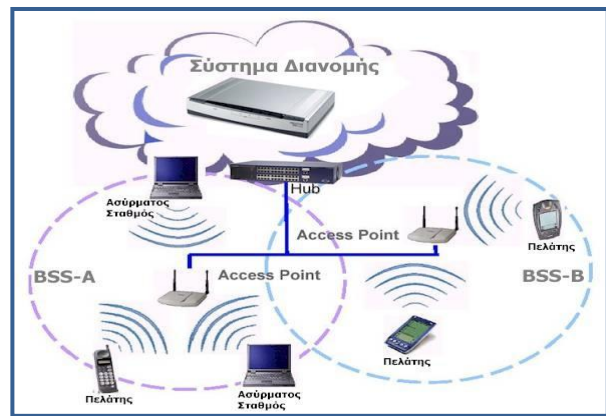


**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής Τ.Ε.**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ»**

Λυμπούδης Μάτε – Α.Μ.: 083325



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Βίτσας Βασίλειος

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ, ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2019

Ε Υ Χ Α Ρ Ι Σ Τ Ι Ε Σ

Η ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ανθρώπων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου. Πρώτα από όλους, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Καθηγητή μου κ. **Βίτσα Βασίλειο**, ο οποίος ανέλαβε το βάρος της εποπτείας, την παροχή σημαντικού βιβλιογραφικού υλικού, την επιστημονική καθοδήγηση, τις γενικές υποδείξεις και την συνεχή παρακολούθηση και επίβλεψη, τις καίριες παρατηρήσεις και συμβουλές, την αμέριστη συμπαράσταση σε κάθε είδους βοήθεια όποτε χρειάστηκε, ώστε να καταστεί εφικτή η παρούσα Πτυχιακή Εργασία.

Επίσης, νιώθω την ανάγκη να ευχαριστήσω θερμά τους γονείς μου για την ενθάρρυνση, την συμπαράστασή τους στη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας και οι οποίοι μου στάθηκαν φύλακες άγγελοι σε αυτή τη δύσκολη πορεία και προσανατόλισαν τη ζωή μου.

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2019

Λυμπούδης Μάτε

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Ως δίκτυο υπολογιστών ορίζεται ένα σύνολο από διασυνδεδεμένους υπολογιστές με σκοπό την μεταξύ τους επικοινωνία. Υπάρχουν πολλά είδη δικτύων και το κάθε ένα προσφέρεται για συγκεκριμένους σκοπούς. Εκτός από τους υπολογιστές, δυνατότητες δικτύωσης έχουν πολλές ακόμη συσκευές όπως τα κινητά τηλέφωνα, εκτυπωτές, διάφορα ενσωματωμένα συστήματα κλπ. Το Internet είναι το μεγαλύτερο δίκτυο υπολογιστών και άλλων συσκευών με την δυνατότητα δικτύωσης.

Ως ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN) ορίζεται ένα σύστημα επικοινωνίας μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ανάμεσα σε σταθερούς ή κινητούς χρήστες επιτρέποντας την μεταξύ τους διασύνδεση και ανταλλαγή δεδομένων. Η πρώτη γενιά συσκευών WLAN με τη χαμηλή ταχύτητα διάδοσης και την έλλειψη προτύπων δεν ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη. Όμως τα σύγχρονα συστήματα είναι δυνατόν να μεταφέρουν δεδομένα σε αποδεκτές ταχύτητες. Επίσης, νέες συσκευές και προϊόντα ασύρματης πρόσβασης βασιζόμενα σε τεχνολογίες spread-spectrum ραδιοφωνικά κύματα, υπέρυθρες ακτίνες, κυψελοειδείς και δορυφορικές επικοινωνίες, είναι πια πραγματικότητα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται κάποια εισαγωγικά θέματα που αφορούν τα δίκτυα, ειδικότερα την ασύρματη επικοινωνία, τα βασικότερα δομικά συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο, καθώς και τις βασικές κατηγορίες ασυρμάτων δικτύων. Επίσης, αναλύονται τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των ασυρμάτων δικτύων, ο τρόπος λειτουργίας των WLANs καθώς και οι χρήσεις τους.

Επιπλέον, μελετά τις τοπολογίες τοπικών ασύρματων δικτύων με τους μηχανισμούς και τις μεθόδους τους, αναλύονται τα Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (WMAN) και τα Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN) αναφέροντας το Bluetooth και την χρήση του, καθώς επίσης και το Zigbee που στοχεύει στην αντικατάσταση του Bluetooth. Περιγράφονται τα κυριότερα πρότυπα του IEEE 802.11 με την συχνότητα λειτουργίας που καταλαμβάνουν, την μέγιστη ταχύτητα που μπορούν να φτάσουν καθώς και την συμβατότητα που έχουν μεταξύ τους.

Περιγράφεται η κατανεμημένη λειτουργία συντονισμού (DCF), η σημειακή λειτουργία συντονισμού (PCF), αναλύεται ο μηχανισμός RTS/CTS ο οποίος χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος του κρυμμένου τερματικού, καθώς και αναλύεται η μέθοδος CSMA/CA με ή χωρίς την χρήση μηχανισμού RTS/CTS.

Στο τέλος της εργασίας, αναφέρονται τα συμπεράσματα και οι προτάσεις που προκύπτουν

Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

Τα Τοπικά Ασύρματα Δίκτυα (WLAN) & η χρησιμότητά τους

1.1 Εισαγωγή.....	9
1.2 Εισαγωγή στα Τοπικά Δίκτυα	10
1.2.1 Ορισμός Δικτύου Η/Υ	11
1.2.2 Συστατικά στοιχεία ενός Δικτύου Η/Υ	12
1.3 Δομικά στοιχεία ενός Ασύρματου Δικτύου (WLAN).....	13
1.3.1 Βασικές Κατηγορίες Ασυρμάτων Δικτύων.....	17
1.3.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ασυρμάτων Δικτύων.....	20
1.3.3 Χρήσεις των Ασύρματων Τοπικών Δικτύων	23
1.4 Τρόπος Λειτουργίας WLANs.....	24
1.4.1 Τρόποι σύνδεσης.....	25

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2

Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων & οι Μηχανισμοί τους

2.1 Εισαγωγή.....	27
2.2 Αρχιτεκτονική Τοπικών Δικτύων.....	27
2.2.1 Τοπολογίες Δικτύων.....	28
2.2.1.1 Τοπολογίες Ενσύρματων Τοπικών Δικτύων	28
2.2.1.2 Τοπολογία διαύλου.....	28
2.2.1.3 Τοπολογία δένδρου	29
2.2.1.4 Τοπολογία δακτυλίου	30
2.2.1.5 Τοπολογία άστρου.....	31

2.3 Μηχανισμοί & Μέθοδοι Τοπικών Δικτύων	37
2.3.1 Μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου	37
2.3.1.1 Ο Μηχανισμός CSMA/CD.....	38
2.3.1.2 Ο Μηχανισμός CSMA/CA.....	38
2.3.1.3 Το πέρασμα κουπονιού	39
2.3.2 Μέθοδοι μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα	40
2.4 Πρότυπα Τοπικών Δικτύων.....	40
2.4.1 Τα πρωτόκολλα LAN και το μοντέλο αναφοράς OSI	40

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3

Δίκτυα WMAN & WPAN – Τα Πρότυπα 802.11

3.1 Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (WMAN).....	43
3.3.1 Γενικά.....	43
3.1.2 Το 802.11x σε Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα	44
3.2 Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN)	44
3.2.1 Γενικά.....	44
3.2.2 Bluetooth	44
3.2.3 Zigbee.....	46
3.3 Τα Πρότυπα IEEE 802.11	47
3.4 Διαστρωμάτωση του IEEE 802.11	50
3.4.1 Το φυσικό επίπεδο του 802.11 (PHY)	52
3.4.2 Το υπόστρωμα MAC του 802.11	54

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4

Κατανεμημένη Λειτουργία Συντονισμού (DCF) και Σημειακή Λειτουργία Συντονισμού (PCF)

4.1 Κατανεμημένη λειτουργία συντονισμού (DCF)	56
4.1.1 Κατανεμημένη λειτουργία συντονισμού (DCF) με CSMA/CA.....	58
4.1.2 Τα βασικά βήματα της διαδικασίας αποστολής πλαισίου στο DCF	59
4.1.3 Μηχανισμός RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send).....	61

4.2 IFS (Inter Frame Space	62
4.3 Σημειακή λειτουργία συντονισμού (PCF).....	65
4.3.1 Προσχώρηση σε ένα δίκτυο	70
4.4 Συνύπαρξη του DCF και PCF	73
Συμπεράσματα.....	75
Προτάσεις.....	78
Βιβλιογραφία.....	79

Ε Ι Σ Α Γ Ω Γ Η

Η παρούσα εργασία αποτελεί πτυχιακή μελέτη η οποία έγινε στα πλαίσια του προπτυχιακού κύκλου σπουδών στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής του ΑΤΕΙ Θεσσαλονίκης κατά το ακαδημαϊκό έτος 2017-2018, όπου γίνεται μια προσπάθεια προσέγγισης της έννοιας των τοπικών ασύρματων δικτύων, τα δομικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται το ασύρματο δίκτυο και οι βασικές κατηγορίες τους, καθώς τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματα ασύρματων δικτύων και η χρησιμότητά τους.

Περιγράφονται οι τοπολογίες τοπικών δικτύων με τους μηχανισμούς τους, αναφέρονται τα δίκτυα WMAN και WPAN, η αρχιτεκτονική του προτύπου IEEE 802.11. Έπειτα, αναφέρεται η έννοια της κατανεμημένης λειτουργίας συντονισμού (DCF) και η σημειακή λειτουργία συντονισμού (PCF).

Αναλυτικά, η εργασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα μέρη και Κεφάλαια:

Το **Πρώτο Κεφάλαιο**, περιλαμβάνει τον ορισμό των Δικτύων Η/Υ, τα συστατικά στοιχεία που αποτελείται ένα δίκτυο Η/Υ, την έννοια των ασύρματων δικτύων και τη χρήση τους. Επιπλέον, αναφέρονται οι βασικές κατηγορίες των ασύρματων τοπικών δικτύων και τα πλεονεκτήματα – μειονεκτήματά τους.

Στο **Δεύτερο Κεφάλαιο**, παρουσιάζονται οι τοπολογίες των τοπικών δικτύων με τους μηχανισμούς τους.

Το **Τρίτο Κεφάλαιο**, αναφέρει τα δίκτυα WMAN και WPAN, καθώς επίσης και τα κυριότερα πρότυπα του 802.11.

Το **Τέταρτο Κεφάλαιο**, περιλαμβάνει την κατανεμημένη λειτουργία συντονισμού (DCF) και την σημειακή λειτουργία συντονισμού (PCF).

Στο τέλος της εργασίας, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν καθώς και οι προτάσεις βελτίωσης.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1 °

Τα Τοπικά Ασύρματα Δίκτυα (WLAN) και η χρησιμότητά τους

1.1 Εισαγωγή

Η έννοια του ασύρματου δικτύου και πιο συγκεκριμένα της ασύρματης επικοινωνίας δεν είναι νέα ιδέα. Ήδη από το 1901 ο Ιταλός φυσικός Γουλιέλμος Μαρκόνι επέδειξε στο κοινό έναν ασύρματο τηλεγράφο ανάμεσα στα πλοία και στην ξηρά. Ως κώδικα ο Μαρκόνι χρησιμοποίησε τον κώδικα μορς (οι τελείες και οι παύλες είναι άλλωστε δυαδικό σύστημα). Τα σύγχρονα ψηφιακά ασύρματα έχουν βέβαια πολύ καλύτερη απόδοση, αλλά η βασική ιδέα είναι η ίδια. Οι πρώτες τεχνικές μεταγωγής πακέτων αναπτύχθηκαν γύρω στο 1964, ενώ ο όρος Packet προτάθηκε από τον D. W. Davies του National Physical Laboratory της Μεγάλης Βρετανίας (Γεροφώτης Α., 2006:3).

Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει το δίκτυο. Η ασύρματη επικοινωνία, σε αντίθεση με την ενσύρματη, δεν χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης κάποιο τύπο καλωδίου. Η τηλεόραση και το ραδιόφωνο, αν και ως τηλεπικοινωνιακά μέσα είναι εκ φύσεως ασύρματα στις περισσότερες περιπτώσεις, δεν συμπεριλαμβάνονται στα ασύρματα δίκτυα, καθώς η μετάδοση γίνεται προς πάσα κατεύθυνση χωρίς να υπάρχει κάποιο δομημένο δίκτυο.

(http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/diktia/_2.html).

Η εξέλιξη των ασύρματων επικοινωνιών τα τελευταία χρόνια έχει δείξει ότι είναι πολύ δύσκολο ένα σύστημα να μπορέσει να ικανοποιήσει όλες τις ανάγκες του χρήστη και να προσαρμοστεί στις ιδιαιτερότητες κάθε περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό, τα ασύρματα δίκτυα τις επόμενες γενιές θα αποτελούνται από την ενοποίηση ενός συνόλου τεχνολογιών, κάθε μια από τις οποίες θα εξειδικεύεται σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε, σε τρεις τέτοιες τεχνολογίες οι οποίες αναμένεται να πρωταγωνιστήσουν στο άμεσο μέλλον. Οι τεχνολογίες αυτές είναι το Bluetooth και το WiFi, οι οποίες απευθύνονται σε προσωπικά, τοπικά περιβάλλοντα αντίστοιχα.

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (Wireless Local Area Network - **WLAN**) είναι σχεδιασμένα βάση μίας τεχνολογίας, σύμφωνα με την οποία ένα τερματικό (αυτό μπορεί να είναι κάποιος προσωπικός υπολογιστής ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή που χρησιμοποιεί την τεχνολογία WLAN) επικοινωνεί με άλλα τερματικά χωρίς την χρήση καλωδίων. Τα WLAN παρέχουν όλα τα προνόμια των ενσύρματων τοπικών δικτύων, είναι όμως πολύ πιο ευέλικτα, δεν θέτουν περιορισμούς στην επικοινωνία «βάσει γεωγραφικής θέσης» και ο εξοπλισμός τους δεν είναι πολύ ακριβός.

Τα δεδομένα προς μετάδοση μεταφέρονται σε ένα κύμα, το οποίο ονομάζεται φέρον κύμα, μέσω της διαδικασίας της διαμόρφωσης. Προκειμένου, να επιτευχθεί η διασύνδεση ασυρμάτων τοπικών δικτύων και ο κάθε χρήστης να έχει πρόσβαση τόσο σε ασύρματα όσο και σε ενσύρματα δίκτυα, οι παγκόσμιοι οργανισμοί δημιουργίας προτύπων θέσπισαν πρότυπα λειτουργίας στα οποία βασίζονται τα σημερινά ασύρματα τοπικά και προσωπικά δίκτυα (WLANs και WPANs). Τέτοια είναι το IEEE 802.11x, το HIPERLAN I και II, το Bluetooth, το HOME RF, κ.α. (Γκέκα Χ., 2007:11).

1.2 Εισαγωγή στα Τοπικά Δίκτυα

Ο τρόπος με τον οποίο εργάζονται οι άνθρωποι σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές έχει αλλάξει κατά πολύ τα τελευταία χρόνια. Η παραδοσιακή εικόνα του ανθρώπου ο οποίος κάθεται στο γραφείο του για να χρησιμοποιήσει τον προσωπικό του υπολογιστή δεν είναι πλέον ένας κοινός τόπος καθώς η ανάγκη για συνεχή χρήση κάποιας μορφής ηλεκτρονικού υπολογιστή ασχέτως του σημείου που βρίσκεται κάποιος είναι διαρκώς αυξανόμενη (Γεωργακόπουλος Κ., 2007:3).

Οι άνθρωποι που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς υπολογιστές στην καθημερινότητά τους δεν μπορούν πλέον να περιορίζονται στα πλαίσια ενός γραφείου. Έχουν την ανάγκη να μπορούν να χρησιμοποιούν τις δυνατότητες ενός υπολογιστή παντού και μάλιστα με εύκολο τρόπο. Η χρήση υπολογιστή στην οποία γίνεται αναφορά εδώ βέβαια, είναι συνυφασμένη με την ταυτόχρονη χρήση των δικτύων στα οποία διασυνδέονται οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Το να χρησιμοποιεί πλέον κάποιος έναν υπολογιστή δεν είναι τόσο ισχυρό πλεονέκτημα εάν αυτός ο υπολογιστής δεν συνδέεται σε κάποιο είδος δικτύου πληροφοριών.

Η χρήση των φορητών υπολογιστών έλυσε το πρόβλημα της φορητότητας των υπολογιστών και τα τελευταία χρόνια οι διαρκώς αναπτυσσόμενες τεχνολογίες ασυρμάτων δικτύων έλυσαν το πρόβλημα της διασύνδεσης αυτών των υπολογιστών. Η χρήση ενός φορητού υπολογιστή με ασύρματη σύνδεση σε κάποιο τοπικό δίκτυο και κατ' επέκταση με το διαδίκτυο είναι πλέον μια συνηθισμένη υπόθεση σε πάρα πολλούς χώρους.

Εγκαταστάσεις τοπικών ασύρματων δικτύων υπάρχουν πλέον σε πάρα πολλούς δημόσιους χώρους, από αεροδρόμια και αίθουσες συνεδρίων μέχρι κοινόχρηστους χώρους πανεπιστημίων και εταιρειών. Επιπλέον, ασύρματες συνδέσεις ενώνουν απομακρυσμένα δίκτυα (π.χ. δύο κτίρια σε μια πόλη) δίνοντας λύσεις εκεί που τα καλώδια δεν έχουν αυτή την δυνατότητα. Τέλος, ασύρματες συνδέσεις δεδομένων χρησιμοποιούνται από την κινητή τηλεφωνία μέχρι τις κοντινές συνδέσεις και ανταλλαγές αρχείων μεταξύ κινητών με την τεχνολογία Bluetooth.

1.2.1 Ορισμός Δικτύου Η/Υ

Ένας από τους ορισμούς που έχει επικρατήσει γενικότερα για τα δίκτυα υπολογιστών παρατίθεται πιο κάτω:

«Ένα δίκτυο υπολογιστών είναι ένα σύνολο από αυτόνομους ή μη αυτόνομους διασυνδεδεμένους υπολογιστές. Οι υπολογιστές θεωρούνται διασυνδεδεμένοι όταν είναι σε θέση να ανταλλάξουν πληροφορίες μεταξύ τους και αυτόνομοι όταν δεν είναι δυνατό κάποιος υπολογιστής να ελέγξει την λειτουργία (π.χ. εκκίνηση ή τερματισμό) κάποιου άλλου» (Tanenbaum A., 2000).

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι, σύμφωνα με την λειτουργικότητά τους, τα δίκτυα υπολογιστών χωρίζονται:

- Ανάλογα με το φυσικό μέσο διασύνδεσής τους χαρακτηρίζονται ως **Ενσύρματα** ή **Ασύρματα**.
- Ανάλογα με τον τρόπο πρόσβασης σε αυτά χαρακτηρίζονται ως **Δημόσια** ή **Ιδιωτικά** δίκτυα.
- Ανάλογα με την γεωγραφική κάλυψη του δικτύου χαρακτηρίζονται ως **Τοπικά** (LAN και WLAN), **Μητροπολιτικά** (MAN και WMAN), **Ευρείας κάλυψης** (WAN και WWAN) και **Προσωπικά** (PAN και WPAN). Αυτό που μπορεί να διαφοροποιήσει ένα ενσύρματο από ένα ασύρματο δίκτυο είναι το φυσικό μέσο μετάδοσης της πληροφορίας.

Το **Δίκτυο Η/Υ** είναι ένα σύνολο από ανεξάρτητους υπολογιστές οι οποίοι είναι διασυνδεδεμένοι και μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους. Η επικοινωνία αφορά την ανταλλαγή δεδομένων (προγράμματα και αρχεία) αλλά και την κατανομή του υπολογιστικού έργου (<http://www.edu.uoc.gr/new/books/intro/ylh.html>).

Τα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλους σκοπούς: Συνεργασία στον ερευνητικό τομέα (π.χ. σύνδεση ερευνητικών μονάδων από διάφορα πανεπιστήμια) αλλά και διασκέδαση (π.χ. δικτυακά παιχνίδια). Το **τοπικό δίκτυο υπολογιστών (LAN: Local Area Network)** είναι ένα δίκτυο επικοινωνίας του οποίου η γεωγραφική εμβέλεια δεν υπερβαίνει μερικές δεκάδες μέτρα, ενώ ο ρυθμός μετάδοσης που μπορεί να πετύχει δεν είναι απεριόριστος. Αποτελείται από ένα σύνολο υπολογιστών και άλλων διατάξεων και χρησιμοποιεί γραμμές επικοινωνίας προκειμένου να διαμοιράσει δεδομένα, πληροφορίες, υλικό και λογισμικό (<http://slideplayer.gr/slide/1980947/>).

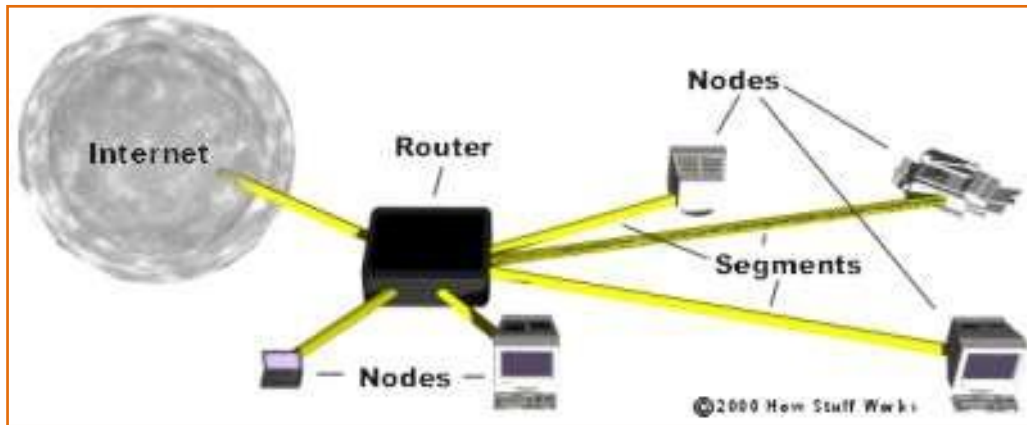
Το **δίκτυο** αυτό μπορεί:

- Να είναι ενσύρματο ή ασύρματο
- Να παρέχει μετάδοση σημείου προς σημείο ή μετάδοση εκπομπής
- Να παρέχει μικρό ρυθμό σφαλμάτων με εύρος που κυμαίνεται ανάλογα με τις δυνατότητες του μέσου μετάδοσης.
- Να είναι πλήρως ιδιόκτητο

1.2.2 Συστατικά στοιχεία ενός Δικτύου Η/Υ

Ένα **δίκτυο Η/Υ** αποτελείται από:

- **Κόμβους (Nodes):** Κόμβος είναι οτιδήποτε είναι συνδεδεμένο στο δίκτυο (υπολογιστές, εκτυπωτές, fax, μεταγωγείς).
- **Τμήματα (Segments):** Τμήμα είναι κάθε μέρος του δικτύου το οποίο διαχωρίζεται από το υπόλοιπο δίκτυο μέσω switch, router ή γέφυρας όπου η διαφοροποίηση γίνεται ανάλογα με την συσκευή.
- **Ραχοκοκαλιά (Backbone):** Είναι η κύρια καλωδίωση του δικτύου στην οποία συνδέονται τα διάφορα τμήματα.



Εικόνα 1: Συστατικά στοιχεία ενός Δικτύου Η/Υ

(Πηγή: <http://slideplayer.gr/slide/1980947>)

✚ Κατηγορίες Κόμβων

- **Σταθμοί Εργασίας (Workstations):** Πρόκειται για υπολογιστές οι οποίοι χρησιμοποιούνται από το προσωπικό για την διεκπεραίωση των εργασιών τους. Οι προδιαγραφές των σταθμών εργασίας ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών τους.
- **Εξυπηρετητές (Servers):** Είναι υπολογιστές ή άλλες συσκευές οι οποίες διαθέτουν πόρους (αποθηκευτικό χώρο, προγράμματα, υπηρεσίες) στο δίκτυο.

(<http://www.scribd.com/doc/231724862/Internet>)

1.3 Δομικά στοιχεία ενός Ασύρματου Δικτύου (WLAN)

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (*Wireless Local Area Network - WLAN ή Wireless Fidelity WiFi*) χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες (RF) προκειμένου να μεταδώσει και να λάβει δεδομένα μέσω του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, τα WLANs βρίσκουν εφαρμογή διεθνώς σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών της υγείας, της παιδείας, των απλών κατοικιών καθώς και των ακαδημαϊκών ιδρυμάτων (<http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page12.html>).

Το πιο βασικό πρόβλημα κατά την δημιουργία ενός ασύρματου δικτύου, είναι να μπορούν ταυτόχρονα πολλοί χρήστες να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο. Λύση στο πρόβλημα αυτό, δίνουν τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης, όπως είναι η Time Division Multiple Access (TDMA - πολύπλεξη χρόνου), η Frequency Division Multiple Access (FDMA - πολύπλεξη συχνότητας), και Code Division Multiple Access (CDMA - πολύπλεξη με διαίρεση κωδικών), ή συνδυασμός αυτών (π.χ. FDMA/TDMA).

	Ενσύρματα	Ασύρματα
Χρήστες ανά δίκτυο	Σχετικά πολλοί	Μερικές δεκάδες
Κινητικότητα	Μηδενική	Χαμηλή
Περιοχή παροχής υπηρεσιών	Κτήρια, συγκροτήματα	Δωμάτια, κτήρια
Ισχύς εκπομπής	Χαμηλή	Σχετικά υψηλή
Ρυθμοί μετάδοσης	1 Gbps	75 Mbps
Δυνατότητα Διασύνδεσης τοπικών δικτύων	Μέση	Υψηλή

Εικόνα 2: Ασύρματα VS Ενσύρματα Τοπικά Δίκτυα
(Πηγή: http://www.cs.uoi.gr/~epap/MYE006/downloads/lect5_4in1.pdf)

Για την δημιουργία ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι απαραίτητη κάποια υλικοτεχνική υποδομή, μιλάμε για διάφορα στοιχεία (components) που συντονίζουν την μετάδοση, λήψη και επεξεργασία του σήματος μεταξύ των χρηστών. Η δομή αυτή περιλαμβάνει τόσο το λογισμικό (software), όσο και το ανάλογο υλικό εξοπλισμού (hardware). Οι κατηγορίες των στοιχείων αυτών αναφέρονται στη συνέχεια.

• **Συσκευές χρηστών (End-user devices):**

Όπως με κάθε σύστημα, έτσι και στα WLANs πρέπει να υπάρχει ένας τρόπος διασύνδεσης των διαφόρων εφαρμογών και υπηρεσιών με τους χρήστες. Είτε το δίκτυο είναι ασύρματο είτε ενσύρματο, μία συσκευή αποτελεί τη διασύνδεση μεταξύ του χρήστη και του δικτύου. Τέτοιες συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ασύρματα δίκτυα είναι και οι επόμενες:

- ✓ Σταθεροί Υπολογιστές (Desktops)
- ✓ Φορητοί Υπολογιστές (Laptop Computers)
- ✓ Υπολογιστής παλάμης (Palmtop Computers)
- ✓ Υπολογιστής Χειρός και εκτυπωτές (Handheld PCs and printers)
- ✓ IP Phones
- ✓ IP Cameras
- ✓ Projectors

- ✓ Handheld printers and scanners
- ✓ Personal Digital Assistants (PDAs)
- ✓ Tablets
- ✓ Smart Phones

• **Λογισμικό δικτύου (Network Software):**

Σε διάφορα μέρη ενός ασύρματου δικτύου βρίσκεται κατάλληλο λογισμικό, όπως ένα σύστημα διαχείρισης δικτύου, το οποίο παρέχει διάφορες υπηρεσίες, όπως μεταφορά δεδομένων, εκτύπωση κ.ά. Πολλά τέτοια συστήματα στηρίζονται στην ύπαρξη ενός server, στον οποίο βρίσκονται οι βασικές συσκευές λογισμικού και οι βάσεις δεδομένων στις οποίες έχουν πρόσβαση οι διάφορες συσκευές τις οποίες ελέγχει ο χρήστης. Οι συσκευές αυτές διαθέτουν το δικό τους λογισμικό, το οποίο κατευθύνει τις εντολές του χρήστη στον server (Γκέκα Χ., 2007:13).

• **Ασύρματες κάρτες δικτύου (Wireless Network Interface Card):**

Η ασύρματη κάρτα δικτύου (Wireless Network Interface Card) χρησιμοποιείται για την μετάδοση του ψηφιακού σήματος ενός υπολογιστή μέσω του ασύρματου μέσου σε έναν άλλο υπολογιστή. Στην διαδικασία αυτή συμπεριλαμβάνεται η διαμόρφωση και η ενίσχυση του σήματος.



Εικόνα 3: Ασύρματη Κάρτα Δικτύου

(Πηγή: <http://www.geta.gr/eshop/products/aksesouar-diktuon/321>)

Η κάρτα δικτύου μοιάζει με μια τυπική κάρτα δικτύου (είτε σε ISA ή PCI για σταθερούς υπολογιστές, είτε σε PC Card για φορητούς) με μια μικρή κεραία. Μερικές εταιρίες παράγουν

κάρτες οι οποίες συνδέονται με τον υπολογιστή μέσω μιας RS-232 σειριακής ή παράλληλης θύρας. Η διασύνδεση της ασύρματης κάρτας με την συσκευή του χρήστη συμπεριλαμβάνει και έναν οδηγό λογισμικού (software driver) που συνδέει το λογισμικό του NOC στην κάρτα.

• **Σημεία πρόσβασης (Access Points):**

Το σημείο πρόσβασης είναι μια κεντρική συσκευή σε ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο που παρέχει το εύρος για την ασύρματη επικοινωνία με τους άλλους σταθμούς σε ένα δίκτυο. Συνήθως, συνδέεται σε ένα ενσύρματο δίκτυο και έτσι παρέχει μια γέφυρα ανάμεσα στο ενσύρματο δίκτυο και τις ασύρματες συσκευές.

Τα σημεία πρόσβασης περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά ασφάλειας όπως, επικύρωση και κρυπτογράφηση, έλεγχο πρόσβασης που βασίζεται σε λίστες ή φίλτρα καθώς και πολλά άλλα τα οποία συνήθως, απαιτούν την ρύθμισή τους από τον χρήστη σύμφωνα με τις προτιμήσεις του, συνήθως χρησιμοποιώντας μια διεπαφή βασισμένη στο διαδίκτυο. Πολλά σημεία πρόσβασης περιλαμβάνουν επιπρόσθετα χαρακτηριστικά δικτύωσης όπως πύλες διαδικτύου, κόμβους μεταγωγής, ασύρματες γέφυρες ή επαναλήπτες.

(http://el.wikipedia.org/wiki/Ασύρματο_δίκτυο)

• **Ασύρματες Τοπικές Γέφυρες (Wireless Local Bridges):**

Οι γέφυρες δικτύων συνδέουν πολλά LANs μεταξύ τους στο επίπεδο του υποστρώματος MAC, με αποτέλεσμα την διαμόρφωση ενός εκτενέστερου και πιο λειτουργικού δικτύου. Οι γέφυρες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

Local bridges: Συνδέουν τοπικά δίκτυα που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση

Remote bridges: Συνδέουν δίκτυα που χωρίζονται από αποστάσεις μεγαλύτερες από αυτές που μπορούν να υποστηρίξουν τα πρωτόκολλα των τοπικών δικτύων. Στην ορολογία των ασύρματων δικτύων οι γέφυρες αναφέρονται ως APs (Access Points), τα οποία είναι συσκευές απαραίτητες για την διασύνδεση ενός WLAN με ένα ενσύρματο δίκτυο, αλλά και την διασύνδεση πολλών WLAN μεταξύ τους.

• **Κεραίες (Antennas):**

Οι κεραίες χρησιμεύουν στην εκπομπή του διαμορφωμένου σήματος μέσω του αέρα. Γενικά, οι κεραίες χωρίζονται σε πολλά είδη και μεγέθη και χαρακτηρίζονται από:

• **Ισχύς μετάδοσης (Transmit power)**

A.T.E.I. – Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Σπουδαστής: Ανμπούδης Μάτε

- Εύρος ζώνης (Bandwidth)
- Μοντέλο διάδοσης (propagation pattern)

- **Ευαισθησία (Gain):**

Ο τρόπος που μεταδίδει το σήμα μια κεραία καθορίζει επίσης και την περιοχή κάλυψής της. Για την μετάδοση του σήματος στα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιούνται κυρίως δύο είδη κεραιών:

- **Πολυκατευθυντική (omnidirectional) κεραία:** Πρόκειται για κεραιές που διοχετεύουν την ισχύ τους προς κάθε κατεύθυνση. Αθροιστικά έχουν την ίδια ενίσχυση προς κάθε κατεύθυνση. Το πρότυπο εκπομπής τους είναι τέτοιο, ώστε να δημιουργούν γύρω τους ένα πεδίο που μοιάζει με «ιπτάμενο δίσκο».
- **Μονοκατευθυντική (directional) κεραία:** Συγκεντρώνει το μεγαλύτερο μέρος της ισχύος της σε μία μόνο κατεύθυνση (Μαρκομανωλάκη Α., 2010:23).

1.3.1 Βασικές Κατηγορίες Ασυρμάτων Δικτύων

Με μια πρώτη προσέγγιση τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κύριες κατηγορίες:

I. Διασύνδεση συστήματος (System interconnection)

II. Ασύρματα LAN

III. Ασύρματα WAN

Η **διασύνδεση συστήματος** αναφέρεται, στην διασύνδεση των εξαρτημάτων του υπολογιστή με τη χρήση ραδιοκυμάτων μικρής εμβέλειας. Έτσι, ένας χρήστης που δυσκολεύεται να συνδέσει καλώδια μπορεί εύκολα να χρησιμοποιήσει ένα ασύρματο ποντίκι ή πληκτρολόγιο κ.α. Κατά συνέπεια, μερικές εταιρίες αποφάσισαν να σχεδιάσουν ένα ασύρματο δίκτυο μικρής εμβέλειας το οποίο ονομάζεται **Bluetooth**, για την σύνδεση των εξαρτημάτων αυτών χωρίς καλώδια. Να σημειώσουμε εδώ ότι, το Bluetooth χρησιμοποιείται ευρέως στην κινητή τηλεφωνία.

Πριν προχωρήσουμε στα ασύρματα LAN, πρέπει να αναφέρουμε ότι μπορούμε πιθανόν να συναντήσουμε και μία ακόμα κατηγορία ασύρματων δικτύων τα PAN's (Personal Area Networks). Αυτά είναι δίκτυα που μπορούν να εγκατασταθούν σε κάποιο μικρό γραφείο ή στο σπίτι σε απόσταση 5-15 μέτρων. Μεταξύ των συσκευών του γραφείου πρέπει να υπάρχει

οπτική επαφή. Δύο τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σε αυτού του τύπου τα συστήματα είναι η IrDA (υπέρυθρες) οι οποίες απαιτούν οπτική επαφή και το Bluetooth, το οποίο δεν απαιτεί οπτική επαφή. Ο όρος **ασύρματα προσωπικά δίκτυα** (Wireless Personal Area Networks – WPAN) είναι σχετικά σύγχρονος όρος και αναφέρεται στις σύγχρονες τεχνολογίες, οι οποίες επιτρέπουν την ασύρματη διασύνδεση και επικοινωνία σε αποστάσεις λίγων μέτρων φορητών προσωπικών συσκευών όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα PDA's και οι Ultra Mobile υπολογιστές μεταξύ πολλών άλλων. Η επικοινωνία αυτή επιτρέπει στις συσκευές αυτές, υπηρεσίες όπως ανταλλαγή αρχείων, διαμοίραση εφαρμογών, άμεση επικοινωνία κλπ.

Τα προσωπικά δίκτυα, ή **PAN**, είναι περιστασιακά δίκτυα κλειστής εμβέλειας που λειτουργούν ξεχωριστά από ένα σταθερό ή ασύρματο δίκτυο, δημιουργώντας ένα προσωρινό δίκτυο. Μπορούμε εύκολα να ανταλλάξουμε αρχεία σε απρομελέτητες συσκευές, να εξοικονομήσουμε χρόνο για την εκτύπωση ενός εγγράφου χωρίς να πρέπει να συνδεθούμε σε ένα σταθερό ή ασύρματο δίκτυο και να έχουμε κοινόχρηστες πληροφορίες μεταξύ συσκευών με δυνατότητα Bluetooth όπου και αν βρισκόμαστε (isa.teipir.gr/files/projects/wireless_nets.ppt).

Τα **τοπικά ασύρματα δίκτυα** (Wireless Local Area Networks – **WLAN**) είναι τυπικά παρόμοια με τα τοπικά δίκτυα τα οποία είναι συνδεδεμένα με κάποιας μορφής καλωδίωση. Καλύπτουν μια μικρή γεωγραφική περιοχή, η οποία μπορεί να είναι ένα εργαστήριο υπολογιστών, ένας όροφος κλπ. Υπάρχουν διάφορες τοπολογίες στα ασύρματα τοπικά δίκτυα αναλόγως με τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η επικοινωνία, αλλά οι σταθμοί εργασίας μπορούν να συνδεθούν χρησιμοποιώντας ασύρματες κάρτες δικτύου σε κάποιο κεντρικό διανομέα ο οποίος ονομάζεται **Access Point**.

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα ή **WLAN** μπορεί να μας παρέχουν σύνδεση χωρίς καλώδια μεταξύ φορητών υπολογιστών, επιτραπέζιων υπολογιστών, εκτυπωτών, PDA και του δικτύου του γραφείου μας μέσω ασύρματων σημείων πρόσβασης. Αυτός είναι ένας απλός τρόπος επέκτασης του δικτύου χωρίς την αναστάτωση και τα έξοδα εγκατάστασης πρόσθετης καλωδίωσης (isa.teipir.gr/files/projects/wireless_nets.ppt).

Τα WLAN αντί για καλώδια και οπτικές ίνες, χρησιμοποιούν υπέρυθρες ακτίνες (IR) ή ραδιοσυχνότητες (RF). Οι ραδιοσυχνότητες είναι πιο διαδεδομένες διότι, είναι μεγαλύτερης

εμβέλειας, εύρους ζώνης και κάλυψης. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα συνήθως 2,4 GHz και 5 GHz. Η ασύρματη επικοινωνία, σε αντίθεση με την ενσύρματη, δεν χρησιμοποιεί ως μέσο μετάδοσης κάποιο τύπο καλωδίου. Τα ασύρματα δίκτυα υπολογιστών όμως, όπως και τα κλασσικά ενσύρματα δίκτυα, απαιτούν την χρήση αξιόπιστων πρωτοκόλλων μεταφοράς δεδομένων, τα οποία θα εξασφαλίζουν την ασφαλή μετάδοση των δεδομένων μεταξύ των χρηστών, θα παρέχουν ασφάλεια από οποιαδήποτε ενέργεια παραβίασης, θα δίνουν την δυνατότητα ταχείας πρόσβασης και μεταφοράς δεδομένων και τέλος, θα επιτρέπουν την διασύνδεση των ασύρματων δικτύων με αυτά που κάνουν χρήση ενσύρματων τεχνολογιών.

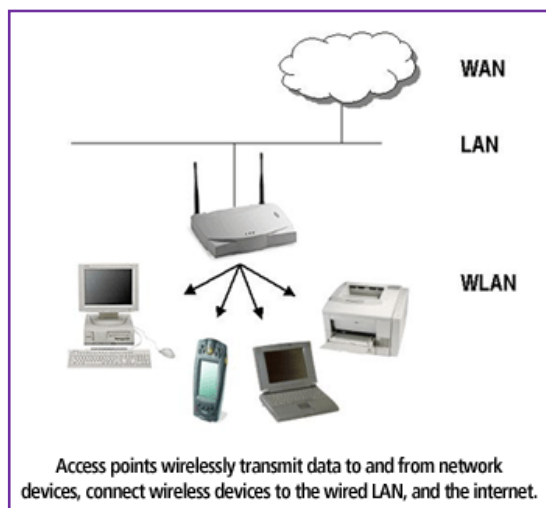
Ο τομέας των ασύρματων δικτύων, ένας τομέας επανάσταση για το είδος του, είναι ένας από τους ταχύτερα αναπτυσσόμενους κλάδους των τηλεπικοινωνιών. Με δεδομένη την αποδοχή του κόσμου για αυτή τη νέα τεχνολογία, τις λύσεις των προμηθευτών και τα βιομηχανικά πρότυπα, η ασύρματη δικτύωση ήρθε και θα μείνει. Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ένα τοπικό δίκτυο Ethernet. Τα δεδομένα των εφαρμογών κατακερματίζονται σε πακέτα και μεταδίδονται στους άλλους σταθμούς εργασίας. Η διαφορά φυσικά, είναι ότι τα πακέτα μεταδίδονται μέσω ραδιοκυμάτων και όχι μέσω καλωδίων. Όπως και στην περίπτωση του Ethernet (των 10 Mbps) το μέσο μετάδοσης είναι κοινό, η επικοινωνία είναι Half-duplex και μόνο ένας σταθμός μπορεί να μεταδίδει πληροφορίες κάθε δεδομένη στιγμή. Ο συναγωνισμός μεταξύ των σταθμών εργασίας για πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης γίνεται με ένα πρωτόκολλο Ανίχνευσης Σήματος/Πολλαπλής Πρόσβασης με αποφυγή συγκρούσεων (Carrier Sense/Multiple Access with Collision Avoidance, CSMA/CA).

Μπορούμε να φανταστούμε την περιοχή που καλύπτει το κελί ως κυκλική. Οι σταθμοί του δικτύου (PC's) μπορούν να μετακινούνται στο κελί χωρίς να χάνουν την επαφή με το δίκτυο. Η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών μέσα στο κελί του ασύρματου δικτύου συντονίζονται από ένα σταθμό βάσης που ονομάζεται **σημείο πρόσβασης** (access point). Το access point μπορεί να συνδέσει πολλά κελιά ενός WLAN μεταξύ τους και μπορεί επίσης να συνδέσει τα cells του WLAN με ένα ενσύρματο Ethernet LAN μέσω καλωδίου σε μια έξοδο του Ethernet LAN (Καραγάνης Γ., 2009:73).

Ασύρματα Δίκτυα (WLAN - Wireless LAN, WWAN – Wireless WAN)

Ένα ασύρματο δίκτυο είναι βασικά το ίδιο με το τοπικό LAN ή ένα WAN αλλά εκεί δεν υπάρχει κανένα καλώδιο μεταξύ των hosts και των servers. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ραδιο-πομποδεκτών (radio transceivers). Αυτοί οι τύποι δικτύων είναι ευεργετικοί όταν είναι πάρα πολύ δαπανηρό ή ενοχλητικό να χρησιμοποιηθούν καλώδια.

Τα πρωτόκολλα πρόσβασης για LAN προέρχονται από την IEEE. Το πιο κοινό είναι το IEEE 802.11 που είναι για κάλυψη WLANs, και ανάλογα με τις κεραίες, κυμαίνεται σε διάφορα εύρη συχνοτήτων. Για τις μεγαλύτερες περιοχές, χρησιμοποιούνται είτε οι δορυφόροι επικοινωνιών, είτε μπάντες του κυψελοειδούς ραδιοφώνου (cellular radio), είτε του ασύρματου τοπικού βρόχου (wireless local loop - 802.16) και όλα έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους (<http://pelopas.uop.gr/~tst04014/methodoi.html>).



Εικόνα 4: Σημεία πρόσβασης που μεταδίδουν ασύρματα δεδομένα από και προς συσκευές δικτύου, σύνδεση ασυρμάτων συσκευών για το ενσύρματο LAN και το internet

(Πηγή: <http://pelopas.uop.gr/~tst04014/methodoi.html>)

1.3.2 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ασύρματων Δικτύων

✚ Πλεονεκτήματα Ασύρματων Δικτύων

Τα βασικά πλεονεκτήματα που παρέχει ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο προέρχονται από την φύση της ασύρματης τεχνολογίας η οποία προσφέρει πολλές ευκολίες. Έτσι, τα **βασικότερα πλεονεκτήματα** αυτών των δικτύων είναι τα εξής:

❖ **Ευκολία (Convenience):** Η ασύρματη φύση αυτών των δικτύων επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση στους πόρους ενός δικτύου, από σχεδόν οποιαδήποτε τοποθεσία χωρίς να πρέπει να βρίσκονται στο σπίτι ή στο γραφείο. Με την αύξηση της χρήσης φορητών υπολογιστών, αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό.

❖ **Κινητικότητα (Mobility):** Τα WLAN παρέχουν την δυνατότητα στους χρήστες για πρόσβαση σε πληροφορίες, ενώ βρίσκονται σε κίνηση. Αυτή η ευχέρεια στην κίνηση υποστηρίζει την παραγωγικότητα και τις ευκαιρίες για εξυπηρέτηση οι οποίες δεν είναι δυνατές με ενσύρματα δίκτυα. Οι εφαρμογές που στηρίζονται στην κινητικότητα κατά τη χρήση συσκευών σε ένα WLAN συμπεριλαμβάνουν και αυτές που στηρίζονται στην πρόσβαση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο - τα οποία είναι συνήθως αποθηκευμένα σε βάσεις δεδομένων (Αργυρού Α., 2009:49). Μία τέτοια εφαρμογή συναντάμε στους αγώνες ταχύτητας. Τα αυτοκίνητα έχουν σύνθετα συστήματα επεξεργασίας που παρακολουθούν και ελέγχουν τα διάφορα όργανα που βρίσκονται στο αυτοκίνητο. Όταν το αυτοκίνητο περνάει μπροστά από τη βάση της ομάδας στα pit, οι πληροφορίες αυτές φορτώνονται στον κεντρικό υπολογιστή, καθιστώντας ικανή μια ανάλυση σε πραγματικό χρόνο της επίδοσης του αυτοκινήτου.

❖ **Ταχύτητα και ευελιξία εγκατάστασης:** Η εγκατάσταση ενός WLAN εξαλείφει την ανάγκη της χρήσης των καλωδίων η οποία απαιτεί συνήθως κόπο και χρόνο, ενώ η ασύρματη τεχνολογία επιτρέπει τη διασύνδεση δικτύων η οποία υπό άλλες συνθήκες θα ήταν αδύνατη. Μακροπρόθεσμα, η εγκατάσταση, η αναβάθμιση και το κόστος συντήρησης των συστημάτων WLAN, τα καθιστούν μια οικονομικότερη λύση.

❖ **Μειωμένο κόστος χρήσης:** Παρότι, η αρχική επένδυση για έναν εξοπλισμό WLAN μπορεί να είναι υψηλότερη από μια ενσύρματη σύνδεση, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο, καθώς μακροπρόθεσμα τα κέρδη είναι μεγαλύτερα σε περιβάλλοντα όπου απαιτούνται πολλές μετακινήσεις.

❖ **Συμβατότητα:** Τα ασύρματα δίκτυα διαφοροποιούνται για να ικανοποιήσουν τις ανάγκες συγκεκριμένων εγκαταστάσεων και εφαρμογών. Οι διαμορφώσεις αλλάζουν εύκολα από μικρά δίκτυα κατάλληλα για έναν μικρό αριθμό χρηστών σε πλήρως ανεπτυγμένα δίκτυα που καλύπτουν εκατοντάδες χρήστες.

❖ **Νομαδική πρόσβαση:** Η νομαδική πρόσβαση βρίσκει εφαρμογή σε χώρους όπως επιχειρήσεις ή πανεπιστημιούπολεις, όπου τα κτίρια βρίσκονται συγκεντρωμένα. Σε αυτές τις

περιπτώσεις, οι χρήστες μετακινούνται μέσα στο χώρο και μπορούν με τους φορητούς υπολογιστές τους να προσπελαίνουν αρχεία των servers και άλλων κόμβων του δικτύου. Η νομαδική πρόσβαση παρέχει μία ασύρματη σύνδεση μεταξύ ενός τοπικού δικτύου και ενός φορητού υπολογιστή, ο οποίος είναι εξοπλισμένος με μια κεραία, όπως είναι ένα laptop ή ένα notepad. Ένα παράδειγμα χρήσης μιας τέτοιου είδους σύνδεσης, είναι να μπορεί ένας υπάλληλος που γυρίζει από ένα ταξίδι να μεταφέρει πληροφορίες από τον προσωπικό του υπολογιστή στον υπολογιστή στο γραφείο του. Η νομαδική πρόσβαση είναι επίσης, χρήσιμη και σε χώρους όπως μια επιχείρηση, ή μια πανεπιστημιούπολη, στους οποίους τα κτίρια βρίσκονται συγκεντρωμένα ανά ομάδες. Στις περιπτώσεις αυτές, οι χρήστες μπορούν να μετακινούνται μέσα στο χώρο της επιχείρησης ή του πανεπιστημίου και με τους φορητούς υπολογιστές τους να προσπελαίνουν αρχεία των servers και των υπολογιστών που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε κάποιο τοπικό δίκτυο.

❖ **Διασύνδεση:** Μια άλλη περίπτωση της διεύρυνσης είναι και η διασύνδεση δυο ή παραπάνω αυτόνομων τοπικών δικτύων που βρίσκονται σε διαφορετικούς χώρους. Για παράδειγμα, αν είναι δύσκολο να χρησιμοποιήσουμε οπτικές ίνες για να ενώσουμε δίκτυα σε διαφορετικά κτίρια (λόγω εδάφους, κόστους, αδειών κλπ) συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε ασύρματη ζεύξη. Στην περίπτωση αυτή, χρησιμοποιείται μια ασύρματη σύνδεση από σημείο-σε-σημείο (wireless point-to-point link) μεταξύ των δύο κτιρίων (Tanenbaum A., 2000).

✚ **Μειονεκτήματα Ασυρμάτων Δικτύων**

Η χρήση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (ραδιοκυμάτων και υπέρυθρης ακτινοβολίας) για την μεταφορά πληροφορίας κάνουν τα ασύρματα δίκτυα ευπρόσβλητα σε πολλά φαινόμενα παρεμβολής, τα οποία αλλοιώνουν την επικοινωνία των χρηστών. Τα κυριότερα από αυτά τα **προβλήματα** χρήσης τοπικών δικτύων είναι τα εξής:

- **Path loss:** Οι απώλειες που μπορεί να έχουμε σε μια ασύρματη επικοινωνία από το «path loss» εξαρτώνται άμεσα από την ύπαρξη ή μη οπτικής επαφής (LOS: Line Of Sight).
- **Υψηλό Κόστος:** Το κόστος για τον χρήστη του δικτύου είναι αυξημένο, διότι οι συσκευές εκπομπής και λήψης είναι ακόμη ακριβές.
- **Παρεμβολές ραδιοσημάτων:** Οι παρεμβολές από ραδιοσήματα (Radio Signal Interfernece) διαχωρίζονται σε Εσωτερικές (inward) και Εξωτερικές (outward) (Μίτας Μ., 2009:15).

- **Διαχείριση ενέργειας:** Θα πρέπει να επιλέγονται προϊόντα για σωστή διαχείριση ενέργειας, ώστε να μεγιστοποιείται η αυτονομία του δικτύου. Χρειάζονται λύσεις για την παροχή των συσκευών με ενέργεια γιατί η φορητότητα καταργείται αν τα τερματικά δεν είναι αυτόνομα για μεγάλο χρονικό διάστημα.
- **Ασυμβατότητα συστημάτων:** Για το στήσιμο ενός WLAN θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και την ασυμβατότητα μεταξύ προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών.
- **Προστασία της υγείας των χρηστών:** Τα ασύρματα LAN που χρησιμοποιούν την τεχνική μετάδοσης με υπέρυθρες ακτίνες, θα πρέπει να περιορίζουν την ισχύ του εκπεμπόμενου σήματος στο ανώτερο όριο των 2 Watts, για να αποφευχθούν προβλήματα υγείας.
- **Το πρόβλημα του κρυμμένου κόμβου:** Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν υπάρχει ένας σταθμός που δεν μπορεί να ανιχνεύσει την δραστηριότητα ενός άλλου σταθμού ώστε να αναγνωρίσει ότι το μέσο χρησιμοποιείται. Υπάρχει περιορισμός στον αριθμό των ανεξάρτητων δικτύων που μπορούν να λειτουργούν σε μια γεωγραφική περιοχή λόγω παρεμβολής στη συχνότητα μεταξύ τους.
- **Ασφάλεια δικτύου:** Η συνολική λειτουργία ενός ασύρματου δικτύου εμπεριέχεται στα χαμηλότερα επίπεδα της αρχιτεκτονικής ενός δικτύου και δεν ενυπάρχει με άλλες λειτουργίες όπως εγκατάσταση σύνδεσης ή άλλες υπηρεσίες (π.χ. login) που προσφέρουν τα ανώτερα στρώματα. Έτσι, το μόνο θέμα που σχετίζεται με την ασφάλεια και τα ασύρματα δίκτυα είναι τα θέματα ασφαλείας των χαμηλότερων στρωμάτων, π.χ. κρυπτογράφηση (encryption) δεδομένων. Υπάρχουν ζητήματα ασφαλείας, διότι τα δεδομένα που μεταφέρονται ασύρματα είναι ευάλωτα σε πιθανές υποκλοπές, αν και τα πρωτόκολλα έχουν προβλέψει για κώδικες κρυπτογράφησης.

Για αυτό το λόγο, έχουν δημιουργηθεί διάφορες τεχνικές κωδικοποίησης οι οποίες καθιστούν δύσκολη την υποκλοπή της πληροφορίας που μεταδίδεται. Τέτοιες είναι, οι τεχνικές εξάπλωσης φάσματος (spread spectrum), ενώ εάν απαιτείται περισσότερη ασφάλεια, καθορίζεται η χρήση της κωδικοποίησης WEP (Wired Equivalent Privacy) (Tanenbaum A., 2000).

1.3.3 Χρήσεις των Ασύρματων Τοπικών Δικτύων

Ενδεικτικά, τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέσα στο χώρο μιας επιχείρησης, μιας σχολικής μονάδας, μιας δημόσιας υπηρεσίας, κλπ. για:

- ✓ Επικοινωνία των υπολογιστών χωρίς τη χρήση και το κόστος της δομημένης καλωδίωσης
- ✓ Επέκταση του ήδη υπάρχοντος δικτύου με αμελητέο κόστος και υποδομή
- ✓ Χρήση ασύρματης τηλεφωνίας μέσα από το ήδη υπάρχον ασύρματο δίκτυο
- ✓ Επισκόπηση χωρών χρησιμοποιώντας ασύρματες κάμερες
- ✓ Ως hotspot: Το hotspot είναι ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης στο internet. Στην πραγματικότητα, δεν είναι απλώς ένα σημείο, αλλά μια περιοχή η οποία καλύπτεται από συσκευές που επιτρέπουν και διαχειρίζονται την ασύρματη πρόσβαση των χρηστών στο internet (http://www.lamia.gr/sites/default/files/field/file/parexomenes_ypir/hotspot_manual.pdf).

Ένα hotspot μπορεί να έχει εμβέλεια από μερικά μέτρα και να φτάσει ακόμη και το ένα χιλιόμετρο κάλυψης, εάν αυτό είναι επιθυμητό. Ένας χρήστης, εκμεταλλευόμενος τις δυνατότητες που του παρέχει η ασύρματη σύνδεσή του με το hotspot, είναι σε θέση να πραγματοποιήσει στον υπολογιστή του οποιαδήποτε εργασία έχει σχέση με το internet σαν να ήταν στο σπίτι του ή στο γραφείο του. Αυτό σημαίνει ότι, ο χρήστης του hotspot μπορεί να το χρησιμοποιήσει για τις ακόλουθες εργασίες:

- Πλοήγηση στο Διαδίκτυο (web surfing)
- Ανταλλαγή αρχείων και online επικοινωνία μεταξύ των χρηστών
- Πρόσβαση σε εφαρμογές πολυμεσικού περιεχομένου (multimedia), για την λήψη εικόνων, διαδραστικού βίντεο και μουσικής.
- Λήψη ενημερωτικού ή εκπαιδευτικού περιεχομένου

1.4 Τρόπος Λειτουργίας WLANs

Τα **WLANs** χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα για να διαβιβάσουν τις πληροφορίες από ένα σημείο σε ένα άλλο, χωρίς απαίτηση για ενσύρματη σύνδεση. Αρχικά, οι πληροφορίες προς μετάδοση διαμορφώνουν κατάλληλα τη φέρουσα συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων του πομπού, κατόπιν τα κύματα μεταδίδονται μέσω του αέρα και τέλος, φτάνοντας στο δέκτη, αποδιαμορφώνονται και οι μεταδιδόμενες πληροφορίες ανακτώνται. Υπάρχει δυνατότητα ο πομπός να εκπέμπει ταυτόχρονα, στον ίδιο χώρο, περισσότερες της μίας φέρουσας συχνότητας, οι οποίες δεν παρεμβάλλονται μεταξύ τους, εφόσον βέβαια αυτές είναι όλες διαφορετικές.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, για να ανακτήσει τις πληροφορίες ο δέκτης, συντονίζεται (ή επιλέγει) μια ραδιοσυχνότητα, απορρίπτοντας έτσι τα ραδιοσήματα στις υπόλοιπες συχνότητες. Σε μια τυπική διάταξη WLAN, μια συσκευή πομπού/δέκτη, αποκαλούμενη σημείο πρόσβασης, είναι συνδεδεμένη στο ενσύρματο δίκτυο σε συγκεκριμένη θέση, χρησιμοποιώντας συνήθως τυπικό καλώδιο Ethernet. Αυτό το σημείο πρόσβασης λαμβάνει, αποθηκεύει, και διαβιβάζει πληροφορίες μεταξύ του WLAN και του ενσύρματου δικτύου, ενώ μπορεί να υποστηρίξει μια μικρή ομάδα χρηστών και να λειτουργήσει εντός μιας ακτίνας από 30 έως μερικές 100άδες μέτρα.

Οι τελικοί χρήστες έχουν πρόσβαση στο WLAN μέσω των ειδικών προσαρμογέων ασύρματου τοπικού δικτύου, οι οποίοι μπορούν να εφαρμοστούν ως κάρτες στους φορητούς υπολογιστές ή ακόμα και να είναι πλήρως ενσωματωμένες συσκευές μέσα στους φορητούς υπολογιστές. Οι προσαρμογείς WLAN αποτελούν τη διεπαφή μεταξύ του λειτουργικού συστήματος των χρηστών του δικτύου και των ραδιοκυμάτων, μέσω μιας κεραίας (<http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page12.html>). Η φύση της ασύρματης σύνδεσης είναι διαφανής (transparent) στο λειτουργικό σύστημα των τερματικών χρηστών.

1.4.1 Τρόποι σύνδεσης

Όπως είναι γνωστό, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα επιτρέπουν στους σταθμούς εργασίας να επικοινωνούν μέσω μετάδοσης ραδιοκυμάτων. Το ασύρματο τοπικό δίκτυο μπορεί να είναι ήδη συνδεδεμένο σε ένα υπάρχον ενσύρματο τοπικό δίκτυο σαν επέκταση αυτού ή μπορεί να είναι η βάση για ένα νέο δίκτυο. Παρόλο, που τα ασύρματα δίκτυα εφαρμόζονται και σε εσωτερικούς και σε εξωτερικούς χώρους, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα ταιριάζουν ειδικότερα σε εσωτερικούς χώρους όπως γραφεία, ακαδημαϊκά ιδρύματα, ξενοδοχεία, νοσοκομεία κλπ. Οι υπολογιστές χρησιμοποιούν ασύρματες κάρτες δικτύου (Εικόνα 5) για να συνδεθούν.



Εικόνα 5: Ασύρματες κάρτες δικτύου με διάφορες συνδεσμολογίες (PCMCIA, PCI και USB από αριστερά προς τα δεξιά)

Η βασική μονάδα ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι η κυψέλη. Η κυψέλη είναι η περιοχή όπου λαμβάνει χώρα η ασύρματη επικοινωνία. Η περιοχή κάλυψης μιας κυψέλης εξαρτάται από την ισχύ του μεταδιδόμενου σήματος και του τύπου και της κατασκευής των τοίχων, των χωρισμάτων και άλλων φυσικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού χώρου. Όλοι οι ασύρματοι σταθμοί εργασίας μπορούν να μετακινούνται ελεύθερα μέσα στην κυψέλη.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 2 °

Τοπολογίες Τοπικών Δικτύων & οι Μηχανισμοί τους

2.1 Εισαγωγή

Τοπολογία δικτύου είναι η γεωμετρική και φυσική διάταξη των καλωδίων και των συσκευών που συνδέονται με το δίκτυο. Αυτή η διάταξη μπορεί να είναι ένας διαύλος, ένας δακτύλιος ή ένας αστέρας. Αν το δίκτυο είναι πολύ μεγάλο, ενδέχεται να υπάρχουν και τα τρία είδη σε διάφορα σημεία του δικτύου. Οι τοπολογίες είναι είτε φυσικές είτε λογικές. Τα κυριότερα είδη τοπολογιών είναι η γραμμική, η τύπου διαύλου, δακτυλίου, αστέρα, η κατανεμημένη, η πλήρως κατανεμημένη και η τύπου δένδρου.

Οι τοπολογίες είναι δυνατό να είναι φυσικές (πραγματική καλωδίωση) ή λογικές (ο τρόπος λειτουργίας τους). Υπάρχουν τέσσερις βασικές τοπολογίες: Αστεριού, διαύλου, δακτυλίου και πλέγματος.

- Σε μια τοπολογία διαύλου, οι υπολογιστές συνδέονται γραμμικά σε ένα απλό καλώδιο. Οι τοπολογίες διαύλου απαιτούν μια τερματική αντίσταση σε κάθε άκρο του καλωδίου.
- Σε μια τοπολογία αστεριού, οι υπολογιστές συνδέονται σε ένα κεντρικό hub (ομφαλό)
- Σε μια τοπολογία πλέγματος, όλοι οι υπολογιστές του δικτύου συνδέονται μεταξύ τους με χωριστά καλώδια.
- Σε μια τοπολογία δακτυλίου με σκυτάλη, οι υπολογιστές συνδέονται ως μηχανήματα σε σχήμα αστεριού, αλλά λογικά σε δακτύλιο ή κύκλο. Τα δεδομένα μεταβιβάζονται από τον ένα υπολογιστή στον άλλο κατά μήκος της περιφέρειας του κύκλου.
- Τα hub χρησιμοποιούνται για τη συγκέντρωση της κίνησης των δεδομένων και τον εντοπισμό των βλαβών. Αν κοπεί ένα καλώδιο δεν πρόκειται να «πέσει» ολόκληρο το δίκτυο.

2.2 Αρχιτεκτονική Τοπικών Δικτύων

Τοπικά και μητροπολιτικά δίκτυα (LAN/MAN) εμπεριέχουν τυποποιήσεις, οι οποίες καθορίζονται από την ομάδα εργασίας 802 της IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), ενός διεθνούς μη κερδοσκοπικού επαγγελματικού συλλόγου, που απαριθμεί εκατοντάδες χιλιάδες μέλη (ηλεκτρολόγους και ηλεκτρονικούς μηχανικούς) σε πάνω από 150

χώρες στον κόσμο. Η επιτροπή IEEE 802 είναι οργανωμένη σε υπο-επιτροπές κάθε μία των οποίων είναι αρμόδια να προτείνει πρότυπα για κάθε τεχνολογία δικτύου.

2.2.1 Τοπολογίες Δικτύων

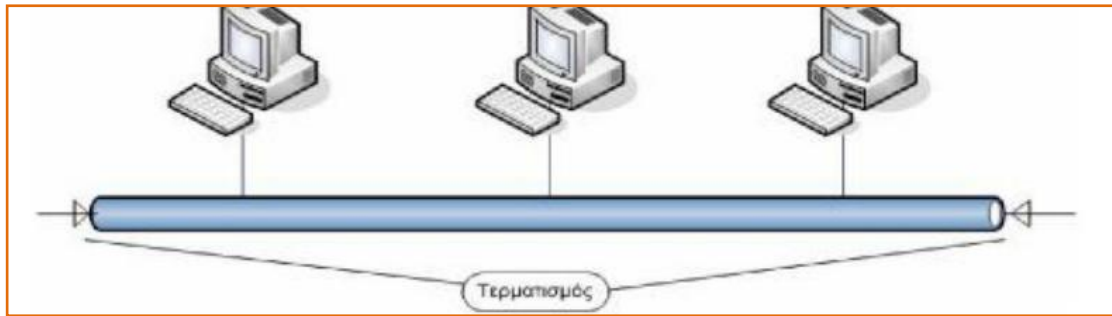
Η τοπολογία ενός δικτύου επικοινωνιών καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η φυσική σύνδεση των κόμβων του. Επομένως, η τοπολογία προσδιορίζει τους αγωγούς διέλευσης των πληροφοριών και κατά συνέπεια τους δυνατούς τρόπους διασύνδεσης των κόμβων (έναν προς έναν ή έναν προς πολλούς), καθώς και η κατηγορία του μέσου (ενσύρματο ή ασύρματο) αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για την ταξινόμηση των τοπολογιών ενός τοπικού δικτύου (<http://www.slideshare.net/std09068/ss-13306431>).

2.2.1.1 Τοπολογίες Ενσύρματων Τοπικών Δικτύων

Οι βασικές τοπολογίες τοπικών δικτύων είναι ο δίαυλος, ο δακτύλιος και το άστρο. Υπάρχουν όμως και τοπολογίες που προκύπτουν από τροποποίηση, επέκταση ή συνδυασμό των βασικών τοπολογιών, όπως είναι για παράδειγμα, η τοπολογία του διπλού δακτυλίου (επέκταση του δακτυλίου), του δένδρου (τροποποίηση του διαύλου), του άστρου - δακτυλίου (συνδυασμός των δύο βασικών τοπολογιών), καθώς και πιο πολύπλοκες τοπολογίες (δικτυωτά), οι οποίες δεν εντάσσονται σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και αφορούν κυρίως περιπτώσεις δικτύων ευρείας περιοχής. Στη συνέχεια, θα εξεταστούν αναλυτικότερα οι κυριότερες τοπολογίες που αφορούν τα ενσύρματα τοπικά δίκτυα, καταγράφοντας τα κύρια πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματά τους. (https://el.wikipedia.org/wiki/Τοπολογία_δικτύου)

2.2.1.2 Τοπολογία διαύλου

Με την τοπολογία αυτή όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται άμεσα, χωρίς τη μεσολάβηση άλλων διατάξεων, διαμέσου του κατάλληλου προσαρμοστικού υλικού (συνδετήρες, βύσματα, τερματισμοί, κλπ.) σε μια κοινή γραμμή επικοινωνίας που λέγεται δίαυλος (bus). Τα πακέτα μεταδίδονται σε όλο το μήκος του φυσικού μέσου και μπορεί να παραληφθούν από όλους τους άλλους κόμβους (Εικόνα 6). Κάθε κόμβος βλέπει το μήνυμα, ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Τα δίκτυα διαύλου δεν παρουσιάζουν κατασκευαστική πολυπλοκότητα και μπορούν εύκολα να αναδιαταχθούν ή να επεκταθούν προσθέτοντας ή αφαιρώντας διατάξεις. Επίσης, η βλάβη σε κάποιον κόμβο δεν επηρεάζει το δίκτυο, αφού αυτός μπορεί εύκολα να απομονωθεί.



Εικόνα 6: Τοπολογία διαύλου

Τα **δίκτυα διαύλου** αποτελούν καλή επιλογή όταν:

- ✓ Ο αριθμός των κόμβων που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο είναι μικρός
- ✓ Η κυκλοφορία είναι μικρή

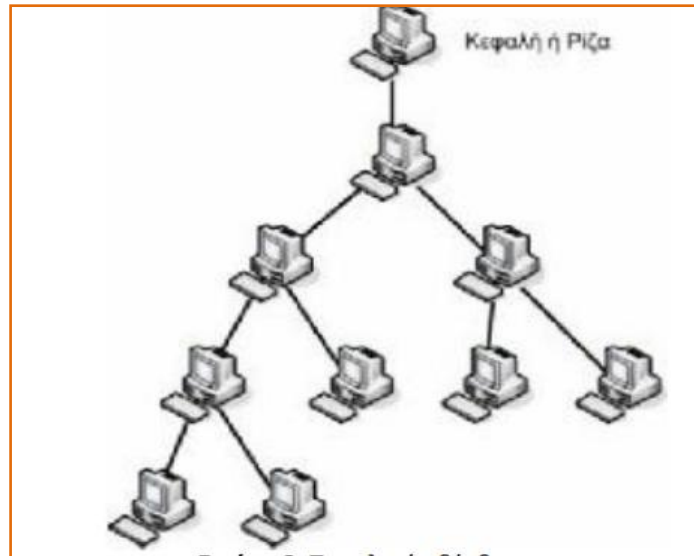
Τέλος, τα δίκτυα διαύλου παρουσιάζουν χαμηλή απόδοση σε κάθε ενέργεια που προκαλεί αύξηση της κυκλοφορίας.

2.2.1.3 Τοπολογία δένδρου

Η τοπολογία δένδρου αποτελεί τροποποίηση της τοπολογίας διαύλου. Το διάγραμμά της μοιάζει με αυτό ενός ανεστραμμένου δένδρου, στο οποίο τόσο ο κορμός όσο και τα κλαδιά αποτελούνται από δίκτυα διαύλου (Εικόνα 7). Στην τοπολογία δένδρου το μέσο μετάδοσης είναι ένα διακλαδιζόμενο καλώδιο χωρίς κλειστούς βρόχους, το οποίο ξεκινάει από έναν κόμβο που λέγεται κεφαλή ή ρίζα. Η ρίζα μεταδίδει σε όλο το δίκτυο το σήμα το οποίο λαμβάνει από κάθε κόμβο που εκπέμπει, με αποτέλεσμα ο δίαυλος που περνά από τη ρίζα να έχει συνήθως και μεγάλο φόρτο κίνησης. Κάθε δίαυλος που περνά από τη ρίζα μπορεί να έχει διακλαδώσεις, οι οποίες μπορούν με τη σειρά τους να έχουν άλλες διακλαδώσεις, δημιουργώντας με αυτόν τον τρόπο πολύπλοκα σχεδιαγράμματα.

(<http://www.ekoletsou.gr/pdfFiles/NETWORKS3.pdf>)

Η **τοπολογία δένδρου** παρουσιάζει τα ίδια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα με την τοπολογία διαύλου, αφού ουσιαστικά αποτελεί παράγωγο της. Πρόσθετο όμως μειονέκτημα αποτελεί ο καθοριστικός ρόλος της ρίζας στη μετάδοση, αφού σε περίπτωση βλάβης της προκαλείται κατάρρευση ολόκληρου του τμήματος του δικτύου που ελέγχει.



Εικόνα 7: Τοπολογία δένδρου

2.2.1.4 Τοπολογία δακτυλίου

Στην **τοπολογία δακτυλίου** το δίκτυο αποτελείται από ένα σύνολο διαδοχικών κόμβων με συνδέσεις σημείου προς σημείο, ώστε να σχηματίζεται ένας κλειστός βρόχος (Εικόνα 8). Κάθε κόμβος συνδέεται στο δίκτυο διαμέσου μιας διάταξης που λέγεται **αναμεταδότης**. Η διάταξη αυτή έχει στόχο την ενίσχυση του σήματος και την αποστολή του στον κόμβο με τον οποίο είναι συνδεδεμένη.

Οι συνδέσεις είναι μίας κατεύθυνσης, δηλαδή η ροή των πληροφοριών έχει την ίδια πάντα φορά επάνω στο διάυλο (είτε αυτήν των δεικτών του ρολογιού, είτε την αντίστροφη). Τα πακέτα μεταδίδονται από κόμβο σε κόμβο χωρίς ιδιαίτερη καθυστέρηση και χωρίς επιβάρυνση του δικτύου με πληροφορίες δρομολόγησης, όπως η διεύθυνση του παραλήπτη. Κάθε κόμβος που βλέπει το μήνυμα ελέγχει τη διεύθυνση του παραλήπτη και αν τον αφορά το αντιγράφει. Από τη στιγμή που πολλοί κόμβοι μοιράζονται το ίδιο μέσο μετάδοσης, απαιτείται έλεγχος προκειμένου να καθοριστεί πότε κάθε σταθμός μπορεί να μεταδώσει πακέτα. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να είναι κεντρικός ή κατακεκολλημένος. Η κατακεκολλημένη ενός κόμβου δεν σημαίνει απαραίτητα και διακοπή της κυκλοφορίας, αφού υπάρχουν μέθοδοι απομόνωσής τους. (http://blogs.sch.gr/hristope/files/2014/03/DiktyaIKef1_2.pdf)

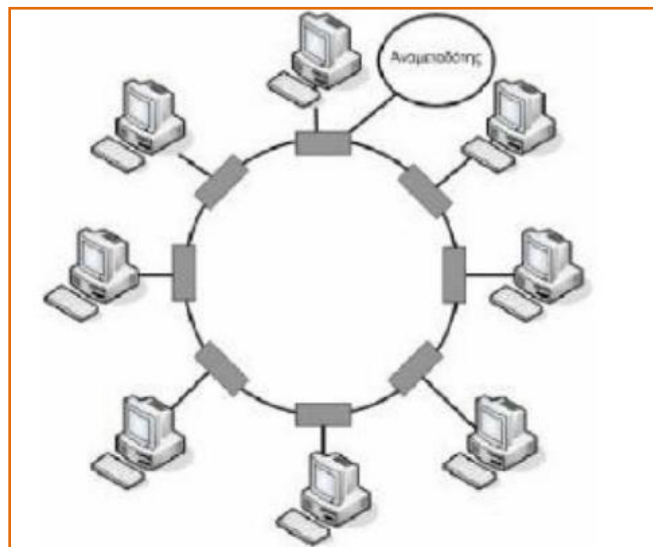
Η **τοπολογία δακτυλίου** αποτελεί καλή επιλογή όταν:

- ❖ Απαιτείται ισοκατανομή της χωρητικότητας στους κόμβους του δικτύου

- ❖ Υπάρχει σε μικρές αποστάσεις μικρός αριθμός κόμβων οι οποίοι απαιτούν υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης.
- ❖ Κάθε κόμβος πρέπει να μεταδώσει οπωσδήποτε πριν από κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

Τα δίκτυα δακτυλίου παρουσιάζουν:

- ❖ Σημαντική μέση καθυστέρηση μετάδοσης, ακόμη και στην περίπτωση μικρών φορτίων κίνησης.
- ❖ Μη αναλογική με το φορτίο αύξηση της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης
- ❖ Σταθερή χρησιμοποίηση του καναλιού της μέσης καθυστέρησης μετάδοσης
- ❖ Επέκταση της τοπολογίας του δακτυλίου αποτελεί ο διπλός δακτύλιος, με αντίθετες κατευθύνσεις μετάδοσης σε κάθε δακτύλιο που χρησιμοποιείται στα δίκτυα υψηλών επιδόσεων.



Εικόνα 8: Τοπολογία δακτυλίου

2.2.1.5 Τοπολογία άστρου

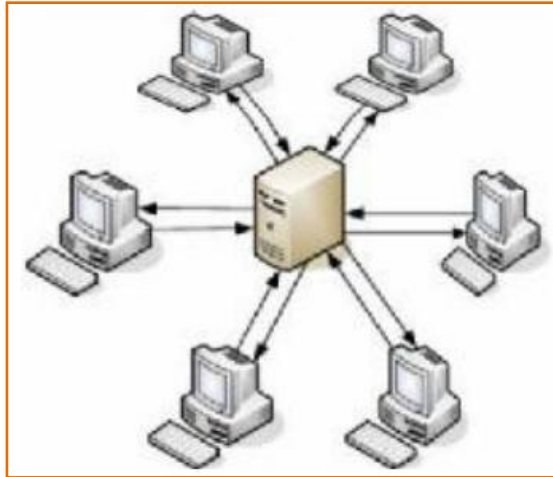
Στην τοπολογία άστρου κάθε κόμβος συνδέεται άμεσα με έναν κεντρικό σταθμό εξυπηρέτησης διαμέσου δύο συνδέσεων σημείου προς σημείο, μιας ανά κατεύθυνσης μετάδοσης (Εικόνα 9). Η τοπολογία αυτή έχει όλα τα χαρακτηριστικά της τοπολογίας διαύλου, διότι η μετάδοση κάποιου κόμβου γνωστοποιείται σε όλους τους άλλους κόμβους και επειδή μόνο ένας κόμβος μπορεί να μεταδώσει επιτυχημένα κάθε χρονική στιγμή. Τα

μηνύματα των κόμβων μεταδίδονται στον κεντρικό κόμβο, ο οποίος ενεργεί ανάλογα με τη μορφή ελέγχου που ασκείται.

Υπάρχουν τρεις μορφές ελέγχου που μπορούν να υλοποιηθούν σε μία τοπολογία άστρου. Στην πρώτη μορφή ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για όλες τις διαδικασίες δρομολόγησης των μηνυμάτων. Τα μηνύματα που φθάνουν στον κεντρικό κόμβο υφίστανται επεξεργασία και αποστέλλονται σε κάποιον από τους κόμβους προκειμένου να σταλούν στον παραλήπτη. Στη δεύτερη περίπτωση, ο έλεγχος ασκείται από κάποιον περιφερειακό κόμβο, ενώ ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί σαν διακόπτης μεταγωγής (επαναλήπτης), που εγκαθιστά συνδέσεις μεταξύ των κόμβων, αποστέλλοντας τα μηνύματα σε όλους τους κόμβους. Στην τρίτη περίπτωση, ο έλεγχος είναι ισοκατανεμημένος στους κόμβους, ενώ ο κεντρικός κόμβος είναι υπεύθυνος για τη δρομολόγηση και την αποφυγή των συγκρούσεων. Η τοπολογία άστρου αποτελεί καλή επιλογή όταν:

- ✓ Απαιτούνται ολοκληρωμένες υπηρεσίες φωνής – δεδομένων
- ✓ Απαιτούνται υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης

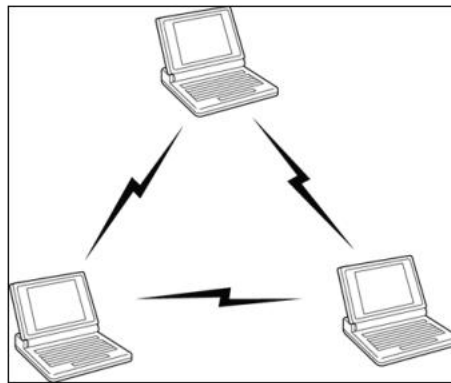
Η υλοποίηση των δικτύων άστρου είναι πολύπλοκη, αφού ορισμένοι κόμβοι μπορεί να είναι απλές περιφερειακές μονάδες και άλλοι να ασκούν έλεγχο. Σε περίπτωση κεντρικού ελέγχου ο κεντρικός κόμβος λειτουργεί παρόμοια με ένα ιδιωτικό κέντρο μεταγωγής, όπως αυτά που χρησιμοποιούνται στην τηλεφωνία. Πολλά χαρακτηριστικά του δικτύου εξαρτώνται από τις δυνατότητες του κεντρικού κόμβου. Τέτοια χαρακτηριστικά είναι η χωρητικότητα του δικτύου, η δυνατότητα επέκτασής του όσον αφορά τον αριθμό των κόμβων που μπορεί να υποστηρίξει, ο ρυθμός μεταφοράς των γραμμών επικοινωνίας, η αξιοπιστία του κλπ. (http://www.edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/04_Computers_and_Networks_books/016/07_3.pdf)



Εικόνα 9: Τοπολογία άστρου

Independent Basic Service Set (IBSS) ή Ad hoc δίκτυα:

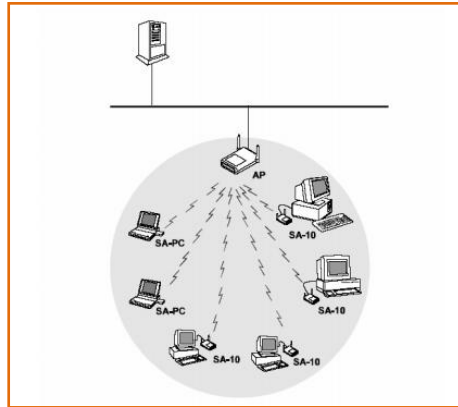
Στα Ad-hoc ασύρματα τοπικά δίκτυα δεν υπάρχει κάποιος κεντρικός διανομέας ο οποίος αναλαμβάνει τη διασύνδεση των υπολογιστών. Οι υπολογιστές επικοινωνούν ο ένας με τον άλλο σε μια αυτόνομη οργάνωση η οποία δημιουργείται και καταργείται κατά βούληση χωρίς να υπάρχει μια μόνιμη κεντρική υποδομή (Εικόνα 10) (Γεωργακόπουλος Κ., 2007:12).



Εικόνα 10: Κυψέλη ad-hoc ασύρματου τοπικού δικτύου

Basic Service Set (BSS) δίκτυα:

Στα δίκτυα BSS η επικοινωνία μεταξύ των σταθμών επιτυγχάνεται με έναν κεντρικό ασύρματο διανομέα ο οποίος ονομάζεται **Access Point** (Εικόνες 11 και 12). Ο διανομέας αυτός λειτουργεί όπως τα Hub ή Switch στα καλωδιακά δίκτυα Ethernet. Το Access Point μπορεί να είναι συνδεδεμένο ή όχι με καλώδιο σε ένα δίκτυο κορμού ώστε να προωθεί την κίνηση των ασύρματων σταθμών). (Γεωργακόπουλος Κ., 2007:13)



Εικόνα 11: Η κυψέλη ενός τοπικού ασύρματου δικτύου τοπολογίας BSS

Το **Access Point** (AP) αναλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών και μπορεί να είναι συνδεδεμένο ή όχι σε ένα δίκτυο κορμού.



Εικόνα 12: Ένα τυπικό Access Point

Στην BSS τοπολογία η περιοχή κάλυψης του Access point αποτελεί την κυψέλη του δικτύου. Κάθε σταθμός στην κυψέλη χρησιμοποιεί ένα μοναδικό αναγνωριστικό το οποίο ονομάζεται SSID (Service Set Identifier) για την επικοινωνία και το οποίο ορίζεται στο Access Point από τον διαχειριστή του δικτύου. Οι σταθμοί πρέπει να γνωρίζουν το SSID του δικτύου για να συνδεθούν (Γεωργακόπουλος Κ., 2007:14).

Σε πολλές περιπτώσεις, όπως σε οικιακά ασύρματα δίκτυα, το Access Point μπορεί να συνδέεται απευθείας στο Internet μέσω συνήθως xDSL συνδέσεων. Σε αυτή την περίπτωση

το Access Point λειτουργεί σαν ένας ασύρματος δρομολογητής (wireless router) για τους σταθμούς που συνδέονται σε αυτόν (Εικόνα 13).

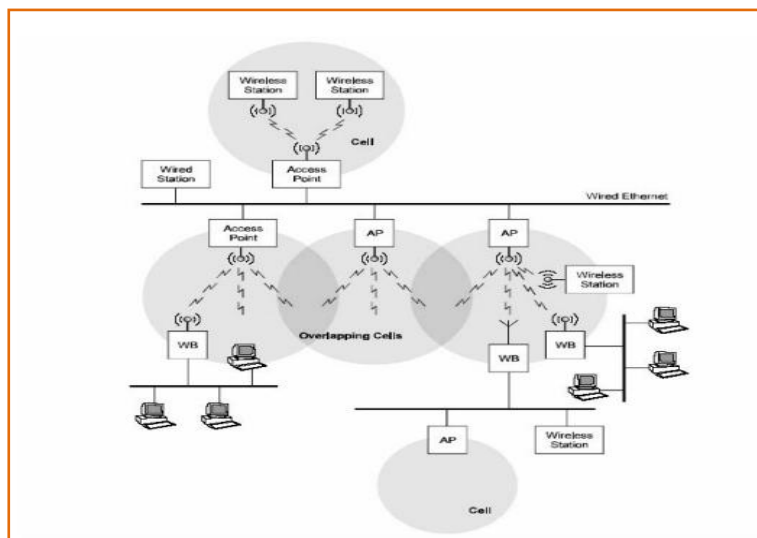


Εικόνα 13: Ένας τυπικός ασύρματος δρομολογητής

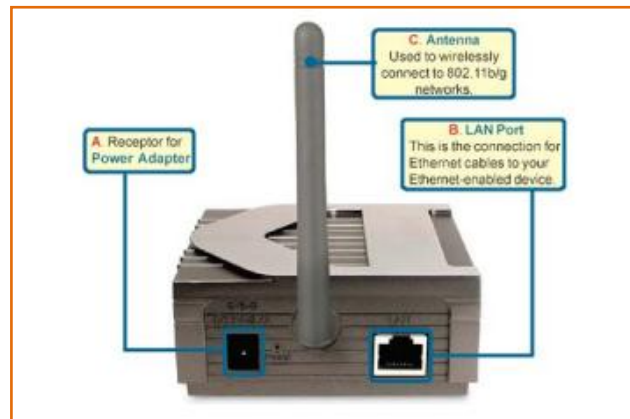
Τα Access Points δεν διαφέρουν πολύ στην όψη από τους Wireless Routers. Παρόλα αυτά, τα Access Points δεν μπορούν να προωθήσουν την κίνηση από τους ασύρματους σταθμούς.

Extended Service Set (ESS) δίκτυα:

Στην περίπτωση που υπάρχουν πολλά BSS δίκτυα τα οποία συνδέονται με ένα ενσύρματο δίκτυο κορμού για να σχηματίσουν ένα ευρύτερο δίκτυο τότε η τοπολογία ονομάζεται ESS (Εικόνα 14). Σε αυτά τα δίκτυα μπορεί να υπάρχουν και συσκευές οι οποίες ονομάζονται ασύρματες γέφυρες (Wireless Bridge, Εικόνα 15). Η ακτίνα κάλυψης του συστήματος μπορεί να αυξηθεί έτσι με την συνένωση πολλών σημείων ασύρματης ζεύξης.



Εικόνα 14: Extended Service Set τοπολογία



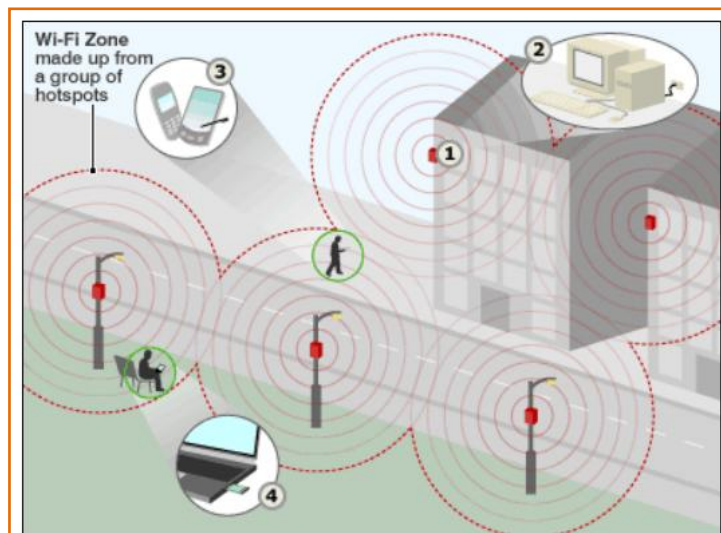
Εικόνα 15: Μια τυπική ασύρματη γέφυρα

Τυπικά οι ασύρματες γέφυρες χρησιμοποιούνται για να ενώσουν ασύρματα και ενσύρματα δίκτυα.

Hot Spots:

Το **Hotspot** είναι ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης στο internet. Πρακτικά δεν είναι απλώς ένα σημείο αλλά ένας χώρος ή μια περιοχή η οποία καλύπτεται από συσκευές ασύρματης πρόσβασης (Access Points) και διαχείρισης των χρηστών στο internet. Η εμβέλεια ενός HotSpot εξαρτάται από το πλήθος των Access Points και του λοιπού εξοπλισμού καλύπτοντας την οποιαδήποτε επιθυμητή περιοχή.

Ο όρος **Hot Spot** αναφέρεται στα τοπικά ασύρματα δίκτυα τα οποία παρέχουν πρόσβαση στο Internet και βρίσκονται σε δημόσιους χώρους. Συνήθως, είναι προσβάσιμα δωρεάν ή με κάποιο αντίτιμο. Τέτοιοι χώροι είναι τυπικά αεροδρόμια, café ή ακόμα και μεγάλοι κεντρικοί δημόσιοι χώροι σε μια πόλη. Ένα Hot Spot μπορεί να αποτελείται απλά από μια BSS τοπολογία με ασύρματο δρομολογητή που συνδέεται στο Internet ή να απλώνεται σε μεγαλύτερη έκταση με τη χρήση ESS τοπολογίας η οποία περιλαμβάνει και σύνδεση στο Internet (Καραμπότση Ν. 2010:8) (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Μια περιοχή όπου πολλά Hot Spots δημιουργούν μια ESS τοπολογία

Τα ασύρματα τοπικά Δίκτυα, γνωστά ως **Wireless Fidelity [WiFi] HotSpots**, αποτελούν σημεία ασύρματης πρόσβασης στο Internet βασισμένα στην τεχνολογία Wireless Ethernet. Η κυριότερη χρήση της τεχνολογίας WiFi είναι η παροχή υπηρεσιών ευριζωνικής σύνδεσης (broadband Internet) σε δημόσιους κλειστούς ή ανοικτούς χώρους. Στους συγκεκριμένους χώρους, η υπηρεσία αυτή παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης του χρήστη στο Internet μέσω του προσωπικού του υπολογιστή (ή του PDA) κάνοντας χρήση της ασύρματης σύνδεσης.

Τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό διακρίνεται μια συνεχώς αύξουσα τάση για πρόσβαση στην υπηρεσία WiFi, συνήθως με κάποια χρονοχρέωση. Πολλές επιχειρήσεις, μεγάλα ξενοδοχεία, αεροδρόμια, ακόμη και ενοικιαζόμενες κατοικίες, παρέχουν ασύρματη πρόσβαση στους πελάτες τους.

2.3 Μηχανισμοί και Μέθοδοι Τοπικών Δικτύων

2.3.1 Μηχανισμοί ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου

Οι σύνδεσμοι πολλαπλής πρόσβασης έχουν τον εξής λειτουργικό περιορισμό: σε μία αυθαίρετη χρονική στιγμή, επιτρέπουν μόνο σε έναν από τους διασυνδεδεμένους κόμβους να έχει την αποκλειστική χρήση του για τη μετάδοση δεδομένων. Έτσι, καθώς περιμένουμε να υπάρχουν περισσότεροι του ενός κόμβοι που να έχουν δεδομένα προς μετάδοση την ίδια χρονική στιγμή, τα τοπικά δίκτυα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με μηχανισμούς οι οποίοι θα ρυθμίζουν την προσπέλαση των κόμβων στο φυσικό μέσο. Τρεις είναι οι κύριοι **μηχανισμοί** ελέγχου προσπέλασης του φυσικού μέσου:

A.T.E.I. – Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής

Σπουδαστής: Ανμπούδης Μάτε

- ✚ Η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Ανίχνευση Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection – CSMA/CD).
- ✚ Η Πολλαπλή Πρόσβαση με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – CSMA/CA) και
- ✚ Το Πέρασμα Κουπονιού (token passing) (Κωλέτσου Ε., 2010:7)

2.3.1.1 Ο Μηχανισμός CSMA/CD

Ο μηχανισμός CSMA/CD βασίζεται σε μία ιδιότητα που πρέπει να διαθέτουν οι διασυνδεδεμένοι κόμβοι, η οποία ονομάζεται **ακρόαση φέροντος**. Αν ένας κόμβος διαθέτει αυτή την ιδιότητα, τότε μπορεί να παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης και σε κάθε χρονική στιγμή, να αναγνωρίζει αν μεταφέρονται δεδομένα στο δίκτυο ή αυτό είναι αδρανές. Αν δύο ή περισσότεροι κόμβοι μεταδώσουν δεδομένα στο δίκτυο την ίδια χρονική στιγμή (έχοντας προηγουμένως ανιχνεύσει ο καθένας ότι το φυσικό μέσο είναι ελεύθερο), τότε έχουμε το φαινόμενο της **σύγκρουσης** (collision). Στη σύγκρουση, τα δύο ή περισσότερα πλαίσια, που μεταδίδονται ταυτόχρονα, επικαλύπτονται χρονικά και το σήμα που προκύπτει είναι παραποιημένο και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω. Η σύγκρουση μπορεί να ανιχνευθεί από όλους τους κόμβους (<https://blogs.sch.gr/hristope/files/2014/03/DiktyaITheoryNotes.pdf>)

Όταν υλοποιείται ο μηχανισμός CSMA/CD, τότε ο κόμβος του τοπικού δικτύου, που έχει δεδομένα προς μετάδοση, ακολουθεί την ακόλουθη διαδικασία:

- 1) Περιμένει μέχρις ότου το κανάλι καταστεί αδρανές
- 2) Όταν διαπιστώσει ότι το κανάλι είναι αδρανές, τότε μεταδίδει τα δεδομένα του και ταυτόχρονα παρατηρεί το μέσο πολλαπλής πρόσβασης.
- 3) Στην περίπτωση που ανιχνεύσει σύγκρουση, τότε σταματάει τη μετάδοση δεδομένων, περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και ξεκινά πάλι από το βήμα 1.

2.3.1.2 Ο Μηχανισμός CSMA/CA

Ο μηχανισμός CSMA/CD που περιγράψαμε στην προηγούμενη παράγραφο δεν μπορεί να υλοποιηθεί, όταν οι κόμβοι δεν έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν και να ανιχνεύουν συγκρούσεις την ίδια χρονική στιγμή. Για παράδειγμα, στα ασύρματα τοπικά δίκτυα, όταν ένα κόμβος μεταδίδει δεδομένα στο δίκτυο, το σήμα του «πνίγει», λόγω της ισχύος του, οποιοδήποτε άλλο σήμα φτάνει σ' αυτόν τον κόμβο. Έτσι, δεν μπορεί να ακούσει τους

άλλους κόμβους του δικτύου, που ενδέχεται να μεταδίδουν την ίδια χρονική στιγμή και κατά συνέπεια δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις συγκρούσεις. Σε τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο μηχανισμός Πολλαπλής Πρόσβασης με Ακρόαση Φέροντος και Αποφυγή Συγκρούσεων (CSMA/CA). Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτού του μηχανισμού είναι ότι απαιτεί την επιβεβαίωση λήψης ενός πλαισίου, υλοποιώντας ένα σχήμα παύσης και αναμονής.

Στα δίκτυα CSMA/CA, όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, ελέγχει αρχικά εάν το κανάλι είναι αδρανές. Όσο χρόνο το κανάλι είναι αδρανές, ο απαριθμητής υποχώρησης μειώνεται. Όσο χρόνο το κανάλι είναι απασχολημένο, η τιμή του απαριθμητή υποχώρησης δεν μεταβάλλεται. Όταν μηδενιστεί η τιμή αυτού του απαριθμητή, ο κόμβος επιχειρεί ξανά τη μετάδοση των δεδομένων του. Καθώς η πιθανότητα να έχουν επιλέξει δύο διαφορετικοί κόμβοι την ίδια τιμή για τον απαριθμητή υποχώρησης είναι μικρή, η πιθανότητα εμφάνισης σύγκρουσης είναι επίσης μικρή, όχι όμως και μηδενική. Εάν ένας κόμβος δεν λάβει την αντίστοιχη επιβεβαίωση λήψης για το πλαίσιο που μετέδωσε, τότε θεωρεί ότι αυτό είναι αποτέλεσμα σύγκρουσης και ξεκινά τη διαδικασία επανεκπομπής του.

(<http://p-comp.di.uoa.gr/eap/EDY-COMPNETS-200608.pdf>)

2.3.1.3 Το Πέρασμα Κουπονιού

Στα τοπικά δίκτυα που ελέγχουν την προσπέλαση του φυσικού μέσου με το πέρασμα κουπονιού (token passing), ένα ειδικό πλαίσιο ελέγχου, το οποίο καλείται κουπόνι, μεταφέρεται συνεχώς από κόμβο σε κόμβο του δικτύου. Όταν ένας κόμβος έχει δεδομένα προς μετάδοση, τότε θα πρέπει να περιμένει να φτάσει το κουπόνι σε αυτόν. Μόλις λάβει το κουπόνι, αυτόματα σηματοδοτείται το πράσινο φως για τη μετάδοση και αποστέλλει το πλαίσιο δεδομένων στο δίκτυο.

Όταν η μετάδοση του πλαισίου ολοκληρωθεί, αποδεσμεύει το κουπόνι, έτσι ώστε να μπορέσει να αξιοποιηθεί από κάποιον άλλον κόμβο του δικτύου. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι το ότι μπορεί να υπολογιστεί ένα άνω όριο στο χρόνο που ένας κόμβος πρέπει να περιμένει, μέχρις ότου του δοθεί η ευκαιρία να αποστείλει τα δεδομένα του στο δίκτυο. Γι' αυτό και τα τοπικά δίκτυα που υλοποιούν τεχνικές περάσματος κουπονιού χρησιμοποιούνται ευρέως σε περιβάλλοντα πραγματικού χρόνου όπως π.χ. στη βιομηχανία,

όπου τα διάφορα συστήματα παραγωγής πρέπει να είναι σε θέση να επικοινωνούν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα.

(http://iek-fylis.att.sch.gr/openeaclass/modules/document/file.php/DIKTYAI101/diktya_ypologiston.pdf)

2.3.2 Μέθοδοι μετάδοσης στα τοπικά δίκτυα

Εκτός από την τυπική μετάδοση δεδομένων, όπου κάθε πλαίσιο που αποστέλλεται στο δίκτυο προορίζεται για έναν μόνο παραλήπτη, υπάρχουν και άλλοι δύο τύποι μεταδόσεων που έχουν εφαρμογή στα τοπικά δίκτυα: **(α)** η πολλαπλή αποστολή (multicasting) και **(β)** η καθολική εκπομπή (broadcasting). Στην **πολλαπλή αποστολή**, το πλαίσιο που μεταδίδεται δεν έχει έναν παραλήπτη, αλλά ένα υποσύνολο των διασυνδεδεμένων κόμβων του δικτύου.

Αντίστοιχα, στην **καθολική εκπομπή**, παραλήπτες είναι όλοι οι κόμβοι του δικτύου. Για την υλοποίηση της πολλαπλής αποστολής και της καθολικής εκπομπής έχουν οριστεί κάποιες ειδικές διευθύνσεις στο τοπικό δίκτυο, οι οποίες ονομάζονται διευθύνσεις πολλαπλής αποστολής και διευθύνσεις καθολικής εκπομπής αντίστοιχα. Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί, είναι ότι ο αποστολέας κόμβος μεταδίδει ένα μόνο πλαίσιο στο δίκτυο, στο οποίο έχει προσδιορίσει ως διεύθυνση παραλήπτη μία από τις ισχύουσες διευθύνσεις πολλαπλής αποστολής ή τη διεύθυνση καθολικής εκπομπής του δικτύου. Την υποχρέωση δημιουργίας των απαραίτητων αντιγράφων του πλαισίου, όπου αυτά χρειάζονται, την αναλαμβάνει το δίκτυο. Κάθε κόμβος που είναι συνδεδεμένος στο κοινό μέσο πολλαπλής πρόσβασης λαμβάνει όλα τα μεταφερόμενα πλαίσια. Εάν το πλαίσιο προορίζεται γι' αυτόν, το προωθεί για περαιτέρω επεξεργασία, αλλιώς το αγνοεί. Για να διαπιστώσει ότι προορίζεται γι' αυτόν, διαβάζει τη διεύθυνση παραλήπτη που είναι προσαρτημένη στην επικεφαλίδα του πλαισίου.

Αποδεκτές διευθύνσεις είναι η διεύθυνση που έχει αποκλειστικά εκχωρηθεί σ' αυτόν τον κόμβο, η διεύθυνση καθολικής εκπομπής και οι διευθύνσεις των ομάδων πολλαπλής αποστολής στις οποίες ο κόμβος έχει δηλώσει συμμετοχή.

(<http://www.ekoletsou.gr/pdfFiles/NETWORKS3.pdf>)

2.4 Πρότυπα Τοπικών Δικτύων

2.4.1 Τα πρωτόκολλα LAN και το μοντέλο αναφοράς OSI

Πολλές εταιρείες είχαν αναπτύξει τοπολογίες και πρωτόκολλα για τα τοπικά δίκτυα. Όμως δεν υπήρχε τυποποίηση για να επικοινωνούν σταθμοί εργασίας από διαφορετικούς

κατασκευαστές. Πρώτος, ο IEEE και ο ECMA συμφώνησαν να ακολουθήσουν το μοντέλο OSI. Για να γίνει ανταλλαγή μηνυμάτων και επικοινωνία μεταξύ των σταθμών, χρησιμοποιούνται τα επτά επίπεδα του OSI. Τα δύο τελευταία καθορίζουν τον τύπο του δικτύου και το πρωτόκολλο επικοινωνίας.

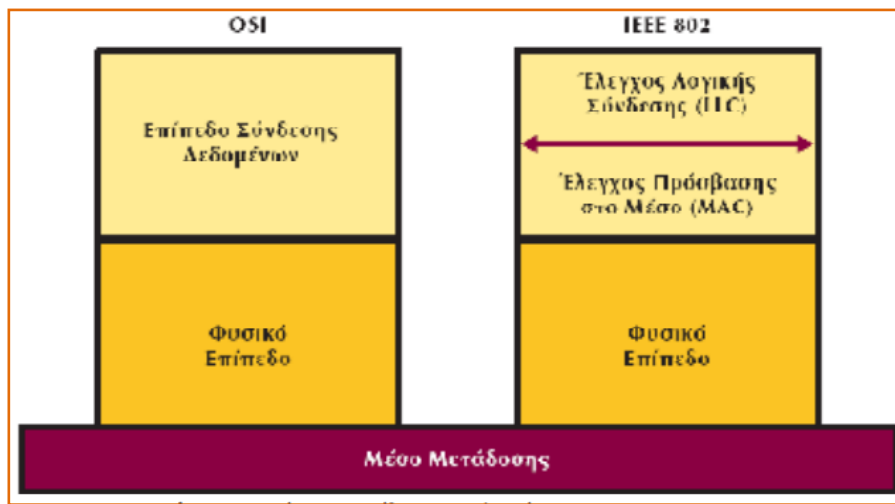
(http://diktia.weebly.com/uploads/6/4/5/1/6451366/enotita_4.3-4.3.1.pdf)

Ο IEEE δημιούργησε μια επιτροπή γνωστή ως 802 για να εργαστεί ώστε να καθορίσει πρότυπα για LAN και MAN. Η επιτροπή χωρίστηκε σε 6 υποεπιτροπές για να αναλύσει τα πρότυπα για κάθε είδους δίκτυο. Τα αποτελέσματα της κάθε επιτροπής είναι γνωστά ως IEEE 802.x όπου x είναι ο αριθμός της επιτροπής που έβγαλε τα αποτελέσματα. Η επιτροπή χώρισε το δεύτερο επίπεδο του OSI σε δύο άλλα υποεπίπεδα, του Ελέγχου Λογικής Σύνδεσης Γραμμής (LLC) και Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (MAC).

Τα πρωτόκολλα τοπικού δικτύου λειτουργούν στα δύο χαμηλότερα επίπεδα του μοντέλου αναφοράς OSI, δηλαδή στο Φυσικό Επίπεδο και στο Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων. Όπως γνωρίζουμε, τα ηλεκτρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του μέσου μετάδοσης καθορίζονται στο Φυσικό Επίπεδο. Επίσης, το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων φροντίζει για την ανταλλαγή πλαισίων μεταξύ των υπολογιστών που διασυνδέονται στο ίδιο τοπικό δίκτυο. Οι υπολογιστές σε ένα τοπικό δίκτυο επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας έναν κοινό σύνδεσμο πολλαπλής πρόσβασης αντί για συνδέσμους σημείο με σημείο και αυτό το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αποτελεί μία ειδοποιό διαφορά των δικτύων LAN/MAN από τα δίκτυα ευρείας περιοχής. Για τον αποδοτικό χειρισμό αυτού του χαρακτηριστικού, το Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων στα τοπικά δίκτυα χωρίζεται σε δύο υποεπίπεδα: στον Έλεγχο Προσπέλασης Μέσων (Media Access Control – MAC) και στον Έλεγχο Λογικής Σύνδεσης (Logical Link Control – C) (*Εικόνα 17*).

Οι λειτουργίες που εκτελούνται στο υποεπίπεδο MAC ρυθμίζουν την προσπέλαση στον κοινό σύνδεσμο. Για κάθε συνομιλία μεταξύ δύο κόμβων στο τοπικό δίκτυο, ο Έλεγχος Προσπέλασης Μέσων υλοποιεί έναν ιδεατό σύνδεσμο σημείου με σημείο μεταξύ των ενδιαφερομένων μερών, δίδοντάς τους έτσι την ψευδαίσθηση ότι επικοινωνούν διαμέσου απευθείας συνδέσμου και όχι διαμέσου του διαμοιραζόμενου συνδέσμου πολλαπλής πρόσβασης.

Ο Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης υλοποιεί τις υπηρεσίες μετάδοσης πλαισίων μεταξύ των κόμβων του τοπικού δικτύου. Έτσι, μπορεί να υλοποιήσει μία υπηρεσία αξιόπιστης μετάδοσης πλαισίων, ζητώντας την επανεκπομπή όλων των πλαισίων που αλλοιώθηκαν κατά τη μεταφορά τους. Επίσης, μπορεί να υλοποιήσει μία υπηρεσία κατά την οποία να απορρίπτει απλώς τα πλαίσια που υπέστησαν σφάλμα μεταφοράς και να προωθεί στο Επίπεδο Δικτύου τα υπόλοιπα πλαίσια.



Εικόνα 17: Σχέση μοντέλων αναφοράς OSI και IEEE 802

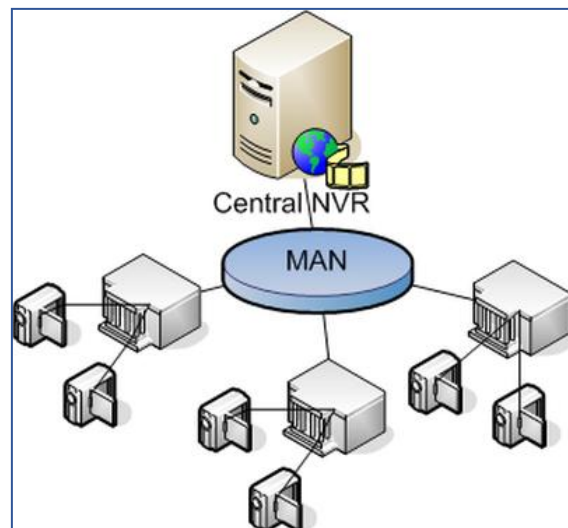
Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 3 °

Δίκτυα WMAN & WPAN – Τα Πρότυπα 802.11

3.1 Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (WMAN)

3.1.1 Γενικά

Σε αντιστοιχία με τα μητροπολιτικά δίκτυα (MAN) τα οποία συνδέουν απομακρυσμένα σημεία με την χρήση καλωδίων και τεχνολογιών όπως το Frame Relay, το HLDS και τις τεχνολογίες xDSL, τα ασύρματα μητροπολιτικά δίκτυα (Wireless Metropolitan Area Networks – WMAN) αποτελούνται από την ασύρματη διασύνδεση σημείων τα οποία τυπικά απέχουν πολύ μεταξύ τους. Τυπικά παραδείγματα μητροπολιτικών ασύρματων συνδέσεων είναι η σύνδεση δύο κτιρίων μιας εταιρείας στην ίδια πόλη, η διασύνδεση δύο σημείων σε διαφορετικές πόλεις κλπ. Η βασική διαφορά με τα τοπικά ασύρματα δίκτυα είναι το υλικό το οποίο χρησιμοποιείται στη διασύνδεση καθώς τυπικά η διασύνδεση γίνεται μεταξύ δύο σημείων (point-to-point) και η απόσταση είναι μεγαλύτερη (Εικόνα 30). Έτσι, για την ασύρματη διασύνδεση δύο απομακρυσμένων σημείων θα πρέπει πιθανώς να χρησιμοποιηθεί μια κατευθυντική κεραία υψηλής ισχύος ώστε το σήμα να μην εξασθενεί και να μπορέσει να εστιάσει την ισχύ του στην απέναντι κεραία (Καραμπότση Ν., 2010:9).



Εικόνα 18: Ασύρματο Μητροπολιτικό Δίκτυο (WMAN)

3.1.2 Το 802.11x σε Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα

Τα πρωτόκολλα 802.11x που περιγράφηκαν προηγουμένως για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν και σε μητροπολιτικές συνδέσεις. Η ισχύς του σήματος, η εξασθένησή του και η κατευθυντικότητα είναι σε αυτές τις περιπτώσεις καθοριστικοί παράγοντες. Η ισχύς του σήματος καθορίζεται τόσο από την ισχύ του πομποδέκτη που παράγει το σήμα, όσο και από την ενίσχυση που παρέχει η κεραία.

Είναι σημαντικό επίσης, να διαπιστωθεί ότι ανάμεσα στα δύο σημεία τα οποία πρόκειται να διασυνδεθούν υπάρχει οπτική επαφή στη νοητή ευθεία καθώς τα πρωτόκολλα 802.11x απαιτούν οπτική επαφή μεταξύ των συσκευών. Η έρευνα αυτή μπορεί να γίνει με τη χρήση τοπογραφικών χαρτών, συστήματα GPS και επιτόπια αυτοψία των περιοχών. Όσο λιγότερα εμπόδια υπάρχουν μεταξύ των συσκευών τόσο ποιοτικότερο θα είναι το σήμα διασύνδεσης.

3.2 Ασύρματα Προσωπικά Δίκτυα (WPAN)

3.2.1 Γενικά

Ο όρος ασύρματα προσωπικά δίκτυα (*Wireless Personal Area Networks – WPAN*) είναι σχετικά σύγχρονος όρος και αναφέρεται στις σύγχρονες τεχνολογίες οι οποίες επιτρέπουν την ασύρματη διασύνδεση και επικοινωνία σε αποστάσεις λίγων μέτρων φορητών προσωπικών συσκευών όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα PDA's και οι Ultra Mobile υπολογιστές μεταξύ πολλών άλλων. Η επικοινωνία αυτή επιτρέπει στις συσκευές αυτές υπηρεσίες όπως ανταλλαγή αρχείων, διαμοίραση εφαρμογών, άμεση επικοινωνία κλπ.

(<https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/ICTE100/ΘΕΩΡΙΑ/Ενότητα 7b oc.pdf>)

3.2.2 Bluetooth

Το **Bluetooth** είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα το οποίο επιτρέπει τη σύνδεση και επικοινωνία σε μια πλειάδα συσκευών όπως κινητά τηλέφωνα, laptop, εκτυπωτές, ψηφιακές κάμερες κλπ. μέσω μιας ασφαλούς ραδιοσυχνότητας. Το πρότυπο Bluetooth αναπτύσσεται από το Bluetooth Special Interest Group. Το πρότυπο αυτό σχεδιάστηκε έχοντας υπόψη την χαμηλή κατανάλωση ρεύματος και την δημιουργία συσκευών λήψης/μετάδοσης οι οποίες θα έχουν πολύ μικρό μέγεθος και χαμηλό κόστος (<http://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>) (Εικόνα 19).



Εικόνα 19: Τυπικός πομποδέκτης Bluetooth

Η ραδιοσυχνότητα στην οποία λειτουργεί το Bluetooth είναι η ίδια με τα πρότυπα Wi-Fi αλλά το Bluetooth χρησιμοποιεί πολύ μικρότερη ισχύ και διαφορετικούς τρόπους πολύπλεξης του σήματος. Ως αποτέλεσμα, είναι αποτελεσματικό σε αποστάσεις που τυπικά κινούνται από 1-10 μέτρα και σε χαμηλότερες ταχύτητες. Επιπλέον, βρίσκει διαφορετικές εφαρμογές από τα πρότυπα Wi-Fi καθώς το δεύτερο θεωρείται ένας τύπος ασύρματου Ethernet, ενώ το Bluetooth θεωρείται μια μορφή ασύρματης USB σύνδεσης.

Το πρότυπο **Bluetooth** χρησιμοποιείται τυπικά στις εξής εφαρμογές:

- Έλεγχος και επικοινωνία μεταξύ κινητών τηλεφώνων και περιφερειακών συσκευών (π.χ. headset).
- Ασύρματη επικοινωνία μεταξύ υπολογιστών και περιφερειακών συσκευών όπως ποντίκι, πληκτρολόγιο και εκτυπωτές.
- Αντικατάσταση των επικοινωνιών που τυπικά χρησιμοποιούσαν την υπέρυθρη ακτινοβολία (IrDA). Για παράδειγμα, κάποιες σύγχρονες κονσόλες παιχνιδιών χρησιμοποιούν το Bluetooth για την επικοινωνία με τα χειριστήρια που διαθέτουν.
- Dial-Up πρόσβαση στο Internet μέσω κινητών τηλεφώνων για υπολογιστές που διαθέτουν Bluetooth.

Το τελευταίο πρότυπο Bluetooth είναι το 2.0 το οποίο επιτρέπει θεωρητικά ταχύτητες μέχρι τα 2.1 Mbps, ενώ η διαμόρφωση του σήματος γίνεται με μια τεχνική παρόμοια με την Frequency Hopping Spread Spectrum η οποία παρέχει ασφάλεια και προστασία από παρεμβολές. Σε επίπεδο προστασίας της επικοινωνίας, το πρότυπο ενσωματώνει δυνατές κρυπτογραφικές μεθόδους καθώς και δυναμική δημιουργία κλειδιών για την προστασία των δεδομένων.

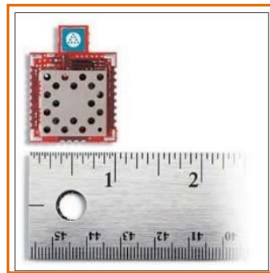
3.2.3 Zigbee

Ο όρος **Zigbee** αναφέρεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4 το οποίο περιγράφει μια ομάδα πρωτοκόλλων για την επικοινωνία ραδιοσυσκευών πολύ μικρού μεγέθους όπως αισθητήρες, κόστους και πολύ χαμηλής ισχύος (Εικόνα 20). Το πρότυπο στοχεύει στα ασύρματα προσωπικά δίκτυα και συγκεκριμένα στοχεύει στην αντικατάσταση του Bluetooth, καθώς οι ραδιοσυσκευές του προτύπου Zigbee είναι πιο φθηνές και απαιτούν περίπου το 50% του κώδικα που χρειάζεται μια συσκευή Bluetooth για τον έλεγχό τους (κατά συνέπεια, απαιτούν λιγότερο χώρο στη μνήμη της φορητής συσκευής – γεγονός σημαντικό για τις μικρές μνήμες). Το πρότυπο χρησιμοποιεί τις ίδιες συχνότητες με το Bluetooth, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ασύρματη επικοινωνία χαμηλών ταχυτήτων, όπου η ασφάλεια και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι τα βασικά στοιχεία.

([https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/ICTE100/ΘΕΩΡΙΑ/Ενότητα 7b oc.pdf](https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/ICTE100/ΘΕΩΡΙΑ/Ενότητα%207b%20oc.pdf))

Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην ανάπτυξη των παρακάτω εφαρμογών:

- Πρόληψη καταστροφών
- Έλεγχος του περιβάλλοντος από τη βιοποικιλότητα
- Ευφυή κτήρια
- Διαχείριση εγκαταστάσεων
- Συντήρηση Μηχανών
- Εφαρμογές στη γεωργία
- Εφαρμογές στην υγεία
- Ευφυή οδικά συστήματα
- Στρατιωτικές εφαρμογές
- Οικιακές εφαρμογές
- Βιομηχανικές εφαρμογές
- Υποβρύχιες εφαρμογές
- Εμπορικές εφαρμογές



Εικόνα 20: Ένας πομποδέκτης Zigbee

3.3 Τα Πρότυπα IEEE 802.11

Το IEEE 802.11 είναι μια οικογένεια προτύπων της IEEE για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN) που είχαν ως σκοπό να επεκτείνουν το 802.3 (Ethernet, το συνηθέστερο πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης υπολογιστών) στην ασύρματη περιοχή. Τα πρότυπα 802.11 είναι ευρύτερα γνωστά ως «WiFi» επειδή η WiFi Alliance, ένας οργανισμός ανεξάρτητος της IEEE, παρέχει την πιστοποίηση για τα προϊόντα που υπακούν στις προδιαγραφές του 802.11. Αυτή η οικογένεια πρωτοκόλλων αποτελεί το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων.

Ο όρος **WiFi** (**Wireless Fidelity** («ασύρματη πιστότητα» στα ελληνικά), κατά την ορολογία **High Fidelity** η οποία αφορά την εγγραφή ήχου έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Συνήθεις εφαρμογές του είναι η παροχή ασύρματων δυνατοτήτων πρόσβασης στο Internet, τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP) και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών όπως τηλεοράσεις, ψηφιακές κάμερες, DVD Player και ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές το 802.11 βρίσκει εφαρμογές ασύρματης μετάδοσης, όπως π.χ. στη μεταφορά φωτογραφιών από ψηφιακές κάμερες σε υπολογιστές για περαιτέρω επεξεργασία και εκτύπωση, αν και σε αυτόν τον τομέα έχει υποσκελιστεί από το πρωτόκολλο Bluetooth για τα πολύ μικρότερης εμβέλειας **ασύρματα προσωπικά δίκτυα** (http://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11).

Στα πλαίσια της ανάπτυξης της οικογένειας των προτύπων IEEE 802.11, δημιουργήθηκαν διάφορες ομάδες εργασίας, που σκοπό είχαν την έρευνα και ανάπτυξη διαφορετικών χαρακτηριστικών των τεχνολογιών Wi-Fi. Αυτές οι ομάδες είναι οι εξής:

✚ IEEE 802.11

Εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης 1 ή 2 Mbps στη μπάνα των 2,4 GHz.

✚ IEEE 802.11a

Είναι μια επέκταση του 802.11 που εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης έως 54 Mbps στη μπάνα των 5 GHz. Συνήθως, όμως οι επικοινωνίες πραγματοποιούνται στα 6 Mbps, 12 Mbps ή στα 24 Mbps και χρησιμοποιείται πολυπλεξία επιμερισμού συχνότητας. Χρησιμοποιείται σε ασύρματα δίκτυα ATM.

✚ IEEE 802.11b

Συνήθως το λέμε wi-fi και είναι συμβατό με το 802.11. Η μέθοδος διαμόρφωσης που χρησιμοποιήθηκε στο 802.11 ήταν το κλείδωμα μεταλλαγής φάσης ή διαμόρφωση διακριτής φάσης, phase-shift keying (psk). Η μέθοδος διαμόρφωσης που επιλέχθηκε για το 802.11b είναι γνωστή ως complementary code keying (cck) και παρέχει μεγαλύτερους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.

✚ IEEE 802.11e

Το πρώτο ασύρματο πρότυπο για οικιακό ή εταιρικό δικτυακό περιβάλλον. Παρέχει χαρακτηριστικά ποιότητας υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων στα υπάρχοντα ασύρματα πρότυπα IEEE 802.11a και IEEE 802.11b ενώ ταυτόχρονα είναι και συμβατό με αυτά. Η ποιότητα υπηρεσιών και υποστήριξη πολυμέσων είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στα ασύρματα οικιακά δίκτυα που θέλουμε να παρέχουν φωνή, video και ήχο (video on demand, audio on demand, voice over ip, υψηλής ταχύτητας πρόσβαση στο internet).

✚ IEEE 802.11g

Εφαρμόζεται σε ασύρματα τοπικά δίκτυα και παρέχει ρυθμούς μετάδοσης άνω των 20 Mbps στη μπάνα των 2,4 GHz. Αυτό είναι το πρότυπο που εγκρίθηκε πιο πρόσφατα και παρέχει ασύρματη μετάδοση σε σχετικά κοντινές αποστάσεις με ταχύτητες μέχρι και 54 Mbps συγκριτικά με τα 11 Mbps του προτύπου 802.11b. Όπως και το 802.11b, το IEEE 802.11g λειτουργεί στη μπάνα των 2,4 GHz οπότε είναι συμβατό με αυτό.

✚ IEEE 802.11i

Προσθέτει στο 802.11 πρότυπο ασύρματων τοπικών δικτύων, το πρωτόκολλο ασφάλειας Advanced Encryption Standard (AES) (<http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page34.html>).

Πέρα των βασικών πρωτοκόλλων η οικογένεια προτύπων 802.11 περιλαμβάνει έναν αριθμό συμπληρωματικών προτύπων που προσθέτουν επιπλέον λειτουργικότητα στα ασύρματα δίκτυα. Μερικά από αυτά, είναι:

✚ **802.11c:** Λειτουργία γεφύρωσης (bridging) πλαισίων 802.11

✚ **802.11d:** Επεκτάσεις στο πρότυπο ώστε να λειτουργεί σε επιπλέον ρυθμιστικά πλαίσια (άλλες ζώνες συχνοτήτων).

✚ **802.11f:** Συνιστώμενη πρακτική για το πρωτόκολλο IAPP, Inter Access Point Protocol, που αφορά την επικοινωνία μεταξύ σημείων πρόσβασης.

✚ **802.11h:** Διαχείριση φάσματος στο 802.11a (DCS, Dynamic Channel Selection και TPC, Transmit Power Control).

✚ **802.11n:** Το νέο πρότυπο της ασύρματης τοπικής δικτύωσης το οποίο αναπτύσσεται από τον οργανισμό IEEE ονομάζεται 802.11n. Το νέο αυτό πρότυπο υπόσχεται σημαντικά γρηγορότερες ταχύτητες μετάδοσης. Ο ρυθμός μετάδοσης των συσκευών που κυκλοφορούν στο εμπόριο έχει φτάσει τα 600 Mbps. Επιπλέον, θα ενσωματώνει νέες τεχνολογίες οι οποίες θα του επιτρέπουν να συνυπάρχει με συσκευές οι οποίες λειτουργούν με τα προαναφερθέντα πρότυπα χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία του.

Πρότυπο	Συχνότητα Λειτουργίας	Μέγιστη Ταχύτητα	Συμβατότητα
802.11	2.4 GHz	1-2 Mbps	Αυτό το πρότυπο είναι παλαιότερο και τα περισσότερα προϊόντα στην αγορά δεν το υποστηρίζουν.
802.11a	5 GHz	54 Mbps	Αυτή τη στιγμή, κυκλοφορούν προϊόντα που χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο, αλλά δεν είναι συμβατά με οποιαδήποτε από τα προϊόντα που χρησιμοποιούν τη συχνότητα των 2.4 GHz. Ως αποτέλεσμα, δεν είναι συμβατά με τον εξοπλισμό 802.11b.

802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	Τα ασύρματα προϊόντα πρόσβασης των 11 Mbps χρησιμοποιούν αυτό το πρότυπο. Αυτά τα προϊόντα είναι ιδιαίτερα προσιτά και συμβατά με τα προϊόντα 802.11b που κατασκευάζονται από πολλές εταιρείες.
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	Το 802.11g εκπέμπει στη ζώνη συχνοτήτων των 2.4GHz και είναι συμβατό με το 802.11b. Η επικοινωνία μεταξύ συσκευών εξοπλισμένων με κάρτες 802.11b και 802.11g γίνεται στην υψηλότερη δυνατή κοινή ταχύτητα, αυτήν του 802.11b. Το 802.11g είναι αντικαταστάτης του 802.11b με μεγάλη εμπορική επιτυχία.
802.11n	2.4/5 GHz	150 Mbps	Το 802.11n αναπτύχθηκε για να βελτιώσει την απόδοση ενός δικτύου σε σχέση με τα δύο προηγούμενα πρωτόκολλα, τα 802.11a και 802.11g. Επιτυγχάνει υψηλότερους μέγιστους θεωρητικούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων στο φυσικό επίπεδο από τα 54 Mbit/s στα έως 600Mbit/s. Σχεδιάστηκε ώστε να είναι συμβατό με συσκευές που χρησιμοποιούν τα παλαιότερα πρωτόκολλα επικοινωνίας της ομάδας εργασιών του 802.11.
802.11ac	5 GHz	1300 Mbps	Το πρότυπο 802.11ac μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους χρήστες δικτύων και κινητής τηλεφωνίας. Ολοκληρώθηκε το 2013 και βρίσκεται σε όλα τα σύγχρονα smartphone, laptop και desktop PCs και Smart TVs Το νέο πρότυπο βασίζεται πολύ στο προκάτοχο 802.11n που ήταν πολύ πετυχημένο και που αυτή την στιγμή είναι το βασικό πρότυπο για τα ασύρματα δίκτυα.

Πίνακας 1: Τα κυριότερα Πρότυπα του 802.11

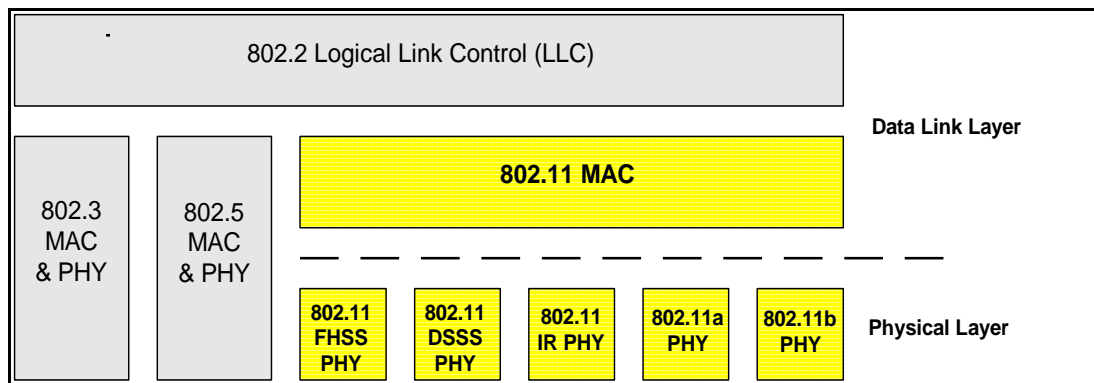
3.4 Διαστρωμάτωση του IEEE 802.11

Τα δίκτυα οργανώνονται σε μια σειρά από στρώματα (layer) ή επίπεδα (level). Το κάθε στρώμα χτίζεται πάνω στο κατώτερό του. Σκοπός του στρώματος είναι να παρέχει υπηρεσίες στα ανώτερα στρώματα αποδεσμευοντάς τα έτσι, από την υλοποίηση διεργασιών για την ικανοποίηση των προσφερόμενων υπηρεσιών. Ο αριθμός των στρωμάτων, τα ονόματά τους, το περιεχόμενό τους και οι προσφερόμενες υπηρεσίες διαφέρουν από δίκτυο σε δίκτυο

ανάλογα με τις ανάγκες και τον σχεδιαστή. Το στρώμα n του ενός υπολογιστικού συστήματος διεξάγει συζήτηση με το αντίστοιχο στρώμα n του άλλου συστήματος. Οι κανόνες και οι συμβάσεις που χρησιμοποιούνται στη συζήτηση αυτή συλλογικά ονομάζονται πρωτόκολλο (protocol) στρώματος. Το **Πρωτόκολλο** είναι μια συμφωνία ανάμεσα στα επικοινωνούντα μέρη που καθορίζει το πώς θα συνεχιστεί η επικοινωνία. Μεταξύ γειτονικών στρωμάτων υπάρχει μια διεπαφή (interface) που καθορίζει τις στοιχειώδεις λειτουργίες και υπηρεσίες που παρέχει το στρώμα στο ανώτερό του (<http://users.uom.gr/~it101/5.pdf>).

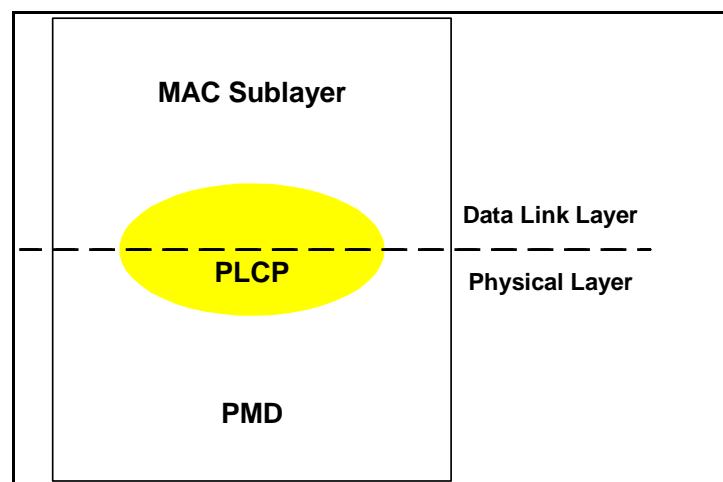
Στην πραγματικότητα, δεν μεταβιβάζονται δεδομένα απευθείας μεταξύ των ομότιμων στρωμάτων. Τα δεδομένα μαζί με τις πληροφορίες ελέγχου μεταβιβάζονται από κάθε στρώμα στο αμέσως κατώτερό του μέχρι να φτάσουν στο κατώτατο στρώμα κάτω από το οποίο βρίσκεται το φυσικό μέσο (physical medium), μέσω του οποίου γίνεται η πραγματική επικοινωνία. Το φυσικό μέσο μπορεί να είναι διπλαγωγοί, ομοαξονικό καλώδιο, οπτικές ίνες ή ακόμα και ο αέρας.

Τα ενεργά στοιχεία ενός στρώματος καλούνται **οντότητες** (entities). Οι οντότητες μπορεί να είναι οντότητες λογισμικού, όπως για παράδειγμα μια διεργασία, ή οντότητες υλικού, όπως για παράδειγμα ένα chip. Οι οντότητες των ίδιων στρωμάτων σε διαφορετικά υπολογιστικά συστήματα καλούνται ομότιμες οντότητες (peer entities). Το 802.11 αναφέρεται στα δύο χαμηλότερα στρώματα του μοντέλου διαστρωμάτωσης OSI (Open System Interconnection), δηλαδή στο **φυσικό στρώμα** (Physical Layer – PHY) και στο **υπόστρωμα MAC** (Medium Access Control) του στρώματος ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer). Το άλλο υπόστρωμα του στρώματος ζεύξης δεδομένων, δηλαδή το υπόστρωμα ελέγχου λογικής ζεύξης (Logical Link Control – LLC), είναι αυτό που έχει προτυποποιηθεί ως IEEE 802.2 και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με όλα τα διαφορετικά MAC της σειράς IEEE 802, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα (Τσεκμεζόγλου Σ., 2006:3).



Εικόνα 21: Διαστρωμάτωση του προτύπου 802.11

Η φιλοσοφία που ακολουθεί το πρότυπο 802.11 είναι η ύπαρξη ενός μόνο MAC, που όμως υποστηρίζει περισσότερα του ενός φυσικά στρώματα. Κάθε φυσικό στρώμα χωρίζεται σε δύο υποστρώματα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το υπόστρωμα PLCP (Physical Layer Convergence Procedure) χρησιμεύει στην προσαρμογή των διαφόρων φυσικών στρωμάτων στο κοινό MAC. Το υπόστρωμα PMD (Physical Medium Dependent) περιέχει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για την μετάδοση της πληροφορίας από το εκάστοτε φυσικό στρώμα.



Εικόνα 22: Φυσικό στρώμα του προτύπου 802.11

3.4.1 Το φυσικό επίπεδο του 802.11 (PHY)

Το φυσικό στρώμα του 802.11 εκδίδεται σε στάδια. Κάθε φορά εκδίδεται και μια νέα προδιαγραφή πρωτοκόλλου η οποία περιλαμβάνει τις δικές της τεχνικές πολυπλεξίας, την δικιά της συχνότητα μετάδοσης και τα δικά της όρια, όσον αφορά τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων στο δίκτυο και την απόσταση κάλυψης του δικτύου. Η πρώτη προδιαγραφή

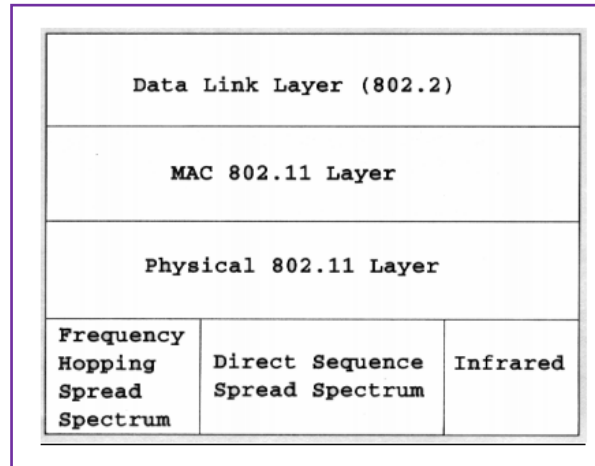
εκδόθηκε το 1997 και η τελευταία το 2003. Όλα τα πρωτόκολλα 802.11x έχουν κοινό υποεπίπεδο MAC και διαφέρουν στο φυσικό μέσο.

(www.cs.uoi.gr/~gkappes/files/tutorials/aircrack_guide.pdf)

Το φυσικό επίπεδο παρέχει δύο ειδών υπηρεσίες, δεδομένων και διαχείρισης, στο επίπεδο MAC. Η πρόσβαση σε αυτές, επιτυγχάνεται μέσω δύο διαφορετικών σημείων πρόσβασης υπηρεσιών (SAPs), των PHY dataSAP (PD-SAP) και PLME-SAP. Επίσης, στο επίπεδο αυτό υπάρχει και μία βάση δεδομένων (PHY PIB) που περιέχει πληροφορίες σχετικές με την λειτουργία του (κανάλι που χρησιμοποιείται, κανάλια που υποστηρίζονται, εκπεμπόμενη ισχύς, τρόπος ανίχνευσης ελεύθερου καναλιού).

Το φυσικό στρώμα αναφέρεται στη μετάδοση ακατέργαστων bit μέσω ενός επικοινωνιακού καναλιού. Τα θέματα της σχεδίασης σχετίζονται με το ότι όταν η μία πλευρά στέλνει το bit 1 η άλλη πλευρά λαμβάνει το bit 1 και όχι το bit 0. Τυπικά ερωτήματα που απασχολούν το φυσικό στρώμα είναι το πόσα volt απαιτούνται για τη μετάδοση του bit 1, πόσα για τη μετάδοση του bit 0, πόσα μικροδευτερόλεπτα διαρκεί ένα bit, κατά πόσο μπορεί να διεξάγεται επικοινωνία και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, πως εγκαθίσταται η αρχική σύνδεση και πως απολύεται όταν τελειώσουν και οι δύο πλευρές. Γενικά, τα προβλήματα σχεδίασης στο φυσικό στρώμα αφορούν τα ηλεκτρικά, μηχανικά χαρακτηριστικά, τις διεργασίες στις διεπαφές καθώς και το φυσικό μέσο μετάδοσης που τοποθετείται κάτω από αυτό (Τσεκμεζόγλου Σ., 2006: 6).

Το υλικό στρώμα (physical layer), όπως υπονοεί το όνομά του αφορά τη δημιουργία κωδικών στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Είναι το χαμηλότερο επίπεδο του OSI μοντέλου και καθορίζει τα φυσικά ηλεκτρονικά χαρακτηριστικά των συνδέσεων που σχηματίζουν το δίκτυο. Έχει να κάνει δηλαδή, με το πραγματικό υλικό που απαιτείται για να δημιουργηθεί η επικοινωνία μεταξύ των δύο συσκευών. Οι περισσότερες από τις διαφορές μεταξύ οριοθετημένων και μη οριοθετημένων μέσων μετάδοσης ενός δικτύου βρίσκονται στο φυσικό επίπεδο. Τα πρότυπα που μπορούμε να συναντήσουμε σε αυτό το στρώμα για client-server εφαρμογές είναι το Ethernet IEEE 802.3 και το Token Ring IEEE 802.5 που καθορίζουν τις απαιτήσεις για την NIC (Network Interface Card) και τις απαιτήσεις του λογισμικού για το στρώμα MAC (Media Access Control).



Εικόνα 23: Τα Επίπεδα του προτύπου 802.11

Το πρότυπο 802.11 του 1999 καθορίζει τρεις επιτρεπόμενες τεχνικές μετάδοσης για το φυσικό επίπεδο. Η κάθε μία από τις πέντε κάνει δυνατή την μετάδοση ενός πλαισίου MAC από τον ένα σταθμό στον άλλο. Οι τεχνικές διαφέρουν, όμως, στη χρησιμοποιούμενη τεχνολογία και στις ταχύτητες που επιτυγχάνουν. Αυτές οι τεχνικές επιγραμματικά είναι οι ακόλουθες:

1. Με υπέρυθρες
2. Με Εξάπλωση Φάσματος με Συνεχή Αλλαγή Συχνότητας (FHSS)
3. Με Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας (DSSS)

3.4.2 Το Υπόστρωμα MAC του 802.11

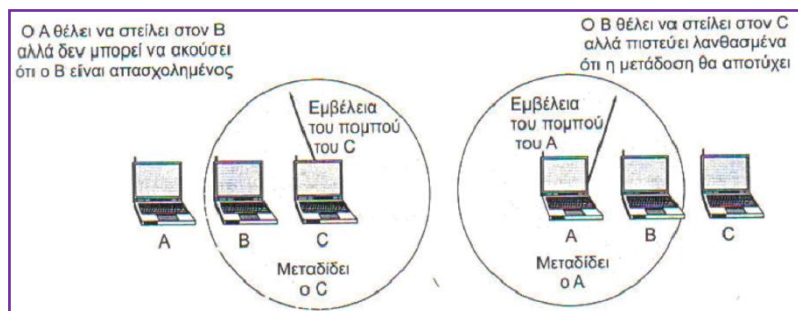
Το πρότυπο IEEE 802.11 καθορίζει ένα κοινό medium access control (MAC) υπόστρωμα, το οποίο παρέχει μία ποικιλία υπηρεσιών που υποστηρίζουν την λειτουργία ασύρματων δικτύων – Wireless LANs (WLANS) που βασίζονται στο 802.11. Γενικά, το υπόστρωμα MAC διαχειρίζεται και διατηρεί επικοινωνίες μεταξύ σταθμών που βασίζονται στο 802.11 με το να συντονίζει την πρόσβαση σε ένα κοινό radio κανάλι και χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα που προάγουν τις επικοινωνίες σε ένα ασύρματο μέσο. Συχνά, αν το δούμε σαν τον εγκέφαλο του δικτύου, το υπόστρωμα 802.11 MAC χρησιμοποιεί ένα 802.11 φυσικό στρώμα (PHY), όπως το 802.11b ή το 802.11a, προκειμένου να εκτελέσει τις ενέργειες carrier sensing, μετάδοσης (transmit) και λήψης (receive) πλαισίων του 802.11 (Γκούλντ Γ., 2012:25).

Σε ένα ασύρματο δίκτυο που χρησιμοποιεί το 802.11, κάθε σταθμός και κάθε access point υλοποιεί τις υπηρεσίες του υποστρώματος MAC, ενώ οι ομότιμες LLC οντότητες

ανταλλάσσουν MSDUs (MAC Service Data Units) μεταξύ των MAC SAPs (Service Access Points). Οι τέσσερις κύριες λειτουργίες του υποστρώματος MAC είναι:

- ✓ Πρόσβαση στο μέσο
- ✓ Προσχώρηση στο δίκτυο
- ✓ Ασφάλεια
- ✓ Πιστοποίηση

Το πρωτόκολλο υποεπιπέδου MAC του 802.11 είναι αρκετά διαφορετικό από αυτό του Ethernet, λόγω της εγγενούς πολυπλοκότητας του ασύρματου περιβάλλοντος εν συγκρίσει με ένα ενσύρματο. Υπάρχουν κάποια προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν. Αρχικά, υπάρχει το πρόβλημα του κρυφού σταθμού. Αφού, όλοι οι σταθμοί δεν είναι εντός της εμβέλειας όλων των άλλων, οι μεταδόσεις που πραγματοποιούνται σε ένα τμήμα μιας κυψέλης μπορεί να μην λαμβάνονται σε άλλα σημεία στην ίδια κυψέλη. Στην παρακάτω εικόνα που φαίνεται, όταν ένας σταθμός C μεταδίδει στο B, αν ο A ανιχνεύσει ότι το κανάλι, δεν θα ακούσει τίποτα και θα συμπεράνει εσφαλμένα ότι μπορεί να αρχίσει να μεταδίδει στο B.



Εικόνα 24: (α) Το πρόβλημα του κρυφού σταθμού, (β) Το πρόβλημα του εκτεθειμένου σταθμού

Επίσης, υπάρχει το αντίστροφο πρόβλημα, το πρόβλημα του εκτεθειμένου σταθμού. Στην παραπάνω εικόνα ο B θέλει να στείλει στον C. Για τον λόγο αυτό, ακούει το κανάλι και αν ακούσει κάποια μετάδοση, βγάζει το συμπέρασμα λανθασμένα ότι δεν πρέπει να στείλει στο C, αν και ο A μεταδίδει σε κάποιον άλλο σταθμό που βρίσκεται εντός της εμβέλειάς του.

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 4 °

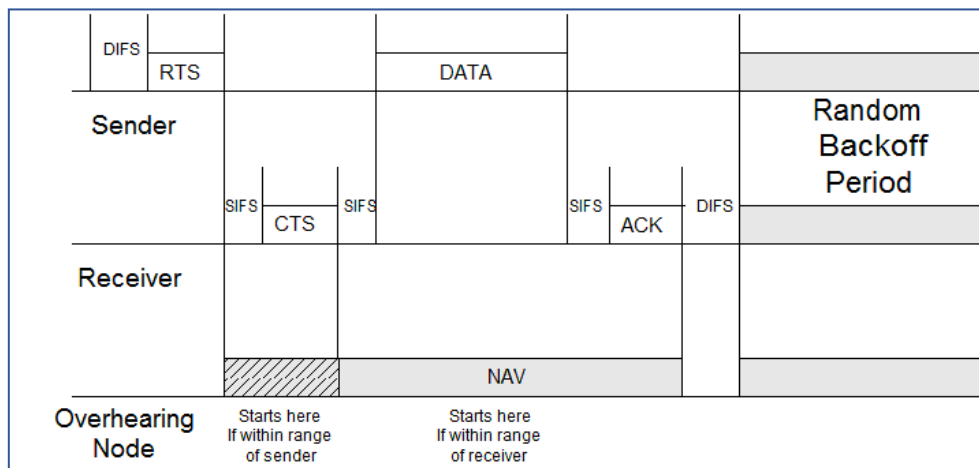
Κατανεμημένη Λειτουργία Συντονισμού (DCF) και Σημειακή Λειτουργία Συντονισμού (PCF)

4.1 Κατανεμημένη λειτουργία συντονισμού (DCF)

Η τεχνική της κατανεμημένης συνάρτησης συντονισμού **DCF** είναι θεμελιώδης για το πρότυπο IEEE 802.11. Περιγράφει την ανταγωνιστική πρόσβαση των σταθμών στο ασύρματο μέσο και είναι η πιο επιτυχημένη λύση για τα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Όταν ένας σταθμός επιθυμεί να μεταδώσει δεδομένα ακούει πρώτα το κανάλι για χρονικό διάστημα DIFS. Αν το κανάλι είναι αδρανές μέσα σε αυτό το διάστημα, τότε αποστέλλει τα δεδομένα του. Αν το κανάλι είναι απασχολημένο, τότε αναβάλλει την μετάδοσή του. Όμως υπάρχει η πιθανότητα την ίδια χρονική στιγμή να θέλουν να μεταδώσουν δεδομένα περισσότεροι από έναν κόμβοι, οπότε αν απλά περιμένουν όλοι να τελειώσει η τρέχουσα αναμετάδοση, μετά θα ξεκινήσουν να μεταδίδουν όλοι μαζί, με αποτέλεσμα την πιθανή καταστροφή όλων των αποστολών. Η λύση που δίνει η DCF, δίνεται με την αναμονή όλων των σταθμών, στην περίπτωση που βρήκαν το μέσο κατειλημμένο για ένα χρονικό διάστημα (Μαυριδόπουλος Σ., 2012:27).

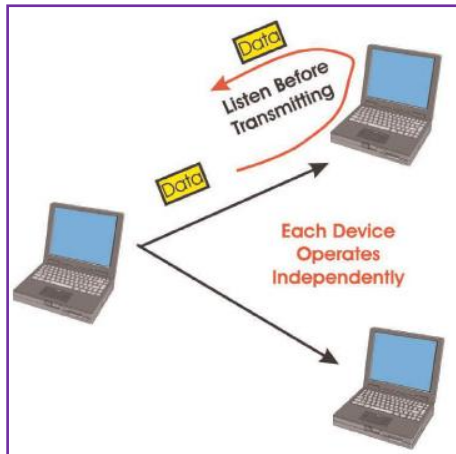
Αν ο παραλήπτης παραλάβει επιτυχώς την κίνησή του, τότε αποστέλλει ένα πακέτο επιβεβαίωσης ACK. Αν δεν αποστείλει τίποτα, ο αποστολέας καταλαβαίνει ότι υπήρξε κάποιο πρόβλημα στην αποστολή και θα δοκιμάσει να στείλει τα δεδομένα ξανά. Αν επανειλημμένα ο αποστολέας δεν καταφέρει μία επιτυχή μετάδοση, μετά από έναν συγκεκριμένο αριθμό αποστολών που ορίζεται στις παραμέτρους του συστήματος, τότε το πακέτο χάνεται και δεν γίνεται ξανά προσπάθεια αποστολής. Το πρωτόκολλο DCF προβλέπει επίσης μια προαιρετική τεχνική ανίχνευσης του μέσου με τα πακέτα Request-to-send (RTS) και Clear-to-send (CTS), για να λύσει το πρόβλημα του κρυφού και εκτεθειμένου τερματικού, όπως φαίνεται στην Εικόνα 25. Πριν ένας κόμβος δοκιμάσει να μεταδώσει ένα πακέτο δεδομένων, αποστέλλει πρώτα το ειδικό πλαίσιο RTS, αφού περιμένει πρώτα για χρόνο DIFS. Όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι εντός της εμβέλειας του αποστολέα λαμβάνουν το RTS πλαίσιο και αντιλαμβάνονται ότι θα προσπαθήσει την μετάδοσή του. Στην συνέχεια ο κόμβος λήπτης περιμένει χρόνο SIFS και ανταποκρίνεται με το ειδικό πλαίσιο CTS. Ο αποστολέας ξεκινάει την μετάδοσή του αφού λάβει το πλαίσιο CTS και περιμένει για χρόνο SIFS.

Με την χρήση αυτής της τεχνικής αποφεύγονται οι συγκρούσεις καθώς ο αποστολέας δηλώνει στους γύρω κόμβους του ότι ετοιμάζεται να ξεκινήσει μία μετάδοση με την χρήση του πλαισίου RTS αποφεύγοντας το πρόβλημα του εκτεθειμένου τερματικού, ενώ ο λήπτης αποφεύγει το πρόβλημα του κρυφού τερματικού με την αποστολή του CTS πλαισίου, καθώς οι γειτονικοί κόμβοι αντιλαμβάνονται ότι θα γίνει αναμετάδοση, ακόμα και αν βρίσκονται εκτός εμβέλειας του αποστολέα. Το πλαίσιο RTS όπως και το πλαίσιο CTS, είναι μικρά στο μέγεθος ώστε να μην καταναλώνουν μεγάλο διάστημα χρόνου από την συνολική μετάδοση. Παρ' όλα αυτά μειώνουν σε σημαντικό βαθμό την ρυθμαπόδοση του ασύρματου δικτύου και χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις (Μαυριδόπουλος Σ., 2012:28).



Εικόνα 25: Η λειτουργία της κατανεμημένης συνάρτησης συντονισμού (DCF)

Όταν χρησιμοποιείται η DCF, το 802.11 χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο CSMA/CA. Στο πρωτόκολλο αυτό, όταν ένας σταθμός θέλει να μεταδώσει, ανιχνεύει το κανάλι. Αν είναι αδρανές, αρχίζει να μεταδίδει. Καθώς μεταδίδει, δεν ανιχνεύει το κανάλι, αλλά στέλνει ολόκληρο το πλαίσιο του, το οποίο μπορεί να καταστραφεί στον παραλήπτη λόγω παρεμβολών εκεί. Αν το κανάλι είναι απασχολημένο, ο αποστολέας αναβάλλει την μετάδοση μέχρι το κανάλι να γίνει αδρανές και τότε αρχίζει να μεταδίδει. Αν συμβεί μία σύγκρουση, οι σταθμοί που συγκρούστηκαν αναμένουν για τυχαίο χρονικό διάστημα και ξαναδοκιμάζουν αργότερα. Στην κατάσταση λειτουργίας του DCF δεν υπάρχει κεντρικός έλεγχος και οι σταθμοί ανταγωνίζονται για το κανάλι (old-courses.cn.ntua.gr/file.php/60/lab8-13.pdf).



Εικόνα 26: Καταναμημένη Λειτουργία Συντονισμού (DCF)

4.1.1 Καταναμημένη Λειτουργία Συντονισμού (DCF) με CSMA/CA

Ο βασικός στόχος των VANET είναι η επικοινωνία μεταξύ οχήματος προς όχημα (V2V) και για να το πετύχει αυτό, το πρότυπο 802.11 βασίζεται στην Καταναμημένη Λειτουργία Συντονισμού (DCF) που είναι χτισμένη πάνω στο πρωτόκολλο CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance), δηλαδή την **Πολλαπλή Πρόσβαση Ανίχνευσης Φέροντος Σήματος με Αποφυγή Συγκρούσεων**.

Η πολλαπλή πρόσβαση των οχημάτων σε ασύρματα δίκτυα απαιτεί μία μέθοδο που θα υπαγορεύει όλες εκείνες τις λειτουργίες που θα προσφέρουν ομαλή λειτουργία του δικτύου, όπως να καθορίζει την σειρά με την οποία θα μεταδίδει το κάθε όχημα, πώς να αποφεύγονται οι συγκρούσεις ή πώς να ανιχνεύονται οι συγκρούσεις και πώς να ενεργούν τα οχήματα σε περιπτώσεις συγκρούσεων ή άλλων σφαλμάτων, όπως οι παρεμβολές. Το πρωτόκολλο CSMA/CA καλύπτει αυτές τις ανάγκες. Το DCF λοιπόν είναι η θεμελιώδης τεχνική ελέγχου πρόσβασης στο μέσο (MAC) του 802.11 για ασύρματα τοπικά δίκτυα (Νίτσος Β., 2015:38).

Οι βασικές αρχές του CSMA/CA είναι οι εξής:

- ✓ **Carrier Sense:** ανίχνευση του καναλιού για φέρον σήμα, είτε με φυσική ανίχνευση του μέσου - **Clear Channel Assessment (CCA)**, είτε με εικονική ανίχνευση με χρήση του μηχανισμού **Network Allocation Vector (NAV)** για να καταλάβει εάν το κανάλι είναι αδρανές.
- ✓ **Multiple Access:** όλοι οι σταθμοί έχουν ίσες πιθανότητες να μεταδώσουν δεδομένα και πλαίσια όταν το μέσο είναι αδρανές.

✓ **Collision Avoidance:** οι ασύρματοι δέκτες δεν έχουν την δυνατότητα να ανιχνεύσουν εάν έχει συμβεί σύγκρουση, όπως γίνεται για παράδειγμα στα ενσύρματα δίκτυα Ethernet με την χρήση του CSMA/CD. Για να το πετύχει αυτό το πρωτόκολλο CSMA/CA παρέχει τους παρακάτω μηχανισμούς:

- Τον μηχανισμό Τυχαίας Οπισθοχώρησης
- Τον μηχανισμό RTS/CTS/Ack
- Τον αλγόριθμο Δυαδική Εκθετική Οπισθοχώρηση
- Το παράθυρο ανταγωνισμού CW

4.1.2 Τα βασικά βήματα της διαδικασίας αποστολής πλαισίου στο DCF

Η βασική ιδέα πίσω από το πρωτόκολλο αυτό είναι:

- 1) Η ανίχνευση του καναλιού πριν την αποστολή δεδομένων
- 2) Η περίοδος DIFS μεταξύ των πλαισίων που μεταδίδονται
- 3) Τυχαία οπισθοχώρηση ακόμη και αν το κανάλι είναι ελεύθερο
- 4) Με δυαδική εκθετική οπισθοχώρηση μετά από περιπτώσεις συγκρούσεων.

Στην περίπτωση που ένας σταθμός έχει ένα πλαίσιο προς αποστολή, κατά την λειτουργία DCF είναι αναγκασμένος να αφουγκραστεί το κανάλι για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο που ονομάζεται DIFS, δηλαδή DCF Inter Frame space (Διάστημα Μεταξύ Πλαισίων DCF). Εάν κατά το διάστημα αυτό ο σταθμός ανιχνεύσει κίνηση τότε αναβάλλει την μετάδοσή του. Στην περίπτωση που ο σταθμός ανιχνεύσει ότι το κανάλι είναι ελεύθερο καθ' όλη την διάρκεια που ορίζει το DIFS, τότε ο σταθμός ξεκινά εξαρχής με έναν τυχαίο μετρητή οπισθοχώρησης που ονομάζεται Random Backoff Interval. Η τιμή της τυχαίας υποχώρησης υπολογίζεται σε slot times και παίρνει τιμές μεταξύ του 0 και του ελάχιστου παράθυρου ανταγωνισμού ή CWmin (Contention Window) δηλαδή, $Backoff\ Time = random(0 - CWmin) \times SlotTime$ (Νίτσος Β., 2015:38).

- ❖ Ο σταθμός ελέγχει το κανάλι σε κάθε χρονοθυρίδα και αν είναι αδρανές τότε μειώνει τον μετρητή υποχώρησης κατά ένα. Εάν υπάρχει κίνηση πλαισίου ο μετρητής σταματά.
- ❖ Μόλις ο μετρητής αυτός φτάσει στο 0 στέλνει το πλαίσιο του. Επιτρέπεται να μεταδώσει ένα πλαίσιο κάθε φορά.

- ❖ Εάν η αποστολή ήταν επιτυχής ο προορισμός επιστρέφει αμέσως μία επιβεβαίωση-Ack (Acknowledgment).
- ❖ Η απουσία επιβεβαίωσης υποδηλώνει την αποτυχία αποστολής. Σε αυτήν την περίπτωση ο αποστολέας διπλασιάζει τον μετρητή CW και ξαναδοκιμάζει συνεχίζοντας όπως με τον μηχανισμό δυαδικής εκθετικής οπισθοχώρησης μέχρι να μεταδοθεί με επιτυχία το πλαίσιο ή μέχρι να φτάσει κάποιο μέγιστο πλήθος αναμεταδόσεων δηλαδή $CW \geq CW_{max}$. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις ελάχιστες και τις μέγιστες τιμές του παράθυρου ανταγωνισμού. Είναι οι standard τιμές των προτύπων αλλά διαφοροποιούνται όταν οι κάρτες δικτύωσης του δικτύου υποστηρίζουν και το σύνολο των επεκτάσεων του IEEE 802.11e.

Standard	aCWmin	aCWmax
IEEE 802.11	31	1023
IEEE 802.11 b	31	1023
IEEE 802.11 g	15 ή 31	1023
IEEE 802.11 a	15	1023
IEEE 802.11 n	15	1023

Πίνακας 2: Πίνακας προκαθορισμένων CWmin και CWmax

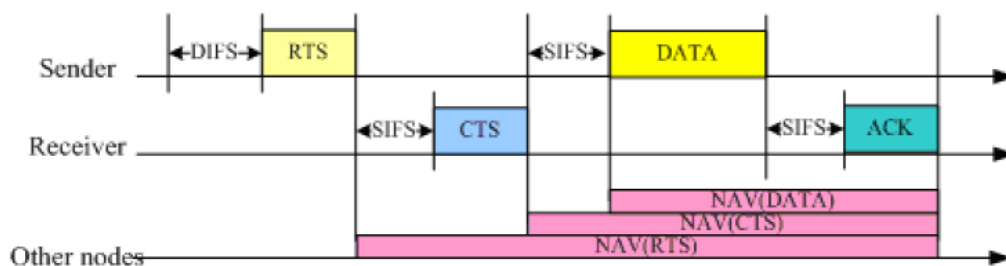
Να σημειώσουμε πως οι τιμές αυτές (CWmin και CWmax) ισχύουν για όλες τις μορφές των μεταδόσεων, δηλαδή για όλα τα είδη των πλαισίων είτε πρόκειται για απλό μήνυμα, είτε για μετάδοση φωνής ή βίντεο. Αυτό το γεγονός μπορεί να δημιουργήσει αρκετά προβλήματα, όπως σημαντικές αδράνειες όταν για παράδειγμα επρόκειτο να μεταδοθεί μία πληροφορία που είναι ευαίσθητη σε καθυστερήσεις. Όλο αυτό φυσικά οδηγεί σε πλήγμα όσον αφορά την αξιοπιστία του δικτύου και κατά συνέπεια στην Ποιότητα των Υπηρεσιών του. Ακόμη και χωρίς το 802.11e όμως (non-QoS) η λειτουργία DCF με CSMA/CA δουλεύει αρκετά καλά στη πράξη, διότι η πρόωρη έναρξη των τυχαίων υποχωρήσεων βοηθά στην αποφυγή των συγκρούσεων ακόμη και όταν ένας κόμβος δεν έχει την εμβέλεια να μπορεί να ελέγξει όλες τις μεταδόσεις.

4.1.3 Μηχανισμός RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send)

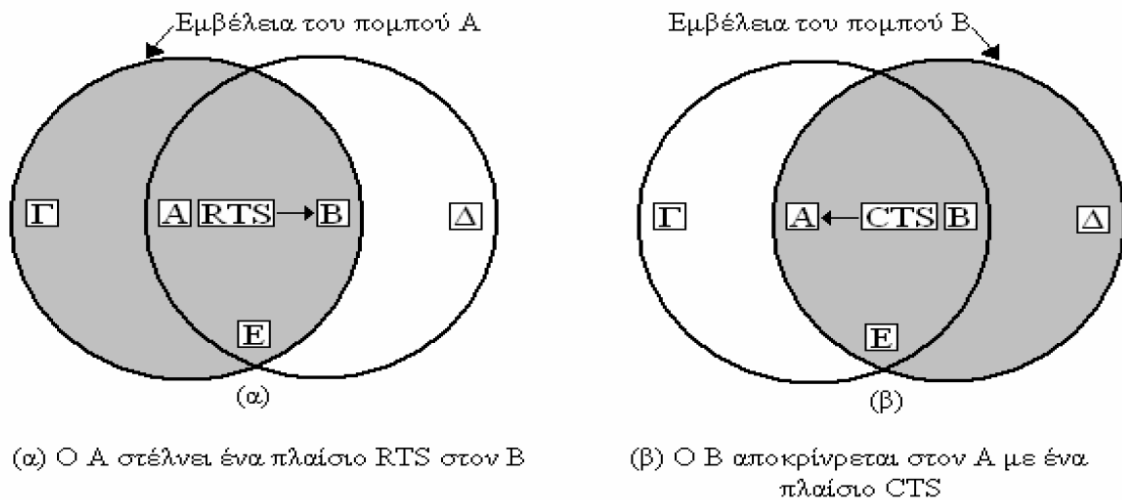
Ο μηχανισμός RTS/CTS χρησιμοποιείται για την επίλυση του προβλήματος του κρυμμένου τερματικού. Όπως φαίνεται στην εικόνα ο αποστολέας για να στείλει ένα πακέτο δεδομένων πρέπει πρώτα να στείλει ένα πακέτο RTS (Request To Send) στον παραλήπτη. Όταν ο παραλήπτης λάβει αυτό το πακέτο απαντά με ένα πακέτο CTS (Clear To Send). Έπειτα, ο αποστολέας μπορεί να στείλει το πακέτο δεδομένων στο οποίο ο παραλήπτης απαντά με ένα πακέτο ACK (Acknowledgement).

Η χρήση των πακέτων RTS και CTS έχει ως σκοπό την ενημέρωση των υπόλοιπων σταθμών που βρίσκονται στην εμβέλεια του αποστολέα και του παραλήπτη, ότι πρόκειται να ακολουθήσει μετάδοση δεδομένων και πως πρέπει να σταματήσουν όποια προσπάθεια μετάδοσης μέχρι το τέλος της επικείμενης επικοινωνίας. Συγκεκριμένα, το πακέτο RTS λαμβάνεται από όλους τους γειτονικούς σταθμούς του αποστολέα και τους ενημερώνει πως θα επακολουθήσει μετάδοση. Αυτοί υπολογίζουν το χρόνο που χρειάζεται για την επιτυχή μετάδοση με τα δεδομένα που περιέχει το RTS και περιμένουν μέχρι την λήξη της επικοινωνίας μιας και η μετάδοση οποιουδήποτε γειτονικού σταθμού του αποστολέα ταυτόχρονα με την επικοινωνία αποστολέα-παραλήπτη θα προκαλούσε σύγκρουση με τα πακέτα CTS και ACK. Το πακέτο CTS λαμβάνεται, αντίστοιχα, από όλους τους γειτονικούς σταθμούς του παραλήπτη και αποτρέπει τις συγκρούσεις κατά την αποστολή του πακέτου δεδομένων DATA (Καλατζής Γ., 2005:75).

Με την χρήση του μηχανισμού RTS/CTS εξασφαλίζεται η επιτυχής μετάδοση του πακέτου δεδομένων. Παρ' όλα αυτά μπορούν ακόμα να συμβούν συγκρούσεις αν υπάρξει ταυτόχρονη μετάδοση RTS πακέτων στο δίκτυο. Η πιθανότητα για τέτοιες συγκρούσεις μειώνεται με την χρήση ενός τυχαίου χρόνου υπαναχώρησης (Random Backoff Time).



Κάθε σταθμός που ακούει το RTS βρίσκεται πιθανότατα κοντά στον A (Εικόνα 27) και θα πρέπει να παραμείνει σιωπηλός για αρκετό χρόνο, έτσι ώστε να επιστραφεί το πλαίσιο CTS στον A . Από την άλλη, κάθε σταθμός που ακούει το CTS βρίσκεται πιθανότατα κοντά στον B και θα πρέπει να παραμείνει σιωπηλός, αφού γνωρίζει πως θα επακολουθήσει πλαίσιο δεδομένων. Το μήκος των δεδομένων που περιέχεται στο RTS αντιγράφεται και στο CTS έτσι λοιπόν όλοι οι σταθμοί που άκουσαν έστω ένα από τα δύο αυτά πλαίσια μπορούν να προσδιορίσουν το μήκος της “συνομιλίας” (Νίτσος Β, 2015:42).



Εικόνα 27 Ο μηχανισμός RTS/CTS ανάμεσα σε δύο σταθμούς (A , B)

Παρά τον μηχανισμό αυτό, μπορούν και πάλι να προκύψουν συγκρούσεις. Όπως για παράδειγμα, οι σταθμοί B και Γ μπορεί να στείλουν ταυτόχρονα και οι δύο πλαίσια αίτησης αποστολής RTS στον A . Αναπόφευκτα τα πλαίσια αυτά θα συγκρουστούν και θα χαθούν. Στις περιπτώσεις αυτές, οι κόμβοι που έστειλαν τα RTS δεν θα λάβουν απόκριση CTS μέσα στον αναμενόμενο χρόνο και έτσι θα καταλάβουν την αποτυχία. Τότε θα περιμένουν κάποιο τυχαίο χρονικό διάστημα οπισθοδρόμησης (Random Backoff Interval) και θα ξαναπροσπαθήσουν.

4.2 IFS (Inter Frame Space)

Η μέθοδος εισάγει την έννοια του **Διαστήματος Μεταξύ Πλαισίων-IFS (Inter-Frame Space)**. Οι ακριβείς τιμές για κάθε είδους διαστήματος καθορίζονται αναλόγως το Φυσικό στρώμα που χρησιμοποιείται για την μετάδοση των δεδομένων. Τα χρονικά αυτά διαστήματα παρέχουν τον μηχανισμό εκείνο που είναι αναγκαίος για την εκχώρηση προτεραιότητας και αποτελεί ακόμη μία τεχνική εξασφάλισης της Ποιότητας των Υπηρεσιών – QoS που

απαιτείται στα δίκτυα οχημάτων. Τα IFS λοιπόν είναι χρονικοί περίοδοι αναγκαστικής σιγής. Μετά το τέλος κάθε μετάδοσης όλοι οι σταθμοί που θέλουν να καταλάβουν το κανάλι, περιμένουν για χρονικό διάστημα που προσδιορίζεται από τα IFS αναλόγως τον βαθμό προτεραιότητας που έχει το πλαίσιο που θέλουν να μεταδώσουν. Παρακάτω βλέπουμε όλα τα είδη των IFS που καθορίζονται από το πρότυπο 802.11e (Ζιώγου Χ., 2005:39).

▪ **PIFS (PCF Inter-Frame Space) ή Διάστημα Μεταξύ Πλαισίων PCF**

Να θυμίσουμε πως όλα τα πρότυπα 802.11 όπως έχουμε αναφέρει υποστηρίζουν και τοπολογίες δικτύου υποδομής, χρησιμοποιώντας Σημεία Πρόσβασης ή AP (Access Point) που συνδέουν το δίκτυο 802.11 με την υποδομή ενός ενσύρματου δικτύου κορμού π.χ. Internet. Η διαδικασία που δίνει τον έλεγχο όλης της δραστηριότητας στο σημείο πρόσβασης-AP λέγεται PCF. Για να δοθεί έμφαση σε αυτήν την λειτουργία, καθορίστηκε το διάστημα PIFS, ως ο χρόνος αναμονής των σημείων συντονισμού για πρόσβαση στο μέσο. Η διάρκεια του PIFS είναι μικρότερη του DIFS αλλά μεγαλύτερη του SIFS, δηλαδή $DIFS > PIFS > SIFS$. Ως εκ τούτου, το AP έχει πάντα μεγαλύτερη προτεραιότητα για πρόσβαση στο μέσο από ότι οι κινητοί σταθμοί, αλλά όντας μεγαλύτερης διάρκειας από το SIFS αποτρέπει την πρόσβαση των AP εάν υπάρχει ήδη σε εξέλιξη μια διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών. Το σημείο πρόσβασης καταλαμβάνοντας το φυσικό μέσο μετά από περίοδο PIFS, μπορεί να εκδώσει πλαίσιο beacon ή poll. Η διάρκεια PIFS μπορεί να υπολογιστεί με την ακόλουθη μέθοδο:

$$PIFS = SIFS + SLOT TIME$$

Standard	Slot time (μs)	PIFS (μs)
IEEE 802.11 (FHSS)	50	78
IEEE 802.11 (DSSS)	20	30
IEEE 802.11b	20	30
IEEE 802.11a	9	25
IEEE 802.11g	9 or 20	19 or 30
IEEE 802.11n (2.4 GHz)	9 or 20	19 or 30
IEEE 802.11n (5 GHz)	9	25
IEEE 802.11ac	9	25

Πίνακας 3: Υπολογισμός διάρκειας PIFS

▪ **DIFS (DCF Inter-Frame Space) ή Διάστημα Μεταξύ Πλαισίων DCF**

Το DIFS καλείται ως η ελάχιστη καθυστέρηση μεταξύ κανονικών πλαισίων που ανταγωνίζονται για πρόσβαση. Όλα τα πρωτόκολλα της οικογένειας IEEE 802.11 περιγράφουν την λειτουργία DCF, η οποία ελέγχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο μετάδοσης. Όπως έχουμε προαναφέρει, ένας σταθμός πρέπει να αισθανθεί την κατάσταση του μέσου πριν την μετάδοση. Εάν διαπιστώσει ότι το μέσο είναι συνεχώς σε αδράνεια για DIFS διάρκεια, τότε επιτρέπεται να μεταδώσει ένα πλαίσιο RTS. Εάν όμως στο μεσοδιάστημα ανιχνεύσει κίνηση (Carrier Sense), τότε θα πρέπει να αναβάλλει την μετάδοση. Έχει μεγαλύτερη διάρκεια από το SIFS έτσι ώστε να αποτρέψει τους υπόλοιπους σταθμούς να επέμβουν σε μία εξελισσόμενη συνομιλία και προορίζεται για τα πλαίσια χαμηλής προτεραιότητας.

Η διάρκεια DIFS μπορεί να υπολογιστεί με την ακόλουθη μέθοδο:

$$\text{DIFS} = \text{SIFS} + (2 * \text{SLOT TIME})$$

Standard	SIFS (μs)	Slot time (μs)	DIFS (μs)
IEEE 802.11 (FHSS)	28 μs	50	128
IEEE 802.11 (DSSS)	10 μs	20	50
IEEE 802.11b	10 μs	20	50
IEEE 802.11a	16 μs	9	34
IEEE 802.11g	10 μs	9 or 20	28 or 50
IEEE 802.11n (2.4 GHz)	10 μs	9 or 20	28 or 50
IEEE 802.11n (5 GHz)	16 μs	9	34
IEEE 802.11ac	16 μs	9	34

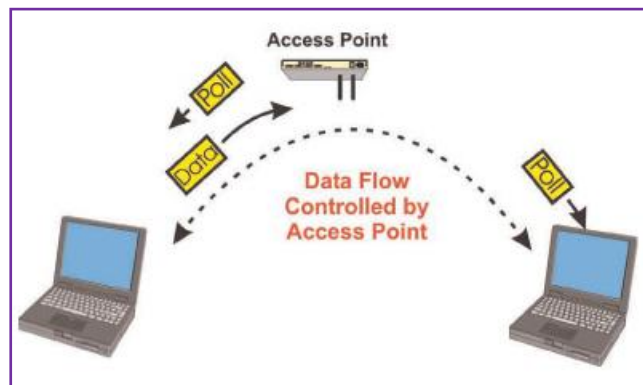
Πίνακας 4: Υπολογισμός διάρκειας DIFS

Όταν δύο κάρτες δικτύωσης υποστηρίζουν διαφορετικά πρότυπα της οικογένειας IEEE 802.11 αλλά συμβατά μεταξύ τους, τότε όλοι οι παράμετροι συγχρονίζονται με το προγενέστερο πρότυπο, δηλαδή το πρότυπο που υποστηρίζει την χαμηλότερη ταχύτητα μεταφοράς. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που επικοινωνούν τα πρότυπα 802.11g και 802.11b, έχουμε ίση διάρκεια SIFS (10μs), αλλά το Slot Time του 802.11g συγχρονίζεται με το Slot Time του 802.11b στα 20μs. Οπότε η διάρκεια του DIFS θα είναι:

$$\text{DIFS} = \text{SIFS}(10\mu\text{s}) + [2 * \text{Slot Time} (20\mu\text{s})] = 50\mu\text{s}$$

4.3 Σημειακή λειτουργία συντονισμού (PCF)

Ο 802.11 διαθέτει και μία επιπλέον μέθοδο πρόσβασης που ονομάζεται Λειτουργία Κεντροκοποιημένου Συντονισμού (Point Coordination Function, **PCF**) στην οποία ο σταθμός βάσης χρησιμοποιεί περιόδευση για τους άλλους σταθμούς, ρωτώντας τους αν έχουν κάποια πλαίσια προς αποστολή. Επειδή, σε αυτή την κατάσταση η σειρά μετάδοσης ελέγχεται πλήρως από τον σταθμό βάσης, δεν συμβαίνουν ποτέ συγκρούσεις. Ο βασικός μηχανισμός είναι να εκπέμπει ο σταθμός βάσης περιοδικά ένα **πλαίσιο φάρου**, με συχνότητα από 10 έως 100 φορές ανά δευτερόλεπτο. Το πλαίσιο φάρου περιέχει παραμέτρους του συστήματος και προσκαλεί τους νέους σταθμούς να εγγραφούν στην υπηρεσία περιόδευσης. Όταν ένας σταθμός γραφτεί στην υπηρεσία περιόδευσης για ένα συγκεκριμένο ρυθμό μετάδοσης, ουσιαστικά λαμβάνει ένα εγγυημένο ποσοστό του εύρους ζώνης, κάνοντας έτσι δυνατή την παροχή εγγυήσεων ποιότητας υπηρεσιών (Χούμας Κ., 2007:18).

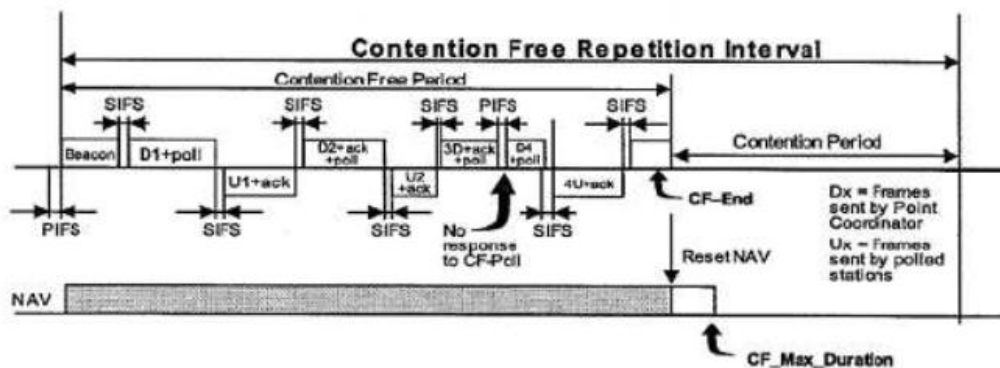


Εικόνα 28: Σημειακή Λειτουργία Συντονισμού (PCF)

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται μόνο σε ασύρματα δίκτυα με υποδομή, όπου το AP συμμετέχει στην διαδικασία ελέγχου του μέσου. Η PCF αποτελεί προέκταση της DCF και σκοπός της είναι να υποστηρίξει υπηρεσίες που απαιτούν χρονικές εγγυήσεις στη μετάδοση των πακέτων. Κατά την λειτουργία αυτή το AP έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα έναντι των άλλων σταθμών του κελιού (cell) (Χούμας Κ., 2007:18). Αυτό το πετυχαίνει περιμένοντας χρονικό διάστημα μικρότερο από DIFS όταν θέλει να ξεκινήσει κάποια χειραγία. Πιο συγκεκριμένα περιμένει για χρονικό διάστημα ίσο με μία νέα παράμετρο που λέγεται Κεντροκοποιημένο Ενδιάμεσο Διάστημα (Point Inter Frame Space, PIFS). Κάθε φορά που το AP παίρνει τον έλεγχο του μέσου ενημερώνει όλους τους υπόλοιπους σταθμούς για την έναρξη της λειτουργίας της PCF καθώς και για την αναμενόμενη διάρκειά της, και αυτοί

σέβονται τους κανόνες που το AP ορίζει. Θέτουν το NAV τους ενεργό για όσο χρονικό διάστημα το AP κατέχει το μέσο.

Κατά την διάρκεια της PCF το AP καλεί τους σταθμούς διαδοχικά να μεταδώσουν ένα πακέτο τους, στέλνοντας τους ένα πακέτο ελέγχου που ονομάζεται Poll. Όταν ένας σταθμός λαμβάνει ένα Poll απαντά με ένα πακέτο δεδομένων στο AP και ξανασωπαίνει. Το AP μπορεί σε συνδυασμό με το πακέτο Poll να στείλει και δεδομένα στο σταθμό που καλεί καθώς και επιβεβαίωση στον προηγούμενο σταθμό. Από την άλλη μεριά ο κάθε σταθμός μπορεί μαζί με το μεταδιδόμενο πακέτο να στείλει και επιβεβαίωση λήψης για το πακέτο που έλαβε από το AP. Η περίοδος λειτουργίας της PCF ονομάζεται Περίοδος Χωρίς Ανταγωνισμό (Contention Free Period, CFP), ενώ η περίοδος κατά την οποία η DCF είναι ενεργή ονομάζεται (Contention Period, CP). Όλα τα παραπάνω φαίνονται στην Εικόνα 29.



Εικόνα 29: Η μέθοδος πρόσβασης PCF

Για να επιτευχθεί ο συγχρονισμός των σταθμών του κελιού, καθώς και η ενημέρωσή τους με άλλες πληροφορίες ελέγχου, το AP μεταδίδει ανά τακτά χρονικά διαστήματα ένα πακέτο ελέγχου που ονομάζεται πλαίσιο Χαιρετισμού (Beacon frame). Το πλαίσιο αυτό περιέχει πληροφορίες συγχρονισμού, υποστηριζόμενων υπηρεσιών, υποστηριζόμενων ρυθμών μετάδοσης.

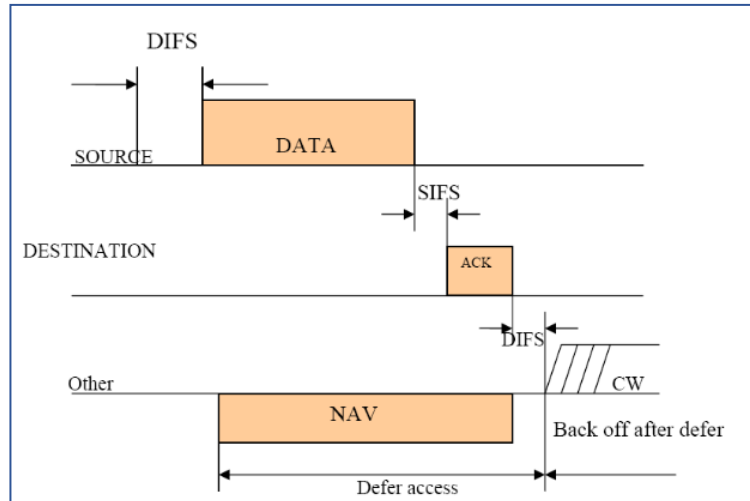
➤ CSMA/CA χωρίς την χρήση μηχανισμού RTS/CTS

Ο Carrier Sensing (CS) μηχανισμός “ακούει” το κανάλι προτού επιτρέψει την μετάδοση ενός πακέτου και με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγει τις συγκρούσεις (collisions) που μπορούν να συμβούν κατά την διάρκεια μιας μετάδοσης. Στα ασύρματα δίκτυα χρησιμοποιείται ο μηχανισμός πολλαπλής πρόσβασης με αποφυγή σύγκρουσης CSMA/CA σε αντίθεση με

αυτόν που χρησιμοποιείται στα ενσύρματα δίκτυα – Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD). Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιείται ο παραπάνω μηχανισμός, οφείλεται στο γεγονός ότι ένας ασύρματος σταθμός δεν έχει τη δυνατότητα να ακούσει το κανάλι και να διαπιστώσει κάποια σύγκρουση, ενώ ταυτόχρονα μεταδίδει δεδομένα. Το IEEE 802.11 εισάγει δύο μηχανισμούς ανίχνευσης, τον Physical CS και τον Virtual CS οι οποίοι δραστηριοποιούνται στο Physical και MAC επίπεδο αντίστοιχα. Όταν μιλάμε για CS θα αναφερόμαστε στον Virtual CS. Έστω, ότι ένας σταθμός ετοιμάζει να μεταδώσει ένα MPDU (MAC Protocol Data Unit).

Ο σταθμός ενημερώνει το δεύτερο πεδίο του MPDU (duration field) με την ποσότητα του χρόνου (microseconds) που θα διαρκέσει η επιτυχημένη μετάδοση του πακέτου. Οι υπόλοιποι σταθμοί του συγκεκριμένου BSS διαβάζουν το duration field και ενημερώνουν το Network Allocation Vector (NAV) τους, το οποίο αναπαριστά τη διάρκεια του χρόνου η οποία θα πρέπει να παρέλθει μέχρι να ολοκληρωθεί επιτυχώς η τρέχουσα μετάδοση και το κανάλι να έρθει και πάλι σε ηρεμία. Μόλις ένας σταθμός διαπιστώσει ότι το κανάλι δεν χρησιμοποιείται, περιμένει για DIFS χρόνο και ακούει ξανά. Αν το κανάλι εξακολουθεί να παραμένει ανενεργό, τότε ο σταθμός ξεκινάει να μεταδίδει το MPDU του.

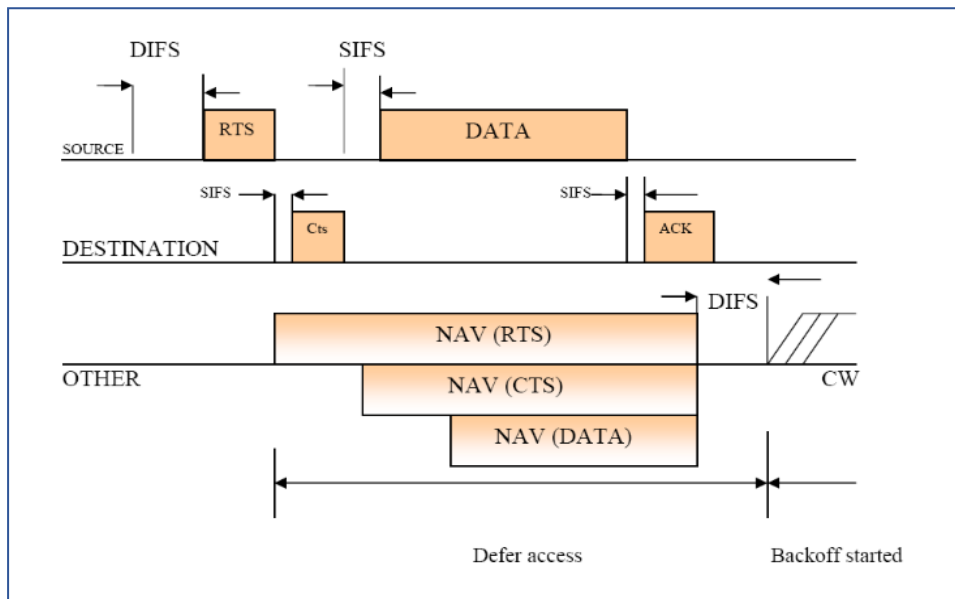
Ο παραλήπτης ελέγχει το πακέτο για να διαπιστώσει αν έφτασε σωστά. Αν το πακέτο λήφθηκε χωρίς λάθη, ο παραλήπτης περιμένει για SIFS χρόνο και επιβεβαιώνει τη σωστή λήψη στέλνοντας μια ACK στον αποστολέα. Από το duration field του MPDU οι υπόλοιποι σταθμοί του BSS γνωρίζουν για πόσο χρόνο το κανάλι θα παραμείνει απασχολημένο και ενημερώνουν το NAV τους. Ο χρόνος αυτός ισούται με το άθροισμα του χρόνου μετάδοσης του πακέτου δεδομένων, της ACK και του SIFS χρόνου. Στην Εικόνα 30 αναπαρίσταται γραφικά η μετάδοση ενός MPDU με χρήση του CSMA. Ο σταθμός δεν έχει τη δυνατότητα να ακούσει το κανάλι όσο εκείνος μεταδίδει, για αυτό το λόγο, αν συμβεί κάποια σύγκρουση δεν θα μπορέσει να την αντιληφθεί πριν την ολοκλήρωση της μετάδοσης του MPDU του. Αν το MPDU είναι μεγάλο τότε ένα σημαντικό ποσοστό της χωρητικότητας (bandwidth) της γραμμής σπαταλάται εξαιτίας της αποτυχημένης μετάδοσης του πακέτου. Την λύση στο πρόβλημα αυτό έδωσε η ανάπτυξη ενός μηχανισμού (RTS/CTS) δέσμευσης των πόρων του δικτύου από το σταθμό που μεταδίδει όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα (Αλαφούζος Π., 2005:14).



Εικόνα 30: Μετάδοση MPDU μέσω CSMA Μηχανισμού

➤ **CSMA/CA με χρήση μηχανισμού RTS/CTS**

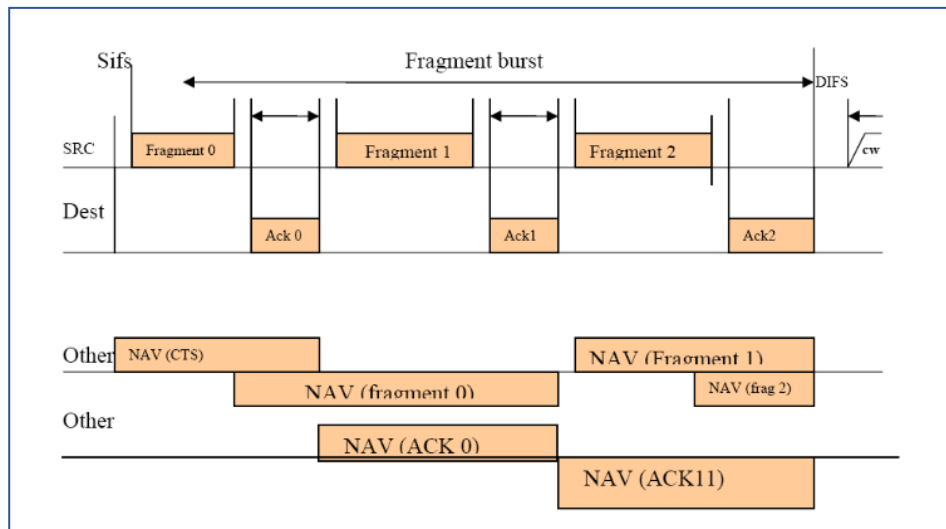
Τα RTS/CTS (Request To Send / Clear To Send) είναι πακέτα ελέγχου τα οποία χρησιμοποιούνται από τον σταθμό που θέλει να μεταδώσει προκειμένου να γίνει εκ των προτέρων κράτηση των πόρων του δικτύου και να ελαχιστοποιηθεί το ποσοστό του bandwidth που σπαταλάται στην περίπτωση που συμβεί σύγκρουση. Το RTS είναι το πρώτο πακέτο που στέλνεται από τον σταθμό αμέσως μόλις αυτός αποκτήσει πρόσβαση στο κανάλι μετάδοσης. Οι υπόλοιποι σταθμοί που ανήκουν στον ίδιο BSS λαμβάνουν το RTS, διαβάζουν το duration field και ενημερώνουν το NAV τους. Ο σταθμός προορισμού απαντάει στο RTS πακέτο στέλνοντας ένα CTS μετά από SIFS χρόνο. Ομοίως οι υπόλοιποι σταθμοί του BSS λαμβάνουν το CTS, διαβάζουν το duration field και ενημερώνουν το NAV τους. Μετά την επιτυχημένη λήψη του CTS ο αποστολέας είναι βέβαιος ότι το κανάλι είναι ελεύθερο και έχει γίνει δέσμευση πόρων για την επιτυχημένη μετάδοση του MPDU. Η συνεχής ενημέρωση των NAVs των υπολοίπων σταθμών του BSS βοηθάει στην αντιμετώπιση του hidden terminal problem. Στην Εικόνα 31 αναπαριστάται η μετάδοση ενός MPDU με τη χρήση του μηχανισμού RTS/CTS. Ο μηχανισμός ενεργοποιείται αν το MPDU είναι μεγαλύτερο από το RTS Threshold. Αν συμβεί σύγκρουση με το RTS/CTS το ποσοστό του bandwidth που σπαταλάται είναι μικρότερο καθώς το μέγεθος των RTS και CTS πακέτων είναι πολύ μικρότερο από του MPDU (Στεργιουδής Α., Τσακνιδής Σ., Στόιος Γ., 2008:23).



Εικόνα 31: Μετάδοση MPDU με RTS/CTS

Τα μεγάλα πακέτα διαιρούνται σε μικρότερα πακέτα (fragments) προκειμένου να μεταδοθούν με μεγαλύτερη αξιοπιστία. Αν το μέγεθος του MPDU είναι μεγαλύτερο από το Fragmentation Threshold τότε το αρχικό πακέτο διαιρείται σε μικρότερα πακέτα, τα οποία μεταδίδονται το ένα μετά το άλλο. Το κανάλι μετάδοσης δεν απελευθερώνεται μέχρι να ολοκληρωθεί η μετάδοση ολόκληρου του MPDU ή μέχρι να αποτύχει η σωστή λήψη κάποιου fragment. Ο παραλήπτης επιβεβαιώνει τη σωστή λήψη των fragments που λαμβάνει, στέλνοντας θετικές επιβεβαιώσεις (ACKs). Ο αποστολέας προκειμένου να αυξήσει το throughput της γραμμής αναμένει SIFS χρόνο αφού λάβει το ACK πακέτο και προχωράει στη μετάδοση του επόμενου fragment (Εικόνα 32).

Αν κάποιο ACK δεν ληφθεί σωστά από τον αποστολέα τότε η μετάδοση του MPDU αποτυγχάνει και ο σταθμός χάνει την πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης. Αν χρησιμοποιείται ο μηχανισμός RTS/CTS τότε μόνο για το πρώτο fragment στέλνονται RTS και CTS πακέτα ελέγχου. Τέλος, οι υπόλοιποι σταθμοί του BSS ενημερώνουν το NAV τους διαβάζοντας το duration field του κάθε fragment (Αλαφούζος Π., 2005:17).



Εικόνα 32: Μετάδοση των Fragments του MPDU

Αν ο αποστολέας διαπιστώσει ότι το κανάλι δεν είναι ελεύθερο, τότε περιμένει μέχρι να ελευθερωθεί για DIFS χρόνο και υπολογίζει ένα backoff time. Μετά το πέρας του DIFS χρόνου και όσο το κανάλι παραμένει ελεύθερο, ο σταθμός μειώνει το backoff time μέχρι αυτό να πάρει την τιμή μηδέν ή μέχρι το μέσο μετάδοσης να καταληφθεί από κάποιον άλλο σταθμό. Αν το backoff δεν φτάσει στο μηδέν και το κανάλι παύσει να είναι ελεύθερο τότε ο backoff timer παγώνει και συνεχίζει να μειώνεται μόνο όταν το κανάλι ελευθερωθεί και πάλι. Μόλις ο backoff timer πάρει την τιμή μηδέν, τότε ο σταθμός ξεκινάει τη μετάδοση. Αν ο backoff timer δύο ή περισσότερων σταθμών γίνει μηδέν την ίδια χρονική στιγμή, τότε θα συμβεί σύγκρουση (collision) και οι σταθμοί αυτοί θα υπολογίσουν ένα νέο backoff time και θα επαναλάβουν την παραπάνω διαδικασία.

4.3.1 Προσχώρηση σε ένα δίκτυο

Για να προσχωρήσει ένα σταθμός σε ένα BSS, πρέπει να λάβει πληροφορίες συγχρονισμού, είτε από το Access Point, είτε από έναν άλλο σταθμό όταν βρίσκεται σε IBSS δίκτυο. Η διαδικασία αυτή συγχρονισμού απαιτείται κατά τρεις χρονικές περιόδους, μετά την εκκίνηση του σταθμού (power-up), μετά από ένα sleep mode και κατά την είσοδο σε ένα νέο BSS. Τα βασικά βήματα για να αποκτήσει ένας σταθμός πρόσβαση στο δίκτυο 802.11 γίνεται με δύο τρόπους:

❖ **Active Scanning (Ενεργή Σάρωση):** Με αυτή την μέθοδο, ένας σταθμός προσπαθεί να εντοπίσει ένα Access Point εκπέμποντας Probe Request πλαίσια και αναμένοντας απάντηση

από κάποιο AP. Το πρότυπο 802.11 ορίζει αμφότερα το παθητικό (passive) και ενεργό (active) scanning, όπου μία radio NIC (network interface card) ψάχνει για σημεία πρόσβασης (access points).

❖ **Passive Scanning (Παθητική Σάρωση):** Με αυτή την μέθοδο, ένας σταθμός περιμένει να λάβει κάποιο Beacon πλαίσιο από ένα AP. Το passive scanning είναι υποχρεωτικό όπου κάθε NIC σαρώνει τα κανάλια για να βρει το καλύτερο σημείο πρόσβασης (Access Point). Κατά το passive scanning, ο σταθμός δεν εκπέμπει τίποτα, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια. Παρακολουθεί τα διαθέσιμα κανάλια ψάχνοντας για πλαίσια Beacon που δηλώνουν την ύπαρξη κάποιου δικτύου. Τα πλαίσια Beacon περιέχουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για το BSS απ' όπου εκπέμπονται ώστε ο σταθμός να μπορεί να προχωρήσει στο επόμενο βήμα, δηλαδή στη διαδικασία του joining.

(http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/WirelessNetworks-Web/Chapter1321.html)

❖ **Joining (Σύνδεση):**

Όταν εντοπιστεί το δίκτυο ακολουθεί η διαδικασία του joining, χωρίς όμως ο κινητός σταθμός να αποκτήσει ακόμα πρόσβαση στο δίκτυο. Η διαδικασία του joining δεν δίνει σε έναν σταθμό πρόσβαση στο δίκτυο, απλώς είναι ένα απαραίτητο βήμα στη διαδικασία του association. Ο σταθμός, έχοντας τις απαραίτητες πληροφορίες από το scanning, εξετάζει τις παραμέτρους κάθε BSS και αποφασίζει με ποιο από αυτά θα προχωρήσει τη διαδικασία του association.

Για να επιλέξει ο σταθμός ένα BSS πρέπει φυσικά να μπορεί να λειτουργήσει με τις συγκεκριμένες παραμέτρους του BSS. Επιπλέον, κριτήρια όπως το επίπεδο ισχύος ή η ένταση του σήματος από κάθε BSS παίζουν ρόλο. Παρόλα αυτά, δεν υπάρχει συγκεκριμένη διαδικασία επιλογής ενός δικτύου έναντι κάποιου άλλου. Η επιλογή γίνεται εσωτερικά στο σταθμό και εξαρτάται από τον εκάστοτε κατασκευαστή (Χατζηπρίμου Κ, & Κόρδαρης Ι., 2006:22).

❖ **Authentication:**

Authentication είναι η διαδικασία κατά την οποία αποδεικνύεται και πιστοποιείται η ταυτότητα. Η διαδικασία αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική στη διατήρηση της ασφάλειας στα

ασύρματα δίκτυα, εφόσον δεν υπάρχουν ουσιαστικά φυσικοί περιορισμοί για κάποιον που θέλει να αποκτήσει πρόσβαση σε ένα δίκτυο.

Το πρότυπο 802.11 προδιαγράφει δύο είδη διαδικασιών πιστοποίησης: Open System Authentication και Shared Key Authentication. Η διαδικασία Open System Authentication είναι υποχρεωτική και γίνεται σε δύο βήματα. Πρώτα, μία radio NIC ξεκινάει τη διαδικασία στέλνοντας ένα authentication request πλαίσιο στο σημείο πρόσβασης (access point). Το access point απαντάει με ένα authentication response πλαίσιο το οποίο περιέχει την έγκριση ή τη μη έγκριση μέσα στο Status Code Field που βρίσκεται στο σώμα του πλαισίου.

Η διαδικασία Shared Key Authentication είναι μία προαιρετική διαδικασία που γίνεται σε τέσσερα βήματα και που βασίζει την πιστοποίηση στο εάν η συσκευή που κάνει την πιστοποίηση έχει το σωστό Wired Equivalent Privacy (WEP) κλειδί. Υπενθυμίζεται ότι το πρότυπο 802.11 δεν θεωρεί υποχρεωτική την υποστήριξη του WEP, άρα αυτός ο τύπος πιστοποίησης μπορεί να μην είναι πάντα διαθέσιμος. Η radio NIC αποστέλλει ένα Authentication Request πλαίσιο στο σημείο πρόσβασης (access point). Κατόπιν, το access point τοποθετεί στο σώμα ενός απαντητικού (response) πλαισίου ένα κείμενο αμφισβήτησης (challenge) και το στέλνει στη radio NIC. Η radio NIC χρησιμοποιεί το δικό της WEP κλειδί για να κρυπτογραφήσει το κείμενο αμφισβήτησης και μετά το στέλνει πίσω στο access point με ένα άλλο πλαίσιο. Το access point αποκρυπτογραφεί το κείμενο αμφισβήτησης και το συγκρίνει με το αρχικό κείμενο. Αν τα κείμενα ισοδυναμούν τότε το access point υποθέτει ότι η radio NIC έχει το σωστό WEP κλειδί. Το access point τελειώνει την ακολουθία στέλνοντας ένα πλαίσιο πιστοποίησης στη radio NIC, το οποίο περιέχει την έγκριση ή τη μη έγκριση (Χατζηπρίμου Κ, & Κόρδαρης Ι., 2006:22).

❖ **Deauthentication:**

Προκειμένου ένας σταθμός (που είναι πιστοποιημένος στο δίκτυο) να εγκαταλείψει το δίκτυο, πρέπει να ακυρώσει την πιστοποίησή του. Μετά την ακύρωση της πιστοποίησης, ο σταθμός δεν έχει πλέον τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δίκτυο.

❖ **Association:**

Μόλις γίνει η πιστοποίηση, η radio NIC πρέπει να συσχετιστεί με το access point προτού αρχίσει την αποστολή πλαισίων δεδομένων (data frames). Η Συσχέτιση (Association) είναι

αναγκαία προκειμένου να γίνει ο συγχρονισμός σπουδαίων πληροφοριών, όπως ο υποστηριζόμενος ρυθμός δεδομένων, ανάμεσα στο radio NIC και το access point. Η radio NIC ξεκινάει τη Συσχέτιση (Association) στέλνοντας ένα Association Request Frame που περιέχει στοιχεία ταυτότητας και υποστηριζόμενο ρυθμό δεδομένων. Το access point απαντάει στέλνοντας ένα Association Response Frame που περιέχει ένα Association Identification μαζί με άλλες πληροφορίες που αφορούν το access point. Μόλις η radio NIC και το access point ολοκληρώσουν τη διαδικασία του Association, τότε μπορούν να στείλουν πλαίσια δεδομένων το ένα στο άλλο.

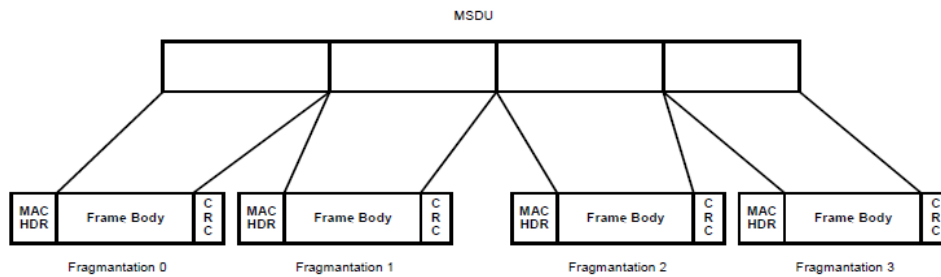
4.4 Συνύπαρξη του DCF και PCF

Η καταναμημένη συνάρτηση συντονισμού και η συνάρτηση συντονισμού σημείου πρέπει να συνυπάρχουν με έναν τρόπο που επιτρέπει και τις δύο να λειτουργούν ταυτόχρονα στο ίδιο BSS. Όταν ένας συντονιστής σημείου λειτουργεί στο BSS οι δύο τρόποι προσπέλασης εναλλάσσονται με την περίοδο χωρίς συγκρούσεις να ακολουθείται από την περίοδο που είναι πιθανή η σύγκρουση κατά την πρόσβαση στο κανάλι.

Τεμαχισμός και Συναρμολόγηση

Η διαδικασία του μοιράσματος μιας MSDU (MAC service Data Unit) ή μια MMPDU (MAC Management Protocol Data Unit) σε μικρότερα πακέτα του MAC επιπέδου, MPDUs (MAC Protocol Data Units) καλείται τεμαχισμός (fragmentation). Με τον τεμαχισμό δημιουργούνται MPDUs μικρότερες σε μήκος από τις αρχικές MSDU ή MMPDUs για να αυξηθεί η αξιοπιστία στη λήψη για μεγαλύτερα πακέτα. Ο τεμαχισμός υλοποιείται σε κάθε πομπό. Η διαδικασία επανασυναρμολόγησης των MPDUs σε μια MSDU ή MMPDU ορίζεται ως συναρμολόγηση (Defragmentation). Η συναρμολόγηση υλοποιείται σε κάθε δέκτη.

Μόνο MPDUs με συγκεκριμένη διεύθυνση δέκτη μπορούν να τεμαχίζονται. Τα πακέτα με πολλαπλούς αποδέκτες δεν πρέπει να τεμαχίζονται ακόμη και όταν το μήκος τους ξεπερνά το όριο τεμαχισμού. Όταν μια MSDU ληφθεί από το LLC στο MAC ή μια MMPDU ληφθεί από το υποεπίπεδο διαχείρισης του MAC με μέγεθος μεγαλύτερο από το όριο τεμαχισμού, η MSDU ή η MMPDU πρέπει να τεμαχίζεται σε MPDUs όχι μεγαλύτερες από το όριο όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 33: Fragmentation

Οι MPDUs που προέρχονται από τον τεμαχισμό της MSDU ή MMPDU στέλνονται σαν ανεξάρτητα πακέτα για καθένα από τα οποία στέλνεται επιβεβαίωση. Με αυτό τον τρόπο έχουμε επανάληψη στην αποστολή κάθε τμήματος σε περίπτωση λάθους και όχι ολοκλήρωσης της MSDU ή MMPDU. Τα τμήματα μιας MSDU ή MMPDU στέλνονται σαν ριπή κατά τη διάρκεια μιας περιόδου πρόσβασης στο κανάλι χρησιμοποιώντας μια κλήση στη διαδικασία προσπέλασης του μέσου με κατανομημένη συνάρτηση συντονισμού (DCF), εκτός αν η μετάδοση διακοπεί λόγω περιορισμών από τη χρησιμοποίηση του φυσικού επιπέδου. Τα κομμάτια μιας MSDU ή MMPDU στέλνονται κατά τη διάρκεια μίας περιόδου ελεύθερης από προστριβές (CFP) σαν ανεξάρτητα πακέτα σύμφωνα με τους κανόνες προσπέλασης του μέσου με συντονιστή σημείου.

MAC εξυπηρέτηση δεδομένων

Η εξυπηρέτηση δεδομένων στο MAC μεταφράζει αιτήσεις εξυπηρέτησης από το LLC. Σαν σήματα εισόδου που εξυπηρετούνται από τη Μηχανή Καταστάσεων του MAC. Επίσης, η εξυπηρέτηση δεδομένων του MAC μεταφράζει τα σήματα εξόδου της Μηχανής Καταστάσεων σε ενδείξεις εξυπηρέτησης προς το LLC.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

1. Συμπεράσματα

Στα παραπάνω κεφάλαια παρουσιάστηκαν κάποιες από τις πιο βασικές διαδεδομένες τεχνολογίες ασυρμάτων δικτύων προσωπικής εμβέλειας και ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων. Οι τεχνολογίες αυτές εξελίσσονται διαρκώς, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις δύο ή και περισσότερες από αυτές συνεργάζονται με σκοπό την βελτίωση της απόδοσης και του κόστους για παράδειγμα, ένα δίκτυο πρωτοκόλλου IEEE 802.15 (Bluetooth) λειτουργεί σε μικρές αποστάσεις, με χαμηλή ισχύ και με χαμηλό κόστος. Είναι στην ουσία μία Τεχνολογία "υποκατάστασης καλωδίου" χαμηλής ισχύος, μικρής εμβέλειας και χαμηλού κόστους, για διασύνδεση φορητών υπολογιστών, περιφερειακών συσκευών, κινητών τηλεφώνων και έξυπνων τηλεφώνων, ενώ το 802.11 είναι μια τεχνολογία υψηλότερης ισχύος, μέσης εμβέλειας, υψηλότερου ρυθμού "προσπέλασης".

Τα WLAN δίκτυα έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια από τα PAN και επιτρέπουν περισσότερη κινητικότητα στους χρήστες τους. Σε αυτά ανήκει το WiFi. Επίσης, τα WMAN συνδέουν πολλά LAN μεταξύ τους και έχουν πολύ μεγάλη εμβέλεια και σε αυτά εντάσσεται το WiMAX. Όπως είναι φυσικό βέβαια, υπάρχουν ακόμα μειονεκτήματα στη χρήση των ασυρμάτων τεχνολογιών. Η ασφάλεια, η ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων και οι παρεμβολές είναι σε καλό επίπεδο αλλά σίγουρα χρειάζονται βελτίωση.

Τα 802.11 ασύρματα δίκτυα είναι αρκετά ευάλωτα σε επιθέσεις και προσβολές. Εντούτοις, λύσεις υπάρχουν αν και καμία δεν είναι πανάκεια, αλλά όλες μαζί μπορούν να μας διασφαλίσουν ως ένα βαθμό. Μια πιο ριζοσπαστική άποψη θεωρεί ότι, το πρόβλημα είναι εγγενές. Όταν πρωτοσχεδιάστηκαν τα ασύρματα δίκτυα όλοι είχαν στο μυαλό τους τα ενσύρματα επικεντρωμένα (centralized) δίκτυα. Αρκεί να κοιτάξουμε τι σημαίνουν τα αρχικά του WEP (Ισοδύναμο Ενσύρματης Ασφαλείας). Γι' αυτό το λόγο, υπάρχει μια τάση αποκέντρωσης στα ασύρματα δίκτυα με αποκορύφωση τα Ad-Hoc, μια μορφή δικτύου όπου οι κόμβοι είναι και δρομολογητές (συμβατό με το 802.11). Πιο απλά, οι clients γίνονται servers και αναμεταδότες (μια δουλειά που την έκανε το AP). Οι κατανεμημένες εφαρμογές είναι η σύγχρονη τάση (π.χ. διαδίκτυο) και τα Ad-Hoc αποτελούν τα πιο ισοκατανεμημένα δίκτυα.

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα, λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρουν, γνωρίζουν μεγάλη αποδοχή από τους καταναλωτές και εξαπλώνονται ταχύτατα. Όμως, το βασικό ζήτημα που απασχολεί όλους τους φορείς που ασχολούνται με την ανάπτυξή τους είναι το θέμα της ασφάλειας. Για την βελτίωση της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων χρησιμοποιήθηκαν οι αλγόριθμοι κρυπτογράφησης οι οποίοι όμως έχουν και αυτοί αδύνατα σημεία. Το πρωτόκολλο κρυπτογράφησης WEP εμφανίστηκε πρώτο και αποκάλυψε πολλά κενά στον τομέα της ασφάλειας. Παρόλες όμως, τις βελτιώσεις του δεν κατάφερε να χαρακτηριστεί ως ένα ασφαλές πρωτόκολλο. Μια νέα αποτελεσματικότερη λύση προτάθηκε με το πρότυπο 802.11i, το πρωτόκολλο κρυπτογράφησης WPA και η τελική του έκδοση το WPA2, με σκοπό την επίτευξη ακόμα μεγαλύτερης ασφάλειας. Αναπτύχθηκε για να αντιμετωπίσει και να διορθώσει τα ελαττώματα του WEP. Χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης CCMP ο οποίος παρέχει εμπιστευτικότητα, επικύρωση, ακεραιότητα και προστασία από την επανάληψη πακέτων.

Τα Ad-hoc δίκτυα είναι ιδιαίτερα χρήσιμα δίκτυα, εύκολα στην ανάπτυξη και τον σχεδιασμό και άμεσα υλοποιήσιμα. Το γεγονός όμως ότι, είναι ασύρματα και στερούνται βασικής και σταθερής υποδομής, παρουσιάζουν αρκετές αδυναμίες και είναι ιδιαίτερα τρωτά σε διαφόρων τύπων επιθέσεις. Λαμβάνοντας υπόψη, τις βασικές προδιαγραφές – προϋποθέσεις για την ασφάλεια ενός σήματος, συμπεραίνουμε εύκολα πως δεν είναι άμεσα εφαρμόσιμες σε ένα δίκτυο τύπου ad-hoc. Επίσης, οι επιθέσεις που πραγματοποιούνται ενάντια σε ένα ad-hoc δίκτυο, εκμεταλλεύονται όλες τις δυνατότητες και υπηρεσίες που προσφέρει, οδηγώντας το δίκτυο σε κατάρρευση.

Μελετώντας την ασφάλεια των πρωτοκόλλων δρομολόγησης των ad-hoc δικτύων, βγάλαμε εύκολα το συμπέρασμα ότι τα on demand πρωτόκολλα δρομολόγησης είναι ακατάλληλα για τα ad-hoc δίκτυα παρόλο που είναι εύκολα προσαρμόσιμα σε τέτοια ασύρματα περιβάλλοντα. Το δίκτυο εκτίθεται σε κίνδυνο, συνεπώς, είναι αναγκαία η ανάπτυξη νέων πρωτοκόλλων ή η αναβάθμιση των ήδη υπάρχοντων, που δεν θα κοστίζουν σε απόδοση και θα παρέχουν επαρκώς μηχανισμούς άμυνας ενάντια στις κακόβουλες και ανεπιθύμητες επιθέσεις.

Όσον αφορά το MAC πρωτόκολλο και πάλι στόχος παραμένει η διαθεσιμότητα του δικτύου αφού οι κόμβοι συμπεριφέρονται απρεπώς και αρνούνται να συνεργαστούν για τον επιτυχή

διαμοιρασμό του ασύρματου καναλιού. Αυτό έχει συνέπειες στην απόδοση των κόμβων με καλή συμπεριφορά και γενικότερα σε ολόκληρο το δίκτυο. Η δε λύση που προτείνεται, αφορά τροποποιήσεις στο IEEE 802.11 πρωτόκολλο και από ότι φαίνεται μάλλον αποτελεί σχετικά καλή προσπάθεια αντιμετώπισης των προβλημάτων που αντιμετωπίζει αυτό το πρωτόκολλο.

Αφού ένα δίκτυο στηρίζει την ασφάλειά του στις απαιτήσεις διαθεσιμότητα, εμπιστευτικότητα, ακεραιότητα, αυθεντικοποίηση και απάρνηση ενέργειας, χρειάζεται να βρεθούν λύσεις που να στηρίζονται σε αυτές. Συνεπώς, σε θέματα αυθεντικοποίησης και ακεραιότητας, στρεφόμαστε σε λύσεις που αφορούν τροποποίηση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων δρομολόγησης και χρησιμοποιούν ψηφιακά πιστοποιητικά των οποίων τα δημόσια κλειδιά είναι γνωστά σε όλους τους έγκυρους κόμβους ή υψηλό υπολογιστικό κόστος. Αυτό σημαίνει καλή άμυνα απέναντι στις εξωτερικές επιθέσεις αλλά δυστυχώς μόνο σε κάποιες εσωτερικές επιθέσεις όπως spoofing, ανακατεύθυνση με τροποποίηση της ακολουθίας αριθμών της πηγής, rushing attacks και DoS. Εύκολα λοιπόν, συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει κατάλληλος ή καλύτερα ιδανικός μηχανισμός ασφάλειας ενάντια σε όλους τους τύπους επιθέσεων. Όλες οι προτεινόμενες και εφαρμοζόμενες λύσεις, καλύπτουν μόνο ορισμένες ανάγκες του δικτύου και αφήνουν πάντα ανοιχτά θέματα ασφαλούς δικτύωσης, επικοινωνίας και συνεργασίας.

Μιας και τα Ad-Hoc δίκτυα είναι μια τεχνολογία που τώρα αναπτύσσεται πρέπει να δοθεί προσοχή στην ασφάλεια των δομών και των πρωτοκόλλων της. Αφού ένα δίκτυο στηρίζει την ασφάλειά του στις απαιτήσεις διαθεσιμότητας, εμπιστευτικότητας, ακεραιότητας, αυθεντικοποίησης και απάρνησης ενέργειας, χρειάζεται να βρεθούν λύσεις που να στηρίζονται σε αυτές. Συνεπώς, σε θέματα αυθεντικοποίησης και ακεραιότητας, στρεφόμαστε σε λύσεις που αφορούν τροποποίηση των υπαρχόντων πρωτοκόλλων δρομολόγησης και χρησιμοποιούν ψηφιακά πιστοποιητικά των οποίων τα δημόσια κλειδιά είναι γνωστά σε όλους τους έγκυρους κόμβους ή υψηλό υπολογιστικό κόστος. Εύκολα λοιπόν συμπεραίνουμε πως δεν υπάρχει κατάλληλος ή καλύτερα ιδανικός μηχανισμός ασφάλειας ενάντια σε όλους τους τύπους επιθέσεων. Όλες οι προτεινόμενες και εφαρμοζόμενες λύσεις, καλύπτουν μόνο ορισμένες ανάγκες του δικτύου και αφήνουν πάντα ανοιχτά θέματα ασφαλούς δικτύωσης, επικοινωνίας και συνεργασίας.

Όλοι οι μηχανισμοί ασφάλειας που εφαρμόζονται στη δικτύωση απαιτούν λίγο πολύ τη χρήση του συστήματος κρυπτογραφίας, η οποία εμπλέκει μια ισχυρή απαίτηση για τον ασφαλή και αποδοτικό μηχανισμό διαχείρισης κλειδιού. Η τεχνολογία των ασυρμάτων δικτύων είναι από τους πιο αναπτυσσόμενους κλάδους αυτή τη στιγμή στην τηλεπικοινωνιακή βιομηχανία. Τα τελευταία πρότυπα ασφαλείας αν και έχουν δώσει νέα εμπιστοσύνη στην ασφάλεια του προτύπου 802.11 εντούτοις αυτή η ασφάλεια περιορίζεται σε εταιρικές εφαρμογές και εφαρμόζεται μόνο από άτομα τα οποία κατέχουν την απαραίτητη τεχνογνωσία.

2. Προτάσεις

Τέλος, στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται κάποιες προτάσεις για μελλοντική έρευνα που προέκυψαν μετά την περάτωση αυτής της πτυχιακής εργασίας οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω:

- **Επέκταση μελέτης σε δίκτυα IEEE 802.11a,g:** Τα δίκτυα IEEE 802.11a,g διαφοροποιούνται ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά και παρουσιάζουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα σε σύγκριση με τα δίκτυα IEEE 802.11b. Συνεπώς, η μελέτη ανάλογων περιπτώσεων και φαινομένων και η σύγκρισή τους με τις υπάρχουσες μελέτες θα οδηγήσει σε ενδιαφέροντα συμπεράσματα σχετικά με την συμπεριφορά των διαφόρων κατηγοριών ασυρμάτων δικτύων για παράδειγμα, τα δίκτυα 802.11g χρησιμοποιούν μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε σχέση με τα 802.11b.
- **Επέκταση MAC για υποστήριξη QoS (Quality of Service):** Ουσιαστικά πρόκειται για το πρότυπο IEEE 802.11e, το οποίο είναι ένα νέο πρότυπο που βρίσκεται στα πρώτα στάδια ανάπτυξης του στο πεδίο των ασύρματων δικτύων, παρέχει πλήθος δυνατοτήτων έρευνας και μελέτης και συγκεντρώνει το αγοραστικό ενδιαφέρον, καθώς πλέον η βελτίωση της ποιότητας των υπηρεσιών απασχολεί ιδιαίτερα τόσο τους φορείς όσο και τους χρήστες των ασύρματων επικοινωνιών.
- **Μελέτη απόδοσης για πιο ρεαλιστικά περιβάλλοντα διάδοσης (multipath):** Στην πραγματικότητα τα συστήματα επιβαρύνονται και με άλλες μορφές απωλειών που δεν συμπεριλαμβάνονται στα σενάρια που αναπτύχθηκαν.

Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

Ξένη Βιβλιογραφία:

✚ Tanenbaum Andrew (2000): “Δίκτυα Υπολογιστών”, 3^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου

Ελληνική Βιβλιογραφία:

✚ Γεροφώτης Αλέξανδρος (2006): “Πειραματική αξιολόγηση μοντέλων ηλεκτρομαγνητικής διάδοσης για ασύρματες επικοινωνίες εσωτερικού χώρου”, Θεσσαλονίκη.

✚ Γεωργακόπουλος Κωνσταντίνος (2007): “Τεχνολογίες σύγχρονων ασυρμάτων δικτύων δεδομένων”, Καβάλα.

✚ Καραμπότση Νικολέτα (2010): “Ασύρματα Ad Hoc Δίκτυα: Πρωτόκολλα – Εφαρμογές”, Κρήτη.

✚ Γκέκα Χρυσάνθη (2007): “Μελέτη Ασύρματων Ευρυζωνικών Δικτύων Πρόσβασης WLAN και WiMax”, Αθήνα.

✚ Μαρκομανωλάκη Αικατερίνη (2010): “Ασφάλεια σε Ασύρματα Δίκτυα 802.11”, Ηράκλειο.

✚ Καραγάνης Γεώργιος (2009): “Σύγχρονες τεχνολογίες Logistics & Αυτοματοποίηση σύγχρονων αποθηκών”, Πειραιάς.

✚ Αργυρού Αργυρός (2009): “Προσαρμοστική μετάδοση βίντεο”, Κύπρος

✚ Μίτας Μάρκος (2009): “Μελέτη, υλοποίηση ασύρματου τοπικού δικτύου για πρόσβαση στο Internet για τις κτιριακές εγκαταστάσεις της ΣΤΕΦ”, Ηράκλειο.

✚ Γκούλντ Ι. (2012): “Μοντελοποίηση του Ασύρματου Καναλιού σε Εσωτερικούς Χώρους”, Πάτρα.

✚ Τσεκμεζόγλου Σ. (2006): “Το πρότυπο IEEE 802.16 ασύρματης ευρυζωνικής πρόσβασης”, Θεσσαλονίκη.

✚ Κωλέτσου Ευτυχία (2010): Σημειώσεις μαθήματος “Επικοινωνίες και δίκτυα Η/Υ”, ΟΕΕΚ ΙΕΚ Ηράκλειο, Μέρος Β’ (<http://www.ekoletsou.gr/pdfFiles/NETWORKS3.pdf>).

✚ Χούμας Κωνσταντίνος (2007): “Διαμόρφωση Σχήματος Απόδοσης Προτεραιοτήτων στο 802.11”, Βόλος.

✚ Μαυριδόπουλος Στάθης (2012): “Τεχνικές Συνάθροισης Πλαισίων στο Πρότυπο του IEEE 802.11n”, Θεσσαλονίκη.

- ✚ Αλαφούζος Παναγιώτης (2005): “Διερεύνηση αναλυτικών μοντέλων για την εκτίμηση της απόδοσης σε Ασύρματα Δίκτυα”, Ηράκλειο.
- ✚ Νίτσος Βασίλειος (2015): “Μελέτη τεχνικών εξασφάλισης ποιότητας υπηρεσιών σε δίκτυα οχημάτων”, Λάρισα.
- ✚ Καλατζής Γιώργος (2005): “Ασύρματα Δίκτυα”, Καβάλα.
- ✚ Ζιώγου Χρυσοβαλάντου (2005): “Απόδοση πρωτοκόλλου ασύρματων δικτύων”, Θεσσαλονίκη.
- ✚ Στεργιούδης Αστέριος, Στόιος Γεώργιος, Τσακιδίδης Σταύρος (2008): “Μέτρηση απόδοσης ασύρματων τοπικών δικτύων”, Θεσσαλονίκη.
- ✚ Χατζηπρίμου Κλεοπάτρα & Κόρδαρης Ιωάννης (2006): “Ασύρματα κινητά δίκτυα”, Πάτρα.

Πηγές στο Διαδίκτυο:

- ✚ http://hermes.di.uoa.gr/exe_activities/diktia/_2.html
- ✚ old-courses.cn.ntua.gr/file.php/60/lab8-13.pdf
- ✚ <http://www.edu.uoc.gr/new/books/intro/ylh.html>
- ✚ <http://slideplayer.gr/slide/1980947/>
- ✚ <http://www.scribd.com/doc/231724862/Internet>
- ✚ <http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page12.html>
- ✚ http://www.cs.uoi.gr/~epap/MYE006/downloads/lect5_4in1.pdf
- ✚ <http://www.geta.gr/eshop/products/aksesouar-diktuon/321>
- ✚ http://el.wikipedia.org/wiki/Ασύρματο_δίκτυο
- ✚ isa.teipir.gr/files/projects/wireless_nets.ppt
- ✚ <http://pelopas.uop.gr/~tst04014/methodoi.html>
- ✚ http://www.lamia.gr/sites/default/files/field/file/parexomenes_ypir/hotspot_manual.pdf
- ✚ <http://www.slideshare.net/std09068/ss-13306431>
- ✚ http://diktia.weebly.com/uploads/6/4/5/1/6451366/enotita_4.3-4.3.1.pdf
- ✚ http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/WirelessNetworks-Web/Chapter1321.html
- ✚ <http://users.sch.gr/pepoudi/site/pages/page34.html>
- ✚ http://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- ✚ https://eclass.uowm.gr/modules/document/file.php/ICTE100/ΘΕΩΡΙΑ/Ενότητα_7b_oc.pdf
- ✚ <http://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

- ✚ <http://users.uom.gr/~it101/5.pdf>
- ✚ www.cs.uoi.gr/~gkappes/files/tutorials/aircrack_guide.pdf
- ✚ https://el.wikipedia.org/wiki/Τοπολογία_δικτύου
- ✚ http://blogs.sch.gr/hristope/files/2014/03/DiktyaIKef1_2.pdf
- ✚ http://www.edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/04_Computers_and_Networks_books/016/07_3.pdf
- ✚ <https://blogs.sch.gr/hristope/files/2014/03/DiktyaITheoryNotes.pdf>
- ✚ <http://p-comp.di.uoa.gr/eap/EDY-COMPNETS-200608.pdf>
- ✚ http://iek-fylis.att.sch.gr/openeclass/modules/document/file.php/DIKTYAI101/diktya_ypologiston.pdf
- ✚ https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/EE653/Σημειώσεις_-_Χρήσιμα/csma-presentation.pdf