



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ –  
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΣΕΡΕΤΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Δρ Βαρζάκας Παναγιώτης  
Μέλος ΔΕΠ ,  
Καθηγητής Α' Βαθμίδας Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Λαμία  
έτος 2022





ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ –  
ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΣΕΡΕΤΗ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ

Δρ Βαρζάκας Παναγιώτης  
Μέλος ΔΕΠ ,

Καθηγητής Α' Βαθμίδας Τμήματος Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών  
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Λαμία  
έτος 2022





UNIVERSITY OF  
THESSALY

SCHOOL OF SCIENCE

DEPARTMENT OF COMPUTER SCIENCE & TELECOMMUNICATIONS

WIRELESS SENSOR NETWORKS-  
IMPLEMENTATION AND APPLICATIONS

KONSTANTINA SERETI

FINAL THESIS

ADVISOR

Dr. Varzakas Panagiotis  
Professor of Department of Computer Science and Telecommunications  
University of Thessaly

Lamia  
year 2022



«Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις <sup>(1)</sup>, που προβλέπονται από της διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 του Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

1. Δεν παραθέτω κομμάτια βιβλίων ή άρθρων ή εργασιών άλλων αυτολεξεί **χωρίς να τα περικλείω σε εισαγωγικά** και χωρίς να αναφέρω το συγγραφέα, τη χρονολογία, τη σελίδα. Η αυτολεξεί παράθεση χωρίς εισαγωγικά χωρίς αναφορά στην πηγή, είναι λογοκλοπή. Πέραν της αυτολεξεί παράθεσης, λογοκλοπή θεωρείται και η παράφραση εδαφίων από έργα άλλων, συμπεριλαμβανομένων και έργων συμφοιτητών μου, καθώς και η παράθεση στοιχείων που άλλοι συνέλεξαν ή επεξεργάστηκαν, χωρίς αναφορά στην πηγή. Αναφέρω πάντοτε με πληρότητα την πηγή κάτω από τον πίνακα ή σχέδιο, όπως στα παραθέματα.

2. Δέχομαι ότι η αυτολεξεί **παράθεση χωρίς εισαγωγικά**, ακόμα κι αν συνοδεύεται από αναφορά στην πηγή σε κάποιο άλλο σημείο του κειμένου ή στο τέλος του, είναι αντιγραφική. Η αναφορά στην πηγή στο τέλος π.χ. μιας παραγράφου ή μιας σελίδας, δεν δικαιολογεί συρραφή εδαφίων έργου άλλου συγγραφέα, έστω και παραφρασμένων, και παρουσίασή τους ως δική μου εργασία.

3. Δέχομαι ότι υπάρχει επίσης περιορισμός στο μέγεθος και στη συχνότητα των παραθεμάτων που μπορώ να εντάξω στην εργασία μου εντός εισαγωγικών. Κάθε μεγάλο παράθεμα (π.χ. σε πίνακα ή πλαίσιο, κλπ), προϋποθέτει ειδικές ρυθμίσεις, και όταν δημοσιεύεται προϋποθέτει την άδεια του συγγραφέα ή του εκδότη. Το ίδιο και οι πίνακες και τα σχέδια

4. Δέχομαι όλες τις συνέπειες σε περίπτωση λογοκλοπής ή αντιγραφής.

Ημερομηνία: 13/7/2022

Ο – Η Δηλ.  
Κωνσταντίνα Σερέτη

(1) «Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση του άρθρου 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στον εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετών.»

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

---

Πρωτίστως, θα ήθελα να ευχαριστήσω των επιβλέποντα καθηγητή κύριο Βαρζάκα Παναγιώτη, που ανέλαβε αυτή την πτυχιακή εργασία μαζί μου και με στήριξε για να μπορέσω να την υλοποιήσω . Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αμέριστη συμπαράσταση σε όλα μου τα βήματα κατά την διάρκεια των σπουδών μου.





## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

---

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως στόχο της να δημιουργήσει ένα γενικότερο πλαίσιο κατανόησης και γνώσης σε σχέση με το θέμα των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, γνωστά και ως wireless network sensors (WSN). Γίνεται μια γενική μελέτη στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, της δομής των κόμβων, αναφορά στα δίκτυα, τις τοπολογίες και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στα συγκεκριμένα δίκτυα. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν γνωρίσει τεράστια ανάπτυξη και αξιοποιούνται με επιτυχία σε κάθε είδους εφαρμογές.



## ABSTRACT

---

The purpose of this paper is to build a framework of better understanding and knowledge related to Wireless Sensor Networks (WSN). It studies wireless sensor networks, on their applications, their structure and reports on networks, topologies and their protocols user in wireless sensor networks. Wireless computer networks have taken center stage at research development and have been successfully used at any kind of applications.





## Table of Contents

---

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	I
ABSTRACT .....	III
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>3</b>
1.1 ΓΕΝΙΚΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	3
1.2 ΔΙΚΤΥΑ .....	3
1.3 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΕΝΣΥΡΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ .....	4
1.4 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ .....	4
1.4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ .....	5
1.4.2 ΕΙΔΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	5
1.4.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	8
1.4.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	8
1.5 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ .....</b>	<b>11</b>
2.1 ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ .....	11
2.2 ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	11
2.2.1 ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ .....	11
2.2.2 ΔΗΜΟΣΙΑ/ ΙΔΙΩΤΙΚΑ .....	13
2.3 ΠΡΟΤΥΠΟ ΙΕΕΕ 802.11 .....	13
2.3.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΙΕΕΕ 802.11 .....	14
2.3.2 ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΙΕΕΕ 802.11 .....	15
2.4 WIFI .....	15
2.5 BLUETOOTH .....	16
2.6 ΚΟΜΒΟΙ .....	17
2.6.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΟΜΒΩΝ .....	17
2.6.2 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΚΟΜΒΩΝ .....	18
2.7 ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ .....	19
2.8 ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΕΝΟΣ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	20
2.8.1 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΖΕΥΞΕΙΣ .....	21
2.8.2 ΣΤΑΘΜΟΣ ΒΑΣΗΣ .....	21
2.8.3 ΥΠΟΔΟΜΗ ΔΙΚΤΥΟΥ .....	22
2.9 ΤΥΠΟΙ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	22
2.10 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ MAC .....	23
2.11 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΤΙΝΥΟΣ .....	24
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....</b>	<b>25</b>
3.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ OSI .....	25
3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ .....	26
3.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ .....	27
3.3.1 ΕΞΥΠΙΝΗ ΠΟΛΗ .....	28

3.3.2 ΥΓΕΙΑ .....	29
3.3.3 ΣΤΡΑΤΟΣ .....	29
3.3.4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ .....	30
3.3.5 ΑΣΦΑΛΕΙΑ .....	31
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΑΣΦΑΛΕΙΑ.....</u></b>	<b>32</b>
4.1 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΔΙΚΤΥΩΝ .....	32
4.2 ΑΡΧΕΣ ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΙΑΣ .....	32
4.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ WIRED EQUIVALENT PRIVACY.....	34
4.4 FIREWALLS .....	34
4.4.1 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ FIREWALLS .....	35
4.5 ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΑΡΕΙΣΦΡΗΣΗΣ .....	35
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</u></b>	<b>37</b>
<b><u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</u></b>	<b>38</b>



---

## Πίνακας Εικόνων

---

- Εικόνα 1.1 Δίκτυο
- Εικόνα 1.2 Είδη Αισθητήρων
- Εικόνα 1.3 Αισθητήρας περιβάλλοντος
- Εικόνα 1.4 Αισθητήρας επιτάχυνσης
- Εικόνα 1.5 Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρα
- Εικόνα 2.1 Ασύρματο Δίκτυο
- Εικόνα 2.2 PAN,LAN,MAN,WAN
- Εικόνα 2.3 Πρότυπο IEEE 802.11
- Εικόνα 2.4 WiFi
- Εικόνα 2.5 Bluetooth
- Εικόνα 2.6 Κόμβοι
- Εικόνα 2.7 Αρχιτεκτονική κόμβου αισθητήρα
- Εικόνα 2.8 Τοπολογία Star
- Εικόνα 2.9 Ασύρματες ζεύξεις
- Εικόνα 2.10 TinyOS
- Εικόνα 3.1 Μοντέλο OSI
- Εικόνα 3.2 Έξυπνη πόλη
- Εικόνα 3.3 Αισθητήρες σε ασθενείς
- Εικόνα 3.4 Εφαρμογές στο στρατό
- Εικόνα 4.1 Ασφάλεια Δικτύων
- Εικόνα 4.2 Κρυπτογραφία
- Εικόνα 4.3 Firewall

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Εισαγωγή

---

## 1.1 Γενικά εισαγωγικά στοιχεία

---

Με την εμφάνιση των έμβιων όντων εμφανίστηκαν μαζί και οι αισθητήρες ως όργανά τους. Αυτά είναι το μάτι και το αυτί. Το μάτι ανιχνεύει το φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας και το αυτί καταλαβαίνει τις αλλαγές της πίεσης, δηλαδή τον τρόπο με τον οποίο ταξιδεύει ο ήχος μέσω των κυμάτων. Έπειτα, ξεκίνησε η ανάπτυξη του ανθρώπινου είδους, αφού ο άνθρωπος ήταν από τα έμβια όντα που χρησιμοποιούσε περισσότερο τον εγκέφαλό του, από όλα τα υπόλοιπα. Έτσι, άρχισε να συνειδητοποιεί ότι η δημιουργία συστημάτων μέτρησης ήταν επιτακτική ανάγκη, καθώς με τον τρόπο αυτό θα μπορούσε να επιλύσει διάφορα προβλήματα της καθημερινότητας του, που είχαν σχέση με την μέτρηση του μήκους, του βάρους, του όγκου, της θερμοκρασίας κτλ. Γι' αυτό, λοιπόν, ξεκίνησε να αναπτύσσει διάφορα συστήματα και σήμερα, με τη βοήθεια της εξέλιξης της τεχνολογίας οι αισθητήρες βρίσκονται σε πολλές συσκευές που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητα. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό, ότι οι αισθητήρες έχουν μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο και την εξέλιξή του καθώς τον βοηθούν τόσο αντιλαμβάνεται τον κόσμο γύρω του όσο και να αναβαθμίζει την ποιότητα της ζωής του . [1]

## 1.2 Δίκτυα

---

Τα δίκτυα είναι καταναμημένα συστήματα υλικού και λογισμικού μέσω των οποίων οι χρήστες μπορούν να ανταλλάσσουν πληροφορίες.

Τα δίκτυα κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους και χωρίζονται σε:

- **Ενσύρματα ή Ασύρματα**  
Η σύνδεση των συσκευών σε ένα ενσύρματο δίκτυο γίνεται μέσω του καλωδίου δικτύου σε αντίθεση με το ασύρματο δίκτυο που δεν απαιτείται η χρήση καλωδίου και η μεταφορά δεδομένων γίνεται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
- **Δημόσια ή Ιδιωτικά**  
Τα δημόσια δίκτυα εξυπηρετούν τις διασυνδέσεις μεταξύ απομακρυσμένων σημείων. Χρησιμοποιούνται όταν η απόσταση είναι μεγάλη και καθίσταται απαγορευτική, λόγω κόστους, η χρήση αποκλειστικών γραμμών ή όταν ο φόρτος μεταξύ των σημείων δεν είναι μεγάλος και επιτυγχάνεται έτσι μεγάλη ταχύτητα μεταφοράς. Τα ιδιωτικά ανήκουν σε ιδιωτικούς οργανισμούς και χρησιμοποιούν αποκλειστικές γραμμές επικοινωνίας δημόσιων τηλεπικοινωνιακών φορέων (leased lines) χωρίς να τις μοιράζονται με άλλους χρήστες ή ιδιόκτητες γραμμές επικοινωνίας.
- **Τοπικά (LAN και WLAN), Μητροπολιτικά (MAN και WMAN) και Ευρείας Κάλυψης (WAN και WWAN)**  
Τα τοπικά δίκτυα είναι εκείνα που καλύπτουν μικρές γεωγραφικές αποστάσεις π.χ. σύνδεση υπολογιστών σε μια εταιρεία, τα μητροπολιτικά δίκτυα καλύπτουν μεγαλύτερες αποστάσεις από τα τοπικά π.χ. σύνδεση υπολογιστών

μιας εταιρείας που βρίσκονται σε γειτονικά γραφεία. Τα δίκτυα ευρείας κάλυψης καλύπτουν τεράστιες γεωγραφικές εκτάσεις όπως για παράδειγμα συνδέσεις ομαδικών τοπικών δικτύων που βρίσκονται εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά.



Εικόνα 1.1 Δίκτυο

### 1.3 Διαφορές ανάμεσα σε ενσύρματα και ασύρματα δίκτυα

---

- **Μειωμένη ισχύς σήματος:** Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εξασθενεί καθώς περνά από ύλη. Ακόμη και στον ανοικτό χώρο, το σήμα θα διασκορπίζεται καταλήγοντας σε μειωμένη ισχύ σήματος (απώλεια διαδρομής (Path loss)) καθώς αυξάνεται η απόσταση από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη.
- **Παρεμβολή από άλλες πηγές:** Οι ραδιοπηγές που μεταδίδουν στην ίδια ζώνη συχνότητας θα παρεμβάλλουν μεταξύ τους. Εκτός της παρεμβολής από πηγές μετάδοσης, ο ηλεκτρομαγνητικός θόρυβος μέσα στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει παρεμβολές.
- **Διάδοση πολλαπλών διαδρομών:** Η διάδοση πολλαπλών διαδρομών (multipath propagation) γίνεται όταν τμήματα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος ανακλώνται σε άλλα αντικείμενα και στο έδαφος, παίρνοντας διαδρομές διαφορετικού μήκους ανάμεσα σε έναν αποστολέα και έναν παραλήπτη. Η μετακίνηση αντικειμένων ανάμεσα στον αποστολέα και στον παραλήπτη μπορεί να προκαλέσει την αλλαγή της διαδρομής πολλαπλών διαδρομών με τον χρόνο. [4]

### 1.4 Αισθητήρες

---

Είναι γεγονός ότι η τεχνολογία αναπτύσσεται με ιλιγγιώδεις ρυθμούς. Με την πάροδο των χρόνων, η ολοένα και μεγαλύτερη ανάγκη του ανθρώπου να ερευνηθεί και να εξελίξει τις επιστήμες οδήγησε στην εξέλιξη των αισθητήρων.



**Εικόνα 1.2 Είδη Αισθητήρων**

### 1.4.1 Τι είναι αισθητήρας

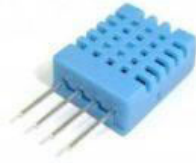
Αισθητήρας ονομάζεται μία συσκευή που ανιχνεύει ένα φυσικό μέγεθος και παράγει από αυτό μία μετρήσιμη έξοδο, ένα μέγεθος(σήμα) που μπορεί να αναγνωρίσει ένας παρατηρητής. Το πρωτογενές φυσικό μέγεθος, δηλαδή εκείνο που δέχεται ο αισθητήρας κατά τη μέτρηση ορίζεται ως ερέθισμα (stimulus) ή μετρούμενο μέγεθος (measurand). Η μεταφορά της ενέργειας είναι συνδεδεμένη με την μεταφορά πληροφορίας που πραγματοποιείται κατά τη διαδικασία της μέτρησης μέσω ενός αισθητήρα (sensing process). Οι transducers (αισθητήρες-μετατροπείς) παρακολουθούν και καταγράφουν φυσικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες. Ο μετατροπέας (transducer), ο οποίος μπορεί να αποτελεί τμήμα ενός σύνθετου αισθητήρα, μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα την είσοδο που παίρνει από τα φυσικά φαινόμενα που παρακολουθεί. Σε πολλές περιπτώσεις ο αισθητήρας και μετατροπέας ενσωματώνονται στην ίδια συσκευή. Την αντίστροφη διαδικασία του αισθητήρα, κάνουν οι συσκευές που χαρακτηρίζονται ως ενεργοποιητές (actuators). Ειδικότερα, η είσοδος τους είναι ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο μετατρέπεται σε άλλου είδους ενέργεια. [8]

### 1.4.2 Είδη αισθητήρων

Είναι σίγουρο, ότι οι αισθητήρες παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα και εξέλιξη της ζωής μας. Μερικά είδη αισθητήρων, αναλύονται παρακάτω.

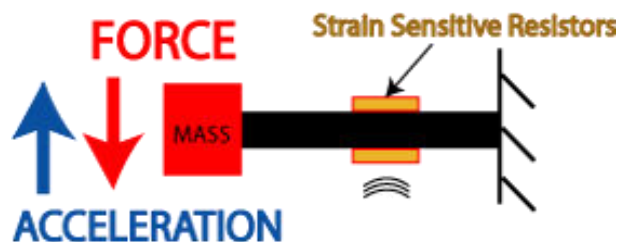
- **Περιβάλλοντος:** Οι περιβαλλοντικές συνθήκες έχουν καθοριστικό ρόλο στην ποιότητα της ζωής μας. Οι αισθητήρες περιβάλλοντος παρέχουν λεπτομερή δεδομένα που αφορούν παραμέτρους όπως η υγρασία, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η υγρασία εδάφους και της βροχής. Η ανίχνευση αυτών των δεδομένων ωφελεί στη δημιουργία νέων ευφυών συσκευών που διευκολύνουν τη ζωή μας και αυξάνουν την ενεργειακή απόδοση ποικίλων συσκευών. Για παράδειγμα, τα όργανα που μετρούν τη θερμοκρασία ονομάζονται θερμόμετρα. Οι αισθητήρες θερμοκρασίας είναι από τους πιο διαδεδομένους και εύκολους σε χρήση, μπορούν να καταγράφουν τις εξωτερικές

συνθήκες θερμοκρασίας και αυτό γίνεται με ειδικές μικροηλεκτρονικομηχανικές διατάξεις (MEMS). Έτσι, μετριέται η θερμοκρασία σε διάφορα μέρη και δίνεται η τιμή του μετρούμενου μεγέθους.



Εικόνα 1.3 Αισθητήρας περιβάλλοντος

- **Χώρου/Απόστασης:** Οι αισθητήρες χώρου/απόστασης μπορούν να ανιχνεύσουν την παρουσία αντικειμένων από μια απόσταση, εκπέμποντας ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο ή μια δέσμη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και αναζητώντας τροποποιήσεις που επιδέχεται το σήμα επιστροφής.
- **Δύναμης:** Οι αισθητήρες δύναμης μεταβάλλουν την τιμή της αντίστασης τους ανάλογα με την τιμή της δύναμης που δέχονται στην επιφάνειά τους, είναι αρκετά ανθεκτικοί και χαρακτηρίζονται από προσαρμοστικότητα. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή της δύναμης που δέχονται, τόσο μικρότερη είναι αντίστασή τους και το αντίστροφο.
- **Κίνησης**
  - ♦ **Επιταχυνσιόμετρο:** Το επιταχυνσιόμετρο είναι μια συσκευή που μπορεί να μετρά δυνάμεις επιτάχυνσης ενός σώματος. Αποτελείται από μια μάζα  $m$  και αν γίνει επιτάχυνση  $a$  προς μια διεύθυνση, η μάζα μετακινείται κατά απόσταση  $x$  και μπορούμε να έχουμε γραφική απεικόνιση σε σχέση με μια τιμή που μας δίνεται. Υπάρχουν διάφορα είδη επιταχυνσιόμετρων. Μερικά από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω.
  - ♦ **Επιταχυνσιόμετρα πίεσης (piezoresistive accelerometer):** Αυτά τα επιταχυνσιόμετρα, ενσωματώνουν μετρητές τάσεως που μετρούν την τάση που έχει μια μάζα, η οποία βρίσκεται σε μια ελαστική άρθρωση.
  - ♦ **Πιεζοηλεκτρικά επιταχυνσιόμετρα:** Το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο εφαρμόζεται στους αισθητήρες επιτάχυνσης και η μηχανική ενέργεια μετατρέπεται σε ηλεκτρική. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας κρυσταλλικά ή πιεζοηλεκτρικά κεραμικά υλικά.



Εικόνα 1.4 Αισθητήρας επιτάχυνσης

- **Αναγνώρισης:** Οι αισθητήρες αναγνώρισης βοηθούν ώστε να αναγνωρίζουμε έναν άνθρωπο ή αντικείμενο ως κάτι μοναδικό. Αυτό μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους όπως το αποτύπωμα, κάρτας κτλ. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αυτού του είδους αισθητήρες αναφέρονται παρακάτω.  
Τα συστήματα **Radio Frequency Identification (RFID)**, που στη γλώσσα μας είναι γνωστά ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων», χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα και αποτελεί εξέλιξη των ραβδωτών κωδικών (barcode).  
NFC, iButton και το δακτυλικό αποτύπωμα.
- **Χρώματος/Φωτός:** Οι αισθητήρες φωτός είναι γνωστοί ως τύποι φωτοανιχνευτών ή φωτοαισθητήρων και υπάρχουν πολλά είδη αυτών των τύπων αισθητήρων. Εντοπίζουν την πυκνότητα του φωτός αλλά δεν καταγράφουν εικόνες. Δύο πολύ συνηθισμένοι αισθητήρες φωτεινής πυκνότητας είναι οι Φωτοδιοδοί (LDR Light Dependent Resistors) που μετατρέπουν το φως σε ρεύμα είτε σε τάση, καθώς επίσης και οι φωτοαντιστάσεις οι οποίες, είναι αντιστάσεις που μειώνονται με την αυξανόμενη ένταση του φωτός.
- **Ρεύματος:** Οι αισθητήρες ρεύματος είναι μια συσκευή που ανιχνεύει ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα καλώδιο και παράγει ένα σήμα ανάλογο προς το ρεύμα αυτό. Το παραγόμενο σήμα μπορεί να είναι αναλογική τάση, ρεύμα ή μια ψηφιακή έξοδος. Το παραγόμενο σήμα μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την εμφάνιση του μετρημένου ρεύματος σ' ένα αμπερόμετρο, μπορεί να αποθηκευτεί για περαιτέρω ανάλυση σ' ένα σύστημα συλλογής δεδομένων ή ακόμη και να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο.
- **Υπερύθρων:** Οι αισθητήρες αυτού του είδους ανιχνεύουν τις αλλαγές του περιβάλλοντός τους, οι οποίες μπορεί να είναι αυξομείωση θερμοκρασίας, μεταβολή χρωμάτων, υγρασίας κτλ. Αντιλαμβάνονται τις μεταβολές και μέσω των ανιχνευτών και εκπέμπουν υπέρυθρες μέσω των πομπών.
- **Αφής:** Με τους αισθητήρες αφής ανιχνεύεται η επαφή σε ένα αντικείμενο από ένα άτομο/χειριστή.
- **Αερίων:** Οι αισθητήρες αερίων είναι συσκευές που ανιχνεύουν την παρουσία και τη συγκέντρωση διαφόρων επικίνδυνων αερίων και ατμών, όπως για παράδειγμα τοξικά αέρια, υγρασία, οσμές.
- **Πίεσης :** Με τον όρο πίεση (P) δηλώνεται, η πυκνότητα ενέργειας που διαθέτει ένα σύστημα και δίνεται από τη σχέση

$$P = \frac{F \cdot n}{A} \quad (1)$$

Οι αισθητήρες που μετρούν την πίεση ονομάζονται αισθητήρες πίεσης. Ένα είδος αισθητήρα πίεσης είναι οι ελαστικοί αισθητήρες. Ονομάζονται έτσι διότι, κάποιο μέρος τους μπορεί να παραμορφωθεί όταν ασκείται σε αυτό πίεση. Οι αισθητήρες αυτοί, μετατρέπουν πρώτα την πίεση σε μετατόπιση. [8]

### Παραδείγματα αισθητήρων και μορφές ενέργειας που ανιχνεύουν

Ενέργεια	Αισθητήρες
Χημική	Υγρασίας,
Ακτινοβολία	Υπεριώδους, υπέρυθρου
Μαγνητική	Μαγνητικού πεδίου
Μηχανική	Ροής, πίεσης, μετατόπισης
Θερμική	Θερμοκρασίας, ροής αερίων
Ηλεκτρική	Ρεύματος, τάσης

Όλα τα παραπάνω αποτελούν μερικά είδη αισθητήρων.

#### 1.4.3 Κατηγορίες αισθητήρων

Οι κατηγορίες των αισθητήρων είναι οι εξής.

- **Παθητικοί και ενεργοί αισθητήρες:** Οι αισθητήρες διακρίνονται σε παθητικούς (passive) και ενεργούς (active). Οι παθητικοί αισθητήρες για να παράγουν το σήμα εξόδου απαιτείται να καταναλώσουν ενέργεια η οποία παράγεται από εξωτερική πηγή. Αντίθετα, οι ενεργοί αισθητήρες παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα ως απάντηση σε κάποιο ερέθισμα στην μορφή του εξερχόμενου σήματος.
- **Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες:** Οι αισθητήρες κατηγοριοποιούνται επίσης, ως απόλυτοι (absolute) και σχετικοί (relative). Απόλυτος είναι ο αισθητήρας που το σήμα παραγωγής του αναφέρεται ακριβή απόλυτη κλίμακα που είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες μέτρησης. Ο σχετικός ονομάζεται ο αισθητήρας που παράγει σήμα που αναφέρεται σε μια συγκεκριμένη κλίμακα τιμών. [4]

#### 1.4.4 Χαρακτηριστικά αισθητήρων

Τα χαρακτηριστικά που εξετάζουμε σε έναν αισθητήρα είναι τα ακόλουθα.

- **Εύρος:** Τα όρια στα οποία η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα. Εκφράζεται συνήθως ως τη διαφορά της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής της μετρούμενης ποσότητας που ο αισθητήρας μπορεί να ανιχνεύσει:  
$$r_i = x_{\max} - x_{\min} \quad (2)$$
- **Ακρίβεια:** Με την ακρίβεια (accuracy) εκφράζεται ο βαθμός ελευθερίας ενός αισθητήρα από τυχαία σφάλματα. Είναι η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς τη τιμή εισόδου. Στους αισθητήρες η ακρίβεια εκφράζεται ως καθαρός αριθμός μικρότερος ή ίσος το 1 (σχετική ακρίβεια) ή ως ποσοστό (εκατοστιαία ακρίβεια).

$$A = 1 - \left| \frac{r-x}{r} \right| \quad (3)$$

$$A(\%) = \left( 1 - \left| \frac{r-x}{r} \right| \right) * 100 \quad (4)$$

Όπου  $r$ : μετρούμενη τιμή (πραγματική) και  $x$ : τιμή εξόδου αισθητήρα (αποτέλεσμα μέτρησης).

- **Σφάλμα:** Η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και τη πραγματική τιμή. Εκφράζεται ως προς τις μονάδες της μετρούμενης ποσότητας (απόλυτο σφάλμα) και ως σχετικό (καθαρός αριθμός) ή εκατοστιαίο σφάλμα (ποσοστό).

$$e = |r - x| \quad (5)$$

$$e = \frac{|r-x|}{r} \quad (6)$$

$$e(\%) = \frac{|r-x|}{r} * 100 \quad (7)$$

Όπου  $r$ : μετρούμενη τιμή (πραγματική) και  $x$ : τιμή εξόδου αισθητήρα (αποτέλεσμα μέτρησης).

- **Γραμμικότητα:** Η γραμμικότητα (linearity) βαθμός στον οποίο η γραφική παράσταση της εξόδου προσεγγίζει ευθεία ως προς την είσοδο του αισθητήρα.
- **Ευαισθησία:** Η σχέση της αλλαγής εξόδου προς τη αλλαγή εισόδου, είναι ίση με τη διαφορά των τιμών της εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών εισόδου

$$\text{Ευαισθησία (S)} = \frac{[\text{Μέγιστη τιμή εξόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εξόδου}]}{[\text{Μέγιστη τιμή εισόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εισόδου}]} \quad (8)$$

Οι μονάδες μέτρησης της ευαισθησίας διαφέρουν ανάλογα με τη φύση του αισθητήρα και τη μετρούμενη ποσότητα.

- **Διακριτική ικανότητα:** Η μικρότερη αλλαγή τιμής εισόδου ( $\Delta x$ ) που μπορεί να ανιχνεύσει.

$$\text{Διακριτική ικανότητα} = \frac{\Delta x}{r} * 100 (\%) \quad (9)$$

- **Υστέρηση:** Η διαφορά στην έξοδο όταν η κατεύθυνση της μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί.

$$\text{Σφάλμα υστέρησης} = \frac{\text{Διαφορά τιμών εξόδου για την ίδια είσοδο}}{\text{ποσοστό της περιοχής τιμών εξόδου}} * 100 (\%) \quad (10)$$

- **Επαναληψιμότητα:** Η παραγωγή του ίδιου αποτελέσματος, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με την ίδια είσοδο.

$$P = 1 - \left| \frac{x-m}{m} \right| \quad (11)$$

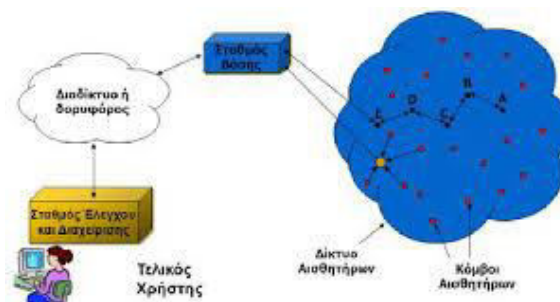
Όπου  $x$ : έξοδος (αποτέλεσμα μέτρησης) και  $m$ : μέση τιμή σειράς εξόδων (μετρήσεων) για την ίδια είσοδο.



- **Νεκρή ζώνη:** Η νεκρή ζώνη (dead-zone) είναι η περιοχή που δεν ανταποκρίνεται ο αισθητήρας στις αλλαγές της μετρούμενης ποσότητας. Εκφράζεται ως το μέγιστο ποσό αλλαγής της εισόδου που δεν επιφέρει αλλαγή στην έξοδο.
- **Καθυστερήση:** Η καθυστέρηση (lag) της αλλαγής της εξόδου ως προς την είσοδο ενός αισθητήρα και μετριέται σε δευτερόλεπτα ή κλάσματα δευτερολέπτου.
- **Ευστάθεια:** Η ευστάθεια (stability) μεταβολή της εξόδου σε μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς μεταβολή της εισόδου και των συνθηκών.
- **Βαθμονόμηση:** Η βαθμολόγηση(calibration) είναι η διαδικασία με την οποία καθορίζεται η συνάρτηση μεταφοράς ενός αισθητήρα. της κλίμακας σε μονάδες. [8] [15]

## 1.5 Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks) είναι δίκτυα από αλληλοσυνδεδεμένες ασύρματες συσκευές, οι οποίες ονομάζονται κόμβοι και έχουν την δυνατότητα να επεξεργάζονται και να αποθηκεύουν πληροφορίες. Διαθέτουν αισθητήρες ραδιοσυχνοτήτων και κεραίες και έχουν τοποθετηθεί στο περιβάλλον για να διαθέτουν πληροφορίες. Αυτές συνδέονται με ένα δίκτυο το οποίο συλλέγει τα δεδομένα που καταγράφονται σε έναν υπολογιστή. [10]



Εικόνα 1.5 Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Οι εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, χωρίζονται σε 3 κατηγορίες ως ακολούθως:

1. Εφαρμογές που αφορούν την παρακολούθηση του περιβάλλοντος (εσωτερικού, εξωτερικού, αστικού ή υπαίθριου).
2. Παρακολούθηση αντικειμένων(μηχανών και κτιρίων).

3. Παρατήρηση της αλληλεπίδρασης και της σχέσης μεταξύ αντικειμένων και περιβάλλοντος. [6]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ασύρματα δίκτυα

---

### 2.1 Ασύρματο Δίκτυο

---

Ασύρματο δίκτυο ονομάζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, συνήθως τηλεφωνικό ή δίκτυο υπολογιστών, το οποίο χρησιμοποιεί τα ραδιοκύματα ως μέσο επικοινωνίας. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα φέροντος, η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει ένα δίκτυο. Στα ασύρματα δίκτυα, δεν χρησιμοποιείται κάποιο καλώδιο ως μέσο μετάδοσης, όπως συμβαίνει με τα ενσύρματα δίκτυα. Σε παλαιότερες εποχές τα τηλεφωνικά δίκτυα ήταν αναλογικά, αλλά σήμερα όλα τα ασύρματα δίκτυα βασίζονται σε ψηφιακή τεχνολογία και συνεπώς μπορούμε να πούμε ότι είναι δίκτυα υπολογιστών. [9]



Εικόνα 2.1 Ασύρματο Δίκτυο

### 2.2 Διαχωρισμός Ασύρματων Δικτύων

---

#### 2.2.1 βάση την γεωγραφική κατανομή

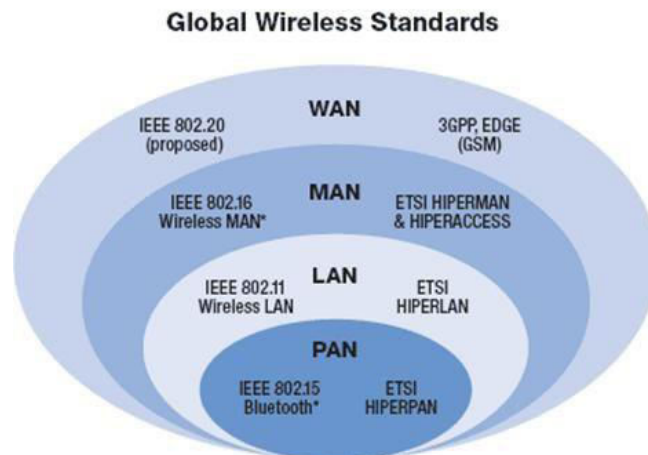
---

Τύποι ασύρματων δικτύων είναι τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, οι δορυφορικές επικοινωνίες, τα Ασύρματα Δίκτυα Προσωπικού Χώρου (WPAN), τα Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα (WLAN), τα Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (WMAN) και τα Ασύρματα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (WWAN). Οι τέσσερις αυτοί τύποι, αναλύονται παρακάτω.

- Τα **Ασύρματα Δίκτυα Προσωπικού Χώρου (Wireless Personal Area Networks, PAN)** είναι δίκτυα υπολογιστών τα οποία χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων, όπως για παράδειγμα η σύνδεση ενός κινητού τηλεφώνου σε έναν υπολογιστή, η σύνδεση του «έξυπνου» ρολογιού με τον υπολογιστή κτλ. Συνήθως, η εμβέλεια των PAN καλύπτει λίγα μέτρα γύρω από ένα σώμα. Στα WPAN ανήκουν και οι τεχνολογίες Wireless

USB, Bluetooth, Z-Wave, ZigBee, RuBee, DASH7, IrDA και NeuRFON. [16]

- Τα **Ασύρματα Τοπικά Δίκτυα υπολογιστών (Wireless Local Area Networks, LAN)** είναι σύνολα συνδεδεμένων υπολογιστών που καλύπτουν συγκεκριμένα γεωγραφικά μήκη. Τοπικό μπορεί να είναι ένα δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων. Χρησιμοποιούνται ευρύτατα για να συνδέουν προσωπικούς υπολογιστές και σταθμούς εργασίας σε επιχειρήσεις, με σκοπό την κοινή χρήση των μέσων όπως για παράδειγμα των εκτυπωτών και την ανταλλαγή πληροφοριών. Ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα, θα μπορούσε να ήταν το δίκτυο μιας εταιρείας που έχει διάφορα τμήματα όπως π.χ. παραγγελιών, λογιστήριο, τεχνικό στο ίδιο κτίριο. Αυτό αποτελεί ένα τοπικό δίκτυο. Τα LAN διακρίνονται από τα υπόλοιπα είδη δικτύων με βάση τρία χαρακτηριστικά: το μέγεθος, την τεχνολογία μετάδοσης και την τοπολογία τους. [17]
- Τα **Ασύρματα Μητροπολιτικά Δίκτυα (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN)** είναι δίκτυα υπολογιστών που καλύπτουν μεγαλύτερες γεωγραφικές αποστάσεις απ' ό,τι τα LAN όπως για παράδειγμα μια πόλη. Ένα MAN συνήθως συνδέει μεταξύ τους τοπικά δίκτυα υπολογιστών (LANs) χρησιμοποιώντας ένα δίκτυο κορμού (backbone technology) υψηλού εύρους ζώνης, όπως οι οπτικές ίνες και παρέχει διασυνδέσεις προς δίκτυα ευρείας περιοχής ή το διαδίκτυο. [18]
- Τα **Ασύρματα Δίκτυα Ευρείας Περιοχής ή ζώνης (Wireless Wide Area Networks, WAN)** είναι ένα σύνολο υπολογιστών που διευρύνονται σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή μαζί και αποτελούν μεταξύ τους ένα δίκτυο επικοινωνίας (όπως για παράδειγμα η δικτύωση των υποκαταστημάτων μιας εταιρείας σε Ασία, Αφρική και Ευρώπη). Με λίγα λόγια, ένα Δίκτυο Ευρείας Περιοχής διασυνδέει μεταξύ τους τοπικά δίκτυα υπολογιστών. Για τη διασύνδεση αυτή χρησιμοποιούνται σχεδόν πάντα μισθωμένες δημόσιες τηλεπικοινωνιακές γραμμές ή, μερικές φορές, και δορυφορικές τηλεπικοινωνίες. Το γνωστότερο δίκτυο ευρείας περιοχής είναι το Διαδίκτυο (Internet). Η δικτύωση των υπολογιστών μπορεί να ακολουθεί τα πρότυπα ενός τοπικού δικτύου (τύπος αστέρα, δακτυλίου, διαύλου κτλ) ή τα πρότυπα του Διαδικτύου, τύπου κομβικού. [19]



**Εικόνα 2.2 PAN,LAN,MAN,WAN**

## 2.2.2 Δημόσια/Ιδιωτικά

---

- **Ιδιωτικά Δίκτυα (Private Networks):** Τα Ιδιωτικά Δίκτυα, ανήκουν αποκλειστικά σε ιδιωτικούς οργανισμούς, δηλαδή σε οργανισμούς που τους ανήκουν και οι κόμβοι αλλά και η υποδομή του δικτύου. Πολλές φορές, όταν είναι απαραίτητο να καλυφθούν μεγάλες αποστάσεις όπως για παράδειγμα υπερατλαντικές, μπορούν να χρησιμοποιούν μισθωμένες αποκλειστικές γραμμές επικοινωνίας δημόσιων τηλεπικοινωνιακών φορέων (leased lines) χωρίς όμως να τις μοιράζονται με άλλους χρήστες. Η πλειοψηφία των τοπικών και μητροπολιτικών δικτύων ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία.
- **Δημόσια Δίκτυα (Public Networks):** Τα Δημόσια Δίκτυα χρησιμοποιούνται όταν οι αποστάσεις που είναι απαραίτητο να καλυφθούν είναι τεράστιες και είναι δύσκολο, εξαιτίας του μεγάλου κόστους, για μια εταιρία ή οργανισμό να κατέχει την επικοινωνιακή υποδομή του δικτύου. Σε αυτές τις περιπτώσεις, κρίνεται αναγκαία η από κοινού χρήση με άλλους των μέσων μετάδοσης και του επικοινωνιακού εξοπλισμού που έχει δημιουργήσει ένας ή περισσότεροι εξειδικευμένοι φορείς. Σίγουρα, όπως και με τα ασύρματα δίκτυα, όταν χρησιμοποιείται ένα Δημόσιο Δίκτυο για ανταλλαγή προσωπικών δεδομένων/ πληροφοριών τότε είναι απαραίτητο να χρησιμοποιείται κάποιου είδους κρυπτογράφηση.

## 2.3 Πρότυπο IEEE 802.11

---

Στα τέλη του '90 δημιουργήθηκε μια κατηγορία προτύπων που ονομάστηκε ασύρματο LAN IEEE 802.11. Κάθε ασύρματο δίκτυο που έχει το πρότυπο IEEE 802.11 παρέχει εννέα υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες αυτές χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι η εξής:

1. Πέντε υπηρεσίες διανομής. Οι υπηρεσίες αυτές είναι:
  - **Συσχέτιση:** Είναι η προσπάθεια των κινητών σταθμών να συνδεθούν με τους σταθμούς βάσης.
  - **Αποσυσχέτιση:** Ο κινητός σταθμός ή ο σταθμός βάσης μπορούν να αποσυνδεθούν.
  - **Επανασυσχέτιση:** Ο κινητός σταθμός μπορεί να αλλάξει τον σταθμό βάσης.
  - **Διανομή:** Δρομολόγηση των πλαισίων που στέλνονται στο σταθμό βάσης.
  - **Ενοποίηση:** Όταν ένα πλαίσιο δεν είναι της μορφής 802.11 και πρέπει να σταλεί, η ενοποίηση τη μετατροπή του στη μορφή που απαιτεί το δίκτυο.

2. Τέσσερις υπηρεσίες σταθμών. Πρώτα, γίνεται η συσχέτιση και έπειτα ακολουθούν:

- **Πιστοποίηση ταυτότητας:** Η πιστοποίηση της ταυτότητας του σταθμού πριν στείλει δεδομένα είναι απαραίτητη.
- **Ακύρωση πιστοποίησης ταυτότητας:** Αν ένας σταθμός, ο οποίος έχει ήδη πιστοποιήσει την ταυτότητα του, θέλει να φύγει από το δίκτυο τότε ακυρώνεται η πιστοποίηση του.
- **Προστασία απορρήτου:** Όλα τα δεδομένα που στέλνονται σε ένα δίκτυο πρέπει να προστατεύονται. Η προστασία απορρήτου διαχειρίζεται την κρυπτογράφηση και αποκρυπτογράφηση.
- **Παράδοση δεδομένων:** Είναι η υπηρεσία αποστολής και λήψης δεδομένων του 802.11. [14]



Εικόνα 2.3 Πρότυπο IEEE 802.11

### 2.3.1 Αρχιτεκτονική IEEE 802.11

Το βασικό χαρακτηριστικό της αρχιτεκτονικής 802.11 είναι το σύνολο υπηρεσιών (basic service set, BSS), που πρέπει να παρέχει ένα ασύρματο δίκτυο. Το BSS αποτελείται από έναν ή περισσότερους ασύρματους σταθμούς και έναν κεντρικό σταθμό βάσης, το οποίο σύμφωνα με το πρότυπο, ονομάζεται σημείο προσπέλασης (access point, AP). Σε κάθε οικιακό δίκτυο, υπάρχει ένα AP και ένας δρομολογητής που συνδέει το BSS με το διαδίκτυο. Κάθε ασύρματος σταθμός έχει μια διεύθυνση MAC (Media Access Control), που ονομάζεται και φυσική διεύθυνση και είναι μια μοναδική ταυτότητα που αποδίδεται στις διασυνδέσεις δικτύου για την επικοινωνία στο φυσικό τμήμα του δικτύου. Η διεύθυνση MAC αποθηκεύεται στο υλικολογισμικό (firmware) του προσαρμογέα του σταθμού. Κάθε AP έχει μία διεύθυνση MAC για την ασύρματη διεπαφή της. Ακόμη, οι σταθμοί IEEE 802.11 μπορούν να ομαδοποιηθούν για να δημιουργήσουν ad-hoc δίκτυο, δηλαδή ένα δίκτυο χωρίς έλεγχο και συνδέσεις.

### 2.3.2 Επεκτάσεις του IEEE 802.11

---

Μερικές από τα επεκτάσεις του προτύπου IEEE 802.11 είναι οι ακόλουθες:

Πρότυπο	Περιοχή συχνοτήτων	Ρυθμός δεδομένων
802.11b	2.4GHz	Έως 2 Mbps
802.11a	5.1-5.8GHz	Έως 54 Mbps
802.11g	2.4GHz	Έως 54 Mbps
802.11n	2.4-5GHz	Έως 150 Mbps
802.11ac	5GHz	Έως 500 Mbps

#### IEEE 802.11i

Μια βελτιωμένη έκδοση του IEEE 802.11 είναι η 802.11i, η οποία παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια. Το 802.11i λειτουργεί στις εξής φάσεις:

- 1. Ανακάλυψη:** Το σημείο πρόσβασης δείχνει τις μορφές αυθεντικοποίησης και κρυπτογράφησης. Έπειτα, ο πελάτης επιλέγει ποιες μορφές θέλει.
- 2. Αμοιβαία αυθεντικοποίηση και παραγωγή Πρωτεύοντος κλειδιού:** Γίνεται ανάμεσα στον πελάτη και τον εξυπηρετητή και το σημείο πρόσβασης προωθεί μηνύματα στον πελάτη.
- 3. Παραγωγή ζευγαριού πρωτεύοντος κλειδιού:** Ο πελάτης και ο εξυπηρετητής χρησιμοποιούν το πρωτεύον κλειδί και με τη βοήθεια αυτού παράγουν ένα δεύτερο κλειδί και έχουν το ζευγάρι πρωτεύοντος κλειδιού (Pairwise Master Key, PMK).
- 4. Παραγωγή χρονικού κλειδιού:** Ο ασύρματος πελάτης και το σημείο πρόσβασης μπορούν να παράγουν επιπλέον κλειδιά με τη βοήθεια του PMK για καλύτερη επικοινωνία.

### 2.4 WiFi

---

Ο όρος WiFi (Ασύρματη Πιστότητα/Wireless Fidelity) αναφέρεται για συσκευές που βασίζονται στην προδιαγραφή του προτύπου IEEE 802.11 b/g/n και εκπέμπουν σε συχνότητες 2.4GHz. Κυρίως, το WiFi έχει επικρατήσει και ως όρος αναφερόμενος συνολικά στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Συνήθεις εφαρμογές του είναι η παροχή

ασύρματων δυνατοτήτων πρόσβασης στο Internet, τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (VoIP) και διασύνδεσης μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών όπως οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές, τηλεοράσεις, κινητά τηλέφωνα, κάμερες κτλ. [20]



Εικόνα 2.4 WiFi

## 2.5 Bluetooth

---

Το Bluetooth είναι μια προδιαγραφή για ασύρματα προσωπικά δίκτυα (WPAN) που ρόλος του είναι να αντικαταστήσει τα καλώδια ως μέσο για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ ηλεκτρονικών συσκευών. Επίσης, προορίζεται κυρίως, για συσκευές κινητής τηλεφωνίας, Bluetooth, την χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Οι συσκευές με Bluetooth έχουν την ικανότητα να φτιάξουν δίκτυα ad hoc. Η αρχιτεκτονική των δικτύων αυτών είναι προσωρινή και τυχαία. Το δίκτυο ad hoc δύο ή περισσότερων συσκευών Bluetooth ονομάζεται ένα piconet. Όταν δύο συσκευές Bluetooth πραγματοποιήσουν μια σύνδεση, προσδιορίζεται απευθείας εάν μία συσκευή πρέπει να ελέγχει τις άλλες. Γενικά, η συσκευή που εκκινεί την επικοινωνία αναλαμβάνει το ρόλο του master και κάνει κάποιους ελέγχους στα άλλα μέλη του piconet που είναι γνωστοί ως slaves. Κατά την δημιουργία μιας piconet, οι slave συσκευές συγχρονίζουν τα frequency hopping ακολουθίας και το ρολόι συστήματος με τον master ώστε να διατηρήσουν τη σύνδεση. Μια συσκευή master είναι ικανή να έχει έως και επτά slaves. Ένας slave σε ένα piconet μπορεί επίσης να είναι master σε ένα άλλο, επιτρέποντας έτσι στα piconets να επικαλύπτονται και να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας αυτό που είναι γνωστό ως scatternet. Η ασφάλεια του bluetooth υποστηρίζεται σε τρεις βασικές υπηρεσίες. Οι λειτουργίες αυτές είναι η άδεια (authorization), ο έλεγχος ταυτότητας(authentication) και η κρυπτογράφηση(encryption). Η υπηρεσία ελέγχου ταυτότητας(authentication) εξασφαλίζει ότι μια συσκευή που ψάχνει μια σύνδεση είναι πράγματι αυτή που τη χρειάζεται. Η άδεια (authorization) είναι η διαδικασία που καθορίζει το κατά πόσον ή όχι η αιτούσα συσκευή επιτρέπεται να έχει πρόσβαση στις πληροφορίες ή υπηρεσίες. Τέλος, η κρυπτογράφηση (encryption) ωφελεί στη διασφάλεια και προστασία των προσωπικών δεδομένων. [21]





Εικόνα 2.5 Bluetooth

## 2.6 Κόμβοι

---

Ο ορισμός ενός κόμβου μπορεί να ποικίλει και εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται. Συγκεκριμένα, στα δίκτυα υπολογιστών ή τηλεπικοινωνιών, οι κόμβοι μπορεί να έχουν θέση είτε σημείου αναδιανομής είτε τελικού σημείου επικοινωνίας. Τις περισσότερες φορές, ένας κόμβος αποτελείται από μια φυσική συσκευή δικτύου, αλλά μπορεί ορισμένες περιπτώσεις να χρησιμοποιούνται ως εικονικοί κόμβοι. [11]

### 2.6.1 Χαρακτηριστικά κόμβων

---

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των κόμβων των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι τα ακόλουθα:

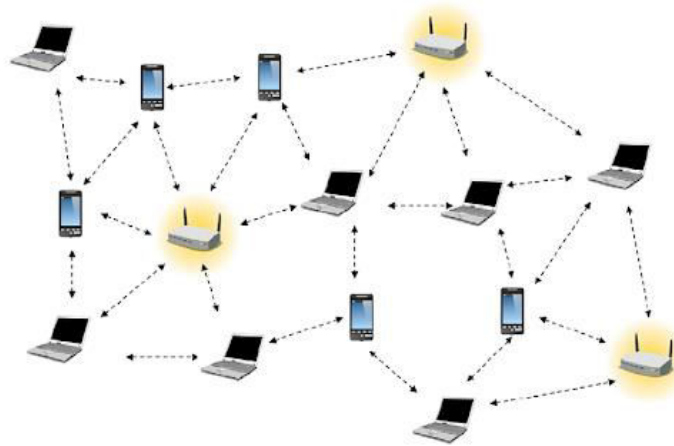
- **Μικρό μέγεθος:** Οι κόμβοι των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχουν μικρό μέγεθος και μικρή εμβέλεια, έχουν περιορισμένη ενέργεια και γι' αυτό η επικοινωνία τους καθίσταται δύσκολη.
- **Ενεργειακή απόδοση:** Συνήθως, οι κόμβοι των ασύρματων δικτύων αισθητήρων τροφοδοτούνται με μπαταρίες και έτσι όταν η μπαταρία κάποιου κόμβου τελειώσει, αυτός παύει να λειτουργεί γι' αυτό η αυτονομία τους είναι περιορισμένη. Έτσι, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η κατανάλωση ισχύος των αλγορίθμων και των πρωτοκόλλων κατά την σχεδίαση.
- **Χαμηλό κόστος:** Για να κατασκευάσουμε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων χρειάζονται εκατοντάδες, χιλιάδες ή και εκατομμύρια κόμβοι και γι' αυτό είναι σημαντικό να διατηρήσουμε το κόστος κάθε κόμβου χαμηλό ώστε να μικρύνουμε το συνολικό κόστος του δικτύου.
- **Ανεκτικότητα σε λάθη και σφάλματα:** Πολλές φορές οι κόμβοι εκτίθενται σε μεγάλο και πολλές φορές δυσμενές περιβάλλον. Ωστόσο, αυτό δεν θα πρέπει να επηρεάσει το έργο του δικτύου και να παραμείνει σταθερό.



Η ανοχή σε σφάλματα  $R(t)$  ενός δικτύου δίνεται από τη χρήση της κατανομής Poisson, ώστε να αποδοθεί η πιθανότητα να υπάρχει ή όχι σφάλμα εντός του χρονικού διαστήματος  $(0,t)$

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (12)$$

- **Ασφάλεια και ιδιωτικότητα:** Οι κόμβοι είναι απαραίτητο να έχουν μηχανισμούς ασφάλειας, οι οποίοι να είναι αποδοτικοί ώστε να αποτρέπονται ανεπιθύμητες προσβάσεις και επιθέσεις.
- **Οργάνωση:** Κάθε κόμβος του δικτύου είναι σημαντικό να μπορεί να οργανώνεται από μόνος του, για να μπορεί να ξεπεράσει δυσμενείς συνθήκες που μπορούν να προκύψουν, αλλά και να υπάρχει συνεργασία μεταξύ των κόμβων για να προσαρμόζονται στον καταναμημένο αλγόριθμο και να διαμορφώνουν αυτόματα δίκτυα. [11]



Εικόνα 2.6 Κόμβοι

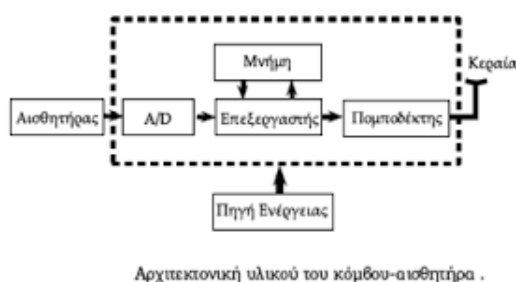
### 2.6.2 Αρχιτεκτονική κόμβων

Τα κύρια συστατικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται συνήθως ένας κόμβος είναι:

1. **Μικροεπεξεργαστής:** Ο μικροεπεξεργαστής είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία καθώς αποτελεί τον πυρήνα του κόμβου, ο οποίος λαμβάνει τα δεδομένα από τους υπόλοιπους κόμβους, τα επεξεργάζεται και αποφασίζει για το πότε και πού θα τα στείλει, καθορίζοντας τη συμπεριφορά των ενεργοποιητών. Βέβαια, για την επιλογή του κατάλληλου επεξεργαστή, σημαντική παράμετρος είναι η δυνατότητα να απενεργοποιείται, όταν δεν εκτελεί κάποια λειτουργία (sleep mode), και η κατανάλωση ενέργειας.
2. **Μνήμη (external memory):** Σε έναν κόμβο απαιτείται μια ορισμένη ποσότητα μνήμης για να αποθηκεύσει τα προγράμματα και τα ενδιάμεσα αποτελέσματα. Τρία είδη μνήμης μπορεί να διαθέτει ο κάθε κόμβος του δικτύου: Μία RAM για την αποθήκευση των μετρήσεων και των

λαμβανόμενων πακέτων, μία ROM για την αποθήκευση του κώδικα της εφαρμογής και μία EEPROM για την καταχώρηση συνήθως των δεδομένων που δε διακινούνται σε τακτά διαστήματα.

- 3. Πομπός-δέκτης-Κεραία (transceiver):** Η ύπαρξη του πομποδέκτη σε κάθε κόμβο είναι ιδιαίτερα σημαντική για να μπορούν οι κόμβοι να επικοινωνούν μεταξύ τους. Ο πομπός και δέκτης συνήθως, βρίσκονται στο ίδιο ολοκληρωμένο κύκλωμα. Εκτός από την περίπτωση της απλής μετάδοσης στο φυσικό μέσο, οι περισσότεροι πομποδέκτες αναλαμβάνουν και τις εργασίες των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, μειώνοντας έτσι το φόρτο εργασίας του επεξεργαστή.
- 4. Πηγή ενέργειας (power source):** Το μέγεθος της πηγής ενέργειας εξαρτάται από την εφαρμογή του ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Δηλαδή, η μονάδα ενέργειας είναι δυνατόν να υποστηρίζεται από μία μονάδα εξαγωγής και μία παραγωγής ενέργειας από το περιβάλλον.

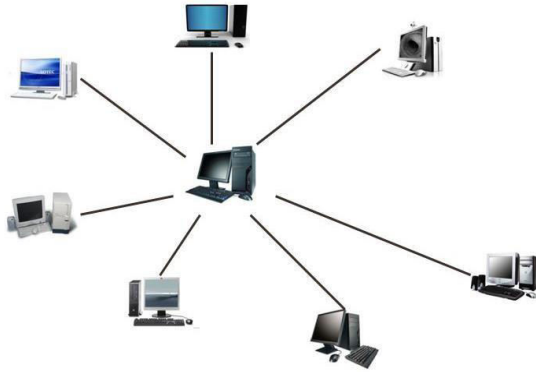


Εικόνα 2.7 Αρχιτεκτονική κόμβου αισθητήρα

## 2.7 Τοπολογία

Τοπολογία δικτύων ονομάζεται ο τρόπος που είναι συνδεδεμένοι οι κόμβοι μεταξύ τους. Η διευθέτηση της τοπολογίας είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την απόδοση ολόκληρου του δικτύου. Γενικά, στα ασύρματα δίκτυα έχουμε:

- **Τοπολογία αστεριού (star):** Κάθε κόμβος (συσκευή) συνδέεται σε ένα μεγαλύτερο κόμβο, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την επικοινωνία μεταξύ των σταθμών.



**Εικόνα 2.8 Τοπολογία Star**

- **Peer to peer (P2P):** Είναι ένα δίκτυο που επιτρέπει στους κόμβους του, να μοιράζονται ταυτόχρονα τους ίδιους πόρους. Όλοι οι κόμβοι μπορούν να διαβάσουν πληροφορίες που βρίσκονται σε έναν κόμβο και από έναν κόμβο μπορούν να διαβαστούν από τους άλλους.

Τα δίκτυα peer to peer χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες. Αυτές είναι:

1. **Συγκεντρωτικά P2P δίκτυα:** Σε αυτά, υπάρχει ένας κεντρικός Index Server στον οποίο αποθηκεύονται οι πληροφορίες για τα περιεχόμενα των καταλόγων που οι συμμετέχοντες επιθυμούν να μοιράζονται. Οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν τα αρχεία που ψάχνουν, χρησιμοποιώντας ένα κατάλληλο πρόγραμμα-πελάτη. Όταν το αρχείο βρεθεί, ανοίγει μια σύνδεση μεταξύ των δύο χρηστών για τη μεταφορά του. Είναι γνωστά και ως «πρώτης γενιάς P2P δίκτυα».
2. **Αποκεντρωτικά P2P δίκτυα:** Κάθε σύστημα που συμμετέχει αποτελεί ταυτόχρονα client και server. Μόλις κάποιος συνδεθεί μέσω ενός ανάλογου προγράμματος-πελάτη P2P, κάνει γνωστή την παρουσία του σε ένα μικρό αριθμό υπολογιστών ήδη συνδεδεμένων οι οποίοι με τη σειρά τους προωθούν τη δήλωση παρουσίας του σε ένα μεγαλύτερο δίκτυο υπολογιστών κ.λ.π. Πλέον ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναζητήσει οποιαδήποτε πληροφορία μεταξύ των διαμοιραζόμενων αρχείων. Τα δίκτυα αυτά λέγονται και δεύτερης γενιάς. Η μεταφορά των αρχείων είναι όμοια με αυτή των συγκεντρωτικών P2P δικτύων.
3. **P2P δίκτυα τρίτης γενιάς:** Είναι αποκεντρωτικού τύπου και η φιλοσοφία του βασίζεται εκτός από την ανωνυμία, στην υψηλή βιωσιμότητα του, στο συνεχή διαμοιρασμό των αρχείων και στην κωδικοποίησή τους έτσι ώστε κανείς να μην μπορέσει ποτέ να αποκτήσει κανένα είδος ελέγχου πάνω σε αυτό. Τα δίκτυα αυτού του τύπου είναι υπό ανάπτυξη και έχουν χαρακτηριστεί ως μικρά παγκόσμια δίκτυα.

- **Καταναμημένη:** Στην καταναμημένη τοπολογία (**mesh**) όλοι οι κόμβοι του δικτύου συνδέονται μεταξύ τους μερικά ή στο σύνολό τους. [12]

## 2.8 Συστατικά ενός ασύρματου δικτύου

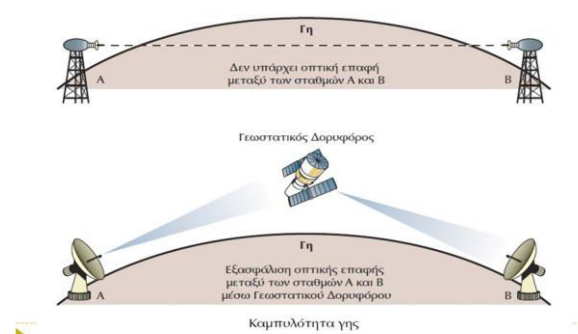
### 2.8.1 Ασύρματες ζεύξεις

Ασύρματες ζεύξεις ονομάζονται οι ζεύξεις, που για τη μετάδοση πληροφορίας χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Είναι τα μέσα που συνδέουν τις πληροφορίες με τις συσκευές του δικτύου. Βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι γίνεται χρήση της ατμόσφαιρας ή του διαστήματος ως μέσου διάδοσης και δεν υπάρχει φυσική σύνδεση μεταξύ πομπού και δέκτη.

Οι ασύρματες ζεύξεις αποτελούνται από δύο τύπους.

1. **Τις επίγειες (terrestrial) μικροκυματικές ζεύξεις:** Χρησιμοποιούν ως τηλεπικοινωνιακό μέσο την ατμόσφαιρα. Οι πομποί και οι δέκτες είναι παραβολικά πιάτα και για να γίνει η μεταφορά δεδομένων χρειάζεται οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη.
2. **Τις δορυφορικές (satellite) μικροκυματικές ζεύξεις:** Η επικοινωνία πομπού και δέκτη γίνεται μέσω δορυφόρου και χρησιμοποιούνται για να μεταδώσουν σήμα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Επίσης, οι δορυφορικές ζεύξεις χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στις ανοδικές (uplink), που χρησιμοποιούνται για την αποστολή σημάτων από τους επίγειους σταθμούς στους δορυφόρους και τις καθοδικές (downlink) στις οποίες οι δορυφόροι αναμεταδίδουν τα σήματα που λαμβάνουν.

Επίγειες - Δορυφορικές Μικροκυματικές Ζεύξεις



Εικόνα 2.9 Ασύρματες ζεύξεις

### 2.8.2 Σταθμός βάσης

- **Σταθμός βάσης:** Ο σταθμός βάσης (base station) είναι ένα βασικό συστατικό του ασύρματου δικτύου. Είναι υπεύθυνος για στείλει και να

λάβει δεδομένα προς και από έναν ασύρματο υπολογιστή, που σχετίζεται με τον συγκεκριμένο σταθμό βάσης. Ακόμη, ευθύνεται για τον συντονισμό της μετάδοσης από πολλαπλούς ασύρματους υπολογιστές, με τους οποίους συσχετίζεται. Όταν λέμε ότι ένας υπολογιστής συσχετίζεται με έναν σταθμό βάσης, εννοούμε ότι πρώτον, ο υπολογιστής βρίσκεται μέσα στην απόσταση ασύρματης επικοινωνίας του σταθμού βάσης και δεύτερον, ο υπολογιστής χρησιμοποιεί τον σταθμό βάσης για να αναμεταδώσει δεδομένα ανάμεσα στον ίδιο και το ευρύτερο δίκτυο.

Οι υπολογιστές που συνδέονται με έναν σταθμό βάσης συνήθως αναφέρεται ότι λειτουργούν με τρόπο λειτουργίας υποδομής (infrastructure mode), καθώς όλες οι παραδοσιακές υπηρεσίες δικτύου (δρομολόγηση, εκχώρηση διευθύνσεων) παρέχονται από το δίκτυο, στο οποίο συνδέεται ο υπολογιστής, μέσω του σταθμού βάσης. Στα ad hoc δίκτυα (ad hoc networks), οι ασύρματοι υπολογιστές δεν έχουν τέτοια υποδομή με την οποία να συνδέονται. Αφού δεν υπάρχει τέτοια υποδομή, οι ίδιοι οι υπολογιστές πρέπει να παρέχουν υπηρεσίες όπως είναι η δρομολόγηση και η εκχώρηση διευθύνσεων.

Όταν ένας κινητός υπολογιστής μετακινείται πέρα απ' την εμβέλεια ενός σταθμού βάσης και μπαίνει στην περιοχή ενός άλλου σταθμού βάσης, θα αλλάξει το σημείο σύνδεσής του μέσα στο μεγάλο δίκτυο, μία διεργασία που ονομάζεται μεταπομπή (handoff).

### 2.8.3 Υποδομή δικτύου

---

- **Υποδομή δικτύου:** Αυτό είναι το μεγαλύτερο δίκτυο με το οποίο μπορεί να θέλει να επικοινωνήσει ένας ασύρματος υπολογιστής. [4]

## 2.9 Τύποι ασύρματων δικτύων

---

Οι τύποι ασύρματων δικτύων μπορούν να καταταχθούν σε κατηγορίες σύμφωνα με κριτήρια όπως:

- A. εάν ένα πακέτο ασύρματου δικτύου περνά από ακριβώς ένα ασύρματο άλμα ή πολλαπλά ασύρματα άλματα
- B. εάν υπάρχει μία υποδομή όπως ένας σταθμός βάσης στο δίκτυο

- **Ενός άλματος**

A. Βασιζόμενα σε υποδομή. Αυτά τα δίκτυα έχουν έναν σταθμό βάσης, που συνδέεται με ένα μεγαλύτερο ενσύρματο δίκτυο. Επίσης, όλη η κοινωνία διεξάγεται ανάμεσα σ' αυτόν τον σταθμό βάσης και έναν ασύρματο υπολογιστή, μέσω ενός μόνον ασύρματου άλματος.

B. Χωρίς υποδομή. Σε αυτά τα δίκτυα δεν υπάρχει σταθμός βάσης που να συνδέεται σε ένα ασύρματο δίκτυο. Ωστόσο, ένας από τους κόμβους μέσα σε αυτό το δίκτυο ενός ανοίγματος μπορεί να συντονίζει τις μεταδόσεις των άλλων κόμβων.

- **Πολλαπλών αλμάτων**

A. Σε αυτά τα δίκτυα, υπάρχει ένας σταθμός βάσης που συνδέεται σ' ένα μεγαλύτερο δίκτυο. Ωστόσο, ορισμένοι ασύρματοι κόμβοι μπορεί να χρειάζεται να μεταβιβάσουν τις επικοινωνίες τους μέσω άλλων ασύρματων κόμβων για να επικοινωνήσουν μέσω του σταθμού βάσης.

B. Σε αυτά τα δίκτυα, δεν υπάρχει σταθμός βάσης και οι κόμβοι μπορεί χρειάζεται να αναμεταδίδουν μηνύματα δια μέσου αρκετών άλλων κόμβων, για να προσεγγίσουν έναν προορισμό. Οι κόμβοι μπορεί επίσης να είναι κινητοί με την συνδεσιμότητα να αλλάζει μεταξύ κόμβων- μία κλάση δικτύων που είναι γνωστά ως κινητά ad hoc δίκτυα. [4]

## 2.10 Πρωτόκολλο MAC

---

Σε ορισμένες περιπτώσεις οι κόμβοι των δικτύων λειτουργούν ως ad hoc, δηλαδή χωρίς κάποια προϋπάρχουσα υποδομή και καλούνται να οργανωθούν για να φτιάξουν ένα ασύρματο δίκτυο. Ένα από τα θέματα που παρουσιάζονται στα ασύρματα δίκτυα είναι οι συγκρούσεις που γίνονται, όταν δύο κόμβοι στέλνουν ταυτόχρονα δεδομένα στο κοινό κανάλι. Έχουν δημιουργηθεί πρωτόκολλα MAC που βοηθούν τους κόμβους να αποφασίσουν πότε και πώς θα έχουν πρόσβαση στο κανάλι.

Τα πρωτόκολλα MAC επηρεάζονται από διάφορους περιορισμούς και κατά την σχεδίαση τους πρέπει γίνονται κάποιες ανταλλαγές μεταξύ ιδιοτήτων όπως:

- **Αποφυγή σύγκρουσης:** Η αποφυγή των συγκρούσεων είναι ο βασικός στόχος όλων των πρωτοκόλλων MAC. Καθορίζει το πότε και πώς ένας κόμβος μπορεί να έχει πρόσβαση στο μέσο. Οι συγκρούσεις δεν γίνεται να μην υπάρχουν καθόλου στο πρωτόκολλα MAC, τα οποία βασίζονται στον ανταγωνισμό ωστόσο, είναι δυνατό να αποφευχθούν οι πολύ συχνές συγκρούσεις.
- **Ενεργειακή Αποδοτικότητα:** Μια από τις πιο σημαντικές ιδιότητες των πρωτοκόλλων MAC είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα, η οποία αποτελεί ίσως την πιο σημαντική για τα δίκτυα αισθητήρων. Για την δημιουργία ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι σημαντικό έως και απαραίτητο να κατασκευάζονται οικονομικοί κόμβοι ώστε να είναι αναλώσιμοι, ή να λειτουργούν μόνο με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και να είναι αρκετά αποδοτικοί. Το ράδιο είναι καταλυτικός ενεργειακός καταναλωτής και το MAC ελέγχει τις ραδιοδραστικότητες και την κατανάλωση ενέργειας.
- **Εξελιξιμότητα & Προσαρμοστικότητα:** Η εξελιξιμότητα και η προσαρμοστικότητα συνδέονται αποτελούν ιδιότητες που συνδέονται άμεσα με τις αλλαγές στο μέγεθος του δικτύου, την πυκνότητα των κόμβων και

την τοπολογία. Με το πέρας του χρόνου, ορισμένοι κόμβοι ενδέχεται να ξεμεινουν από μπαταρία και έτσι αντικαθίστανται από άλλους κόμβους ή ακόμη, προστίθενται νέοι ή μετακινούνται σε άλλες θέσεις. Έτσι λοιπόν, το πρωτόκολλο MAC είναι σημαντικό να χαρακτηρίζεται από προσαρμοστικότητα για ενδεχόμενες αλλαγές που μπορεί να προκύψουν.

- **Χρήση Καναλιών:** Η χρήση καναλιών δείχνει πόσο αξιοποιήσιμο είναι το εύρος ζώνης. Καθώς το εύρος ζώνης είναι ο πολυτιμότερος πόρος για αυτά τα συστήματα και συνήθως χρειάζεται να υπάρχουν πολλοί χρήστες, είναι σημαντικό ζήτημα στα κυψελοειδή τηλεφωνικά συστήματα ή στα ασύρματα δίκτυα τοπικής περιοχής.
- **Καθυστέρηση:** Η καθυστέρηση έχει να κάνει με τον χρόνο από την στιγμή που υπάρχει πακέτο για αποστολή μέχρι την επιτυχή παραλαβή του. Στα δίκτυα αισθητήρων, η σημασία της καθυστέρησης έχει να κάνει με την εφαρμογή. Σε εφαρμογές αρακολούθησης ή ελέγχου, οι κόμβοι επαγρυπνούν για αρκετό χρόνο αλλά κατά το μεγαλύτερο μέρος μένουν ανενεργοί έως ότου βρεθεί κάτι και πολλές φορές αυτές οι εφαρμογές έχουν ανοχή στην επιπρόσθετη καθυστέρηση στο μήνυμα επειδή η ταχύτητα του δικτύου είναι πολύ μεγαλύτερη από την ταχύτητα ενός φυσικού γεγονότος. Συνεπώς, η ταχύτητα του γεγονότος που βρέθηκε τοποθετεί ένα όριο στο πόσο γρήγορα ένα δίκτυο πρέπει να αντιδράσει.
- **Ρυθμαπόδοση:** Η ρυθμαπόδοση υπολογίζεται συνήθως σε bits ή bytes/second και αναφέρεται στον όγκο των δεδομένων που μεταφέρεται επιτυχώς από τον πομπό στον δέκτη σε συγκεκριμένο χρόνο. Παράγοντες που επηρεάζουν τη ρυθμαπόδοση είναι η αποδοτικότητα στην αποφυγή συγκρούσεων, η αξιοποίηση των καναλιών, η καθυστέρηση και ο έλεγχος επιπρόσθετων απωλειών. Οι εφαρμογές ασύρματων δικτύων αισθητήρων που χρειάζονται μεγάλη διάρκεια ζωής, δέχονται συχνά μεγαλύτερη καθυστέρηση και χαμηλότερη ρυθμαπόδοση. Μια σχετική ιδιότητα είναι η Ορθή-Παράδοση που αναφέρεται στη ρυθμαπόδοση που υπολογίζεται αποκλειστικά βάση των δεδομένων που παραλαμβάνονται από το δέκτη χωρίς σφάλμα.
- **Δίκαιη Λειτουργία:** Η δίκαιη λειτουργία δείχνει τη δυνατότητα χρηστών, κόμβων ή εφαρμογών, για ίση απασχόληση του καναλιού. Αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική ιδιότητα για τα παραδοσιακά δίκτυα φωνής ή δεδομένων, καθώς κάθε χρήστης επιθυμεί ίση ευκαιρία για να στείλει ή να λάβει τα δεδομένα των αιτήσεων τους. Εντούτοις, στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων συνεργάζονται για έναν κοινό στόχο. Κάθε στιγμή, ένας κόμβος είναι ικανός να έχει πολύ περισσότερα δεδομένα για αποστολή σε σχέση με άλλους κόμβους, άρα αντί για ίση μεταχείριση ανάμεσα των κόμβων, η επιτυχία αξιολογείται από την απόδοση της εφαρμογής συνολικά.

[4]

## 2.11 Λειτουργικό TinyOs

---



Ένα βασικό συστατικό των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, είναι το λειτουργικό σύστημα TinyOS, που αναπτύχθηκε στα εργαστήρια του πανεπιστημίου Berkeley και είναι ίσως το πρώτο λειτουργικό που σχεδιάστηκε για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Το TinyOS, οι βιβλιοθήκες, οι εφαρμογές και τα συστήματα είναι γραμμένα στη γλώσσα προγραμματισμού NesC. Η NesC υποστηρίζει τον σχεδιασμό του λειτουργικού TinyOS, είναι μια γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems) και η σύνταξη της είναι όμοια με της C. Κάποιες από τις βασικές αρχές της NesC είναι ότι είναι μια προέκταση της C, η οποία παράγει κώδικα για τους μικροελεγκτές που χρησιμοποιούνται στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Επίσης, τα προγράμματα γραμμένα σε γλώσσα NesC περνούν από προγραμματιστική ανάλυση για λόγους ασφαλείας και από βελτιστοποίηση για λόγους επίδοσης.



Εικόνα 2.10 TinyOs

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Εφαρμογές Ασύρματων δικτύων αισθητήρων

---

### 3.1 Μοντέλο αναφοράς OSI

---

Το μοντέλο OSI αποτελείται από μία στοίβα από επίπεδα και συσχετίζεται με την επιστήμη και δικτύωση των υπολογιστών. Για κάθε επίπεδο μπορεί να οριστεί κάποιον πρωτόκολλο σε μία υλοποίηση. Κάθε επίπεδο συνδέεται και αλληλοεπιδρά με τα υπόλοιπα. Αξιοποιεί, δηλαδή, τις λειτουργίες του προηγούμενου (κατώτερου) επιπέδου στη στοίβα, ενώ στόχος του είναι να παρέχει λειτουργικότητα στο αμέσως ανώτερο επίπεδό του.

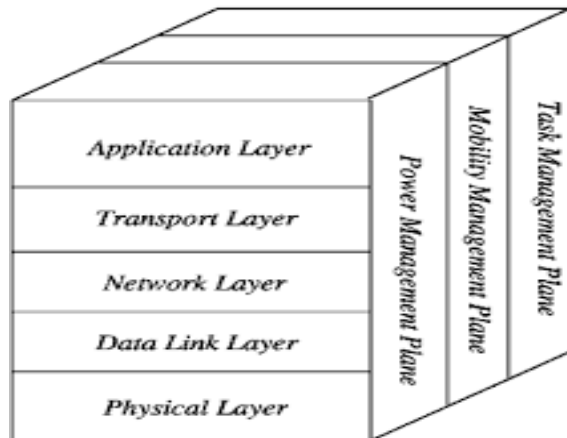
Περιγραφή επιπέδων OSI:

- **Το Φυσικό επίπεδο (Physical layer):** Το φυσικό επίπεδο είναι το πρώτο (κατώτερο) επίπεδο της στοίβας πρωτοκόλλων των δικτύων αισθητήρων. Ασχολείται με την μετάδοση της πληροφορίας (bit) μέσω του φυσικού μέσου. Καλύπτει τις ανάγκες της απλής αλλά σταθερής διαμόρφωσης και των τεχνικών μετάδοσης και λήψης. Είναι υπεύθυνο για την επιλογή της συχνότητας, τη δημιουργία συχνότητας φέροντος, την ανίχνευση σήματος και την κρυπτογράφηση των δεδομένων.
- **Το επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link layer):** Το συγκεκριμένο, είναι το δεύτερο επίπεδο και παρέχει τη φυσική διευθυνσιοδότηση (MAC Addresses) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο του μέσου διάδοσης και του πότε μπορούν να εκπεμφθούν δεδομένα σε αυτό και να μπορεί να ελαχιστοποιεί



τις συγκρούσεις μεταξύ μεταδόσεων γειτονικών κόμβων. Η λειτουργία αυτή παρέχεται από το υποεπίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης στο Μέσο (Media Access Control). Το υποεπίπεδο Λογικού Ελέγχου και Ζεύξης ( Logical Link Control) είναι υπεύθυνο για την αξιόπιστη επικοινωνία μεταξύ των γειτονικών κόμβων. Επίσης, ανιχνεύει σφάλματα, ελέγχει τη ροή των πληροφοριών και συγχρονίζει.

- **Το επίπεδο Δικτύου (Network layer):** Το φυσικό επίπεδο, είναι το τρίτο επίπεδο και ελέγχει τη λειτουργία του υποδικτύου. Βασικός λόγος του σχεδιασμού του είναι ο καθορισμός του τρόπου δρομολόγησης και η συνάθροιση των δεδομένων που παρέχει το επίπεδο μεταφοράς. Είναι υπεύθυνο ώστε τα πακέτα να μπορούν να παραδοθούν από τον αποστολέα στον τελικό κόμβο του παραλήπτη διασχίζοντας όλους τους κόμβους και δίκτυα που μεσολαβούν για τον τελικό προορισμό και η εύρεση της κατάλληλης διαδρομής. Αποτελεί περιοχή μεγάλης ερευνητικού ενδιαφέροντος.
- **Το επίπεδο Μεταφοράς (Transport layer):** Το επίπεδο αυτό είναι απαραίτητο κυρίως όταν το σύστημα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο ή σε άλλα εξωτερικά δίκτυα, διεκπεραιώνει τη μεταφορά των δεδομένων από χρήστη σε χρήστη και έτσι, απαλλάσσει τα ανώτερα επίπεδα να προσφέρουν αξιόπιστη μεταφορά δεδομένων από το ένα άκρο της επικοινωνίας στο άλλο. Επίσης, ελέγχει την αξιοπιστία ενός χρησιμοποιούμενου καναλιού με έλεγχο ροής, κατάτμηση και αποτμηματοποίηση καθώς και έλεγχο σφαλμάτων. Κάποια πρωτόκολλα καταγράφουν καταστάσεις και συνδέσεις, οπότε κρατούν λογαριασμό των πακέτων και επανεκπέμπουν αυτά που δεν παρελήφθησαν σωστά. Τα διάφορα πρωτόκολλα μορφοποιούν διαφορετικά τα εκπεμπόμενα πακέτα πληροφοριών, αλλά τα προς αποστολή δεδομένα παραλαμβάνονται αρχικά από τα ανώτερα επίπεδα.
- **Το επίπεδο Συνόδου (Session layer):** Το επίπεδο Συνόδου ελέγχει τις ανταλλαγές δεδομένων μεταξύ δύο υπολογιστών. Διαχειρίζεται και τερματίζει τη σύνδεση μεταξύ μιας τοπικής και μια απομακρυσμένης εφαρμογής. Επίσης, ασχολείται με την διαδικασία απομακρυσμένης σύνδεσης και τον έλεγχο του κωδικού σε έναν υπολογιστή. Ακόμη, ευθύνεται για τον τερματισμό της σύνδεσης του 4<sup>ου</sup> επιπέδου.
- **Το επίπεδο Παρουσίασης (Presentation layer):** Το επίπεδο παρουσίασης είναι υπεύθυνο για την αναπαράσταση της πληροφορίας και των δομών δεδομένων. Μετασχηματίζει τα δεδομένα σε τυπική μορφή ώστε να είναι κατανοητά από την εφαρμογή όποτε αυτό κρίνεται αναγκαίο, εκτελεί δηλαδή ρόλο μεταφραστή του δικτύου. Στο επίπεδο αυτό γίνεται η συμπίεση των δεδομένων και η κρυπτογράφηση.
- **Το επίπεδο Εφαρμογής (Application layer):** Το επίπεδο Εφαρμογής αποτελεί το ανώτερο επίπεδο του μοντέλου OSI και επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ των εφαρμογών. Ακόμη, προσδιορίζει το πρωτόκολλο των εφαρμογών με βάση το οποίο διεξάγεται η επικοινωνία. [13]



Εικόνα 3.1 Μοντέλο OSI

## 3.2 Χαρακτηριστικά

- Χαμηλή Κατανάλωση:** Οι κόμβοι του δικτύου τις περισσότερες φορές, τροφοδοτούνται με μπαταρίες οι οποίες, μετά από συγκεκριμένο χρονικό διάστημα χρήσης, αδειάζουν και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα μετά από αυτό το διάστημα το δίκτυο να είναι πλέον άχρηστο. Συνεπώς, όσο λιγότερη ενέργεια καταναλώνει ο κάθε κόμβος ξεχωριστά, τόσο πιο πολύ αυξάνεται ο χρόνος ζωής του και τόσο μειώνεται το κόστος συντήρησης. Ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα που μας ενδιαφέρουν σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι η εξοικονόμηση ενέργειας και γι'αυτό σε αρκετά δίκτυα χρησιμοποιούνται ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μια τέτοια υλοποίηση εξαρτάται τόσο από την τοποθεσία, όσο και τις απαιτήσεις του κάθε δικτύου ξεχωριστά.
- Αυτόνομη και προγραμματιζόμενη λειτουργία:** Ο κάθε κόμβος θα πρέπει να έχει την ικανότητα να λειτουργήσει αυτόνομα, δηλαδή να ξέρει τι να κάνει (λήψη μετρήσεων), πότε να το κάνει (συχνότητα δειγματοληψίας), πού θα στείλει την μέτρηση (πχ Broadcasting – σε όλους τους κόμβους εντός εμβέλειας). Την ίδια στιγμή, θα έχει την δυνατότητα να προγραμματίζεται δυναμικά, για παράδειγμα μπορεί το base station να μπορεί να δώσει στο δίκτυο καινούργια δεδομένα λειτουργίας για το κάθε κόμβο ώστε να γίνει ο επαναπρογραμματισμός του δικτύου.
- Μικρό μέγεθος- Χαμηλό κόστος:** Όταν αναφερόμαστε σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων κάνουμε λόγο για δίκτυα κόμβων που είναι μικροί σε μέγεθος και έχουν χαμηλό κόστος. Οι τιμές των κόμβων είναι πολύ μεγάλες για την κατασκευή μεγάλων κλίμακας δικτύων. Αν δηλαδή, θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα δίκτυο για μια τεράστια κλίμακα έκτασης, θα απαιτηθεί η αγορά ασύρματων αισθητήρων που θα κοστίζουν εκατομμύρια.
- Γρήγορη δημιουργία δικτύου:** Τα δίκτυα μπορούν σε μικρό διάστημα να χαρτογραφίσουν το δίκτυο και να ξεκινήσουν να λειτουργούν. Αυτό φυσικά, εξαρτάται και από το μέγεθος του δικτύου και οίγουρα από το hardware/software των κόμβων.

- **Προσαρμοστικότητα:** Ένα από τα πιο βασικά χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι ότι μπορούν και προσαρμόζονται εύκολα στις αλλαγές του δικτύου. Δηλαδή, αν ένας ή περισσότεροι κόμβοι καταστραφούν αυτό δεν σημαίνει ότι θα καταστραφεί και ολόκληρο το δίκτυο καθώς έχει την δυνατότητα να δημιουργεί νέους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων και έτσι να διατηρείται η συνένωση τους.
- **Απλότητα:** Οι περιορισμένες υπολογιστικές και ενεργειακές ικανότητες του κάθε κόμβου απαιτούν τον σχεδιασμό απλών και αποδοτικών αλγορίθμων για την διεκπεραίωση των διεργασιών που εκτελούνται από το δίκτυο.
- **Απόδοση:** Οι κόμβοι λιγοστεύουν τις επανεκπομπές πακέτων λόγω σφαλμάτων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η αξιοπιστία της μετάδοσης του κάθε πακέτου, χάνοντας ωστόσο, από την ταχύτητα αποστολής των δεδομένων.

### 3.3 Εφαρμογές ασύρματων δικτύων αισθητήρων

---

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι πολύτιμα σε πολλούς τομείς της ζωής μας καθώς διευκολύνουν την καθημερινότητα μας και γενικότερα μας προσφέρουν μια καλύτερη ποιότητα ζωής. Παρακάτω, αναλύονται τομείς της ζωής μας που εφαρμόζονται τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, πώς αυτά χρησιμοποιούνται και πώς εν τέλει μας βοηθούν στην εξέλιξη μας. [6]

#### 3.3.1 Έξυπνη πόλη

---

Έξυπνη, είναι μια πόλη η οποία επενδύει, σε ανθρώπινο και κοινωνικό επίπεδο με στόχο την ανάπτυξη της οικονομίας και της ποιότητας της ζωής του ανθρώπου. Έξυπνη πόλη, είναι η πόλη η οποία αξιοποιεί τις νέες/καινοτόμες τεχνολογίες που αφορούν την ενέργεια, τις μεταφορές και τις επικοινωνίες (ICT) ώστε να παρέχει τις απαραίτητες υπηρεσίες και υποδομές για να μεγιστοποιήσει τα οφέλη της κοινωνίας, τα οποία βελτιώνουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων και γενικότερα τη βιώσιμη αστική ανάπτυξη.

Η έξυπνη πόλη αναλύεται σε έξι διαστάσεις και αυτές είναι:

- **Έξυπνη οικονομία ( Smart Economy):** Στην έξυπνη οικονομία αναπτύσσεται η επιχειρηματικότητα, το ηλεκτρονικό εμπόριο, η καινοτομία.
- **Έξυπνη διακυβέρνηση (Smart Governance):** Αναλύεται σε δημόσιες και κοινωνικές ηλεκτρονικές υπηρεσίες, ανοικτά δεδομένα, συμμετοχή στη δημόσια ζωή.
- **Έξυπνοι άνθρωποι (Smart People):** Αναβαθμίζεται το επίπεδο των ανθρώπινων προσόντων, η δια βίου μάθηση, η εκπαίδευση, η δημιουργικότητα.
- **Έξυπνη κινητικότητα (Smart Mobility):** Δημιουργούνται πράσινες μετακινήσεις, προσβασιμότητα, βιωσιμότητα του συστήματος μεταφορών.

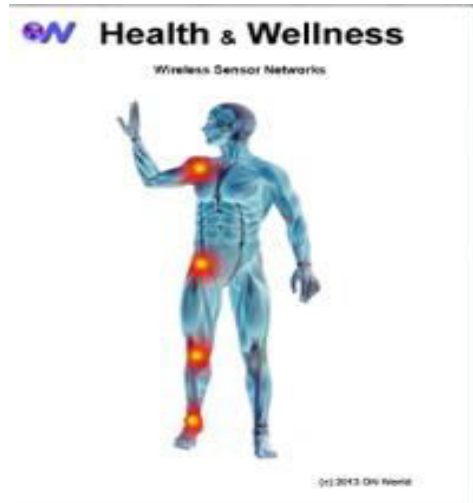
- **Έξυπνο περιβάλλον (Smart Environment):** Αναπτύσσεται η οικολογική ευαισθητοποίηση, μελετώνται οι περιβαλλοντικές συνθήκες, γίνεται βιώσιμη διαχείριση κτηρίων και υποδομών.
- **Έξυπνη διαβίωση (Smart Living):** Βελτιώνεται η ποιότητα ζωής, η ασφάλεια, η κοινωνική μέριμνα, η ποιότητα στέγασης, οι εκπαιδευτικές εγκαταστάσεις, η τουριστική ελκυστικότητα.



**Εικόνα 3.2 Έξυπνη πόλη**

### 3.3.2 Υγεία

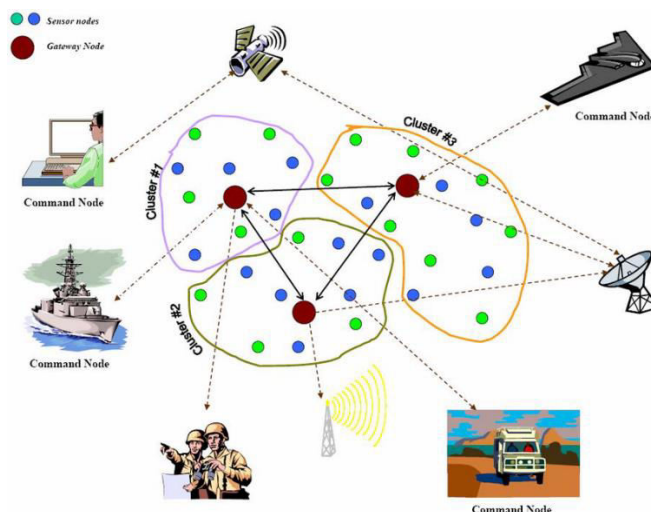
Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να επηρεάσουν ένα σύνολο εφαρμογών που έχουν σχέση με την υγεία. Ο εφοδιασμός ενός ασθενή που νοσηλεύεται, με αισθητήρες μπορεί να παρέχει δεδομένα και πληροφορίες στους γιατρούς, οι οποίοι μπορούν να παρακολουθούν εξ'αποστάσεως την πορεία και κατάσταση του ασθενούς. Επίσης, μπορούν και συμβάλλουν σε διάφορα ζητήματα κοινωνικού ενδιαφέροντος καθώς ωφελούν σε θέματα που αφορούν χρόνια ασθενείς, ηλικιωμένους, ανθρώπους με νοητική και φυσική αναπηρία. Με τον τρόπο αυτό, προσφέρουν μια καλύτερη ποιότητα στη ζωή των ανθρώπων αλλά και βοηθούν σε ζητήματα που απασχολούν ολόκληρες κοινωνίες.



Εικόνα 3.3 Αισθητήρες σε ασθενείς

### 3.3.3 Στρατός

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι των στρατιωτικών συστημάτων για την επίτευξη της επικοινωνίας, του ελέγχου, επίβλεψη, παρακολούθησης και τον εντοπισμό στόχου. Τα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, τα καθιστούν ιδανικά για στρατιωτικές εφαρμογές. Ακόμη, τα συγκεκριμένα δίκτυα αποτελούνται από έναν μεγάλο αριθμό κόμβων αισθητήρων, οικονομικά σε κόστος, ώστε σε περίπτωση καταστροφής μερικών από αυτών, να μην δυσλειτουργεί όλο το δίκτυο. Κάποιες από τις στρατιωτικές εφαρμογές ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι η παρακολούθηση φιλικών δυνάμεων, εξοπλισμού και πυρομαχικών, επίβλεψη πεδίων μάχης, αναγνώριση συστημάτων στόχευσης, αξιολόγηση ζημιών κτλ.



Εικόνα 3.4 Εφαρμογές στο στρατό

### 3.3.4 Περιβαλλοντικές εφαρμογές

Τα Περιβαλλοντικά Δίκτυα Αισθητήρων αποτελούν ένα πολύ βασικό εργαλείο έρευνας για την Επιστήμη του Περιβάλλοντος και νέα μοντέλα για την μελέτη του περιβάλλοντος μπορούν δημιουργηθούν, θέτοντας έτσι τις βάσεις για περαιτέρω κατανόηση του περιβάλλοντος.

Υπάρχουν πέντε αντιπροσωπευτικές κατηγορίες περιβαλλοντικών εφαρμογών:

- 1) **Μετεωρολογική Παρακολούθηση:** Ένα δίκτυο πολύ μεγάλο σε μέγεθος, το οποίο αποτελείται από μικροσκοπικούς μετεωρολογικούς σταθμούς, μπορεί να σχεδιασθεί ώστε να παρακολουθεί τις μετεωρολογικές τιμές του περιβάλλοντος και έτσι να προβλέπει τις κλιματικές συνθήκες . Κάθε κόμβος, θα μετρά τις πραγματικές τιμές που έχουν σχέση με την θερμοκρασία, την υγρασία, την πίεση, την κατεύθυνση και την ταχύτητα του αέρα, δίνοντας έτσι στους μετεωρολόγους ένα μεγάλο εύρος πληροφοριών που αυξάνει κατά πολύ την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των προβλέψεων. Ακόμη, οι εφαρμογές για πρόβλεψη ακραίων μετεωρολογικών καταστροφών, όπως για παράδειγμα είναι οι πλημμύρες, τυφώνας, ξηρασίες, έχουν στόχο την ανίχνευση των φαινομένων για έγκυρη προειδοποίηση των ανθρώπων, ώστε να αποφευχθούν ανθρώπινες απώλειες και υλικές καταστροφές.
- 2) **Γεωλογική Παρακολούθηση:** Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων έχει την ικανότητα να υλοποιηθεί σε αρκετά δυσβάσταχτες περιοχές. Συνεπώς, αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν κατάλληλα για την μέτρηση υπόγειας θερμοκρασίας, υδάτινου περιεχόμενο και σεισμικών δραστηριοτήτων, με στόχο την πρόβλεψη ακραίων φαινομένων.
- 3) **Παρακολούθηση Οικοσυστήματος:** Πρόσφορα εδάφη για τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων αποτελεί η παρακολούθηση του οικοσυστήματος, και ειδικότερα στο τομέα της γεωργίας και της κτηνοτροφίας. Αναπτύσσονται εφαρμογές που δίνουν τη δυνατότητα στους αγρότες να παρακολουθήσουν και να διαχειριστούν τις καλλιέργειες τους, που τους παρέχουν πληροφορίες και δεδομένα για την κατάσταση του εδάφους και της παραγωγής. Στον τομέα της κτηνοτροφίας εφαρμογές δίνουν τη δυνατότητα να δημιουργούνται εικονικοί φράκτες, αφού τοποθετηθούν αισθητήρες θέσης, με στόχο να ελέγχεται η συμπεριφορά των ζώων.
- 4) **Παρακολούθηση Ρύπανσης:** Τα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων είναι ένας πολύ αποδοτικός τρόπος για την παρακολούθηση της συγκέντρωσης επικίνδυνων αερίων για τους πολίτες, του νερού, του εδάφους όπως επίσης και της ακουστικής ρύπανσης. Μέσω των αισθητήρων, μπορεί γρήγορα και εύκολα να μετρηθεί η ρύπανση του περιβάλλοντος, όπου σε πραγματικό χρόνο μπορεί να μετράει να επίπεδα ρύπανσης και να ειδοποιεί για επικίνδυνες καταστάσεις.
- 5) **Παρακολούθηση Κατανάλωσης Ενέργειας:** Παράδειγμα στην κατηγορία αυτή είναι η ανάπτυξη ενός δικτύου ασύρματων αισθητήρων για την δημιουργία “έξυπνων” κτηρίων (smart buildings). Κάποια χαρακτηριστικά της εφαρμογής αυτής είναι η ευέλικτη διαχείριση φωτισμού και συστημάτων θέρμανσης-ψύξης κατά απαίτηση συνθηκών, ο αυτόματος και έλεγχος συσκευών, η δυνατότητα κεντρικού ελέγχου λειτουργιών, η καταγραφή κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος, νερού, φυσικού αερίου, και η βελτιστοποίηση κατανάλωσης φυσικών πόρων.

### 3.3.5 Ασφάλεια

---

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να εφαρμοστούν για πολλούς λόγους. Από τους πολύ σημαντικούς, είναι για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των ανθρώπων, σε πολλές περιπτώσεις. Σε πολλούς χώρους, εσωτερικούς ή εξωτερικούς, μπορούν να εντοπιστούν αισθητήρες για επιτήρηση της συμπεριφοράς ατόμων, διαδικασιών από απόσταση. Μερικά παραδείγματα περιπτώσεων είναι η επιτήρηση σπιτιών, επαγγελματικών χώρων, δρόμων, περιουσιών, φυλακών, αεροδρομίων. Μπορούν να συμβάλλουν σε αποφυγή τρομοκρατικών ενεργειών, αποτροπή αεροπειρατειών, ανίχνευση βομβών, εντοπισμό ναρκωτικών, αφού γίνεται να τοποθετηθούν σε μέρη που δεν γίνεται να γίνουν αντιληπτοί και χάρη στις ιδιότητές τους να ανιχνεύουν τις μεταβολές πολλών φυσικών μεγεθών.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Ασφάλεια

---

### 4.1 Ασφάλεια δικτύων

---

Ένα από τα σημαντικότερα θέματα των δικτύων είναι η ασφάλεια. Ασφάλεια δικτύων σημαίνει ο αποστολέας και ο παραλήπτης να ανταλλάσσουν μηνύματα μεταξύ τους και να επικοινωνούν χωρίς να παρέμβει κάποιος “εισβολέας”. Μερικές ιδιότητες της ασφαλούς επικοινωνίας (secure communication) είναι:

- **Εμπιστευτικότητα:** Είναι σημαντικό κατά την αποστολή μηνυμάτων μόνο ο αποστολέας και παραλήπτης, να είναι σε θέση να κατανοούν το περιεχόμενο του μηνύματος. Απαιτείται λοιπόν, κρυπτογράφηση (encryption) του μηνύματος, ώστε να μην μπορεί να κατανοηθεί από τον εισβολέα. Ο εισβολέας μπορεί να υποκλέψει δεδομένα, να τροποποιήσει ή ακόμη και να διαγράψει μηνύματα ή περιεχόμενό τους.



- **Ακεραιότητα μηνύματος:** Ο αποστολέας και παραλήπτης είναι σημαντικό να είναι σίγουροι ότι τα μηνύματά τους δεν αλλοιώνονται από παρεμβολές, κατά την αποστολή.
- **Αυθεντικοποίηση τερματικού-σημείου:** Όταν ο αποστολέας και παραλήπτης επικοινωνούν πρέπει να είναι σίγουροι για την ταυτότητα του ατόμου που λαμβάνει το μήνυμα.
- **Λειτουργική ασφάλεια:** Πολλά από τα δίκτυα συνδέονται σε δημόσια Διαδίκτυο, γεγονός που το κάνει εύκολο να παραβιαστούν. Οι επιτιθέμενοι μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα τόσο στους υπολογιστές, όσο και στα εσωτερικά χαρακτηριστικά των δικτύων.



Εικόνα 4.1 Ασφάλεια Δικτύων

## 4.2 Αρχές Κρυπτογραφίας

Οι τεχνικές κρυπτογράφησης επιτρέπουν σε έναν αποστολέα να αλλάξει τα δεδομένα, ώστε σε περίπτωση υποκλοπής τους από έναν εισβολέα, να μην μπορεί να αντιληφθεί καμία πληροφορία. Το αρχικό μήνυμα, που στέλνεται από τον αποστολέα, λέγεται καθαρό κείμενο (cleartext), το οποίο συμβολίζεται με το γράμμα  $c$  και η κρυπτογράφηση του γίνεται με έναν αλγόριθμο κρυπτογράφησης (encryption algorithm) και τελικά αποκαλείται κρυπτοκείμενο (ciphertext). Το κλειδί είναι ένας αριθμός bit που χρησιμοποιείται ως είσοδος στη συνάρτηση κρυπτογράφησης.

Κάθε χρήστης διαθέτει δύο κλειδιά κρυπτογράφησης, ένα ιδιωτικό κλειδί (private key) και ένα δημόσιο κλειδί (public key). Το ιδιωτικό κλειδί πρέπει να το γνωρίζει μόνο ο χρήστης, ενώ το δημόσιο να το αποκαλύπτει και στην κοινότητα στην οποία απευθύνεται.

Ο RSA είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για την κρυπτογραφία και αποκρυπτογράφηση δημοσίου κλειδιού.



Εικόνα 4.2 Κρυπτογραφία

### ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ ΚΛΕΙΔΙΩΝ



1. Επιλογή δυο τυχαίων (μεγάλων) πρώτων αριθμών  $p$  και  $q$  έτσι ώστε  $p \neq q$ .
2. Υπολογίζουμε

$$n = p * q \quad (13)$$

3. Υπολογίζουμε την συνάρτηση του Όιλερ

$$\varphi(n) = (p-1)(q-1) \quad (14)$$

4. Επιλογή ενός αριθμού  $e > 1$  έτσι ώστε

$$e^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n} \quad (15)$$

5. Υπολογίζουμε τον αριθμό  $d$  έτσι ώστε

$$d \equiv e^{-1} \pmod{\varphi(n)} \quad (16)$$

Τα κλειδιά είναι τα εξής:

- δημόσιο:  $(n, e)$
- ιδιωτικό:  $(n, d)$

Έτσι, δημιουργείται το πρώτο κλειδί και μπορεί οποιοσδήποτε να μας στείλει κρυπτογραφημένο μήνυμα και εμείς να το αποκρυπτογραφήσουμε.

## ΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Το μήνυμα μπορεί να αντιπροσωπευθεί από έναν αριθμό  $m$ . Το κρυπτογραφημένο μήνυμα  $c$ , υπολογίζεται ως εξής:

$$c = m^e \pmod{n} \quad (17)$$

## ΑΠΟΚΡΥΠΤΟΓΡΑΦΗΣΗ

Αφού ληφθεί ένα κρυπτογραφημένο μήνυμα  $c$ , για να διαβάσουμε το αρχικό μήνυμα υπολογίζουμε:

$$m = c^d \pmod{n} \equiv m^{ed} \quad (18)$$

## 4.3 Πρωτόκολλο Wired Equivalent Privacy

---

Η ασφάλεια στα ασύρματα δίκτυα είναι ιδιαίτερα σημαντική. Οι μηχανισμοί ασφάλειας είναι γνωστοί ως Wired Equivalent Privacy (WEP). Το πρωτόκολλο IEEE 802.11 WEP σχεδιάστηκε το 1999 για να παρέχει αυθεντικοποίηση ανάμεσα στον υπολογιστή και στο σταθμό βάσης.

## ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

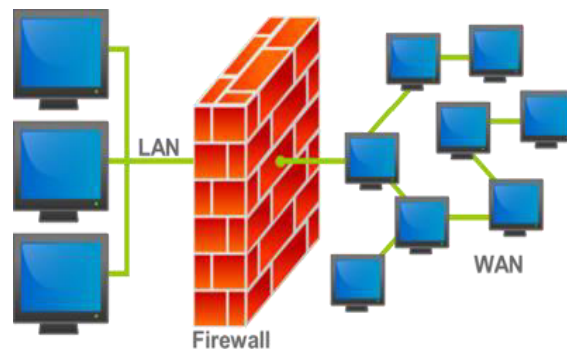
- Ένας ασύρματος υπολογιστής ζητά αυθεντικοποίηση από ένα σημείο πρόσβασης.
- Το σημείο πρόσβασης αποκρίνεται με μια τιμή nonce 128 byte.
- Ο ασύρματος υπολογιστής κρυπτογραφεί τον nonce.
- Το σημείο πρόσβασης αποκρυπτογραφεί τον nonce.

## 4.4 Firewalls

---

Τα Firewalls επιτρέπουν ή απορρίπτουν πακέτα δεδομένων που περνούν από ένα δίκτυο υπολογιστών σε ένα άλλο και είναι ένας συνδυασμός υλικού και λογισμικού. Χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: τα παραδοσιακά φίλτρα πακέτων, τα φίλτρα συνολικής κατάστασης και τις πύλες εφαρμογών. Το firewall έχει τρεις βασικούς στόχους.

- Όλη η κίνηση από τον έξω κόσμο προς τους πόρους στο διαχειριζόμενο δίκτυο, περνά μέσω firewall.
- Μόνο εξουσιοδοτημένη κίνηση επιτρέπεται να περνά.
- Το firewall είναι απρόσβλητο σε διείσδυση. Συνδέεται στο δίκτυο και αν δεν σχεδιαστεί σωστά μπορεί να παραβιαστεί.



**Εικόνα 4.3 Firewall**

### 4.4.1 Κατηγορίες firewalls

---

- **Φίλτρα πακέτων:** Τα φίλτρα πακέτων διαβάζουν τα πακέτα δεδομένων που μεταφέρονται από το ένα δίκτυο στο άλλο και όταν κάποιο πακέτο ταιριάζει με κάποιο συγκεκριμένο κανόνα, τότε το απορρίπτουν. Ο διαχειριστής του δικτύου καθορίζει τους κανόνες βάσει των οποίων θα απορρίπτονται τα πακέτα. Αυτός ο τύπος firewall δεν αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των διαφόρων συνδέσεων από το ένα δίκτυο στο άλλο, αλλά φιλτράρει κάθε πακέτο με βάση την πληροφορία που περιέχεται στο ίδιο το πακέτο.
- **Φίλτρα κατάστασης:** Τα φίλτρα κατάστασης λειτουργούν παρόμοιο με τα φίλτρα πακέτων με κάποιες επιπλέον δυνατότητες. Συγκεκριμένα, εξετάζουν την σύνδεση από την οποία προήλθε κάθε πακέτο και δεσμεύουν πληροφορίες για τον αριθμό και το είδος των συνδέσεων μεταξύ των δύο δικτύων.
- **Πύλη εφαρμογών:** Η πύλη εφαρμογών βασίζεται στο μοντέλο αναφοράς OSI. Μπορεί να καταλάβει ποια προγράμματα και πρωτόκολλα προσπαθούν να δημιουργήσουν μια νέα σύνδεση. Έτσι, εντοπίζονται εφαρμογές που κάνουν ανεπιθύμητες συνδέσεις ή κατάχρηση πρωτοκόλλου.

## 4.5 Ανίχνευση παρείσφρησης

---

Μία συσκευή που προειδοποιεί για επιθέσεις ονομάζεται σύστημα ανίχνευσης παρείσφρησης (intrusion detection system, IDS) ενώ μια συσκευή που φιλτράρει ύποπτες κινήσεις ονομάζεται σύστημα αποτροπής παρείσφρησης (intrusion prevention system, IPS).

Τα συστήματα IDS χωρίζονται σε συστήματα βασισμένα σε υπογραφές (signed-based systems) και συστήματα βασισμένα σε ανωμαλίες (anomaly based systems).

Ένα σύστημα βασισμένο σε υπογραφές, παρακολουθεί τα πακέτα στο δίκτυο και τα συγκρίνει με μια βάση δεδομένων που αποτελείται από υπογραφές ή με ιδιότητες από γνωστές κακόβουλες απειλές. Θα υπάρξει ένα χρονικό διάστημα, κενό όταν μια νέα απειλή ανακαλυφθεί και τη δημιουργία της υπογραφής για την ανίχνευση αυτής της απειλής, που θα χρησιμοποιηθεί από το σύστημα ανίχνευσης εισβολής μετέπειτα. Κατά την περίοδο αυτή το σύστημα ανίχνευσης εισβολής δε θα είναι σε θέση να ανιχνεύσει τη νέα απειλή.

Ένα σύστημα ανίχνευσης εισβολής που ανιχνεύει εισβολές βασισμένο στην ανωμαλία, παρακολουθεί την κίνηση του δικτύου σε κανονική λειτουργία και την συγκρίνει με μια καθιερωμένη γραμμή βάσης(baseline). Έπειτα, ψάχνει για ρεύματα πακέτων. Ένα από τα χαρακτηριστικά της είναι ότι δεν βασίζεται σε άλλες γνώσεις και μπορούν να ανιχνεύσουν συνεχώς νέες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Συμπεράσματα

---

Στο πρώτο κεφάλαιο, έγινε μια εισαγωγή στους αισθητήρες. Παρουσιάστηκαν ο ορισμός του αισθητήρα, τα είδη, οι κατηγορίες καθώς και τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων και έγινε μια μικρή εισαγωγή στα δίκτυα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, δόθηκε μια ανάλυση των ασύρματων δικτύων. Έγινε διαχωρισμός των δικτύων βάση την γεωγραφική κατανομή αλλά και την ιδιωτικότητα, παρουσιάστηκε η αρχιτεκτονική και οι επεκτάσεις του προτύπου IEEE 802.11 και φυσικά του WiFi αλλά και του Bluetooth. Επίσης, δίνονται αναλυτικά στοιχεία για τους κόμβους και τις τοπολογίες, αλλά ένα ιδιαίτερα σημαντικό κομμάτι είναι και τα συστατικά ενός ασύρματου δικτύου που παρουσιάζονται. Τα πρωτόκολλα MAC που βοηθούν τους κόμβους να αποφασίσουν πότε και πώς θα έχουν πρόσβαση στο κανάλι είναι το αμέσως επόμενο τμήμα αυτής της πτυχιακής όπως και το λειτουργικό σύστημα TinyOS.

Στο τρίτο κεφάλαιο, δώθηκαν μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων σε πολλούς τομείς του ανθρώπου όπως είναι η δημιουργία “έξυπνων” πόλεων, η υγεία, ο στρατός, το περιβάλλον και η ασφάλεια

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η σημαντικότητα της ασφάλειας των δικτύων, οι αρχές κρυπτογραφίας, το πρωτόκολλο WEP και τα Firewalls.

Μετά την ανάλυση του θέματος, γίνεται κατανοητό, ότι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούν πολυσήμαντο κομμάτι στην εξέλιξη του ανθρώπου ωφελούν σε πολλά επίπεδα της ζωής του.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

---

1. Μικροαισθητήρες, Αρχές και Εφαρμογές, (Microsensors Principles and Applications), Julian W. Gardner, Εκδόσεις Τζιόλα 2000.
2. Καλοβρέκτης, Κ. and Κατέβας, Ν., 2012. *Αισθητήρες Μέτρησης και Ελέγχου*. Θεσσαλονίκη: Τζιόλα.
3. Laudon, K. and Laudon, J., 2014. *ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ*. 11th ed. ΑΘΗΝΑ: ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.
4. Kurose, J. and Ross, K., 2013. *Δικτύωση Υπολογιστών*. 6th ed. Γκιούρδας.
5. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ, Φ., ΚΑΝΑΤΑΣ, Α. and ΠΑΝΤΟΣ, Γ., 2008. *ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ*. 2nd ed. ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ.
6. . Dargie, N. Poellabauer, C. *Fundamentals of wireless sensor networks:theory and practise*, John Willeg and sons,2010

7. Muhammad R Ahmed, Xu Huang, Dharmendra Sharma, and Hongyan Cui, “Wireless Sensor Network: Characteristics and Architectures”, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Information and Communication Engineering, Vol:6, No:12, 2012
8. El.wikipedia.org. 2021. *Αισθητήρας - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82>> [Accessed 25 May 2021].
9. El.wikipedia.org. 2021. *Ασύρματο δίκτυο - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF)> [Accessed 27 May 2021].
10. El.wikipedia.org. 2021. *Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF\\_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD)> [Accessed 5 June 2021].
11. El.wikipedia.org. 2021. *Θεωρία κόμβων - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1\\_%CE%BA%CF%8C%CE%BC%CE%B2%CF%89%CE%BD](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%AF%CE%B1_%CE%BA%CF%8C%CE%BC%CE%B2%CF%89%CE%BD)> [Accessed 5 June 2021].
12. El.wikipedia.org. 2021. *Τοπολογία δικτύου - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1\\_%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%8D%CE%BF%CF%85](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1_%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%84%CF%8D%CE%BF%CF%85)> [Accessed 5 June 2021].
13. El.wikipedia.org. 2021. *Μοντέλο αναφοράς OSI - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF\\_%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC%CF%82\\_OSI](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AD%CE%BB%CE%BF_%CE%B1%CE%BD%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%AC%CF%82_OSI)> [Accessed 5 June 2021].
14. El.wikipedia.org. 2021. *IEEE 802.11 - Βικιπαίδεια*. [online] Available at: <[https://el.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](https://el.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)> [Accessed 5 June 2021].
15. “Αισθητήρες Ρομποτικής & Αυτοματισμού.” *Grobotronics.Com*, <https://grobotronics.com/robotics/aisthitires/>. Accessed 2 July 2022.
16. “Τι Είναι Ένα Δίκτυο - Δίκτυα.” *Google Sites: Sign-In*, <https://sites.google.com/site/efaliagka/diktio>. Accessed 2 July 2022.
17. Wikimedia, Συνεισφέροντες. “Τοπικό Δίκτυο Υπολογιστών - Βικιπαίδεια.” *Βικιπαίδεια*, Wikimedia Foundation, Inc., 18 July 2005, [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CF%8C\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF\\_%CF%85%CF%80%CE](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%85%CF%80%CE)

18. “Μητροπολιτικά Δίκτυα - Βικιπαίδεια.” Βικιπαίδεια, Wikimedia Foundation, Inc., 14 Apr. 2011, [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC\\_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%B1)
19. “Δίκτυο Ευρείας Περιοχής - Βικιπαίδεια.” Βικιπαίδεια, Wikimedia Foundation, Inc., 18 July 2005, [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF\\_%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82\\_%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CE%AE%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CE%B5%CF%85%CF%81%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CF%80%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%87%CE%AE%CF%82).
20. Stefan Viehbock, Brute forcing wifi Protected setup,26.12.2011
21. “Bluetooth - Βικιπαίδεια.” *Βικιπαίδεια*, Wikimedia Foundation, Inc., 29 Dec. 2005, <https://el.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.