

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

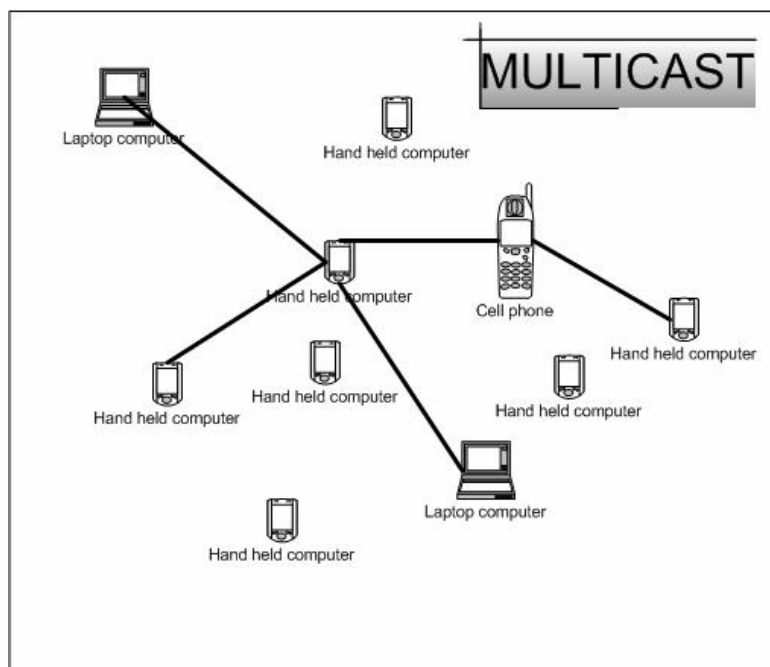
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ Α. ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

ΕΞΕΤΑΣΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΝΔΡΕΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΥ

MASTER THESIS

**Πολυεκπομπή σε Ασύρματα Κινητά Δίκτυα
(Multicast in MANET)**



ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2005

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	2
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Wireless Networks	4
1.2 MANET	6
1.3 Multicasting (πολυεκπομπή).....	7
2.ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11.....	10
2.1 πρότυπο IEEE 802 11	10
2.2 Τεχνολογία Διασποράς Φάσματος (Spread Spectrum).....	11
Frequency Hopping Spread Spectrum	12
Direct Sequence Spread Spectrum.....	13
3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ ΠΟΛΥΕΚΠΟΜΠΗΣ.....	18
3.1 AMRoute (ad hoc multicast routing)	18
3.2 AMRIS (Ad Hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numberS) ..	20
3.3 CAMP (Core-Assisted Mesh Protocol)	21
3.4 ADMR (Adaptive Demand Driven Multicast Routing).....	23
3.5 MAODV (multicast ad hoc On-Demand Distance Vector)	25
3.6 ODMRP (On-Demand Multicast Routing Protocol)	29
4. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ MAODV ΚΑΙ ODMRP.....	31
4.2 Διαφορετικοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων	31
4.2 Διαφορετικές περιοχές.....	32
4.3 Διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των κόμβων	32
4.4 Διαφορετική εμβέλεια.....	33
4.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης.....	34
4.6 Συμπεράσματα	39
5. MANET ΔΙΚΤΥΑ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ.....	40
5.1 Εισαγωγή	40
5.2 Σενάρια προσομοίωσης.....	41
Παράμετροι προσομοίωσης.....	42
Παράμετροι στην εκπαίδευση.....	42
5.3 σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	42
5.4 Περιβάλλον προσομοίωσης	43
παράμετροι.....	43
τιμές	43
5.5 Σενάριο επίσκεψης σε δασικό χώρο	44
5.6 περιβάλλον προσομοίωσης	46
Παράμετροι.....	46
τιμές	46
5.7 αποτελέσματα προσομοίωσης.....	47
5.8 Συμπεράσματα	57
6. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ MANET ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΔΙΑΣΩΣΗΣ.....	60

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	60
6.2 Σενάριο διάσωσης	60
6.3 περιβάλλον προσομοίωσης	61
Παράμετροι	62
τιμές	62
6.4 αποτελέσματα προσομοίωσης	62
6.5 Συμπεράσματα	69
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ – ΠΙΝΑΚΩΝ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	76
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	76
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	77
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ	78
REFERENCES	81

1. Εισαγωγή

1.1 Wireless Networks

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας έδωσε την δυνατότητα της ανάπτυξης ασύρματων δικτύων υπολογιστών δημιουργώντας κατάλληλες συνθήκες για μία σειρά νέων καινοτόμων εφαρμογών. Σημεία απρόσιτα μπορούν να συνδεθούν χωρίς να θεωρείτε πλέον μειονέκτημα η τοπολογία του χώρου. Σε πολλές πόλεις , όπως και στην Θεσσαλονίκη λειτουργεί ένα μεγάλο ερασιτεχνικό ασύρματο δίκτυο , όπου ο καθένας μπορεί με μία απλή αίτηση να συνδεθεί και να ανταλλάσσει πληροφορίες με τους χρήστες σε μεγάλες ταχύτητες(twmn-ασύρματο μητροπολιτικό δίκτυο Θεσ/νικης). Το δίκτυο αυτό επεκτείνεται συνεχώς και είναι δωρεάν , προϋποθέτοντας την τοποθέτηση ειδικής κεραίας στο χώρο που θέλουμε να έχουμε την σύνδεση.



σχήμα 1 : ασύρματοι κόμβοι στην Θεσ/νικη

Επίσης με την αύξηση της χρήσης φορητών ηλεκτρονικών υπολογιστών , laptop, pda κλπ ,αλλά και κινητών τηλεφώνων νέας γενιάς , γεννήθηκε και η ανάγκη διασύνδεσης στο ίντερνέτ σε χώρους όπως αεροδρόμια, πανεπιστήμια, μουσεία , πλατείες . Η υλοποίηση αυτή βέβαια γίνεται με την χρήση ασύρματων δικτύων και την τοποθέτηση κόμβων (hot spots) σε τέτοιους χώρους . Μόλις η ασύρματη συσκευή μας βρεθεί σε ακτίνα επικοινωνίας με το κόμβο , τότε ο χρήστης μπορεί να συνδεθεί . Το Μετσόβιο Πανεπιστήμιο για παράδειγμα προσφέρει τη δυνατότητα πρόσβασης στο δίκτυο δεδομένων του Ιδρύματος μέσω ασύρματης τεχνολογίας Ethernet, στα μέλη της Πολυτεχνειακής Κοινότητας (ΔΕΠ, προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς σπουδαστές, επιστημονικούς συνεργάτες, διοικητικό προσωπικό), αλλά και σε επισκέπτες,.

σχήμα 2 : κάλυψη ασύρματου δικτύου στο Μετσόβιο Πανεπιστήμιο.

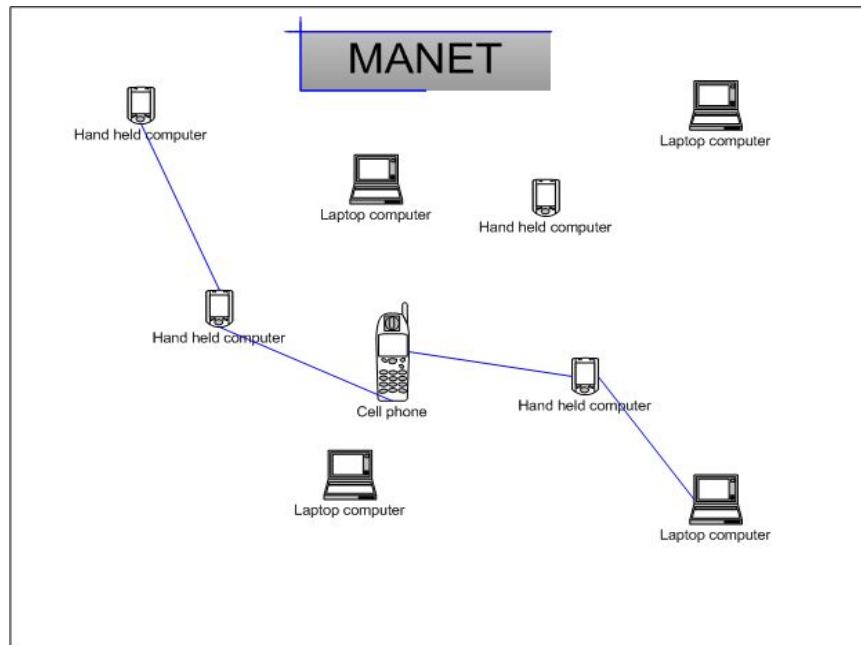
1.2 MANET

Υπάρχουν όμως καταστάσεις όπου είναι αναγκαία η δημιουργία ασύρματης δικτύωσης , αλλά δεν υπάρχει ή δεν μπορεί να υπάρξει σταθερή υποδομή.

Για αυτές τις περιπτώσεις δημιουργήθηκαν τα δίκτυα MANET (Mobile Ad-hoc Networks- κινητά ασύρματα δίκτυα).

Τα MANET είναι αυτόοργανόμενα κινητά ασύρματα δίκτυα χωρίς την ανάγκη της προϋπαρξής σταθερής υποδομής . Ο κάθε χρήστης-κόμβος έχει τριπλό ρόλο. Λειτουργεί ως αποστολέας , ως παραλήπτης και ως δρομολογητής των διάφορων πακέτων (sender,receiver,router). Συσκευές όπως φορητοί υπολογιστές , pda , pocket pc και κινητά τηλέφωνα με ασύρματη κάρτα δικτύου είναι οι πιο κοινές συσκευές που χρησιμοποιούνται. Όταν δύο κόμβοι βρίσκονται σε εμβέλεια μετάδοσης τότε επικοινωνούν κατευθείαν . Σε αντίθεση περίπτωση επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω άλλων κόμβων. (multihop routing). Τα MANET δίκτυα έχουν εφαρμογές σε πεδία μαχών , αποκατάσταση από καταστροφές , πυρκαγιές, εκπαιδευτικές λειτουργίες κλπ.

Παρόλα αυτά τα MANET παρουσιάζουν πολλές αδυναμίες. Η δρομολόγηση των πακέτων σε αυτού του είδους τα δίκτυα είναι μία πρόκληση. Λόγω της συνεχούς κίνησης των κόμβων , η τοπολογία του δικτύου συνεχώς μεταβάλλεται. Για παράδειγμα σε μία χρονική στιγμή δύο κόμβοι βρίσκονται σε επικοινωνία μεταξύ τους και χρησιμοποιούνται για την δρομολόγηση ενός πακέτου . Μετά από λίγο χρονικό διάστημα και λόγω της κίνησης τους είναι πολύ πιθανό να χάσουνε την επικοινωνία τους , με αποτέλεσμα να χαθεί και η δρομολόγηση των πακέτων. Θα πρέπει λοιπόν να υπάρξει ένας μηχανισμός ο οποίος να αντιληφθεί αυτή την αλλαγή στην τοπολογία και να βρει έναν νέο τρόπο να δρομολογεί τα πακέτα. Επίσης αφού αναφερόμαστε σε κινητές συσκευές προφανώς υπάρχει και περιορισμός στην ισχύ που καταναλώνουν λόγω μπαταρίας. Τέλος υπάρχει και περιορισμός στο εύρος του ασύρματου καναλιού.



σχήμα 3: MANET δίκτυα

1.3 Multicasting (πολυεκπομπή)

Πολυεκπομπή είναι η επικοινωνία ενός προς πολλούς ή πολλοί προς πολλούς με έναν ιδιαίτερα αποδοτικό τρόπο. Ουσιαστικά ένα πακέτο στέλνεται μία φορά από τον αποστολέα ή τους αποστολείς και λαμβάνεται από όλους τους δέκτες. Όλοι οι δέκτες ανήκουν σε μία ομάδα, την ομάδα πολυεκπομπής, η οποία περιγράφεται από μία διεύθυνση. Όταν κάποιος έχει να στείλει ένα πακέτο το στέλνει μία φορά στην διεύθυνση αυτή και μέσω των κατάλληλων δρομολογήσεων φτάνει σε όλους τους παραλήπτες.

Προφανώς για να θεωρηθεί μία πολυεκπομπή επιτυχημένη θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας αποστολέας που να έχει ένα πακέτο να στείλει και λήπτες οι οποίοι θα πρέπει να λάβουν όλοι τους της πληροφορία.

Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις θα πρέπει να διατηρείται και η σωστή σειρά με την οποία στάλθηκαν τα πακέτα. Έστω ότι ο αποστολέας στέλνει τρεις αριθμούς A1, A2, A3 και ο δέκτης πρέπει να προσθέσει τους δύο πρώτους που θα λάβει και να τους πολλαπλασιάσει με τον τρίτο. Αν για παράδειγμα λάβει τους αριθμούς με λάθος σειρά πχ A1,A3,A2 τότε το αποτέλεσμα που θα βγάλει θα είναι $[(A1+A3)*A2]$ που είναι διαφορετικό από το $[(A1+A2)*A3]$. Κυρίως σε εφαρμογές με βάσεις δεδομένων οι διάφορες ανανεώσεις , σκανδαλισμοί κλπ θα πρέπει να έρχονται με την σωστή σειρά αλλιώς η βάση θα δίνει λανθασμένα αποτελέσματα.

Η διαφορά μεταξύ του δεύτερου επιπέδου με το τρίτο είναι ότι το τρίτο είναι πιο αυστηρό. Δηλαδή ενώ το δεύτερο αναφέρει να υπάρχει σωστή σειρά μόνο στα πακέτα που χρειάζεται , το τρίτο απαιτεί να υπάρχει σωστή σειρά σε όλα τα πακέτα.

Το παρακάτω κείμενο έχει ταξινομηθεί ως εξής. Στο τμήμα 2 αναφέρεται το πρότυπο IEEE 802.11 . Στο τμήμα 3 αναλύονται τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα πολυεκπομπής σε δίκτυα MANET.. Στο τμήμα 4 γίνεται σύγκριση των MAODV και ODMRP σε διάφορες παραμέτρους. Στο τμήμα 5 περιγράφονται σενάρια συλλογικής μάθησης με την βοήθεια της πολυεκπομπής σε MANET και γίνεται σύγκριση των MAODV , ODMRP , ADMR πάνω σε αυτά τα σενάρια. Στο τμήμα 6 περιγράφεται σενάριο και σύγκριση πρωτοκόλλων MANET σε συνθήκες που πρόκειται να αντιμετωπίσουν σωστικά συνεργία. Στο τμήμα 7 (παράρτημα) παραθέτονται οι κώδικες προσομοίωσης και ανάλυσης των πειραμάτων .

2.πρότυπο IEEE 802.11

2.1 πρότυπο IEEE 802 11

Το πρότυπο του IEEE 802 11 αναφέρεται στην υλοποίηση μιας ασύρματης ζεύξης τόσο στο φυσικό μέσο (PHY) όσο και στο πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο φυσικό μέσο (MAC-Medium Access Control).

Ουσιαστικά προσδιορίζει το περιβάλλον διασύνδεσης μεταξύ ενός ασύρματου κόμβου και ενός επίγειου ή μεταξύ δύο ασύρματων κόμβων

Το φυσικό μέσο το οποίο ουσιαστικά στέλνει τα πακέτα από τον ένα κόμβο στον άλλο , χρησιμοποιεί τεχνολογίες Frequency Hopping Spread Spectrum , Direct Sequence Spread Spectrum , ή infrared (IR)

Το επίπεδο MAC είναι μια σειρά πρωτοκόλλων που είναι υπεύθυνα για την διατήρηση της τάξης στο κοινό μέσο διάδοσης. Η θεμελιώδης μέθοδος πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης MAC του IEEE 802.11 είναι γνωστή ως Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance, ή CSMA/CA. Σε αυτό το πρωτόκολλο όταν ένας κόμβος έχει να στείλει ένα πακέτο , πρώτα ελέγχει να δει αν κάποιος άλλος κόμβος εκείνη την ώρα μεταδίδει. Αν το κανάλι είναι καθαρό τότε μεταδίδει. Σε αντίθετη περίπτωση επιλέγει τυχαία το χρόνο στον οποίο θα ξαναπροσπαθήσει να μεταδώσει.("backoff factor"). Σε περιόδους όπου το κανάλι είναι καθαρό , οι κόμβοι μειώνουν τον παράγοντα "backoff factor". Όταν ο παράγοντας αυτός μηδενιστεί , τότε μεταδίδουν το μήνυμά τους. Αφού η πιθανότητα δύο κόμβοι να επιλέξουν τον ίδιο παράγοντα "backoff factor" , οι συγκρούσεις μέσα στο κανάλι είναι σπάνιες.

2.2 Τεχνολογία Διασποράς Φάσματος (Spread Spectrum)

Η τεχνολογία spread spectrum (ή αλλιώς CDMA – Code Division Multiple Access) επιτρέπει σε πολλούς χρήστες να μοιράζονται το ίδιο φυσικό μέσο επικοινωνίας τύπου broadcast. Εμφανίστηκε πριν 50 χρόνια περίπου ως αποτέλεσμα των αναγκών του στρατού για ασφαλείς επικοινωνίες. Συγκεκριμένα Γερμανοί επιστήμονες πειραματίστηκαν με τεχνικές συμπίεσης παλμών θέτοντας την βάση τα πρώτα συστήματα τεχνολογίας διασποράς φάσματος (Chirp Spread Spectrum Systems). Στην τεχνική αυτή ένα φέρων κύμα “λοξοδρομείται” μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος μπάντας κατά την διάρκεια ενός εσωτερικού παλμού. Η τεχνική FHSS χρονολογείται επίσης στα μέσα του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου και η γέννηση της οφείλεται στις προσπάθειες συγχρονισμού των πομποδεκτών των υποβρυχίων. Η τεχνολογία διασποράς φάσματος σχεδιάστηκε ώστε να είναι ανθεκτική στον θόρυβο, τα παράσιτα, τις παρεμβολές και την μη εξουσιοδοτημένη ανίχνευση. Έτσι επιτρέπει την συνύπαρξη πολλαπλών δικτύων στην ίδια περιοχή. Οι εκπομπές τύπου spread spectrum στέλνουν τα σήματά τους χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων και μικρή ισχύ. Σε αντίθεση, οι εκπομπές τύπου narrowband συγκεντρώνουν όλη τους την ισχύ σε μία μόνο συχνότητα.

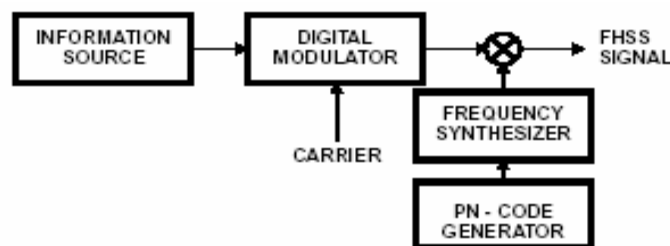
Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να υλοποιηθούν μεταδόσεις τύπου Spread Spectrum. Οι πιο γνωστοί είναι οι Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) και Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS), χωρίς όμως να αποκλείονται και άλλοι που στηρίζονται σε αυτούς (π.χ., MC-DSSS).

Σήμερα η τεχνολογία διασποράς φάσματος (Spread Spectrum) χρησιμοποιείται σε PCS τηλέφωνα , bar code scanners , ασύρματους αναγνώστες καρτών , κ.ά.

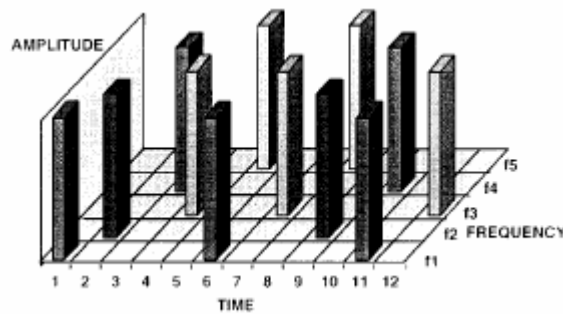
Frequency Hopping Spread Spectrum

Σε αυτή την τεχνολογία, η ζώνη (band) συχνοτήτων ISM (Industrial Scientific Medical, 2,4000 – 2,4835 MHz) χωρίζεται σε 79 μη επικαλυπτόμενα κανάλια εύρους 1 MHz το καθένα. Τα δεδομένα εκπέμπονται σε κάθε ένα από τα παραπάνω κανάλια χρησιμοποιώντας ένα ψευδοτυχαίο αχνάρι εναλλαγής καναλιών (pseudorandom hopping pattern, hopping sequence ή spreading code) από τα 78 συνολικά διαθέσιμα τέτοια αχνάρια (οργανωμένα σε 3 σύνολα των 26). Η εναλλαγή των καναλιών πραγματοποιείται πολλές φορές το δευτερόλεπτο. Κάθε κανάλι χρησιμοποιείται για συγκεκριμένο χρόνο (dwell time) και στη συνέχεια χρησιμοποιείται το επόμενο στο προαναφερόμενο αχνάρι έως ότου χρησιμοποιηθούν όλα. Κατόπιν επαναλαμβάνεται η ίδια ακολουθία.

Εάν σε κάποιον σταθμό λήψης δεν είναι γνωστός ο χρόνος παραμονής σε κάθε κανάλι καθώς και το αχνάρι εναλλαγής τους τότε είναι αδύνατον αυτός ο σταθμός να λάβει και να αποκωδικοποιήσει τα δεδομένα. Πιο συγκεκριμένα το φέρων σήμα μεταπηδάει μέσω μιας ψευδοτυχαίας συνάρτησης κάτω από τον έλεγχο ενός synthesizer που οδηγείτε από μία γεννήτρια (pn code generator) . Το σύστημα πληροφορίας οδηγείτε σε ένα ψηφιακό διαμορφωτή (digital modulator) όπου διαμορφώνεται με το φέρων σήμα χρησιμοποιώντας συνήθως διαμόρφωση FSK. Η περιοδική συχνότητα (hopping sequence) δημιουργείτε από την pn code generator (δείτε παρακάτω σχήμα)



σχήμα 5. BLOCK DIAGRAM OF A FREQUENCY HOPPING SYSTEM



σχήμα 6. FREQUENCY HOPPING SIGNAL

Βασισμένη πάνω στο IEEE 802.11 standard το οποίο πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 1997 η τεχνολογία Frequency Hopping Spread Spectrum πιάνει ταχύτητες της τάξεως του 1Mbps και 2Mbps .

- **FHSS collisions**

Όταν δύο σήματα “πηδάν” σε ίδιο κανάλι και παρεμβάλλονται μεταξύ τους έχουμε σύγκρουση (collision). Το πλήθος των συγκρούσεων εξαρτάται από τον αριθμό των καναλιών μεταπήδησης και τον αριθμό των ενεργών σημάτων. Αφού ο χρόνος διαμονής σε ένα κανάλι (dwell time) είναι λιγότερος του μισού δευτερολέπτου ένα δύο συγκρούσεις σημάτων είναι ασήμαντες και ανεπαίσθητες .Σε οποιαδήποτε περίπτωση σύγκρουσης το σήμα μεταδίδεται ξανά με αποτέλεσμα η ταχύτητα του καναλιού μας να μικραίνει .

Direct Sequence Spread Spectrum

Σε αυτή την τεχνολογία, η ζώνη συχνοτήτων ISM χωρίζεται σε 3 μη επικαλυπτόμενα κανάλια, εύρους 22 MHz το καθένα, και τα δεδομένα εκπέμπονται σε ένα μόνο από αυτά. Κάθε bit των δεδομένων συνδυάζεται (μέσω μίας συνάρτησης XOR) με μία ψευδοτυχαία αριθμητική ακολουθία (Barker Code) μήκους 11 bits. Αυτή η διαδικασία «απλώνει» την ενέργεια του εκπεμπόμενου σήματος σε μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων από ό,τι θα ήταν απαραίτητο.

Ας σημειωθεί ότι τόσο το αρχικό σήμα (narrowband) όσο και το σήμα που εκπέμπεται (spread spectrum) χρησιμοποιούν την ίδια ισχύ εκπομπής και μεταφέρουν την ίδια πληροφορία. Αυτό που διαφέρει είναι η πυκνότητα ισχύος (power density), δηλαδή το ποσό της ισχύος ανά συχνότητα. Συγκεκριμένα, το σήμα που εκπέμπεται έχει πολύ μικρότερη πυκνότητα ισχύος σε σχέση με το αρχικό. Επομένως, είναι πολύ πιο δύσκολο να ανιχνευθεί η παρουσία του σήματος που εκπέμπεται κι έτσι οι συσκευές DSSS δημιουργούν μία ασφαλή ζεύξη.

Επιπλέον, τα σήματα DSSS έχουν ενσωματωμένο πλεονασμό πληροφορίας καθώς εκπέμπονται τουλάχιστον 10 αντίγραφα της πληροφορίας κάθε δεδομένη στιγμή. Επομένως, αρκεί μόνο ένα πλήρες αντίγραφο από αυτά (ή τμήματα περισσότερων του ενός αντιγράφων) να φθάσει στον παραλήπτη για να «συναρμολογηθεί» η αρχική πληροφορία(chipping sequence).

Πχ αν έχουμε την πληροφορία 1001 και ο chipping code είναι 1=00110011011 0=11001100100 τότε τα δεδομένα που μεταδίδονται θα είναι :

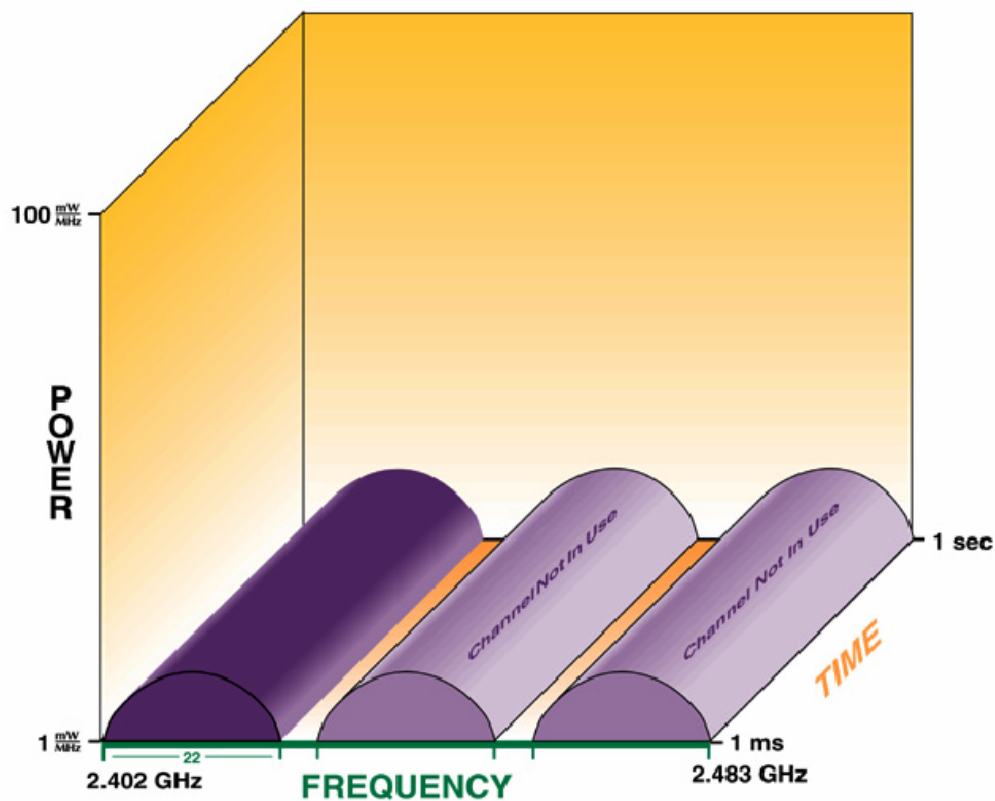
00110011011 11001100100 11001100100 00110011011

1

0

0

1



σχήμα 7. Direct Sequence Spread Spectrum

Ακολουθεί σύγκριση των δύο τεχνολογιών ως προς συγκεκριμένα κριτήρια (ταχύτητα, απόσταση, κλιμάκωση και αντοχή σε παρεμβολές):

- **Ταχύτητα**

Τα συστήματα FHSS επιτρέπουν ονομαστικές ταχύτητες 1 ή 2 Mbps, ενώ τα συστήματα DSSS έως 11 Mbps.

Ωστόσο, πρέπει να τονισθεί ότι το εύρος ζώνης (ταχύτητα) του φυσικού μέσου σε μία κυψέλη (κανάλι) πρέπει να εξετάζεται πάντα σε συνάρτηση με τον αριθμό των κόμβων που ανήκουν στην κυψέλη αυτή (και το μοιράζονται).

- **Απόσταση**

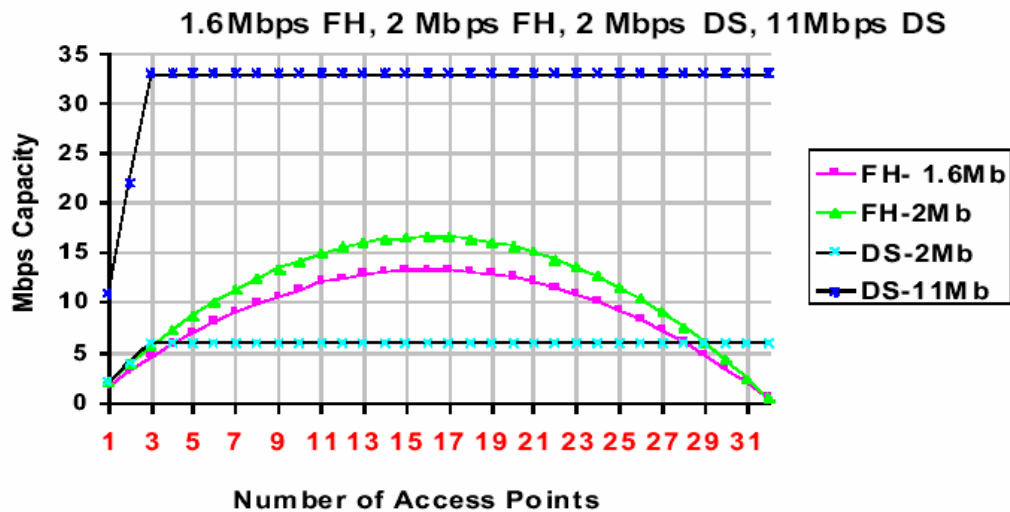
Τα συστήματα DSSS επιτρέπουν γενικώς μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ των κόμβων τους σε σχέση με τα συστήματα FHSS.

- **Κλιμάκωση (Scalability)**

Τα συστήματα DSSS διαθέτουν μόνο 3 μη επικαλυπτόμενα κανάλια στην ζώνη συχνοτήτων ISM. Επομένως, αφού κάθε δίκτυο πρέπει να χρησιμοποιεί μόνο ένα κανάλι, μόνο 3 διακριτά δίκτυα μπορούν να υπάρχουν στην ίδια περιοχή χωρίς να παρεμβάλλονται. Εδώ πρέπει να διευκρινιστεί ότι μπορούν να συνυπάρχουν περισσότερα από 3 δίκτυα (δηλαδή κάποια να χρησιμοποιούν το ίδιο κανάλι) αλλά περιορίζεται η ταχύτητά τους. Επομένως, το πλεονέκτημα της ταχύτητας που έχει το DSSS αρχίζει να χάνεται όσο ο αριθμός των τερματικών κόμβων αυξάνει.

Αντίθετα τα συστήματα FHSS διαθέτουν 79 μη επικαλυπτόμενα κανάλια και 26 ψευδοτυχαία αχνάρια εναλλαγής καναλιών στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Επομένως, θεωρητικά, έως 26 δίκτυα μπορούν να υπάρχουν στην ίδια περιοχή αλλά έτσι θα λαμβάνει χώρα σημαντικός αριθμός συγκρούσεων (collisions). Έως 15 περίπου δίκτυα μπορούν να συνυπάρχουν με αποδεκτό αριθμό συγκρούσεων. Εάν χρησιμοποιηθεί συγχρονισμός, ο οποίος όμως απαιτεί ακριβή φίλτρα στα ραδιοκυκλώματα, μπορούν να συνυπάρξουν 12 διαφορετικά δίκτυα χωρίς συγκρούσεις. Επομένως, τα συστήματα FHSS πλεονεκτούν στις περιοχές με μεγάλη πυκνότητα χρηστών.

Wireless Capacity per Cell



σχήμα 8. Χωρητικότητα ανά κελί

- **Αντοχή σε παρεμβολές**

Το όριο των παρεμβολών που «ανέχονται» τα συστήματα DSSS είναι λίγο μεγαλύτερο από εκείνο που «ανέχονται» τα συστήματα FHSS. Ωστόσο, από τη στιγμή που οι παρεμβολές ξεπεράσουν το όριο αυτό τα συστήματα DSSS σταματούν να λειτουργούν ενώ τα συστήματα FHSS συνεχίζουν να λειτουργούν (με χαμηλότερη ταχύτητα).

Επίσης, τα συστήματα FHSS επηρεάζονται λιγότερο από το πρόβλημα των παρεμβολών του τύπου multipath λόγω του εγγενούς μηχανισμού χρήσης πολλαπλών συχνοτήτων (frequency diversity) που διαθέτουν. Επιπλέον, τα συστήματα DSSS χρησιμοποιούν πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης με αποτέλεσμα τα μεταδιδόμενα «σύμβολα» να έχουν πολύ μικρό μήκος και έτσι να είναι πιο ευαίσθητα σε ηχώ και καθυστερήσεις.

Πολλαπλά συστήματα DSSS και FHSS μπορούν να λειτουργούν στην ίδια περιοχή συχνοτήτων εφόσον χρησιμοποιούν «ορθογώνια» spreading codes. Ωστόσο, τα συστήματα DSSS επηρεάζονται όταν το επίπεδο των παρεμβολών είναι μεγάλο ενώ τα συστήματα FHSS μπορούν να χρησιμοποιήσουν κάποιο από τα ελεύθερα κανάλια.

Επισημαίνεται ότι το κριτήριο της αντοχής σε παρεμβολές πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη στις περιοχές όπου υπάρχουν ήδη εγκατεστημένα πολλά ασύρματα συστήματα, καθώς σε τέτοιες περιπτώσεις κάποια από αυτά συνήθως λειτουργούν με παράνομη ισχύ. Ωστόσο, το κριτήριο της αντοχής σε παρεμβολές δεν θα πρέπει να είναι το μοναδικό που λαμβάνεται υπόψη.

Συμπερασματικά, τα συστήματα DSSS πλεονεκτούν σε εφαρμογές point-to-point συνδέσεων σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν μεγάλες παρεμβολές. Αντίθετα, τα συστήματα τύπου FHSS πλεονεκτούν στην περίπτωση περιοχών όπου συνυπάρχουν πολλά ασύρματα συστήματα ή όπου υπάρχει πολύς θόρυβος.

Ενδεικτικά, κάποιες εταιρείες που προσφέρουν συστήματα DSSS είναι (αλφαβητικά): 3Com, Agere, Avaya, Cisco, D-Link, Intel, Intersil, Proxim (αγόρασε πρόσφατα την Orinoco), Wilan κλπ. Επίσης, ενδεικτικά, κάποιες εταιρείες που προσφέρουν συστήματα FHSS είναι (αλφαβητικά): Alvarion (πρώην BreezeCom), Symbol κλπ.

3 Περιγραφή πρωτοκόλλων πολυεκπομπής

3.1 AMRoute (ad hoc multicast routing)

Το AMRoute είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο βασίζεται στην αρχιτεκτονική δένδρου για την δημιουργία των συνδέσεων μεταξύ των κόμβων. Κάθε ομάδα έχει τουλάχιστον ένα κόμβο πυρήνα που είναι υπεύθυνος για την διατήρηση των μελών και του δένδρου. Αρχικά κάθε κόμβος, μέλος μίας ομάδας πολυεκπομπής, ανακηρύσσει τον εαυτό του ως πυρήνα της δικιάς του ομάδας μεγέθους ενός κόμβου. Κάθε κόμβος περιοδικά στέλνει JOIN-REQS (χρησιμοποιώντας μια επεκταμένη δακτυλική αναζήτηση) για την ανακάλυψη άλλων μη ενωμένων τμημάτων της ομάδας. Όταν ένας κόμβος-μέλος δέχεται ένα JOIN-REQ από ένα πυρήνα του ίδιου γκρουπ αλλά διαφορετικού ασύνδετου τμήματος απαντάει με ένα JOIN-ACK και καταγράφει αυτόν τον πυρήνα-κόμβο ως γειτονικό βρόγχο. Μετά την δημιουργία των γειτονικών βρόγχων ο κάθε κόμβος περιοδικά μεταδίδει ένα TREE-CREATE πακέτο στους γειτονικούς βρόγχους για την

δημιουργία του δένδρου. Όταν ένας κόμβος-μέλος δέχεται ένα μοναδικό TREE-CREATE πακέτο από έναν από τους γειτονικούς βρόγχους το προωθεί σε όλους τους άλλους γειτονικούς βρόγχους του. Αν το TREE-CREATE πακέτο δεν είναι μοναδικό αλλά έχει ξανασταλθεί τότε ένα TREE-CREATE-NAK πακέτο στέλνεται πίσω. Ο κόμβος που λαμβάνει ένα TREE-CREATE-NAK πακέτο σημαδεύει την σύνδεση αυτή ως σύνδεση βρόγχου (mesh link) και όχι σύνδεση στο δένδρο. Όταν ένας κόμβος θέλει να αποχωρήσει από την ομάδα στέλνει ένα JOIN-NAK πακέτο στους γείτονες τους και σταματά να προωθεί τα πακέτα προς την ομάδα. Το κύριο χαρακτηριστικό του AMRoute είναι η χρήση ενός εικονικού δικτύου συνδέσεων(virtual mesh links) για την πραγματοποίηση του δένδρου πολυεκπομπής. Έτσι λοιπόν, όσο οι δρομολογήσεις μεταξύ των μελών του δένδρου υπάρχουν μέσω ενός δικτυακού πλέγματος (mesh links), το δένδρο δεν χρειάζεται αναδιοργάνωση όταν η τοπολογία του δικτύου αλλάζει. Οι κόμβοι που δεν είναι μέλη της ομάδας πολυεκπομπής δεν προωθούν πακέτα και δεν χρειάζεται να υποστηρίζουν κανένα πρωτόκολλο πολυεκπομπής. Μόνο δηλαδή τα μέλη μίας ομάδας πολυεκπομπής που συγκροτούν και το δένδρο παρουσιάζουν επεξεργασία και αποθήκευση δεδομένων. Το AMRoute βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο μονοεκπομπής (unicast) για την διατήρηση της σύνδεσης των κόμβων-μελών και οποιοδήποτε πρωτόκολλο μονοεκπομπής μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Το κυριότερο μειονέκτημα του πρωτοκόλλου είναι ότι δημιουργούνται προσωρινές επαναλήψεις και δεν δημιουργεί τα καλύτερα δένδρα όταν υπάρχει μεγάλη κινητικότητα. Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές παραμέτρων του πρωτοκόλλου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

Periodic JOIN-REQ interval	60 sec
Periodic JOIN-REQ interval when no group members are connected to the core	5 sec
Periodic TREE-CREATE interval	20 sec
TREE-CREATE timeout	40 sec
Core resolution algorithm	Highest ID

Πίνακας 1 . Τιμές παραμέτρων για το AMRoute πρωτόκολλο

3.2 AMRIS (*Ad Hoc Multicast Routing protocol utilizing Increasing id-numbers*)

Το πρωτόκολλο AMRIS χρησιμοποιεί την αρχιτεκτονική δένδρου για την προώθηση των πακέτων. Κάθε κόμβος στο δίκτυο αποκτά ένα προσωρινό αριθμό πολυεκπομπής. Η σειρά αυτών των αριθμών καθοδηγεί την ροή των δεδομένων. Το AMRIS δεν χρειάζεται διαφορετικό πρωτόκολλο μονοεκπομπής (unicast). Αρχικά, ένας ειδικός κόμβος με όνομα Sid προωθεί (broadcast) ένα NEW-SESSION πακέτο. Αυτό το NEW-SESSION πακέτο περιλαμβάνει και τον προσωρινό αριθμό πολυεκπομπής (msm-id multicast session member id) του Sid. Οι γειτονικοί κόμβοι που παραλαμβάνουν το πακέτο, υπολογίζουν το δικό τους msm-id που είναι μεγαλύτερος από αυτόν του Sid. Καθώς απομακρυνόμαστε από το Sid ο αριθμός msm-id μεγαλώνει. Ο κάθε κόμβος επαναπροωθεί το NEW-SESSION πακέτο αντικαθιστώντας το msm-id με το δικό του. Κάθε κόμβος επιβάλλεται να στέλνει τακτικά μηνύματα χαιρετισμού στους γείτονες τους. Τα μηνύματα αυτά περιλαμβάνουν στοιχεία όπως node id, msm-id, membership status, registered parent and child's ids and msm-ids, partition id. Ένας κόμβος για να γίνει μέλος μίας ομάδας πολυεκπομπής στέλνει ένα JOIN-REQ μήνυμα. Αυτό το μήνυμα στέλνεται σε ένα πιθανό κόμβο-πατέρα με μικρότερο msm-id. Ο κόμβος που λαμβάνει το JOIN-REQ στέλνει πίσω ένα JOIN-ACK. αν είναι ήδη μέλος της ομάδας πολυεκπομπής. Αν δεν είναι μέλη στέλνουν ένα JOIN-REQ.PASSIVE στο πιθανό κόμβο-πατέρα. Αν ένας κόμβος δεν καταφέρει να δεχτεί ένα JOIN-ACK ή δέχεται ένα JOIN-NAK μήνυμα, πραγματοποιεί ένα "BRANCH RECONSTRUCTION (BR)". Η (BR) διαδικασία εκτελείτε σε μια δακτυλική αναζήτηση μέχρι ο κόμβος να καταφέρει να γίνει μέλος της ομάδας πολυεκπομπής.

Το AMRIS καταλαβαίνει όταν μία σύνδεση σταματήσει να υπάρχει από ένα μηχανισμό μηνυμάτων χαιρετισμού (beacon mechanism). Αν στον προκαθορισμένο χρόνο δεν ακουστούν μηνύματα χαιρετισμού, ο κόμβος θεωρεί ότι ο γείτονας του δεν βρίσκεται σε ακτίνα εκπομπής. Αν αυτός ο γείτονας είναι ο κόμβος-πατέρας τότε πρέπει να ξαναενωθεί με το δένδρο στέλνοντας ένα JOIN-REQ στο νέο πιθανό κόμβο-πατέρα. Αν ο κόμβος δεν μπορεί να ενωθεί τότε ενεργοποιείται η διαδικασία BR.

Η προώθηση των πακέτων γίνεται από τους κόμβους του δένδρου. Μόνο τα πακέτα από τους αναγνωρισμένους κόμβους-πατέρες και κόμβους-παιδιά προωθούνται.

Γι αυτό το λόγο αν η σύνδεση του δένδρου σπάσει τα πακέτα χάνονται μέχρι το δένδρο να ξανακατασκευαστεί.

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές παραμέτρων του πρωτοκόλλου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

Number of cores in the network	1
Periodic beacon interval	3 sec
Periodic update interval	3 sec
Age out anchor timeout	45 sec
Heartbeat interval	15 sec
Request retransmission interval	9 sec
Max number of JOIN REQUEST retransmission	3

Πίνακας 2. Τιμές παραμέτρων για το AMRIS πρωτόκολλο

3.3 CAMP (Core-Assisted Mesh Protocol)

Το CAMP είναι πρωτόκολλο που βασίζεται πάνω στην αρχιτεκτονική δικτυώματος (mesh based protocol) . Όλοι οι κόμβοι του δικτύου συντηρούν μία σειρά από πίνακες με πληροφορίες δρομολόγησης και κόμβων-μελών. Επίσης όλοι οι κόμβοι κρατούν μία σειρά από ιστορικά στοιχεία από προηγούμενα πακέτα και αιτήματα για δημιουργία μελών. Το CAMP κατηγοριοποιεί τους κόμβους του δικτύου ως duplex (διπλό)μέλος, simplex(μονό)μέλος και μη μέλη. Τα διπλά μέλη είναι πλήρη μέλη του δικτυώματος πολυεκπομπής, ενώ τα μονά μέλη χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενός δρόμου συνδέσεων μεταξύ των κόμβων-αποστολέων και του υπόλοιπου δικτύου. Πυρήνες

(cores) χρησιμοποιούνται για να περιορίσουν την ροή των JOIN REQUEST πακέτων. Το CAMP αποτελείται από διαδικασίες δημιουργίας δικτύματος και διατήρησης του. Ένας κόμβος που επιθυμεί να γίνει μέλος της ομάδας πολυεκπομπής, συμβουλευεται πρώτα ένα πίνακα για να δει αν οι γείτονες του είναι ήδη μέλη. Αν είναι, ο κόμβος ανακοινώνει την εισαγωγή του στην ομάδα μέσω ενός CAMP UPDATE. Στην αντίθετη περίπτωση, είτε ο κόμβος εκπέμπει ένα μήνυμα JOIN REQUEST σε έναν από τους κόμβους-πληρύνες, είτε αναζητά μέλη μέσω μιας δακτυλικής αναζήτησης. Κάθε κόμβος που είναι διπλό μέλος μπορεί να απαντήσει με ένα JOIN-ACK μήνυμα που εκπέμπεται πίσω στον κόμβο που θέλει να γίνει μέλος.

Περιοδικά, ένας κόμβος παραλήπτης, επιθεωρεί το ιστορικό των πακέτων για να δει αν λαμβάνει τα πακέτα από τους γείτονες που είναι στο πιο κοντινό μονοπάτι προς την πηγή. Αν δεν ισχύει αυτό, τότε ο κόμβος στέλνει είτε ένα HEARTBEAT είτε PUSH JOIN μήνυμα προς τον αποστολέα από το πιο σύντομο μονοπάτι. Αυτή η διαδικασία σιγουρεύει ότι το δίκτυο περιέχει όλα τα πιο κοντινά μονοπάτια από τους αποστολείς στους παραλήπτες. Οι κόμβοι επίσης περιοδικά επιλέγουν και ανανεώνουν τους επιλεγμένους κόμβους "άγκυρες" τους προς την ομάδα πολυεκπομπής εκπέμποντας παντού μηνύματα ανανέωσης. Οι κόμβοι "άγκυρες" είναι γειτονικοί κόμβοι που χρειάζονται για να επανα-εκπέμπουν τα πακέτα δεδομένων που λαμβάνουν. Σε ένα κόμβο επιτρέπεται να σταματήσει να θεωρεί γειτονικούς κόμβους "άγκυρες" εάν αυτοί δεν ανανεώνουν τις συνδέσεις τους.

Το CAMP βασίζεται σε ένα πρωτόκολλο μονοεκπομπής (unicast) που εγγυάται σωστές αποστάσεις σε όλες τις κατευθύνσεις σε πεπερασμένο χρόνο. Πρωτόκολλα δρομολόγησης που βασίζονται στον αλγόριθμο Bellman-ford, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με το CAMP και το CAMP χρειάζεται να επεκταθεί για να μπορέσει να συνεργαστεί με on-demand πρωτόκολλα.

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές παραμέτρων του πρωτοκόλλου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

Number of cores in the network	1
Periodic beacon interval	3 sec
Periodic update interval	3 sec
Age out anchor timeout	45 sec
Heartbeat interval	15 sec
Request retransmission interval	9 sec
Max number of JOIN REQUEST retransmission	3

Πίνακας 3. Τιμές παραμέτρων για το CAMP πρωτόκολλο

3.4 ADMR (*Adaptive Demand Driven Multicast Routing*)

Το πρωτόκολλο ADMR είναι πρωτόκολλο το οποίο βασίζεται στην αρχιτεκτονική δένδρου για την προώθηση των πακέτων στην ομάδα πολυεκπομπής. Επίσης είναι ένα on-demand πρωτόκολλο το οποίο σημαίνει ότι ανακαλύπτει τις δρομολογήσεις πολυεκπομπής μόνο όταν έχει κάτι να στείλει. Ένα χαρακτηριστικό του ADMR είναι ότι οι κόμβοι είναι ικανοί για δημιουργία και ενσωμάτωση σε μία συγκεκριμένης πηγής ομάδας πολυεκπομπής (source specific). Η συνεδρίαση (session) που χρησιμοποιούν τα συνηθισμένα μοντέλα πολυεκπομπής, βασίζονται μόνο στην διεύθυνση της ομάδας πολυεκπομπής. Το μοντέλο συγκεκριμένης πηγής (source specific) επιτρέπει στους κόμβους να ενσωματωθούν, αποχωρήσουν, και να στείλουν σε μία συγκεκριμένη (πηγής, ομάδας) συνεδρία. Ένας κόμβος που χρησιμοποιεί ADMR και θέλει να ξεκινήσει να στέλνει πακέτα πολυεκπομπής, πρώτα πλημμυρίζει (flood) με το πρώτο πακέτο πολυεκπομπής, όλο το δίκτυο. Αυτό πραγματοποιείται προσθέτοντας μία ADMR κεφαλίδα (header) με ενεργοποιημένη την σημαία “network flood”. Αν αυτή η σημαία είναι ενεργοποιημένη, το πακέτο στέλνεται σε κάθε κόμβο στο δίκτυο. Αντιστρόφως αν η σημαία “tree flood” είναι ενεργοποιημένη τότε το πακέτο στέλνεται σε ολόκληρη την ομάδα πολυεκπομπής. Ο αποστολέας κόμβος τότε, αποθηκεύει προσωρινά κάθε μήνυμα που ακολουθεί μέχρι να λάβει μια έγκυρη απάντηση από κάποιο πιθανό αποδέκτη. Η έγκυρη απάντηση αυτή έρχεται με την μορφή ενός πακέτου RECEIVER JOIN από ένα κόμβο που επιθυμεί να συμμετάσχει στην ομάδα πολυεκπομπής. Ένας παραλήπτης ο

οποίος δεν ανήκει στο δένδρο και δεν έχει δεχτεί ένα διαφημιστικό από την πηγή ,στέλνει ένα RECEIVER JOIN πακέτο ακολουθώντας ανάποδα το μονοπάτι από το οποίο ήρθε το αρχικό διαφημιστικό μήνυμα. Καθώς το RECEIVER JOIN πακέτο μεταφέρεται από τον αποστολέα στην πηγή , οι ενδιαμέσοι δρομολογητές γράφουν στον πίνακα δρομολόγησης τους τον τελευταίο σταθμό που ήρθε το RECEIVER JOIN. Κατά την διάρκεια της πλημμύρας στο δίκτυο , οι κόμβοι σημειώνουν τον τελευταίο κόμβο από όπου τους ήρθε το διαφημιστικό μήνυμα σας upstream κόμβο.

Οι κόμβοι που αποστέλλουν πακέτα πολυεκπομπής, περιοδικά στέλνουν σε όλο το δίκτυο ένα πακέτο ,έτσι ώστε αν κάποιοι παραλήπτες οι οποίοι ,για κάποιο λόγο , δεν έχουν λάβει το διαφημιστικό μήνυμα να μπορούν να ενσωματωθούν στην ομάδα πολυεκπομπής. Ένας κόμβος ο οποίος βρίσκεται μεταξύ του παραλήπτη που ξεκίνησε το RECEIVER JOIN και της πηγής , μπορεί να λάβει πολλαπλά αντίγραφα του RECEIVER JOIN από πολλούς παραλήπτες. Επειδή δεν υπάρχει εγγύηση ότι το πακέτο RECEIVER JOIN θα φτάσει την πηγή, οι ενδιαμέσοι κόμβοι προωθούν πάνω από τρία RECEIVER JOIN μηνύματα για κάθε πηγή-ομάδα ζευγάρι.

Κατά την διάρκεια της παράδοσης των πακέτων πολυεκπομπής η πηγή συμπεριλαμβάνει στην ADMR κεφαλίδα ένα inter-packet time διάστημα , που ειδοποιεί τους downstream κόμβους για το πόσο συχνά θα δέχονται πακέτα δεδομένων. Εάν η εφαρμογή της πηγής σταματήσει να στέλνει πακέτα , η πηγή στέλνει KEEP-ALIVE μηνύματα στο δένδρο. Το διάστημα με το οποίο αυτά τα μηνύματα στέλνονται , πολλαπλασιάζονται με κάποιο πολλαπλάσιο ,ωσότου το μέγιστο διάστημα επιτευχθεί, όπου ο κόμβος θεωρεί ότι η εφαρμογή τελείωσε με το να στέλνει πακέτα. Εάν ένας downstream κόμβος δεν λάβει πακέτα δεδομένων ή ένα KEEP-ALIVE μήνυμα στο προκαθορισμένο χρόνο , τότε θεωρεί ότι η πηγή δεν έχει τίποτα άλλο να στείλει και αποχωρεί από την ομάδα πολυεκπομπής.

Οι κόμβοι μπορούν να πιέσουν οι ίδιοι την είσοδο τους στην ομάδα πολυεκπομπής στέλνοντας MULTICAST SOLICITATION μηνύματα σε όλο το δίκτυο. Όταν μία πηγή πολυεκπομπής λάβει ένα τέτοιο μήνυμα αντιδρά με δύο τρόπους. Εάν έχει λάβει αρκετά MULTICAST SOLICITATION μηνύματα τότε επισπεύσει το χρόνο για την επόμενη πλημμυρά του δικτύου με διαφημιστικά μηνύματα, είτε στέλνει ένα ADMR KEEP-ALIVE μήνυμα πηγαίνοντας ανάποδα από το μονοπάτι που ήρθε το MULTICAST

SOLICITATION μήνυμα. Όταν ο κόμβος λάβει πίσω το ADMR KEEP-ALIVE μήνυμα απαντά με ένα RECEIVER JOIN μήνυμα και ενσωματώνεται στην ομάδα.

Ένας κόμβος εντοπίζει μία αδυναμία σύνδεσης όταν αδυνατεί να λάβει πακέτα δεδομένων ή ένα KEEP-ALIVE μήνυμα προτού ο disconnection timer λήξει. Η τιμή του χρόνου εξαρτάται από τον inter-arrival χρόνο και τον αριθμό των ενδιάμεσων κόμβων. Όσο περισσότεροι είναι οι ενδιάμεσοι κόμβοι τόσο μεγαλύτερος είναι και ο disconnection timer χρόνος. Αυτό προτρέπει έναν downstream κόμβο να προσπαθήσει να φτιάξει μία χαμένη σύνδεση προτού ο upstream κόμβος τελειώσει τις δικές του διορθώσεις. Όταν ένας κόμβος καταλάβει μία ασυνέχεια στην σύνδεση, στέλνει ένα REPAIR NOTIFICATION μήνυμα σε όλους τους downstream κόμβους. Αυτό ειδοποιεί τους downstream κόμβους ότι μια επισκευή είναι σε εξέλιξη και ότι δεν θα πρέπει να απαντούν σε τυχόν προσκλήσεις επισκευής. Αφού ο κόμβος αποστείλει το REPAIR NOTIFICATION μήνυμα, περιμένει κάποιο χρόνο πριν ξεκινήσει με την επισκευή. Εάν κατά την διάρκεια αυτής της αναμονής δεχθεί μήνυμα επιδιόρθωσης από κάποιο upstream κόμβο, δεν προχωρεί ο ίδιος στην επιδιόρθωση. Η λήξη του μηνύματος επιδιόρθωσης ειδοποιεί τον κόμβο ότι το πραγματικό πρόβλημα οφείλεται σε πιο πάνω κόμβους και ότι δεν πρέπει να προβεί ο ίδιος σε επιδιορθώσεις. Εάν μετά τον χρόνο αναμονής δεν έχει δεχθεί κανένα μήνυμα επιδιόρθωσης, πλημμυρίζει το δίκτυο με ένα μήνυμα RECONNECT. Ένας κόμβος που δέχθηκε μήνυμα RECONNECT και όχι μήνυμα REPAIR NOTIFICATION καταλαβαίνει ότι η δικιά του δρομολόγηση μέχρι την πηγή ισχύει.

Αντί να ειδοποιεί συγκεκριμένα ένας κόμβος για την αποχώρηση του από την ομάδα, χρησιμοποιεί πιο παθητική στάση σταματώντας να απαντάει στα διάφορα μηνύματα.

3.5 MAODV (*multicast ad hoc On-Demand Distance Vector*)

το MAODV πρωτόκολλο είναι και αυτό ένα On-Demand πρωτόκολλο. Αυτό σημαίνει ότι ανακαλύπτει τις δρομολογήσεις μόνο όταν έχει κάτι να στείλει. Η ομάδα πολυεκπομπής αναγνωρίζεται από την διεύθυνση της ομάδας πολυεκπομπής, συσχετισμένη με μια ακολουθία αριθμών που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση του πόσο ανανεωμένη είναι η ομάδα. Τα μέλη της ίδιας ομάδας πολυεκπομπής φτιάχνουν το

δένδρο της πολυεκπομπής ,μαζί με την βοήθεια των κόμβων οι οποίοι οι ίδιοι δεν είναι μέλη της ομάδας, αλλά προωθούν τα πακέτα στους κόμβους που είναι μέλη. Όταν ένας κόμβος θέλει να συμμετάσχει σε μία ομάδα η οποία δεν υπάρχει στο δίκτυο , τότε αυτός ο κόμβος γίνεται ο αρχηγός του γκρουπ. Ο αρχηγός αυτός είναι υπεύθυνος για την διατήρηση της αριθμητικής ακολουθίας της ομάδας πολυεκπομπής, και για την κατασκευή του δένδρου. Όλοι οι κόμβοι του δένδρου χαρακτηρίζονται ως upstream και downstream ανάλογα με την οπτική άποψη του αρχηγού του γκρουπ. Ο ίδιος ο αρχηγός δεν έχει upstream κόμβο. Για δύο κόμβους στο τέλος μίας σύνδεσης , μετρώντας από το πόσοι κόμβοι μακριά είναι από τον αρχηγό , ο κόμβος που είναι πιο κοντά στον αρχηγό είναι ο upstream κόμβος ενώ αυτός που είναι πιο μακριά , ο downstream.

Εκτός από τον unicast routing πίνακα που διατηρείτε , το MAODV συντηρεί σε κάθε κόμβο και ένα multicast routing πίνακα για την κατασκευή του δένδρου. Αυτός ο πίνακας διατηρεί πεδία όπως: η διεύθυνση της ομάδας πολυεκπομπής, η διεύθυνση του αρχηγού της ομάδας, η αριθμητική ακολουθία της ομάδας, πόσοι κόμβοι παρευρίσκονται έως τον αρχηγό της ομάδας, πληροφορίες για τους επόμενους κόμβους, και διάρκεια ζωής. Οι πληροφορίες των επόμενων κόμβων καταγράφουν τους γείτονες ενός κόμβου που είναι ή είναι πιθανόν να μπουν στο δένδρο. Μία σημαία δείχνει εάν ο γειτονικός κόμβος ανήκει στο δένδρο. Αν είναι ενεργοποιημένη, τότε ανήκει , αν όχι τότε χρησιμοποιείται για την προώθηση των πακέτων.

Ένας κόμβος που θέλει να ενσωματωθεί σε μια ομάδα πολυεκπομπής, ή να στείλει ένα πακέτο σε αυτήν και δεν έχει δρομολόγηση προς αυτήν ,στέλνει ένα RREQ Μήνυμα. Σας διεύθυνση παραλήπτη φαίνεται η διεύθυνση του γκρουπ. Η αριθμητική ακολουθία για τον προορισμό θα πρέπει να έχει τον μεγαλύτερο γνωστό αριθμό. Αν το RREQ είναι για ενσωμάτωση στην ομάδα μια JOIN σημαία ενεργοποιείται στο RREQ (J-RREQ) . αλλιώς η σημαία είναι ανενεργή. Κανονικά το RREQ στέλνεται σε όλο το δίκτυο , εκτός και αν ο κόμβος που θέλει να συμμετάσχει στην ομάδα έχει επαρκείς πληροφορίες για το που βρίσκεται ο αρχηγός, και στέλνει κατευθείαν εκεί το μήνυμα.

Κάθε κόμβος που ανήκει στο δένδρο , περιλαμβανόμενων και των κόμβων που απλά προωθούν τα πακέτα, μπορούν να απαντήσουν σε οποιοδήποτε RREQ. Όταν ληφθεί ένα τέτοιο πρωτότυπο μήνυμα , καταγράφεται στο routing table το ανάποδο μονοπάτι για μελλοντική χρήση όταν επιστρέφεται η απάντηση RREP.

Ένας κόμβος –μέλος μπορεί να αποχωρήσει από την ομάδα όποτε θέλει. Εάν ο κόμβος δεν είναι φύλλο του δένδρου μπορεί να φύγει από την ομάδα αλλά θα συνεχίσει να προωθεί τα μηνύματα. Αλλιώς βγάζει τον εαυτό του εντελώς από το δένδρο.

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές παραμέτρων του πρωτοκόλλου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

MAC layer link breakage detection	Yes
Lifetime for the forwarding route when RREP send by an intermediate node	50 sec
Lifetime for the forwarding route when RREP send by destination node	60 sec
Lifetime added when forwarding a packet along the route	50 sec
Lifetime for the reverse route constructed by RREQ	10 sec
Time for caching for the broadcast ID in RREQ	6 sec
Number of times a RREQ is retried	3
TTL_START for first RREQ for an unknown route	1
TTL_INCREMENT for next time RREQ	2
TTL_THRESHOLD for the expanded ring search of RREQ	7
TTL for network-wide broadcast	30
Lifetime when activating the route for upstream node	5 sec
Group hello interval	5 sec
Time waiting for RREP before sending MACT	2 sec
Time waiting for unused branch to be pruned	3 sec

Πίνακας 4 . Τιμές παραμέτρων για το MAODV πρωτόκολλο

3.6 ODMRP (On-Demand Multicast Routing Protocol)

Το πρωτόκολλο ODMRP βασίζεται πάνω στην αρχιτεκτονική mesh για την προώθηση των πακέτων πολυεκπομπής. Δημιουργεί ένα δικτύωμα κόμβων ,και προωθεί τα πακέτα μέσω flooding (πλημμύρα) . Αυτό προκαλεί μία αφθονία στις συνδέσεις των κόμβων. Το ODMRP είναι ένα On-Demand πρωτόκολλο , δηλαδή ανακαλύπτει τις δρομολογήσεις μόνο όταν έχει κάτι να στείλει. Χρησιμοποιεί soft-state προσέγγιση για την αποχώρηση από την ομάδα, δηλαδή όταν ένας κόμβος θέλει να αποχωρήσει από την ομάδα πολυεκπομπής, απλά σταματάει να απαντάει στα διάφορα μηνύματα.

Όταν μία πηγή θέλει να στείλει κάποιο πακέτο και δεν έχει πληροφορίες για τα μέλη ή πληροφορίες δρομολόγησης , πλημμυρίζει το δίκτυο με ένα JOIN-DATA πακέτο. Όταν ένας κόμβος λάβει ένα πρωτότυπο JOIN-DATA πακέτο , αποθηκεύει την ταυτότητα (id) του πιο πάνω κόμβου (upstream), και επανα-προωθεί το πακέτο. Όταν το JOIN-DATA πακέτο φτάσει έναν παραλήπτη, ο παραλήπτης δημιουργεί ένα JOIN TABLE και τον στέλνει στους γείτονες. Όταν ένας κόμβος δεχτεί ένα JOIN TABLE ελέγχει αν η κάποια καταχώρηση Id του επόμενου κόμβου είναι ίδια με την δικιά του. Εάν βρει καταχώρηση , ο κόμβος καταλαβαίνει ότι βρίσκεται πάνω στο μονοπάτι για την πηγή και είναι μέλος δηλαδή στην ομάδα προώθησης των πακέτων. Μετά ο κόμβος αυτός στέλνει τον δικό του JOIN TABLE. Ο JOIN TABLE διαδίδεται από κάθε κόμβο μέλος της ομάδας προώθησης ωσότου φτάσει στην πηγή από το συντομότερο δρόμο. Αυτή η διαδικασία δημιουργεί ή ανανεώνει τις δρομολογήσεις από την πηγή προς τους παραλήπτες και δημιουργεί ένα δίκτυο από κόμβους την ομάδα προώθησης (forwarding group). Οι πηγές πολυεκπομπής περιοδικά ανανεώνουν τις δρομολογήσεις και τις πληροφορίες των μελών ,στέλνοντας JOIN DATA πακέτα.

Το ODMRP σε περιβάλλον που υπάρχει GPS(global positioning system) ,μπορεί να προβλέψει την κίνηση των κόμβων. Μπορεί να προβλέψει πότε θα 'λήξει μια δρομολόγηση ενός κόμβου , και να επιλέξει αυτήν που θα είναι ενεργή.

Οι κόμβοι προωθούν τα πακέτα μόνο αν οι κόμβοι προώθησης και τα πακέτα είναι πρωτότυπα. Αφού όλοι οι κόμβοι αναμεταδίδουν πακέτα , τα εναλλακτικά μονοπάτια μπορούν να βοηθήσουν σε περίπτωση που το κύριο μονοπάτι δεν λειτουργεί λόγω κινητικότητας

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με διάφορες τιμές παραμέτρων του πρωτοκόλλου σύμφωνα με τις προδιαγραφές του.

JOIN DATA refresh interval	3 sec
Acknowledgment timeout for JOIN TABLE	25msec
Maximum JOIN TABLE retransmission	3

Πίνακας 5 . Τιμές παραμέτρων για το ODMRP πρωτόκολλο

4. Σύγκριση των MAODV και ODMRP

Χρησιμοποιήσαμε των NS-2 simulator, με το MAODV implementation for ns-2.26 project για πρωτόκολλο MAODV ,και το monarch project για την προσομοίωση του ODMRP πρωτοκόλλου.

4.2 Διαφορετικοί ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων

Σε αυτά τα πειράματα συγκρίνουμε τα πρωτόκολλα MAODV και ODMRP για διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης : 1 5, 10, 20 και 50 KBytes/sec. Υπολογίζουμε το PDR (Packet Delivery Ratio – Ποσοστό παράδοσης πακέτων) και το Latency (μέσος χρόνος που κάνει ένα πακέτο να φτάσει από τον αποστολέα στον δέκτη). Το PDR δηλώνει το ποσοστό των πακέτων που στάλθηκαν προς τον αριθμό των πακέτων που παρελήφθησαν και δείχνει την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου. Το latency δείχνει την μέση καθυστέρηση του πακέτου , μέτρο το οποίο είναι πολύ σημαντικό κυρίως σε εφαρμογές πολυμέσων.

Αριθμοί κόμβων	50
Αριθμοί αποστολέων	1
Αριθμοί δεκτών	20
Ταχύτητα κόμβων	1m/sec
Εμβέλεια κεραίας	250m
CBR (ρυθμός μετάδοσης)	1, 5, 10, 20 KBytes/sec
Περιοχή	1000m * 1000m

Πίνακας 6. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με τους διάφορους ρυθμούς μετάδοσης .

4.2 Διαφορετικές περιοχές

Σε αυτά τα πειράματα συγκρίνουμε τα πρωτόκολλα MAODV και ODMRP για διαφορετικές περιοχές. Οι κόμβοι μπορούν να κινούνται σε περιοχές των : 100m*100m, 500m*500m, 1000m*1000m, 1500m*1500m, and 2000m*2000m, . Μετράμε το PDR και το Latency για τα δύο πρωτόκολλα.

Αριθμοί κόμβων	50
Αριθμοί αποστολών	1
Αριθμοί δεκτών	20
Ταχύτητα κόμβων	1m/sec
Εμβέλεια κεραίας	250m
CBR (ρυθμός μετάδοσης)	1 KByte/sec
Περιοχή	100m*100m, 500m*500m, 1000m*1000m, 1500m*1500m, 2000m*2000m

Πίνακας 7. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με τα διαφορετικά μήκη περιοχών

4.3 Διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των κόμβων

Σε αυτά τα πειράματα συγκρίνουμε τα πρωτόκολλα MAODV και ODMRP για διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των κόμβων: 1m/sec, 5m/sec, 10m/sec, 15m/sec, 20m/sec. Μετράμε το PDR και το Latency για τα δύο πρωτόκολλα.

Αριθμοί κόμβων	50
Αριθμοί αποστολέων	1
Αριθμοί δεκτών	20
Ταχύτητα κόμβων	1, 5, 10, 15, 20m/sec
Εμβέλεια κεραίας	250m
CBR (ρυθμός μετάδοσης)	1 KByte/sec
Περιοχή	1000m*1000m

Πίνακας 8. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των κόμβων

4.4 Διαφορετική εμβέλεια

Στα παρακάτω πειράματα μεταβάλλουμε την εμβέλεια της κεραίας, και μετράμε πως τα MAODV και ODMRP αντιδρούν.. Χρησιμοποιώντας εμβέλειες: 100m, 150m, 200m, 250m, 500m, μετράμε τα PDR και Latency των δύο πρωτοκόλλων.

Αριθμοί κόμβων	50
Αριθμοί αποστολέων	1
Αριθμοί δεκτών	20
Ταχύτητα κόμβων	1m/sec
Εμβέλεια κεραίας	100m, 150m, 200m, 250m, 500m
CBR (ρυθμός μετάδοσης)	1 KByte/sec
Περιοχή	2000m*2000m

Πίνακας 9. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με διαφορετικές εμβέλειες των κεραιών

4.5 Αποτελέσματα προσομοίωσης

Το γράφημα 3 δείχνει την πτώση του δείκτη PDR και για τα δύο πρωτόκολλα καθώς ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων αυξάνει. Κανένα από τα δύο πρωτόκολλα δεν δείχνει να υπερτερεί ιδιαίτερα στα πειράματα

Στο γράφημα 2 φαίνεται ότι το PDR του MAODV παρουσιάζει καλύτερες τιμές σε μικρές περιοχές έως $1000\mu*1000\mu$. για μεγαλύτερες περιοχές το ODMRP αποδίδει καλύτερα.

Στο γράφημα 3 φαίνεται ότι το PDR του MAODV παρουσιάζει καλύτερες τιμές για ταχύτητες κόμβων έως και 10m/sec . Το ODMRP δείχνει πιο ανθεκτικό στις διάφορες διακυμάνσεις των ταχυτήτων και αποδίδει καλύτερα από το MAODV για ταχύτητες μεγαλύτερες των 10m/sec .

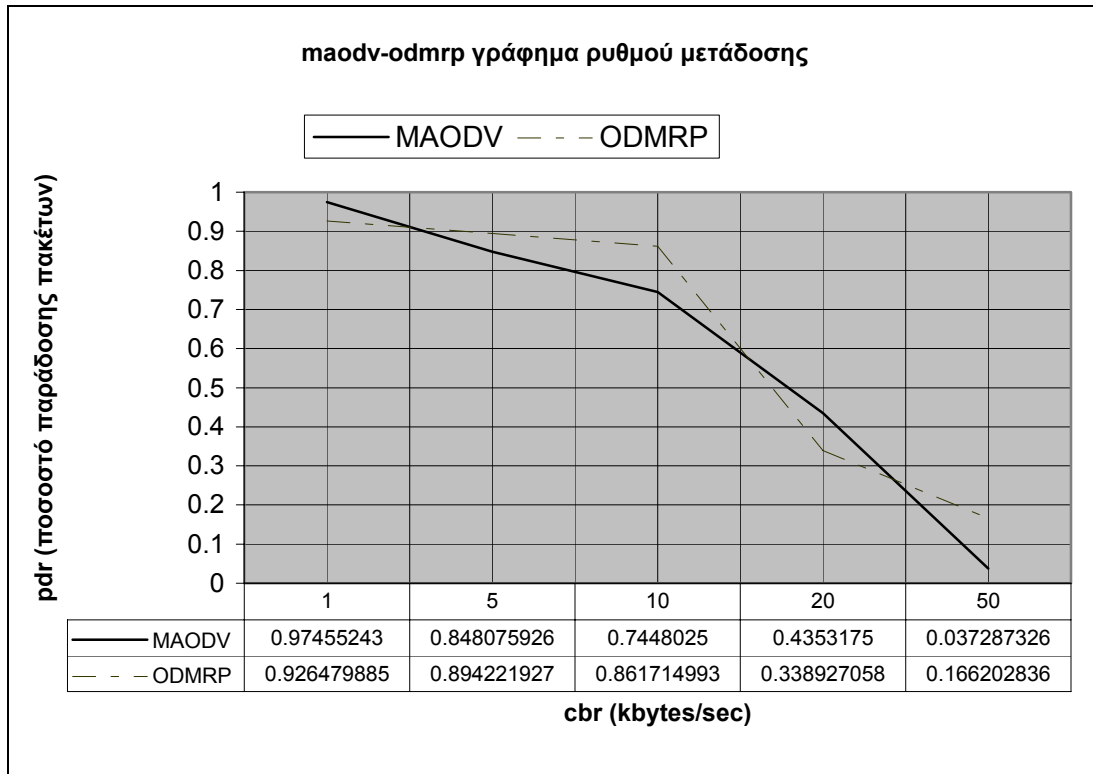
Στο γράφημα 4 φαίνεται ότι η μεταβολή της εμβέλειας της κεραίας έχει την ίδια επιρροή και στα δύο πρωτόκολλα. Να σημειωθεί επίσης ότι για εμβέλεια= 100μ , το ODMRP δεν αποδίδει καθόλου.

Στο γράφημα 5 εμφανίζονται και τα δύο πρωτόκολλα να έχουν εξαιρετικά μικρές τιμές latency για ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 10 KBytes/sec . Για πιο μεγάλη κίνηση πακέτων το MAODV υπερσχύει.

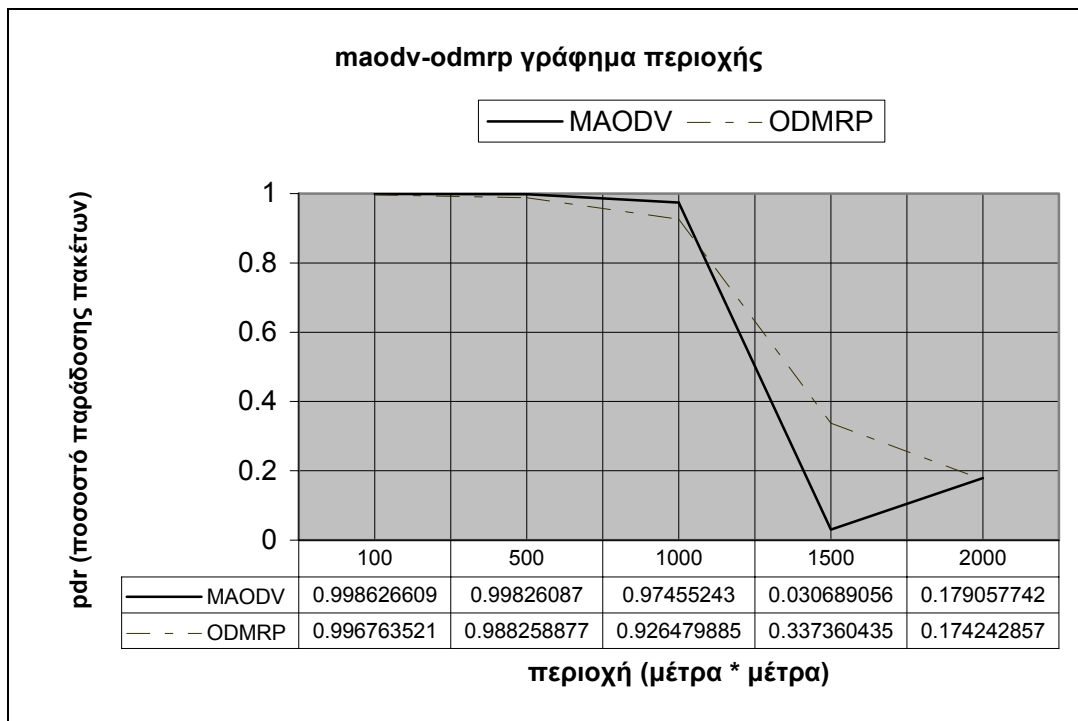
Στο γράφημα 6 το ODMRP κατορθώνει μικρότερες τιμές latency σε περιοχές μεγέθους έως και $1500\mu*1500\mu$. Σε περιοχή $2000\mu*2000\mu$ το MAODV εμφανίζει καλύτερες τιμές.

Στο γράφημα 7 η τιμή του latency του ODMRP είναι η μικρότερη για οποιαδήποτε ταχύτητα κίνησης των κόμβων .

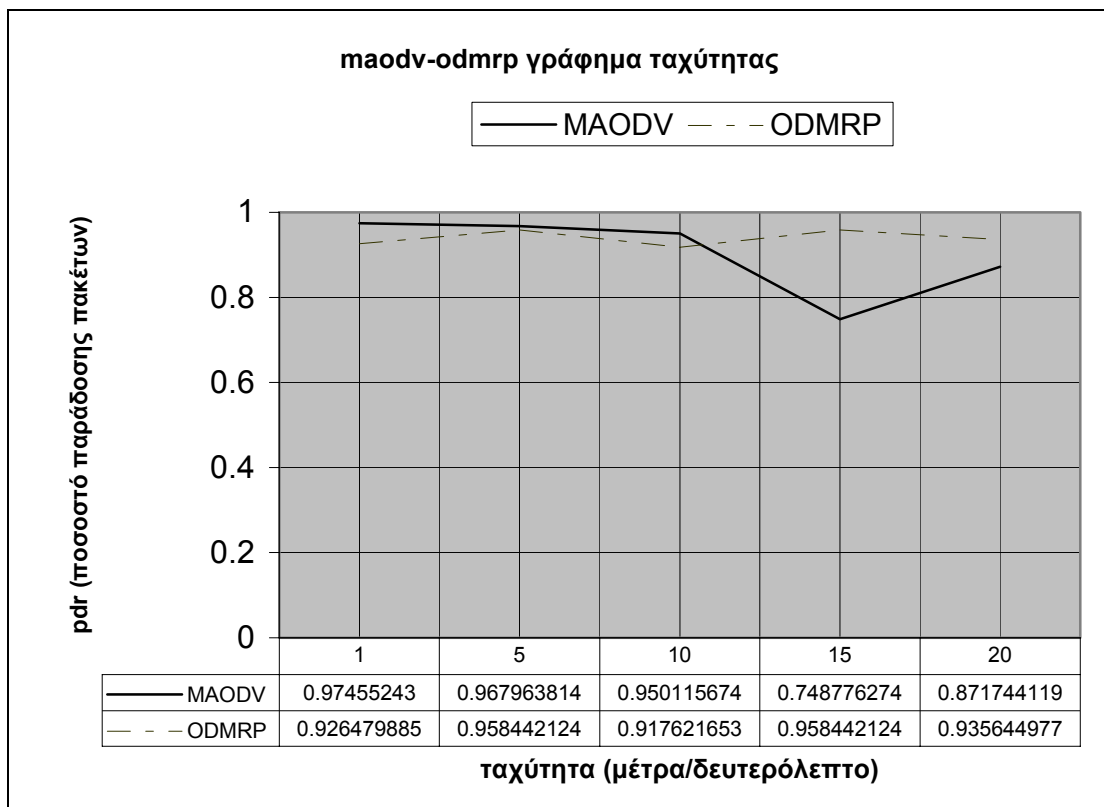
Το γράφημα 8 έχει το εξής περίεργο. Δείχνει ότι το ODMRP δεν λειτουργεί για εμβέλεια κεραίας = 100μ . το latency του ODMRP είναι μικρότερο για εμβέλεια κεραίας 150 και 200μ . Το MAODV υπερτερεί για εμβέλεια= 250m .



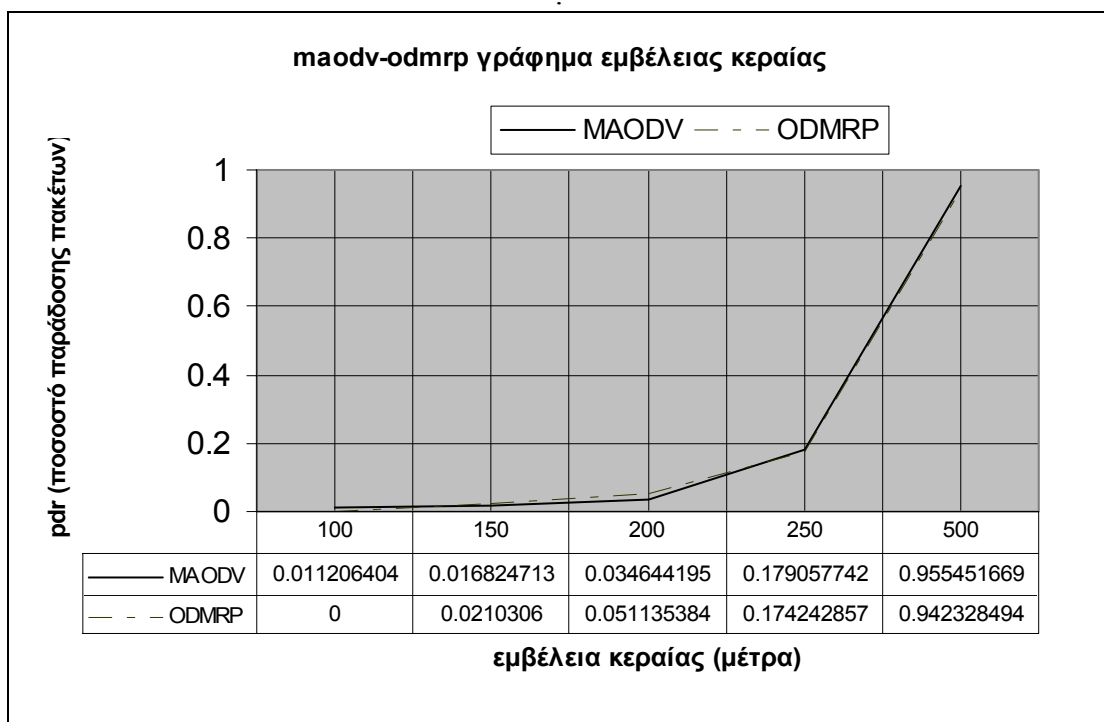
Γράφημα 1. pdr έναντι ρυθμού μετάδοσης



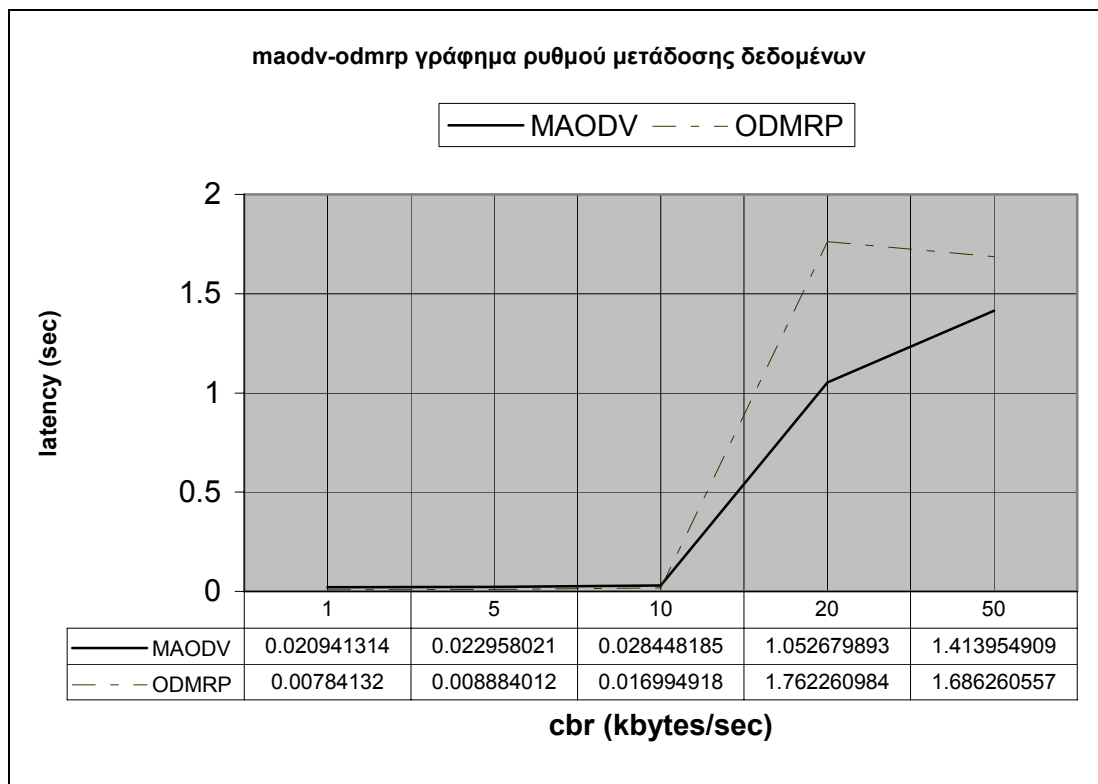
Γράφημα 2. pdr έναντι μεγέθους περιοχής



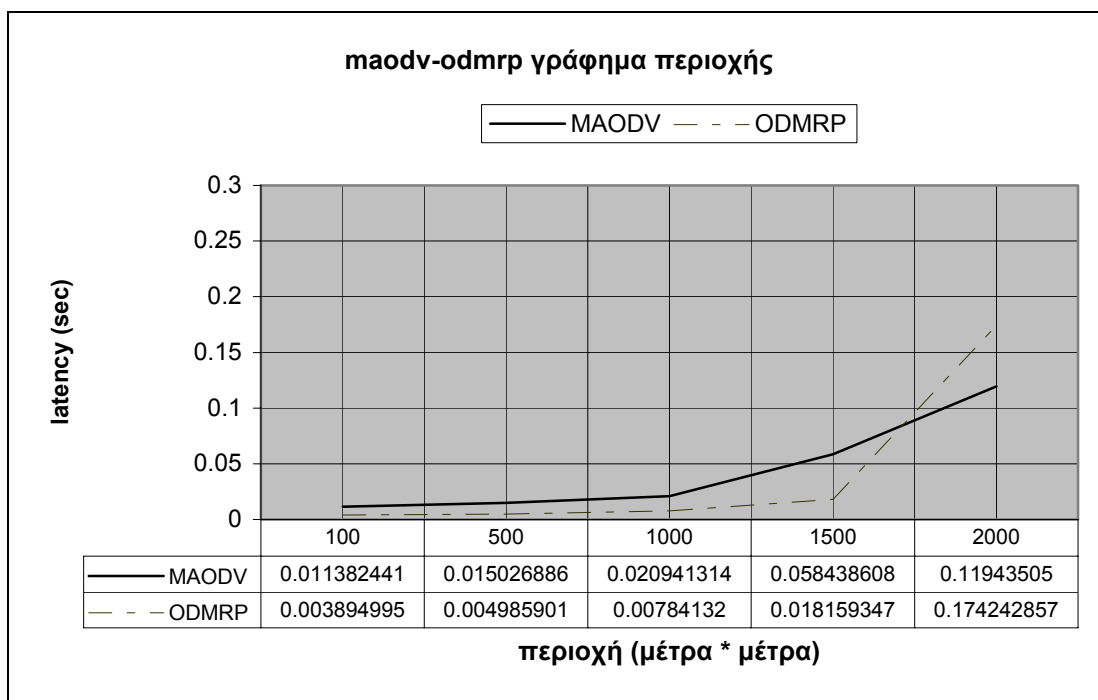
Γράφημα 3. pdr έναντι ταχύτητας κίνησης κόμβων



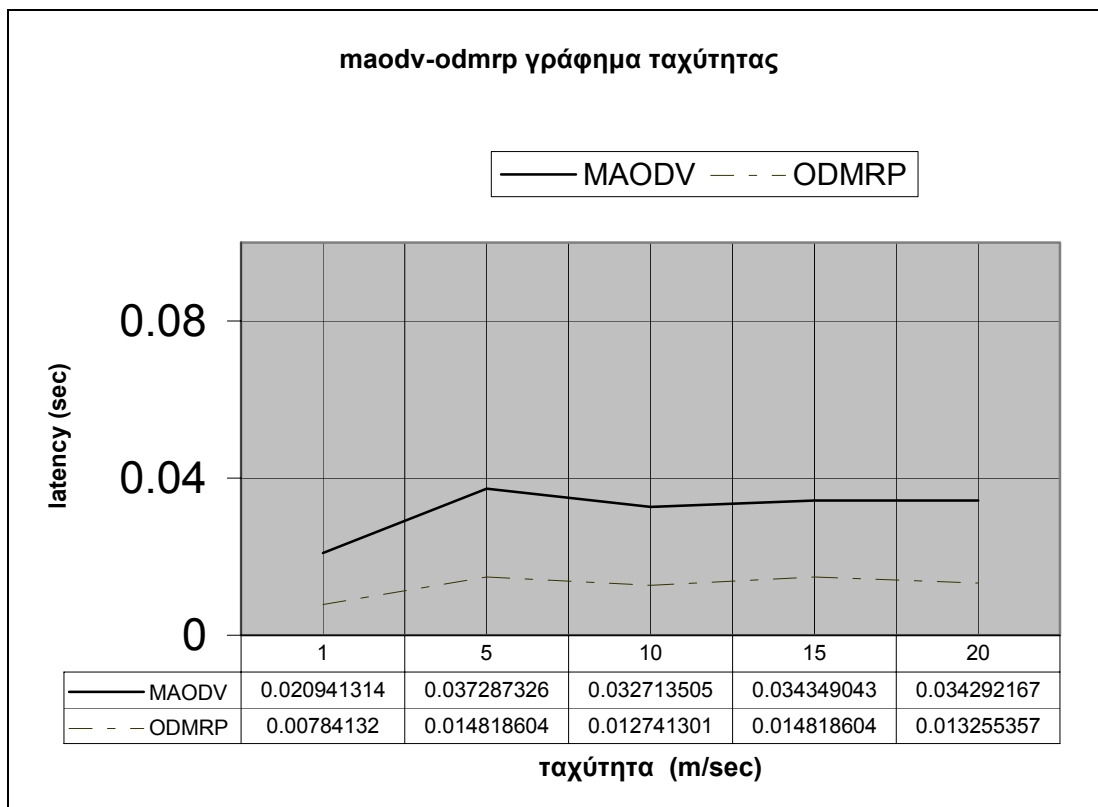
Γράφημα 4. pdr έναντι εμβέλειας κεραίας



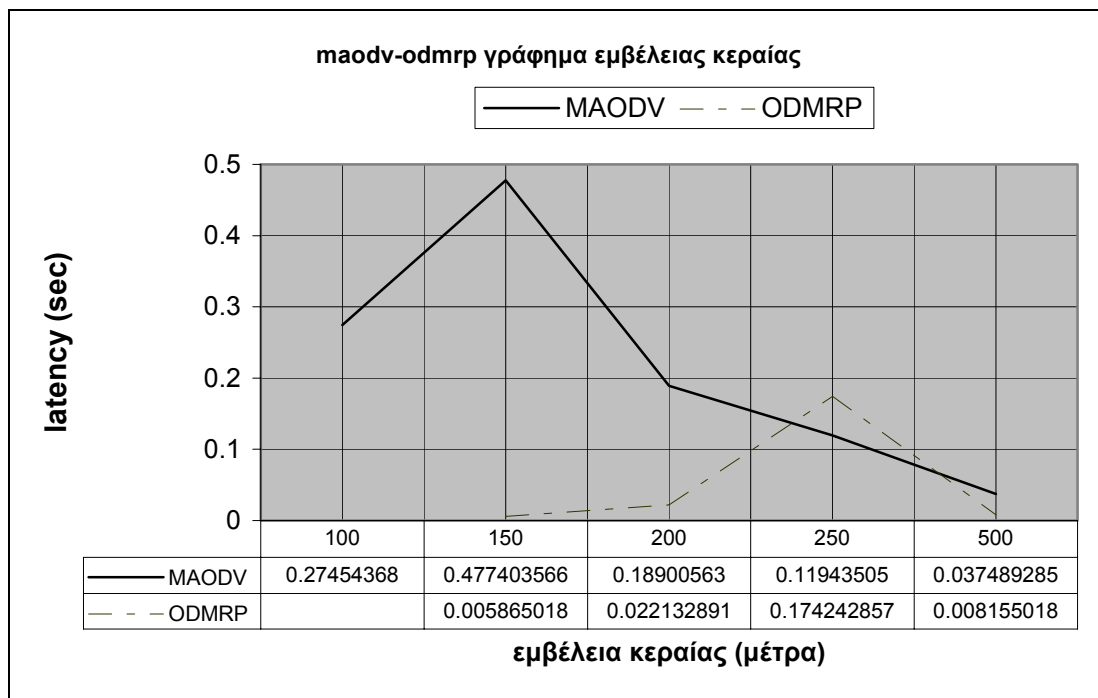
Γράφημα 5 . Latency έναντι ρυθμού μετάδοσης δεδομένων



Γράφημα 6 . Latency έναντι εμβαδού περιοχής κίνησης



Γράφημα 7. Latency έναντι ταχύτητας



Γράφημα 8. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας

4.6 Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω πειράματα παρατηρούμε ότι τα πρωτόκολλα αντιδρούν διαφορετικά στα διάφορα σενάρια . Για κίνηση δεδομένων έως 10 KBytes/sec, το ODMRP είναι ελαφρώς καλύτερο , ενώ από κει και πέρα το MAODV υπερτερεί. Για μικρές περιοχές ,το MAODV παρουσιάζει καλύτερο PDR ,ενώ το ODMRP καλύτερο latency. Για μεγάλες περιοχές , το ODMRP παρουσιάζει καλύτερο PDR ενώ το MAODV καλύτερο latency. Στα πειράματα με διαφορετική ταχύτητα κίνησης των κόμβων και τα δύο πρωτόκολλα αποδίδουν ικανοποιητικά ,με το ODMRP να αποδίδει λίγο καλύτερα καθώς η ταχύτητα αυξάνει. Αλλάζοντας το μήκος της εμβέλειας της κεραίας του κάθε κόμβου ,βλέπουμε ότι και τα δύο πρωτόκολλα αντιδρούν το ίδιο ,με το ODMRP να έχει καλύτερες τιμές latency ,αλλά να μην μπορεί να λειτουργήσει με εμβέλεια κεραίας 100m. Ανάλογα την περίπτωση λοιπόν , θα πρέπει να διαλέξουμε και το κατάλληλο πρωτόκολλο.

5. MANET δίκτυα και χρήση αυτών στην διαδικασία της εκπαίδευσης

5.1 Εισαγωγή

είναι γενικά αποδεκτό ότι η παραδοσιακοί μέθοδοι διδασκαλίας έχουν πολλά αρνητικά. Ένα από αυτά είναι ότι συνήθως οι μαθητές έρχονται στο μάθημα , κρατούν σημειώσεις και φεύγουν χωρίς να συμμετέχουν καθόλου στην διαδικασία της μάθησης.

Πολλές προσπάθειες έχουν γίνει στο παρελθόν ώστε με την χρήση της ασύρματης τεχνολογίας να βελτιωθούν οι τρόποι διδασκαλίας . Το πρόγραμμα ActiveClass [Ratto et al., 2003] δημιουργήθηκε ώστε να παροτρύνει τους μαθητές να συμμετέχουν στο μάθημα.. Όλοι οι μαθητές μιας αίθουσας συνδέονται στον εξυπηρετητή του ActiveClass server και στέλνουν ερωτήσεις στον καθηγητή , ο οποίος με την σειρά του επεξεργάζεται τις ερωτήσεις και απαντάει αν όχι σε όλες ,στις πιο σημαντικές. Το σύστημα Bird-Watching Learning (BWL) [Chen ,Kao & Sheu, 2003] δημιουργήθηκε για χρήση σε εξωτερικούς χώρους. Ουσιαστικά οι μαθητές συνδέονται σε μία βάση όπου βλέπουν χαρακτηριστικά πουλιών, φωτογραφίες κλπ και τα συγκρίνουν με τα είδη με τα οποία παρατηρούν . Το PPA (Problem Processing Assistant) [Kinsuk et al., 2003] είναι ένα ιντερνετικό εργαλείο μάθησης που συνδυάζει τα χαρακτηριστικά ενός ψηφιακού χαρτοφυλακίου με ένα πρόγραμμα επίλυσης προβλημάτων και γένεσης ιδεών. Το σύστημα Class Talk δημιουργήθηκε από την Better Education Inc. για να ελέγξει και να βελτιώσει τις αντιδράσεις του μαθήματος [Russel & Pitt, 2004]. Οι δημιουργοί του συστήματος αυτού αναρωτήθηκαν: « τι είναι αυτό που ένας καθηγητής μπορεί να κάνει σε μια τάξη με 3-5 άτομα ,που του είναι δύσκολο να το πράξει σε μια τάξη των 30 ατόμων.»

Και βρήκαν τις εξής απαντήσεις:

- Αμφίδρομη επικοινωνία με κάθε μαθητή
- Όλοι οι μαθητές να συμμετέχουν ενεργά
- Κατανόηση του τι ξέρει ο κάθε μαθητής
- Εντοπισμός των αδυναμιών του κάθε μαθητή
- Διόρθωση των προβλημάτων με εντοπισμό την προέλευση τους
- Έλεγχος της εργασίας κάθε μαθητή
- Εντοπισμός του κάθε μαθητή στο τι κάνει και τι δεν κάνει
- Κανένας μαθητής δεν μένει πίσω.

5.2 Σενάρια προσομοίωσης.

Τα παρακάτω σενάρια περιγράφουν πραγματικές συνθήκες μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία. Και τα δύο σενάρια βασίζονται σε πραγματικές παραμέτρους. Ο πίνακας 2 εμφανίζει την αντιστοιχία μεταξύ των παραμέτρων της εξομοίωσης και τι συμβολίζουν στην πραγματικότητα (τάξεις, αριθμός μαθητών κλπ)

<i>Παράμετροι προσομοίωσης</i>	<i>Παράμετροι στην εκπαίδευση</i>
Nodes – κόμβοι	Καθηγητές , μαθητές
Groups - ομάδες	Τάξεις(μόνο μαθητές ανήκουν σε αυτές)
Senders - αποστολείς	Καθηγητές ή βοηθοί
Speed 1m/sec - ταχύτητα	Μέση ταχύτητα βάδην
Speed 20m/sec- ταχύτητα	Ταχύτητα οχήματος

Πίνακας 10. αντιστοιχία μεταξύ των παραμέτρων της εξομοίωσης και τι συμβολίζουν στην πραγματικότητα

5.3 σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.

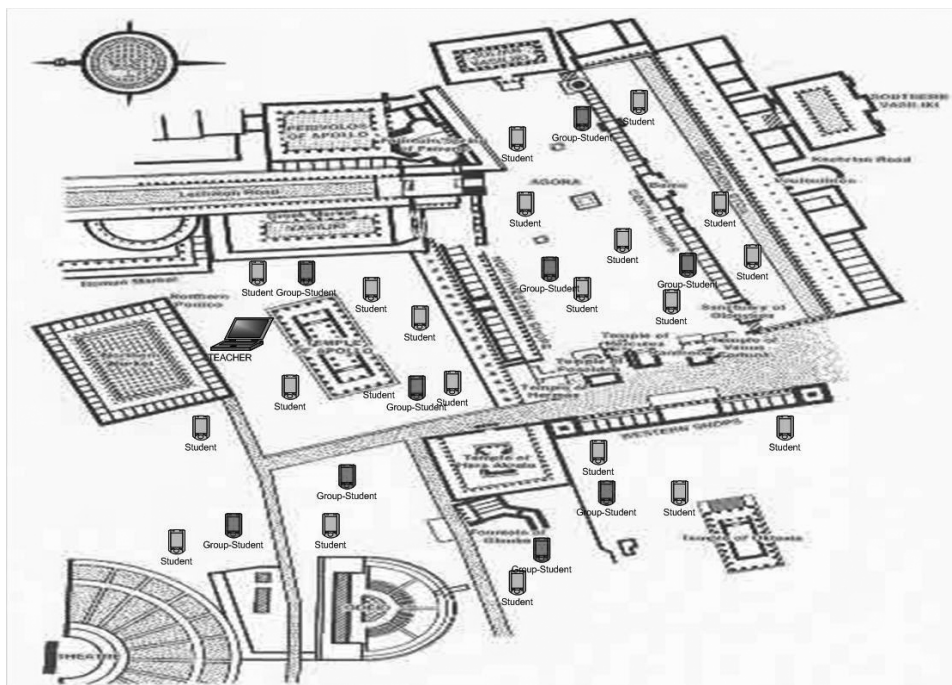
το παρακάτω σενάριο αφορά την επίσκεψη ενός αρχαιολογικού χώρου. Για παράδειγμα η Β΄ λυκείου ενός σχολείου πραγματοποιεί επίσκεψη σε αρχαιολογικό χώρο. Τρεις τάξεις δήλωσαν συμμετοχή για την επίσκεψη. Κάθε τάξη έχει έναν υπεύθυνο καθηγητή και είκοσι μαθητές. Ο αρχαιολογικός χώρος έχει μία έκταση 1200 μέτρα επί 400 μέτρα. Όλοι οι μαθητές και οι καθηγητές κινούνται τυχαία στον χώρο με τα πόδια , με μέση ταχύτητα 1m/sec . κάθε τάξη , που ουσιαστικά είναι μία ομάδα πολυεκπομπής, δέχεται πακέτα πολυεκπομπής μόνο από τον υπεύθυνο καθηγητή της. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένας αποστολέας και είκοσι παραλήπτες. Ο καθηγητής στέλνει συνεχόμενα πακέτα εικόνας στους μαθητές του εξηγώντας τους τα εκθέματα τα οποία βλέπουν. Αυτά τα βίντεο δεν κρατούν πάνω από δύο ή τρία λεπτά. Οπότε και ο χρόνος εξομοίωσης είναι τρία λεπτά. Ουσιαστικά σε αυτό το σενάριο παρατηρούμε πως αντιδρούν τα πρωτόκολλα πολυεκπομπής σε συνθήκες υψηλής ροής δεδομένων. Η ροή αυτή είναι είτε 10 KBytes/sec, είτε 20KBytes/sec, είτε 50 KBytes/sec. Το μέγεθος του κάθε πακέτου είναι είτε 256 Bytes είτε 512 Bytes.

5.4 Περιβάλλον προσομοίωσης

Ο Ns-2 είναι ο προσομοιωτής που επιλέχθηκε για αυτά τα πειράματα. Χρησιμοποιούμε την προέκταση του Ns-2 από το Monarch project για τα ODMRP και ADMR πρωτόκολλα, και την ενσωμάτωση του MAODV από τους Zhu & Kunz . οι παράμετροι της προσομοίωσης είναι οι παρακάτω :

παράμετροι	τιμές
Nodes -κόμβοι	60
Groups - ομάδες	3
Nodes /group κόμβοι/ομάδα	20
Senders -αποστολείς	1
κίνηση	Random – τυχαία
Bitrate–ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	10KBytes/sec, ή 20KBytes/sec, ή 50KBytes/sec
Area - περιοχή	1200m * 400m
Speed - ταχύτητα	1m/sec
Protocols – πρωτόκολλα	ODMRP , MAODV , ADMR
Simulation time – χρόνος προσομοίωσης	180 δευτερόλεπτα
Packet size – μέγεθος πακέτου	256Bytes ή 512 Bytes

Πίνακας 11 . παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.



Σχήμα 9. MANET σε ένα αρχαιολογικό χώρο

5.5 Σενάριο επίσκεψης σε δασικό χώρο .

Τρία τμήματα ενός πανεπιστημίου (μηχανικοί περιβάλλοντος, κτηνίατροι και τμήμα γεωπονίας) προγραμματίζουν μια εκπαιδευτική εκδρομή σε ένα εθνικό δάσος. Από κάθε τμήμα μία τάξη και ο υπεύθυνος καθηγητής παίρνουν μέρος στο ταξίδι.(είκοσι φοιτητές και ένας καθηγητής). Ο σκοπός αυτού του ταξιδιού είναι διαφορετικός για κάθε τμήμα. Οι φοιτητές που ανήκουν στο τμήμα περιβαλλοντολογικής θα εξετάσουν τους φυσικούς πόρους και την διατήρηση της δομής του εθνικού δάσους . οι φοιτητές του τμήματος κτηνιατρικής θα μελετήσουν ορισμένα ήδη ζώων στο φυσικό τους περιβάλλον. Οι φοιτητές της γεωπονικής θα εξετάσουν την πανίδα του δάσους. Είναι φανερό λοιπόν ότι

το κάθε τμήμα έχει διαφορετικά οφέλη από αυτήν την επίσκεψη και γι αυτό η πολυεκπομπή σε μία ομάδα είναι αναγκαία. Παρόλα αυτά όμως υπάρχει η πιθανότητα για το τμήμα της περιβαντολογικής και γεωπονίας να έχουν μία κοινή εργασία (για παράδειγμα την εξέταση ενός δέντρου) σε αυτές τις περιπτώσεις χρειάζεται πολυεκπομπή σε δύο ομάδες. Τέλος όταν μία ανακοίνωση πρέπει να σταλθεί σε όλα τα τμήματα ,χρησιμοποιείται πολυεκπομπή σε τρεις ομάδες. Οι φοιτητές κινούνται σε μία περιοχή 2000 μέτρων επί 800 μέτρων . Η ασύρματη επικοινωνία είναι ο μόνος τρόπος για αυτούς τους φοιτητές να επικοινωνήσουν.

Εδώ πρέπει να εξηγήσουμε γιατί χρησιμοποιούμε την τεχνολογία MANET και όχι την τεχνολογία WI-FI που είναι και πιο αξιόπιστη. Το πιο δυνατό επιχείρημα είναι η τεχνολογία MANET δεν χρειάζεται προϋπαρξη υποδομής. Δεν είναι εύκολο και έχει και μεγάλο κόστος η ύπαρξη wi-fi υποδομής σε δύσβατες και ερημικές περιοχές. Είναι προτιμότερο η κάθε ομάδα να είναι αυτόνομη και αυτοδιαχειριζόμενη, κουβαλώντας τον δικό της εξοπλισμό ,χωρίς να στηρίζεται στην άγνωστη για αυτούς υποδομή του κάθε χώρου.

Οι φοιτητές κινούνται απρόβλεπτα είτε με τα πόδια είτε με την χρήση κάποιου οχήματος .Χρησιμοποιούμε δύο μέτρα ταχύτητας στα πειράματά μας: α) 1 0 - 1m/sec, ταχύτητα κίνησης με τα πόδια , και β) 0 - 20 m/sec, η ταχύτητα κίνησης του οχήματος. Οι καθηγητές και οι φοιτητές ανταλλάσσουν μηνύματα (ερωτήσεις, απαντήσεις, σχόλια), αρχεία και φωτογραφίες. Η κίνηση πακέτων διαμορφώθηκε στα δύο πακέτα το δευτερόλεπτο ,και κάθε πακέτο έχει 256 Bytes. Η διάρκεια της προσομοίωσης είναι 900 δευτερόλεπτα. Η ανταλλαγή των πακέτων ξεκινάει μετά τα τριάντα δευτερόλεπτα προσομοίωσης και κρατάει ως το τέλος του πειράματος.

5.6 περιβάλλον προσομοίωσης

Ο Ns-2 είναι ο προσομοιωτής που επιλέχθηκε για αυτά τα πειράματα. Χρησιμοποιούμε την προέκταση του Ns-2 από το Monarch project για τα ODMRP και ADMR πρωτόκολλα, και την ενσωμάτωση του MAODV από τους Zhu & Kunz . οι παράμετροι της προσομοίωσης είναι οι παρακάτω :

Παράμετροι	τιμές
Nodes -κόμβοι	60
Groups – ομάδες	3
Nodes /group-κόμβοι/ομάδες	20
Senders-αποστολείς	1 ή 2 ή 3
Movement-κίνηση	τυχαία
Bitrate–ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	2 πακέτα (2*256 Bytes) ανά δευτερόλεπτο
Area - περιοχή	2000m * 800m
Speed - ταχύτητα	1m/sec or 20m/sec
Protocols – πρωτόκολλα	ODMRP , MAODV , ADMR
Simulation time – χρόνος προσομοίωσης	900 δευτερόλεπτα

Πίνακας 12 . παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος



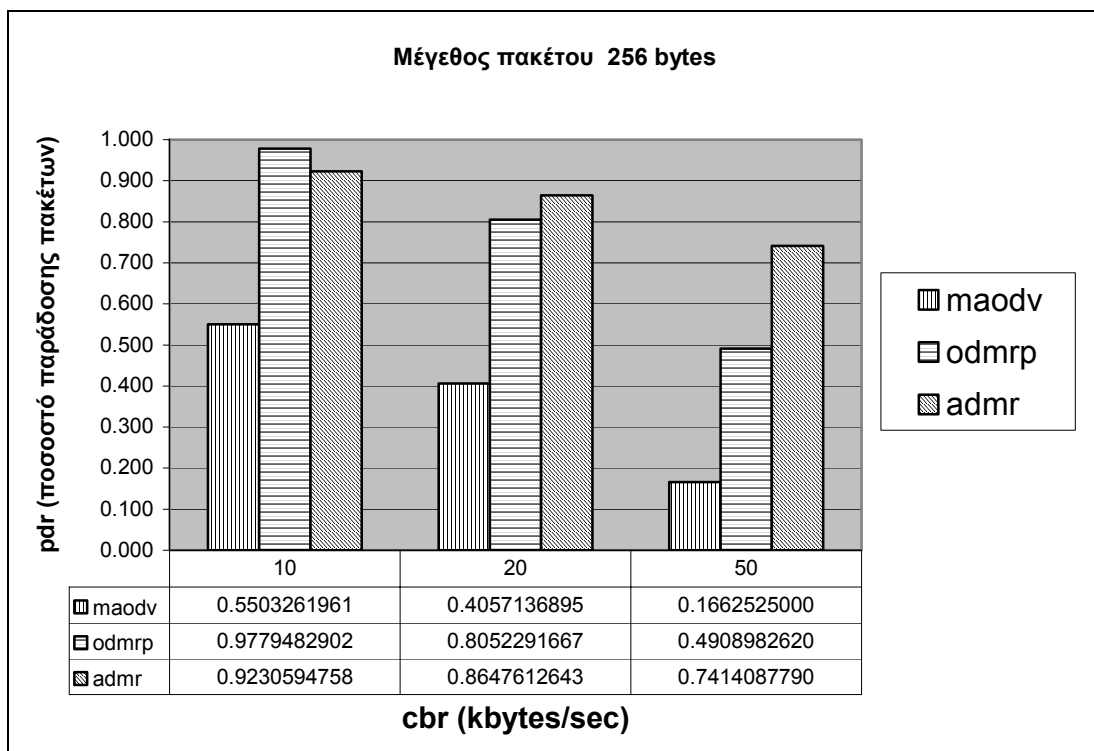
σχήμα 10. MANET στο αρχηγείο του εθνικού δάσους

5.7 αποτελέσματα προσομοίωσης

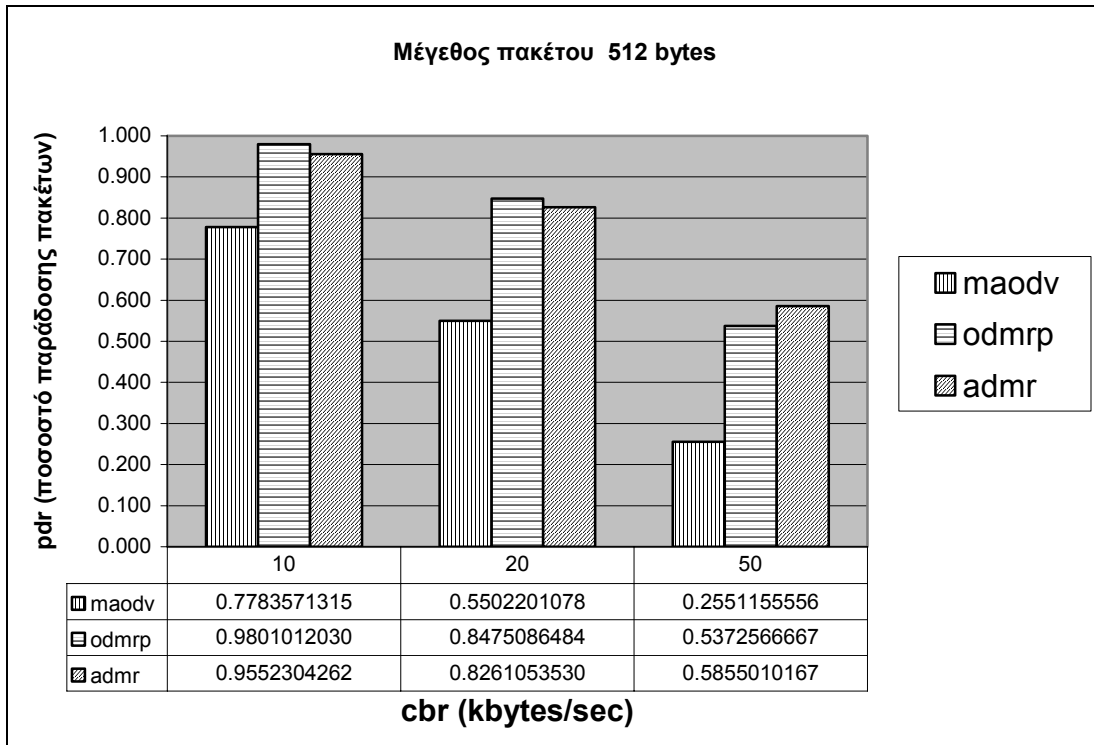
Α. Αποτελέσματα από το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.

τα πρώτα τέσσερα γραφήματα αναφέρονται στο σενάριο της επίσκεψης σε ένα αρχαιολογικό χώρο. Εδώ παρατηρούμε πως αντιδρούν τα τρία πρωτόκολλα της προσομοίωσης σε συνθήκες υψηλής ροής δεδομένων. Μετράμε το PDR (Packet Delivery Ratio- ποσοστό παράδοσης πακέτων) και το Latency(καθυστέρηση). Το PDR δηλώνει το ποσοστό των πακέτων που στάλθηκαν προς τον αριθμό των πακέτων που παρελήφθησαν και δείχνει την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου. Το latency δείχνει την μέση καθυστέρηση του πακέτου , μέτρο το οποίο είναι πολύ σημαντικό κυρίως σε εφαρμογές πολυμέσων. Στο γράφημα 9 και γράφημα 10 , συγκρίνουμε το ποσοστό παράδοσης πακέτων (PDR) των τριών πρωτοκόλλων σε σχέση με τον ρυθμό δεδομένων. Στο γράφημα [9]

χρησιμοποιούμε πακέτα μεγέθους 256 Bytes και στο γράφημα [10] πακέτα των 512 Bytes .

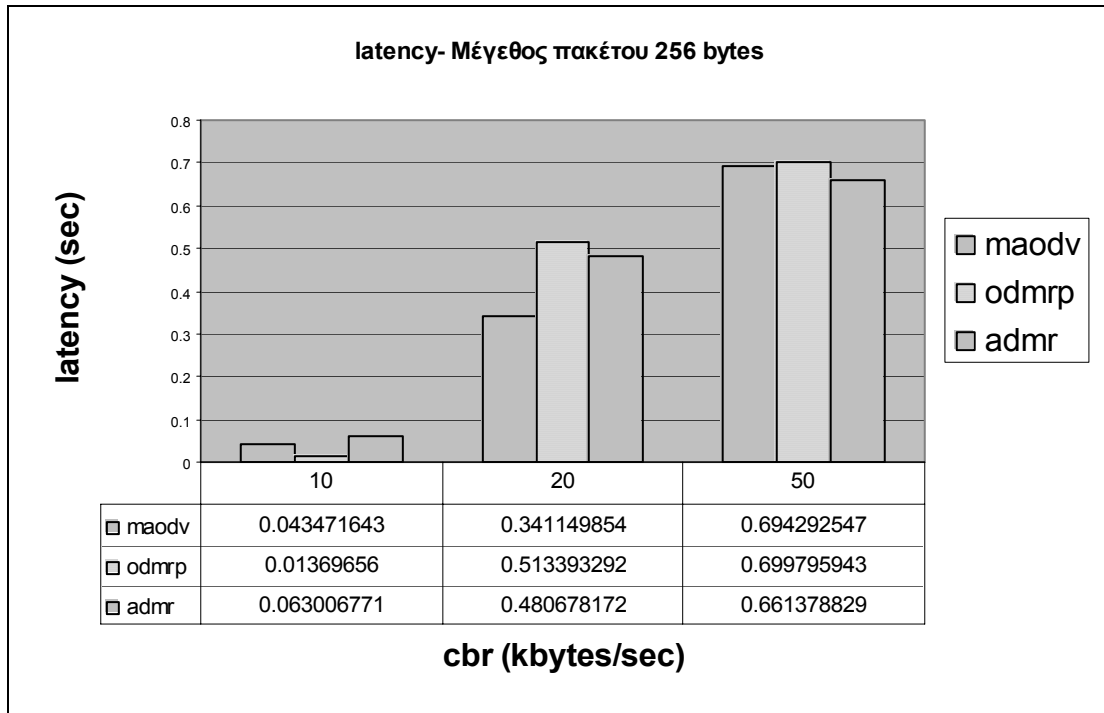


Γράφημα 9. PDR έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 256 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο

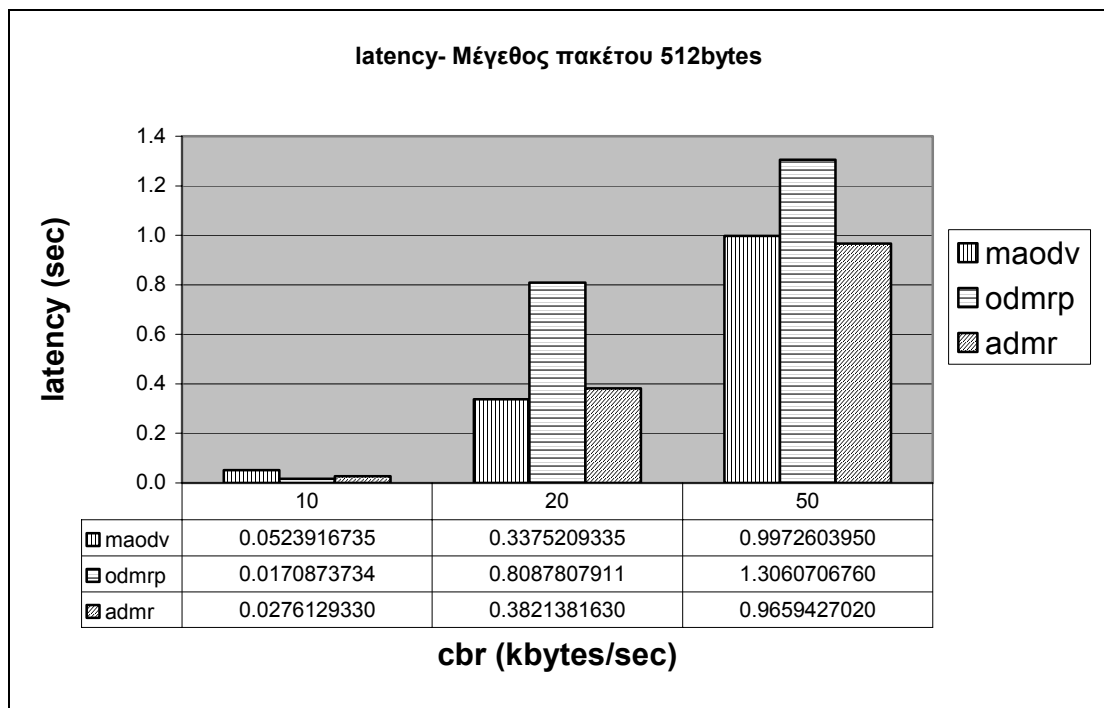


Γράφημα 10. PDR έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 512 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο

Στα γραφήματα[11,12] ,συγκρίνουμε την καθυστέρηση (Latency) των τριών πρωτοκόλλων σε σχέση με το ρυθμό δεδομένων. Στο γράφημα 11 χρησιμοποιούμε 256 Bytes μέγεθος πακέτου και στο γράφημα 12, μεγέθη πακέτων 512 Bytes.



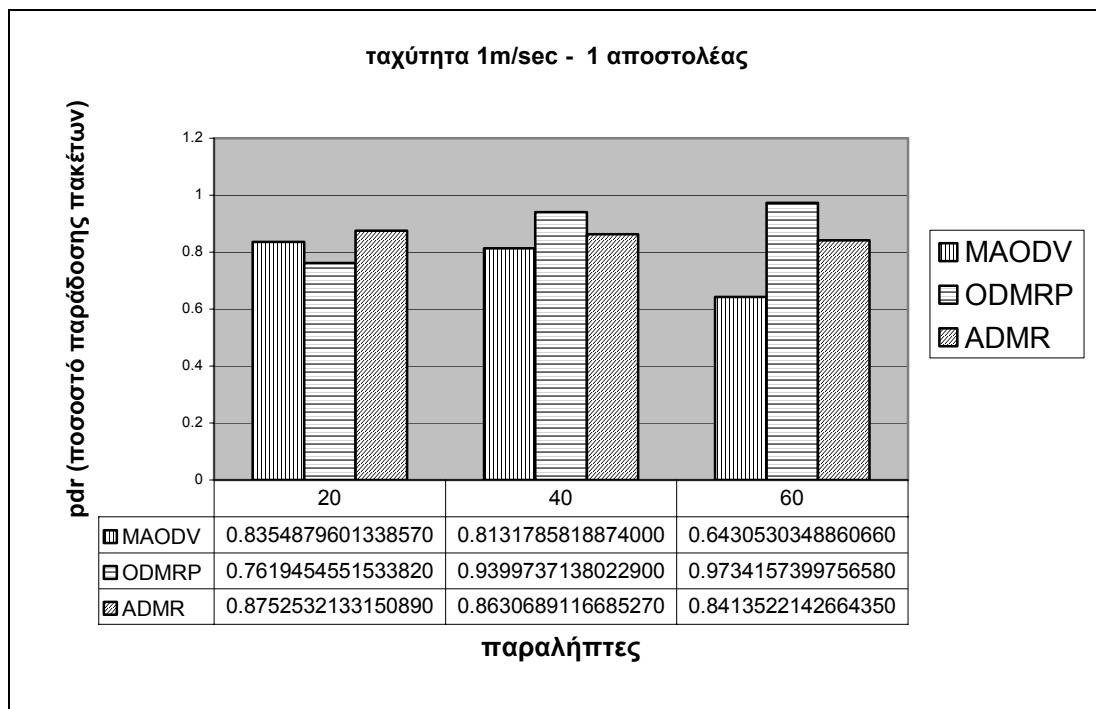
Γράφημα 11. Latency έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 256 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο



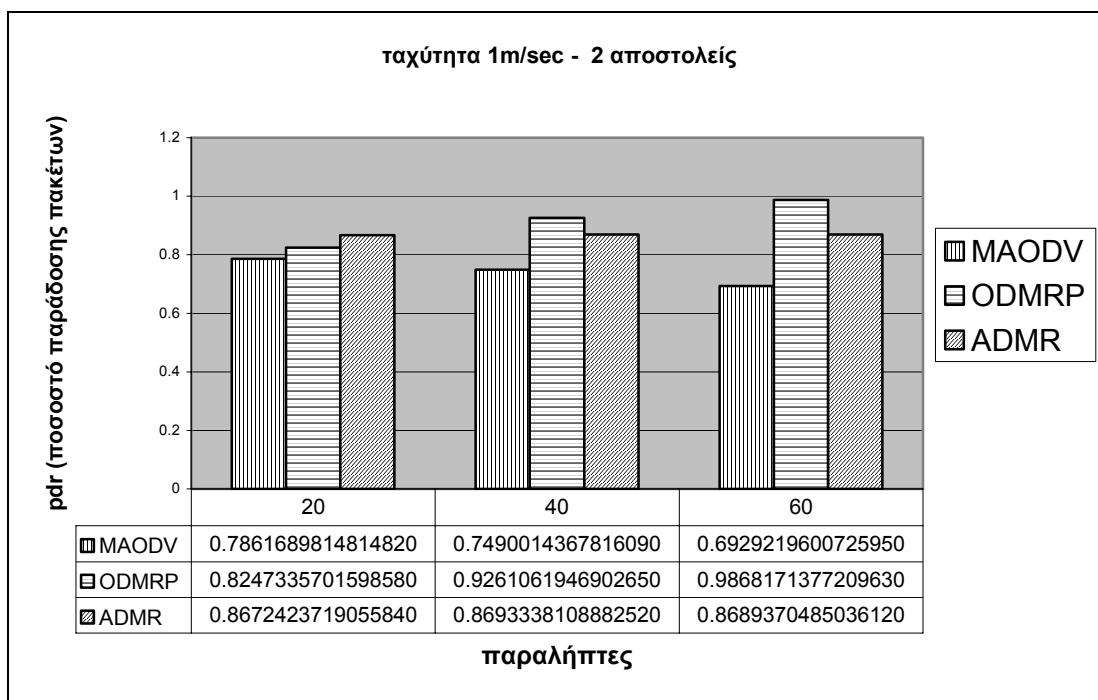
Γράφημα 12. Latency έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 512 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο

Β. αποτελέσματα από το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος

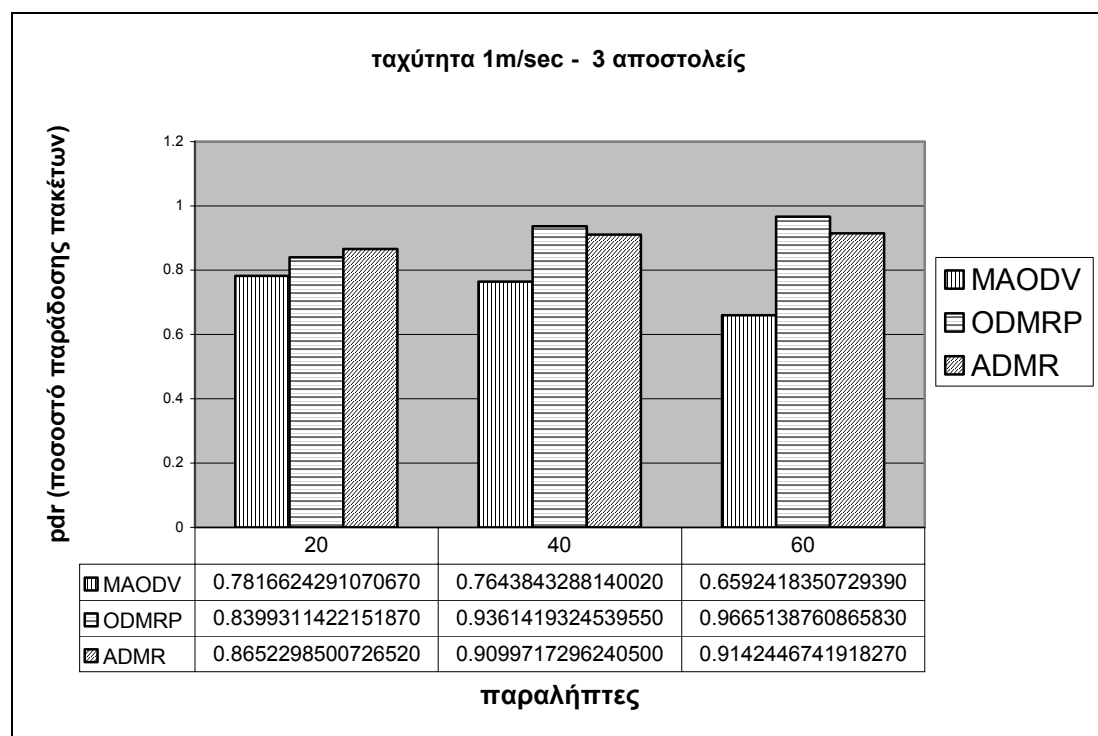
παρακάτω παρατηρούμε την απόδοση των τριών πρωτοκόλλων στο σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος . Μετράμε το ποσοστό παράδοσης πακέτων (PDR) και την καθυστέρηση του πακέτου (Latency).



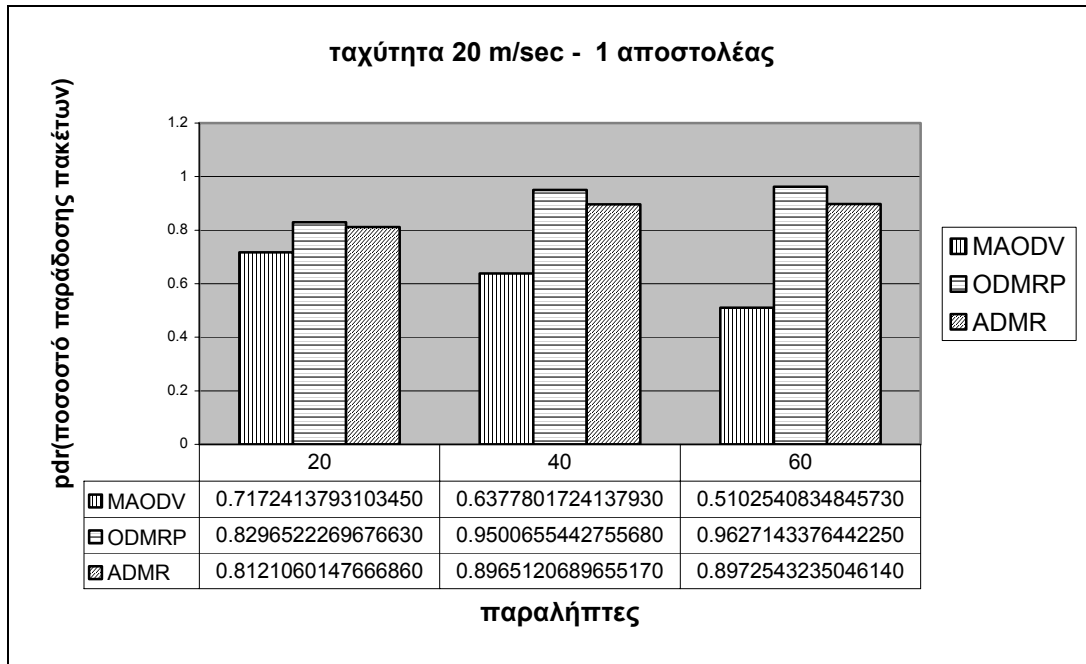
Γράφημα 13. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



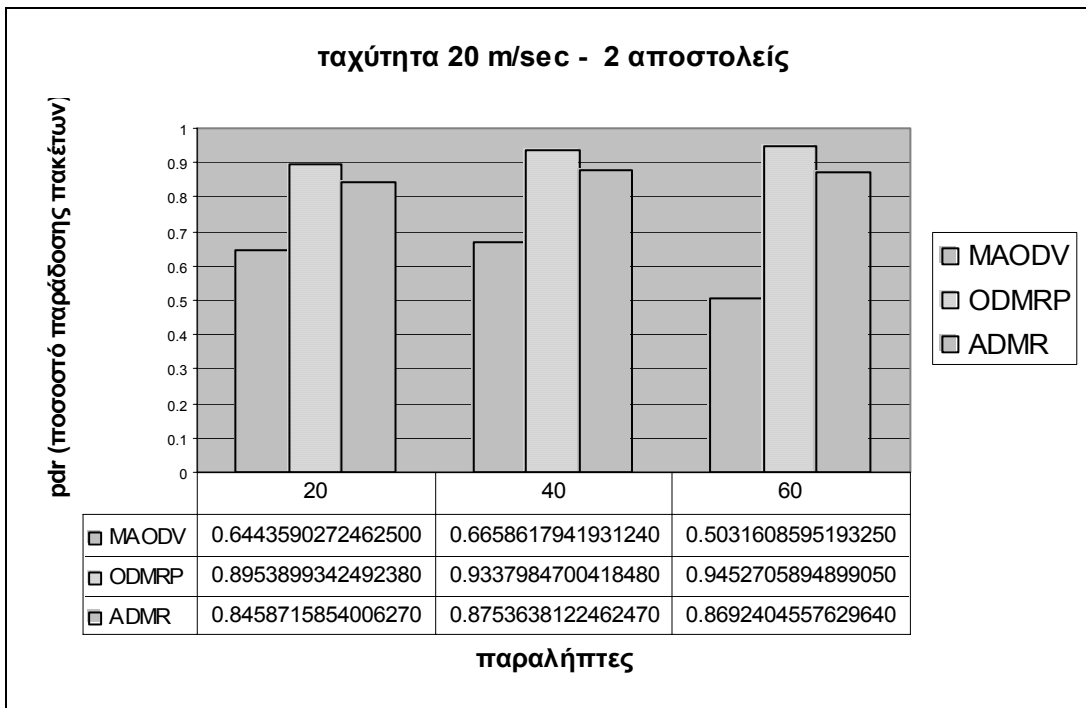
Γράφημα 14. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολές και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



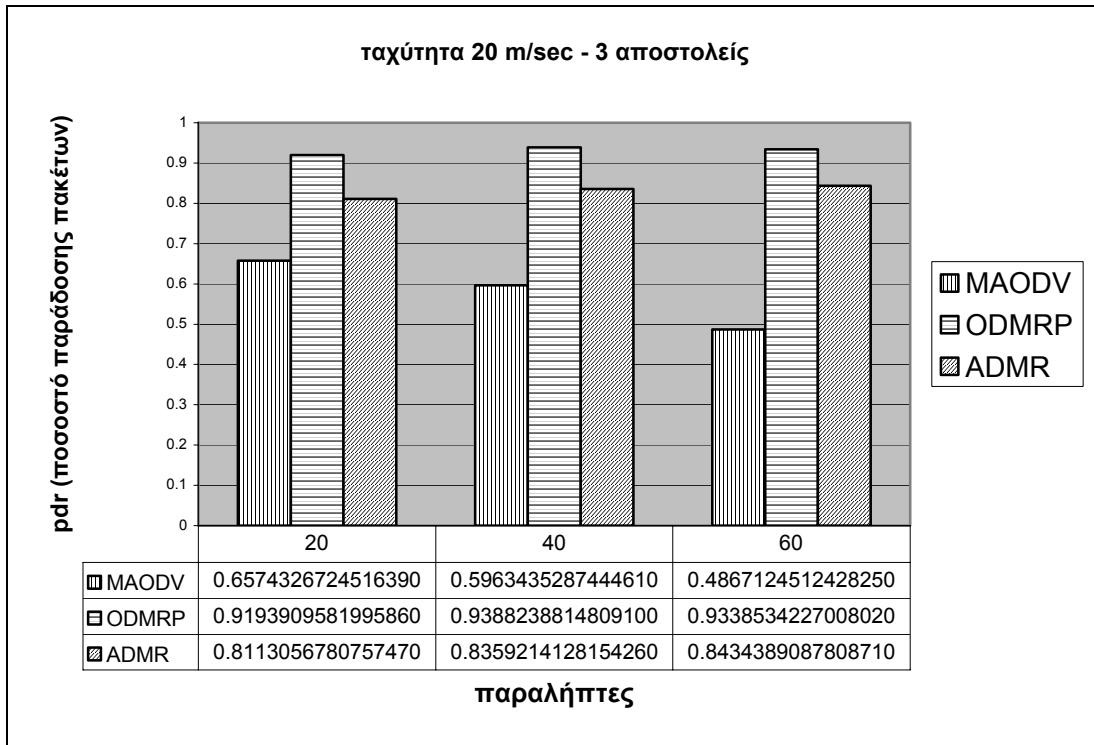
Γράφημα 15. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολές και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



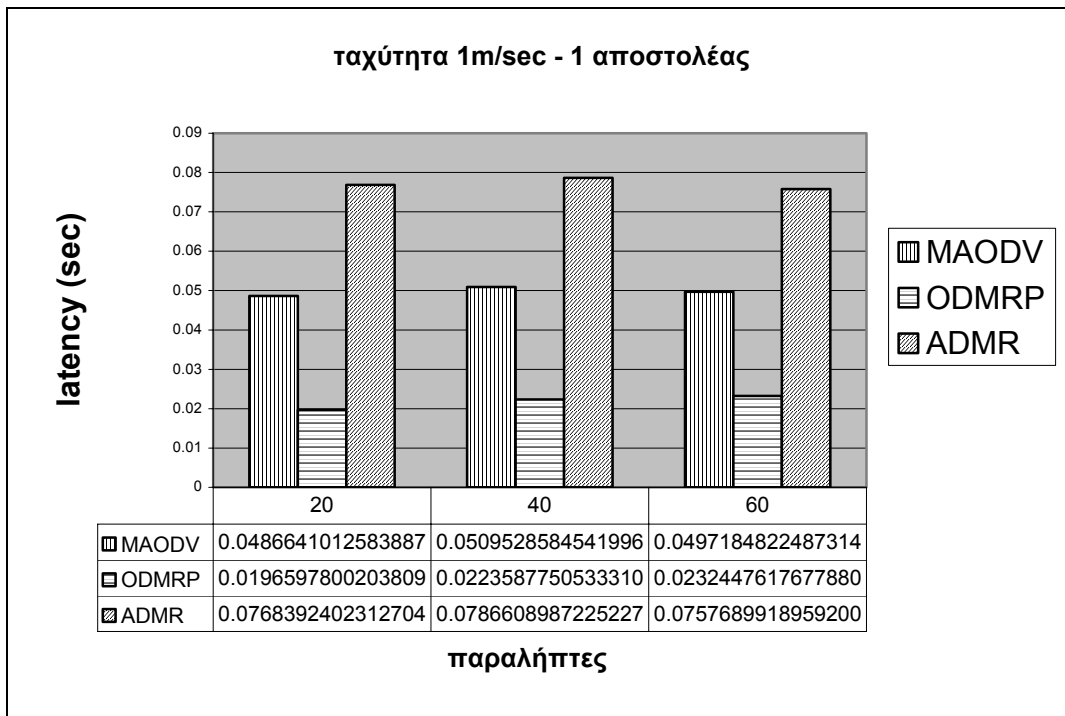
Γράφημα 16. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



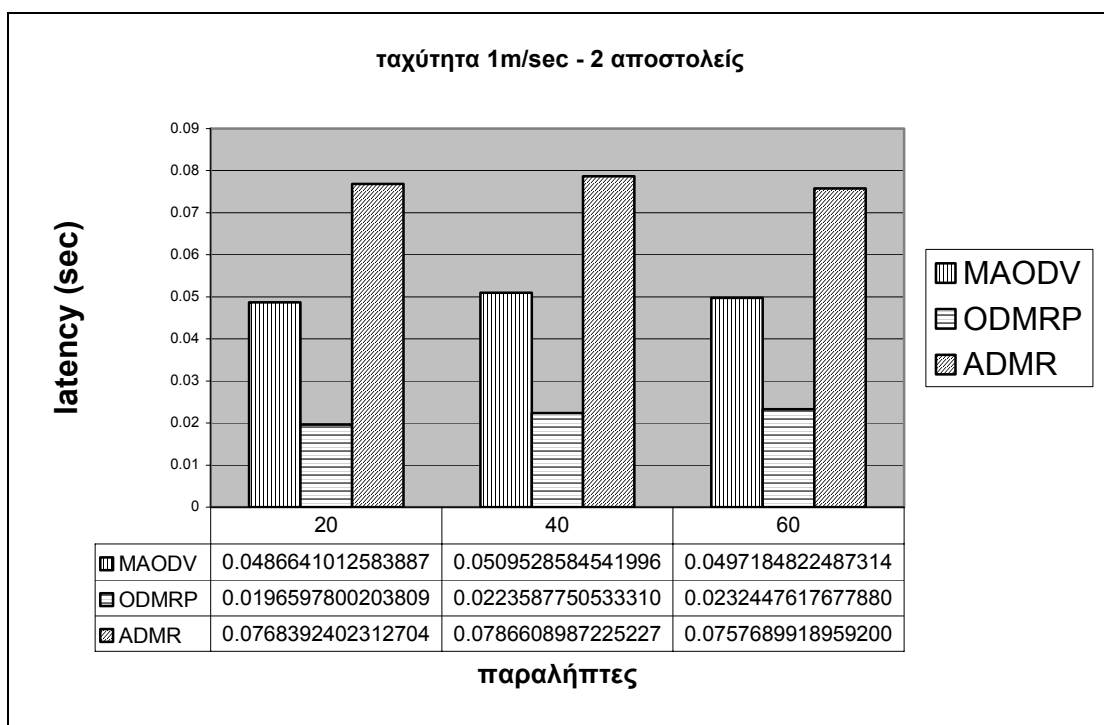
Γράφημα 17. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



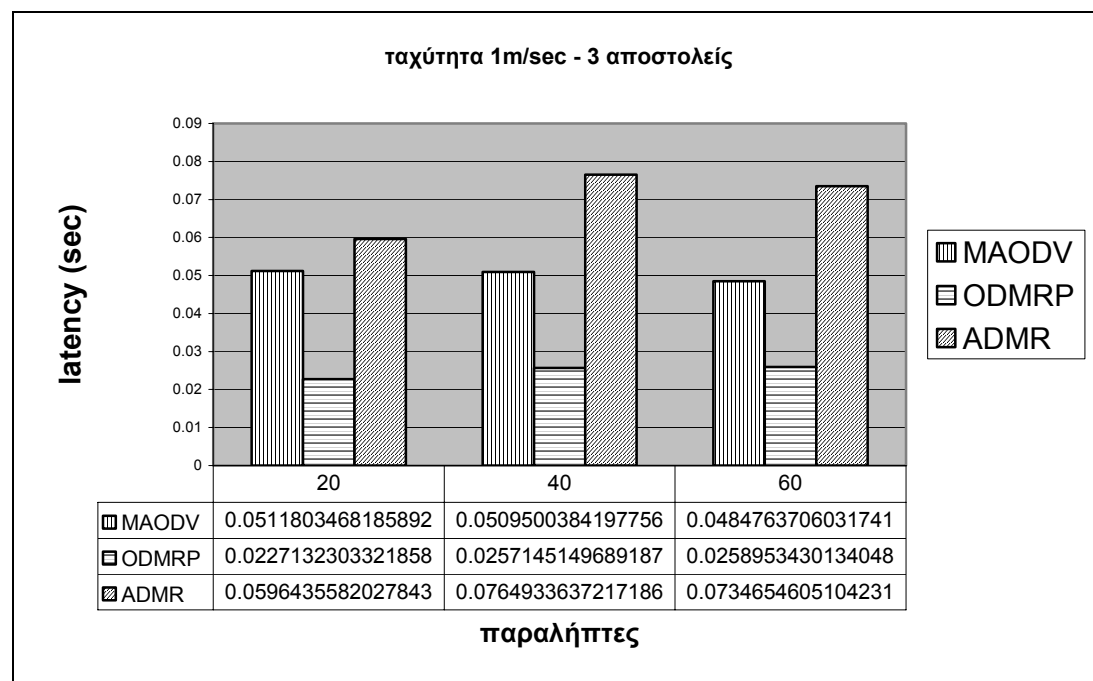
Γράφημα 18. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολές και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



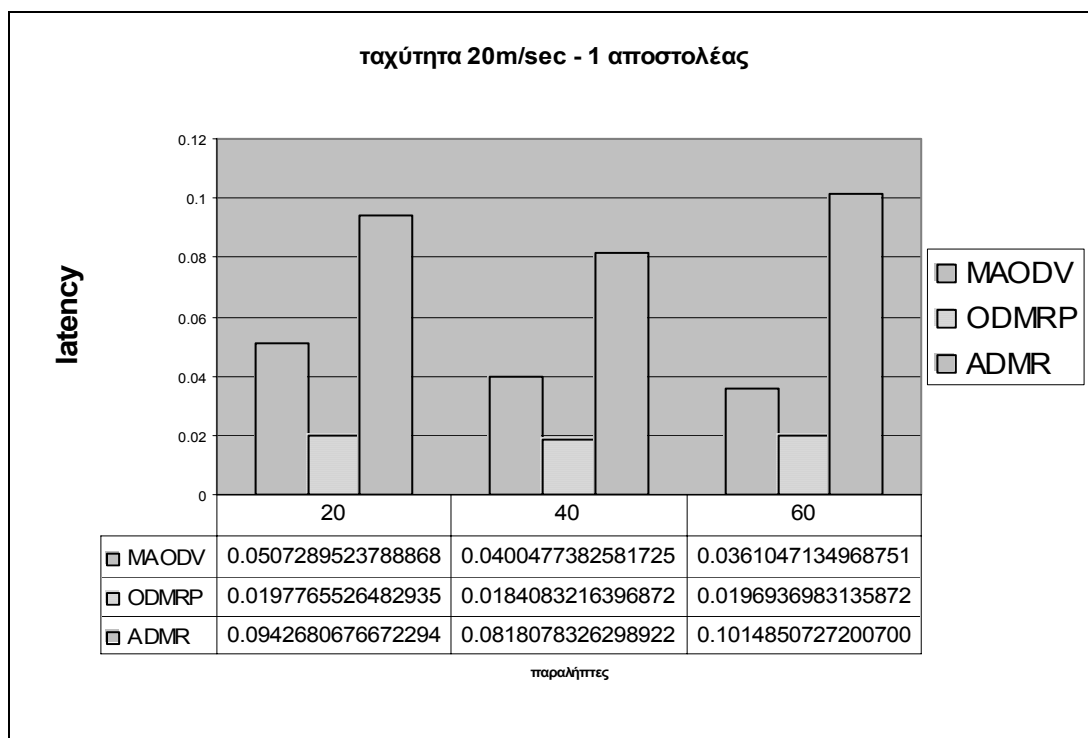
Γράφημα 19. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



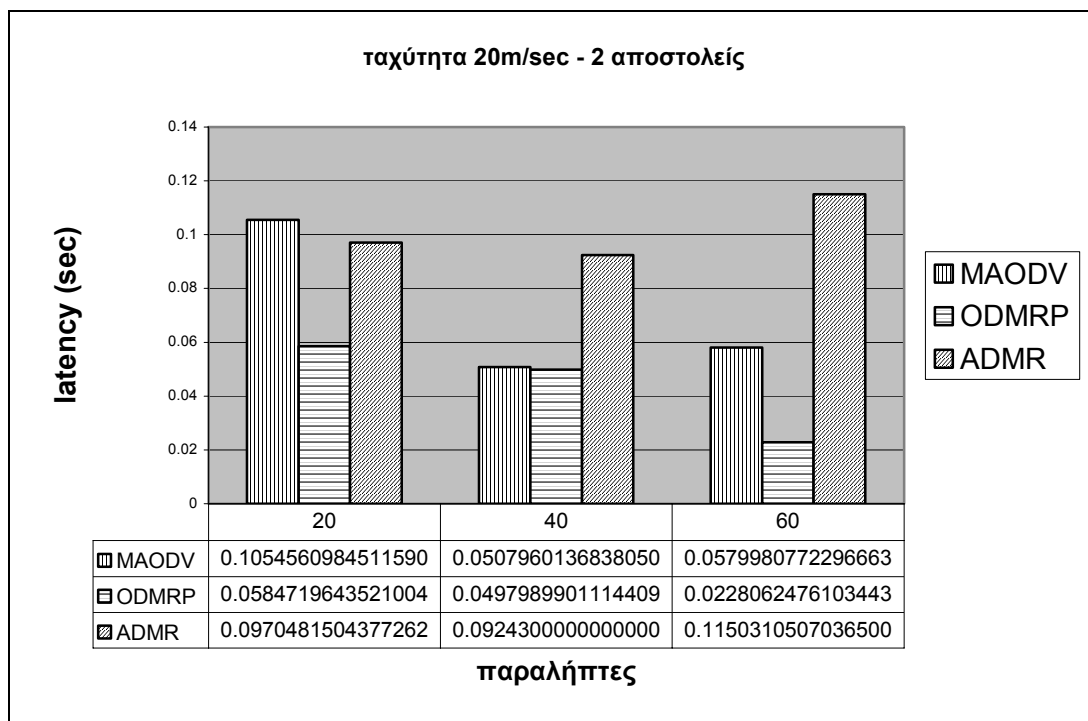
Γράφημα 20. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολές και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



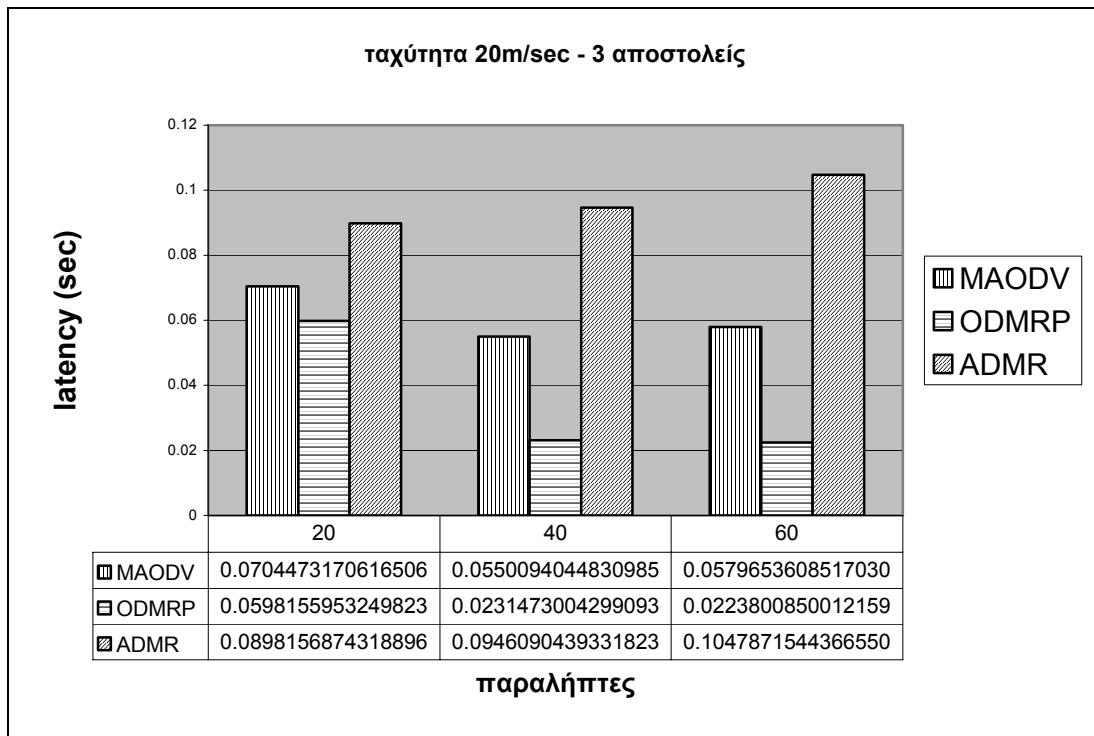
Γράφημα 21. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολές και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



Γράφημα 22. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



Γράφημα 23. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος



Γράφημα 24. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολές και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος

5.8 Συμπεράσματα

Ας αναλύσουμε πρώτα τα αποτελέσματα από το σενάριο της επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο. Στο γράφημα 9 και γράφημα 10 παρατηρούμε το ποσοστό παράδοσης πακέτων σε σχέση με το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Το γράφημα 9 δείχνει ότι το πρωτόκολλο ODMRP είναι το πιο αξιόπιστο για μικρή ροή δεδομένων (10 KBytes/sec). Παρόλα αυτά, το ADMR αποδίδει καλύτερα σε μεσαίου και υψηλού επιπέδου (20 KBytes/sec, 50 KBytes/sec). Το MAODV αποδίδει αρκετά χαμηλά σε γενικές γραμμές. Αλλάζοντας το μέγεθος των πακέτων από 256 Bytes σε 512 Bytes, παρατηρούμε στο γράφημα 10 ότι το ODMRP είναι το πιο αξιόπιστο πρωτόκολλο σε ελαφρά και μεσαία κίνηση πακέτων (10 KBytes/sec, 20 KBytes/sec), ενώ το ADMR

αποδίδει καλύτερα σε υψηλή κίνηση πακέτων (50 KBytes/sec). Το MAODV εξακολουθεί να αποδίδει πολύ χαμηλά.

Τα γραφήματα 11 και 12 εμφανίζουν την καθυστέρηση (latency) για τα τρία πρωτόκολλα . Το γράφημα 11 εμφανίζει το ODMRP να πετυχαίνει ελαφρά καλύτερους χρόνους σε σχέση με τα άλλα πρωτόκολλα όταν η κίνηση των φορτίων είναι χαμηλή (10 KBytes/sec). Όσο η ροή δεδομένων αυξάνει το MAODV παρουσιάζει ελαφρά καλύτερες τιμές σε κίνηση 20 KBytes/sec και το ADMR σε κίνηση 50 KBytes/sec. Με μέγεθος πακέτου 512 Bytes , το γράφημα 12 δείχνει ότι το ODMRP πετυχαίνει καλύτερες τιμές καθυστέρησης (latency) σε χαμηλή κίνηση (10 KBytes/sec), το MAODV σε μεσαία κίνηση (20 KBytes/sec), και το ADMR σε υψηλή κίνηση (50 KBytes/sec).

Συμπερασματικά, το ODMRP αποδίδει καλύτερα σε χαμηλή κίνηση δεδομένων (10 KBytes/sec) (με 256 και 512 Bytes μέγεθος πακέτου) και μεσαίας κίνησης(20 KBytes/sec) (με 512 Bytes μέγεθος πακέτου). Το ADMR αποδίδει καλύτερα σε μεσαίου μεγέθους ροή δεδομένων (20 KBytes/sec) (με 256 Bytes μέγεθος πακέτου) και υψηλού μεγέθους ροή δεδομένων (50 KBytes/sec) (με 256 και 512 Bytes μέγεθος πακέτου).

Ας αναλύσουμε τα αποτελέσματα για το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος. Τα γραφήματα 13,14 και 15 παρουσιάζουν το ποσοστό παράδοσης πακέτων σε σχέση με τον αριθμό των παραληπτών , όταν ο αποστολέας είναι ένας , δύο ,τρεις με ταχύτητα κίνησης κόμβων το 1m/sec . το ADMR είναι ελαφρώς πιο αξιόπιστο με 20 παραλήπτες ανεξάρτητα από τον αριθμό των αποστολέων. Το ODMRP είναι το πιο αξιόπιστο με 40 ή 60 παραλήπτες ανεξάρτητα από τον αριθμό των αποστολέων.

Αυξάνοντας την μέγιστη ταχύτητα από 1m/sec σε 20 m/sec, τα γραφήματα 16, 17, 18 εμφανίζουν το ODMRP σαν το πιο αξιόπιστο σε όλες τις περιπτώσεις. Τα γραφήματα

19,20,21 δείχνουν την καθυστέρηση του πακέτου σε σχέση με τον αριθμό των αποστολέων (1,2,3 αντίστοιχα) και ταχύτητα 1m/sec όπου και πάλι το ODMRP υπερτερεί παντού. Αυξάνοντας την μέγιστη ταχύτητα από 1m/sec σε 20 m/sec, στα γραφήματα 22,23,24 φαίνεται το ODMRP να υπερτερεί παντού εκτός της περίπτωση που έχουμε 2 αποστολείς και 20 παραλήπτες ,όπου το ADMR είναι καλύτερο.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι το ODMRP είναι το καλύτερο στα περισσότερα πειράματα που κάναμε για το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος.

Αν χρειαζόταν να επιλέξουμε ένα πρωτόκολλο και για τα δύο σενάρια ,το ODMRP φαίνεται να είναι το πιο κατάλληλο

6. ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΑΝΕΤ ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΔΙΑΣΩΣΗΣ

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μέχρι τώρα συγκρίναμε τα πρωτόκολλα σε συνθήκες εντελώς ελεύθερης κίνησης , και με την ύπαρξη μόνο μιας ομάδας πολυεκπομπής , αλλάζοντας απλά τον αριθμό των αποστολέων και των παραληπτών. Αυτή η παραδοχή της μίας ομάδας κινούμενης ελεύθερα σε όλο το χώρο δεν επαρκή για να καλύψει την έρευνα μιας περιοχής για πιθανή διάσωση. Και αυτό γιατί το πιο πιθανό είναι ότι το εκεί ανθρώπινο δυναμικό το οποίο θα βοηθήσει στην έρευνα, προφανώς θα χωριστεί σε ομάδες αναζήτησης. Η κάθε ομάδα θα πρέπει να έχει έναν επικεφαλής. Η διαφορά με τα υπόλοιπα πειράματα είναι ότι προφανώς και οι υπεύθυνοι μεταξύ τους θα πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους, και το πιο πιθανό είναι ότι θα επικοινωνούν πιο συχνά. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να προσομοιωθεί όλο το δίκτυο και όχι μόνο η μία ομάδα όπως συνέβαινε έως τώρα.

Άλλη σημαντική διαφορά είναι ότι ναι μεν οι κόμβοι μίας ομάδας κινούνται ελεύθερα , αλλά η ίδια η ομάδα έχει ένα συγκεκριμένο χώρο αναζήτησης στην συνολική επιφάνεια αναζήτησης. Πχ μία ομάδα αναλαμβάνει να ψάξει νοτιοανατολικά. Αν για παράδειγμα είχαμε μία ακτίνα αναζήτησης $5000\mu * 5000\mu$ και τέσσερις ομάδες , η ομάδα που θα αναλάμβανε το νοτιοανατολικό τμήμα θα κινούνταν στο τμήμα X (0, 2500) Y (0, 2500).

6.2 Σενάριο διάσωσης

το σενάριο αναφέρεται σε μία υποτιθέμενη καταστροφή όπου μία ομάδα 120 ανθρώπων έχουν πάει σε μία περιοχή $4000\mu * 3000\mu$ με σκοπό την αναζήτηση επιζώντων. Λόγω της δυσκολίας της περιοχής (βουνό , χαλάσματα) μόνο η χρήση των δικτύων ΜΑΝΕΤ έχει αποτελέσματα. Η κίνηση των ανθρώπων γίνεται είτε με τα πόδια (1m/sec) , είτε με κάποιο μέτριας ταχύτητας όχημα (σκι, στρατιωτικό όχημα κλπ) (10m/sec), είτε με κάποιο πιο γρήγορο όχημα (ελικόπτερο , αυτοκίνητο (15m/sec)).

Σκοπός του πειράματος είναι να δούμε πιο σχήμα έχει την καλύτερη απόδοση. Δηλαδή σε πόσες ομάδες διάσωσης αν χωρίσουμε το ανθρώπινο δυναμικό έχουμε την καλύτερες επιδόσεις. Πειραματιζόμαστε για 2 ομάδες(+1 των υπευθύνων), 4 ομάδες(+1 των υπευθύνων), 6 ομάδες(+1 των υπευθύνων). Επίσης μετράμε και το πώς αντιδράνε τα διάφορα πρωτόκολλα όταν η ταχύτητα κίνησης των κόμβων αυξάνει, καθώς και τι επιρροές έχει η αύξηση της εμβέλειας της κεραίας στην απόδοση του συστήματος. Η διάρκεια της προσομοίωσης είναι 180 δευτερόλεπτα. Η ανταλλαγή των πακέτων ξεκινάει μετά τα τριάντα δευτερόλεπτα προσομοίωσης και κρατάει ως το τέλος του πειράματος. Για κάθε ομάδα έχει οριστεί να στέλνονται 2 πακέτα ανά δευτερόλεπτο , ενώ για την ομάδα των υπευθύνων 4 πακέτα ανά δευτερόλεπτο. Για την ομάδα των υπευθύνων ιδιαίτερα ένας από τους κόμβους της ,έχει οριστεί ως αρχηγός. Είναι δηλαδή ο αρχηγός όλης της επιχείρησης και αυτός μόνο στέλνει πακέτα στους άλλους υπεύθυνους των ομάδων.

6.3 περιβάλλον προσομοίωσης

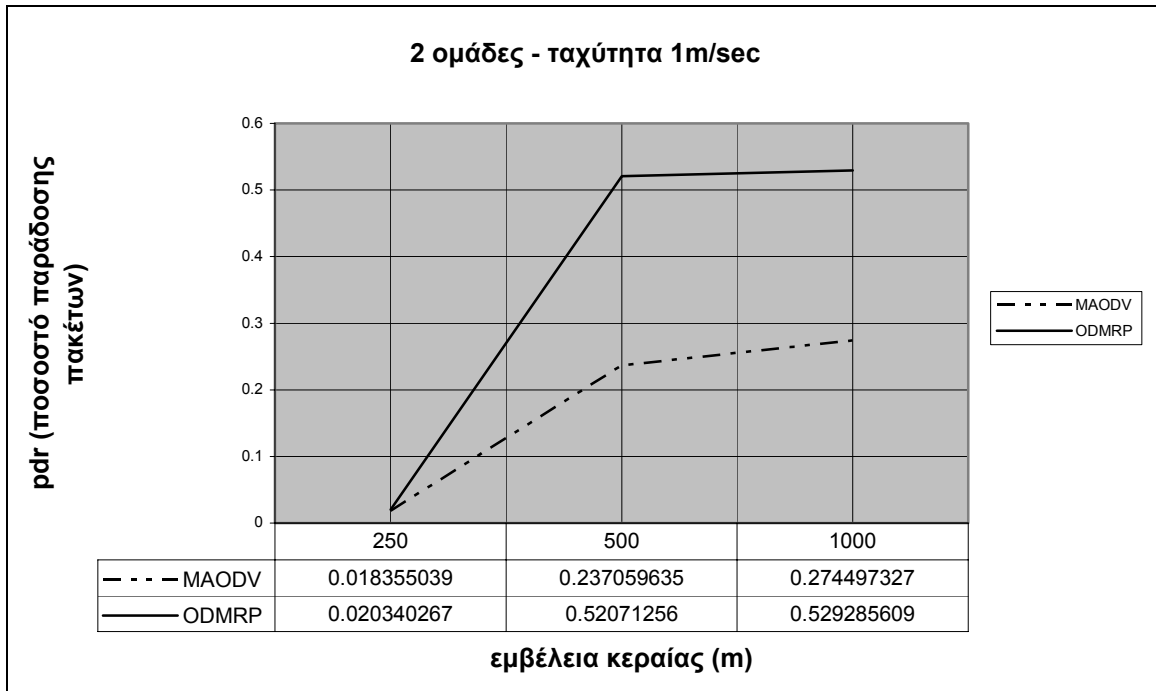
Ο Ns-2 είναι ο προσομοιωτής που επιλέχθηκε για αυτά τα πειράματα. Χρησιμοποιούμε την προέκταση του Ns-2 από το Monarch project για τα ODMRP και ADMR πρωτόκολλα, και την ενσωμάτωση του MAODV από τους Zhu & Kunz . οι παράμετροι της προσομοίωσης είναι οι παρακάτω :

Παράμετροι	τιμές
Nodes -κόμβοι	120
Groups – ομάδες	2 +1 ή 4+1 ή 6+1
Nodes /group-κόμβοι/ομάδες	60 ή 30 ή 20
Senders-αποστολείς	2 ή 4 ή 6
Movement-κίνηση	Μερικώς τυχαία σε συγκεκριμένη περιοχή
Bitrate–ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	2 πακέτα (2*256 Bytes) ανά δευτερόλεπτο για τις ομάδες και 4 πακέτα (4*256 Bytes) ανά δευτερόλεπτο για την ομάδα των υπευθύνων
Area - περιοχή	4000m * 3000m
Speed - ταχύτητα	1m/sec ή 10m/sec ή 15m/sec
Protocols – πρωτόκολλα	ODMRP , MAODV
Simulation time – χρόνος προσομοίωσης	180 δευτερόλεπτα

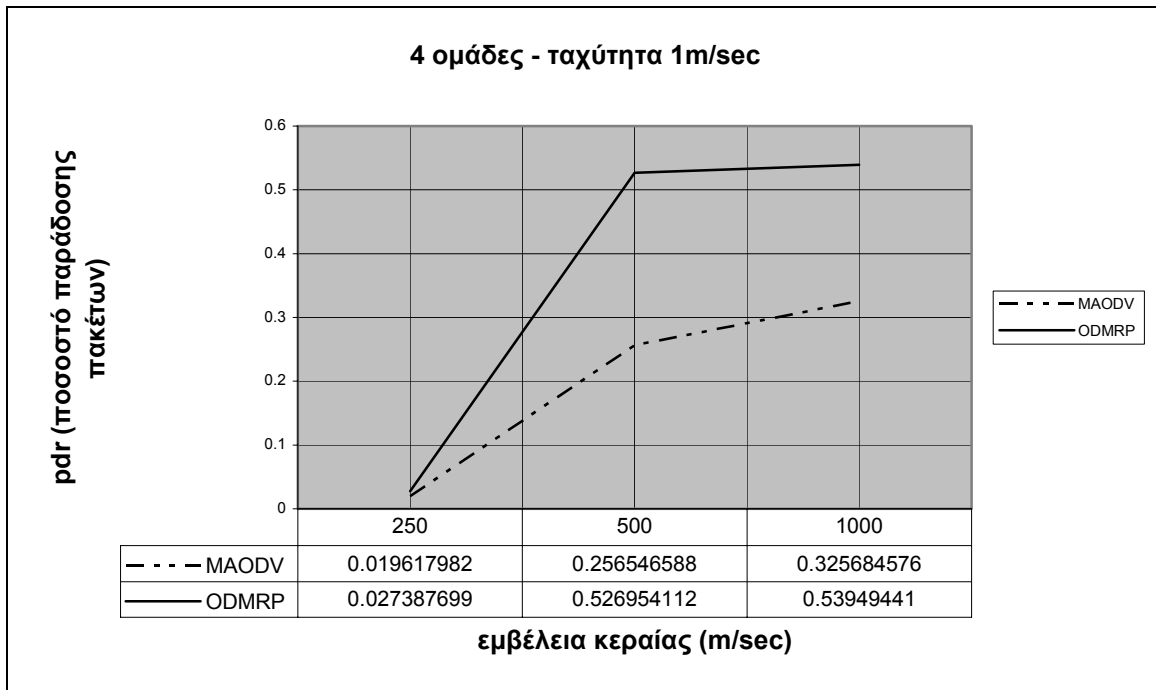
Πίνακας 13 . παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο διάσωσης

6.4 αποτελέσματα προσομοίωσης

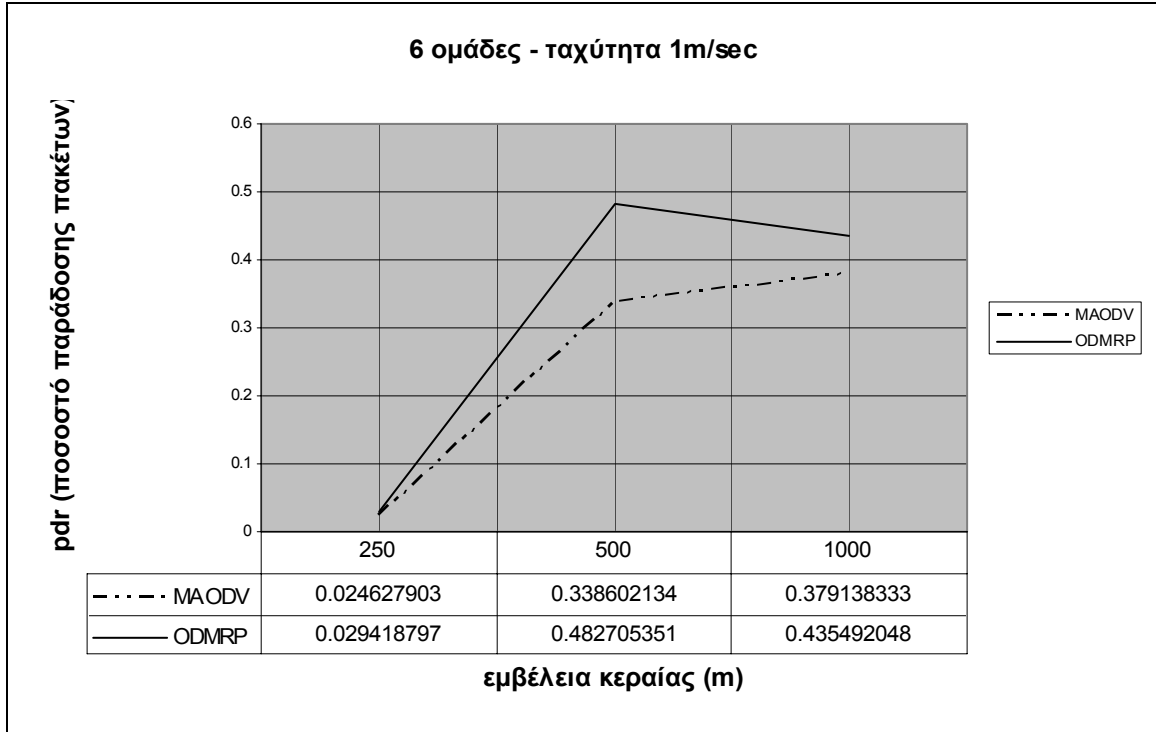
Στα παρακάτω γραφήματα μετράμε το PDR (Packet Delivery Ratio- ποσοστό παράδοσης πακέτων) και το Latency(καθυστέρηση). Το PDR δηλώνει το ποσοστό των πακέτων που στάλθηκαν προς τον αριθμό των πακέτων που παρελήφθησαν και δείχνει την αξιοπιστία του πρωτοκόλλου. Το latency δείχνει την μέση καθυστέρηση του πακέτου , μέτρο το οποίο είναι πολύ σημαντικό κυρίως σε εφαρμογές πολυμέσων.



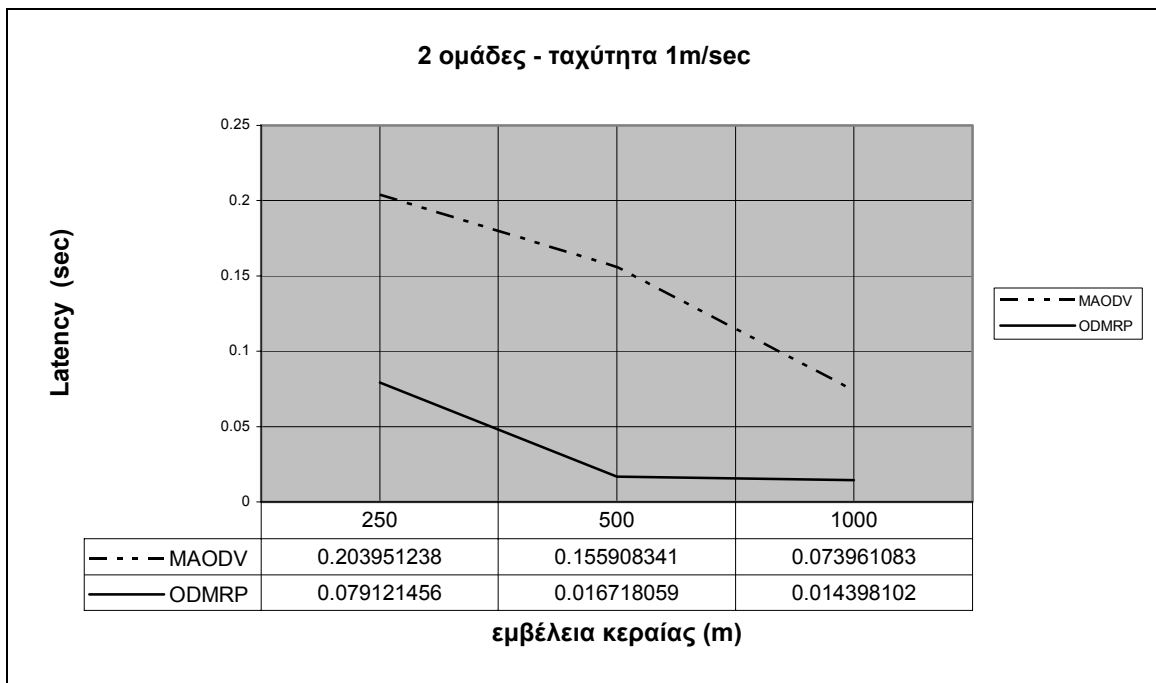
Γράφημα 25. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 2 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



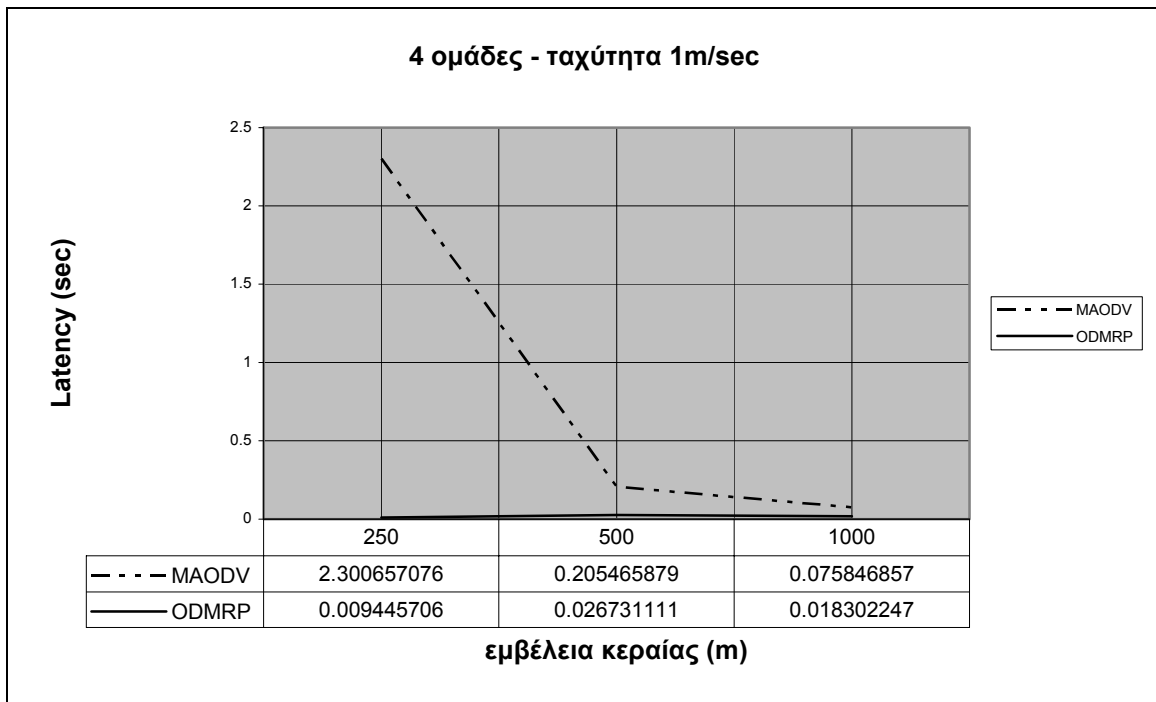
Γράφημα 26. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 4 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



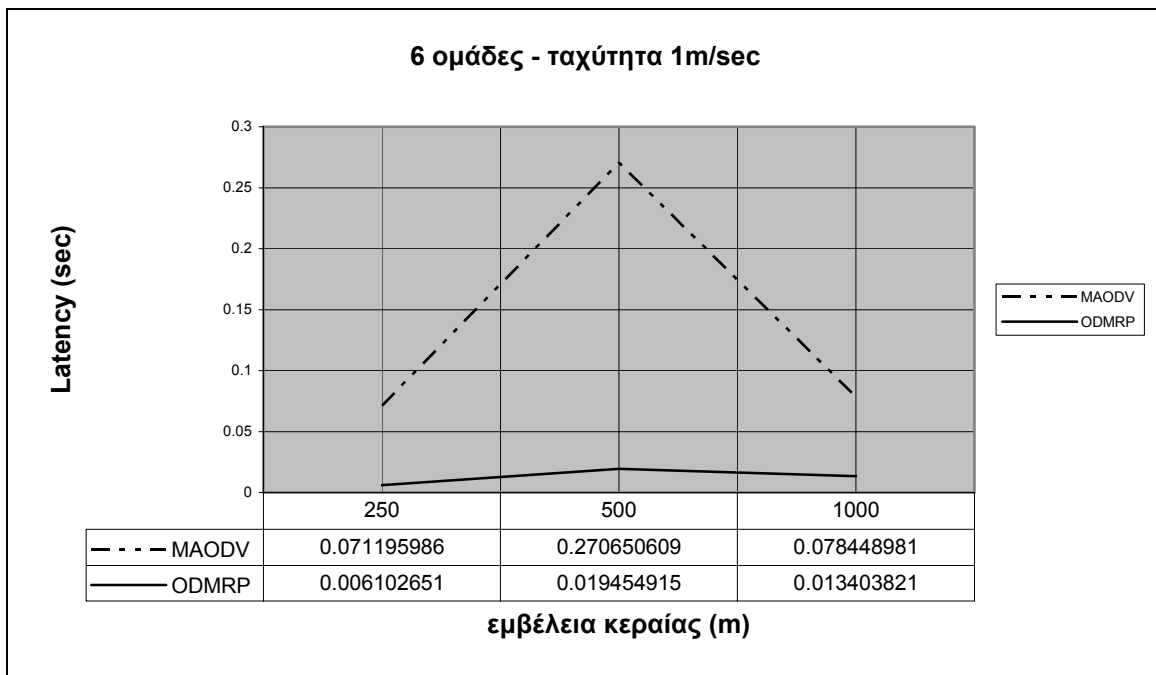
Γράφημα 27. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 6 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



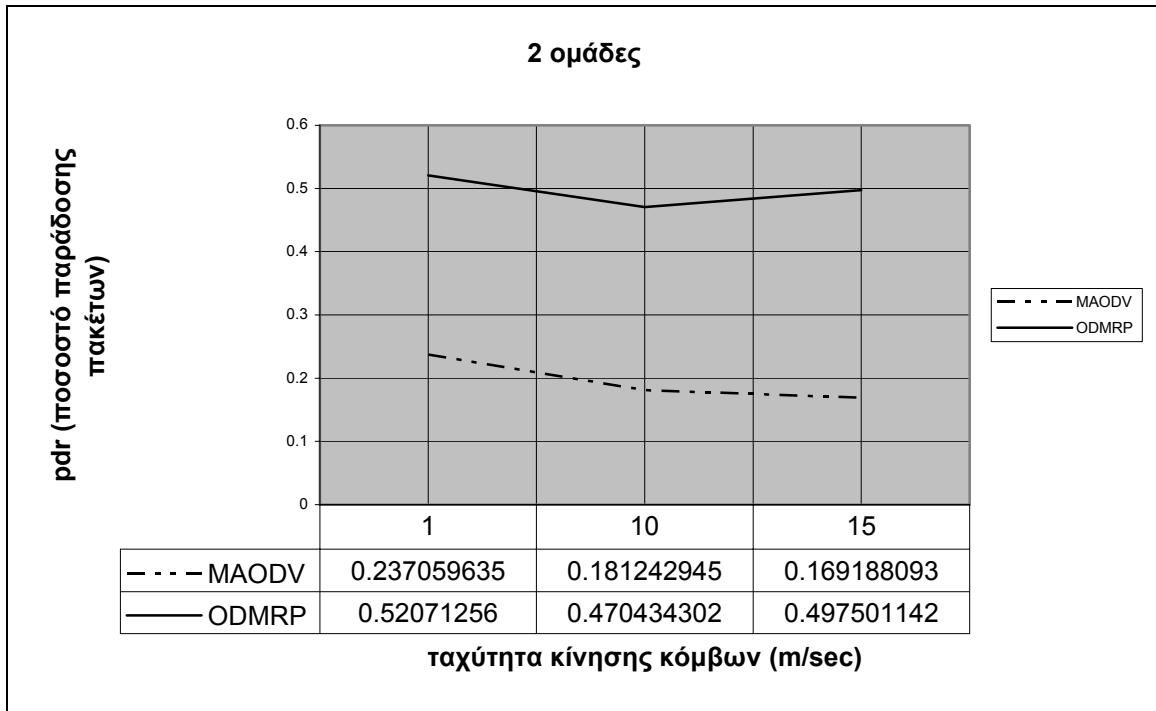
Γράφημα 28. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 2 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



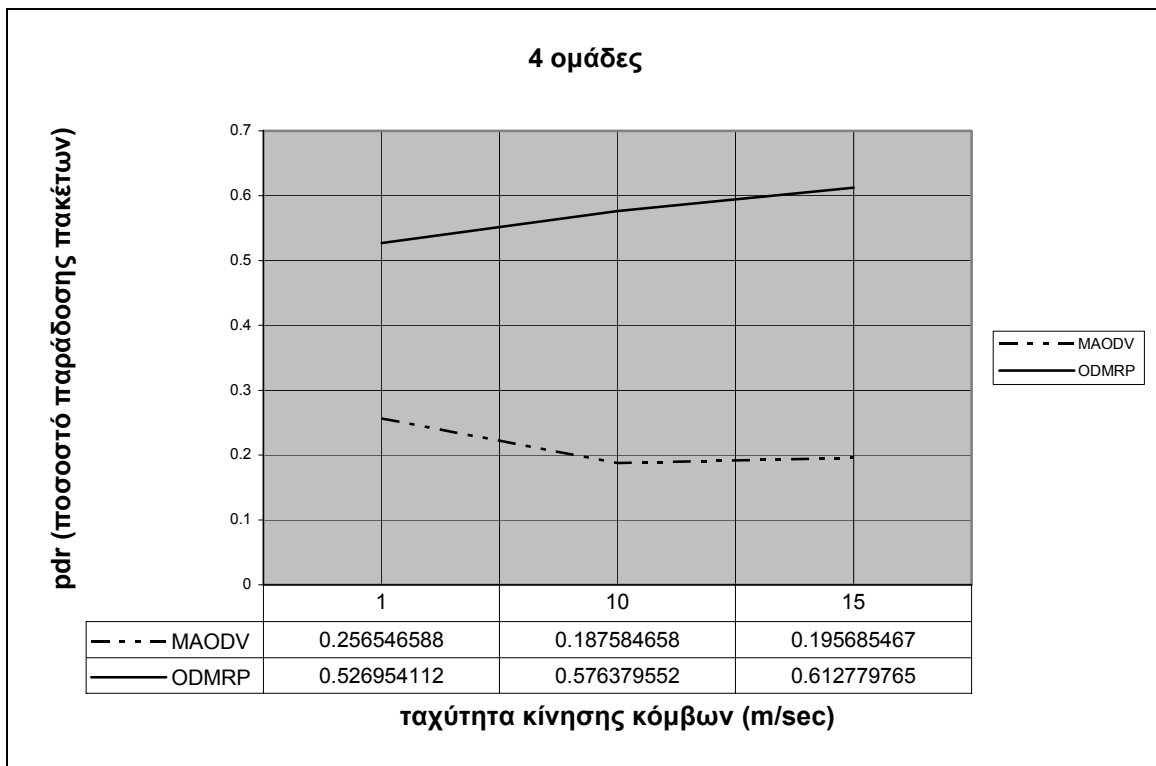
Γράφημα 29. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 4 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



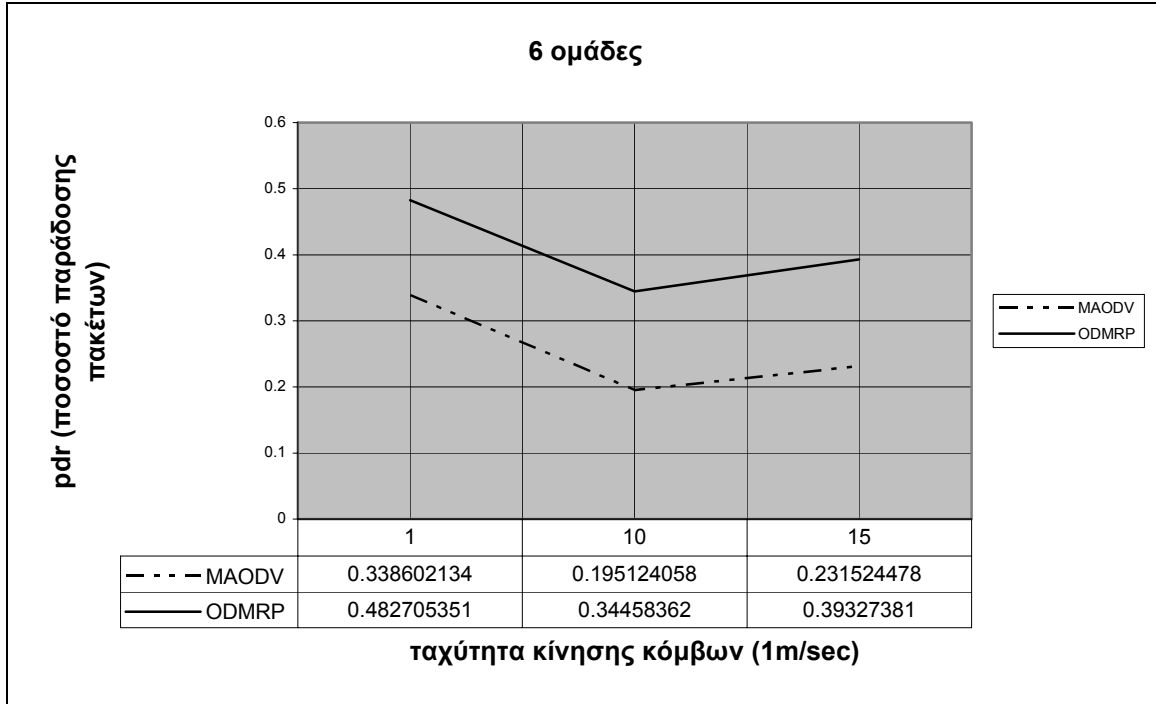
Γράφημα 30. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 6 ομάδες με ταχύτητα 1/sec



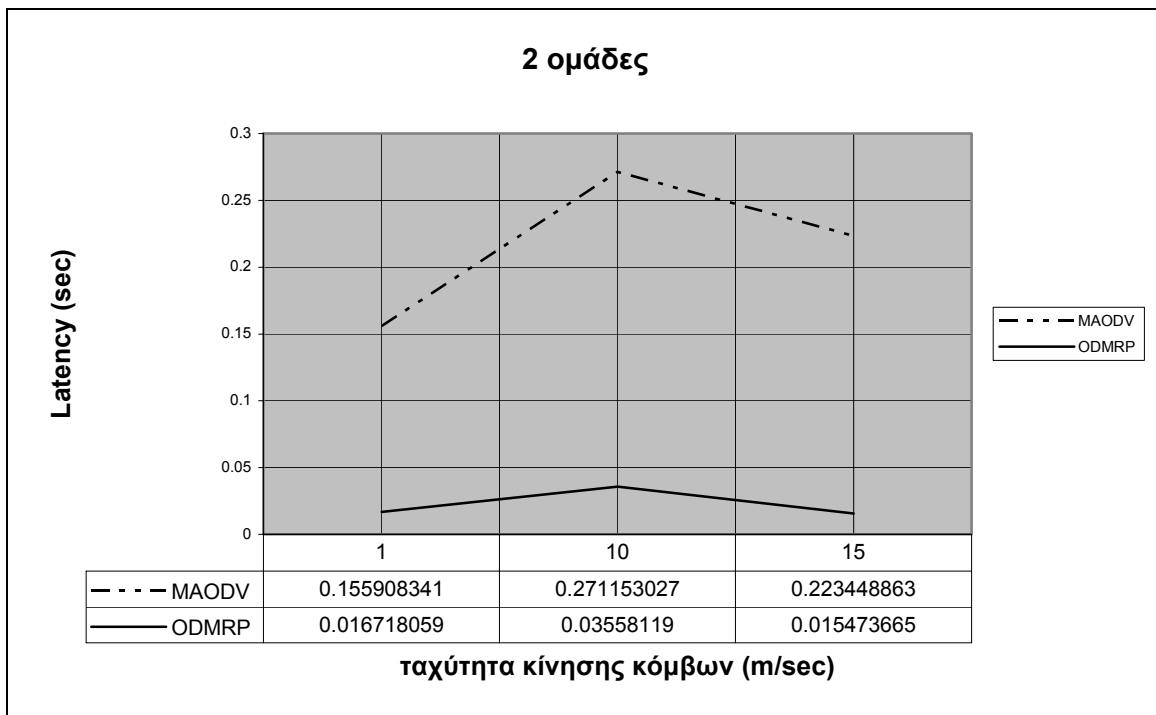
Γράφημα 31. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 2 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ



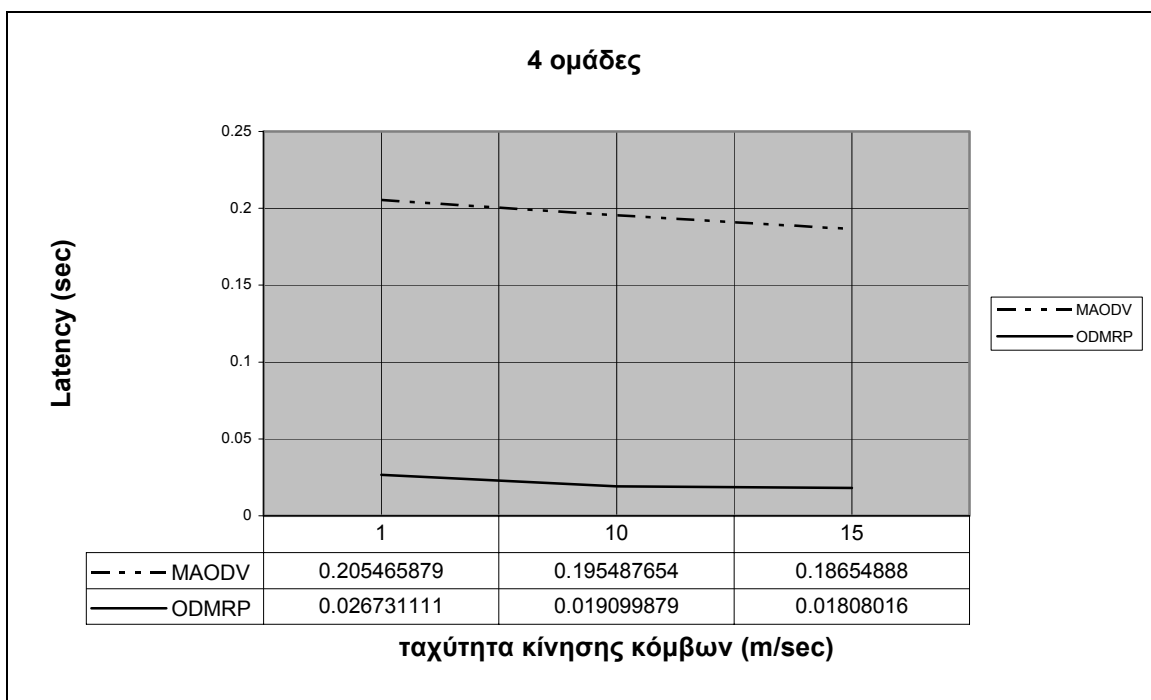
Γράφημα 32. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 4 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ



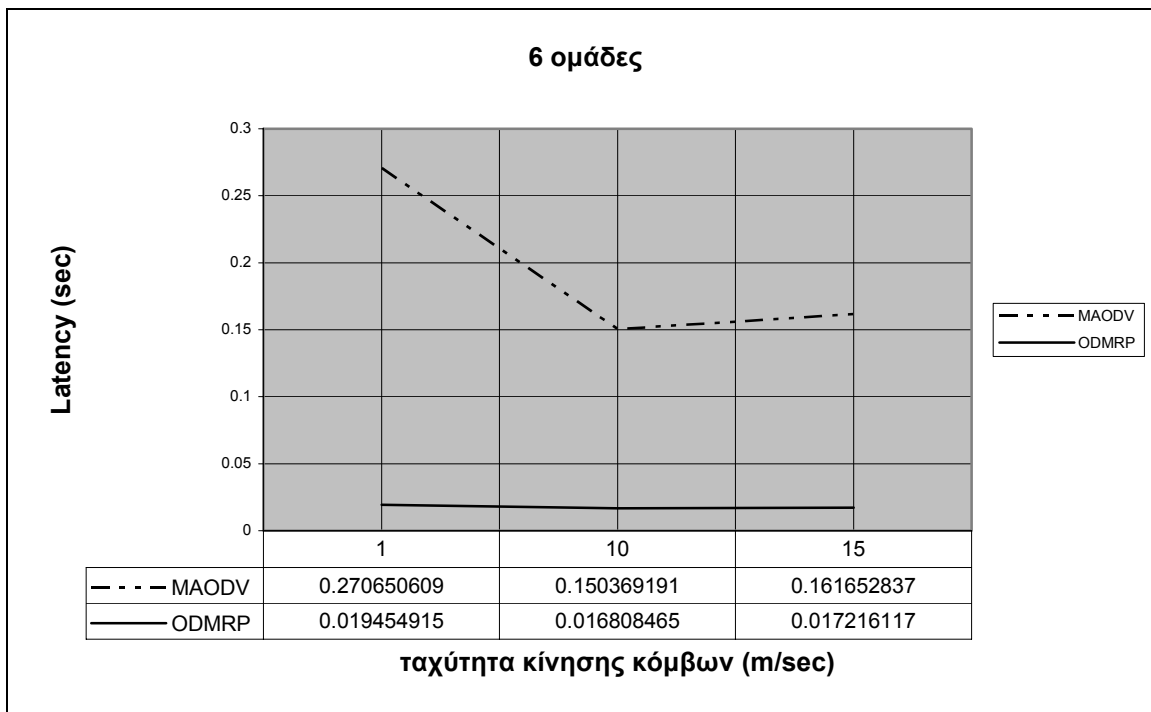
Γράφημα 33. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 6 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ



Γράφημα 34. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 2 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ



Γράφημα 35. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 4 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ



Γράφημα 36. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 6 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ

6.5 Συμπεράσματα

στα Γραφήματα 25, 26, 27 συγκρίνουμε τον αριθμό των ομάδων (2,4,6 αντίστοιχα) σε σχέση με την εμβέλεια της κεραίας. Και στα τρία πειράματα , με εμβέλεια κεραίας 250μ , έχουμε πάρα πολύ χαμηλές τιμές PDR. Έχοντας σαν εμβέλεια κεραίας τα 500μ και τα 1000μ παρατηρούμε ότι το πρωτόκολλο ODMRP υπερτερεί αρκετά σε σχέση με το MAODV , χωρίς όμως πάλι να βλέπουμε ιδιαίτερα αξιόλογες τιμές PDR.

Στα Γραφήματα 28,29,30 συγκρίνουμε τον αριθμό των ομάδων (2,4,6 αντίστοιχα) σε σχέση με την εμβέλεια της κεραίας, μετρώντας το Latency αυτήν την φορά. Και στα τρία πειράματα το ODMRP παρουσιάζει πολύ καλύτερες τιμές , ενώ στο γράφημα 30 το MAODV παρουσιάζει μία ανωμαλία.(πολύ υψηλό Latency στα 500μ εμβέλεια)

Στα γραφήματα 31,32,33 συγκρίνουμε τον αριθμό των ομάδων (2,4,6 αντίστοιχα) σε σχέση με την ταχύτητα των κόμβων. Το ODMRP υπερτερεί και σε αυτά τα γραφήματα από 1,5 έως και 3 φορές .

Στα γραφήματα 34,35,36 συγκρίνουμε τον αριθμό των ομάδων (2,4,6 αντίστοιχα) σε σχέση με την ταχύτητα των κόμβων μετρώντας το Latency αυτήν την φορά. Και σε αυτά τα γραφήματα το ODMRP παρουσιάζει πολύ καλύτερες τιμές.

Από όλα τα παραπάνω γραφήματα φαίνεται ότι το ODMRP είναι αρκετά καλύτερο από MAODV σε όλα τα σενάρια. Η καλύτερη τιμή PDR επιτυγχάνεται για 500m εμβέλεια όταν έχουμε 4 ομάδες και 15m/sec ταχύτητα (61.2%)(ODMRP) ενώ το καλύτερο Latency όταν έχουμε 6 ομάδες , ταχύτητα 1m/sec 250m εμβέλεια. (0,0061) (ODMRP)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΚΩΔΙΚΑΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗ ΕΜΒΕΛΕΙΑ ΚΕΡΑΙΑΣ

(500μέτρα εμβέλεια κεραίας- MAODV)

```
# TCL script takes two parameters: #bitrate , #packet,

#argv0=area argv1=trace
# Check for command-line parameters
#

if {$argc != 4} {
    error "Usages: ns ns.tcl <bitrate> <packet>"
}

set opt(stop) 900.0
set nodes      50
set mobility    1
set scenario    [lindex $argv 2]
set pausetime  0
set traffic     [lindex $argv 3]
set senders     1
set receivers   20
set trace       [lindex $argv 1]
set area [lindex $argv 0]
Phy/WirelessPhy set RXThresh_ 2.28289e-11

set ns_ [new Simulator]
set topo [new Topography]
$topo load_flatgrid $area $area

set tracefd [open ./$trace w]
$ns_ trace-all $tracefd
#set namfd [open a.nam w]
#$ns_ namtrace-all-wireless $namfd $area $area
# $ns_ use-newtrace

set god_ [create-god $nodes]
$ns_ node-config -adhocRouting AODV \
                -llType LL \
                -macType Mac/802_11 \
                -ifqLen 50 \
                -ifqType Queue/DropTail/PriQueue \
```

```

        -antType Antenna/OmniAntenna \
        -propType Propagation/TwoRayGround \
        -phyType Phy/WirelessPhy \
        -channel [new Channel/WirelessChannel] \
        -topoInstance $topo \
        -agentTrace ON \
        -routerTrace ON \
        -macTrace OFF \
        -movementTrace OFF

for {set i 0} {$i < $nodes} {incr i} {
    set node_($i) [$ns_ node]
    $node_($i) random-motion 0;
}

puts "Loading connection pattern ..."
source "traffic/$traffic"

puts "Loading scenarios file..."
source "scenarios/$scenario"

for {set i 0} {$i < $nodes} {incr i} {
    $ns_ at $opt(stop) "$node_($i) reset";
}

$ns_ at $opt(stop) "$ns_ halt"

puts "Starting Simulation ..."
$ns_ run

```

κώδικας κίνησης πακέτων για το MAODV

- 1 αποστολέας – 20 παραλήπτες 2 πακέτα /δευτερόλεπτο μεγέθους 256bytes (από το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος)

```
#
# First Multicast group
# 1 sender: node 0
# receiver(s): nodes 30 through 49
#
set udp_(0) [new Agent/UDP]
$udp_(0) set dst_addr_ 0xE000000
$ns_ attach-agent $node_(0) $udp_(0)
#
set cbr_(0) [new Application/Traffic/CBR]
$cbr_(0) set packetSize_ 256
$cbr_(0) set interval_ 0.50
$cbr_(0) set random_ 1
# send enough packets to keep simulation nearly busy: 7.5 packets
# a second, starting at 30, stopping at 179: 2*870 = 1740
$cbr_(0) set maxpkts_ 1740
$cbr_(0) attach-agent $udp_(0)
$cbr_(0) set dst_ 0xE000000
$ns_ at 30.0 "$cbr_(0) start"
#
# the nodes have to join the multicast group to receive the
packet...
#
for {set i 30} {$i < 49} {incr i} {
    $ns_ at 0.0100000000 "$node_($i) aodv-join-group 0xE000000"
}
```


κώδικας κίνησης πακέτων για το ODMRP – ADMRP

- 1 αποστολέας -20 παραλήπτες 40 πακέτα /δευτερόλεπτο μεγέθους 256 bytes
(από το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο)

```
#
# nodes: 60, send rate: 0.5, join_dur_r 0 (join_dur_min = 60,
join_dur_max = 30) seed:
#
#
# mcast CBR src 0 for group 32769 added at time 29.995677392853274
#
set cbr_(1) [$node_(0) mcast-create-source CBR $node_(0) 32769 0
29.995677392853274 ]
$cbr_(1) set packetSize_ 256
$cbr_(1) set interval_ 0.025
$cbr_(1) set random_ 1
$cbr_(1) set maxpkts_ 6000
$ns_ at 29.995677392853274 "$cbr_(1) start"
$ns_ at 29.697949834958624 "$node_(1) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 14.419447013372299 "$node_(2) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 15.544646170709584 "$node_(3) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 17.688085980568122 "$node_(4) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 11.694389191313828 "$node_(5) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 18.719282191581687 "$node_(6) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 18.168303541917496 "$node_(7) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 26.910726398653686 "$node_(8) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 0.23057407244601011 "$node_(9) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 28.527130744665456 "$node_(10) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 10.354930204504601 "$node_(11) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 27.89505856479288 "$node_(12) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 23.95945144535948 "$node_(13) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 12.931329357871475 "$node_(14) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 10.265754577827526 "$node_(15) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 10.54472017127309 "$node_(16) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 6.0156887518315054 "$node_(17) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 18.080103806257299 "$node_(18) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 4.6183775200594113 "$node_(19) join-group CBR 32769 32769 0"
$ns_ at 9.9547846708236207 "$node_(20) join-group CBR 32769 32769 0"
```

Κώδικας ανάλυσης αποτελεσμάτων

```
$i = 0;
while($i < $totalPid){
    $send[$i] = 0;
    $sendTime[$i] = 0;
    $j = 0;
    while($j<$totalNodes){
        $recv[$i][$j] = 0;
        $latency[$i][$j] = 0;
        $j++;
    }
    $i++;
}

while (<MYFILE>)
{
    $current_time = findTime($_);
    if (m/cbr/ && m/^s/ && m/AGT/) {
        $id = findPacketId($_);
        $send[$id] = 1;
        $sendTime[$id] = $current_time;
    }
    elseif(m/cbr/ && m/^r/ && m/RTR/){
        $id = findPacketId($_);
        $node = findNodeId($_);
        if ($recv[$id][$node] == 0){
            $recv[$id][$node] = 1;
            $latency[$id][$node] = $current_time - $sendTime[$id];
        }
    }
}

print "almost done!\n";
close (MYFILE);

$totalSend = 0;
$totalRecv = 0;
$totalLatency = 0;
$i = 0;
while ($i < $totalPid){
    if ($send[$i] == 1){
        $totalSend++;
        $j = $totalNodes - $totalReceivers;
        if ($j == 0 ) {$j = 1;}
        while ($j < $totalNodes){
            if ($recv[$i][$j] == 1){
                $totalRecv++;
                $totalLatency += $latency[$i][$j];
            }
            $j++;
        }
    }
}
```

```

    }
  }
  $i++;
}

print PACKET "The number of receivers is : ", $totalReceivers, "\n";
print PACKET "The number of sent-out packets is: ", $totalSend,
"\n";
print PACKET "The number of received packets is: ", $totalRecv,
"\n";
if ($totalReceivers != $totalNodes) {
  print PACKET "Ratio is ", $totalRecv/($totalSend*$totalReceivers),
"\n";
}
else {
  print PACKET "Ratio is ", $totalRecv/($totalSend*($totalReceivers
- 1)), "\n";
}

print PACKET "Latency is ", $totalLatency/$totalRecv, "\n";

close (PACKET);

sub findPacketId {
  @fields = split(/ /, $_[0]);
  $pid = $fields[6];
  if ($fields[4] != "") {$pid = $fields[5];}
  return $pid;
}

sub findTime {
  @fields = split(/ /, $_[0]);
  $theTime = $fields[1];
  return $theTime;
}

sub findNodeId {
  $startPo = index($_[0], "_")+1;
  $endPo = index($_[0], "_", $startPo);
  $len = $endPo - $startPo;
  $node = substr($_[0], $startPo, $len);
  return $node;
}

```

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ – ΠΙΝΑΚΩΝ – ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

σχήμα 1 : ασύρματοι κόμβοι στην Θεσ/νικη	5
σχήμα 2 : κάλυψη ασύρματου δικτύου στο Μετσόβιο Πανεπιστήμιο.....	6
σχήμα 3: MANET δίκτυα.....	7
σχήμα 4. Πολυεκπομπή (Multicast).....	8
σχήμα 5. BLOCK DIAGRAM OF A FREQUENCY HOPPING SYSTEM.....	13
σχήμα 6. FREQUENCY HOPPING SIGNAL.....	14
σχήμα 7. Direct Sequence Spread Spectrum.....	16
σχήμα 8. Χωρητικότητα ανά κελί.....	18
Σχήμα 9. MANET σε ένα αρχαιολογικό χώρο.....	45
σχήμα 10. MANET στο αρχηγείο του εθνικού δάσους.....	48

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Τιμές παραμέτρων για το AMRoute πρωτόκολλο.....	20
Πίνακας 2. Τιμές παραμέτρων για το AMRIS πρωτόκολλο.....	22
Πίνακας 3. Τιμές παραμέτρων για το CAMP πρωτόκολλο.....	24
Πίνακας 4. Τιμές παραμέτρων για το MAODV πρωτόκολλο.....	29
Πίνακας 5. Τιμές παραμέτρων για το ODMRP πρωτόκολλο.....	31
Πίνακας 6. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με τους διάφορους ρυθμούς μετάδοσης	32
Πίνακας 7. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με τα διαφορετικά μήκη περιοχών.....	33
Πίνακας 8. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με διαφορετικές ταχύτητες κίνησης των κόμβων.....	34
Πίνακας 9. Παράμετροι προσομοίωσης για το πείραμα με διαφορετικές εμβέλειες των κεραιών.....	34
Πίνακας 10. Αντιστοιχία μεταξύ των παραμέτρων της εξομοίωσης και τι συμβολίζουν στην πραγματικότητα.....	43
Πίνακας 11. Παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	44
Πίνακας 12. Παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο επίσκεψης σε εθνικό δάσος.....	47
Πίνακας 13. Παράμετροι προσομοίωσης για το σενάριο διάσωσης	63

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. pdf έναντι ρυθμού μετάδοσης.....	36
Γράφημα 2. pdf έναντι μεγέθους περιοχής.....	36
Γράφημα 3. pdf έναντι ταχύτητας κίνησης κόμβων.....	37
Γράφημα 4. PDR έναντι εμβέλεια κεραίας.....	37
Γράφημα 5 . Latency έναντι ρυθμού μετάδοσης δεδομένων.....	38
Γράφημα 6 . Latency έναντι εμβადού περιοχής κίνησης.....	38
Γράφημα 7. Latency έναντι ταχύτητας.....	39
Γράφημα 8. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας.....	39
Γράφημα 9. PDR έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 256 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	49
Γράφημα 10. PDR έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 512 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	50
Γράφημα 11. Latency έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 256 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	51
Γράφημα 12. Latency έναντι κίνησης πακέτων (cbr) μεγέθους 512 Bytes για το σενάριο επίσκεψης σε αρχαιολογικό χώρο.....	51
Γράφημα 13. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	52
Γράφημα 14. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	53
Γράφημα 15. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολείς και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	53
Γράφημα 16. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	54
Γράφημα 17. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	54
Γράφημα 18. PDR έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	55

Γράφημα 19. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	55
Γράφημα 20. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	56
Γράφημα 21. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολείς και ταχύτητα =1m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	56
Γράφημα 22. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 1 αποστολέα και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	57
Γράφημα 23. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 2 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος.....	57
Γράφημα 24. Latency έναντι τον αριθμό των παραληπτών με 3 αποστολείς και ταχύτητα =20m/sec για την επίσκεψη σε εθνικό δάσος	58
Γράφημα 25. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 2 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	64
Γράφημα 26. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 4 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	64
Γράφημα 27. PDR έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 6 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	65
Γράφημα 28. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 2 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	65
Γράφημα 29. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 4 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	66
Γράφημα 30. Latency έναντι της εμβέλειας της κεραίας για 6 ομάδες με ταχύτητα 1/sec.....	66
Γράφημα 31. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 2 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ	67
Γράφημα 32. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 4 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ	67
Γράφημα 33. PDR έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 6 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ	68
Γράφημα 34. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 2 ομάδες, και εμβέλεια κεραίας 500μ	68

Γράφημα 35. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 4 ομάδες, και εμβέλεια
κεραίας 500μ.....69

Γράφημα 36. Latency έναντι της ταχύτητας των κόμβων με 6 ομάδες, και εμβέλεια
κεραίας 500μ69

REFERENCES

1. A Condensed Review of Spread Spectrum Techniques for ISM Band Systems (Intersil) (άρθρο της Intersil πάνω στις τεχνολογίες των ασύρματων δικτύων)
2. Alvarion Professional Education Center (ALPEC) (FHSS VS DSSS) (άρθρο της ALPEC συγκριτικό των δύο βασικότερων τεχνολογιών ασύρματης διασύνδεσης)
3. Bagrodia R., Gerla M., Hsu J., Su W., & Lee S.-J. “A performance comparison study of ad hoc wireless multicast protocols”, *Proceedings of the 19th Annual Joint Conf. of the IEEE Computer and Communications Societies*, March 2000, pages 565 – 574.
4. Chatchai Khunboa & Robert Simon Mobile Ad Hoc Multicasting to Support Distributed Virtual Environments
5. Chen Y.-S., Kao T.-C., & Sheu J.-P., "A Mobile Learning System for Scaffolding Bird Watching Learning", *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 19, No. 3, pp.347-359, Sep. 2003.
6. Chiang Ching-Chuan Gerla Mario Zhang Lixia “ Adaptive Shared Tree Multicast in Mobile Wireless Networks”
7. Christman M, “ Extension for Multicast in Mobile Ad Hoc Networks (XMMAN): The reduction of data overhead in wireless multicast trees”
8. David Lundberg “Ad hoc Protocol Evaluation and Experiences of Real World Ad Hoc Networking”

9. Dillenbourg P., Baker M., Blaye A., & O'Malley C., "The evolution of research on collaborative learning", In E. Spada & P. Reiman (Eds) *Learning in Humans and Machine: Towards an interdisciplinary learning science*, pp. 189-211. Oxford: Elsevier, 1996.
10. DSSS vs. FHSS narrowband interference performance issues (*Earl McCune*)
(άρθρο του Earl McCune συγκριτικό των δύο βασικότερων τεχνολογιών ασύρματης διασύνδεσης)
11. Hafner W., & Ellis T. J., "Project-Based, Asynchronous Collaborative Learning", *Proceedings of the 37th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2004.
12. Hong X., Xu K., & Gerla M., "Scalable Routing Protocols for Mobile Ad Hoc Networks," *IEEE Network, special issue on Scalability in Communication Networks*, July-Aug, 2002, pp. 11-21.
13. <http://monarch.cs.rice.edu>
14. <http://www.noc.ntua.gr/index.php?module=ContentExpress&func=display&ceid=106&meid=122>
15. http://www.palowireless.com/i802_11/
16. <http://www.wi-fiplanet.com/>
17. Jetcheva J. G. & Johnson D. B., "Adaptive demand-driven multicast routing in multi-hop wireless ad hoc networks", *Proceedings of ACM MobiHoc*, Long Beach, CA, Oct. 2001, pp. 33-44.
18. Jetcheva Jorjeta G. , Johnson David B. "Adaptive Demand Driven Multicast Routing in MultiHop Wireless Ad Hoc Networks"
19. Kinshuk, Suhonen J., Sutinen E. & Goh T., "Mobile Technologies in Support of Distance Learning. " *Asian Journal of Distance Education*, 1 (1), 60-68, 2003.

20. Kunz T. "Reliable Multicasting in MANETs", *Contractor Report, Communications Research Centre, Ottawa, Canada, July 2003.*
21. Kunz T. & Cheng E., "Multicasting in Ad-Hoc Networks: "Comparing MAODV and ODMRP", *Proceedings of the Workshop on Ad hoc Communications, Bonn, Germany, September 2001.*
22. Lee S.-J., Gerla M., & Chiang, C.-C. "On-demand multicast routing protocol", *Proceedings of IEEE WCNC, 1999.*
23. Mamoukaris K. V. & Economides A. A., "Wireless technology in educational system", *Proceedings 11th International PEG Conference, Powerful ICT Tools for Learning and Teaching, PEG 2003.*
24. Michailidou A. & Economides A., "Elearn: Towards a Collaborative Educational Virtual Environment", *Journal of Information Technology Education (JITE), Vol. 2, p.p. 131-152, 2003. ISSN 1547-9714.*
25. Mohapatra P & Li Jian Gui Chao " Multicasting in Ad Hoc Networks "
26. Paper τεχνικής επιτροπής για ασύρματη διασύνδεση μονάδων του ΠΣΔ
27. Ratto M., Shapiro R. B., Truong T. M. & Griswold W.G. "The activeclass project: Experiments in encouraging classroom participation", *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning, 2003.*
28. Royer E. M., & Perkins C. E., "Multicast Operation of the Ad-hoc On-demand Distance Vector Routing Protocol", *Proceedings of MobiCom '99, Seattle, WA, August 1999, pp. 207-218.*
29. Russell G.& Pitt I., "Visions of a Wireless Future in Education Technology" *Journal of issues in informing science and Information Technology, Volume 1, 2004, pp. 747-752*

30. Sung-Ju Lee & Willian Su & Gerla M “On Demand Multicast Routing Protocol In Multihop Wireless Networks”
31. Sung-Ju Lee “ Routing and Multicasting Strategies in Wireless Mobile Ad Hoc Networks
32. Wireless LAN Technology from Cisco Systems (άρθρο από την Cisco πάνω στις τεχνολογίες των ασύρματων δικτύων)
33. Wuji Y “Performance Analysis of Multicast Routing Algorithms”
34. www.twma.net
35. Zhu Y. & Kunz T, “MAODV Implementation for NS-2.26”, *Systems and Computing Engineering, Carleton University, Technical Report SCE-04-01*, January 2004.
36. Ημερίδα ενημέρωσης ασυρμάτων δικτύων
37. Τεχνικές προδιαγραφές ασυρμάτων δικτύων του ΠΑΜΑΚ (edunet)