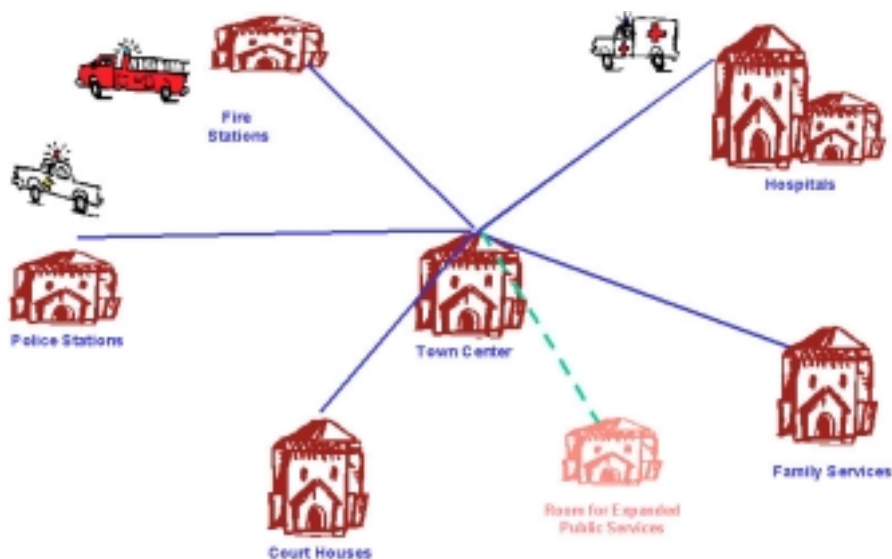


University of Macedonia
Master Information Systems
Networking Technologies
Professor: A.A. Economides
E-mail: economid@uom.gr

*Algorithms for Topology Design & Planning of
Wireless Networks*

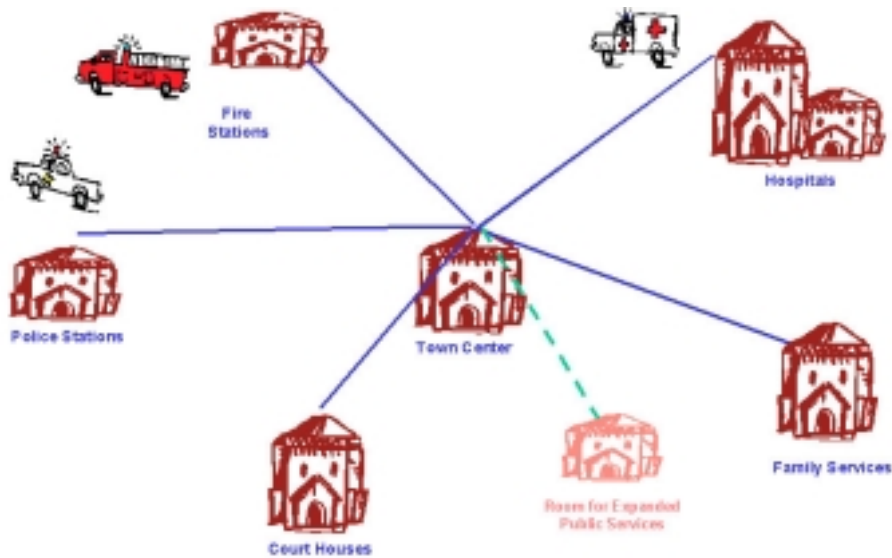


PLYTA ELISABETH

Thessalonikh 2002

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών & Δικτύων
Υπεύθυνος Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης
E-mail: economid@uom.gr

*Αλγόριθμοι Τοπολογικού Σχεδιασμού και Διαχείρισης
Ασύρματων Δικτύων*



ΠΑΥΤΑ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ

Θεσσαλονίκη 2002

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7	
ABSTRACT	8	
Κεφάλαιο 1	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	
1.1 Πρόλογος		9
1.2 Ιστορικά Στοιχεία		10
1.3 Wireless Family Tree		11
Κεφάλαιο 2	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ	
2.1 Ορισμός		13
2.2 Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης		13
2.3 Τοπολογίες		14
2.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής		15
2.5 Ασύρματα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής		17
2.6 Ασύρματα Δίκτυα Ασύγχρονης Μεταφοράς		18
2.7 Ασφάλεια Ασύρματων δικτύων		19
2.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα		21
Κεφάλαιο 3	ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.111	
3.1 IEEE 802.11		22
3.2 Αρχιτεκτονικές του IEEE 802.11		23
3.3 Αναγνώριση κόμβου		25
3.4 IEEE 802.11 Φυσικό Επίπεδο		25
3.5 Γνωρίσματα του MAC Layer		26
3.6 Hidden Nodes		27
3.7 Το πρότυπο IEEE 802.11b		28

Κεφάλαιο 4 ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ ΤΟΠΟΛΟΓΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	
4.1 Πρωτόκολλα Δρομολόγησης	30
4.2 Αλγόριθμος GSR (Global State Routing)	31
4.3 Αλγόριθμος WRP (Wireless Routing Protocol)	33
4.4 Αλγόριθμος ZRP (Zone Routing Protocol)	34
ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	38

Contents

ABSTRACT	8
CHAPTER 1 HISTORY OF WIRELESS NETWORKS	
1.1 Prologue	9
1.2 History of Wireless Networks	10
1.3 Wireless Family Tree	11
CHAPTER 2 INTRODUCTION TO WIRELESS NETWORKS	
2.1 Definition	13
2.2 Wireless Transfer Methods	13
2.3 Topologies	14
2.4 Wireless Local Area Networks	15
2.5 Wireless Wide Area Networks	17
2.6 Wireless Asynchronous Transfer Mode Networks	18
2.7 Security of Wireless Networks	19
2.8 Advantages – Disadvantages	21
CHAPTER 3 IEEE 802.11 SPECIFICATION	
3.1 IEEE 802.11	22
3.2 Architecture of IEEE 802.11	23
3.3 Node Authentication	25
3.4 IEEE 802.11 Physical Layer	25
3.5 Features of MAC Layer	26
3.6 Hidden Nodes	27
3.7 The IEEE 802.11b Specification	28

CHAPTER 4	ALGORITHMS FOR TOPOLOGY DESIGN AND PLANING OF WIRELESS NETWORKS	
4.1	Routing Protocols	30
4.2	GSR Algorithm (Global State Routing)	31
4.3	WRP Algorithm (Wireless Routing Protocol)	33
4.4	ZRP Algorithm (Zone Routing Protocol)	34
	CONCLUSION	37
	BIBLIOGRAPHY	38

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στο παρόν δυναμικό επιχειρηματικό περιβάλλον, οι εταιρίες είναι αναγκασμένες να γίνουν πιο ανταγωνιστικές προκειμένου να επιβιώσουν. Ο ασφυκτικός ανταγωνισμός, η παγκοσμιοποίηση και οι αλλαγές στην συμπεριφορά του πελάτη παρουσιάζουν νέες προκλήσεις στις εταιρίες. Οι τελευταίες πρέπει να προσαρμόσουν τις αλλαγές στο εργασιακό περιβάλλον αρκετά γρήγορα και να επενδύσουν περισσότερο στην τεχνογνωσία και στους εργαζομένους, για να είναι ικανοί να αυξήσουν την ανταγωνιστικότητά τους. Μια από τις πιο πρόσφατες και συγκεκριμένες αλλαγές στο επιχειρησιακό περιβάλλον είναι και η συνεχώς αυξανόμενη ζήτηση για κινητικότητα. Αυτό σημαίνει ότι πελάτες, συνεργάτες και υπάλληλοι πρέπει να έχουν πρόσβαση στις πηγές πληροφοριών και υπηρεσιών μιας εταιρίας ή ενός οργανισμού από όπου και όποτε θέλουν.

Λύση στις αυξανόμενες προκλήσεις και απαιτήσεις δίνουν τα ασύρματα δίκτυα (**Wireless Networks**). Πρόκειται για μια νέα τεχνολογία που συνδέει ηλεκτρονικούς υπολογιστές που βρίσκονται σε απόσταση, χωρίς τη χρήση καλωδιακής υποδομής.

Ασύρματα δίκτυα τοπικής ή ευρείας περιοχής χρησιμοποιούνται σε διάφορες μεγάλες κάθετες αγορές. Εκατοντάδες εκατομμύρια άνθρωποι ανταλλάσσουν πληροφορίες καθημερινά χρησιμοποιώντας pagers, κυψελοειδή τηλέφωνα (cellular telephones) και άλλα ασύρματα προϊόντα επικοινωνίας. Αδέσμευτοι από τα 'λουριά' των συνδεδεμένων με καλώδιο δικτύων, οι χρήστες τόσο σε προσωπικό όσο και σε επιχειρησιακό επίπεδο είναι σε θέση να έχουν πρόσβαση και να μοιράζονται πληροφορίες σε παγκόσμια κλίμακα. Με άλλα λόγια τα ασύρματα δίκτυα (*Wireless Networks*) ικανοποιούν την ανάγκη των 'κινητών' χρηστών να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο κάθε στιγμή όπου κι αν βρίσκονται και διαφαίνεται η χρησιμότητα τους σε περιπτώσεις που η εφαρμογή καλωδιακής υποδομής είναι δύσκολη, ανεπίτρεπτη ή αδύνατη, όπως σε παλιά κτήρια, κτίρια με ιστορική αξία ή όταν περιβαλλοντολογικοί παράγοντες την καθιστούν αναγκαία π.χ. όταν παρεμβάλλονται βουνά, λίμνες κ.α. Το 1990 με τελική επικύρωση το Σεπτέμβριο του 1999, το IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) διαμόρφωσε το πλέον γνωστό πρότυπο **802.11** για την ασύρματη σύνδεση μεταξύ στάσιμων, φορητών και κινητών υπολογιστών.

Στα ασύρματα δίκτυα στα οποία οι τοπολογίες και οι συνδετικότητες ποικίλλουν, έχουν αναπτυχθεί και συνεχίζουν να αναπτύσσονται, με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης, της ποιότητας και της αξιοπιστίας μετάδοσης καθώς και την επίλυση προβλημάτων όπως η ασφάλεια, *αλγόριθμοι* για τον προσδιορισμό και τον τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων του δικτύου. Οι πιο γνωστοί από αυτούς είναι οι: GSR (Global State Routing), WRP (Wireless Routing Protocol) και ZRP (Zone Routing Protocol).

ABSTRACT

In the present dynamic enterprising environment, the companies are forced to become more competitive to survive. The stifling competition, the globalization and the changes in the behavior of customer present new challenges in the companies. They should adapt the new changes in the labor environment fast enough and invest more in the know-how, in order to be capable to increase their competitiveness. One from the most recent changes in the operational environment is also the continuously increasing demand for mobility. This means that customers, collaborators and employees should have access in the sources of information and services of their company or organism from any place and any time they want.

Solution in the increasing challenges and requirements are the **Wireless Networks**. It is a new technology that connects electronic computers that are in distance, without the use of cable infrastructure. Wireless Local Networks or Wireless Wide Networks are used in various big markets. Hundreds millions persons exchange information daily using pagers, cellular telephones and other wireless products of communication. No longer bound by the harnesses of wired networks, people will be able to access and share information on a global scale anywhere the venture. In other words the Wireless Networks satisfy the need of mobile users to be connected to the network each moment nearly anywhere. Also emerge their usefulness in cases where the application of cable infrastructure is difficult, impermissible or impossible, as in old buildings, buildings with historical value or when physical factors obstructed (e.g. when mountains or lakes are interfered).

In 1990 with final ratification in September 1999, the IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) specified the 802.11 scheme for the wireless connection between stagnant, portable and mobile computers.

For Wireless Networks where topology and connectivity vary, have been developed and continue to develop, aiming at the improvement of yield, the quality and the reliability of transmission as well as the resolution of problems like the safety, *algorithms* for the determination and the communication between the nodes of the network. The most important algorithms are: GSR (Global State Routing), WRP (Wireless Routing Protocol) and ZRP (Zone Routing Protocol).

1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

1.1 Πρόλογος

Τα καλωδιακά δίκτυα ηλεκτρονικών υπολογιστών (*Wired Networks*) χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές μετάδοσης δεδομένων. Σήμερα όμως το ήδη υπάρχον καλωδιακό δίκτυο – τηλεφωνικές ή μισθωμένες υψηλού ρυθμού μετάδοσης γραμμές - δεν είναι ικανό να υποστηρίξει τις νέες υπηρεσίες ευρείας ζώνης που απαιτούν υψηλό ρυθμό μετάδοσης και εγγυημένη ποιότητα υπηρεσίας. Από την άλλη πλευρά τα ασύρματα συστήματα μπορούν να προσφέρουν την δυνατότητα παροχής υπηρεσιών σε υψηλές ταχύτητες, ξεπερνώντας έτσι την ανάγκη για επιπλέον καλωδιώσεις μεγάλης χωρητικότητας.

Τα τελευταία χρόνια η αγορά για τις ασύρματες επικοινωνίες έχει γνωρίσει τεράστια αύξηση. Η ασύρματη τεχνολογία στις μέρες μας φθάνει ή είναι σε θέση να φτάσει σε οποιαδήποτε τοποθεσία της γης.

Το σημαντικότερο κίνητρο και όφελος από τα ασύρματα δίκτυα (*Wireless Networks*) είναι η αυξημένη κινητικότητα. Τα παραδείγματα της πρακτικής εφαρμογής των ασύρματων δικτύων περιορίζονται μόνο από την φαντασία του σχεδιαστή της εφαρμογής και αναφέρονται σε πολλούς τομείς, όπως η υγεία, η εκπαίδευση, το χρηματιστήριο, οι επιχειρήσεις κ.τ.λ..

Υπάρχουν σήμερα πάνω από 80 εκατομμύρια κινητοί κυψελοειδείς συνδρομητές στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής που περιορίζονται συνήθως σε voice-oriented τηλεφωνικές υπηρεσίες και που διασυνδέονται στο δημόσιο σταθερό τηλεφωνικό σύστημα καλωδιώσεων. Αυτή η αύξηση της κινητής κυψελοειδούς τηλεφωνίας παρέχει μια σαφή ένδειξη της σημαντικής αξίας που οι χρήστες δίνουν στην φορητότητα ως χαρακτηριστικό γνώρισμα υπηρεσιών.

Η βιομηχανία τηλεπικοινωνιών αναμένει ότι η αύξηση των κυψελοειδών προσωπικών συνδρομητών συστημάτων (PC) τα επόμενα χρόνια θα είναι ραγδαία. Η αύξηση αυτή θα εμφανιστεί σε ένα περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από την γρήγορη ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών στο Διαδίκτυο και τον προσανατολισμό των τελικών χρηστών προς αυτά, από το World Wide Web (WWW) και την ευροζωνική παράδοση πολυμέσων πέρα από την εξελισσόμενη σταθερή υποδομή καλωδιώσεων.

Το κυριότερο χαρακτηριστικό αυτών των ασύρματων κινητών δικτύων που τα διαφοροποιεί από τα σταθερά δίκτυα καλωδιώσεων είναι η απαίτηση να μοιραστεί ένα περιορισμένο φάσμα εύρους ζώνης, αντιμετωπίζοντας τη διαμάχη και την αμοιβαία co channel παρέμβαση ως αποτέλεσμα ενός μεγάλου και μεταβλητού αριθμού τυχαία τοποθετημένων κινητών χρηστών με διαφορετικές απαιτήσεις σε υπηρεσίες και μεταφορά δεδομένων.

Οι ασύρματες συνδέσεις επικοινωνίας μπορούν γενικά να περιγραφούν ως time-varying, frequency-selective fading multipath channels. Η τοπολογία, η απόδοση συνδέσεων και η ποιότητα υπηρεσιών (QoS) στις εφαρμογές των χρηστών σε ένα τέτοιο περιβάλλον επικοινωνίας χαρακτηρίζεται ως highly time varying.

1.2 Ιστορικά Στοιχεία

Η ασύρματη δικτύωση δεν είναι νέο φαινόμενο. Η τεχνολογία είναι γνωστή τα τελευταία τουλάχιστον 100 χρόνια και χρησιμοποιήθηκε για την αποστολή δεδομένων πολύ πριν τα συστήματα φωνής. Καθώς όμως, η ραδιοτεχνολογία προχώρησε, η χρήση των ραδιομεταδόσεων για την φωνή κυριάρχησε, με αποτέλεσμα η ασύρματη μετάδοση δεδομένων να γίνει λιγότερο σημαντική.

Στον εικοστό αιώνα, η μετάδοση της φωνής έκανε ένα πολύ μεγάλο βήμα με τη γέννηση της κυψελοειδούς έννοιας στα εργαστήρια κουδουνιών (Bell Labs) το 1947.

Γύρω στο 1979 αναπτύχθηκαν στην Ιαπωνία τα πρώτα άμεσα αναλογικά κυψελοειδή συστήματα. Ακολουθούν οι σκανδιναβικές χώρες το 1981, ενώ δύο χρόνια αργότερα οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής εγκατέστησαν την πρώτη προηγμένη εμπορική κινητή τηλεφωνική υπηρεσία (Advanced Mobile Phone Service) στο Σικάγο.

Σύντομα έγινε προφανές ότι μεγαλύτερης χωρητικότητας, πιο αξιόπιστα και με μικρότερο κόστος ασύρματα δίκτυα έπρεπε να αναπτυχθούν προκειμένου να ικανοποιηθούν οι μεγάλες απαιτήσεις των χρηστών.

Στο παρελθόν έγιναν σημαντικές προσπάθειες προκρίμενου να αυξηθεί η ικανότητα και η ευρωστία αυτών των συστημάτων και κατά συνέπεια των ψηφιακών προτύπων και παρόλο που φαίνεται ότι η τεχνολογία της ασύρματης μετάδοσης δεδομένων πέρα από τα ραδιοσήματα εγκαταλείφθηκε, υπήρξαν πολλές επιτυχείς προσπάθειες συμπεριλαμβανομένων του δικτύου ARDIS της IBM και Motorola, του Mobitex της Ericsson και των κυψελοειδών ψηφιακών πακέτων δεδομένων (Cellular Digital Packet Data – CDPC). Οι τεχνολογίες αυτές συνεχίζουν να παρέχουν συνδετικότητα σε πολλές εξειδικευμένες εφαρμογές και σήμερα.

Υπάρχουν πολλοί λόγοι για τους οποίους οι τεχνολογίες της ασύρματης μετάδοσης δεν είχαν μεγάλη εμπορική ζήτηση τη δεδομένη χρονική στιγμή:

- ◆ Ενώ οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές γίνονται μικρότεροι σε μέγεθος, ήταν ακόμα πολύ ογκώδεις για να μπορούν να μεταφερθούν με ευκολία.
- ◆ Απαιτούνταν εξειδικευμένος εξοπλισμός και καινούργιες κατάλληλες εφαρμογές που να ανταποκρίνονται στις ανάγκες των νέων συστημάτων.
- ◆ Συχνά ήταν δύσκολο να επεκταθούν οι υπάρχουσες ασύρματες υποδομές.
- ◆ Μόνο ένα μικρό ποσοστό του οικονομικά ενεργού πληθυσμού ήταν κινητό, με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις να θεωρούν την ασύρματη μετάδοση στοιχείων μια σημαντική, από πλευρά κόστους, επένδυση με μικρή όμως επιστροφή σε οφέλη – σε σχέση πάντα με το κόστος – για την επιχείρηση.

Σημαντικές κοινωνικές και τεχνολογικές εξελίξεις που πραγματοποιήθηκαν προς το τέλος του 20ου αιώνα, οδήγησαν στην αναβίωση του ενδιαφέροντος για τις ασύρματες τεχνολογίες δικτύων. Στο τέλος της δεκαετίας του '90, οι επιχειρήσεις άρχισαν να διακρίνουν το οικονομικό όφελος που θα έχουν από υπαλλήλους που εργάζονται μακριά από την εταιρεία. Αυτοί οι απομακρυσμένοι – και σε μερικές περιπτώσεις νομαδικοί – εργαζόμενοι απαιτείται να έχουν καθημερινή πρόσβαση στις εταιρικές πληροφορίες για να διεκπεραιώσουν την εργασία τους.

Η παροχή απομακρυσμένης σύνδεσης έγινε πρόκληση για τον επιχειρηματικό κόσμο. Οι φορητοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές και οι υπολογιστές τσέπης έγιναν αρκετά ισχυροί ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά. Η σύγκλιση των

τεχνολογιών Internet δικτύων έκανε το IP de facto πρότυπο. Νέα πρότυπα, όπως το General Packet Radio Services (GPRS) υιοθετούνται για την παροχή υπηρεσιών ασύρματων δικτύων.

Με την ανάπτυξη μιας τέτοιας τεχνολογίας η υπόσχεση για ταχύτερη πρόσβαση και ανάκτηση δεδομένων μέσω ασύρματων συστημάτων γίνεται πραγματικότητα. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν ένα εφικτό περιβάλλον για οποτεδήποτε, οπουδήποτε συνδεδεμένους εργαζόμενους/ χρήστες.

1.3 Wireless Family Tree

Η πρώτη γενιά (**1G**) ασύρματων συστημάτων, περιλαμβάνει τα παραδοσιακά αναλογικά κυψελοειδή τηλέφωνα, τα οποία χρησιμοποιούν τεχνολογίες Advanced Mobile Phone Service (AMPS) και Frame Division Multiple Access (FDMA). Το AMPS παρουσιάστηκε από την AT&T το 1983.

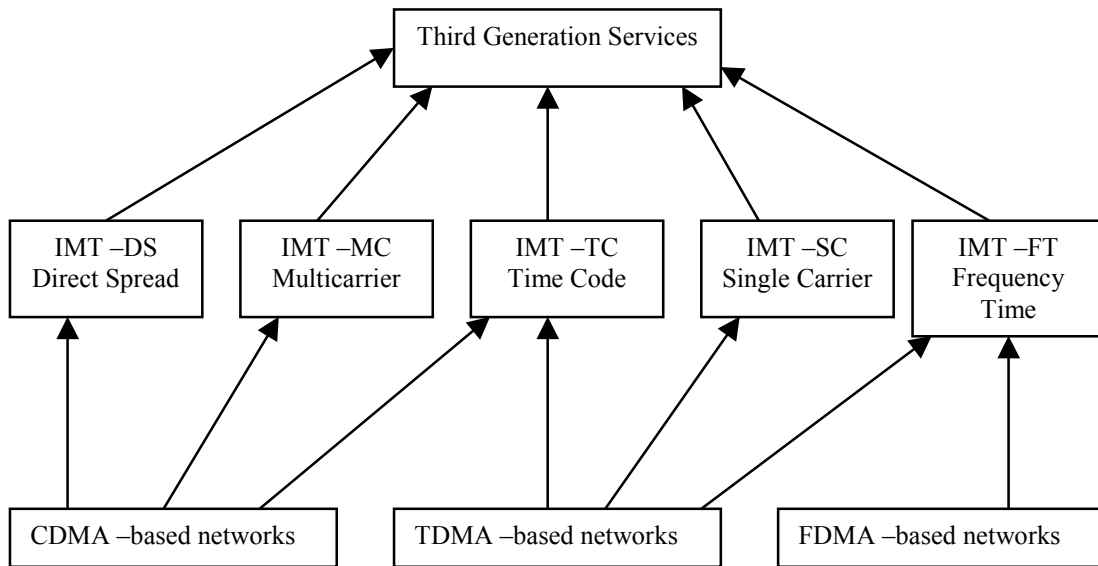
Η δεύτερη γενιά (**2G**) ασύρματων τεχνολογιών περιλαμβάνει ψηφιακές κυψελοειδείς υπηρεσίες που αναπτύχθηκαν στην Ευρώπη το 1987 και λίγο αργότερα και σε άλλες χώρες. Οι τυπικές 2G τεχνολογίες μεταδίδουν δεδομένα με ταχύτητα μεγαλύτερη των 14.4 Kbps και διακρίνουμε τρία κύρια ασύρματα πρότυπα: TDMA, GSM και CDMA.

Το International Telecommunication Union (ITU) παρουσίασε τα τρίτης γενιάς (**3G**) ασύρματα συστήματα στις αρχές του 1990. Στόχος ήταν η επίτευξη υψηλών ταχυτήτων και παγκόσμιας ενοποίησης στις ασύρματες υπηρεσίες – κάτι που δεν προσφέρουν οι 2G τεχνολογίες, όπου συσκευές βασισμένες σε ένα πρότυπο δεν μπορούν να επικοινωνήσουν σε περιοχές που η ασύρματη επικοινωνία βασίζεται σε κάποια άλλη τεχνολογία.

Πρόσφατα το ITU αποδέχτηκε μια προδιαγραφή που περιλαμβάνει ένα περιεκτικό σύνολο χειρσαίων και δορυφορικών ράδιο-interfaces για το International Mobile Telephony (IMT). Αυτές οι specifications προσφέρουν την απαιτούμενη ευελιξία στους satellite/ terrestrial providers να σχεδιάσουν νέα 3G συστήματα χρησιμοποιώντας τα 1G και 2G δίκτυα στις τρίτης γενιάς τεχνολογίες.

Τα 3G ασύρματα δίκτυα προσφέρουν δυνατότητες μετάδοσης πολυμεσικών εφαρμογών, παγκόσμια περιπλάνηση (global roaming) διαμέσου ενός κυψελοειδούς ή άλλου απλού τύπου δικτύου και ταχύτητα μετάδοσης από 384 Kbps μέχρι μερικά Mbps. Ειδικότερα προσφέρουν ταχύτητα 144 Kbps για πολύ γρήγορα κινούμενους χρήστες, 384 Kbps για πιο αργούς χρήστες και 2.5 Kbps για σταθερές τοποθεσίες.

Οι αναλυτές αναμένουν ότι η ανάπτυξη της τρίτης γενιάς δικτύων και η εξάπλωση τους στην αγορά να συνεχιστεί σε ευρεία κλίμακα μέχρι το 2005, οπότε τη σκυτάλη θα πάρουν τα τέταρτης γενιάς (**4G**) ασύρματα δίκτυα.



Approved radio specifications from IMT-2000

2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

2.1 Ορισμός

Ασύρματο δίκτυο (Wireless Network) είναι μια νέα τεχνολογία που βοηθάει στην σύνδεση και επικοινωνία ηλεκτρονικών υπολογιστών που βρίσκονται σε απόσταση, χωρίς την χρήση καλωδιακών υποδομών. Λειτουργεί με ασύρματες κάρτες δικτύου ενώ το interface του λογισμικού μοιάζει με αυτό του Ethernet και με μια διεύθυνση υλικού διαφορετική για κάθε κάρτα. Τυπική δύναμη μεταβίβαση είναι 10-20 mW μέχρι 100mW.

2.2 Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης

Όπως είναι γνωστό τα ενσύρματα δίκτυα (wired networks) χρησιμοποιούν ως μέσο μετάδοσης τα συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων, τα ομοαξονικά καλώδια και τις οπτικές ίνες. Από την άλλη πλευρά στα ασύρματα δίκτυα η μετάδοση γίνεται διαμέσου των ραδιοφωνικών συχνοτήτων, των μικροκυματικών συχνοτήτων και των υπέρυθρων ακτινοβολιών.

Αναλυτικότερα, η χρήση των μέσων αυτών μετάδοσης στα ασύρματα τοπικά δίκτυα έχει ως εξής:

- Οι ραδιοσυχνότητες χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε πάρα πολλές εφαρμογές ασύρματων δικτύων, όπως είναι οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, καθώς και τα κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα. Επειδή τα ραδιοκύματα ιδιαίτερα στις χαμηλές συχνότητες, διαπερνούν αδιαφανή αντικείμενα - όπως τοίχους κτιρίων - χρησιμοποιούνται σε μεγάλο πλήθος εφαρμογών. Το γεγονός αυτό προκαλεί επικαλύψεις των ραδιοφωνικών συχνοτήτων, με αποτέλεσμα να απαιτείται ο επίσημος καθορισμός συγκεκριμένης ζώνης συχνοτήτων σε κάθε εφαρμογή. Οι περιορισμοί στη χρήση κάθε ζώνης του φάσματος καθορίζονται με διακρατικές συμφωνίες και ισχύουν για κάθε κράτος.
- Η μικροκυματική επικοινωνία χρησιμοποιείται κυρίως στις τηλεφωνικές συνδέσεις μεγάλων αποστάσεων, στα κυτταρικά τηλεφωνικά δίκτυα, στην τηλεόραση, καθώς και σε αρκετές άλλες εφαρμογές στις οποίες η φυσική επικοινωνία είναι δύσκολη (π.χ. δύσβατες περιοχές).

Είναι γνωστό ότι πάνω από την περιοχή των 100MHz τα κύματα οδεύουν σε ευθεία γραμμή, με αποτέλεσμα να μην μπορούν εύκολα να συγκεντρωθούν σε δέσμη. Επίσης είναι γνωστό ότι τα μικροκύματα στις χαμηλές συχνότητες δεν διαπερνούν τοίχους ή άλλα αδιαφανή εμπόδια τόσο καλά όσο τα ραδιοκύματα. Επομένως οι κεραιές τους πρέπει να βλέπει η μια την άλλη με μεγάλη ακρίβεια. Τέλος πρέπει να

σημειώσουμε ότι με τη δυνατότητα των παραβολικών κεραιών να συγκεντρώνουν την ενέργεια σε μια μικρή δέσμη, όπως είναι για παράδειγμα τα γνωστά 'πίατα' της τηλεόρασης, το σήμα έχει μεγαλύτερο λόγο σήματος προς θόρυβο (SNR).

2.3 Τοπολογίες

Οι τοπολογίες των ασύρματων τοπικών δικτύων διακρίνονται ανάλογα με το αν χρησιμοποιούν συνδέσεις εκπομπής ή συνδέσεις σημείου προς σημείο. Στην περίπτωση των συνδέσεων εκπομπής τρία είναι τα βασικά σχήματα τοπολογιών. Το πρώτο και παλιότερο, χρησιμοποιεί χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα – στη θέση των σταθερών και ενσύρματων γραμμών επικοινωνίας – προκειμένου να συνδέσει ένα κόμβο επικοινωνίας, ο οποίος είναι γνωστός και ως **σταθμός βάσης**, με ένα μεγάλο αριθμό από τερματικούς σταθμούς κατανεμημένους συνήθως σε μια μικρή περιοχή γύρω από τη βάση. Επικοινωνία αυτής της μορφής είναι η κινητή ραδιοτηλεφωνία, της οποίας οι εφαρμογές ανάγονται αρκετά χρόνια πριν (ραδιοταξί, υπηρεσίες πρώτων βοηθειών, παράκτια επικοινωνία κ.α.), ενώ επέκταση της αποτελεί η ψηφιακή κινητή τηλεφωνία.

Προκειμένου οι χρήστες να μοιραστούν τη διαθέσιμη χωρητικότητα ομαδοποιούνται σε μικρές **κυψέλες**. Οι χρήστες κάθε κυψέλης επικοινωνούν με το μοναδικό κεντρικό κόμβο της κυψέλης, που λέγεται **βάση**. Η βάση κάθε κυψέλης συντονίζει τις μεταδόσεις των χρηστών της διαμέσου ενός σταθερού, ενσύρματου δικτύου που συνδέει όλες τις βάσεις. Οι μεταδόσεις κρατιούνται σε χαμηλά επίπεδα ισχύος, έτσι ώστε να ελαχιστοποιείται η διακίνηση σε γειτονικές κυψέλες και να είναι δυνατή η επαναχρησιμοποίηση της ίδιας ζώνης συχνοτήτων σε διαφορετικές αλλά μη γειτονικές κυψέλες. Σε φυσιολογικές συνθήκες ο ρυθμός μετάδοσης κάθε τερματικής διάταξης μέσα στην κυψέλη είναι της τάξης λίγων δεκάδων Kbps. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να επεκταθεί η γεωγραφική κάλυψη του δικτύου σε μεγαλύτερες περιοχές.

Στην περίπτωση επίγειας μικροκυματικής ή υπέρυθρης επικοινωνίας, μια μονάδα πρόσβασης φορητών ή σταθερών τερματικών διατάξεων (Portable Access Unit – PAU) συνδέεται ασύρματα με έναν αριθμό κατανεμημένων τερματικών διατάξεων (Portable Devices – PD), ενώ το σύνολο συνδέεται μέσω της βάσης και με ενσύρματη γραμμή σε ένα τοπικό δίκτυο. Οι αποστάσεις των διατάξεων από το σταθμό βάσης εξαρτώνται από την ισχύ του σταθμού, το τοπικό εύρος του οποίου κυμαίνεται από 50 έως 100 μέτρα. Μεγάλες εγκαταστάσεις καλύπτονται από πολλές τέτοιες μονάδες, που συνδέονται σε σταθερά τοπικά δίκτυα.

Τέλος, η τρίτη περίπτωση αφορά την άμεση σύνδεση κάποιων τερματικών διατάξεων που βρίσκονται εγκατεστημένες σε ένα μικρό χώρο, όπως είναι ένας χώρος συνεδρίων και συσκέψεων, ένα αεροδρόμιο κτλ. Υπενθυμίζουμε ότι όλες οι παραπάνω τοπολογίες αφορούν συνδέσεις εκπομπής.

Αν οι συνδέσεις που χρησιμοποιούνται στο τοπικό δίκτυο είναι σημείου προς σημείο, τότε η ασύρματη επικοινωνία πραγματοποιείται είτε μεταξύ δύο σταθερών σημείων είτε μεταξύ δύο σημείων από τα οποία το ένα ή και τα δύο βρίσκονται σε κίνηση. Επικοινωνίες αυτής της μορφής αφορούν κυρίως τα ραδιοκύματα ή τα μικροκύματα, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρύτερα στην επικοινωνία μεγάλων αποστάσεων (π.χ. ποντοπόρα επικοινωνία). Νεότερες εφαρμογές στηρίζονται τόσο

στα επίγεια συστήματα οπτικών κυμάτων (laser) με οπτική επαφή, όσο και στα επίγεια συστήματα μικροκυμάτων.

Μικροκύματα χρησιμοποιούνται και σε ορισμένες εφαρμογές της ασύρματης δικτύωσης μικρής εμβέλειας, όπως είναι το άνοιγμα θυρίδων ή θυρών ασφαλείας, τα συστήματα ασφαλείας, τα συστήματα ενεργοποίησης ηλεκτρονικών συσκευών, οι βομβητές κτλ.

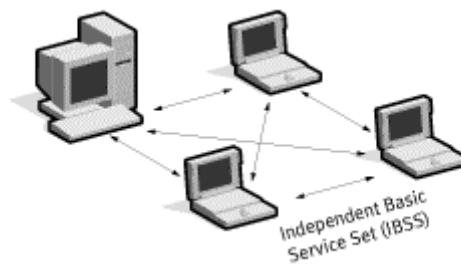
Η απεριόριστη χρησιμοποίηση των μικροκυματικών ζωνών για εφαρμογές δικτύωσης μικρής εμβέλειας αφορά τις λεγόμενες βιομηχανικές – επιστημονικές – ιατρικές ζώνες. Η ζώνη 2,4 – 2,484 GHz είναι δεσμευμένη διεθνώς, ενώ η Αμερική και ο Καναδάς έχουν ορίσει πρόσθετες δεσμευμένες ζώνες στις συχνότητες των 902 – 928 MHz και 5,725 – 5,850 GHz αντίστοιχα.

2.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής

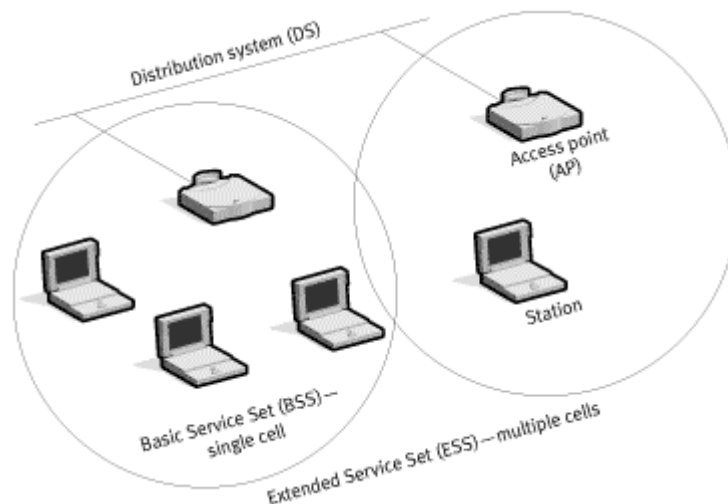
Ένα ασύρματο δίκτυο τοπικής περιοχής (*Wireless Local Area Network - WLAN*), είναι ένα εύκαμπτο σύστημα επικοινωνιών δεδομένων που εφαρμόζεται ως επέκταση σε, ή ως εναλλακτική λύση για, το συνδεδεμένο με καλώδιο τοπικό LAN, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για συνδεδεμένες με καλώδιο υποδομές και προσθέτοντας ευελιξία και αξιοπιστία στη δικτύωση.

Ανεξάρτητα από τον τύπο του PHY που επιλέγεται, το πρότυπο IEEE 802.11 υποστηρίζει τρεις βασικές τοπολογίες για WLANs: το ανεξάρτητο βασικό σύνολο υπηρεσιών (*Independent Basic Service - IBSS*), το βασικό σύνολο υπηρεσιών (*Basic Service Set - BSS*), και το εκτεταμένο σύνολο υπηρεσιών (*Extended Service Set - ESS*).

Η διαμόρφωση IBSS αναφέρεται επίσης και ως ανεξάρτητη διαμόρφωση ή **ειδικό δίκτυο** (*ad-hoc network*). Λογικά, μια διαμόρφωση IBSS είναι ανάλογη με ένα peer – to – peer δίκτυο γραφείων στο οποίο δεν απαιτείται κάποιος κόμβος να λειτουργεί ως κεντρικός υπολογιστής. Ένα IBSS WLAN περιλαμβάνει διάφορους κόμβους ή ασύρματους σταθμούς που επικοινωνούν άμεσα με άλλους, του ειδικού δικτύου, σταθμούς. Κατά συνέπεια περιέχει σύνολο ασύρματων σταθμών που επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους χωρίς τη χρησιμοποίηση ενός σημείου πρόσβασης (*Access Point*) ή οποιασδήποτε σύνδεσης με κάποιο ενσύρματο δίκτυο. Ένα IBSS δίκτυο είναι χρήσιμο όταν επιθυμούμε να στήσουμε γρήγορα και εύκολα ένα ασύρματο δίκτυο σε μέρος που δεν υπάρχει ασύρματη υποδομή ή αυτή δεν απαιτείται, όπως ένα δωμάτιο ξενοδοχείου, ένα κέντρο συνεδριάσεων, ή ένας αερολιμένας. Γενικά, οι εφαρμογές IBSS καλύπτουν μια περιορισμένη περιοχή και δεν συνδέονται με κάποιο μεγαλύτερο δίκτυο.



Η διαμόρφωση BSS αποτελείται από ένα τουλάχιστον σημείο πρόσβασης (AP) που συνδέεται με τη συνδεδεμένη με καλώδιο υποδομή δικτύων και ένα σύνολο ασύρματων τελικών σταθμών. Οι διαμορφώσεις BSS στηρίζονται σε ένα σημείο πρόσβασης που λειτουργεί ως λογικός κεντρικός υπολογιστής για ένα WLAN κύτταρο ή κανάλι. Οι επικοινωνίες μεταξύ του κόμβου A και του κόμβου B ρέουν από τον κόμβο A στο AP και έπειτα από το AP στον κόμβο B.



Ένα εκτεταμένο σύνολο υπηρεσιών (ESS) αποτελείται από μια σειρά επικαλυπτόμενων BSSs - κάθε ένα περιλαμβάνει AP - που συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια ενός συστήματος διανομής (Distributed System - DS). Αν και το DS θα μπορούσε να είναι οποιοσδήποτε τύπος δικτύου, συνηθίζεται σχεδόν πάντα να χρησιμοποιείται το τοπικό LAN Ethernet. Οι κινητοί κόμβοι μπορούν να περιπλανηθούν μεταξύ των σημείων πρόσβασης, όποτε είναι δυνατή η ευρεία κάλυψη μιας μεγάλης περιοχής. Δεδομένου ότι τα περισσότερα εταιρικά WLANs απαιτούν την πρόσβαση στο συνδεδεμένο με καλώδιο τοπικό LAN για κάλυψη των αναγκών και των υπηρεσιών τους (πρόσβαση σε κεντρικούς υπολογιστές, αρχεία, εκτυπωτές, συνδέσεις Internet) θα επιλέξουν και θα χρησιμοποιήσουν μια BSS/ESS τοπολογία.

Πρέπει να σημειώσουμε ότι ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για να αντικαταστήσει ένα υπάρχον συνδεδεμένο με καλώδιο LAN, είτε ως επέκταση του ενσύρματου δικτύου.

Το πρότυπο 802.11 προσδιορίζει δύο τμήματα του εξοπλισμού που απαιτούνται: ένας ασύρματος σταθμός, που είναι ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής που

εξοπλίζεται με μια ασύρματη κάρτα (NIC) και ένα σημείο πρόσβασης (AP) που λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των ασύρματων και συνδεδεμένων με καλώδιο δικτύων. Αποτελείται συνήθως από ένα ραδιόφωνο, μια συνδεδεμένη με καλώδιο διαπροσωπεία δικτύων – wired network interface (π.χ., 802.3) και λογισμικό γεφυρώματος που προσαρμόζεται στο πρότυπο γεφυρώματος 802.1d. Το σημείο πρόσβασης ενεργεί ως σταθμός βάσεων για το ασύρματο δίκτυο. Οι ασύρματοι τελικοί σταθμοί μπορεί να διαθέτουν 802.11 PC κάρτα, PCI ή ISA NIC, ή ακόμα ενσωματωμένες λύσεις για μη ηλεκτρονικούς χρήστες, όπως ένα 802.11- based telephone handset.

Οι δαπάνες υλικού για την δημιουργία ενός ασύρματου δικτύου περιλαμβάνουν την προσθήκη σημείων πρόσβασης στην υποδομή του δικτύου και WLAN adapters σε όλες τις ασύρματες συσκευές και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Ο αριθμός των APs εξαρτάται από την περιοχή κάλυψης, τον αριθμό χρηστών, και τους τύπους υπηρεσιών που απαιτούνται. Σαφώς, οι δαπάνες υλικού θα εξαρτηθούν και από παράγοντες όπως οι απαιτήσεις απόδοσης και οι απαιτήσεις κάλυψης.

Πέρα από τις δαπάνες εξοπλισμού, πρέπει να ληφθεί υπόψη και η δαπάνη εγκαταστάσεων και συντήρησης, συμπεριλαμβανομένων των δαπανών της κακής ποιότητας των προϊόντων, της παραγωγικότητας των τελικών χρηστών κ.α. Αυτές οι δαπάνες μπορούν να επισκιάσουν τις αρχικές δαπάνες εξοπλισμού ενός WLAN.

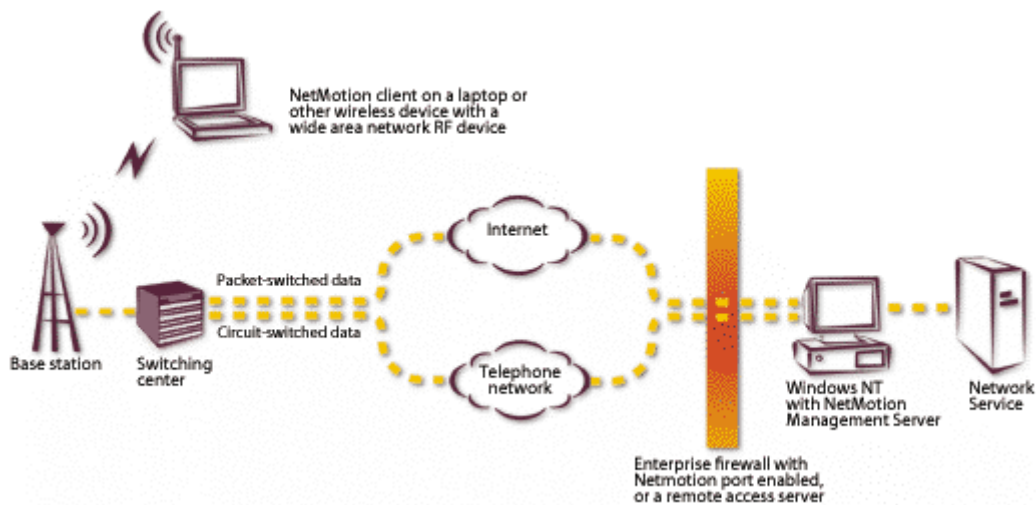
Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, τα ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής έχουν κερδίσει ισχυρή δημοτικότητα σε διάφορες κάθετες αγορές, συμπεριλαμβανομένης της υγειονομικής περίθαλψης, της λιανικής πώλησης, της κατασκευής, της αποθήκευσης και των ακαδημαϊκών χώρων, αυξάνοντας την απόδοση των συστημάτων, την αξιοπιστία των εφαρμογών και την παραγωγικότητα των επιχειρήσεων\ χρηστών.

2.5 Ασύρματα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

Οι κινητές συσκευές υπολογισμού γίνονται ολοένα και πιο μικρές και ισχυρές, ενώ το ποσό των πληροφοριών που μεταδίδουν αυξάνεται με αστρονομικούς ρυθμούς. Στην απαίτηση για τη σύνδεση αυτών των συσκευών, η τεχνολογία WWAN φαίνεται σαν η τέλεια απάντηση.

Ένα ασύρματο δίκτυο ευρείας περιοχής (*Wireless Wide Area Network – WWAN*), είναι ένα δίκτυο υπολογιστών που μπορεί να επεκτείνεται σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή. Ένα WWAN λαμβάνει και μεταδίδει δεδομένα χρησιμοποιώντας ραδιοσήματα πέρα από την αρχική διασύνδεση με το κινητό συγκρότημα ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ένα ασύρματο δίκτυο ευρείας περιοχής συνδέεται είτε σε ένα εξειδικευμένο δημόσιο ή ιδιωτικό δίκτυο μέσω τηλεφώνου ή άλλων επικοινωνιακών συνδέσεων υψηλής ταχύτητας. Οι πρόσφατες εξελίξεις επιτρέπουν την άμεση σύνδεση στα γενικά δημόσια δίκτυα, όπως το Internet, μειώνοντας περαιτέρω το κόστος επέκτασης.

Αντίθετα από τα ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής (WLANs), η περιοχή κάλυψης για τα WWANs μετριέται σε μίλια. Τα ποσοστά των throughput δεδομένων για τα WWANs είναι πολύ πιο μικρά σε σχέση με αυτά των δικτύων τοπικής εμβέλειας. Μετριούνται σε 10άδες ή 100άδες bytes/ δευτερόλεπτο ή ακόμα πιο αργά.



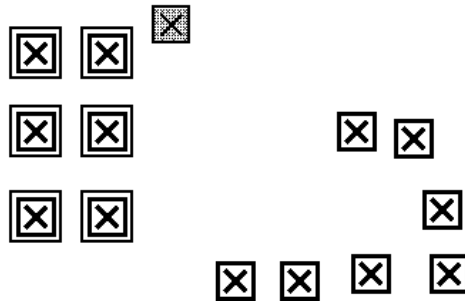
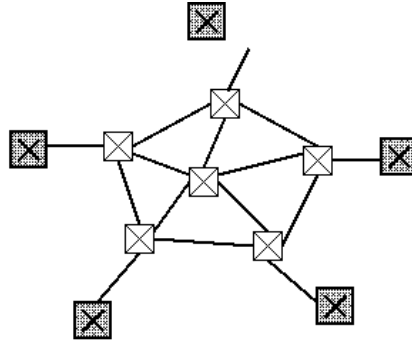
2.6 Ασύρματα Δίκτυα Ασύγχρονης Μεταφοράς

Ο τρόπος ασύγχρονης μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode), έχει υποστηριχθεί ως σημαντική τεχνολογία για όλους τους τύπους υπηρεσιών και δικτύων. Οι περισσότεροι άνθρωποι θεωρούν ότι το ATM θα είναι το πρότυπο για το μελλοντικό B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ασύρματα προσωπικά δίκτυα επικοινωνίας (PNC) έχουν γνωρίσει την τελευταία δεκαετία μεγάλη αύξηση. Οι φορητοί υπολογιστές, τα κυψελοειδή τηλέφωνα και οι pagers είναι πολύ δημοφιλή. Έχουν αναπτυχθεί πολλά συστήματα που παρέχουν διαφορετικές υπηρεσίες, όπως η προσωπική υπηρεσία επικοινωνιών (Personal communications Service – PCS), τα φορητά τηλεφωνικά συστήματα (Portable Telephone Systems) και τα συστήματα δορυφορικών επικοινωνιών (Satellite Communications System). Συνήθως, οι υπηρεσίες αυτές δεν εγγυούνται ποιότητα υπηρεσιών (QoS) και δεν είναι κατάλληλες για τις γρήγορα αυξανόμενες πολυμεσικές εφαρμογές.

Το ασύρματο ATM (*Wireless Asynchronous Transfer Mode*) μπορεί να εμφανιστεί ως η λύση για την τέταρτη γενιά προσωπικών δικτύων επικοινωνίας ή ως μια ασύρματη επέκταση των B-ISDN δικτύων, τα οποία θα υποστηρίζουν μετάδοση ολοκληρωμένων δεδομένων – δεδομένα, φωνή, εικόνα, video - με εγγυημένη QoS.

Ένα μοντέλο ασύρματου δικτύου ATM αποτελείται από ένα σταθερό δίκτυο ATM και από ένα ραδιοφωνικό τμήμα πρόσβασης. Στο σταθερό δίκτυο ATM οι διακόπτες, που επικοινωνούν άμεσα με τον ασύρματο σταθμό ή τις ασύρματες συσκευές τελικών χρηστών, είναι ενισχυμένοι κινητοί ATM διακόπτες. Οι διακόπτες αυτοί εγκαθιστούν τη σύνδεση εξ ονόματος των ασύρματων συσκευών. Χρησιμοποιούν σαν 'είσοδος' στην υποδομή των ενσύρματων ATM δικτύων. Τα υπόλοιπα στοιχεία μετατροπής του ATM παραμένουν αμετάβλητα.



2.7 Ασφάλεια Ασύρματων Δικτύων

Σε ένα επιχειρηματικό δίκτυο που περιλαμβάνει ένα ασύρματο δίκτυο (WLAN ή WWAN ή WATM), οι πιστοποιημένοι χρήστες και η εμπιστευτική επικοινωνία είναι περισσότερο προβληματικά σε σχέση με ένα ενσύρματο δίκτυο.

Στις σύγχρονες τοπολογίες δικτύων, τα φυσικά όρια μεταξύ δημόσιων και ιδιωτικών δικτύων δεν υπάρχουν πλέον. Τα ασύρματα δίκτυα και τα βασισμένα στο Internet VPNs (Virtual Private Networks) είναι δύο παραδείγματα τέτοιων τοπολογιών που πρέπει να ελέγχεται και να εξασφαλίζεται ότι:

- ◆ Ο χρήστης του δικτύου έχει την απαραίτητη δικαιοδοσία για πρόσβαση στο σύστημα. Δεν μπορούμε πλέον να υποθέσουμε κάτι τέτοιο βασιζόμενοι στη φυσική του θέση, όπως σε ένα ενσύρματο δίκτυο.
- ◆ Οι πληροφορίες που διαπερνούν το ασύρματο δίκτυο είναι ασφαλείς. Μια τέτοια εγγύηση είναι απαραίτητη εφόσον τα δεδομένα μεταδίδονται χρησιμοποιώντας ραδιοσυχνότητες, οι οποίες μπορούν να ταξιδεύουν πέρα από τον έλεγχο ενός οργανισμού ή μιας επιχείρησης, μέσα από τοίχους και ορόφους, πάνω από δρόμους και άλλους φυσικούς περιορισμούς.

Τα προβλήματα αυτά παραβιάζουν δύο θεμελιώδεις παράγοντες ασφάλειας των δικτύων: την πιστοποίηση ταυτότητας και την εμπιστευτικότητα.

Στη βιομηχανία των δικτύων WLAN, το πρότυπο IEEE 802.11b έχει καταστήσει τους πιθανούς προμηθευτές υλικού δικτύων ικανούς να δημιουργήσουν διαλειτουργικά ασφαλή ασύρματα δίκτυα. Η ασύρματη συμμαχία συμβατότητας

(Wireless Ethernet Compatibility Alliance – WECA) λειτουργεί για να πιστοποιήσει αυτή τη διαλειτουργικότητα και για να προάγει το Wi-Fi (IEEE 802.11 High Rate) σαν διεθνές ασύρματο πρότυπο.

Υπάρχουν δύο πρότυπα που προσπαθούν να λύσουν το πρόβλημα της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων, καθώς και άλλα λιγότερο γνωστά που αναπτύσσονται από ιδιωτικές επιχειρήσεις (όπως η λύση NetMotion):

■ **WEP (Wired Equivalent Privacy)**

Δεδομένου ότι η ασύρματη επικοινωνία χρησιμοποιεί ένα ‘ανοικτότερο’ μέσο επικοινωνίας σε σύγκριση με το συνδεδεμένο με καλώδιο LAN, οι σχεδιαστές του IEEE 802.11 προτύπου περιέλαβαν στη προδιαγραφή ένα διαμοιραζόμενο μηχανισμό κρυπτογράφησης.

Όπως φανερώνει και το όνομα του, στόχος του προτύπου WEP είναι να δοθεί ένα επίπεδο μυστικότητας ισοδύναμο με αυτό ενός μη-ασφαλή ενσύρματου τοπικού δικτύου. Ένα WLAN δίκτυο πρέπει να περιλαμβάνει το πρότυπο WEP, προκειμένου να αποκτήσει τη σφραγίδα έγκρισης Wi-Fi. Έτσι, αν και το WEP είναι προαιρετικό μέρος της 802.11 προδιαγραφής, όλοι οι προμηθευτές θα πρέπει να την περιλαμβάνουν προκειμένου να εξασφαλίσουν πιστοποίηση ταυτότητας και εμπιστευτικότητα.

Μιλώντας γενικά, το WEP στηρίζεται σε ένα προκαθορισμένο σύνολο κλειδιών που μοιράζονται μεταξύ των ασύρματων συσκευών – όπως φορητοί Η/Υ με ασύρματους προσαρμογείς LAN – και των ασύρματων σημείων πρόσβασης (AP). Ο χρήστης που διαθέτει το σωστό κλειδί, μπορεί να επικοινωνήσει με οποιοδήποτε σημείο πρόσβασης στο ασύρματο δίκτυο. Χωρίς το κλειδί η Link Level σύνδεση αίτησης απορρίπτεται.

Ο αλγόριθμος κρυπτογράφησης που χρησιμοποιείται στο πρότυπο WEP είναι ο RC4. Το σχέδιο στηρίζεται σε ένα κλειδί 40 δυαδικών ψηφίων για την κρυπτογράφηση του ωφέλιμου φορτίου των πλαισίων δεδομένων. Η ομάδα εργασίας επέλεξε το συγκεκριμένο αλγόριθμο εν μέρει επειδή η κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών δεν απαγορεύει την εξαγωγή προϊόντων που χρησιμοποιούν την RC4 μέθοδο κρυπτογράφησης. Αντίθετα άλλοι αλγόριθμοι όπως ο DES μπορούν να εξαχθούν σε μερικές μόνο συγκεκριμένες εφαρμογές. Επιπλέον οι δοκιμές από τα μέλη της IEEE 802.11 απέδειξαν ότι ο αλγόριθμος RC4 εξασφαλίζει ασφάλεια που φτάνει ή ακόμα και ξεπερνάει την ασφάλεια που προσφέρουν τα συνδεδεμένα με καλώδιο πρότυπα Ethernet. Πρέπει βέβαια να σημειώσουμε ότι όσο διατίθενται ασύρματα ‘sniffers’, η μεγαλύτερη ασφάλεια και η εύρεση αποτελεσματικότερων τρόπων εξασφάλισης της θα είναι αναγκαία. Δυστυχώς πολλοί προμηθευτές στις μέρες μας δεν έχουν εφαρμόσει ακόμα το χαρακτηριστικό γνώρισμα WEP στα προϊόντα τους.

■ **Mobile IP (RFC 2002)**

Η κινητή IP είναι μια τροποποίηση της γνωστής IP, που επιτρέπει σε έναν κόμβο να συνεχίσει να στέλνει και να λαμβάνει διαγράμματα δεδομένων (datagrams), οπουδήποτε και αν είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Τα τμήματα ασφάλειας της κινητής IP εξετάζουν μόνο ένα πρόβλημα ασφάλειας: τις επιθέσεις επαναπροσανατολισμού (redirection attacks).

Μια επίθεση επαναπροσανατολισμού εμφανίζεται όταν ένας ‘κακόβουλος’ κόμβος δίνει ψεύτικες πληροφορίες σ’ ένα βασικό πράκτορα (home agent) του

δικτύου. Ο βασικός πράκτορας ενημερώνεται ότι ο κινητός κόμβος έχει ένα νέο care-of address. Στην πραγματικότητα αυτό το care of address ελέγχεται από τον ‘κακόβουλο’ κόμβο. Αφότου εμφανιστεί αυτή η ψεύτικη εγγραφή, όλα τα IP διαγράμματα δεδομένων που απευθύνονται στους κινητούς κόμβους επαναπροσανατολίζονται στον ‘κακόβουλο’ κόμβο.

Η κινητή IP δεν εξετάζει άλλους κινδύνους ασφάλειας που συνδέονται με τα κατανεμημένα δίκτυα.

2.8 Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα

Πλεονεκτήματα/ Οφέλη

Είτε είναι στο γραφείο τους, είτε ταξιδεύουν οι σημερινοί χρήστες - επιστήμονες, εργαζόμενοι, φοιτητές κ.α. – έχουν πρόσβαση στις πολύτιμες πληροφορίες και εφαρμογές που τους κρατούν συνδεδεμένους με τις διαδικασίες του οργανισμού τους. Με την χρήση ασύρματων δικτύων παράγοντες που παλιότερα εμπόδιζαν την απομακρυσμένη σύνδεση (φυσικοί, περιβαλλοντολογικοί, κ.α.) παρακάμπτονται.

Η ερευνητική εταιρεία Dataquest Inc. προέβλεψε ότι η αγορά των ασύρματων δικτύων περιοχής θα αυξηθεί από 3 εκατομμύρια χρήστες το 1999 σε 36 εκατομμύρια το 2003.

Μειονεκτήματα/ Περιορισμοί

Μολονότι οι κινητές συσκευές γίνονται μικρότερες, φθηνότερες, ισχυρότερες και περισσότερο αξιόπιστες και η ζήτηση για ασύρματα δίκτυα αυξάνει παράλληλα με την τεράστια αύξηση των διαθέσιμων πληροφοριών, τα ασύρματα δίκτυα περιοχής παρουσιάζουν περιορισμούς σε διάφορους τομείς:

- Ασφάλεια
- Απόδοση
- Application persistence
- Περιπλάνηση (roaming)
- Standard off the self applications
- Κεντρική διαχείριση.

3 ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ IEEE 802.11

3.1 IEEE 802.11

Καθώς όλο και περισσότερα άτομα και επιχειρήσεις θεωρούν απαραίτητη τη φορητή και κινητή επικοινωνία η ανάγκη για τα ασύρματα δίκτυα συνεχίζει να αυξάνεται σε όλο τον κόσμο. Λόγω αυτής της αύξησης, το IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineering) διαμόρφωσε μια ομάδα εργασίας με σκοπό την ανάπτυξη ενός *Medium Access Control (MAC)* και ενός *Physical Layer (PHY)* προτύπου για την ασύρματη σύνδεση μεταξύ στάσιμων, φορητών, και κινητών υπολογιστών. Αυτή η ομάδα εργασίας είναι το γνωστό πλέον πρότυπο των ασύρματων δικτύων **IEEE 802.11**.

Μετά την πρώτη 'σύλληψη' του προτύπου το 1990, τα πρότυπα έχουν εξελιχθεί σε διάφορες εκδόσεις σχεδίων (σχέδια 1 μέχρι 6), με την έγκριση του τελικού σχεδίου στις 26 Ιουνίου 1997.

Υπάρχουν διάφορες προδιαγραφές στη 802.11 οικογένεια:

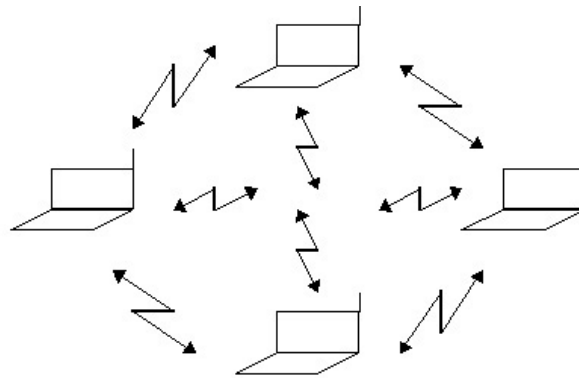
- **802.11:** ισχύει για ασύρματο LAN και παρέχει μετάδοση στα 1 ή 2 Mbps στη ζώνη των 2,4 GHz χρησιμοποιώντας είτε Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS) είτε Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).
- **802.11a:** μια επέκταση του 802.11 που ισχύει για ασύρματο LAN και παρέχει μέχρι 54 Mbps στη ζώνη των 5GHz. Το 802.11a χρησιμοποιεί ένα Orthogonal Frequency Division Multiplexing σχέδιο κωδικοποίησης και όχι FHSS ή DSSS.
- **802.11b-** καλούμενο επίσης 802.11 High Rate ή Wi-Fi: πρόκειται για επέκταση του 802.11 που ισχύει για ασύρματο LAN και παρέχει μετάδοση στα 11 Mbps στη ζώνη των 2,4 GHz. Το 802.11b χρησιμοποιεί μόνο DSSS. Επίσης πρέπει να σημειώσουμε ότι ήταν μια επικύρωση του 1999 στα αρχικά 802.11 πρότυπα, επιτρέποντας ασύρματη λειτουργία παρόμοια με αυτή του Ethernet.
- **802.11g:** ισχύει για ασύρματο LAN και παρέχει 20+ Mbps μετάδοση δεδομένων στη ζώνη των 2,4 GHz.

3.2 Αρχιτεκτονικές του IEEE 802.11

Στην αρχιτεκτονική των ασύρματων δικτύων κάθε υπολογιστής, κινητός (mobile), φορητός (portable) ή σταθερός (fixed), θεωρείται σταθμός 802.11. Η διαφορά μεταξύ ενός φορητού και κινητού σταθμού είναι ότι ένας φορητός σταθμός κινείται από σημείο σε σημείο αλλά χρησιμοποιείται μόνο σε σταθερό σημείο, ενώ ο κινητός σταθμός έχει πρόσβαση στο τοπικό LAN κατά τη διάρκεια της μετακίνησης

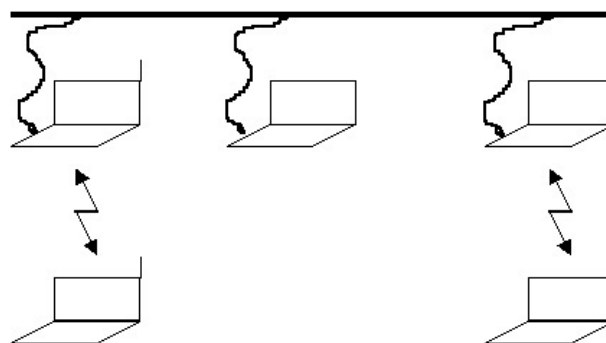
του. Όταν δύο ή περισσότεροι σταθμοί ενώνονται με σκοπό να επικοινωνήσουν μεταξύ τους διαμορφώνουν ένα βασικό σύνολο υπηρεσιών (*Basic Service Set - BSS*). Το ελάχιστο BSS αποτελείται από δύο σταθμούς.

Ένα BSS που στέκεται μόνο του και δεν συνδέεται με κάποιο σταθμό βάσης ονομάζεται ανεξάρτητο βασικό σύνολο υπηρεσιών (*Independent Basic Service Set - IBSS*) ή *Ad-Hoc Network*. Ένα Ad-Hoc δίκτυο, είναι ένα δίκτυο όπου οι σταθμοί επικοινωνούν μόνο peer to peer. Δεν υπάρχει κανένας σταθμός βάσης και κανένας δεν θεωρείται υπεύθυνος να δίνει άδεια για να 'μιλήσει' κάποιος σταθμός. Συνήθως αυτά τα δίκτυα είναι αυθόρμητα και μπορούν να οργανωθούν γρήγορα. Όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα που ακολουθεί, το δίκτυο δεν έχει δομή, δεν υπάρχουν σταθερά σημεία και συνήθως κάθε κόμβος του δικτύου μπορεί να επικοινωνήσει με όποιον κόμβο επιθυμεί.



Ad -Hoc Network

Όταν ένα BSS διασυνδέεται στο δίκτυο τότε μιλάμε για Infrastructure δίκτυο. Δύο ή περισσότερα BSS διασυνδέονται χρησιμοποιώντας ένα σύστημα διανομής (*Distribution System - DS*). Κάθε BSS γίνεται συστατικό ενός εκτεταμένου, μεγαλύτερου δικτύου. Η είσοδος στο DS ολοκληρώνεται με τη χρήση των σημείων πρόσβασης (*Access Points - AP*). Ένα σημείο πρόσβασης είναι ένας προσπελάσιμος σταθμός. Έτσι τα δεδομένα κινούνται μεταξύ του BSS και του DS με τη βοήθεια αυτών των σημείων πρόσβασης.



Infrastructure Network

Δημιουργώντας μεγάλα και σύνθετα δίκτυα χρησιμοποιώντας BSS και DS, οδηγούμαστε στο επόμενο επίπεδο ιεραρχίας δικτύων, στο εκτεταμένο σύνολο υπηρεσιών (*Extended Service Set – ESS*). Η ιδιαιτερότητα του ESS είναι ότι ολόκληρο το δίκτυο μοιάζει στο λογικό επίπεδο ελέγχου συνδέσεων (*Logical Link Control Layer – LLC*) με μια ανεξάρτητη βασική υπηρεσία. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθμοί μέσα στο ESS μπορούν να επικοινωνήσουν ή ακόμα και να κινηθούν μεταξύ των BSS's διατηρώντας την διαφάνεια τους προς το LLC.

Ένα από τα πλεονεκτήματα του 802.11 είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τα υπάρχοντα συνδεδεμένα με καλώδιο δίκτυα. Το πρότυπο 802.11 έλυσε αυτήν την πρόκληση με τη χρήση μιας λογικής πύλης, η οποία χρησιμοποιείται και σαν σημείο πρόσβασης στο DS.

Η εφαρμογή του DS δεν προσδιορίζεται αποκλειστικά από το 802.11. Έτσι ένα σύστημα διανομής μπορεί να δημιουργηθεί τόσο από τις υπάρχουσες όσο και από τις νέες τεχνολογίες. Μια point to point γέφυρα που συνδέει τοπικά δίκτυα σε διαφορετικά κτήρια θα μπορούσε να γίνει ένα DS. Παρά το γεγονός ότι η εφαρμογή του DS δεν είναι καθορισμένη, το πρότυπο 802.11 προσδιορίζει τις υπηρεσίες που το DS πρέπει να υποστηρίζει και οι οποίες διαιρούνται σε δύο τμήματα: Station Services (SS) και Distribution System Services (DSS).

Πιο συγκεκριμένα πέντε είναι οι υπηρεσίες που παρέχονται από το DSS: Σύνδεση (*association*), Επανασύνδεση (*reassociation*), Αποσύνδεση (*disassociation*), Διανομή (*distribution*) και Ολοκλήρωση (*integration*). Οι πρώτες τρεις υπηρεσίες εξετάζουν την κινητικότητα των σταθμών. Εάν κάποιος σταθμός κινείται μέσα στο BSS του ή δεν κινείται, η κινητικότητα των σταθμών ονομάζεται No-transition. Εάν ένας σταθμός κινείται μεταξύ διαφορετικών BSS's μέσα όμως στο ίδιο ESS, η κινητικότητά των σταθμών καλείται BSS-transition. Τέλος στην περίπτωση που ο σταθμός κινείται μεταξύ BSS's διαφορετικών ESS's τότε ονομάζεται ESS-transition. Ο σταθμός θα πρέπει να συνδέεται ο ίδιος με την υποδομή του BSS εάν θέλει να χρησιμοποιήσει το τοπικό LAN. Αυτό επιτυγχάνεται με την σύνδεση του με ένα σημείο πρόσβασης (AP). Οι συνδέσεις αυτές είναι δυναμικής φύσης επειδή οι σταθμοί μετακινούνται, ανοίγουν ή κλείνουν. Ένας σταθμός μπορεί να συνδεθεί μόνο με ένα AP. Αυτό εξασφαλίζει ότι το σύστημα διανομής ξέρει πάντα που βρίσκεται ο σταθμός. Η σύνδεση αυτή υποστηρίζει την No-transition κινητικότητα αλλά δεν είναι αρκετή ώστε να υποστηρίξει την ESS-μετάβαση δεδομένων. Η υπηρεσία επανασύνδεσης επιτρέπει στο σταθμό να μεταστρέψει την σύνδεση του από ένα AP σε άλλο. Τόσο η σύνδεση όσο και η επανασύνδεση αρχίζουν από το σταθμό. Η αποσύνδεση συμβαίνει όταν η σύνδεση μεταξύ του σταθμού και του AP ολοκληρωθεί και μπορεί να ξεκινήσει από οποιοδήποτε από τα δυο συμβαλλόμενα μέρη. Μέσω της διανομής τα δεδομένα από τον πομπό φτάνουν στον προοριζόμενο δέκτη. Το μήνυμα στέλνεται στο τοπικό AP (AP εισόδου) και στη συνέχεια μέσω του DS στο AP (AP εξόδου) με το οποίο ο δέκτης συνδέεται. Εάν ο πομπός και ο δέκτης είναι στο ίδιο BSS, τα AP εισόδου και εξόδου είναι τα ίδια. Έτσι η υπηρεσία διανομής καλείται λογικά εάν τα δεδομένα περνούν από το DS ή όχι, ενώ η ολοκλήρωση όταν το AP εξόδου είναι μια πύλη που συνδέει με κάποιο ESS.

3.3 Αναγνώριση κόμβου

Σε ένα ασύρματο σύστημα, το μέσο μετάδοσης δεν είναι σαφώς ορισμένο όπως σε ένα συνδεδεμένο με καλώδιο δίκτυο. Κατά συνέπεια προκειμένου να ελεγχθεί η πρόσβαση στο δίκτυο, οι σταθμοί πρέπει πρώτα να καθιερώσουν την ταυτότητά τους.

Προτού κάποιος σταθμός αναγνωριστεί και του δοθεί άδεια να συμμετάσχει στο δίκτυο, πρέπει να περάσει μια σειρά δοκιμών για να αποδείξει ότι είναι αυτός που λέει. Πρέπει με άλλα λόγια να πιστοποιήσει την ταυτότητα του. Μόλις ένας σταθμός επικυρωθεί, μπορεί να συνδεθεί. Η πιστοποίηση ταυτότητας μπορεί να είναι μεταξύ δύο σταθμών μέσα σε ένα IBSS ή στο AP της BSS. Πιστοποίησης ταυτότητας έξω από το BSS δεν πραγματοποιείται. Υπάρχουν δύο τύποι υπηρεσιών πιστοποίησης ταυτότητας που προσφέρονται από το 802.11. Ο πρώτος είναι πιστοποίηση ταυτότητας ανοικτών συστημάτων (Open System Authentication) που σημαίνει ότι καθένας που προσπαθεί να επικυρωθεί θα λάβει την πιστοποίηση ταυτότητας. Ο δεύτερος τύπος είναι διαμοιραζόμενη πιστοποίηση ταυτότητας (Shared Key Authentication) στην οποία προκειμένου να επικυρωθεί κάποιος χρήστης πρέπει να είναι γνώστης ενός κοινού μυστικού, που εφαρμόζεται με τη χρήση του αλγόριθμου ιδιωτικότητας (Wired Equivalent Privacy - WEP). Ο τελευταίος μοιράζεται σε όλους τους σταθμούς με κάποια ασφαλή μέθοδο και εξασφαλίζει ότι οι σταθμοί μπορούν να μεταδώσουν δεδομένα με ασφάλεια, χωρίς οι υπόλοιποι χρήστες του 802.11 να μπορούν να 'κρυφακούσουν'.

3.4 IEEE 802.11 Φυσικό Επίπεδο

Τα μέλη της 802.11 ομάδας εργασίας θεώρησαν ότι η επιλογή μεταξύ εφαρμογών του φυσικού επιπέδου (PHY) ήταν απαραίτητη προκειμένου οι σχεδιαστές συστημάτων να μπορούν να επιλέξουν εκείνη την τεχνολογία που ταιριάζει με την τιμή, την απόδοση, και το σχεδιάγραμμα διαδικασιών μιας συγκεκριμένης εφαρμογής. Αυτές οι επιλογές είναι ανάλογες με τις γνωστές επιλογές των ενσύρματων δικτύων: 10Base-T, 10Base-2 και 100Base-T στον χώρο του Ethernet. Έτσι στο φυσικό επίπεδο, το πρότυπο 802.11 καθορίζει τρία φυσικά χαρακτηριστικά για τα ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής: Diffused Infrared, Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) και Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).

Το Infrared (υπέρυθρο) PHY στρώμα προβλέπεται για μετάδοση δεδομένων στα 1 Mbps (στο φάσμα των 850 nanometer) μέχρι και 2 Mbps.

Αν και τα προϊόντα φάσματος, DSSS και FHSS (επίσης γνωστά και ως ραδιοσυχνότητα – Radio Frequency) διαδίδουν τεχνητά τη ζώνη μετάδοσης έτσι ώστε το σήμα να μπορεί να παραληφθεί αναλλοίωτο και να αποκωδικοποιηθεί παρά το θόρυβο μεταξύ των RF και PHY επιπέδων, εντούτοις, προσεγγίζουν τη στοιχειώδη εργασία με διαφορετικούς τρόπους.

Τα συστήματα FHSS χρησιμοποιούν ουσιαστικά τις συμβατικές, περιορισμένης ζώνης, τεχνικές μετάδοσης δεδομένων αλλά τακτικά αλλάζουν τη συχνότητα στην οποία μεταδίδουν.

Τα συστήματα DSSS διευρύνουν τεχνητά το εύρος ζώνης που απαιτείται για να διαβιβαστεί ένα σήμα διαμορφώνοντας τα δεδομένα του ρεύματος με έναν spreading κώδικα. Ο δέκτης μπορεί να ανιχνεύσει τα χωρίς λάθη δεδομένα ακόμα κι αν ο θόρυβος εμμένει στις μερίδες της ζώνης μετάδοσης.

Στο 802.11, το DSSS PHY επίπεδο καθορίζει τα μέγιστα ποσοστά δεδομένων μεταξύ 1 και 2 Mbps. Το πρώτο χρησιμοποιεί τη διαφορική δυαδική διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (DBPSK) και το τελευταίο τη διαφορική διαμόρφωση μετατόπισης φάσης 90 μοιρών (DQPSK).

Επίσης το πρότυπο καθορίζει το FHSS PHY επίπεδο που λειτουργεί στα 2 Mbps και με επιφύλαξη στα 1 Mbps στα εξαιρετικά θορυβώδη περιβάλλοντα.

Τα DSSS και FHSS λειτουργούν με ταχύτητες 1 Mbps ή 2 Mbps στο φάσμα των 2.4 GHz έως 2.4835 GHz. Αυτή η ζώνη συχνότητας (2.4GHz 2.4835GHz) είναι μέρος της ISM ζώνης - μια σφαιρική ζώνη που τίθεται κυρίως για βιομηχανική, επιστημονική και ιατρική χρήση, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για τις ασύρματες συσκευές του τοπικού LAN χωρίς να απαιτούνται άδειες για τους τελικούς χρήστες. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ασύρματες συσκευές για να είναι λειτουργικές πρέπει να προσαρμοστούν στο ίδιο πρότυπο με το PHY επίπεδο.

3.5 Γνωρίσματα του MAC Layer

Στο πρότυπο 802.11 το Data Link Layer αποτελείται από δύο υποστρώματα: Logical Link Control (LLC) και Media Access Control (MAC). Το 802.11 χρησιμοποιεί το ίδιο LLC επίπεδο με το πρότυπο 802.2 και 48 bit διευθυνσιοδότηση όπως άλλα 802 LANs, που επιτρέπουν απλό γεφύρωμα μεταξύ ασύρματων και IEEE ενσύρματων δικτύων.

Αξίζει να θυμηθούμε ότι το 802.11 MAC επίπεδο αναπτύχθηκε για να λειτουργήσει με το πρότυπο Ethernet με σκοπό να εξασφαλίσει ότι οι ασύρματοι και συνδεδεμένοι με καλώδιο κόμβοι στο επιχειρηματικό τοπικό LAN είναι λογιστικά όμοιοι. Φυσικά το 802.11 MAC επίπεδο είναι τελείως διαφορετικό από το ενσύρματο MAC Ethernet, αλλά οποιεσδήποτε διαφορές καλύπτονται από ένα AP που συνδέει ένα κανάλι WLAN με το LAN backbone.

Πιο συγκεκριμένα η μορφή πλαισίων που διαθέτει ενεργοποιεί ένα πλήθος γνωρισμάτων όπως γρήγορη αναγνώριση, διαχείριση των κρυμμένων σταθμών, διαχείριση δύναμης, ασφάλεια δεδομένων. Τα πρότυπα του WLAN χρησιμοποιούν ένα Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance (CSMA/ CA) MAC σχέδιο, ενώ το πρότυπο Ethernet χρησιμοποιεί ένα Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection (CSMA/ CD) σχέδιο. Το πρωτόκολλο CSMA/CD ρυθμίζει τον τρόπο με τον οποίο οι σταθμοί Ethernet πετυχαίνουν πρόσβαση στο καλώδιο και πώς ανιχνεύουν και χειρίζονται τις συγκρούσεις που εμφανίζονται όταν προσπαθούν δύο ή περισσότερες συσκευές να επικοινωνήσουν ταυτόχρονα. Σε ένα 802.11 WLAN, η ανίχνευση σύγκρουσης δεν οφείλεται πιθανός σε αυτό που είναι γνωστό ως "near/far" πρόβλημα - για να ανιχνεύσει μια σύγκρουση, ένας σταθμός πρέπει να

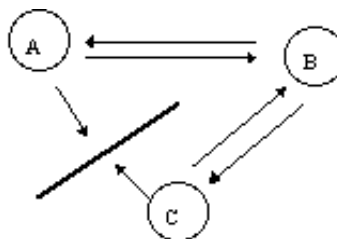
είναι σε θέση να μεταδώσει και να ακούσει συγχρόνως - αλλά στα ραδιοσυστήματα που η μετάδοση 'πνίγει' τη δυνατότητα του σταθμού "να ακούσει" μια σύγκρουση.

Το CSMA/CA προσπαθεί να αποφευχθούν οι συγκρούσεις με τη χρησιμοποίηση της *ρητής αναγνώρισης πακέτων (ACK)*, που σημαίνει ότι ένα πακέτο ACK στέλνεται από το σταθμό - παραλήπτη για να επιβεβαιώσει ότι το πακέτο δεδομένων έφθασε άθικτο. Το CSMA/CA λειτουργεί ως εξής: ο σταθμός που επιθυμεί να διαβιβάσει ανιχνεύει τον 'αέρα' και εάν καμία δραστηριότητα δεν ανιχνεύεται, ο σταθμός περιμένει μια πρόσθετη τυχαία επιλεγμένη χρονική περίοδο και έπειτα διαβιβάζει, εφόσον το μέσο εξακολουθεί να είναι ελεύθερο. Εάν το πακέτο φτάσει στον προορισμό του άθικτο, ο λαμβάνων σταθμός εκδίδει ένα πλαίσιο ACK το οποίο εφόσον παραληφθεί από τον πομπό επιτυχώς ολοκληρώνετε η διαδικασία. Στην περίπτωση που το πλαίσιο ACK δεν φτάσει στον πομπό με επιτυχία ή το αρχικό πακέτο δεδομένων δεν φτάσει στον δέκτη άθικτο, τότε θεωρείται ότι εμφανίστηκε σύγκρουση και το πακέτο δεδομένων διαβιβάζεται πάλι μετά από κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα αναμονής.

3.6 Hidden Nodes

Μερικά κοινά φαινόμενα που παρουσιάστηκαν σε WLANs οδήγησαν στην δημιουργία νέων γνωρισμάτων για το πρότυπο 802.11. Για παράδειγμα, σε μια διαμόρφωση BSS ή ESS, το WLAN μπορεί να 'πάσχει' από τις συγκρούσεις που προκαλούνται από την μετάδοση δεδομένων κρυμμένων σταθμών. Στην περίπτωση αυτή, ο σταθμός A μπορεί να επικοινωνήσει με το AP (στο σχήμα B) χωρίς πρόβλημα καθώς και ο σταθμός C με το AP χωρίς πρόβλημα. Όμως οι σταθμοί A και C χωρίζονται φυσικά από την μεταξύ τους απόσταση γεγονός που αποτρέπει την άμεση επικοινωνία. Δεδομένου ότι ο A και ο C δεν επικοινωνούν άμεσα σε μια διαμόρφωση ESS, το πρόβλημα των κρυφών σταθμών δεν έχει επιπτώσεις στην πραγματική επικοινωνία, αλλά στον ανταγωνισμό για άμεση πρόσβαση.

Το σχέδιο αποφυγής σύγκρουσης που υιοθετείται στο 802.11 απαιτεί ένας σταθμό να αποφύγει να μεταδώσει όταν άλλοι κόμβοι διαβιβάζουν. Οπότε εξαιτίας της φυσικής απόστασης ο κόμβος A δεν θα είναι σε θέση να ανιχνεύσει ότι ο κόμβος C διαβιβάζει δεδομένα στο AP στο πρόβλημα των κρυμμένων σταθμών.



Για την επίλυση του προβλήματος των κρυφών κόμβων το πρότυπο 802.11 περιλαμβάνει ένα προαιρετικό μήνυμα που ονομάζεται Read To Send Message (RTS), το οποίο περιέχει τη διεύθυνση του προορισμού και τη διάρκεια της μετάδοσης, οπότε οι υπόλοιποι σταθμοί γνωρίζουν το χρόνο που πρέπει να περιμένουν πριν μεταδώσουν. Στη συνέχεια ο κόμβος προορισμού στέλνει ένα μικρό μήνυμα που ονομάζεται Clear To Send Message (CTS), το οποίο ενημερώνει τον αποστολέα ότι μπορεί να διαβιβάσει χωρίς το φόβο συγκρούσεων.

Η δυνατότητα χρησιμοποίησης RTS στη συσκευή αποστολής εξαρτάται από το σχεδιαστή του 802.11 εξοπλισμού, ή σε μερικές περιπτώσεις από τον administrator του WLAN ή έναν χρήστη. Για παράδειγμα ένας σχεδιαστής NIC καρτών μπορεί να επιλέξει να μην υποστηρίζει η κάρτα το χαρακτηριστικό γνώρισμα RTS με σκοπό την ελαχιστοποίηση του κόστους, δεδομένου ότι το φαινόμενο των κρυφών κόμβων δεν εμφανίζεται σε πολλές εγκαταστάσεις. Εναλλακτικά, ο σχεδιαστής της NIC μπορεί να εφαρμόσει το χαρακτηριστικό γνώρισμα RTS, αλλά να επιτρέπει στο χρήστη να μπορεί να το θέτει εντός ή εκτός λειτουργίας ανάλογα με την εγκατάσταση.

3.7 Το πρότυπο IEEE 802.11b

Το Σεπτέμβριο του 1999 επικυρώθηκε από την IEEE η τροποποίηση ‘**υψηλού ποσοστού**’ – ‘**High Rate**’ - **802.11b**, με την οποία προστέθηκαν δύο υψηλότερες ταχύτητες (5,5 και 11 Mbps) στο πρότυπο 802.11. Αυτό ήταν μια σημαντική ανακάλυψη καθώς οι κινητοί χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα Ethernet επίπεδα απόδοσης, throughput και διαθεσιμότητας. Το νέο πρότυπο, βασισμένο στην τεχνολογία, επέτρεψε στους administrators να δημιουργήσουν δίκτυα που συνδυάζουν περισσότερες από μια τεχνολογίες του τοπικού LAN ώστε να ανταποκριθούν καλύτερα στις ανάγκες των χρηστών και των επιχειρήσεων.

Η βασική αρχιτεκτονική, τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα και οι υπηρεσίες του 802.11b καθορίζονται από τα αρχικά 802.11 πρότυπα. Η προδιαγραφή 802.11b επηρεάζει μόνο το φυσικό στρώμα, προσθέτοντας μεγαλύτερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και μεγαλύτερη συνδετικότητα.

Η βασική συμβολή της προσθήκης 802.11b στα ασύρματα πρότυπα του τοπικού LAN ήταν η τυποποίηση του φυσικού επιπέδου σε δυο νέες ταχύτητες: 5,5 Mbps και 11 Mbps.

Για να αυξηθεί το ποσοστό μετάδοσης στο πρότυπο 802.11b, υιοθετήθηκαν προηγμένες τεχνικές κωδικοποίησης. Παρά τις 11 – bit Barker ακολουθίες, το 802.11b προσδιορίζει τη συμπληρωματική διαμόρφωση κώδικα (Complementary Code Keying - CCK), η οποία αποτελείται από κώδικα 64 συνολικά 8-bit λέξεων. Σαν σύνολο, αυτές οι λέξεις κώδικα έχουν μοναδικές μαθηματικές ιδιότητες που τους επιτρέπουν να είναι διακριτές μεταξύ τους από έναν δέκτη ακόμη και με την παρουσία θορύβου ή πολλαπλών παρεμβάσεων (π.χ., παρέμβαση που προκαλείται με τη λήψη των πολλαπλών ράδιο-αντανακλάσεων μέσα σε ένα κτίριο). Στα 5,5 Mbps χρησιμοποιείται ο CCK για την κωδικοποίηση 4 bits ανά μεταφορέα, ενώ στα 11 Mbps για την κωδικοποίηση 8 bits ανά μεταφορέα. Και οι δύο ταχύτητες χρησιμοποιούν το QPSK ως τεχνική διαμόρφωσης και σήμα στα 1.375 MSps. Με τον τρόπο αυτό λαμβάνεται μεγάλος όγκος δεδομένων.

Data Rate	Code Length	Modulation	Symbol Rate	Bits/Symbol
1 Mbps	11 (Barker Sequence)	BPSK	1 MSps	1
2 Mbps	11 (Barker Sequence)	QPSK	1 MSps	2
5.5 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	4
11 Mbps	8 (CCK)	QPSK	1.375 MSps	8

4 Αλγόριθμοι Τοπολογικού Σχεδιασμού και Διαχείρισης Ασύρματων Δικτύων

4.1 Πρωτόκολλα Δρομολόγησης

Ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης (*Routing Protocol*) χρησιμοποιείται/ απαιτείται όταν ένα παραδοθέν πακέτο χρειάζεται να περάσει από διάφορους κόμβους προκειμένου να φτάσει στον προορισμό του. Στόχος του πρωτοκόλλου δρομολόγησης είναι να βρει μια διαδρομή και να παραδοθεί το πακέτο δεδομένων στο σωστό προορισμό.

Υπάρχουν διάφορα πρωτοκολλά δρομολόγησης, όπως το διάλυμα απόστασης (*distance vector*) και το κράτος συνδέσεων (*link state*). Αυτά όμως, σχεδιάστηκαν για στατικά δίκτυα και η δυναμική τοπολογία δεν εξετάστηκε όταν διαμορφώνονταν. Προφανώς είναι ακατάλληλο να χρησιμοποιηθεί μη προσαρμοστικό πρωτόκολλο σε ένα ασύρματο δίκτυο. Όλα τα συμβατικά πρωτόκολλα δρομολόγησης υποθέτουν ότι οι διαδρομές στο δίκτυο είναι αμφίδρομες με ίση ποιότητα, ενώ στα ad-hoc δίκτυα κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει πάντα.

Τα πρωτόκολλα δρομολόγησης μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις κατηγορίες:

- ◆ Συγκεντρωτικό ή κατανεμημένο (Centralized or Distributed)
- ◆ Προσαρμοστικό ή στατικό (Adaptive or Static)
- ◆ Αντιδραστικό ή δυναμικό ή υβριδικό (Reactive or Proactive or Hybrid)

Όταν ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης είναι συγκεντρωμένο, όλες οι αποφάσεις λαμβάνονται σε ένα κεντρικό κόμβο, ενώ σε ένα κατανεμημένο πρωτόκολλο όλοι οι κόμβοι μοιράζονται την απόφαση δρομολόγησης.

Ένα προσαρμοστικό πρωτόκολλο μπορεί να αλλάξει συμπεριφορά ανάλογα με τη κατάσταση του δικτύου, η οποία μπορεί να είναι συμφόρηση σε μια σύνδεση ή άλλοι πιθανοί παράγοντες/ καταστάσεις.

Ένα αντιδραστικό πρωτόκολλο δρομολόγησης παίρνει σημαντικές αποφάσεις, όπως η ανακάλυψη διαδρομών όταν απαιτείται, σε αντίθεση με το δυναμικό πρωτόκολλο που ανακαλύπτει διαδρομές πριν αυτές απαιτηθούν. Οι αντιδραστικές μέθοδοι καλούνται on-demand πρωτόκολλα δρομολόγησης. Δεδομένου ότι 'τρέχουν' μετά από απαίτηση, τα γενικά έξοδα πακέτων ελέγχου μειώνονται πολύ. Οι δυναμικές μέθοδοι δρομολόγησης διατηρούν και αποθηκεύουν τους πίνακες δρομολόγησης περιοδικά. Τέλος, τα υβριδικά πρωτόκολλα χρησιμοποιούν και τις δύο παραπάνω μεθόδους δρομολόγησης, με σκοπό την μεγαλύτερη και καλύτερη απόδοση. Το Zone Routing Protocol (ZRP) είναι ένα παράδειγμα υβριδικής μεθόδου δρομολόγησης.

Η ομάδα εργασίας MANET ανήγγειλε τον Ιανουάριο του 1999 ένα αίτημα για σχόλια – Request for Comments (RFC2501) – ώστε οι ερευνητές να χρησιμοποιούν παρόμοιες μετρικές (metrics), που θα καθιστούν τα διάφορα πρωτόκολλα συγκρίσιμα.

4.2 Αλγόριθμος GSR (Global State Routing)

Σε ένα ειδικό ασύρματο δίκτυο (ad-hoc network) όπου οι συνδεδεμένες με καλώδιο υποδομές δεν είναι εφικτές, η κινητικότητα και το εύρος ζώνης είναι δύο βασικά στοιχεία που παρουσιάζουν μεγάλη πρόκληση για τους ερευνητές. Η κινητικότητα αναγκάζει το χρόνο ζωής μιας σύνδεσης μεταξύ δυο ηλεκτρονικών υπολογιστών να ποικίλει, ενώ το περιορισμένο εύρος ζώνης οδηγεί γρήγορα το δίκτυο σε κορεσμό με τη σηματοδότηση ελέγχου.

Τα σχέδια δρομολόγησης που αναπτύσσονται για τα συνδεδεμένα με καλώδια δίκτυα σπάνια εξετάζουν τους περιορισμούς αυτού του τύπου. Υποθέτουν ότι το δίκτυο είναι συνήθως σταθερό και τα γενικά έξοδα για τη δρομολόγηση των μηνυμάτων αμελητέα.

Οι επιστήμονες εξετάζοντας τη διαφορά μεταξύ ενσύρματων και ασύρματων δικτύων, θεώρησαν απαραίτητη την ανάπτυξη ενός ασύρματου πρωτοκόλλου δρομολόγησης το οποίο θα αντιδρά γρήγορα στις αλλαγές της τοπολογίας δικτύων, αλλά θα καταναλώνει μόνο ένα λογικό ποσό εύρους ζώνης για τον έλεγχο κυκλοφορίας.

Στόχος του GSR αλγόριθμου είναι να σχεδιαστεί ένα σχέδιο δρομολόγησης όπου το MAC επίπεδο είναι αποδοτικό - τα γενικά έξοδα του μηνύματος ελέγχου κρατιούνται χαμηλά. Δηλαδή το μέγεθος πακέτων ελέγχου πρέπει να είναι σε θέση να πετύχει βέλτιστη MAC throughput και ο αριθμός πακέτου ελέγχου πρέπει να είναι ελέγξιμος.

Αλγόριθμος

Το ειδικό ασύρματο δίκτυο μοντελοποιείται σαν μια undirected γραφική παράσταση $G=(V,E)$, όπου V είναι ένα σύνολο $|V|$ κόμβων και E είναι ένα σύνολο $|E|$ undirected συνδέσεων που συνδέουν τους κόμβους V . Κάθε κόμβος έχει ένα μοναδικό προσδιοριστικό και αντιπροσωπεύει ένα κινητό host με μια ασύρματη συσκευή επικοινωνίας με ρυθμό μετάδοσης R , και ένα απεριόριστο χώρο αποθήκευσης. Οι κόμβοι μπορούν να κινούνται και να αλλάζουν την ταχύτητα και την κατεύθυνση τους ανεξάρτητα ο καθένας. Μια undirected σύνδεση (i, j) μεταξύ δύο κόμβων i, j διαμορφώνεται όταν η απόσταση μεταξύ των i, j γίνει μικρότερη ή ίση με R . Η σύνδεση (i, j) αφαιρείται από το σύνολο E όταν οι κόμβοι i, j κινούνται χωριστά και έξω από τα όρια μετάδοσης τους.

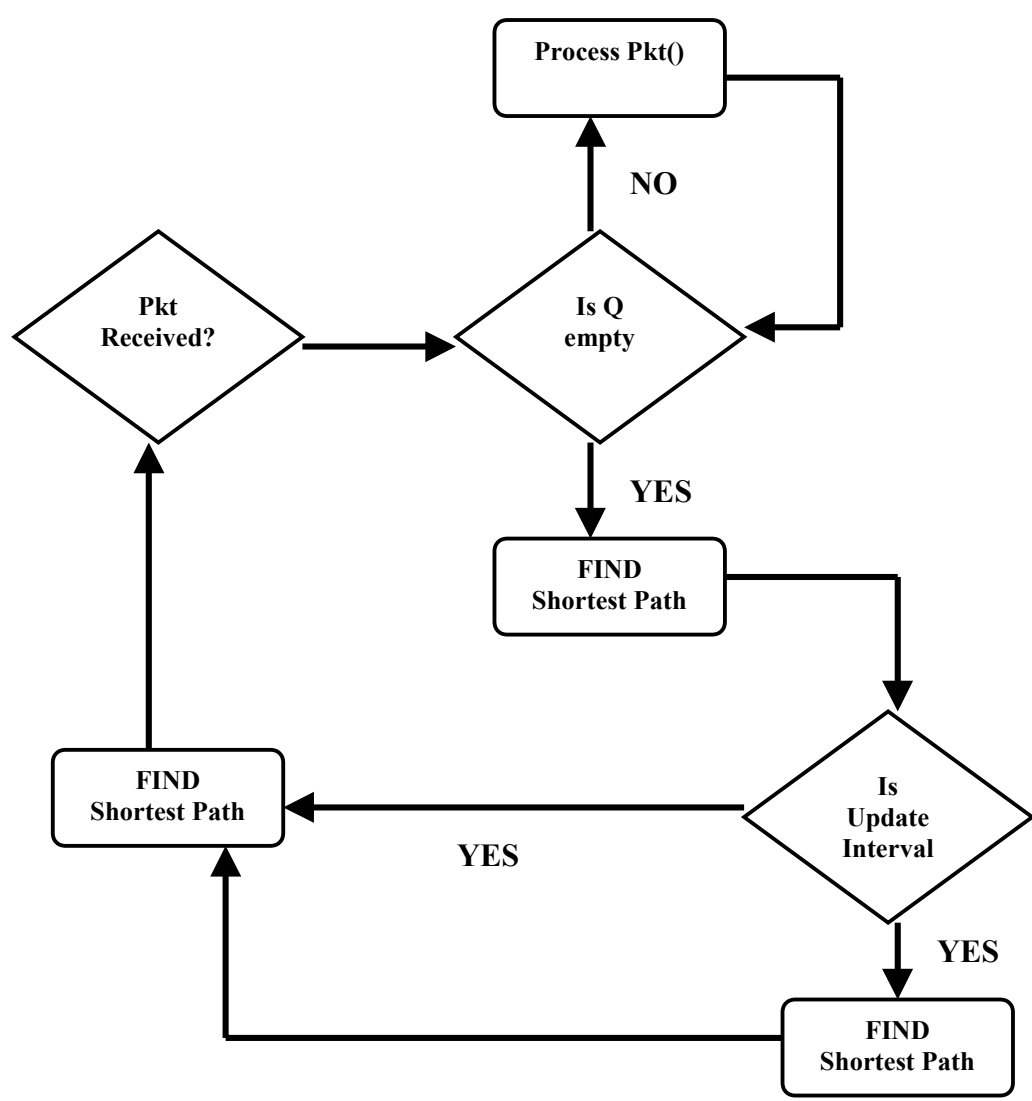
Για κάθε κόμβο i διατηρείται ένας κατάλογος με τρεις πίνακες: μια λίστα γειτόνων A_i , ένας πίνακας τοπολογίας TT_i , ένας πίνακας λυκίσκου (hop) $NEXT_i$ και ένας πίνακας αποστάσεων D_i . Η λίστα A_i ορίζεται ως το σύνολο των κόμβων που είναι δίπλα στον κόμβο i . Κάθε προορισμός j έχει μια εγγραφή στο πίνακα TT_i , ο οποίος περιέχει δύο μέρη: $TT_i.LS(j)$ και $TT_i.SEQ(j)$. Το τμήμα $TT_i.LS(j)$ κρατάει τις πληροφορίες συνδέσεων που αναφέρονται από τον κόμβο προορισμού j και το τμήμα $TT_i.SEQ(j)$ τη χρονική περίοδο που ο κόμβος j παράγει αυτές τις πληροφορίες συνδέσεων. Παρόμοια, για κάθε προορισμό j ο πίνακας $NEXT_i(j)$ δείχνει τον επόμενο λυκίσκο (hop) για να διαβιβάσει τα πακέτα που προορίζονται για το j από το συντομότερο μονοπάτι, ενώ ο $D_i(j)$ δείχνει τις αποστάσεις του κοντινότερου μονοπατιού από τον κόμβο i στον j .

+

Επιπλέον μια συνάρτηση βάρους, $weight: E \rightarrow Z_0$, χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της απόστασης μιας σύνδεσης. Η συνάρτηση επιστρέφει 1 όταν δύο

κόμβοι έχουν άμεση σύνδεση και ∞ σε οποιαδήποτε άλλη περίπτωση. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να αντικατασταθεί και με άλλες συναρτήσεις δρομολόγηση με διαφορετικές μετρικές.

Για την αξιολόγηση της απόδοσης δρομολόγησης χρησιμοποιούνται δύο μετρικές: η ανακρίβεια δρομολόγησης (*Routing Inaccuracy*) και τα γενικά έξοδα ελέγχου (Control Overhead). Η ανακρίβεια δρομολόγησης ελέγχεται με τη σύγκριση του επόμενου πίνακα λυκίσκου κάθε κόμβου με τους πίνακες που παράγονται από έναν off-line αλγόριθμο. Ο αλγόριθμος αυτός γνωρίζει την ακριβή τοπολογία του δικτύου, ώστε να υπολογίζει σε κάθε δεδομένη χρονική στιγμή την βέλτιστη λύση για κάθε κόμβο. Τα γενικά έξοδα ελέγχου υπολογίζονται εξετάζοντας τον μέσο αριθμό πακέτων ελέγχου δρομολόγησης που ανταλλάσσονται σε κάθε σύνδεση.



4.3 Αλγόριθμος WRP (Wireless Routing Protocol)

Πρόκειται για ένα διανυσματικό πρωτόκολλο δρομολόγησης, όπου κάθε κόμβος στο δίκτυο διατηρεί ένα πίνακα δρομολόγησης (*routing table*), ένα πίνακα απόστασης (*distance table*), ένα πίνακα δαπανών συνδέσεων (*link cost table*) και ένα κατάλογο αναμετάδοσης μηνυμάτων (*message transmission list*).

Αλγόριθμος

Ο πίνακας απόστασης ενός κόμβου S, περιέχει την απόσταση κάθε κόμβου προορισμού D μέσω κάθε γείτονα N του κόμβου S. Περιέχει επίσης τον προς τα κάτω γείτονα του κόμβου N, μέσω του οποίου το μονοπάτι αυτό πραγματοποιείται.

Ο πίνακας δρομολόγησης του κόμβου S περιλαμβάνει την απόσταση κάθε κόμβου προορισμού D από τον S, τον προκάτοχο και τον διάδοχο του κόμβου S σ' αυτό το μονοπάτι. Επιπλέον περιέχει μια ετικέτα για προσδιορίζει εάν η είσοδος είναι ένα απλό μονοπάτι, ένας βρόχος ή είναι άκυρη. Η καταχώρηση του προκατόχου και του διαδόχου στον πίνακα δρομολόγησης βοηθάει στην ανίχνευση των βρόχων και επομένως του προβλήματος counting – to- infinity.

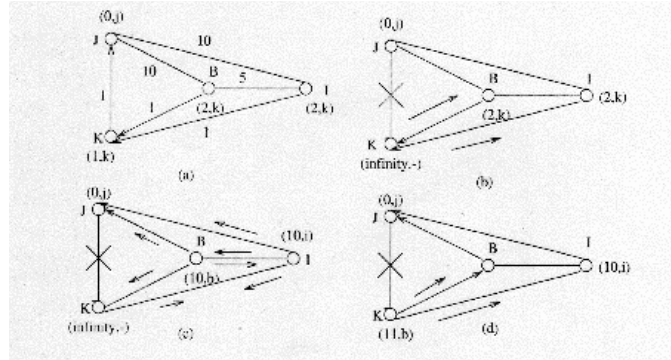
Ο πίνακας δαπανών συνδέσεων περιέχει το κόστος της σύνδεσης με κάθε γείτονα του κόμβου και το χρόνο αδράνειας από το τελευταίο χωρίς λάθη μήνυμα που παραλείφθηκε από τον συγκεκριμένο γείτονα.

Ο κατάλογος μετάδοσης μηνυμάτων περιλαμβάνει τέτοιες πληροφορίες, ώστε κάθε κόμβος να γνωρίζει για ποιον γείτονα το μήνυμα αναπροσαρμογής του δεν έχει αναγνωρισθεί, ώστε ο κόμβος να αναμεταδώσει το update μήνυμα σε εκείνο το γείτονα.

Στις αλλαγές συνδέσεων και κατά περιοδικές χρονικές στιγμές οι κόμβοι ανταλλάσσουν τους πίνακες δρομολόγησης με τους γείτονες τους. Οι κόμβοι στον κατάλογο μετάδοσης μηνυμάτων πρέπει να αναγνωρίσουν τα μηνύματα αναπροσαρμογής. Εφόσον δεν υπάρχει καμία αλλαγή στον πίνακα δρομολόγησης μετά από το τελευταίο update, ο κόμβος πρέπει να στείλει μοναδικό HELLO μήνυμα, για να εξασφαλίσει την συνδετικότητα.

Στην λήψη ενός μηνύματος αναπροσαρμογής, ο κόμβος τροποποιεί τον πίνακα αποστάσεων του και ψάχνει τα καλύτερα μονοπάτια χρησιμοποιώντας τις νέες πληροφορίες που του δόθηκαν. Κάθε νέο μονοπάτι στέλνεται πίσω στους αρχικούς κόμβους, ώστε να μπορούν με την σειρά τους να ενημερώσουν τους πίνακες τους. Ο ίδιος κόμβος ενημερώνει επίσης τον πίνακα δρομολόγησης του εάν το νέο μονοπάτι είναι καλύτερο από το υπάρχον. Όταν ο κόμβος λαμβάνει ρητή αναγνώριση πακέτου (ACK), ενημερώνει τον κατάλογο μετάδοσης μηνυμάτων του.

Ο αλγόριθμος WRP ελέγχει για τη συνέπεια όλων των γειτονικών κόμβων, κάθε φορά που ανιχνεύει μια αλλαγή στη σύνδεση κάποιου από τους γείτονες. Το looping αποβάλλεται και η σύγκλιση (convergence) επιταχύνεται.



Παράδειγμα της λειτουργίας του **WRP** αλγόριθμου

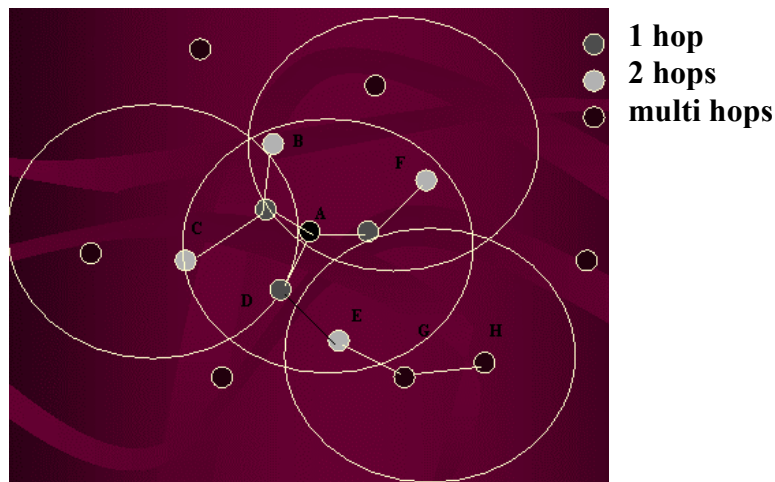
4.4 Αλγόριθμος ZRP (Zone Routing Protocol)

Ο αλγόριθμος που παρουσιάζεται καλείται ‘πρωτόκολλο δρομολόγησης ζώνης’ και είναι ένα παράδειγμα ενός υβριδικού/ αντιδραστικού/ δυναμικού πρωτοκόλλου δρομολόγησης. Το ZRP, από τη μια πλευρά περιορίζει το πεδίο της δυναμικής διαδικασίας μόνο στην τοπική γειτονιά του κόμβου, ενώ από την άλλη η αναζήτηση σε όλο το δίκτυο, αν και σφαιρική στη φύση, γίνεται με αποτελεσματικά ερωτήματα προς τους επιλεγμένους κόμβους του δικτύου.

Ένα σημαντικό ζήτημα είναι αυτό των αναπροσαρμογών στην τοπολογία των δικτύων. Για να είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης αποδοτικό θα πρέπει οι αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου να έχουν τοπική επίδραση μόνο. Με άλλα λόγια, η δημιουργία μιας νέας σύνδεσης στον ένα άκρο του δικτύου είναι ένα σημαντικό τοπικό γεγονός, αλλά πιθανότατα μια ασήμαντη πληροφορία για το άλλο άκρο του δικτύου. Τα δυναμικά πρωτόκολλα τείνουν να διανέμουν τέτοιες πληροφορίες σχετικά με αλλαγές της τοπολογίας ευρέως στο δίκτυο, δημιουργώντας μεγάλες δαπάνες – αύξηση κόστους.

Ο αλγόριθμος ZRP καταφέρνει να περιορίσει την διάδοση τέτοιων πληροφοριών μόνο στην γειτονιά της αλλαγής, περιορίζοντας κατά συνέπεια το κόστος των τοπολογικών αναπροσαρμογών.

Η έννοια της ζώνης δρομολόγησης (Routing Zone), της ακτίνας ζώνης (Zone Radius) και της οριακής διανομής (Bordercasting) μιας ζώνης δρομολόγησης, καθορίζεται για κάθε κόμβο και περιλαμβάνει όλους τους κόμβους των οποίων η ελάχιστη απόσταση, μέσα στους λυκίσκους, από τον κόμβο αναφοράς είναι το πολύ κάποιος προκαθορισμένος αριθμός, ο οποίος αναφέρεται ως ακτίνα ζώνης. Ένα παράδειγμα μιας ζώνης δρομολόγησης (για τον κόμβο A) ακτίνας 2 παρουσιάζεται παρακάτω:



Στο παράδειγμα αυτό, ο κόμβος E είναι μέσα στη ζώνη δρομολόγησης του A, ενώ ο κόμβος G είναι εκτός. Επίσης ο κόμβος F μπορεί να επιτευχθεί από ένα μονοπάτι από τον A μήκους 2 hops. Από τη στιγμή που το μήκος του μονοπατιού είναι μικρότερο ή ίσο με την ακτίνα ζώνης, ο κόμβος F ανήκει στην ζώνη δρομολόγησης του A. Περιφερειακοί (γειτονικοί) κόμβοι θεωρούνται εκείνοι που η ελάχιστη απόσταση τους από τον κόμβο δρομολόγησης είναι ίση με τη ακτίνα δρομολόγησης.

Το Bordercasting είναι μια διαδικασία αποστολής ενός IP διαγράμματος ([RFC-0791]) από έναν κόμβο σε όλους τους περιφερειακούς του. Η οριακή διανομή μπορεί να εφαρμοστεί είτε μέσω της κανονικής απλής IP διανομής (unicast), είτε μέσω της πολλαπλής (multicast) IP διαδρομής (Distance Vector Multicast Routing Protocol [RFC-1075]).

Το πρωτόκολλο ZRP είναι βασισμένο σε δύο διαδικασίες: το πρωτόκολλο δρομολόγησης IntraZone (IARP) και το πρωτόκολλο δρομολόγησης InterZone (IERP). Μέσω της χρήσης του IARP, κάθε κόμβος μαθαίνει την ταυτότητα και την ελάχιστη απόσταση από όλους τους κόμβους στη ζώνη δρομολόγησης του. Το πραγματικό IARP δεν προσδιορίζεται και μπορεί να περιλάβει οποιαδήποτε πρωτοκόλλα, όπως τα παράγωγα του Distance Vector Protocol (π.χ. Ad-hoc On Demand Distance Vector [AODV]). Στην πραγματικότητα, τα διαφορετικά τμήματα ενός ειδικού δικτύου μπορούν να επιλέξουν να λειτουργήσουν βασισμένα σε διαφορετική επιλογή του IARP πρωτοκόλλου το καθένα. Όποια όμως και αν είναι η επιλογή του IARP, το πρωτόκολλο απαιτείται να τροποποιηθεί για να εξασφαλίσει ότι το πεδίο αυτής της λειτουργίας περιορίζεται στη ζώνη του συγκεκριμένου κόμβου (κόμβος αναφοράς). Έτσι καθώς κάθε κόμβος απαιτείται να γνωρίζει την απόσταση των κόμβων μόνο μέσα στη ζώνη δρομολόγησης του, οι αναπροσαρμογές που γίνονται στο δίκτυο, όσο μεγάλο κι αν είναι αυτό, δεν το αφορούν εκτός κι αν λαμβάνουν χώρα τοπικά, δηλαδή σε κάποιον από τους περιφερειακούς του κόμβους.

Ενώ το IARP ανακαλύπτει τις διαδρομές μέσα σε μία ζώνη δρομολόγησης, το πρωτόκολλο IERP είναι αρμόδιο για την εύρεση διαδρομών μεταξύ των κόμβων που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη από αυτή της ακτίνας ζώνης. Το IERP στηρίζεται στο Bordercasting. Η οριακή διανομή είναι δυνατή δεδομένου ότι κάθε

κόμβος γνωρίζει την ταυτότητα και την απόσταση όλων των κόμβων στη ζώνη δρομολόγησής του.

Το IERP λειτουργεί ως εξής: Ο κόμβος πηγή ελέγχει αρχικά εάν ο κόμβος προορισμού είναι μέσα στη ζώνη δρομολόγησής του – φυσικά, όπως ήδη αναφέρθηκε, αυτό είναι δυνατό εφόσον κάθε κόμβος γνωρίζει το περιεχόμενο της ζώνης του. Στην περίπτωση που συμβαίνει κάτι τέτοιο, το μονοπάτι που οδηγεί στον προορισμό είναι γνωστό και δεν απαιτείται κάποια περαιτέρω επεξεργασία για την ανακάλυψη διαδρομών. Στην περίπτωση όμως, που ο προορισμός δεν είναι μέσα στη ζώνη δρομολόγησής της πηγής, ο κόμβος πηγή διανέμει ένα αίτημα διαδρομής, γνωστό ως ‘request’, προς όλους τους περιφερειακούς του κόμβους. Όλοι οι περιφερειακοί κόμβοι εκτελούν με τη σειρά τους τον ίδιο αλγόριθμο: ελέγχουν αν ο κόμβος προορισμού είναι μέσα στη δική τους ζώνη δρομολόγησής. Εάν ναι, μια απάντηση διαδρομής, γνωστή ως ‘reply’, που δείχνει το μονοπάτι προς τον προορισμό στέλνεται στον κόμβο πηγή. Εάν όχι, οι περιφερειακοί κόμβοι διαβιβάζουν το ‘request’ προς τους δικούς του περιφερειακούς κόμβους, οι οποίοι με τη σειρά τους εκτελούν την ίδια διαδικασία. Επομένως μια εφικτή διαδρομή μέσα σε ένα δίκτυο προσδιορίζεται ως ακολουθία κόμβων.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραπάνω ανάλυση κάνει φανερή τη μεγάλη χρησιμότητα των ασύρματων δικτύων και της προοπτικής που ανοίγεται, για τον επιχειρηματικό και όχι μόνο κόσμο, με τη χρήση τους.

Έτσι καθώς η τεχνολογία προχωράει, τα συστήματα εξελίσσονται και οι απαιτήσεις των χρηστών αυξάνονται με γοργούς ρυθμούς, θα αρχίσουμε να μιλάμε ή καλύτερα έχουμε αρχίσει ήδη να μιλάμε για τέταρτης γενιάς (**4G**) τεχνολογίες ασύρματων δικτύων.

Οι ερευνητές και οι προμηθευτές έχουν εκδηλώσει πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για τα ασύρματα δίκτυα τέταρτης γενιάς, τα οποία υποστηρίζουν παγκόσμια περιπλάνηση (global roaming) μεταξύ πολλαπλών ασύρματων και κινητών δικτύων. Για παράδειγμα, από ένα κυψελοειδές δίκτυο σε ένα δορυφορικό δίκτυο και αυτό με τη σειρά του σε ένα high-bandwidth ασύρματο τοπικό δίκτυο. Με άλλα λόγια, οι χρήστες θα έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε διαφορετικές υπηρεσίες, αυξημένη κάλυψη, χρησιμοποίηση μιας μόνο απλής συσκευής, ένα μόνο λογαριασμό με μειωμένο συνολικό κόστος πρόσβασης και πιο αξιόπιστη ασύρματη σύνδεση.

Καθώς η ανάπτυξη των 4G ασύρματων τεχνολογιών δεν αναμένεται πριν από το 2006 ή και λίγο αργότερα, οι επιστήμονες/ ερευνητές πιστεύουν ότι θα έχουν αρκετό χρόνο να λύσουν ζητήματα που αφορούν πολλαπλά ετερογενή δίκτυα και τον αποτελεσματικό τρόπο σύνδεσης τους, όπως:

- Access
- Handoff
- Location coordination
- Resource coordination to add new users
- Support for multicasting
- Support for quality of service (QoS)
- Wireless security and authentication
- Network failure and backup
- Pricing and billing

Αξίζει επίσης να σημειώσουμε ότι ένα από τα πιο ελκυστικά θέματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι ο τρόπος πρόσβασης τόσων διαφορετικών κινητών και ασύρματων δικτύων ταυτόχρονα. Τρεις είναι οι πιθανές αρχιτεκτονικές που θα χρησιμοποιηθούν: η χρήση μιας multimode συσκευής, ενός επικαλυπτόμενου (overlay) δικτύου ή ενός κοινού πρωτοκόλλου πρόσβασης.

Η έρευνα έδειξε ότι πολλοί είναι οι ερευνητές/ επιστήμονες που μελετούν και εργάζονται πάνω στα συγκεκριμένα αυτά θέματα, αναπτύσσοντας νέους αλγόριθμους, κάνοντας δοκιμές και συγκρίσεις, με στόχο πάντα την βελτιστοποίηση των συστημάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Geier, James T (1999), *Wireless LANS: Implementing Interoperable Networks*.
- Clark, Martin P (2000), *Wireless Access Networks: fixed wireless*.
- Keveh (1995), *Wireless Information Networks*.
- Benny Bing (2000), *High – Speed Wireless ATM and LANS*.
- IEEE Communications Magazine (December 2000), *Access Network Evolution Beyond Third Generation Mobile Communications*.
- IEEE Communications Magazine (December 2000), *The Future Generations of Mobile communications Based on Broadband Access Technologies*.
- IEEE Communications Magazine (2001), *A Long - Term View of Short – Range Wireless*.
- IEEE Communications Magazine (2001), *Wireless Mobile Communications at the start of the 21th Century*.
- Computer Magazine (August 1999), *Preparing for a New Generation of Wireless Data*.
- Computer Magazine (June 2001), *Issues in Emerging 4G Wireless Networks*.
- Computer Magazine (August 1999), *Recent Advances in Wireless Networking*.
- Communications of the ACM (June 2000), *Emerging Mobile and Wireless Networks*.
- *Wireless HowTo*, URL: <http://linux.ichannel.gr/LDP/HOWTO/Wireless-HOWTO.html>.
Paper του Robert Arcomano (January 2001) που αναφέρεται στην τεχνολογία των ασύρματων δικτύων και τα χαρακτηριστικά της και δίνει λύσεις για την εγκατάσταση ασύρματου δικτύου σε περιβάλλον Linux.
- *Wireless Local Area Networks*, URL: ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/cis788-97/wireless_lans/index.htm.
Paper του Edward C. Prem που αναφέρεται σε βασικά θέματα ασύρματων δικτύων. Το paper αυτό είναι ένα από τα πολλά που βρίσκονται στο site του Πανεπιστήμιου του Οχάιο (<ftp://ftp.ohio-state.edu>).
- *Wireless Local Area Network (IEEE 802.11)*, URL: <http://alpha.fdu.edu/~anandt>.
Εργασία που παρουσιάζει συνοπτικά τα ασύρματα τοπικά δίκτυα και το πρότυπο IEEE 802.11. Το site ανήκει στο Fairleigh Dickinson University.
- *A Short Tutorial on Wireless LANs and IEEE 802.11*, URL: <http://www.computer.org/students/looking/summer97/ieee802.htm>.
Ιστοσελίδα της IEEE Computer Society, της παλιότερης και μεγαλύτερης εταιρίας επαγγελματιών πληροφορικής στον κόσμο. Το συγκεκριμένο έγγραφο ανήκει στους Daniel L. Lough, T. Keith Blankenship. Kevin J. Krizman.

- *Wireless Wide Area Networks: Trends and Issues*, URL: http://netmotionwireless.com/resourse/whitepapers/wireless_wan_prn.asp.
Paper σχετικά με τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής. Είναι ένα από τα πολλά που παραθέτει η εταιρία NetMotion σχετικά με ασύρματα δίκτυα. Η εταιρία αυτή είναι μια από της μεγαλύτερες στο χώρο που προσφέρει λύσεις διαμόρφωσης και εγκατάστασης δικτύων (<http://www.netmotion.com>).
- *Wireless ATM – An Overview*, URL: ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/cis788-97/wireless_atm/index.htm.
Paper του Xinri Cong που μελετά τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων ασύγχρονης μεταφοράς (WATM). Το paper αυτό είναι ένα από τα πολλά που βρίσκονται στο site του Πανεπιστήμιου του Οχάιο (<ftp://ftp.ohio-state.edu>).
- *Security for Wireless Networks*, URL: http://www.netmotionwireless.com/resourse/whitepapers/netmotion_security_prn.asp.
Paper σχετικά με την ασφάλεια των ασύρματων δικτύων. Το έγγραφο αναφέρεται στα προβλήματα ασφάλειας που εμφανίζονται στις ασύρματες τεχνολογίες και στις υπάρχουσες λύσεις. Επιπλέον προβάλλει την πρόταση της εταιρίας σχετικά με το θέμα. Είναι ένα από τα πολλά papers που παραθέτει η εταιρία NetMotion σχετικά με ασύρματα δίκτυα. Η εταιρία αυτή είναι μια από της μεγαλύτερες στο χώρο που προσφέρει λύσεις διαμόρφωσης και εγκατάστασης δικτύων (<http://www.netmotion.com>).
- *Specification 802.11*, URL: http://webopedia.internet.com/TERM/8/802_11.html.
Ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια σχετική με νέες τεχνολογίες.
- *WLAN: The Learning Zone For Wireless Networking*, URL: <http://www.wlana.com/learn/educate1.htm>.
Εταιρία ανάπτυξης λογισμικού και παροχής υπηρεσιών ασύρματων δικτύων.
- *Wireless LANs*, URL: http://networkmagazine.com/article/printableArticle?doc_id=NMG20000726S0003.
Ηλεκτρονικό περιοδικό με θέματα σχετικά με νέες τεχνολογίες και δίκτυα.
- *The Wireless LAN Goes Fourth*, URL: http://networkingmagazine.com/article/printableArticle?doc_id=NMG20010720S0001.
Ηλεκτρονικό περιοδικό με θέματα σχετικά με νέες τεχνολογίες και δίκτυα.
- *Routing Protocols for Ad Hoc Wireless Networks*, URL: <http://www.comp.polyu.edu.hk/News/Seminars/20000615.html>.
Έρευνα του καθηγητή του τμήματος πληροφορικής και εφαρμοσμένης μηχανικής του Florida Atlantic University, σχετικά με πρωτόκολλα δρομολόγησης των ειδικών ασύρματων δικτύων.
- *Routing Algorithms in All-Mobile Wireless Networks*, URL: http://www.isr/umd/edu/TechReports/CSHCN/1997/CSHCN_TR_97-2/CSHCN_TR_97-2.phtml.
Εταιρία που παρέχει λύσεις σχετικά με δορυφορικά και υβριδικά ασύρματα δίκτυα.
- *WRP – An Efficient Routing Protocol for Wireless Networks*, URL: <http://citeseer.nj.nec.com/update/212354>.
Ηλεκτρονική βιβλιοθήκη νέων τεχνολογιών και συστημάτων.
- *Global State Routing: A New Routing Scheme for Ad-Hoc Wireless Networks*, URL: [http://www.cise.ulf.eduhelal/6930F01/papers/GSR\(GlobalStateProtocol\).pdf](http://www.cise.ulf.eduhelal/6930F01/papers/GSR(GlobalStateProtocol).pdf).

Εργασία του Tsu-Wei Chen Mario Gerla. Το site (<http://www.cise.ufl.edu>) ανήκει στο πανεπιστήμιο της Φλώριδας, στο τμήμα Computer & Information Science & Engineering.

- *Link your Network*, URL: http://www.pexxinc.com/web_page_wireless_onhore.jpg. Εταιρία πληροφορικής που παρέχει λύσεις για ασύρματα συστήματα.
- *The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad Hoc Networks*, URL: <http://www1.ics.uni.edu/~atm/adhoc/paper-collection/haas-draft-ietf-manet-zone-zrp-00.txt>.

Paper του Marc D. Pearlman του τμήματος πληροφορικής του Cornell University (November 1997). Το site είναι του πανεπιστημίου της Καλιφόρνια.

- *Routing Protocols*, URL: <http://www.cse.buffalo.edu/~sumeshjp/presentations/manet/sld022.htm>. Site του πανεπιστημίου του Buffalo, του τμήματος επιστήμης της Πληροφορικής στο οποίο διατίθενται παρουσιάσεις μαθημάτων.
- *Research Priorities in Wireless and Mobile Communications and Networking*, URL: <http://www.cise.nsf.gov/anir/ww.html>. Ιστοσελίδα του διεθνή οργανισμού Division of Networking and Communications Research and Infrastructure.