



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΣΥΡΜΑΤΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΕΓΚΑΙΡΗ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΩΝ

ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ

ΑΜ:2770

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΜΙΧΑΛΗΣ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή

Πάτρα, __/__/____

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

- 1.
- 2.
- 3.

Πίνακας Περιεχομένων

Περίληψη	10
Κεφάλαιο 1.....	11
Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων WSN	11
Ασύρματα δίκτυα Ad Hoc	12
Διαφορές WSN – Ad-Hoc	13
Διαδίκτυο των πραγμάτων IOT	14
Κεφάλαιο 2.....	15
Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων	15
Επίγεια WSN.....	15
Υπόγεια WSN.....	16
Υποθαλάσσια WSN.....	17
Πολυμεσικά WSN	17
Κινούμενα WSN.....	18
Τοπολογία Ασύρματων Δικτύων Ασφαλείας	18
Peer-to-Peer (Ίσος προς ίσο).....	19
Star (Αστέρα)	19
Tree (Δέντρου)	20
Mesh (Πλέγματος).....	21
Bus (Διαύλου).....	21
Κεφάλαιο 3.....	22
Δομή και λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων	22
Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)	23
Το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)	24
Έλεγχος προσπέλασης μέσου (Medium Access Control).....	24
TDMA (Time Division Multiple Access).....	24
FDMA (Frequency Division Multiple Access).....	25
CDMA (Code Division Multiple Access).....	25
ALOHA.....	26
Το Επίπεδο Δικτύου (Network layer)	26
Τεχνικές δρομολόγησης.....	27
Δρομολόγησης ανάλογα με την δομή του δικτύου (Network Structure).....	27
Πρωτόκολλα Ομοιόμορφης Δρομολόγησης	28

Πρωτόκολλα Ιεραρχικής Δρομολόγησης.....	30
Πρωτόκολλα Θεσικής Δρομολόγησης	33
Δρομολόγηση ανάλογα με τη λειτουργικότητα (Protocol Operation)....	34
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Διαπραγμάτευση (Negotiation-Based Routing Protocols)	35
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στις Πολλαπλές Διαδρομές (Multipath Routing Protocols)	35
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Αναζήτηση Πληροφοριών (Query-Based Routing Protocols)	36
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS Based Routing Protocols)	36
Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Συνάφεια ή μη (Coherent and Non-Coherent Routing Protocols).....	37
Δρομολόγηση Ανάλογα με τον Τρόπο που η Πηγή Εντοπίζει τη Διαδρομή προς τον Προορισμό (Route Processing)	38
Proactive Protocols	38
Reactive Protocols.....	39
Hybrid Protocols.....	40
Δρομολόγηση με συνεργάσιμα πρωτόκολλα	40
Το Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer).....	40
TCP.....	40
Το Επίπεδο Εφαρμογών (Application Layer)	41
Το Επίπεδο Διαχείρισης Ενέργειας (Power Management Plane).....	41
Το Επίπεδο Διαχείρισης Κινητικότητας (Mobility Management Plane)	42
Το Επίπεδο Διαχείρισης Έργου (Task management plane)	42
Κεφάλαιο 4.....	42
Ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας	43
Bluetooth Mesh Network	43
NFC	43
Rfid.....	44
ZWave.....	44
Ασύρματα δίκτυα μεσαίας εμβέλειας	45
Wi-Fi	46
Hallow	46
LTE	47

Ασύρματα δίκτυα υψηλής εμβέλειας.....	47
Lpwan (low power wide area networking).....	47
Sigfox.....	47
Lora (Long Range).....	48
NB-IOT	48
Zigbee.....	49
WirelessHART	51
6LoWPAN	51
Κεφάλαιο 5.....	52
Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης.....	52
Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης ...	53
Συστήματα Cyber Physical Systems(CPS)	57
Συστήματα Γνώσης.....	58
Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΓΠΣ) ή G.I.S. (Geographic Information Systems).....	59
Κεφάλαιο 6.....	60
Πλημμύρα.....	60
Στιγμιαίες πλημμύρες	61
Εφαρμογές.....	61
Υποβρύχιες Εφαρμογές	61
Φράγματα	62
Τεχνητή Λίμνη Σταύρος Νιάρχος	63
Λίμνη Κρεμαστών.....	67
Φορέας Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφιλιάς.....	69
Εγκατάσταση τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών σταθμών στη λεκάνη απορροής Μάνδρας – Μαγούλας – Ελευσίνας.....	72
Υλικό.....	77
Arduino Uno.....	77
LA66 Lora Module	79
LA66 Lora Shield.....	80
Κεφάλαιο 7.....	82
ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	82
Βίντεο πρακτικού μέρους.....	86
Βιβλιογραφία	87

Λίστα εικόνων

ΕΙΚΟΝΑ 1. ΑΣΥΡΜΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	11
ΕΙΚΟΝΑ 2. ΔΟΜΗ ΑΣΥΡΜΑΤΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	12
ΕΙΚΟΝΑ 3. INTERNET OF THINGS.....	14
ΕΙΚΟΝΑ 4. ΕΠΙΓΕΙΟΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ.....	15
ΕΙΚΟΝΑ 5. ΥΠΟΓΕΙΑ WSN.....	16
ΕΙΚΟΝΑ 6. ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ WSN.....	17
ΕΙΚΟΝΑ 7. ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ WSN.....	18
ΕΙΚΟΝΑ 8. PEER TO PEER ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ.....	19
ΕΙΚΟΝΑ 9. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΑΣΤΕΡΑ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 10. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΕΝΤΡΟΥ.....	20
ΕΙΚΟΝΑ 11. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ.....	21
ΕΙΚΟΝΑ 12. ΤΟΠΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΥΛΟΥ.....	22
ΕΙΚΟΝΑ 13 ΣΤΟΙΒΑ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ.....	23
ΕΙΚΟΝΑ 14. ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗΣ.....	27
ΕΙΚΟΝΑ 15. ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΑΙ ΙΕΡΑΡΧΙΚΗ ΔΡΟΜΟΛΟΓΗΣΗ.....	28
ΕΙΚΟΝΑ 16. ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ LEACH.....	31
ΕΙΚΟΝΑ 17. ΤΟ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ PEGASIS.....	32
ΕΙΚΟΝΑ 18. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΩΝ.....	35
ΕΙΚΟΝΑ 19. ΔΙΚΤΥΟ BLUETOOTH.....	43
ΕΙΚΟΝΑ 20. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ NFC.....	44
ΕΙΚΟΝΑ 21. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ZWAVE.....	45
ΕΙΚΟΝΑ 22. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WI-FI.....	46
ΕΙΚΟΝΑ 23. ΔΙΚΤΥΟ ZIGBEE.....	50
ΕΙΚΟΝΑ 24. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ 6LOWPAN.....	51
ΕΙΚΟΝΑ 25. ORPHEUS MIN.....	53
ΕΙΚΟΝΑ 26. WATER LEVEL SENSOR.....	54
ΕΙΚΟΝΑ 27. DHT22.....	55
ΕΙΚΟΝΑ 28. ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΡΟΗΣ.....	56
ΕΙΚΟΝΑ 29. CYBER PHYSICAL SYSTEM.....	58
ΕΙΚΟΝΑ 30. G.I.S.....	60
ΕΙΚΟΝΑ 31. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΕ ΦΡΑΓΜΑ (1).....	63
ΕΙΚΟΝΑ 32. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ ΣΕ ΦΡΑΓΜΑ (2).....	63
ΕΙΚΟΝΑ 33. ΤΕΧΝΗΤΗ ΛΙΜΝΗ ΣΤΑΥΡΟΣ ΝΙΑΡΧΟΣ.....	64
ΕΙΚΟΝΑ 34. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	65
ΕΙΚΟΝΑ 35. Ο ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΝΕΡΟΥ HYDROLAB DS5X.....	66
ΕΙΚΟΝΑ 36. ΟΤΤ NETDL 500.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 37. ΛΙΜΝΗ ΚΡΕΜΑΣΤΩΝ.....	67
ΕΙΚΟΝΑ 38. ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΟΤΤ CTD.....	68
ΕΙΚΟΝΑ 39. ΚΑΤΑΓΡΑΦΙΚΟ ΟΤΤ DUOSENS.....	69
ΕΙΚΟΝΑ 40. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	70
ΕΙΚΟΝΑ 41. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	70
ΕΙΚΟΝΑ 42. ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ΟΤΤ PLS.....	71

ΕΙΚΟΝΑ 43. LUFFT WS501-UMB	71
ΕΙΚΟΝΑ 44. OTT PLUVIO 2L	72
ΕΙΚΟΝΑ 45. ΘΗΛΕΜΕΤΡΙΚΟΣ ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ.....	73
ΕΙΚΟΝΑ 46. GEOLUX RSS-2-300 WL (1)	74
ΕΙΚΟΝΑ 47. GEOLUX RSS-2-300 WL (2)	74
ΕΙΚΟΝΑ 48. GILL MAXIMET GMX531	75
ΕΙΚΟΝΑ 49. YDOC ML-217ADS-DC	75
ΕΙΚΟΝΑ 50. YDOC CAM-2.0M	76
ΕΙΚΟΝΑ 51. ΗΛΙΑΚΟ ΠΑΝΕΛ.....	77
ΕΙΚΟΝΑ 52. ARDUINO UNO	78
ΕΙΚΟΝΑ 53. ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ ULTRASONIC	79
ΕΙΚΟΝΑ 54. LA66 LORA WAN MODULE	79
ΕΙΚΟΝΑ 55. LA66 LORA WAN SHIELD (1)	80
ΕΙΚΟΝΑ 56. LA66 LORA WAN SHIELD (2)	81
ΕΙΚΟΝΑ 57. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΑ.....	82

Περίληψη

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της μελέτης παρακολούθησης της στάθμης των ποταμών, των φραγμάτων αλλά και της θάλασσας ώστε να υπάρχει η έγκαιρη προειδοποίηση για επερχόμενες καταστροφές, όπως πλημμύρες. Επίσης πραγματεύεται την χρήση ασύρματων αισθητήρων για την καθημερινή παρακολούθηση των παραπάνω περιπτώσεων και την έγκαιρη ενημέρωση των κρατικών αρχών και της πολιτείας σε μεγάλη μεταβολή της στάθμης του νερού. Σε αυτήν την περίπτωση, υλοποιείται και η εφαρμογή στο πρακτικό μέρος, με την χρήση της πλακέτας Arduino Uno και του αισθητήρα Ultrasonic, μέσω της ψηφιακής πλατφόρμας Tinkercad.

Κεφάλαιο 1

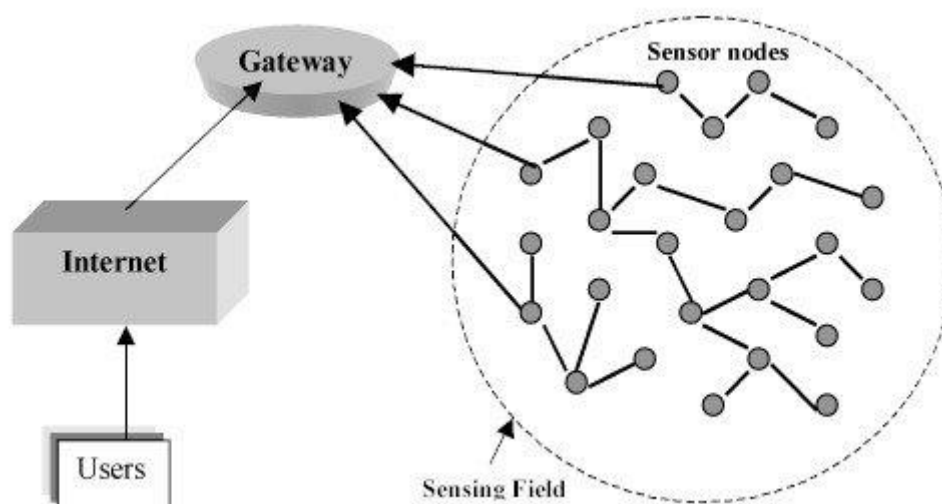
Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων WSN

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από διασκορπισμένους αυτόνομους υπολογιστές-αισθητήρες οι οποίοι μεταξύ άλλων έχουν ως σκοπό τους την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών (π.χ. θερμοκρασία, ήχο, ατμοσφαιρική πίεση κ.α.) και μέσω συνεργασίας να μεταφέρει τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Είναι πομποδέκτες οι οποίοι μπορούν να συλλέγουν δεδομένα να τα επεξεργάζονται και δημιουργούν ένα δίκτυο το οποίο βοηθάει στην ανταλλαγή πληροφοριών με ασύρματα μέσα επικοινωνίας.

Οι αισθητήρες έχουν όριο στην ισχύ που μπορούν να χρησιμοποιήσουν με αποτέλεσμα να μην μπορούμε να έχουμε συσκευές που χρησιμοποιούν μεγάλη ποσότητα ενέργειας για την ομαλή λειτουργία του δικτύου.

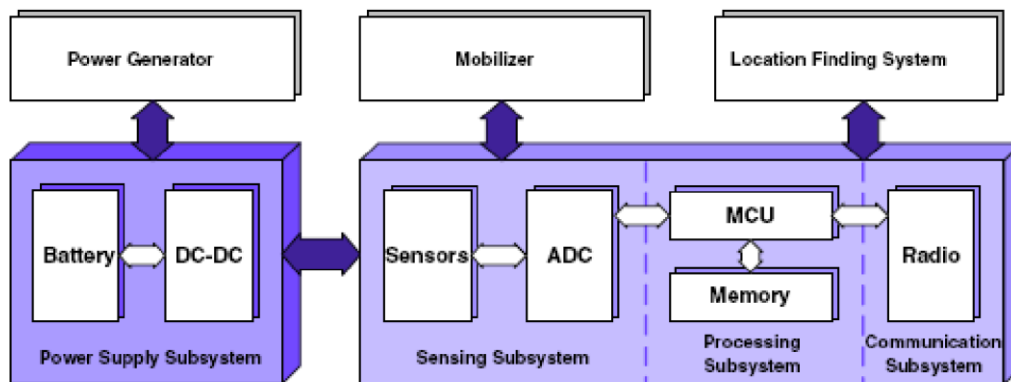
Ένα τυπικό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (βλέπε Εικόνα 1) αποτελείται από κόμβους - από μερικές σε αρκετές εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες, όπου κάθε κόμβος συνδέεται σε έναν ή κάποιες φορές σε αρκετούς αισθητήρες.



Εικόνα 1. Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Κάθε τέτοιος κόμβος του δικτύου αισθητήρων έχει χαρακτηριστικά μερικά κομμάτια:

- ένα ράδιο-πομποδέκτη με μια εσωτερική κεραία ή μια σύνδεση με μια εξωτερική κεραία
- ένα μικρό-ελεγκτή
- ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα για τη διασύνδεση με τους αισθητήρες και
- μια πηγή ενέργειας, συνήθως μια μπαταρία ή μια ενσωματωμένη μορφή συγκομιδής ενέργειας.



Εικόνα 2. Δομή ασύρματου αισθητήρα

Ασύρματα δίκτυα Ad Hoc

Στα προσχεδιασμένα δίκτυα, η τοπολογία του δικτύου είναι γνωστή εκ των προτέρων. Αντίθετα, στα δίκτυα ad hoc η τοπολογία του δικτύου θα πρέπει να δομηθεί σε πραγματικό χρόνο και επιπλέον να αναβαθμίζεται περιοδικά σε περίπτωση που κάποιος από τους κόμβους παρουσιάσει κάποια βλάβη ή καταστραφεί, ή όταν ένας καινούργιος έρθει να προστεθεί στο δίκτυο. Επιπλέον, σε αυτά τα δίκτυα δεν είναι απαραίτητη η ύπαρξη σταθμού βάσης για να συντονίσουν την ροή των μηνυμάτων σε κάθε κόμβο του δικτύου, αλλά σε επιμέρους κόμβους οι οποίοι έχουν την ικανότητα να διαβιβάζουν τα πακέτα στους υπόλοιπους κόμβους, έτσι ο καθορισμός του ποιοι κόμβοι προωθούν δεδομένα γίνεται δυναμικά με βάση τη συνδεσιμότητα του δικτύου. Το βασικότερο όλων είναι ότι τα δίκτυα ad hoc δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα των περιορισμένων αποθεμάτων ενέργειας, για τον απλούστατο λόγο ότι αυτά έχουν αδιάλειπτη τροφοδοσία. Κάθε κόμβος οφείλει να γνωρίζει την ταυτότητα καθώς και τη θέση των γειτονικών του κόμβων για να φέρει εις πέρας επιτυχώς το έργο της επεξεργασίας των δεδομένων αλλά και της μεταξύ τους επικοινωνίας.

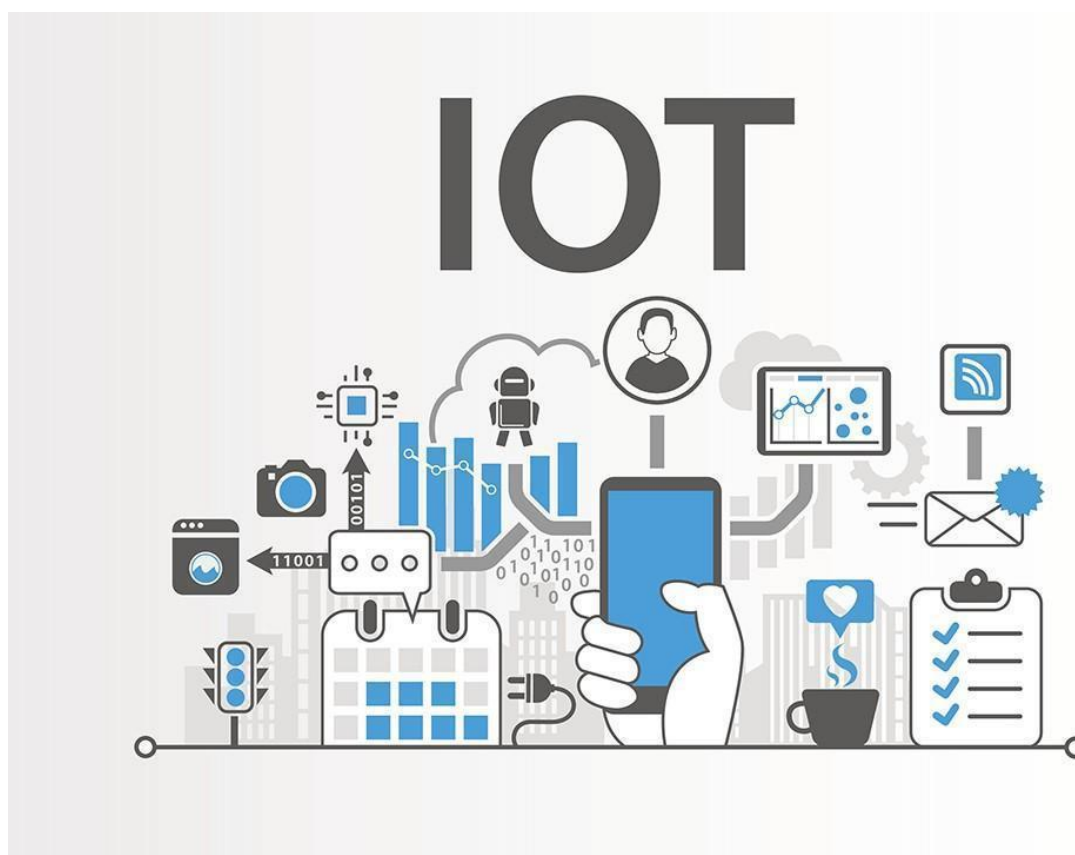
Διαφορές WSN – Ad-Hoc

Ενώ τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρουσιάζουν αρκετές ομοιότητες με τα ad-hoc δίκτυα παρόλ' αυτά έχουν κάποιες διαφορές. Οι κυριότερες διαφορές αναφέρονται παρακάτω:

- **Το πλήθος κόμβων:** Ο αριθμός των κόμβων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι συνήθως πολύ μεγαλύτερος από ότι σε ένα ad-hoc δίκτυο.
- **Η τοπολογία:** Τα δίκτυα αισθητήρων χαρακτηρίζονται από στατικότητα, κάτι που δεν παρατηρούμε στα ad hoc δίκτυα γιατί η τοπολογία αλλάζει συχνά.
- **Η Μεθοδολογία εκπομπής:** Στα ad-hoc δίκτυα η μεθοδολογία είναι συνήθως point-to-point, ενώ στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι mesh networking(ένας προς πολλούς), δηλαδή δίκτυα πλέγματος.
- **Οι Δυνατότητες κόμβου:** Στα δίκτυα αισθητήρων οι κόμβοι έχουν πολλούς περιορισμούς σε τομείς της ενέργειας, της υπολογιστικής ισχύος, της μνήμης, της κατασκευής τους.
- **Ο Τρόπος χρησιμοποίησης:** Οι κόμβοι στα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων η και περισσότερες εργασίες σε μια περιοχή παρατήρησης, ενώ στα ad-hoc δίκτυα εκτελούν διάφορες υπολογιστικές εργασίες και έχουν την δυνατότητα εξυπηρέτησης διαφόρων κόμβων.
- **Η Απουσία μοναδικού χαρακτηριστικού:** Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αισθητήρων είναι πιθανό να μην έχουν κάποιο αναγνωριστικό (MAC/IP διεύθυνση), κάτι που δεν συμβαίνει με τους κόμβους σε ένα ad-hoc δίκτυο.
- **Η Κινητικότητα:** Στα ad-hoc δίκτυα οι κόμβοι μετακινούνται πολύ συχνά, ενώ οι κόμβοι ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων αναπτύσσονται σε μια συγκεκριμένη περιοχή παρατήρησης .
- **Η Αναπλήρωση ενέργειας:** Στα ad hoc δίκτυα υπάρχει η δυνατότητα αναπλήρωσης της ενέργειας που χρειάζεται να καταναλώσουν κάτι που δεν συμβαίνει στα δίκτυα αισθητήρων .
- **Η πυκνότητα ανάπτυξης:** Οι κόμβοι στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αναπτύσσονται στην περιοχή παρατήρησης με μεγαλύτερη πυκνότητα.

Διαδίκτυο των πραγμάτων ΙΟΤ

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι ένα αναδυόμενο θέμα τεχνικής, κοινωνικής και οικονομικής σημασίας. Καταναλωτικά προϊόντα, ανθεκτικά αγαθά, αυτοκίνητα και φορτηγά, βιομηχανικά και βοηθητικά εξαρτήματα, αισθητήρες και άλλα καθημερινά αντικείμενα συνδυάζονται με συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο και ισχυρές δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων που υπόσχονται να αλλάξουν τον τρόπο που εργαζόμαστε, ζούμε και παίζουμε. Οι προβλέψεις για τον αντίκτυπο του ΙοΤ στο Διαδίκτυο και την οικονομία είναι εντυπωσιακές, με ορισμένους να αναμένουν έως και 100 δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές ΙοΤ και μια παγκόσμια οικονομική αντίκτυπο άνω των 11 τρισεκατομμυρίων δολαρίων έως το 2025. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων υπόσχεται να προσφέρει έναν επαναστατικό, πλήρως συνδεδεμένο «έξυπνο» κόσμο, καθώς οι σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων, του περιβάλλοντος τους και των ανθρώπων γίνονται πιο στενά αλληλένδετες.



Εικόνα 3. Internet of Things

Κεφάλαιο 2

Κατηγορίες Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων

Στο σημείο αυτό να αναφερθεί πως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες σχετικά με τον χώρο τον οποίο παρακολουθούν καθώς και από τα δεδομένα τα οποία συλλέγουν:

- Επίγεια
- Υπόγεια
- Υποθαλάσσια
- Πολυμεσικά
- Κινούμενα

Επίγεια WSN

Οι μετρήσεις των κόμβων στα επίγεια ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποστέλλονται στον κόμβο συλλογής, από τον πομπό, μέσω της τεχνικής ανάκλασης σημάτων με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, αφού δεν χρησιμοποιείται η ενεργή μετάδοση ραδιοσημάτων και δεν απαιτείται καμίας μορφής ενίσχυσης του σήματος. Παρόμοια λογική χρησιμοποιούν οι κάρτες ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνότητας (RFID) για επικοινωνία μικρών αποστάσεων. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι καλωδιωμένοι με ένα κεντρικό ψηφιακό σύστημα καταγραφής ή να συνδέονται σε έναν πομποδέκτη ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αποστολή της πληροφορίας, ασύρματα σε έναν κεντρικό δέκτη. Πολλοί τέτοιοι πομποδέκτες-κόμβοι αποτελούν ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (wireless sensor network - WSN) το οποίο τοποθετείται σε μία λίμνη ή ποτάμι.



Εικόνα 4. Επίγειος αισθητήρας

Υπόγεια WSN

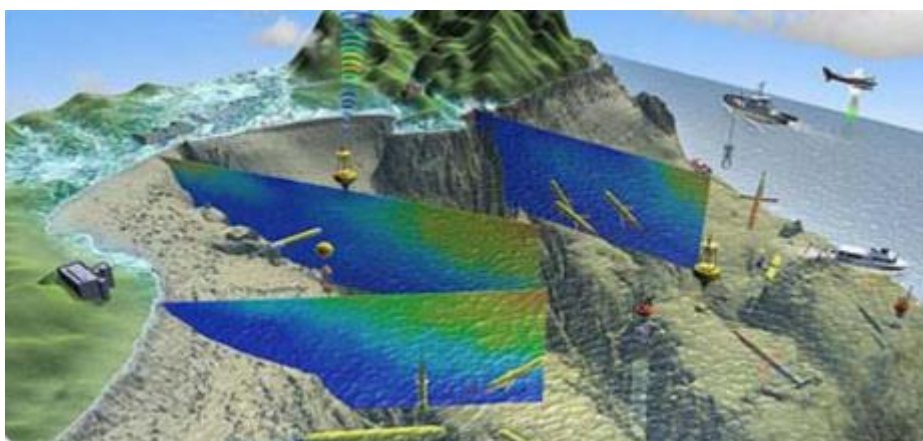
Στην κατηγορία αυτή χρησιμοποιούνται υπόγειοι αισθητήρες με σκοπό την παρακολούθηση των συνθηκών του εδάφους, του νερού, των ορυκτών συστατικών και για την παρακολούθηση της ακεραιότητας των υπόγειων δομών του εδάφους. Ακολουθεί η αναφορά μερικών παραδειγμάτων παρακολούθησης της ακεραιότητας των υπόγειων δομών του εδάφους:

- Η εφαρμογή υδραυλικών εγκαταστάσεων
- Η παρακολούθηση κατολισθήσεων
- Οι σεισμοί με την αξιοποίηση σεισμομετρικών οργάνων

Η παρούσα τεχνολογία των υπόγειων αισθητήρων, αποτελείται από:

- την εγκατάσταση (θάψιμο) ενός αισθητήρα και
- τη καλωδίωση του με ένα καταγραφικό δεδομένων στην επιφάνεια της γης, που έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει τις ενδείξεις του αισθητήρα με στόχο την μελλοντική χρήση.

Λόγω της προαναφερθείσας τεχνολογίας, σε αυτήν την κατηγορία, υπάρχει αυξημένο κόστος.



Εικόνα 5. Υπόγεια WSN

Υποθαλάσσια WSN

Ένα υποθαλάσσιο δίκτυο απαρτίζεται από ένα σύνολο τοπικών υποθαλάσσιων δικτύων (UW - LAN, γνωστά ως συστάδες (clusters) ή κύτταρα (cells)). Οι αισθητήρες με τη σειρά τους συνδέονται με τις συστάδες μέσω πολλαπλών αλμάτων μικρών αποστάσεων. Ο σταθμός στην επιφάνεια είναι εξοπλισμένος με τους ακουστικούς πομποδέκτες που είναι σε θέση να χειρίζονται τις πολλαπλές παράλληλες επικοινωνίες με τις συστάδες.



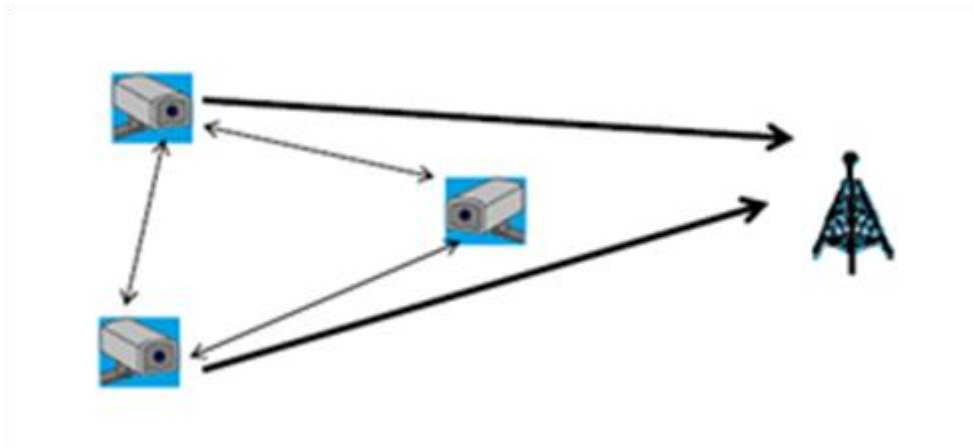
Εικόνα 6. Υποθαλάσσια WSN

Πολυμεσικά WSN

Σε αυτή την κατηγορία δικτύων ανήκουν, αισθητήρες βίντεο και ήχου. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα χρήσης τέτοιου δικτύου είναι το δίκτυο το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για να ενισχύσει και να συμπληρώσει τα υφιστάμενα συστήματα επιτήρησης ενάντια στο έγκλημα και τρομοκρατικές επιθέσεις. Μπορούμε να προσθέσουμε ότι μεγάλα δίκτυα αισθητήρων βίντεο έχουν την ικανότητα να παρατείνουν τις δυνατότητες των υπηρεσιών επιβολής του νόμου, να παρακολουθεί δημόσιες εκδηλώσεις, ιδιωτικές περιουσίες ακόμη και τα σύνορα.

Κινούμενα WSN

Το δίκτυο αποτελείται από κινούμενους ασύρματους κόμβους και υπάρχει δυνατότητα αυτό-οργάνωσης στον χώρο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε επίβλεψη περιβαλλοντικών συνθηκών παρακολούθηση στρατιωτικών εφαρμογών ,ανίχνευση στόχων καθώς και αναζήτηση και διάσωση ανθρώπων και ζώων.



Εικόνα 7. Κινούμενα WSN

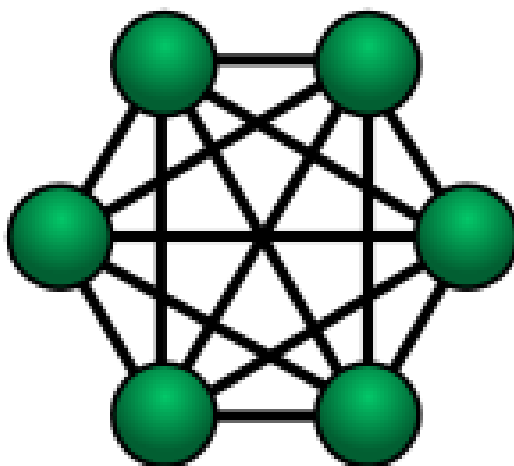
Τοπολογία Ασύρματων Δικτύων Ασφαλείας

Ένα WSN αποτελείται, βασικά, από δύο δομικά στοιχεία. Αυτά που παράγουν πληροφορία, όπως είναι ο κάθε κόμβος στο δίκτυο, και ονομάζονται πηγές (sources) και από τα στοιχεία που συλλέγουν την πληροφορία από τις πηγές και ονομάζονται αποδέκτες (sinks).

Η διασύνδεση και ο τρόπος που επικοινωνούν μεταξύ τους οι πηγές και οι αποδέκτες καθορίζουν την τοπολογία του δικτύου. Υπάρχουν τέσσερις δημοφιλείς τοπολογίες.

Peer-to-Peer (Ίσος προς ίσο)

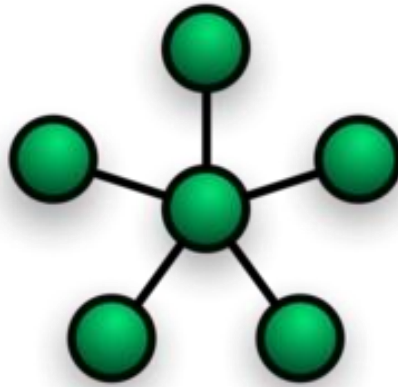
Ένα peer to peer δίκτυο είναι ένα δίκτυο που επιτρέπει στους κόμβους του να μοιράζονται ισοδύναμα τους πόρους τους και ταυτόχρονα μπορεί να χρησιμοποιήσει την συνολική επεξεργαστική ισχύ, τον αποθηκευτικό χώρο και το bandwidth για υλοποίηση μιας εφαρμογής.



Εικόνα 8. Peer to peer τοπολογία

Star (Αστέρα)

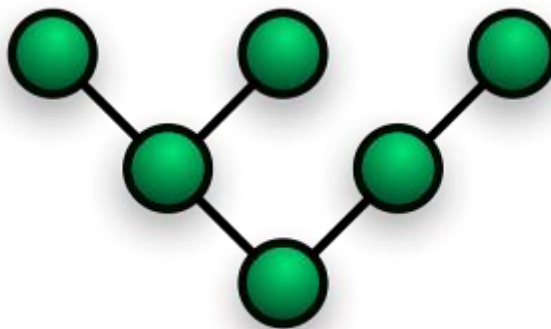
Είναι μια από τις πιο διαδεδομένες τοπολογίες διασύνδεσης υπολογιστών. Σε κάθε τέτοια τοπολογία υπάρχει ο κεντρικός κόμβος ο οποίος λειτουργεί σαν μεσολαβητής και μεταφέρει μηνύματα μεταξύ των κόμβων που βρίσκονται γύρω του μέσω αυτού. Η συγκεκριμένη τοπολογία μειώνει την πιθανότητα σφάλματος δικτύου ενώνοντας όλους τους κόμβους με τον κεντρικό κόμβο. Ο κεντρικός κόμβος μεταδίδει (broadcast) ότι δεδομένα λαμβάνει, με αποτέλεσμα όλοι οι κόμβοι λαμβάνουν το μήνυμα που στέλνει ένας κόμβος(σε κάποιες περιπτώσεις και ο ίδιος) και είναι ευθύνη του λαμβάνοντα κόμβου να αποφασίσει εάν το πακέτο πληροφορίας που λαμβάνει είναι δικό του και πώς θα το αξιοποιήσει.



Εικόνα 9. Τοπολογία Αστέρα

Tree (Δέντρου)

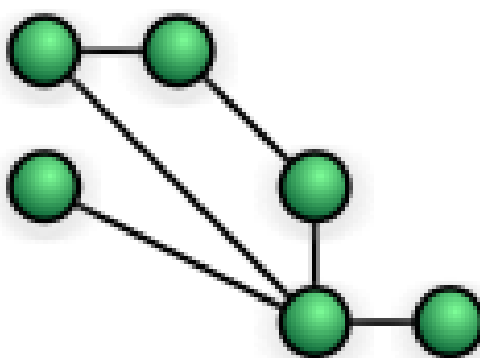
Σε αυτή την μορφή πρώτο στην ιεραρχία βρίσκουμε το root note, πιο κάτω από αυτό είναι τα central hub τα οποία το καθένα ξεχωριστά δημιουργεί μια δική του τοπολογία τύπου αστέρα. Συνεπώς, αυτή η τοπολογία είναι μια συνδυαστική τοπολογία των δυο προαναφερθέντων τοπολογιών και για αυτό ονομάζεται και hybrid (υβριδικό). Τα πλεονεκτήματα αυτής της τοπολογίας είναι πως είναι μια πολύ διαδομένη τοπολογία, υποστηρίζεται από πολλούς κατασκευαστές, η διασύνδεση δυο σημείων είναι εφικτή.



Εικόνα 10. Τοπολογία Δέντρου

Mesh (Πλέγματος)

Σε αυτή την τοπολογία ο κάθε κόμβος δεν παραλαμβάνει και μεταδίδει τα δικά του δεδομένα μόνο αλλά ταυτόχρονα συνεργάζεται με τους υπόλοιπους κόμβους και λειτουργεί σαν συνδετικός κρίκος για να υπάρξει συνολική μεταφορά δεδομένων στο δίκτυο. Ο σχεδιασμός ενός τέτοιου δικτύου μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους: με καθορισμένη δρομολόγηση ή με «πλημμύρισμα» του δικτύου. Με την τεχνική δρομολόγησης τα δεδομένα ξέρουν εκ των προτέρων ότι θα ακολουθήσουν συγκεκριμένο μονοπάτι και για να φτάσουν στο τελικό προορισμό ίσως χρειαστεί να περάσουν μέσα από άλλους κόμβους κάνοντας κάθε φορά μικρά άλματα (hops).

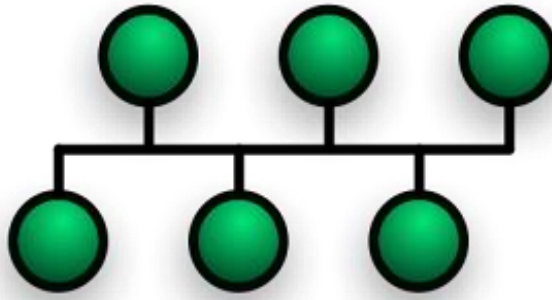


Εικόνα 11. Τοπολογία Πλέγματος

Bus (Διαύλου)

Σύμφωνα με αυτή την τοπολογία όλοι οι υπολογιστές είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους μέσω ενός κοινόχρηστου καλωδίου. Η τοπολογία αυτή είναι γνωστή και ως γραμμικός διάυλος (linear bus), επειδή οι υπολογιστές συνδέονται σε ευθεία γραμμή. Αποτελεί την απλούστερη από όλες τις υλοποιήσεις.

Η τοπολογία διαύλου χαρακτηρίζεται από την χρήση ενός διαμοιραζόμενου μέσου μετάδοσης, ή αλλιώς, ενός multipoint medium. Όλοι οι σταθμοί προσδένονται στο δίαυλο μέσω ενός ειδικού υλικού διασύνδεσης, γνωστό ως T - connector ή πρίζα δικτύου. Η επικοινωνία μεταξύ της πρίζας και του σταθμού εργασίας είναι αμφίδρομη, επιτρέποντας έτσι σε έναν υπολογιστή να στέλνει και να λαμβάνει δεδομένα ταυτόχρονα. Μια μετάδοση από οποιονδήποτε σταθμό διαδίδεται κατά μήκος του διαύλου (καλωδίου) και λαμβάνεται από όλους τους υπόλοιπους. Στο κάθε άκρο του διαύλου υπάρχει μια τερματική αντίσταση (terminator), η οποία απορροφά τα σήματα που μεταδίδονται από τους σταθμούς απομακρύνοντάς τα από το δίκτυο.



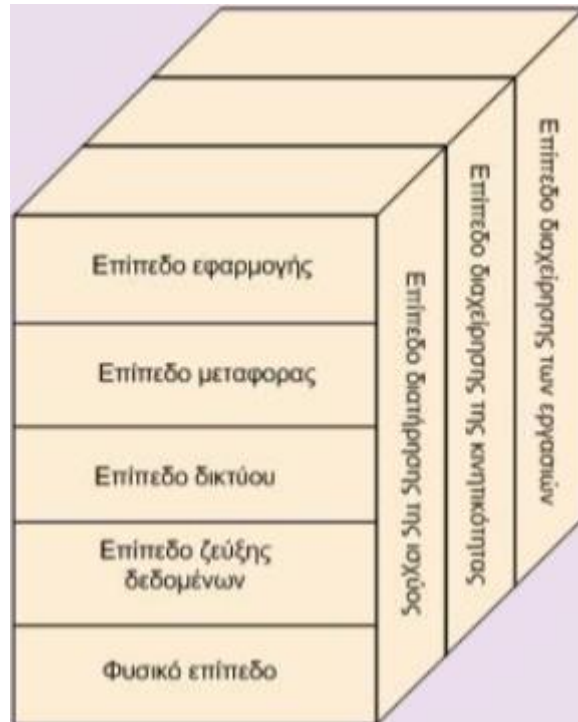
Εικόνα 12. Τοπολογία Διαύλου

Κεφάλαιο 3

Δομή και λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων λειτουργούν με διαχωρισμό των εργασιών σε διάφορα επίπεδα (layers):

- Το φυσικό επίπεδο (Physical Layer)
- Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer)
- Το επίπεδο δικτύου (Network Layer)
- Το επίπεδο μεταφοράς (Transport Layer)
- Το επίπεδο εφαρμογής (Application Layer)
- Το επίπεδο διατήρησης της ισχύος (Power Management Plane)
- Το επίπεδο διαχείρισης της κινητικότητας (Mobility Management Plane)
- Το επίπεδο διαχείρισης των εργασιών (Task Management Plane)



Εικόνα 13 Στοιβα Πρωτοκόλλων

Το Φυσικό Επίπεδο (Physical Layer)

Το φυσικό επίπεδο ασχολείται με την μετάδοση σε επίπεδο bit μεταξύ διαφορετικών συσκευών και υποστηρίζει ηλεκτρικές ή μηχανικές διεπαφές οι οποίες συνδέονται με φυσικό μέσο για επικοινωνία. Το προαναφερθέν έχει ως κύριο ρόλο:

- τη δημιουργία του φέροντος
- την επιλογή της συχνότητας
- τη διαμόρφωση δεδομένων
- την κρυπτογράφηση δεδομένων.

Αξίζει να αναφέρουμε ότι στο σχεδιασμό του παραπάνω επιπέδου εξέχουσα θέση κατέχει η ενέργεια που καταναλώνεται στην επικοινωνία. Η εξοικονόμηση της οποίας επιτυγχάνεται με την πυκνή χωρικά ανάπτυξη των αισθητήρων και τη δυνατότητα επικοινωνίας. Παρατηρούνται απώλειες σήματος, κάτι που συνεπάγεται μικρότερη εκπεμπόμενη ενέργεια. Παρόλα ταύτα με τη χρήση μιας ευρείας συχνότητας επιλύονται τόσο οι απώλειες, όσο και η εξοικονόμηση της ενέργειας

Το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (Data Link Layer)

Έλεγχος προσπέλασης μέσου (Medium Access Control)

Το τμήμα αυτό καθορίζει τα μέσα για να γίνει δυνατή η πρόσβαση στο ασύρματο μέσο και είναι υπεύθυνο για τα πλαίσια που μεταδίδονται, τη μορφή τους, τον έλεγχο λαθών, τον τεμαχισμό και την επανασυγκόλληση τους.

Έχουν αναπτυχθεί πρωτόκολλα MAC που βοηθούν κάθε κόμβο να αποφασίσει πότε και πώς θα έχουν πρόσβαση στο κανάλι.

Το επίπεδο MAC θεωρείται συνήθως ως υπόστρωμα του επιπέδου σύνδεσης δεδομένων (data link) στην στοίβα πρωτόκολλων δικτύου.

Τα πρωτόκολλα MAC έχουν μελετηθεί εκτενώς σε παραδοσιακούς τομείς ασύρματων μεταδόσεων φωνής και δεδομένων που βασίζονται στις ακόλουθες τεχνικές πολλαπλής πρόσβασης:

- Πρόσβαση Διαχωρισμένου Χρόνου (**TDMA**: Time Division Multiple Access),
- Πρόσβαση Διαχωρισμένης Συχνότητας (**FDMA**: Frequency Division Multiple Access) και
- Πρόσβαση Διαχωρισμένου Κώδικα (**CDMA**: Code Division Multiple Access),

Είναι πρωτόκολλα MAC που χρησιμοποιούνται ευρέως στα σύγχρονα κυψέλο ειδή συστήματα επικοινωνίας.

Μια άλλη κατηγορία πρωτοκόλλων MAC βασίζεται στον ανταγωνισμό (contention) όπου οι κόμβοι ανταγωνίζονται για το κοινό κανάλι, με αποτέλεσμα τον πιθανό συντονισμό. Κλασικά παραδείγματα είναι το ALOHA και η CSMA (Carrier Sense Multiple Access).

TDMA (Time Division Multiple Access)

Πρωτόκολλο πρόσβασης με πολυπλεξία διαίρεσης χρόνου (TDMA – Time Division Multiple Access) διασφαλίζει την κατανομή εύρους ζώνης εφόσον αυτό σχεδιαστεί κατάλληλα για να λειτουργεί σε περιβάλλον multi-hop. Ο επικεφαλής κόμβος είναι υπεύθυνος για την εξουσιοδότηση της λειτουργίας ενός TDMA καναλιού μέσα στην κυψέλη. Κάθε ακραίος σταθμός που θέλει να χρησιμοποιήσει την υπηρεσία TDMA θα ζητήσει τη χρήση ενός καναλιού ανάλογα με το επίπεδο της υπηρεσίας που απαιτεί η αντίστοιχη εφαρμογή.

Ο επικεφαλής κόμβος θα αποφασίσει για την ικανοποίηση του αιτήματος και θα εκκινήσει τις διαδικασίες κατανομής των slot σύμφωνα με τους φυσικούς περιορισμούς του TDMA καναλιού και τους διαθέσιμους πόρους του δικτύου.

FDMA (Frequency Division Multiple Access)

Η τεχνική αυτή περιλαμβάνει το διαχωρισμό του συνολικού εύρους ζώνης (στο GSM είναι 25 MHz), σε ένα σύνολο από 124 αμφίδρομα φυσικά κανάλια, όπου το κάθε ένα έχει εύρος ζώνης 200kHz. Όπως και στο AMPS έτσι και στο GSM, το κάθε αμφίδρομο κανάλι αντιπροσωπεύεται από ένα ζεύγος μονόδρομων καναλιών τα οποία λειτουργούν σε διαφορετικές περιοχές συχνοτήτων. Η ITU έχει αναθέσει στην Ευρώπη τις περιοχές 890 - 915 MHz για τα κανάλια «ανόδου» (MS προς BTS) και 935 - 960 MHz για τα κανάλια «καθόδου» (BTS προς MS). Στον κάθε σταθμό βάσης πομποδέκτη ανατίθενται ένα ή περισσότερα αμφίδρομα φυσικά κανάλια. Με την τεχνική αυτή μπορούν όλα τα κελιά να μεταδίδουν ταυτόχρονα χρησιμοποιώντας το ίδιο μέσο, χωρίς να παρεμβάλλονται μεταξύ τους.

CDMA (Code Division Multiple Access)

Είναι μια διασταύρωση πολυπλεξίας χρόνου/συχνότητας και είναι μια μορφή εκτεταμένου φάσματος επικοινωνίας. Προσφέρει αποκεντρωμένη παροχή καναλιών για επικοινωνία στην υπάρχουσα για αυτή ζήτηση χωρίς χρονικό συγχρονισμό. Είναι μια μέθοδος η οποία τελευταία αρχίζει να χρησιμοποιείται.

Κάθε χρήστης έχει μοναδιαίο κωδικό μετάδοσης μηνυμάτων, ο οποίος είναι ορθογώνιος στους κωδικούς των άλλων χρηστών (σταθμοί μετάδοσης/λήψης σημάτων). Το σήμα που τελικά θα σταλεί από τον πομπό είναι αποτέλεσμα του εισερχόμενου σήματος (δεδομένα) και του κωδικού διάδοσης.

Τα **πλεονεκτήματα** της συγκεκριμένης μεθόδου εξυπηρέτησης της ζήτησης για επικοινωνία είναι τα εξής:

- Κάθε χρήστης μπορεί να κάνει μετάδοση δεδομένων χωρίς παρεμβολές
- Ο κωδικός μετάδοσης επιτρέπει την άμεση ταυτοποίηση του πομπού
- Ασφαλής μετάδοση δεδομένων

Τα **μειονεκτήματα** της συγκεκριμένης είναι τα εξής:

- Μικρή χωρητικότητα συγκριτικά με το tdma λόγω του συντονισμού στους σταθμούς μετάδοσης
- Όταν υπάρχει μεγάλος αριθμός χρηστών αυξάνεται το Ber με αποτέλεσμα την μείωση του χρόνου

ALOHA

Το πρωτόκολλο ALOHA ήταν το πρώτο πρωτόκολλο πολλαπλής πρόσβασης και βασίζεται στην κοινή χρήση ενός καναλιού μετάδοσης. Χαρακτηριστικό του είναι ότι δίνει πρόσβαση σε ένα κανάλι σε όλους τους κόμβους σε τυχαίες χρονικές στιγμές. Το πρωτόκολλο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί πάνω από ομοαξονικό καλώδιο, συνεστραμμένα ζεύγη καλωδίων ή οπτικές ίνες.

Οι κόμβοι εκπέμπουν και "ακούνε" σε ένα κοινό κανάλι. Τα πακέτα που μεταδίδουν έχουν σταθερό μήκος. Στο κανάλι αυτό υπάρχει ένας κεντρικός κόμβος, ο οποίος συγκεντρώνει όλα τα πακέτα που μεταδόθηκαν. Σε περίπτωση ταυτόχρονης μετάδοσης πακέτων από περισσότερους τους ενός κόμβους που είναι συνδεδεμένοι στο κοινό κανάλι, όπως είναι αναμενόμενο λόγω της σύγκρουσης τα πακέτα παραμορφώνονται. Έτσι ο κεντρικός κόμβος αναλαμβάνει να επιβεβαιώσει τα πακέτα που λαμβάνει και να καθορίσει πια από αυτά είναι σωστά - μη παραμορφωμένα. Όταν ο κόμβος που μετέδωσε δεν λάβει μήνυμα επιβεβαίωσης από τον κεντρικό κόμβο εντός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος θεωρεί ότι το πακέτο έχει καταστραφεί και προγραμματίζει επανάληψη της μετάδοσης του πακέτου που χάθηκε σε τυχαίο χρόνο.

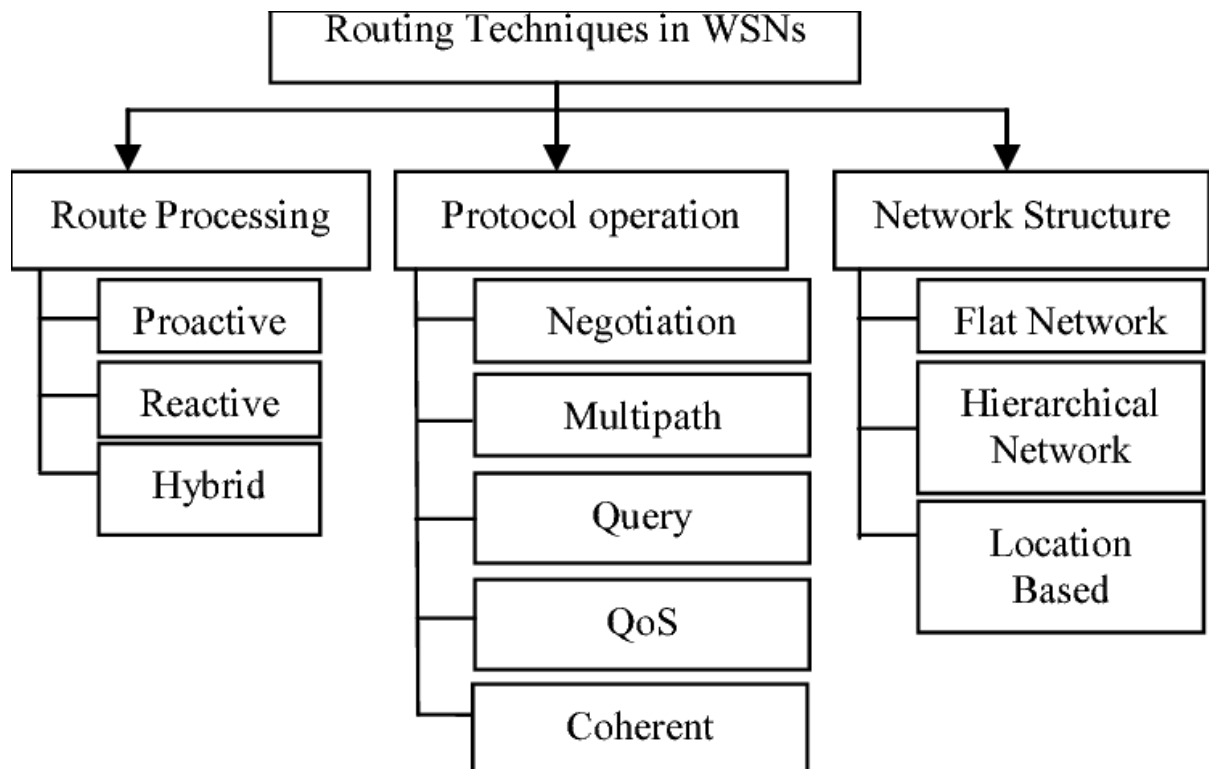
Το Επίπεδο Δικτύου (Network layer)

Το επίπεδο δικτύου είναι υπεύθυνο για την επικοινωνία και την μεταφορά δεδομένων σε ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Οι αισθητήρες είναι χωρισμένοι μεταξύ τους σε μια μικρή περιοχή. Για τον λόγο αυτό χρειάζονται multihop ασύρματα πρωτόκολλα δρομολόγησης για να γίνει η μεταφορά δεδομένων στους κόμβους.

Το στρώμα δικτύου έχει ως χαρακτηριστικά τα παρακάτω:

- Αξιοποίηση της διαθέσιμης ενέργειας που υπάρχει στους κόμβους επικοινωνίας
- Τα δίκτυα αισθητήρων είναι δεδομενο-κεντρικά (data-centric)
- Η συλλογή δεδομένων παραμένει λειτουργική όταν δεν δημιουργούνται εμπόδια στους κόμβους επικοινωνίας
- Σε ένα δίκτυο επικοινωνίας ασύρματων αισθητήρων οι κόμβοι έχουν ο καθένας δική του διεύθυνση και ο καθένας δηλώνει την θέση στην οποία βρίσκεται

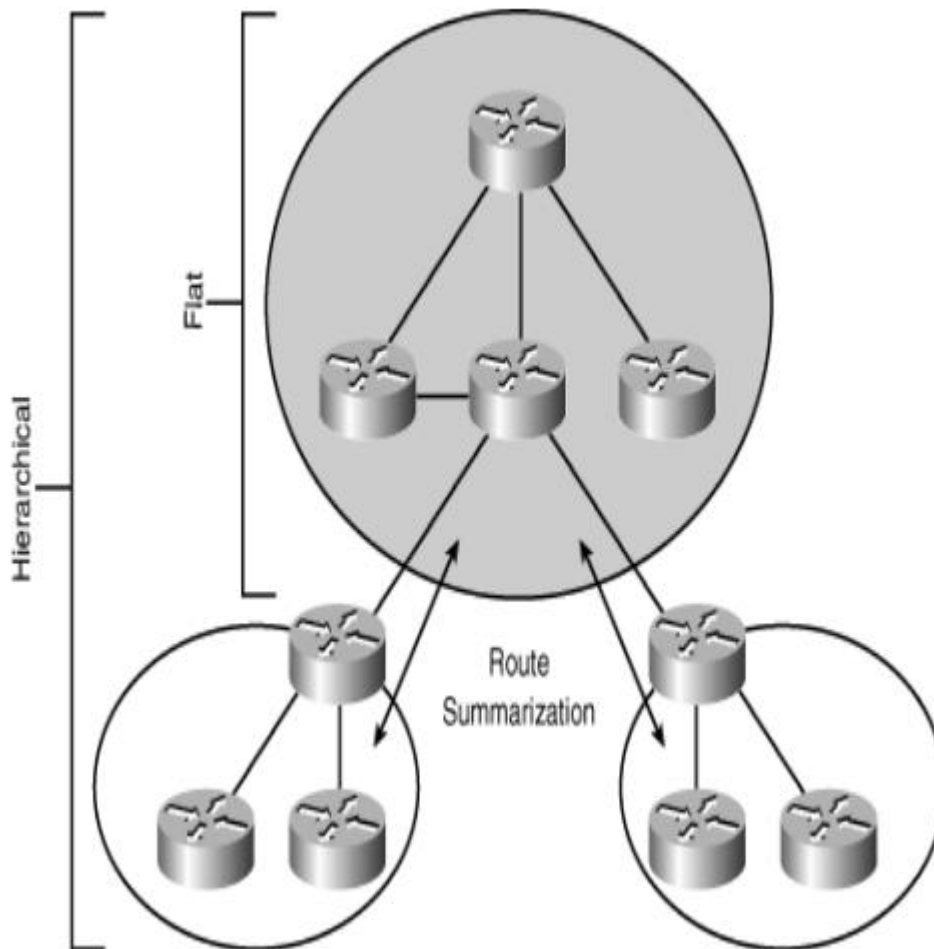
Τεχνικές δρομολόγησης



Εικόνα 14. Τεχνικές Δρομολόγησης

Δρομολόγηση ανάλογα με την δομή του δικτύου (Network Structure)

- Ομοιόμορφη (flat-based routing) είναι η επίπεδη δρομολόγηση η οποία όλοι οι κόμβοι έχουν τους ίδιους ρόλους και ίδια χρήση.
- Ιεραρχική δρομολόγηση (hierarchical-based routing) είναι όταν οι κόμβοι έχουν διαφορετικούς ρόλους μεταξύ τους.
- Στην δρομολόγηση τοποθεσίας (location-based routing) γίνεται χρήση της θέσης των κόμβων ώστε να γίνει η δρομολόγηση τους στο δίκτυο.



Εικόνα 15. Ομοιόμορφη και Ιεραρχική Δρομολόγηση

Πρωτόκολλα Ομοιόμορφης Δρομολόγησης

- **SPIN** (Sensor Protocols for Information via Negotiation)

Τα προσαρμόσιμα (adaptive) πρωτόκολλα spin (Sensor Protocols for Information via Negotiation – Πρωτόκολλα Αισθητήρων για Πληροφορίες μέσω Διαπραγμάτευσης) έχουν σχεδιαστεί για να καλύψει τις ανάγκες της υπερχειλίσης και της πλημμύρας (Flooding) μέσα από διαχείριση των πόρων.

Με το πρωτόκολλο spin η λειτουργία των κόμβων είναι πιο αποδοτική διότι αποστέλλουν πληροφορίες για τον όγκο των δεδομένων που θα πρέπει να διαχειριστούν οι κόμβοι και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της ενέργειας που θα χρειαστεί να καταναλώσει ο κάθε κόμβος.

Υπάρχουν τρία είδη μηνυμάτων τα `adv`, `req`, `data`. ο κάθε κόμβος πριν μεταδώσει τα `data` κάνει αποστολή ενός μηνύματος `adv` με την περιγραφή και τις πληροφορίες των δεδομένων που υπάρχουν.

- **Directed Diffusion** (κατευθυνόμενη διάχυση)

Ο σταθμός βάσης εκπέμπει ένα μήνυμα ενδιαφέροντος, προς όλους τους κόμβους του δικτύου αισθητήρων, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά μία περιγραφή των εργασιών που πρέπει να γίνουν. Έτσι, σε κάθε εργασία αντιστοιχεί ένα μήνυμα περιγραφής. Στη συνέχεια, ο κάθε κόμβος αποθηκεύει αυτό το μήνυμα ενδιαφέροντος στη μνήμη του. Το μήνυμα ενδιαφέροντος περιέχει διάφορα πεδία, όπως είναι το πεδίο χρονοσφραγίδας (`timestamp`) και τα πεδία βαθμωτών ανυσμάτων (`gradients`), τα οποία χρησιμοποιούνται για την εύρεση της διαδρομής που οδηγεί πίσω στο σταθμό βάσης. Καθώς λοιπόν το μήνυμα ενδιαφέροντος διαδίδεται στο δίκτυο αισθητήρων, εγκαθίσταται ταυτόχρονα και η διαδρομή που οδηγεί πίσω στο σταθμό βάσης. Όταν οι κόμβοι έχουν να στείλουν δεδομένα στο σταθμό βάσης χρησιμοποιούν την ήδη εγκατεστημένη διαδρομή. Η διάδοση των μηνυμάτων ενδιαφέροντος και δεδομένων αποφασίζεται σε τοπικό επίπεδο. Επίσης, ο σταθμός βάσης οφείλει να ανανεώνει και να ενισχύει το ενδιαφέρον του από τη στιγμή που θα αρχίσει να λαμβάνει δεδομένα από τους κόμβους (πηγή).

Πρέπει να τονιστεί, ότι ο μηχανισμός της Κατευθυνόμενης Διάχυσης (`directed diffusion`) βασίζεται στη δεδομένο-κεντρική δρομολόγηση, όπου ο σταθμός βάσης μεταδίδει το μήνυμα ενδιαφέροντος.

- **Rumor Routing** (δρομολόγηση διάδοσης)

Το πρωτόκολλο Rumor Routing (δρομολόγηση διάδοσης), είναι μία ακόμη παραλλαγή του Directed Diffusion και απευθύνεται σε περιβάλλον όπου δεν είναι εφαρμόσιμα τα κριτήρια της γεωγραφικής δρομολόγησης. Γενικά, το Directed Diffusion διοχετεύει το ερώτημα (`query`) με τη μέθοδο της υπερχειλίσης (`flooding`) σε ολόκληρο το δίκτυο εφόσον δεν υπάρχει κανένα απολύτως γεωγραφικό κριτήριο για τη διάχυση των εργασιών. Όμως, σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει πολύ μικρή ζήτηση δεδομένων από τους κόμβους και έτσι δεν είναι απαραίτητη η χρήση της μεθόδου της υπερχειλίσης.

Μία εναλλακτική μέθοδος είναι να διοχετευθούν τα γεγονότα με τη μέθοδο της υπερχειλίσης εφόσον ο αριθμός τους είναι μικρός αλλά είναι μεγάλος ο αριθμός των ερωτημάτων. Το πρωτόκολλο Rumor Routing βρίσκεται κάπου ανάμεσα στην υπερχειλίση των γεγονότων και στην υπερχειλίση των ερωτημάτων.

Η βασική ιδέα είναι να δρομολογηθούν τα ερωτήματα προς τους κόμβους εκείνους οι οποίοι έχουν παρατηρήσει ένα συγκεκριμένο γεγονός και όχι να πλημμυρίσουμε ολόκληρο το δίκτυο για να πάρουμε την πληροφορία για τα γεγονότα που συμβαίνουν σε αυτό.

Προκειμένου να πλημμυρίσει το δίκτυο με γεγονότα, ο αλγόριθμος Rumor Routing χρησιμοποιεί πακέτα με μεγάλη διάρκεια ζωής τα οποία ονομάζονται agents. Όταν κάποιος κόμβος ανιχνεύσει ένα γεγονός, το προσθέτει στον τοπικό του πίνακα και στη συνέχεια παράγει έναν agent. Οι agents ταξιδεύουν σε ολόκληρο το δίκτυο φέρνοντας στους απομακρυσμένους κόμβους την πληροφορία για τα τοπικά γεγονότα.

Όταν κάποιος κόμβος δημιουργήσει ένα ερώτημα για κάποιο γεγονός, τότε οι κόμβοι που γνωρίζουν τη διαδρομή μπορούν να ανταποκριθούν στο ερώτημα κάνοντας αναφορά στο δικό τους πίνακα γεγονότων. Έτσι αποφεύγεται το κόστος που συνεπάγεται από την υπερχειλίση ολόκληρου του δικτύου. Ο Rumor Routing διατηρεί μόνο ένα μονοπάτι μεταξύ της πηγής και του προορισμού, αντίθετα με ότι συμβαίνει στο Directed Diffusion όπου τα δεδομένα μπορούν να μεταδοθούν μέσω πολλαπλών μονοπατιών με χαμηλές ταχύτητες.

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εξομοίωση του συστήματος δείχνουν ότι το Rumor Routing επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας συγκρινόμενο με την υπερχειλίση των γεγονότων και μπορεί επίσης να διαχειριστεί την αποτυχία του κόμβου. Όμως, το Rumor Routing συμπεριφέρεται καλά μόνο όταν είναι μικρός ο αριθμός των γεγονότων. Δεν ενδείκνυται όταν πρόκειται για μεγάλο αριθμό γεγονότων διότι το κόστος συντήρησης των agents αλλά και των πινάκων καταγραφής των γεγονότων είναι αρκετά υψηλό.

Πρωτόκολλα Ιεραρχικής Δρομολόγησης

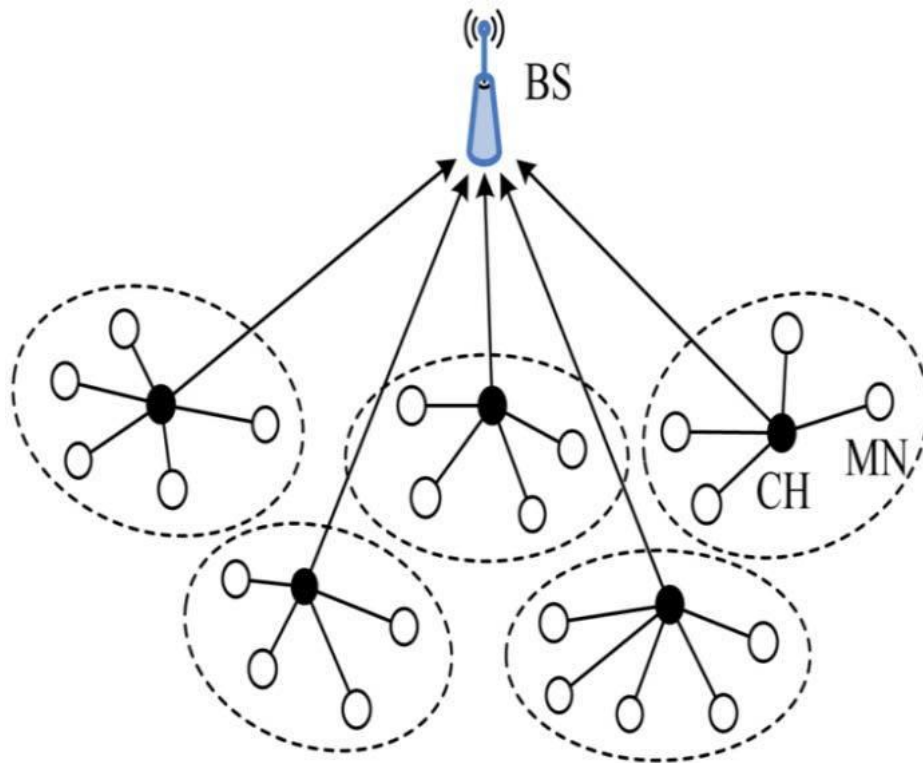
- **LEACH** (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy Protocol)

Είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης το οποίο επικεντρώνεται στα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία είναι πιθανόν να ασκούν σημαντική επιρροή στην ενέργεια που καταναλώνεται συνολικά στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Οργανώνει τους κόμβους σε συστοιχίες και μειώνει στο ελάχιστο την ενέργεια που καταναλώνεται σε αυτά τα δίκτυα. Ο σκοπός του LEACH είναι η τυχαία επιλογή κάποιων κόμβων οι οποίοι θα διαδραματίσουν το ρόλο των επικεφαλής των συστοιχιών και θα είναι υπεύθυνοι για τη διασφάλιση της επικοινωνίας με το σταθμό βάσης. Η τυχαία επιλογή γίνεται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η συνεχής χρησιμοποίηση των ίδιων κόμβων ως επικεφαλής των συστοιχιών, και έτσι να μην εξαντλείται η ενέργειά τους ταχύτερα από την ενέργεια των υπόλοιπων κόμβων του δικτύου.

Η λειτουργία του LEACH χωρίζεται σε δύο φάσεις (rounds):

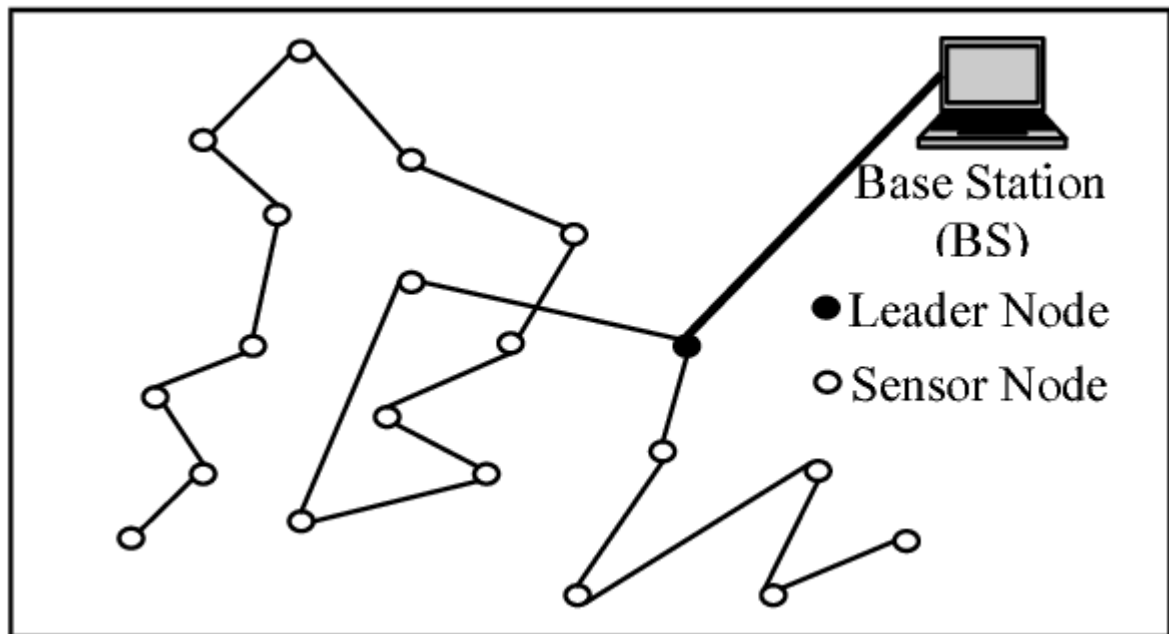
- τη φάση Εγκατάστασης (set-up phase) και
- τη φάση Μόνιμης Κατάστασης Λειτουργίας (steady-state phase).



Εικόνα 16. Το πρωτόκολλο LEACH

- **PEGASIS** (Power-Efficient Gathering in Sensor Information Systems)

Το PEGASIS είναι ένα σχεδόν βέλτιστο (near optimal) πρωτόκολλο βασισμένο στην αλυσίδα (chain-based protocol) και αποτελεί βελτίωση του πρωτοκόλλου LEACH. Το PEGASIS σχηματίζει αλυσίδες από αισθητήριους κόμβους με τέτοιο τρόπο ώστε ο κάθε κόμβος να επικοινωνεί με ένα γειτονικό του κόμβο και μόνο ένας κόμβος επιλέγεται εκ περιτροπής από την αλυσίδα για να επικοινωνήσει με το σταθμό βάσης (base station ή sink). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται το ποσό της ενέργειας που καταναλώνεται σε κάθε κύκλο (round).



Εικόνα 17. Το πρωτόκολλο PEGASIS

- **MECN** (Minimum Energy Communication Network)

Το πρωτόκολλο MECN (Minimum Energy Communication Network), το οποίο υπολογίζει ένα ενεργειακά αποδοτικό δευτερεύον δίκτυο, για ένα συγκεκριμένο δίκτυο αισθητήρων, με τη χρήση του GPS (Global Positioning System) χαμηλής ισχύος.

Το MECN προσδιορίζει μία περιοχή αναμεταδόσεων (relay region) για κάθε κόμβο. Η περιοχή αναμεταδόσεων αποτελείται από κόμβους οι οποίοι βρίσκονται σε μία ευρύτερη περιβάλλουσα περιοχή (surrounding area) όπου η μετάδοση μέσα από αυτούς τους κόμβους είναι περισσότερο ενεργειακά αποδοτική από την απευθείας μετάδοση. Ο χώρος που περιβάλλει (enclosure) έναν κόμβο i δημιουργείται με τη λήψη της ένωσης (union) όλων των περιοχών αναμετάδοσης στις οποίες μπορεί να έχει πρόσβαση ο κόμβος i .

Η βασική ιδέα του MECN είναι η εύρεση ενός υποδικτύου (ή δευτερεύοντος δικτύου) που θα έχει λιγότερους κόμβους και θα απαιτεί λιγότερη ισχύ για να μεταδώσει μηνύματα ανάμεσα σε δύο ειδικούς κόμβους. Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται παγκόσμια μονοπάτια ελάχιστης ισχύος (global minimum power paths) χωρίς να λαμβάνονται υπόψη όλοι οι κόμβοι στο δίκτυο. Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση επιτόπιας έρευνας (localized search) για κάθε κόμβο λαμβάνοντας υπόψη τη δική του περιοχή αναμετάδοσης.

Το MECN είναι αυτόματα ανασχηματιζόμενο (self-reconfiguring) και συνεπώς έχει τη δυνατότητα να προσαρμόζεται δυναμικά σε οποιαδήποτε αστοχία κόμβου ή στην προσθήκη (ή ανάπτυξη) νέων αισθητήρων στο δίκτυο.

- **Virtual Grid Architecture Routing**

Ενεργειακά αποδοτικό παράδειγμα δρομολόγησης το οποίο χρησιμοποιεί συσσώρευση δεδομένων και ενδοδικτυακή επεξεργασία (in-network processing) προκειμένου να μεγιστοποιήσει τη διάρκεια ζωής του δικτύου. Εξαιτίας της στασιμότητας των κόμβων και της εξαιρετικά χαμηλής τους κινητικότητας σε πολλές εφαρμογές ασύρματων δικτύων αισθητήρων, μία λογική προσέγγιση είναι η διάταξη τους σε μία σταθερή τοπολογία.

Εδώ χρησιμοποιείται μία μη εξαρτώμενη από το GPS προσέγγιση για τη δημιουργία σταθερών, ισοδύναμων, γειτονικών, και μη επικαλυπτόμενων συστοιχιών με συμμετρικά σχήματα. Σε αυτό εδώ το πρωτόκολλο έχουν χρησιμοποιηθεί συστοιχίες τετραγωνικού σχήματος προκειμένου να επιτευχθεί μία σταθερή ευθύγραμμη ιδεατή τοπολογία. Μέσα σε κάθε ζώνη έχει επιλεγεί κατάλληλα ένας κόμβος για να συμπεριφέρεται ως επικεφαλής συστοιχίας.

Η συσσώρευση των δεδομένων πραγματοποιείται σε δύο επίπεδα: τοπικό και στη συνέχεια καθολικό. Το σύνολο των επικεφαλής συστοιχιών, οι οποίοι καλούνται τοπικοί συσσωρευτές (local aggregators), πραγματοποιούν τοπική συσσώρευση δεδομένων, ενώ μία ομάδα από αυτούς χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση καθολικής συσσώρευσης και ονομάζονται κύριοι συσσωρευτές (master aggregators).

Πρωτόκολλα Θεσικής Δρομολόγησης

- **GEAR** (Geographic and Energy-Aware Routing)

Το πρωτόκολλο GEAR χρησιμοποιεί ενεργειακά και γεωγραφικά ενημερωμένους heuristics επιλογής γειτόνων για να δρομολογήσει ένα πακέτο προς τον προορισμό. Βασική ιδέα είναι να περιοριστεί ο αριθμός των ενδιαφερόντων του Directed Diffusion σε μία ορισμένη περιοχή και όχι σε ολόκληρο το δίκτυο, οπότε το πρωτόκολλο GEAR εξοικονομεί περισσότερη ενέργεια από το Directed Diffusion.

- **MFR, DIR και GEDIR**

Αυτά τα πρωτόκολλα διαπραγματεύονται βασικές μεθόδους οι οποίες βασίζονται στην απόσταση, στην πρόοδο και στην κατεύθυνση. Τα βασικά θέματα που εξετάζονται εδώ είναι η ορθή και η ανάστροφη φορά (forward and backward directions).

Ένας κόμβος πηγή, ή οποιοσδήποτε άλλος ενδιαμέσος κόμβος, θα επιλέξει έναν από τους γείτονές του σύμφωνα με κάποια προκαθορισμένα κριτήρια.

Οι Μέθοδοι Δρομολόγησης που ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία είναι:

- **MFR** (Most Forward within Radius – η μεγαλύτερη προώθηση δεδομένων μέσα στο ακτινικό επίπεδο συμμετρίας),

- GEDIR (Geographic Distance Routing – δρομολόγηση σε γεωγραφική απόσταση).

Αποτελεί μία διαφορετική εκδοχή των greedy αλγορίθμων, της greedy μεθόδου διπλού βήματος, και της εναλλακτικής greedy μεθόδου.

- DIR (compass routing method – μέθοδος δρομολόγησης καμπύλης τροχιάς).

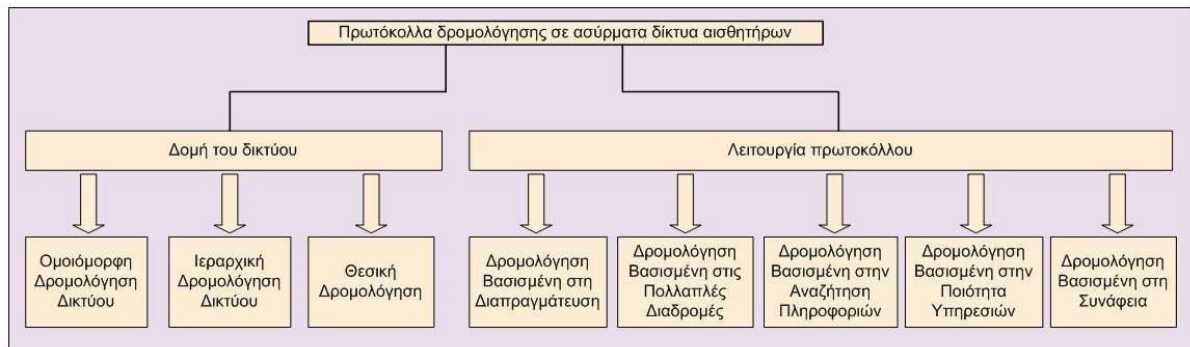
Το πρωτόκολλο GEDIR είναι ένας greedy αλγόριθμος ο οποίος μετακινεί το πακέτο πάντοτε προς το γείτονα του που συμβαίνει εκείνη τη χρονική στιγμή να είναι η κορυφή και του οποίου η απόσταση προς τον προορισμό είναι η ελάχιστη δυνατή. Ο αλγόριθμος αποτυγχάνει όταν το πακέτο διασχίσει την ίδια κορυφή δύο φορές διαδοχικά.

Δρομολόγηση ανάλογα με τη λειτουργικότητα (Protocol Operation)

Ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης θεωρείται “Προσαρμόσιμο” (adaptive) εφόσον υπάρχει δυνατότητα ελέγχου κάποιων παραμέτρων του συστήματος προκειμένου αυτό να προσαρμόζεται προς τις τρέχουσες συνθήκες του δικτύου και προς τα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα.

Επιπρόσθετα, αυτά τα πρωτόκολλα, ανάλογα με τις λειτουργίες που εκτελούν, μπορούν να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Διαπραγμάτευσης (Negotiation-based),
- Πολλαπλών Διαδρομών (Multipath-based),
- Αναζήτησης Πληροφοριών (Query-based),
- Ποιότητας Υπηρεσιών (QoS-based), και
- Συνάφειας (Coherent-based).



Εικόνα 18. Κατηγορίες Πρωτοκόλλων

Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Διαπραγμάτευση (Negotiation-Based Routing Protocols)

- **SPIN** (βλέπε σελίδα 28)

Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στις Πολλαπλές Διαδρομές (Multipath Routing Protocols)

Δύο από τα βασικότερα πρωτόκολλα αυτής της κατηγορίας είναι το “Maximum Lifetime Routing” και το “Energy-Aware Routing”.

- **MLR** (Maximum Lifetime Routing - Μέγιστη Διάρκεια Ζωής)

Η δρομολόγηση για μέγιστη διάρκεια ζωής αντισταθμίζει τις απώλειες ενέργειας μεταξύ των αισθητήριων κόμβων προκειμένου να επιμηκύνει τη Λειτουργική Διάρκεια Ζωής (operation lifetime) του δικτύου.

- **EAR** (Energy Aware Routing)

Το πρωτόκολλο αυτό κάνει περιστασιακή χρήση ενός συνόλου υποβέλτιστων μονοπατιών (sub-optimal paths) με σκοπό την αύξηση της διάρκειας ζωής του δικτύου. Αυτά τα μονοπάτια επιλέγονται με τη βοήθεια μιας συνάρτησης πιθανοτήτων (probability function) η οποία εξαρτάται από την ενέργεια που καταναλώνει το κάθε μονοπάτι. Η ικανότητα επιβίωσης του δικτύου είναι το κύριο μέλημα αυτής εδώ της προσέγγισης. Η προσέγγιση διαφωνεί με την επιχειρηματολογία που λέει ότι όταν κάποιος χρησιμοποιεί συνεχώς το μονοπάτι ελάχιστης ενέργειας θα εξαντλήσει την ενέργεια των κόμβων του μονοπατιού. Αντί για αυτό χρησιμοποιείται ένα από τα πολλά μονοπάτια με σίγουρη την πιθανότητα ότι έτσι θα αυξηθεί η διάρκεια ζωής του δικτύου. Το πρωτόκολλο υποθέτει ότι η πρόσβαση στη διεύθυνση του κάθε κόμβου είναι εφικτή μέσα από μία διευθυνσιοδότηση που έχει ως βάση την τάξη (classbased addressing) και η οποία περιλαμβάνει τη θέση και τον τύπο των κόμβων.

Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Αναζήτηση Πληροφοριών (Query-Based Routing Protocols)

- **Directed Diffusion** (βλέπε σελίδα 29)
- **Rumor Routing** (βλέπε σελίδα 29)

Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Ποιότητα Υπηρεσιών (QoS Based Routing Protocols)

- **Sequential Assignment Routing (SAR)**

Το SAR (Sequential Assignment Routing) είναι ένα από τα πρώτα πρωτόκολλα δρομολόγησης που χρησιμοποιήθηκε στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και που εισήγαγε την έννοια της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) στις αποφάσεις δρομολόγησης.

Μία Απόφαση Δρομολόγησης στο SAR εξαρτάται από τρεις παράγοντες:

- Ενεργειακούς πόρους
- Ποιότητα υπηρεσιών σε κάθε μονοπάτι, και
- Το επίπεδο προτεραιότητας του κάθε πακέτου.

Για να αποφευχθεί η αποτυχία της απλής διαδρομής, χρησιμοποιούνται σχήματα προσέγγισης πολλαπλού μονοπατιού και επιτόπια αποκατάσταση μονοπατιού. Για να δημιουργηθούν πολλαπλά μονοπάτια από έναν κόμβο πηγή, κατασκευάζεται ένα δέντρο του οποίου η ρίζα είναι στον κόμβο πηγή και απλώνεται μέχρι τον κόμβο προορισμού. Τα μονοπάτια του δέντρου κατασκευάζονται ενώ αποφεύγονται κόμβοι χαμηλής ενέργειας ή εγγύησης ποιότητας υπηρεσιών. Στο τέλος αυτής της διαδικασίας κάθε αισθητήριος κόμβος θα αποτελεί τμήμα ενός δένδρου πολλαπλού μονοπατιού.

Το SAR είναι ένα οδηγούμενο από πίνακα πρωτόκολλο πολλαπλού μονοπατιού (table-driven Multipath tree) που σκοπό έχει την εξοικονόμηση ενέργειας και την ανοχή σε σφάλματα. Ο σκοπός του SAR είναι να ελαχιστοποιήσει τη μέση σταθμισμένη μετρική (metric) ποιοτικού ελέγχου (QoS) καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του δικτύου.

- **SPEED: A Stateless Protocol for Real-time Communication in Sensor Networks**

Πρωτόκολλο δρομολόγησης για ποιότητα υπηρεσιών (QoS) το οποίο παρέχει εγγύηση μεταφοράς δεδομένων από τη μία μέχρι την άλλη άκρη του δικτύου. Απαιτεί όπως κάθε κόμβος τροφοδοτεί συνεχώς το δίκτυο με πληροφορίες που έχουν σχέση με τους γειτονικούς του κόμβους και χρησιμοποιεί γεωγραφική προώθηση μηνυμάτων για να εντοπίζει τα μονοπάτια.

Επιπλέον, το SPEED κοπιάζει προκειμένου να διασφαλίσει μία συγκεκριμένη ταχύτητα για κάθε πακέτο στο δίκτυο έτσι ώστε η κάθε εφαρμογή να μπορεί να κάνει για αυτά (τα πακέτα) μία σωστή εκτίμηση της χρονικής καθυστέρησης από το ένα άκρο του δικτύου στο άλλο διαιρώντας την απόσταση που μεσολαβεί μέχρι το σταθμό βάσης με την ταχύτητα του πακέτου πριν λάβει κάποια απόφαση αποδοχής.

Ακόμη, το SPEED μπορεί να προσφέρει αποφυγή συμφόρησης (congestion avoidance) όταν το δίκτυο είναι υπερφορτωμένο ή υπερπλήρες (congested).

Η υπομονάδα δρομολόγησης (routing module) ονομάζεται SNGF (Stateless Nondeterministic Geographic Forwarding) και συνεργάζεται με άλλες τέσσερις υπομονάδες στο επίπεδο δικτύου (network layer).

Η εκτίμηση της χρονικής καθυστέρησης σε κάθε κόμβο γίνεται βασικά με υπολογισμό του χρόνου που παρήλθε πριν ακόμη ληφθεί ένα μήνυμα ACK από κάποιο γειτονικό κόμβο ως απάντηση σε πακέτο δεδομένων που έχει μεταδοθεί. Παρατηρώντας τις τιμές χρονικής καθυστέρησης, το SNGF επιλέγει τον κόμβο εκείνο που συγκεντρώνει τις απαιτήσεις ταχύτητας.

Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Βασισμένα στην Συνάφεια ή μη (Coherent and Non-Coherent Routing Protocols)

Η επεξεργασία των δεδομένων αποτελεί ένα από τα βασικότερα στοιχεία στη λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Ως εκ τούτου, οι τεχνικές δρομολόγησης περιλαμβάνουν διαφορετικές τεχνικές επεξεργασίας δεδομένων.

Γενικά, οι αισθητήριοι κόμβοι συνεργάζονται μεταξύ τους προκειμένου να επεξεργαστούν διαφορετικά δεδομένα τα οποία έχουν πλημμυρίσει την περιοχή του δικτύου.

Δύο ακόμη παραδείγματα τεχνικών επεξεργασίας δεδομένων που έχουν προταθεί στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι τα εξής:

ο Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Συνάφειας Βασισμένα στην Επεξεργασία των Δεδομένων (coherent and data-processing-based routing protocols), και

ο Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Μη Συνάφειας Βασισμένα στην Επεξεργασία των Δεδομένων (coherent and non-coherent data-processing-based routing protocols)

Αναλυτικότερα:

Στα Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Μη Συνάφειας που Βασίζονται στην Επεξεργασία των Δεδομένων (non-coherent data-processing-based routing protocols) οι κόμβοι επεξεργάζονται επί τόπου τα ακατέργαστα δεδομένα πριν να τα στείλουν σε άλλους κόμβους για περαιτέρω επεξεργασία. Οι κόμβοι οι οποίοι εκτελούν περαιτέρω επεξεργασία ονομάζονται συσσωρευτές (aggregators).

Στα Πρωτόκολλα Δρομολόγησης Συνάφειας που Βασίζονται στην Επεξεργασία των Δεδομένων (coherent data-processing-based routing protocols) τα δεδομένα προωθούνται στους συσσωρευτές μετά από μία υποτυπώδη (ελάχιστη) επεξεργασία. Η ελάχιστη επεξεργασία περιλαμβάνει τυπικά εργασίες όπως είναι η χρονο σφράγιση (timestamping) και ο περιορισμός παραγωγής αντιγράφων. Οι λειτουργίες Μη Συνάφειας έχουν σχετικά χαμηλό φορτίο κίνησης δεδομένων. Από την άλλη μεριά, επειδή η επεξεργασία Συνάφειας παράγει δεδομενορεύματα μεγάλου μήκους (long data streams), η εξοικονόμηση ενέργειας πρέπει να επιτευχθεί μέσα από το καταλληλότερο μονοπάτι.

Δρομολόγηση Ανάλογα με τον Τρόπο που η Πηγή Εντοπίζει τη Διαδρομή προς τον Προορισμό (Route Processing)

Εκτός από τις παραπάνω τεχνικές δρομολόγησης υπάρχουν επιπλέον τρεις κατηγορίες τις οποίες μπορούν να χωριστούν τα πρωτόκολλα δρομολόγησης:

- ο Proactive protocols (οι διαδρομές υπολογίζονται πριν προκύψει ανάγκη).
- ο Reactive protocols (όλες οι διαδρομές υπολογίζονται κατόπιν ζήτησης).
- ο Hybrid protocols (χρησιμοποιούν συνδυασμό των δύο πρωτοκόλλων).

Proactive Protocols

- **DSDV** (Destination-Sequenced Distance Vector)

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης DSDV (highly dynamic Destination-Sequenced Distance Vector routing for mobile computers) [87] έχει σαν βάση τους πίνακες δρομολόγησης (table-driven protocol). Προβάλλει την απαίτηση στον κάθε κόμβο να προωθεί περιοδικά σε ολόκληρο το δίκτυο πληροφορίες σχετικές με την ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης. Βελτιώνει τα παραδοσιακά πρωτόκολλα με διανύσματα απόστασης (distance vector protocols) με το να εισάγει ελευθερία βρόχων (loop-freedom) στους πίνακες δρομολόγησης. Στο DSDV, ο κάθε κόμβος συντηρεί έναν πίνακα δρομολόγησης με αριθμούς ακολουθίας, στον οποίο έχει συμπεριλάβει το επόμενο βήμα διαδρομής (hop) για τον κάθε προορισμό που μπορεί να φτάσει. Οι αριθμοί ακολουθίας δίνουν τη δυνατότητα στους κινητούς κόμβους

(mobile nodes) να διακρίνουν τις παλιές από τις νέες διαδρομές. Ο κάθε κόμβος εκπέμπει περιοδικά τον πίνακα δρομολόγησης προς όλο το δίκτυο, ώστε με αυτόν τον τρόπο να διατηρηθεί η συνέπεια των πινάκων.

Reactive Protocols

- **DSR** (Dynamic Source Routing)

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης DSR (Dynamic Source Routing protocol for mobile ad hoc networks) απευθύνεται κυρίως σε κινητά ad hoc δίκτυα (MANETs – Mobile Ad hoc NETworks). Κάθε πακέτο δεδομένων που πρόκειται να μεταδοθεί περιλαμβάνει όλους τους αισθητήριους κόμβους από τους οποίους θα πρέπει να περάσει προκειμένου να φθάσει στον προορισμό. Αυτή η ιδιότητα είναι γνωστή ως «Δρομολόγηση Πηγής» (source routing) και απαιτεί να γνωρίζει ο αποστολέας (sender) την πλήρη διαδρομή προς τον προορισμό.

Το πρωτόκολλο DSR βασίζεται σε δύο βασικές διαδικασίες:

ο Τη Διαδικασία Ανακάλυψης της Διαδρομής (route discovery process). Αυτή βασίζεται στην υπερχειλίση ή πλημμύρα (flooding) και χρησιμοποιείται για να ανακαλύπτει νέες διαδρομές (routes) με δυναμικό τρόπο.

ο Τη Διαδικασία Διατήρησης της Διαδρομής (route maintenance process). Αυτή ανιχνεύει περιοδικά το δίκτυο και το πληροφορεί για τις όποιες μεταβολές έχουν γίνει στην τοπολογία του.

- **AODV** (Ad hoc On demand Distance Vector)

Το πρωτόκολλο δρομολόγησης AODV (Ad hoc On Demand Distance Vector routing protocol) αποτελεί συνδυασμό των πρωτοκόλλων δρομολόγησης DSR και DSDV. Χρησιμοποιεί το μηχανισμό κατ' απαίτηση του DSR για την ανακάλυψη και διατήρηση της διαδρομής και τη βήμα-προς-βήμα (hop-by-hop) δρομολόγηση καθώς και τον αριθμό ακολουθίας του DSDV. Ενώ το DSR χρησιμοποιεί τη μνήμη του κόμβου (node cache) για τη διατήρηση των πληροφοριών, το AODV χρησιμοποιεί τους πίνακες δρομολόγησης (routing tables), έναν ανά προορισμό, όπως ακριβώς συμβαίνει και στο DSDV.

Το AODV είναι μία μέθοδος δρομολόγησης των πακέτων μεταξύ των κινητών υπολογιστών ή κόμβων. Τους επιτρέπει να περάσουν τα μηνύματά τους μέσα από τους γείτονές τους προκειμένου να φθάσουν σε εκείνους του κόμβους με τους οποίους δεν έχουν τη δυνατότητα της απευθείας επικοινωνίας. Το AODV επιτυγχάνει αυτό με το να ανακαλύπτει τις διαδρομές από τις οποίες θα περάσουν τα μηνύματα. Επιπλέον, το AODV διασφαλίζει ότι αυτές οι διαδρομές δεν περιέχουν βρόχους και προσπαθεί να εντοπίσει την ελάχιστη δυνατή διαδρομή. Το AODV είναι επίσης σε

θέση να διαχειρίζεται τις όποιες μεταβολές συμβαίνουν στις διαδρομές και να δημιουργεί νέες, εφόσον διαπιστώσει ότι υπάρχει κάποιο σφάλμα.

Hybrid Protocols

- **Landmark**

Σε αυτό το πρωτόκολλο υποτίθεται πως υπάρχουν ομάδες κόμβων που έχουν παρόμοια συμπεριφορά κυρίως όσον αφορά στην κίνηση τους. Κάθε ομάδα κόμβων που έχει παρόμοια συμπεριφορά κίνησης ανακηρύσσει ένα σταθμό σαν αρχηγό και μέσω αυτού γίνεται κάθε δρομολόγηση προς και από την ομάδα. Κάθε σταθμός πρέπει να αποκτά πληροφορίες δρομολόγησης μόνο για τον σταθμό αρχηγό που έχει ανακηρύξει η ομάδα που ανήκει, μέσω κάποιου διανυσματικού πρωτοκόλλου. Μεταξύ των σταθμών αρχηγών χρησιμοποιείται οποιοδήποτε πρωτόκολλο όπως AODV, DSR, DSVD.

Δρομολόγηση με συνεργάσιμα πρωτόκολλα

Στην συγκεκριμένη δρομολόγηση οι κόμβοι στέλνουν δεδομένα από έναν κεντρικό κόμβο σε άλλος που μπορεί να γίνει επεξεργασία των δεδομένων με αποτέλεσμα την μείωση κατανάλωσης ενέργειας.

Το Επίπεδο Μεταφοράς (Transport Layer)

Το επίπεδο μεταφοράς δεδομένων είναι υπεύθυνο για την σωστή επικοινωνία μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη. Δημιουργεί μια σύνδεση από τον αποστολέα μέχρι τον παραλήπτη, και αιτείται στο πρωτόκολλο του επιπέδου δικτύου να του παρέχει μια διαδρομή και να τη χρησιμοποιεί όσο την χρειάζεται. Έπειτα πρέπει να εξετάσει ότι τα δεδομένα μεταξύ αποστολέα και παραλήπτη μεταφέρονται χωρίς λάθη, στη σωστή σειρά, μέσα στα χρονικά όρια που απαιτούνται και χωρίς να υπάρχει συμφόρηση κατά τη μεταφορά. Τέλος, μετά το πέρας της επικοινωνίας τερματίζει την σύνδεση.

TCP

Το πιο κοινό πρωτόκολλο του επιπέδου μεταφοράς είναι το TCP. Είναι σχεδιασμένο για σταθερά ενσύρματα δίκτυα τα οποία έχουν πιο αξιόπιστες συνδέσεις μεταξύ των συσκευών και δεν υπάρχει κινητικότητα. Ο κύριος λόγος που χάνονται τα πακέτα στα σταθερά δίκτυα είναι η συμφόρηση. Από το ποσοστό των χαμένων πακέτων και την λήξη του χρόνου αναμονής καταλαβαίνει τη συμφόρηση το TCP και προσαρμόζει το παράθυρο συμφόρησης και τον ρυθμό των πακέτων. Στα ασύρματα δίκτυα όμως τα πράγματα είναι διαφορετικά, τα χαμένα πακέτα και οι καθυστερήσεις συμβαίνουν λόγω της κατάστασης του καναλιού, της κινητικότητας των κόμβων που καταστρέφει τις διαδρομές δρομολόγησης, των collisions στο MAC υποεπίπεδο ακόμα και καθυστερήσεις λόγω απενεργοποιημένων κόμβων που εξοικονομούν ενέργεια. Το TCP λαμβάνει αυτές τις καταστάσεις ως συμφόρηση, και ενεργοποιεί τους μηχανισμούς ελέγχου της, πράγμα που οδηγεί σε άχρηστες αναμεταδόσεις, μείωση της απόδοσης και απώλεια ενέργειας.

Το Επίπεδο Εφαρμογών (Application Layer)

Το επίπεδο εφαρμογών σε ένα δίκτυο είναι υπεύθυνο για να παρουσιάζει όλες τις απαραίτητες πληροφορίες στην εφαρμογή και να μεταφέρει τα αιτήματα από την εφαρμογή στα κατώτερα στρώματα της στοίβας. Είναι οι ίδιες εφαρμογές που εξυπηρετούν το χρήστη. Υπάρχουν εφαρμογές μετάδοσης ήχου, φωνής, εικόνας, κειμένου, δεδομένων σε μορφή αρχείων, βάσεων δεδομένων κ.λ.π. Με την εμφάνιση των φορητών υπολογιστών και των κινητών συσκευών, τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε η έρευνα για την μείωση της κατανάλωσης ενέργειας των εφαρμογών. Μια μέθοδος για να γίνει αυτό είναι να χρησιμοποιείται κώδικας που καταναλώνει λιγότερη ενέργεια. Μια άλλη είναι να παρέχεται δυνατότητα στην εφαρμογή να ενεργοποιεί - απενεργοποιεί τα μέρη του συστήματος όταν δεν χρειάζονται. Επίσης μπορεί να κατανέμεται η εκτέλεση της εφαρμογής σε πολλές συσκευές. Τέλος υπάρχουν τεχνικές οι οποίες παζαρεύουν την ποιότητα των αποτελεσμάτων για μεγαλύτερη εξοικονόμηση.

Το Επίπεδο Διαχείρισης Ενέργειας (Power Management Plane)

Το επίπεδο αυτό διαχειρίζεται τον τρόπο με τον οποίο ένας κόμβος χρησιμοποιεί την ενέργεια που διαθέτει. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας μπορεί να κλείσει τον δέκτη του, όταν λάβει ένα μήνυμα από έναν γειτονικό κόμβο. Έτσι, με αυτό τον τρόπο αποφεύγει να λαμβάνει διπλά μηνύματα. Επιπλέον, όταν το επίπεδο ενέργειάς του είναι χαμηλό ο κόμβος μπορεί να ενημερώσει τους γείτονές του ότι δεν μπορεί να πάρει μέρος σε διαδρομές δρομολόγησης. Η ενέργεια που απομένει στον κόμβο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συγκέντρωση δεδομένων.

Το Επίπεδο Διαχείρισης Κινητικότητας (Mobility Management Plane)

Το επίπεδο αυτό ανιχνεύει και σημειώνει την κίνηση των κόμβων αισθητήρων, έτσι ώστε να διατηρείται πάντα μια διαδρομή προς τον χρήστη και οι κόμβοι να γνωρίζουν τους γειτονικούς τους κόμβους. Γνωρίζοντας οι κόμβοι τους γείτονές τους μπορούν να κάνουν ρυθμίσεις στην ενέργειά τους και τα καθήκοντά τους.

Το Επίπεδο Διαχείρισης Έργου (Task management plane)

Το επίπεδο αυτό ρυθμίζει και σχεδιάζει τα καθήκοντα συγκέντρωσης δεδομένων του κάθε κόμβου για μία συγκεκριμένη περιοχή. Δεν είναι απαραίτητο όλοι οι κόμβοι σε μια περιοχή να συγκεντρώνουν δεδομένα ταυτόχρονα, αλλά κάποιοι από αυτούς μπορούν να πραγματοποιούν πιο συχνά τη συγκεκριμένη διαδικασία ανάλογα με τα επίπεδα ενέργειάς τους. Έτσι, οι κόμβοι μπορούν να συνεργάζονται εξοικονομώντας ενέργεια, να δρομολογούν δεδομένα στο δίκτυο αισθητήρων και να μοιράζονται πληροφορίες και πόρους. Χωρίς το επίπεδο αυτό κάθε κόμβος θα δούλευε μεμονωμένα και έτσι ο χρόνος ζωής του δικτύου θα ήταν μικρότερος λόγω της μεγαλύτερης κατανάλωσης ενέργειας.

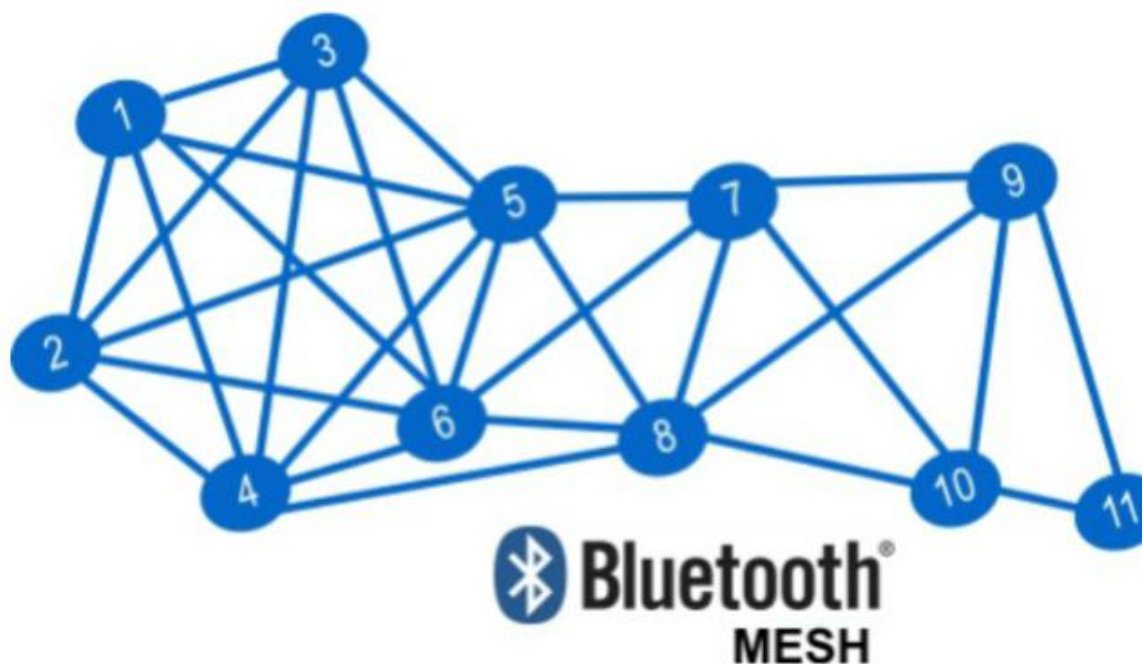
Κεφάλαιο 4

Ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας

Bluetooth Mesh Network

Είναι το πρωτόκολλο το οποίο επιτρέπει την δημιουργία δικτύων μεγάλης κλίμακας. Είναι ιδανικό για συστήματα ελέγχου και αυτοματισμούς με την δυνατότητα σύνδεσης πολλαπλών συσκευών.

Έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνεται σε εμπορικό και βιομηχανικό επίπεδο ως ένα πρωτόκολλο με αξιοπιστία και απόδοση.



Εικόνα 19. Δίκτυο Bluetooth

NFC

Πρωτόκολλο το οποίο επιτρέπει την επικοινωνία δύο συσκευών σε κοντινή απόσταση (4cm) η και μικρότερη. Προσφέρει σύνδεση χαμηλής ταχύτητας μέσω επαγωγικής σύνδεσης όπως για παράδειγμα ένα τηλέφωνο με έναν ασύρματο αισθητήρα. Η συχνότητα λειτουργίας του NFC είναι τα 13,56 MHz.



Εικόνα 20. Τεχνολογία NFC

Rfid

Τεχνολογία που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία και επιτρέπει να καταχωρήσει τα δεδομένα τα οποία έχει διαβάσει .

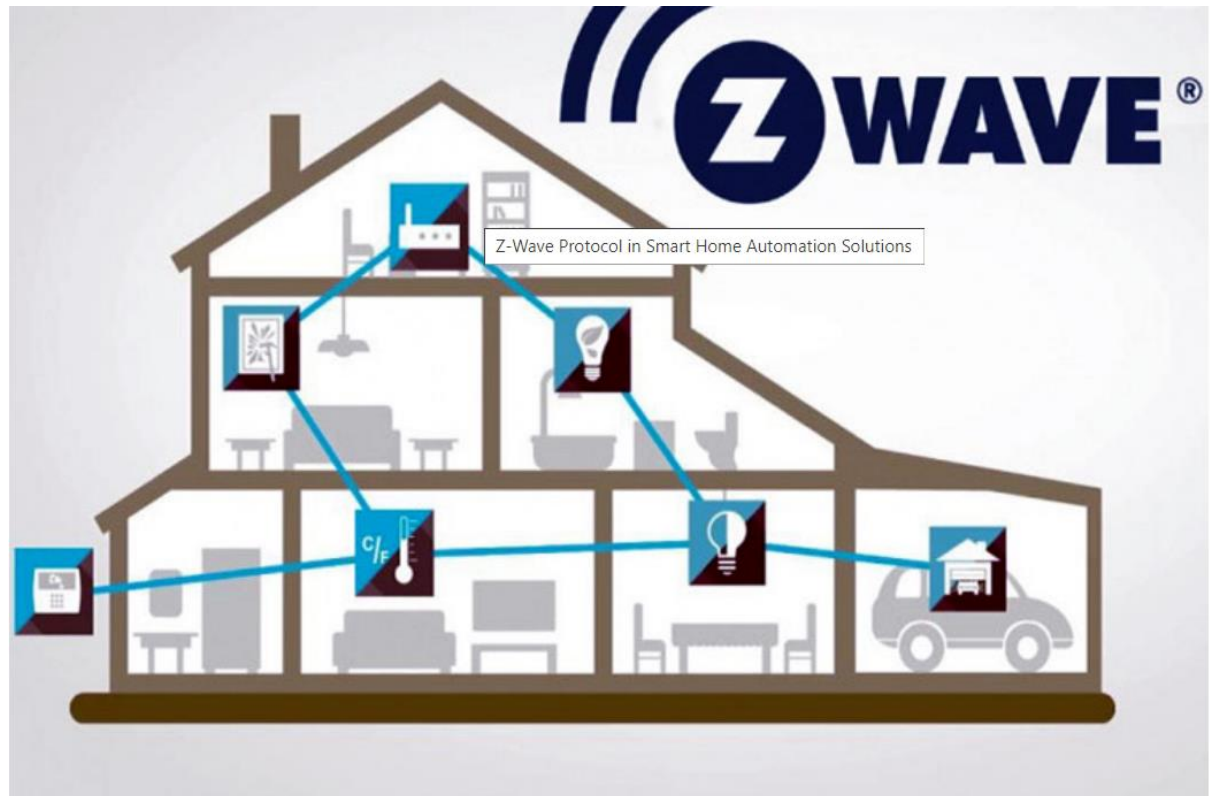
Αποτελείται από τρία στοιχεία :

- Μία κεραία σάρωσης
- Έναν πομποδέκτη
- Έναν αναμεταδότη

Όταν υπάρχει ένας πομποδέκτης και μία κεραία σάρωσης τότε δημιουργείται το rfid. Υπάρχουν συσκευές οι οποίες είναι συνδεδεμένες στο δίκτυο και μπορούν να είναι σταθερές είτε και φορητές.

ZWave

Το πρωτόκολλο Z-Wave είναι μια ασύρματη τεχνολογία επικοινωνιών που βασίζεται σε ραδιοσυχνότητες (RF) και έχει σχεδιαστεί ειδικά για έλεγχο, παρακολούθηση και ανάγνωση κατάστασης οικιακών εφαρμογών. Περιλαμβάνει ένα ευρύ οικοσύστημα έξυπνων προϊόντων που συνεργάζονται μεταξύ τους. Με την προηγμένη τεχνολογία του Z-Wave, δεν υπάρχουν παρεμβολές από Wi-Fi, Zigbee ή άλλες ασύρματες τεχνολογίες 2,4 GHz σε παρόμοια ζώνη.



Εικόνα 21. Τεχνολογία Zwave

Ασύρματα δίκτυα μεσαίας εμβέλειας

Wi-Fi

Το WiFi είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης τοπικής εμβέλειας, που επιτρέπει στις ηλεκτρονικές συσκευές να δικτυωθούν και βασίζεται στο πρότυπο 802.11 του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών. Το Wifi παρέχει μεγάλη απόσταση κάλυψης και μεγάλο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων.



Εικόνα 22. Τεχνολογία Wi-Fi

Hallow

Η τεχνολογία Hallow είναι κατάλληλη για μικρής εμβέλειας και χαμηλής ισχύος συσκευές IoT βασίζεται στο IEEE 802.11ah και ενεργεί σε ζώνη συχνοτήτων μικρότερη από 1 GHz. Η μέγιστη εμβέλεια που έχει είναι μέχρι 1 km και μέγιστη απόδοση 40 Mbps.

LTE

Είναι μια τεχνολογία η οποία σχεδιάστηκε για να μειώσει τον χρόνο μετάδοσης των δεδομένων, να παρουσιάζει ομοιομορφία στην παροχή υπηρεσιών και μεγαλύτερη ευελιξία στην διαχείριση του φάσματος, με τη χρησιμοποίηση καινοτόμων τεχνικών ψηφιακής επεξεργασίας. Χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία και δικτύωση των κινητών συσκευών, με υψηλές ταχύτητες. Το πρότυπο του LTE είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων στη καθοδική ζεύξη (downlink) της τάξης των 300 Mbps και στην ανοδική (uplink) μέχρι και 75 Mbps. Το εύρος ζώνης του φέροντος σήματος είναι μεταβλητό, κυμαινόμενο από τα 1.4 έως τα 20 MHz

Ασύρματα δίκτυα υψηλής εμβέλειας

Lpwan (low power wide area networking)

Ένα από τα πιο γνωστά δίκτυα, παρέχει χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Τα διαθέσιμα πρωτόκολλα για την συγκεκριμένη τεχνολογία είναι τα εξής:

- Lora
- Sigfox
- Nb-iot

Sigfox

Είναι μια τεχνολογία του Lpwan χρησιμοποιεί τεχνολογία στενής ζώνης αξιοποιώντας την διαμόρφωση μετατόπισης κατά φάση (bpsk). Οι διαθέσιμες συχνότητες λειτουργίας του είναι από 862 έως 928 khz. Το sigfox δίνει την δυνατότητα στις συσκευές να μεταδίδουν τα δεδομένα τους στο cloud με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και κόστους.

Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής μπαταρίας
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας
- Προστασία από παρεμβολές διαφορών ειδών

Μειονεκτήματα

- Λόγω χαμηλής επεξεργασίας δεδομένων αδυνατεί να χειριστεί εφαρμογές που απαιτούν επεξεργασία μεγάλου όγκου δεδομένων

Lora (Long Range)

Ανήκει στα δίκτυα LPWAN χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλες αποστάσεις. Οι συχνότητες λειτουργίας του Lora είναι 433,868 και 915 MHz.

Πλεονεκτήματα

- Πολύ μεγάλη εμβέλεια κάλυψης 5 χιλιόμετρα σε αστικές περιοχές και 15 χιλιόμετρα σε προαστιακές περιοχές
- Έχει μικρή κατανάλωση ισχύος με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας

Μειονεκτήματα

- Χρησιμοποιείται μόνο σε εφαρμογές που έχουν χαμηλό ρυθμό δεδομένων
- Πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο δίκτυο: Κατά τη διαδικασία ανάπτυξης του LoRa, Οι χρήστες πρέπει να δημιουργήσουν το δικό τους δίκτυο

NB-IOT

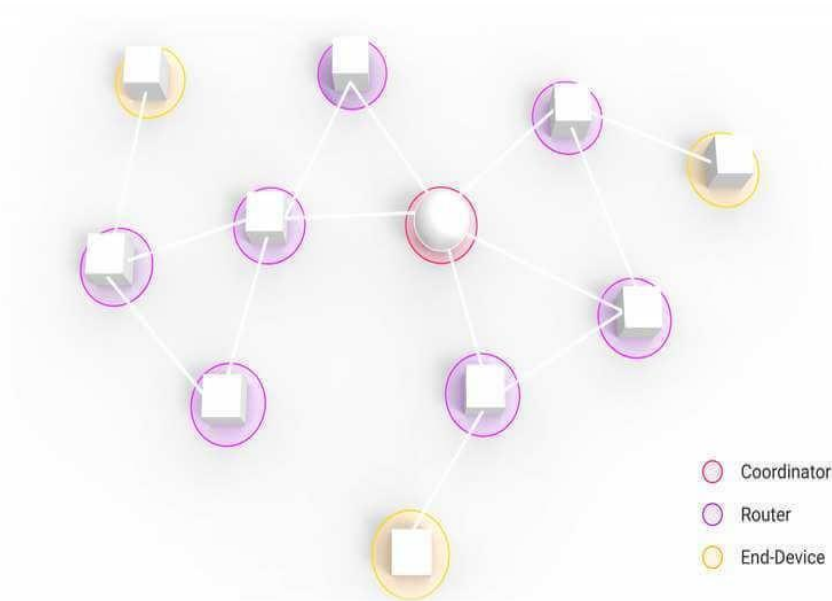
Το NB-CIoT προτείνει μια ολοκαίνουργια τεχνολογία διεπαφής αέρα, το οποίο είναι πιο τροποποιημένο από το παραδοσιακό δίκτυο LTE. Το NB-LTE είναι συμβατό με το υπάρχον LTE και χαρακτηρίζεται από εύκολη ανάπτυξη. Μετά από σφοδρή διαμάχη, τα δύο τελικά συγχωνεύθηκαν για να σχηματίσουν το τεχνικό πρότυπο του NB-IoT.

Zigbee

Το ZigBee είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης μετάδοσης δεδομένων που χρησιμοποιείται για αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Η αμφίδρομη επικοινωνία σημαίνει ότι κάθε συσκευή μπορεί να λάβει και να στείλει ένα σήμα. Το σύστημα δημιουργήθηκε το 2002 από την ZigBee Alliance, η οποία εξακολουθεί να ασχολείται με την ανάπτυξη και την προώθησή του. Το κύριο χαρακτηριστικό του νέου προτύπου επικοινωνίας είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η απλή κατασκευή με χαμηλό κόστος.

Στην πραγματικότητα, είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς το Smart Home χωρίς την τεχνολογία ZigBee. Χρησιμοποιείται για τη διαχείριση συσκευών που διευκολύνουν την καθημερινή χρήση του σπιτιού (έλεγχος φωτισμού, περσίδες, θέρμανση), αλλά και για την αύξηση της ασφάλειας (αισθητήρες, συναγερμοί).

Δεν πρόκειται μόνο για τον τηλεχειρισμό συσκευών, αλλά και για τη δημιουργία σχέσεων που καθορίζονται από τον χρήστη μεταξύ τους. Για παράδειγμα: όταν ο αισθητήρας κίνησης ανιχνεύσει παρουσία μέσα στο σπίτι, το σήμα θα σταλεί περαιτέρω, με αποτέλεσμα τα φώτα να ανάψουν, τα στόρια θα κλείσουν, η θερμοκρασία θα αυξηθεί. Αυτό συμβαίνει αυτόματα, χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση - αφού προγραμματιστούν, οι συσκευές στέλνουν η μία στην άλλη σήματα για να «δράσουν». Ο σύγχρονος αυτοματισμός κτιρίων βασίζεται σε σενάριο(κανόνες, σχέσεις) που δημιουργούνται από τον χρήστη σύμφωνα με τις δικές του ανάγκες.



Εικόνα 23. Δίκτυο ZigBee

Πλεονεκτήματα του ZigBee

Το σύστημα ZigBee έχει αναπτυχθεί για οικιακό δίκτυο (PAN) και είναι πολύ κατάλληλο για αυτόν τον σκοπό. Τα κύρια πλεονεκτήματα του είναι:

- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Άμεση πρόσβαση στο δίκτυο
- Εύκολο στην χρήση
- Εύκολη επέκταση με νέα εξαρτήματα
- Έλεγχος μετάδοσης δεδομένων(ασφάλεια μετάδοσης)
- Ευρύ εύρος μετάδοσης: από 10 έως 100 μέτρα
- Προσιτή τιμή συσκευών που υποστηρίζουν το πρότυπο ZigBee

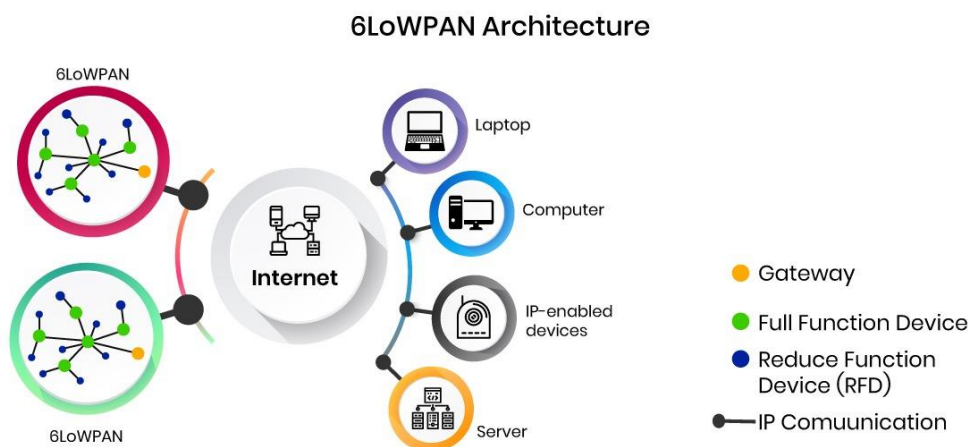
WirelessHART

Το WirelessHART χρησιμοποιεί ένα δίκτυο επίπεδου πλέγματος όπου όλοι οι ραδιοφωνικοί σταθμοί (συσκευές πεδίου) σχηματίζουν ένα δίκτυο. Κάθε συμμετέχων σταθμός χρησιμεύει ταυτόχρονα ως πηγή σήματος και ως επαναλήπτης. Ο αρχικός πομπός στέλνει ένα μήνυμα στον πλησιέστερο γείτονά του, ο οποίος μεταδίδει το μήνυμα μέχρι να φτάσει το μήνυμα στον σταθμό βάσης και στον πραγματικό δέκτη. Επιπλέον, δημιουργούνται εναλλακτικές διαδρομές στη φάση αρχικοποίησης. Εάν το μήνυμα δεν μπορεί να μεταδοθεί σε μια συγκεκριμένη διαδρομή, λόγω εμποδίου ή ελαττωματικού δέκτη, το μήνυμα περνάει αυτόματα σε μια εναλλακτική διαδρομή. Έτσι, εκτός από την επέκταση της εμβέλειας του δικτύου, το δίκτυο με επίπεδο πλέγμα παρέχει περιττές διαδρομές επικοινωνίας για αύξηση της αξιοπιστίας.

Η επικοινωνία στο Ασύρματο Δίκτυο συντονίζεται με το TDMA (Time Division Multiple Access), το οποίο συγχρονίζει τους συμμετέχοντες στο δίκτυο σε χρονικά πλαίσια 10 ms. Αυτό επιτρέπει ένα πολύ αξιόπιστο (χωρίς συγκρούσεις) δίκτυο και μειώνει τους χρόνους παραγωγής και καθυστέρησης κατά τους οποίους ένας σταθμός πρέπει να είναι ενεργός.

6LoWPAN

Το 6LoWPAN σημαίνει IPv6 μέσω ασύρματων προσωπικών δικτύων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Είναι ένα τυπικό πρωτόκολλο για την υλοποίηση της επικοινωνίας IPv6 σε ασύρματα δίκτυα που αποτελούνται από ασύρματες μονάδες χαμηλής κατανάλωσης. Η προδιαγραφή 6LoWPAN περιέχει συμπίεση πακέτων και άλλους μηχανισμούς βελτιστοποίησης για να επιτρέψει την αποτελεσματική μετάδοση πακέτων IPv6 σε ένα δίκτυο με περιορισμένους πόρους ενέργειας και αξιοπιστία, γεγονός που καθιστά δυνατή την αποτελεσματική επικοινωνία IPv6 μέσω ασύρματων δικτύων χαμηλής κατανάλωσης.



Εικόνα 24. Αρχιτεκτονική 6LoWPAN

Κεφάλαιο 5

Σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης

Η έκφραση έγκαιρη προειδοποίηση χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς για την παροχή πληροφοριών σχετικά με μια αναδυόμενη επικίνδυνη κατάσταση, ειδικά όταν αυτές οι πληροφορίες μπορούν να επιτρέψουν την εκ των προτέρων τη λήψη μέτρων για τη μείωση των σχετικών κινδύνων. Σύμφωνα με την τρέχουσα ορολογία ως έγκαιρη προειδοποίηση ορίζεται “η παροχή έγκαιρης και αποτελεσματικής πληροφόρησης, μέσω αναγνωρισμένων οργανισμών, που επιτρέπει σε άτομα που εκτίθενται σε κίνδυνο να αναλάβουν δράση για να αποφύγουν ή να μειώσουν τον κίνδυνο τους και να προετοιμαστούν για αποτελεσματική απάντηση.

Ένα σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης αποτελείται από τέσσερα αυστηρώς αλληλένδετα βασικά στοιχεία τα οποία αν λειτουργούν άψογα, μια προειδοποίηση θα έχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα :

- την βαθιά γνώση του κινδύνου, και πιο αναλυτικά τη μελέτη θεωρητικών σεναρίων ώστε να υπολογιστούν οι πιθανές συνέπειες
- την παρακολούθηση, ανάλυση και έγκαιρη πρόγνωση του κινδύνου
- την ικανότητα των τοπικών φορέων να αντιδρούν έγκαιρα και σωστά, δηλαδή την ανάπτυξη ενός συστήματος προετοιμασίας από την πολιτεία και τους τοπικούς φορείς, με στόχο την στρατηγική μείωση των επιπτώσεων στην ανθρώπινη ζωή και στις περιουσίες
- την σωστή επικοινωνία των προειδοποιήσεων προς την πολιτεία και κατ' επέκταση σε όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς και τους πολίτες

Αισθητήρες που χρησιμοποιούνται στο σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης

1. Temperature sensors (αισθητήρες θερμοκρασίας)
2. Humidity sensors (αισθητήρες υγρασίας)
3. Rain gauges (βροχόμετρα)
4. Pressure water sensors (αισθητήρες πίεσης νερού)
5. Water level sensors (αισθητήρες ύψους στάθμης νερού)
6. Flow water velocity sensors (αισθητήρες ταχύτητας ροής νερού)

Orpheus Min

Ο αισθητήρας Orpheus Min, βασισμένος σε όργανο μέτρησης πίεσης, έχει σχεδιαστεί για την αξιόπιστη μέτρηση και αποθήκευση των τιμών του «επιπέδου νερού» και «θερμοκρασίας» στα γενικότερα πλαίσια διαχείρισης υδάτινων πόρων. Ο Orpheus Min εγκαθίσταται μέσα στο νερό σε πηγάδια, ειδικά δημιουργημένους σωλήνες αλλά και σε ανοιχτά νερά ή δεξαμενές. Είναι εξοπλισμένο με ένα κεραμικής χωρητικότητας κύτταρο μετρήσεων και έναν αισθητήρα θερμοκρασίας υψηλής ακρίβειας. Επιτρέπει καταχώρηση περίπου 500.000 μετρήσεων στη μεγέθους 4MB μνήμη του.



Εικόνα 25. Orpheus Min

Κατάλληλοι για υπόγεια και για επιφανειακά νερά. Οι data loggers των σταθμηγράφων είναι τοποθετημένοι μέσα σε φορέα από ανοξείδωτο υλικό. Λειτουργούν με εσωτερικές μπαταρίες. Διαθέτουν δυναμική αντιστάθμιση της θερμοκρασίας και αυτόματη αντιστάθμιση της βαρομετρικής πίεσης.

Συμβατικά βροχόμετρα

Τα όργανα σημειακής μέτρησης της βροχής είναι κυλινδρικά δοχεία, εγκατεστημένα σε κατάλληλες θέσεις, που συλλέγουν κυρίως τη βροχόπτωση, και βοηθητικά τη χιονόπτωση, δίνοντας την αντίστοιχη σημειακή μέτρηση.

Διακρίνονται σε:

- βροχόμετρα, που δίνουν την ολική σημειακή βροχόπτωση και το ισοδύναμο νερού μιας χιονόπτωσης ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα (συνήθως 12ωρο ή 24ωρο), με την ανάγνωση της ένδειξης από έναν παρατηρητή.
- βροχογράφους, που καταγράφουν με απλό ωρολογιακό μηχανισμό την μεταβολή του ύψους βροχής στο χρόνο, περιγράφοντας έτσι τη χρονική κατανομή της σημειακής βροχόπτωσης.

Οι παραπάνω συσκευές υποστηρίζουν την επιτόπου μέτρηση των τιμών και την αποστολή των σχετικών δεδομένων με διάφορους τρόπους προς έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας και του Διαδικτύου.

Water level sensor



Εικόνα 26. Water Level sensor

Ο αισθητήρας αυτός μετράει το ύψος στάθμης νερού. Η μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό γίνεται εύκολα ώστε να μπορεί να διαβαστεί και άνετα από τον μικροελεγκτή Arduino. Χάρη σε αυτή την ευκολία μπορεί να επιτευχθεί και το αποτέλεσμα του συναγερμού της στάθμης του νερού. Για την χρήση του αισθητήρα χρειάζονται τα παρακάτω:

- α) Vcc (τροφοδοσία),
- β) gnd (γείωση) και
- γ) output (έξοδος)

Προδιαγραφές αισθητήρα:

- Τάση λειτουργίας: DC 3-5 V
- Ρεύμα λειτουργίας: λιγότερο από 20 mA
- Τύπος αισθητήρα: αναλογικός
- Περιοχή ανίχνευσης: 40mm x 16mm
- Θερμοκρασία λειτουργίας: 10 – 30 βαθμοί κελσίου
- Υγρασία: 10% - 90%
- Βάρος παραγωγής: 3,5 gr
- Διαστάσεις: 62mm x 20 mm x 8mm

Αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT22



Εικόνα 27. DHT22

Η ψηφιακή θερμοκρασία & υγρασία DHT22 είναι μια έξοδος ψηφιακού σήματος με βαθμονομημένο συνδυασμό θερμοκρασίας και υγρασίας. Είναι συμβατό

με το Arduino Uno αλλά και άλλους μικροελεγκτές. Για την χρήση του αισθητήρα χρειάζονται τα παρακάτω:

- α) Vcc (τροφοδοσία),
- β) gnd (γείωση) και
- γ) output (έξοδος) .

Προδιαγραφές αισθητήρα:

- Τάση τροφοδοσίας: 3,3-5 V
- Εύρος μέτρησης: υγρασία 0-100% RH και θερμοκρασία -40 έως +125 βαθμοί κελσίου
- Ακρίβεια: υγρασία +- 2% RH και θερμοκρασία +-0,5% RH
- Ο ρυθμός δειγματοληψίας δεν είναι περισσότερο από 0,5 Hz (μια φορά κάθε δύο δευτερόλεπτα)

Μυλίσκος με προπέλα για την μέτρηση της ταχύτητας ροής



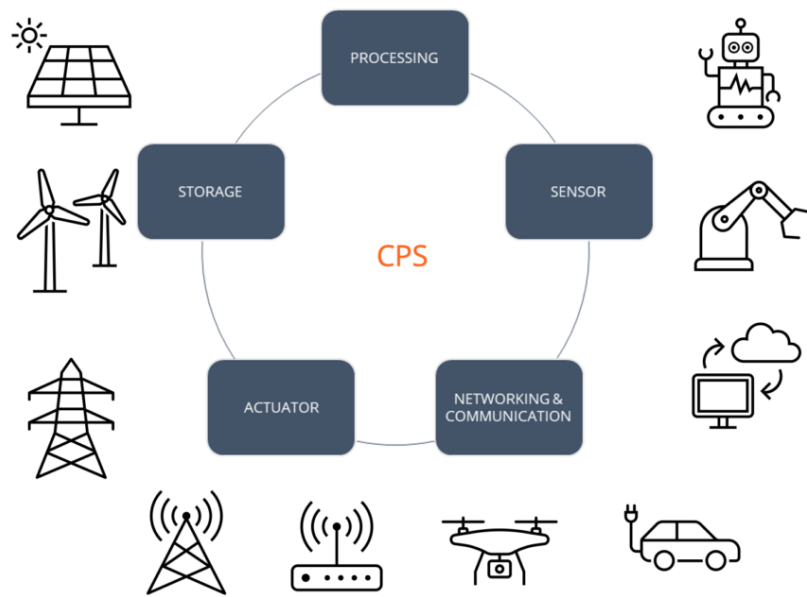
Εικόνα 28. Αισθητήρας για την μέτρηση της ταχύτητας ροής

Πρόκειται για φορητό σύστημα μέτρησης ροής σε ποτάμια, ανοιχτά κανάλια ή ακόμα και σε ανοικτούς αγωγούς νερού. Το όργανο αποτελείται από τον αισθητήρα, την τηλεσκοπική ράβδο και την ψηφιακή οθόνη ένδειξης της ροής.

Συστήματα Cyber Physical Systems(CPS)

Τα CPS θεωρούνται η επόμενη γενιά μηχανικών συστημάτων που απαιτούν ενσωμάτωση τεχνολογιών πληροφορικής, επικοινωνίας και ελέγχου για την επίτευξη σταθερότητας, απόδοσης, αξιοπιστίας, ευρωστίας και αποτελεσματικότητας στην αντιμετώπιση φυσικών συστημάτων σε διάφορους τομείς εφαρμογής.

Ένα CPS είναι πρακτικά η ενσωμάτωση αφηρημένων υπολογισμών και φυσικών διεργασιών, όπου με την χρήση αισθητήρων, ενεργοποιητών και ενσωματωμένων συσκευών που συνδέονται σε δίκτυο, έχουν ως στόχο την ανίχνευση, παρακολούθηση και τον έλεγχο του φυσικού κόσμου. Λειτουργώντας σε πραγματικό χρόνο παρέχουν καταναμημένη ανίχνευση, υπολογισμό και έλεγχο πάνω σε ενσύρματα ή ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας, ενώ κάνουν χρήση αλγορίθμων λήψης αποφάσεων υψηλού επιπέδου. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ενσωματωμένα συστήματα, το CPS είναι ένα δίκτυο αλληλοεπιδρώντων συσκευών με φυσικές εισόδους και εξόδους αντί για αυτόνομες συσκευές. Μια τυπική εφαρμογή CPS είναι η σύνδεση ενσωματωμένων συσκευών με τους κόμβους αισθητήρων (οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τη συλλογή πληροφοριών από τον φυσικό κόσμο ως πηγή εισόδου στο CPS) σε κάποιο σύστημα λήψης αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο (το οποίο αντιπροσωπεύει τον εικονικό κόσμο). Κατά τη λήψη των δεδομένων εισόδου από τους κόμβους των αισθητήρων, το CPS θα λάβει μια αντίστοιχη απόφαση με βάση αυτά και την υπολογιστική επεξεργασία που πραγματοποιείται στους ενεργοποιητές μεταφέροντας τα στον φυσικό κόσμο μέσω μιας σειράς διαδικασιών ελέγχου.



Εικόνα 29. Cyber Physical System

Συστήματα Γνώσης

Η προσομοίωση της συμπεριφοράς και των ενεργειών των ανθρώπων οι οποίοι έχουν εμπειρία στη διαχείριση των πλημμυρικών φαινομένων.

Ο άξονας ανάπτυξης του συστήματος γνώσης είναι:

Η γνωσιακή βάση: χρησιμοποιεί τη συλλογιστική των περιπτώσεων, η οποία μοντελοποιεί τις συνθήκες (βροχόπτωση, στάθμη, εποχή) υπό τις οποίες εξελίχθηκαν πλημμυρικά φαινόμενα στο παρελθόν και αναπαρίσταται με τη μορφή δηλωτικών και διαδικαστικών κανόνων (if συνθήκες then συμπέρασμα /ενέργειες).

Οι είσοδοι του συστήματος είναι:

- **Ο μήνας** (δεν υπάρχει κίνδυνος πλημμυρών σε όλους τους μήνες του χρόνου),
- Το τρέχον αθροιστικό ύψος βροχής,
- Το αθροιστικό ύψος βροχής των δύο προηγούμενων ημερών,
- Η στάθμη του ποταμού στα δύο σημεία που έχουν τοποθετηθεί οι αισθητήρες στάθμης.

Οι έξοδοι του συστήματος είναι:

Το επίπεδο κινδύνου από πλημμύρες με 3 διαβαθμίσεις:

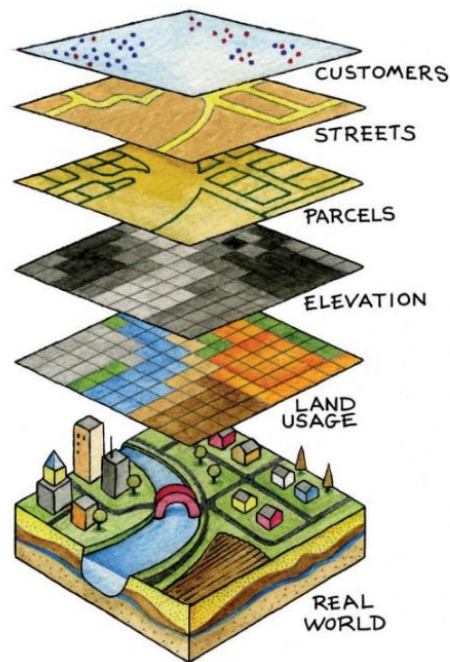
1. Μηδενική Επικινδυνότητα: είναι το χαμηλότερο επίπεδο κινδύνου
2. Προειδοποίηση: είναι το επίπεδο κινδύνου στο οποίο υπάρχει πλημμυρικό φαινόμενο το οποίο εξελίσσεται σε μικρή κλίμακα
3. Συναγερμός: είναι το επίπεδο κινδύνου στο οποίο υπάρχει πλημμυρικό φαινόμενο το οποίο εξελίσσεται σε μεγάλη κλίμακα.

Οι περιοχές που βρίσκονται σε κίνδυνο: ανάλογα με τα παραπάνω επίπεδα κινδύνου καθορίζονται και οι περιοχές οι οποίες είναι ευάλωτες στο πλημμυρικό φαινόμενο.

Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΓΠΣ) ή G.I.S. (Geographic Information Systems)

Τα συστήματα αυτά είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, των δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές όπως περιβαλλοντικές εφαρμογές (π.χ. δασολογία, έλεγχος πυρκαγιών, πλημμύρες κ.λπ.). Οφείλουν να έχουν μια αποτελεσματική απόδοση (π.χ. ταχεία απόκριση), ώστε να υποστηρίζουν τις ανάγκες των χρηστών σε ένα περιβάλλον παραγωγής.

Geographical Information System (GIS)



Εικόνα 30. G.I.S

Κεφάλαιο 6

Πλημμύρα

Πλημμύρα ονομάζεται η υπερχειλίση νερού στη γη που υπό κανονικές συνθήκες είναι ξηρό. Οι πλημμύρες μπορούν να συμβούν κατά τη διάρκεια έντονων βροχοπτώσεων, όταν τα κύματα των ωκεανών έρχονται στην ακτή, όταν το χιόνι λιώνει πάρα πολύ γρήγορα ή όταν φράσσονται φράγματα. Η πλημμύρα μπορεί να κάνει την εμφάνιση της ακόμη και με λίγα εκατοστά νερού ή και να καλύψει ένα

ολόκληρο σπίτι. Μπορεί να εκδηλωθεί γρήγορα ή να διαρκέσει ημέρες, εβδομάδες ή και περισσότερο.

Στιγμιαίες πλημμύρες

Οι στιγμιαίες πλημμύρες είναι οι πιο συνηθισμένες και εκτεταμένες από όλες τις φυσικές καταστροφές που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες και είναι ίσως το πιο επικίνδυνο είδος πλημμυρών, επειδή συνδυάζουν την καταστροφική δύναμη μιας πλημμύρας με απίστευτη ταχύτητα και την έλλειψη πρόβλεψης, με αποτέλεσμα η θνησιμότητα από ένα τέτοιο γεγονός να είναι μεγάλη καθώς και οι ζημιές στις ανθρώπινες περιουσίες να είναι πολλές φορές ανεπανόρθωτες. Κατά κύριο λόγο κάνουν την εμφάνισή τους όταν μεγάλη ποσότητα νερού υπερχειλίζει παραλιακούς κολπίσκους ή τις κοίτες ποταμών μαζί με τα τρέχοντα ρυάκια και τα ποτάμια τα όποια κάτω από κανονικές συνθήκες είναι ξηρά, προκαλώντας ραγδαία αύξηση της στάθμης του νερού σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα.

Εφαρμογές

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν ένα αρκετά ευρύ πεδίο εφαρμογών, το οποίο είναι ακόμα ανοιχτό, δηλαδή συνεχώς γίνονται νέες προτάσεις για εφαρμογές στις οποίες τα WSN αντικαθιστούν τις υπάρχουσες μεθόδους ενώ παράλληλα μας δίνουν τη δυνατότητα υλοποίησης εφαρμογών που προγενέστερα αποτελούσαν απλώς φαντασία.

Υποβρύχιες Εφαρμογές

Μια ιδιαίτερα ξεχωριστή κατηγορία δικτύων αισθητήρων αποτελούν τα υποβρύχια δίκτυα. Τα εν λόγω δίκτυα παίζουν κυρίαρχο ρόλο τόσο σε επιστημονικές όσο και στρατιωτικές εφαρμογές. Ο αριθμός των αισθητήρων και των οχημάτων σε αυτή την κατηγορία δικτύων δεν είναι συγκεκριμένος, αλλά αλλάζει ανά εφαρμογή. Ο βασικός τους ρόλος είναι η ανίχνευση κίνησης στο βυθό. Στα υποβρύχια δίκτυα αισθητήρων υπάρχει ένας κεντρικός κόμβος ο αποκαλούμενος ‘master node’ ο οποίος έχει ως βασικό του μέλημα την μεταφορά, τη συλλογή και τον έλεγχο των υπολοίπων κόμβων στη ακτή. Η κίνηση του δικτύου χαρακτηρίζεται από ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων, απομακρυσμένη εποπτεία του δικτύου και έλεγχο ωκεανογραφικών αισθητήρων. Σημαντικό πλεονέκτημα των υποβρύχιων δικτύων

αισθητήρων αποτελεί η εύκολη ανάπτυξη τους αφού είναι ανθεκτικό στις παρεμβολές πλοίων καθώς και δεν αποτελούνται από καλώδια.

Εν συγκρίσει με τα ραδιοφωνικά κύματα στα υποβρύχια ο ήχος διαδίδεται ευκολότερα στο νερό. Συμπερασματικά προκύπτει λοιπόν ότι ο ήχος μεταδίδεται πιο εύκολα κατά την υποβρύχια επικοινωνία, λόγω του οι υποβρύχιοι αισθητήρες χρησιμοποιούν ακουστικά μόντεμ για την επικοινωνία τους. Δεν παύει να υπάρχουν και αρνητικά σημεία στην υποβρύχια επικοινωνία.

Μερικά από αυτά είναι:

- Η μεγάλη χρονική καθυστέρηση.
- Η μικρή ταχύτητα μετάδοσης.
- Ο μεγάλος θόρυβος λόγω της υποβρύχιας επικοινωνίας

Φράγματα

Τα φράγματα τα οποία κατασκευάζονται για να προστατεύουν τις αστικές περιοχές από την άνοδο της στάθμης των υδάτων μερικές φορές καταρρέουν αναπάντεχα προκαλώντας καταστροφικές πλημμύρες. Τι μπορεί να γίνει ώστε να αποτρέψουμε τέτοιες καταστροφές;

Ο Ρόμπερτ Μείτζερ Καθηγητής εφαρμοσμένων δικτύων αισθητήρων στο Πανεπιστήμιο του Άμστερνταμ και συντονιστής του σχεδίου URBAN FLOOD κάνει μια περιγραφή του μηχανισμού. «Κάτω από τα πόδια μου υπάρχουν 48 αισθητήρες που σε συνεχή ροή μας ενημερώνουν για την κατάσταση του φράγματος. Με τη συγκεκριμένη τεχνολογία αυτό είναι το εξυπνότερο φράγμα στον κόσμο». Οι υπόγειοι αισθητήρες, τους οποίους ανέπτυξε ερευνητικό πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης μεταδίδουν τις μετρήσεις σε κέντρα δεδομένων σε αρκετές χώρες. Αν η τεχνητή νοημοσύνη εντοπίσει πρόβλημα στέλνει προειδοποίηση στις αρμόδιες υπηρεσίες που διαφορετικά δεν θα είχαν καμία γνώση της έκτασης του προβλήματος στα μέτρα προστασίας κατά των πλημμυρών.



Εικόνα 31. Σύστημα αισθητήρα σε φράγμα (1)



Εικόνα 32. Σύστημα αισθητήρα σε φράγμα (2)

Τεχνητή Λίμνη Σταύρος Νιάρχος

Η τεχνητή λίμνη η οποία έχει μήκος 400 μέτρα, πλάτος 30 μέτρα και βάθος 70 εκατοστά (και έως 140 εκατοστά στο κέντρο) ενισχύει και επαναφέρει συμβολικά τη σύνδεση της πόλης με τη θάλασσα. Επιπλέον, λειτουργεί ως αποδέκτης των όμβριων υδάτων εξασφαλίζοντας, μεταξύ άλλων, την αντιπλημμυρική προστασία του συνολικού έργου.

Στα πλαίσια των αναγκών για την απομακρυσμένη παρακολούθηση των υδρολογικών δεδομένων, την υποστηρικτική λειτουργία για το σύστημα καθαρισμού της λίμνης και την δημιουργία χρονοσειρών, τοποθετήθηκαν 2 σταθμοί μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων, που αποθηκεύουν σε πραγματικό χρόνο τις παρακάτω μετρήσεις:

Υδρολογικοί σταθμοί: Θερμοκρασία νερού, αγωγιμότητα, αλατότητα, ολικά διαλυμένα στερεά, pH, ORP, κυανοβακτήρια, θολότητα, διαλυμένο οξυγόνο, βάθος.

Τα χαρακτηριστικά της εγκατάστασης είναι τα ακόλουθα:

- Hydrolab DS5X: Πολυπαραμετρικός αισθητήρας μέτρησης ποιοτικών παραμέτρων

- OTT NetDL 1000: Καταγραφική μονάδα για την συλλογή και αποστολή των δεδομένων



Εικόνα 33. Τεχνητή Λίμνη Σταύρος Νιάρχος



Εικόνα 34. Εγκατάσταση

Hydrolab DS5X

Ο αισθητήρας νερού Hydrolab DS5X προσφέρει μέγιστη ικανότητα και ευελιξία με κεντρική βούρτσα για μακροχρόνια παρακολούθηση χωρίς επίβλεψη. Έχει επτά γενικές θύρες που επιτρέπουν προσαρμοσμένη διαμόρφωση. Μετρά έως και 16 παραμέτρους ταυτόχρονα. Επίσης είναι βελτιστοποιημένο για ακροπρόθεσμες αναπτύξεις χωρίς επίβλεψη.

Το κεντρικό σύστημα καθαρισμού απομακρύνει ρύπους από αισθητήρες DO, pH, ISE, χλωροφύλλη, μπλε-πράσινα φύκια, ροδαμίνη και θολότητα.

Ιδανικό για «X-tended» αναπτύξεις σε περιβάλλοντα όπου υπάρχουν άφθονα ρύπανση και ιζήματα. Βελτιώνει τη μακροπρόθεσμη αξία μειώνοντας τη συχνότητα συντήρησης του αισθητήρα. Ένας μόνος κεντρικός κινητήρας καθαρίζει ολόκληρη τη σειρά αισθητήρων, ελαχιστοποιώντας έτσι την κατανάλωση ενέργειας.



Εικόνα 35. Ο αισθητήρας νερού Hydrolab DS5X

OTT NetDL 500

Τα ευέλικτα καταγραφικά OTT netDL 500 και 1000 αναπτύχθηκαν ειδικά για χρήση σε σταθμούς υδρολογίας και μετεωρολογίας. Εκτός από την καταγραφή δεδομένων, τα καταγραφικά είναι εξαιρετικά χαμηλής ισχύος και προσφέρουν ευέλικτες επιλογές μεταφοράς δεδομένων μέσω του διαδικτύου και των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, παρέχοντας μια λύση καταγραφής και τηλεμετρίας για κάθε έργο.

- Ένας ενσωματωμένος διακομιστής Web επιτρέπει την πρόσβαση στο καταγραφικό δεδομένων χρησιμοποιώντας τυπικά προγράμματα περιήγησης, δεν απαιτείται πρόσθετο λογισμικό.
- Οι ευέλικτες λύσεις παρέχουν συνδεσιμότητα με συστήματα PLC ή ελέγχου διεργασιών.
- Οι περιττές διαδρομές επικοινωνίας εξασφαλίζουν πλήρη διαθεσιμότητα δεδομένων.
- Η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας επιτρέπει την παρατεταμένη χρήση σε απομακρυσμένες τοποθεσίες.
- Κάθε καταγραφέας δεδομένων μπορεί να εξοπλιστεί μεμονωμένα με τις μονάδες εισόδου/εξόδου για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

- Η παράλληλη επεξεργασία των δεδομένων από όλους τους συνδεδεμένους αισθητήρες καθιστά δυνατά μικρά διαστήματα δειγματοληψίας.
- Οι στιγμιαίες τιμές και άλλες πληροφορίες μπορούν να διαβαστούν γρήγορα και εύκολα στον χώρο μέτρησης με την οθόνη της μονάδας.



Εικόνα 36. OTT netDL 500

Λίμνη Κρεμαστών



Εικόνα 37. Λίμνη Κρεμαστών

Εγκατάσταση αισθητήρων με real-time εφαρμογή για έλεγχο της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτων στην λίμνη Κρεμαστών.

Τοποθέτηση αισθητήρα MS5 μετεωρολογικού σταθμού cws με προστασία IP66.

OTT CTD



Εικόνα 38. Αισθητήρας OTT CTD

Ο αισθητήρας OTT CTD έχει ενσωματωμένο καταγραφικό για την μέτρηση της στάθμης, της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας του νερού σε εφαρμογές υπόγειων και επιφανειακών υδάτων. Το ενσωματωμένο καταγραφικό του διαχειρίζεται και αποθηκεύει όλες τις μετρήσεις σε προγραμματιζόμενα από το χρήστη διαστήματα.

OTT Duosens



Εικόνα 39. Καταγραφικό OTT DUOSENS

Το OTT DUOSENS είναι ένα καταγραφικό δεδομένων για υδρομετεωρολογικούς σταθμούς. Η βασική λειτουργία του είναι η συλλογή, η αποθήκευση και η επεξεργασία των περιβαλλοντικών δεδομένων. Οι διεπαφές sdi-12 ,4,...20 mA μας επιτρέπουν την εύκολη σύνδεση ποικίλων υδρομετεωρολογικών αισθητήρων.

Φορέας Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφιλιάς

Εγκατάσταση αισθητήρων για μέτρηση στάθμης, φυσικοχημικών, και μετεωρολογικών παραμέτρων. Η τροφοδοσία έγινε μέσω ηλιακών συλλεκτών για ενεργειακή αυτονομία. Δυνατότητα αποστολής δεδομένων προς επεξεργασία.

Παρακάτω αναφέρονται οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση του έργου : OTT Duosens, OTT PLS , Hydrolab DS5X , Lufft WS501-UMB, OTT Pluvio2L



Εικόνα 40. Εγκατάσταση Αισθητήρα



Εικόνα 41. Σύστημα Αισθητήρα

OTT PLS



Εικόνα 42. Αισθητήρας OTT PLS

Ο Ott pls είναι ένας αισθητήρας ο οποίος μετράει την στάθμη και το βάθος του νερού μέσω ενός ενσωματωμένου ελεγκτή κεραμικής κυψέλης. Είναι κατασκευασμένος από περίβλημα ανοξείδωτου χάλυβα με αποτέλεσμα να είναι ανθεκτικό για χρήση σε διάφορες εφαρμογές.

Lufft WS501-UMBP



Εικόνα 43. Lufft WS501-UMB

Μετεωρολογικός πολυαισθητήρας για την μέτρηση των βασικών μετεωρολογικών παραμέτρων.

OTT Pluvio 2L

Το **OTT Pluvio2L** είναι ένας μετρητής βροχόπτωσης παντός καιρού που χρησιμοποιεί ανώτερο βάρος με βάση τεχνολογία για τη μέτρηση της ποσότητας και της έντασης της βροχής, του χιονιού και του χαλαζιού.

Αναπτύχθηκε σε συνδυασμό με κορυφαίες στον κλάδο μετεωρολογικές υπηρεσίες, το OTT Pluvio 2L χρησιμοποιεί μια κυψέλη φόρτωσης υψηλής ακρίβειας και αλγόριθμους που αντισταθμίζουν τον άνεμο, τη θερμοκρασία και την εξάτμιση, εξασφαλίζοντας την υψηλότερη ακρίβεια μετρήσεων βροχοπτώσεων με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 44. OTT Pluvio 2L

Εγκατάσταση τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών σταθμών στη λεκάνη απορροής Μάνδρας – Μαγούλας – Ελευσίνας

Εγκατάσταση αισθητήρων έγκαιρης προειδοποίησης στις περιοχές της Μάνδρας, Μαγούλας και Ελευσίνας. Τοποθετήθηκαν αισθητήρες για 10 κρίσιμες περιβαλλοντικές παραμέτρους οι οποίες είναι οι βροχόπτωσή, στάθμη του νερού , παροχή νερού, ταχύτητα των υδάτων, διεύθυνση ανέμου, ταχύτητα ανέμου, θερμοκρασία αέρα, βαρομετρική πίεση, σχετική υγρασία και ηλιακή ακτινοβολία. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά οι αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν στην εγκατάσταση.



Εικόνα 45. Τηλεμετρικός υδρομετεωρολογικός σταθμός

Geolux RSS-2-300 WL

Ο GEOLUX RSS-2-3—WL είναι ένας μετρητής ταχύτητας και στάθμης ροής, ο οποίος χρησιμοποιεί τεχνολογία ραντάρ για να παρέχει ακριβείς μετρήσεις χωρίς να χρειάζεται επαφή με το νερό. Η χρήση του γίνεται συνήθως σε ανοιχτά κανάλια άρδευσης, ποτάμια, συστήματα αποχέτευσης, καθώς και για την παρακολούθηση υδροηλεκτρικών σταθμών. Οι συχνότητες λειτουργίας του αισθητήρα είναι στα 24,125 Ghz όπου μας παρέχει 20 μετρήσεις ταχύτητας ροής ανά δευτερόλεπτο σε σειριακές διασυνδέσεις (Rs-232, Rs-485). Ο αισθητήρας ραντάρ λειτουργεί στις συχνότητες 77 GHZ και 81 GHZ.



Εικόνα 46. Geolux RSS-2-300 WL (1)



Εικόνα 47. Geolux RSS-2-300 WL (2)

Gill MaxiMet GMX531 Μετεωρολογικός σταθμός



Εικόνα 48. Gill MaxiMet GMX531

Ο MAXIMET GMX531 είναι ένας προηγμένος μετεωρολογικός σταθμός που σχεδιάστηκε για την μέτρηση μετεωρολογικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων όπως ταχύτητα του ανέμου, βροχόπτωση, ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία, υγρασία και πίεση. Παρέχει πολλαπλές μετρήσεις, είναι εύκολο στην εγκατάσταση και χρειάζεται μηδενική συντήρηση.

YDOC ML-217ADS-DC



Εικόνα 49. YDOC ML-217ADS-DC

ΤΟ YDOC ML-217ADS-DC είναι μια συσκευή καταγραφής και τηλεμετρίας με αναλογικές ψηφιακές και σειριακές εισόδους για καταγραφή περιβαλλοντικών δεδομένων.

YDOC CAM-2.0M, 2.0M Widescreen JPEG



Εικόνα 50. YDOC CAM-2.0M

Η CAM-2.0 είναι μια κάμερα χαμηλής ισχύος η οποία μπορεί να συνδεθεί με ηλιακή τροφοδοσία η και με τροφοδοσία ρεύματος. Μπορεί να συνδεθεί με καταγραφικό δεδομένων όπου μπορεί να γίνει λήψη στιγμιότυπων σε τακτά χρονικά διαστήματα. Επειδή η ισχύς που καταναλώνει η κάμερα είναι χαμηλή δεν συνιστάται για χρήση φωτογραφιών υψηλής ανάλυσης και απομακρυσμένη ροή βίντεο.

Σύστημα ηλιακής τροφοδοσίας



Εικόνα 51. Ηλιακό Πάνελ

Ένας τρόπος για να τροφοδοτήσουμε το σύστημα μας, είναι οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπου μπορούμε μέσω των ηλιακών πάνελ, να καλύψουμε τις ανάγκες του κάθε συστήματος.

Υλικό

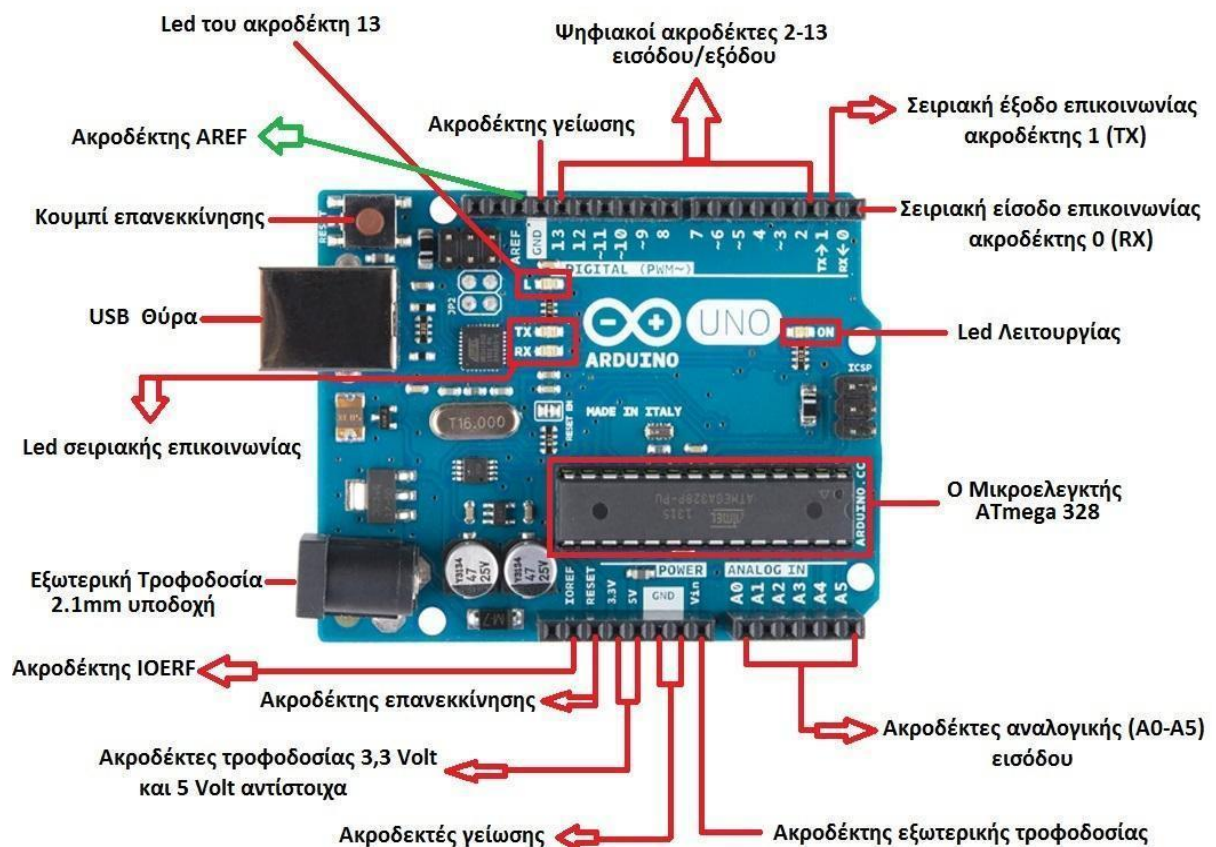
Arduino Uno

Η Arduino UNO είναι μια πλακέτα βασισμένη στον μικροελεγκτή ATmega328. Διαθέτει 14 ψηφιακές εισόδους/εξόδους (6 από αυτές με δυνατότητα PWM), 6 αναλογικές εισόδους, ρολόι στα 16 MHz, σύνδεση USB, υποδοχή τροφοδοσίας, υποδοχή ICSP και κουμπί reset. Έχει μεγάλες ταχύτητες επικοινωνίας, δεν χρειάζεται drivers για Linux ή Mac και εξαιτίας των επιπλέον ακίδων SDA, SCL, IOREF είναι συμβατό με τα παλιά shield αλλά και με τα καινούρια που χρησιμοποιούν τις ακίδες αυτές.

Για τον προγραμματισμό του προτείνεται το προγραμματιστικό περιβάλλον (IDE) Arduino 1.0, που διατίθεται δωρεάν.

Κύρια χαρακτηριστικά του πίνακα Arduino Uno:

- Έχει έναν Μικροελεγκτή Atmel ATmega328 στα 16 MHz.
- Τάση λειτουργίας του chip 5 volt.
- Τάση τροφοδοσίας συνιστάται 7-12v (αν και υποστηρίζει 6-20 βολτ).
- Μνήμη SRAM ενσωματωμένο 2 KB.
- 32 KB μνήμη flash , από αυτά τα 32 KB, 5 KB θα χρησιμοποιηθούν από το boot loader, οπότε δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλους σκοπούς.
- Μνήμη EEPROM ενσωματωμένο 1 KB.
- Φλερτ E7S de 14 καρφίτσες εκ των οποίων 6 είναι PWM.
- Έχει 6 αναλογικές καρφίτσες .
- Ένταση συνεχούς ρεύματος d 40 mA για τον I / O και 50 mA για τον πείρο 3,3 V.
- Διεπαφή USB.
- Ενεργοποίηση LED PCB.
- Κουμπί επαναφοράς για επανεκκίνηση του εκτέλεση προγράμματος φορτώθηκε στη μνήμη.
- Ταλαντωτής ρολογιού για σήματα που χρειάζονται ρυθμό .
- Έχει κόστος στην αγορά 20 ευρώ .
- Έχει ένα Ρυθμιστής τάσης ενσωματωμένο στην πλακέτα του.



Εικόνα 52. Arduino Uno

Ultrasonic Sensor



Εικόνα 53. Αισθητήρας Ultrasonic

Ο αισθητήρας Ultrasonic HC - SR04 μέτρησης απόστασης, μπορεί να μετρήσει την στάθμη του νερού χωρίς να υπάρχει επαφή με την επιφάνεια του νερού.

LA66 Lora Module



Εικόνα 54. LA66 Lora WAN Module

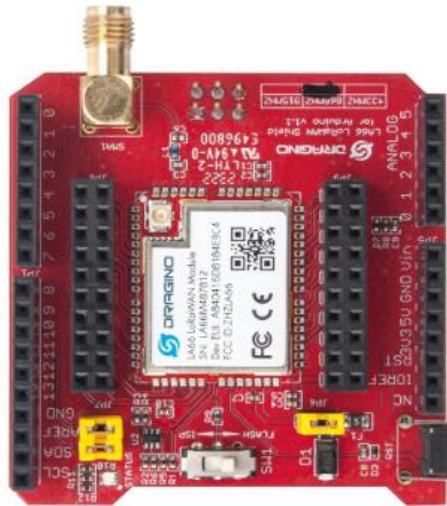
Το Dragino LA66 είναι μια μικρή ασύρματη μονάδα LoRaWAN που προσφέρει έναν πολύ συναρπαστικό συνδυασμό μεγάλης εμβέλειας, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και ασφαλούς μετάδοσης δεδομένων. Έχει σχεδιαστεί για να διευκολύνει τους προγραμματιστές να αναπτύξουν γρήγορα λύσεις LoRaWAN και IoT σε βιομηχανικό επίπεδο. Βοηθά τους χρήστες να μετατρέψουν την ιδέα σε πρακτική εφαρμογή και να κάνουν το Internet of Things πραγματικότητα. Είναι εύκολο να δημιουργήσετε και να συνδέσετε τα πράγματά σας παντού.

LA66 Lora Shield

Το LA66 LoRaWAN Shield είναι η βάση ασπίδας Arduino στο LA66. Οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το LA66 LoRaWAN Shield για να προσθέσουν γρήγορα την ασύρματη λειτουργία LoRaWAN ή peer-to-peer LoRa σε έργα Arduino.



Εικόνα 55. LA66 LoRaWAN Shield (1)



Εικόνα 56. LA66 LoRaWAN Shield (2)

Το LA66 είναι μια λειτουργική μονάδα έτοιμη προς χρήση που περιλαμβάνει πρωτόκολλο LoRaWAN v1.0.4. Η στοιβία LoRaWAN που χρησιμοποιείται στο LA66 χρησιμοποιείται σε περισσότερες από 1 εκατομμύριο End Devices LoRaWAN που έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως. Αυτή η ώριμη στοιβία LoRaWAN μειώνει σημαντικά τον κίνδυνο δημιουργίας σταθερών αισθητήρων LoRaWAN που υποστηρίζουν διαφορετικούς διακομιστές LoRaWAN και πρότυπα διαφορετικών χωρών. Το εξωτερικό MCU μπορεί να χρησιμοποιήσει την εντολή AT για να καλέσει το LA66 και να ξεκινήσει τη μετάδοση δεδομένων μέσω του πρωτοκόλλου LoRaWAN.

Κάθε μονάδα LA66 περιλαμβάνει ένα μοναδικό στον κόσμο κλειδί OTAA για εγγραφή στο LoRaWAN. Εκτός από την υποστήριξη του πρωτοκόλλου LoRaWAN, το LA66 υποστηρίζει επίσης το πρωτόκολλο ανοιχτού κώδικα peer-to-peer LoRa για την εφαρμογή non-LoRaWAN. Το LA66 είναι εξοπλισμένο με κρύσταλλο TCXO που διασφαλίζει ότι η μονάδα μπορεί να επιτύχει σταθερή απόδοση σε ακραίες θερμοκρασίες.

Χαρακτηριστικά:

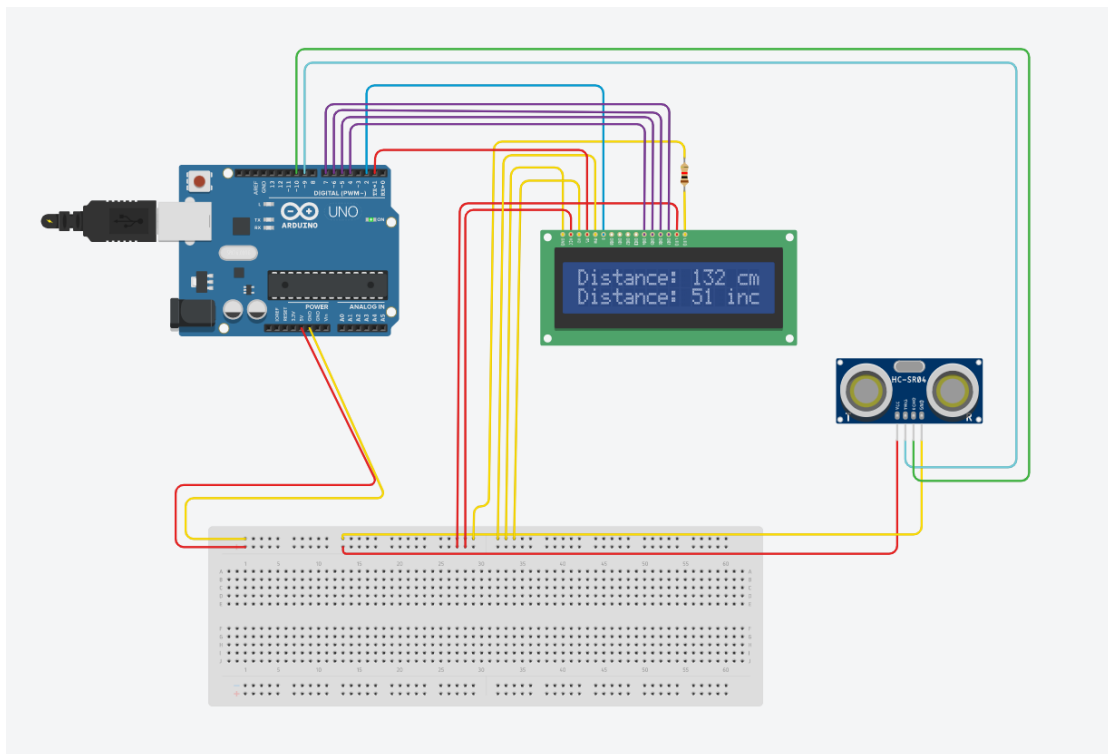
- Βάση Arduino Shield στη μονάδα LA66 LoRaWAN
- Υποστήριξη πρωτοκόλλου LoRaWAN v1.0.4
- Υποστήριξη πρωτοκόλλου peer-to-peer
- Κρύσταλλο TCXO για διασφάλιση απόδοσης RF σε χαμηλή θερμοκρασία
- Υποδοχή SMA
- Διατίθεται σε διαφορετικές ζώνες συχνοτήτων LoRaWAN.
- Παγκοσμίως μοναδικά κλειδιά OTAA.

- Εντολή AT μέσω διασύνδεσης UART-TTL
- Υλικολογισμικό με δυνατότητα αναβάθμισης μέσω διασύνδεσης UART
- Εξαιρετικά μεγάλη εμβέλεια RF

Κεφάλαιο 7

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια αναφορά στην υλοποίηση ενός συστήματος μέτρησης στάθμης νερού μέσω της πλατφόρμας Tinkercad. Στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ο αισθητήρας Ultrasonic μέτρησης απόστασης, όπου σε σύνδεση με την πλακέτα Arduino UNO μπορεί να αξιοποιηθεί στην έγκαιρη ειδοποίηση για την αύξηση των υδάτων σε μια λίμνη, δεξαμενή ή ένα ποτάμι. Μέσω της κατάλληλης τεχνολογίας το σύστημα είναι σε θέση να ειδοποιεί κρατικούς μηχανισμούς αλλά και πολίτες για την έγκαιρη προειδοποίηση επερχόμενου κινδύνου.



Εικόνα 57. Σύστημα αισθητήρα

Το σύστημα που υλοποιήθηκε αποτελείται από τα εξής μέρη:

1. **Arduino uno**
2. **HC-SR04 Ultrasonic Sensor Module**
3. **16×2 LCD**
4. **Breadboard**
5. **Jumper wire**
6. **DC power supply or batter0**

Αρχικά, έγινε σύνδεση των TRIG και ECHO πιν του αισθητήρα στους ψηφιακούς ακροδέκτες εισόδου ~10, ~9 αντίστοιχα, της πλακέτας Arduino. Τα πιν DB7, DB6, DB5 και DB4 της οθόνη LCD, συνδέθηκαν στους ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου 7,~6,~5 και 4 αντίστοιχα. Ακόμα, τα πιν RS και E συνδέθηκαν στους ακροδέκτες ψηφιακής εισόδου TX -1 και 2 αντίστοιχα. Επιπλέον μέσω των ακροδεκτών γείωσης και τροφοδοσίας της πλακέτας, όπου συνδέθηκε το Breadboard, τόσο ο αισθητήρας όσο και η οθόνη LCD, τροφοδοτήθηκαν με τάση. Τα πιν LED, RW και V0 συνδέθηκαν με την γείωσης. Στο πιν LED προστέθηκε και αντίσταση, ενώ τα πιν LED και VCC συνδέθηκαν με την τάση. Τέλος, στο σύστημα παρέχεται ενέργεια είτε μέσω τροφοδοτικού είτε μέσω μπαταρίας.

Στο επόμενο κομμάτι παρατίθεται ο κώδικας.

```
#include <LiquidCrystal.h> // includes the LiquidCrystal Library  
LiquidCrystal lcd(1, 2, 4, 5, 6, 7); // Creates an LCD object. Parameters:  
//(rs, enable, d4, d5, d6, d7)
```

```
const int trigPin = 9;  
const int echoPin = 10;  
long duration;  
int distanceCm ;
```

```
void setup() {
```

```

lcd.begin(16,2); // Initializes the interface to the LCD screen, and
//specifies the dimensions (width and height) of the display
pinMode(trigPin, OUTPUT);
pinMode(echoPin, INPUT);

}

void loop() {

    digitalWrite(trigPin, LOW);
    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(trigPin, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(trigPin, LOW);
    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
    distanceCm= duration*0.034/2;

    if (distanceCm<=20)

    {
        lcd.setCursor(0,0); // Sets the location at which
        //subsequent text written to the LCD will be displayed
        lcd.print("LEVEL:100%");
        delay(10);
    }

    else if (distanceCm<=50)

    {
        lcd.setCursor(0,0);
        delay(10);
        lcd.print("LEVEL: 95%");
        delay(10);
    }

    else if (distanceCm<=100)

    {
        lcd.setCursor(0,0);

```

```

        delay(10);
        lcd.print("LEVEL: 90%");
        delay(10);
    }
    else if (distanceCm<=200)

    {
        lcd.setCursor(0,0);
        delay(10);
        lcd.print("LEVEL: 60%");
        delay(10);
    }

    else if (distanceCm<=300)

    {
        lcd.setCursor(0,0
        delay(10);
        lcd.print("LEVEL: 30%");
        delay(10);
    }

    else if (distanceCm<=330)
    {

        lcd.setCursor(0,0);
        delay(10);
        lcd.print("LEVEL: 0%");
        delay(10);
    }
}

```

Στον παραπάνω κώδικα, δημιουργήθηκε ένας αλγόριθμος μέτρησης ο οποίος μας επιτρέπει να γνωρίζουμε το ποσοστό νερού σε ποτάμια, λίμνες, ή και σε μία δεξαμενή υγρών στοιχείων. Με την δομή ελέγχου, μπορούμε σύμφωνα με τις μετρήσεις του αισθητήρα απόστασης, να εξαγάγουμε συμπέρασμα για το πόσο έχει αυξηθεί ή μειωθεί η στάθμη του νερού και με

την χρήση της οθόνης LCD να εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα προειδοποίησης.

Βίντεο πρακτικού μέρους

<https://drive.google.com/file/d/1GsUbLOiRiDU1XQ1T-nMKisTrUWy2EwUI/view?usp=sharing>

Βιβλιογραφία

- ❖ Διπλωματική εργασία: Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για πλημμυρικό κίνδυνο, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής Καρυστινός Αλέξανδρος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Έρευνα Δικτυακών Αισθητήρων, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ανδρέου Χαράλαμπος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Δίκτυο ασύρματων αισθητήρων για απομακρυσμένη παρακολούθηση, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ζωγόπουλος Αναστάσιος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ΤΕΙ Ηπείρου, Γούσης Γεώργιος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, Πανεπιστήμιο Πειραιά, Μπούντου Ειρήνη
- ❖ Μεταπτυχιακή διατριβή: Η χρήση ενός CPS (Cyber-Physical System) με σκοπό την παρακολούθηση και άμεση ενημέρωση για την διαχείριση κρίσεων -Περιοχή Μελέτης : Μάνδρα Αττικής, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- ❖ Παρουσίαση: Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Μηχανικών Η/Υ, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων
- ❖ Πραγματικές περιπτώσεις δικτύων αισθητήρων για τη δημόσια ασφάλεια, την διαχείριση έκτακτων αναγκών και τη διαχείριση καταστροφών, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Αλεξιάδου Ευαγγελία και Παρασκευά Μαρία
- ❖ Διπλωματική εργασία: Μελέτη φόρτισης δικτύων αισθητήρων με χρήση ασύρματων κινούμενων φορτιστών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς, Παπαδοκαλάκης Γεώργιος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Wireless Sensor Networks, Παπαγεωργίου Χρήστος
- ❖ Διπλωματική εργασία: Ασφάλεια στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Καπετανάκης Αλέξανδρος
- ❖ Άρθρο: Φορέας Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφιλιάς,, <https://metrica-env.gr/index.php/ta-erga-mas/item/30-foreas-diaxeirisis-ygrotopon-kotyxiou-strofylias>
- ❖ Άρθρο: Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος, <https://metrica-env.gr/index.php/ta-erga-mas/item/24-idryma-stayros-niarchos>
- ❖ Άρθρο: εγκατάσταση τηλεμετρικών υδρομετεωρολογικών σταθμών στη λεκάνη απορροής Μάνδρας – Μαγούλας – Ελευσίνας, <https://metrica->

env.gr/index.php/blog/260-egkatastasi-trion-tilemetrikon-ydrometeorologikon-stathmon-sti-lekani-aporrois-mandras-magoylas-elefsinas-apo-to-kentro-beyond-tou-ethnikoy-asteroskopeiou-athinon