



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
& ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΜΗΝΟΥ

ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΔΙΚΤΥΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΧΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

*<ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ :
ΠΡΟΤΥΠΟ 802.11>*

ΣΤΕΦΑΝΙΑ ΜΟΥΡΚΟΓΙΑΝΝΗ

5838

ΔΙΔΑΣΚΩΝ: ΧΡΗΣΤΟΣ ΜΠΟΥΡΑΣ

ΠΑΤΡΑ 2016

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	I
ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ.....	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	7
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	7
1.3 ΓΙΑΤΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	8
1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ.....	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ 802.11.....	14
2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	14
2.2 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ.....	14
2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ.....	19
2.4 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ ΜΑC.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ 802.11.....	25
3.1 ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΤΟΥ 802.11.....	25
3.2 ΟΛΑ ΤΑ ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥ 802.11.....	25

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....36

ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers

PAN : Personal Area Network - Δίκτυα Προσωπικής Περιοχής

WLAN-LAN : Wireless Local Area Network - Δίκτυα Τοπικής Περιοχής

AP : Access Point – Σημείο Πρόσβασης

WAN : Wide Area Network - Δίκτυα Ευρείας Περιοχής

MAN : Metropolitan Area Network - Μητροπολιτικά Ασύρματα Δίκτυα

OSI : Open System Interconnection

PHY : Physical Layer – Φυσικό Στρώμα

DLL : Data Link Layer – Στρώματος Διασύνδεσης Δεδομένων

MAC : Medium Access Control - υπόστρωμα Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων

PDA : Personal Digital Assistant – Προσωπικός Ψηφιακός Οδηγός

BSS : Basic Service Sets - Βασικά Πακέτα Υπηρεσιών

IBSS : Independent BBS

WM : Wireless Medium - Ασύρματο Μέσο

ESS : Extended Service Set - Διευρυμένο Σετ Υπηρεσιών

DS : Distribution System – Σύστημα Διανομής

MSDU : MAC Service Data Unit

WEP : Wired Equivalent Privacy

PLCP : Physical Layer Convergence Procedure

PMD : Physical Medium Dependent

IR : Infrared Light – Υπέρυθρες

PPM : Pulse Position Modulation

FHSS : Frequency Hopping Spread Spectrum - Εξάπλωση Φάσματος με Συνεχή Αλλαγή Συχνότητας

DSSS : Direct Sequence Spread Spectrum Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας

PN : Pseudo-random Numerical

OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing - Ορθογώνια Πολυπλεξία με Διαίρεση Συχνότητας

QAM : Quadrature Amplitude Modulation

HR/DS - HR/DSSS : High-Rate Direct Sequence - Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης

DCF : Distributed Coordinated Function

CSMA/CA : Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

NAV : Network Allocation Vector

PCF : Point Coordinated Function

RTS : Ready To Send

CTS : Clear To Sent

ACK : ACKnowledgement

CCK : Complementary Code Keying - Συμπληρωματικός Κώδικας Διαμόρφωσης

PSK : Pre-Shared Key

DGPSK : Differential Binary PSK

DQPSK : Differential Quadratic PSK

HCF : Hybrid Coordination Function - Υβριδικής Λειτουργίας Συντονισμού

EDCA : Enhanced distributed channel access - Ενισχυμένη Κατανομημένη Πρόσβαση Καναλιού

TXOP : Ευκαιρία Μετάδοσης

HCCA : HCF Controlled Channel Access - Ελεγχόμενη Πρόσβαση Καναλιού

QoS : Quality of Service

CFP : Point Coordination Function

CAP : Controlled Access Phase - Φάση Ελεγχόμενης Πρόσβασης

TS : Traffic Streams – Ρεύματα Κυκλοφορίας

DFS : Dynamic Frequency Selection - Δυναμική Επιλογή Συχνότητα

TCP : Transmission Control Protocol

RCA : Rate Control Algorithms

WPA : Wi-Fi Protected Access

TKIP : Temporal Key Integrity Protocol

AES : Advances Encryption Standard

ITS : Intelligent Transportation System

WAVE : Wireless Access in Vehicular Environment - Ασύρματη Πρόσβαση
σε Περιβάλλοντα Οχημάτων

FT : Fast BSS Transition

WMN : Wireless Mesh Network

CBP : Contention Based Protocol

FCC : Federal Communications Commission

ESCA : Extended Channel Switch Announcement

DSE : *Dependent Station Enablement*

STA : STAtion – μια σειρά κοινών κόμβων

PMF : Protected Management Frames

MIMO : Multiple Input Multiple Output

AVG : Audio/Video Bridging

SCS : Stream Classification Service

GATS : Group Addressed Transmission Service

DMS : Multicast Μετάδοση Directed Multicast Service

GCR/UR : Group Cast with Retries/ Unsolicited Retries

GCR/BA : Group Cast with Retries/ Block Ack

MU MIMO : Multiple User MIMO

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Πριν ξεκινήσουμε να αναλύουμε τις ασύρματες τεχνολογίες θα πρέπει να κατανοήσουμε κάποια βασικά στοιχεία για αυτές. Για παράδειγμα, τι εννοούμε με τον όρο «ασύρματο δίκτυο»; Ασύρματο δίκτυο είναι ένα τηλεπικοινωνιακό δίκτυο το οποίο χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τη μεταφορά των δεδομένων, τα οποία μεταφέρονται με συχνότητα η οποία εξαρτάται κυρίως από το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Με άλλο λόγια, ένα ασύρματο δίκτυο αποτελείται από τουλάχιστον δύο υπολογιστές οι οποίοι μπορούν να επικοινωνήσουν χωρίς να συνδέονται με κάποιο καλώδιο. Κατά την επικοινωνία αυτή των υπολογιστών του δικτύου ανταλλάσσονται δεδομένα με τη βοήθεια κυμάτων, όπως είναι τα ραδιοκύματα, οι υπέρυθρες και τα υπεριώδη. Επιπλέον, για να είναι εφικτή αυτή επικοινωνία αυτή θα πρέπει να ακολουθούνται κάποια συγκεκριμένα πρωτόκολλα δικτύωσης.

1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Σήμερα διανύουμε μια δικτυακή εποχή καθώς τα ασύρματα δίκτυα γνωρίζουν τεράστια άνθιση και χρησιμοποιούνται πλέον από ένα μεγάλο πλήθος χρηστών για εφαρμογές πέρα από τις κλασικές. Αυτό οφείλεται στον ιταλό φυσικό Guglielmo Marconi ο οποίος ανακάλυψε το 1896 ένα ασύρματο τηλέγραφο και μάλιστα, το 1901 επέδειξε σε κοινό τη πρώτη ασύρματη μετάδοση σήματος, πάνω από τον Ατλαντικό Ωκεανό, σε απόσταση 3200 χιλιομέτρων χρησιμοποιώντας τον κώδικα Μορς, ο οποίος είναι ένα δυαδικό σύστημα το οποίο αποτελείται από τελείες και παύλες. Με βάση τον τηλέγραφο του Marconi, εμφανίστηκαν το 1920 τα ραδιόφωνα που χρησιμοποιούσαν ραδιοκύματα, ενώ το πρώτο σύστημα τηλεόρασης κατασκευάστηκε το 1929. Το 1964 προτάθηκε η πρώτη τεχνική μεταγωγής πακέτων και ο όρος «Packet» δηλώθηκε από τον D.W.Davies του National Physical Laboratory της

Μεγάλης Βρετανίας. Τα αποτελέσματα από τις έρευνες αυτού του εργαστηρίου είχαν σαν αποτέλεσμα το σημερινό διεθνές δημόσιο δίκτυο μεταγωγής των πακέτων X.25. Με αυτόν τον τρόπο για μια δεκαετία, δηλαδή από το 1970 μέχρι το 1980, αναπτύσσεται η τεχνολογία ασύρματων δικτύων μετάδοσης πακέτων. Συγκεκριμένα, το 1970 στο Πανεπιστήμιο της Χαβάη υπό την επίβλεψη του Norman Abramson αναπτύχθηκε η πρώτη παγκοσμίως δικτυακή επικοινωνία χωρίς τη χρήση τηλεφωνικών γραμμών χρησιμοποιώντας χαμηλού κόστους ερασιτεχνικά ραδιόφωνα. Το σύστημα, το οποίο ονομάστηκε ALOHAnet είχε τοπολογία αστέρα και περιελάμβανε επτά υπολογιστές οι οποίοι ήταν διασκορπισμένοι σε τέσσερα νησιά και μπορούσαν να επικοινωνήσουν μόνο με ένα κεντρικό υπολογιστή. Το 1979 οι F.R.Gfeller και ο U.Baspst δημοσίευσαν στα πρακτικά του IEEE ένα τοπικό ασύρματο δίκτυο το οποίο χρησιμοποιούσε ραδιοκύματα για την επικοινωνία.

Η πρώτη γενιά των ασύρματων modems αναπτύχθηκε στις αρχές του 1980 από τους χειριστές «amateur radio». Σε ένα σύστημα ραδιοφώνου πρόσθεσαν ένα modem μικρής εμβέλειας το οποίο βοηθούσε στην επικοινωνία μέσω φωνητικών δεδομένων συχνότητας λιγότερο από 9600 bps. Η δεύτερη γενιά ασύρματων modems αναπτύχθηκε μετά το 1985, όπου ανακοινώθηκε τη διεύρυνση της χρήση της τεχνολογίας Εξάπλωση φάσματος πέρα από στρατό. Τα modems δεύτερης γενιάς παρείχαν συχνότητες της τάξης εκατοντάδων Kbps. Τέλος, τα ασύρματα modems τρίτης γενιάς στόχευαν στη συμβατότητα των ήδη υπάρχων τοπικών δικτύων με συχνότητες της τάξης των Mbps αυτή τη φορά.

1.3 ΓΙΑΤΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Όπως παρατηρούμε την τελευταία δεκαετία, η τεχνολογική εξέλιξη βοήθησε στη παραγωγή συσκευών, με πολύ μικρό κόστος αλλά σε μεγάλες ποσότητες, οι οποίες μπορούσαν να χρησιμοποιούν το ασύρματο δίκτυο. Συνεπώς, διαπιστώνουμε την εμφανή προτίμηση των ασύρματων έναντι των ενσύρματων δικτύων. Μερικοί λόγοι που δικαιολογούν αυτή τη προτίμηση είναι οι παρακάτω.

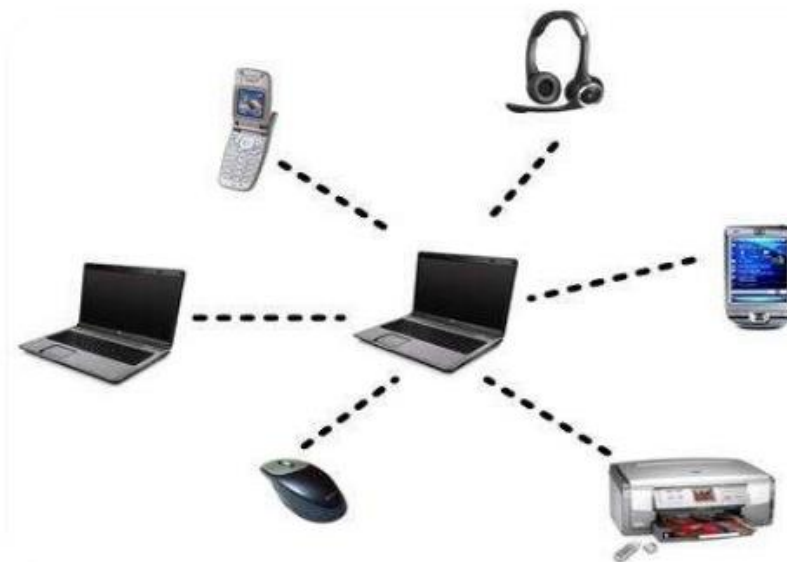
1. *Απαλλαγή από καλώδια* : όπως διαπιστώνουμε και από το ίδιο τον όρο των ασύρματων δικτύων ένας υπολογιστής για να συνδεθεί στο δίκτυο δεν χρειάζεται κανένα καλώδιο. Με αυτό τον τρόπο, αποφεύγεται οποιαδήποτε καλωδίωση η οποία είναι αδύνατη ή ανεπιθύμητη ή χρονοβόρα.

2. *Ευελιξία και κινητικότητα* : λόγω της απαλλαγής της καλωδίωσης μας παρέχεται η δυνατότητα άμεσης πρόσβασης στο δίκτυο για όσο χρόνο επιθυμούμε. Επιπροσθέτως, οι χρήστες μπορούν να μετακινούνται παραμένοντας συνδεδεμένοι στο δίκτυο με τη μοναδική προϋπόθεση να βρίσκονται εντός της εμβέλειας του ασύρματου δικτύου.
3. *Αξιοπιστία και ασφάλεια* : ο διαχειριστής του ασύρματου δικτύου για να εξασφαλίσει την ασφάλεια των άλλων χρηστών, όσο από κακόβουλα λογισμικά όσο και χρήστες που δεν είναι αξιόπιστοι του, μπορεί να ελέγχει πρώτα του χρήστες και μετά να τους δίνει προσβασιμότητα στο δίκτυο.
4. *Κόστος* : μπορεί αρχικά το κόστος εγκατάστασης να είναι μεγαλύτερο σε σχέση με το ενσύρματο δίκτυο αλλά οι αναδιαρθρώσεις και οι μετακινήσεις που απαιτούνται και γίνονται συχνά είναι αμελητέες. Συνεπώς στο τέλος πιο οικονομικό το ασύρματο δίκτυο.
5. *Ταχύτητα* : όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία γίνεται όλο και πιο δυνατή η μετάδοση μεγαλύτερων ρυθμών δεδομένων, σήμερα η ταχύτητες ξεπερνάνε τα 100 Mbps. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι χρήστες να έχουν πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή μπορούν να παρατηρήσουν βάσεις δεδομένων οι οποίες αλλάζουν διαρκώς.
6. *Επεκτασιμότητα* : τα ασύρματα δίκτυα έχουν την ικανότητα υποστήριξης πολλών διαφορετικών τοπολογιών προκειμένου να μπορούν να καλύψουν τις απαιτήσεις όλων των εφαρμογών. Με άλλα λόγια, μπορούν από ένα ισότιμο δίκτυο για λίγους χρήστες να μετατραπεί σε εκτεταμένο με δυνατότητες περιαγωγής για χιλιάδες χρήστες και σε μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν εύκολα τοποθεσία στην οποία βρίσκονται και να συνδέονται μεταξύ τους τοπικά δίκτυα μεταξύ τους.
7. *Ακτινοβολία* : η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τις συσκευές του δικτύου είναι μη ιονίζουσα και πολύ χαμηλή σε σχέση με το όριο ακτινοβολίας που μπορεί να δεχτεί ένα ανθρώπινο σώμα. Έτσι, τα ασύρματα δίκτυα καθίστανται εντελώς ακίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό.

1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ

Τα ασύρματα δίκτυα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το μέγεθός τους. Οι κατηγορίες αυτές αναφέρονται στη συνέχεια.

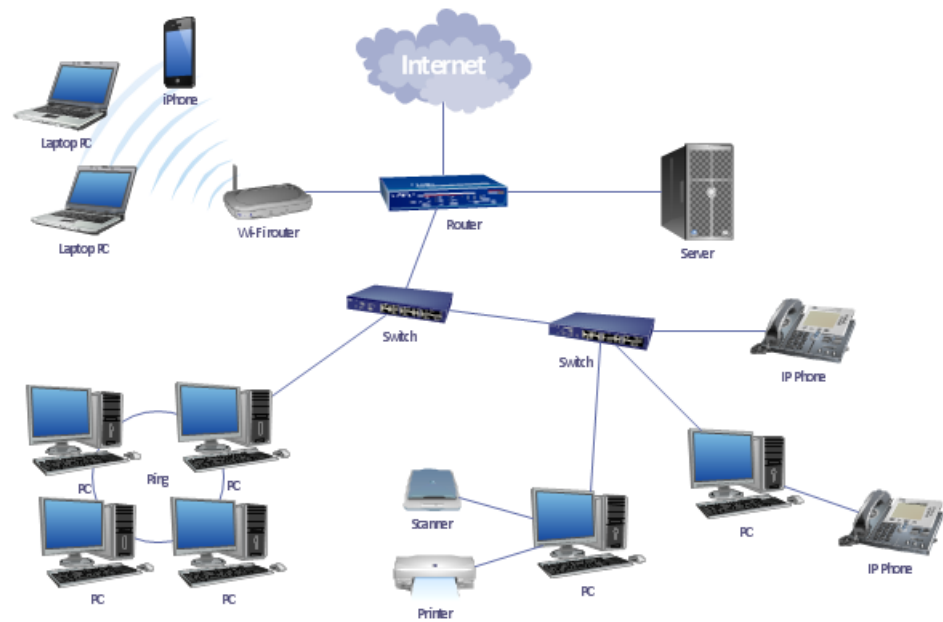
- *Δίκτυα Προσωπικής Περιοχής (Personal Area Network - PAN):* το ασύρματο δίκτυο αυτό αποτελείται από υπολογιστές οι οποίοι βρίσκονται αρκετά κοντά (σε απόσταση λιγότερη των 10 μέτρων). Συνεπώς, χρησιμοποιούνται για τη επικοινωνία μεταξύ τους ραδιοκύματα μικρής εμβέλειας. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτής της κατηγορίας είναι το «Bluetooth» που είναι ευρέως διαδεδομένο κυρίως στο τομέα της κινητής τηλεφωνίας.



Εικόνα 1.1 : Δίκτυο PAN

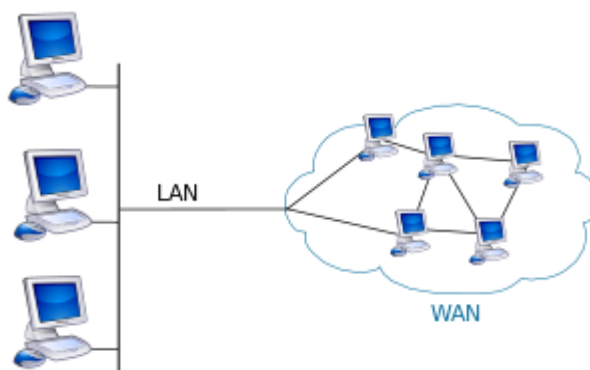
- *Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Wireless Local Area Network –WLAN ή LAN) :* κάθε υπολογιστής αυτών των ασύρματων συστημάτων έχει ένα ασύρματο modem και μια κεραία, τα οποία τον βοηθούν να επικοινωνεί με άλλα συστήματα. Η επικοινωνία αυτή διατηρείται όσο ο υπολογιστής βρίσκεται εντός μια κυκλικής περιοχής (που ονομάζεται κελί-cell λόγω του σχήματός της) και οι διαστάσεις της εξαρτώνται από την ισχύ διάδοσης των ραδιοκυμάτων και των πιθανών φυσικών εμποδίων (όπως είναι ένας τοίχος) που τα καθυστερούν. Επιπλέον, τα δίκτυα WLAN μπορούν να συνδεθούν με

ένα ενσύρματο δίκτυο LAN ή μπορούν να αποτελέσουν βάση για ένα άλλο δίκτυο LAN. Για τον συντονισμό όλων των κελιών ενός δικτύου LAN αλλά και όλων των δικτύων LAN ενός ευρύτερου WLAN ή LAN απαιτείται σταθμό βάσης που ονομάζεται σημείο πρόσβασης (access point). Τέλος, το σημείο πρόσβασης μπορεί να είναι hardware ή κάποιος υπολογιστής. Το Wi-Fi αποτελεί παράδειγμα αυτής της κατηγορίας.



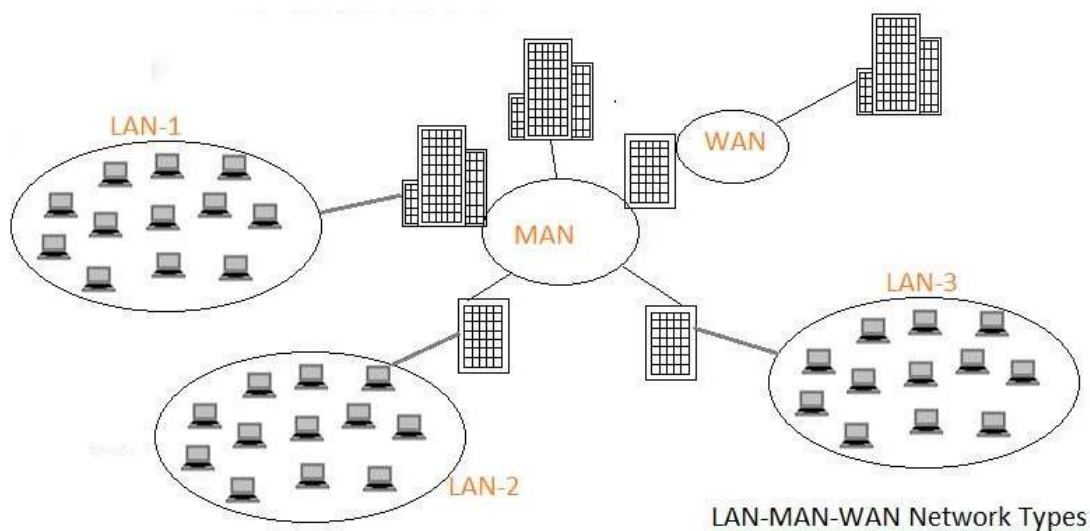
Εικόνα 1.2 : Δίκτυο LAN

- *Δίκτυα Ευρείας Περιοχής : (Wide Area Network - WAN) :* Τα ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής δίνει τη δυνατότητα που βρίσκονται σε πολύ μεγάλη απόσταση να μπορούν να επικοινωνήσουν με τη βοήθεια κάποιου ψηφιακού τηλεφωνικού δικτύου ή τηλεφωνικών γραμμών αποκλειστικής σύνδεσης. Συνήθως, ένα δίκτυο WAN αποτελείται από μικρότερα δίκτυα LAN-WLAN ή/και PAN. Όσο για τη ταχύτητα διάδοσης των δεδομένων ποικίλει ανάλογα με τον τρόπο σύνδεσης, τη ταχύτητα των γραμμών των επιμέρους δικτύων και των φυσικών εμποδίων. Το πιο γνωστό δίκτυο ευρείας περιοχής θεωρείται το Internet.



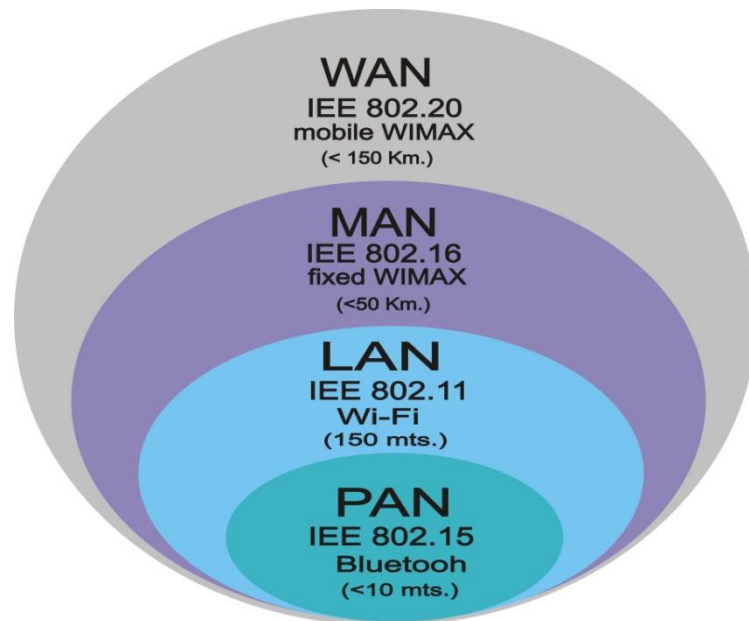
Εικόνα 1.3 : Δίκτυο WAN

Υπάρχει άλλη μια υποκατηγορία των WAN δικτύων τα Μητροπολιτικά Ασύρματα Δίκτυα (Metropolitan Area Network - MAN) τα οποία συνδέουν υπολογιστές οι οποίοι βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση αλλά όχι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη απόσταση των WAN δικτύων. Τέλος, τα MAN δίκτυα αποτελούνται από μικτότερα LAN δίκτυα χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κορμού υψηλού εύρους ζώνης, παραδείγματος χάρη οι οπτικές ίνες. Για παράδειγμα το WIMAX



Εικόνα 1.4 : Δίκτυο MAN

Άρα όλες οι παραπάνω κατηγορίες ασύρματων δικτύων συνοψίζονται στη παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 1.5 : Όλες οι κατηγορίες ασύρματων δικτύων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο :

ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ 802.11

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το πρότυπο 802.11 είναι το πιο σημαντικό και το πιο διαδεδομένο ευρέως για τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLAN) του IEEE. Η πρώτη έκδοση του πρωτοκόλλου είναι τον Ιούνιο του 1997 στην οποία οριζόταν οι βασικές λειτουργίες για μια ασύρματη, ευρυζωνική και δικτυακή επικοινωνία, δηλαδή η ασύρματη διασύνδεση σταθερών, φορητών και κινητών σταθμών σε μια περιοχή. Το πρότυπο αυτό αποτέλεσε ιδέα της επιτροπής του IEEE το οποίο είχε τυποποιήσει το αντίστοιχο πρότυπο των ενσύρματων δικτύων LAN. Αυτή τη φορά, οι προκλήσεις που έπρεπε να αντιμετωπίσουν ήταν περισσότερες και δυσκολότερες. Για παράδειγμα, την καταλληλότερη ζώνη συχνότητας, η πεπερασμένη εμβέλεια των ραδιοκυμάτων, η ανθρώπινη ασφάλεια, η προφύλαξη των ιδιωτικών δεδομένων και τέλος το κόστος για την υλοποίηση. Τελικά, το πρότυπο 802.11 υποστηρίζει ταχύτητες μέχρι 2,4GHz με ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων από 1 μέχρι 2 Mbps και βασίστηκε στα προηγούμενα πρότυπα 802, που με τη σειρά τους στηρίζονται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου OSI (Open System Interconnection), δηλαδή στο φυσικό στρώμα (Physical Layer - PHY) και στο υπόστρωμα Ελέγχου Προσπέλασης Μέσων (Medium Access Control - MAC) του στρώματος διασύνδεσης δεδομένων (Data Link Layer).

2.2 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ

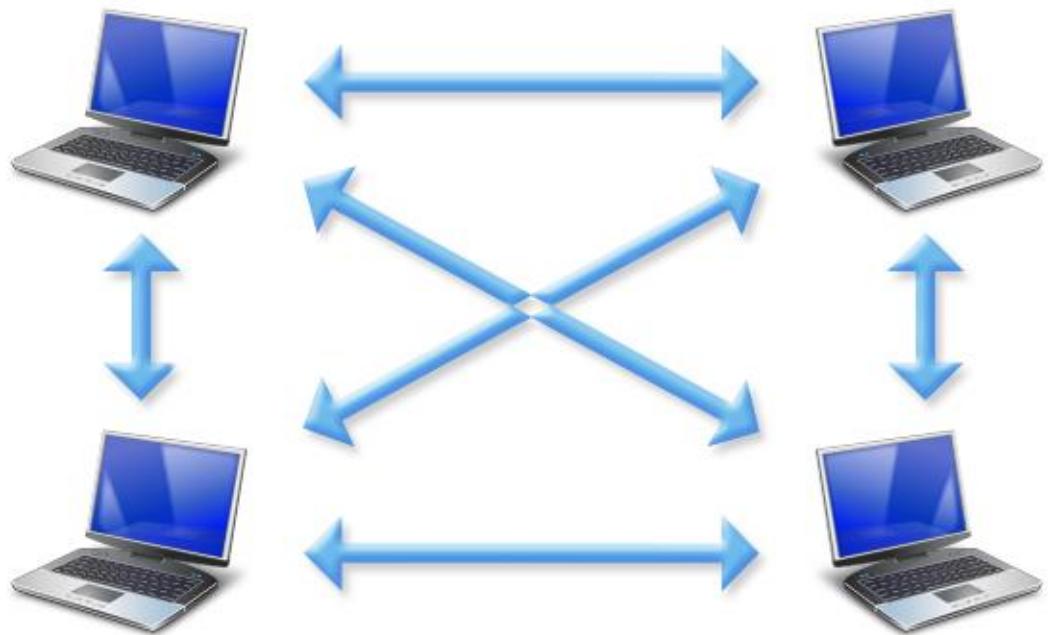
Τα κύρια μέρη τα οποία απαρτίζουν το πρότυπο 802.11 αναφέρονται τα παρακάτω.

1. *Σταθμοί (stations)* : είναι υπολογιστικές συσκευές που παρέχουν τη δυνατότητα της ασύρματης δικτύωσης. Με άλλα λόγια, σταθμός μπορεί να είναι σταθεροί υπολογιστές (PC), φορητοί υπολογιστές (Laptops),

υπολογιστές χειρός (PDA) και οποιαδήποτε άλλη συσκευή που μπορεί να συνδεθεί ασύρματα σε ένα δίκτυο.

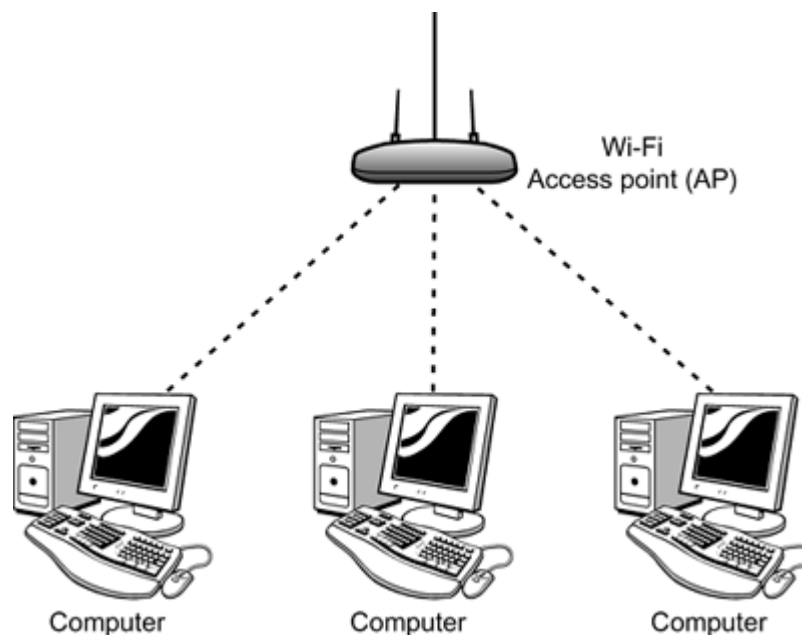
2. *Βασικά Πακέτα Υπηρεσιών (Basic Service Sets – BSS)* : αποτελεί το βασικό δομικό στοιχείο του ασύρματου δικτύου και απαρτίζεται από ένα πλήθος σταθμών που επικοινωνούν μεταξύ τους. Ένας σταθμός που ανήκει στη περιοχή BBS μπορεί να επικοινωνήσει άμεσα με τους άλλους σταθμούς της περιοχής με δύο τρόπους.

a. *Independent BBS – IBSS* : σε αυτή τη περίπτωση οι σταθμοί μιας κυψέλης BSS μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας μεταξύ τους. Τα δίκτυα που χρησιμοποιούν αυτό τον τρόπο επικοινωνίας ανάμεσα στους σταθμούς του ενός BSS χαρακτηρίζονται ως ad-hoc BSS δίκτυα.



Εικόνα 2.1 : Independent BBS – IBSS

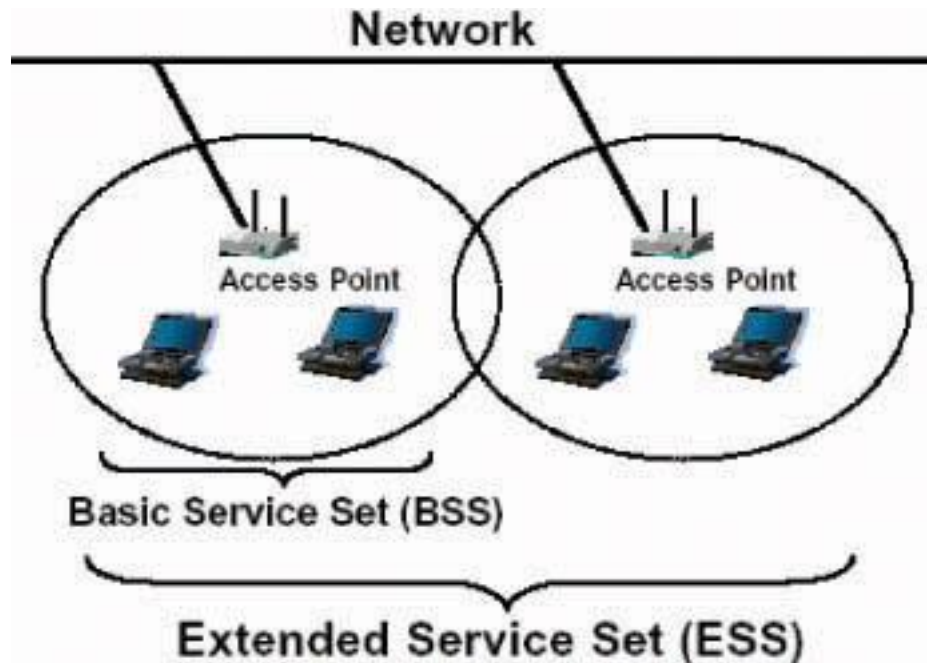
b. *Infrastructure BSS* : αντίθετα σε αυτή τη περίπτωση η επικοινωνία των σταθμών δεν μπορεί να γίνει απευθείας αλλά μέσω ενός AP, το οποίο προωθεί το πακέτο που θέλει να στείλει ένας σταθμός σε έναν σταθμό-παραλήπτη.



Εικόνα 2.2 : Infrastructure BSS

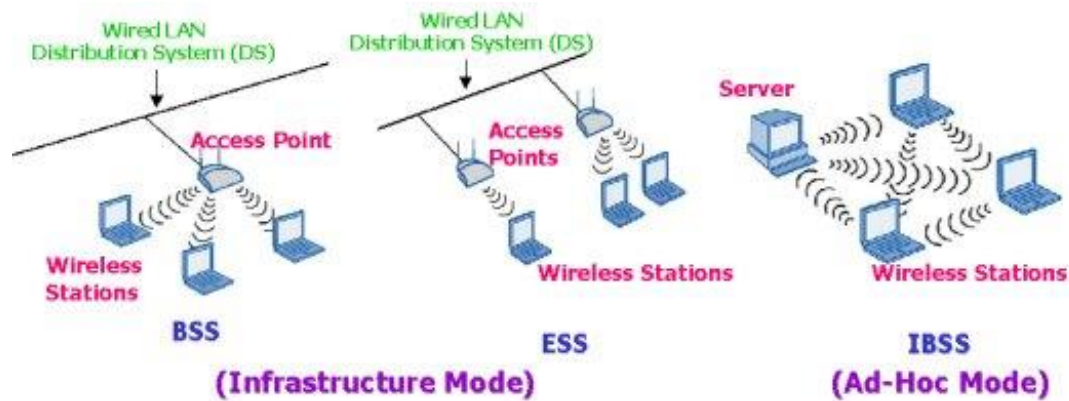
3. *Σημείο πρόσβασης (Access Point – AP)* : λειτουργεί ως γέφυρα για το δίκτυο, δηλαδή είναι συσκευές που βοηθούν στη σύνδεση τόσο των σταθμών του ασύρματου δικτύου μεταξύ τους όσο και ενός ασύρματου δικτύου με έναν ενσύρματο. Επιπλέον, δρομολογούν τη κίνηση, βοηθούν στη αποθήκευση πακέτων και στη διαχείριση ενέργειας και συγχρονισμού και συνδέουν μεταξύ τους τα Βασικά Πακέτα Υπηρεσιών (Basic Service Sets, BSS).
4. *Ασύρματο Μέσο (Wireless Medium)* : είναι η ασύρματη διεπαφή που συνδέει ένα σταθμό με το σημείο πρόσβασης (AP) μέσα σε ένα BSS. Η επικοινωνία γίνεται μέσω ραδιοκυμάτων που μεταφέρουν την απαιτούμενη πληροφορία και παράγονται από τους σταθμούς και τα σημεία πρόσβασης.
5. *Διευρυμένο Σετ Υπηρεσιών (Extended Service Set – ESS)* : αποτελείται από ένα πλήθος BSSs και ενός δικτύου κορμού (backbone). Στη περίπτωση του Infrastructure BSS η επικοινωνία ανάμεσα στους σταθμούς διαφορετικών BSS αλλά στο ίδιο ESS γίνεται μέσω ενός συστήματος διανομής (Distribution System – DS) το οποίο είναι ένα ενσύρματο δίκτυο.

Με άλλα λόγια, το σύστημα μετάδοσης λειτουργεί ως γέφυρα μεταξύ των σταθμών διαφορετικού BSS αλλά που ανήκουν στο ίδιο στρώμα ζεύξης δεδομένων. Σε περίπτωση που απαιτείται η παρεμβολή οντότητας δικτύου από υψηλότερο στρώμα, για παράδειγμα ο δρομολογητής (router), τότε το σύστημα παύει να θεωρείται ESS.



Εικόνα 2.3 : Διευρυμένο Σετ Υπηρεσιών (Extended Service Set – ESS)

6. Σύστημα διανομής (*Distribution System – DS*) : είναι ένα στοιχείο του ασύρματου συστήματος το οποίο καθορίζει την επικοινωνία μεταξύ των σημείων πρόσβασης, δηλαδή βοηθάει στη ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των σταθμών των αντίστοιχων BSS, δρομολογούνται πλαίσια που ακολουθούν τους κινητούς σταθμούς καθώς κινούνται μεταξύ των BSS και ανταλλάσσονται πακέτα με το ενσύρματο δίκτυο που μπορεί να υπάρχει. Το σύστημα διανομής δεν είναι απαραίτητα δίκτυο, είναι οποιοδήποτε σύστημα το οποίο μπορεί να εκπληρώσει τις παραπάνω προϋποθέσεις.



Εικόνα 2.4

Με τη βοήθεια των παραπάνω δομικών στοιχείων του ασύρματου τοπικού δικτύου το πρότυπο 802.11 καταφέρνει να εξασφαλίσει :

- Τη συσχέτιση ενός σταθμού με ένα σταθμό βάσης προκειμένου να γίνει εφικτή η αποστολή πλαισίων (*association*).
- Την επανασυσχέτιση του σταθμού σε περίπτωση μετακίνησης σε ένα άλλο BSS (*reassociation*).
- Τον τερματισμό της συσχέτισης , δηλαδή η αφαίρεση ενός σταθμού ή σημείου πρόσβασης από το δίκτυο (*disassociation*).
- Τη διανομή ενός πλαισίου, η οποία καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα δρομολογηθεί ένα πλαίσιο από ένα σταθμό στο AP, αν ο σταθμός παραλήπτης ανήκει στο ίδιο BSS τότε γίνεται άμεσα η αποστολή, σε άλλη περίπτωση πρέπει να μεσολαβήσει το DS (*distribution*).
- Τη παράδοση των πλαισίων MAC στο τελικό του προορισμό (*MSDU delivery*).
- Τη διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα (*integration*).
- Τη πιστοποίηση ταυτότητας του σταθμού στο AP προκειμένου να γίνει αποδεκτή η επικοινωνία (*authentication*).
- Την κύρωση της πιστοποίησης που τερματίζει τη κατάσταση της πιστοποίησης και απαγορεύει στο σταθμό να χρησιμοποιήσει το δίκτυο ξανά (*deauthentication*).

- Την ασφάλεια των πληροφοριών που ανταλλάσσονται μέσω του δικτύου (*privacy*). Το πρότυπο 802.11 έχει ορίσει μια υπηρεσία κρυπτογράφησης δεδομένων που ονομάζεται Wired Equivalent Privacy (WEP), το οποίο πλέον δεν εξασφαλίζει τη προστασία των πληροφοριών και για αυτό γίνονται προσπάθειες για να αντικατασταθεί με κάποια υπηρεσία πιο αξιόπιστη.

2.3 ΦΥΣΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ

Το δεύτερο και μεγαλύτερο στρώμα που αποτελεί το πρότυπο 802.11 είναι το φυσικό, το οποίο παρέχει υπηρεσίες στο υπόστρωμα MAC. Συγκεκριμένα, δημιουργεί μηχανισμούς για την ασύρματη διάδοση, τη διάγνωση και την ενημέρωση του υποστρώματος MAC για τη κατάσταση στη οποία βρίσκεται το ασύρματο φυσικό μέσο. Το φυσικό στρώμα αποτελείται από τα δυο ακόλουθα υποστρώματα :

- I. *Physical Layer Convergence Procedure – PLCP* : λειτουργεί ως συνδυαστικό κρίκος ανάμεσα στα πλαίσια του MAC υποστρώματος και του ασύρματου φυσικού μέσου, δηλαδή προσαρμόζει τα διάφορα φυσικά στρώματα στο MAC και βοηθάει στο συγχρονισμό μεταξύ πομπού και δέκτη.
- II. *Physical Medium Dependent – PMD* : σε αυτό το υπόστρωμα γίνεται όλη η απαιτούμενη διαδικασία (διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση πλαισίων) προκειμένου να πραγματοποιηθεί η πληροφορία ασύρματα (μέσω του αέρα, με τη βοήθεια ραδιοκυμάτων) .

Το πρότυπο 802.11 που εκδόθηκε το 1997 υποστήριζε τις τρεις παρακάτω τεχνικές μετάδοσης των ραδιοκυμάτων :

- A. *Υπέρυθρες (Infrared Light – IR)* : οι υπέρυθρες ακτίνες χρησιμοποιούν διάχυτη μετάδοση στα 0,85 ή 0,95 micron με ταχύτητα 1 Mbps και 2 Mbps, ανάλογα με τη ταχύτητά τους διαφέρει και ο τρόπος κωδικοποίησής τους. Στη πρώτη περίπτωση κάθε 4 bit μετατρέπονται σε μια λέξη-κωδική 16 bit, η οποία προκύπτει με βάση το κώδικα Gray. Αντίθετα, στη δεύτερη περίπτωση η μετατροπή γίνεται για κάθε ομάδα 2 bit. Επιπλέον, η μετάδοση του σήματος χρησιμοποιεί τη τεχνική διαμόρφωσης *Pulse Position Modulation - PPM* , κατά την οποία το κύμα ανακλάται στις επιφάνειες του χώρου, κατά

συνέπεια ένα τέτοιο κύμα δεν μπορεί να διαπεράσει τοίχους. Αυτή η τεχνική δεν είναι τόσο δημοφιλής λόγω του χαμηλού εύρου ζώνης

B. Εξάπλωση Φάσματος με Συνεχή Αλλαγή Συχνότητας (Frequency Hopping Spread Spectrum - FHSS) : η τεχνική αυτή χρησιμοποιεί μια γεννήτρια που παράγει μια ψευδοτυχαίους αριθμούς που αντιστοιχούν σε συχνότητες. Σύμφωνα με αυτή την ακολουθεί (*hopping pattern*) οι συχνότητες μεταβαίνουν στους σταθμούς για περιορισμένο χρονικό διάστημα το οποίο είναι ορισμένο εκ των προτέρων από το σύστημα και δεν υπερβαίνει τα 400 msec. Όσο όλοι οι σταθμοί χρησιμοποιούν το ίδιο φύτρο (*seed*) είναι χρονικά συγχρονισμένοι και εκτελούν τη μετάβαση στις ίδιες συχνότητες ταυτόχρονα. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζεται η ασφάλεια μερικώς (αφού ο εισβολέας δεν γνωρίζει πότε και για πόσο ένας σταθμός μπορεί να μεταδίδει διότι δεν γνωρίζει την ακολουθία συχνοτήτων ούτε το χρόνο παραμονής). Επιπροσθέτως, τα υλικά για την υλοποίηση αυτής της τεχνικής είναι πολύ φθηνά, η ενέργεια που καταναλώνεται είναι σχετικά λίγη και παροτρύνει στην συνένωση κι άλλων δικτύων με τη μοναδική προϋπόθεση τα hopping pattern να μην είναι τα ίδια καμία χρονική στιγμή. Τέλος, αν και είναι ανθεκτική σε ραδιοκυματικές μεταβολές, αυτό δεν ισχύει για μεγάλες αποστάσεις, συνεπώς έχει χαμηλό εύρος ζώνης.

C. Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας (Direct Sequence Spread Spectrum – DSSS) : είναι η πιο επιτυχημένη τεχνική, παρά την πιο μεγαλύτερη απαίτηση ενέργειας, είναι πιο ασφαλής από τον θόρυβο και από τυχόν επιθέσεις, έχει μεγαλύτερη ταχύτητα διάδοσης και μπορεί να δεχτεί αλλαγές αναβάθμισης πιο εύκολα από άλλες τεχνικές. Η ασφάλεια εξασφαλίζεται κατά τη μετατροπή κάθε bit του κύματος σε 11 θραύσματα τα οποία προκύπτουν από μια πύλη XOR που δέχεται ως είσοδο το bit του σήματος και ενός bit που προκύπτει από μια ψευδοτυχαία αριθμητική, που λέγεται *Pseudo-random Numerical – PN*. Η τελική ακολουθία που προκύπτει ονομάζεται *Baker*. Η τεχνική DSSS περιορίζεται στα 1 ή 2 Mbps με ταχύτητα μετάδοσης 1bit/ baud ή 1bit/ baud αντίστοιχα.

Το 1999 εφαρμόστηκαν δυο νέοι μέθοδοι για την μετάδοση της πληροφορίας, που είναι απόγονοι της τεχνικής DSSS προκειμένου να αναβαθμιστεί ως προς το ρυθμό μετάδοσης.

D. Ορθογώνια Πολυπλεξία με Διαίρεση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing – OFDM) : είναι μια τεχνική η οποία έχει μεγάλο εύρος ζώνης και έχει ανοχή σε παρεμβολές και σε ζώνες που δεν υπάρχει συνέχεια. Ακολουθεί μια κωδικοποίηση που στηρίζεται στη διαμόρφωση μετατόπισης φάσης για ταχύτητες μέχρι και 18 Mbps και σε QAM για μεγαλύτερες ταχύτητες και χρησιμοποιούνται 52 διαφορετικές συχνότητες από τις οποίες οι 48 είναι για τα δεδομένα και οι 4 υπόλοιπες για το συγχρονισμό.

E. Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας υψηλού Ρυθμού Μετάδοσης (High-Rate Direct Sequence – HR/DS ή HR/DSSS) : ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων μπορεί να προσαρμοστεί δυναμικά ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη ταχύτητα ανάλογα με τις συνθήκες φορτίου και θορύβου και χρησιμοποιεί 11 εκατομμύρια θραύσματα το δευτερόλεπτο προκειμένου να πετύχει ταχύτητα διάδοσης 11 Mbps στη ζώνη των 2.4GHz.

2.4 ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ MAC

Όπως προαναφέρθηκε το υπόστρωμα Ελέγχου Προσπέλασης Μέσου (Medium Access Control – MAC) ανήκει στο στρώμα της Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer). Το υπόστρωμα MAC αποτελεί τον κύριο κορμό στις προδιαγραφές του προτύπου 80.11 διαχειρίζοντας και διατηρώντας τη επικοινωνία μεταξύ των σταθμών με τη βοήθεια πρωτοκόλλων που παράγουν τις επικοινωνίες σε ασύρματο μέσο και τον τρόπο με τον οποίο χειρίζεται το κοινό τους κανάλι. Επιπλέον, παρέχει μια ποικιλία υπηρεσιών που υποστηρίζουν τη λειτουργία ασύρματων δικτύων Wireless LANs (WLAN) που ακολουθούν το πρότυπο 802.11 επίσης. Συγκεκριμένα εκτελεί τις τρεις ακόλουθες λειτουργίες :

- **Πρόσβαση στο ασύρματο μέσο** : πριν ξεκινήσει η μετάδοση των πλαισίων μεταξύ των σταθμών πρέπει πρώτα ο σταθμός-αποστολέας να αποκτήσει πρόσβαση στο radio κανάλι, το οποίο είναι κοινό για όλους τους σταθμούς. Η διαδικασία μπορεί να γίνει με τους ακόλουθους τρόπους :

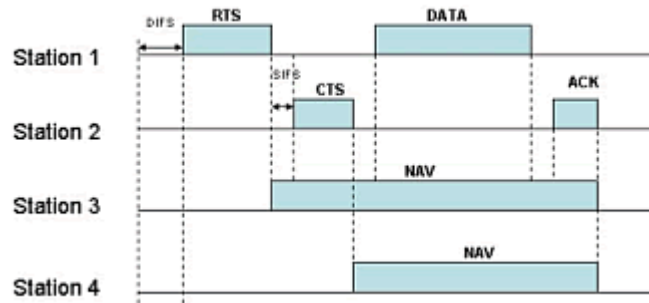
➤ *Distributed Coordinated Function (DCF)* : είναι βασισμένο στο πρωτόκολλο Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance

– CSMA/CA. Σύμφωνα με αυτό, δε υπάρχει κεντρικός έλεγχος και για αυτό το λόγο οι σταθμοί ανταγωνίζονται να διεκδικήσουν πρόσβαση και επιχειρούν να στείλουν πλαίσια όταν κανένας άλλος σταθμός δεν μεταδίδει εκείνη τη στιγμή. Όταν ένας σταθμός επιθυμεί να στείλει πλαίσιο τότε ελέγχει τη τιμή του Network Allocation Vector –NAV, ο οποίος είναι ένας καταμετρητής που έχει κάθε σταθμός και περιλαμβάνει το χρόνο που απαίτησε ο προηγούμενος σταθμός το radio κανάλι για τη αποστολή που εξαρτάται από το μήκος και το ρυθμό μετάδοσης του πλαισίου. Αν η τιμή του NAV είναι μηδέν τότε μπορεί ο να γίνει η αποστολή, αλλιώς το κανάλι χρησιμοποιείται από άλλο σταθμό οπότε πρέπει να περιμένει, βέβαια μπορεί να ξαναπροσπαθήσει μετά από τυχαία χρονική στιγμή (η επιλογή της στιγμής αυτής γίνεται από έναν χρονομετρητή τυχαίας τιμής). Όταν ο σταθμός-δέκτης λάβει το πλαίσιο εξετάζουν τη τιμή του NAV και τη χρησιμοποιούν για τους αντίστοιχους δικούς τους NAV.

➤ *Point Coordinated Function (PCF)* : είναι ένας αλγόριθμος για τη υποστήριξη χρονικά περιορισμένης παράδοσης πλαισίων δεδομένων, σύμφωνα με τον οποίο το σημείο πρόσβασης AP παραχωρεί τη πρόσβαση στο μέσο για ένα σταθμό σφυγμομετρώντας (*polling*) το σταθμό κατά τη περίοδο χωρίς ανταγωνισμό (*contention free period*). Οι σταθμοί δεν μπορούν να μεταδώσουν πλαίσια χωρίς το AP να μη σφυγμομετρηθεί και τα πλαίσια κινούνται μόνο ανάμεσα σε περίοδο χωρίς ανταγωνισμό, που γίνεται εναλλάξ. Τέλος, η σφυγμομέτρηση των σταθμών γίνεται με βάση μια λίστα σφυγμομέτρησης και στη συνέχεια ξεκινάει η περίοδος ανταγωνισμού. Με άλλα λόγια, ο σταθμός βάσης εκπέμπει ανά 10-100 φορές ανά δευτερόλεπτο πλαίσιο φάρου που περιέχει παραμέτρους του συστήματος και προσκαλεί νέους σταθμούς να γραφτούν στη υπηρεσία περιόδευσης για ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης ώστε να γίνεται έλεγχος και να αποφεύγονται οι συγκρούσεις.

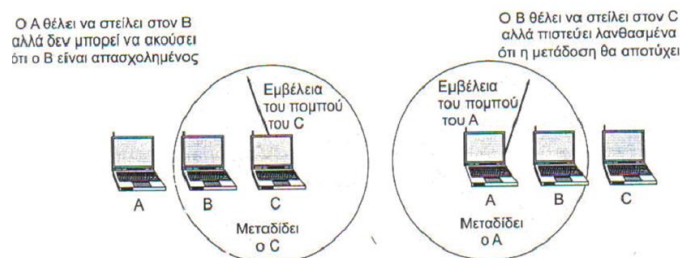
➤ *Μηχανισμός RTS/CTS* : είναι ένας μηχανισμός για τη εξασφάλιση της συνεχόμενης μετάδοσης πλαισίου και της προστασίας του από τρίτο σταθμό. Για να επιτευχθεί αυτό εισάγονται δύο πλαίσια

το Ready To Send – RTS και το Clear To Sent – CTS. Το πλαίσιο RTS στέλνεται πρώτο στο σταθμό-παραλήπτη και δεν περιέχει πληροφορία αλλά ενημερώνει τον NAV και δεσμεύει το κανάλι. Στη συνέχεια, ο σταθμός δέκτης απαντά με το πλαίσιο CTS το συντομότερο δυνατό έπειτα γίνεται η αποστολή των πλαισίου με τη πληροφορία και τέλος ο σταθμός αποστολέας αναμένει το πλαίσιο ορθής λήψης (ACK).



Εικόνα 2.5 : Στάδια αποστολής πλαισίου

Οι παραπάνω μηχανισμού μπορούν να συνυπάρχουν σε μια κυψέλη ορίζοντας για κάθε μηχανισμό συγκεκριμένο χρόνο λειτουργίας προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα όπως του κρυφού σταθμού (λόγω περιορισμένης εμβέλειας δεν είναι εφικτή η επικοινωνία σταθμών που βρίσκονται στη ίδια κυψέλη δεν μπορούν να επικοινωνήσουν αφού ο σταθμός-δέκτης «θεωρείται» απασχολημένος) ή το εκτεθειμένου σταθμού(περιορισμένης εμβέλειας δεν είναι εφικτή η επικοινωνία σταθμών που βρίσκονται στη ίδια κυψέλη δεν μπορούν να επικοινωνήσουν αφού ο σταθμός-αποστολέας «θεωρεί» ότι θα αποτύχει).



εικόνα 2.6 :

Πρόβλημα κρυφού σταθμού και εκτεθειμένου σταθμού

- **Προσχώρηση σε ένα δίκτυο (*joining*)** : για να προσχωρήσει ένας σταθμός σε ένα σύστημα BSS απαιτείται να λάβει πληροφορίες συγχρονισμού είτε από το σημείο πρόσβασης είτε από άλλο σταθμό (σε περίπτωση IBBS). Η διαδικασία συγχρονισμού είναι απαραίτητη μετά την εκκίνηση του σταθμού, μετά από sleep mode και κατά την είσοδο σε ένα νέο BSS. Η προσχώρηση μπορεί να γίνει με δύο τρόπους :
 - *Active Scanning* : σε αυτή τη μέθοδο ο σταθμός που θέλει να προσχωρήσει στο δίκτυο προσπαθεί να εντοπίσει είτε από το AP είτε από το σταθμό στέλλοντας Probe Request πλαίσια και περιμένει απάντηση είτε από το AP είτε από το σταθμό αντίστοιχα.
 - *Passive Scanning* : με αυτή τη μέθοδο ο σταθμός αναμένει να λάβει ένα πλαίσιο είτε από το AP είτε από το σταθμό αντίστοιχα με το BSS που να περιέχει τις απαιτούμενες πληροφορίες συγχρονισμού. Αυτό το πλαίσιο ονομάζεται πλαίσιο Beacon.
- **Παροχή λειτουργιών όπως η ασφάλεια και η πιστοποίηση ταυτότητας**

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο :

ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΟΥ 802.11

3.1 ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ ΤΟΥ ΠΡΟΤΥΠΟΥ 802.11

Μετά την επικύρωση του αρχικού προτύπου 802.11 διαπιστώθηκε ότι το πρότυπο μπορεί να υποστεί αναβαθμίσεις για την εξέλιξή του. Για αυτό το λόγο η ομάδα εργασίας του IEEE του 802.11 αποφάσισε να δημιουργήσει ομάδες αναθεώρησης, από τις οποίες κάθε μια θα έχει σκοπό να ενισχύσει το αρχικό πρότυπο 802.11. Για να διαχωριστούν οι ομάδες του δόθηκε ένα όνομα και πιο συγκεκριμένα ένα γράμμα από το λατινικό αλφάβητο. Έτσι, κάθε αναβάθμιση που γίνεται αποτελεί υποπρότυπο του αρχικού και χαρακτηρίζεται ως 802.11x ώστε να γίνεται αντιληπτό ότι αναφέρεται στο πρότυπο 802.11 και x είναι η ομάδα που την ένταξε στο αρχικό.

3.2 ΟΛΑ ΤΑ ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΑ ΤΟΥ 802.11

Στη συνέχεια θα αναφέρουμε όλα τα υποπρότυπα του αρχικού προτύπου 802.11.

- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11a – OFDM in 5GHz Band (2001) :** είναι ένα πρωτόκολλο για το φυσικό στρώμα ενός ασύρματου δικτύου, το οποίο μπορεί να θεωρηθεί και επέκταση του αρχικού DSSS του 802.11. Η λειτουργία του καθορίζεται στη ζώνη UNI στα 5GHz η οποία περιορίζει τις παρεμβολές και αυξάνει τους ρυθμούς μετάδοσης, που φτάνουν πλέον ως και τα 54 Mbps με τη βοήθεια της διαμόρφωσης ορθογώνιας διαίρεσης συχνότητας OFDM. Σύμφωνα με το πρωτόκολλο OFDM διαιρείται ο υψηλός ρυθμός σε πολλούς μικρότερους για την αποστολή δεδομένων ταυτόχρονα και με αυτό τον τρόπο τα κανάλια δεν διαχωρίζονται μεταξύ τους, δηλαδή κανάλια που έχουν καθυστερήσεις πολυπλέκονται με γρήγορα κανάλια και μεταδίδονται.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11b – High Rate DSSS (1999)** : η ομάδα αναθεώρησης b είχε σκοπό να αυξήσει το ρυθμό απόδοσης του αρχικού προτύπου. Έτσι, στα τέλη του 1999 κατάφερε να επεκτείνει τον τρόπο κωδικοποίησης DSSS του φυσικού επιπέδου του 802.11, με αποτέλεσμα να αυξήσει το ρυθμό απόδοσης στα 5.5Mbps και στα 11Mbps από τους αντίστοιχους ρυθμούς 1Mbps και 2Mbps, διατηρώντας σταθερό το εύρος συχνοτήτων στα 2,4 GHz. Συγκεκριμένα, η αύξηση της απόδοσης ήταν αποτέλεσμα της χρήσης της νέας διαμόρφωσης που ονομάστηκε *Συμπληρωματικό Κώδικα Διαμόρφωσης (Complementary Code Keying – CCK)*, για το ρυθμό 1Mbps χρησιμοποιήθηκε η *διαμόρφωση DGPSK (Differential Binary)*, ενώ για τον ρυθμό 2Mbps εκμεταλλεύτηκαν τη διαμόρφωση *DQPSK (Differential Quadratic)*. Το 802.11b είναι από τα πιο διαδεδομένα στη αγορά και μάλιστα προτιμάται από το 802.11a παρά το γεγονός ότι έχει υψηλότερους ρυθμούς, διότι το 80.11b για να εξασφαλίσει τη μετάδοση σε περιοχές όπου μπορεί να διακόπτεται ή είναι ασθενής, μειώνει τη ταχύτητα σε 5,5 Mb/s, 2 Mb/s ή 1 Mb/s.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11c – Bridge Operation Procedures (2001)** : το υποπρότυπο αυτό διαθέτει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να εξασφαλιστεί η λειτουργικότητα της γεφύρωσης (bridge) βελτιώνοντας το επίπεδο MAC , δηλαδή η σύνδεση συσκευών-σταθμών πρόσβασης (access point) άλλων κατασκευαστών στο ίδιο δίκτυο.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11d – Global Harmonization (Συνολική εναρμόνιση) (2001)** : το αρχικό 802.11 ήταν διαθέσιμο μόνο σε συγκεκριμένες χώρες (ΗΠΑ, Ευρώπη και Ιαπωνία). Η ομάδα αναθεώρησης d ήταν υπεύθυνη να καθορίζει τις απαιτήσεις του φυσικού επιπέδου ώστε να είναι αποδεκτές και σε περισσότερες χώρες χωρίς να καταπατά τους κανονισμούς τους. Η ομάδα αυτή ήταν ιδιαίτερα σημαντική για τη λειτουργία μπάντας 5 GHz, διότι αυτή η συχνότητα διαφέρει από χώρα σε χώρα.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11e (802.11e – 2005) – MAC Enhancements For Quality of Service (Εμπλουτισμός του MAC για τη ποιότητα Υπηρεσιών)** : το υποπρότυπο αυτό ενσωματώνει ένα σύνολο από υπηρεσίες στο αρχικό 802.11 που αφορούν τη διαμόρφωση του επιπέδου MAC. Συγκεκριμένα, το 802.11e εξασφαλίζει τη μετάδοση φωνής και εικόνας-βίντεο, ενισχύοντας της

δύο καταστάσεις λειτουργίας DCF και PCF με τη βοήθεια της *Υβριδικής Λειτουργίας Συντονισμού (HCF)*. Στη HCF υπάρχουν δύο τρόποι πρόσβασης στα κανάλια :

- *Ενισχυμένη Κατανεμημένη Πρόσβαση Καναλιού – EDCA* : η οποία στηρίζεται στη κυκλοφορία υψηλής προτεραιότητας, δηλαδή ένας σταθμός που χαρακτηρίζεται από υψηλή προτεραιότητα κυκλοφορίας, έχει μεγαλύτερη πιθανότητα να στείλει τα πλαίσια πληροφορίας που θέλει να στείλει, από ένα σταθμό κυκλοφορίας χαμηλής προτεραιότητας. Επιπροσθέτως, σε κάθε επίπεδο κυκλοφορίας ορίζεται μια *Ευκαιρία Μετάδοσης (TXOP)*, η οποία είναι ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα που ένας σταθμός μπορεί να στείλει όσα περισσότερα πλαίσια μπορεί. Σε περίπτωση, που το πλαίσιο είναι πολύ μεγάλο και δεν του είναι αρκετός ο χρόνος που του δίνεται από τη TXOP, ο σταθμός οφείλει να χωρίσει τη πληροφορία σε μικρότερα πακέτα και να τα στέλνει σταδιακά.
- *Ελεγχόμενη Πρόσβαση Καναλιού – HCCA* : είναι μια σύνθετη λειτουργία συντονισμού η οποία διαμορφώνει τη QoS με μεγάλη ακρίβεια και οι σταθμοί που υποστηρίζουν τη QoS έχουν τη δυνατότητα να ζητήσουν συγκεκριμένες παραμέτρους μετάδοσης, για παράδειγμα το ρυθμό μετάδοσης. Η HCCA έχει παρόμοια λειτουργία με τη PCF, με τη διαφορά ότι επιτρέπει στα CFPs να ξεκινήσουν οποιαδήποτε χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του CP χρόνου. Στο υποπρότυπο 802.11e το CFP ονομάζεται *Φάση Ελεγχόμενης Πρόσβασης – CAP* και αρχικοποιείται με ένα σημείο πρόσβασης το οποίο μπορεί να στείλει ή να δέχεται ένα πλαίσιο με ελεύθερο ανταγωνισμό, όποτε αυτό το επιθυμεί. Ένας υβριδικός συντονιστής HC, που είναι συνήθως κάποιο σημείο πρόσβασης ελέγχει αν έχει πρόσβαση στο μέσο κατά τη διάρκεια της CAP, ενώ κατά τη διάρκεια της CP όλοι οι σταθμοί λειτουργούν ε βάση τη EDCA. Παράλληλα, ένας HC μπορεί να συντονίσει τα *ρεύματα κυκλοφορίας TS* ή τις συνόδους με βάση οποιοδήποτε αλγόριθμο προτεραιότητας (εκτός από τον round-robin). Τέλος, οι σταθμοί παρέχουν πληροφορίες για τα μήκη των ουρών αναμονής τους για κάθε κατηγορία κυκλοφορίας TC,

οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον HC ώστε να καθοριστεί η προτεραιότητα και να ρυθμιστεί καλύτερα ο μηχανισμός σχεδιασμού, όπως γίνεται στη περίπτωση που ο HC επιλέγει το χρονικό διάστημα που ένας σταθμός με TXOP μπορεί να στείλει σε σειρά τα πολλαπλά πακέτα πλασίου.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11f – Inter Access Point Protocol (2006)** : το αρχικό 802.11 δεν υποστηρίζει τη επικοινωνία μεταξύ AP και αντίστοιχα χρηστών που μετακινούνται και αλλάζουν AP, προκειμένου να εξασφαλίσει την ελαστικότητα ένας χρήστης να μπορεί να εργάζεται με διαφορετικά συστήματα διανομής. Όμως με αυτό τον τρόπο γίνεται ανέφικτη η επικοινωνία μεταξύ APs των οποίων οι κατασκευαστές είναι διαφορετικοί. Έτσι, η ομάδα αναθεώρησης f δημιούργησε ένα *Inter Access Point Protocol* το οποίο παρέχει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες ώστε να υποστηριχτεί η επικοινωνία μεταξύ των APs.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11g (802.11g– 2003) – Υψηλότεροι ρυθμοί απόδοσης στη πάντα των 2,4 GHz - Union of 802.11a and 802.11-b** : αποτελεί το συνδυασμό των υποπρότυπων 802.11a και 802.11b, καθώς επιτυγχάνονται υψηλοί ρυθμοί απόδοσης που φτάνουν τα 54 Mbps και λειτουργούν εντός της μπάνας των 2,4 GHz. Η επίτευξη στο τομέα της απόδοσης οφείλεται στην αντικατάσταση της διαμόρφωσης DSSS από OFDM όπως το 802.11a και τη διαμόρφωση CCK στη ζώνη συχνοτήτων ISM. Όπως είναι γνωστό το 802.11b είναι από τα πιο διαδεδομένα υποπρότυπα το οποίο όμως δεν μπορεί να επικοινωνήσει άμεσα με ένα δίκτυο 802.11g διότι δεν υποστηρίζει τη διαμόρφωση OFDM. Οπότε για να είναι η εφικτή η συνεργασία του 802.11b και 802.11a είναι απαραίτητη η RTS/CTS προκειμένου να αποφευχθούν οι συγκρούσεις. Με αυτό τον τρόπο σταδιακά το 802.11g σε συνεργασία με το 802.11b μπορεί να αντικαταστήσει το 802.11b ολοκληρωτικά.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11h (802.11h – 2003) – Spectrum Managed 802.11a – UNII for Europe (2004)**: το πρωτόκολλο αυτό αποτελεί συμπληρωματικό για το επίπεδο MAC και είναι υπεύθυνο για επεκτάσεις διαχείρισης του φάσματος και της μεταφερσιμότητας ακολουθώντας τους κανονισμούς αρχικά των ευρωπαϊκών χωρών και στη συνέχεια επεκτάθηκε και σε άλλες χώρες, για

τη χρήση της ζώνης συχνοτήτων στα 5 GHz. Σύμφωνα με τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς η εκπεμπόμενη ισχύς και η δυναμική επιλογής συχνότητας πρέπει να μπορεί να ελέγχεται. Για αυτό το λόγο το 802.11h παρέχει *Δυναμική Επιλογή Συχνότητα – DFS*, ώστε τα κανάλια που περιέχουν ραντάρ-δορυφόρους να αποφεύγονται με ένα AP κι έτσι η ενέργεια διαδίδεται πέρα από τη ζώνη μειώνοντας τη συμμετοχή του δορυφόρου, και TCP που εξασφαλίζει ότι η μέση δύναμη είναι λιγότερη από το μέγιστη.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11i – Enhanced Security – Ενίσχυση των χαρακτηριστικών του MAC για ενισχυμένη ασφάλεια (2004)** : αρχικά το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιούσε τη μέθοδο κρυπτογράφησης *Wired-Equivalent Privacy – WEP*, οποίος ακολουθούσε τον αλγόριθμο RC4 της RCA αλλά τελικά αποδείχτηκε ανεπαρκής με σημαντικά κενά ασφάλειας. Τη θέση του, πήρε ο *Wi-Fi Protected Access – WPA* ο οποίος αν και αρχικά κάλυψε κάποια κενά του WEP δεν εξασφάλιζε ουσιαστικά την ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα και για αυτό ανακαλύφθηκε ο IP SEC ο οποίος εφαρμοζόταν τοπικά σε κάθε χρήστη και κάλυπτε Point-to-Point συνδέσεις. Τελικά, αποφασίστηκε ότι για να ενισχυθεί η ασφάλεια της πληροφορίας στα σύρματα δίκτυα τα κλειδιά κρυπτογράφησης θα ακολουθούν τους αλγορίθμους *Temporal Key Integrity Protocol – TKIP* και *Advances Encryption Standard – AES*.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11j (2004)** : το υποπρότυπο αυτό αποτελεί μια επέκταση του 802.11a το οποίο αφορά την Ιαπωνία και προσθέτει κανάλια με ραδιοσυχνότητες μεταξύ των 4,9 GHz και 5 GHz.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11k (2004)** : η ομάδα αναθεώρησης k δημιούργησε το υποπρότυπο για να καθορίσει την τοπολογία των APs και την επιλογή των καναλιών επικοινωνίας ώστε να βελτιώσει την απόδοση του δικτύου.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11p (2010)** : το υποπρότυπο αυτό είναι απαραίτητο για την υποστήριξη των εφαρμογών του *Intelligent Transportation System – ITS*. Για να είναι δυνατή η επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών αυτών και του ασύρματου δικτύου η p ομάδα αναθεώρησης σχεδίασε αυτό το υποπρότυπο αποκλειστικά για την *Ασύρματη Πρόσβαση σε Περιβάλλοντα Οχημάτων – Wireless Access in Vehicular Environment – WAVE* και ακολουθεί τη OFDM μέθοδο μετάδοσης, χρησιμοποιεί κανάλια εύρους της τάξης 10 MHz, ρυθμό

μετάδοσης και μεταγωγής των δεδομένων μεταξύ 3 Mbps και 27 Mbps σε κάθε κανάλι και λειτουργεί σε ζώνη από 5,8 GHz μέχρι 5,9 GHz.

- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11r – Fast BSS Transition (FT) (2008)** : το υποπρότυπο αυτό εξασφαλίζει τη γρήγορη, ασφαλή και συνεχή συνδεσιμότητα μεταξύ ασύρματων συσκευών που βρίσκονται σε κίνηση. Δηλαδή, δίνει τη δυνατότητα γρήγορης μετάβασης των κινητών σταθμών σε σταθμούς περιαγωγής και στα APs με ασφάλεια και χωρίς καθυστέρηση.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11s (2011)** : αποτελεί μια επέκταση του επιπέδου MAC και υποστηρίζει ESS σε δίκτυα Mesh. Η ομάδα αναθεώρησης s κατάφερε να δώσει τη δυνατότητα σε έναν πομπό-σταθμό να μπορεί να στείλει πλαίσια σε ένα σταθμό-δέκτη ακόμα και όταν αυτός δεν ανήκει στο ίδιο BSS. Η επικοινωνία αυτή έγινε εφικτή με τη δημιουργία ενός αυτορυθμιζόμενου δικτύου επικοινωνιών το οποίο αποτελείται από ασύρματους κόμβους οργανωμένοι σε τοπολογίες πλέγματος *Wireless Mesh Network –WMN* που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στατικές τοπολογίες και σε ad hoc δίκτυα.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11t (2004)** : η ομάδα αναθεώρησης t ήταν υπεύθυνη για να δημιουργήσει και να εκτελέσει μεθόδους ελέγχου και μετρικές οι οποίες βοηθούσαν για τη πρόβλεψη της απόδοσης.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11u (2011)** : αυτό το υποπρότυπο τροποποιεί το MAC και το φυσικό επίπεδο ώστε να είναι εφικτή η συνεργασία του δικτύου 802.11 και ενός εξωτερικού δικτύου άλλης μορφής όπως είναι το WiMax και το Bluetooth.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11v (2011)** : είναι η *Ασύρματη Διαχείριση Δικτύου – Wireless Network Management*, το οποίο παρέχει την ασύρματη συνδεσιμότητα στο σπίτι, στο γραφείο και σε κάποιες εμπορικές επιχειρήσεις, δηλαδή διαμορφώνει τις συσκευές του πελάτη ενώ ταυτόχρονα συνδέεται με ασύρματα δίκτυα.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11y (2008)** : τροποποιεί το επίπεδο MAC, λειτουργεί στις ΗΠΑ και επιτρέπει υψηλή απόδοση μεταφορά δεδομένων σε ζώνη από 3650MHz μέχρι 3700 MHz για 5km και παραπάνω, εκτός και αν βρίσκεται κοντά σε δορυφορικό σταθμό. Τέλος, προσθέτει τις τρεις ακόλουθες νέες ιδέες:

- a. *Ισχυρισμό με βάση το πρωτόκολλο – Contention Based Protocol (CBP)*: για να εξασφαλιστούν οι απαιτήσεις της FCC βελτιώνοντας ταυτόχρονα τους μηχανισμούς αισθητήρων και ανίχνευσης ενέργειας.
- b. *Εκτεταμένη διακοπή καναλιού ανακοίνωσης – Extended Channel Switch Announcement (ESCA)* : ιδέα αυτή περιλαμβάνει ένα μηχανισμό ο οποίος επιτρέπει στο δίκτυο τη δυνατότητα να επιλέξει ,ανάμεσα σε όλα τα κανάλια, αυτό το οποίο παρέχει το λιγότερο θόρυβο και κατά συνέπεια τις λιγότερες παρεμβολές. Ταυτόχρονα, ο μηχανισμός αυτό ενημερώνει τους σταθμούς που συνδέονται με ένα AP για τη πρόθεση του, για παράδειγμα να αλλάξει κανάλι ή να αλλάξει το εύρος ζώνης του καναλιού. Τέλος, αυτός ο μηχανισμός βασίζεται στο υποπρότυπο 802.11n και συμβάλλει σημαντικά στη λειτουργία των συσκευών που ακολουθούν τα πρότυπα 802.11y και 802.11n και εναλλάσσονται στις ζώνες 2,4 GHz και 5 GHz.
- c. *Εξαρτώμενη Ενεργοποίηση Σταθμού – Dependent Station Enablement (DSE)* : αποτελεί ένα μηχανισμό για τη διαχείριση και το συντονισμό των καναλιών. Αυτός ο μηχανισμός περιλαμβάνει τη διαδικασία κατά την οποία ένας νέος σταθμός-δίκτυο επιθυμεί να συγχωνευτεί με ένα άλλο. Για αυτή τη συγχώνευση απαιτείται να δοθεί άδεια από το δίκτυο που θα γίνει η ένωση σε αυτό που τη προκαλεί. Η διαδικασία αυτή επωφελείται και από τη λειτουργία STA κατά την οποία εκπέμπονται περιοδικά μηνύματα από ένα σταθμό βάση δικαιωμάτων.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11z (2010)** : περιέχει επεκτάσεις για διευθύνσεις οι οποίες αναφέρονται σε άμεση σύνδεση.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11w (2009)** : αποτελεί το Protected Management Frames – PMF το οποίο ορίζει τα frames για τη διαχείριση και τον έλεγχο των ασύρματων ζεύξεων. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ασφάλεια και κατά συνέπεια εμπιστευτικότητα για την ακεραιότητα, την αυθεντικότητα και την αξιοπιστία των δεδομένων των πλαισίων διαχείρισης.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ma – 802.11-2007 –REVma** : είναι ένα πρότυπο το οποίο συλλέγει όλες τις τοπολογίες από τις 802.11a , 802.11b, 802.11d, 802.11e, 802.11g, 802.11h, 802.11i και 802.11j.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11n (2009)** : η ομάδα αναθεώρησης η κατάφερε να υποστηρίξει πολλές εισόδους και εξόδους, αύξηση του ρυθμού απόδοσης, συνάθροιση πλαισίου και μεγαλύτερη ασφάλεια. Το υποπρότυπο αυτό εκπέμπει στα 2,4GHz και στα 5MHz, με ρυθμό μετάδοσης 54 Mb/s και 600Mb/s και έχει εμβέλεια 90 m στους εσωτερικούς χώρους ενώ σε εξωτερικούς υπολογίζεται στα 182 m. Την αύξηση στο ρυθμό μετάδοσης την κατάφερε χρησιμοποιώντας αυτή τη φορά πολλαπλές κεραιές και συγκεκριμένα 4 χωρικών ρευμάτων σε πλάτος καναλιού 40 MHz. Εξαιτίας των πολλαπλών εισόδων και εξόδων αντίστοιχα το 802.11n χαρακτηρίζεται και ως *Multiple Input Multiple Output-MIMO*

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11mb – 802.11-2012 –REVmb** : είναι ένα πρότυπο το οποίο συλλέγει όλες τις τοπολογίες από τις 802.11k , 802.11r, 802.11y, 802.11n, 802.11p, 802.11z, 802.11v, 802.11u και 802.11s.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11aa (2012)** : το υποπρότυπο αυτό είχε σκοπό να προσφέρει αυξημένη αξιοπιστία κατά τη μετάδοση, αναβαθμίζοντας το μηχανισμό για multicast και μειώνοντας τις περιπτώσεις επικαλύψεις δικτύων, την ικανότητα για διάκριση της προτεραιότητας στη μετάδοση μεταξύ διαφορετικών ροών μετάδοσης βίντεο που ανήκουν όμως στην ίδια κατηγορία πρόσβασης (EDCA) και τη συμβατότητα με τα ειδικά πρότυπα που ορίζονται μέσω *Audio/Video Bridging (AVG)*. Για να καταφέρει τους παραπάνω στόχους εισήγαγε τους εξής μηχανισμούς:

- *Υπηρεσία Stream Classification Service (SCS)* : ο μηχανισμός αυτός προσθέτει δύο επιπλέον ουρές στις ήδη υπάρχουσες του μηχανισμού EDCA για την υποστήριξη της προτεραιότητας για ροές ήχου και βίντεο αντίστοιχα. Με αυτό τον τρόπο λύνεται το πρόβλημα της διαφοροποίησης ξεχωριστών ροών μέσα στην ίδια κατηγορία πρόσβασης του μηχανισμού EDCA και της υποβάθμισης της ροής με ομαλό τρόπο όταν υπάρχει έλλειψη εύρους ζώνης στο κανάλι.
- Για την επίλυση της επικάλυψης BSS προτείνεται ένας αποκεντρωμένος μηχανισμός για τα γειτονικά APs τα οποία ανταλλάσσουν πληροφορίες που αφορούν το φορτίο κίνησης

δεδομένων, από το οποίο εξαρτάται η ποιότητα της υπηρεσίας (QoS) των δικτύων.

➤ Τρεις μηχανισμούς μετάδοσης που χαρακτηρίζονται ως *Group Addressed Transmission Service (GATS)*

✓ *Κατευθυνόμενη Multicast Μετάδοση Directed Multicast Service (DMS)* : είναι ένας αξιόπιστος μηχανισμός αν και υπερκαταναλώνει τους πόρους καθώς αυξάνονται οι λήψεις και η επαναλήψεις του μηχανισμού, ο οποίος στοχεύει στη βελτίωση παραλαβής πακέτων κίνησης τα οποία αφορούν τη διαχείριση.

✓ *Group Cast with Retries (GCR) Unsolicited Retries (UR)* : ο μηχανισμός αυτός δίνει τη δυνατότητα να αποστέλλονται πακέτα multicast μετάδοσης επανειλημμένα για συγκεκριμένο αριθμό αποστολών, που καθορίζεται από τον τρόπο εφαρμογής του μηχανισμού προσδίδοντας έτσι αυξημένη αξιοπιστία αφού δεν απαιτείται ο μηχανισμός αναγνώρισης πακέτων από το δέκτη (αν και υπάρχει μεγάλος κίνδυνος σε περίπτωση που ένα πακέτο σταλθεί πάλι στο δέκτη χωρίς λόγο μετά τη σωστή λήψη του σε αυτό).

✓ *Group Cast with Retries (GCR) Block Ack (BA)* : ο μηχανισμός αυτός στέλνει ένα σύνολο από πακέτα multicast μετάδοσης σε Μ σταθμούς και ζητά επιβεβαίωση λήψης από τους σταθμούς δέκτες. Σε περίπτωση που ένας σταθμός-δέκτης δεν επιστρέψει στο σταθμό-πομπό την επιβεβαίωση λήψης ο πομπός συνεχίζει να του στέλνει τα πακέτα.

• **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ac (2013)** : στηρίχτηκε το 802.11n και κατάφερε να λειτουργεί στη πάντα 5GHz με ρυθμό μετάδοσης 500Mbps. Το πρότυπο αυτό χρησιμοποιεί Multiple User MIMO- MU MIMO έχοντας αυτή τη φορά 8 κεραίες σε πομπό και δέκτη και χρησιμοποιώντας για διαμόρφωση της ζώνης διελεύσεως τη τεχνική *Quadrature Amplitude Modulation –QAM* με 256 κανάλια.

- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ad (2012)** : ορίζει ένα νέο φυσικό στρώμα το οποίο λειτουργεί στη ζώνη των 60MHz με εύρος καναλιού 2160MHz και με ρυθμό μετάδοσης 7GHz.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ae (2012)** : είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της ιεραρχίας των frames και τον τρόπο επικοινωνίας τους.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11af– White-Fi – Super Wi-Fi (2014)** : το φυσικό αλλά και το MACεπίπεδο του αρχικού προτύπου 802.11 δέχτηκε αλλαγές προκειμένου να είναι επιτρεπτή η λειτουργία φάσματος λευκού χώρου στις VHF και UHF ζώνες μεταξύ των 54 MHz και 790 MHz.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11mc – 802.11-2015** : είναι ένα πρότυπο το οποίο συλλέγει όλες τις τοπολογίες από τις 802.11mb , 802.11ac, 802.11ad, 802.11ae και 802.11af.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ah – Wi-fi HaLow (2016)** : το πρότυπο αυτό επιτρέπει ζώνη μπάντας 2,4 GHz, 5 GHz και 900 MHz, συνεπώς εκπέμπει σε διπλάσια απόσταση, καλύπτοντας τα νεκρά σημεία και διεισδύοντας τους τοίχους, και καταναλώνοντας λιγότερη ενέργεια.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ai (2016)** : είναι υπεύθυνο για την αρχικοποίηση της λειτουργίας ενός συνδέσμου που θα επιτρέψει την ασφαλής σύνδεση με τον σύνδεσμο σε λιγότερο από 100ms.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11aj (2016)** : αποτελεί τη επέκταση του υποπροτύπου 802.11ad για 45 GHz και το οποίο δημιουργήθηκε ειδικά για τη Κίνα σύμφωνα με τους κανονισμούς της.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ak** : είναι μια επέκταση του 802.11s και η οποία καθιστά δυνατή τη σύνδεση ενός ασύρματου δικτύου με ένα σύνδεσμο από ένα AP σταθμό.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11aq (2016)** : αποτελεί την επέκταση του 802.11u και κατάφερε την συσχέτιση των υπηρεσιών διαφόρων συσκευών εκ των προτέρων, δηλαδή δίνει σε μια συσκευή ή σε ένα δίκτυο τη δυνατότητα να εξελίξει τις λειτουργίες του.
- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ax (2018)**: είναι η συνέχεια του 802.11ac και σκοπό έχει να τετραπλασιάσει τη απόδοση ενός δικτύου. Αν και δεν έχει

ολοκληρωθεί, ο τελικός σκοπός του υποπροτύπου αυτού είναι να μπορεί να αναπτύξει ταχύτητα ίση με 10 Gbps, να λειτουργεί σε 2,4 GHz ή/και σε 5GHz, και διαμόρφωση QAM 1024 και χρησιμοποιεί τις τεχνικές βελτίωσης της φασματικής απόδοσης MIMO, MU-MIMO και OFDM

- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11ay (2015)** : αποτελεί μια βελτιωμένη έκδοση του υποπροτύπου 802.11ad, το οποίο ορίζει ένα νέο φυσικό επίπεδο. Αναμένεται ότι θα κυκλοφορήσει το 2017 και θα προσεγγίζει τη συχνότητα των 60 GHz, με ρυθμό απόδοσης 20-40 Gbps, θα είναι δυνατή η επικοινωνία σε απόσταση 300-500 m και θα ακολουθεί τεχνικές για τη συγκόλληση καναλιών και MU-MIMO.

- **ΥΠΟΠΡΟΤΥΠΟ 802.11az (2016)** : αποτελεί τη επόμενη γενιά του 802.11 το οποίο δίνει τη δυνατότητα την σταθερού, φορητοί και κινούμενοι σταθμοί να μπορούν να συνδέονται ασύρματα σε μια ή και σε περισσότερες ζώνες σε ένα WLAN. Η ομάδα αναθεώρησης az έδωσε μεγάλη σημασία στη λειτουργικότητα του GPS, συνεπώς στη εύρεση της βέλτιστης τοποθέτησης και θέσης ανίχνευσης του. Για αυτό το λόγο το υποπρότυπο 802.11az είναι ιδανικό για εφαρμογές εντοπισμού θέσης σε ένα WLAN.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κεφάλαιο 1^ο :

- http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/122/tlp_000393.pdf?sequence=1
- <http://www.glavas.gr/pages.asp?pid=28&subid=32>
- <http://www.noesis.edu.gr/%CE%B5%CF%80%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B7-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82/%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1/%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1-%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CE%AE%CF%82-wan/>
- **Εικόνα 1.1 :**
https://www.google.gr/search?q=pan+network&tbm=isch&tbs=rimg:CbxPdQ5n_1pIoIjiRxislxsYbNdGfLUm0_1SYg-4roHL0S_1Yu4KXi-SaIK-KDXB0bXmOm3nJ6lzn4Xo-LH5b_1smnx5TSoSCZHGKyXGxhs1ES_1pm0AjfVjdKhIJ0Z8tSbT9JiAReB4Ljavn03UqEgn7iugcvRL9ixHrliU3uPQ-HSoSCbgpeL5Jogr4EeBDn978-sdvKhIJJoNcHRteY6bcRMFZjyVGctY4qEgmcnqXOfhej4hECFTPWK-7MMCoSCcflv-yafHlNEXeBfkyDidwI&imgc=zB0cpllhN8K0WM%3A
- **Εικόνα 1.2 :**
<https://www.google.gr/search?q=lan+diktyo&espv=2&biw=1366&bih>

[=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjSmbSe8vDQAhWFhRoKHUVwDjoQ_AUIBigB#imgrc=dn2vGv7b_fnbRM%3A](https://www.google.gr/search?q=wan+diktyoo&espv=2&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjSmbSe8vDQAhWFhRoKHUVwDjoQ_AUIBigB#imgrc=dn2vGv7b_fnbRM%3A)

- **Εικόνα 1.3 :**

https://www.google.gr/search?q=wan+diktyoo&espv=2&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi59MHa8vDQAhXJuBoKHTNqDfMQ_AUIBigB#imgrc=qLjT4dfyU1D--M%3A

- **Εικόνα 1.4 :** https://www.google.gr/search?q=man+-wan-lan+diktyo&tbm=isch&tbs=ring:CZRuJ5zPtNalljhju8nPvWxbJsEUueUMp0_1jRA7H52KOL3x4mI8Wgrzg-Kc49CINnlpz4pZzLqG485QOHoltsTz-eSoSCWO7yc-9bFsmEdxbEwXwEfcFKhIJwRS55QynT-MRK64NQI2GNN4qEglEDsfnYo4vfBFOZfcYo3LoKSoSCXiYjxaCvOD4EUcAR4EUA_1RsKhIJpzi0Ig2eWnMRnAUDorOdZzUqEgnilnMuobjzIBFx0ILKatD45CoSCQ4eiW2xPP55Eeuy08oz3WWS&imgrc=w2cOP27IM8GRfM%3A

- **Εικόνα 1.5 :**

https://www.google.gr/search?q=wan+diktyoo&espv=2&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwi59MHa8vDQAhXJuBoKHTNqDfMQ_AUIBigB#q=man+-wan-lan+diktyo&tbm=isch&tbs=ring:CZRuJ5zPtNalljhju8nPvWxbJsEUueUMp0_1jRA7H52KOL3x4mI8Wgrzg-Kc49CINnlpz4pZzLqG485QOHoltsTz-eSoSCWO7yc-9bFsmEdxbEwXwEfcFKhIJwRS55QynT-MRK64NQI2GNN4qEglEDsfnYo4vfBFOZfcYo3LoKSoSCXiYjxaCvOD4EUcAR4EUA_1RsKhIJpzi0Ig2eWnMRnAUDorOdZzUqEgnilnMuobjzIBFx0ILKatD45CoSCQ4eiW2xPP55Eeuy08oz3WWS&imgdii=3eVvFaGbsdOjuM%3A%3B3eVvFaGbsdOjuM%3A%3Bf9RPuHCP Ry4GzM%3A&imgrc=3eVvFaGbsdOjuM%3A

Κεφάλαιο 2^ο :

- http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/114/tlp_000385.pdf?sequence=1

- <http://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-22edc2c0.pdf>
- <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/6387/1/Diplwmatikh.pdf>
- http://apothetirio.teiep.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/359/tlp_000234.pdf?sequence=1
- **Εικόνα 2.1 :**
https://www.google.gr/search?q=2&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEWj4pJmy9fDQAhVLvBoKHc9vA70Q_AUIBigB&dpr=1#tbm=isch&q=IBBS+diktyo&imgc=1k0rqXPg0tNd1M%3A
- **Εικόνα 2.2 :**
https://www.google.gr/search?q=Infrasrtructure+BBS+%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF&tbm=isch&tbs=ring:CX7RefLfs4sjIjiP3MRNF_1nosn5jir8jmH7xRtbBJ79gkBUOe6vb0FsuBj2G9bp3T4jDVtiIxaTsA5Jc6Y3WMtoljyoSCY_1cxEOX-eiyEVaPso_1Ujy27KhIJfmOOvyOYfvERPUzMsncZ-AMqEglG1sEnv2CQFREw6XT44vYa3ioSCQ57q9vQWxRuET4emDiYFc_1aKhIJPYb1undPiMMR2RrUXR7jac8qEglW2ljFpOwDkhEpUR7UsNM9pCoSCVzpjYy2iWPEVO4BrY2ebn2&imgc=ftF58t9LiyNSSM%3A
- **Εικόνα 2.3 :**
https://www.google.gr/search?q=ESS+%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF&tbm=isch&tbs=ring:CQEVkGOR_15DDIjhn8omWoub6uQx1eWrNGBdMGzy5WbjozczZkEtvgd7Bz3ZVQ4S8gnXC0eR0_1SHvfJLKbYdaL7PA4yoSCWfyiZai5vq5EZmRhonh059EKhIJDHV5as0YF0wR09Z1oKsYywEqEgkbPLIZuOjNzBG1iEe2EGBu4yoSCdmQS2-B3sHPERoC1pkXP1o0KhIJdlVDhLyCdcIRZ8MpqihSDqsqEgnR5HT9Ie98khGycbb0zHG0ISoSCcpth1ovs8DjEbqfQUOAOe6y&imgc=tmwHqwRHf9_LXM%3A
- **Εικόνα 2.4 :**
[https://www.google.gr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fccna.site.ge%](https://www.google.gr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fccna.site.ge%3A)

[2Fwireless%2Fimage002.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Ffccna.site.greece%2Fwireless%2Findex.html&docid=StlnuaPor-UgbM&tbnid=ARWQY5H_kMORSM%3A&vet=1&w=604&h=220&bih=638&biw=1366&q=Infrasrtructure%20BBS%20%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF&ved=0ahUKEwiMvpXV9vDQAhVJ0xoKHVa3BaYQMwhKKCcwJw&iact=mrc&uact=8](http://www.fccna.site.greece/wireless/index.html&docid=StlnuaPor-UgbM&tbnid=ARWQY5H_kMORSM%3A&vet=1&w=604&h=220&bih=638&biw=1366&q=Infrasrtructure%20BBS%20%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF&ved=0ahUKEwiMvpXV9vDQAhVJ0xoKHVa3BaYQMwhKKCcwJw&iact=mrc&uact=8)

- **Εικόνα 2.5 :**

https://www.google.gr/search?q=rts/cts&espv=2&biw=1366&bih=638&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjslKe7-fDQAhUFDxoKHWHEBB0Q_AUIBigB#imgrc=ttRVMn2tQSPeaM%3A

- **Εικόνα 2.6 :**

http://ru6.cti.gr/ru6/system/files/bouras_site/ergasies_foithwn/asymat_a_diktya_tsonh.pdf?language=el

Κεφάλαιο 3^ο :

- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- <http://aetos.it.teithe.gr/~peris/Wireless/Theses/%CE%91%CE%A3%CE%A5%CE%A1%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91%20%CE%94%CE%99%CE%9A%CE%A4%CE%A5%CE%91%20%CE%A0%CE%A1%CE%9F%CE%A4%CE%A5%CE%A0%CE%91%20802.11%20&%20802.16.pdf>
- https://voipshop.gr/el/blog/26_the-new-ieee802-11ac-wireless-networking-stan.html
- <http://www.l-com.com/blog/?tag=/802.11az>
- <http://techblog.gr/internet/wi-fi-halow-new-wi-fi-standard-9345/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11a_.28OFDM_waveform.29
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11b
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11g

- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11-2007
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11n
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11-2012
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11ad
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11af
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11ah
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11ai
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11aj
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11aq
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11ax
- https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11ay