

Architectures and Management for Wireless and Mobile Networking

Αμαράντου Θεανώ

**Καθηγητής : Αν. Οικονομίδης
Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων
Δ.Π.Μ.Σ Πληροφοριακά Συστήματα
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
11 Ιανουαρίου 2000**

Architectures and Management for Wireless and Mobile Networking

Αμαράντου Θεανώ

Καθηγητής : Αν. Οικονομίδης

Τεχνολογίες Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων

Δ.Π.Μ.Σ Πληροφοριακά Συστήματα

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

11 Ιανουαρίου 2000

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια παρουσιάζεται μία ραγδαία εξέλιξη στην τεχνολογία ασύρματης ψηφιακής μετάδοσης. Οι φορητοί υπολογιστές, όπως τα notebooks και τα PDAs (Personal Digital Assistants), είναι τα περισσότερο αναπτυσσόμενα τμήματα της βιομηχανίας ηλεκτρονικών υπολογιστών. Οι τεχνολογίες μετάδοσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα ασύρματα δίκτυα είναι η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων (RF), η τεχνολογία υπερέθρων (IR) και η τεχνολογία μικροκυμάτων (MW).

Η υποεπιτροπή 802.11 της IEEE ανέπτυξε κάποια πρότυπα για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs), ώστε να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα μεταξύ προϊόντων ασύρματης δικτύωσης, από διαφορετικούς κατασκευαστές. Περιγράφονται το φυσικό επίπεδο (PHY), το επίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC) και η αρχιτεκτονική των WLANs.

Μία παρόμοια προσπάθεια έγινε στην Ευρώπη από το European Telecommunication Standards Institute (ETSI) και οδήγησε στην ανάπτυξη του προτύπου HIPERLAN.

Η ATM Forum επίσης εργάζεται πάνω στα ασύρματα ATM (WATM). Η ATM (Asynchronous Transfer Mode) είναι μία τεχνολογία μεταγωγής πακέτων σταθερού μεγέθους, ειδικά φτιαγμένη για την ενοποίηση μετάδοσης δεδομένων, φωνής και video. Εξαιτίας της

αυξανόμενης αποδοχής των ATM, ως πρότυπο για τα μελλοντικά Ευρυζωνικά Ψηφιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών (B-ISDN), τα WATM αποδέχονται όλο και μεγαλύτερη προσοχή.

Η περισσότερο ευρέως αποδεκτή λύση για επίγεια, ασύρματη, κινητή και συμβατή με το TCP/IP επικοινωνία δεδομένων είναι το Cellular Digital Packet Data (CDPD). Η εργασία παρουσιάζει τα συστατικά, την αρχιτεκτονική, τα επίπεδα και τις εφαρμογές του.

Η κινητικότητα των κινητών χρηστών επίσης, θέτει μία κατηγορία προβλημάτων στην δικτύωση. Η εργασία παρουσιάζει την αρχιτεκτονική για την διαχείριση θέσης, η οποία ασχολείται με το θέμα της συνεχιζόμενης παρακολούθησης της θέσης κάθε κινητού χρήστη.

Τέλος, στην εργασία αυτή περιγράφονται κάποια προτεινόμενα σχήματα για την βελτίωση της απόδοσης του TCP στα ασύρματα δίκτυα, καθώς και η εξέλιξη προς την λεγόμενη τρίτη γενιά ασύρματων δικτύων και οι απαιτήσεις της που τέθηκαν από την International Telecommunications Union (ITU) για τις International Mobile Telecommunications του 2000 (IMT-2000).

ABSTRACT

In recent years, a rapid development of wireless digital communication technology has occurred. Mobile computers, such as notebook computer and Personal Digital Assistants (PDAs), are the faster-growing segment of the computer industry. The transmission techniques that can be used over wireless networks are Radio Frequency (RF), Infrared (IR) and Microwave (Mw).

IEEE has developed 802.11 standard for wireless LANs, in order to provide the interoperability between products from multiply manufacturers. The paper describes the Physical (PHY) Layer, the Medium Access Control (MAC) Layer and the architecture of WLANs.

A similar effort has done in Europe by European Telecommunication Standards Institute (ETSI), which developed HIPERLAN standard.

ATM Forum is also working on wireless ATM (WATM). ATM (Asynchronous Transfer Mode) is a fixed-size switching technology, tailored to the integration of data, voice and video communications. Because of the growing acceptance of ATM as a standard for the future

Broadband Integrated Services Digital Network (B_ISDN), wireless Asynchronous Transfer Mode (WATM) is receiving more and more attention.

The most widely accepted solution for terrestrial-based, wireless, mobile, TCP/IP compliant data communications is CDPD. The paper presents its components, architecture, layers and applications.

Mobility of mobile users also, poses a new class of problems in networking. The paper presents the architecture for the location management, which addresses the issue of continuously keeping track of the location of each user.

In the end, this paper presents proposed schemes to improve performance of TCP in wireless networks, and also the evolution toward so-called third generation wireless networks and the requirements that have been specified by the ITU for IMT-2000.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

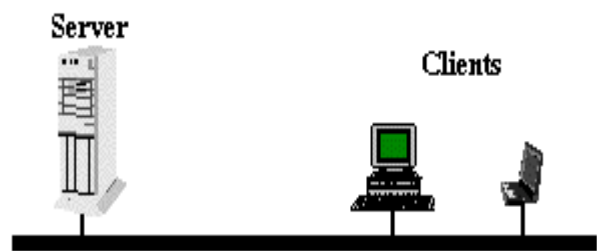
<i>Architectures and Management</i>	<u>0</u>
<i>for Wireless and Mobile Networking</i>	<u>0</u>
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	<u>5</u>
2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	<u>7</u>
2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ (Radio Frequency - RF),	<u>8</u>
2.1.1 Direct sequence spread spectrum (DSSS)	<u>9</u>
2.1.1.1 CDMA	<u>9</u>
2.1.2 Frequency hopping spread spectrum (FHSS).	<u>10</u>
2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ (Infrared - IR)	<u>12</u>
2.2.1 Χαρακτηριστικά μετάδοσης	<u>12</u>
2.2.1.1 Diffused Infrared (DFIR)	<u>12</u>
2.2.1.2 Direct - beam Infrared (DBIR)	<u>12</u>
2.2.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα	<u>13</u>
2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ (Microwave - Mw)	<u>13</u>
2.3.1 Επίγεια συστήματα μικροκυμάτων (Terrestrial microwave systems)	<u>13</u>
2.3.2 Δορυφορικά συστήματα μικροκυμάτων (Satellite microwave systems)	<u>14</u>
3 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (WLANs)	<u>15</u>
3.1 Το IEEE 802.11	<u>16</u>
3.1.1 Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)	<u>16</u>
3.1.2 Το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC - Medium Access Control sublayer)	<u>16</u>
3.1.2.1 CSMA/CA	<u>16</u>
3.1.2.2 Αρχιτεκτονική	<u>18</u>
3.1.2.2.1 Ad - hoc δίκτυα	<u>18</u>
3.1.2.2.2 Infrastructure δίκτυα	<u>18</u>
3.2 HIPERLAN	<u>19</u>
4 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ATM (WATM)	<u>20</u>

4.1	Αρχιτεκτονική	20
4.1.1	Radio Access Layer	20
4.1.1.1	Physical Layer (PHY)	21
4.1.1.2	Medium Access Control (MAC)	21
4.1.1.3	Data Link Control (DLC)	21
4.1.1.4	Radio Resource Control (RRC)	21
4.1.2	Mobile ATM	21
4.1.2.1	Handoff control,	21
4.1.2.2	Location Management (διαχείριση τοποθεσίας),	21
4.1.2.3	Routing (δρομολόγηση),	21
4.1.2.4	Addressing (διευθυνσιοδότηση),	21
4.1.2.5	Traffic and QoS Control (Έλεγχος κυκλοφορίας και ποιότητας Υπηρεσιών)	21
4.1.2.6	Wireless Network Management (Διαχείριση ασύρματου Δικτύου).	21
5	CDPD (Cellular Digital Packet Data)	22
	Wireless Data Options	22
5.1	Αρχιτεκτονική	23
5.1.1	Mobile end systems (M-ES) ή Fixed end systems (F-ES)	23
5.1.2	Mobile database station (MDBS),	23
5.1.3	Mobile data intermediate system (MD-IS),	23
5.1.4	Intermediate system (IS).	23
5.2	MAC layer	25
5.3	Εφαρμογές του CDPD	25
6	MOBILE IP	26
7	WIRELESS TCP	28
7.1	Indirect TCP (I-TCP)	28
7.2	Berkeley Snoop Module	29
8	ΒΑΔΙΖΟΝΤΑΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ 3^η ΓΕΝΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ	30
9	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	31
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	32

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

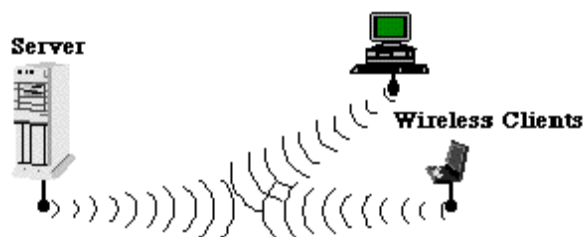
Η δημιουργία δικτύων έδωσε την δυνατότητα στους χρήστες που είναι συνδεδεμένοι σ' αυτά, να επεξεργάζονται και να μοιράζονται πολύ μεγάλου μεγέθους πληροφορίες, δεδομένα και εφαρμογές.

Στο παρελθόν όλα τα τοπικά δίκτυα ήταν ενσύρματα και σε σταθερές θέσεις όπως απεικονίζεται στην **Εικόνα1-0**, [11]. Τα τελευταία βέβαια χρόνια μεγάλη ανάπτυξη παρουσιάζουν τα ασύρματα δίκτυα για ποικίλους λόγους. Στην πραγματικότητα οι ασύρματες ψηφιακές επικοινωνίες δεν είναι μία νέα ιδέα αφού από το 1901 ο Ιταλός φυσικός Guglielmo Marconi επίδειξε τον ασύρματο τηλεγράφο που χρησιμοποιούσε τον κώδικα Morse. Η **Εικόνα 1-1**, [11] δίνει ένα παράδειγμα ασύρματου LAN.



Εικόνα1-Error! Unknown switch argument.:

Έτσι π.χ. τα ασύρματα δίκτυα ικανοποιούν την ανάγκη των κινητών χρηστών να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο κάθε στιγμή όπου και αν βρίσκονται. Σ' άλλες περιπτώσεις η ασύρματη τεχνολογία αποτελεί την μοναδική λύση δικτύωσης, όπως π.χ. σε περιπτώσεις που δεν υπάρχει υφιστάμενη καλωδιακή υποδομή όπως σε παλιά κτήρια, ή σε περιπτώσεις που είναι αδύνατη η δημιουργία της π.χ. όταν παρεμβάλλονται βουνά, λίμνες ή ανεπίτρεπτη όπως σε κτήρια με ιστορική αξία. Επίσης απευθύνονται σε περιπτώσεις προσωρινής δικτύωσης ή ανάγκης δικτύωσης που απαιτούν συχνές μετακινήσεις εξοπλισμού, όπως π.χ. προσωρινά γραφεία εκλογικής εκστρατείας πολιτικών, κέντρα συνδιασκέψεων κ.λ.π.



Εικόνα 1-1: Ασύρματο LAN

Πολλοί πιστεύουν ότι στο μέλλον θα επικρατήσουν δύο είδη στις επικοινωνίες : Η οπτική ίνα για τις σταθερές συσκευές και η ασύρματη δικτύωση για τις κινητές.

Εντούτοις σε πολλές περιπτώσεις η ασύρματη δικτύωση παρουσιάζει πλεονεκτήματα και για σταθερές συσκευές. Έτσι ενώ η οπτική ίνα είναι σίγουρα κατάλληλη για τη δικτύωση σ' ένα κτήριο, δεν μπορεί να συμβεί το ίδιο για περιπτώσεις που παρεμβάλλονται βουνά, λίμνες,

πυκνά δάση κ.λ.π. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι η μοντέρνα ασύρματη ψηφιακή επικοινωνία ξεκίνησε στα νησιά της Χαβάης, όπου ο Ειρηνικός Ωκεανός χώριζε τους χρήστες και το τηλεφωνικό δίκτυο ήταν ανεπαρκές.

Παρόλο που οι έννοιες ασύρματη δικτύωση και κινητή δικτύωση είναι συχνά συσχετιζόμενες, δεν είναι παρόμοιες, γι' αυτό και θα πρέπει να τις διακρίνουμε.

Έτσι μπορεί να έχουμε φορητούς υπολογιστές που να είναι συνδεδεμένοι με καλώδιο, όπως στην περίπτωση ενός ταξιδιώτη που συνδέει τον φορητό του υπολογιστή στο ξενοδοχείο του (κινητικότητα χωρίς ασύρματη δικτύωση) και από την άλλη πλευρά μπορεί ασύρματοι υπολογιστές να μην είναι φορητοί όπως π.χ. κάποιες εταιρείες που στεγάζονται σε παλιά κτήρια που δεν έχουν καλωδιακή εγκατάσταση και επιθυμούν να συνδέσουν τους υπολογιστές τους, οπότε και εγκαθιστούν ένα ασύρματο LAN ως πιο βολική λύση (ασύρματη δικτύωση χωρίς κινητικότητα).

Αλλά φυσικά υπάρχουν και οι πραγματικές κινητές και ασύρματες εφαρμογές, όπως π.χ. το φορητό γραφείο (portable office), όπου άνθρωποι που βρίσκονται εν' κινήσει σε ξηρά, αέρα ή θάλασσα, χρησιμοποιούν τις φορητές τους ηλεκτρονικές συσκευές για να στέλνουν ή να δέχονται τηλεφωνήματα, φαξ, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, για να συνδεθούν με απομακρυσμένους υπολογιστές ή για να διαβάσουν κάποια απομακρυσμένα αρχείο κ.τ.λ. Μία άλλη τέτοια εφαρμογή αποτελούν οι εργαζόμενοι που μετακινούμενοι μέσα στο χώρο εργασίας κάνουν π.χ. απογραφή χρησιμοποιώντας ένα PDA (personal digital assistance).

Η εργασία προσπαθεί να σκιαγραφήσει βασικές έννοιες της αρχιτεκτονικής και της διαχείρισης της ασύρματης και κινητής δικτύωσης.

2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

Για την μετάδοση της πληροφορίας κατά την ασύρματη ζεύξη χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνολογίες όπως η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων (radio frequency - RF), η τεχνολογία υπεράυθρων (Infrared -IR) και η τεχνολογία μικροκυμάτων (microwave - MW). Χαρακτηριστικά των τεχνολογιών αυτών απεικονίζονται στον **Πίνακα 1 - [10]**. Το 1985 οι Ηνωμένες Πολιτείες απελευθέρωσαν την μπάντα συχνοτήτων που χρησιμοποιούσαν η Βιομηχανία, η Επιστήμη και η Ιατρική (industrial, scientific, medical - ISM) - **[14]**. Αυτές οι συχνότητες είναι οι 902 - 928 MHz, 2,4 - 2,484 GHz και 5,725 - 5,85 GHz και δεν απαιτούν πλέον την άδεια της **FCC** (Federal Communications Commission) γι' αυτό και σήμερα πολλά ασύρματα LANs λειτουργούν μέσω αυτών των συχνοτήτων. Η FCC όμως έθεσε και κάποιους περιορισμούς για την ISM μπάντα, όπως το ότι στις Ηνωμένες Πολιτείες τα συστήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF) πρέπει να εφαρμόζουν τεχνολογία ευρέως φάσματος (spread spectrum) και η ισχύς τους περιορίζεται στο ένα Watt.

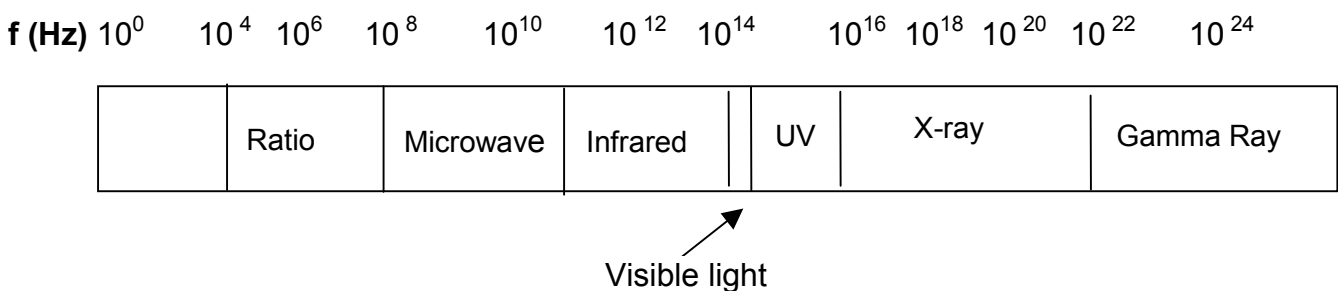
	Spread Spectrum	Narrowband Microwave	Infrared
Frequency	902MHz to 928 MHz ; 2.4 GHz to 2.4385 GHz ; 5.725 GHz to 5.825 GHz	18.825 GHz to 19.205 GHz	3×10^{14} Hz
Maximum coverage	105 to 800 feet, or up to 50,000 square feet	40 to 130 feet, or up to 5000 square feet	30 to 80 feet
Line of sight required	No	No	Yes
Transmit power	Less than 1 W	25 mW	N/A
License required	No	Yes	No
Interbuilding use	Possible with antenna	No	Possible
Rated speed (% of 10 Mbps wire)	20% to 50%	33%	50% to 100%

Πίνακας 1: Τεχνικές μετάδοσης στα WLANs

2.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ (Radio Frequency - RF),

Η ανάγκη μετάδοσης δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, είτε σε αποστάσεις οι οποίες δεν βρίσκονται σε οπτική επαφή μεταξύ τους, εξασφαλίζεται από την τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων, αφού δεν μπορεί να την καλύψει η μετάδοση με οπτικό τρόπο (λ.χ. υπέρυθρες -παραπομπή 2.2). Οι τεχνολογίες αυτές διαφέρουν ως προς το είδος κωδικοποίησής του, το εύρος ζώνης στο οποίο γίνεται η μετάδοση καθώς και τα χαρακτηριστικά επιδόσεων, αξιοπιστίας και εμβέλειας.

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα φαίνεται στην **Εικόνα 2.1-1**.



Εικόνα 2.1-1: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Τα τέσσερα πρώτα τμήματά του μέχρι και το ορατό φως μπορούν όλα να χρησιμοποιηθούν για την μετάδοση πληροφορίας χρησιμοποιώντας διαμόρφωση πλάτους (amplitude modulation AM), συχνότητας (frequency modulation -FM), ή φάσης (phase modulation -PM) των κυμάτων. Τα επόμενα τμήματα του φάσματος θα ήταν πιο αποδοτικά λόγω των υψηλών συχνοτήτων τους, αλλά δεν μπορούν να παραχθούν και να διαμορφωθούν εύκολα, δεν διαδίδονται καλά μέσω κτηρίων και είναι επικίνδυνα για τα έμψυχα όντα.

Τα ραδιοκύματα μπορούν να διαπερνούν κτήρια, να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις και προς όλες τις κατευθύνσεις χωρίς να είναι απαραίτητη η στοίχιση πομπού και δέκτη γι' αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως στις επικοινωνίες. Λόγω της ικανότητάς τους να ταξιδεύουν σε μεγάλες αποστάσεις, προκύπτουν προβλήματα παρεμβολών μεταξύ των χρηστών. Γι' αυτό το λόγο και όλες οι Κυβερνήσεις χορηγούν δύσκολα άδεια για χρήση τους. Οι ιδιότητες ραδιοκυμάτων εξαρτώνται από την συχνότητά τους (frequency - f).

Στις χαμηλές συχνότητες ($f < 10^6$ π.χ. AM) τα ραδιοκύματα ακολουθούν την καμπυλότητα της γης και περνούν εύκολα μέσα από εμπόδια (γι' αυτό και τα φορητά ραδιόφωνα λειτουργούν και μέσα σε κτήρια), η ισχύς τους όμως πέφτει όσο μεγαλώνει η απόσταση από την πηγή. Στις υψηλές συχνότητες ($10^6 < f < 10^8$ π.χ. FM) τα ραδιοκύματα τείνουν να ταξιδεύουν σε ευθεία

γραμμή και αναπηδούν στα εμπόδια. Κάποια από αυτά απορροφώνται από την γη, ενώ όσα φτάνουν στην ιονόσφαιρα διαθλώνται και ξαναστέλνονται πίσω στην γη. Κάτω από συγκεκριμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες, τα σήματα μπορούν να αναπηδήσουν πολλές φορές, ιδιότητα που χρησιμοποιούν οι ερασιτέχνες για να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ο στρατός επίσης επικοινωνεί σε αυτές τις μπάντες των υψηλών συχνοτήτων.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες τα συστήματα ραδιοσυχνοτήτων (RF) πρέπει να εφαρμόζουν τεχνολογία ευρέως φάσματος (**spread spectrum**), η οποία είναι και η πιο διαδεδομένη τεχνική μετάδοσης για τα ασύρματα LANs. Αρχικά χρησιμοποιήθηκε σε στρατιωτικές εφαρμογές για να αποφεύγονται παρεμβολές παράσιτων στα σήματα. Αυτό γίνεται εφικτό με την διάδοση του σήματος σ' ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Η τεχνολογία spread spectrum έχει δύο τύπους:

- direct sequence spread spectrum (DSSS) και
- frequency hopping spread spectrum (FHSS).

2.1.1 Direct sequence spread spectrum (DSSS)

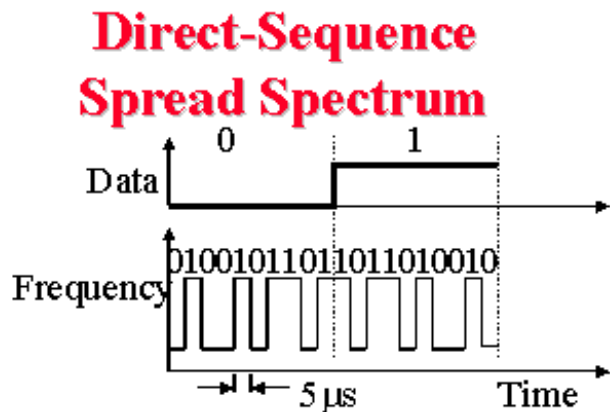
Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί μία μπάντα ευρείας συχνότητας και χρησιμοποιεί ως μέθοδο επιμερισμού του ασύρματου καναλιού τη μέθοδο CDMA (Code Division Multiple Access) - [13].

2.1.1.1 CDMA

Η CDMA μέθοδος επιτρέπει σε κάθε σταθμό να μεταδίδει πάνω σ' όλο το εύρος της συχνότητας, για όλο το χρονικό διάστημα. Πολλαπλές ταυτόχρονες μεταδόσεις χωρίζονται χρησιμοποιώντας τη θεωρία κωδικοποίησης. Έτσι κάθε bit υποδιαιρείται σε n μικρότερα τμήματα που καλούνται chips. Ο αριθμός των chips που αντιπροσωπεύουν ένα bit λέγεται spreading ratio-[11]. Όσο μεγαλύτερο είναι το spreading ratio τόσο περισσότερο το σήμα είναι ανθεκτικό στις παρεμβολές, μειώνοντας όμως την απόδοση (στα 2 Mbps για την μπάντα των 902- MHz και στα 8 Mbps για την μπάντα των 2,4 GHz) - [10]. Η FCC ορίζει να είναι το spreading ratio μεγαλύτερο του δέκα, ενώ το πρότυπο IEEE 802.11 απαιτεί να είναι έντεκα και ο Στρατός έχει spreading ratio 10.000.

Σε κάθε σταθμό αποδίδεται ένας μοναδικός κωδικός από n - bits ή αλλιώς κωδικός μετάδοσης (spreading code). Για να μεταδώσει ένας σταθμός το bit 1, στέλνει τον κωδικό μετάδοσης, ενώ για να στείλει το bit 0 στέλνει το συμπλήρωμα ως προς ένα (the one's complement) του κωδικού του. Έτσι π.χ. εάν υποθέσουμε ότι $n=10$ και ότι ο κωδικός μετάδοσης

ενός σταθμού είναι 1011010010, για να στείλει το bit 1 θα στείλει 1011010010, ενώ για να στείλει το bit 0 θα στείλει το συμπλήρωμά του ως προς ένα δηλαδή το 0100101101 [ΤΑΝ §4.2.6]. Φυσικά ο πομπός και ο δέκτης πρέπει να είναι συγχρονισμένοι μεταξύ τους με τον ίδιο κωδικό μετάδοσης. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζεται στην **Εικόνα 2.1.1.1-1**, [17].



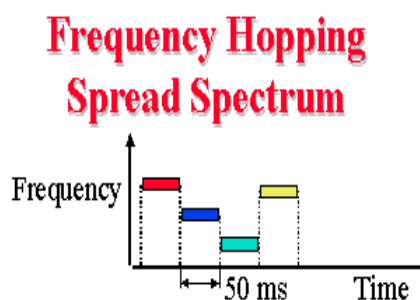
Εικόνα 2.1.1.1-1

Πολλά προϊόντα στα WLANs χρησιμοποιούν σήμερα την DSSS τεχνολογία όπως: το RoamAbout της Digital και το WaveLan της NCR - **Πίνακας 2**.

2.1.2 Frequency hopping spread spectrum (FHSS).

[10], [11] - Σ' αυτήν την τεχνική (**Εικόνα 2.1.2-1**, [18]) η μπάντα μοιράζεται σε πολλά μικρά υποκανάλια (1MHz) και έτσι το σήμα εκπέμπεται πάνω σε φαινομενικά τυχαίες σειρές ραδιοσυχνοτήτων. Το σήμα πηδά από συχνότητα σε συχνότητα για κάποιο χρονικό διάστημα. Ο δέκτης πηδώντας μεταξύ των συχνοτήτων σε συγχρονισμό με τον πομπό, δέχεται το σήμα. Επειδή μόνο ο προοριζόμενος δέκτης γνωρίζει την ακολουθία αναπηδήσεων του πομπού, μόνο αυτός θα λάβει επιτυχώς όλη την πληροφορία. Πολλές εταιρείες αναπτύσσουν τους δικούς τους αλγορίθμους ακολουθίας αναπηδήσεων, για τους οποίους εγγυώνται ότι δύο πομποί δεν θα τύχει να αναπηδήσουν στην ίδια συχνότητα την ίδια χρονική στιγμή.

Η FCC έχει θέσει κάποιους κανόνες για την τεχνολογία αυτή. Έτσι απαιτεί η 902 -MHz μπάντα να μοιράζεται σε τουλάχιστον 50 κανάλια και σε 75 κανάλια η 2,4- GHz μπάντα. Επίσης ορίζει ότι ο χρόνος παραμονής σε ένα κανάλι δεν θα ξεπερνά τα 0,4 δευτερόλεπτα. Η τεχνολογία αυτή προσφέρει μεγάλο βαθμό ασφάλειας γι' αυτό χρησιμοποιείται σε υπηρεσίες που εμπλέκονται με εφαρμογή του νόμου και με τον στρατό. Πολλά νέα προϊόντα στα WLANs χρησιμοποιούν σήμερα την FHSS τεχνολογία όπως: το jaguar της WaveAccess, το RangeLAN2 της Proxim, και το BreezeNet Pro της BreezeCom -**Πίνακας 2**, - [11].



Εικόνα 2.1.2-1

Company	Product	Type	Frequency	Speed	Range
BreezeCom	BreezeNet Pro	Radio FHSS	2.4 Ghz	3 Mbps	3000 feet
Proxim	RangeLAN2	Radio FHSS	2.4 GHz	1.6 Mbps	1000 feet
Digital	RoamAbout	Radio DSSS and FHSS	915 MHz and 2.4 GHz	2 Mbps	800 feet
WaveAccess	Jaguar	Radio FHSS	2.4 GHz	3.2 Mbps	??? feet
IBM	IBM Wireless LAN (Withdrawn Apr 97)	Radio FHSS	2.4 GHz	1.2 Mbps	800 feet
Solectek	AirLAN	Radio DSSS	2.4 GHz	2 Mbps	800 feet
Windata	Freeport	Radio ??SS	2.4 and 5.7 GHz	5.7 Mbps	263 feet
NCR	WaveLAN	Radio DSSS	915 MHz and 2.4 GHz	2 Mbps	800 feet
Aironet	ARLAN	Radio DSSS and FHSS	2.4 GHz	2 Mbps	???
RadioLan	RadioLAN	Microwave	5.8 GHz	10 Mbps	120 feet
Motorola	Altair Plus II	Microwave	18 GHz	5.7 Mbps	???
Photonics		Infrared	N/A	1 Mbps	25' X 25' room
InfraLAN	InfraLAN	Infrared	N/A	16 Mbps	90 feet

Note: Motorola uses frequencies, which require licensing from the FCC.

Πίνακας 2: Ασύρματα LAN προϊόντα

2.2 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΠΕΡΥΘΡΩΝ (Infrared - IR)

Σ' αυτήν την μέθοδο χρησιμοποιείται η υπέρυθη ακτινοβολία για την μετάδοση πληροφορίας. Είναι μία τεχνολογία γνωστή και ιδιαίτερα διαδεδομένη αφού χρησιμοποιείται σε οικιακές συσκευές όπως τα τηλεχειριστήρια των τηλεοράσεων, βίντεο και στερεοφωνικών συστημάτων.

1.1.1 Χαρακτηριστικά μετάδοσης

[ΔΟΥ], [ΣΤΑ §11.2], [ΤΖΑ], [ΡΑΗ §12.3.2], [11] - Ένας πομπός υπέρυθρης ακτινοβολίας (συνήθως ένα LED - Light emitting diode - το οποίο εκπέμπει στα 870 nm) στέλνει μία σειρά παλμών οι οποίοι προσπίπτουν σε μία φωτοευαίσθητη σε υπέρυθρο μήκος κύματος δίοδο (PIN).

Υπάρχουν δύο τύποι υπέρυθρης μετάδοσης: Diffused Infrared(DFIR - Σκεδασμένη), και Direct - beam Infrared (DBIR).

2.2.1.1 Diffused Infrared (DFIR)

Αυτός ο τύπος προσφέρει απλότητα στην εγκατάσταση, γιατί δεν απαιτεί ευθυγράμμιση μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Η υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον πομπό γεμίζει όλη την περιοχή, όπως τον χώρο ενός γραφείου. Οι δέκτες συλλέγουν σήματα που αντανακλώνται από τους τοίχους ή την οροφή, ή από κάποιο κάτοπτρο (reflector) που είναι τοποθετημένο στην οροφή ή ψηλά σ' ένα τοίχο. Παρέχονται όμως μέτριοι ρυθμοί δεδομένων και μικρή κάλυψη, γιατί η ισχύς του μεταδιδόμενου σήματος διασκορπίζεται στην περιοχή και γιατί οι συνεχιζόμενες αλλαγές κατεύθυνσης περιορίζουν το ρυθμό δεδομένων. Έτσι περιοριζόμαστε σε ρυθμούς δεδομένων στα 1Mbps και συνεπώς σε εφαρμογές μικρής εμβέλειας όπως ο χώρος ενός γραφείου.

2.2.1.2 Direct - beam Infrared (DBIR)

Σ' αυτόν τον τύπο χρησιμοποιούνται κατευθυνόμενες ακτίνες υπέρυθρων και ο πομπός και ο δέκτης πρέπει να είναι προσεκτικά ευθυγραμμισμένοι. Μπορούμε έτσι να πετύχουμε υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων (100 Kbps και 16 Mbps -στο 1 χιλιόμετρο -) και καλύπτουμε ευρύτερες περιοχές απ' ότι στο τύπο DFIR . Εξαιτίας της ανάγκης ευθυγράμμισης μεταξύ πομπού και δέκτη, είναι περισσότερο κατάλληλα για εφαρμογές που χρησιμοποιούν σταθερούς (fixed) υπολογιστές.

2.2.2 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα

[25], [11], [ΔΟΥ], [ΣΤΑ], [ΤΖΑ], [ΡΑΗ] - Βασικό πλεονέκτημα των υπέρυθρων συστημάτων είναι το χαμηλό κόστος τους και ότι μπορούν εύκολα να δημιουργηθούν αλλά έχουν ένα μεγάλο μειονέκτημα: δεν μπορούν να περάσουν μέσα από εμπόδια. Από την άλλη πλευρά αυτό αποτελεί ταυτόχρονα και πλεονέκτημα αφού η ασφάλεια είναι περισσότερο εγγυημένη απ' ότι σε κάθε άλλη ασύρματη τεχνολογία, καθώς η μετάδοση των δεδομένων περιορίζεται στον υπάρχοντα χώρο. Για αυτούς τους λόγους δεν απαιτείται έγκριση από τον αρμόδιο φορέα για την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων σε αντίθεση με την τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων. Ο μεγαλύτερος περιορισμός της τεχνολογίας αυτής είναι η ανάγκη οπτικής επαφής μεταξύ του πομπού και του δέκτη και η σχετικά μικρή εμβέλεια των δύο σημείων. Επίσης η υπέρυθρη ακτινοβολία έχει αρκετές βιολογικές επιπτώσεις (επιδρά κυρίως στα μάτια και το δέρμα).

2.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΩΝ (Microwave - Mw)

Σε συχνότητες πάνω από 10^8 Hz (0,1GHz) τα κύματα ταξιδεύουν σε ευθεία γραμμή και γι' αυτό μπορούν να εστιάσουν. Τα συστήματα μικροκυμάτων χρησιμοποιούν τις χαμηλότερες Gigahertz συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Υπάρχουν δύο τύποι συστημάτων μικροκυμάτων: τα επίγεια (Terrestrial) και τα δορυφορικά (Satellite).

2.3.1 Επίγεια συστήματα μικροκυμάτων (Terrestrial microwave systems)

[CHE ΣΕΛ. 101] Τα συστήματα μικροκυμάτων χρησιμοποιούν κατευθυνόμενες παραβολικές κεραίες για να στείλουν και να λάβουν σήματα. Τα δύο άκρα πρέπει να βρίσκονται σε οπτική επαφή (line - of - sight, LOS), γι' αυτό το λόγο μπορεί να χρειαστούν αναμεταδότες για να επεκτείνουν το σήμα. Όσο πιο υψηλοί είναι οι πύργοι τόσο πιο μακριά μπορούν να τοποθετηθούν ο ένας από τον άλλο. Για πύργους ύψους 100 μέτρων, οι αναμεταδότες μπορούν να τοποθετηθούν ανά 80 χλμ. - [ΤΑΝ §2.3.3].

Επειδή η τεχνολογία αυτή δεν χρησιμοποιεί καλωδίωση, χρησιμοποιείται π.χ. για να συνδέσει κτήρια όπου η καλωδίωση είναι δύσκολο να τοποθετηθεί, είναι ακριβή ή απαγορευμένη. Για παράδειγμα, αν δύο κτήρια χωρίζονται από ένα δημόσιο δρόμο, είναι δύσκολο να δοθεί άδεια για να τοποθετηθεί καλώδιο πάνω ή κάτω από τον δρόμο και έτσι τα μικροκύματα θα ήταν μία καλή λύση για την περίπτωση αυτή.

Για την μπάντα συχνοτήτων που χρησιμοποιούν τα συστήματα αυτά, απαιτείται άδεια από την αρμόδια υπηρεσία (FCC για τις U.S.). Κάθε γεωγραφική περιοχή ακτίνας 17,5 μιλίων

μπορεί να περιέχει πέντε άδειες και η κάθε άδεια καλύπτει δύο συχνότητες. Η Motorola κρατά 600 άδειες (1200 συχνότητες), στα 18 GHz και καλύπτει έτσι μεγάλες περιοχές με πληθυσμούς 30.000 και πάνω **[STA §11.4]**. Από την άλλη πλευρά, η απαίτηση άδειας εξασφαλίζει επικοινωνία ελεύθερη από παρεμβολές. Επίσης ένα άλλο πλεονέκτημα των MW συστημάτων είναι η μεγάλη απόδοση που έχουν.

Πολλά προϊόντα στα WLANs χρησιμοποιούν σήμερα την τεχνολογία μικροκυμάτων όπως: το Altair της Motorola και το RadioLAN της RadioLan (**Πίνακας 2, - [11]**). Συγκεκριμένα το 1995 η RadioLan ήταν η πρώτη εταιρεία που έδωσε στενής ζώνης ασύρματα LAN (narrowband WLAN) χρησιμοποιώντας την ISM μπάντα που δεν απαιτεί άδεια χρήσης. Τα MW συστήματα όμως λειτουργούν σε χαμηλή ισχύ, κάτω του 0,5 watt ή και λιγότερο.

2.3.2 Δορυφορικά συστήματα μικροκυμάτων (Satellite microwave systems)

[CHE §ΣΕΛ.104]. Η βασική διαφορά στα δορυφορικά συστήματα είναι ότι η μία κεραία είναι τοποθετημένη πάνω σ' ένα δορυφόρο που βρίσκεται σε συγχρονισμένη τροχιά με τη γη, στα 500.000 χ.λ.μ. πάνω από την γη. Για το λόγο αυτό τα δορυφορικά συστήματα μπορούν να φθάσουν και τα πιο απομακρυσμένα μέρη και να επικοινωνήσουν με κινητές συσκευές. Το σήμα στέλνεται σε μία κεραία (satellite dish) και από εκεί στο δορυφόρο, ο οποίος με την σειρά του στέλνει το σήμα σε κάποια άλλη τοποθεσία της γης ή, σε κάποιον άλλο δορυφόρο - εάν ο προορισμός βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά της γης - ο οποίος μετά μεταφέρει το σήμα στο επιθυμητό σημείο.

3 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ (WLANs)

[STA §11.5] - Καθώς όλο και περισσότερες εταιρείες και ανεξάρτητοι χρήστες επιζητούσαν την χρήση κινητών και φορητών υπολογιστών, η συνεχώς αυξανόμενη ανάγκη για ασύρματα τοπικά δίκτυα, οδήγησε το 1990 το Ινστιτούτο των Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (Institute of electrical and Electronic Engineers - **IEEE**) να σχηματίσει μια υποεπιτροπή που για να αναπτύξει ένα MAC (Medium Access Control) και PHY (Physical Layer) πρότυπο για τις ασύρματες ζεύξεις. Το πρότυπο αυτό ονομάστηκε IEEE 802.11. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα στους χρήστες να χρησιμοποιούν προϊόντα ασύρματης δικτύωσης, από διαφορετικούς κατασκευαστές στο ίδιο δίκτυο και μάλιστα σε χαμηλές τιμές λόγω του συναγωνισμού των κατασκευαστικών εταιρειών.

[19] - Σήμερα η υποεπιτροπή IEEE 802.11 συγκεντρώνει τις προσπάθειές της για να παράγει πρότυπα για μεγάλης ταχύτητας WLAN. Μέχρι πρόσφατα οι ταχύτητες περιορίζονται στο μέγιστο των 2 Mbps. Σχηματίστηκαν έτσι δύο ομάδες εργασίας, οι TGa και TGb, για να εργαστούν πάνω στα μελλοντικά πρότυπα.

Η TGa αναπτύσσει ένα μεγάλης ταχύτητας PHY στην 5 GHz - ελεύθερη από άδεια - ISM μπάντα, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιείται μαζί με το υπάρχον 802.11 MAC και είναι κατάλληλο για μετάδοση όχι μόνο δεδομένων αλλά φωνής και εικόνων.

Η TGb αναπτύσσει ένα μεγάλης ταχύτητας PHY στην 2,4 GHz μπάντα. Μια από κοινού πρόταση από τους Lucent και Harris Technologies έχει γίνει δεκτή από το IEEE, η οποία επιτρέπει μέγιστη απόδοση στα 11 Mbps - **[20]**.

Στον **πίνακα 3** απεικονίζεται η οικογένεια προτύπων IEEE 802.11.

	IEEE 802.11 (DSSS)	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b
Application	Wireless Ethernet (LAN)	Wireless ATM	Wireless Ethernet (LAN)
Frequency Range	2.4 GHz	5 GHz	2.4 GHz
Data Rate	1-2Mbps	20-25 Mbps	5.5 Mbps, 11 Mbps

Πίνακας 3: Η IEEE 802.11 οικογένεια προτύπων

3.1 Το IEEE 802.11

Το IEEE 802.11 καλύπτει: Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer - PHY) και το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC - Medium Access Control sublayer).

3.1.1 Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

[19] - Μετάδοση δεδομένων στα 1 ή 2 Mbps με:

- Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS).
- Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS).
- Infrared (IR)
- High Rate Direct Sequence Spread Spectrum (HR/DSSS).
- Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM).

Τα δύο τελευταία χρησιμοποιούνται σε μεγάλης ταχύτητας WLAN. Το IEEE 802.11a χρησιμοποιεί OFDM και το IEEE 802.11b χρησιμοποιεί HR/DSSS

3.1.2 Το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC - Medium Access Control sublayer)

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν ποιος ακολουθεί σ' ένα κανάλι εκπομπής όπου όλοι μοιράζονται το κοινό επικοινωνιακό μέσο, ανήκουν σ' ένα υποεπίπεδο του επιπέδου γραμμής δεδομένων (Data - Link Layer), το οποίο καλείται υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC -Medium Access Control sublayer).

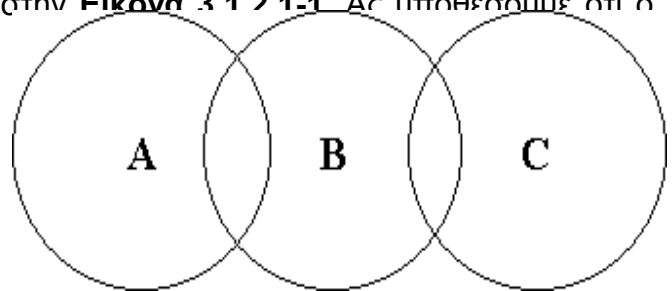
3.1.2.1 CSMA/CA

Το IEEE 802.11 χρησιμοποιεί ως πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC - Medium Access Control Protocol) τη μέθοδο Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (CSMA/CA - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Τα περισσότερα ενσύρματα LANs χρησιμοποιούν σαν MAC πρωτόκολλο τη μέθοδο Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (**CSMA/CD** - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Ακρόαση φέροντος σημαίνει ότι ο

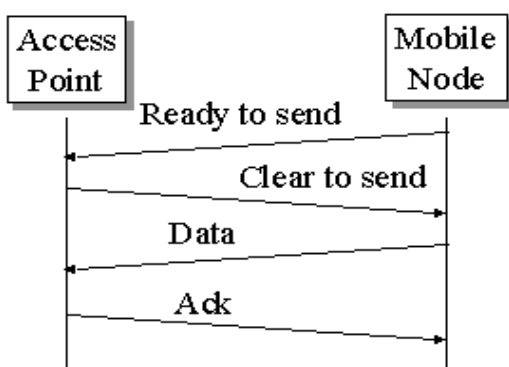
σταθμός ακροάται το μέσο πριν μεταδώσει. Εάν το μέσο είναι απασχολημένο τότε ο σταθμός συνεχίζει την ακρόαση μέχρι το μέσο να "ακουσθεί" ελεύθερο οπότε και αρχίζει να μεταδίδει. Εάν δύο σταθμοί μεταδίδουν την ίδια στιγμή τότε έχουμε σύγκρουση και οι πληροφορίες χάνονται. Εδώ λαμβάνει χώρα η ανίχνευση συγκρούσεων. Ο σταθμός αν αντιληφθεί σύγκρουση (λόγω έλλειψης σήματος επιβεβαίωσης), περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και προσπαθεί αργότερα. Ο χρόνος για τον οποίο ένας σταθμός, αφού ανιχνεύσει μία σύγκρουση, θα απέχει από την μετάδοση δεν θα πρέπει να είναι σταθερός και ίδιος για όλους τους σταθμούς, για να μην υπάρχουν συνεχείς διαδοχικές συγκρούσεις. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιείται ένας αλγόριθμος που είναι γνωστός ως truncated binary exponential backoff [ΠΟΜ §2.4.2]. Η μέθοδος αυτή ενώ είναι αποτελεσματική για τα ενσύρματα LANs δεν είναι κατάλληλη για τα ασύρματα γιατί εκείνο που θέλει να ξέρει ο σταθμός πριν ξεκινήσει να μεταδίδει είναι εάν υπάρχει ή όχι "κινητικότητα" γύρω από τον δέκτη και όχι γύρω από τον πομπό. Συγκεκριμένα παρουσιάζεται το λεγόμενο **Hidden Node** πρόβλημα.

Το πρόβλημα Hidden Node απεικονίζεται στην **Εικόνα 3.1.2.1-1**. Ας υποθέσουμε ότι ο σταθμός A μεταδίδει στον σταθμό B και ότι ο σταθμός C θέλει να μεταδώσει. Όταν ο σταθμός C ακροάται το μέσο, δεν θα ακούσει τον A γιατί είναι έξω από το εύρος του και εσφαλμένα συμπεραίνει ότι μπορεί να μεταδώσει, οπότε και δημιουργείται σύγκρουση - [ΤΑΝ § 4.2.6].



Εικόνα 3.1.2.1-1

4-Way Handshake



Εικόνα 3.1.2.1-2

Η λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η μέθοδος Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (**CSMA/CA** - Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Η μέθοδος αυτή λειτουργεί ως εξής: Έστω ότι ο σταθμός A θέλει να μεταδώσει στον σταθμό B. Ο σταθμός A στέλνει ένα μικρό μήνυμα (30 bytes) το οποίο καλείται RTS (Ready To Send). Το μήνυμα αυτό περιέχει το μήκος του μηνύματος που θα ακολουθήσει. Ο σταθμός B απαντά με ένα μικρό μήνυμα που λέγεται CTS (Clear To Send) που λει στην πηγή

ότι μπορεί να μεταδώσει χωρίς το φόβο συγκρούσεων. Έτσι οι άλλοι σταθμοί όταν ακούν το RTS γνωρίζουν πόσο χρονικό διάστημα θα περιμένουν μέχρι να μπορούν να μεταδώσουν. Μετά από κάθε επιτυχημένη αποστολή μηνύματος ακολουθεί επιβεβαίωση. Εάν δεν ληφθεί επιβεβαίωση το επίπεδο MAC αναμεταδίδει το μήνυμα. Όλη αυτή η διαδικασία λέγεται **4-way handshake** και απεικονίζεται στην **Εικόνα 3.1.2.1-2, [15]**.

3.1.2.2 Αρχιτεκτονική

[STA §11.5] - Η μικρότερη δομική μονάδα σ' ένα WLAN είναι το Basic Service Set (BSS), το οποίο αποτελείται από δύο ή και περισσότερους σταθμούς (σταθεροί, κινητοί ή φορητοί υπολογιστές), που μοιράζονται το ίδιο μέσο και χρησιμοποιούν το ίδιο MAC πρωτόκολλο. Η επιτροπή IEEE 802.11 διέκρινε δύο τύπους WLAN:

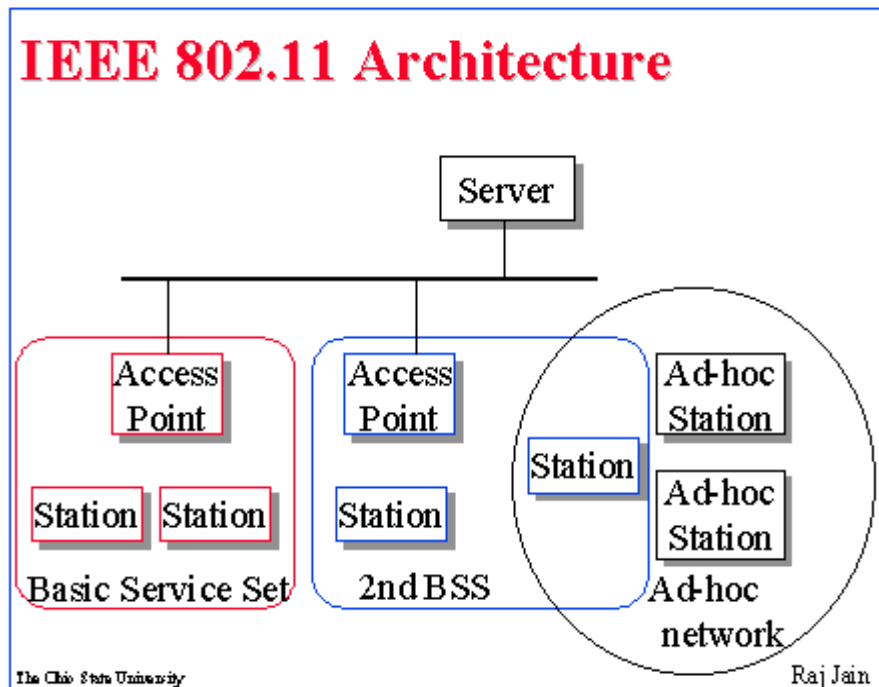
- Ad - hoc και
- Infrastructure δίκτυα.

3.1.2.2.1 Ad - hoc δίκτυα

Ένα BSS που στέκεται μόνο του και δεν συνδέεται σε μία βάση λέγεται Independent Basic Service Set (IBSS) ή αναφέρεται ως Ad - hoc δίκτυο. Σ' ένα Ad - hoc δίκτυο οι σταθμοί επικοινωνούν μόνο ομότιμα (peer - to -peer). Δεν υπάρχει βάση και κανείς δεν δίνει άδεια για το ποιος θα μιλήσει. Τα περισσότερα τέτοιου είδους δίκτυα είναι αυθόρμητα, προσωρινά και στήνονται γρήγορα. Είναι κατάλληλα για μικρές περιοχές.

3.1.2.2.2 Infrastructure δίκτυα

Όταν διάφορα BSS's είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους τότε το δίκτυο αποκτά υποδομή (Infrastructure). Αυτός ο τύπος του δικτύου επιτρέπει στους χρήστες να μετακινούνται μέσα σ' ένα κτήριο. Το IEEE 802.11 καθόρισε τα συστατικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής των WLANs - **Εικόνα 3.1.2.2-1, [16]** . Σ' ένα δομημένο δίκτυο δύο ή περισσότερα BSS's συνδέονται μεταξύ τους χρησιμοποιώντας ένα Καταμεμημένο σύστημα (Distribution system - DS). Τυπικά ένα DS είναι ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο κορμού (backbone LAN). Η είσοδος σ' ένα DS πετυχαίνεται με την βοήθεια των Access Points (AP). Ένα Access Point είναι ένας σταθμός, γι' αυτό και είναι προσδιορισμένος (addressable). Έτσι τα δεδομένα μπορούν να μετακινούνται μεταξύ του BSS και του DS με την βοήθεια των Access Points. Κάθε BSS αποτελεί συστατικό ενός μεγαλύτερου και εκτεταμένου δικτύου που λέγεται Extended Service Set (ESS). Το σημαντικό στο ESS είναι ότι ολόκληρο το δίκτυο φαίνεται σαν ένα Independent Basic Service Set (IBSS) στο υποεπίπεδο Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης (Logical Link Control Layer - LLC) .



Εικόνα 3.1.2.2-1

3.2 HIPERLAN

[14] - Ένα άλλο πρότυπο που αναπτύχθηκε από το European Telecommunication Standards Institute (ETSI) για ασύρματη τεχνολογία δεύτερης γενιάς είναι το HIPERLAN I (High Performance European Radio LAN). Το HIPERLAN αναπτύχθηκε κατά την περίοδο 1991 - 1996 και κατάφερε να πετύχει υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων (πάνω από 24 Mbps) από ότι το IEEE 802.11 (1 με 2 Mbps). Υποστηρίζει μόνο peer - to -peer σύνδεση σε αντίθεση με το IEEE 802.11 που υποστηρίζει και Ad - hoc και Infrastructure αρχιτεκτονικές. (Παραπομπή 18)

Στον **πίνακα 4** απεικονίζεται η οικογένεια προτύπων HIPERLAN -[19] .

	HiperLAN Type 1	HiperLAN Type 2	HiperAccess	HiperLink
Application	Wireless Ethernet(LAN)	Wireless ATM	Wireless Local Loop	Wireless Point-to-Point
Frequency Range	5 GHz	5 GHz	5 GHz	17 GHz
Data Rate	23.5 Mbps	~20 Mbps	~20 Mbps	~155 Mbps

Πίνακας 4: Η οικογένεια προτύπων HIPERLAN

4 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ATM (WATM)

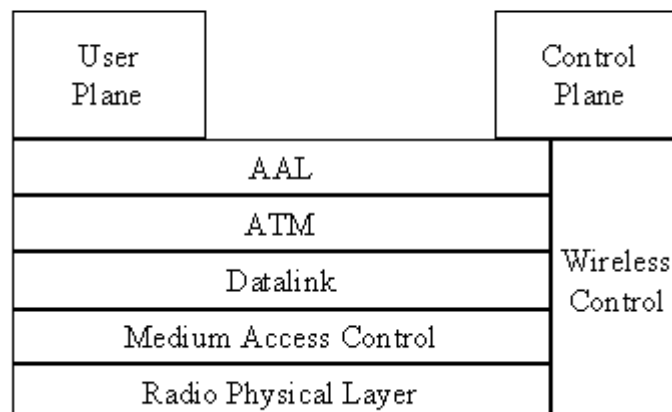
Τα ασύρματα ATM (Asynchronous Transfer Mode) υιοθέτησαν την αρχιτεκτονική των ATM με την προσθήκη κάποιων επεκτάσεων που έπρεπε να προστεθούν για να μπορούν να υποστηρίξουν και κινητικότητα (mobility).

4.1 Αρχιτεκτονική

Το πρωτόκολλο αρχιτεκτονικής που προτάθηκε από την ATM Forum απεικονίζεται στην **Εικόνα 4.1-1**, [21]. Τα τμήματα ενός WATM χωρίζονται σε δύο μέρη:

- το Mobile ATM ή Control Plane (Επίπεδο Ελέγχου) και
- το Radio Access Layer ή Wireless Control - [22], [23].

WATM Protocol Architecture



Εικόνα 4.1-1

4.1.1 Radio Access Layer

Το Επίπεδο Radio Access αποτελείται από αρκετά υποεπίπεδα απαραίτητα για την επίτευξη της ασύρματης ζεύξης όπως τα: Physical Layer (PHY), Medium Access Control (MAC), Data Link Control (DLC) και Radio Resource Control (RRC).

4.1.1.1 Physical Layer (PHY)

Το Physical Layer (PHY) εξασφαλίζει αξιόπιστη και υψηλής ταχύτητας μετάδοση, με ρυθμό δεδομένων στα 25 Mbps στην μπάντα συχνοτήτων των 5 GHz (Low Speed Wireless PHY) και προτεινόμενα τα 155/622 Mbps στην μπάντα συχνοτήτων 60 GHz (High Speed Wireless PHY) - [22].

4.1.1.2 Medium Access Control (MAC)

Το Medium Access Control (MAC) ελέγχει την κοινή χρήση ενός ασύρματου καναλιού από πολλούς χρήστες. Επίσης βασική υποχρέωση του MAC επιπέδου είναι η υποστήριξη πολλαπλών PHY επιπέδων.

4.1.1.3 Data Link Control (DLC)

Το Data Link Control είναι υπεύθυνο να εξυπηρετεί το ATM επίπεδο. Πριν τα κελιά αποσταλούν στο ATM επίπεδο πρέπει σ' αυτό το επίπεδο (το DLC) να απαλειφθούν από την επίδραση των σφαλμάτων (mitigates the effect of radio channel errors).

4.1.1.4 Radio Resource Control (RRC)

Το Radio Resource Control (RRC) είναι απαραίτητο για την υποστήριξη των λειτουργιών του επιπέδου ελέγχου (Control Plane) που σχετίζονται με το Radio Access επίπεδο.

4.1.2 Mobile ATM

Για υποστήριξη της κινητικότητας (mobility), νέες υψηλότερου επιπέδου λειτουργίες ελέγχου / σηματοδότησης απαιτούνται για:

4.1.2.1 Handoff control,

4.1.2.2 Location Management (διαχείριση τοποθεσίας),

4.1.2.3 Routing (δρομολόγηση),

4.1.2.4 Addressing (διευθυνσιοδότηση),

4.1.2.5 Traffic and QoS Control (Έλεγχος κυκλοφορίας και ποιότητας Υπηρεσιών)

4.1.2.6 Wireless Network Management (Διαχείριση ασύρματου Δικτύου).

5 CDPD (Cellular Digital Packet Data)

Η περισσότερο ευρέως αποδεκτή λύση για επίγεια, ασύρματη, κινητή και συμβατή με το TCP/IP επικοινωνία δεδομένων είναι το CDPD όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 5 - [24].

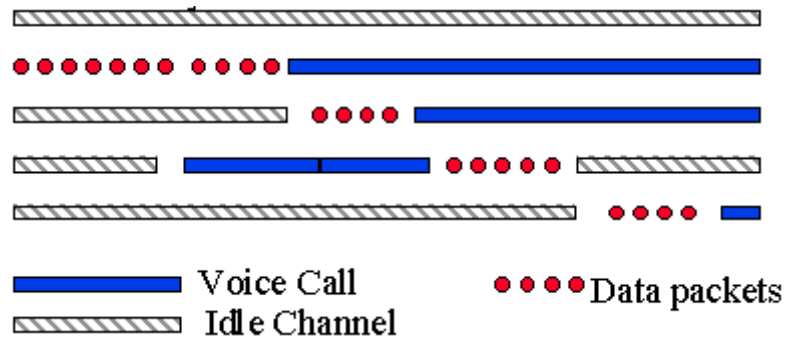
Wireless Data Options

SYSTEM	COVERAGE	TYPE	GROSS RATE	APPLICATION
To IEEE 802.11	local	packet	1-2 Mb/sec	Local Area Network Extensions
Circuit Switched Cellular(CSC)	Wide	Circuit	14.4 kb/sec	e-mail, fax, large file transfer, long messages
CDPD (Cellular Digital Packet Data)	Wide	Packet	19.2 Kb/sec	e-mail,internet, short bust data, transaction processing.
Broad band PCS	Wide	Circuit	9.6Kb/sec	e-mail, fax, file transfer, short messaging
Narrowband PCS	Wide	Packet	6.4 Kb/sec	e-mail, two-way messaging
Unlicensed PCS	Local	Packet	Not Standardized, 10 Mb/sec possible.	Local Area Network extensions, Multimedia
Dedicated Packet	wide	packet	19.2 Kb/sec	e-mail, Short busy data.

Πίνακας 5

[ΠΑΗ §12.3] - Το CDPD αναπτύχθηκε από την IBM σε συνεργασία με εννέα άλλες μεγάλες εταιρείες παροχής υπηρεσιών. Είναι μία υπηρεσία μεταγωγής πακέτων που χρησιμοποιεί ως μέθοδο προώθησης των πακέτων την datagram. Σχεδιάστηκε για την μεταφορά δεδομένων ως συμπληρωματική υπηρεσία στηριζόμενη στο υπάρχον αναλογικό cellular (κυψελωτό) τηλεφωνικό δίκτυο της Βόρειας Αμερικής χρησιμοποιώντας τα ίδια 30 - kHz κανάλια. Είναι συμβατό με το AMPS (Advanced Mobile Phone System) και χρησιμοποιεί τα "άεργα" (idle) κανάλια φωνής του AMPS για μετάδοση δεδομένων, με ρυθμούς 19,2 Kbps. Τα δεδομένα μεταπηδούν από το ένα κανάλι στο άλλο καθώς αυτά γίνονται ενεργά ή άεργα, όπως απεικονίζεται στην **Εικόνα 5-1** , [21].

[ΤΑΝ §4.2.7], [24] - Το CDPD υποστηρίζει το OSI μοντέλο και το IP πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου του Internet. Αυτό συνεπάγεται πως εφαρμογές που υπάρχουν σήμερα σε ενσύρματα περιβάλλοντα μπορούν να γίνουν ασύρματες εφαρμογές με λίγες ή και καθόλου τροποποιήσεις.



Εικόνα 5-1: CDPD

5.1 Αρχιτεκτονική

Ένα CDPD αποτελείται από τα παρακάτω στοιχεία που απεικονίζονται στην **Εικόνα: 5.1-1, [24]**

5.1.1 Mobile end systems (M-ES) ή Fixed end systems (F-ES)

5.1.2 Mobile database station (MDBS),

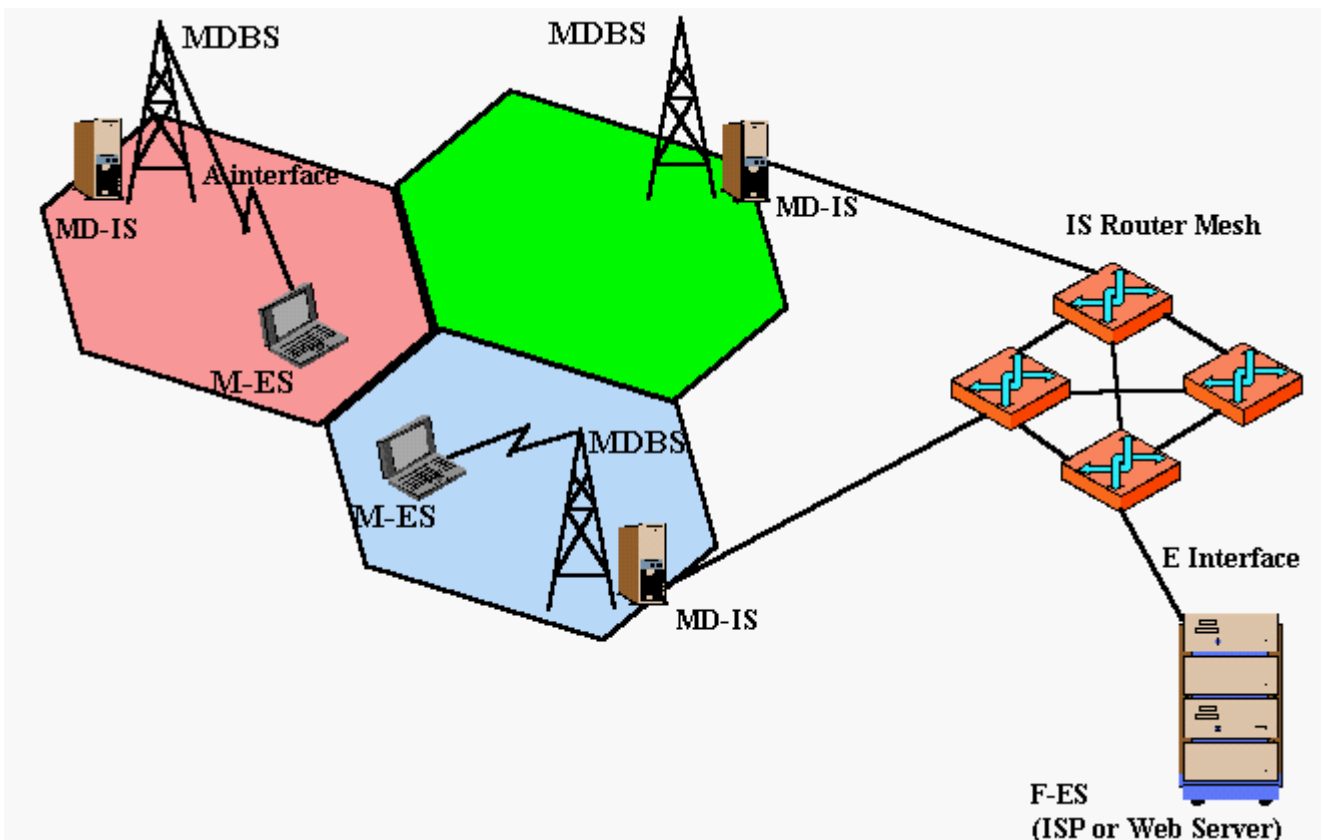
5.1.3 Mobile data intermediate system (MD-IS),

5.1.4 Intermediate system (IS).

[ΤΑΝ 4.2.7] - Οι Mobile end systems (M_ES) είναι οι φορητοί υπολογιστές των χρηστών.

Οι Mobile database stations (MDBS) είναι οι μεταδότες που μιλούν στους Mobile end systems.

Οι Mobile data intermediate systems (MD-IS) είναι ειδικοί κόμβοι με τους οποίους επικοινωνούν όλοι οι Mobile database stations (MDBS) μιας περιοχής με ένα σταθερό δρομολογητή (fixed router) για επιπλέον μετάδοση μέσω του Internet ή άλλου WAN. Οι MD-IS λειτουργούν με ανάλογο τρόπο όπως ένα Mobile Switching Center (MCS) σε ένα cellular τηλεφωνικό σύστημα.



Εικόνα: Η αρχιτεκτονική του CDPD 5.1-1

Τριών ειδών επικοινωνίες ορίζονται στα CDPD δίκτυα, οι εξής:

Κάθε M_ES επικοινωνεί με ένα MDBS χρησιμοποιώντας το *A-interface* (*air interface*).

Ένα F-ES επικοινωνεί με ένα CDPD δίκτυο μέσω του *E-interface* (*external interface*). Το F-ES είναι ένα ενσύρματο host computer (back end) με το οποίο μπορεί το M_ES να επικοινωνεί. Στην περίπτωση του Internet ένα F-ES μπορεί να είναι ένα ISP ή ένας Web server στην άλλη άκρη του κόσμου.

Δύο CDPD περιοχές συνδέονται μεταξύ τους μέσω του *I-interface* (*internal interface*).

5.2 MAC layer

Το CDPD χρησιμοποιεί ως πρωτόκολλο ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC -Medium Access Control Protocol) τη μέθοδο Πολλαπλής Προσπέλασης με Ψηφιακή Ακρόαση και Ανίχνευση Συγκρούσεων (**DSMA/CD** - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection), το οποίο σχετίζεται αρκετά με τη μέθοδο Πολλαπλής Προσπέλασης με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (CSMA/CD - Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) που τα περισσότερα ενσύρματα LANs χρησιμοποιούν σαν MAC πρωτόκολλο.

5.3 Εφαρμογές του CDPD

Μερικές από τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν το CDPD είναι:

- Οι μηχανές έγκρισης πιστωτικών καρτών.
- Ασύρματο E-mail και fax.
- Αναφορές ελέγχου αποθεμάτων
- Αναφορές κυκλοφοριακής κίνησης.
- Αναφορά απομακρυσμένων καιρικών συνθηκών κ.τ.λ

6 MOBILE IP

Στις μέρες μας εκατομμύρια άνθρωποι έχουν φορητούς υπολογιστές και επιθυμούν να λαμβάνουν το ηλεκτρονικό τους ταχυδρομείο και να επεξεργάζονται τα αρχεία τους οπουδήποτε και αν βρίσκονται.

[ΤΑΝ- §5.2.8, §5.5.8], [26], [27] - Όλοι οι χρήστες έχουν μία σταθερή τοποθεσία (home location) που δεν αλλάζει ποτέ. Επίσης οι χρήστες έχουν μία σταθερή διεύθυνση (home address), η οποία χρησιμοποιείται για να καθορίζει την τοποθεσία τους. Εάν ένας χρήστης αλλάξει ξαφνικά τοποθεσία, τα πακέτα που στέλνονται γι' αυτόν θα συνέχιζαν να στέλνονται στο δικό του home LAN (ή router) και έτσι π.χ. δεν θα λάμβανε πια το e-mail του. Μία λύση στο πρόβλημα αυτό θα ήταν να δίνεται σε κάθε μηχανήμα μια νέα IP διεύθυνση που να ανταποκρίνεται στην νέα του τοποθεσία, όμως αυτή θα ήταν μια άκομψη λύση επειδή ένας μεγάλος αριθμός ανθρώπων, προγραμμάτων και βάσεων δεδομένων θα έπρεπε να ενημερωθεί για την αλλαγή. Επίσης μία άλλη προσέγγιση θα ήταν οι δρομολογητές να χρησιμοποιούσαν ολοκληρωμένη την IP διεύθυνση, αλλά αυτό θα απαιτούσε εκατομμύρια πίνακες δρομολόγησης με συνέπεια αστρονομικό κόστος για το Internet.

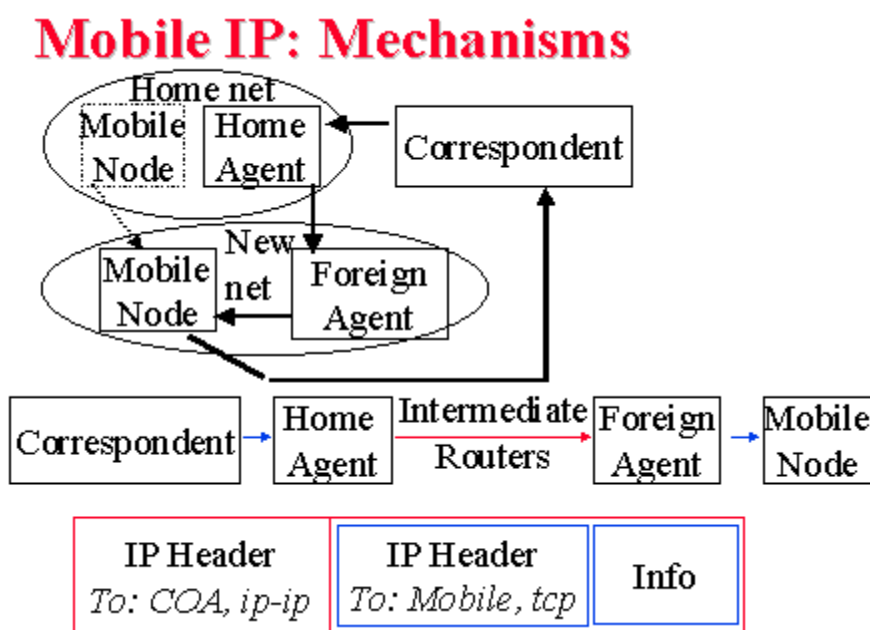
Έτσι όταν δημιουργήθηκε η απαίτηση να μπορούμε σε κάθε σύστημα να έχουμε κινητούς χρήστες (mobile users), η IETF (Internet Engineering Task Force) δημιούργησε μια ομάδα εργασίας για να βρει μια λύση. Στόχος της ήταν να στέλνονται τα πακέτα στους κινητούς χρήστες, χρησιμοποιώντας την δική τους διεύθυνση, οπουδήποτε και αν βρίσκονται. Η λύση που βρέθηκε περιγράφεται παρακάτω:

Κάθε site που θέλει να επιτρέπει στους χρήστες του να περιάγονται (roam), πρέπει να δημιουργήσει έναν **home agent** και κάθε site που θέλει να επιτρέπει επισκέπτες πρέπει να δημιουργήσει έναν **foreign agent**. Ο foreign agent παρακολουθεί όλους τους κινητούς χρήστες που επισκέπτονται την περιοχή ενώ ο home agent παρακολουθεί όλους τους χρήστες της περιοχής του οι οποίοι όμως επισκέπτονται άλλη περιοχή.

Όταν ένας κινητός χρήστης επισκέπτεται ένα ξένο site, έρχεται σε επαφή με τον foreign agent εκεί και εγγράφεται δίνοντας την διεύθυνσή του. Οι κινητοί χρήστες βρίσκουν τους foreign agents μετά από επίκληση τους (*solicitation*) ή με την βοήθεια περιοδικών ανακοινώσεων της ύπαρξής τους που εκπέμπουν οι ίδιοι οι foreign agents (*advertisements*). Στην συνέχεια ο foreign agent έρχεται σε επαφή με τον home agent του κινητού χρήστη και του δίνει την **care - of - address (COA)**, συνήθως την IP διεύθυνση του foreign agent.

Όταν ένα πακέτο στέλνεται σ' έναν κινητό χρήστη, δρομολογείται στο home LAN του χρήστη. Εκεί ο home agent κόβει τον δρόμο προς το πακέτο του κινητού χρήστη και ψάχνει και βρίσκει την διεύθυνση του foreign agent που διαχειρίζεται τον κινητό χρήστη. Ο home agent στέλνει το πακέτο στον foreign agent ο οποίος με την σειρά του το στέλνει στον κινητό χρήστη. Επίσης ο home agent δίνει την care - of - address (COA) στον αποστολέα, έτσι ώστε τα μελλοντικά πακέτα να κατευθύνονται άμεσα στον κινητό χρήστη μέσω του foreign agent .

Η παραπάνω διαδικασία απεικονίζεται στην **Εικόνα: 6-1**, [12]



Εικόνα 6-1

7 WIRELESS TCP

[ΤΑΝ §6.4.9], [30] - Τα παραδοσιακά πρωτόκολλα μεταφοράς, όπως το TCP, είναι ρυθμισμένα να λειτουργούν καλά στα ενσύρματα δίκτυα, αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο και για τα ασύρματα. Το κύριο πρόβλημα είναι ο αλγόριθμος ελέγχου συμφόρησης.

Στα ενσύρματα δίκτυα τα πακέτα χάνονται κυρίως εξαιτίας σύγκρουσης. Σ' αυτές τις περιπτώσεις το TCP επικαλείται τους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης και επιβραδύνει την αποστολή πακέτων. Σκοπός είναι η μείωση "φορτίου" του δικτύου ώστε να ανακουφιστεί η συμφόρηση.

Δυστυχώς τα ασύρματα δίκτυα είναι αναξιόπιστα γιατί έχουν συχνές απώλειες πακέτων που κυρίως οφείλονται σε λάθη μετάδοσης και handoffs. Η καλύτερη αντιμετώπιση του προβλήματος θα ήταν η όσο το δυνατόν γρηγορότερη επαναποστολή των πακέτων. Όμως το TCP μεταφράζει τις απώλειες αυτές σαν σύγκρουση και επικαλείται τους μηχανισμούς ελέγχου συμφόρησης, με αποτέλεσμα να επιβραδύνει και να έχουμε μείωση της απόδοσης.

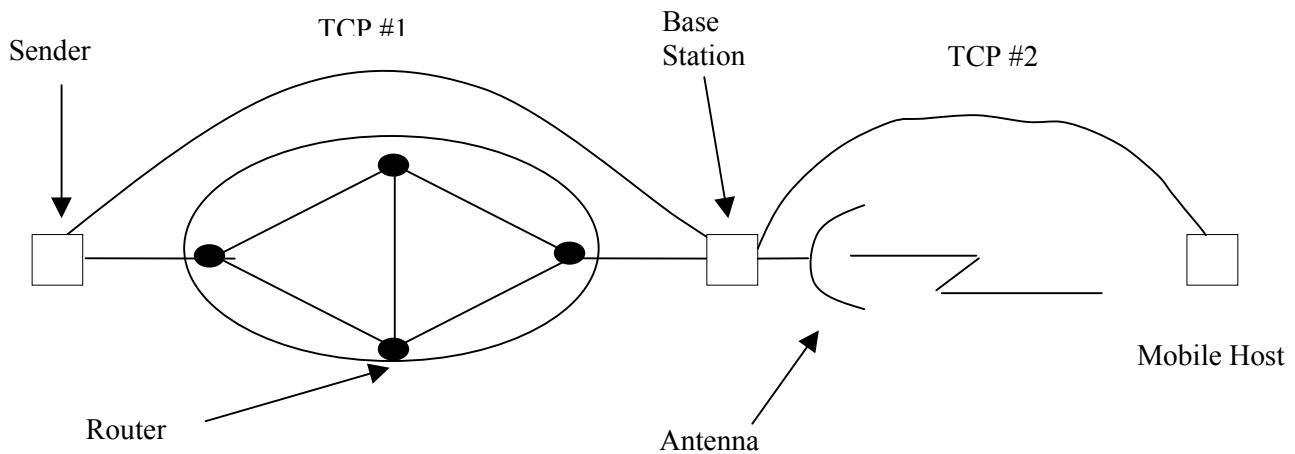
Δηλαδή, όταν ένα πακέτο χάνεται σ' ένα ενσύρματο δίκτυο, ο αποστολέας πρέπει να επιβραδύνει ενώ όταν χάνεται σ' ένα ασύρματο δίκτυο, ο αποστολέας θα πρέπει να προσπαθήσει σκληρότερα. Μη γνωρίζοντας ο αποστολέας τι είδους είναι το δίκτυο, είναι δύσκολο να πάρει την σωστή απόφαση. Επίσης η διαδρομή από τον αποστολέα στον παραλήπτη είναι συνήθως ετερογενής, αφού μπορεί να αποτελείται από ένα κομμάτι ενσύρματου δικτύου και ένα κομμάτι ασύρματου δικτύου, και συνεπώς είναι ακόμη πιο δύσκολη η απόφαση, αφού ο αποστολέας δεν γνωρίζει σε πιο τμήμα δημιουργήθηκε το πρόβλημα.

Έχουν προταθεί πολλά σχέδια για να βελτιώσουν την απόδοση του TCP στα ασύρματα δίκτυα. Μία από τις λύσεις που έχουν προταθεί, είναι το Indirect TCP (I-TCP).

7.1 Indirect TCP (I-TCP)

[ΤΑΝ §6.4.9], [30] - Η πρόταση αυτή έγινε από τους Bakne και Badrinath το 1995 και σύμφωνα με την οποία η σύνδεση μεταξύ του χρήστη του σταθερού ενσύρματου δικτύου και του κινητού χρήστη του ασύρματου δικτύου, χωρίζεται σε δύο συνδέσεις όπως απεικονίζει η **Εικόνα 7.1-1**. Η μία σύνδεση είναι μεταξύ του σταθερού χρήστη και της βάσης σταθμός (base station), και η άλλη σύνδεση είναι μεταξύ της βάσης σταθμός και του ασύρματου χρήστη. Τα δεδομένα που στέλνονται προς το ασύρματο χρήστη, αρχικά λαμβάνονται από την βάση σταθμό, ο οποίος στέλνει μία επιβεβαίωση στον σταθερό χρήστη και στην συνέχεια τα δεδομένα κατευθύνονται στον ασύρματο χρήστη.

Το πλεονέκτημα του σχήματος αυτού είναι ότι τώρα οι δύο συνδέσεις είναι ομογενείς και έτσι προβλήματα στην πρώτη σύνδεση επιβραδύνουν τον αποστολέα ενώ στην δεύτερη σύνδεση τον επιταχύνουν. Όμως μειονεκτεί στο ότι η αποδοχή επιβεβαίωσης από τον αποστολέα δεν σημαίνει ότι ο δέκτης έλαβε το μήνυμα αλλά μόνο ότι η βάση σταθμός το έλαβε.



Εικόνα 7.1-1: Χωρισμός μιας TCP σύνδεσης σε δύο συνδέσεις.

7.2 Berkeley Snoop Module

[ΤΑΝ §6.4.9], [30] - Στην λύση αυτή που προτάθηκε από τους Balakrishnan, Seshan και Katz το 1995, γίνονται διάφορες τροποποιήσεις στο επίπεδο δικτύου της βάσης σταθμού, ώστε αυτή να αποθηκεύει τα δεδομένα που προορίζονται για τον ασύρματο χρήστη. Ένα επίπεδο που λέγεται Snoop layer προστίθεται στην βάση σταθμό, το οποίο εξετάζει και αποθηκεύει κάθε πακέτο που στέλνεται από τον σταθερό χρήστη στον ασύρματο χρήστη και τις επιβεβαιώσεις που στέλνονται από αυτόν. Λαμβάνοντας ένα πακέτο από τον σταθερό χρήστη, ο Snoop layer το αποθηκεύει και το κατευθύνει στον ασύρματο χρήστη. Εάν δει ότι δεν λαμβάνει επιβεβαίωση ή ότι λαμβάνει διπλές επιβεβαιώσεις από τον ασύρματο χρήστη, επαναλαμβάνει την μετάδοση του πακέτου, χωρίς να εμπλέκει την πηγή.

8 ΒΑΔΙΖΟΝΤΑΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ 3^η ΓΕΝΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

[29] - Η εκρηκτική ανάπτυξη του Internet αναμένεται να δημιουργήσει μία τρομακτική αύξηση της απαίτησης για ασύρματες πολυμεσικές υπηρεσίες (wireless multimedia services). Τα ασύρματα δίκτυα πρώτης και δεύτερης γενιάς έχουν αποδειχθεί ικανά για παροχή υπηρεσιών φωνής και δεδομένων χαμηλού ρυθμού.

Τα περισσότερα ευρέως αναπτυσσόμενα, πρώτης γενιάς, συστήματα αναλογικής κινητής τηλεφωνίας, είναι το Advanced Mobile Phone System (AMPS), το Nordic Mobile Telephone (NMT) και το Total Access Communications System (TACS). Το πρώτο αναπτύχθηκε κυρίως στην Αμερική ενώ τα άλλα δύο στην Ευρώπη.

Στα συστήματα δεύτερης γενιάς ανήκουν τα Global System for mobile Communications (GSM), IS-136, IS-95 και Personal Digital Cellular (PDC). Το GSM είναι ευρέως αναπτυσσόμενο σ' όλο τον κόσμο με τους περισσότερους συνδρομητές και είναι το επικρατέστερο στην Ευρώπη, ενώ τα IS-136, IS-95 λειτουργούν στην Αμερική και το PDC μόνο στην Ιαπωνία.

Ο στόχος των αρχιτεκτονικών της 3^{ης} γενιάς είναι να δοκιμάσουν να αναπτύξουν τα συστήματα δεύτερης γενιάς ώστε να εξασφαλίζουν υψηλής ταχύτητας υπηρεσίες δεδομένων για να υποστηρίξουν πολυμεσικές εφαρμογές.

Η International Telecommunications Union (ITU) έχει καθορίσει τις 3^{ης} γενιάς προδιαγραφές για τις International Mobile Telecommunications του 2000 (IMT-2000), οι οποίες θα εξασφαλίζουν επαυξημένες υπηρεσίες φωνής, δεδομένων και πολυμέσων. Το σχέδιο για τις IMT-2000 είναι να καθορίσουν μία "οικογένεια προτύπων" η οποία θα εξασφαλίζει τουλάχιστον 384 Kbps data rates at pedestrian speeds, 144 Kbps at mobile speeds και πάνω από 2 Mbps σ' ένα indoor environment.

Τα GSM, IS-136 και IS-95 δίκτυα αναπτύσσουν τις υπηρεσίες τους σε διάφορες φάσεις το καθένα, προκειμένου να ικανοποιήσουν τις λεγόμενες 3^{ης} γενιάς απαιτήσεις της ITU.

9 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα WLANs αποτελούν τη βέλτιστη λύση για εφαρμογές ασύρματης δικτύωσης σε χώρους περιορισμένης έκτασης, όπως ένα δωμάτιο διάσκεψης. Τα WLANs εξασφαλίζουν ήδη μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας που φτάνει στα 1-2 Mbps, ενώ τώρα η βιομηχανία βαδίζει ανοδικά προς τα υψηλής ταχύτητας WLANs. Στις Ηνωμένες Πολιτείες σχεδόν όλα τα WLANs χρησιμοποιούν τεχνολογία ευρέως φάσματος, γι' αυτό και μεταδίδουν στην ISM μπάντα. Όμως στην μπάντα αυτή οι χρήστες μπορεί να δέχονται παρεμβολές από άλλες πηγές.

Η επιτροπή IEEE 802.11 και το ETSI είναι δύο αναγνωρισμένοι οργανισμοί που αναπτύσσουν τα πρότυπα για τα επόμενης γενιάς WLANs υψηλής ταχύτητας. Τα πρότυπα IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, HIPERLAN/1 και HIPERLAN/2 θα παρέχουν ασύρματες μεταδόσεις των 11 Mbps και πάνω.

Η ταχύτητα κάνει τα WLANs μία πολύ υποσχόμενη τεχνολογία για την μελλοντική αγορά επικοινωνιών από την στιγμή μάλιστα που τα WATM δίκτυα είναι πολύ ακριβά για να είναι αποδεκτά από το σύνολο της αγοράς. Βέβαια εξαιτίας της αυξανόμενης αποδοχής των ATM, ως πρότυπο για τα μελλοντικά Ευρυζωνικά Ψηφιακά Δίκτυα Ενοποιημένων Υπηρεσιών (B-ISDN), τα WATM αποδέχονται όλο και μεγαλύτερη προσοχή.

Επίσης στα συστήματα ευρείας έκτασης, η τεχνολογία CDPD αναμένεται να αναπτυχθεί ραγδαία. Στηριζόμενο στο υπάρχον AMPS δίκτυο μεταγωγής κυκλώματος το CDPD παρέχει μία σχετικά χαμηλού κόστους και ευρείας μετάδοσης λύση, ικανοποιώντας τις ποικίλες ανάγκες των κινητών χρηστών του Internet, για προσπέλαση στο δίκτυο οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Παρόλο που ο υπάρχον ρυθμός μετάδοσης του CDPD είναι σχετικά μικρός (19,2 Kbps), είναι αρκετός για τις σημερινές εφαρμογές που απαιτούν κινητικότητα.

Και ενώ πολλοί πιστεύουν ότι οι ασύρματοι φορητοί υπολογιστές είναι το μέλλον, ο Bob Metcalfe, ο εφευρέτης του Ethernet, έχει γράψει: "Mobile wireless computers are like mobile pipelines bathrooms -portapotties. They will be common on vehicles and at construction sites and rock concerts. My advice is to wire up your home and stay there" **[MET]**. Θα πρέπει να ακολουθήσουμε την συμβουλή του; Το μέλλον θα δείξει.

10 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [ΑΒΡ] Μ. ΑΒΡΑΜΟΠΟΥΛΟΣ, Α.ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ, Γ.ΛΑΓΟΓΙΑΝΝΗΣ: "Επικοινωνίες Δεδομένων", 1998.
- [CHE] J.CHELLIS, CH.PERKINS, M.STREBE, "Networking Essentials", Network Press -Sybex, 1998.
- [ΔΟΥ] Ι.ΔΟΥΖΑ: "Ένας κόσμος χωρίς καλώδια!", *Computer για όλους*, σ. 120-122, Μάρτιος 1999.
- [ΜΕΤ] METCALFE: "On mobile Computing", *Byte*, vol.20, p.110, Sept.1995.
- [ΡΑΗ] Κ.ΡΑΗΛΑΒΑΝ & Α.ΛΕΒΕΣΚΕ: "Wireless Information Networks", Wiley - Interscience 1995.
- [ΣΤΑ] W. STALLINGS : "Local and Metropolitan Area Networks", Prentice Hall 1997,p. 364-367
- [ΤΑΝ] ANDREW S. TANENBAUM : "Computer networks", Prentice Hall 1996.
- [ΤΖΑ] Μ.ΤΖΑΒΑΡΑ: "PC χωρίς καλώδια", *Computer για όλους*, τεύχος 183, σ. 54-67, Οκτώβριος 1999.
- [ΠΟΜ] ΑΝ. ΠΟΜΠΟΡΤΣΗΣ: "Εισαγωγή στις νέες τεχνολογίες επικοινωνιών", Τζιόλα,1997.
- [Rys] P. RYSAVY: " Now Playing in select locations", *Data Communications*, vol.28, p.73-79, Oct.99
- =====
- [10] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-95/wireless_lan/whatis.htm - "What is a wireless LAN", p.3.
(Περιέχει μία εργασία από το Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στις βασικές τεχνολογίες μετάδοσης ασύρματων LANs).
- [11] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless_lans/index.htm - Ed. C. Prem: "Wireless Local Area Networks", 13/08/97,p. 12.
(Περιέχει μία εργασία από το Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στα ασύρματα LANs και στα Physical και Medium Access Control επίπεδά τους).
- [12] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/h_cwir.htm - Raj Jain: "Wireless Data Networking", 1997,p.33.
(Περιέχει μία παρουσίαση από μία σειρά σεμιναρίων του Raj Jain, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).
- [13] http://scorch.doc.ic.ac.uk/nd/surprise_95/journal/vol2/mjf/article2.html - "Wireless Local Area Networks",p.5.
(Περιέχει μία εργασία που αναφέρεται στις τεχνολογίες μετάδοσης, την αρχιτεκτονική και τα πρότυπα στα ασύρματα LANs).
- [14] <http://www.angelfire.com/ak2/wireless/> - Buduri Arum Kumar: "Wireless Networking", p.15.

(Περιέχει μία εργασία, από το Anna University, Madras India, που αναφέρεται στην αρχιτεκτονική τα πρότυπα των ασύρματων LANs και τα Physical, MAC και Transport Layer).

[15] ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/talks/ee_wir/sld016.htm R. Jain: "Wireless Local Area Networks: Recent Developments", 19/02/1998, p. 34

(Περιέχει μία διαφάνεια από μία παρουσίαση μιας σειρά σεμιναρίων του R. Jain, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).

[16] ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/talks/ee_wir/sld020.htm R. Jain: "Wireless Local Area Networks: Recent Developments", 19/02/1998, p. 34.

(Περιέχει μία διαφάνεια από μία παρουσίαση μιας σειρά σεμιναρίων του R. Jain, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).

[17] ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/talks/ee_wir/sld007.htm - R. Jain: "Wireless Local Area Networks: Recent Developments", 19/02/1998 , p. 34

(Περιέχει μία διαφάνεια από μία παρουσίαση μιας σειρά σεμιναρίων του R. Jain, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).

[18] ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/talks/ee_wir/sld005.htm - R. Jain: "Wireless Local Area Networks: Recent Developments", 19/02/1998 , p. 34

(Περιέχει μία διαφάνεια από μία παρουσίαση μιας σειρά σεμιναρίων του R. Jain, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).

[19] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/wireless_lans/index.html - Zhengping Zuo: "In- building Wireless LANs", 17/11/1999, p.15.

(This paper, focuses on high speed wireless LAN architecture. The goal is to give a general introduction to the next generation of wireless LAN standard. Described here are Physical Layer and Media Access Layer of both IEEE 802.11 and HIPERLAN standards).

[20] <http://www.lucent.com/press/0798/980713.nsb.html> - p.2.

(Περιέχει μία ανακοίνωση προς τον Τύπο στις 13/07/1998 των Lucent Technologies, που αναφέρει ότι η IEEE επέλεξε την πρόταση των Lucent/Harris Technologies για νέα υψηλής ταχύτητας WLANs. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται στην πρόταση είναι η DSSS με μία ειδική κωδικοποίηση γνωστή ως CCK που υποστηρίζει ρυθμούς δεδομένων και 11 Mbps και 5,5 Mbps και είναι απόλυτα συμβατή με το IEEE 802.11 πρότυπο).

[21] ftp://ftp.netlab.ohio-state.edu/pub/jain/courses/atm/atm_watm/sld004.htm - R. Jain, p.7.

(Περιέχει μία διαφάνεια από μία παρουσίαση μιας σειρά σεμιναρίων του R. Jain πάνω στα WATM, του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University).

[22] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-97/wireless_atm/index.htm - Xinri Cong:"Wireless ATM - An Overview", 13/08/97,p.11.

(Περιέχει μία εργασία του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στις βασικές αρχές και την αρχιτεκτονική ασύρματων ATM).

[23] <http://www.cis.ohio-state.edu/~cliu/wireless/watm.html> - Chunlei Liu: "Wireless ATM Architecture, Design and Prototyping", 12/02/1997, p.3.

(Περιέχει μία εργασία του Electrical and Computer Engineering Department, του Ohio State University, που αναφέρεται στην αρχιτεκτονική και τον σχεδιασμό των ασύρματων ATM).

[24] <http://jlisun.bradley.edu/~jiangbo/sprojects/Wireless/index.html> - "Wireless network protocols and applications", p.18.

(Περιέχει ένα paper που εστιάζει στο CDPD, τα συστατικά, την αρχιτεκτονική, τα επίπεδά και τις λειτουργίες του).

[25] <http://www.sciencedirect.com> -Ender Ayanoglu: "Wireless broadband and ATM systems", *Computers Networks*, vol. 31, issue 4, 25/02/99, p. 395-409.

(This paper provides an update on the technical issues involved in implementing broadband wireless systems. This update covers the most recent developments on the subject.)

[26] <http://www.sciencedirect.com> - K.C.Chua, Y.Z.Li, C.C.Foo: "On a Linux implementation of mobile IP and its effects on TCP performance", *Computer Communications*, vol.22, issue 6, 25/04/99, p 568-588.

(This article describes the implementation of mobile Internet Protocol (IP) within the Linux Kernel and presents results of some experiments that quantify the effects of overheads introduced by mobile IP to the transmission of TCP segments). We use the section 2.1: "Protocol mechanisms".

[27] <http://www.sciencedirect.com> - N. Pissinoua, K. Makki, W.J. Campbellc: "On the design of a location and query management strategy for mobile and wireless environments", *Computer Communications*, vol.22, issue 7, 15/05/99, p. 651-666.

(This article describes the concepts in mobile computing that allow mobile units to roam transparently from place to place, presents a location management architecture for tracking the mobile nodes and the implementation details using the common object management architecture (CORBA) and mobile IP standards). We use the section 4: "Location management architecture"

[28] <http://www.sci.cny.cuny.edu/~koussari/wireless/wireless.html#cellular> - Vahid Koussari: "Wireless Networking with Cellular Digital Packet Data (CDPD)", Νοέμβριος του 1995, p.6.

(Περιέχει ένα άρθρο από το Department of Computer Science του City College της Νέας Υόρκης, που παρουσιάζει την τεχνολογία του CDPD, τις χρήσεις του και την εφαρμογή του.)

[29] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/3g_wireless/index.html - James J. Steinbugl: "Evolution Toward Third Generation Wireless Networks", 21/11/99, p.17.

(Το paper αυτό περιγράφει την πρώτη και δεύτερη γενιά ασύρματων δικτύων και την εξέλιξη προς την τρίτη γενιά παρουσιάζοντας τις εξελίξεις των GSM, IS-136 και IS-95 δικτύων, ώστε να ικανοποιούν τις απαιτήσεις της 3ης γενιάς που προδιαγράφηκαν από την IMT-2000 της ITU).

[30] http://www.cis.ohio-state.edu/~jain/cis788-99/tcp_wireless/index.html - Nachiket Despande, " TCP Extensions for Wireless Networks", 18/11/99, p.17.

(Το paper αυτό περιγράφει τα σχήματα που έχουν προταθεί για τη βελτίωση της απόδοσης του TCP στα ασύρματα δίκτυα καθώς και για τα δορυφορικά δίκτυα).