

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Θεοδώρα Θ. Κυπραίου

Εισηγητής: Δρ. Παναγιώτης Γιαννακόπουλος, Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ 2020

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Θεοδώρα Θ. Κυπραίου

A.M. 42058

Εισηγητής:

Δρ. Παναγιώτης Γιαννακόπουλος, Καθηγητής

Εξεταστική Επιτροπή:

Ημερομηνία εξέτασης

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Θεοδώρα Κυπραίου, του Θεόδωρου Κυπραίου, με αριθμό μητρώου 42058 φοιτήτρια του Τμήματος Μηχανικών Η/Υ Συστημάτων Τ.Ε. του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ. πριν αναλάβω την εκπόνηση της Πτυχιακής Εργασίας μου, δηλώνω ότι ενημερώθηκα για τα παρακάτω:

«Η Πτυχιακή Εργασία (Π.Ε.) αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο του συγγραφέα, όσο και του Ιδρύματος και θα πρέπει να έχει μοναδικό χαρακτήρα και πρωτότυπο περιεχόμενο.

Απαγορεύεται αυστηρά οποιοδήποτε κομμάτι κειμένου της να εμφανίζεται αυτούσιο ή μεταφρασμένο από κάποια άλλη δημοσιευμένη πηγή. Κάθε τέτοια πράξη αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και εγείρει θέμα Ηθικής Τάξης για τα πνευματικά δικαιώματα του άλλου συγγραφέα. Αποκλειστικός υπεύθυνος είναι ο συγγραφέας της Π.Ε., ο οποίος φέρει και την ευθύνη των συνεπειών, ποινικών και άλλων, αυτής της πράξης.

Πέραν των όποιων ποινικών ευθυνών του συγγραφέα σε περίπτωση που το Ίδρυμα του έχει απονείμει Πτυχίο, αυτό ανακαλείται με απόφαση της Συνέλευσης του Τμήματος. Η Συνέλευση του Τμήματος με νέα απόφασής της, μετά από αίτηση του ενδιαφερόμενου, του αναθέτει εκ νέου την εκπόνηση της Π.Ε. με άλλο θέμα και διαφορετικό επιβλέποντα καθηγητή. Η εκπόνηση της εν λόγω Π.Ε. πρέπει να ολοκληρωθεί εντός τουλάχιστον ενός ημερολογιακού δμήνου από την ημερομηνία ανάθεσης της. Κατά τα λοιπά εφαρμόζονται τα προβλεπόμενα στο άρθρο 18, παρ. 5 του ισχύοντος Εσωτερικού Κανονισμού.»

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, σε ένα ενδιαφέρον γνωστικό αντικείμενο, όπως η περιγραφή και σύγκριση των WiFi δικτύων και των δικτύων LiFi. Την προσπάθειά μου αυτή υποστήριξε ο επιβλέπων καθηγητής μου, τον οποίο και θα ήθελα να ευχαριστήσω.

Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την επιμονή τους και τη στήριξή τους.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας. Γίνεται ιστορική αναδρομή και περιγραφή λειτουργίας βασικών δομών δικτύων (ενσύρματα δίκτυα και ασύρματα δίκτυα). Έπειτα, γίνεται περιγραφή και ανάλυση της τεχνολογίας WiFi, όπως και περιγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της. Ακόμα, γίνεται περιγραφή και ανάλυση της τεχνολογίας LiFi, όπως και περιγραφή των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων της. Τέλος, γίνεται σύγκριση των δύο τεχνολογιών, όπως επίσης και αναφορά σε σύγχρονες εφαρμογές της τεχνολογίας LiFi.

ABSTRACT

Study of LiFi Networks & Comparison with WiFi

ENGLISH

The present thesis examines wireless communication networks. A historical overview and description of the operation of basic network structures (cable networks and wireless networks) is provided. Next, WiFi technology is described and analyzed, as well as its advantages and disadvantages. LiFi technology is also described and analyzed, as well as its advantages and disadvantages. Finally, the two technologies are compared, as well as reference to modern applications of LiFi technology.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Επικοινωνία Δικτύων Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: επικοινωνία, δίκτυα, ασύρματα, τεχνολογία WiFi, τεχνολογία LiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	20
1.1 - Η Αρχή όλων: Άνθρωπος και Πληροφορία.....	20
1.2 – Πληροφορία και Διαδίκτυο.....	26
1.3 – Μέσα Μετάδοσης.....	31
1.3.1 – Ενσύρματα Μέσα Μετάδοσης.....	31
1.3.2 – Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης.....	32
1.3.2.1 – Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα.....	33
1.3.2.2 – Η πολιτική του Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος.....	34
Κεφάλαιο 2: WiFi.....	36
2.1 – Πως λειτουργούν τα Ασύρματα Δίκτυα.....	36
2.2 - Πρότυπο 802.11.....	38
2.2.1 – Υπηρεσίες.....	40
2.2.2 – Αρχιτεκτονική και στοίβα πρωτοκόλλων 802.11.....	42
2.3 – WiMAX.....	45
2.3.1 – Αρχιτεκτονική και πρωτόκολλα του 802.16.....	47
2.4 – Bluetooth.....	49
2.4.1 – Αρχιτεκτονική του Bluetooth.....	49
2.4.2 – Εφαρμογές του Bluetooth.....	51
2.4.2 – Πρωτόκολλα του Bluetooth.....	52
Κεφάλαιο 3: Light Fidelity.....	54
3.1 – Οπτικές Επικοινωνίες.....	54
3.2 – Οπτικές Ασύρματες Επικοινωνίες.....	56
3.3 – Επικοινωνίες Ορατού Φωτός.....	57
3.4 – LiFi.....	58
3.4.1 – Λειτουργία LiFi.....	60
3.4.2 Εξοπλισμός LiFi.....	61
3.4.3 Εφαρμογές.....	63
3.4.4 Εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με το LiFi.....	68
Κεφάλαιο 4: Σύγκριση.....	70

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

4.1 WiFi Ανακεφαλαίωση	70
4.1.1 Πλεονεκτήματα WiFi.....	71
4.1.2 Μειονεκτήματα WiFi	71
4.2 LiFi Ανακεφαλαίωση.....	73
4.2.1 Πλεονεκτήματα LiFi	73
4.2.2 Μειονεκτήματα LiFi.....	74
4.3 Συμπεράσματα.....	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΚΩΝ

Εικόνα 1 - Βασικά εργαλεία προϊστορικού ανθρώπου	20
Εικόνα 2 - Κόκκινα αποτυπώματα χεριών σε σπήλαιο (Γιούτα, ΗΠΑ)	21
Εικόνα 3 - Δυαδική πληροφορία.....	21
Εικόνα 4 - Μερικά χρόνια εξέλιξης αργότερα.....	22
Εικόνα 5 - Ρωμαϊκός άβακας.....	23
Εικόνα 6 - ENIAC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής γενικής χρήσης.....	24
Εικόνα 7.1 - Τρανζίστορ.....	24
Εικόνα 8 - Το πρώτο «bug» στην ιστορία των υπολογιστών	25
Εικόνα 9 - Υπάρχον δίκτυο (αριστερά) και καταμεμημένο δίκτυο επικοινωνίας (δεξιά).....	27
Εικόνα 10 - Οπτικοποιημένη αναπαράσταση διαδρομών διαμέσου ενός τμήματος του Διαδικτύου	28
Εικόνα 11 - Μοντέλα TCP/IP και OSI	30
Εικόνα 12 - Χάλκινο καλώδιο, Ομοαξονικό καλώδιο και Οπτική Ίνα	32
Εικόνα 13 - Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα	33
Εικόνα 14 - Υψηλές σε χαμηλές συχνότητες (από τα αριστερά προς τα δεξιά).....	34
Εικόνα 15 - Σήμα προς μετάδοση και διαμορφώσεις κατά AM και FM.....	37
Εικόνα 16 - Λογότυπο WiFi.....	38
Εικόνα 18.1 - Ασύρματη δικτύωση με σημείο πρόσβασης.....	39
Εικόνα 18.2 - Δικτύωση ad hoc.....	39
Εικόνα 19.2 - Δίκτυο ειδικού σκοπού.....	42
Εικόνα 20 - Μέρος της στοίβας πρωτοκόλλων 802.11	43
Εικόνα 21 - Λογότυπο φόρουμ WiMAX.....	45
Εικόνα 22 - Σύγκριση εμβέλειας WiMAX και εμβέλειας WiFi.....	46
Εικόνα 23 - Δίκτυο WiMAX.....	47
Εικόνα 24 - Στοίβα πρωτοκόλλων 802.16	48
Εικόνα 25 - Λογότυπο Bluetooth	49
Εικόνα 26 - Διάσπαρτο δίκτυο Bluetooth.....	50
Εικόνα 27 - Προφίλ Bluetooth	51
Εικόνα 28 - Η αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων του Bluetooth.....	52
Εικόνα 29 - Η πορεία που ακολούθησε το μήνυμα μέχρι τις Μυκήνες	54
Εικόνα 30 - Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 7 φρυκτωρίες από τη Γκόντορ μέχρι το Ρόχαν .55	

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Εικόνα 31 - Ο Φάρος της Αλεξάνδρειας	55
Εικόνα 32 - Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	56
Εικόνα 33 - Μετάδοση δεδομένων μέσω LEDs	57
Εικόνα 34 - Πολλαπλές παράλληλες ροές δεδομένων.....	58
Εικόνα 35 - Τρόπος λειτουργίας LiFi	60
Εικόνα 36 - Σχεδιάγραμμα εγκατάστασης εξοπλισμού της OLEDCOMM	61
Εικόνα 37 - Δέκτης LiFi της OLEDCOMM	62
Εικόνα 39.1 - Φωτιστικό γραφείου.....	62
Εικόνα 39.2 – Κολώνα φωτισμού δρόμου	62
Εικόνα 40 - Απεικόνιση έξυπνου κτιρίου με IoT.....	63
Εικόνα 41 - Πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου	65
Εικόνα 42 - Χρήση του LiFi σε νοσοκομείο.....	66
Εικόνα 43 - Χρήση του LiFi στον τομέα της εκπαίδευσης	67
Εικόνα 44 - Ασύρματο ρούτερ	71
Εικόνα 45 - Παράδειγμα λειτουργίας γειτονικών καναλιών WiFi	72
Εικόνα 46 - Λογότυπο LiFi	74
Εικόνα 47 - Παράδειγμα χρήσης τεχνολογίας 3G/4G, WiFi & LiFi	75

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1 - Συνοπτικός πίνακας ασύρματων τεχνολογιών 802.11	44
Πίνακας 2 - Σύγκριση LiFi & WiFi	76

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AM	Amplitude Modulation
AP	Access Point
ARPA	Advanced Research Projects Agency
ARPANET	Advanced Research Projects Agency Network
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency
DSSS	Direct-Sequence Spread Spectrum
ENIAC	Electronic Numerical Integrator and Computer
FHSS	Frequency-Hopping Spread Spectrum
FM	Frequency Modulation
FSO	Free Space Optical Systems
Gbit/s	Gigabit Per Second
GHz	Gigahertz
IBM	International Business Machines Corporation
IoT	Internet of Things
IR	Infrared
ISM	Industrial, Scientific, Medical
ITU	International Telecommunication Union
L2CAP	Logical Link Control Adaptation Protocol
LAN	Local Area Network
LEDs	Light Emitting Diodes
LiFi	Light Fidelity
LLC	Logical Link Control

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

m	Meters
MAC	Medium Access Control
Mbps	Mega Per Second
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output
OFDM	Orthogonal Frequency-Division Multiplexing
OSI	Open Systems Interconnection
OWC	Optical Wireless Communications
PoE	Power over Ethernet
RF	Radio Frequency
RFComm	Radio Frequency Communication
SIM OFDM	Subcarrier Index Modulation OFDM
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TEDGlobal	Technology, Entertainment, Design
U-NII	Unlicensed National Information Infrastructure
UV	Ultraviolet
VLC	Visible Light Communication
WEP	Wired Equivalent Privacy
WiFi	Wireless Fidelity
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access
WPA2	WiFi Protected Access
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 - Η Αρχή όλων: Άνθρωπος και Πληροφορία

Ο άνθρωπος ξεχώρισε από τα υπόλοιπα ζώα και εξελίχθηκε σε τέτοιο σημείο ώστε ανέπτυξε πολιτισμό. Η ανάγκη του για τη βελτίωση των συνθηκών της διαβίωσής του, τον οδήγησε στη δημιουργία διάφορων εργαλείων χρησιμοποιώντας το μυαλό του και τα χέρια του. Αυτά τα εργαλεία, τον βοήθησαν σε διάφορους τομείς, όπως είναι το να βρει τροφή και να προφυλαχθεί. Με το πέρασμα των χρόνων κατασκεύασε όλο και πιο σύνθετα εργαλεία και μηχανισμούς, που διευκόλυναν σημαντικά τη ζωή του.



Εικόνα 1 - Βασικά εργαλεία προϊστορικού ανθρώπου

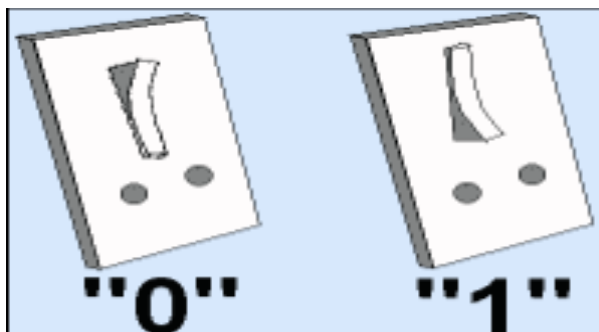
Στην προσπάθειά του αυτή κατάλαβε ότι η αποτύπωση και αργότερα η μετάδοση χρήσιμων πληροφοριών ήταν σημαντική για τη βελτίωση της καθημερινής του ζωής. Από τον καιρό των σπηλαίων ο άνθρωπος προσπαθεί να αποτυπώσει καθημερινές σκηνές, ζωγραφίζοντας πάνω στα τοιχώματα. Με την οργάνωση πιο σύνθετων κοινωνιών ο άνθρωπος ανακάλυψε τη γραφή (περίπου το 3.500 π.Χ.), που του επέτρεψε να καταγράψει και να διανέμει ακόμα περισσότερες πληροφορίες. Οι καθημερινές συναλλαγές γέννησαν την ανάγκη για υπολογισμούς και οδήγησαν στην εμφάνιση των αριθμών και των συμβόλων. Αργότερα, γύρω στο 1500 π.Χ., γεννήθηκε το αλφάβητο, με τη βοήθεια του οποίου μπορούν να καταγραφούν τεράστια πλήθη πληροφοριών και γνώσεων χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους συνδυασμούς από ένα μικρό αριθμό συμβόλων.



Εικόνα 2 - Κόκκινα αποτυπώματα χεριών σε σπήλαιο (Γιούτα, ΗΠΑ)

Στους νεότερους χρόνους η τεχνολογία της πληροφορίας εξελίχθηκε με όλο και ταχύτερους ρυθμούς. Το 1454, ο Γουτεμβέργιος εφηύρε την τυπογραφία. Η εφεύρεση της τυπογραφίας άλλαξε ριζικά τον τρόπο καταγραφής και διανομής της πληροφορίας, καθώς πολύ γρήγορα και με χαμηλό κόστος διανέμεται πλήθος πληροφοριών σε έντυπη μορφή. Με τον τρόπο αυτό η πληροφόρηση γίνεται προσιτή σε όλους τους πολίτες.

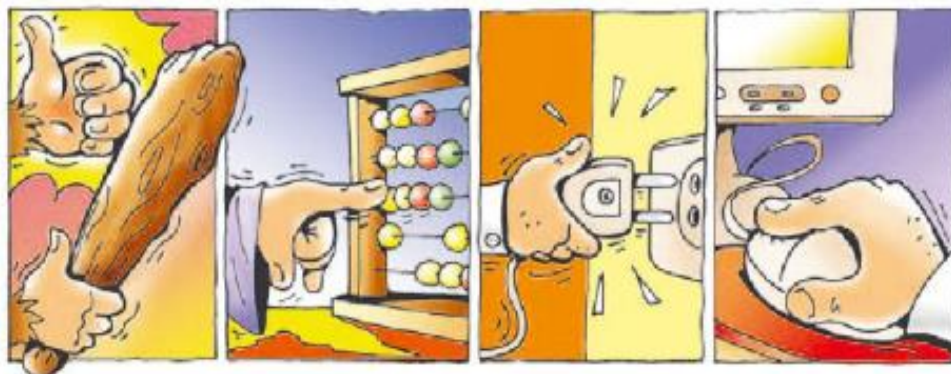
Με την ανακάλυψη του ηλεκτρισμού, η τεχνολογία μετάδοσης των πληροφοριών γνωρίζει αλματώδη ανάπτυξη. Το 1844 μεταδίδεται το πρώτο μήνυμα με τον τηλεγράφο, ενώ στο τέλος του 19ου αιώνα ο Γκράχαμ Μπελ εφηύρε το τηλέφωνο φέρνοντας την επανάσταση στη μεταφορά μηνυμάτων. Φτάνοντας στα μέσα του 20^{ου} αιώνα η πληροφορία μπορεί πια να παρασταθεί με ηλεκτρονική μορφή και να γίνει αντικείμενο επεξεργασίας από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές.



Εικόνα 3 - Δυαδική πληροφορία

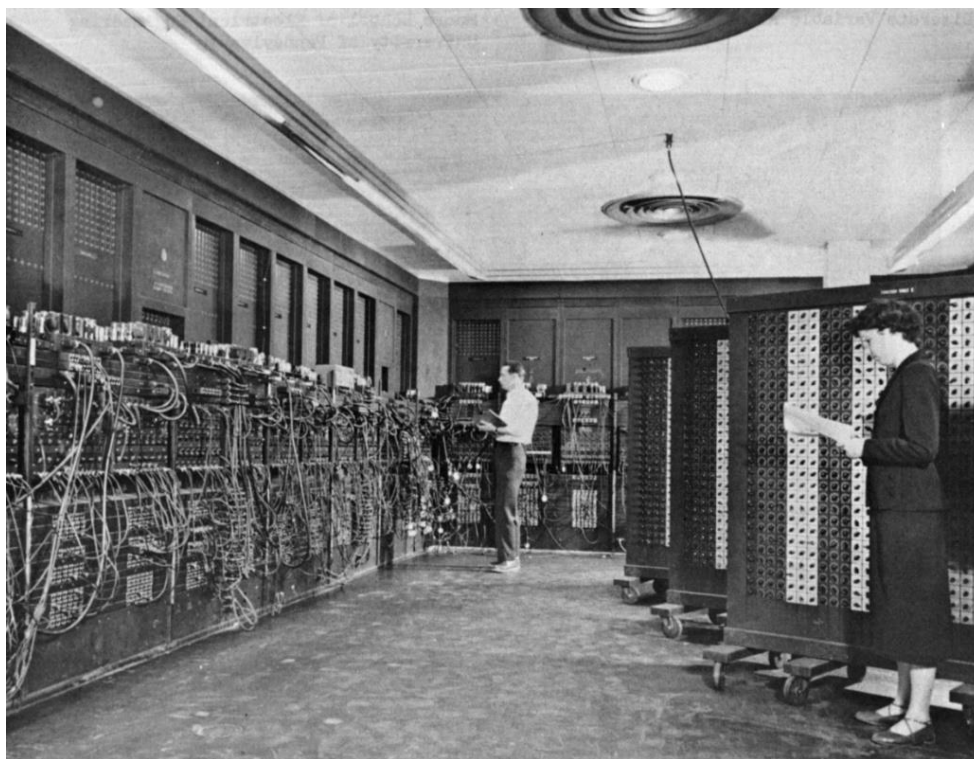
Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Σήμερα, στις αρχές του 21ου αιώνα, ζούμε σε μία εποχή μεγάλης ανάπτυξης των τεχνολογιών επεξεργασίας και μετάδοσης της πληροφορίας. Πλήθος δεδομένων σε ηλεκτρονική μορφή μεταδίδονται με τη βοήθεια δορυφόρων από τη μία άκρη της γης στην άλλη. Το ραδιόφωνο, η τηλεόραση, το τηλέφωνο, ο υπολογιστής είναι συσκευές που μας παρέχουν εύκολα και γρήγορα πλήθος πληροφοριών.



Εικόνα 4 - Μερικά χρόνια εξέλιξης αργότερα...

Θέλοντας να απαλλάξουν τους ανθρώπους από τους κουραστικούς και μηχανικά επαναλαμβανόμενους υπολογισμούς, οι εφευρέτες κατασκεύασαν υπολογιστικά εργαλεία. Το κύριο βάρος των αριθμητικών πράξεων μεταφέρεται στα εργαλεία, επιτρέποντας την εκτέλεση με μεγαλύτερη αξιοπιστία αριθμητικών πράξεων με πολλούς και μεγάλους αριθμούς. Τα υπολογιστικά εργαλεία τα διαδέχονται στη συνέχεια οι υπολογιστικές μηχανές. Στα μέσα του 20ου αιώνα κατασκευάζεται ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής αλλάζοντας ριζικά τις υπολογιστικές μηχανές. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής επεξεργάζεται δεδομένα για την παραγωγή χρήσιμων πληροφοριών.

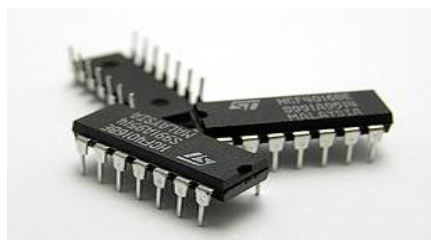


Εικόνα 6 - ENIAC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής γενικής χρήσης

- Μέχρι σήμερα: Με την κατασκευή των πρώτων τρανζίστορ αντικαταστάθηκαν οι ηλεκτρονικές λυχνίες, με αποτέλεσμα τα μεγέθη των υπολογιστών να αρχίσουν να μικραίνουν. Η μείωση του κόστους κατασκευής έδωσε τη δυνατότητα παραγωγής των πρώτων εμπορικών υπολογιστών. Η ενσωμάτωση χιλιάδων τρανζίστορ σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (τσιπ, chip) μείωσε ακόμη περισσότερο τα μεγέθη και το κόστος κατασκευής των υπολογιστών. Έτσι κατασκευάστηκαν οι πρώτοι οικιακοί υπολογιστές.



Εικόνα 7.1 - Τρανζίστορ



Εικόνα 7.2 - Τσιπ

Ιστορική εξέλιξη:

- 1939: Οι Ατανάσοφ και Μπέρου κατασκευάζουν την πρώτη ηλεκτρομηχανική υπολογιστική μηχανή ABC.
- 1941: Ο Άλαν Τιούρινγκ συμμετέχει στην κατασκευή του Κολοσσού, μιας υπολογιστικής μηχανής, την οποία οι Άγγλοι χρησιμοποιούν στο Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, για να σπάνε τους κωδικούς και να διαβάζουν τα μηνύματα των Γερμανών (*The Imitation Game* με βαθμολογία 8 στα 10 στο [IMDB!! \[1\]](#)).
- 1943: Κατασκευάζεται ο πρώτος υπολογιστής γενικής χρήσης με το όνομα ENIAC. Ζυγίζει 30 τόνους, καλύπτει 140 τετραγωνικά μέτρα και μπορεί να πραγματοποιήσει 357 πολλαπλασιασμούς το δευτερόλεπτο.
- 1945: Στις 9 Σεπτεμβρίου η Γκρέις Χόπερ αναφέρει το πρώτο «bug» (μπαγκ) στην ιστορία των υπολογιστών. Ένας σκώρος προξένησε διακοπή στη λειτουργία του υπολογιστή Mark II. Από τότε οποιοδήποτε πρόβλημα παρουσιάζεται στους υπολογιστές ονομάζεται «bug».



Εικόνα 8 - Το πρώτο «bug» στην ιστορία των υπολογιστών

- 1947: Η δημιουργία του πρώτου τρανζίστορ από τους Γουίλιαμ Σόκλεϋ, Τζον Μπαρντίν και Γουόλτερ Μπράτεν στα Εργαστήρια της Bell.
- 1950: Ο αριθμός των υπολογιστών που βρίσκονται σε λειτουργία παγκοσμίως ανέρχεται σε 60. Σε τρία χρόνια ο αριθμός αυξάνεται σε 100.
- 1956: Κατασκευάζεται ο πρώτος σκληρός δίσκος (με χωρητικότητα 5 Megabyte και κόστος 35.000 δολάρια).
- 1958: Κατασκευάζεται το πρώτο Ολοκληρωμένο Κύκλωμα (το οποίο αποτελείται από πολλά τρανζίστορ μαζί σε μικρό χώρο) από τον Τζακ Κίλμπυ για την Texas Instruments.
- 1967: Κατασκευάζεται η πρώτη δισκέτα από την IBM.
- 1971: Κατασκευάζεται ο πρώτος επεξεργαστής 4004 από την Intel.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

- 1971: Odyssey είναι το όνομα της πρώτης οικιακής κονσόλας παιχνιδιών.
- 1975: Ένας μεγάλος υπολογιστής της εταιρίας IBM μπορούσε να εκτελέσει 10 εκατομμύρια εντολές το δευτερόλεπτο και κόστιζε περίπου 10 εκατομμύρια δολάρια.
- 2000: Ένας προσωπικός υπολογιστής (με επεξεργαστή Pentium 4 στα 1,5 GHz) ήταν 5000 φορές πιο γρήγορος από τον πρώτο προσωπικό υπολογιστή που κατασκευάστηκε το 1981 από την IBM (με επεξεργαστή 8088) [2].

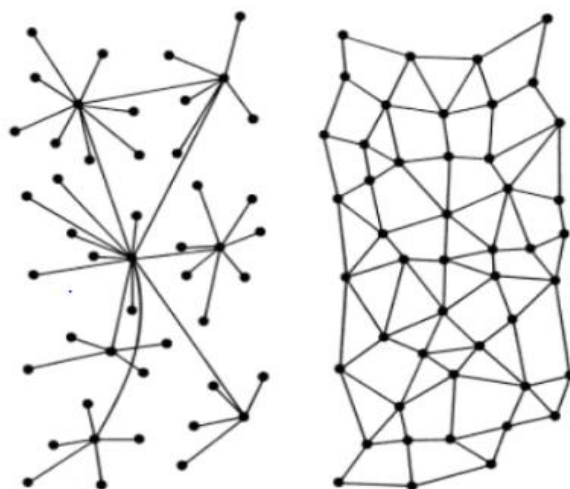
1.2 – Πληροφορία και Διαδίκτυο

Το Διαδίκτυο (Internet) είναι ένα επικοινωνιακό δίκτυο που επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ οποιουδήποτε διασυνδεδεμένου υπολογιστή. Η τεχνολογία του είναι κυρίως βασισμένη στην διασύνδεση επιμέρους δικτύων ανά τον κόσμο και σε πολυάριθμα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Στην πιο εξειδικευμένη και περισσότερο χρησιμοποιούμενη μορφή του, με τον όρο Διαδίκτυο περιγράφεται το παγκόσμιο πλέγμα διασυνδεδεμένων υπολογιστών και των υπηρεσιών και πληροφοριών που παρέχει στους χρήστες του.

Το πρώτο είδος διαδικτύου ονομάστηκε ARPANET και δημιουργήθηκε από την Υπηρεσία Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων του υπουργείου Αμύνης των Η.Π.Α. (Advanced Research Projects Agency – ARPA, η οποία αργότερα μετονομάστηκε σε Defense Advanced Research Projects Agency - DARPA) για στρατιωτική χρήση. Σκοπός του ήταν η ασφαλής μετάδοση πληροφοριών και η ακεραιότητα του δικτύου σε περίπτωση καταστροφής ενός κόμβου.

Το ARPANET στηρίχτηκε στις τρεις παρακάτω θεωρίες:

- 1) Το "γαλαξιακό δίκτυο" του Τζ. Λικλάιντερ, δηλαδή την ύπαρξη ενός δικτύου υπολογιστών που θα ήταν συνδεδεμένοι μεταξύ τους και θα μπορούσαν να ανταλλάσσουν γρήγορα πληροφορίες και προγράμματα.
- 2) Το δίκτυο αυτό θα έπρεπε να ήταν αποκεντρωμένο έτσι ώστε ακόμα κι αν κάποιος κόμβος του δεχόταν επίθεση να υπήρχε δίοδος επικοινωνίας για τους υπόλοιπους υπολογιστές. Τη λύση σε αυτό έδωσε ο Πολ Μπάραν με τον σχεδιασμό ενός κατακεντρωμένου δικτύου επικοινωνίας που χρησιμοποιούσε την ψηφιακή τεχνολογία.



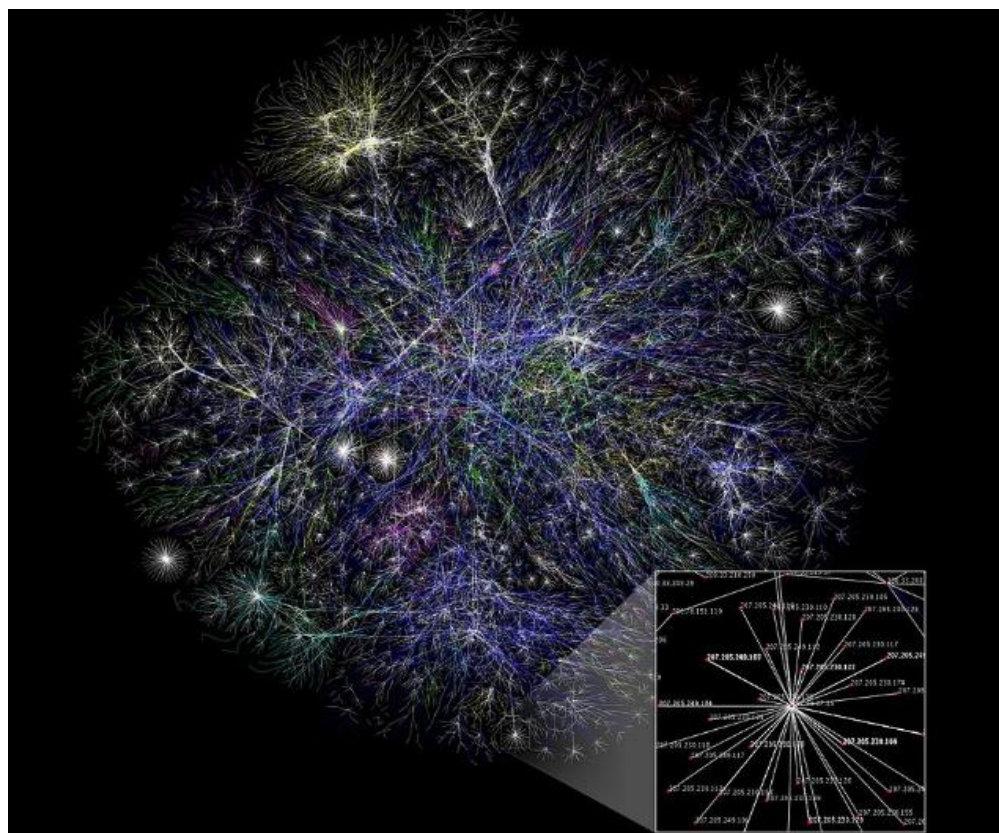
Εικόνα 9 - Υπάρχον δίκτυο (αριστερά) και καταναμημένο δίκτυο επικοινωνίας (δεξιά)

- 3) Και τέλος, την θεωρία ανταλλαγής πακέτων του Λέοναρντ Κλάινροκ, που υποστήριζε ότι πακέτα πληροφοριών που θα περιείχαν την προέλευση και τον προορισμό τους μπορούσαν να σταλούν από έναν υπολογιστή σε έναν άλλο [3].

Μέσα στη δεκαετία του 1970, υπήρξε ραγδαία εξάπλωση των υπολογιστών στις στρατιωτικές επικοινωνίες. Το πρόβλημα όμως που δημιουργήθηκε στην μεταξύ τους επικοινωνία, ήταν ότι οι υπολογιστές αυτοί προέρχονταν από διαφορετικούς κατασκευαστές και ήταν σχεδιασμένοι να συνεργάζονται με υπολογιστές μόνο του ίδιου κατασκευαστή. Έτσι ο στρατός είχε δίκτυα διαφόρων κατασκευαστών αλλά δεν υπήρχε κάποιο κοινό πρωτόκολλο, για να υποστηρίξει την επικοινωνία των ετερογενών αυτών συστημάτων.

Τη λύση έδωσαν τα πρωτόκολλα TCP/IP (Transmission Control Protocol/ Internet Protocol, Πρωτόκολλο Ελέγχου Εκπομπής/ Πρωτόκολλο Ίντερνετ) τα οποία παρουσιάστηκαν για πρώτη φορά το 1974. Το νέο αυτό πρωτόκολλο ήταν ανεξάρτητο από τα χαμηλότερου επιπέδου λογισμικό και υλικό, επιτρέποντας έτσι σε κάθε τύπο πλατφόρμας να συμμετέχει στο δίκτυο, καταργώντας τους προηγούμενους περιορισμούς που επιβάλλονταν από τους κατασκευαστές.

Το 1982 το TCP/IP καθιερώθηκε ως το βασικό πρωτόκολλο του αναπτυσσόμενου δικτύου, το οποίο συνέδεε πλέον συστήματα σε όλη την ήπειρο. Καθώς το ARPANET ξεπέρασε τα όρια του στρατιωτικού δικτύου και προστέθηκαν σε αυτό δίκτυα πανεπιστημίων, εταιρειών και κοινότητες χρηστών έγινε γνωστό ως Διαδίκτυο (Internet) [4].



Εικόνα 10 - Οπτικοποιημένη αναπαράσταση διαδρομών διαμέσου ενός τμήματος του Διαδικτύου

Μοντέλο OSI και μοντέλο TCP/IP

Τα μοντέλα OSI (Open Systems Interconnection, Πρότυπο Μοντέλο Δημιουργίας Πρωτοκόλλου Επικοινωνιών) και TCP/IP αναπτύχθηκαν παράλληλα. Το μοντέλο OSI είναι μια αρχιτεκτονική δικτύου που αποτελείται από επτά επίπεδα, περιγράφοντας όλα τα στάδια που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών ενός δικτύου. Το μοντέλο TCP/IP, χρησιμοποιεί την ίδια αρχιτεκτονική αλλά με μόνο τέσσερα επίπεδα. Παρακάτω θα αναφερθούν τα επίπεδα των μοντέλων OSI και TCP/IP [\[5\]](#).

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

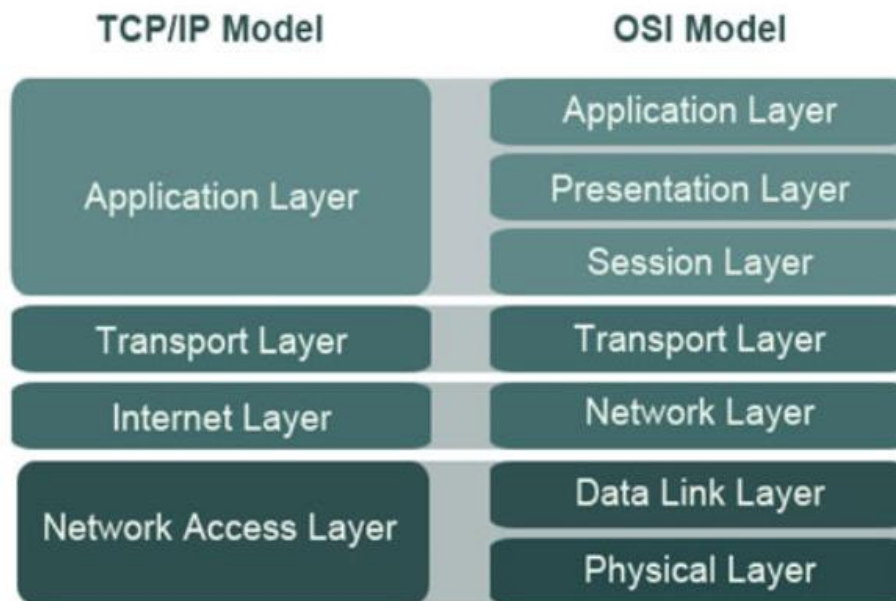
Τα επίπεδα του μοντέλου OSI συνοπτικά, από το χαμηλότερο στο υψηλότερο, είναι τα παρακάτω:

- Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer): Το πρώτο επίπεδο, ασχολείται με θέματα καλωδίωσης και φυσικής μετάδοσης των bits.
- Επίπεδο Σύνδεσης Δεδομένων (Data Link Layer): Το δεύτερο επίπεδο, εξασφαλίζει την αξιόπιστη μεταφορά πληροφοριών στη φυσική γραμμή σύνδεσης και μεταδίδει πλαίσια με τον κατάλληλο συγχρονισμό.
- Επίπεδο Δικτύου (Network Layer): Το τρίτο επίπεδο, φροντίζει για τη μεταφορά των δεδομένων μέσω της κατάλληλης διαδρομής.
- Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer): Το τέταρτο επίπεδο, φροντίζει για την αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων και για τον έλεγχο λαθών και ροής στο δίκτυο.
- Επίπεδο Συνόδου (Session Layer): Το πέμπτο επίπεδο, ελέγχει τη διαδικασία της επικοινωνίας, εγκαθιστά, διαχειρίζεται και τερματίζει τις συνδέσεις.
- Επίπεδο Παρουσίασης (Presentation Layer): Το έκτο επίπεδο, φροντίζει για την κατάλληλη αναπαράσταση των δεδομένων.
- Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer): Το υψηλότερο επίπεδο, παρέχει στους χρήστες πρόσβαση στις υπηρεσίες δικτύων.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Τα επίπεδα του μοντέλου TCP/IP συνοπτικά, από το χαμηλότερο στο υψηλότερο, είναι τα παρακάτω:

- Επίπεδο Πρόσβασης Δικτύου (Network Access Layer): Το χαμηλότερο επίπεδο, παρέχει την πρόσβαση στο φυσικό μέσο και περιλαμβάνει τα στοιχεία των φυσικών συνδέσεων.
- Επίπεδο Δικτύου (Internet Layer): Το δεύτερο επίπεδο, είναι υπεύθυνο για τη μετάδοση των πακέτων στο φυσικό δίκτυο και παρέχει λογικές διευθύνσεις.
- Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer): Το τρίτο επίπεδο, υλοποιεί τις συνδέσεις μεταξύ των υπολογιστών ενός δικτύου.
- Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer): Το τέταρτο επίπεδο, παρέχει τις εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα πρωτόκολλα του επιπέδου μεταφοράς.



Εικόνα 11 - Μοντέλα TCP/IP και OSI

1.3 – Μέσα Μετάδοσης

Το μέσο μετάδοσης αποτελεί τη φυσική σύνδεση μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη της πληροφορίας σε οποιοδήποτε σύστημα επικοινωνίας. Είναι ο δρόμος από τον οποίο περνάει το σήμα, που στέλνει ο πομπός, μέχρι το λάβει ο δέκτης.

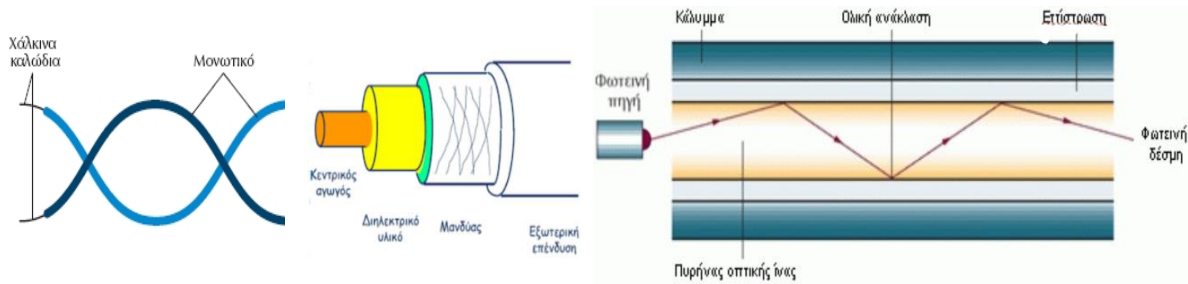
Τα μέσα μετάδοσης χωρίζονται σε ενσύρματα και ασύρματα. Τα ενσύρματα σχηματίζονται από μεταλλικούς αγωγούς, ενώ στα ασύρματα το μέσο μετάδοσης είναι ο ελεύθερος χώρος μεταξύ του πομπού και του δέκτη χρησιμοποιώντας το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.

1.3.1 – Ενσύρματα Μέσα Μετάδοσης

Τα ενσύρματα μέσα μετάδοσης χρησιμοποιήθηκαν σχεδόν αποκλειστικά στα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, μέχρι που έκαναν την εμφάνιση τους τα επίγεια και δορυφορικά μικροκυματικά συστήματα μετάδοσης. Παλαιότερα, το δισύρματο καλώδιο ήταν το μοναδικό μέσο για τη μετάδοση πληροφορίας. Με την αύξηση των γραμμών, ήταν απαραίτητη η συγκέντρωσή τους σε δέσμες, με συνέπεια τη δημιουργία των καλωδίων. Στα καλώδια οι γραμμές είναι κατάλληλα διαμορφωμένες (πλεγμένες μεταξύ τους), για να αποφεύγονται οι συνακροάσεις και προστατεύονται από εξωτερικές κακώσεις από έναν σκληρό, πλαστικό συνήθως, μανδύα [\[6\]](#).

- *Χάλκινο Καλώδιο*: Συνεστραμμένο ζεύγος καλωδίων που αποτελείται είτε από συμπαγές χάλκινο σύρμα, είτε από νήματα χάλκινου σύρματος, τοποθετημένο σε πλαστικό περίβλημα.
- *Ομοαξονικό Καλώδιο*: Αποτελείται από δύο αγωγούς. Ο κεντρικός αγωγός περιβάλλεται από τον εξωτερικό, ο οποίος με τη σειρά του περιβάλλεται από προστατευτικό και μονωτικό περίβλημα.
- *Οπτικές Ίνες*: Οι οπτικές ίνες κατασκευάζονται από γυαλί ή πλαστικό και αποτελούνται από τρεις ομόκεντρες κυλινδρικές οντότητες διηλεκτρικού υλικού: την κεντρική ίνα (πυρήνα), την επίστρωση και το κάλυμμα.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi



Εικόνα 12 - Χάλκινο καλώδιο, Ομοαξονικό καλώδιο και Οπτική Ίνα

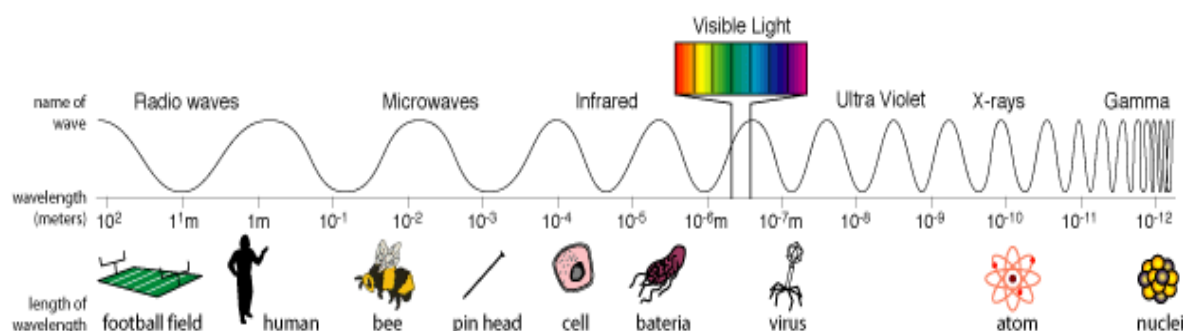
1.3.2 – Ασύρματα Μέσα Μετάδοσης

Τα ασύρματα μέσα μετάδοσης, αρχικά αναπτύχθηκαν για μετάδοση φωνής και τηλεοπτικών σημάτων, ενώ σήμερα χρησιμοποιούνται και για την μετάδοση δεδομένων. Το βασικότερο πλεονέκτημά τους είναι η έλλειψη εξάρτησής τους από υλικά μέσα, αφού δεν χρειάζεται η φυσική σύνδεση του πομπού και του δέκτη, επειδή ως μέσο μετάδοσης χρησιμοποιείται ο ελεύθερος χώρος.

Στα ασύρματα μέσα μετάδοσης, η εκπομπή του σήματος γίνεται σε δεδομένη συχνότητα ή σε σύνολο συχνοτήτων. Επειδή το φάσμα συχνοτήτων είναι περιορισμένο, θα πρέπει πρώτα η συχνότητα να έχει ανατεθεί από τις αρμόδιες αρχές στον φορέα, που θα κάνει χρήση της. Η μετάδοση και η λήψη μεταδιδόμενων σημάτων γίνεται από ειδικές κεραίες, οι οποίες συνδέονται με τον σταθμό λήψης και μετάδοσης.

1.3.2.1 – Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Όταν τα ηλεκτρόνια κινούνται, δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία μπορούν να διαδίδονται στον χώρο. Αυτά τα κύματα είχαν προβλεφθεί από τον φυσικό Τζέιμς Κλερκ Μάξγουελ το 1865 και παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά από τον φυσικό Χάινριχ Χέρτζ το 1887. Ο αριθμός των ταλαντώσεων ενός κύματος ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται συχνότητα (frequency) και μετρείται σε Hz προς τιμήν του Χάινριχ Χέρτζ.



Εικόνα 13 - Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Τα μέρη του φάσματος που καταλαμβάνονται από τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το υπέρυθρο και το ορατό φως, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μετάδοση δεδομένων με διαμόρφωση του πλάτους, της συχνότητας ή της φάσης των κυμάτων.

Οι υπεριώδεις ακτίνες, οι ακτίνες X και οι ακτίνες γάμα θα ήταν ακόμα καλύτερες, λόγω των υψηλότερων συχνοτήτων τους, όμως είναι δύσκολες στην παραγωγή και τη διαμόρφωση, δεν διαδίδονται τόσο καλά μέσα στα κτίρια, και είναι επικίνδυνες για τους ζωντανούς οργανισμούς.

Οι περισσότερες μεταδόσεις χρησιμοποιούν μια στενή ζώνη συχνοτήτων. Επικεντρώνουν τα σήματά τους σε αυτή τη στενή ζώνη ώστε να χρησιμοποιούν αποδοτικά το φάσμα και να επιτυγχάνουν εύλογο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με μετάδοση σε επαρκή ισχύ. Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιείται μια ευρεία ζώνη, με παραλλαγές.

- Στην εξάπλωση φάσματος συνεχούς αλλαγής συχνότητας (Frequency Hopping Spread Spectrum, FHSS) ο πομπός μεταπηδά από συχνότητα σε συχνότητα εκατοντάδες φορές ανά δευτερόλεπτο. Αυτή η τεχνική είναι δημοφιλής στις στρατιωτικές επικοινωνίες, διότι αυτές οι μεταδόσεις είναι δύσκολες στην ανίχνευση.

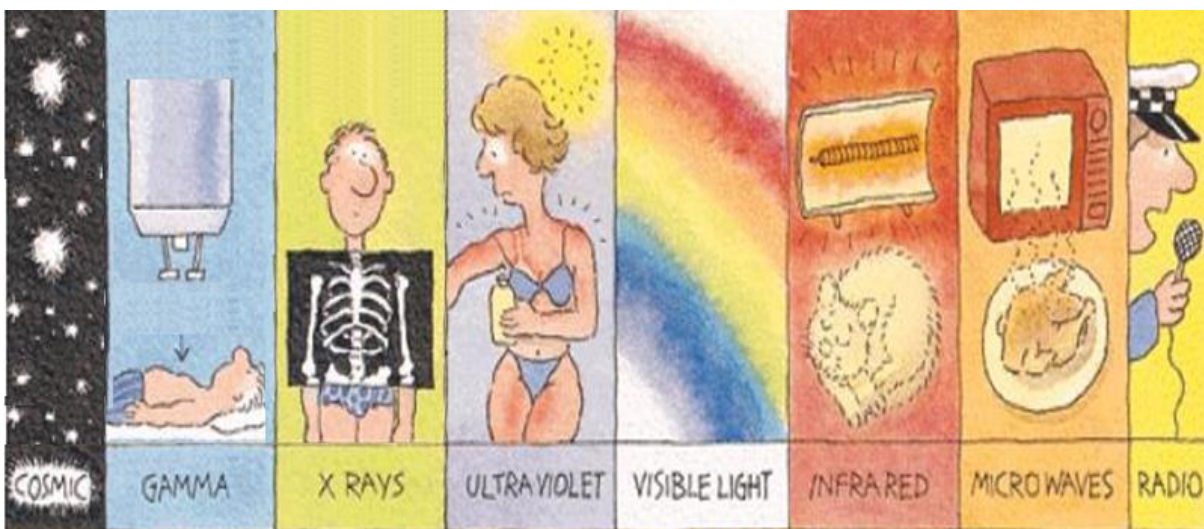
Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

- Στην εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας (Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS), χρησιμοποιείται μια ακολουθία κωδικών για την εξάπλωση των σημάτων δεδομένων σε μια ευρύτερη ζώνη συχνοτήτων. Επιτρέπει σε πολλά σήματα να μοιράζονται το ίδιο φάσμα συχνοτήτων.

1.3.2.2 – Η πολιτική του Ηλεκτρομαγνητικού Φάσματος

Υπάρχουν εθνικές και διεθνείς συμφωνίες σχετικά με το ποιες συχνότητες θα χρησιμοποιηθούν από ποιόν. Οι κυβερνήσεις κατανέμουν το φάσμα για χρήση από τη ραδιοφωνία στα AM και FM, την τηλεόραση και τα κινητά τηλέφωνα, καθώς και για τις τηλεφωνικές εταιρείες, την αστυνομία, τον στρατό, το κράτος, τα νοσοκομεία και πολλούς άλλους ανταγωνιστικούς χρήστες.

Οι περισσότερες κυβερνήσεις έχουν δεσμεύσει κάποιες ζώνες συχνοτήτων, που ονομάζονται ζώνες Βιομηχανίας, Επιστήμης και Ιατρικής ή ISM (Industrial, Scientific, Medical) για χρήση χωρίς άδεια. Η θέση των ζωνών ISM ποικίλλει από χώρα σε χώρα. Η ζώνη των 2.4 GHz χρησιμοποιείται ευρέως σε δίκτυα 802.11b/g (WiFi) και Bluetooth. Το τμήμα των 5 GHz του φάσματος περιλαμβάνει τις ζώνες Μη Αδειοδοτημένης Εθνικής Υποδομής Πληροφοριών ή U-NII (Unlicensed National Information Infrastructure).



Εικόνα 14 - Υψηλές σε χαμηλές συχνότητες (από τα αριστερά προς τα δεξιά)

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Κεφάλαιο 2: WiFi

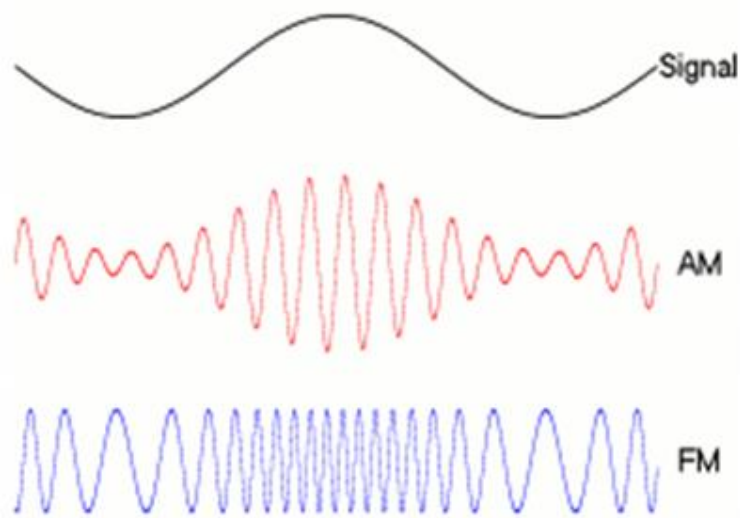
2.1 – Πως λειτουργούν τα Ασύρματα Δίκτυα

Η μετακίνηση των δεδομένων σε ένα ασύρματο δίκτυο περιλαμβάνει τρία ξεχωριστά στοιχεία: τα ραδιοσήματα, τη μορφή των δεδομένων και τη δομή του δικτύου. Με βάση το μοντέλο OSI, τα ραδιοσήματα λειτουργούν στο φυσικό επίπεδο και η μορφή δεδομένων ελέγχει πολλά από τα υψηλότερα επίπεδα. Η δομή του δικτύου περιλαμβάνεται κάρτες δικτύου και τους σταθμούς βάσης που στέλνουν και λαμβάνουν ραδιοσήματα. Σε ένα ασύρματο δίκτυο, οι κάρτες δικτύου σε κάθε υπολογιστή και σταθμό βάσης μετατρέπουν τα ψηφιακά δεδομένα σε ραδιοσήματα, τα οποία μεταδίδουν σε άλλες συσκευές στο ίδιο δίκτυο, και λαμβάνουν και μετατρέπουν τα εισερχόμενα ραδιοσήματα από άλλες συσκευές δικτύου σε ψηφιακά δεδομένα.

Η συσκευή η οποία παράγει τα ραδιοσήματα ονομάζεται πομπός, και η συσκευή η οποία ανιχνεύει τα ραδιοσήματα και τα μετατρέπει σε μια άλλη μορφή, ονομάζεται δέκτης. Οι πομποί και οι δέκτες χρησιμοποιούν ειδικά διαμορφωμένες συσκευές οι οποίες ονομάζονται κεραιές που εστιάζουν τα ραδιοσήματα σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Ρυθμίζοντας την ταχύτητα με την οποία ρέει το εναλλασσόμενο ρεύμα από τον κάθε πομπό μέσω της κεραίας και έξω στον χώρο (συχνότητα), και ρυθμίζοντας έναν δέκτη να λειτουργεί σε αυτή τη συχνότητα, είναι εφικτή η αποστολή και η λήψη πολλών διαφορετικών σημάτων, το καθένα σε διαφορετική συχνότητα, που δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Το συνολικό εύρος συχνοτήτων, είναι γνωστό ως φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Ένα μικρότερο τμήμα του ραδιοφάσματος, συχνά ονομάζεται περιοχή (band).

Προκειμένου μεταδοθεί ήχος, ο πομπός μεταβάλλει ή διαμορφώνει, το σήμα εναλλασσόμενου ρεύματος, είτε αναμειγνύοντας ένα ηχητικό σήμα με τον φορέα (Διαμόρφωση Εύρους, Amplitude Modulation - AM) είτε ρυθμίζοντας τη συχνότητα εντός ενός στενού εύρους (Διαμόρφωση Συχνότητας, Frequency Modulation - FM). Ο δέκτης AM ή FM περιλαμβάνει ένα συμπληρωματικό κύκλωμα το οποίο χωρίζει τον φορέα από το σήμα διαμόρφωσης.



Εικόνα 15 - Σήμα προς μετάδοση και διαμορφώσεις κατά AM και FM

Η μέθοδος AM και η μέθοδος FM είναι αναλογικές, διότι το σήμα το οποίο φεύγει από τον δέκτη είναι ένα αντίγραφο του σήματος που έλαβε ο πομπός. Όταν γίνεται μετάδοση δεδομένων μέσω ραδιοφωνική σύνδεσης, αυτά τα δεδομένα είναι πλέον ψηφιακά δεδομένα, γιατί το περιεχόμενό τους έχει μετατραπεί σε μηδέν και ένα (0 & 1) πριν μεταδοθεί, και μετατρέπεται πάλι στην αρχική του μορφή αφού ληφθεί από τον δέκτη [7].

Μια άλλη μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται, είναι η Ορθογώνια Πολυπλεξία με Διαίρεση Συχνότητας (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM). Αυτή η μέθοδος διαιρεί μια ευρεία ζώνη φάσματος σε πολλά στενά κομμάτια στα οποία μπορούν να σταλούν παράλληλα τα διάφορα bit. Η μέθοδος OFDM χρησιμοποιεί αποδοτικά το φάσμα και παρουσιάζει ανθεκτικότητα στην υποβάθμιση του ασύρματου σήματος.

Η μέθοδος OFDM σε συνδυασμό με την τεχνολογία MIMO (Multiple Input Multiple Output, Πολλαπλή Είσοδος Πολλαπλή Έξοδος) κυριαρχούν στις ασύρματες ευρυζωνικές επικοινωνίες. Η τεχνολογία MIMO προσφέρει τον πολλαπλασιασμό της χωρητικότητας μεταδίδοντας διαφορετικά σήματα σε πολλαπλές κεραίες. Δηλαδή κάνει ταυτόχρονη μετάδοση πολλαπλών σημάτων για τον πολλαπλασιασμό της φασματικής απόδοσης.

2.2 - Πρότυπο 802.11

Στις αρχές τις δεκαετίας του 1990 δημιουργήθηκε η ανάγκη για ένα πρότυπο για τα ασύρματα δίκτυα. Ο λόγος είναι ότι τα ασύρματα LAN (Local Area Network, Τοπικά Δίκτυα Σύνδεσης Υπολογιστών) που υπήρχαν στην αγορά, ήταν συμβατά μόνο με τα ασύρματα LAN από τους ίδιους κατασκευαστές. Έτσι, το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE, Institute of Electrical and Electronics) δημιούργησε ένα σύνολο προτύπων και προδιαγραφών για τα ασύρματα δίκτυα, τα οποία ονομάζονται IEEE 802.11.

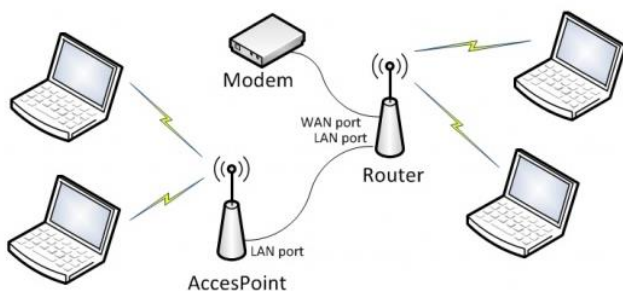
Αυτά τα πρότυπα ορίζουν τη μορφή και τη δομή των σημάτων που παρέχουν την υπηρεσία WiFi (Wireless Fidelity). Το αρχικό πρότυπο 802.11 κυκλοφόρησε το 1997 και αναπτύχθηκε ως επέκταση του 802.3 (Ethernet, πρωτόκολλο ενσύρματης δικτύωσης). Τα συστήματα αυτά λειτουργούν σε ζώνες χωρίς άδεια και όλες οι συσκευές επιτρέπεται να χρησιμοποιούν αυτό το φάσμα, αρκεί να περιορίζουν την ισχύ μετάδοσής τους ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα με άλλες συσκευές.



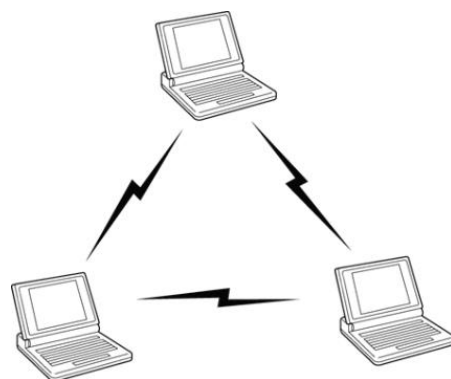
Εικόνα 16 - Λογότυπο WiFi

Τα δίκτυα 802.11 αποτελούνται από συσκευές, όπως είναι οι φορητοί υπολογιστές, και από υποδομή που ονομάζεται σημεία πρόσβασης (Access Points, AP) η οποία υποδομή είναι εγκατεστημένη σε κτίρια. Τα σημεία πρόσβασης συνδέονται με το ενσύρματο δίκτυο, και η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών πραγματοποιείται μέσα από αυτά. Είναι όμως εφικτό για δύο συσκευές να επικοινωνούν άμεσα εάν βρίσκονται εντός της εμβέλειας. Αυτή η διευθέτηση ονομάζεται επιτόπου διευθετημένο δίκτυο ή δίκτυο ad hoc.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi



Εικόνα 18.1 - Ασύρματη δικτύωση με σημείο πρόσβασης



Εικόνα 18.2 - Δικτύωση ad hoc

Η μετάδοση στα δίκτυα 802.11 περιπλέκεται από τις συνθήκες ασύρματης επικοινωνίας, που μπορεί να μεταβληθούν ακόμα και με πολύ μικρές αλλαγές του περιβάλλοντος. Στις συχνότητες που χρησιμοποιούνται για τα δίκτυα 802.11, τα ραδιοκύματα μπορεί να ανακλαστούν πάνω σε συμπαγή αντικείμενα, προκαλώντας μεγάλες διακυμάνσεις στο λαμβανόμενο σήμα. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται εξασθένηση πολλαπλών διαδρομών (multipath fading).

Η αντιμετώπιση για τις μεταβαλλόμενες συνθήκες ασύρματης επικοινωνίας είναι η ποικιλία διαδρομών, δηλαδή η αποστολή των πληροφοριών μέσω πολλών, ανεξάρτητων διαδρομών. Έτσι οι πληροφορίες είναι πιθανό ότι θα παραληφθούν ακόμα και όταν κάποια διαδρομή είναι προβληματική λόγω εξασθένησης. Αυτές οι ανεξάρτητες διαδρομές συνήθως δομούνται μέσα στο σύστημα ψηφιακής διαμόρφωσης στο φυσικό επίπεδο.

Από την πρώτη έκδοση του προτύπου 802.11 μέχρι και σήμερα, έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορες τεχνικές. Για παράδειγμα, το αρχικό πρότυπο, όριζε ένα ασύρματο LAN που λειτουργούσε είτε στο 1 Mbps είτε στα 2Mbps με εναλλαγή μεταξύ συχνοτήτων ή εξάπλωση του σήματος στο επιτρεπόμενο φάσμα. Το 1999, το πρότυπο 802.11b λειτουργούσε σε ταχύτητες μέχρι και 11 Mbps. Τα πρότυπα 802.11a και 802.11g (2003), χρησιμοποιούσαν τη μέθοδο διαμόρφωσης OFDM, φτάνοντας ταχύτητες μέχρι και 54 Mbps. Το πρότυπο 802.11n (2009), χρησιμοποιεί ευρύτερες ζώνες συχνοτήτων για να επιτευχθούν ταχύτητες έως και 450 Mbps.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Τα ραδιοσήματα πρέπει επίσης να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα το οποίο προκύπτει, όταν πολλές μεταδόσεις που στέλνονται ταυτόχρονα συγκρούονται μεταξύ τους. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, το πρότυπο 802.11 χρησιμοποιεί τον μηχανισμό CSMA (Carrier Sense Multiple Access, Πολλαπλή Πρόσβαση Ανίχνευσης Φέροντος Σήματος) που βασίζεται σε ιδέες από το ενσύρματο Ethernet. Σε αυτό το πρωτόκολλο, ένας κόμβος επαληθεύει ότι δεν χρησιμοποιείται το κοινό μέσο μετάδοσης και έπειτα μεταδίδει την πληροφορία.

Ένα άλλο πρόβλημα που προκύπτει, είναι αυτό της φορητότητας. Αν μία συσκευή μετακινηθεί και βγει εκτός της εμβέλειας του σημείου πρόσβασης που χρησιμοποιεί και βρεθεί εντός της εμβέλειας ενός άλλου σημείου πρόσβασης, απαιτείται κάποιος τρόπος χειρισμού του. Το δίκτυο 802.11 μπορεί να αποτελείται από πολλές κυψέλες, η κάθε μία από τις οποίες θα είχε το δικό σημείο πρόσβασης, καθώς και από ένα σύστημα διανομής που να συνδέει τις κυψέλες.

Τέλος, υπάρχει το πρόβλημα της ασφάλειας. Η ασύρματη μετάδοση έχει μορφή εκπομπής, και συνεπώς είναι εύκολο για τους γειτονικούς υπολογιστές να λαμβάνουν πακέτα πληροφοριών τα οποία δεν προορίζονται για αυτούς. Για να αποφεύγεται αυτό, το 802.11 περιλαμβάνει το σύστημα κρυπτογράφησης WEP (Wired Equivalent Privacy, Προστασία Απορρήτου Ισοδύναμη με των Ενσύρματων Δικτύων).

Αργότερα αντικαταστάθηκε από άλλα συστήματα, με νεότερο το WPA2 (WiFi Protected Access, Προστατευμένη πρόσβαση WiFi). Με το WPA2, το σημείο πρόσβασης μπορεί να συνομιλεί με έναν διακομιστή πιστοποίησης ταυτότητας που διαθέτει μια βάση δεδομένων με ονόματα χρηστών και κωδικούς πρόσβασης. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να προσδιορίσει εάν επιτρέπεται στον σταθμό να προσπελάσει το δίκτυο.

2.2.1 – Υπηρεσίες

Το πρότυπο 802.11 καθορίζει τις υπηρεσίες που θα πρέπει να παρέχονται από τις συσκευές, τα σημεία πρόσβασης και τα συνδεδεμένα δίκτυα προκειμένου να συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές ασύρματων δικτύων. Οι υπηρεσίες αυτές διαιρούνται σε διάφορες κατηγορίες.

- Συσχέτιση (association): Οι συσκευές συνδέονται με τα σημεία πρόσβασης
- Επανασύνδεση (reassociation): Μία συσκευή μπορεί να αλλάξει το προτιμώμενο σημείο πρόσβασής της

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

- Αποσυσχέτιση (disassociate): Η συσκευή ή το σημείο πρόσβασης, μπορούν να διακόψουν τη σύνδεσή τους
- Πιστοποίηση ταυτότητας (authenticate): Οι συσκευές πρέπει να πιστοποιούν την ταυτότητά τους, προτού ξεκινήσουν την αποστολή δεδομένων μέσω του σημείου πρόσβασης
- Διανομή (distribution): Προσδιορίζεται ο τρόπος δρομολόγησης των δεδομένων από το σημείο πρόσβασης, ώστε να φτάσουν στον τελικό προορισμό
- Ενοποίηση (integration): Χειρισμός των μεταφράσεων που χρειάζονται για την αποστολή δεδομένων εκτός του τοπικού δικτύου 802.11
- Παράδοση δεδομένων (Data Delivery): Επιτρέπει στους σταθμούς να μεταδίδουν και να λαμβάνουν δεδομένα
- Εξασφάλιση απορρήτου (Privacy): Διαχειρίζεται την κρυπτογράφηση και την αποκρυπτογράφηση των δεδομένων
- Έλεγχος ισχύς μετάδοσης (Transmit Power Control): Ενημερώνει τις συσκευές με πληροφορίες που χρειάζονται σχετικά με την ικανοποίηση κανονιστικών ορίων ως προς την ισχύ μετάδοσης
- Δυναμική επιλογή συχνότητας (Dynamic Frequency Selection): Ενημερώνει τις συσκευές με πληροφορίες που χρειάζονται για την αποφυγή της μετάδοσης σε συχνότητες της ζώνης 5 GHz που χρησιμοποιούνται από κοντινά ραντάρ.

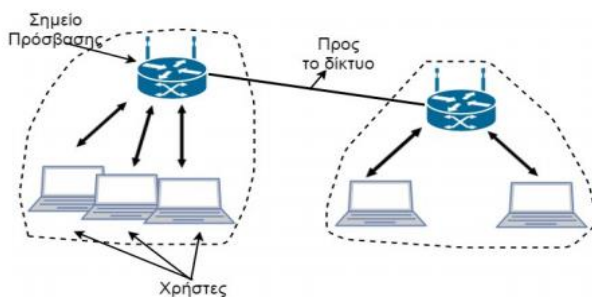
Το πρότυπο 802.11 παρέχει ένα σύνολο λειτουργικότητας για τη σύνδεση γειτονικών κινούμενων συσκευών με το Διαδίκτυο. Το πρότυπο βελτιωνόταν συνεχώς έτσι ώστε να παρέχονται όλο και περισσότερες λειτουργίες. Και για αυτό το λόγο, οι διάφορες εκδόσεις του είναι συμπληρωματικές και όχι ανταγωνιστικές μεταξύ τους. Η κάθε έκδοση, υπερίσχυε από τις προηγούμενες σε τμήματα που μπορούσαν να βελτιωθούν, για παράδειγμα το πρότυπο 802.11n σε σχέση με τις ταχύτητες των προηγούμενων (έως 600 Mbps) [\[8\]](#).

2.2.2 – Αρχιτεκτονική και στοίβα πρωτοκόλλων 802.11

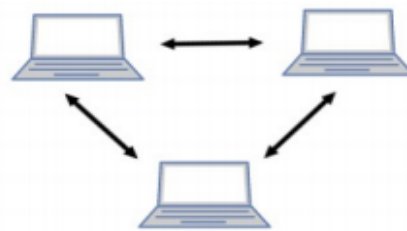
Τα δίκτυα 802.11 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δύο καταστάσεις λειτουργίας. Η πιο δημοφιλής κατάσταση λειτουργίας είναι η σύνδεση συσκευών, για παράδειγμα φορητών υπολογιστών ή κινητών με ένα άλλο δίκτυο, όπως το Διαδίκτυο.

Στην κατάσταση υποδομής, η κάθε συσκευή συσχετίζεται με ένα σημείο πρόσβασης, το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με το άλλο δίκτυο. Η συσκευή στέλνει και λαμβάνει τα πακέτα της μέσω του σημείου πρόσβασης. Μπορούν να υπάρχουν πολλά σημεία πρόσβασης που συνδέονται μεταξύ τους, με ένα ενσύρματο δίκτυο το οποίο ονομάζεται σύστημα διανομής (distribution system), για τον σχηματισμό ενός εκτεταμένου δικτύου 802.11.

Η άλλη κατάσταση λειτουργίας, είναι το δίκτυο ειδικού σκοπού ή επιτόπου διαμορφωμένο δίκτυο (ad hoc network όπως αναφέραμε παραπάνω). Αυτή η κατάσταση λειτουργίας είναι ένα σύνολο υπολογιστών που συνδέονται μεταξύ τους έτσι ώστε να μπορούν να στέλνουν απευθείας δεδομένα ο ένας στον άλλον.



Εικόνα 19.1 - Κατάσταση υποδομής

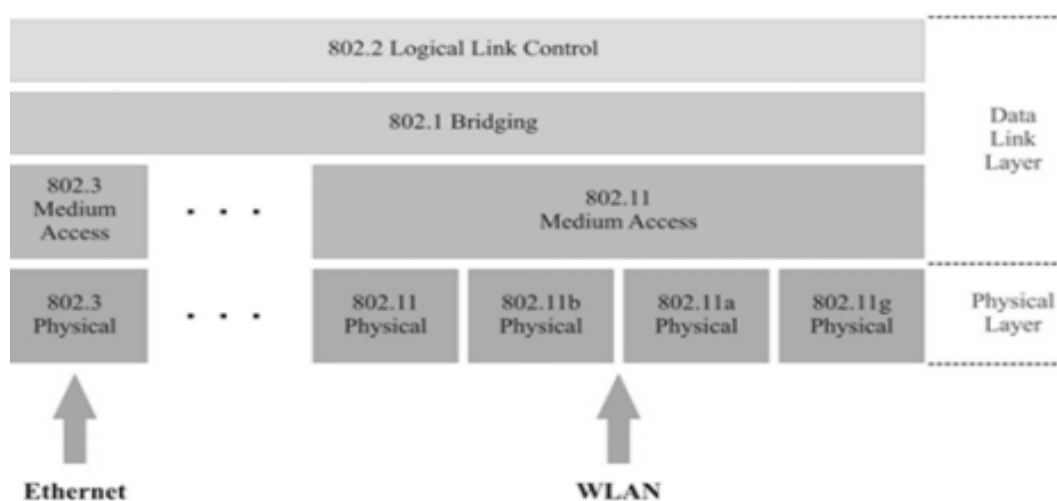


Εικόνα 19.2 - Δίκτυο ειδικού σκοπού

Όλα τα πρωτόκολλα 802, συμπεριλαμβανομένου του 802.11 και του Ethernet, έχουν κάποια κοινά σημεία στη δομή τους. Η στοίβα, όπως φαίνεται παρακάτω, είναι ίδια για τις συσκευές και τα σημεία πρόσβασης.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Το φυσικό επίπεδο αντιστοιχεί με το φυσικό επίπεδο OSI. Το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων στα πρωτόκολλα 802 διαιρείται σε δύο ή περισσότερα υποεπίπεδα. Στο 802.11, το υποεπίπεδο MAC (Medium Access Control, έλεγχος μέσου πρόσβασης) ορίζει τη σειρά με την οποία θα μεταδώσουν τα δεδομένα τους οι συσκευές. Πάνω από αυτό, βρίσκεται το υποεπίπεδο LLC (Logical Link Control, έλεγχος λογικού συνδέσμου), το οποίο κρύβει τις διαφορές ανάμεσα στις διαφορετικές παραλλαγές του 802. Σήμερα το LLC είναι απλώς ένα συνδυαστικό επίπεδο που προσδιορίζει το πρωτόκολλο το οποίο μεταφέρεται μέσα σε ένα πακέτο 802.11.



Εικόνα 20 - Μέρος της στοίβας πρωτοκόλλων 802.11

Καθώς το πρότυπο 802.11 εξελίσσεται μετά την πρώτη του εμφάνιση, έχουν προστεθεί στο φυσικό επίπεδο αρκετές τεχνικές μετάδοσης. Δύο από τις αρχικές τεχνικές, οι υπέρυθρες και η εναλλαγή συχνότητας στη ζώνη των 2.4 GHz, είναι πλέον εκτός λειτουργίας. Η τρίτη αρχική τεχνική, η εξάπλωση φάσματος άμεσης ακολουθίας, επεκτάθηκε έτσι ώστε να λειτουργεί σε ταχύτητες έως 11 Mbps και γρήγορα έγινε δημοφιλής. Ονομάζεται πλέον 802.11b.

Για την επίτευξη γρηγορότερων ταχυτήτων, το 1999 και το 2003 η νέες τεχνικές μετάδοσης που παρουσιάστηκαν, βασίζονταν στην μέθοδο OFDM. Η πρώτη ονομάζεται 802.11a και χρησιμοποιεί τη ζώνη συχνοτήτων των 5 GHz. Η δεύτερη χρησιμοποιεί τα 2.4 GHz και αποκαλείται 802.11g. Και οι δύο αποδίδουν ταχύτητες μέχρι και 54 Mbps [\[9\]](#).

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Στον πίνακα παρακάτω, φαίνονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά των τεχνολογιών 802.11.

Πίνακας 1 - Συνοπτικός πίνακας ασύρματων τεχνολογιών 802.11 [\[10\]](#)

Πρωτόκολλο	Συχνότητα (GHz)	Ταχύτητα (Mbps)	Διαμόρφωση	Εύρος
				(m)
802.11-1997	2.4	Έως 2	DSSS, FHSS	20
802.11a	5	Έως 54	OFDM	35
802.11b	2.4	Έως 11	DSSS	35
802.11g	2.4	Έως 54	OFDM	38
802.11n	2.4/5	Έως 600	MIMO-OFDM	70
802.11ac	5	Έως 3466	MIMO-OFDM	35
802.11ad	60	Έως 6,757	OFDM	3
802.11ah	0.9	Έως 347	MIMO-OFDM	-

2.3 – WiMAX

Η τεχνολογία η οποία παρέχει ασύρματη δικτύωση σε πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια απ' ό τι το WiFi, ονομάζεται WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, Παγκόσμια Διαλειτουργικότητα για Μικροκυματική Πρόσβαση). Τα ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα με τη χρήση μεγάλων κεραιών σε ψηλά σημεία εκτός της πόλης, σε συνδυασμό με την εγκατάσταση μικρότερων κεραιών που να δείχνουν προς αυτή, είναι πολύ πιο οικονομική και εύκολη λύση από το σκάψιμο και το πέρασμα καλωδίων. Το πρότυπο το οποίο σχημάτισε το IEEE για τα ευρυζωνικά ασύρματα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής, είναι το 802.16.

Το πρώτο πρότυπο 802.16 λειτούργησε το 2001 και οι πρώτες εκδόσεις του αποτελούνταν από έναν ασύρματο τοπικό βρόχο μεταξύ σταθερών σημείων που είχαν οπτική επαφή μεταξύ τους. Αυτή η σχεδίαση άλλαξε, έτσι ώστε το WiMAX να γίνει πιο ανταγωνιστική εναλλακτική λύση για πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Η έκδοση του 802.16 που κυκλοφόρησε το 2003, υποστήριζε συνδέσεις που δεν είχαν οπτική επαφή μεταξύ τους με τη χρήση της τεχνολογίας OFDM. Στην έκδοση του 802.16 του 2005, δόθηκε η δυνατότητα μετάδοσης δεδομένων με την μετακίνηση με ταχύτητα οχημάτων.

Το 802.16 βασίστηκε στο μοντέλο OSI σε στοιχεία όπως τα επίπεδα, τα υποεπίπεδα και οι θεμελιώδεις λειτουργίες υπηρεσιών. Το Φόρουμ WiMAX δημιουργήθηκε για να ορίσει διαλειτουργικά υποσύνολα του προτύπου για εμπορικές εφαρμογές, ώστε να μην είναι περίπλοκο.



Εικόνα 21 - Λογότυπο φόρουμ WiMAX

Το WiMAX αφορά τις ασύρματες συνδέσεις συσκευών με το Διαδίκτυο σε ταχύτητες Mbps, όπως και το 802.11. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι είτε σταθερές είτε φορητές. Το 802.16 σχεδιάστηκε για τη μεταφορά πακέτων IP μέσω του αέρα, και για τη σύνδεση με ένα βασισμένο στο IP, ενσύρματο δίκτυο. Βασίζεται στην τεχνολογία OFDM για την εξασφάλιση της καλής

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

απόδοσης παρά την υποβάθμιση του ασύρματου σήματος, και στην τεχνολογία MIMO για την επίτευξη υψηλών επιπέδων διεκπεραιωτικής ικανότητας.

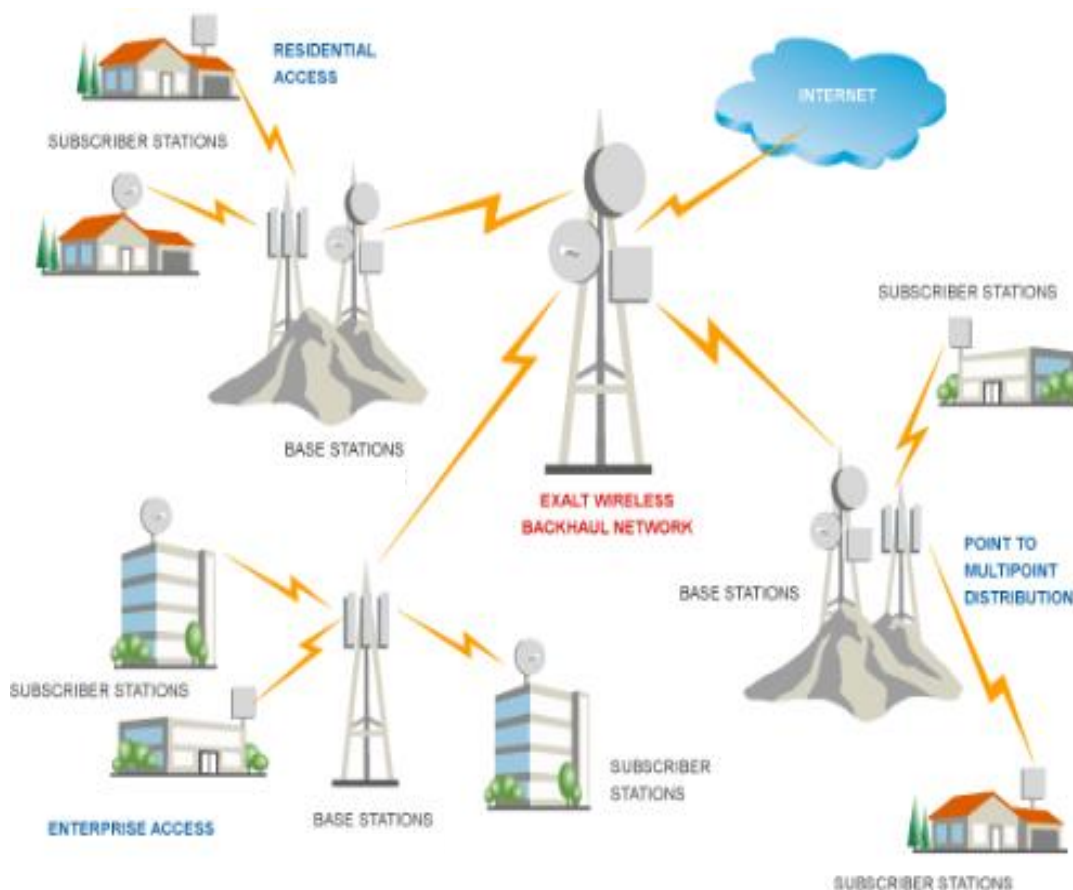
Το κύριο τεχνικό πρόβλημα το οποίο αντιμετωπίζει το WiMAX, είναι η επίτευξη υψηλής χωρητικότητας με αποδοτική χρήση του φάσματος, ώστε πολλοί συνδρομητές σε μια περιοχή κάλυψης να μπορούν να λαμβάνουν υψηλή διεκπεραιωτική ικανότητα. Οι τυπικές αποστάσεις είναι τουλάχιστον 10 φορές μεγαλύτερες από εκείνες των δικτύων 802.11. Έτσι λοιπόν, οι σταθμοί βάσης WiMAX είναι πιο ισχυροί από τα σημεία πρόσβασης 802.11. Για να μπορέσει να χειριστεί ασθενέστερα σήματα σε μεγαλύτερες αποστάσεις, ο σταθμός βάσης χρησιμοποιεί περισσότερη ισχύ και καλύτερες κεραιές, και εκτελεί περισσότερη επεξεργασία για να χειριστεί τα σφάλματα.



Εικόνα 22 - Σύγκριση εμβέλειας WiMAX και εμβέλειας WiFi

2.3.1 – Αρχιτεκτονική και πρωτόκολλα του 802.16

Οι σταθμοί βάσης συνδέονται απευθείας με το δίκτυο του παρόχου, το οποίο με τη σειρά του συνδέεται με το Διαδίκτυο. Οι σταθμοί βάσης επικοινωνούν με τους άλλους σταθμούς μέσω της ασύρματης διασύνδεσης αέρα και υπάρχουν δύο είδη σταθμών. Οι σταθμοί συνδρομητών, οι οποίοι παραμένουν σε μια σταθερή θέση, και οι κινητοί σταθμοί που μπορούν να λαμβάνουν υπηρεσίες «εν κινήσει».



Εικόνα 23 - Δίκτυο WiMAX

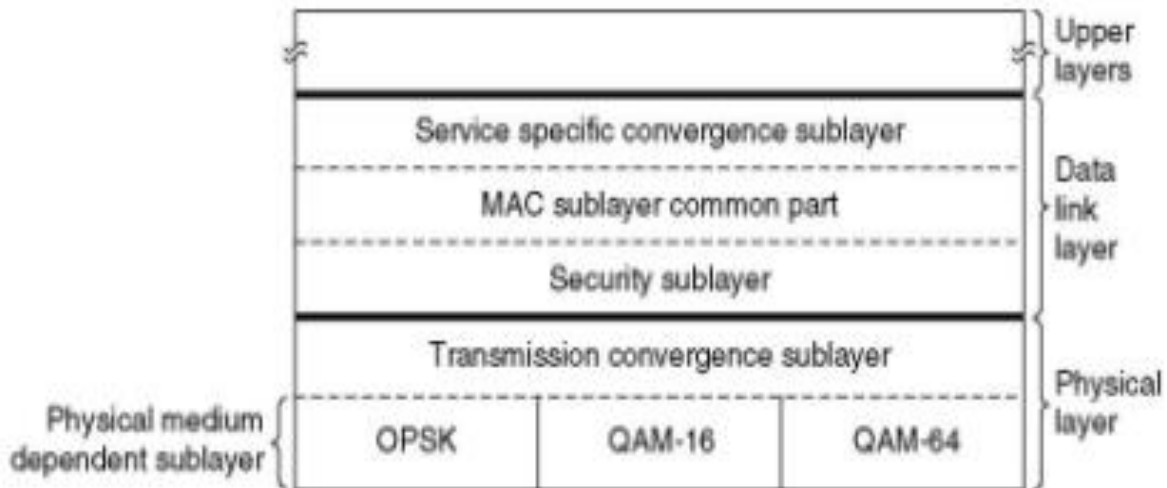
Η γενική δομή που χρησιμοποιεί η στοίβα πρωτοκόλλων του 802.16 είναι παρόμοια με αυτή των άλλων δικτύων 802, αλλά με περισσότερα υποεπίπεδα. Το χαμηλότερο υποεπίπεδο ασχολείται με τη μετάδοση, και οι πιο δημοφιλείς υπηρεσίες για το 802.16 είναι το σταθερό WiMAX και το κινητό WiMAX.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Πάνω από το φυσικό επίπεδο, βρίσκεται το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης δεδομένων το οποίο αποτελείται από τρία υποεπίπεδα. Το χαμηλότερο ασχολείται με την προστασία απορρήτου και την ασφάλεια. Χειρίζεται την κρυπτογράφηση, την αποκρυπτογράφηση και τη διαχείριση κλειδίων.

Έπειτα, είναι το κοινό τμήμα του υποεπιπέδου MAC. Εδώ βρίσκονται τα βασικά πρωτόκολλα και ο σταθμός βάσης ελέγχει πλήρως το σύστημα. Μπορεί να χρονοπρογραμματίσει τα κατερχόμενα κανάλια (δηλαδή τα κανάλια από τη βάση προς το συνδρομητή) και διαχειρίζεται τα ανερχόμενα κανάλια (δηλαδή τα κανάλια από το συνδρομητή στη βάση). Το υποεπίπεδο MAC είναι πλήρως συνδεοστρεφές, και έτσι παρέχει εγγυήσεις ποιότητας υπηρεσιών για τηλεφωνική επικοινωνία και μεταφορά πολυμέσων.

Το εξαρτώμενο από την υπηρεσία υποεπίπεδο σύγκλισης αντιστοιχεί στο υποεπίπεδο ελέγχου λογικού συνδέσμου (LLC). Η δουλειά του είναι η διασύνδεση με το επίπεδο δικτύου. Αυτό το επίπεδο πρέπει να κάνει τη συσχέτιση μεταξύ διευθύνσεων και συνδέσεων [11].



Εικόνα 24 - Στοίβα πρωτοκόλλων 802.16

2.4 – Bluetooth

Η σύνδεση κινητών τηλεφώνων σε άλλες συσκευές χωρίς καλώδια, κατέληξε στη δημιουργία του Bluetooth. Η πρώτη έκδοση του Bluetooth (1.0) εκδόθηκε το 1999 και πήρε το όνομά του από τον Harald Blaatand II (940-981), έναν βασιλιά των Βίκινγκς ο οποίος ενοποίησε, κατέκτησε με άλλα λόγια, τη Δανία και τη Νορβηγία.

Σήμερα όλα τα είδη ηλεκτρονικών συσκευών χρησιμοποιούν το Bluetooth, από τα κινητά τηλέφωνα και τους φορητούς υπολογιστές μέχρι εκτυπωτές και πολλά άλλα. Τα πρωτόκολλα Bluetooth επιτρέπουν στις συσκευές να εντοπίζουν η μια την άλλη και να συνδέονται μεταξύ τους, μια ενέργεια που ονομάζεται ζευγάρωμα (pairing), και να μεταφέρουν δεδομένα με ασφάλεια.



Εικόνα 25 - Λογότυπο Bluetooth

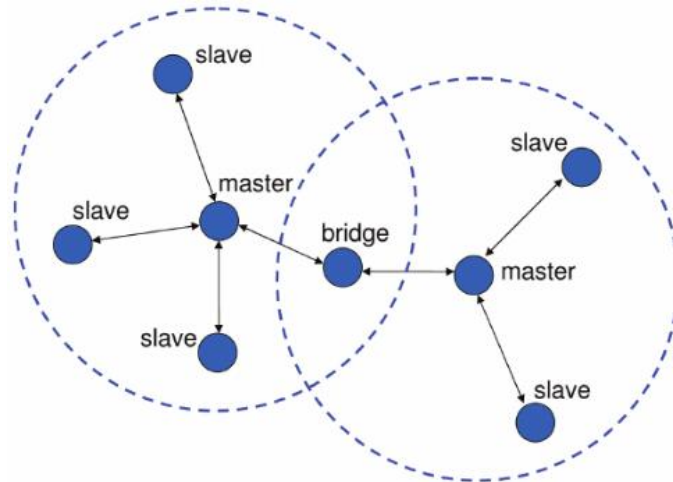
Μετά την καθιέρωση των αρχικών πρωτοκόλλων, προστέθηκαν υψηλότερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων με το Bluetooth 2.0 το 2004. Η έκδοση 3.0 του 2009, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ζευγάρωμα συσκευών σε συνδυασμό με το 802.11 για μεταφορές δεδομένων με υψηλή διεκπεραιωτική ικανότητα. Η έκδοση 4.0 το 2009 καθόρισε λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Η έκδοση 5.0 το 2016, παρέχει χαρακτηριστικά τα οποία είναι κυρίως επικεντρωμένα στην αναδυόμενη τεχνολογία IoT (Internet of Things, Διαδίκτυο των Αντικειμένων) [\[12\]](#).

2.4.1 – Αρχιτεκτονική του Bluetooth

Η βασική μονάδα ενός συστήματος Bluetooth είναι ένα μικροσκοπικό δίκτυο (piconet), το οποίο αποτελείται από έναν κόμβο κυρίου (master) και μέχρι και επτά ενεργούς κόμβους υπηρέτη (slaves) μέσα σε μια απόσταση 10 μέτρων. Πολλά μικροσκοπικά δίκτυα μπορούν να συνυπάρχουν στον ίδιο μεγάλο χώρο, ενώ μπορούν να είναι και συνδεδεμένα μέσω ενός

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

κόμβου γέφυρας. Ένα διασυνδεδεμένο σύνολο μικροσκοπικών δικτύων ονομάζεται διάσπαρτο δίκτυο (scatternet).



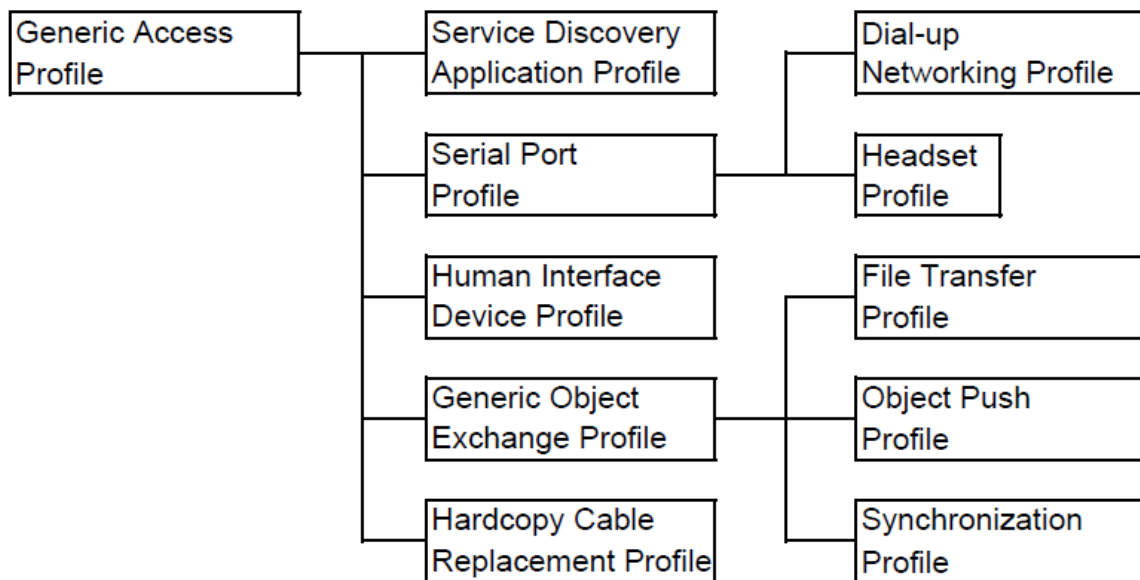
Εικόνα 26 - Διάσπαρτο δίκτυο Bluetooth

Εκτός από τους επτά ενεργούς κόμβους υπηρέτη, μπορούν να υπάρχουν μέχρι και 255 σταθμευμένοι (parked) κόμβοι στο δίκτυο. Αυτοί οι κόμβοι είναι συσκευές τις οποίες ο κύριος έχει φέρει σε κατάσταση χαμηλής ισχύος, ώστε να μειώσει την κατανάλωση των μπαταριών τους. Στη σταθμευμένη κατάσταση, η συσκευή δεν μπορεί να κάνει τίποτε άλλο από το να αποκρίνεται σε ένα σήμα ενεργοποίησης ή σε ένα σήμα φάρου από τον κύριο.

Στην πραγματικότητα, το μικροσκοπικό δίκτυο είναι ένα συγκεντρωτικό σύστημα TDM (Time Division Multiplexing, Πολυπλεξία Διαίρεσης Χρόνου), με τον κύριο να καθορίζει ποια συσκευή θα επικοινωνήσει σε ποια χρονική στιγμή. Όλες οι επικοινωνίες πραγματοποιούνται ανάμεσα στον κύριο και έναν υπηρέτη και δεν είναι εφικτή η άμεση επικοινωνία από υπηρέτη σε υπηρέτη.

2.4.2 – Εφαρμογές του Bluetooth

Τα περισσότερα πρωτόκολλα δικτύου απλώς παρέχουν κανάλια ανάμεσα σε συσκευές που επικοινωνούν, αφήνοντας τους σχεδιαστές των εφαρμογών να αποφασίσουν για ποιο σκοπό θέλουν να χρησιμοποιήσουν τα κανάλια αυτά. Αντίθετα, οι προδιαγραφές του Bluetooth κατονομάζουν συγκεκριμένες εφαρμογές οι οποίες θα υποστηρίζονται, και παρέχουν διαφορετικές στοίβες πρωτοκόλλων για την κάθε μια. Αυτές οι εφαρμογές ονομάζονται προφίλ (profiles) και μερικά από τα προφίλ, είναι τα παρακάτω.



Εικόνα 27 - Προφίλ Bluetooth

Έξι από τα προφίλ αφορούν διάφορες χρήσεις ήχου και βίντεο. Για παράδειγμα, το προφίλ ενδοσυνεννόησης (intercom) επιτρέπει τη σύνδεση δύο τηλεφώνων σαν να είναι walkie-talkie. Το προφίλ συσκευής τηλεφώνου και το προφίλ ακουστικού κεφαλής παρέχουν τη δυνατότητα φωνητικής επικοινωνίας μεταξύ μιας συσκευής και του σταθμού βάσης της. Άλλα προφίλ αφορούν ρεύματα ήχου στερεοφωνικής ποιότητας και βίντεο.

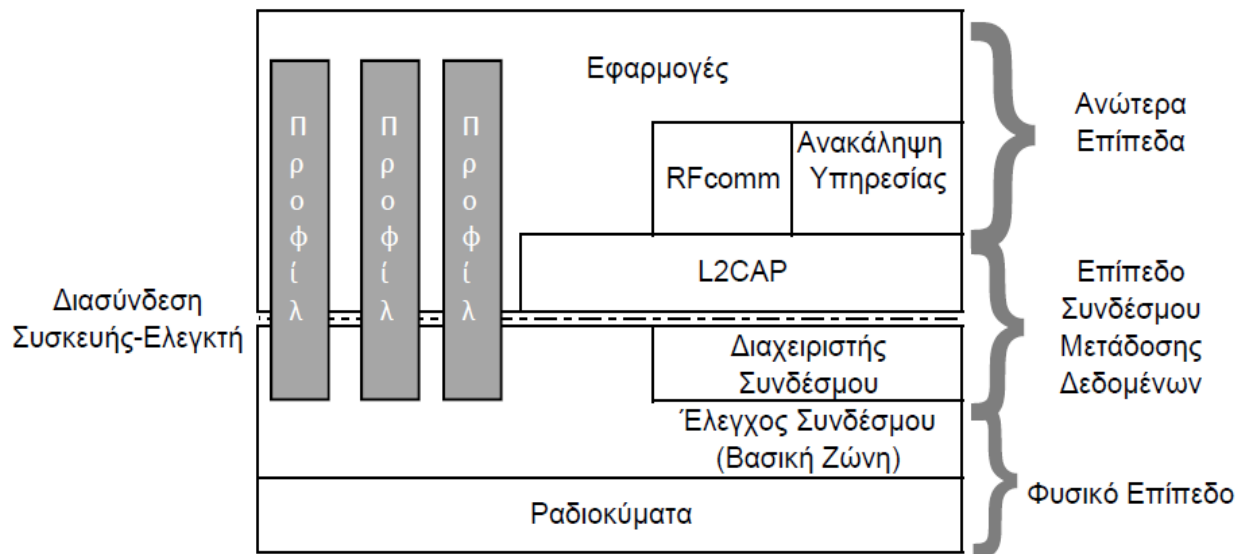
Το προφίλ συσκευής ανθρώπινης διασύνδεσης (Human Interface Device Profile) αφορά τη σύνδεση πληκτρολογίων και ποντικιών με υπολογιστές. Άλλα προφίλ επιτρέπουν σε ένα κινητό τηλέφωνο ή έναν υπολογιστή να λαμβάνει εικόνες από μια φωτογραφική μηχανή ή να στέλνει εικόνες σε έναν εκτυπωτή. Ένα άλλο προφίλ, είναι αυτό για τη χρήση ενός κινητού τηλεφώνου ως τηλεχειριστηρίου για μια τηλεόραση.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Κάποια άλλα προφίλ, επιτρέπουν τη δικτύωση. Το προφίλ τηλεφωνικής δικτύωσης επιτρέπει σε έναν φορητό υπολογιστή να συνδέεται χωρίς καλώδια σε ένα κινητό τηλέφωνο που περιέχει ενσωματωμένο μόντεμ. Ένα άλλο είναι το προφίλ συγχρονισμού (Synchronization Profile), το οποίο έχει στόχο τη φόρτωση δεδομένων σε ένα κινητό τηλέφωνο όταν αυτό φεύγει από το σπίτι και τη συλλογή δεδομένων από αυτό όταν επιστρέφει. Ένα τελευταίο παράδειγμα, είναι το προφίλ γενικής πρόσβασης (Generic Access Profile), πάνω στο οποίο βασίζονται όλα τα άλλα προφίλ. Παρέχει έναν τρόπο εγκαθίδρυσης και διατήρησης ασφαλών συνδέσμων (καναλιών) μεταξύ του κυρίου και των υπηρετών.

2.4.2 – Πρωτόκολλα του Bluetooth

Η δομή των επιπέδων του Bluetooth δεν ακολουθεί το μοντέλο OSI, το μοντέλο TCP/IP, το μοντέλο 802 ή κάποιο άλλο μοντέλο.



Εικόνα 28 - Η αρχιτεκτονική των πρωτοκόλλων του Bluetooth

Το χαμηλότερο επίπεδο είναι το φυσικό επίπεδο των ραδιοκυμάτων, το οποίο ασχολείται με τη μετάδοση των ραδιοκυμάτων και τη διαμόρφωση. Πολλά από τα ζητήματα του επιπέδου αυτού σχετίζονται με τον στόχο να είναι φθηνό το σύστημα.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Το επίπεδο συνδέσμου μετάδοσης ή βασικής ζώνης (baseband) είναι παρόμοιο με το υποεπίπεδο MAC, όμως περιέχει και στοιχεία από το φυσικό επίπεδο. Καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο ο κύριος ελέγχει τις χρονικές υποδοχές και τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η ομαδοποίηση των υποδοχών σε πλαίσια.

Έπειτα, υπάρχουν δύο επίπεδα τα οποία χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο ελέγχου συνδέσμου. Ο διαχειριστής συνδέσμου (link manager) χειρίζεται την εγκαθίδρυση λογικών καναλιών ανάμεσα στις συσκευές και βρίσκεται κάτω από τη γραμμή διασύνδεσης συσκευής και ελεγκτή (host-controller interface).

Το πρωτόκολλο συνδέσμου μετάδοσης που βρίσκεται πάνω από τη γραμμή, είναι το Πρωτόκολλο Προσαρμογής ελέγχου Λογικού Συνδέσμου (Logical Link Control Adaptation Protocol, L2CAP). Αυτό το πρωτόκολλο τοποθετεί σε πλαίσια τα μεταβλητού μήκους μηνύματα και παρέχει αξιοπιστία. Το πρωτόκολλο ανακάλυψης υπηρεσίας (Service Discovery) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό υπηρεσιών μέσα στο δίκτυο. Το πρωτόκολλο RFComm (Επικοινωνία Ραδιοκυματικών Συχνοτήτων, Radio Frequency Communication) είναι το πρωτόκολλο το οποίο εξομοιώνει την τυπική σειριακή θύρα που υπάρχει στους περισσότερους προσωπικούς υπολογιστές για τη σύνδεση συσκευών, όπως είναι το ποντίκι και το πληκτρολόγιο [\[13\]](#).

Κεφάλαιο 3: Light Fidelity

3.1 – Οπτικές Επικοινωνίες

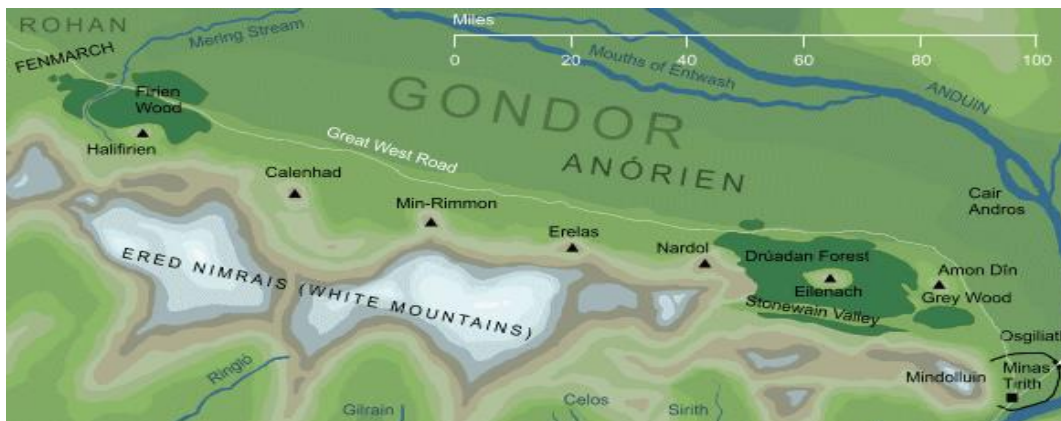
Από τα αρχαία χρόνια η ανάγκη για γρήγορη μετάδοση πληροφοριών, οδήγησε στη δημιουργία διαφόρων τύπων επικοινωνίας. Ένα παράδειγμα είναι οι φρυκτωρίες. Ο Παλαμήδης με την επινόηση των φρυκτωριών εγκατέστησε ένα δίκτυο επικοινωνίας με τις Μυκήνες το οποίο μετέδωσε τη νίκη της Ελλάδας στην Τροία μέσα σε μία νύχτα.



Εικόνα 29 - Η πορεία που ακολούθησε το μήνυμα μέχρι τις Μυκήνες

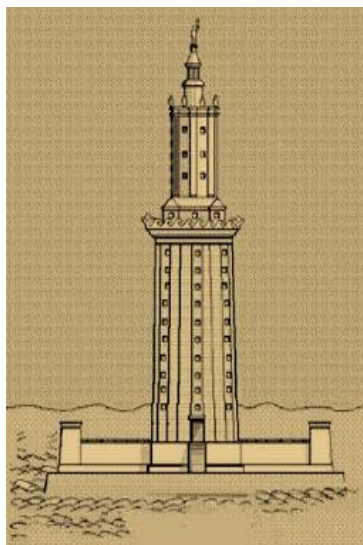
Για τη μετάδοση των μηνυμάτων χρησιμοποιούταν το σύστημα της Πυρσείας, δηλαδή η χρήση φωτεινών αναμεταδοτών από βουνοκορφή σε βουνοκορφή [14]. Μία τεχνική η οποία χρησιμοποιήθηκε και από τον Τζ. Ρ. Ρ. Τόλκιν στο βιβλίο "Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών: Η Επιστροφή του Βασιλιά" [15].

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi



Εικόνα 30 - Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 7 φρυκτωρίες από τη Γκόντορ μέχρι το Ρόχαν

Ένα ακόμα παράδειγμα είναι ο Φάρος της Αλεξάνδρειας ο οποίος θεωρείται ένα από τα Επτά θαύματα του αρχαίου κόσμου. Χτίστηκε τον 3^ο αιώνα π.Χ. σε μία νησίδα με το όνομα Φάρος, απ' όπου και πήρε το όνομά του, στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. Ήταν ένα κτίσμα που αποτελούταν από τρεις μαρμαρίνους πύργους με συνολικό ύψος 140 μέτρα. Στο εσωτερικό του τελευταίου πύργου έκαιγε μία φωτιά η οποία οδηγούσε τα πλοία με ασφάλεια στο λιμάνι. Κατά τη διάρκεια της νύχτας αντανakλούσε τη λάμψη μιας μεγάλης φωτιάς, ενώ την ημέρα ύψωνε στον ουρανό μια μεγάλη στήλη καπνού. Τα πλοία μπορούσαν να τη διακρίνουν από 50 χιλιόμετρα μακριά [16].



Εικόνα 31 - Ο Φάρος της Αλεξάνδρειας

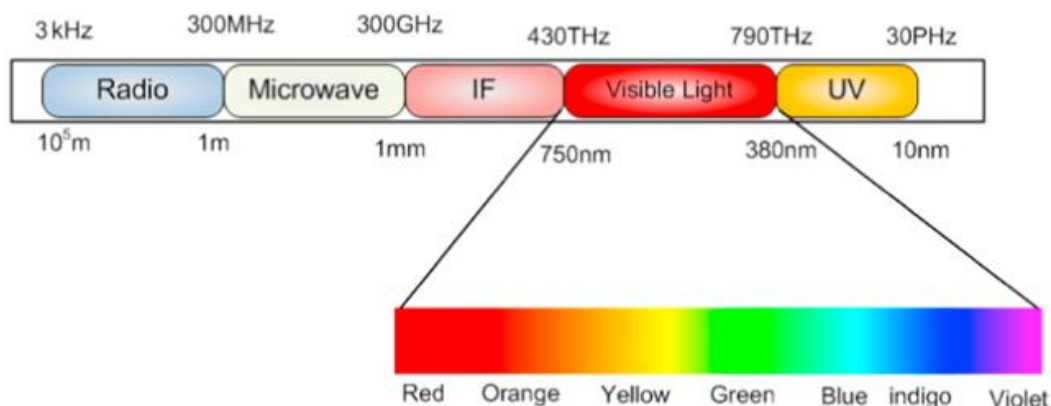
3.2 – Οπτικές Ασύρματες Επικοινωνίες

Οι οπτικές ασύρματες επικοινωνίες (Optical Wireless Communications, OWC) είναι μια μορφή οπτικής επικοινωνίας στην οποία χρησιμοποιείται ορατό, υπέρυθρο (IR) ή υπεριώδες (UV) φως για τη μετάδοση ενός σήματος.

Τα συστήματα OWC που λειτουργούν στη ζώνη ορατού φωτός είναι γνωστά ως συστήματα επικοινωνίας ορατού φωτός (Visible Light Communication, VLC). Τα συστήματα VLC εκμεταλλεύονται τις διόδους εκπομπής φωτός (Light Emitting Diodes, LEDs) οι οποίες πάλλονται σε πολύ υψηλές ταχύτητες χωρίς να γίνεται αυτό αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι και χωρίς να προκαλούν μεταβολή στο φωτισμό του χώρου.

Τα επίγεια συστήματα OWC από σημείο σε σημείο είναι γνωστά ως οπτικά συστήματα ελεύθερου χώρου (Free Space Optical Systems, FSO), λειτουργούν κοντά στις συχνότητες IR. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν πομπούς λέιζερ και προσφέρουν ένα πρωτόκολλο διασύνδεσης, με υψηλά ποσοστά δεδομένων που μπορούν να φτάσουν και τα 10 Gbit/s.

Ακόμα, υπάρχουν και οι υπεριώδεις επικοινωνίες οι οποίες χρησιμοποιούν το ηλιακό υπεριώδες φάσμα. Στο φάσμα UV η ηλιακή ακτινοβολία είναι αμελητέα στο έδαφος και αυτό καθιστά δυνατή τη σχεδίαση ανιχνευτών μέτρησης φωτονίων με ευρείς δέκτες οπτικών πεδίων που αυξάνουν την λαμβανόμενη ενέργεια με λίγο επιπλέον θόρυβο βάθους [17].



Εικόνα 32 - Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

3.3 – Επικοινωνίες Ορατού Φωτός

Οι επικοινωνίες ορατού φωτός ή VLC, χρησιμοποιούν κύματα φωτός αντί για ραδιοκύματα για τη μετάδοση δεδομένων. Οι δίοδοι εκπομπής φωτός ή LEDs, χρησιμοποιούνται ως πομποί καθώς είναι πιο αποδοτικές πηγές και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλαπλές μεταδόσεις δεδομένων. Μπορούν να θεωρηθούν ως εναλλακτική λύση στην επικοινωνία ραδιοσυχνοτήτων.

Η τεχνολογία VLC είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων μέσω φωτός. Χρησιμοποιούνται LEDs ως πομποί, και ανιχνευτές φωτός ως δέκτες. Η μετάδοση δεδομένων επιτυγχάνεται με το γρήγορο τρεμοπαίξιμο των LEDs. Όταν το LED είναι κλειστό θα μεταδοθεί το λογικό «0» και όταν το LED είναι ανοιχτό θα μεταδοθεί το λογικό «1» [18].



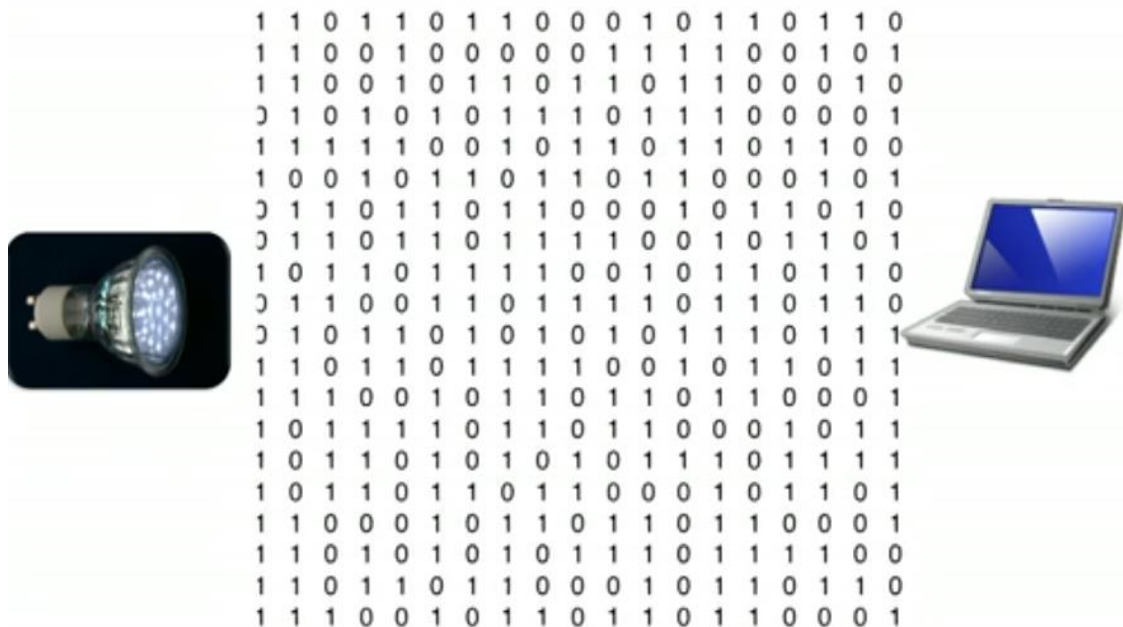
Εικόνα 33 - Μετάδοση δεδομένων μέσω LEDs

3.4 – LiFi

Το LiFi είναι μια τεχνολογία VLC για ασύρματη επικοινωνία μεταξύ συσκευών χρησιμοποιώντας φως για τη μετάδοση δεδομένων και την επικοινωνία μεταξύ τους. Η τεχνολογία αυτή παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 2011 από τον καθηγητή του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου Χάραλντ Χάας, σε παρουσίασή του στην TEDGlobal (Technology, Entertainment, Design).

Στην παρουσίαση, ο καθηγητής Χάραλντ Χάας έδειξε για πρώτη φορά, ότι μία συσκευή μπορεί να μεταδώσει δεδομένα με την τεχνολογία LiFi. Αναβοσβήνοντας το φως σε μια λυχνία LED με τέτοια ταχύτητα που δεν γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι, μετέδωσε πολύ περισσότερα δεδομένα από έναν κυβελοειδή πύργο, και με τέτοιο τρόπο που είναι πιο αποτελεσματικός και ασφαλής.

Η τεχνολογία LiFi μεταδίδει χιλιάδες παράλληλες ροές δεδομένων, σε πολύ υψηλές ταχύτητες, χρησιμοποιώντας την τεχνική Διαμόρφωσης Δείκτη Υποφέρον OFDM (Subcarrier Index Modulation OFDM, SIM OFDM). Με την τεχνική SIM-OFDM καθιστάτε ικανή η μετάδοση δεδομένων μέσω φωτεινής πηγής [19].



Εικόνα 34 - Πολλαπλές παράλληλες ροές δεδομένων

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Η τεχνική SIM OFDM χρησιμοποιεί διαφορετικές καταστάσεις της φέρουσας συχνότητας για τη μετάδοση της πληροφορίας, το οποίο οδηγεί στην αυξημένη απόδοση σε σύγκριση με την συμβατική τεχνολογία OFDM. Επιπλέον, η καινοτόμος δομή του μπορεί να οδηγήσει σε μείωση της μέγιστης ισχύος του συστήματος, κάτι το οποίο είναι εξαιρετικά επωφελές για τις οπτικές ασύρματες επικοινωνίες [20].

Στην παρουσίασή του, ο καθηγητής Χάραλντ Χάας, χρησιμοποίησε ένα φωτιστικό γραφείου, στο οποίο είχε τοποθετήσει μια λάμπα LED ειδικά διαμορφωμένη με την τεχνολογία διαμόρφωσης σήματος. Κάτω από το φωτιστικό, υπήρχε ένα άνοιγμα από το οποίο περνούσε το φως και έφτανε στον δέκτη. Ο δέκτης μετέτρεπε αυτές τις μικρές, διακριτικές αλλαγές πλάτους σε ηλεκτρικό σήμα. Έπειτα, αυτό το σήμα μετατρέπεται σε ροή δεδομένων υψηλής ταχύτητας.

Με αυτόν τον τρόπο, ο Χάραλντ Χάας κατάφερε να μεταδώσει ένα βίντεο υψηλής ευκρίνειας με τη βοήθεια του φωτός. Βάζοντας το χέρι του πάνω από το άνοιγμα, ουσιαστικά σταματώντας το φως να φτάσει στον δέκτη, απέδειξε στο κοινό του ότι το βίντεο υψηλής ευκρίνειας μεταδιδόταν από το φως που προερχόταν από το φωτιστικό γραφείου.

Οι αλλαγές πλάτους για τη μετάδοση των δεδομένων, δεν γίνονται αντιληπτές από το ανθρώπινο μάτι. Το φως μεταδίδεται όπως θα περίμενε κανείς. Εξυπηρετεί το σκοπό του φωτισμού, αλλά ταυτόχρονα μεταδίδει και δεδομένα. Ακόμα κι αν υπάρχουν στον χώρο άλλα φώτα, τα οποία δεν μεταδίδουν δεδομένα, ο δέκτης αγνοεί το συνεχές φως, καθώς το μόνο που τον ενδιαφέρει είναι οι διακριτικές αλλαγές του φωτός.

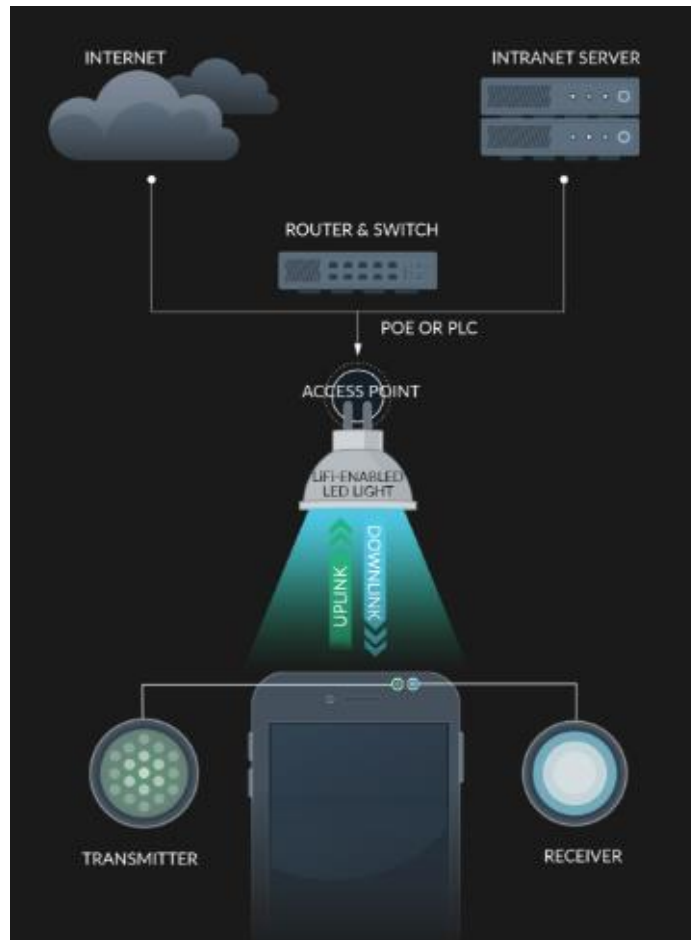
Τέλος, ο καθηγητής αναφέρεται στο γεγονός ότι πρέπει οι λάμπες LED να είναι συνέχεια αναμμένες ούτως ώστε να μεταδίδονται τα δεδομένα. Η ένταση του φωτός όμως, μπορεί να είναι τόσο χαμηλή που να φαίνεται ότι είναι σβηστό στο ανθρώπινο μάτι, και παράυτα να εξακολουθεί να μεταδίδει δεδομένα [21].

Η τεχνολογία LiFi είναι παρόμοια με την τεχνολογία WiFi με τη βασική διαφορά ότι το WiFi χρησιμοποιεί τη ραδιοσυχνότητα για τη μετάδοση των δεδομένων, ενώ το LiFi χρησιμοποιεί το φάσμα ορατού φωτός. Αυτό προσφέρει διάφορα πλεονεκτήματα, όπως είναι για παράδειγμα η λειτουργία του LiFi σε μέρη όπου το WiFi δεν επιτρέπεται και η χρήση μεγαλύτερου εύρους ζώνης.

3.4.1 – Λειτουργία LiFi

Ενώ η τεχνολογία WiFi μεταφέρει τα δεδομένα μέσω ραδιοκυμάτων, το LiFi μεταφέρει τα δεδομένα μέσω ορατού φωτός, επιτρέποντας έτσι στο LiFi να εκμεταλλευτεί την πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα εύρους ζώνης φωτός που παρέχεται από το ορατό φάσμα.

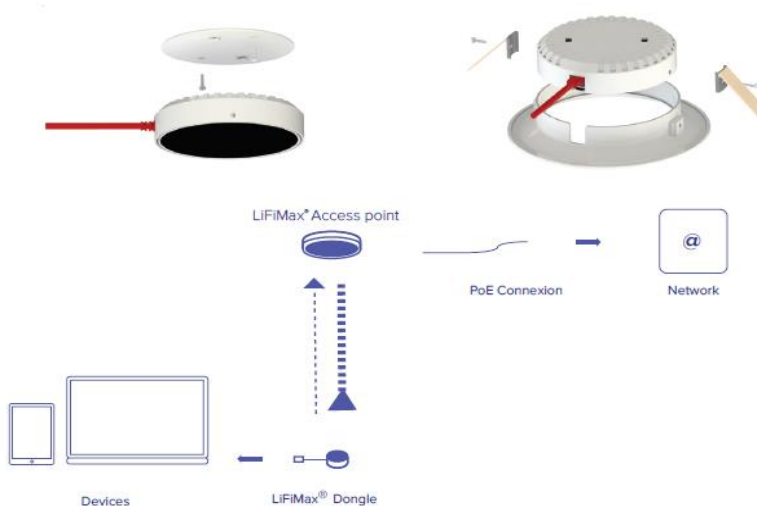
Τα δεδομένα διαμορφώνονται σε συχνότητες ορατού φωτός και στη συνέχεια μεταδίδονται και λαμβάνονται από ειδικά διαμορφωμένες συσκευές LiFi. Έπειτα, ένας αισθητήρας φωτός αναδιαμορφώνει το σήμα αυτό και το μετατρέπει σε σήμα ηλεκτρονικής ροής δεδομένων, επιτρέποντας έτσι πιο γρήγορη και ασφαλέστερη αμφίδρομη ασύρματη επικοινωνία [22].



Εικόνα 35 - Τρόπος λειτουργίας LiFi

3.4.2 Εξοπλισμός LiFi

Διάφορες εταιρείες παρέχουν εξοπλισμούς για την εγκατάσταση του LiFi. Υπάρχουν συσκευές που εγκαθίστανται στο ταβάνι, αντικαθιστώντας τα συμβατικά φωτιστικά, παρέχοντας υπηρεσίες LiFi, και επιτραπέζια φωτιστικά που λειτουργούν ως πομποί. Οι συσκευές που θα χρησιμοποιήσουν το LiFi θα πρέπει να έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα με κάποιον δέκτη ώστε να λαμβάνουν και να στέλνουν το κατάλληλο σήμα για τη μεταφορά των δεδομένων.



Εικόνα 36 - Σχεδιάγραμμα εγκατάστασης εξοπλισμού της OLEDCOMM

Η παραπάνω εικόνα απεικονίζει το σύστημα με το οποίο γίνεται χρήση του LiFi. Αποτελείται από το σημείο πρόσβασης ενσωματωμένο στο ταβάνι, μια συσκευή PoE (Power over Ethernet, Ισχύς μέσω Ethernet), που επιτρέπει πρόσβαση στο δίκτυο σε κάθε συσκευή που διαθέτει plug-and-play. Όσες συσκευές έχουν συνδεδεμένο τον δέκτη plug-and-play, ο οποίος απεικονίζεται στην εικόνα 37, μπορούν να λάβουν και να μεταδώσουν δεδομένα. Το παραπάνω σύστημα υποστηρίζει μέχρι και 16 ταυτόχρονους χρήστες παρέχοντας πολύ υψηλές ταχύτητες και ένα ασφαλές ασύρματο δίκτυο [23].

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi



Εικόνα 37 - Δέκτης LiFi της OLEDCOMM

Φυσικά υπάρχουν κι άλλου είδους συσκευές φωτισμού, όπως για παράδειγμα φωτιστικά γραφείου [24] και κολώνες φωτισμού για δρόμους [25]. Η κάθε συσκευή έχει τα δικά της χαρακτηριστικά ανάλογα με την περιοχή την οποία πρέπει να εξυπηρετήσει.



Εικόνα 39.1 - Φωτιστικό γραφείου



Εικόνα 39.2 – Κολώνα φωτισμού δρόμου

3.4.3 Εφαρμογές

Το LiFi είναι μία τεχνολογία που επιτρέπει στους χρήστες να απολαμβάνουν υψηλές ταχύτητες ενώ χρησιμοποιούν φωτισμό. Κάποια από τα βασικά του χαρακτηριστικά, είναι η παροχή αποτελεσματικού φωτισμού, η υψηλή ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων και η ασφάλεια. Λόγω αυτών των βασικών χαρακτηριστικών, το LiFi μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορες περιπτώσεις. Μερικές από αυτές, είναι οι παρακάτω:

- **Έξυπνα κτίρια:** Η ενσωμάτωση του LiFi σε έξυπνα κτίρια μπορεί να τα καταστήσει πολύ πιο αποτελεσματικά, ειδικά στην παροχή χρήσιμων υπηρεσιών για τους ενοίκους. Αυτό γίνεται με την βελτίωση της σύνδεσης μεταξύ συσκευών, όπως μεταξύ άλλων, υπολογιστές και μονάδες κλιματισμού, παρέχοντας σύνδεση υψηλής ταχύτητας και υψηλής χωρητικότητας για το IoT. Επίσης παρέχει ενεργειακά αποδοτικό φωτισμό για κτίρια σε αστικές περιοχές όπου είναι δύσκολο να επιτευχθεί επαρκής φυσικός φωτισμός.



Εικόνα 40 - Απεικόνιση έξυπνου κτιρίου με IoT

- **Πυκνά αστικά περιβάλλοντα:** Τα πυκνά αστικά κέντρα τείνουν να έχουν υψηλό ανταγωνισμό για σήματα ραδιοσυχνοτήτων, τα οποία είναι γνωστά και ως κανάλια. Ο μεγάλος ανταγωνισμός για τα κανάλια μπορεί να μειώσει σημαντικά τη χωρητικότητα μετάδοσης δεδομένων των σημείων πρόσβασης. Ως συμπληρωματική

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

τεχνολογία, η εγκατάσταση του LiFi στην υποδομή φωτισμού μέσα σε κτίρια μπορεί να συμβάλει στην αποσυμφόρηση των συστημάτων WiFi και στην αύξηση της χωρητικότητας μετάδοσης δεδομένων. Αυτό επιτρέπει στους χρήστες να απολαμβάνουν υψηλές ταχύτητες σε περιοχές με άφθονο φωτισμό.

- **Συνδεσιμότητα κινητής τηλεφωνίας:** Σε εξωτερικούς χώρους εντός αστικών περιοχών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν λαμπτήρες δρόμου με LiFi για πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Με τη χρήση του LiFi, οι χρήστες μπορούν να απολαμβάνουν τόσο τον αποτελεσματικό φωτισμό τη νύχτα όσο και την επικοινωνία δεδομένων υψηλής ταχύτητας. Αυτό μπορεί να γίνει ως εναλλακτική λύση στην ανάπτυξη πολλαπλών ραδιοφωνικών σταθμών βάσης σε κάθε πόλη για μέγιστη κάλυψη, η οποία θα μπορούσε να έχει υψηλό κόστος εγκατάστασης.
- **Επικίνδυνα περιβάλλοντα:** Υπάρχουν ορισμένες βιομηχανίες και περιβάλλοντα που απαιτούν τη μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων, αλλά εξαιτίας της επικίνδυνης φύσης του περιβάλλοντος δεν μπορούν κάνουν χρήση του WiFi. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση πρόσθετου ηλεκτρικού εξοπλισμού σε συνδυασμό με ραδιοσυχνότητες θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει σε κάτι καταστροφικό. Οι λυχνίες LED που χρησιμοποιούνται στα συστήματα LiFi απαιτούν λιγότερη ενέργεια και εκπέμπουν λιγότερη θερμότητα κατά τη διάρκεια της μετάδοσης δεδομένων, επιτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων ακόμη και σε επικίνδυνα περιβάλλοντα.



Εικόνα 41 - Πλατφόρμα εξόρυξης πετρελαίου

- **Οχήματα και μεταφορές:** Οι λάμπες που χρησιμοποιούνται για τους προβολείς αυτοκινήτων και τα πίσω φώτα είναι ως επί το πλείστον αλογόνου, αλλά αντικαθίστανται σταθερά από LED. Αυτό αποτελεί μια εξαιρετική ευκαιρία για την ανάπτυξη και εφαρμογή τεχνολογιών που βελτιώνουν την οδική ασφάλεια επιτρέποντας την επικοινωνία των αυτοκινήτων μεταξύ τους μέσω του LiFi. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να έχουν τη μορφή προειδοποιητικών συστημάτων για την προειδοποίηση κατά των εισερχόμενων συγκρούσεων ή εκείνων που επιτρέπουν την εύκολη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των αυτοκινήτων σχετικά με την κίνηση, τον καιρό ή τις συνθήκες του δρόμου.
- **Άμυνα και Ασφάλεια:** Οι υπάρχουσες τεχνολογίες δημιουργούν σημαντικές απειλές για την ασφάλεια, καθώς ενδέχεται να είναι ευάλωτες στη διαρροή ή στην απώλεια δεδομένων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο απαιτούνται σημαντικές αλλαγές για τη διασφάλιση της ασφάλειας των πληροφοριών που μεταφέρονται και αποθηκεύονται στο δίκτυο, καθώς και για τη διασφάλιση της σταθερότητας της σύνδεσης, προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια δεδομένων. Για το λόγο αυτό, ο ρόλος του LiFi στην άμυνα και την ασφάλεια είναι πολύ σημαντικός λόγω της

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ικανότητάς του να εξασφαλίζει δεδομένα. Αυτό συμβαίνει επειδή το φως μπορεί να περιοριστεί εκεί όπου είναι εγκατεστημένο, περιορίζοντας έτσι τις συνδέσεις και εμποδίζοντας τις εξωτερικές επιθέσεις.

- **Νοσοκομεία και Υγειονομική περίθαλψη:** Πολλά περιβάλλοντα υγειονομικής περίθαλψης απαγορεύουν τη χρήση ηλεκτρονικών ειδών, ειδικά εκείνων που χρησιμοποιούν ραδιοσυχνότητες, επειδή αυτές οι ραδιοσυχνότητες μπορεί να παρεμβαίνουν σε ευαίσθητο νοσοκομειακό εξοπλισμό. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση συσκευών που κάνουν χρήση του WiFi απαγορεύεται κοντά σε ειδικές περιοχές εντός ενός νοσοκομείου. Με το LiFi, μπορεί να αποφευχθεί η παρεμβολή του σήματος του εξοπλισμού, παρέχοντας μια πιο αξιόπιστη λειτουργία επικοινωνίας. Αυτό μπορεί να εφαρμοστεί στην παρακολούθηση ασθενών, στη νοσοκομειακή ασφάλεια, στην αποθήκευση ή τη μεταφορά αρχείων νοσοκομειακών ασθενών ή σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης που απαιτούν άμεση επικοινωνία.

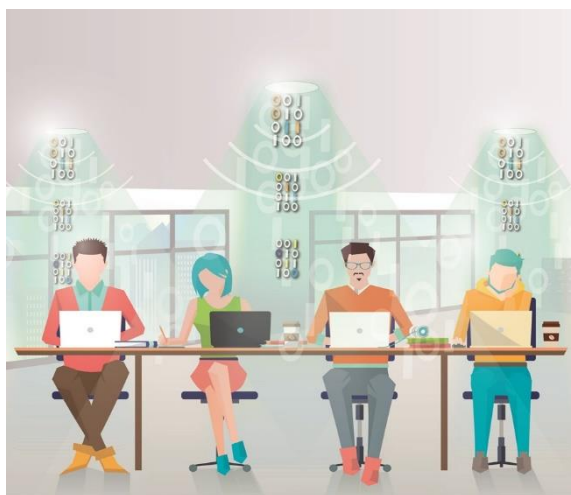


Εικόνα 42 - Χρήση του LiFi σε νοσοκομείο

- **Αεροπορία:** Η κύρια ανησυχία σχετικά με τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών κατά την διάρκεια πτήσεων των αεροπορικών εταιρειών, είναι ότι αυτές οι συσκευές ενδέχεται να δημιουργήσουν ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές σε ευαίσθητο ραδιοεξοπλισμό στο θάλαμο διακυβέρνησης. Με τη χρήση συστημάτων LiFi για συνδέσεις δεδομένων, οι αεροπορικές εταιρείες είναι σε θέση να παρέχουν σύνδεση στο Διαδίκτυο στους επιβάτες, και ακόμη να δημιουργούν επιπλέον κανάλια επικοινωνίας μεταξύ του προσωπικού, ενώ παράλληλα εξαλείφονται οι παρεμβολές ραδιοσυχνοτήτων και η ανάγκη για επιπλέον καλωδίωση.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

- **Υποβρύχια επικοινωνία:** Επί του παρόντος, η υποβρύχια επικοινωνία είναι σχεδόν αδύνατη, επειδή τα ραδιοκύματα απορροφώνται γρήγορα στο νερό. Αντίθετα, το φως μπορεί να ταξιδέψει εύκολα στο νερό και μπορεί να διεισδύσει σε μεγάλες αποστάσεις. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ δυτών ή ακόμα και στρατιωτική υποβρύχια επικοινωνία.
- **Επιχειρησιακές δράσεις για την αντιμετώπιση καταστροφών:** Η αξιόπιστη επικοινωνία είναι το κλειδί για την πλοήγηση σε επιχειρήσεις καταστροφών αμέσως μετά από μια καταστροφή. Σε περίπτωση καταστροφής, η τεχνολογία LiFi μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την επικοινωνία με το κέντρο εντολών για την αντιμετώπιση καταστροφών και να διατηρήσει τις επικοινωνίες. Μπορεί να παρέχει ένα ασφαλές και αξιόπιστο αμφίδρομο κανάλι επικοινωνίας.
- **Συστήματα Εκπαίδευσης:** Το LiFi μπορεί να ενσωματωθεί στα σχολικά συστήματα για να βελτιώσει σημαντικά τις εκπαιδευτικές και διοικητικές υπηρεσίες στα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή γρηγορότερης πρόσβασης στο Διαδίκτυο για τη διευκόλυνση της μάθησης.



Εικόνα 43 - Χρήση του LiFi στον τομέα της εκπαίδευσης

- **Ανακούφιση φάσματος WiFi:** Η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών των ΗΠΑ, που είναι υπεύθυνη για την κατανομή του ραδιοφάσματος, πρόβλεψε πιθανή

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

έλλειψη φάσματος λόγω της μεγάλης αύξησης της ζήτησης για ασύρματη συνδεσιμότητα και περιορισμών στο φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων. Καθώς η ζήτηση συνεχίζει να αυξάνεται και η προσφορά ασύρματων συνδέσεων συνεχίζει να μειώνεται, δημιουργείται μεγάλο χάσμα μεταξύ προσφοράς και ζήτησης. Αυτή η έλλειψη αυξάνει τη συμφόρηση του δικτύου, οδηγώντας σε πιο αργή εξυπηρέτηση και αύξηση των τιμών. Το LiFi έχει ελάχιστους ή μηδενικούς περιορισμούς όσον αφορά την χωρητικότητά του, καθώς το φάσμα του ορατού φωτός είναι 10.000 φορές μεγαλύτερο από ολόκληρο το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων. Η χρήση του LiFi παρέχει πρόσθετα φάσματα για χρήση και επίσης απελευθερώνει ραδιοσυχνότητες που χρησιμοποιούνται ήδη [26].

3.4.4 Εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με το LiFi

Επειδή το LiFi είναι σχετικά μία καινούργια τεχνολογία, υπάρχουν και αρκετές παρερμηνείες. Οι πιο συνηθισμένες, είναι οι εξής:

- **Το LiFi δεν θα μπορεί να λειτουργεί στο σκοτάδι.** Δεδομένου ότι τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω του φωτός, αυτό συνεπάγεται ότι το LiFi δεν θα μπορεί να λειτουργεί στο σκοτάδι. Όμως, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, οι λαμπτήρες LED μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα και να φαίνεται ότι είναι σκοτεινό το δωμάτιο.
- **Το LiFi δεν θα λειτουργεί στο φως του ήλιου.** Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι θα υπάρχει πρόβλημα με το LiFi κάτω από το άμεσο φως του ήλιου, λόγω της μεγαλύτερης έντασης φωτός από τον ήλιο. Ωστόσο, το LiFi μπορεί να λειτουργήσει πλήρως στο φως της ημέρας. Το LiFi ανιχνεύει τις γρήγορες αλλαγές στην ένταση του φωτός και διαμορφώνει το φως σε πολύ υψηλές ταχύτητες. Το φως του ήλιου είναι σταθερό και μεταβάλλεται αργά, οπότε ο δέκτης μπορεί να φιλτράρει και να διαχωρίσει το ηλιακό φως από αυτό του LiFi.
- **Το LiFi παρεμβαίνει στη συχνότητα ραδιοσυχνοτήτων.** Το WiFi χρησιμοποιεί τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων για τη διασύνδεση του δικτύου ενώ το LiFi χρησιμοποιεί το φάσμα του ορατού φωτός. Το φως και ο ήχος λειτουργούν σε διαφορετικές συχνότητες, οπότε η χρήση WiFi και LiFi μαζί δεν δημιουργεί παρεμβολές. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το LiFi μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αεροσκάφη και νοσοκομεία χωρίς να υπάρχει φόβος παρεμβολής από συσκευές ραδιοσυχνοτήτων.
- **Τα φώτα που χρησιμοποιούνται στο LiFi έχουν μικρή διάρκεια ζωής.** Ένας λαμπτήρας LED με LiFi θα λειτουργήσει σαν κανονικός και το LiFi δεν θα μειώσει τη

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

διάρκεια ζωής του. Γενικά, τα LED έχουν διάρκεια ζωής 50.000 ωρών. Εάν χρησιμοποιούνται 10 ώρες την ημέρα, θα διαρκέσουν έως και 13 χρόνια.

- **Το LiFi δεν είναι αμφίδρομη τεχνολογία.** Κάποιοι ισχυρίζονται ότι το LiFi έχει εξαιρετικές ταχύτητες downlink, αλλά μικρές ταχύτητες όσον αφορά το uplink. Αυτός ο ισχυρισμός αποδείχθηκε λανθασμένος από τις εταιρείες που αναπτύσσουν την τεχνολογία LiFi, και έχουν αποδείξει ότι αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετάδοση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.
- **Απαιτούνται ειδικοί λαμπτήρες LED για το LiFi.** Οι λαμπτήρες LED που έχουν εξειδικευμένα χαρακτηριστικά για το LiFi θα ήταν εξαιρετικοί για την αναβάθμιση των υποδομών. Ωστόσο, το LiFi μπορεί να λειτουργήσει και με συμβατικούς λαμπτήρες LED.
- **Το LiFi είναι μια τεχνολογία Line-of-Sight.** Η τεχνολογία Line-of-Sight, ή αλλιώς τεχνολογία οπτικής επαφής, είναι ένας τύπος διάδοσης που μπορεί να μεταδίδει και να λαμβάνει δεδομένα μόνο όταν ο πομπός και ο δέκτης έχουν άμεση οπτική επαφή χωρίς κανένα εμπόδιο μεταξύ τους. Το φως αναπηδά από τις επιφάνειες και αυτό το καθιστά ικανό να λειτουργεί και χωρίς άμεση οπτική επαφή [\[27\]](#).

Κεφάλαιο 4: Σύγκριση

Στη σημερινή εποχή, πολλοί άνθρωποι γνωρίζουν την έννοια και τη λειτουργικότητα του WiFi. Το WiFi έχει εισβάλει σε όλες τις πτυχές της ανθρώπινης κοινωνίας, από τα σπίτια και τις επιχειρήσεις μέχρι και τις κυβερνητικές υπηρεσίες και τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς σε κάποιες χώρες.

Οι όροι WiFi και LiFi παρουσιάζουν ομοιότητες, όπως το ότι και οι δύο είναι τεχνολογίες ασύρματης μετάδοσης δεδομένων, αλλά διαφέρουν θεμελιωδώς από το γεγονός ότι το WiFi χρησιμοποιεί ραδιοκύματα ενώ το LiFi χρησιμοποιεί φως για την μετάδοση των δεδομένων.

4.1 WiFi Ανακεφαλαίωση

Το WiFi είναι η τεχνολογία ασύρματης δικτύωσης που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τη δημιουργία συνδέσεων ασύρματου δικτύου, την παροχή πρόσβασης στο Διαδίκτυο ή τη μετάδοση δεδομένων. Επιτρέπει στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε δίκτυα χωρίς την ανάγκη για φυσικό μέσο μετάδοσης, όπως το καλώδιο, μεταξύ της συσκευής και του πομπού.

Όταν μία ραδιοσυχνότητα τροφοδοτείται σε μία κεραία, δημιουργείται ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο το οποίο διαδίδεται μέσω οποιουδήποτε χώρου. Αυτό δημιουργεί ένα σημείο πρόσβασης στο οποίο συνδέονται οι χρήστες. Αυτά τα σημεία πρόσβασης έχουν εμβέλεια από 20 έως και 50 μέτρα. Ωστόσο, για να συνδεθεί κάποιος χρήστης με ένα σημείο πρόσβασης, πρέπει η συσκευή του να έχει εγκατεστημένο προσαρμογέα ασύρματου δικτύου.

Το ραδιοφάσμα είναι μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που έχει συχνότητες από 3 Hz έως 3,000 GHz. Τα κύματα που εκπέμπονται σε αυτό το εύρος συχνοτήτων, ονομάζονται ραδιοκύματα και χρησιμοποιούνται ευρέως στις τηλεπικοινωνίες καθιστώντας τα επιρρεπή σε παρεμβολές που συμβαίνουν σε διάφορες συχνότητες. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η παραγωγή και η μετάδοση ραδιοκυμάτων ρυθμίζονται αυστηρά από την εθνική νομοθεσία σε συντονισμό με την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union, ITU).

4.1.1 Πλεονεκτήματα WiFi

Το WiFi προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα. Προτού δημιουργηθεί, οι χρήστες έπρεπε να συνδέονται με καλώδιο Ethernet σε μόντεμ, προκειμένου να συνδεθούν στο Διαδίκτυο. Η σύνδεση στο Διαδίκτυο μακριά από το μόντεμ ή ακόμα και κάποια καινούργια σύνδεση, μπορεί να απαιτούσε μεγάλα καλώδια το οποίο μπορεί να ήταν κοστοβόρο.

Το WiFi εξάλειψε την ανάγκη για φυσικές συνδέσεις σε διακομιστές προκειμένου να υπάρχει πρόσβαση σε τοπικά δίκτυα και στο Διαδίκτυο. Λόγω της ασύρματης σύνδεσης που δημιουργείται μέσω του WiFi, οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση από οπουδήποτε εντός της εμβέλειας. Επειδή τα ραδιοκύματα είναι ικανά να διεισδύσουν μέσω των τοίχων, οι χρήστες μπορούν να συνδέονται στο WiFi σε ακτίνα 20 έως 50 μέτρων από την πηγή.

Επιπλέον, η πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω WiFi είναι εύκολη στην εφαρμογή. Χρειάζεται ένας πάροχος Διαδικτύου που παρέχει την σύνδεση στο Διαδίκτυο και έναν δρομολογητή WiFi, ο οποίος παρέχει το σημείο πρόσβασης. Αυτή η ευκολία στην εφαρμογή είναι και ο κυριότερος λόγος που το WiFi είναι τόσο διαδεδομένο και η πρόσβαση σε αυτό υπάρχει σχεδόν παντού.



Εικόνα 44 - Ασύρματο ρούτερ

4.1.2 Μειονεκτήματα WiFi

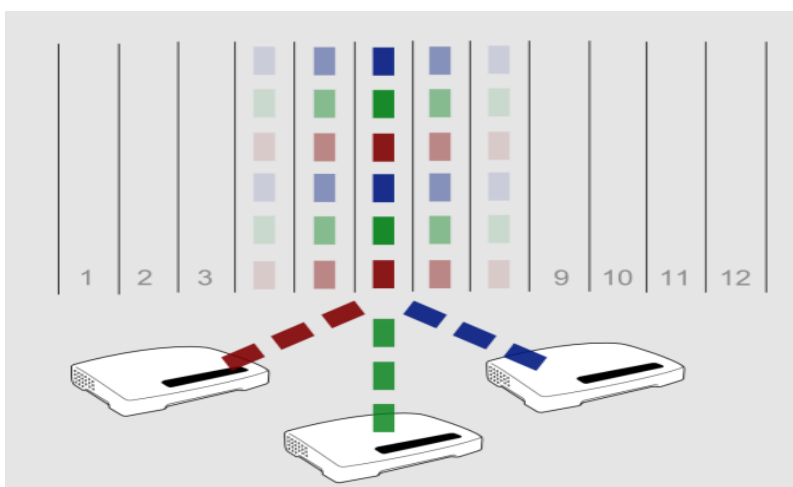
Το WiFi έχει επίσης και κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά, οι συνδέσεις WiFi έχουν πρόβλημα με την ασφάλεια, και αυτό γίνεται λόγω του ευρύ φάσματος το οποίο επιτρέπει την πρόσβαση στο δίκτυο σε ακτίνα 20 έως 50 μέτρων. Αυτό επιτρέπει την πρόσβαση στο δίκτυο σε όλους όσοι είναι εντός της εμβέλειας.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Ακόμη και όταν υπάρχει προστασία με κωδικό για τη σύνδεση στο δίκτυο, υπάρχουν τρόποι ώστε κάποιος να παρακάμψει αυτή την προστασία και να συνδεθεί στο δίκτυο αφήνοντας όλα τα ιδιωτικά δεδομένα του δικτύου ευάλωτα. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος της παράκαμψης, χρησιμοποιούνται εξελιγμένες τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούν τεχνολογίες αιχμής για την προστασία των δεδομένων και του δικτύου. Ωστόσο, τέτοιες τεχνικές έχουν επίσης τις δικές τους αδυναμίες που μπορούν να αξιοποιηθούν για την απόκτηση πρόσβασης και κάποιες είναι ακριβές ώστε να εφαρμοστούν.

Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι τα σήματα τείνουν να είναι αναξιόπιστα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι ραδιοσυχνότητες εξακολουθούν να υπόκεινται σε διάφορες εξωτερικές παρεμβολές. Αυτές οι παρεμβολές μπορούν να προκαλέσουν διάφορα προβλήματα με τη σύνδεση, όπως είναι για παράδειγμα η παροχή αδύναμου σήματος, η κακή λήψη ή και η απώλεια σύνδεσης.

Επιπροσθέτως, οι συνδέσεις WiFi είναι από την φύση τους πιο αργές από τις ενσύρματες συνδέσεις λόγω απωλειών από διάφορους παράγοντες. Για παράδειγμα, μπορεί να υπάρχει στον χώρο ένας φούρνος μικροκυμάτων ή κάποιος καθρέφτης και να προκύπτει πρόβλημα με το WiFi εξαιτίας αυτών. Ένα άλλο πρόβλημα που μπορεί να προκύψει είναι στην περίπτωση που τα γειτονικά WiFi λειτουργούν σε κοντινά κανάλια. Αυτό μπορεί να προκαλεί ακόμα και αποσυνδέσεις στο WiFi.



Εικόνα 45 - Παράδειγμα λειτουργίας γειτονικών καναλιών WiFi

4.2 LiFi Ανακεφαλαίωση

Το LiFi είναι μία αναδυόμενη τεχνολογία που χρησιμοποιεί την τεχνολογία VLC αντί για τη μετάδοση ραδιοκυμάτων. Στο LiFi λαμπτήρες LED χρησιμοποιούνται στη μετάδοση δεδομένων και παρέχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο ή σε ασύρματο δίκτυο. Αυτό γίνεται με τη διαμόρφωση του φωτός που εκπέμπεται από την πηγή φωτός, δηλαδή ο πομπός, και λαμβάνεται από μία φωτοδίοδο, δηλαδή από τον δέκτη. Τα σήματα που λαμβάνονται μετατρέπονται σε μορφή δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τον τελικό χρήστη. Οι συνδέσεις που παρέχονται από το LiFi είναι περιορισμένες στον χώρο του πομπού λόγω της φύσης του ορατού φωτός.

Η χρήση που κάνει το LiFi στο φάσμα ορατού φωτός, του επιτρέπει να έχει πρόσβαση σε ένα τεράστιο εύρος διαθέσιμων συχνοτήτων, καθώς το φάσμα ορατού φωτός είναι 10.000 φορές μεγαλύτερο από ολόκληρο το ραδιοφάσμα. Το φάσμα ορατού φωτός καλύπτει συχνότητες από 430.000 έως 770.000 GHz.

4.2.1 Πλεονεκτήματα LiFi

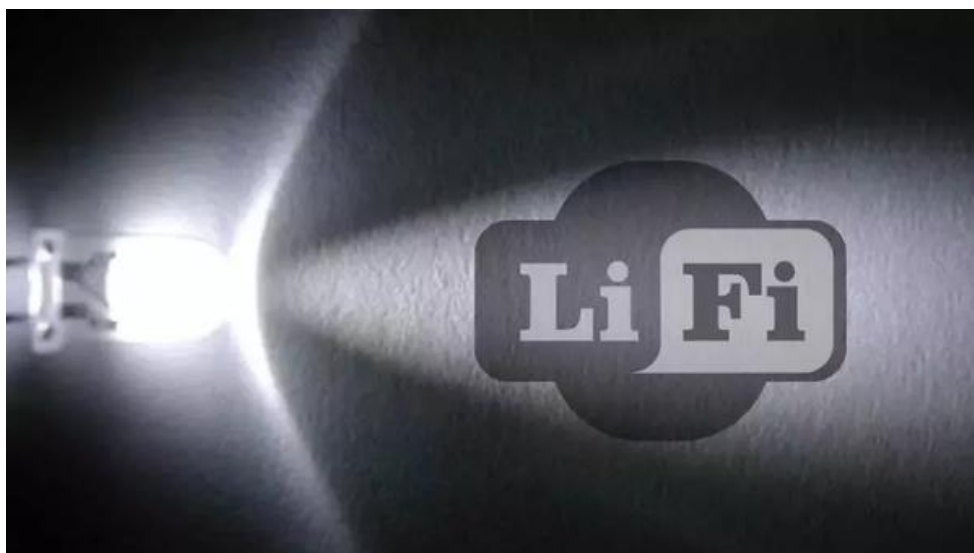
Υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει η χρήση του LiFi. Ένα από τα κυριότερα πλεονεκτήματά του, είναι η αποτελεσματικότητα. Δεδομένου ότι το LiFi χρησιμοποιεί την τεχνολογία VLC, η οποία με τη σειρά της χρησιμοποιεί λαμπτήρες LED υψηλής απόδοσης, οι χρήστες μπορούν να έχουν χαμηλότερο κόστος όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας. Επιπλέον, χρειάζονται μόνο λειτουργικά φώτα LED ως προς την υποδομή, τα οποία είναι ήδη διαθέσιμα στους περισσότερους χώρους, επιτρέποντας επιπλέον εξοικονόμηση από πλευράς κόστους εγκατάστασης.

Ένα άλλο μεγάλο πλεονέκτημά του, είναι ότι η χρήση του φωτός επιτρέπει την πραγματοποίηση σχεδόν στιγμιαίων συνδέσεων LiFi, επειδή το φως ταξιδεύει σε εξαιρετικά γρήγορες ταχύτητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτερη μετάδοση δεδομένων και ταχύτερες συνδέσεις στο Διαδίκτυο, περίπου 100 φορές μεγαλύτερες ταχύτητες από τις ταχύτητες που μπορούν να επιτευχθούν από το WiFi.

Επειδή υπάρχουν ήδη περίπου 14 δισεκατομμύρια λαμπτήρες LED σε όλο τον κόσμο, η διαθεσιμότητά του δεν αμφισβητείται καθώς μπορούν να διατεθούν τόσα δίκτυα LiFi, όσοι είναι και οι λαμπτήρες LED που χρησιμοποιούνται.

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Τέλος, το φως από τη φύση του δεν μπορεί να διεισδύσει σε αδιαφανή τοίχους. Αυτό σημαίνει ότι όσο υπάρχουν κανονικοί τοίχοι ανάμεσα στα δωμάτια, το φως περιορίζεται μέσα στον χώρο που φωτίζεται, περιορίζοντας έτσι τη σύνδεση μόνο στον χώρο που φωτίζεται. Αυτό αποτρέπει την πρόσβαση χρηστών χωρίς εξουσιοδότηση, προσθέτοντας ένα ακόμα μέτρο ασφαλείας στο δίκτυο.



Εικόνα 46 - Λογότυπο LiFi

4.2.2 Μειονεκτήματα LiFi

Υπάρχουν αρκετά μειονεκτήματα για το LiFi. Το μεγαλύτερο τη δεδομένη στιγμή, είναι σχετικά με την έλλειψη κατάλληλης υποδομής. Λόγω του ότι η τεχνολογία LiFi είναι σχετικά μία νέα τεχνολογία, η υποδομή που χρειάζεται για την υλοποίησή της σε αρκετά μεγάλη κλίμακα παραμένει σχεδόν ανύπαρκτη. Αυτό σημαίνει ότι απαιτείται χρόνος για να μπορέσει το κοινό να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία LiFi.

Ένα άλλο μειονέκτημα, είναι ότι η πηγή φωτός θα πρέπει να είναι συνεχώς ενεργοποιημένη για να παρέχει πρόσβαση στο Διαδίκτυο. Αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί με τη μείωση φωτεινότητας σε τέτοιο επίπεδο, ώστε το ανθρώπινο μάτι να αντιλαμβάνεται ότι είναι τελείως σβηστό το φως, αλλά στην πραγματικότητα είναι ακόμη σε λειτουργία.

Ένα άλλο μειονέκτημά του, είναι ότι επειδή βασίζεται στο φως για τη μετάδοση δεδομένων, γίνεται ιδιαίτερα ευαίσθητο στις εξωτερικές παρεμβολές. Οι φωτοδιόδοι είναι σε θέση να συλλέγουν το φως από άλλες πηγές φωτός όπως το φως του ήλιου και άλλες μορφές

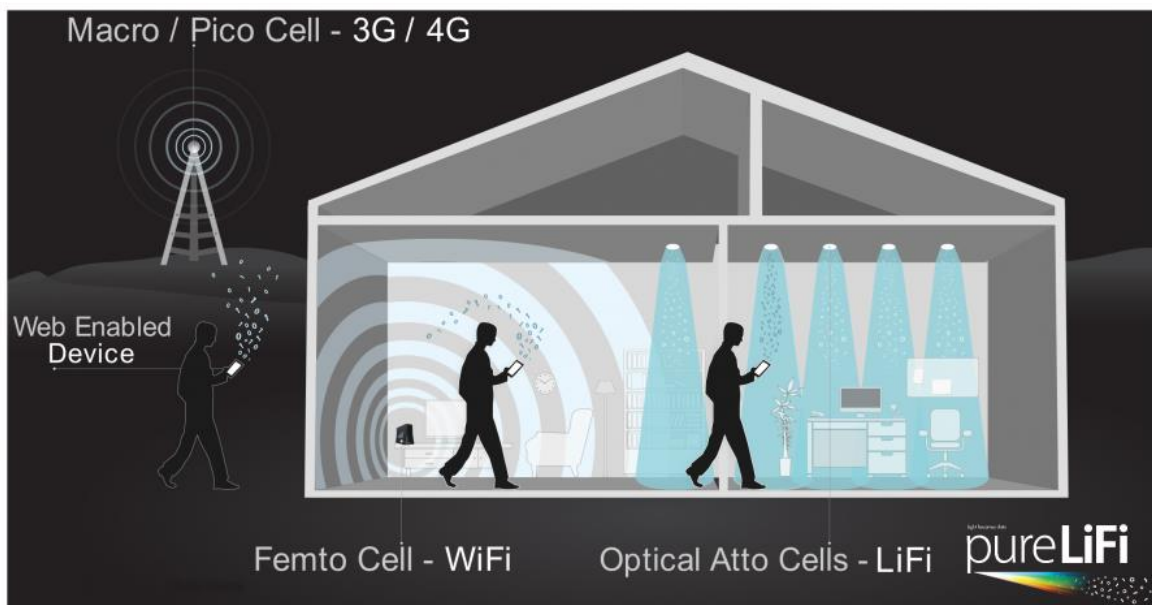
Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

φωτισμού. Αυτό ενδεχομένως, θα μπορούσε να δημιουργήσει θόρυβο στον δέκτη και να προκαλέσει αποσυνδέσεις. Στα περισσότερα συστήματα LiFi, έχει εγκατασταθεί ένα οπτικό φίλτρο στις φωτοδιόδους για να φιλτράρει τον θόρυβο, έτσι ώστε ο δέκτης να μπορεί να λάβει μόνο τα σήματα που προέρχονται από τον πομπό.

Τέλος, οι χρήστες είναι πλήρως εξαρτημένοι από το φως που εκπέμπει ένας λαμπτήρας LiFi για να είναι συνδεδεμένοι στο Διαδίκτυο. Αυτό βέβαια μπορεί να αντισταθμιστεί από την εγκατάσταση πολλαπλών συστημάτων LiFi μέσα σε μεγάλους χώρους, δημιουργώντας έτσι τόσα σημεία πρόσβασης, όσοι είναι και οι λαμπτήρες LED.

4.3 Συμπεράσματα

Εξετάζοντας το LiFi και το WiFi, είναι δύσκολο τη δεδομένη στιγμή να πούμε ότι η μία τεχνολογία είναι καλύτερη από την άλλη καθώς και οι δύο τεχνολογίες έχουν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος για τον οποίο οι δύο αυτές τεχνολογίες πρέπει να εξετασθούν με διαφορετικό τρόπο από τη σύνηθες νοοτροπία.



Εικόνα 47 - Παράδειγμα χρήσης τεχνολογίας 3G/4G, WiFi & LiFi

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

Μια μεγάλη παρανόηση σχετικά με τα συστήματα LiFi είναι ότι δημιουργήθηκαν για να αντικαταστήσουν τα συστήματα WiFi. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η πλειονότητα των υφιστάμενων υποδομών έχει ήδη κατασκευαστεί για την κάλυψη των ραδιοσυχνοτήτων που χρησιμοποιεί το WiFi, θα ήταν πολύ δαπανηρό και κουραστικό να γίνει αντικατάσταση όλης αυτής της υποδομής και αναβάθμισή της σε μία καινούργια τεχνολογία. Για τον παραπάνω λόγο, το LiFi θα πρέπει να εξετασθεί ως μία συμπληρωματική τεχνολογία που στοχεύει στη βελτίωση της υπάρχουσας τεχνολογίας και που θα παρέχει ανακούφιση στο ήδη συνωστισμένο ραδιοφάσμα που χρησιμοποιείται για τις συνδέσεις του WiFi [28].

Πίνακας 2 - Σύγκριση LiFi & WiFi [29]

Σύγκριση	LiFi	WiFi
Όνομασία	Light Fidelity	Wireless Fidelity
Λειτουργία	Εκπομπή δεδομένων μέσω λαμπτήρων LED	Εκπομπή δεδομένων μέσω ραδιοκυμάτων μέσω ρούτερ
Ταχύτητα Μετάδοσης Δεδομένων	Περίπου 1 Gbps	Από 150 Mbps
Προστασία	Το φως μπλοκάρεται από τους τοίχους	Χρήση τεχνικών ασφαλείας
Συχνότητα λειτουργίας	10, 000 φορές μεγαλύτερο φάσμα από το RF	2.4 GHz και 5 GHz
Εμβέλεια	Περίπου 10 μέτρα	Περίπου 32 μέτρα
Ελάχιστος εξοπλισμός	Λαμπτήρας LED, πομπός και δέκτης	Ρούτερ, μόντεμ και σημεία πρόσβασης
Εφαρμογές	Αεροπορικές εταιρείες, υποβρύχια εξερεύνηση, κ.α.	Περιήγηση στο διαδίκτυο με τη βοήθεια του WiFi Hotspot

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <https://www.imdb.com/title/tt2084970/>
- [2] http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSB100/534/3528,14493/index1_4.html
- [3] https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF#%CE%97_%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%8D%CE%BF%CF%85
- [4] Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών Α' τάξη 2ου κύκλου, Κ. Αρβανίτης, Γ. Κολύβας, Σ. Ούτσιος, Εκδόσεις ΙΤΥΕ
- [5] Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών Α' τάξη 2ου κύκλου, Κ. Αρβανίτης, Γ. Κολύβας, Σ. Ούτσιος, Εκδόσεις ΙΤΥΕ
- [6] Τεχνολογία Δικτύων Επικοινωνιών Α' τάξη 2ου κύκλου, Κ. Αρβανίτης, Γ. Κολύβας, Σ. Ούτσιος, Εκδόσεις ΙΤΥΕ
- [7] The Book of Wireless: A Painless Guide to Wi-Fi and Broadband Wireless 2nd Edition, John Ross, Εκδόσεις: William Pollock
- [8] Δίκτυα Υπολογιστών, Πέμπτη Αμερικανική Έκδοση – Tanenbaum & Wethrall, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- [9] Δίκτυα Υπολογιστών, Πέμπτη Αμερικανική Έκδοση – Tanenbaum & Wethrall, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11
- [11] Δίκτυα Υπολογιστών, Πέμπτη Αμερικανική Έκδοση – Tanenbaum & Wethrall, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [13] Δίκτυα Υπολογιστών, Πέμπτη Αμερικανική Έκδοση – Tanenbaum & Wethrall, Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- [14] <http://3gym-n-ionias.att.sch.gr/sjob/epikoinonies.htm>
- [15] Ο Άρχοντας των Δαχτυλιδιών: Η Επιστροφή του Βασιλιά , Τζ. Ρ. Ρ. Τόλκιν, Εκδόσεις: Κέδρος
- [16] http://www.faroi.com/main/alexandria_gr.htm
- [17] https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_wireless_communications
- [18] <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Survey-on-visible-light-communication-appliances-Vijay-Geetha/6c1ad74e5a22acc37099054e893da87dd05df76e>
- [19] https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb/up-next
- [20] <https://ieeexplore.ieee.org/document/6162549>

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi

- [21] https://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb/up-next
- [22] <https://lifi.co/what-is-lifi/>
- [23] <https://www.oledcomm.net/lifi-max/>
- [24] <https://lifi.co/lifi-products/mylifi-pro/>
- [25] <https://www.oledcomm.net/lifinet-geolifi-street-lighting-with-ragni/>
- [26] <https://lifi.co/lifi-use-cases/>
- [27] <https://lifi.co/lifi-misconceptions/>
- [28] <https://lifi.co/lifi-vs-wifi/>
- [29] <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-lifi-and-wifi/>

Μελέτη των Δικτύων LiFi & Σύγκριση με τα WiFi