}

#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(0) setdest 8.0 5.0 15.0"

```

```

#UDP σύνδεση
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(0) $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(1) $null0
#Multimedia κίνηση
set mm0 [new Application/Traffic/CBR]
$mm0 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm0 set interval_ $val(pack_int)
$mm0 attach-agent $udp0
$ns connect $udp0 $null0
$ns at 0.10 "$mm0 start"
$ns at 30.0 "$mm0 stop";
$ns at 30.0 "finish";
$ns run

```

Σενάριο 2^ο :

```

set val(chan) Channel/WirelessChannel      ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround     ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy           ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                  ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail/PriQueue      ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                        ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                             ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna         ;# μοντέλο κεραίας

```

```
set val(nn) 3 ;# αριθμός σταθερών κόμβων
set val(nm) 1 ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512 ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005 ;# multimedia packet interval
```

```
# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simple2.tr w]
set nf [open out2.nam w]
$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100
proc finish {} {
global ns nf tracefd
$ns flush-trace
close $nf
close $tracefd
exec nam out2.nam &
exit 0
}
```

```
# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid 100 100
#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nn)
# Ρύθμιση κόμβου
```

```

$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
-llType $val(ll) \
-macType $val(mac)\
-ifqType $val(ifQ) \
-ifqLen $val(ifQlen) \
-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netIF) \
-topoInstance Stopo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace ON \
-channel [new $val(chan)]
#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
}
#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
}
#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(2) set X_ 20.00

```

```

$node_(2) set Y_ 55.00
$node_(2) set Z_ 0.0
#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(0) set X_ 40.50
$node_(0) set Y_ 40.50
$node_(0) set Z_ 0.0

$node_(1) set X_ 30.00
$node_(1) set Y_ 35.00
$node_(1) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 3
}
#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(2) setdest 8.0 5.0 15.0"
#UDP σύνδεση
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(2) $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $null0
set udp1 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(1) $udp1
#Multimedia κίνηση
set mm0 [new Application/Traffic/CBR]
$mm0 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm0 set interval_ $val(pack_int)

```



```

$mm0 attach-agent $udp0
set mm1 [new Application/Traffic/CBR]
$mm1 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm1 set interval_ $val(pack_int)
$mm1 attach-agent $udp1
$ns connect $udp0 $null0
$ns connect $udp1 $null0

```

```

$ns at 0.10 "$mm0 start"
$ns at 0.10 "$mm1 start"
$ns at 30.0 "$mm0 stop"
$ns at 30.0 "$mm0 stop";
$ns at 30.0 "finish";
$ns run

```

Σενάριο 3^ο :

```

set val(chan) Channel/WirelessChannel      ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround     ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy            ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                   ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail/PriQueue      ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                         ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                             ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna          ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 2                              ;# αριθμός σταθερών κόμβων

```

```

set val(nm) 1                                ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV                             ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης

set val(pack_s) 1024                        ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005                     ;# multimedia packet interval
# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simple3.tr w]
set nf [open out3.nam w]

$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100      ;# μέγεθος τοπολογίας
proc finish {} {
global ns nf tracefd
$ns flush-trace
close $nf
close $tracefd
exec nam out3.nam &
exit 0
}
# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid 100 100
#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nm)
# Ρύθμιση κόμβου

```

```

$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
-llType $val(ll) \
-macType $val(mac)\
-ifqType $val(ifQ) \
-ifqLen $val(ifQlen) \
-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netIF) \
-topoInstance Stopo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace ON \
-channel [new $val(chan)]
#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
}
#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
}
#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(0) set X_ 45.00

```

```

$node_(0) set Y_ 45.00
$node_(0) set Z_ 0.0
#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(1) set X_ 30.00
$node_(1) set Y_ 30.00
$node_(1) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 2
}

#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(0) setdest 8.0 5.0 15.0"
#UDP σύνδεση
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(1) $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $null0
$ns connect $udp0 $null0
#Multimedia κίνηση
set mm0 [new Application/Traffic/CBR]
$mm0 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm0 set interval_ $val(pack_int)
$mm0 attach-agent $udp0
$ns at 0.10 "$mm0 start"
$ns at 30.0 "finish";
$ns run

```

Σενάριο 4^ο:

```
set val(chan) Channel/WirelessChannel      ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround     ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy            ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                   ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail/PriQueue      ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                         ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                              ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna          ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 3                              ;# αριθμός σταθερών κόμβων
set val(nm) 1                              ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV                            ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512                         ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005                    ;# multimedia packet interval

# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simple4.tr w]
set nf [open out4.nam w]

$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100     ;# μέγεθος τοπολογίας

proc finish {} {
    global ns nf tracefd
    $ns flush-trace
    close $nf
}
```

```

close $tracefd

exec nam out4.nam &

exit 0

}

# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]

$stopo load_flatgrid 100 100

#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nn)

# Ρύθμιση κόμβου
$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
-llType $val(ll) \
-macType $val(mac)\
-ifqType $val(ifq) \
-ifqLen $val(ifqlen) \
-antType $val(ant) \
-propType $val(prop) \
-phyType $val(netIF) \
-topoInstance $stopo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace ON \
-channel [new $val(chan)]

#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {

```

```

set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
}
#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
}
#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(0) set X_ 70.00
$node_(0) set Y_ 35.00
$node_(0) set Z_ 0.0

#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(1) set X_ 15.00
$node_(1) set Y_ 15.00
$node_(1) set Z_ 0.0
$node_(2) set X_ 50.00
$node_(2) set Y_ 60.00
$node_(2) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 3
}
#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(0) setdest 8.0 5.0 15.0"

```

```

#UDP σύνδεση
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(0) $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(1) $null0
set null1 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(2) $null1
$ns connect $udp0 $null1

#Multimedia κίνηση
set mm0 [new Application/Traffic/CBR]
$mm0 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm0 set interval_ $val(pack_int)
$mm0 attach-agent $udp0

set mm1 [new Application/Traffic/CBR]
$mm1 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm1 set interval_ $val(pack_int)
$mm1 attach-agent $udp0

$ns connect $udp0 $null0
$ns connect $udp0 $null1

$ns at 0.10 "$mm0 start"
$ns at 0.10 "$mm1 start"
$ns at 30.0 "$mm0 stop"
$ns at 30.0 "$mm1 stop"
$ns at 30.0 "finish";

$ns run

```


Σενάριο 5° :

```
set val(chan) Channel/WirelessChannel      ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround     ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy            ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                    ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail/PriQueue      ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                         ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                             ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna          ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 4                              ;# αριθμός σταθερών κόμβων
set val(nm) 1                              ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV                           ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512                        ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005                    ;# multimedia packet interval
```

Ορισμός global μεταβλητών

```
set ns [new Simulator]
```

```
set tracefd [open simple5.tr w]
```

```
set nf [open out5.nam w]
```

```
$ns trace-all $tracefd
```

```
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100 ;# μέγεθος τοπολογίας
```

```
proc finish {} {
```

```
global ns nf tracefd
```

```
$ns flush-trace
```

```

close $nf

close $tracefd

exec nam out4.nam &

exit 0

}

# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας

set topo [new Topography]

$stopo load _flatgrid 100 100

#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)

create-god $val(nn)

# Ρύθμιση κόμβου

$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\

-llType $val(ll) \

-macType $val(mac)\

-ifqType $val(ifQ) \

-ifqLen $val(ifQlen) \

-antType $val(ant) \

-propType $val(prop) \

-phyType $val(netIF) \

-topoInstance $stopo \

-agentTrace ON \

-routerTrace ON \

-macTrace OFF \

-movementTrace ON \

-channel [new $val(chan)]

#Κατασκευή σταθερών κόμβων

```

```

for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
}

#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
}

#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(0) set X_ 70.00
$node_(0) set Y_ 35.00
$node_(0) set Z_ 0.0

#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(1) set X_ 15.00
$node_(1) set Y_ 15.00
$node_(1) set Z_ 0.0

$node_(2) set X_ 50.00
$node_(2) set Y_ 60.00
$node_(2) set Z_ 0.0
$node_(3) set X_ 30.00
$node_(3) set Y_ 30.00
$node_(3) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 3
}

```

```

}
#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(0) setdest 8.0 5.0 15.0"
#UDP σύνδεση
set udp0 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(0) $udp0
set null0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(1) $null0
set null1 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(2) $null1
$ns connect $udp0 $null1
set null2 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(3) $null2
$ns connect $udp0 $null2
#Multimedia κίνηση
set mm0 [new Application/Traffic/CBR]
$mm0 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm0 set interval_ $val(pack_int)
$mm0 attach-agent $udp0

set mm1 [new Application/Traffic/CBR]
$mm1 set packetSize_ $val(pack_s)
$mm1 set interval_ $val(pack_int)
$mm1 attach-agent $udp0
set mm2 [new Application/Traffic/CBR]
$mm2 set packetSize_ $val(pack_s)

```

```

$mm2 set interval_ $val(pack_int)
$mm2 attach-agent $udp0
$ns connect $udp0 $null0
$ns connect $udp0 $null1
$ns connect $udp0 $null2
$ns at 0.10 "$mm0 start"
$ns at 0.10 "$mm1 start"
$ns at 0.10 "$mm2 start"
$ns at 30.0 "$mm0 stop"
$ns at 30.0 "$mm1 stop"
$ns at 30.0 "$mm2 stop"
$ns at 30.0 "finish";
$ns run

```

ΣΕΝΑΡΙΑ ΓΙΑ INFRASTRUCTURE ΔΙΚΤΥΑ

1^ο Σενάριο

```

set val(chan) Channel/WirelessChannel           ;# τύπος ασύρματου καναλιού
set val(prop) Propagation/TwoRayGround          ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy                 ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                        ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail                    ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                             ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                                  ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna               ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 5                                   ;# αριθμός σταθερών κόμβων

```

```

set val(nm) 1 ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512 ;# multimedia packet size ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005 ;# multimedia packet interval ;# multimedia packet interval
Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb

#Phy/WirelessPhy set CStresh_ 10.00e-12
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 10.00e-11
#Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.1
#Phy/WirelessPhy set Pt_ 7.214e-3
# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simplea.tr w]
set nf [open outa.nam w]

$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100 ;# μέγεθος τοπολογίας
proc finish {} {
    global ns tracefd
    $ns flush-trace
    close $tracefd
    exec nam outa.nam &
    exit 0
}
# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]

```

```

$topo load_flatgrid 100 100

#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nn)

# Ρύθμιση κόμβου
$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
    -llType $val(ll) \
    -macType $val(mac)\
    -ifqType $val(ifq) \
    -ifqLen $val(ifqlen) \
    -antType $val(ant) \
    -propType $val(prop) \
    -phyType $val(netIF) \
    -channel [new $val(chan)]\

-topoInstance $topo \
-agentTrace ON \
-routerTrace ON \
-macTrace OFF \
-movementTrace OFF\

#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
set mac_($i) [$node_($i) getMac 0]
$mac_($i) set RTSThreshold_ 3000
$mac_($i) ScanType PASSIVE
}

```

```

#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
set mac_($i) [$node_($i) getMac 0]
$mac_($i) set RTSThreshold_ 3000
$mac_($i) ScanType PASSIVE
}

#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(1) set X_ 25.00
$node_(1) set Y_ 60.00
$node_(1) set Z_ 0.0

#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(0) set X_ 50.00
$node_(0) set Y_ 50.00
$node_(0) set Z_ 0.0
$node_(2) set X_ 15.00
$node_(2) set Y_ 17.00
$node_(2) set Z_ 0.0
$node_(3) set X_ 13.00
$node_(3) set Y_ 16.50
$node_(3) set Z_ 0.0
$node_(4) set X_ 5.00
$node_(4) set Y_ 2.00
$node_(4) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {

```



```

$ns initial_node_pos $node_($i) 5
}
#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(1) setdest 8.0 5.0 10.0"
set AP_ADDR1 [$mac_(0) id]
$mac_(0) ap $AP_ADDR1
#UDP σύνδεση
set udp1 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(1) $udp1
#Multimedia κίνηση
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr1 set packetSize_ $val(pack_s)
$cbr1 set interval_ $val(pack_int)
$cbr1 attach-agent $udp1
set base0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $base0
$ns connect $udp1 $base0

$ns at 0.10 "$cbr1 start"
$ns at 30.0 "$cbr1 stop"
$ns at 30.0 "finish"
$ns run

```

2^ο Σενάριο

```

set val(chan) Channel/WirelessChannel ;# τύπος ασύρματου καναλιού

```

```

set val(prop) Propagation/TwoRayGround      ;# μοντέλο ραδιο-διάδοσης
set val(netIF) Phy/WirelessPhy              ;# τύπος διεπαφής δικτύου
set val(mac) Mac/802_11                     ;# πρωτόκολλο MAC
set val(ifQ) Queue/DropTail                 ;# τύπος ουράς
set val(ifQlen) 50                          ;# μέγιστος αριθμός πακέτων στην ουρά
set val(ll) LL                              ;# πρωτόκολλο επιπέδου ζεύξης
set val(ant) Antenna/OmniAntenna           ;# μοντέλο κεραίας
set val(nn) 5                               ;# αριθμός σταθερών κόμβων
set val(nm) 1                               ;# αριθμός κινητών κόμβων
set val(rp) DSDV                            ;# πρωτόκολλο δρομολόγησης
set val(pack_s) 512                         ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005                     ;# multimedia packet inteva
Mac/802_11 set dataRate_ 11Mb
#Phy/WirelessPhy set CStresh_ 10.00e-12
#Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 10.00e-11
#Phy/WirelessPhy set Pt_ 0.1
#Phy/WirelessPhy set Pt_ 7.214e-3
# Ορισμός global μεταβλητών
set ns [new Simulator]
set tracefd [open simpled.tr w]
set nf [open outd.nam w]
$ns trace-all $tracefd
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100      ;# μέγεθος τοπολογίας
proc finish {} {
    global ns tracefd
    $ns flush-trace

```

```

close $tracefd

exec nam outd.nam &

exit 0
}

# Ορισμός αντικειμένου τοπολογίας
set topo [new Topography]

$stopo load_flatgrid 100 100

#Κατασκευή αντικειμένου GOD (General Operation Director)
create-god $val(nn)

# Ρύθμιση κόμβου
$ns node-config -adhocRouting $val(rp)\
    -llType $val(ll) \
    -macType $val(mac)\
    -ifqType $val(ifQ) \
    -ifqLen $val(ifQlen) \
    -antType $val(ant) \
    -propType $val(prop) \
    -phyType $val(netIF) \
    -channel [new $val(chan)]\
    -topoInstance $stopo \
    -agentTrace ON \
    -routerTrace ON \
    -macTrace OFF \
    -movementTrace OFF\

#Κατασκευή σταθερών κόμβων
for {set i 0} {$i < [expr $val(nn) - $val(nm)]} {incr i} {

```

```

set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 0
set mac_($i) [$node_($i) getMac 0]
$mac_($i) set RTSThreshold_ 3000
$mac_($i) ScanType PASSIVE
}

#Κατασκευή κινητού κόμβου
for {set i [expr $val(nn) - $val(nm)]} {$i < $val(nn)} {incr i} {
set node_($i) [$ns node]
$node_($i) random-motion 1
set mac_($i) [$node_($i) getMac 0]
$mac_($i) set RTSThreshold_ 3000
$mac_($i) ScanType PASSIVE
}

#Αρχικές συντεταγμένες κινητού κόμβου
$node_(1) set X_ 70.00
$node_(1) set Y_ 35.00
$node_(1) set Z_ 0.0

#Αρχικές συντεταγμένες σταθερών κόμβων
$node_(0) set X_ 15.00
$node_(0) set Y_ 15.00
$node_(0) set Z_ 0.0

$node_(2) set X_ 50.00
$node_(2) set Y_ 60.00
$node_(2) set Z_ 0.0

```

```

$node_(3) set X_ 30.00
$node_(3) set Y_ 30.00
$node_(3) set Z_ 0.0
for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
$ns initial_node_pos $node_($i) 5
}
#Κίνηση κόμβου
$ns at 5.0 "$node_(1) setdest 8.0 5.0 10.0"
set AP_ADDR1 [$mac_(0) id]
$mac_(0) ap $AP_ADDR1
#UDP σύνδεση
set udp1 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(1) $udp1
#Multimedia κίνηση
set cbr1 [new Application/Traffic/CBR]
$cbr1 set packetSize_ $val(pack_s)
$cbr1 set interval_ $val(pack_int)
$cbr1 attach-agent $udp1
set base0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $base0
$ns connect $udp1 $base0

set udp2 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(2) $udp2
set cbr2 [new Application/Traffic/CBR]

```

```

$ubr2 set packetSize_ $val(pack_s)
$ubr2 set interval_ $val(pack_int)
$ubr2 attach-agent $udp2
set base0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $base0
$ns connect $udp2 $base0
set udp3 [new Agent/UDP]
$ns attach-agent $node_(3) $udp3
set cbr3 [new Application/Traffic/CBR]
$ubr3 set packetSize_ $val(pack_s)
$ubr3 set interval_ $val(pack_int)
$ubr3 attach-agent $udp3
set base0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $base0
$ns connect $udp3 $base0
$ns at 0.10 "$ubr1 start"
$ns at 30.0 "$ubr1 stop"
$ns at 0.10 "$ubr2 start"
$ns at 30.0 "$ubr2 stop"
$ns at 0.10 "$ubr3 start"
$ns at 30.0 "$ubr3 stop"
$ns at 30.0 "finish"
$ns run

```

3^ο Σενάριο

```

set val(chan) Channel/WirelessChannel

```

```
set val(prop) Propagation/TwoRayGround
set val(netIF) Phy/WirelessPhy
set val(mac) Mac/802_11
set val(ifQ) Queue/DropTail
set val(ifQlen) 50
set val(ll) LL
set val(ant) Antenna/OmniAntenna
set val(nn) 29
set val(nm) 1
set val(rp) DSDV
set val(num_flows) 28
set val(pack_s) 512 ;# multimedia packet size
set val(pack_int) 0.005 ;# multimedia packet interval
```

```
Mac/802_11 set dataRate_ 11.0e6
```

```
Phy/WirelessPhy set CStresh_ 3.5e-10
```

```
set ns [new Simulator]
```

```
set tracefd [open simpleu.tr w]
```

```
set nf [open outu.nam w]
```

```
$ns trace-all $tracefd
```

```
$ns namtrace-all-wireless $nf 100 100
```

```
proc finish {} {  
    global ns tracefd  
    $ns flush-trace  
    close $tracefd  
    exec nam outu.nam &  
    exit 0  
}
```

```
set topo [new Topography]  
$topo load_flatgrid 100 100
```

```
create-god $val(nn)
```

```
# node configuration
```

```
$ns node-config -adhocRouting $val(rp) \  
    -llType $val(ll) \  
    -macType $val(mac) \  
    -ifqType $val(ifQ) \  
    -ifqLen $val(ifQlen) \  
    -antType $val(ant) \  
    -propType $val(prop) \  
    -phyType $val(netIF) \  
    -channel [new $val(chan)] \  
-topoInstance $topo \  

```


-agentTrace ON \

-routerTrace ON \

-macTrace OFF \

-movementTrace OFF\

#kataskeyh sta8erwn komvwn

for {set i 0} {\$i < [expr \$val(nn) - \$val(nm)]} {incr i} {

set node_(\$i) [\$ns node]

\$node_(\$i) random-motion 0

set mac_(\$i) [\$node_(\$i) getMac 0]

\$mac_(\$i) ScanType PASSIVE

}

#kataskeyh kinitou kombou

for {set i [expr \$val(nn) - \$val(nm)]} {\$i < \$val(nn)} {incr i} {

set node_(\$i) [\$ns node]

\$node_(\$i) random-motion 1

set mac_(\$i) [\$node_(\$i) getMac 0]

\$mac_(\$i) ScanType PASSIVE

}

\$node_(0) set X_ 50.0

```

$node_(0) set Y_ 50.0
$node_(0) set Z_ 0.0

#arxikes sintetagmenes kinhtwn komvwn
for {set i 1} {$i < $val(nn)} {incr i} {
    $node_($i) set X_ [expr 10.0 + $i* 80/$val(nn) ]
    $node_($i) set Y_ [expr 10.0 + $i*80.0/$val(nn)]
    $node_($i) set Z_ 0.0
}

for {set i 0} {$i < $val(nn)} {incr i} {
    $ns initial_node_pos $node_($i) 5
}

#kinisi kombou
$ns at 5.0 "$node_(1) setdest 8.0 5.0 10.0"

set AP_ADDR1 [$mac_(0) id]
$mac_(0) ap $AP_ADDR1
set base0 [new Agent/Null]
$ns attach-agent $node_(0) $base0

for {set i 1} {$i < [expr $val(num_flows) + 1]} {incr i} {
    set udp($i) [new Agent/UDP]
    $ns attach-agent $node_($i) $udp($i)
    set cbr($i) [new Application/Traffic/CBR]
}

```

```

    $cbr($i) set packetSize_ $val(pack_s)
    $cbr($i) set interval_ $val(pack_int)
    $cbr($i) attach-agent $udp($i)
    $ns connect $udp($i) $base0
}

for {set i 1} {$i < [expr $val(num_flows) + 1]} {incr i} {
    $ns at 0.10 "$cbr($i) start"
    $ns at 30.0 "$cbr($i) stop"
}

$ns at 30.0 "finish"

$ns run

```

Κώδικας AWK

```

BEGIN{
highest_packet_id = 0;
max_Time=0.0;
sendPackets=0;
droppedPackets=0;
receivedPackets=0;
sum_d=0;
sum_samples=0;
time_ind=0;

```

```

}
{
Event = $1;
Time = $2;
Agt = $4;
Packet = $6;
Type = $7;
Bytes = $8;

if(Packet > highest_packet_id){
highest_packet_id = Packet;
}

if(Time > max_Time){
max_Time = Time;
}

if(Agt=="AGT" && Type=="cbr")
{
if (Event=="r"){
if (time_ind > 0)
throughput[time_ind]= throughput[time_ind-1] + Bytes*8;
else
throughput[time_ind]=Bytes*8;
myTime[time_ind]=Time;
time_ind++;
}
}

```

```

if(Event=="s"){
start_time[Packet]=Time;
sendPackets++;
}

if(Event=="r"){
end_time[Packet]=Time;
receivedPackets++;
}
}

if(Type=="cbr" && Event=="D"){
end_time[Packet]=-1;
droppedPackets++;
}
}

END {

printf("Sent Packets = %d\n",sendPackets);

printf("Received Packets =%d\n", receivedPackets);

printf("Dropped Packets = %d\n",droppedPackets);

printf("Mean Throuput = %f\n",(throughput[time_ind-1] / 99.90));

```

```

for(i=0 ; i< time_ind; i=i+2) {
printf("%f %d \n",myTime[i], throughput[i]);
}

printf("=====\n");

for(packet_id=0 ; packet_id <= highest_packet_id ; packet_id++){
if(start_time[packet_id] < end_time[packet_id]){
printf("%f %f\n",start_time[packet_id],end_time[packet_id]-start_time[packet_id]);
sum_d+=end_time[packet_id]-start_time[packet_id];
sum_samples++;
}
}

printf("Mean delay: %f\n",(sum_d/sum_samples));
}

```