

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών



ΠΡΟΤΥΠΑ Wi-Fi ΓΙΑ ΔΗΜΟΣΙΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΥΨΗΛΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

Γαβριήλ Φράγκου

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Ανδρέας Τσορμπατζόγλου
Επίκουρος Καθηγητής

Άρτα, Φεβρουάριος 2023

**Wi-Fi STANDARDS FOR HIGH DENSITY
PUBLIC WIRELESS NETWORK ENVIRONMENTS**

ΕΓΚΡΙΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΡΙΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Άρτα, Φεβρουάριος 2023

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής
Ανδρέας Τσορμπατζόγλου
2. Μέλος επιτροπής
Κωνσταντίνος Αγγέλης
3. Μέλος επιτροπής
Γεώργιος Τσουμάνης

© ΓΑΒΡΙΗΛ ΦΡΑΓΚΟΥ, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All Rights Reserved.

ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Γαβριήλ Φράγκου

ΥΠΟΓΡΑΦΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|--|-----------|
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ | 10 |
| ABSTRACT | 11 |
| 1. Εισαγωγή | 12 |
| 1.1 Στόχος της πτυχιακής εργασίας | 12 |
| 2. Ασύρματες επικοινωνίες και ασύρματα δίκτυα..... | 13 |
| 2.1 Ιστορική αναδρομή στα ασύρματα δίκτυα..... | 13 |
| 2.1.1 Η ασύρματες επικοινωνίες μέχρι και σήμερα..... | 13 |
| 2.1.2 Το ψηφιακό χάσμα μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών..... | 15 |
| 2.1.3 Το πεδίο εφαρμογής των ασύρματων επικοινωνιών | 16 |
| 2.2 Βασικές έννοιες σχετικά με τις ασύρματες επικοινωνίες..... | 17 |
| 2.2.1 Αναπαράσταση της πληροφορίας μέσω του βασικού μοντέλου επικοινωνίας..... | 17 |
| 2.2.2 Στοιχεία μετάδοσης της πληροφορίας..... | 18 |
| 2.2.2.1 Η ασύγχρονη μετάδοση..... | 19 |
| 2.2.2.2 Η σύγχρονη μετάδοση | 19 |
| 2.2.2.3 Η παράλληλη μετάδοση..... | 20 |
| 2.2.3 Σχετικά με την κατευθυντικότητα μιας μετάδοσης..... | 21 |
| 2.2.3.1 Απλή κατεύθυνση δεδομένων..... | 21 |
| 2.2.3.2 Αμφίδρομη – Μη ταυτόχρονη κατεύθυνση δεδομένων | 21 |
| 2.2.3.3 Ταυτόχρονα αμφίδρομη κατεύθυνση δεδομένων..... | 22 |
| 2.2.4 Σχετικά με τα δίκτυα μεταγωγής..... | 22 |
| 2.2.4.1 Μεταγωγή Κυκλώματος | 22 |
| 2.2.4.2 Μεταγωγή Μηνυμάτων | 23 |
| 2.2.4.3 Μεταγωγή Πακέτων..... | 23 |
| 2.3 Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων | 23 |
| 2.3.1 Τα δίκτυα προσωπικού χώρου..... | 25 |
| 2.3.2 Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών | 25 |
| 2.3.2.1 Δίκτυα Wi-Fi και ασφάλεια | 26 |
| 2.3.3 Τα μητροπολιτικά δίκτυα υπολογιστών..... | 27 |
| 2.3.4 Τα δίκτυα ευρείας περιοχής..... | 29 |
| 2.3.4.1 Υλοποίηση ενός δικτύου ευρείας περιοχής με οπτικές ίνες..... | 30 |
| 2.4 Ασύρματες Επικοινωνίες και Πρωτόκολλα..... | 30 |
| 2.4.1 Η οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11 | 30 |
| 2.4.1.1 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11 | 31 |

| | |
|---|-----------|
| 2.4.1.2 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11b..... | 32 |
| 2.4.1.3 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11a..... | 32 |
| 2.4.1.4 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11g | 33 |
| 2.4.1.5 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11n..... | 33 |
| 2.4.1.6 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ac..... | 33 |
| 2.4.1.7 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ax..... | 34 |
| 2.4.1.8 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11be | 35 |
| 2.4.2 Η μετάδοση των δεδομένων μέσω των προτύπων ασύρματης δικτύωσης..... | 36 |
| 2.4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοπικών ασύρματων επικοινωνιών | 36 |
| 3. Τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας | 37 |
| 3.1 Σχετικά με τα ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας..... | 37 |
| 3.1.1 Ποια είναι τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας; | 37 |
| 3.1.2 Ποια είναι η χρησιμότητα τους στην καθημερινότητα των ανθρώπων;..... | 37 |
| 3.1.3 Γιατί οι παλιές ασύρματες τεχνολογίες δεν καλύπτουν τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας; | 38 |
| 3.1.4 Τι εφαρμογές μπορούν να έχουν στο μέλλον; | 39 |
| 3.1.4.1 Το διαδίκτυο των πραγμάτων | 39 |
| 3.1.4.2 Οι κινητές εφαρμογές | 41 |
| 3.1.4.3 Βίντεο συνεχούς ροής και βίντεο κατ' απαίτηση | 41 |
| 3.1.4.4 Τηλεφωνικές κλήσεις μέσω διαδικτύου..... | 42 |
| 3.2 Η λειτουργικότητα των ασύρματων δικτύων | 44 |
| 3.2.1 Ποιες νέες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται και επιλύουν τα προβλήματα; | 44 |
| 3.2.1.1 Μικροκυψέλες..... | 44 |
| 3.2.1.2 Η διαμόρφωση δέσμης..... | 45 |
| 3.2.1.3 Εικονικοποίηση διαδικτυακών λειτουργιών | 47 |
| 4. Τεχνικά μέσα και κανονισμοί ασφαλείας | 48 |
| 4.1 Δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας | 48 |
| 4.2 Χωροθέτηση και αδειοδότηση εξοπλισμού | 49 |
| 4.3 Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο | 50 |
| 5. Συμπεράσματα..... | 51 |
| ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ | 52 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 56 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΙΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Σχηματικό 1: Ο Κώδικας Morse | 13 |
| Σχηματικό 2: Το βασικό μοντέλο επικοινωνίας των δεδομένων | 17 |
| Σχηματικό 3: Η σειριακή μετάδοση των δεδομένων | 18 |
| Σχηματικό 4: Η παράλληλη μετάδοση των δεδομένων | 20 |
| Σχηματικό 5: Η απλή κατεύθυνση των δεδομένων (Simplex)..... | 21 |
| Σχηματικό 6: Η αμφίδρομη – μη ταυτόχρονη μετάδοση των δεδομένων (Half Duplex)..... | 21 |
| Σχηματικό 7: Η ταυτόχρονα αμφίδρομη κατεύθυνση των δεδομένων (Full Duplex) | 21 |
| Σχηματικό 8: Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων..... | 24 |
| Σχηματικό 9: Παράδειγμα κινητής εφαρμογής (Apple Music) | 41 |
| Σχηματικό 10: Παράδειγμα κινητής εφαρμογής (YouTube)..... | 41 |
| Σχηματικό 11: Παράδειγμα κινητής εφαρμογής (Twitter)..... | 41 |
| Σχηματικό 12: Παράδειγμα υπηρεσίας Video On-Demand (Netflix) | 42 |
| Σχηματικό 13: Παράδειγμα υπηρεσίας Video On-Demand (Disney+)..... | 42 |
| Σχηματικό 14: Παράδειγμα υπηρεσίας Video On-Demand (Hulu)..... | 42 |
| Σχηματικό 15: Παράδειγμα υπηρεσίας VoIP (FaceTime)..... | 42 |
| Σχηματικό 16: Παράδειγμα υπηρεσίας VoIP (Webex)..... | 42 |
| Σχηματικό 17: Παράδειγμα υπηρεσίας VoIP (Zoom Meetings)..... | 42 |
| Σχηματικό 18: Η διαμόρφωση παλμικού κώδικα (PCM) | 43 |
| Σχηματικό 19: Η χρήση των μικροκυβελών σε δημόσιους χώρους υψηλής πυκνότητας..... | 45 |
| Σχηματικό 20: Η χρήση της τεχνολογίας διαμόρφωσης δέσμης..... | 46 |
| Σχηματικό 21: Η πιστοποίηση FCC | 49 |
| Σχηματικό 22: Η πιστοποίηση CE..... | 49 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΩΝΩΝ

| | |
|--|----|
| Εικόνα 1: Το λογότυπο της υπηρεσίας Apple Music..... | 41 |
| Εικόνα 2: Το λογότυπο της υπηρεσίας YouTube..... | 41 |
| Εικόνα 3: Το λογότυπο της υπηρεσίας Twitter | 41 |
| Εικόνα 4: Το λογότυπο της υπηρεσίας Netflix | 42 |
| Εικόνα 5: Το λογότυπο της υπηρεσίας Disney+ | 42 |
| Εικόνα 6: Το λογότυπο της υπηρεσίας Hulu..... | 42 |
| Εικόνα 7: Το λογότυπο της υπηρεσίας FaceTime..... | 42 |
| Εικόνα 8: Το λογότυπο της υπηρεσίας Webex..... | 42 |

| | |
|--|----|
| Εικόνα 9: Το λογότυπο της υπηρεσίας Zoom Meetings..... | 42 |
| Εικόνα 10: Το λογότυπο της πιστοποίησης FCC..... | 49 |
| Εικόνα 11: Το λογότυπο της πιστοποίησης CE..... | 49 |

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

| | |
|--|----|
| Πίνακας 1: Μερίδιο του πληθυσμού που χρησιμοποιεί το διαδίκτυο ανά ήπειρο..... | 15 |
| Πίνακας 2: Τεχνική ανάλυση της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE 802.11 | 35 |

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογία εδώ και αρκετές δεκαετίες, μας προσφέρει πολύτιμα εργαλεία που μας βοηθούν να επικοινωνήσουμε, να εργαστούμε και να αντλήσουμε πληροφορίες για οτιδήποτε, σε άμεσο χρονικό διάστημα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, την δημιουργία νέων επαγγελματικών κατευθύνσεων και δεξιοτήτων, όπως η βιοϊατρική και η ανάλυση μεγάλων σε όγκο ψηφιακών δεδομένων. Συνεπώς, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως με το πέρασμα των χρόνων, η τεχνολογία δεν μένει στάσιμη, αλλά αντιθέτως εξελίσσεται. Μαζί με αυτή, διαφοροποιούνται και οι ανάγκες των ανθρώπων, αποζητώντας συνεχώς την ταχύτητα και την ευκολία χρήσης των τεχνολογικών συσκευών. Για να επιτευχθούν όλα τα παραπάνω, απαραίτητη τεχνολογική προϋπόθεση, αποτελεί η διασύνδεση. Πιο συγκεκριμένα, μια συσκευή ασύρματης δικτύωσης που συνδέεται στο διαδίκτυο, υπάρχει σήμερα σε κάθε σπίτι ή επιχείρηση, δίνοντας την δυνατότητα στα άτομα να μεταφέρουν πληροφορίες και δεδομένα. Αυτοί οι μέθοδοι μετάδοσης, επεκτείνονται σε περιβάλλοντα ευρείας περιοχής, καθιστώντας εύκολη την διαδικασία της συνδεσιμότητας και της ανταλλαγής πληροφοριών από δημόσιους κόμβους δικτύων. Η εργασία συνολικά, αποσκοπεί στην περαιτέρω διερεύνηση της εξέλιξης και του αντίκτυπου της τεχνολογίας, στον τομέα των ασύρματων επικοινωνιών. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται ανάλυση στην ιστορία των ασύρματων δικτύων, στις βασικές έννοιες τους και στις διάφορες κατηγορίες τους. Ακόμη, περιλαμβάνεται μια εις βάθος επεξήγηση των πρωτοκόλλων της οικογένειας IEEE 802.11, της μετάδοσης δεδομένων μέσω προτύπων ασύρματης δικτύωσης και των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων των τοπικών ασύρματων επικοινωνιών. Επιπλέον, διερευνώνται οι απαιτήσεις και οι λύσεις σε περιβάλλοντα δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας, δίνοντας έμφαση στον ρόλο των νέων τεχνολογιών καθώς και στη βελτίωση της λειτουργικότητας και της εμπειρίας του χρήστη. Τέλος, αποσαφηνίζεται η σημασία των τεχνικών μέσων και των κανονισμών ασφαλείας στον τομέα των ασύρματων επικοινωνιών, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, της χωροθέτησης και αδειοδότησης εξοπλισμού και των μέτρων κυβερνοασφάλειας. Συμπερασματικά, συνοψίζονται τα ευρήματα, υπογραμμίζοντας τη σημασία της συνεχούς έρευνας και ανάπτυξης στον τομέα των ασύρματων επικοινωνιών και της δικτύωσης, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις και ανάγκες της κοινωνίας.

Λέξεις – Κλειδιά: Ασύρματες Επικοινωνίες, Μέθοδοι Μετάδοσης, Δίκτυα Υψηλής Πυκνότητας, IEEE 802.11

ABSTRACT

For several decades, technology has provided us with valuable tools to help us communicate, work and get information about anything in an instant. This has resulted in the creation of new career paths and skills, such as biomedicine and the analysis of large volumes of digital data. Therefore, we conclude that over the years, technology does not stand still, but instead evolves. Along with it, people's needs are diversifying, constantly seeking the speed and ease of use of technological devices. In order to achieve all of the above, interconnection is a necessary technological prerequisite. More specifically, a wireless networking device connected to the Internet is nowadays present in every home or business, enabling individuals to transfer information and data. These transmission methods are expanding to wide area environments, making it easy to connect and share information from public network nodes. The thesis paper as a whole aims to further explore the evolution and impact of technology in the field of wireless communications. More specifically, an analysis is carried out on the history of wireless networks, their basic concepts and their various categories. Also included is an in-depth explanation of the IEEE 802.11 family of protocols, data transmission via wireless networking standards, and the advantages and disadvantages of local wireless communications. In addition, the requirements and solutions in high-density public wireless network environments are explored, with an emphasis on the role of new technologies and on improving functionality and user experience. Finally, it clarifies the importance of technical means and security regulations in the wireless communications sector, including electromagnetic compatibility testing, equipment siting and licensing, and cybersecurity measures. In conclusion, the findings are summarized, highlighting the importance of continued research and development in the field of wireless communications and networking in order to meet the ever-increasing demands and needs of society.

Keywords: Wireless Communications, Transmission Methods, High Density Networks, IEEE 802.11

1. Εισαγωγή

1.1 Στόχος της πτυχιακής εργασίας

Η πτυχιακή εργασία, αποτελεί σημαντικό μέρος της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς παρέχει στους φοιτητές την ευκαιρία να αποδείξουν τη γνώση και την κατανόησή τους σε ένα συγκεκριμένο θέμα, καθώς και την ικανότητά τους να διεξάγουν πρωτότυπη έρευνα και να παρουσιάζουν τα ευρήματά τους με σαφή και συνοπτικό τρόπο. Η σημασία των πτυχιακών εργασιών έγκειται στην ικανότητά τους να προωθούν την απόκτηση και τη διάδοση της γνώσης, καθώς και την ανάπτυξη σημαντικών δεξιοτήτων έρευνας και συγγραφής στους φοιτητές.

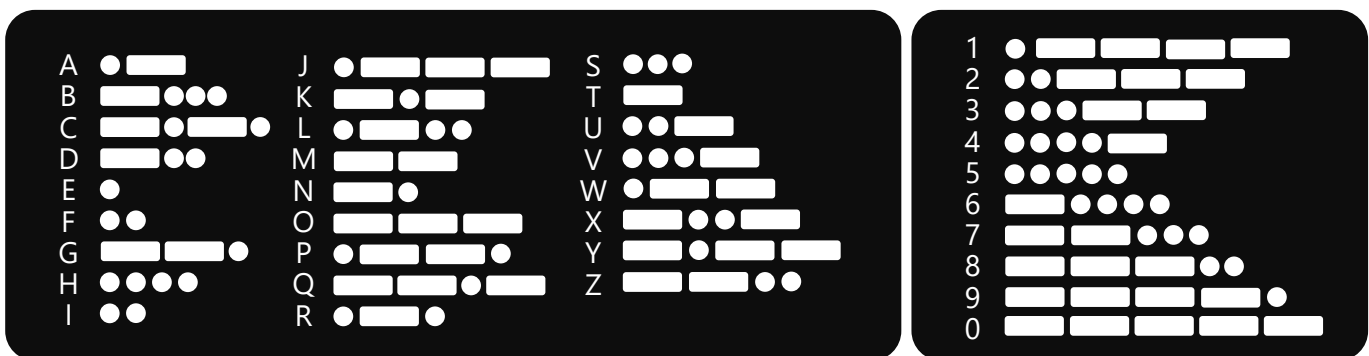
Στόχος της εργασίας, είναι η ανάλυση των ασύρματων δικτυακών περιβαλλόντων υψηλής πυκνότητας στο σύνολο τους, επεξηγώντας το πεδίο εφαρμογής τους, τα χαρακτηριστικά τους, τις προϋποθέσεις για την σωστή λειτουργία τους και τις δικλίδες ασφαλείας που παρέχονται για την διασφάλιση της προστασίας των δεδομένων σε γενικότερα πλαίσια. Η εργασία περιέχει βασικές έννοιες και τεχνική ανάλυση των ασύρματων επικοινωνιών καθώς και επεξήγηση ορισμένων μηχανισμών, απαραίτητων για την χρήση αυτών των συστημάτων μετάδοσης.

2. Ασύρματες επικοινωνίες και ασύρματα δίκτυα

2.1 Ιστορική αναδρομή στα ασύρματα δίκτυα

2.1.1 Η ασύρματες επικοινωνίες μέχρι και σήμερα

Οι άνθρωποι είχαν πάντα την ανάγκη να επικοινωνήσουν, να μεταδώσουν πληροφορίες και να αλληλοκατανοήσουν τα προβλήματα και τα συναισθήματα τους. Έτσι, από τα αρχαία χρόνια προσπαθούσαν να αναπτύξουν τρόπους με τους οποίους θα μπορούσαν όλα τα παραπάνω να επιτευχθούν, είτε δια ζώσης, είτε από απόσταση. Είναι ευρέως γνωστό, πως ο πρώιμος τρόπος μετάδοσης μηνυμάτων στο παρελθόν, γινόταν μέσω των αγγελιαφόρων και των σημάτων καπνού που δημιουργούσαν τα άτομα από φωτιά. Έπειτα, δημιουργήθηκε ο πρώτος τηλεγράφος από τον Samuel Morse το 1838. Η πρώτη επικοινωνία μέσω τηλεγράφου, σημειώθηκε μεταξύ Ουάσιγκτον και Βαλτιμόρης στις Ηνωμένες Πολιτείες. Για τον σκοπό αυτό, οι διακοπές του ηλεκτρικού ρεύματος μετατράπηκαν από τον δημιουργό, σε αλφάβητο (γραμμές και παύλες). Το αλφάβητο αυτό, ονομάστηκε «Κώδικας Morse».



Σχηματικό 1: Ο Κώδικας Morse.

Με το πέρασμα των χρόνων, οι ασύρματες επικοινωνίες έκαναν την πρώτη τους εμφάνιση από τον εφευρέτη Guglielmo Marconi το 1894. Πιο αναλυτικά, βασιζόμενος στην θεωρία του Maxwell περί ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, και με την συνένωση διάφορων μηχανημάτων, κατάφερε να τελειοποιήσει ένα σύστημα ασύρματου σηματοδότη με εμβέλεια τρία μέτρα. Ωστόσο, μετά από συνεχείς πειραματισμούς και τεχνάσματα, οι αποστάσεις μεγιστοποιήθηκαν με αποτέλεσμα οι εκπομπές πλέον να μεταδίδονται περίπου στα τρία χιλιόμετρα.

Αξίζει να σημειωθεί, πως και εκεί χρησιμοποιήθηκε ο κώδικας Morse, σε δυαδικό σύστημα αυτή τη φορά, για την επίτευξη της ασύρματης επικοινωνίας.

Συνεχίζοντας την ιστορική αναδρομή, τα πρώτα ασύρματα δίκτυα δημιουργήθηκαν στα τέλη της δεκαετίας του '60 και στις αρχές της δεκαετίας του '70, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία μεταγωγής πακέτων του ARPAnet. Το ARPAnet, ήταν ένα δίκτυο που χρηματοδοτήθηκε από το γραφείο ερευνών του Υπουργείου Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, και είχε στόχο είχε να δημιουργήσει το παγκόσμιο διαδίκτυο, γνωστό και ως ίντερνετ. Το συγκεκριμένο δίκτυο, αρχικά, βασιζόταν στην χρήση του πρωτοκόλλου NCP (Network Control Protocol), και σκοπός του ήταν να δημιουργεί συνδέσεις για όλες τις επικοινωνίες μεταξύ των κεντρικών υπολογιστών του ARPAnet.

Τότε, χρησιμοποιήθηκε για την διασύνδεση των πανεπιστημίων και των ερευνητικών εργαστηρίων της Αμερικής. Ωστόσο, στα μέσα της δεκαετίας του '80, το NCP αντικαταστάθηκε από την σουίτα πρωτοκόλλου διαδικτύου TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) που δημιουργήθηκε από τους Vint Cerf και Bob Khan. Το 1983, μιλώντας πλέον για ένα αρκετά επιβαρυνμένο δίκτυο, αποφασίζεται ο διαχωρισμός του ARPAnet, σε MILnet (ξεχωριστό δίκτυο για την επικοινωνία των στρατιωτικών υπηρεσιών) και ARPAnet (αποκλειστική επικοινωνία μεταξύ των πανεπιστημίων), αντίστοιχα. Το 1985, το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών, δημιουργεί το δικό του δίκτυο, γνωστό και ως NSFnet. Σε αυτό το σημείο, αξίζει να επισημανθεί πως και εκεί, χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο TCP/IP. Μέσω του NSFnet, χιλιάδες πανεπιστήμια και διάφοροι οργανισμοί δημιούργησαν αυτόνομα δίκτυα, τα οποία με την σειρά τους ήταν υπεύθυνα για την διασύνδεση των ανθρώπων στο διαδίκτυο. Το 1990, το ARPAnet αποσύρεται, και μαζί με αυτό λίγα χρόνια αργότερα αποσύρεται και το NSFnet, καθώς επιβλήθηκαν ορισμένοι περιορισμοί σχετικά με την χρήση του δικτύου, και αυτό είχε ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της ιδέας του ελεύθερου -για όλους- παγκόσμιου ιστού.

Το 1995, παρουσιάζεται μια νέα αρχιτεκτονική δικτύου για τους εμπορικούς παρόχους, ενώ ταυτόχρονα την ίδια περίοδο προτείνεται το IPv6, ως το βασικό πρωτόκολλο επικοινωνίας, μετά το IPv4. Πλέον η πρόσβαση στο διαδίκτυο είναι ευκολότερη μέσα από προσωπικούς υπολογιστές της εποχής. Το 1997, παρουσιάζεται η οικογένεια προτύπων ασύρματης δικτύωσης IEEE 802.11 για ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN). Στόχος του IEEE 802.11, ήταν η επέκταση του επικρατέστερου τότε προτύπου, 802.3 (γνωστό και ως ενσύρματη δικτύωση – Ethernet). Τέλος, τα πρότυπα 802.11, είναι ευρέως γνωστά με την ονομασία «Wi-Fi». Πιο συγκεκριμένα, η Wi-Fi Alliance, ένας οργανισμός ανεξάρτητος της IEEE (Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών), παρέχει την πιστοποίηση για τα προϊόντα που περιλαμβάνονται στις προδιαγραφές του 802.11.

Αυτή η οικογένεια πρωτοκόλλων είναι αυτή τη στιγμή το καθιερωμένο πρότυπο της βιομηχανίας στο χώρο των ασύρματων τοπικών δικτύων, και θα αναφερθούμε ξανά σε αυτή, σε επόμενο κεφάλαιο της εργασίας. (Πετρόπουλος, 2019)

2.1.2 Το ψηφιακό χάσμα μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών

Θα ήταν σημαντική παράβλεψη να μην αναφερθούμε στο ψηφιακό χάσμα που δημιουργήθηκε εκείνη την εποχή, μεταξύ των ανεπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών. Πιο συγκεκριμένα, την στιγμή που οι ανεπτυγμένες χώρες είχαν την δυνατότητα να δημιουργήσουν τεχνολογικές υποδομές για την επέκταση της χρήσης του διαδικτύου και των ασύρματων επικοινωνιών σε πολλούς τομείς, οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετώπιζαν προβλήματα, παρεμποδίζοντας έτσι την επικοινωνία τους με άλλες ηπείρους.

Αναλυτικότερα, και σύμφωνα με στατιστική έρευνα που πραγματοποιήθηκε από την Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (International Telecommunication Union) και κοινοποιήθηκε δημόσια μέσω της Παγκόσμιας Τράπεζας, το έτος 2000, μόνο το 0.48% του πληθυσμού της Νότιας Ασίας είχε πρόσβαση στο ίντερνετ. Την ίδια χρονιά, το 43.88% του πληθυσμού των Ηνωμένων Πολιτειών, χρησιμοποιούσε στο διαδίκτυο. Παρόμοια στατιστικά της τάξης του 0.50% έως 4%, παρουσιάζονται και στην Υποσαχάρια Αφρική, την Μέση Ανατολή και την Λατινική Αμερική. (Roser, Ritchie, Ortiz-Ospina, 2015)

| | Βόρεια Αμερική | Ευρώπη & Κεντρική Ασία | Ανατολική Ασία | Λατινική Αμερική | Μέση Ανατολή | Βόρεια Αφρική | Υποσαχάρια Αφρική | Νότια Ασία |
|-------------|----------------|------------------------|----------------|------------------|--------------|---------------|-------------------|------------|
| 2000 | 43.88% | 13.16% | 5.61% | 3.88% | 1.71% | 1.71% | 0.50% | 0.48% |
| 2005 | 68.33% | 35.16% | 14.69% | 16.60% | 9.84% | 9.84% | 2.01% | 2.56% |
| 2010 | 72.55% | 57.09% | 34.27% | 34.70% | 25.03% | 25.03% | 6.15% | 7.16% |
| 2015 | 76.12% | 70.02% | 48.88% | 54.39% | 44.84% | 44.84% | 16.12% | 14.17% |
| 2020 | 91.52% | 83.89% | 69.22% | 73.69% | 77.83% | 77.83% | 30.04% | 38.56% |

Πίνακας 1: Μερίδιο του πληθυσμού που χρησιμοποιεί το διαδίκτυο ανά ήπειρο (2000-2020).

Συνεπώς, αναγνωρίζουμε τις τεράστιες διαφορές ως προς την πρόσβαση και την αλληλεπίδραση με άλλους λαούς ή κουλτούρες. Ωστόσο, με το πέρασμα των χρόνων, και με την ιδεολογική άποψη πως το διαδίκτυο πρέπει να είναι διαθέσιμο σε όλους τους ανθρώπους του κόσμου, ανεξαρτήτως των οικονομικών ή των τεχνολογικών δυσχερειών της κάθε χώρας, η πρόσβαση στο ίντερνετ αυξήθηκε σημαντικά διαφοροποιώντας τα ποσοστά, συγκριτικά με

το παρελθόν. Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό να εξεταστεί το ζήτημα της ψηφιακής ένταξης, το οποίο δεν αφορά μόνο την παροχή πρόσβασης στο διαδίκτυο, αλλά και την παροχή δεξιοτήτων και γνώσεων για την πλοήγηση και τη χρήση του ίντερνετ για την εκπαίδευση, την πρόσβαση σε πληροφορίες και άλλες σημαντικές δραστηριότητες. Συνολικά, ο στόχος της καθολικής πρόσβασης στο διαδίκτυο είναι μια ατέρμονη προσπάθεια που απαιτεί συνεχή προσοχή, υποστήριξη και καινοτομία για να επιτευχθεί.

2.1.3 Το πεδίο εφαρμογής των ασύρματων επικοινωνιών

Ως ασύρματες επικοινωνίες, χαρακτηρίζουμε τις επικοινωνίες εκείνες, που χρησιμοποιούν τα ραδιοκύματα, ως φορείς πληροφορίας και μετάδοσης των δεδομένων. Από την πρώιμη έναρξη της χρήσης τους, αναλογικά στα πρώτα τηλεφωνικά δίκτυα, έως τις ψηφιακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούμε όλοι σήμερα σε καθημερινή βάση, οι ασύρματες επικοινωνίες διαφέρουν σημαντικά από τις ενσύρματες, αναβαθμίζοντας την εμπειρία και την ευκολία χρήσης, είτε για οικιακή, είτε για επαγγελματική χρήση. Πιο αναλυτικά, ασύρματες επικοινωνίες συναντούμε στις κινητές τηλεπικοινωνίες, στα δίκτυα υπολογιστών, σε δορυφορικές εγκαταστάσεις, σε τοπικά ασύρματα δικτυακά κοντινών αποστάσεων, σε ασύρματα δίκτυα ευρείας περιοχής, όπως και στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Όλα τα παραπάνω, επηρέασαν σημαντικά τις βιομηχανίες, την εκπαίδευση, την εργασία και την επικοινωνία των ανθρώπων γενικότερα, μειώνοντας τον χρόνο που απαιτείται για να μεταδοθούν πληροφορίες από συσκευή σε συσκευή, συγκριτικά με παλιές τεχνολογίες που μετέδιδαν δεδομένα ενσύρματα, μέσα από ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ειδικότερα, οι ασύρματες επικοινωνίες διαμόρφωσαν σε σημαντικό βαθμό τις τηλεπικοινωνίες και την δικτύωση και δημιούργησαν μια επανάσταση στους τρόπους με τους οποίους οι άνθρωποι εργάζονται, επικοινωνούν μεταξύ τους, ακόμη και στους τρόπους με τους οποίους μετασχηματίζονται οι κοινωνικές δομές. Για την κατανόηση της σημαντικότητας των ασύρματων επικοινωνιών, θα αναφέρουμε για παράδειγμα τους δορυφόρους, ως μέσα μετάδοσης δεδομένων. Οι επικοινωνιακοί δορυφόροι, εκτοξεύθηκαν για πρώτη φορά το 1960. Σήμερα, οι δορυφόροι, διαχειρίζονται περίπου το ένα τρίτο των υπηρεσιών φωνής και όλα τα τηλεοπτικά σήματα μεταξύ των χωρών. (Beard, Stallings, 2018)

Σε τοπικό επίπεδο, το πρότυπο IEEE 802.11 (γνωστό και ως ασύρματη δικτύωση – Wi-Fi), έχει διεισδύσει παντού, επιτρέποντας τις επιχειρήσεις να αναπτύξουν δίκτυα WAN, MAN και LAN, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση καλωδίων.

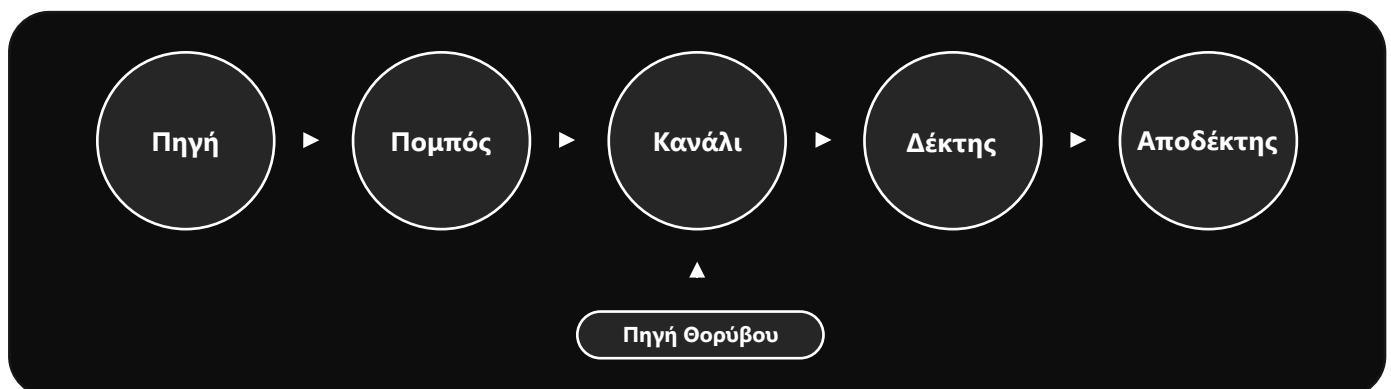
Στον κλάδο των τηλεπικοινωνιών, η πρώτη γενιά των ασύρματων τηλεφώνων, προσέφερε υπηρεσίες φωνής και περιορισμένες υπηρεσίες δεδομένων, μέσω συσκευών μεγάλου μεγέθους, οι οποίες σταδιακά έγιναν περισσότερο φορητές. Οι αντίστοιχες συσκευές σήμερα (τρίτης και τέταρτης γενιάς), προσφέρουν υπηρεσίες φωνής, γραπτών μηνυμάτων, κοινωνικής δικτύωσης, κινητές εφαρμογές, αλληλεπίδραση με τον παγκόσμιο ιστό και βίντεο συνεχούς ροής. Συμπερασματικά, η επίδραση των ασύρματων επικοινωνιών ήταν και θα συνεχίσει να είναι πολύ έντονη, επιβεβαιώνοντας πως λίγες εφευρέσεις όπως αυτή μπόρεσαν να συρρικνώσουν τον κόσμο με τέτοιο τρόπο, προσφέροντας ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, διαθέσιμο για όλους.

2.2 Βασικές έννοιες σχετικά με τις ασύρματες επικοινωνίες

Προκειμένου να κατανοήσουμε τις ασύρματες επικοινωνίες και ειδικότερα τα ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας, θα χρειαστεί να επεξηγηθούν βασικές έννοιες που αφορούν την μετάδοση, την μεταγωγή και την κατευθυντικότητα των δεδομένων.

2.2.1 Αναπαράσταση της πληροφορίας μέσω του βασικού μοντέλου επικοινωνίας

Για την επίτευξη της αναπαράστασης της πληροφορίας, δύο μαθηματικοί, οι Shannon και Weaver, δημιούργησαν στα πλαίσια μιας εργασίας, το βασικό επικοινωνιακό μοντέλο που χρησιμοποιείται μέχρι και σήμερα για την περιγραφή και την ανάλυση της μετάδοσης της πληροφορίας από την πηγή στον δέκτη. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)



Σχηματικό 2: Το βασικό μοντέλο επικοινωνίας των δεδομένων.

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρούμε τα βασικά στοιχεία επικοινωνίας: την πηγή, τον πομπό, το μέσο μετάδοσης, τον δέκτη και τον αποδέκτη. Μέσο Μετάδοσης ή Κανάλι, ονομάζουμε την φυσική δίοδο όπου μεταδίδεται η κωδικοποιημένη πληροφορία. Ως μέσα μετάδοσης, χαρακτηρίζουμε τις τηλεφωνικές γραμμές, τις οπτικές ίνες, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κ.α.

Το μήνυμα, είναι η κωδικοποιημένη πληροφορία που έχουμε σκοπό να μεταδώσουμε μέσω ενός καναλιού μετάδοσης. Ορισμένες μορφές που μπορεί να έχει ένα μήνυμα, είναι η εικόνα, το βίντεο, ο ήχος κ.α. Η κωδικοποιημένη αυτή πληροφορία, αντιστοιχεί με σειρές από Bits (0 ή 1).

Η αναπαράσταση της πληροφορίας, μπορεί να πραγματοποιηθεί από ένα πανομοιότυπο μοντέλο όπως το παραπάνω, αποστέλλοντας το μήνυμα, είτε αναλογικά, είτε ψηφιακά.

Η αναλογική μορφή ενός μηνύματος αποτελείται από μια ηλεκτρική κυματομορφή συνεχούς πλάτους και συνεχούς χρόνου. Συναντάται στην καθημερινή μας ζωή σε περιπτώσεις μετάδοσης ήχου, φωνής κ.α.



Η ψηφιακή μορφή μιας πληροφορίας, αποτελείται από ψηφιακά σύμβολα σε διακριτές χρονικές στιγμές. Συναντάται συνήθως στον χώρο των υπολογιστών, και θεωρείται η προτιμότερη μέθοδος αποστολής των δεδομένων, καθώς με την ψηφιακή μετάδοση μειώνεται ο θόρυβος, ενώ ταυτόχρονα θεωρείται εύκολη η διακίνηση της στον χώρο των δικτύων.



2.2.2 Στοιχεία μετάδοσης της πληροφορίας

Η μετάδοση μιας πληροφορίας, μπορεί να επιτευχθεί με πολλούς τρόπους για διάφορους σκοπούς, όπως για παράδειγμα την σύνδεση ενός υπολογιστικού συστήματος με ένα άλλο εντός ενός δικτύου ευρείας περιοχής. Πιο συγκεκριμένα, στην πληροφορική και τις τηλεπικοινωνίες, χρησιμοποιείται συνήθως η σειριακή εκπομπή (Serial Transmission) όπου τα Bit της πληροφορίας μεταδίδονται μέσα από ένα μέσο μετάδοσης σειριακά, δηλαδή το ένα μετά το άλλο. Με την σειριακή μετάδοση, μπορούμε να αποστείλουμε πληροφορίες με την μέθοδο της ασύγχρονης μετάδοσης (ή επικοινωνίας), και με την μέθοδο της σύγχρονης μετάδοσης.

0 1 0 0 0 1 0 0

Μέσο Μετάδοσης

(π.χ. γραμμή μεταφοράς μέσω οπτικών ινών)

Σχηματικό 3: Η σειριακή μετάδοση των δεδομένων.

2.2.2.1 Η ασύγχρονη μετάδοση

Με την ασύγχρονη μετάδοση δεδομένων και τα ασύγχρονα συστήματα, μπορούμε να μεταδώσουμε χαρακτήρες των 7 ή 8 bit σε ASCII μορφή. Επιπλέον, χρησιμοποιείται ως πρόθεμα ένα επιπλέον bit (Start Bit), και αντίστοιχα ένα ως επίθεμα (Stop Bit). Στην περίπτωση του επιθέματος, ενδέχεται να συναντήσουμε έως και 2 Stop Bit. Επίσης η πληροφορία που πρόκειται να αποσταλεί, πιθανότατα να περιλαμβάνει ένα bit ισοτιμίας (Parity Bit). Πιο συγκεκριμένα, το bit ισοτιμίας, μπορεί να είναι περιττό (Odd) ή άρτιο (Even) και χρησιμοποιείται κυρίως για τον εντοπισμό σφαλμάτων και την διόρθωση λαθών. Γενικότερα στην μετάδοση μέσω ασύγχρονων συστημάτων, οι χαρακτήρες (δηλ. η «σημαντική» πληροφορία) στέλνονται σε σειρά (ο ένας μετά τον άλλο) ενώ την ίδια στιγμή διαχωρίζονται από τα προθέματα (Start Bit) και τα επιθέματα (Stop Bit). Στην περίπτωση που δεν αποστέλλονται δεδομένα, η γραμμή μεταφοράς θεωρείται αδρανής (Idle). Τέλος, αξίζει να επισημανθεί πως ο ασύγχρονος τρόπος μετάδοσης, είναι κατάλληλος για δίκτυα με χαμηλές ταχύτητες (κάτω των 32Kbps). Ωστόσο, τα προθέματα, τα επιθέματα, όπως επίσης και το bit ισοτιμίας, μειώνουν την απόδοση, και θεωρούνται σχεδόν το 30% της «άχρηστης» πληροφορίας που αποστέλλεται μαζί με τα 7 ή 8 Bit ανά χαρακτήρα της βασικής πληροφορίας. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)" (Beard, Stallings, 2018)

2.2.2.2 Η σύγχρονη μετάδοση

Με την σύγχρονη μετάδοση δεδομένων και τα σύγχρονα συστήματα, μπορούμε να μεταδώσουμε την πληροφορία οργανωμένη σε ομάδες (Blocks), είτε αυτή αποτελείται από χαρακτήρες (Byte Oriented Protocol), είτε από σύνολα δυαδικών ψηφίων (Bit Oriented Protocol), αξιοποιώντας την χρήση των σημάτων χρονισμού. Πιο συγκεκριμένα, με τα σήματα χρονισμού, μπορούμε να χαρακτηρίσουμε την συχνότητα μιας τετραγωνισμένης κυματομορφής ίση με τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων.

Ρυθμό μετάδοσης, ονομάζουμε τον ρυθμό με τον οποίο μεταδίδονται τα Bit των δεδομένων. Ο ρυθμός μετάδοσης, εκφράζεται σε bit/δευτερόλεπτο (bps).

Αναλυτικότερα για την μετάδοση των πληροφοριών μέσω της σύγχρονης μετάδοσης, οι τετραγωνισμένες κυματομορφές (δηλ. οι κορυφές των ανερχόμενων παλμών του ρολογιού), ταυτίζονται χρονικά με το μέσο του κάθε δυαδικού ψηφίου που πρόκειται να αποσταλεί.

Επιπλέον, αντιθέτως με την ασύγχρονη μετάδοση των δεδομένων, στην σύγχρονη μετάδοση, δεν χρησιμοποιούνται προθέματα και επιθέματα, αλλά ειδικοί χαρακτήρες SYN και PAD, επισημαίνοντας έτσι την αρχή και το τέλος των ομάδων (Blocks). Με την οριοθέτηση των ομάδων μέσω των παραπάνω ειδικών χαρακτήρων, αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του δέκτη να μην αναγνωρίζει τον χρόνο έναρξης και λήξης της πληροφορίας. Τέλος, για να επιτευχθούν οι σωστοί ρυθμοί ανάγνωσης των δεδομένων, θεωρείται δεδομένη η χρήση ενός ρολογιού. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)

2.2.2.3 Η παράλληλη μετάδοση

Εκτός από την σειριακή μετάδοση των πληροφοριών, μπορούμε να αποστείλουμε δεδομένα με παράλληλο τρόπο. Πιο συγκεκριμένα, η παράλληλη μετάδοση, θεωρείται ταχύτερη της σειριακής καθώς χρησιμοποιεί πολλαπλά κανάλια (δηλ. πολλαπλά μέσα μετάδοσης) για να μεταδώσει τα bit πληροφοριών. Ωστόσο, η παράλληλη μετάδοση ενδέχεται να είναι πιο ακριβή και πολύπλοκη στην υλοποίηση. Τέλος, είναι πιο επιρρεπής σε παρεμβολές και σφάλματα, καθώς οποιαδήποτε «διαταραχή» σε ένα από τα κανάλια μπορεί να επηρεάσει ολόκληρη τη μετάδοση. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)

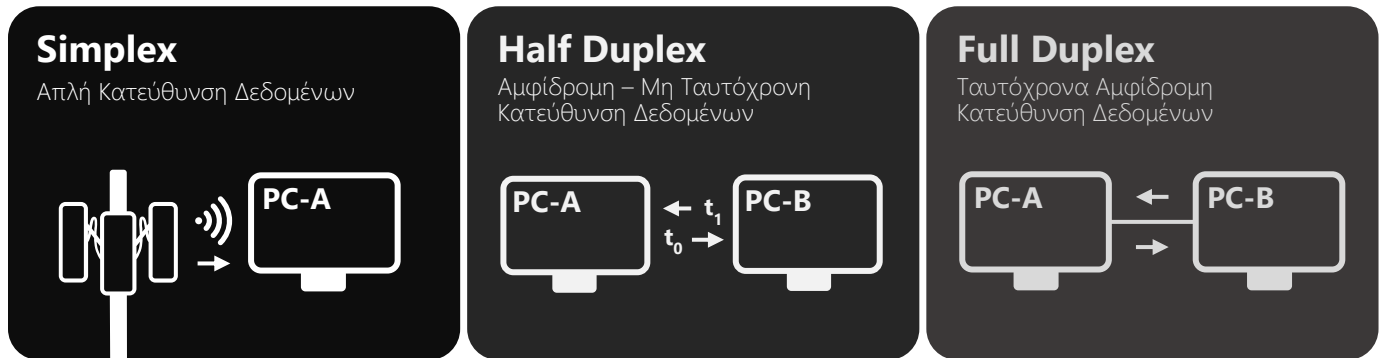


Σχηματικό 4: Η παράλληλη μετάδοση, χρησιμοποιεί πολλαπλά κανάλια επικοινωνίας, και κάθε δεκαδικό ψηφίο διαθέτει μια ξεχωριστή γραμμή μετάδοσης.

Παράδειγμα τέτοιας επικοινωνίας, αποτελεί η σύνδεση υπολογιστών και εκτυπωτών μέσω της διεπαφής Centronics. Αυτή η τυπική διεπαφή εισόδου/εξόδου (I/O), σχεδιάστηκε τη δεκαετία του 1970 από την εταιρεία Centronics, κυρίως για την σύνδεση εκτυπωτών και άλλων συσκευών. Για τέτοιου είδους παράλληλες επικοινωνίες, δημιουργήθηκε εκείνη την εποχή το πρότυπο IEEE 1284. Οι περιφερειακές αυτές συσκευές πρέπει να βρίσκονται σε κοντινή απόσταση (συνήθως μικρότερη από 1,5 μέτρα) από την κεντρική μονάδα. Σε τέτοια απόσταση η παράλληλη μετάδοση μπορεί να πετύχει υψηλούς ρυθμούς, ενώ υπάρχει το ενδεχόμενο να δημιουργηθούν προβλήματα, όσο η απόσταση μεγαλώνει. (Beard, Stallings, 2018)

2.2.3 Σχετικά με την κατευθυντικότητα μιας μετάδοσης

Μια πληροφορία, μπορεί να μεταδοθεί σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σε δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα, ή σε μια κατεύθυνση που προσαρμόζεται ανάλογα με τις υπάρχουσες συνθήκες μεταξύ του πομπού και του δέκτη. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμαστε στις περιπτώσεις της απλής κατεύθυνσης των δεδομένων (Simplex), της αμφίδρομης – μη ταυτόχρονης κατεύθυνσης (Half Duplex) και της ταυτόχρονα αμφίδρομης κατεύθυνσης (Full Duplex).



Σχηματικά 5, 6, 7: Η κατευθυντικότητα μιας μετάδοσης, μπορεί να χαρακτηριστεί ως απλή, αμφίδρομη, και ταυτόχρονα αμφίδρομη.

2.2.3.1 Απλή κατεύθυνση δεδομένων

Μέσω της απλής κατεύθυνσης δεδομένων (Simplex), η μετάδοση πραγματοποιείται μόνιμα προς μια κατεύθυνση. Πιο συγκεκριμένα, η μια πλευρά του καναλιού μετάδοσης συνεχώς εκπέμπει, ενώ η άλλη συνεχώς λαμβάνει. Αυτό, για παράδειγμα, συμβαίνει στην περίπτωση που ένα υπολογιστικό σύστημα στέλνει συνεχώς δεδομένα σε μια περιφερειακή συσκευή (όπως ένας εκτυπωτής) ή όταν ένας δορυφόρος στέλνει συνεχώς πληροφορίες προς μια συγκεκριμένη περιοχή. (Beard, Stallings, 2018)

2.2.3.2 Αμφίδρομη – Μη ταυτόχρονη κατεύθυνση δεδομένων

Μέσω της αμφίδρομης – μη ταυτόχρονης κατεύθυνσης δεδομένων (Half Duplex), η ροή δεδομένων συνεχώς μεταβάλλεται, αφού ανά τακτά χρονικά διαστήματα (σε διάφορες χρονικές στιγμές και για τις ανάγκες της αμφίδρομης επικοινωνίας) αντιστρέφονται οι ρόλοι του πομπού και του δέκτη. (Beard, Stallings, 2018)

Πιο αναλυτικά, και με βάση το σχηματικό που σχετίζεται με την αμφίδρομη κατεύθυνση των δεδομένων, την χρονική στιγμή t_0 , η πληροφορία κινείται από τον υπολογιστή PC-A (πομπός), στον υπολογιστή PC-B (δέκτης). Ωστόσο, την χρονική στιγμή t_1 , η διαδικασία αποστολής αντιστρέφεται, με τον υπολογιστή PC-B να είναι ο πομπός που αποστέλλει δεδομένα στον υπολογιστή – δέκτη PC-A. Αυτή η αμφίδρομη διαδικασία αποστολής και λήψης πληροφοριών, συναντάται στην επικοινωνία μεταξύ δύο ασύρματων συσκευών (Walkie-Talkie).

2.2.3.3 Ταυτόχρονα αμφίδρομη κατεύθυνση δεδομένων

Μέσω της ταυτόχρονα αμφίδρομης κατεύθυνσης δεδομένων (Full Duplex), η μετάδοση πραγματοποιείται ταυτόχρονα και προς τις δύο κατευθύνσεις την ίδια χρονική στιγμή. Ταυτόχρονα αμφίδρομη μετάδοση πληροφοριών, συναντάμε στην επικοινωνία μεταξύ δύο σταθερών τηλεφώνων (και οι δύο καλούντες μιλάνε και ακούγονται ταυτόχρονα). Η Full Duplex επικοινωνία απαιτεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης και περισσότερους πόρους από την Half Duplex επικοινωνία, αλλά επιτρέπει πιο απρόσκοπτη και αποτελεσματική μετάδοση μεταξύ των δύο μερών. (Beard, Stallings, 2018)

2.2.4 Σχετικά με τα δίκτυα μεταγωγής

Δίκτυα μεταγωγής (Switching), ονομάζουμε τα δίκτυα όπου η πληροφορία δρομολογείται μέσα από κόμβους. Πιο συγκεκριμένα, σε τοπικό επίπεδο, η επικοινωνία πραγματοποιείται με την εκπομπή δεδομένων από την πηγή προς τον προορισμό μέσα από κόμβους μεταγωγής και συναντάται συνήθως σε τοπικά δίκτυα ή μητροπολιτικά δίκτυα υπολογιστών. Σκοπός των κόμβων, είναι να παρέχουν υπηρεσίες μεταγωγής, μεταφέροντας τα δεδομένα από κόμβο σε κόμβο έως ότου η πληροφορία τερματίσει στον προορισμό της. Γενικότερα, τεχνικές μεταγωγής παρατηρούμε κυρίως σε τηλεφωνικά δίκτυα, και διακρίνονται σε μεταγωγές κυκλωμάτων, μηνυμάτων και πακέτων.

2.2.4.1 Μεταγωγή Κυκλώματος

Η τεχνική μεταγωγής κυκλώματος (Circuit Switching), αποτελείται από τερματικά και κόμβους όπου η επικοινωνία πραγματοποιείται μέσω μιας αποκλειστικής φυσικής ζεύξης των σταθμών που θεωρείται ενεργή, ακόμα και αν προκύψουν «νεκρά σημεία» κατά την διαδρομή (δηλ.

σημεία που δεν μεταφέρονται καθόλου δεδομένα). Στο παρελθόν η συγκεκριμένη τεχνική, ήταν η κυρίαρχη τεχνολογία για την επικοινωνία μέσω φωνής, αλλά και δεδομένων. Το πιο κοινό παράδειγμα μεταγωγής κυκλώματος, αποτελεί το τηλεφωνικό δίκτυο. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)

2.2.4.2 Μεταγωγή Μηνυμάτων

Η τεχνική μεταγωγής μηνυμάτων (Message Switching), είναι υπεύθυνη για την αποστολή των πληροφοριών, οργανώνοντας την σε μηνύματα (Messages), τα οποία παραδίδονται στο δίκτυο για διεκπεραίωση. Το δίκτυο με την σειρά του, αναλαμβάνει την προώθηση αυτών από σημείο σε σημείο, μέχρι και τον τελικό παραλήπτη. Επίσης, η διεύθυνση του τερματικού παραλήπτη, συμπεριλαμβάνεται στο μήνυμα προς αποστολή. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της μεταγωγής μηνυμάτων, είναι ότι προσφέρει πιο αξιόπιστη επικοινωνία, καθώς κάθε μήνυμα αντιμετωπίζεται ξεχωριστά και μπορεί να ελεγχθεί για σφάλματα. Συγκριτικά με την τεχνική μεταγωγής κυκλώματος, η μεταγωγή μηνυμάτων εξαλείφει τα νεκρά διαστήματα, καθώς υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσης του μηνύματος και της αποστολής (προώθησης) του αργότερα (μέθοδος Store and Forward), ακόμα και όταν ένας τερματικός κόμβος δεν είναι παρών την ίδια στιγμή με τον αποστολέα. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)

2.2.4.3 Μεταγωγή Πακέτων

Η τεχνική μεταγωγής πακέτων (Packet Switching), χρησιμοποιείται κυρίως στα μεγάλα σε απόσταση τηλεπικοινωνιακά δίκτυα, και αποτελεί μια βελτιωμένη εκδοχή των τεχνικών μεταγωγής κυκλώματος και μηνυμάτων, αξιοποιώντας όλα τα πλεονεκτήματα αυτών, αντιμετωπίζοντας ταυτόχρονα προβλήματα όπως τις ανενεργές γραμμές ή τους σταθερούς ρυθμούς δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, στην μεταγωγή πακέτων, το κάθε μήνυμα χωρίζεται σε πακέτα των 128 ή 256 χαρακτήρων τα οποία αποστέλλονται μέσω διαφορετικών κατευθύνσεων. (Μαργαρίτη, Στεργίου, 2007)

2.3 Κατηγορίες ασύρματων δικτύων

Τα δίκτυα υπολογιστών, λαμβάνουν διακριτικές ονομασίες, ανάλογα με την γεωγραφική κατανομή που προσφέρουν, ωστόσο, ορισμένα χαρακτηριστικά, ενδεχομένως να ποικίλουν

από δίκτυο σε δίκτυο. Πιο συγκεκριμένα, διαχωρίζουμε τα ασύρματα δίκτυα σε δίκτυα προσωπικού χώρου (Personal Area Network), σε τοπικά δίκτυα υπολογιστών (Local Area Network), σε μητροπολιτικά δίκτυα (Metropolitan Area Network), και σε δίκτυα ευρείας περιοχής (Wide Area Network).



Σχηματικό 8: Κατηγορίες ασύρματων δικτύων.

Τα παραπάνω, ενδέχεται να συνοδεύονται από το πρόσθετο "W" που ανταποκρίνεται στην αγγλική λέξη "Wireless" (Ασύρματο). Ο διαχωρισμός τους σε κατηγορίες πραγματοποιείται, γιατί το κάθε δίκτυο υπολογιστών λειτουργεί με διαφορετικά πρωτόκολλα, επηρεάζοντας έτσι την εμβέλεια, την ταχύτητα και γενικότερα τις δυνατότητες τους. Ωστόσο, σε γενικότερα πλαίσια, μπορούμε να ταξινομήσουμε τα δίκτυα ως προς την τεχνολογία που χρησιμοποιούν για την μετάδοση των δεδομένων, σε δίκτυα ευρείας εκπομπής (Broadcast) και δίκτυα σημείου προς σημείο (Point-To-Point). Πιο αναλυτικά, τα δίκτυα ευρείας εκπομπής, χρησιμοποιούν έναν κοινό δίαυλο μετάδοσης, ενώ στα δίκτυα από σημείο προς σημείο, η σύνδεση μεταξύ δύο υπολογιστών γίνεται απευθείας. Σχετικά με τα δίκτυα ευρείας εκπομπής, η πληροφορία μετατρέπεται σε πακέτα (Packets) και αποστέλλεται σε έναν ή περισσότερους παραλήπτες.

Πιο συγκεκριμένα, όταν απευθυνόμαστε σε δίκτυα ευρείας εκπομπής δεδομένων (Broadcasting), πραγματοποιείται αποστολή του πακέτου σε όλα τα σημεία. Στην περίπτωση που η πληροφορία αυτή απευθύνεται σε μια ομάδα χρηστών (δηλ. σε ένα υποσύνολο του δικτύου), τότε η διανομή των δεδομένων επιτυγχάνεται πολλαπλά (Multicasting). Το συγκεκριμένο υποσύνολο που πρόκειται να λάβει την πληροφορία, καθορίζεται από την τιμή που υπάρχει στο πεδίο της διεύθυνσης προορισμού του αποστελλόμενου πακέτου. (@adware, 2020)

2.3.1 Τα δίκτυα προσωπικού χώρου

Τα ασύρματα δίκτυα προσωπικού χώρου (WPAN), είναι στην ουσία δίκτυα υπολογιστών που επιτρέπουν την μετάδοση των δεδομένων σε μικρή απόσταση. Συνήθως, χρησιμοποιούνται σε περιφερειακές συσκευές (όπως ένα ασύρματο ποντίκι ή ένα ασύρματο πληκτρολόγιο) και στην μεταφορά αρχείων από συσκευή σε συσκευή, είτε μέσω Bluetooth, είτε παλαιότερα μέσω των υπέρυθρων. Ειδικότερα, το Bluetooth αποτελεί ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα δίκτυα προσωπικού χώρου, και χρησιμοποιεί τα μικροκύματα για να μεταδώσει σήματα σε διάφορες ψηφιακές συσκευές, όπως το κινητό τηλέφωνο ή μια φωτογραφική μηχανή. Τεχνικά, το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης που λειτουργεί σε φυσικό επίπεδο, υποεπίπεδο MAC ή ακόμα και υποεπίπεδο LLC. Η εξέλιξη της τεχνολογίας, αναβάθμισε την εμπειρία χρήσης των συσκευών που λειτουργούν με Bluetooth, επεκτείνοντας το εύρος της εξωτερικής μετάδοσης (έως 200 μέτρα με τεχνολογία Bluetooth 5) και το μέγεθος του ωφέλιμου φορτίου ενός πακέτου. Εκτός του Bluetooth, το 6LoWPAN (IPv6 Over Low-Power Wireless Personal Area Networks), είναι ένα ασύρματο δίκτυο προσωπικού χώρου χαμηλής κατανάλωσης, όπου κάθε κόμβος έχει την δική του διεύθυνση μέσω του βασικού πρωτοκόλλου επικοινωνίας, IPv6. (Finlay, 2016). Κύριος στόχος του 6LoWPAN, είναι να επιτρέψει σε μικρότερες συσκευές περιορισμένων δυνατοτήτων να συμμετέχουν στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). (Yasar, 2007)

2.3.2 Τα τοπικά δίκτυα υπολογιστών

Τα ασύρματα τοπικά δίκτυα υπολογιστών (WLAN), είναι δίκτυα επικοινωνιών τα οποία διασυνδέουν διάφορες συσκευές, όπως δρομολογητές, έξυπνα τηλέφωνα ή συσκευές που συμμετέχουν στο διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), και παρέχουν ένα μέσο ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ τους. Τα τοπικά αυτά δίκτυα, βασίζονται στο πρωτόκολλο IEEE 802.11, γνωστό και ως Wi-Fi. Συνήθως στην δομή του δικτύου, χρησιμοποιείται ένα κοινό μέσο για την μετάδοση των δεδομένων. (Cisco, 2023). Επιπλέον, η εκπομπή από οποιαδήποτε συσκευή, μπορεί να ληφθεί από όλες τις άλλες συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο ίδιο ασύρματο δίκτυο. Τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα LAN, παρείχαν στο παρελθόν ρυθμούς δεδομένων της τάξης από 1 Mbps έως 20 Mbps. Ωστόσο, με την εξάπλωση της χρήσης όλο και περισσότερων συσκευών, και για τις ανάγκες του διαδικτύου των πραγμάτων, όλη η προσπάθεια για την ανάπτυξη των δικτύων LAN εστιάστηκε στην αναβάθμιση των ταχυτήτων, με ρυθμούς δεδομένων της τάξης από 100 Mbps έως και 100 Gbps.

Επιπροσθέτως, για την ανάπτυξη της εμβέλειας του δικτύου σε τοπικό επίπεδο, εκτός από τον βασικό δρομολογητή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σημεία πρόσβασης (Access Points ή AP) (Αρμπατζόγλου, 2018). Τόσο η αναμετάδοση του σήματος, όσο και η μετάδοση απευθείας από έναν δρομολογητή, είναι δυνατόν να λειτουργήσουν με συχνότητες 2.4GHz και 5GHz αντίστοιχα.

2.3.2.1 Δίκτυα Wi-Fi και ασφάλεια

Γενικότερα, τα δίκτυα Wi-Fi, εκτός από την οικιακή χρήση ή την χρήση στον χώρο εργασίας, χρησιμοποιούνται και σε κοινόχρηστους χώρους, όπως καταστήματα, ξενοδοχεία, βιβλιοθήκες, αεροδρόμια κ.α. Σε αντίθεση με τους κοινόχρηστους χώρους, όταν αναφερόμαστε σε τοπικά δίκτυα για προσωπική χρήση, θεωρούμε δεδομένη την ασφάλεια του δικτύου με κάποιο κωδικό πρόσβασης. Οι κωδικοί αυτοί, προστατεύονται από αλγορίθμους ασφαλείας. Η εισαγωγή των αλγορίθμων αυτών, έγινε το 1999, σαν μέρος του αρχικού προτύπου ασύρματης δικτύωσης, με την ονομασία WEP (Wired Equivalent Privacy).

Με το WEP ως δικλείδα ασφαλείας, χρησιμοποιούνται δύο μέθοδοι ταυτοποίησης:

Μέθοδος 1^η: Πιστοποίηση Ανοιχτού Συστήματος (Open System Authentication).

Μέθοδος 2^η: Πιστοποίηση Διαμοιραζόμενου Κλειδιού (Shared Key Authentication).

Με την Πιστοποίηση Ανοιχτού Συστήματος, δεν χρειάζεται το άτομο που θέλει να συνδεθεί στο ασύρματο δίκτυο να αποστείλει διαπιστευτήρια κατά την διάρκεια της πιστοποίησης. Στην περίπτωση όμως που απαιτείται πιστοποίηση μέσω ενός διαμοιραζόμενου κλειδιού, δεν συμβαίνει το ίδιο. Πιο συγκεκριμένα, η διαδικασία που ακολουθείται παρουσιάζεται παρακάτω:

1

Το άτομο, στέλνει μια αίτηση πιστοποίησης στο σημείο πρόσβασης.

2

Το σημείο πρόσβασης απαντά με μια πρόσκληση απλού κειμένου.

3

Ο πελάτης κρυπτογραφεί το απλό κείμενο με το κλειδί WEP.

4

Το σημείο πρόσβασης αποκρυπτογραφεί την απόκριση και αν το κείμενο ταιριάζει με το κείμενο της πρόσκλησης, στέλνει πίσω μια θετική απόκριση.

Η ασφάλεια WEP με τη χρήση ενός διαμοιραζόμενου κλειδιού, χρησιμοποιεί έναν κρυπτογράφο ροής (RC4) με μέγιστο μήκος κλειδιού (IV) στα 24Bit. Σκοπός του κρυπτογράφου, είναι να αποτραπούν οι επαναλήψεις του κλειδιού. Ωστόσο, με μέγιστο μήκος 24Bit, είναι εύκολο να παραβιαστεί, αφού υπάρχει πιθανότητα έως και 50% για την επανάληψη του κλειδιού μετά από 5000 πακέτα. Για αυτόν τον λόγο, προτείνεται η μετάβαση στις νεότερες μεθόδους ασφαλείας, WPA/WPA2/WPA3 (Wi-Fi Protected Access / Wi-Fi Protected Access 2 / Wi-Fi Protected Access 3). Το WPA, έγινε διαθέσιμο το 2003 και θεωρήθηκε η ενδιάμεση πρόταση ασφαλείας μέχρι την διαθεσιμότητα του WPA2. Αν και τα δύο, είναι σαφώς ασφαλέστερα από το WEP, το WPA2 επιλύει επιπλέον ζητήματα συμβατότητας υλικολογισμικού που ενδεχομένως προκύπτουν μεταξύ των συσκευών και αφορούν την ασύρματη δικτύωση. Αυτή η αντικατάσταση, έφερε ως αποτέλεσμα την τροποποίηση του πρωτοκόλλου, από IEEE 802.11, σε IEEE 802.11i. Το WPA3, έγινε διαθέσιμο τον Ιανουάριο του 2018, παρέχοντας σημαντικές βελτιώσεις ασφαλείας σε σχέση με το WPA2. Συγκριτικά με παλαιότερα πρότυπα, το WPA3 χρησιμοποιεί κρυπτογραφική ισχύ 192Bit AES GCMP ενώ δεν επιτρέπει την χρήση παλαιότερων πρωτοκόλλων, αποτρέποντας έτσι την πρόσβαση σε μη-εξουσιοδοτημένους χρήστες. Επιπλέον, το WPA3, περιλαμβάνει ένα νέο πρωτόκολλο ελέγχου ταυτότητας που ονομάζεται «Ταυτόχρονος Έλεγχος Ταυτότητας Ίσων» (Simultaneous Authentication of Equals ή SAE). Ο συγκεκριμένος έλεγχος ταυτότητας, προστατεύει το δίκτυο από επιθέσεις ομής βίας (Brute Force) ή επιθέσεις λεξικού (Dictionary Attacks) που συνήθως χρησιμοποιούνται για παραβίαση. (Wikipedia, 2022). Επιπλέον, βασικό χαρακτηριστικό του SAE, είναι ότι χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο ανταλλαγής κλειδιών με πιστοποίηση κωδικού πρόσβασης (Password-Authenticated Key Exchange, PAKE). Αυτό σημαίνει ότι η διαδικασία ανταλλαγής κλειδιών συνδέεται με τον κωδικό πρόσβασης του χρήστη, γεγονός που το καθιστά πιο ασφαλές από τα παραδοσιακά πρωτόκολλα ανταλλαγής κλειδιών που δεν απαιτούν κωδικό πρόσβασης. Συγκεντρωτικά, το SAE είναι μια σημαντική προσθήκη στην ασφάλεια των δικτύων Wi-Fi και αποτελεί βασικό στοιχείο του προτύπου ασφαλείας WPA3. (Wikipedia, 2023).

2.3.3 Τα μητροπολιτικά δίκτυα υπολογιστών

Μητροπολιτικά δίκτυα (MAN), ονομάζονται τα δίκτυα που παρέχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα και εμβέλεια από τα δίκτυα LAN, και χρησιμοποιούνται από οργανισμούς, όπως είναι τα πανεπιστήμια. (Cloudflare, 2023). Συγκεκριμένα, τα μητροπολιτικά δίκτυα, συνδέουν πολλά τοπικά δίκτυα υπολογιστών μεταξύ τους, μέσω ενός δικτύου κορμού υψηλού εύρους

ζώνης, όπως είναι οι οπτικές ίνες, με αποτέλεσμα την τελική διασύνδεση τους με δίκτυα ευρείας περιοχής ή απευθείας με το διαδίκτυο. Η ανάγκη για την υλοποίηση αυτών των δικτύων γεννήθηκε ως απόρροια της ενδεχόμενης ανεπάρκειας μικρότερων σε εύρος δικτύων που χρησιμοποιούσαν την τεχνική διασύνδεσης από σημείο σε σημείο (Point-To-Point). Κατά αυτόν τον τρόπο, τα δίκτυα MAN, απευθύνονται σε πελάτες που έχουν ανάγκες για μεγαλύτερη αποδοτικότητα δικτύου με μικρό κόστος, την στιγμή που αντίστοιχες υπηρεσίες που παρέχονται από μια τηλεφωνική εταιρεία, δεν καλύπτουν τις ανάγκες τους. Στα μητροπολιτικά δίκτυα, χρησιμοποιούνται τεχνολογίες, όπως ο Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (ATM – Asynchronous Transfer Mode), η Επιλεγόμενη Υπηρεσία Δεδομένων πολλών Megabit (SMDS – Switched Multimegabit Data Service) και η Κατανεμημένη Οπτική Διεπαφή (FDDI – Fiber Distributed Data Interface). Αυτοί οι τρόποι σύνδεσης, με την εξέλιξη της τεχνολογίας αντικαθιστούνται με τεχνικές διασύνδεσης, όπως το Metro Ethernet. Οι ορισμοί αυτοί, παρουσιάζονται πιο αναλυτικά παρακάτω:

Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς (ATM)

Ο ασύγχρονος τρόπος μεταφοράς, είναι μία τεχνολογία μεταγωγής και πολυπλεξίας, σε επίπεδο κυψελίδων (Cells). Ονομάζεται έτσι, λόγω του τρόπου μεταφοράς των κυψελίδων. Ο τρόπος μεταφοράς λειτουργεί με τρόπο ώστε οι κυψελίδες να αναγνωρίζονται με προθεματικές ετικέτες και όχι από τη χρονική θέση. (@niharika123, 2021)

Επιλεγόμενη Υπηρεσία Δεδομένων (SMDS)

Η επιλεγόμενη υπηρεσία δεδομένων, είναι μια τεχνολογία μεταγωγής που επεκτείνει την απόδοση ενός τοπικού δικτύου (LAN) ανάλογα με τις ανάγκες, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να επεκταθεί και να υποστηρίξει συνδέσεις υψηλότερου και χαμηλότερου εύρους ζώνης. Η διαφορά της τεχνολογίας αυτής με την τεχνολογία της ασύγχρονης μεταφοράς δεδομένων (ATM), είναι πως στην επιλεγόμενη υπηρεσία δεδομένων, παρέχει εύρος ζώνης κατ' απαίτηση για γρηγορότερη μετάδοση δεδομένων χωρίς σύνδεση. Αυτό σημαίνει ότι δεν απαιτείται η σύνδεση μέσω του δικτύου πριν από την αποστολή δεδομένων. (Awati, 2021)

Κατανεμημένη Οπτική Διεπαφή (FDDI)

Η τεχνολογία κατανεμημένης οπτικής διεπαφής, χαρακτηρίζεται ως ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών (LAN), στο οποίο η διασύνδεση πραγματοποιείται με καλώδια οπτικών ινών. Η τεχνολογία αυτή, χρησιμοποιεί την τεχνολογία διπλών δακτυλίων με την κυκλοφορία σε κάθε δακτυλίδι να ρέει σε αντίθετες κατευθύνσεις οι οποίες αποκαλούνται αντίθετως περιστρεφόμενες. (Wikipedia, 2022)

Metro Ethernet

Metro Ethernet ή Ethernet MAN, ονομάζουμε ένα δίκτυο μητροπολιτικής περιοχής που βασίζεται στα πρότυπα του Ethernet και χρησιμοποιείται συνήθως για την διασύνδεση συνδρομητών ενός μεγάλου σε εύρος δικτύου υπηρεσιών.

2.3.4 Τα δίκτυα ευρείας περιοχής

Δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN), ονομάζουμε τα δίκτυα που καλύπτουν τεράστιες γεωγραφικές εκτάσεις, και βασίζονται συνήθως σε κυκλώματα που παρέχονται από κάποιο κοινό φορέα. (CompTia, σ. 1). Πιο συγκεκριμένα, ένα δίκτυο ευρείας περιοχής αποτελείται από πολλούς διασυνδεδεμένους κόμβους μεταγωγής δεδομένων. Η μετάδοση τους μπορεί να πραγματοποιηθεί από οποιαδήποτε συσκευή μέσω των συγκεκριμένων κόμβων προς την καθορισμένη συσκευή προορισμού. Στην πρώιμη υλοποίηση των δικτύων WAN, χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες, όπως η μεταγωγή κυκλώματος και η μεταγωγή πακέτων. Ωστόσο, με την πάροδο του χρόνου, οι παραπάνω τεχνικές αντικαταστάθηκαν με τον ασύγχρονο τρόπο μεταφοράς (ATM) και την τεχνική αναμετάδοσης πλαισίων (Frame Relay).

Η τεχνική αναμετάδοσης πλαισίων (Frame Relay), είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται στα δίκτυα ευρείας περιοχής για τη δημιουργία εικονικών κυκλωμάτων. Είναι ένας γρήγορος και αποτελεσματικός τρόπος μετάδοσης δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις και χρησιμοποιείται συχνά για τη σύνδεση συσκευών στο δίκτυο μιας εταιρείας σε απομακρυσμένες τοποθεσίες ή για τη σύνδεση πολλαπλών τοποθεσιών σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο. Πιο αναλυτικά, στην αναμετάδοση πλαισίων, τα δεδομένα μεταδίδονται με τη μορφή «πλαισίων» που περιέχουν μια επικεφαλίδα με πληροφορίες δρομολόγησης και ένα ωφέλιμο φορτίο με τα πραγματικά δεδομένα που μεταδίδονται. Αυτά τα πλαίσια αποστέλλονται μέσω του δικτύου στον προορισμό τους, όπου επανέρχονται στην αρχική τους μορφή. Τα δίκτυα αναμετάδοσης πλαισίου χρησιμοποιούνται συνήθως σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ανάγκη για μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας και όπου το δίκτυο πρέπει να μπορεί να διαχειριστεί μεγάλο όγκο κίνησης.

Εκτός του Frame Relay, τα δίκτυα WAN, βασίζονται σε υπηρεσίες που χρησιμοποιούν τεχνολογία Gigabit Ethernet ή σε τεχνολογίες πρωτοκόλλων διαδικτύου. Αναφορικά με το Gigabit Ethernet, είναι μια τεχνολογία που βασίζεται στα πρότυπα επικοινωνίας του Ethernet και υποστηρίζει θεωρητικά μέγιστη ταχύτητα που αγγίζει το 1 Gigabit ανά δευτερόλεπτο

(Gbps). Αν και για τα δίκτυα ευρείας περιοχής, η επίτευξη της παραπάνω ταχύτητας απαιτεί ως μέσο μετάδοσης την οπτική ίνα ή άλλες τεχνολογίες (καθώς οι αποστάσεις είναι μεγάλες), είναι παρομοίως λειτουργική και η χρήση συνεστραμμένων ζευγών χαλκού, όπως διαθέτουν τα καλώδια κατηγορίας 5e και 6. (Wikipedia, 2022)

2.3.4.1 Υλοποίηση ενός δικτύου ευρείας περιοχής, με οπτικές ίνες

Οι οπτικές ίνες είναι λεπτά νήματα από γυαλί ή πλαστικό που χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων με τη χρήση φωτός. Χρησιμοποιούνται συχνά σε δίκτυα ευρείας περιοχής (WAN) για τη μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, όπως μεταξύ πόλεων ή ακόμη και χωρών. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης οπτικών ινών στα δίκτυα WAN, είναι οι δυνατότητες υψηλού εύρους ζώνης. Πιο αναλυτικά, οι οπτικές ίνες μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα σε εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες, γεγονός που τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές που απαιτούν τη γρήγορη μετάδοση μεγάλου όγκου δεδομένων. Επιπλέον, είναι πολύ αξιόπιστες και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Είναι ανθεκτικές στις παρεμβολές και μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητα του σήματος. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης οπτικών ινών στα δίκτυα ευρείας περιοχής, είναι η ασφάλειά τους. Επειδή τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω φωτός, είναι δύσκολο να αποκτήσει κανείς πρόσβαση στα μεταδιδόμενα δεδομένα. Αυτό καθιστά τις οπτικές ίνες μια ασφαλή επιλογή για τη μετάδοση ευαίσθητων πληροφοριών. Η χρήση οπτικών ινών στα δίκτυα ευρείας περιοχής, γίνεται όλο και πιο συνηθισμένη λόγω του υψηλού εύρους ζώνης και της αξιόπιστης μετάδοσης δεδομένων. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, είναι πιθανό η χρήση οπτικών ινών σε WAN να γίνει ακόμη πιο διαδεδομένη.

2.4 Ασύρματες Επικοινωνίες και Πρωτόκολλα

2.4.1 Η οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναφερθούμε στην οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11. Τα συγκεκριμένα πρότυπα, χρησιμοποιούνται στα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN), και είναι ευρέως γνωστά ως «Wi-Fi» (Wireless-Fidelity). Όπως αναλύσαμε και προηγουμένως, τα δίκτυα Wi-Fi, έχουν αναπτυχθεί για προσωπική και επαγγελματική χρήση, σε οικιακά ή κοινόχρηστα περιβάλλοντα. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.1 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11, είναι το πρώτο πρότυπο που δημιούργησε το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, το 1997.

Πιο συγκεκριμένα, είναι το πρότυπο που επέτρεψε στα άτομα να συνδεθούν ασύρματα σε τοπικά δίκτυα, σε αντίθεση με το πρότυπο ενσύρματης δικτύωσης IEEE 802.3. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο, λειτουργεί στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 GHz με ονομαστικό ρυθμό μετάδοσης, τα 2 Mbit ανά δευτερόλεπτο. Επιπλέον, η εμβέλεια του υπολογίζεται περίπου στα 20 μέτρα σε πραγματικές συνθήκες χωρίς παρεμβολές. (Wikipedia, 2023)

Η ασύρματη συνδεσιμότητα μέσω αυτού το προτύπου, επιτυγχάνεται με τις μεθόδους μετάδοσης IR (Infrared), FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) και DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum).

Συνδεσιμότητα μέσω του οπτικού ασύρματου δικτύου IR

Ένα οπτικό ασύρματο δίκτυο IR (Infrared), αποτελείται από οπτικούς πομπούς και δέκτες χαμηλού κόστους. Μέσω αυτών, μεταδίδονται υπέρυθρα δεδομένα σε ένα συγκεκριμένο χώρο, όπως δωμάτιο ή ένα μικρό γραφείο. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιώντας τεχνολογία IR, οι υπολογιστές μπορούσαν να μεταφέρουν αρχεία και άλλα ψηφιακά δεδομένα αμφίδρομα. Η τεχνολογία υπέρυθρης μετάδοσης που χρησιμοποιήθηκε στα υπολογιστικά συστήματα ήταν παρόμοια με αυτή που χρησιμοποιείται στις μονάδες τηλεχειρισμού. (Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, κ. 1.3.1.1)

Συνδεσιμότητα μέσω της διασποράς φάσματος με εναλλαγή συχνοτήτων (FHSS)

Στην διασπορά φάσματος με εναλλαγή συχνοτήτων (FHSS), η ενέργεια του σήματος καταλαμβάνει κάποιο περιορισμένο φάσμα συχνοτήτων και κατανέμεται σε μεγαλύτερο φασματικό εύρος για την καλύτερη δυνατή αντοχή σε παρεμβολές. Η συνεχή αλλαγή της φέρουσας συχνότητας, πραγματοποιείται με συγκεκριμένο ρυθμό. (Wikipedia, 2022) (User, 2021).

Συνδεσιμότητα μέσω της διασποράς φάσματος με άμεση ακολουθία (DSSS)

Στην διασπορά φάσματος με άμεση ακολουθία (DSSS), το σήμα κατά την εκπομπή του διαμορφώνεται από ψευδοτυχαίο σε σήμα ευρέως φάσματος. Έτσι, κατανέμεται η ισχύς με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να προστατεύεται το δίκτυο από υποκλοπές. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.2 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11b

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11b, δημιουργήθηκε το 1999 και αποτελεί το δεύτερο πρότυπο ασύρματης δικτύωσης για τοπικά δίκτυα υπολογιστών.

Σε αντίθεση με το αρχικό, βασικό πρότυπο, 802.11, το πρωτόκολλο αυτό παρέχει ρυθμό μετάδοσης 11 Mbit ανά δευτερόλεπτο στην ζώνη συχνοτήτων 2.4 GHz. Ακόμη, η εμβέλεια του σε εσωτερικούς χώρους εκτιμάται περίπου στα 38 μέτρα ενώ οι πληροφορίες μεταδίδονται μέσω της μεθόδου μετάδοσης διασποράς φάσματος με άμεση ακολουθία (DSSS). Το 802.11b, βοήθησε στην εκτόξευση του πρώτου κύματος ασύρματης οικιακής και επαγγελματικής δικτύωσης. Με την εισαγωγή του το 1999, οι κατασκευαστές ευρυζωνικών δρομολογητών, ξεκίνησαν να πωλούν δρομολογητές Wi-Fi παράλληλα με τα ενσύρματα μοντέλα Ethernet που είχαν παράγει πριν. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.3 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11a

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11a, είναι το πρώτο πρότυπο που υποστηρίζει την τεχνολογία ορθογώνιας πολυπλεξίας – διαίρεσης συχνοτήτων (OFDM), επικυρώνοντας το πρότυπο το 1999. Πιο αναλυτικά, το «Wi-Fi 2», όπως αυτό χαρακτηρίζεται άτυπα, είναι το πρώτο ασύρματο δίκτυο που λειτουργεί στην ζώνη των 5 GHz με ταχύτητα που κυμαίνεται από 6 έως 54 Mbit ανά δευτερόλεπτο. Η χρήση της ζώνης των 5 GHz, παρά την υψηλή ταχύτητα που προσφέρει λόγω του εύρους της συχνότητας, μπορεί, ενδεχομένως, να υποβαθμίσει την συνδεσιμότητα λόγω των παρεμβολών που μπορεί να προκύψουν σε περιβάλλοντα που παρεμποδίζονται από τοίχους ή άλλα αντικείμενα. (Wikipedia, 2022)

Συνδεσιμότητα μέσω της ορθογώνιας πολυπλεξίας και διαίρεσης συχνοτήτων (OFDM)

Με την ορθογώνια πολυπλεξία και διαίρεση των συχνοτήτων (OFDM), το διαθέσιμο φάσμα συχνοτήτων διαχωρίζεται σε υποφορείς (Subcarriers), με στόχο την ταυτόχρονη μετάδοση της πληροφορίας από κανάλια χαμηλού ρυθμού. Ανάλογα, λοιπόν, με τον επιθυμητό ρυθμό μετάδοσης, κάθε ένας από τους υποφορείς διαμορφώνεται από μια ροή δεδομένων με την χρήση των τεχνολογιών μετατόπισης φάσης (PSK) και τετραγωνικής μετατόπισης πλάτους (QAM). (Cisco, 2023)

2.4.1.4 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11g

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11g, δημιουργήθηκε το 2003 και είχε ως στόχο να διεκπεραιώσει ταχύτητες έως και 54 Mbit ανά δευτερόλεπτο στο ίδιο εύρος ζώνης που χρησιμοποιεί και το πρότυπο 802.11b (20MHz). Αναλυτικότερα στις τεχνικές προδιαγραφές του πρωτοκόλλου, το 802.11g λειτουργεί στην ζώνη 2.4 GHz, διατηρώντας πλήρη συμβατότητα με το αμέσως προηγούμενο πρότυπο. Η εμβέλεια του ασύρματου δικτύου, είναι περίπου 38 μέτρα, ενώ τα δεδομένα να μεταδίδονται μέσω της ορθογώνιας πολυπλεξίας – διαίρεσης συχνοτήτων (Orthogonal Frequency – Division Multiplexing ή OFDM), όπως ακριβώς και στο πρωτόκολλο IEEE 802.11a. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.5 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11n

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11n, δημιουργήθηκε το 2008 και είναι το πρώτο πρότυπο που λαμβάνει την επίσημη διακριτική ονομασία «Wi-Fi 4», από την Wi-Fi Alliance, ενός οργανισμού ανεξάρτητου της IEEE, που είναι υπεύθυνος για τις εμπορικές ονομασίες και τις πιστοποιήσεις της οικογένειας πρωτοκόλλων ασύρματης δικτύωσης σε τοπικό επίπεδο. Σε αντίθεση με τα προηγούμενα πρότυπα, το Wi-Fi 4, υποστηρίζει -εκτός της ζώνης των 2.4 GHz-, συνδεσιμότητα μέσω του φάσματος των 5 GHz. Επιπλέον, αποτελεί το πρώτο πρωτόκολλο που υποστηρίζει την τεχνολογία MIMO (Multiple Input – Multiple Out). (Wikipedia, 2022)

Συνδεσιμότητα μέσω πολλαπλών εισόδων και εξόδων (MIMO)

Η τεχνολογία πολλαπλών εισόδων και εξόδων (MIMO), είναι μια μέθοδος πολλαπλασιασμού του εύρους μιας ζεύξης, χρησιμοποιώντας πολλαπλές κεραιές μετάδοσης και λήψης. Μέσω αυτών των κεραιών μετάδοσης, επιτυγχάνεται η διάδοση από πολλαπλές διαδρομές. Εκτός της χρήσης του στην ασύρματη τεχνολογία Wi-Fi 4 (ή μεταγενέστερες εκδόσεις Wi-Fi), η τεχνολογία MIMO, αξιοποιείται και στα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας τέταρτης και πέμπτης γενιάς (4G & 5G).

2.4.1.6 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ac

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ac, δημιουργήθηκε το 2014 λαμβάνοντας την εμπορική ονομασία «Wi-Fi 5».

Συγκριτικά με το Wi-Fi 4, το συγκεκριμένο πρωτόκολλο παρέχει ορισμένα νέα χαρακτηριστικά, όπως την επέκταση του εύρους ζώνης (Bandwidth) στα 160 MHz, την υποστήριξη περισσότερων χωρικών ροών (διπλάσιων του Wi-Fi 4), την χρήση της τεχνολογίας MIMO για πολλαπλούς χρήστες (Multi User-MIMO ή MU-MIMO) κ.α.

Σχετικά με τις χωρικές ροές ενός ασύρματου δικτύου

Χωρικές Ροές (Spatial Streams), ονομάζουμε τις συνδέσεις που πραγματοποιούνται μεταξύ του δρομολογητή και της συσκευής του χρήστη (αποδέκτης δεδομένων). Πιο συγκεκριμένα, όταν τα σήματα μεταδίδονται από πολλαπλές κεραίες (δηλ. ένα περιβάλλον MIMO), η πληροφορία πολυπλέκεται από πολλές ροές στο ίδιο φασματικό κανάλι. Οι χωρικές ροές, μπορούν να αυξήσουν τους ρυθμούς δεδομένων και τη χωρητικότητα των δικτύων, καθιστώντας την μια σημαντική τεχνολογία στις σύγχρονες τηλεπικοινωνίες.

Πιο αναλυτικά, είναι ένα πρότυπο που υποστηρίζει συνδέσεις μόνο στην ζώνη των 5 GHz, η οποία αναμφισβήτητα πολλαπλασιάζει την ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων, ωστόσο τα σήματα έχουν μικρότερη εμβέλεια συγκριτικά με την ζώνη των 2.4 GHz. Με το Wi-Fi 5, η ταχύτητα μετάδοσης κυμαίνεται από 433 Mbit έως και 6.9 Gbit ανά δευτερόλεπτο σε εμβέλεια μικρότερη των 70 μέτρων. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.7 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ax

Το πρωτόκολλο IEEE 802.11ax, παρουσιάστηκε το 2019 και αποτελεί το έκτης γενιάς πρότυπο, με την Wi-Fi Alliance να το αποδίδει ως «Wi-Fi 6». Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο, υποστηρίζει ασύρματη επικοινωνία από τις μπάντες 2.4 και 5 GHz, με ταχύτητες που κυμαίνονται από 574 Mbit έως και 9.6 Gbit ανά δευτερόλεπτο. Επιπλέον, το «Wi-Fi 6E», είναι η έκδοση Wi-Fi του ίδιου πρωτοκόλλου, με την διαφορά πως στο συγκεκριμένο δίνεται επιπλέον η δυνατότητα για σύνδεση στην μπάντα των 6 GHz. Κύριος στόχος του Wi-Fi 6 και του Wi-Fi 6E, είναι η ενίσχυση της απόδοσης για περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας, όπως είναι τα εταιρικά γραφεία, τα εμπορικά κέντρα ή τα μεγάλα διαμερίσματα. Για αυτόν ακριβώς τον σκοπό, το Wi-Fi 6 και 6E, είναι γνωστά και ως Wi-Fi υψηλής απόδοσης (High Efficiency Wi-Fi). Πιο αναλυτικά, συγκριτικά με το πρότυπο 802.11ac, η συνολική αύξηση της απόδοσης, υπολογίζεται κατά 300% με ταυτόχρονη μείωση της καθυστέρησης του δικτύου κατά 75%. Για την επίτευξη των παραπάνω, χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία της ορθογώνιας πολυπλεξίας και διαίρεσης (OFDM), αυτή τη φορά όμως, με δυνατότητες πολλαπλής πρόσβασης (OFDMA).

Πιο συγκεκριμένα, η ανάθεση των υποσυνόλων (Subsets) σε μεμονωμένους χρήστες, επιτρέπει την ταυτόχρονη μετάδοση των δεδομένων με χαμηλό ρυθμό από πολλά άτομα ταυτόχρονα. (Wikipedia, 2023)

2.4.1.8 Το πρωτόκολλο IEEE 802.11be

Το IEEE 802.11be, πρόκειται να είναι το επόμενο πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης, γνωστό και ως «Wi-Fi 7» ή «Wi-Fi Εξαιρετικά Υψηλής Απόδοσης» (EHT). Οι δυνατότητες του προτύπου αυτού, παρουσιάστηκαν το 2021, ενώ η εμπορική διαθεσιμότητα του εκτιμάται το 2024. Το Wi-Fi 7, θα λειτουργεί στις μπάντες 2.4, 5 και 6 GHz, με τις ταχύτητες να κυμαίνονται από 1.3 έως 46.12 Gbit ανά δευτερόλεπτο. Συγκριτικά με την έκδοση Wi-Fi 6 και 6E, το Wi-Fi 7 προσφέρει βελτιωμένη κατανομή πόρων με δυνατότητες πολλαπλής πρόσβασης (OFDMA), άριστη συμβατότητα με τα προηγούμενα πρότυπα ασύρματης δικτύωσης και αυξημένο εύρος ζώνης έως 320 MHz (160+160 MHz).

Τέλος, σχετικά με την τεχνολογία πολλαπλών εισόδων και εξόδων (MIMO), οι χωρικές ροές (Spatial Streams) διπλασιάζονται συγκριτικά με το Wi-Fi 5 (8 χωρικές ροές), αυξάνοντας τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. (Wikipedia, 2023)

Συνολικά, οι τεχνικές προδιαγραφές, οι εμπορικές ονομασίες και η ημερομηνία δημιουργίας του κάθε προτύπου της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE 802.11 παρουσιάζονται στον πίνακα της επόμενης σελίδας:

| Γενιά Wi-Fi | IEEE | Ταχύτητες (Mbit) | Ημερομηνία Δημιουργίας | Συχνότητες (GHz) | Εμβέλεια (Μέτρα) | Μέθοδος Μετάδοσης |
|-------------|----------|------------------|------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Wi-Fi 7 | 802.11be | ~1376-46120 | (Εκτιμάται) 2024 | 2.4/5/6 | * | OFDMA |
| Wi-Fi 6, 6E | 802.11ax | ~574-9608 | 2019/2020 | 2.4/5/6 | ~80 | OFDMA |
| Wi-Fi 5 | 802.11ac | ~433-6933 | 2014 | 5 | ~70 | OFDM |
| Wi-Fi 4 | 802.11n | ~72-600 | 2008 | 2.4/5 | ~70 | OFDM |
| Wi-Fi 3 | 802.11g | ~6-54 | 2003 | 2.4 | ~38 | OFDM/DSSS |
| Wi-Fi 2 | 802.11a | ~6-54 | 1999 | 2.4 | ~35 | OFDM |
| Wi-Fi 1 | 802.11b | ~1-11 | 1999 | 5 | ~35 | DSSS |
| Wi-Fi 0 | 802.11 | ~1-2 | 1997 | 2.4 | ~20 | IR/FHSS/DSSS |

Πίνακας 2: Τεχνική ανάλυση της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE 802.11 (*Δεν έχει ακόμα διευκρινιστεί η εμβέλεια).

(Αντληση δεδομένων από: Wikipedia – Τελευταία Επεξεργασία: 2023)

2.4.2 Η μετάδοση των δεδομένων μέσω των προτύπων ασύρματης δικτύωσης

Αναλύοντας την οικογένεια πρωτοκόλλων IEEE 802.11, έγιναν αναφορές στις μεθόδους μετάδοσης των δεδομένων. Μερικές από αυτές, είναι η μετάδοση μέσω της διασποράς φάσματος με εναλλαγή συχνοτήτων (FHSS), η μετάδοση μέσω της τεχνολογίας ορθογώνιας πολυπλεξίας (OFDM) και η μετάδοση μέσα από πολλαπλά κανάλια μετάδοσης εισόδων και εξόδων (MIMO). Με την τεχνολογία να αναπτύσσεται ραγδαία, και για τις ανάγκες για όλο και γρηγορότερη μετάδοση των πληροφοριών μέσα από ασύρματα δικτυακά συστήματα, οι παραπάνω μέθοδοι εξυπηρετούν πλέον πολλαπλούς χρήστες σε τοπικό επίπεδο WLAN, μεταβάλλοντας έτσι την ονομασία, τις δυνατότητες, και τον εξοπλισμό των συσκευών δικτύου. Για παράδειγμα, οι τεχνολογίες MU-MIMO και OFDMA, προσφέρουν καλύτερη απόδοση σε σχέση με τις αρχικές τεχνικές MIMO και OFDM. (Cisco, 2022). Επιπλέον, αξίζει να επισημανθεί πως εκτός της μεγαλύτερης ταχύτητας μετάδοσης, επηρεάζεται και η ενεργειακή απόδοση. Αναλυτικότερα για την επέκταση του εύρους ζώνης, η υποστήριξη για τα κανάλια 80 και 160 MHz, απαιτεί τεχνικές CSMA (Carrier Sense Multiple Access (Beard, Stallings, 2018)

Πιο συγκεκριμένα, μέσω αυτών, οι συσκευές ορίζουν κύρια κανάλια και εκτελούν τυπικές διαδικασίες εκτίμησης της κατάστασης του καναλιού, δηλαδή αν αυτό είναι ελεύθερο ή όχι. Στην συνέχεια, πραγματοποιείται έλεγχος σε δευτερεύοντα κανάλια για την επίτευξη της επέκτασης του εύρους ζώνης έως 160 MHz. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα, πως οι συσκευές δικτύου με τεχνολογία CSMA, μπορούν δυναμικά να διευρύνουν την εκχώρηση του εύρους ζώνης σε κάθε πλαίσιο, σύμφωνα πάντα με τα κανάλια που είναι διαθέσιμα. (Wikipedia, 2022).

2.4.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των τοπικών ασύρματων επικοινωνιών

Οι ασύρματες επικοινωνίες και τα ασύρματα δίκτυα σε τοπικό επίπεδο WLAN, παρέχουν γρήγορη και εύκολη σύνδεση μεταξύ των συσκευών (δρομολογητών, υπολογιστών, κινητών τηλεφώνων κ.α.), με την βοήθεια του Wi-Fi. Αναλυτικότερα, βασικό πλεονέκτημα των ασύρματων δικτύων, είναι πως βρίσκονται παντού, ακόμα και εκτός του προσωπικού μας χώρου. Αυτό σημαίνει πως η πρόσβαση στο διαδίκτυο από κοινόχρηστους χώρους, αεροδρόμια, και γενικότερα σε περιβάλλοντα που είναι μεγάλα σε έκταση, πραγματοποιείται άμεσα και ευέλικτα. Επιπροσθέτως, μέσω των ασύρματων δικτύων, μπορούν ταυτόχρονα να εξυπηρετηθούν πολλοί χρήστες αν υπάρχει ο απαραίτητος εξοπλισμός, σε αντίθεση με τα

ενσύρματα δίκτυα που κατά βάση θεωρούνται πιο περιορισμένα σε ότι αφορά την πρόσβαση στο δίκτυο. Ωστόσο, σε μερικές περιπτώσεις η ενσύρματη δικτύωση υπερτερεί της ασύρματης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση που ένα δίκτυο Wi-Fi δεν έχει την κρυπτογράφηση που απαιτείται για να είναι τα δεδομένα ασφαλή, πολλές πληροφορίες τα τελευταία θέτονται σε κίνδυνο. Επίσης, βασικά μειονεκτήματα της τοπικής ασύρματης επικοινωνίας, είναι η μειωμένη εμβέλεια και η αξιοπιστία που παρέχουν στον χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, οι παρεμβολές ή άλλα περίπλοκα φαινόμενα που βασίζονται στο περιβάλλον που λειτουργεί το ασύρματο δίκτυο, είναι ορισμένες φορές μη διαχειρίσιμα. Επακόλουθα των προβλημάτων αυτών, είναι η μείωση της ταχύτητας και της αποδοτικότητας της μετάδοσης των δεδομένων, από συσκευή σε συσκευή. Για αυτό τον σκοπό, τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας, χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες για την διεκπεραίωση των παραπάνω ζητημάτων που εμποδίζουν την πρόσβαση στο διαδίκτυο οπουδήποτε. (iPoint, 2011)

3. Τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας

3.1 Σχετικά με τα ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας

3.1.1 Ποια είναι τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας;

Τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας, έχουν σχεδιαστεί για να υποστηρίζουν μεγάλο αριθμό συσκευών και μεγάλο όγκο κίνησης σε χώρους με πολύ κόσμο, όπως στάδια ή συνεδριακά κέντρα. Αυτά τα πρότυπα, όπως τα IEEE 802.11ac, 802.11ax ή μεταγενέστερες εκδόσεις Wi-Fi, χαρακτηρίζονται από υψηλό εύρος ζώνης, χωρητικότητα και κάλυψη, τα οποία τους επιτρέπουν να αντιμετωπίζουν τις παρεμβολές και την συμφόρηση στο δίκτυο. Για την αποτελεσματική ανάπτυξη και λειτουργία ενός δημόσιου ασύρματου δικτύου υψηλής πυκνότητας, είναι σημαντικό να ληφθούν υπόψη παράγοντες όπως το μέγεθος και η διάταξη του χώρου, ο αριθμός και οι τύποι των συσκευών που θα συνδεθούν στο δίκτυο και οι ειδικές απαιτήσεις του περιβάλλοντος. Με την επιλογή του σωστού προτύπου Wi-Fi και τη σωστή εφαρμογή του, είναι δυνατή η παροχή αξιόπιστης και υψηλής ποιότητας ασύρματης συνδεσιμότητας που απευθύνεται σε μεγάλο αριθμό χρηστών.

3.1.2 Ποια είναι η χρησιμότητα τους στην καθημερινότητα των ανθρώπων;

Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας είναι χρήσιμα επειδή παρέχουν εξαιρετικής ποιότητας ασύρματη συνδεσιμότητα σε μεγάλο αριθμό χρηστών, σε χώρους με πολύ κόσμο.

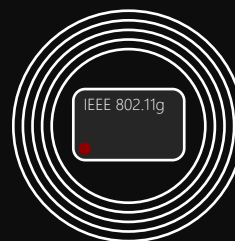
Κατά συνέπεια, αυτό επιτρέπει στους χρήστες να συνδέονται στο δίκτυο και να έχουν πρόσβαση στο ίντερνετ, καθώς και να χρησιμοποιούν εφαρμογές και υπηρεσίες που απαιτούν σταθερή και γρήγορη ασύρματη σύνδεση. Επιπλέον, τα πρότυπα Wi-Fi που χρησιμοποιούνται για την συνδεσιμότητα, μπορούν να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα συσκευών και πρωτοκόλλων, καθιστώντας τα ευέλικτα και προσαρμόσιμα στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών. Συνολικά, η χρησιμότητα αυτών των προτύπων έγκειται στην ικανότητά τους να παρέχουν απρόσκοπτη και αποτελεσματική ασύρματη σύνδεση, σε αντίθεση με παλιές τεχνολογίες που δεν υποστηρίζουν τέτοιου είδους ευελιξία.

3.1.3 Γιατί οι παλιές ασύρματες τεχνολογίες δεν καλύπτουν τα δημόσια ασύρματα δικτυακά περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας;

Οι παλιές ασύρματες τεχνολογίες δεν είναι κατάλληλες για αυτού τους είδους τα περιβάλλοντα δικτύωσης, επειδή δεν έχουν σχεδιαστεί για να αντιμετωπίζουν τις απαιτήσεις ενός μεγάλου σε εύρους δικτύου. Πιο συγκεκριμένα, τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, έχουν συνήθως μεγάλο αριθμό συσκευών και μεγάλο όγκο κίνησης, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε παρεμβολές, συμφόρηση και άλλα προβλήματα αν δεν χρησιμοποιηθούν οι κατάλληλες τεχνολογίες και πρότυπα. Συγκεντρωτικά, οι παλαιότερες τεχνολογίες ενδέχεται να μην υποστηρίζουν το ευρύ φάσμα συσκευών και πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται συνήθως σε δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, καθιστώντας τις λιγότερο ευέλικτες και προσαρμόσιμες. Αντιθέτως, οι νεότερες ασύρματες τεχνολογίες, είναι καταλληλότερες επειδή έχουν σχεδιαστεί για να αντιμετωπίζουν τα παραπάνω προβλήματα. Για την καλύτερη κατανόηση των προβλημάτων που μπορεί να προκύψουν στην ενσωμάτωση παλαιότερων τεχνολογιών στα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, παρακάτω αναλύονται οι λόγοι που οι παλιές τεχνολογίες δεν συνιστώνται:

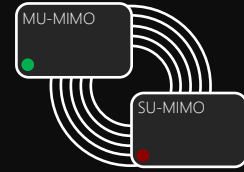
Περιορισμένο εύρος ζώνης

Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας απαιτούν συχνά μεγάλο εύρος ζώνης για την υποστήριξη των πολλών συσκευών και εφαρμογών που έχουν ταυτόχρονη πρόσβαση στο δίκτυο. Οι παλαιότερες ασύρματες τεχνολογίες ενδέχεται να μην έχουν το εύρος ζώνης για να υποστηρίξουν αυτό το επίπεδο ζήτησης, οδηγώντας σε αργές επιδόσεις και κακή εμπειρία χρήστη.



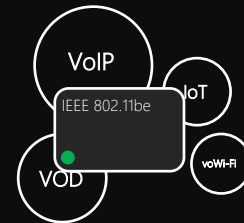
Περιορισμένες προηγμένες λειτουργίες

Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας συχνά απαιτούν προηγμένα χαρακτηριστικά, όπως την διαμόρφωση δέσμης και τεχνικές MU-MIMO, για τη βελτίωση της κάλυψης, της χωρητικότητας και της αποδοτικότητας. Οι παλαιότερες ασύρματες τεχνολογίες ενδέχεται να μην διαθέτουν αυτά τα χαρακτηριστικά, γεγονός που μπορεί να περιορίσει την απόδοσή τους σε περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας.



Περιορισμένη υποστήριξη συσκευών και πρωτοκόλλων

Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας συχνά υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα συσκευών και πρωτοκόλλων, όπως συσκευές IoT, τηλέφωνα VoIP και βίντεο συνεχούς ροής. Οι παλαιότερες ασύρματες τεχνολογίες ενδέχεται να μην υποστηρίζουν αυτές τις συσκευές και τα πρωτόκολλα, γεγονός που τις καθιστά λιγότερο ευέλικτες και προσαρμόσιμες στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των χρηστών, όταν αυτές βασίζονται σε ένα περιβάλλον που η γεωγραφική έκταση δεν συγκρίνεται με αυτή ενός γραφείου ή ενός δωματίου.



3.1.4 Τι εφαρμογές μπορούν να έχουν στο μέλλον;

Τα πρότυπα Wi-Fi για περιβάλλοντα δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας, όπως το 802.11ac ή μεταγενέστερες εκδόσεις Wi-Fi, έχουν τη δυνατότητα να υποστηρίξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στο μέλλον. Ορισμένες πιθανές εφαρμογές περιλαμβάνουν το διαδίκτυο των πραγμάτων, την συνεχή ροή βίντεο και τις τηλεφωνικές κλήσεις μέσω ίντερνετ.

3.1.4.1 Το διαδίκτυο των πραγμάτων

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αναφέρεται στο αυξανόμενο δίκτυο φυσικών αντικειμένων που είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο και μπορούν να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα.

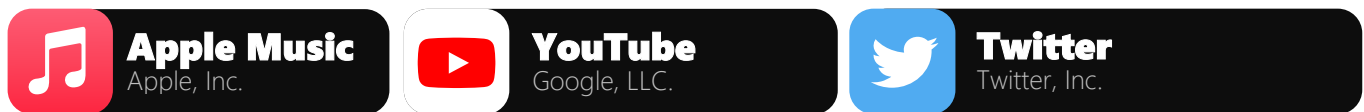
Αυτά τα αντικείμενα, που συχνά αναφέρονται ως «έξυπνες συσκευές», κυμαίνονται από απλές συσκευές, όπως έξυπνοι θερμοστάτες και κάμερες ασφαλείας, έως πιο σύνθετες συσκευές, όπως βιομηχανικά μηχανήματα και συστήματα μεταφοράς που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε δίκτυα υψηλής πυκνότητας.

Ένα από τα κύρια οφέλη του διαδικτύου των πραγμάτων, είναι η δυνατότητα παρακολούθησης και ελέγχου των συσκευών από απόσταση, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη αποδοτικότητα και ευκολία. Επί παραδείγματι, ένας έξυπνος θερμοστάτης μπορεί να παρέχει στον χρήστη ένα πρόγραμμα βασισμένο στις ανάγκες του, ρυθμίζοντας έτσι την θερμοκρασία, εξοικονομώντας ταυτόχρονα ενέργεια και χρήματα. Επίσης, σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον, αυτού τους είδους οι συσκευές, βελτιστοποιούν τις διαδικασίες παραγωγής ενώ συνάμα αποφεύγονται οι βλάβες των εξοπλισμών. Συνολικά, το IoT, έχει τη δυνατότητα να επιφέρει σημαντικά οφέλη όσον αφορά την αποτελεσματικότητα και την ευκολία, αλλά είναι σημαντικό να εξεταστούν προσεκτικά οι πιθανοί κίνδυνοι και να διασφαλιστεί ότι λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων. Ειδικότερα σε δίκτυα υψηλής πυκνότητας, όπου υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση συσκευών IoT, μερικά παραδείγματα συσκευών περιλαμβάνουν δυνατότητες, όπως:

1. Την προστασία του περιβάλλοντος: Οι αισθητήρες που συμμετέχουν στο διαδίκτυο των πραγμάτων χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, των επιπέδων θορύβου και της θερμοκρασίας σε πολυσύχναστες αστικές περιοχές. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της δημόσιας υγείας και ασφάλειας.
2. Την παρακολούθηση δημόσιων μεταφορών: Λεωφορεία, τρένα και άλλες μορφές δημόσιων μεταφορών μπορούν να εξοπλιστούν με αισθητήρες IoT που παρακολουθούν τη θέση, την ταχύτητα και τη χωρητικότητά τους σε πραγματικό χρόνο. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας του συστήματος μεταφορών.
3. Έλεγχος πλήθους: Οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο του πλήθους σε δημόσιους χώρους, επιτρέποντας στους διοργανωτές εκδηλώσεων και στο προσωπικό ασφαλείας να ανταποκρίνονται γρήγορα σε πιθανούς κινδύνους για την ασφάλεια.

3.1.4.2 Οι κινητές εφαρμογές

Οι εφαρμογές για κινητά είναι εφαρμογές λογισμικού που έχουν σχεδιαστεί για να εκτελούνται σε έξυπνα τηλέφωνα και άλλες κινητές συσκευές. Συνήθως διατίθενται για λήψη μέσω καταστημάτων εφαρμογών ή αγορών και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτέλεση ευρέος φάσματος εργασιών, από την αναπαραγωγή παιχνιδιών και την ακρόαση μουσικής έως τη διαχείριση οικονομικών και την κράτηση ταξιδιών. Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά των εφαρμογών για κινητά είναι ότι έχουν σχεδιαστεί για χρήση εν κινήσει, επιτρέποντας στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε ψυχαγωγικό περιεχόμενο ή να εκτελούν εργασίες από οπουδήποτε υπάρχει σύνδεση στο διαδίκτυο. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής αποτελεί η εφαρμογή Apple Music της Apple. Πιο συγκεκριμένα, στο Apple Music, οι χρήστες επιλέγουν μουσική για να κάνουν streaming στη συσκευή τους on-demand παρέχοντας βιομηχανικό πρότυπο υψηλής ποιότητας ρυθμό μετάδοσης bit 256 kbit/s AAC. (Wikipedia, 2023, Reception)

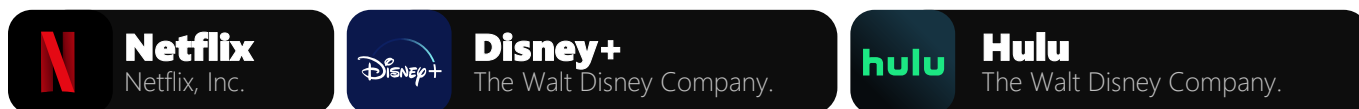


Σχηματικά 9, 10, 11: Παραδείγματα κινητών εφαρμογών που απαιτούν ισχυρή σύνδεση στο διαδίκτυο. (Λογότυπα των εφαρμογών Apple Music, YouTube, Twitter).

3.1.4.3 Βίντεο συνεχούς ροής και βίντεο κατ' απαίτηση

Με το βίντεο συνεχούς ροής (Streaming), αναφερόμαστε στη δυνατότητα συνεχούς αναπαραγωγής ενός βίντεο χωρίς να χρειάζεται ο χρήστης να ξεκινήσει ή να σταματήσει χειροκίνητα την αναπαραγωγή. Αυτός ο τύπος ροής χρησιμοποιείται συχνά για ζωντανές εκδηλώσεις, όπως αθλητικοί αγώνες ή συναυλίες, όπου το βίντεο καταγράφεται και μεταδίδεται σε πραγματικό χρόνο. Η συνεχής ροή βίντεο απαιτεί σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο με υψηλό εύρος ζώνης, ώστε να διασφαλίζεται η ομαλή μετάδοση του βίντεο χωρίς διακοπή. Το βίντεο κατ' απαίτηση (Video On-Demand ή VOD), είναι ένας τύπος υπηρεσίας ροής που επιτρέπει στους χρήστες να επιλέγουν ποιο βίντεο θέλουν να παρακολουθήσουν και πότε θέλουν να το παρακολουθήσουν. Οι υπηρεσίες VOD, όπως το Netflix και το Disney+, διαθέτουν συνήθως μια μεγάλη βιβλιοθήκη ταινιών και τηλεοπτικών εκπομπών από τις οποίες οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν και να παρακολουθήσουν όποτε τους βολεύει.

Όπως και στην περίπτωση της συνεχής ροής βίντεο, οι υπηρεσίες Video On-Demand απαιτούν σταθερή σύνδεση στο διαδίκτυο με υψηλό εύρος ζώνης για να εξασφαλιστεί η ομαλή αναπαραγωγή. Η αυξανόμενη δημοτικότητα του Streaming και του βίντεο κατ' απαίτηση, έχει οδηγήσει σε μεγαλύτερη ζήτηση για δίκτυα υψηλής πυκνότητας σε δημόσιους χώρους. Τα δίκτυα αυτά είναι απαραίτητα για την υποστήριξη του μεγάλου όγκου δεδομένων που μεταδίδονται κατά τη ροή βίντεο και εξασφαλίζουν την ομαλή μετάδοση του βίντεο χωρίς διακοπές. (Wikipedia, 2023)

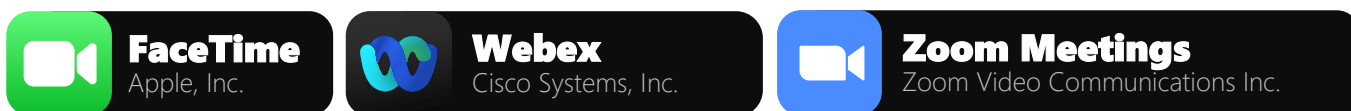


Σχηματικά 12, 13, 14: Παραδείγματα υπηρεσιών που παρέχουν βίντεο κατ' απαίτηση.
(Λογότυπα των εφαρμογών Netflix, Disney+, Hulu).

Συγκεντρωτικά, οι υπηρεσίες Streaming και VOD βασίζονται σε σταθερές συνδέσεις διαδικτύου υψηλού εύρους ζώνης για να διασφαλίσουν την ομαλή αναπαραγωγή. Τα δίκτυα Wi-Fi υψηλής πυκνότητας είναι κατάλληλα για την ικανοποίηση των απαιτήσεων αυτών των υπηρεσιών, καθώς μπορούν να υποστηρίξουν ταυτόχρονα μεγάλο αριθμό συσκευών και να προσφέρουν ταχύτερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.

3.1.4.4 Τηλεφωνικές κλήσεις μέσω διαδικτύου

Το VoIP (Voice over Internet Protocol) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στους χρήστες να πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις μέσω του διαδικτύου και λειτουργεί μετατρέποντας τα αναλογικά ηχητικά σήματα μιας τηλεφωνικής κλήσης σε ψηφιακά πακέτα δεδομένων που μπορούν να μεταδοθούν μέσω ίντερνετ. Μερικές εφαρμογές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία VoIP, είναι το FaceTime της Apple και το Webex της Cisco. (Wikipedia, 2023)

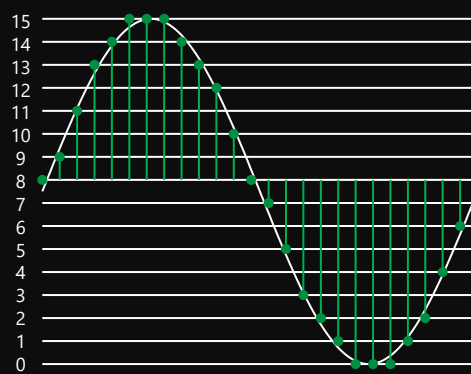


Σχηματικά 15, 16, 17: Παραδείγματα υπηρεσιών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία VoIP.
(Λογότυπα των εφαρμογών FaceTime, Webex, Zoom Meetings).

Υπάρχουν διάφορες τεχνικές προδιαγραφές που είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση του VoIP. Αυτές περιλαμβάνουν την κωδικοποίηση, το εύρος ζώνης και την καθυστέρηση. Σχετικά με την κωδικοποίηση (Encoder), αναφερόμαστε στον τύπο αλγορίθμου που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση των δεδομένων ήχου. Διαφορετικοί κωδικοποιητές έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, όπως η ποσότητα δεδομένων που χρησιμοποιούν και το επίπεδο ποιότητας ήχου που παρέχουν. Ορισμένοι κωδικοποιητές που χρησιμοποιούν το VoIP περιλαμβάνουν τους G.711 και G.729.

Κωδικοποιητές ήχου G.711 και G.729

Ο G.711 είναι ένας κωδικοποιητής που χρησιμοποιεί διαμόρφωση παλμικού κώδικα (PCM) για την κωδικοποίηση των ηχητικών σημάτων και είναι γνωστός για την υψηλή ποιότητα και τη χαμηλή καθυστέρηση. Ωστόσο, απαιτεί μεγάλο εύρος ζώνης για τη μετάδοση των μεγάλων ποσοτήτων δεδομένων που παράγει. Αντιθέτως, ο G.729, είναι ένας κωδικοποιητής που χρησιμοποιείται για συμπιεσμένη ψηφιακή μετάδοση φωνής. Χρησιμοποιεί μια τεχνική που ονομάζεται Code Excited Linear Prediction (CELP) για την κωδικοποίηση ηχητικών σημάτων και είναι γνωστός για τις χαμηλές απαιτήσεις του σε εύρος ζώνης. Ωστόσο, ενδέχεται να έχει υψηλότερη καθυστέρηση σε σύγκριση με τον G.711. (Wikipedia, 2022-2023).



Σχηματικό 18: Η διαμόρφωση παλμικού κώδικα (PCM).

Επιπρόσθετα η τεχνολογία VoIP απαιτεί ένα ορισμένο ποσό εύρους ζώνης (Bandwidth) για τη μετάδοση των πακέτων δεδομένων. Η ποσότητα του απαιτούμενου εύρους ζώνης εξαρτάται από τον αριθμό των ταυτόχρονων κλήσεων και τον κωδικό που χρησιμοποιείται. Γενικά, συνιστάται ένα ελάχιστο όριο 64 kbps ανά κλήση για καλή ποιότητα ήχου. Αναφορικά με την καθυστέρηση (Delay) στην τηλεφωνία μέσω ίντερνετ, μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα της κλήσης, καθώς μπορεί να προκαλέσει καθυστερήσεις στη μετάδοση του ήχου. Για την εξασφάλιση της καλής ποιότητας, είναι σημαντικό να ελαχιστοποιηθεί όσο το δυνατόν περισσότερο. Τέλος, οι διακυμάνσεις (Jitter), μπορούν διαμορφώσουν τον ήχο με τέτοιο τρόπο, με αποτέλεσμα να ακούγεται αποσπασματικά ή παραμορφωμένος προκαλώντας συμφόρηση του δικτύου. (Wikipedia, 2023)

Καταλήγοντας, το VoIP είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει στους χρήστες να πραγματοποιούν τηλεφωνικές κλήσεις μέσω του διαδικτύου και οι παραπάνω τεχνικές προδιαγραφές είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη κατά τη χρήση του.

3.2 Η λειτουργικότητα των ασύρματων δικτύων

3.2.1 Ποιες νέες τεχνολογίες χρησιμοποιούνται και επιλύουν τα προβλήματα;

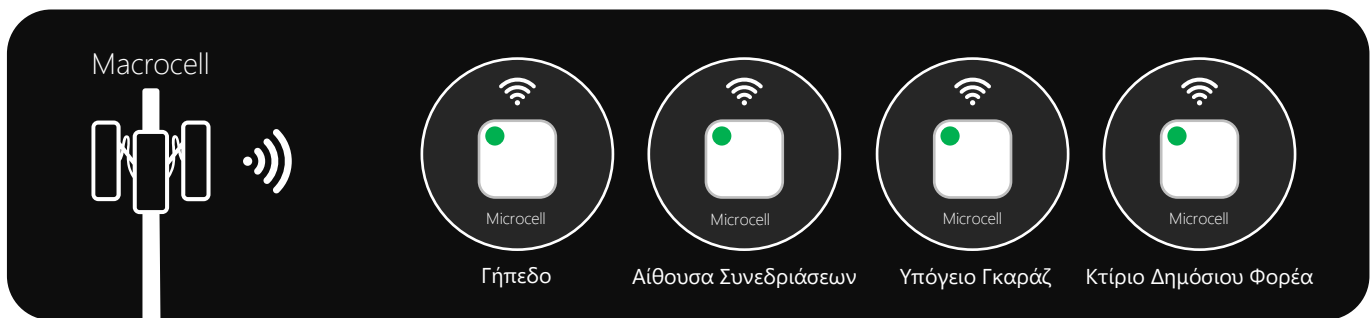
Υπάρχουν διάφορες νέες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την επίλυση των ζητημάτων που αντιμετωπίζουν τα περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας, όπως οι παρεμβολές, η συμφόρηση και η ανάγκη για υψηλή χωρητικότητα και κάλυψη. Μερικά παραδείγματα περιλαμβάνουν την χρήση των μικροκυψελών (Microcells), την διαμόρφωση δέσμης (Beamforming), την εικονικοποίηση διαδικτυακών λειτουργιών (NFV) κ.α.).

3.2.1.1 Μικροκυψέλες

Οι μικροκυψέλες (Microcells), αποτελούν βασικό βοηθητικό στοιχείο των δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας. Πιο συγκεκριμένα, είναι μικρά, χαμηλής ισχύος ασύρματα σημεία πρόσβασης που έχουν σχεδιαστεί για να συνεργάζονται με τις παραδοσιακές μακροκυψέλες (Macrocells), ώστε να παρέχουν αυξημένη χωρητικότητα και κάλυψη σε περιοχές υψηλής πυκνότητας. Λειτουργούν σε παρόμοια ζώνη συχνοτήτων με τις μακροκυψέλες και χρησιμοποιούν την ίδια τεχνολογία ραδιοπρόσβασης, αλλά έχουν μικρότερη περιοχή κάλυψης και μπορούν να διαχειριστούν μεγαλύτερο αριθμό ταυτόχρονων συνδέσεων. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα των έξυπνων κυψελών είναι ότι μπορούν να αναπτυχθούν γρήγορα και με σχετικά χαμηλό κόστος.

Αυτό τις καθιστά κατάλληλες για προσωρινές εκδηλώσεις, όπως συναυλίες και φεστιβάλ, καθώς και για μόνιμες εγκαταστάσεις σε περιοχές με υψηλή πυκνότητα χρηστών. Επιπλέον, οι έξυπνες κυψέλες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή κάλυψης σε περιοχές που είναι δύσκολο να προσεγγιστούν με μακροκυψέλες, όπως υπόγεια γκαράζ και σήραγγες. Ένα άλλο πλεονέκτημα των έξυπνων κυψελών είναι ότι μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να συνεργάζονται με άλλες κυψέλες για να παρέχουν απρόσκοπτη κάλυψη και να μειώνουν την πιθανότητα διακοπής συνδέσεων. Μπορούν επίσης να διαμορφωθούν ώστε να διαχειρίζονται τη ροή της κίνησης δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι στο δίκτυο δεν υπάρχει συμφόρηση και ότι τα δεδομένα παραδίδονται εγκαίρως στους χρήστες. Οι μικροκυψέλες, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της ασφάλειας ενός ασύρματου δικτύου. Πιο αναλυτικά, μπορούν να διαμορφωθούν ώστε να παρέχουν ασφαλείς συνδέσεις για συγκεκριμένους χρήστες ή ομάδες (π.χ. υπάλληλοι), ενώ παράλληλα επιτρέπουν την πρόσβαση στο δίκτυο σε

άλλους χρήστες. Επιπλέον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την απομόνωση συγκεκριμένων τμημάτων του δικτύου για την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης. Καταλήγοντας, είναι ένα σημαντικό εργαλείο για την παροχή ασύρματης κάλυψης και συνδεσιμότητας σε δημόσιους χώρους υψηλής πυκνότητας. Με την ικανότητά τους να αναπτύσσονται γρήγορα και με χαμηλό κόστος, την ικανότητά τους να συνεργάζονται με άλλες κυψέλες για την παροχή απρόσκοπτης κάλυψης και την ικανότητά τους να βελτιώνουν την ασφάλεια των ασύρματων δικτύων, αποτελούν μια χρήσιμη λύση για τη βελτίωση των δημόσιων ασύρματων δικτύων.



Σχηματικό 19: Οι έξυπνες μικροκυψέλες (Microcells), παρέχουν ασύρματη δικτύωση σε δημόσιους χώρους υψηλής πυκνότητας, όπως γήπεδα ή αίθουσες συνεδριάσεων,

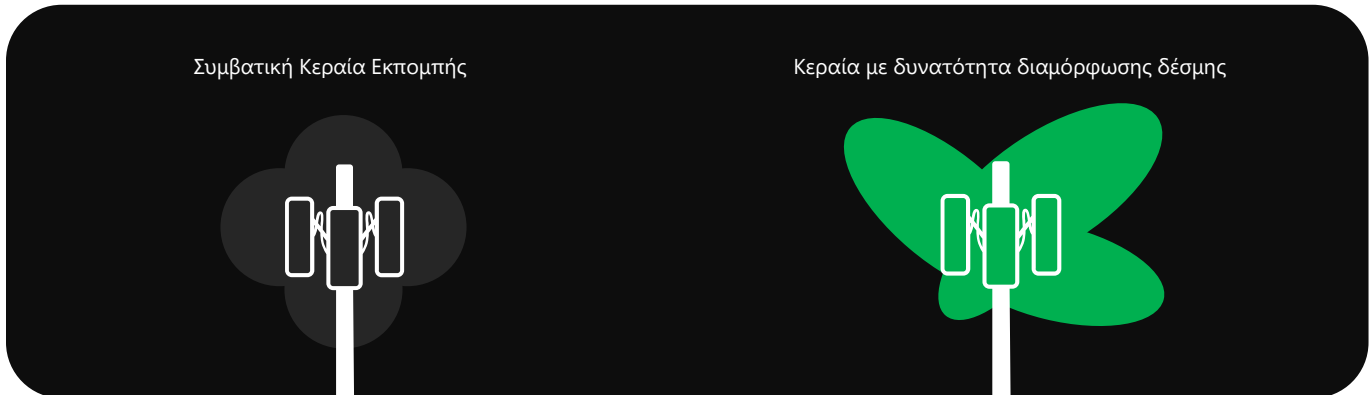
3.2.1.2 Η διαμόρφωση δέσμης

Η διαμόρφωση δέσμης (Beamforming), είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται σε δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας για τη βελτίωση της απόδοσης και της αποδοτικότητας της ασύρματης επικοινωνίας.

Πρόκειται για μια μέθοδο κατεύθυνσης των ραδιοκυμάτων προς ένα συγκεκριμένο δέκτη, αντί να τα εκπέμπει προς όλες τις κατευθύνσεις. Αυτό επιτρέπει ισχυρότερο σήμα και βελτιωμένο λόγο σήματος προς θόρυβο στον δέκτη, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων και βελτιωμένη κάλυψη του δικτύου.

Σε ένα δημόσιο ασύρματο δίκτυο υψηλής πυκνότητας, η διαμόρφωση δέσμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της χωρητικότητας του δικτύου, εστιάζοντας τα ραδιοσήματα στις συσκευές που τα χρειάζονται. Αυτό επιτρέπει την αποδοτικότερη χρήση του διαθέσιμου φάσματος και μειώνει τις παρεμβολές μεταξύ των συσκευών. Το Beamforming μπορεί επίσης να βοηθήσει στην επέκταση της κάλυψης του δικτύου, κατευθύνοντας τα σήματα προς περιοχές που ήταν προηγουμένως δύσκολο να προσεγγιστούν.

Η διαμόρφωση δέσμης μπορεί να εφαρμοστεί τόσο στον πομπό όσο και στον δέκτη. Η διαμόρφωση δέσμης στον πομπό χρησιμοποιεί μια συστοιχία κεραιών στο σταθμό βάσης για να κατευθύνει το σήμα προς συγκεκριμένους χρήστες.



Σχηματικό 20: Σε αντίθεση με τις παραδοσιακές κεραιές εκπομπής, οι κεραιές με δυνατότητες διαμόρφωσης δέσμης, κατευθύνουν το σήμα προς συγκεκριμένους χρήστες.

Επιπρόσθετα, η εφαρμογή του Beamforming στον δέκτη, χρησιμοποιεί μια συστοιχία κεραιών στη συσκευή χρήστη για τη βελτίωση της ποιότητας του σήματος και τη μείωση των παρεμβολών. Μαζί, αυτές οι δύο τεχνικές μπορούν να βελτιώσουν την απόδοση του δικτύου ακόμη και σε πυκνοκατοικημένα και θορυβώδη περιβάλλοντα. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της διαμόρφωσης δέσμης είναι ότι επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση του διαθέσιμου φάσματος, κάτι που είναι σημαντικό σε δημόσια περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας. Αυτό μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της συνολικής χωρητικότητας του δικτύου και στην παροχή πιο αξιόπιστων υπηρεσιών στους χρήστες.

Η διαμόρφωση δέσμης μπορεί επίσης να συμβάλει στη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των συσκευών των χρηστών, μειώνοντας την ανάγκη τους να ενισχύουν το δικό τους σήμα, κάτι που είναι σημαντικό για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας και τη μείωση της θερμότητας που παράγεται από τη συσκευή. Η διαμόρφωση δέσμης μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ασφάλειας των ασύρματων δικτύων σε δημόσια περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας. Κατευθύνοντας τα σήματα προς συγκεκριμένους χρήστες, μπορεί να αποτρέψει τη μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στο δίκτυο και να μειώσει την πιθανότητα υποκλοπής. Επιπλέον, παρέχοντας ισχυρότερα σήματα, μπορεί να μειώσει τις παρεμβολές, οι οποίες μπορεί να αποτελέσουν σημαντική απειλή για την ασφάλεια σε

πολυσύχναστους δημόσιους χώρους. Τέλος, ένα άλλο πλεονέκτημα της διαμόρφωσης δέσμης είναι ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση της ποιότητας της υπηρεσίας για διαφορετικούς τύπους εφαρμογών. Για παράδειγμα, η διαμόρφωση δέσμης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απόδοση προτεραιότητας σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου (όπως το VoIP και το Video On-Demand), έναντι λιγότερο ευαίσθητων στον χρόνο εφαρμογών, όπως η περιήγηση στο διαδίκτυο. Αυτό διασφαλίζει ότι οι χρήστες έχουν καλή εμπειρία ακόμη και όταν το δίκτυο είναι επιβαρυνόμενο.

3.2.1.3 Εικονικοποίηση διαδικτυακών λειτουργιών

Η εικονικοποίηση διαδικτυακών λειτουργιών (Network Functions Virtualization ή NFV) είναι μια τεχνολογία που επιτρέπει σε λειτουργίες δικτύου, όπως τείχη προστασίας ή εικονικά ιδιωτικά δίκτυα (VPN), να εκτελούνται σε εικονικές υποδομές, όπως διακομιστές, αντί σε συγκεκριμένο υλικό. (VMware, 2023). Αυτό επιτρέπει μεγαλύτερη ευελιξία, επεκτασιμότητα και οικονομική αποδοτικότητα στα δίκτυα. Ειδικότερα στα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, όπου ένας μεγάλος αριθμός χρηστών συγκεντρώνεται σε μια περιοχή, η εικονικοποίηση λειτουργιών μπορεί να αξιοποιηθεί στο μέγιστο βαθμό. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της χρήσης NFV είναι η δυνατότητα άμεσης διαμόρφωσης του δικτύου έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες μεγάλου αριθμού χρηστών. Για παράδειγμα, μπορεί να αναπτυχθεί ένα εικονικό τείχος προστασίας για την προστασία του δικτύου από κακόβουλες δραστηριότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ένα αποδοτικό και αξιόπιστο δίκτυο, βελτιώνοντας έτσι την εμπειρία του χρήστη. Ένα άλλο πλεονέκτημα της χρήσης NFV είναι ότι μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους. Με την εικονικοποίηση των λειτουργιών δικτύου, οι φορείς μπορούν να αποφύγουν την ανάγκη αγοράς και συντήρησης ακριβών υλικών. Επιπλέον, οι εικονικοποιημένες λειτουργίες μπορούν εύκολα να μετακινηθούν, γεγονός που μπορεί να βελτιώσει την ανθεκτικότητα του δικτύου και να ελαχιστοποιήσει τον χρόνο διακοπής λειτουργίας. Επιπλέον, αξιοποιούνται αποτελεσματικότερα οι πόροι του δικτύου. Για παράδειγμα, οι εικονικοποιημένες λειτουργίες δικτύου μπορούν να ενοποιηθούν σε λιγότερους διακομιστές, μειώνοντας έτσι τον αριθμό των διακομιστών που απαιτούνται για την υποστήριξη ενός συγκεκριμένου δικτύου. Αυτό μπορεί να συμβάλει στη μείωση του κόστους ισχύος και ψύξης, καθώς και στη μείωση του χώρου που απαιτείται για τη στέγαση της υποδομής δικτύου. Ακόμη, με την εικονικοποίηση, οι λειτουργίες του δικτύου μπορούν εύκολα να επεκταθούν ή να μειωθούν ώστε να ανταποκρίνονται στη μεταβαλλόμενη ζήτηση.

Αυτό διασφαλίζει ότι οι πόροι του δικτύου χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά και ότι οι χρήστες λαμβάνουν υπηρεσίες υψηλής ποιότητας. Επιπλέον, μια εικονικοποιημένη υποδομή επιτρέπει την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών και λειτουργιών με ευέλικτο και οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Αυτό μπορεί να βοηθήσει τους φορείς δικτύων να παραμείνουν ανταγωνιστικοί και να ανταποκριθούν στις εξελισσόμενες ανάγκες των χρηστών. Εν κατακλείδι,, η εικονικοποίηση διαδικτυακών λειτουργιών προσφέρει πολλά οφέλη στα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, όπως βελτιωμένη ευελιξία και επεκτασιμότητα του δικτύου, μείωση του κόστους, αποτελεσματική χρήση των πόρων του δικτύου και εύκολη ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών και υπηρεσιών. (Techopedia, 2012)” (Wikipedia, 2023)

4. Τεχνικά Μέσα και Κανονισμοί Ασφαλείας

Τα τεχνικά μέσα, συμπεριλαμβανομένου του εξοπλισμού και της υποδομής, είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχή λειτουργία των δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας. Τα δίκτυα αυτά βασίζονται σε διάφορους εξοπλισμούς, όπως κεραίες, δρομολογητές, μεταγωγείς και άλλο υλικό δικτύωσης, καθώς και σε φυσικές υποδομές, όπως καλώδια οπτικών ινών και συστήματα παροχής ρεύματος. Για να εξασφαλιστεί η ασφαλής και υπεύθυνη λειτουργία αυτών των δικτύων, έχουν θεσπιστεί κανονισμοί ασφαλείας. Οι κανονισμοί αυτοί θεσπίζονται για να διασφαλίσουν την ορθή χρήση των τεχνικών μέσων, προστατεύοντας το ευρύ κοινό. Η συμμόρφωση με τους κανονισμούς ασφαλείας, αν και δαπανηρή, είναι απαραίτητη για την ασφαλή και υπεύθυνη λειτουργία των δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας και η μη συμμόρφωση μπορεί να οδηγήσει σε νομικά ζητήματα, μειωμένη εμπιστοσύνη του κοινού και πιθανή ζημία για τους ανθρώπους.

4.1 Δοκιμές Ηλεκτρομαγνητικής Συμβατότητας

Μια σημαντική πτυχή των κανονισμών ασφαλείας είναι οι δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας (Electromagnetic Capability ή EMC), οι οποίες επαληθεύουν ότι ο εξοπλισμός δικτύου δεν παράγει επιβλαβή επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και δεν επηρεάζεται από παρεμβολές. Πιο συγκεκριμένα, κατά τη διάρκεια της δοκιμής, η συσκευή ή ο εξοπλισμός υπό δοκιμή (Equipment Under Test ή EUT), λειτουργεί σε διάφορες συνθήκες και οι εκπομπές της μετρούνται με τη χρήση αναλυτή φάσματος ή άλλου ειδικού εξοπλισμού μέτρησης. Οι δοκιμές περιλαμβάνουν συνήθως μετρήσεις των εκπομπών RF της συσκευής,

συμπεριλαμβανομένων των διερχόμενων και των ακτινοβολούμενων εκπομπών, καθώς και δοκιμές για την αξιολόγηση της ικανότητας της συσκευής να αντέχει σε εξωτερικές ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές. Η δοκιμή μπορεί επίσης να περιλαμβάνει δοκιμές ανοχής υπό ακτινοβολία, όπου ο εξοπλισμός υπό δοκιμή εκτίθεται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που προσομοιώνουν το περιβάλλον και ελέγχεται αν ο εξοπλισμός εξακολουθεί να λειτουργεί εντός του προτύπου. Οι δοκιμές ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, πραγματοποιούνται σύμφωνα με ένα συγκεκριμένο πρότυπο ανάλογα με τη συσκευή, το πρότυπο μπορεί να είναι FCC, CE κ.λπ. και η διαδικασία δοκιμής ορίζεται στο πρότυπο. Τα αποτελέσματα των δοκιμών συγκρίνονται με τα ισχύοντα κανονιστικά πρότυπα για να διασφαλιστεί η συμμόρφωση. (Wikipedia, 2022).

Πιστοποίηση Ομοσπονδιακής Επιτροπής Επικοινωνιών



Η Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC) είναι μια κυβερνητική υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών που ρυθμίζει το φάσμα ραδιοσυχνοτήτων και όλες τις διακρατικές επικοινωνίες μέσω καλωδίων και ραδιοφώνου. Αυτό περιλαμβάνει προϊόντα που εκπέμπουν ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων, όπως τα κινητά τηλέφωνα, τα ραδιόφωνα και οι τηλεοράσεις. Τα προϊόντα που πωλούνται στις ΗΠΑ πρέπει να πιστοποιούνται από την FCC για να διασφαλίζεται ότι δεν προκαλούν επιβλαβείς παρεμβολές σε άλλες συσκευές και ότι συμμορφώνονται με την ασφάλεια και άλλους κανονισμούς. (Wikipedia, 2023)

Σχηματικό 21: Επεξήγηση της πιστοποίησης FCC (Πάνω Δεξιά: Το λογότυπο FCC).

Πιστοποίηση Ευρωπαϊκής Συμμόρφωσής



Η Ευρωπαϊκή Συμμόρφωση (CE), είναι μια σήμανση που υποδεικνύει ότι ένα προϊόν συμμορφώνεται με τους κανονισμούς και τα πρότυπα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Η σήμανση CE είναι υποχρεωτική για ορισμένα προϊόντα που πωλούνται εντός της ΕΕ, όπως ηλεκτρονικά και μηχανικά προϊόντα, ιατρικές συσκευές, παιχνίδια και πολλά άλλα. Η σήμανση CE υποδηλώνει ότι ένα προϊόν έχει αξιολογηθεί από κοινοποιημένο οργανισμό και έχει διαπιστωθεί ότι πληροί τις βασικές απαιτήσεις της ΕΕ για την υγεία, την ασφάλεια και την προστασία του περιβάλλοντος. (Wikipedia, 2023)

Σχηματικό 22: Επεξήγηση της πιστοποίησης CE (Πάνω Δεξιά: Το λογότυπο CE).

4.2 Χωροθέτηση και αδειοδότηση εξοπλισμού

Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας υπόκεινται επίσης σε κανονισμούς χωροθέτησης και αδειοδότησης, οι οποίοι υπαγορεύουν πού μπορεί να τοποθετηθεί ο εξοπλισμός και η υποδομή και ενδέχεται να απαιτούν κοινοποίηση και διαβούλευση με το κοινό.

Η διασφάλιση της αξιοπιστίας και της συνέχειας των υπηρεσιών αποτελεί βασική πτυχή των κανονισμών ασφαλείας για τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει απαιτήσεις για συστήματα εφεδρικής τροφοδοσίας, συστήματα αυτόματης αποκατάστασης της λειτουργίας και σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης.

4.3 Ασφάλεια στον κυβερνοχώρο

Η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο αποτελεί κρίσιμο στοιχείο των κανονισμών ασφαλείας για δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας, που περιλαμβάνει συμμόρφωση με ασφαλείς διαμορφώσεις, τακτικούς ελέγχους ασφαλείας και δοκιμές διείσδυσης, καθώς και σχέδια αντιμετώπισης περιστατικών. Τα δημόσια ασύρματα δίκτυα υψηλής πυκνότητας μπορεί επίσης να υπόκεινται σε κυβερνητική εποπτεία και ρύθμιση, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης της χρήσης και της κίνησης του δικτύου, καθώς και της συλλογής και διατήρησης δεδομένων χρηστών.

Συγκεντρωτικά, παρακάτω προτείνονται ορισμένες λύσεις για την βελτίωση της ασφάλειας των δημόσιων δικτύων υψηλής πυκνότητας.

1. Κρυπτογράφηση: Όλα τα δεδομένα που μεταδίδονται μέσω του δικτύου θα πρέπει να κρυπτογραφούνται για να προστατεύονται από την υποκλοπή και την ανάγνωση από μη εξουσιοδοτημένα μέρη.
2. Έλεγχοι πρόσβασης: Μόνο εξουσιοδοτημένοι χρήστες θα πρέπει να έχουν πρόσβαση στο δίκτυο και οι λογαριασμοί χρηστών θα πρέπει να δημιουργούνται με ισχυρούς κωδικούς πρόσβασης και να ενημερώνονται τακτικά.
3. Τμηματοποίηση του δικτύου: Το δίκτυο μπορεί να χωριστεί σε μικρότερα τμήματα για να περιοριστεί η εξάπλωση τυχόν παραβιάσεων ασφαλείας.
4. Τακτικοί έλεγχοι ασφαλείας: Οι τακτικοί έλεγχοι ασφαλείας μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό τρωτών σημείων και να διασφαλίσουν ότι τα μέτρα ασφαλείας είναι ενημερωμένα και αποτελεσματικά.

5. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, η παρούσα διατριβή παρουσίασε μια ολοκληρωμένη ανάλυση των δημόσιων ασύρματων δικτύων υψηλής πυκνότητας. Η έρευνα διερεύνησε την ιστορία των ασύρματων δικτύων, από τις πρώτες ασύρματες επικοινωνίες μέχρι σήμερα, τονίζοντας το ψηφιακό χάσμα που υπάρχει μεταξύ των αναπτυγμένων και των αναπτυσσόμενων χωρών και τις συνεχιζόμενες προσπάθειες για την παροχή καθολικής πρόσβασης στις ασύρματες επικοινωνίες. Συζητήθηκαν οι βασικές έννοιες της αναπαράστασης και της μετάδοσης της πληροφορίας, καθώς και η κατευθυντικότητα μιας μετάδοσης. Καλύφθηκε επίσης μια ποικιλία κατηγοριών ασύρματων δικτύων, συμπεριλαμβανομένων των προσωπικών δικτύων, των τοπικών δικτύων υπολογιστών, των μητροπολιτικών δικτύων υπολογιστών και των δικτύων ευρείας περιοχής, με έμφαση στις απαιτήσεις της παροχής κάλυψης σε δημόσια περιβάλλοντα υψηλής πυκνότητας.

Πραγματοποιήθηκε επίσης ανάλυση της οικογένειας πρωτοκόλλων IEEE, καθώς έγιναν και αναφορές στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των τοπικών ασύρματων επικοινωνιών. Ειδικότερα για τα δημόσια ασύρματα δικτυακά υψηλής πυκνότητας, έγιναν αναφορές στις δυσκολίες που σχετίζονται με την παροχή κάλυψης σε αυτά τα περιβάλλοντα, καθώς και τις πιθανές μελλοντικές εφαρμογές τους, όπως το διαδίκτυο των πραγμάτων, και οι τηλεφωνικές κλήσεις μέσω ίντερνετ.

Η έρευνα διερεύνησε επίσης τις νέες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για την επίλυση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν τα περιβάλλοντα δικτύων υψηλής πυκνότητας, όπως οι έξυπνες μικροκυψέλες, η διαμόρφωση δέσμης και η εικονικοποίηση των λειτουργιών του δικτύου. Συζητήθηκαν τα τεχνικά μέσα και οι κανονισμοί ασφαλείας για τα ασύρματα δίκτυα, τονίζοντας τη σημασία της διασφάλισης της ασφάλειας των δημόσιων ασύρματων δικτύων, προκειμένου να ικανοποιηθεί η διαρκώς αυξανόμενη ζήτηση για υψηλές ταχύτητες, αξιόπιστες και ασφαλείς επικοινωνίες.

ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

0-9

4G: Fourth Generation (Τέταρτης Γενιάς) – Αναφορά για κινητό δίκτυο

5G: Fifth Generation (Πέμπτης Γενιάς) – Αναφορά για κινητό δίκτυο

5E: Category 5 Enhanced (Καλώδιο Κατηγορίας 5 – Ενισχυμένο)

6LoWPAN: IPv6 Over Low-Power Wireless Personal Area Networks (Τεχνολογία IPv6 μέσω ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας).

6E: Category 6 Enhanced (Καλώδιο Κατηγορίας 6 – Ενισχυμένο)

A

AAC: Advanced Audio Coding (Προηγμένη Κωδικοποίηση Ήχου)

AES: Advanced Encryption Standard (Προηγμένο Πρότυπο Κρυπτογράφησης)

AP: Access Point (Σημείο Πρόσβασης)

ARPAnet: Advanced Research Projects Agency Network (Δίκτυο Οργανισμών Προηγμένων Ερευνητικών Έργων)

ASCII: American Standard Code for Information Interchange (Αμερικάνικος Τυποποιημένος Κώδικας Ανταλλαγής Πληροφοριών)

ATM: Asynchronous Transfer Mode (Ασύγχρονος Τρόπος Μεταφοράς)

B

BIT: Binary Digit (Δυαδικό Ψηφίο)

C

CE: Γαλλική Ορολογία: Conformité Européenne (Ευρωπαϊκή Συμμόρφωση)

CELP: Code Excited Linear Prediction (Γραμμική Πρόβλεψη Κώδικα)

CSMA: Carrier Sense Multiple Access (Carrier Sense Πολλαπλής Πρόσβασης)

D

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum (Διασπορά Φάσματος με Άμεση Ακολουθία)

E

EE: Ευρωπαϊκή Ένωση

EHT: Extreme High Throughput (Εξαιρετικά Υψηλή Απόδοση) – Αναφορά για πρωτόκολλο δικτύου

EMC: Electromagnetic Combability (Ηλεκτρομαγνητική Συμβατότητα)

EUT: Equipment Under Test (Εξοπλισμός Υπό Δοκιμή)

F

FCC: Federal Communications Commission (Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών)

FDDI: Fiber Distributed Data Interface (Κατανεμημένη Οπτική Διεπαφή)

FHSS: Frequency-Hopping Spread Spectrum (Διασπορά Φάσματος με Εναλλαγή Συχνοτήτων)

G

GCMP: Galois Counter Mode Protocol (Πρωτόκολλο Galois) – Αναφορά σε κρυπτογράφηση δικτύου

Gbps: Gigabit(s) per Second (Gigabit ανά Δευτερόλεπτο)

I

I/O: Input/Output (Είσοδοι/Εξοδοι)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρολόγων Μηχανικών)

IPv4: Internet Protocol version 4 (Πρωτόκολλο Διαδικτύου – έκδοση 4)

IPv6: Internet Protocol version 6 (Πρωτόκολλο Διαδικτύου – έκδοση 6)

IR: Infrared Radiation (Υπέρυθρη Ακτινοβολία)

IoT: Internet of Things (Διαδίκτυο των Πραγμάτων)

K

Kbit: Kilobit

L

LAN: Local Area Network (Τοπικό Δίκτυο)

LLC: Logical Link Control (Έλεγχος Λογικής Σύνδεσης)

M

MAC: Media Access Control (Έλεγχος Προσπέλασης στο Μέσο)

MAN: Metropolitan Area Network (Μητροπολιτικό Δίκτυο)

MILnet: Military Network (Στρατιωτικό Δίκτυο)

MIMO: Multiple Input - Multiple Output (Πολλαπλή Είσοδος - Πολλαπλή Έξοδος) – Αναφορά σε τεχνική υλικολογισμικού

MU-MIMO: Multi-User Multiple Input - Multiple Output (Πολλαπλή Είσοδος - Πολλαπλή Έξοδος σε Πολλαπλούς Χρήστες) – Αναφορά σε τεχνική υλικολογισμικού

Mbps: Megabit(s) per Second (Megabit ανά Δευτερόλεπτο)

N

NCP: Network Control Protocol (Πρωτόκολλο Ελέγχου Δικτύου)

NFV: Network Functions Virtualization (Εικονικοποίηση Λειτουργιών Δικτύου)

O

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Ορθογώνια Πολυπλεξία και Διαίρεση Συχνοτήτων)

OFDMA: Orthogonal Frequency Division Multiple Access (Ορθογώνια Πολλαπλή Πρόσβαση Διαίρεσης Συχνοτήτων)

P

PAD: Prefix (Πρόθεμα) – Αναφορά στην μετάδοση του δικτύου

PAKE: Password-Authenticated Key Exchange (Έλεγχος Ταυτότητας μέσω Κωδικών Πρόσβασης)

PAN: Personal Area Network (Δίκτυο Προσωπικού Χώρου)

PCM: Pulse-Code Modulation (Διαμόρφωση Παλμικού Κώδικα)

PSK: Phase Shift Keying (Μετατόπιση Φάσης)

Q

QAM: Quadrature Amplitude Modulation (Τετραγωνική Μετατόπιση Πλάτους)

R

RC4: Rivest Cipher 4 (Ονομασία του κρυπτογράφου ροής που χρησιμοποιείται στην ασφάλεια WEP)

S

SAE: Simultaneous Authentication of Equals (Ταυτόχρονος Έλεγχος Ταυτότητας των Ίσων)

SMDS: Switched Multimegabit Data Service (Επιλεγόμενη Υπηρεσία Δεδομένων πολλών Megabit)

SU-MIMO: Single User-Multiple Input Multiple Output (Πολλαπλή Είσοδος - Πολλαπλή Έξοδος σε Ενόχ Χρήστη) – Αναφορά σε τεχνική υλικολογισμικού

SYN: Prefix (Πρόθεμα) – Αναφορά στην μετάδοση του δικτύου

T

TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol (Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης/Πρωτόκολλο Διαδικτύου)

V

VOD: Video On-Demand (Βίντεο κατ' Απαίτηση)

VoIP: Voice over Internet Protocol (Φωνή μέσω Πρωτοκόλλου Διαδικτύου)

VoWi-Fi: Voice over Wi-Fi (Μετάδοση Φωνής μέσω Wi-Fi)

W

WAN: Wide Area Network (Δίκτυο Ευρείας Περιοχής)

WEP: Wired Equivalent Protocol (Ασύρματο Πρωτόκολλο Κρυπτογράφησης)

WLAN: Wireless Local Area Network (Ασύρματο Τοπικό Δίκτυο)

WPA: Wireless Protected Access (Ασύρματο Πρωτόκολλο Προστατευμένης Πρόσβασης)

WPA2: Wireless Protected Access 2 (Βελτιωμένο Ασύρματο Πρωτόκολλο Προστατευμένης Πρόσβασης)

WPA3: Wireless Protected Access 3 (Προηγμένο Ασύρματο Πρωτόκολλο Προστατευμένης Πρόσβασης)

WPAN: Wireless Personal Area Network (Ασύρματο Δίκτυο Προσωπικού Χώρου)

Wi-Fi: Wireless Fidelity (Ασύρματη Πιστότητα)

Wi-Fi 6E: Wireless Fidelity 6E (Ενισχυμένη Ασύρματη Πιστότητα Έκτης Γενιάς)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Beard C., Stallings W. (2018) *Ασύρματες Επικοινωνίες Δίκτυα & Συστήματα*

Μαργαρίτη Σ., Στεργίου Ε., (2007), Αθήνα, *Τοπικά & Αστικά Δίκτυα (LAN-MAN)*.

Πετρόπουλος Ι., (2019), Πάτρα, *Η εξέλιξη της τεχνολογίας στο πέρασμα του χρόνου*

Available at:

<http://repository.library.teimes.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/7679/%CE%97%20%CE%95%CE%9E%CE%95%CE%9B%CE%99%CE%9E%CE%97%20%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%91%CE%A3%CE%A5%CE%A1%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%97%CE%A3%20%CE%A4%CE%95%CE%A7%CE%9D%CE%9F%CE%9B%CE%9F%CE%93%CE%99%CE%91%CE%A3%20%CE%A3%CE%A4%CE%9F%20%CE%A0%CE%95%CE%A1%CE%91%CE%A3%CE%9C%CE%91%20%CE%A4%CE%9F%CE%A5%20%CE%A7%CE%A1%CE%9F%CE%9D%CE%9F%CE%A5..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Roser, M., Ritchie, H. and Ortiz-Ospina, E. (2015) *Internet, Our World in Data*.

Available at: <https://ourworldindata.org/internet>

Οπτικά Ασύρματα Δίκτυα (InfraRed - IR LANs) Ασύρματα Δίκτυα υπολογιστών (Κεφάλαιο 1).

Available At:

http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/teaching_m/Wireless_Networks-Web/Chapter1311.html

Αναπήδηση συχνότητας (Frequency Hopping) (2021) Θέματα για τις Ελληνικές Ένοπλες

Δυνάμεις. Available at: <https://helleniced.wordpress.com/2014/01/10/fh/>

Αμπατζόγλου, Ι., (2018), *Ασύρματα Δίκτυα | Δίκτυα Υπολογιστών.*

Available At:

http://users.sch.gr/jabatzo/files/yliko/live%20ebooks/diktya_ypolog_G_2018_final/2.html

What is network functions virtualization (NFV)? (2023), VMware

Available at:

<https://www.vmware.com/topics/glossary/content/network-functions-virtualization-nfv.html>

Wireless networking (Wi-Fi) - Advantages and Disadvantages of WIFI iPoint, (2011)

Available at: <https://ipoint-tech.com/wireless-networking-wi-fi-advantages-and-disadvantages-to-wireless-networking/>

"IEEE 802.11" *Wikipedia*. Wikimedia Foundation

Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

What is OFDMA? (2021) Cisco.

Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-ofdma.html>

Cisco (2022) *What is Mu-MIMO*, Cisco. Cisco Systems, Inc.

Available at: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/wireless/what-is-mu-mimo.html>

CE Marking Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/CE_marking

Federal Communications Commission. Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Federal_Communications_Commission

Voice over IP Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Voice_over_IP

G.711 Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/G.711>

G.729 Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/G.729>

Fiber distributed data interface Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Fiber_Distributed_Data_Interface

Frequency-hopping spread spectrum Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency-hopping_spread_spectrum

Apple Music Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/Apple_Music

Personal Area Network, ScienceDirect Topics.

Available at: [https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/personal-area-network#:~:text=Personal%20Area%20Network%20\(PAN\)%3A,some%20form%20of%20wireless%20technologies](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/personal-area-network#:~:text=Personal%20Area%20Network%20(PAN)%3A,some%20form%20of%20wireless%20technologies).

Καλώδιο CAT6 Wikipedia. Wikimedia Foundation.

Available at:

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%B1%CE%BB%CF%8E%CE%B4%CE%B9%CE%BF_CAT6

Asynchronous transfer mode (ATM) in Computer Network, (2021), GeeksforGeeks.

Available at:

<https://www.geeksforgeeks.org/asynchronous-transfer-mode-atm-in-computer-network/>

Carrier-sense multiple access. Wikipedia. Wikimedia Foundation.
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Carrier-sense_multiple_access

Device under test. Wikipedia. Wikimedia Foundation.
Available At: [https://en.wikipedia.org/wiki/Device_under_test#:~:text=A%20device%20under%20test%20\(DUT,_functional%20testing%20and%20calibration%20checks](https://en.wikipedia.org/wiki/Device_under_test#:~:text=A%20device%20under%20test%20(DUT,_functional%20testing%20and%20calibration%20checks)

Direct-sequence spread spectrum. Wikipedia. Wikimedia Foundation.
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Direct-sequence_spread_spectrum

Electromagnetic compatibility. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_compatibility

IEEE 802.11a-1999. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11a-1999

IEEE 802.11ac-2013. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11ac-2013

IEEE 802.11b-1999. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b-1999

IEEE 802.11be. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11be#:~:text=IEEE%20802.11be%20Extremely%20High,an,d%206%20GHz%20frequency%20bands

IEEE 802.11g-2003. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11g-2003

IEEE 802.11n-2009. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n-2009

Network function virtualization. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Network_function_virtualization

Password-authenticated key agreement. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Password-authenticated_key_agreement

The Web Performance & Security Company, Cloudflare.
Available At: <https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/what-is-a-metropolitan-area-network/>

Pre-shared key. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-shared_key

RC4. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: <https://en.wikipedia.org/wiki/RC4>

System architecture evolution. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/System_Architecture_Evolution

Video on demand. Wikipedia. Wikimedia Foundation
Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Video_on_demand

What is a LAN? Local area network. Cisco.

Available At:
<https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/what-is-a-lan-local-area-network.html>

Techopedia. (2012), *What is network control protocol (NCP)?*

Available At:

[https://www.techopedia.com/definition/27856/network-control-protocol-ncp#:~:text=Network%20Control%20Protocol%20\(NCP\)%20was,to%20transmit%20files%20betw,een%20computers](https://www.techopedia.com/definition/27856/network-control-protocol-ncp#:~:text=Network%20Control%20Protocol%20(NCP)%20was,to%20transmit%20files%20betw,een%20computers)

Yasar, Techtargget, (2007), *What is personal area network (PAN)?*

Available At:

<https://www.techtargget.com/searchmobilecomputing/definition/personal-area-network>

Techtargget, (2021), *What is switched Multimegabit data service (SMDS)?*

Available At: <https://www.techtargget.com/searchnetworking/definition/SMDS>

What is WAN | Wide area network definition, Computer networks, CompTIA.

Available At: <https://www.comptia.org/content/guides/what-is-a-wide-area-network>

Wi-Fi 6. Wikipedia. Wikimedia Foundation

Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_6

Wi-Fi protected access. Wikipedia. Wikimedia Foundation

Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Protected_Access

Wired equivalent privacy. Wikipedia. Wikimedia Foundation

Available At: https://en.wikipedia.org/wiki/Wired_Equivalent_Privacy

Adware, Difference between broadcast and Multicast, (2020), GeeksforGeeks.

Available at: <https://www.geeksforgeeks.org/difference-between-broadcast-and-multicast/>



Η πτυχιακή εργασία (σχηματικά, πίνακες, σύνταξη κειμένου), δημιουργήθηκε εξ ολοκλήρου από την σουίτα εφαρμογών Microsoft 365. Το λογότυπο «Microsoft 365®» ανήκει την Microsoft®.