



University of *Macedonia*
ECONOMIC AND SOCIAL SCIENCES

MASTER INFORMATION SYSTEMS

Course:
Networking Technologies

Issue:
**Comparison of Wireless Personal/Home Networking
Technologies**



Professor:

ANASTASIOS ECONOMIDES

Post-graduate student:

NIKOLAS SOLDATOS

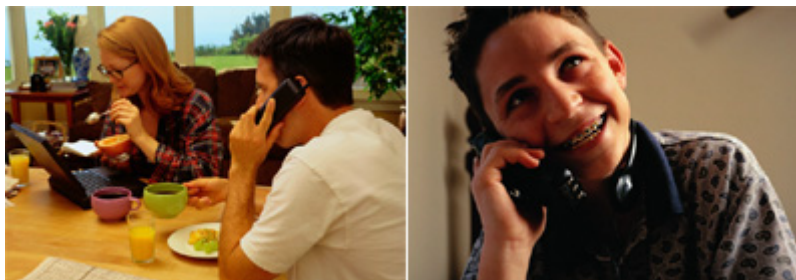
Thessaloniki - December 2001



**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Μάθημα:
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Θέμα:
**Σύγκριση Τεχνολογιών Ασύρματων Προσωπικών/Οικιακών
Δικτύων**



Καθηγητής:

ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΔΗΣ

Μετ/κός φοιτητής:

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΣΟΛΛΑΤΟΣ

Θεσσαλονίκη - Δεκέμβριος 2001

Abstract

Wireless personal/home networking technologies have drawn the attention of scientists and industry the last 10 years. Having started from several proprietary implementations at the beginning, the need of developing standards in order to attain interoperability between equipment of different vendors shortly emerged. Several technologies have been developed, which can be grouped depending on the range of coverage; like Wireless Personal Area Networks (WPAN) in a range of 10 meters and Wireless Local Area Networks (WLAN) in a range of 100 meters. Some important factors in the development of such networks are the data rate, operating in the licensed or not licensed spectrum, modulation, encoding, encryption techniques, e.t.c. Such technologies, as Bluetooth, IrDA, DECT in the area of WPAN and IEEE 802.11, HomeRF, HiperLAN in the area of WLAN, are sometimes competitive and are supported each time from different consortiums. Which of these technologies will defeat in the near future depends on many factors, like the one already referred to, and also the market approval. There are many technical and economical issues that need to be faced (e.g. security, scalability, cost) but market trends seem very promising from several market analysis. In the future, special attention should be given to IEEE 802.11a standard, to OFDM modulation technique and to UltraWideband (UWB) technology.

Περίληψη

Η τεχνολογία των ασύρματων προσωπικών/οικιακών δικτύων έχει κερδίσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας και της βιομηχανίας τα τελευταία 10 χρόνια. Ξεκινώντας από κάποιες ανεξάρτητες (proprietary) υλοποιήσεις στην αρχή, φάνηκε σταδιακά η ανάγκη για ανάπτυξη προτύπων (standards) έτσι ώστε τα συστήματα διαφόρων κατασκευαστών να συνεργάζονται μεταξύ τους. Στην περιοχή αυτή αναπτύχθηκαν τεχνολογίες που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το εύρος κάλυψης, όπως Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN) μέχρι 10 μέτρα και Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLAN) μέχρι 100 μέτρα. Άλλοι σημαντικοί παράγοντες στην ανάπτυξη αυτών των δικτύων είναι ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων, η λειτουργία σε αδειοδοτούμενες (licensed) ή μη περιοχές του φάσματος συχνοτήτων, οι τεχνικές διαμόρφωσης, κωδικοποίησης, απόκρυψης, κ.λ.π. Οι τεχνολογίες αυτές, όπως Bluetooth, IrDA, DECT στην περιοχή των WPAN και IEEE 802.11, HomeRF, HiperLAN στην περιοχή WLAN, είναι πολλές φορές ανταγωνιστικές και υποστηρίζονται κάθε φορά από διαφορετικά φόρουμ εταιριών. Το ποια από αυτές τις τεχνολογίες θα επικρατήσει στο άμεσο μέλλον εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως αυτοί που αναφέρθηκαν, αλλά επίσης και από την αποδοχή τους από την ίδια την αγορά. Υπάρχουν αρκετά τεχνικά και οικονομικά προβλήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν (π.χ. ασφάλεια, επεκτασιμότητα, κόστος) αλλά οι τάσεις της αγοράς φαίνονται ιδιαίτερες ευοίωνες από τις διάφορες αναλύσεις. Ιδιαίτερη προσοχή στο μέλλον θα πρέπει να δοθεί στο πρότυπο IEEE 802.11a, στην τεχνική διαμόρφωσης OFDM και την τεχνολογία UltraWideband (UWB).

Contents

1.	Presentation of issue	
1.1.	General.....	6
1.2.	Network types.....	7
1.2.1.	WPAN technologies.....	7
1.2.2.	WLAN technologies.....	8
1.3.	Available spectrum.....	8
1.4.	Market trends.....	9
2.	Analysis of issue	
2.1.	Bluetooth technology.....	10
2.2.	IrDA technology.....	11
2.3.	DECT technology.....	12
2.4.	UWB technology.....	15
2.5.	IEEE 802.11 (WLAN) technology.....	16
2.6.	HomeRF technology.....	19
2.7.	HiperLAN technology.....	20
2.8.	IEEE 802.15 (WPAN) technology.....	21
2.9.	IEEE 802.16 (BWA) technology.....	21
2.10.	LMDS technology.....	23
2.11.	MMDS technology.....	25
3.	Conclusions.....	26
4.	Terminology.....	29
5.	References	
5.2.	Articles.....	30
5.2.	WWW references.....	30

Περιεχόμενα

1.	Παρουσίαση του θέματος	
1.1.	Γενικά.....	6
1.2.	Κατηγοριοποίηση.....	7
1.2.1.	Τεχνολογίες WPAN.....	7
1.2.2.	Τεχνολογίες WLAN.....	8
1.3.	Διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων.....	8
1.4.	Τάσεις της αγοράς.....	9
3.	Ανάλυση του θέματος	
2.1.	Τεχνολογία Bluetooth.....	10
2.2.	Τεχνολογία IrDA.....	11
2.3.	Τεχνολογία DECT.....	12
2.4.	Τεχνολογία UWB.....	15
2.5.	Τεχνολογία IEEE 802.11 (WLAN).....	16
2.6.	Τεχνολογία HomeRF.....	19
2.7.	Τεχνολογία HiperLAN.....	20
2.8.	Τεχνολογία IEEE 802.15 (WPAN).....	21
2.9.	Τεχνολογία IEEE 802.16 (BWA).....	21
2.10.	Τεχνολογία LMDS.....	23
2.11.	Τεχνολογία MMDS.....	25
3.	Συμπεράσματα.....	26
4.	Ορολογία.....	29
6.	Αναφορές	
5.2.	Άρθρα.....	30
5.2.	Αναφορές στο WWW.....	30

1. Παρουσίαση του θέματος

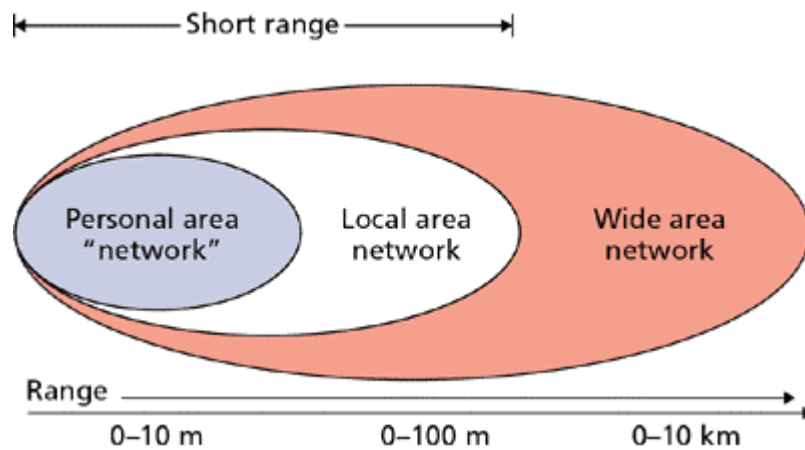
1.1. Γενικά

Κοιτώντας τριγύρω μας, είτε βρισκόμαστε στο γραφείο, στο αεροδρόμιο, στο ξενοδοχείο, στο συνεδριακό κέντρο, στο εστιατόριο, στο εμπορικό κέντρο, στη βιβλιοθήκη, στη φοιτητική εστία ή ακόμα και στο σπίτι μας, θα παρατηρήσουμε συστήματα φωτισμού, πρίζες τηλεφώνου ή ρεύματος, θυρίδες εξαερισμού, συστήματα πυρόσβεσης, ανιχνευτές κίνησης, αισθητήρες θερμοκρασίας και πολλές άλλες τεχνολογικές υποδομές, τις οποίες θεωρούμε τόσο συνηθισμένες που τις παραβλέπουμε. Μπορεί επίσης να δούμε την πρίζα πρόσβασης σε κάποιο Τοπικό Δίκτυο (LAN), που σηματοδοτεί την παρουσία μιας ενσύρματης σύνδεσης στο Διαδίκτυο (Internet), δηλαδή στην πιο γρήγορα αναπτυσσόμενη παγκόσμια υποδομή που υπήρξε ποτέ στην ιστορία. Όλες αυτές οι υποδομές πολύ γρήγορα θα συμπληρωθούν από μια ακόμη που θα δίνει τη δυνατότητα για υψηλής ταχύτητας, χαμηλού κόστους, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης, ασύρματη πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσα σε μια πολύ περιορισμένη περιοχή.

Τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας της επόμενης γενιάς (2.5G/3G) έχουν σχεδιαστεί ώστε να προσφέρουν ασύρματη μεταφορά δεδομένων γρήγορα στους χρήστες. Εντούτοις, τα ήδη σχεδιασμένα συστήματα περιορίζουν τις ταχύτητες δεδομένων στα 2 Mbps (megabits per second) ή και λιγότερο, διότι για τις αποστάσεις που πρέπει να καλύπτουν έτσι ώστε η λειτουργία τους να είναι οικονομική, αυτές οι τεχνολογίες υπόκεινται σε περιορισμούς που προέρχονται από φυσικούς νόμους, οι οποίοι ελέγχουν το εύρος ζώνης (bandwidth) καναλιού, την ισχύ και το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων.

Τα ασύρματα δίκτυα περιορισμένου εύρους κάλυψης (Short-Range Wireless, SRW) είναι μια συμπληρωματική κλάση των τεχνολογιών αιχμής και προορίζονται κυρίως για χρήση σε εσωτερικούς χώρους εντός μιας πολύ περιορισμένης απόστασης. Η τεχνολογία SRW θα προσφέρει κορυφαίες ταχύτητες δεκάδων ή ακόμη και εκατοντάδων Mbps σε πολλούς χρήστες στον ίδιο χώρο, με πολύ μικρό κόστος και ισχύ. Στην ομάδα των πολύ βασικών εφαρμογών, θα προσφέρεται η χωρίς καλώδια σύνδεση μεταξύ φορητών συσκευών που οι χρήστες φέρουν επάνω τους καθημερινά, όπως κινητά τηλέφωνα, συστήματα προσωπικής ακρόασης (headsets), συστήματα προσωπικής οργάνωσης (Personal Data Assistant, PDA), φορητοί υπολογιστές (laptop), ψηφιακές κάμερες, συσκευές αναπαραγωγής ήχου και εικόνας και συσκευές ιατρικής παρακολούθησης.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, τα τελευταία χρόνια τα συστήματα SRW (από 10 έως 100 μέτρα) έχουν ραγδαίως αναπτυχθεί, οδηγούμενα κυρίως από τις εφαρμογές δεδομένων. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το Διαδίκτυο μάλλον παρά το τηλεφωνικό δίκτυο αποτελούν συνήθως την ενσύρματη υποδομή βάσης ή 'ραχοκοκαλιάς' (backbone).



Σχήμα 1. Ασύρματα δίκτυα περιορισμένου εύρους κάλυψης (SRW) μέχρι 100 μέτρα ή και λιγότερο.

Τέσσερις είναι οι τάσεις που καθοδηγούν στην έξαρση της ανάπτυξης αυτών των συστημάτων :

- A) αυξανόμενες απαιτήσεις για ασύρματη μεταφορά δεδομένων στις φορητές συσκευές, σε υψηλότερο εύρος ζώνης, με χαμηλότερο κόστος και κατανάλωση ισχύος σε σχέση με το προσδοκούμενο από την κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (3G),
- B) συνωστισμός στο φάσμα συχνοτήτων, το οποίο οι κανονιστικές αρχές διαχειρίζονται και αδειοδοτούν με παραδοσιακούς τρόπους,
- Γ) αύξηση των ενσύρματων συνδέσεων υψηλών ταχυτήτων προς το Διαδίκτυο από εταιρίες, οικιακούς χρήστες και δημόσιους χώρους, και
- Δ) συρρίκνωση του κόστους των ημιαγωγών και της κατανάλωσης ισχύος στην επεξεργασία σήματος.

Οι τάσεις (A) και (B) οδηγούν προς συστήματα που προσφέρουν όχι μόνο υψηλούς ρυθμούς δεδομένων, αλλά επίσης και υψηλή χωρική χωρητικότητα (spatial capacity), η οποία μετρείται σε bits το δευτερόλεπτο ανά τετραγωνικό μέτρο (Kbps/m²). Όπως το ενσύρματο τηλεφωνικό δίκτυο είναι η υποδομή στην οποία στηρίζεται η κινητή τηλεφωνία, η τάση (Γ) κάνει δυνατή την προσφορά υπηρεσιών υψηλού εύρους ζώνης σε εσωτερικούς χώρους προς χαμηλής ισχύος φορητές συσκευές που χρησιμοποιούν κατάλληλα πρότυπα (SRW standards), όπως Bluetooth, IEEE 802.11, HomeRF, HiperLAN και άλλα (αναφορά [1]).

1.2. Κατηγοριοποίηση

Όπως στις απαρχές της τηλεφωνίας, της ηλεκτρικής ενέργειας και των προσωπικών υπολογιστών, υπάρχουν σήμερα πολλές προσεγγίσεις και προβλέψεις για τις τεχνολογίες SRW. Γενικά, αυτές οι τεχνολογίες ανήκουν σε δύο ευρείς και επικαλυπτόμενες κατηγορίες, τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (Wireless Personal Area Networks, WPAN) και τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (Wireless Local Area Networks, WLAN).

1.2.1. Τεχνολογίες WPAN

Αυτές οι τεχνολογίες επικεντρώνουν στο χαμηλό κόστος και στη χαμηλή κατανάλωση ισχύος, με μειονέκτημα στο εύρος κάλυψης και στην ταχύτητα. Σε μια

τυπική εφαρμογή WPAN, μια ασύρματη σύνδεση μικρού εύρους κάλυψης (συνήθως μικρότερη από 10 μέτρα) αντικαθιστά το σειριακό καλώδιο ή το USB (Universal Serial Bus) ενός υπολογιστή.

Η περισσότερο γνωστή σήμερα τεχνολογία WPAN, το πρότυπο Bluetooth, προσφέρει μια ταχύτητα κορυφής στον αέρα περίπου 1 Mbps και ένα εύρος κάλυψης 10 μέτρα. Η μέγιστη διαθέσιμη ταχύτητα στον χρήστη Bluetooth είναι περίπου 700 Kbps. Η κατανάλωση ισχύος είναι αρκετά μικρή για χρήση σε προσωπικά, φορητά συστήματα όπως PDAs και φορητά τηλέφωνα. Μια προαιρετική υψηλής ισχύος υλοποίηση στο υπάρχον πρότυπο επιτρέπει εύρος κάλυψης έως 100 μέτρα. Επίσης, το πρότυπο Bluetooth θα αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη του νέου IEEE 802.15 για WPAN. Μια ανταγωνιστική τεχνολογία WPAN σήμερα είναι η τεχνολογία IrDA ενώ στο άμεσο μέλλον θα αποτελέσει η τεχνολογία UWB (αναφορά [1]).

1.2.2. Τεχνολογίες WLAN

Αυτές οι τεχνολογίες επικεντρώνουν σε υψηλότερη ταχύτητα κορυφής μεγαλύτερο εύρος κάλυψης, με μειονέκτημα στο κόστος και την κατανάλωση ισχύος. Τυπικά, ένα WLAN προσφέρει ασύρματη σύνδεση από φορητούς υπολογιστές σε ένα ενσύρματο Τοπικό Δίκτυο (LAN) μέσω κάποιου Σταθμού Πρόσβασης (Access Point, AP).

Μέχρι σήμερα, το πρότυπο IEEE 802.11b είναι αυτό που έχει επικρατήσει στα συστήματα WLAN στην Αμερική. Διαθέτει ονομαστικό εύρος κάλυψης 100 μέτρα και ταχύτητα κορυφής στον αέρα 11 Mbps. Οι χρήστες απολαμβάνουν μέγιστη διαθέσιμη ταχύτητα περίπου 5.5 Mbps (αναφορά [1]). Στην Ευρώπη, το πρότυπο HiperLAN είναι ανταγωνιστικό του IEEE 802.11b.

1.3. Διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων

Στους Πίνακες 1 και 2 παρουσιάζονται διάφορες ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες που υποστηρίζουν ενοποιημένες υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και εικόνας. Μερικές είναι σχετικά φθηνές και έχουν το πλεονέκτημα ότι λειτουργούν σε συχνότητες που δεν απαιτείται άδεια από την Αμερικάνικη Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (Federal Communications Commission, FCC). Αυτό σημαίνει ότι οι κατασκευαστές μπορούν να τις προσφέρουν στα συστήματά τους με λιγότερο κόστος, σε σχέση με ασύρματες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν συχνότητες που απαιτείται άδεια (αναφορά [2]).

Οι περισσότερες ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες, που χρησιμοποιούν μη αδειοδοτούμενες περιοχές του φάσματος συχνοτήτων, λειτουργούν στα 2.4 GHz και 5GHz της βιομηχανικής, επιστημονικής και ιατρικής ζώνης (Industrial, Scientific and Medical, ISM band) και/ή στα 5 GHz της μη αδειοδοτούμενης εθνικής πληροφοριακής υποδομής (Unlicensed National Information Infrastructure, UNII). Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τις σημαντικότερες τεχνολογίες σε αυτόν τον τομέα (αναφορά [2]). Ιδιαίτερα, η ζώνη ISM έχει γίνει ευρέως διαδεδομένη στις ασύρματες επικοινωνίες γιατί είναι παγκοσμίως διαθέσιμη (αναφορά [5]).

Άλλες ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες λειτουργούν σε αδειοδοτούμενες (unlicensed) περιοχές του φάσματος συχνοτήτων. Όπως όμως αποδεικνύεται από τα

τεράστια κεφάλαια που ξοδεύτηκαν στις πρόσφατες δημοπρασίες των περιοχών αυτών του φάσματος συχνοτήτων, αυτές οι τεχνολογίες αποτελούν πολύτιμα αγαθά. Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει τις σημαντικότερες νέες τεχνολογίες σε αυτήν την κατηγορία.

Technology/service	Data rates (Mbps per channel)	Maximum range		
		Indoor (feet, nominal maximum)	Outdoor (miles, with antenna systems)	Product availability
2.4 GHz ISM band				
IEEE 802.11b	1 to 11	~300 to 400	2 to 20+	2000
OpenAir	0.8 to 1.6	~300 to 400	3 to 20+	1996
HomeRF	1 to 2	~100	NA	2000
Bluetooth	< 0.5	~30	NA	2000
Proprietary technologies	~1 to 11	~100 to 500	2 to 20+	1990s
5 GHz ISM and/or UNII bands				
IEEE 802.11a	6 to 54	~200	35+	2001/2002
HiperLAN1	24	~200	35+	?
HiperLAN2	6 to 54	~200	35+	2001/2002
HiperAccess	~20	NA	NA	?
Proprietary technologies	6 to 100+	NA	35+	1999
Free space optics	155 to 1,000	NA	0.1 – 1.25	2000
Ultra wideband (UWB) radio	20 to 100	?	?	?

Πίνακας 1. Ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες που λειτουργούν σε μη αδειοδοτούμενες περιοχές του φάσματος συχνοτήτων

Technology/service	Data rates (Mbps per channel)	Range	Service availability
Local Multipoint Distribution Service (LMDS)	~155	~3.5 miles	1999, limited
Multichannel Multipoint Distribution Service (MMDS)	~37	~30 miles	1997, limited
Wireless Communication Service (WCS)	~30	~30 miles	2000, limited
General Wireless Communication Service (GWCS)	~30	~30 miles	?
Broadband Personal Communication Service (Broadband PCS)			
Mobile systems	0.144 – 2.048	~3 – 5 miles	2001/2002
Fixed systems	~2+	~3 – 7 miles	2000/2001
Satellite service			
Teledisc	2 – 64	Global	2003/2004
SkyBridge	2 – 100	Global	2002/2003
SkyDSL	0.5	North America	2001/2002

Πίνακας 2. Ευρυζωνικές ασύρματες τεχνολογίες που λειτουργούν σε αδειοδοτούμενες περιοχές του φάσματος συχνοτήτων

1.4. Τάσεις της αγοράς

Για να μεγιστοποιηθεί η χρησιμότητα των WLANs, οι κατασκευαστές επιλέγουν τεχνολογίες που βασίζονται σε ανοιχτά πρότυπα (όπως Bluetooth, IEEE 802.11, HomeRF, HiperLAN) παρά σε μη προτυποποιημένες τεχνολογίες (proprietary

technologies), οι οποίες είχαν επικρατήσει κατά τη διάρκεια των τελευταίων 10 χρόνων.

Για παράδειγμα η Motorola ανέπτυξε το μη προτυποποιημένο σύστημα Altair, ένα από τα πρώτα εμπορικά συστήματα WLAN. Τα πρώτα WLANs ήταν πανάκριβα, οι ρυθμοί μετάδοσης δεδομένων πολύ χαμηλοί, υπέφεραν από παρεμβολές σήματος και τα περισσότερα από αυτά βασίζονταν σε ανεξάρτητες (proprietary) τεχνολογίες ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency, RF) και υπέρυθρων ακτινών (Infrared).

Οι πιο σημαντικοί από τους κατασκευαστές ξεκίνησαν τα τελευταία χρόνια να αναπτύσσουν προϊόντα ακολουθώντας τα πρότυπα που αναφέρθηκαν προηγουμένως, και πολλοί από αυτούς δουλεύουν με περισσότερες από μια τεχνολογίες. Η μεγαλύτερη ώθηση έχει δοθεί στο IEEE 802.11 από τους μεγάλους κατασκευαστές στις Ηνωμένες Πολιτείες, που προωθούν τις τεχνολογίες WLANs προς μεγαλύτερη διείσδυση στην αγορά. Επίσης, σημαντική ώθηση έχει δοθεί και στις τεχνολογίες Bluetooth και HomeRF, ενώ η τεχνολογία HiperLAN προορίζεται αρχικά για εταιρικές εφαρμογές υψηλών απαιτήσεων κυρίως στην Ευρώπη. Εντούτοις, όλες αυτές οι τεχνολογίες δεν έχουν διεισδύσει ικανοποιητικά στην αγορά και αντιμετωπίζουν προκλήσεις όπως το υψηλό κόστος. Επίσης, η ίδια η αγορά δεν έχει αποφασίσει/επιλέξει ποια από αυτές θα επικρατήσει (αναφορά [5]).

2. Ανάλυση του θέματος

2.1. Τεχνολογία Bluetooth

Η Ericsson ήταν η πρώτη που ανέπτυξε αυτήν την τεχνολογία το 1994 με σκοπό να αντικαταστήσει τα καλώδια που συνδέουν υπολογιστές και τηλέφωνα. Η τεχνολογία Bluetooth κέρδισε πολύ γρήγορα την εμπιστοσύνη της βιομηχανίας, με περισσότερους από 2000 εταιρίες, πανεπιστήμια και άλλους οργανισμούς να δημιουργούν την Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth (Special Interest Group, SIG) (αναφορά [5]).

Το πρότυπο Bluetooth προορίζεται να προσφέρει ασύρματη σύνδεση σε συσκευές (φορητούς υπολογιστές, PDAs, κινητά) που συνδέονται με μικρού μήκους καλώδια, παρά να αποτελέσει ένα δίκτυο για μεταφορά φωνής και δεδομένων. Η επιτροπή Bluetooth SIG, που είναι υπεύθυνη για το πρότυπο, εξέδωσε την έκδοση 1.0B το Δεκέμβριο του 1999. Κάποιο ανεξάρτητο κέντρο δοκιμών, που η επιτροπή SIG δεν έχει ακόμα ορίσει, θα αναλάβει να πιστοποιεί συσκευές συμβατές με το πρότυπο Bluetooth. Οι πιστοποιημένες συσκευές θα φέρουν το σήμα Bluetooth (αναφορά [2]).

Οι συσκευές Bluetooth, όπως σε όλες τις τεχνολογίες PAN, θα σχηματίζουν 'μικρά' δίκτυα (piconets) που θα λειτουργούν σε μικρή απόσταση από το χρήστη ή τη συσκευή. Η μέγιστη απόσταση είναι περίπου 10 μέτρα, αλλά μπορεί να επεκταθεί στα 100 μέτρα σε μελλοντικές εκδόσεις του προτύπου. Η συσκευή που δημιουργεί μία σύνδεση δικτύου γίνεται ο 'κύριος' (master) και όλες οι υπόλοιπες συσκευές λειτουργούν ως 'δούλοι' (slaves) κατά τη διάρκεια αυτής της σύνδεσης. Οι διάφορες συσκευές μπορούν να συμμετάσχουν σε περισσότερα από ένα 'μικρά' δίκτυα, αλλά

μόνο μέχρι 8 συσκευές μπορεί να είναι ενεργές μέσα σε ένα τέτοιο δίκτυο ανά πάσα χρονική στιγμή.

Οι συσκευές Bluetooth χρησιμοποιούν την τεχνική διαμόρφωσης FHSS και μπορούν να υποστηρίζουν ένα ασύγχρονο κανάλι δεδομένων και μέχρι 3 σύγχρονα κανάλια φωνής (64 Kbps) ή ένα κανάλι που υποστηρίζει ταυτόχρονα τη μεταφορά και ασύγχρονων δεδομένων και σύγχρονης φωνής. Το κανάλι δεδομένων μεταφέρει μέχρι 432 Kbps, και στις δύο κατευθύνσεις (full duplex).

Οι συσκευές Bluetooth χρησιμοποιούν επίσης τεχνικές απόκρυψης (encryption) και αυθεντικότητας (authentication). Η απόκρυψη σήμερα γίνεται με 64-bit και έτσι οι χρήστες που απαιτούν περισσότερη ασφάλεια πρέπει να βασίζονται σε επιπρόσθετα μέσα.

Η τεχνολογία Bluetooth θα είναι ενσωματωμένη σε διάφορους τύπους προϊόντων και το κόστος θα διαφέρει. Το κόστος για κάρτες PC θα είναι αντίστοιχο ή λίγο μικρότερο από το αντίστοιχο για συσκευές IEEE 802.11 (αναφορά [2]). Η εταιρία Ericsson έχει ήδη κυκλοφορήσει μία ασύρματη συσκευή τηλεφώνου και δύο συσκευές κινητών τηλεφώνων με τεχνολογία Bluetooth. Άλλοι κατασκευαστές σχεδιάζουν να υλοποιήσουν την τεχνολογία Bluetooth στα επόμενα μοντέλα τους συσκευών κινητής τηλεφωνίας (αναφορά [5]).

2.2. Τεχνολογία IrDA

Η τεχνολογία IrDA μας επιτρέπει να ελέγχουμε ασύρματα (χωρίς τη χρήση καλωδίων) συσκευές και να μεταφέρουμε δεδομένα μεταξύ περιφερειακών συσκευών που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή και που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Το πρότυπο IrDA, από τον Οργανισμό Υπέρυθρων Δεδομένων (Infrared Data Association, IrDA), καθορίζει τη μεταφορά δεδομένων μέσω υπέρυθρων ακτινών με οπτική επαφή (αναφορά [6]).

Το πρότυπο IrDA αποτελείται από δύο τμήματα, ένα για τα Δεδομένα (IrDA Data) και ένα για τον έλεγχο (IrDA Control). Το IrDA Data περιλαμβάνει κάποια βασικά πρωτόκολλα για τη σηματοδότηση του φυσικού επιπέδου (physical signaling layer, PHY), για την πρόσβαση σύνδεσης (Link Access Protocol, IrLAP), για τη διαχείριση σύνδεσης (Link Management Protocol, IrLMP) και κάποια προαιρετικά (IrCOMM, IrOBEX, IrTranP, IrMC). Το IrDA Control περιλαμβάνει τα βασικά πρωτόκολλα για το Φυσικό επίπεδο (Physical layer, PHY), για το επίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης Μέσου (Media Access Control, MAC) και για το επίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης (Logical Link Control, LLC).

Το πρότυπο υπέρυθρης επικοινωνίας IrDA χρησιμοποιείται για διάφορα ασύρματα περιφερειακά όπως ποντίκια, joysticks, συσκευές ηλεκτρονικών παιχνιδιών και άλλα. Οι υποστηριζόμενοι ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων είναι από 4 έως 16 Mbps, ενώ εσχάτως υποστηρίζονται και νέες δυνατότητες όπως αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ μιας κεντρικής συσκευής (host) και μέχρι οκτώ περιφερειακών συσκευών, επικοινωνία με ρολόγια χειρός, καφετιέρες και άλλες σύγχρονες συσκευές.

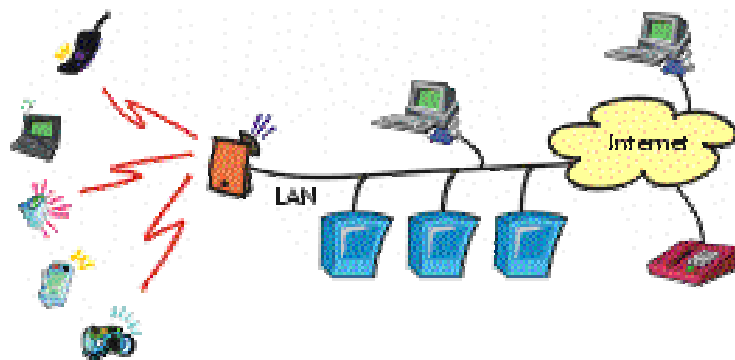
Σύγκριση: οι τεχνολογίες IrDA και Bluetooth επικαλύπτονται και τείνουν να μοιάζουν σε θεωρητικό επίπεδο και στα προϊόντα που υποστηρίζουν. Τα προϊόντα που υποστηρίζουν τεχνολογία IrDA περιλαμβάνουν εκτυπωτές, ηλεκτρονικά σημειωματάρια, ψηφιακές κάμερες και ασύρματα τηλέφωνα. Πολύ περισσότερα μπορεί να εμφανιστούν στο μέλλον. Από την άλλη μερικές από τις εταιρίες που συμμετέχουν και υποστηρίζουν την τεχνολογία Bluetooth είναι η IBM, Intel, Nokia και Toshiba.

Προφανώς, κάτω από ορισμένες συνθήκες και σε ορισμένες εφαρμογές, είτε η τεχνολογία IrDA είτε Bluetooth θα έχει ένα πλεονέκτημα. Για παράδειγμα, καθώς κάποιος μιλάει στο τηλέφωνο και χρειάζεται να κινείται, η τεχνολογία Bluetooth πλεονεκτεί σε αυτή την περίπτωση. Η τεχνολογία IrDA πλεονεκτεί σε άλλες περιπτώσεις και έχει πολλούς υποστηρικτές.

Αναζητώντας ποια από τις δύο τεχνολογίες είναι η καταλληλότερη για οποιοδήποτε περιβάλλον, θέματα όπως η παρεμβολή, η ασφάλεια και η αναγνώριση συσκευής θα πρέπει να θεωρηθούν. Για παράδειγμα, το θέμα της αναγνώρισης μιας συσκευής είναι μία από τις σημαντικότερες αδυναμίες της τεχνολογίας Bluetooth, που από την άλλη δεν υφίσταται στην περίπτωση IrDA. Επίσης, στο θέμα της ασφάλειας οι δύο τεχνολογίες διαφέρουν. Η τεχνολογία IrDA προσφέρει κάποια ασφάλεια λόγω της ιδιαίτερης φύσης της που επιβάλλει οπτική επαφή και επικοινωνία σημείου-με-σημείο (point-to-point). Εντούτοις, οι ανακλάσεις του σήματος IrDA είναι δυνατό να ανιχνευθούν και να αποκωδικοποιηθούν. Από την άλλη, η τεχνολογία Bluetooth παρουσιάζει πολύ σημαντικότερο πρόβλημα λόγω των ράδιο-συχνοτήτων που χρησιμοποιεί και ακόμη και με μηδενική ισχύ εκπομπής είναι δυνατό να ανιχνευθεί και για αυτό, μηχανισμοί ασφαλείας θα πρέπει να υποστηρίζονται μέσα από το ίδιο το πρωτόκολλο. Ασφαλής επικοινωνία με τεχνολογία Bluetooth είναι εφικτή εφόσον είναι υλοποιημένη εντός των συσκευών.

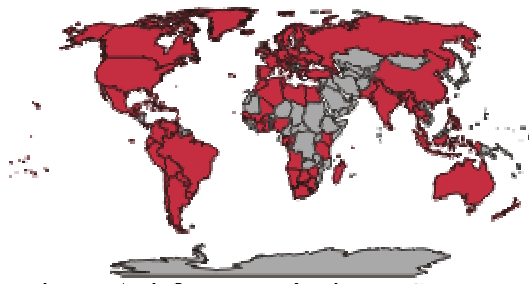
2.3. Τεχνολογία DECT

Το πρότυπο Ψηφιακών Ενισχυμένων Ασύρματων Τηλεπικοινωνιών (Digital Enhanced Cordless Telecommunications, DECT) ορίζεται ως μια γενική τεχνολογία για ασύρματη πρόσβαση με τη χρήση ραδιοσυχνοτήτων, λειτουργώντας στη ζώνη συχνοτήτων 1880 με 1900 Mhz και χρησιμοποιώντας την τεχνική διαμόρφωσης Ολισθαίνοντος-Συχνότητας Κλειδιού κατά Gauss (Gaussian Frequency-Shift Keying, GFSK).

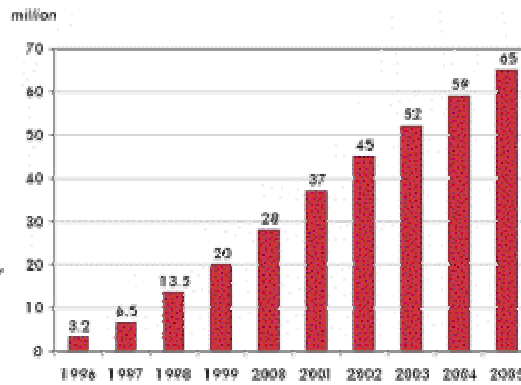


Σχήμα 2. Τεχνολογία DECT

Η ζώνη συχνοτήτων 1880 με 1900 Mhz για την τεχνολογία DECT είναι διαθέσιμη σε περισσότερες από 100 χώρες. Οι υπηρεσίες της τεχνολογίας DECT είναι συγκρινόμενες με αυτές των δικτύων GSM και ISDN και ήδη έχουν κυκλοφορήσει ασύρματες συσκευές διπλής χρήσης DECT/GSM. Στις περισσότερες χώρες η τεχνολογία DECT λειτουργεί σε προστατευμένη ζώνη συχνοτήτων και έτσι αποφεύγεται η παρεμβολή από άλλες τεχνολογίες.



Σχήμα 3. Διείσδυση τεχνολογίας DECT



Σχήμα 4. Συσκευές DECT σε χρήση

Στην Βόρεια Αμερική το πρότυπο για Ατομικές Ασύρματες Τηλεπικοινωνίες (Personal Wireless Telecommunications, PWT) είναι βασισμένο στην τεχνολογία DECT. Το πρότυπο PWT λειτουργεί στη μη αδειοδοτούμενη ζώνη συχνοτήτων 1910 με 1920 Mhz. Επιπλέον, το πρότυπο PWT/E αποτελεί μια επέκταση στις αδειοδοτούμενες ζώνες συχνοτήτων 1850-1910 Mhz και 1930-1990 Mhz.

Η τεχνολογία DECT έχει σχεδιαστεί να παρέχει πρόσβαση σε οποιοδήποτε τύπο τηλεπικοινωνιακού δικτύου και έτσι να υποστηρίζει μια πλειάδα διαφορετικών εφαρμογών και υπηρεσιών. Στο εύρος των εφαρμογών περιλαμβάνονται η οικιακή πρόσβαση σε δίκτυο PSTN ή ISDN, η ασύρματη πρόσβαση σε υπηρεσίες Ιδιωτικού Συνδρομητικού Κέντρου (Private Access Branch eXchange, PABX), η πρόσβαση σε δίκτυο GSM, η πρόσβαση σε Ασύρματο Τοπικό Βρόγχο (Wireless Local Loop, WLL), η πρόσβαση σε Τοπικό Δίκτυο LAN που υποστηρίζει υπηρεσίες φωνητικής τηλεφωνίας, fax, modem, E-mail και X.25, καθώς επίσης και ένα σύνολο πολλών άλλων υπηρεσιών με οικονομικό και αποτελεσματικό τρόπο.

Το εύρος των εφαρμογών που υποστηρίζει η τεχνολογία DECT οφείλεται στην ευελιξία μιας ομάδας πολύ ισχυρών πρωτοκόλλων που επιτρέπει τους κατασκευαστές να υλοποιούν 'ιδεατά' οποιαδήποτε απαιτούμενη εφαρμογή. Οι λειτουργίες κινητικότητας (mobility functions) που προσφέρει η τεχνολογία DECT, δίνει στους χρήστες την δυνατότητα για πρόσβαση χωρίς καλώδια σε μια υποδομή μικροκυκλωμάτων από σταθμούς βάσης τεχνολογίας DECT.

Ένα σύστημα DECT αποτελείται από ένα Σταθερό Μέρος (Fixed Part, FP) που περιλαμβάνει ένα ή περισσότερους σταθμούς βάσης και ένα ή περισσότερα Κινητά Μέρη (Portable Parts, PPs). Δεν υπάρχει όριο στο μέγεθος της υποδομής όσον αφορά τον αριθμό των σταθμών βάσης και ασύρματων συσκευών. Τέτοιες υποδομές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία DECT μπορούν να υποστηρίξουν κυκλοφοριακές πυκνότητες μέχρι 10.000 Erlang/Km² ή ισοδύναμα 100.000 χρήστες σε περιβάλλον γραφείων (αναφορά [7]).

Βασικά, το πρότυπο DECT προσδιορίζει την ‘διεπαφή στον αέρα’ (air interface) μεταξύ ενός Σταθερού (FP) και ενός Κινητού Μέρους (PP). Προδιαγράφει ένα σύνολο πρωτοκόλλων και μηνυμάτων, από τα οποία σε κάθε περίπτωση επιλέγονται μερικά έτσι ώστε να δώσουν τα χαρακτηριστικά του προφίλ πρόσβασης του συγκεκριμένου δικτύου. Κάποια προτυποποιημένα προφίλ πρόσβασης έχουν οριστεί, όπως το Προφίλ Γενικής Πρόσβασης (Generic Access Profile, GAP) το οποίο είναι υποχρεωτικό ως ελάχιστη απαίτηση για όλες τις τηλεφωνικές συσκευές DECT από τον Οκτώβριο του 1997, το Προφίλ Ράδιο Πρόσβασης (Radio Access Profile, RAP) σε εφαρμογές Ασύρματου Τοπικού Βρόγχου (WLL), το Προφίλ Διαλειτουργικότητας με δίκτυο ISDN (ISDN Interworking Profile, IIP) και το Προφίλ Διαλειτουργικότητας με δίκτυο GSM (GSM Interworking Profile, GIP).

Η τεχνολογία DECT βασίζεται στη Πολλαπλού Φέροντος, Διαχωρισμό Χρόνου Πολλαπλής Πρόσβασης, Διαχωρισμό Χρόνου Αμφίδρομης επικοινωνίας (Multi Carrier, Time Division Multiple Access, Time Division Duplex, MC/TDMA/TDD) μέθοδο ραδιο-πρόσβασης. Με αυτήν την μέθοδο επιτρέπονται 12 ταυτόχρονες και αμφίδρομες συνδέσεις για μεταφορά φωνής στα 32 Kbps για κάθε πομποδέκτη. Λόγω του εξελιγμένου ράδιο πρωτοκόλλου, η τεχνολογία DECT είναι ικανή να προσφέρει μεταβαλλόμενο εύρος ζώνης συνδυάζοντας πολλαπλά κανάλια σε μια σύνδεση. Για μεταφορά δεδομένων, υποστηρίζονται ρυθμοί $n*24$ Kbps μέχρι 552 Kbps, με πλήρη ασφάλεια όπως προβλέπεται από το πρότυπο DECT.

Εξελίξεις: πρόσφατα ένα σημαντικό βήμα στην ανάπτυξη εφαρμογών δεδομένων για την τεχνολογία DECT αποτέλεσε η Υπηρεσία μεταγωγής Πακέτων μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (DECT Packet Radio Service, DPRS), η οποία εισαγάγει την ευελιξία και την βέλτιστη διαχείριση των πόρων του δικτύου μέσω της τεχνολογίας μεταγωγής πακέτων. Αυτή η δράση του φόρουμ DECT ανταποκρίνεται στις αυξανόμενες απαιτήσεις για υπηρεσίες μεταφοράς δεδομένων και στη συνεχιζόμενη επιθυμία για αύξηση των διαθέσιμων ρυθμών δεδομένων, υποστηρίζοντας σήμερα εφαρμογές μεταφοράς δεδομένων με ταχύτητα έως 2 Mbps. Η εργασία πάνω στην τρίτη έκδοση του DPRS είναι εν εξελίξει και θα επιτρέπει μεταφορά ευρυζωνικών δεδομένων έως 10 Mbps.

Επιπρόσθετα στο DPRS, ένα σύνολο από προφίλ που ονομάζονται Προφίλ Πρόσβασης Εξειδικευμένο στην Εφαρμογή (Application Specific Access Profiles, ASAPs) έχουν αναπτυχθεί. Αυτά προορίζονται για βιομηχανική χρήση και ενδυνάμωση της διαλειτουργικότητας. Κάθε ένα από αυτά αναγνωρίζει μια συγκεκριμένη εφαρμογή, επιλέγοντας κάποιο υποσύνολο των υπηρεσιών DPRS και μια υπηρεσία μεταφοράς φωνής.

Το Προφίλ Πρόσβασης για Πολυμέσα (DECT Multimedia Access Profile, DMAP) αναπτύχθηκε για οικιακές εφαρμογές και εφαρμογές ‘μικρού γραφείου-οικιακού γραφείου’ (Small Office-Home Office, SOHO). Επιτρέπει την σχεδίαση μικρού κόστους οικιακών συσκευών για τοπική ανταλλαγή δεδομένων και σύνδεση στο Διαδίκτυο μέσω του δικτύου PSTN/ISDN. Επιπλέον προφίλ Διαλειτουργικότητας με Ethernet και V.24 έχουν ήδη εκδοθεί.

Το πρότυπο DECT μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί γενικότερα σε οποιαδήποτε ζώνη του φάσματος συχνοτήτων και προσδιορίζει τις τεχνικές απαιτήσεις που θα πρέπει να

ικανοποιηθούν για την εφαρμογή της τεχνολογίας εκτός Ευρώπης, όπου διαφορετική καταχώρηση φάσματος υπάρχει για την τεχνολογία DECT. Έτσι, ένα πρότυπο DECT έχει ειδικά δημιουργηθεί για τη χρήση στην επιστημονική και ιατρική ζώνη (ISM) των 2.4 GHz.

2.4. Τεχνολογία UWB

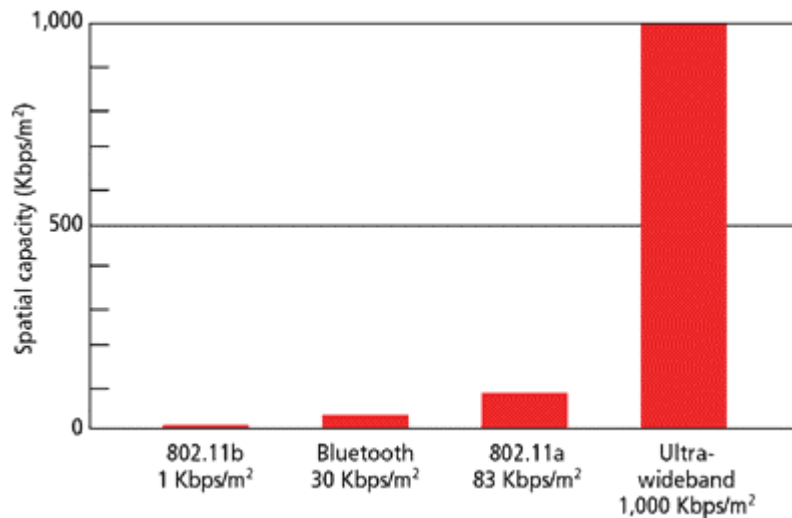
Τα παραδοσιακά ασύρματα συστήματα λειτουργούν μέσα στα στενά όρια κάποιων ζωνών συχνοτήτων, οι οποίες αδειοδοτούνται από κρατικές κανονιστικές αρχές. Η τεχνολογία Ultra-Wide-Band (UWB) διαφέρει γιατί καταλαμβάνει μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων, πλάτους 1.5 έως 4 GHz, που επικαλύπτει πολλές ήδη αδειοδοτημένες ζώνες συχνοτήτων στην περιοχή 1 έως 6 GHz. Η τεχνολογία UWB επιδιώκει να καταλαμβάνει αυτήν την περιοχή συχνοτήτων χωρίς να δημιουργεί ανεπιθύμητες παρεμβολές. Αυτό επιτυγχάνεται εκπέμποντας τόσο μικρή ισχύ ώστε να συμμορφώνεται με τους περιορισμούς της FCC, και ειδικότερα την Οδηγία 15 που προδιαγράφει την ακτινοβολία που επιτρέπεται να εκπέμπεται 'χωρίς πρόθεση' από συσκευές όπως φορητοί υπολογιστές, σεσουάρ και ηλεκτρικά τρυπάνια. Παρόλα αυτά, η τεχνολογία UWB χρειάζεται ενός είδους απαλλαγή από την Οδηγία 15 της FCC γιατί εκπέμπει στην περιοχή αυτή 'με πρόθεση'. Η FCC έχει εκδώσει ήδη μια Πρόταση για Δημιουργία Κανονισμού (Notice for Proposed Rule Making) που θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια τέτοια απαλλαγή (αναφορά [1]).

Η τεχνολογία UWB είναι ακατάλληλη για επικοινωνία μεγάλης απόστασης λόγω της μικρής της εκπεμπόμενης ισχύος, αλλά φαίνεται ιδανική για εφαρμογές σε ασύρματα δίκτυα περιορισμένου εύρους κάλυψης (SRW), ειδικότερα στο εύρος 10 μέτρων ή και λιγότερο των δικτύων WPAN. Εργαστηριακοί έλεγχοι έχουν να επιδείξουν ρυθμούς δεδομένων παραπάνω από 100 Mbps σε αποστάσεις μεγαλύτερες και από 10 μέτρα, με λιγότερο από 200 μ W μέσης εκπεμπόμενης ισχύος (περίπου το 1/5 της αντίστοιχης χαμηλής ισχύος του Bluetooth).

Τεχνικά, ως σύστημα UWB ορίζεται οποιοδήποτε ασύρματο σύστημα που έχει εύρος ζώνης μεγαλύτερο από 25% της κεντρικής του συχνότητας ή μεγαλύτερο από 1.5GHz. Η τεχνολογία UWB πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980, κυρίως για χρήση στα radar. Πρόσφατες εξελίξεις σε χαμηλού κόστους, μικρής ισχύος τεχνολογίες μεταγωγής και επεξεργασίας, έχουν κάνει εφικτή τη χρησιμοποίηση της τεχνολογίας UWB για καταναλωτικές συσκευές επικοινωνίας. Τα συστήματα UWB εκπέμπουν πολύ στενούς παλμούς με πολύ μικρή διάρκεια ανόδου, γεγονός που δίνει στην τεχνολογία UWB τον ευρυζωνικό της χαρακτήρα.

Συστήματα που βασίστηκαν σε αυτή την πολλά υποσχόμενη τεχνολογία διαφέρουν σημαντικά στην προβαλλόμενη χωρική χωρητικότητα (spatial capacity), αλλά κάποιος κατασκευαστής έχει μετρήσει ρυθμό κορυφής στη μεταφορά δεδομένων 50 Mbps σε ένα εύρος 10 μέτρων. Ο ίδιος κατασκευαστής υποστηρίζει ότι τουλάχιστον 6 τέτοια συστήματα μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα σε μια κυκλική περιοχή ακτίνας 10 μέτρων και να αντιλαμβάνονται μόνο μια ελάχιστη υποβάθμιση της επικοινωνίας. Ακολουθώντας παρόμοιους υπολογισμούς, η προβαλλόμενη χωρική χωρητικότητα για ένα τέτοιο σύστημα θα είναι περισσότερο από 1000 Kbps/m² και

αυτό το χαρακτηριστικό προσδίδει στην τεχνολογία UWB ένα ουσιαστικό πλεονέκτημα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 5.



Σχήμα 5. Σύγκριση της χωρικής χωρητικότητας μερικών ασύρματων συστημάτων περιορισμένου εύρους κάλυψης (SRW)

Η τεχνολογία UWB βρίσκεται ακόμα στα πρώτα βήματά της. Δεν είναι ακόμα προτυποποιημένη, έχει πολλαπλές ανταγωνιστικές παραλλαγές και δεν έχει ακόμα αποδεχτεί τις απαραίτητες κανονιστικές εγκρίσεις. Παρόλα αυτά, σε ένα μακρύ ορίζοντα, η τεχνολογία UWB φαίνεται ότι διαθέτει ένα τεράστιο δυναμισμό, κυρίως στην περιοχή των δικτύων WPAN.

2.5. Τεχνολογία IEEE 802.11 (WLAN)

Το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of Electrical and Electronic Engineers, IEEE) ανέπτυξε τη σειρά προτύπων 802.11 ως ισοδύναμη τεχνολογία Ethernet στα ασύρματα δίκτυα (αναφορά [5]). Όλα τα πρότυπα IEEE 802.11 έχουν σχεδιαστεί για επικοινωνία ενός σημείου με περισσότερα (point-to-multipoint) αλλά μπορούν να υποστηρίξουν και την επικοινωνία σημείου με σημείο (point-to-point). Επίσης υπακούουν στην Οδηγία 15 της FCC για την ηθελημένη ή μη εκπομπή ακτινοβολίας στο φάσμα συχνοτήτων χωρίς αδειοδότηση (unlicensed). Εκτός από το αρχικό IEEE 802.11, υπάρχει το 802.11b και το μεταγενέστερο 802.11a για την παροχή υπηρεσιών υψηλών ταχυτήτων (αναφορά [2]).

Το πρότυπο IEEE 802.11b υποστηρίζει δύο αρχιτεκτονικές επικοινωνίας :

- α) αυτή που βασίζεται στην ύπαρξη ενσύρματης δομής (infrastructure-based), σύμφωνα με την οποία κάποιοι κινητοί σταθμοί επικοινωνούν με ένα Σταθμό Πρόσβασης (AP). Σταθμοί Πρόσβασης (AP) που ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο (subnet) μπορούν να περιάγουν χρήστες, σε αντίθεση με Σταθμοί Πρόσβασης που δεν ανήκουν στο ίδιο υποδίκτυο (Σχήμα 6)
- β) αυτή που βασίζεται στη δημιουργία στιγμιαίου (ad hoc) δικτύου μεταξύ των κινητών σταθμών (Σχήμα 7).



Σχήμα 6. Αρχιτεκτονική infrastructure-based



Σχήμα 7. Αρχιτεκτονική ad-hoc

Στο φυσικό επίπεδο, το αρχικό πρότυπο IEEE 802.11 χρησιμοποιεί διαμόρφωση είτε Άλματος-Συχνότητας Διασπαρμένου-Φάσματος (Frequency-Hopping, Spread-Spectrum, FHSS) ή Ευθείας-Ακολουθίας Διασπαρμένου-Φάσματος (Direct-Sequence, Spread-Spectrum, DSSS). Και στις δύο τεχνικές, οι εκπομπές συνήθως ολισθαίνουν στη συχνότητα και έτσι μειώνεται η παρεμβολή και το διαθέσιμο εύρος ζώνης χρησιμοποιείται αποτελεσματικά. Παρόλα αυτά, η τεχνική DSSS εκπέμπει σε ένα ευρύτερο κανάλι (11 Mhz) από ότι η τεχνική FHSS (1 Mhz) και έτσι επιτυγχάνονται μεγαλύτεροι ρυθμοί διάδοσης, σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Εντούτοις, ευρύτερο κανάλι επίσης σημαίνει ότι η τεχνική DSSS προσφέρει λιγότερα πιθανά κανάλια και μικρότερη επεκτασιμότητα. Επίσης, η τεχνική DSSS χρησιμοποιεί περισσότερη ισχύ και είναι πιο ακριβή.

Το πρότυπο IEEE 802.11b χρησιμοποιεί μια παραλλαγή της τεχνικής DSSS με κωδικοποίηση κλειδιού, που επιτρέπει μεγαλύτερους ρυθμούς διάδοσης από ότι η απλή τεχνική DSSS στο αρχικό πρότυπο IEEE 802.11.

Απόδοση : οι συσκευές IEEE 802.11b χρησιμοποιούν το ίδιο εύρος συχνοτήτων (83.5 Mhz) όπως και το αρχικό 802.11, αλλά μπορούν να επιτύχουν ταχύτητες δεδομένων έως 11 Mbps, σε αντίθεση με τα 2 Mbps του αρχικού 802.11. Εάν το σήμα μεταξύ ενός Σταθμού Πρόσβασης και μιας συσκευής χρήστη είναι πολύ αδύνατο για να υποστηρίξει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, η εκπομπή θα περιοριστεί στο χαμηλότερο ρυθμό έτσι ώστε να διατηρηθεί η σύνδεση. Υποστηρίζουν τέσσερις διαφορετικούς ρυθμούς δεδομένων : 1 και 2 Mbps (επιτρέποντας συμβατότητα με παλαιότερες συσκευές IEEE 802.11), 5.5 Mbps και 11 Mbps. Η κάλυψη σε εσωτερικούς χώρους, όπως περιβάλλον γραφείου, φθάνει τα 100 με 150 μέτρα (αναφορά [2]).

Όσον αφορά το πρότυπο IEEE 802.11a, που έχει σχεδιαστεί για τη ζώνη των 5 GHz, θα μεταφέρει δεδομένα με ταχύτητα 54 Mbps (πάνω στο μέσο, δηλαδή στον αέρα) σε απόσταση έως 50 μέτρα. Οι χρήστες προβλέπεται να απολαμβάνουν ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μεταξύ 24 και 35 Mbps (αναφορά [1]).

Προϊόντα : οι πρώτες συσκευές που ακολουθούν το πρότυπο IEEE 802.11b έκαναν την εμφάνισή τους στην αγορά την άνοιξη του 2000. Η Σύμβαση για τη Συμβατότητα του Ασύρματου Ethernet (Wireless Ethernet Compatibility Alliance, WECA) πιστοποιεί τη διαλειτουργικότητα των συσκευών 802.11b δια μέσου ενός τρίτου ανεξάρτητου οργανισμού δοκιμών. Τα προϊόντα που περνούν τις δοκιμές WECA, πιστοποιούνται με το σήμα WiFi (Wireless Fidelity), έτσι ώστε να τα αναγνωρίζουν οι καταναλωτές. Ανάμεσα στις εταιρίες που έχουν ήδη δώσει στην αγορά τέτοια προϊόντα είναι η Cisco Systems (Aironet), Lucent Technologies, 3Com, Nokia, Symbol Technologies και Cabletron.

Οι κατασκευαστές PC, όπως η Apple, IBM, Dell και Compaq, ήδη κυκλοφορούν ή πολύ σύντομα θα κυκλοφορήσουν PC με ενσωματωμένη τεχνολογία 802.11b ως πελάτης (client) του συστήματος. Η Compaq ήδη αντικατέστησε την 2 Mbps τεχνολογία 802.11 για τη σειρά φορητών υπολογιστών της Armada με τεχνολογία 802.11b. Η Dell δοκιμάζει την τεχνολογία 802.11b και η IBM σχεδιάζει να εισαγάγει την ίδια τεχνολογία στα φορητά συστήματα υπολογιστών της (notebook systems). Η Apple πρόσφατα εισήγαγε αυτήν την τεχνολογία στο iBook φορητό υπολογιστή για \$99 και επίσης κυκλοφόρησε το Σταθμό Πρόσβασης Airport. Το δίκτυο WLAN που υλοποιείται με αυτά τα στοιχεία λειτουργεί στα 11 Mbps, γεγονός που σημαίνει ότι μπορεί να υποστηρίξει 3 με 5 χρήστες ταυτόχρονα (αναφορά [4]). Όλοι αυτοί οι κατασκευαστές είναι μέλη του WECA, που σημαίνει ότι τα εξαρτήματά τους θα είναι πιστοποιημένα με το σήμα WiFi.

Οι ίδιοι κατασκευαστές σχεδιάζουν να προσφέρουν μαζί με τα PC τους και εξαρτήματα κατά το πρότυπο Bluetooth, γεγονός που αναδεικνύει ένα ενδιαφέρον πρόβλημα αν ο χρήστης σκοπεύει να χρησιμοποιήσει τις δύο τεχνολογίες ταυτόχρονα, όπως για παράδειγμα Bluetooth για ασύρματη σύνδεση με τον εκτυπωτή και 802.11b για ασύρματη σύνδεση με το LAN. Και οι δύο τεχνολογίες λειτουργούν στα 2.4 GHz της ζώνης ISM και η παρεμβολή είναι πολύ πιθανό να εμποδίζει και τις δύο από το να δουλεύουν ικανοποιητικά (αναφορά [2]).

Η υποβάθμιση (degradation) της επικοινωνίας σε τέτοια περίπτωση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά έρευνες έχουν αποδείξει ότι εάν οι χρήστες φροντίσουν ώστε να διατηρούν μια απόσταση 2 μέτρων μεταξύ του δέκτη και του πομπού που παρεμβάλλει, τότε η μείωση της απόδοσης θα κινείται μέσα σε αποδεκτά όρια (αναφορά [3]). Όταν και οι δύο τεχνολογίες πρέπει να λειτουργούν ταυτόχρονα στον ίδιο φορητό υπολογιστή, ειδικά μέτρα θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν για την αποφυγή υπερβολικής παρεμβολής. Στο εγγύς μέλλον, οι ερευνητές πιστεύουν ότι οι εφαρμογές WLAN θα μεταφερθούν στα 5 Ghz της μη αδειοδοτούμενης ζώνης, γεγονός που θα εξαφανίσει το πρόβλημα 'συνύπαρξης' των δύο τεχνολογιών (αναφορά [1]).

Ασφάλεια : το πρότυπο IEEE 802.11b ορίζει ότι το πρωτόκολλο απόκρυψης της Ενσύρματης Ισοδύναμης Ιδιωτικότητας (Wired Equivalent Privacy, WEP) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προστατέψει την εμπιστευτικότητα του χρήστη και την ακεραιότητα δεδομένων. Για να πιστοποιηθεί κάποιο προϊόν 802.11b με το σήμα WiFi, ο WECA θα απαιτεί να υποστηρίζεται το πρωτόκολλο WEP και ότι το συγκεκριμένο προϊόν θα επικοινωνεί αποτελεσματικά όταν το WEP είναι ενεργοποιημένο. Το αρχικό πρωτόκολλο WEP ήταν σχεδιασμένο για απόκρυψη με 40-bit, αλλά κάποιοι κατασκευαστές έχουν ενισχύσει τις δυνατότητες απόκρυψης χρησιμοποιώντας 128-bit.

Κόστος : οι τιμές διαφέρουν ανά κατασκευαστή αλλά συνεχίζουν να πέφτουν όσο περισσότερα προϊόντα κυκλοφορούν. Ενσωματωμένες συσκευές 802.11b μέσα σε φορητούς υπολογιστές και άλλα φορητά συστήματα κοστίζουν σήμερα γύρω στα \$100. Ανεξάρτητες κάρτες για PC κοστίζουν μεταξύ \$100 και \$200, με συνεχώς μειούμενες τιμές. Το κόστος των Σταθμών Πρόσβασης (AP) κυμαίνεται μεταξύ \$500 και \$1000, εξαρτώμενο από τα υποστηριζόμενα χαρακτηριστικά.

Πλεονεκτήματα/Μειονεκτήματα: το σημαντικότερο πλεονέκτημα για την τεχνολογία IEEE 802.11 είναι ότι υποστηρίζεται από πολύ ισχυρούς βιομηχανικούς κατασκευαστές και είναι βασισμένη σε διεθνές πρότυπο. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα να κατασκευάζονται συσκευές που έχουν διαλειτουργικότητα (αναφορά [5]). Από την άλλη, τα συστήματα IEEE 802.11 στερούνται δυνατότητας κλιμάκωσης (scalability), δηλαδή το εύρος ζώνης μειώνεται όσο περισσότεροι χρήστες συνδέονται στο δίκτυο (αναφορά [4]). Επίσης, είναι λίγο πιο ακριβή σε σχέση με τις άλλες τεχνολογίες WLAN αλλά οι τιμές συνεχώς πέφτουν.

2.6. Τεχνολογία HomeRF

Η Ομάδα Εργασίας HomeRF (HomeRF Working Group, HRFWG), πιστεύοντας ότι τα υπάρχοντα προϊόντα για Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLAN) είναι πολύ περίπλοκα για οικιακές εφαρμογές, ανέπτυξε το πρότυπο HomeRF για την ασύρματη δικτύωση συσκευών όπως PCs, περιφερειακά, PDAs, τηλεφωνικές συσκευές, κ.λ.π. Το πρότυπο HomeRF βασίζεται στο Πρωτόκολλο Διαμοιρασμένης Ασύρματης Πρόσβασης (Shared Wireless Access Protocol, SWAP), το οποίο είναι μια απλοποιημένη έκδοση του πρωτοκόλλου FHSS που ορίζει το IEEE 802.11 και μια επέκταση πρωτοκόλλου DECT. Τα προϊόντα, που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο SWAP, μεταφέρουν φωνή και δεδομένα και συνδέονται με το PSTN δίκτυο και με το Internet (αναφορά [2]).

Το πρωτόκολλο SWAP υποστηρίζει αρχιτεκτονικές επικοινωνίας που μπορεί να βασίζονται στην ύπαρξη ενσύρματης δομής (infrastructure-based) ή στη δημιουργία στιγμιαίου δικτύου (ad hoc). Το στιγμιαίο δίκτυο χρησιμοποιείται μόνο για μεταφορά δεδομένων, όλες οι συσκευές είναι ισοδύναμες και ο έλεγχος του δικτύου είναι διανεμημένος μεταξύ των συσκευών. Στην αρχιτεκτονική του ασύρματου δικτύου με βάση την ενσύρματη δομή, το Σταθμό Πρόσβασης (Access Point or hub) λειτουργεί ως πύλη (gateway) προς το δίκτυο PSTN (αναφορά [2]). Επίσης, το πρωτόκολλο SWAP δίνει τη δυνατότητα για σύνδεση μέχρι 127 συσκευών για μεταφορά δεδομένων (PCs, PDAs, περιφερειακά) και 6 καναλιών φωνής (αναφορά [5]).

Τα προϊόντα HomeRF έχουν αρχίσει να εμφανίζονται στην αγορά από το τέλος του 2000. Τα περισσότερα χρησιμοποιούν τη λογική της ενσωμάτωσης της ασύρματης συσκευής εντός του τελικού προϊόντος, ενώ ανεξάρτητες PCI κάρτες για PC είναι επίσης διαθέσιμες. Το κόστος αυτών των λύσεων (PC cards, Access Points) είναι λίγο μικρότερο των αντιστοίχων για συσκευές IEEE 802.11 (αναφορά [2]). Η Intel κυκλοφόρησε ήδη το σύστημα AnyPoint για ασύρματη οικιακή δικτύωση και η Compaq το Symphony-HRF USB dongle (αναφορά [5]).

Τα προϊόντα HomeRF σήμερα υποστηρίζουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων 2 Mbps. Από τον Αύγουστο του 2000, η FCC ενέκρινε την προσφυγή της επιτροπής HRFWG για αύξηση του εύρους ζώνης των καναλιών, έτσι ώστε τα νέα προϊόντα να έχουν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που θα προσεγγίζει τα 10 Mbps. Πρόκειται για το ονομαζόμενο ευρυζωνικό (Wideband) HomeRF.

Η χρήση των προϊόντων HomeRF προορίζεται για κατοικίες και μικρά γραφεία. Η ευρυζωνική επέκταση του HomeRF στα 10 Mbps θα είναι ιδιαίτερα ελκυστική για

την οικιακή αγορά, ενώ στο πεδίο εφαρμογής των μεγάλων εταιριών θα πρέπει να ανταγωνισθεί με πολύ ταχύτερες τεχνολογίες (αναφορά [5]).

2.7. Τεχνολογία HiperLAN

Το Νοέμβριο του 1991, το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (European Telecommunications Standards Institute, ETSI) σχημάτισε μία υποεπιτροπή η οποία ασχολήθηκε με πρότυπα για Υψηλής-απόδοσης Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (High-Performance Radio LAN, HiperLAN). Μέχρι το 1996, η επιτροπή HiperLAN είχε ορίσει μία οικογένεια από πρότυπα και είχε ολοκληρώσει το πρότυπο HiperLAN1, ένα πρότυπο WLAN που ορίζει λειτουργίες αντίστοιχες με αυτές του προτύπου IEEE 802.11. Παρόλο που η επιτροπή σχεδίασε το HiperLAN1 έτσι ώστε να ακολουθεί τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Τηλεπικοινωνιών (European Radiocommunications Committee, ERC), οι κατασκευαστές μπορούν πολύ εύκολα να τροποποιήσουν την τεχνολογία HiperLAN1 ώστε να λειτουργούν στα 5 GHz των ζωνών UNII και ISM (αναφορά [2]). Η τεχνολογία HiperLAN1 μπορεί να προσφέρει μέχρι 24 Mbps, την μεγαλύτερη έως σήμερα απόδοση ανάμεσα στις τεχνολογίες WLAN (αναφορά [5]).

Στο φυσικό επίπεδο, το πρότυπο HiperLAN1 χρησιμοποιεί τη διαμόρφωση Ελάχιστης Ολισθησης Κλειδιού κατά Gauss (Gaussian Minimum Shift Keying), μια συμπαγή τεχνική για διαμόρφωση σημάτων δεδομένων που ολισθαίνει τις συχνότητες του πομπό (αναφορά [5]).

Το νέο πρότυπο HiperLAN2, που βρίσκεται ακόμα σε ανάπτυξη, εστιάζει σε υψηλής ταχύτητας WLAN με ενισχυμένη ποιότητα υπηρεσιών (Quality of Service, QoS) -συγκρινόμενη με αυτή του IEEE 802.11a- και συσκευές που θα διαθέτουν μηχανισμούς ασφαλείας για απόκρυψη (encryption) και αυθεντικότητα (authentication). Το πρωτόκολλο WEP πρόκειται να χρησιμοποιηθεί και σε αυτή την περίπτωση όπως και στο IEEE 802.11.

Επίσης, ένα άλλο πρότυπο της ίδιας επιτροπής είναι το HiperAccess, που θα διερευνήσει τις ανάγκες στον Ασύρματο Τοπικό Βρόγχο (Wireless Local Loop, WLL). Η εργασία πάνω στα πρότυπα HiperLAN2 και HiperAccess, που συνεχίζεται, έχει αποτελέσει μέρος του προγράμματος για Δίκτυα Ευρυζωνικής Ασύρματης Πρόσβασης (Broadband Radio Access Networks, BRAN) της επιτροπής ETSI. Το Σεπτέμβριο του 1999, οι ενδιαφερόμενοι κατασκευαστές δημιούργησαν τον Παγκόσμιο Φορέα HiperLAN2 (HiperLAN2 Global Forum, H2GF), έναν ανοιχτό βιομηχανικό φορέα που μέλη του είναι οι Bosch, Dell, Ericsson, Nokia, Telia και Texas Instruments. Τα προϊόντα με τεχνολογία HiperLAN2 θα είναι διαθέσιμα στις αρχές του 2002.

Στις πιθανές εμπορικές εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας υψηλών ταχυτήτων μετάδοσης περιλαμβάνονται η ιατρική εικόνα, η εκπαίδευση μέσω video και η εξ αποστάσεως επιτήρηση. Παρόλα αυτά η τεχνολογία HiperLAN1 δεν έχει διεισδύσει ακόμα στην αγορά γιατί οι κατασκευαστές έχουν επικεντρώσει μέχρι στιγμής στην τεχνολογία IEEE 802.11 (αναφορά [5]).

2.8. Τεχνολογία IEEE 802.15 (WPAN)

Η Ομάδα Μελέτης για τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN Study Group) συστάθηκε το Μάρτη του 1998 με σκοπό να διερευνήσει τις ανάγκες για ένα συμπληρωματικό (ως προς το IEEE 802.11) ασύρματο δίκτυο ειδικά σχεδιασμένο για να προσφέρει πολύ χαμηλή κατανάλωση, χαμηλή πολυπλοκότητα, ασύρματη διασύνδεση μεταξύ συσκευών μέσα στον Ατομικό Χώρο Λειτουργίας (Personal Operating Space, POS). Αυτός είναι ο χώρος γύρω από ένα άτομο που τυπικά εκτείνεται μέχρι τα 10 μέτρα προς όλες τις κατευθύνσεις, περικλείει το άτομο είτε αυτό είναι ακίνητο είτε βρίσκεται σε κίνηση και περιλαμβάνει συσκευές που μεταφέρονται, φοριούνται ή βρίσκονται κοντά στο σώμα, όπως PCs, περιφερειακά, PDAs, τηλεφωνικές συσκευές.

Το πρότυπο IEEE 802.15 θα ορίσει το Φυσικό επίπεδο (Physical layer, PHY) και το επίπεδο Ελέγχου Μέσου Πρόσβασης (Media Access Control, MAC) για ασύρματη σύνδεση με σταθερές, φορητές και κινητές στα όρια του POS. Επίσης, ένας στόχος της Ομάδας Μελέτης WPAN θα είναι να επιτύχει ένα επίπεδο διαλειτουργικότητας που θα επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ μιας συσκευής WPAN και μιας συσκευής IEEE 802.11 ή HomeRF ή Bluetooth. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα κριτήρια σχεδίασης του προτύπου IEEE 802.11 είναι διαφορετικά από αυτά ενός WPAN; ένα WPAN εστιάζεται στις απαιτήσεις για συσκευές και περιφερειακά που φέρονται πάνω στο σώμα μας.

Η οικογένεια των προτύπων IEEE 802.15 για Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN) που βρίσκονται σε ανάπτυξη είναι:

IEEE 802.15.1 - 1 Mbps WPAN/Bluetooth παραγόμενο πρότυπο

IEEE 802.15.2 - προτεινόμενη πρακτική για συνύπαρξη στην μη αδειοδοτούμενη ζώνη συχνοτήτων

IEEE 802.15.3 – 20+ Mbps υψηλής ταχύτητας WPAN για πολυμέσα και ψηφιακή εικόνα

IEEE 802.15.4 – 200 Kbps για παιχνίδια αλληλεπίδρασης, ανίχνευση και αυτοματισμούς

Το πρότυπο IEEE 802.15.1 αποτελεί μια συνδυασμένη προσπάθεια με την Ομάδα Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth (Special Interest Group, SIG). Αυτή η συνδυασμένη προσπάθεια κατέληξε σε μια σύγκλιση των δραστηριοτήτων της Ομάδας Εργασίας του IEEE και των εκδόσεων της ομάδας Bluetooth SIG. Το πρότυπο IEEE 802.15.1, το οποίο έχει ουσιαστικά βασιστεί στο πρότυπο Bluetooth, έκδοση v1.1, πρόκειται να εγκριθεί από το IEEE στο τέλος του 2001.

2.9. Τεχνολογία IEEE 802.16 (BWA)

Πολλά έχουν γραφτεί και ειπωθεί για το πρόβλημα στο 'τελευταίο μίλι' (last mile) του Διαδικτύου, σύμφωνα με το οποίο το εύρος ζώνης έχει αυξηθεί καθ' όλη τη διαδρομή του εκτός από την τελική σύνδεση σε πολλούς οικιακούς και εμπορικούς χρήστες. Αυτό το πρόβλημα έχει αποτελέσει εμπόδιο στους χρήστες έτσι ώστε να

επωφεληθούν από τις πολύ υψηλές ταχύτητες μετάδοσης στη ‘ραχοκοκαλιά’ και σε άλλα μέρη του δικτύου (αναφορά [8]).

Η τεχνολογία των σταθερών-ασύρματων (fixed-wireless) δικτύων δίνει την δυνατότητα για αμφίδρομες, μεγάλου εύρους ζώνης συνδέσεις, εκπέμποντας δεδομένα, ήχο και εικόνα μέσω μικροκυμάτων από την σταθερή κεραία του σταθμού βάσης του παροχέα προς τη σταθερή κεραία του συνδρομητή. Για να ανταποκριθούν σε αυτήν την πρόκληση, οι παροχείς υπηρεσιών (service providers) έχουν ξεκινήσει να υλοποιούν ευρυζωνικές τεχνολογίες σταθερών-ασύρματων δικτύων, όπως το Τοπικό Σύστημα Διανομής Πολλαπλών-σημείων (Local Multipoint Distribution System, LMDS) και το Σύστημα Διανομής Πολλαπλών-καναλιών Πολλαπλών-σημείων (Multichannel Multipoint Distribution System, MMDS).

Αντίθετα με την τεχνολογία των κινητών ασύρματων (mobile wireless) δικτύων, η τεχνολογία των σταθερών ασύρματων (fixed wireless) δικτύων δεν είναι σχεδιασμένη για χρήση με μικρές έξυπνες συσκευές όπως ασύρματα τηλέφωνα και PDAs αλλά για την εξυπηρέτηση εταιρικών και οικιακών χρηστών που δεν διαθέτουν πρόσβαση σε ευρυζωνικές υπηρεσίες μέσω καλωδιακής τηλεόρασης (cable TV) ή Ψηφιακής Συνδρομητικής Γραμμής (Digital Subscriber Line, DSL) ή οπτικής ίνας (fiber optic).

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της τεχνολογίας είναι το μικρό κόστος και η ευκολία εγκατάστασης σε σχέση με τις τεχνολογίες που απαιτούν την εγκατάσταση χάλκινων αγωγών, ομοαξονικού καλωδίου ή οπτικής ίνας. Έτσι η τεχνολογία σταθερών ασύρματων δικτύων μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερος χρήσιμη σε μη αστικές περιοχές και στον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπου η εγκατάσταση ενσύρματης υποδομής δεν είναι εφικτή.

Από την άλλη, ένα πρόβλημα για τους παροχείς υπηρεσιών είναι ότι απαιτείται άδεια για την εγκατάσταση της κεραίας του σταθμού βάσης σε ιδιότητα κτίρια και αυτή η διαδικασία μπορεί να αποδειχθεί ιδιαίτερος χρονοβόρα και ακριβή. Η επιλογή των σημείων τοποθέτησης των κεραιών μπορεί να είναι δύσκολη γιατί απαιτείται καθαρή ‘οπτική επαφή’ μεταξύ της κεραίας του σταθμού βάσης και της κεραίας του συνδρομητή έτσι ώστε να αποφευχθεί η εκπομπή παρεμβολών.

Η διαλειτουργικότητα (interoperability) των σταθερών-ασύρματων δικτύων αποτελεί ένα ανοικτό θέμα για αυτήν την τεχνολογία. Για να χρησιμοποιηθούν ευρέως, τα διαφορετικά συστήματα πρέπει να μπορούν να λειτουργούν μαζί. Το πρότυπο IEEE 802.16 για Ευρυζωνική Ασύρματη Πρόσβαση (Broadband Wireless Access, BWA) θα προσπαθήσει να διερευνήσει το θέμα της διαλειτουργικότητας των σταθερών-ασύρματων δικτύων.

Το πρότυπο IEEE 802.16 θα ορίσει το Φυσικό επίπεδο (Physical layer, PHY) και το επίπεδο Ελέγχου Μέσου Πρόσβασης (Media Access Control, MAC) των σταθερών-ασύρματων τεχνολογιών που λειτουργούν στις περιοχές συχνοτήτων 10 έως 66 GHz, περιλαμβανόμενης και της τεχνολογίας LMDS, και 2 έως 11 GHz, περιλαμβανόμενης και της τεχνολογίας MMDS.

Το προαναφερθέν πρότυπο HiperAccess του προγράμματος BRAN του Ευρωπαϊκού Ινστιτούτου Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) ανήκει επίσης σε αυτή την τεχνολογία των σταθερών-ασύρματων δικτύων. Μάλιστα, η ομάδα εργασίας για το

πρότυπο IEEE 802.16 έχει συνδιασκαφτεί με την αντίστοιχη επιτροπή του ETSI και ίσως οδηγηθούμε σε ένα κοινό πρότυπο.

2.10. Τεχνολογία LMDS

Γενικά, η τεχνολογία LMDS λειτουργεί στο εύρος του φάσματος συχνοτήτων από 24 έως 31.3 GHz. Διαφορετικά κράτη χρησιμοποιούν διαφορετικά μέρη αυτής της ζώνης, όπως για παράδειγμα στις ΗΠΑ όπου η Αμερικάνικη Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) έχει παραχωρήσει 104 άδειες στη ζώνη 27.5 έως 31.3 GHz (αναφορά [8]).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της τεχνολογίας LMDS, όπως επίσης και της τεχνολογίας MMDS, είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για συμμετρική όσο και για ασύμμετρη επικοινωνία. Άλλες ενσύρματες ευρυζωνικές τεχνολογίες, όπως η DSL και η καλωδιακή τηλεόραση δεν παρέχουν τέτοια συμμετρική ροή. Από την άλλη όμως είναι γενικά αποδεκτό για τεχνολογίες πρόσβασης στο Διαδίκτυο να είναι ασύμμετρες αφού η σημαντικότερη ροή δεδομένων υφίσταται στη διεύθυνση προς το συνδρομητή (downstream). Παρόλα αυτά, νεότερες εφαρμογές αλληλεπίδρασης, όπως βιντεο-διάσκεψη (videoconference) και ηλεκτρονικός πίνακας (whiteboarding), απαιτούν συμμετρικές εκπομπές.

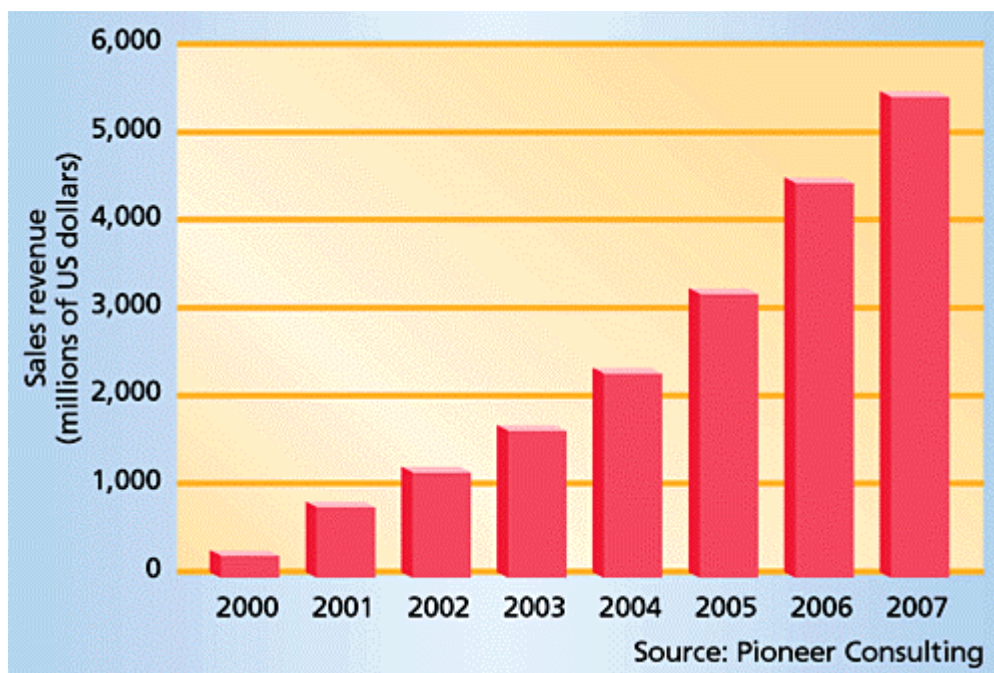
Η τεχνολογία LMDS είναι γρήγορη κυρίως γιατί οι οργανισμοί αδειοδότησης σε κάθε κράτος έχουν παραχωρήσει στους παροχείς υπηρεσιών ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων για να χρησιμοποιούν. Στη βέλτιστη περίπτωση, μπορεί να επιτευχθούν ρυθμοί δεδομένων μέχρι 1.54 Gbps στη διεύθυνση προς το συνδρομητή (downstream) και 200 Mbps στη διεύθυνση προς το δίκτυο (upstream). Σήμερα ήδη κυκλοφορούν στην αγορά προϊόντα LMDS που λειτουργούν στα 155 Mbps, ενώ σχεδιάζονται άλλα που θα λειτουργούν στα 650 Mbps. Η ακτίνα των κυψελίδων (cells) είναι σχετικά μικρή, από 1.25 έως 2.5 μίλια, λόγω του μικρού μήκους κύματος.

Για τη μεταφορά δεδομένων, οι τεχνολογίες των σταθερών-ασύρματων (fixed-wireless) δικτύων μπορούν να θεωρηθούν ως μέσα μεταφοράς που μπορούν να λειτουργήσουν με διάφορα πρωτόκολλα δικτύου. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία του Ασύγχρονου Τρόπου Μεταφοράς (Asynchronous Transfer Mode, ATM) ως πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του παροχέα υπηρεσιών και του συνδρομητή, παρέχοντας έτσι μια σταθερή ποιότητα υπηρεσιών (QoS). Η τεχνολογία ATM δίνει επίσης την δυνατότητα στους παροχείς υπηρεσιών για δυναμική παραχώρηση εύρους ζώνης στους συνδρομητές ανάλογα με τις ανάγκες τους και τις προτεραιότητες του δικτύου.

Παρατηρητές της βιομηχανίας πιστεύουν ότι η τεχνολογία LMDS θα χρησιμοποιηθεί κυρίως για μεταφορά δεδομένων υψηλών ταχυτήτων, όπως εφαρμογές πολυμέσων στο Διαδίκτυο, βιντεο-διάσκεψη και ηλεκτρονικός πίνακας. Παρόλα αυτά, το υλικό (hardware) της τεχνολογίας LMDS, όπως πομποί, ενισχυτές, κεραίες και κάρτες δικτύου, είναι προς το παρόν αρκετά ακριβό. Το μέσο κόστος σήμερα για κάθε κόμβο ανέρχεται σε \$10.000 με \$15.000, αν και αυτές οι τιμές είναι πτωτικές. Αυτό οφείλεται κυρίως στο ότι οι κατασκευαστές τέτοιων συστημάτων δεν έχουν εφαρμόσει ακόμα την ‘οικονομία κλίμακας’ στην παραγωγή. Λόγω του υψηλού κόστους και με σκοπό να αποδώσουν οι επενδύσεις τους, οι παροχείς υπηρεσιών

έχουν προσανατολιστεί κυρίως σε μεγάλες επιχειρήσεις που διαχειρίζονται μεγάλο πλήθος δεδομένων και δεν έχουν ασχοληθεί σημαντικά στο να προωθήσουν την τεχνολογία LMDS στην αγορά των οικιακών χρηστών σε αστικές και ημιαστικές περιοχές.

Από αναλύσεις της αγοράς, προβλέπεται ότι η τεχνολογία LMDS θα καταλαμβάνει το 9% της αγοράς ευρυζωνικών υπηρεσιών στις ΗΠΑ έως το 2003, ενώ 36% θα καταλαμβάνει η τεχνολογία DSL, 26% η καλωδιακή τηλεόραση, 12% η τεχνολογία ISDN και 12% επίσης η δορυφορική τεχνολογία. Όπως φαίνεται στο επόμενο Σχήμα, η Pioneer Consulting, εταιρία έρευνας της τηλεπικοινωνιακής αγοράς, προβλέπει ότι τα κέρδη από προσφορά υπηρεσιών LMDS σε εταιρικά περιβάλλοντα αναμένεται να αυξηθούν μεταξύ του 2000 και 2007 από 241 εκατομμύρια δολάρια σε 5.46 δισεκατομμύρια δολάρια στις ΗΠΑ, και από 299 εκατομμύρια δολάρια σε 9.58 δισεκατομμύρια δολάρια παγκοσμίως (αναφορά [8]).



Σχήμα 8. Προβλέψεις για τις πωλήσεις συστημάτων LMDS στις ΗΠΑ

Πολλά κράτη σε Ευρώπη, Ασία και Αμερική υιοθετούν την τεχνολογία LMDS και παραχωρούν ζώνες του φάσματος συχνοτήτων για μελλοντική χρήση. Σήμερα, οι κυριότεροι παροχείς υπηρεσιών της τεχνολογίας LMDS είναι η FirstMark Communications, η NextLink Communications και Winstar Communications. Αντιθέτως, τηλεπικοινωνιακοί κολοσσοί όπως η AT&T και η MCI WorldCom δεν έχουν υιοθετήσει προς το παρόν την τεχνολογία LMDS. Για παράδειγμα, η AT&T εστιάζει κυρίως στην τεχνολογία της καλωδιακής τηλεόρασης ως λύση για το δίκτυο πρόσβασης, και αυτό ενισχύεται από την εξαγορά άλλων εταιριών όπως η MediaOne και η Tele-Communications, που θεωρούνται κορυφαίες εταιρίες στον χώρο.

2.10. Τεχνολογία MMDS

Η τεχνολογία MMDS αρχικά χρησιμοποιήθηκε για συνδρομητικές υπηρεσίες τηλεόρασης και ήταν γνωστή με το όνομα 'ασύρματη καλωδίωση' (wireless cable). Παρόλα αυτά, οι υπηρεσίες MMDS δε μπορούσαν εύκολα να ανταγωνισθούν με τις αντίστοιχες δορυφορικές υπηρεσίες τηλεόρασης. Προς όφελος της ανάπτυξης της τεχνολογίας MMDS, πέραν της μονο-κατευθυντικής εκπομπής τηλεοπτικού σήματος, η Αμερικάνικη Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) επέτρεψε από το 1998 τη χρήση της τεχνολογίας MMDS για αμφίδρομη επικοινωνία (αναφορά [8]).

Έτσι τώρα, οι διάφοροι παροχείς υπηρεσιών MMDS ξεκίνησαν να επεκτείνουν αυτήν την τεχνολογία για χρήση σε ευρυζωνικές υπηρεσίες μεταφοράς εικόνας, ήχου και δεδομένων. Σημαντικοί παροχείς υπηρεσιών MMDS, όπως η MCI WorldCom, πραγματοποιούν αρχικές πιλοτικές εφαρμογές και σχεδιάζουν να επεκτείνουν τις υπηρεσίες τους παγκοσμίως.

Η τεχνολογία MMDS θα χρησιμοποιηθεί για πρόσβαση στο Διαδίκτυο, για ασύρματη πρόσβαση σε Τοπικά και Μητροπολιτικά Δίκτυα (LAN/MAN), βίντεο-διάσκεψη, αλληλεπιδραστικό βίντεο, εκπαίδευση εξ αποστάσεως και βασικές τηλεφωνικές υπηρεσίες. Παρόλα αυτά όμως, η τεχνολογία MMDS προσφέρει μικρότερο εύρος ζώνης σε σχέση με την τεχνολογία LMDS και για αυτόν τον λόγο θα χρησιμοποιηθεί κυρίως από οικιακούς χρήστες και από μικρές εταιρίες.

Η τεχνολογία MMDS ως προς την λειτουργία της μοιάζει πολύ με την αντίστοιχη τεχνολογία LMDS. Για παράδειγμα, μπορεί να θεωρηθεί ως μέσο μεταφοράς που λειτουργεί με διάφορα πρωτόκολλα δικτύου. Χρησιμοποιεί παγκοσμίως το εύρος συχνοτήτων από 2.15 έως 2.68 GHz. Αυτό σημαίνει ότι το εκπεμπόμενο σήμα έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος και μπορεί να διαδοθεί σε μεγαλύτερη απόσταση χωρίς να υποστεί σημαντική απώλεια ισχύος σε σχέση με ένα σήμα LMDS. Έτσι, στην τεχνολογία MMDS χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες κυψέλες (ακτίνας έως 35 μίλια) και καλύπτονται ευρύτερες περιοχές, με λιγότερο εξοπλισμό και συνεπώς με μικρότερο λειτουργικό κόστος.

Επιπρόσθετα, επειδή στην τεχνολογία MMDS το μήκος κύματος είναι μεγαλύτερο από ότι στην τεχνολογία LMDS, τα σήματα δεν εμποδίζονται τόσο εύκολα από αντικείμενα και είναι λιγότερο ευάλωτα στην απορρόφηση από τη βροχή. Αντίθετα, επειδή ο κάθε παροχέας υπηρεσιών MMDS διαθέτει μικρότερο εύρος συχνοτήτων προς χρήση, παρέχει και μικρότερο εύρος συχνοτήτων στο συνδρομητή.

Ένα απλό κανάλι MMDS μπορεί να προσφέρει ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων στην κατεύθυνση προς το δίκτυο (upstream) μέχρι 27 Mbps και η οποία διαμοιράζεται μεταξύ των χρηστών. Έτσι σε κάθε ανεξάρτητο συνδρομητή μπορεί να επιτευχθεί ταχύτητα upstream από 300 Kbps μέχρι 3 Mbps.

Πρόσφατα, η εταιρία Cisco προσέδωσε στα συστήματα MMDS μια νέα ώθηση με τη χρήση της Διανυσματικής-Ορθογωνικής Πολυπλεξίας με Διαίρεση Συχνότητας (Vector Orthogonal Frequency Division Multiplexing, VOFDM). Όπως συμβαίνει και με την τεχνολογία LMDS, αντικείμενα στη διαδρομή των σημάτων είναι δυνατό να εμποδίσουν τη διάδοσή τους, ή να προκαλέσουν την ανάκλασή τους ή και να δημιουργήσουν σήματα ηχούς. Με τη τεχνική VOFDM, ένας παροχέας υπηρεσιών

μπορεί να κωδικοποιήσει έτσι τη διάδοση των σημάτων του έτσι ώστε οι κεραιές των συνδρομητών του να λαμβάνουν διεσπαρμένα σήματα και να τα συναρμολογούν σε άλλα ισχυρότερα και χωρίς σφάλματα σήματα. Με τη τεχνική VOFDM, είναι δυνατόν να μεταδοθούν σήματα MMDS προς συνδρομητές ακόμα κι όταν δεν υφίσταται οπτική επαφή.

Σήμερα, οι κυριότεροι παροχείς υπηρεσιών της τεχνολογίας MMDS είναι η Adaptive Broadband, η CAI Wireless Systems, η Cisco, η MCI WorldCom και η Sprint Communications. Οι τελευταίες δύο εταιρίες μάλιστα στις ΗΠΑ ανταγωνίζονται να αποκτήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο από το διαθέσιμο φάσμα MMDS σε μια προσπάθεια να ολοκληρώσουν τις ευρυζωνικές τους υποδομές με την πρόσβαση στο 'τελευταίο μίλι' (last mile) προς τον συνδρομητή. Σήμερα μάλιστα κατέχουν αρκετό από το εύρος φάσματος ώστε να μπορούν να φθάσουν στο 60% των νοικοκυριών των ΗΠΑ. Η Sprint Communications προσφέρει 1.5 Mbps ταχύτητα downstream και 256 Kbps ταχύτητα upstream για \$40 το μήνα και ένα αρχικό κόστος εγκατάστασης \$400 (άνοιξη 200). Επίσης, η MCI WorldCom από το Μάρτη του 2000 άρχισε την ανάπτυξη των νέων συστημάτων για υψηλών ταχυτήτων πρόσβαση στο Διαδίκτυο για εταιρίες και οικιακούς χρήστες. Μέχρι το τέλος του 2001 η ίδια εταιρία σκοπεύει να προσφέρει τις MMDS υπηρεσίες της σε πάνω από 100 πόλεις των ΗΠΑ. Περισσότερα συστήματα και υπηρεσίες θα εμφανιστούν τα επόμενα χρόνια, ιδίως όταν η επιτροπή FCC επίσημα εγκρίνει τη χρήση των καναλιών 6 MHz για αμφίδρομες επικοινωνίες (αναφορά [2]).

3. Συμπεράσματα

Κάποιοι ειδικοί της Nokia πιστεύουν ότι το μέλλον για τα ασύρματα δίκτυα περιορισμένου εύρους κάλυψης (SRW) βασίζεται σε αυτό που η εταιρία ονομάζει 'προσωπικές σφαίρες' (personal bubbles). Καθώς ένα άτομο κινείται μέσα σε διάφορες πληροφοριακές σφαίρες (bubbles), οι προσωπικές του πληροφορίες τον ακολουθούν. Έτσι, καθώς είσαι συνδεδεμένος στο IEEE 802.11 δίκτυο του σπιτιού σου, μια πληροφοριακή σφαίρα σε περιβάλλει εκεί. Όταν μετακινείσαι στη δουλειά, μια άλλη σφαίρα σε περιβάλλει, ίσως κάποια που σου προσφέρεται από ένα δίκτυο Bluetooth εντός του αυτοκινήτου και το οποίο σε συνδέει μέσω ενός δικτύου κινητής τηλεφωνίας 3G στη 'ραχοκοκαλιά' (backbone) του Διαδικτύου. Καθώς μπαίνεις στη σφαίρα του γραφείου σου, η πληροφορία σου σε ακολουθεί μέσω ενός ενσύρματου Ethernet LAN. Για παράδειγμα, το πρότυπο IEEE 802.11, αυτόματα διαχειρίζεται την απαιτούμενη μεταβίβαση (hand-off) του ελέγχου από ένα Σταθμό Βάσης σε έναν άλλο. Ο κοντινότερος Σταθμός Βάσης αναλαμβάνει αυτό το ρόλο καθώς κινείσαι από σφαίρα σε σφαίρα (αναφορά [4]).

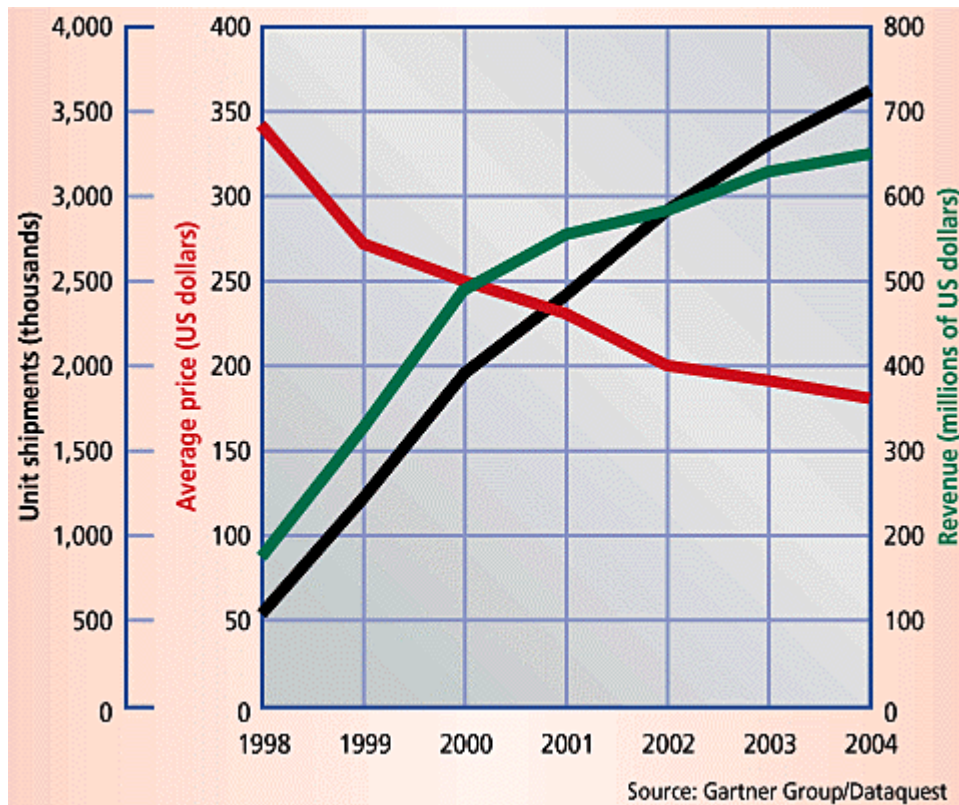
Η διαλειτουργικότητα των τεχνολογιών WLAN είναι ένα από τα ζητήματα που θα πρέπει να διερευνηθούν στο μέλλον. Παρόλα αυτά πολύ σύντομα θα δούμε προϊόντα που γεφυρώνουν τις διαφορετικές τεχνολογίες. Για παράδειγμα η σειρά Harmony της Proxim (κάρτες PC, Σταθμοί Πρόσβασης και ελεγκτές-controllers) που μπορεί να γεφυρώσει διαφορετικές τεχνολογίες WLAN, όπως IEEE 802.11b και HomeRF (αναφορά [5]).

Το βασικό εμπόδιο στην ευρύτερη αποδοχή των WLANs είναι ότι το κόστος τους είναι σχετικά αρκετά υψηλό συγκρινόμενο με το κλασικό Ethernet. Η νέα πολλά υποσχόμενη τεχνολογία είναι η διαμόρφωση με τη μέθοδο Ορθογωνικής Πολυπλεξίας με Διάρθρωση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM), η οποία προς το παρόν είναι ακριβή αλλά οι κατασκευαστές είναι πολύ πιθανό να κάνουν μεγάλες προσπάθειες να μειώσουν το κόστος. Οι παρατηρητές αναμένουν ότι η τεχνολογία OFDM θα αποτελέσει το κλειδί για τα WLANs υψηλών ταχυτήτων της επόμενης γενιάς. Η τεχνολογία OFDM είναι το κλειδί στα πρότυπα IEEE 802.11a και HiperLAN2, τα οποία πολύ σύντομα θα ολοκληρωθούν και θα αποδίδουν 54 Mbps (αναφορά [5]).

Η βασική ιδέα είναι να εκπέμπονται ευρυζωνικά δεδομένα χωρίζοντας τα σε μερικά επικαλυπτόμενα και παράλληλα 'ρεύματα' δυαδικών ψηφίων (bit streams). Έτσι ένα κανάλι ραδιοσυχνότητας, για παράδειγμα 20 MHz στη ζώνη UNII, χωρίζεται σε ένα αριθμό από ανεξάρτητα υποκανάλια, καθένα από τα οποία μεταφέρει ένα από τα 'ρεύματα' δυαδικών ψηφίων. Ένα από τα οφέλη της τεχνολογίας OFDM είναι ότι αντιμετωπίζει το ανεπιθύμητο φαινόμενο της διάδοσης κύματος με πολλαπλές οδεύσεις (multipath propagation). Το φαινόμενο της πολλαπλής οδευσης είναι μια κατάσταση κατά την οποία ένα εκπεμπόμενο σήμα ακολουθεί διαφορετικές διαδρομές από τον πομπό στο δέκτη. Οι πολλαπλές οδεύσεις μπορεί να προκαλούνται από την ανάκλαση του σήματος σε κτίρια ή στους τοίχους ενός γραφείου. Ως αποτέλεσμα, αρκετά χρονικά καθυστερημένα αντίτυπα του ίδιου σήματος καταφθάνουν στο δέκτη, μια κατάσταση γνωστή ως διασπορά καθυστέρησης (delay spread) και προκαλούν επιλεκτικές διαλείψεις συχνότητας. Η πολλαπλή οδευση είναι ένα ιδιαίτερο πρόβλημα σε περιβάλλοντα εσωτερικού χώρου, αστικά και κινητής τηλεφωνίας. Με τη διαμόρφωση OFDM, τα σήματα πολλαπλής οδευσης ολοκληρώνονται (integrated) στο δέκτη, δημιουργώντας στην πράξη μια ισχυρότερη διάδοση του κύματος και επιτρέποντας υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων σε μεγαλύτερες αποστάσεις (αναφορά [2]).

Εντωμεταξύ, η επιτροπή HRFWG θα ολοκληρώσει το ευρυζωνικό (Wideband) HomeRF πρότυπο που λειτουργεί στα 10 Mbps. Ο κανονισμός της FCC θα επιτρέψει τη χρήση των ευρυζωνικών συστημάτων άλματος συχνότητας (frequency-hopping) στη ζώνη συχνοτήτων 2.4 GHz. Αυτή η τεχνολογία δίνει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων επιτρέποντας επιπλέον διαμόρφωση σήματος μέσα σε κάθε άλμα συχνότητας, χρησιμοποιώντας έτσι το φάσμα συχνοτήτων πιο αποτελεσματικά και με μικρότερη παρεμβολή (αναφορά [5]).

Προβλέποντας πως θα εξελιχθεί η αγορά των WLANs, το Σχήμα.6 παρουσιάζει ότι οι παγκόσμιες πωλήσεις ασυρμάτων Καρτών Δικτύων (Network Interface Circuit, NIC) θα αυξηθούν από \$187.9 εκατομμύρια το 1998 σε \$648 εκατομμύρια το 2004, ακόμα καθώς η μέση τιμή προϊόντος θα πέφτει από \$340 σε \$180.



Σχήμα 9. Προβλέψεις για τις πωλήσεις ασυρμάτων καρτών δικτύου (NIC) και τη μέση τιμή τους

Πολλοί παρατηρητές της βιομηχανίας πιστεύουν ότι η τεχνολογία HomeRF θα χρησιμοποιηθεί περισσότερο στο σπίτι και τα μικρά γραφεία, ενώ οι τεχνολογίες IEEE 802.11 και HiperLAN περισσότερο σε περιβάλλον εταιριών. Παρόλα αυτά, καθώς οι τιμές για τις συσκευές IEEE 802.11 πέφτουν, οι οικιακοί χρήστες είναι πολύ πιθανό να υιοθετήσουν αυτή την τεχνολογία. Σε μακρύτερο ορίζοντα, το δίλημμα είναι εάν οι χρήστες χρειάζονται όλες αυτές τις τεχνολογίες WLAN και αυτό είναι κάτι που θα κρίνει η ίδια η αγορά. Προς το παρόν δεν υπάρχουν τόσο πολλά προϊόντα για να επιλέξει κάποιος. Στο μέλλον μπορεί να επικρατήσει μία, δύο ή τρεις από αυτές τις τεχνολογίες (αναφορά [5]).

4. Ορολογία

AP	Access Point
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BRAN	Broadband Radio Access Networks
BWA	Broadband Wireless Access
DECT	Digital Enhanced Cordless Telephone
DPRS	DECT Packet Radio Service
DSL	Digital Subscriber Line
DSSS	Direct-Sequence, Spread-Spectrum
ERC	European Radiocommunications Committee
ETSI	European Telecommunications Standards Institute
FCC	Federal Communications Commission
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum
GFSK	Gaussian Frequency-Shift Keying
H2GF	HiperLAN2 Global Forum
HiperLAN	High-Performance Radio LAN
HRFWG	HomeRF Working Group
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
IrDA	Infrared Data Association
ISDN	Integrated Services Digital Network
ISM	Industrial, Scientific and Medical
LMDS	Local Multipoint Distribution System
MAC	Media Access Control layer
MC/TDMA/TDD	Multi Carrier, Time Division Multiple Access, Time Division Duplex
MMDS	Multichannel Multipoint Distribution System
NIC	Network Interface Circuit
PABX	Private Access Branch Exchange
PDA	Personal Data Assistant
PHY	Physical layer
POS	Personal Operating Space
PSTN	Public Switthed Telephone Network
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
QoS	Quality of Service
RF	Radio Frequency
SOHO	Small Office-Home Office
SIG	Special Interest Group
SRW	Short Range Wireless
SWAP	Shared Wireless Access Protocol
UNII	Unlicensed National Information Infrastructure
USB	Universal Serial Bus
UWB	Ultrawideband
WECA	Wireless Ethernet Compatibility Alliance
WEP	Wired Equivalent Privacy
WiFi	Wireless Fidelity
WLAN	Wireless Local Area Network
WLL	Wireless Local Loop
WPAN	Wireless Personal Area Network

5. Αναφορές

5.1. Άρθρα

[1] David G. Leeper, 'A Long-Term View of Short-Range Wireless', Computer, June 2001, Vol.34, No.6, pp.39-44

[2] Keith Biesecker, 'The Promise of Broadband Wireless', IT Professional, November/December 2000, Vol.2, No.6, pp.31-39

[3] J.Haartsen, 'The Bluetooth Radio System', IEEE Personal Communications, February 2000, pp.28-36

[4] Ted Lewis, 'UbiNet: The Ubiquitous Internet Will Be Wireless', Computer, October 1999, Vol.32, No.10, pp.128, 126-127

[5] Linda D. Paulson, 'Exploring the Wireless LANscape', Computer, October 2000, Vol.33, No.10, pp.12-16

[6] David Hannum, 'IrDA and Bluetooth: Down with cords!', IEEE Micro, 2000, pp.3-4

[7] 'DECT, The standard explained', DECT Forum, February 1997

[8] Sixto Ortiz Jr, 'Broadband Fixed Wireless Travels the Last Mile', Computer, July 2000, Vol.23, No.7, pp.18-21

5.2. Αναφορές στο WWW

Σε όλα τα παρακάτω sites μπορούν να αναζητηθούν αναλυτικά πληροφορίες σχετικά με τα πρότυπα, τα προϊόντα, τις εφαρμογές, τις συμμετέχοντες εταιρίες, την ανάλυση της αγοράς :

1) Bluetooth Special Interest Group <http://www.bluetooth.com>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Ειδικού Ενδιαφέροντος Bluetooth, στην οποία συμμετέχουν εταιρίες όπως Ericsson, IBM, Intel, Microsoft, Motorola, Nokia, Toshiba, 3Com.

2) DECT Forum <http://www.dectweb.com>
Είναι το επίσημο site του φόρουμ DECT, στο οποίο συμμετέχουν εταιρίες όπως Ascom, Bosch, Lucent, Siemens, Telenor, Panasonic, OTE, Philips, Alcatel, Canon.

3) HomeRF Working Group <http://www.homerf.org>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Εργασίας HomeRF, στην οποία συμμετέχουν εταιρίες όπως 3 Com, AT&T, Compaq, Fujitsu, Hitachi-Maxell, Intel, Motorola, Nokia, Proxim, Siemens.

- 4) HiperLAN2 Global Forum <http://www.hiperlan2.com>
Είναι το επίσημο site του Παγκόσμιου Φόρουμ HiperLAN2, στον οποίο συμμετέχουν εταιρίες όπως Alcatel, Canon, Ericsson, Grundig, LG Electronics, Mitsubishi, NEC, Motorola, Nokia, NTT Communications, Orange, Panasonic, Philips, Telenor, Telia.
- 5) IEEE 802.11 Working Group <http://grouper.ieee.org/groups/802/11>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Εργασίας IEEE 802.11
- 6) IEEE 802.15 Working Group <http://grouper.ieee.org/groups/802/15>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Εργασίας IEEE 802.15
- 7) IEEE 802.16 Working Group <http://grouper.ieee.org/groups/802/16>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Εργασίας IEEE 802.16
- 8) Infrared Data Association <http://www.irda.org>
Είναι το επίσημο site του Οργανισμού Υπέρυθρων Δεδομένων, στον οποίο συμμετέχουν εταιρίες όπως Cannon, Casio, Citizen, Ericsson, Intel, Hewlett-Packard, Matsushita/Panasonic, Motorola, Microsoft, Philips, Siemens, Sanyo, Sun.
- 9) LMDS <http://www.lmds.vt.edu>
Είναι το site του πανεπιστημίου Virginia Tech σχετικά για την τεχνολογία LMDS. Κατασκευάστριες εταιρίες τέτοιων προϊόντων είναι μεταξύ άλλων Adaptive Broadband, Alcatel, Cisco, Ericsson, Lucent Technologies, Nortel Networks, Wytec.
- 10) UltraWideBand Working Group <http://www.uwb.org>
Είναι το επίσημο site της Ομάδας Εργασίας UltraWideBand, στην οποία συμμετέχουν εταιρίες όπως Alcatel, AOL, Ascom, Avaya, Compaq, Fujitsu, General Dynamic, Grundig, IBM, Lockheed, Lucent Technologies, Motorola, Siemens.