



ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Σχεδιασμός και Ανάπτυξη ενός Συστήματος
Παρακολούθησης της Ποιότητας Αέρα με χρήση
Τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων»**

Του φοιτητή

Αλεξανδρίδη Κωνσταντίνου

Αρ. Μητρώου: ait22016

Επιβλέπων μέλος ΔΕΠ

Δρ. Περικλής Χατζημίσιος

Αναπληρωτής Καθηγητής

Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής ΑΤΕΙΘ

Μάρτιος 2019

Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Η μέτρηση αερίων για την ποιότητα του αέρα είναι μια δύσκολη εργασία που απαιτεί πολλή ώρα παρατήρησης και πολλούς αριθμούς αισθητήρων. Ο σκοπός της εργασίας είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη ενός συστήματος, που μετράει την ποιότητα του αέρα με την διεπαφή αισθητήρων και, με τη βοήθεια του διαδικτύου των πραγμάτων(IoT), αποστέλλει τις μετρήσεις, έτσι ώστε να είναι διαθέσιμες απομακρυσμένα από τους τελικούς χρήστες, είτε από κινητό, είτε από τον υπολογιστή. Η συσκευή μετράει το διοξείδιο του άνθρακα, το φυσικό αέριο, τον καπνό και τα σωματίδια σκόνης που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Τα δεδομένα αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο μέσω μιας μονάδας Wi-Fi όπου αποθηκεύονται σε έναν διακομιστή, και είναι διαθέσιμα για ανάλυση. Το παραπάνω σύστημα πήρε μετρήσεις σε εσωτερικό, εξωτερικό χώρο και βιομηχανικό χώρο, για δύο ώρες, αφού πρώτα τηρήθηκαν οι ώρες προθέρμανσης των αισθητήρων για περισσότερη ακρίβεια στις μετρήσεις.

Abstract

Measuring gas for air quality is a complex task that takes a lot of time, observation and sensors. The goal of this project is the design and implementation of a system which measures air quality interfacing with sensors, and with IoT help, sends the data in real time so they can be available at any time via computer or cell phone. This device measures CO₂,LPG,Smoke and Dust particles. Data is being sent in real time through a Wi-Fi module where is being stored in a server, making the data available for analysis. The above system, measured air quality in indoor, outdoor and industrial area for two hours, after preheat time was made, for better measure accuracy.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους εκείνους που με τον δικό του τρόπο ο καθένας ξεχωριστά μπόρεσε να με βοηθήσει στην περάτωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Περικλή Χατζημίσιο, για τη συνεχή καθοδήγηση αλλά και ενθάρρυνση του. Τα σχόλια αλλά και οι παρατηρήσεις του αποτέλεσαν πολύτιμα εφόδια για την ολοκλήρωση αυτής.

Επίσης ευχαριστώ όλους τους καθηγητές που συνεργάστηκα κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο τμήμα Πληροφορικής του Αλεξάνδρειου ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Ευχαριστώ ακόμα, τους συναδέλφους του μεταπτυχιακού αυτού προγράμματος με τους οποίους μέσα από συζητήσεις και τις συνεργασίες για την υλοποίηση αρκετών κοινών εργασιών μας, καταφέραμε να διευρύνουμε το γνωστικό μας πεδίο στις τρέχουσες τεχνολογίες.

Πέραν και πάνω από όλους όμως, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ, στην οικογένεια μου, η οποία με στηρίζει όλα τα χρόνια σε κάθε μου βήμα.

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	2
Abstract	3
Ευχαριστίες.....	4
Ευρετήριο Εικόνων.....	8
Ευρετήριο Πινάκων	10
Κεφάλαιο 1–Εισαγωγή	11
1.1 Γενικές πληροφορίες.....	11
1.2 Ορισμός του προβλήματος.....	11
1.3 Στόχοι.....	13
Κεφάλαιο 2 - Internet of Things	14
2.1 Τι είναι Internet of Things.....	14
2.2 Ιστορία IoT.....	17
2.3 Προκλήσεις IoT.....	17
2.3.1 Προκλήσεις σε επίπεδο εφαρμογής.....	18
2.3.2 Προκλήσεις σε ενεργοποιητές τεχνολογίας	18
2.3 Γιατί να επιλεγεί το IoT	19
2.4 Αλλαγές που παρατηρούνται στα δίκτυα.....	20
2.5 Χαρακτηριστικά-κλειδί των δικτύων IoT.....	22
2.6 Καίριες τεχνολογίες IoT	22
2.7 Εφαρμογές IoT	27
2.7.1 Παρακολούθηση και έλεγχος	28
2.7.2 Έξυπνη πόλη.....	29
Κεφάλαιο 3 - Εφαρμογές IoT μέτρησης ποιότητας αέρα	32
3.1 Κινητές Συσκευές μέτρησης ποιότητας του αέρα.....	33
3.1.1 Σχεδίαση, ανάπτυξη και εκτίμηση από UAV για την μελέτη της ποιότητας του αέρα στο Qatar.....	33
3.1.2 Ένα σμήνος από τροχοφόρα και εναέρια ρομπότ για περιβαλλοντική παρακολούθηση.....	34
3.1.3 Ένα drone σαν πλατφόρμα για μετρήσεις	35
3.1.4 Υψηλή ακρίβεια εσωτερικής τοπικής προσαρμογής για έξυπνη επιθεώρηση σε κτίρια.....	36

3.1.5 Παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα για βιώσιμα συστήματα μέσω τεχνολογίας βασισμένη σε drone.....	37
3.1.6 IoT υποβρύχιο drone για παρακολούθηση ποιότητας του αέρα	38
3.2 Επίγειες Συσκευές μέτρησης ποιότητας του αέρα	39
3.2.1 Παρακολούθηση της ρύπανσης: Εφαρμογή IoT για την δημιουργία ενός έξυπνου περιβάλλοντος.....	39
3.2.2 Ανάπτυξη IoT συστήματος για την παρακολούθηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος.....	41
3.2.3 Σχεδιασμός και υλοποίηση LPWA δικτύου για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα	41
3.2.4 CleanWiFi: Το ασύρματο δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, και περιβαλλοντικής μόρφωσης για έξυπνες πόλεις	43
3.2.5 Έξυπνη μηχανή IoT βασισμένη σε οντολογίες για προσωπική διαχείριση άνεσης	44
3.2.6 Ένας αισθητήρας τεσσάρων στρωμάτων για IoT εφαρμογές.....	44
3.2.7 IoT Περιβαλλοντικό σύστημα παρακολούθησης για έξυπνες πόλεις.....	45
3.2.8 Σύστημα πολλαπλών αισθητήρων για απομακρυσμένη παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος (αέρα και νερό).....	47
3.2.9 Συσκευή παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα ασύρματου κόμβου βασισμένη σε GSM.....	48
Κεφάλαιο 4 - Τεχνολογίες	50
4.1 Επιλογές Συνδεσιμότητας.....	50
4.1.1 Bluetooth	51
4.1.2 Wi-Fi.....	52
4.1.3 ZigBee	53
4.1.4 GSM.....	53
4.1.5 LoRa	54
4.1.6 Sigfox.....	56
4.1.7 NFC.....	56
4.1.8 RFID.....	57
4.2 Επιλογές Υλικού	58
4.2.1 Arduino	58
4.3 Επιλογές Αισθητήρων	66
4.3.1 Κριτήρια επιλογής αισθητήρων.....	66

4.4 Επιλογή Λογισμικού Επικοινωνίας με την συσκευή IoT.....	70
4.4.1 Thingworx.....	70
4.4.2 Thing Square	71
4.4.3 Thingspeak	71
4.4.4 EvryThng.....	71
4.4.5 Every Ware Device Cloud	71
4.5 Επιλογές Επικοινωνίας (Hardware)	73
4.5.1 ESP8266-01 Wi-Fi module.....	73
4.5.2 Bluetooth Module Tx & Rx.....	74
4.5.3 GSM module.....	74
4.5.4 XBEE module	75
4.5.5 RFID module.....	75
Κεφάλαιο 5 - Υλοποίηση	77
5.1 ATmega328P-PU	77
5.2 Κύκλωμα Ταλάντωσης	82
5.3 Κύκλωμα Τροφοδοσίας.....	83
5.3.1 Περιγραφή λειτουργίας κυκλώματος	84
5.4 Αισθητήρας καπνού, διοξειδίου του άνθρακα και αερίου	85
5.5 Αισθητήρας σκόνης.....	89
5.6 Wi-Fi Module ESP8266-01	94
5.7 Thingspeak IoT Server	104
5.8 IoT PCB	105
5.9 Δυσκολίες αντιμετώπισης υλοποίησης κατασκευής	109
5.10 Κοστολόγιο.....	110
Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και μελλοντική δουλειά.....	112
6.1 Συμπεράσματα	112
6.2 Μελλοντική δουλειά.....	114
Βιβλιογραφία	115

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1. - Internet of Things. [49].....	14
Εικόνα 2. - Internet of Things Use Case. [49]	16
Εικόνα 3. - VW σκάνδαλο σε εικόνες. [51].....	20
Εικόνα 4. - Κάτοψη μελλοντικών δικτύων. [49].....	21
Εικόνα 5. - RFID Logo. [52]	23
Εικόνα 6. - Τοπολογία WSN. [53]	24
Εικόνα 7. - Middleware. [54]	25
Εικόνα 8. - Cloud Computing. [55].....	26
Εικόνα 9. - Middleware. [56]	27
Εικόνα 10. - IoT Σχήμα. [45]	28
Εικόνα 11. - Έξυπνη πόλη. [49].....	30
Εικόνα 12. - Bluetooth Logo. [57].....	51
Εικόνα 13. - Wi-Fi Logo. [58]	52
Εικόνα 14. - ZigBee Logo. [59]	53
Εικόνα 15. - GSM Logo. [6]	54
Εικόνα 16. - LoRa Logo. [60]	55
Εικόνα 17. - SigFox Logo. [61].....	56
Εικόνα 18. - NFC Logo. [10]	57
Εικόνα 19. - RFID Logo. [52]	57
Εικόνα 20. - Arduino Uno Development Board. [62].....	59
Εικόνα 21. - Arduino Mega Development Board. [63]	60
Εικόνα 22. - Arduino Mega Development Board. [14]	62
Εικόνα 23. - Raspberry Pi 3 Model B+ [15]	63
Εικόνα 24. - PIC18F4550. [64]	65
Εικόνα 25. - ESP8266-01. [65]	73
Εικόνα 26. - Bluetooth Module. [66].....	74
Εικόνα 27. - GSM Module. [67]	75
Εικόνα 28. - XBee Module. [68].....	75
Εικόνα 29. - RFID Module. [69].....	76
Εικόνα 30. - Μπλοκ διάγραμμα του συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας αέρα. ...	77
Εικόνα 31. - Διάγραμμα λειτουργίας του μικροελεγκτή ATmega328p [70]	79
Εικόνα 32. - Βασικό κύκλωμα ταλάντωσης του μικροελεγκτή ATmega =328p [71].....	82
Εικόνα 33. - Σχηματικό διάγραμμα συσκευής IoT.	84
Εικόνα 34. - Αισθητήρας καπνού MQ-2 [73].....	87
Εικόνα 35. - Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα MQ-2.....	88
Εικόνα 36. - Πίσω μέρος του αισθητήρα MQ-2 [74].....	89
Εικόνα 37. - Αισθητήρας σκόνης Sharp GP2Y1010AU0F [75]	92

Εικόνα 38. - Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα Sharp GP2Y1010AU0F.....	93
Εικόνα 39. - ESP8266-01 Wi-Fi module. [76].....	95
Εικόνα 40. - Διάγραμμα ESP8266-01 [78]	97
Εικόνα 41. - Συνδεσμολογία ESP8266-01 με τον μικροελεγκτή ATmega328p, σαν μέρος του Arduino. [79].....	98
Εικόνα 42. - Βιβλιοθήκη SoftwareSerial.....	99
Εικόνα 43. - Συνάρτηση showResponse.....	100
Εικόνα 44. - Συνάρτηση thinkSpeakWrite.....	101
Εικόνα 45. - Thingspeak πλατφόρμα. [81]	104
Εικόνα 46. - Thingspeak μετρήσεις ποιότητας του αέρα. [81]	105
Εικόνα 47. - Μπροστινή και πίσω όψη της πρωτότυπης πλακέτας IoT.....	106
Εικόνα 48. - Μπροστινή όψη της πλακέτας IoT, σε κατάσταση λειτουργίας,	107
Εικόνα 49. - MQ-2 αισθητήρας χωρίς παρουσία καπνού.	108
Εικόνα 50. - MQ-2 αισθητήρας με παρουσία καπνού.	108
Εικόνα 51. - Τελική συσκευή IoT.	108
Εικόνα 52. - Καμένα ESP8266-01	108
Εικόνα 53. - Δεύτερη έκδοση του PCB "IoT Air Quality Monitor"	110
Εικόνα 54. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εσωτερικό χώρο.	112
Εικόνα 55. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εξωτερικό χώρο.....	113
Εικόνα 56. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εργαστήριο ηλεκτρονικών.	113

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1. - Πιο επικίνδυνα αέρια σύμφωνα με WHO. [18]	12
Πίνακας 2. - Χαρακτηριστικά Arduino Uno. [12].....	59
Πίνακας 3. – Χαρακτηριστικά Arduino Mega. [13]	61
Πίνακας 4. - Χαρακτηριστικά Arduino Nano. [14].....	62
Πίνακας 5. - Χαρακτηριστικά Raspberry Pi 3 Model B+ [15].....	64
Πίνακας 6. - Πίνακας επιλογής αισθητήρων καπνού. [18]	67
Πίνακας 7. - Πίνακας επιλογής αισθητήρων σκόνης. [18]	68
Πίνακας 8. - Πίνακας επιλογής πλατφορμών IoT. [19]	72
Πίνακας 9. – Τεχνικά χαρακτηριστικά MQ-2 [72]	86
Πίνακας 10. – Μέγιστες εκτιμήσεις SHARP GP2Y1010AU0F [43]	90
Πίνακας 11. – Προδιαγραφές Wi-Fi module ESP8266-01 [77]	95
Πίνακας 12. – Συχνότητα καναλιών Wi-Fi module ESP8266-01 [77]	97
Πίνακας 13. – Ακίδες ESP8266-01 [80].....	98
Πίνακας 14. - Πίνακας εντολών AT για ESP8266-01 [44]	102
Πίνακας 15. - Κοστολόγιο κατασκευής.	110

Κεφάλαιο 1-Εισαγωγή

Η εισαγωγή περιλαμβάνει γενικές πληροφορίες και τον ορισμό του προβλήματος για την σχεδίαση και ανάπτυξη συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα με χρήση τεχνολογιών του διαδικτύου των πραγμάτων.

1.1 Γενικές πληροφορίες

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) αναπτύσσεται ραγδαία και έχει εφαρμογές σε όλα τα πεδία. Ένα από αυτά είναι η παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, και με την βοήθεια του διαδικτύου των πραγμάτων, καθίσταται δυνατή η απομακρυσμένη παρακολούθηση των μετρήσεων μέσω του διακομιστή Thingspeak, και της σύνδεσης του Wi-Fi module ESP8266-01 με τον μικροελεγκτή ATmega328, για να αποστέλλονται οι μετρήσεις του διοξειδίου του άνθρακα, του φυσικού αερίου, του καπνού και των σωματιδίων σκόνης μέσω Wi-Fi. Υπάρχει και η δυνατότητα παρακολούθησης των μετρήσεων μέσω μιας εφαρμογής Android, η οποία ρυθμίζει τα κατώφλια των μετρήσεων και, όταν τα ξεπερνάει, αποστέλλεται ειδοποίηση στον χρήστη, είτε με την μορφή μηνύματος, είτε με την μορφή e-mail.

1.2 Ορισμός του προβλήματος

Η μέτρηση της ποιότητας του αέρα είναι σημαντική για τους ανθρώπους, τις κυβερνητικές υπηρεσίες και κάθε έναν που έχει υπόψη του την κατάσταση της μόλυνσης, και επιθυμεί να πάρει τα μέτρα του για την εξασφάλιση της καλύτερης ποιότητας του αέρα και τη μείωση της ρύπανσης. Το σύστημα θα μετράει και θα μεταδίδει τις μετρήσεις που παίρνει σε πραγματικό χρόνο, μέσω της πλατφόρμας Thingspeak. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, τα αέρια που έχουν σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και στους ανθρώπους αναφέρονται στον παρακάτω πίνακα 1.

Πίνακας 1. - Πιο επικίνδυνα αέρια σύμφωνα με WHO. [18]

Αέριο	Πηγή	Επίπτωση
CO	Καύση εξάτμισης προϊόν με ατελή καύση καυσίμου	Ζαλάδες, πονοκέφαλοι και αργές αντιδράσεις. Η έκθεση του σε μεγάλο βαθμό είναι θανατηφόρα
CO ₂	Βιομηχανία Κινητήρες	Το αέριο θερμοκηπίου προκαλεί θερμική παγίδα και να υπάρξει κίνδυνος για ασφυξία
Nox	Τσιγάρα Καύση Ορυκτών	Πρόβλημα στα μάτια, μύτη, λαιμό
Sox	Ηφαίστεια Βιομηχανικές διαδικασίες	Προκαλεί όξινη βροχή
O ₃	Αντίδραση οξειδίων του αζώτου με οργανικές ενώσεις υπό την παρουσία του φωτός	Ζημιά στην χλωρίδα δυσκολία στην ανάσα
CFC	Κλιματιστικά Ψυγεία	Μπορεί να επηρεάσει τους πνεύμονες, το κεντρικό νευρικό σύστημα, την καρδιά το συκώτι και τα νεφρά

1.3 Στόχοι

Ο γενικός στόχος του έργου είναι η σχεδίαση και ανάπτυξη ενός συστήματος, εξοπλισμένο με αισθητήρα αερίων που συλλέγει δεδομένα, τα μεταδίδει και παρέχει μια πλατφόρμα για την παρακολούθηση και οπτικοποίηση των μετρήσεων σε εύκολο και φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον. Επιπρόσθετα, παρέχει βήμα-βήμα την κατασκευή της συσκευής, με αναλυτικές πληροφορίες για το κάθε κομμάτι του κυκλώματος, τη σχεδίαση του από την αρχή και τις δοκιμές που έγιναν. Παρακάτω περιγράφεται η διαδικασία σχεδίασης του κυκλώματος:

- Μελέτη προβλήματος
- Επιλογή Μικροελεγκτή
- Μελέτη του κώδικα Μικροελεγκτή
- Επιλογή Αισθητήρων
- Δοκιμή Αισθητήρων σε τοπικό επίπεδο
- Διεπαφή αισθητήρων με μικροελεγκτή
- Μελέτη επικοινωνίας του μικροελεγκτή με διακομιστή
- Δοκιμή επικοινωνίας του μικροελεγκτή με διακομιστή
- Δοκιμή υποψήφιας διάταξης για παραγωγή
- Σχεδιασμός πλακέτας
- Δοκιμή πλακέτας
- Δοκιμή ανοχής πλακέτας
- Συλλογή αποτελεσμάτων
- Καταγραφή αποτελεσμάτων
- Εκτίμηση διάταξης

Κεφάλαιο 2 - Internet of Things



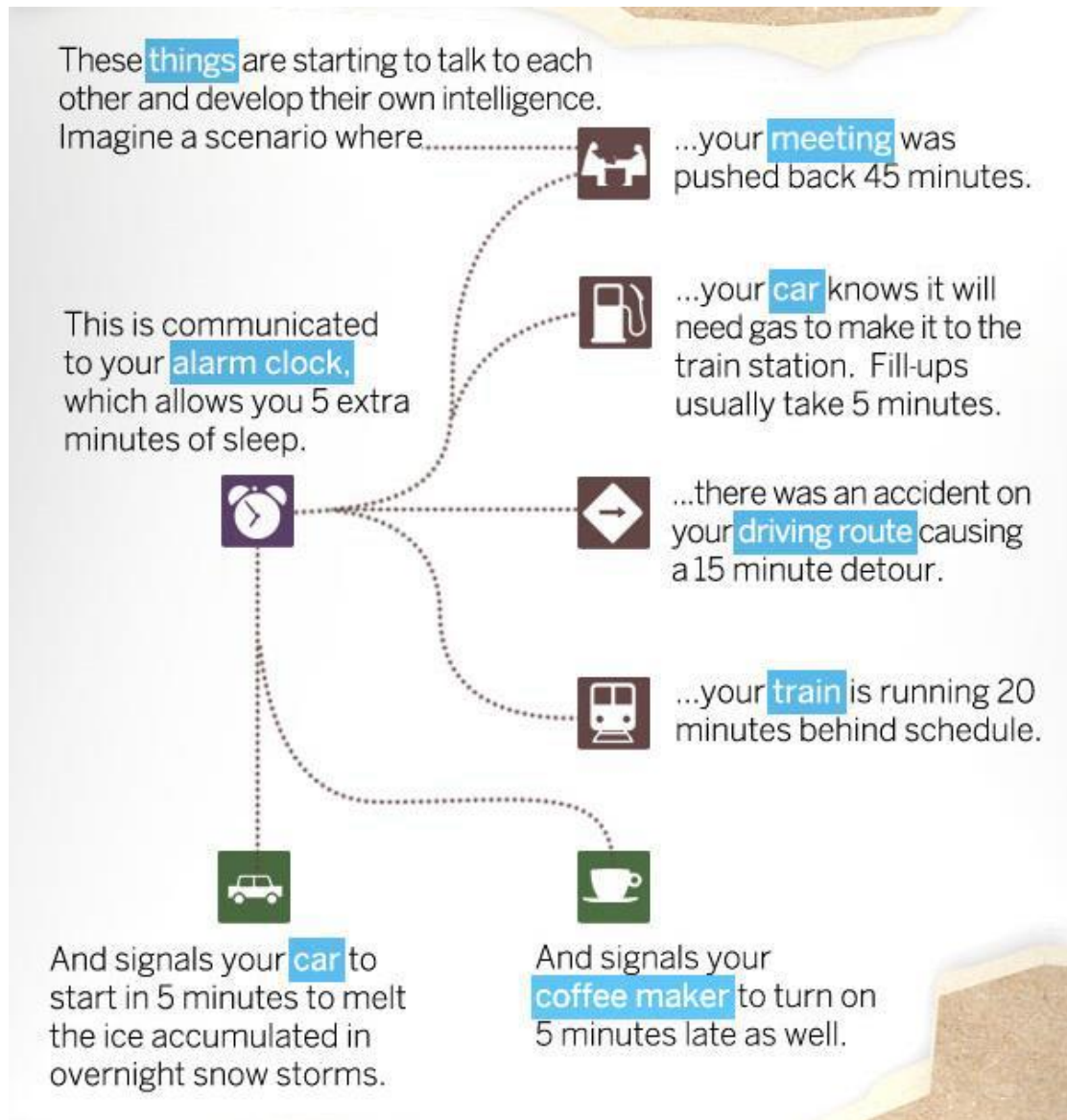
Εικόνα 1. - Internet of Things. [49]

2.1 Τι είναι Internet of Things

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), που αλλιώς ονομάζεται το διαδίκτυο όλων, είναι ένα δίκτυο που έχει στόχο να συνδέσει όλες τις μηχανές μεταξύ τους και να αλληλεπιδρούν η μία με την άλλη. Το IoT αναγνωρίζεται ως μία από τις πιο σημαντικές υποσχέσεις για το μέλλον της τεχνολογίας και έχει την προσοχή από ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών. Η πραγματική αξία του IoT για τις επιχειρήσεις θα φανεί όταν οι συνδεδεμένες συσκευές είναι σε θέση να επικοινωνούν μεταξύ τους και θα ενσωματώνονται με συστήματα διαχείρισης αποθεμάτων, υποστήριξης πελατών, συστήματα λιμένων, εφαρμογές επιχειρηματικής ευφυΐας και επιχειρηματικές αναλύσεις. Ειδικοί προβλέπουν ότι το IoT θα φτάσει τις 26 δισεκατομμύρια συσκευές μέχρι το 2020, τη στιγμή που το 2009 ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών ήταν στα 0.9 δισεκατομμύρια, και θα επηρεάσει τις διαθέσιμες πληροφορίες για την παροχή καθώς και τον τρόπο λειτουργίας της αλυσίδας εφοδιασμού. Από τη γραμμή παραγωγής και την αποθήκευση στο λιανικό εμπόριο, την παράδοση και την αποθήκευση ραφιών, το IoT μεταμορφώνει επιχειρησιακές διαδικασίες παρέχοντας πιο ακριβείς πληροφορίες, που είναι διαθέσιμες σε πραγματικό χρόνο στη ροή των υλικών και προϊόντων. Οι εταιρείες θα επενδύσουν στο

IoT για να επανασχεδιάσουν τις εργοστασιακές ροές εργασίας, τη βελτίωση της παρακολούθησης των υλικών, για την βελτιστοποίηση του κόστους διανομής. Για παράδειγμα, η John Deere και η UPS χρησιμοποιούν ήδη τεχνολογίες IoT για τον εντοπισμό στόχων για την βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων και την μείωση του κόστους. Εκτός από την υιοθέτηση του IoT από τους κατασκευαστές, διάφορες βιομηχανίες υπηρεσιών βρίσκονται στην διαδικασία να υιοθετήσουν το IoT για την αύξηση εσόδων μέσω ενισχυμένων υπηρεσιών και να ηγηθούν της αγοράς του. Για παράδειγμα, η Disney έχει το MagicBand, ένα νέο βραχιόλι με ενσωματωμένο τσιπ RFID, που χρησιμεύει ως εισιτήριο και συνδέεται με την αποθήκη δεδομένων της Disney σχετικά με τους επισκέπτες του πάρκου. Το νέο σύστημα, που βασίζεται σε IoT, της Kroger είναι μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα λιανικής πώλησης ανάλυσης βίντεο, ασύρματες συσκευές, συσκευές POS, αισθητήρες χειρός, IP κάμερες και προγράμματα διαχείρισης βίντεο, δηλαδή προϊόντα που σχεδιάστηκαν για να βοηθήσουν τους πελάτες να έχουν καλύτερη εμπειρία αγορών με ευκολότερη εύρεση των προϊόντων που επιθυμούν να αγοράσουν, εξοικονομώντας χρόνο κατά την τελική πληρωμή. Η υιοθέτηση αυτής της τεχνολογίας κερδίζει γρήγορα δυναμική ως τεχνολογική, κοινωνική και ανταγωνιστική πίεση. Ωθεί τις επιχειρήσεις να καινοτομούν και να μετασχηματίζουν το επιχειρηματικό μοντέλο τους. Καθώς η τεχνολογία IoT προχωράει και αυξάνεται ο αριθμός των επιχειρήσεων που υιοθετεί την τεχνολογία αυτή, η ανάλυση IoT κόστους-οφέλους θα αποτελέσει αντικείμενο σπουδαίου ενδιαφέροντος. Λόγω των δυνατοτήτων αλλά αβέβαιου οφέλους και υψηλού κόστους επένδυσης του IoT, οι επιχειρήσεις πρέπει να αξιολογούν προσεκτικά κάθε ευκαιρία που προκαλείται από την πρόκληση να εξασφαλίσουν ότι οι πόροι τους είναι δαπανημένοι ορθά. [47] Αυτό το κεφάλαιο αρχίζει με την ιστορία του IoT, μετά επεκτείνεται στις προκλήσεις που έχει αυτό το δίκτυο, επισημαίνει τα θετικά του IoT και γιατί κάποιος να επιλέξει το δίκτυο αυτό, μετά τα χαρακτηριστικά κλειδί του δικτύου IoT, τα πρότυπα επικοινωνίας και τέλος οι εφαρμογές, οι οποίες μπορούν να υλοποιηθούν μέσω του IoT. Το παρόν κεφάλαιο εξετάζει πέντε τεχνικές και

διαχειριστικές προκλήσεις: τη διαχείριση δεδομένων, την εξόρυξη δεδομένων, την προστασία της ιδιωτικής ζωής, την ασφάλεια και το χάος.



Εικόνα 2. - Internet of Things Use Case. [49]

2.2 Ιστορία IoT

Η ιστορία του Internet of Things έχει ως εξής:

- Το 1997 η διαδικτυακή αναφορά "Internet of Things" είναι η έβδομη στις σειρές του ITU και ανέβηκε πρώτη φορά με τον τίτλο "Challenges to the Network"
- Το 1999 ιδρύθηκε στο MIT το Auto-ID κέντρο
- Το 2003 ιδρύθηκε στο MIT ο ηλεκτρικός κωδικός προϊόντος(EPG)
- Το 2005 τέσσερις σημαντικές τεχνολογίες του Internet of Things προτάθηκαν στο συνέδριο WSIS. Οι τεχνολογίες ήταν RFID, Nano, Ασύρματοι αισθητήρες και smart tech
- Το 2008 πραγματοποιήθηκε το πρώτο παγκόσμιο συνέδριο του Internet of Things, στη Ζυρίχη.

2.3 Προκλήσεις IoT

Οι βασικές προκλήσεις του IoT είναι η δημιουργία έξυπνου περιβάλλοντος/ χώρου και αυτονομία(για παράδειγμα: έξυπνη μεταφορά, προϊόντα, πόλεις, κτίρια, ενέργεια, υγεία, ζωή και άλλα) για το κλίμα, το φαγητό, την ενέργεια, την κινητικότητα, την ψηφιακή κοινωνία και οι εφαρμογές στην υγεία.

Οι προκλήσεις που απευθύνονται από τις IoT εφαρμογές:

- Ενεργειακή απόδοση- ηλεκτρικό δίκτυο, συνδεδεμένα ηλεκτρικά οχήματα, ενεργειακά αποδοτικά κτίρια
- Προστασία του περιβάλλοντος- πράσινες υπηρεσίες, πράσινες ευφυείς πόλεις, μείωση του διοξειδίου του άνθρακα
- Δημόσια υγεία, γήρανση του πληθυσμού
- Ασφάλεια και ιδιωτικότητα

- Επιχειρηματικότητα και οικονομία, συνέχιση και ανάπτυξη της οικονομικής ευημερίας. [49]

2.3.1 Προκλήσεις σε επίπεδο εφαρμογής

- Διαχείριση δικτύου: Οι δικτυακές τεχνολογίες πρέπει να είναι αξιόπιστες, ευφυείς, αυτοδιαχειριζόμενες, ευέλικτες και ευαίσθητες
- Διεπαφές: Για την βελτίωση αλληλεπίδρασης μεταξύ υλικού και λογισμικού, αλγορίθμων, συσκευών, διεπαφές μηχανών
- Ενσωματωμένη έξυπνη λειτουργία: Περαιτέρω ανάπτυξη αισθητήρων, χώρου, ενεργειακών πηγών, δίκτυα αισθητήρων
- Επικοινωνίες πολλαπλών διακομιστών: Για την ενίσχυση της πληροφορίας και της επεξεργασίας σήματος, τεχνολογία αναγνώρισης, ανακάλυψη και τεχνολογίες μηχανών αναζήτησης
- Ασφάλεια, ιδιωτικότητα, επιχειρηματική ασφάλεια: Χρειάζονται αλλαγές στην ανάπτυξη της ασφάλειας και στις τεχνικές της
- Τυποποίηση, διαλειτουργικότητα, επικύρωση και τυποποίηση των τεχνολογιών IoT: απαιτούν βελτιώσεις
- Νέες κυβερνητικές διατάξεις: πρέπει να οριστούν

2.3.2 Προκλήσεις σε ενεργοποιητές τεχνολογίας

- Ενέργεια: χρειάζονται συσκευές πολύ χαμηλής κατανάλωσης
- Ευφυΐα: ικανότητες αυτογνωσίας, προσαρμοστικότητα, επικοινωνία μεταξύ μηχανών, ανακάλυψη γνώσεων κλπ
- Επικοινωνία: πρέπει να αναπτυχθούν νέες έξυπνες κεραίες, πρωτόκολλα καθώς και τεχνικές διαχείρισης δικτύου και οπτικοποίησης
- Ενσωμάτωση: πρέπει να ενσωματωθούν σε συσκευές ασύρματες τεχνολογίες ταυτοποίησης (RFID)

- Αξιοπιστία: μεμονωμένη πιστοποίηση δισεκατομμυρίων ετερογενών συσκευών
- Σημαιολογικές τεχνολογίες: μεγάλες κατανεμημένες οντολογίες, σηματολογική ανακάλυψη συσκευών, σηματολογικές υπηρεσίες ιστού, μηχανές κανόνων
- Σενάρια IoT σε πραγματικό κόσμο: να αξιολογούν τις λύσεις IoT σε πραγματικές βιομηχανικές εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, για την απεικόνιση επιχειρηματικών σεναρίων
- Μοντελοποίηση και σχεδιασμός: καινοτόμα πλαίσια που απαιτούνται για μεγάλης κλίμακας συστήματα IoT
- Διαλειτουργικά πρότυπα: διασφάλιση της διαλειτουργικότητας των συσκευών με την ενσωμάτωση διαφορετικών τυποποιημένων αρχιτεκτονικών, πρωτοκόλλων, καθορισμός ανοικτών προτύπων και μοντέλων αναφοράς
- Βιομηχανοποίηση: για την μείωση του κόστους βασικών τεχνολογιών (RFID)

2.3 Γιατί να επιλεγεί το IoT

Το Internet of Things, γενικά παρέχει δυναμικό έλεγχο της βιομηχανίας και της καθημερινής ζωής, προσβασιμότητα και ευχρηστία, ευέλικτη διαμόρφωση, καλύτερη σχέση μεταξύ ανθρώπου και φύσης. Αν τα προηγούμενα χρόνια είχε αναπτυχθεί το IoT, θα μπορούσε η ανθρωπότητα να μην χρειάζεται να έρθει αντιμέτωπη με δυσάρεστες καταστάσεις. Για παράδειγμα, δεν θα περνούσαν 6 χρόνια μέχρις ότου Αμερικάνοι επιστήμονες εξετάσουν τους ρύπους ενός αυτοκινήτου Volkswagen και ανακαλύψουν πως ο επιχειρηματικός κολοσσός βγάζει τους διπλάσιους ρύπους από όσους δηλώνει πως βγάζει. Αν υπήρχε η τεχνολογία IoT, θα υπήρχαν παντού αισθητήρες, που μετράνε τους ρύπους και όταν περνούσαν τις επιτρεπτές

τιμές, το σύστημα από μόνο του θα σήμαινε συναγερμό και θα βρισκανε την πηγή του προβλήματος νωρίτερα. [50]

Volkswagen emissions scandal

VW admitted to fitting 11 million cars worldwide with software to cheat pollution tests

What does the software do?



- ▶ Programmes diesel engines to detect when a car is undergoing emissions tests
- ▶ Turns full emissions controls for **nitrogen oxides (NOx)** on only during the test

What happens at other times?

- ▶ Emissions controls are turned off, vehicle emits NOx above limit

NOx limit
31 mg/km
in the US



EPA* tests on VW models found emissions up to 40 times the limit

*Environmental Protection Agency

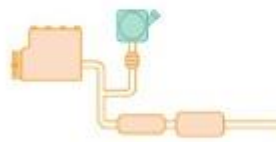
What does NOx do?



- ▶ Linked to increased asthma attacks, other respiratory and cardiovascular illnesses

Controlling NOx: two key systems

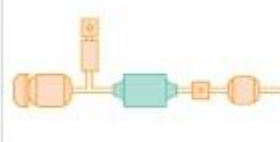
Selective catalytic reduction



eg VW Passat, Touareg

- ▶ Injects urea to exhaust stream to create CO₂ and ammonia
- ▶ Ammonia reacts with NO_x to form water and nitrogen

Lean NOx trap



eg VW Jetta, Golf

- ▶ Uses alkaline or rare earth oxides to grab nitrogen oxides and form nitrates
- ▶ Injects fuel to clear the system

Source: USEPA/Autonews.com/KCCT/CarThrottle.com © AFP

Εικόνα 3. - VW σκάνδαλο σε εικόνες. [51]

2.4 Αλλαγές που παρατηρούνται στα δίκτυα

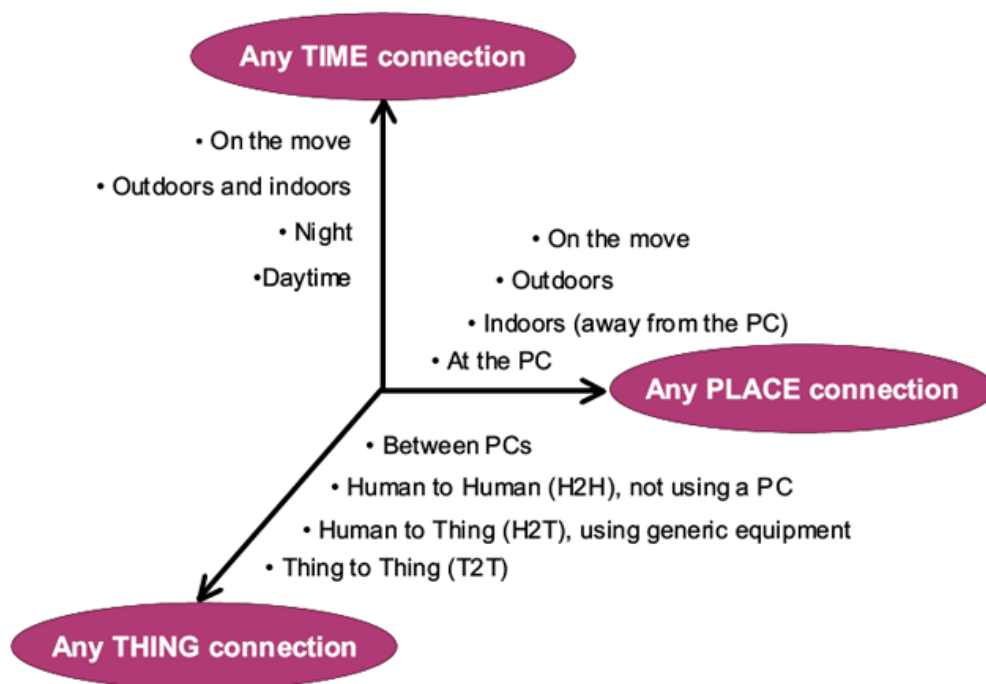
Αλλαγές στα δίκτυα παρατηρούνται και σε επίπεδο λογισμικού, αλλά και σε επίπεδο υλικού. Μερικές από τις βελτιώσεις είναι:

- Επεκτάσεις
- Περισσότεροι κόμβοι, περισσότερες συνδέσεις, IPv6, 6LowPan
- Οποιαδήποτε χρονική στιγμή, οποιοσδήποτε χώρος, οποιοδήποτε πράγμα
- M2M, IoT
- Δισεκατομμύρια συνδεδεμένες συσκευές
- Όλοι είναι συνδεδεμένοι
- Επέκταση
- Ευρυζωνικότητα

- Ενισχύσεις
- Έξυπνα δίκτυα
- Αυτόνομα συστήματα
- Δικτύωση με γνώμονα τα δεδομένα και το περιεχόμενο

Στην εικόνα 4. φαίνονται πιο συγκεκριμένα οι πληροφορίες που περιγράφονται παραπάνω, όσον αφορά στις διαφορές που θα υπάρξουν στα μελλοντικά δίκτυα.

Figure 1 – A new dimension



Source: ITU adapted from Nomura Research Institute

Εικόνα 4. - Κάτοψη μελλοντικών δικτύων. [49]

2.5 Χαρακτηριστικά-κλειδί των δικτύων IoT

Μερικά χαρακτηριστικά-κλειδιά των IoT δικτύων περιγράφονται παρακάτω:

- Συχνά κόμβοι χαμηλού κόστους είναι εξοπλισμένοι με αισθητήρες και με ενσωματωμένο πομποδέκτη για διάφορες εφαρμογές, σε δεδομένα μικρού μήκους (10-250kbps).
- Αναπτύσσονται σε μεγάλο αριθμό.
- Οι αισθητήρες πρέπει να συντονίζονται για να εκτελέσουν την επιθυμητή εργασία.
- Οι πληροφορίες που συλλέγονται αναφέρονται πίσω στο κέντρο επεξεργασίας πληροφοριών.
- Οι λύσεις εξαρτώνται συχνά από την εφαρμογή.

2.6 Καίριες τεχνολογίες IoT

Πέντε τεχνολογίες IoT χρησιμοποιούνται ευρέως για την ανάπτυξη των επιτυχημένων προϊόντων που βασίζονται στην τεχνολογία IoT:[47]

1. Ταυτοποίηση με ραδιοκύματα (RFID): Η ταυτοποίηση με ραδιοκύματα (RFID), επιτρέπει αυτόματη ταυτοποίηση και συλλογή δεδομένων με την χρήση ραδιοκυμάτων, της ετικέτας και του αναγνώστη. Η ετικέτα μπορεί να αποθηκεύσει περισσότερα δεδομένα από τα παραδοσιακά barcodes. Η ετικέτα περιέχει δεδομένα με την μορφή του ηλεκτρονικού κωδικού προϊόντος (EPC), ένα παγκόσμιο σύστημα αναγνώρισης στοιχείων βασισμένο στην τεχνολογία RFID και ανεπτυγμένο από κέντρο αυτόματης αναγνώρισης (Auto-ID Center). Τρεις τύποι ετικετών χρησιμοποιούνται: α) Οι παθητικές ετικέτες RFID, που βασίζονται στην ενέργεια της ραδιοσυχνότητας που μεταφέρεται από τον αναγνώστη στην ετικέτα για την ενεργοποίηση της μπαταρίας, εφόσον δεν τροφοδοτούνται μέσω μπαταρίας. Βρίσκουν εφαρμογή σε αλυσίδες εφοδιασμού, στα διαβατήρια, στα ηλεκτρονικά δίοδια και στην παρακολούθηση. β) Οι ενεργές ετικέτες

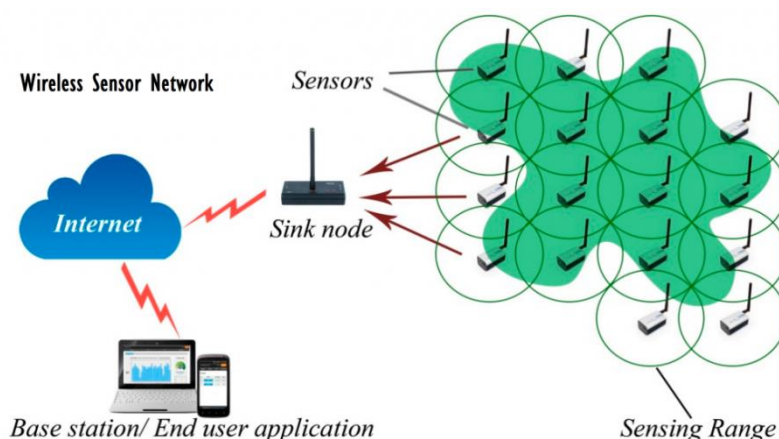
RFID έχουν την δική τους τροφοδοσία και μπορούν να ξεκινήσουν επικοινωνία με έναν αναγνώστη. Οι ενεργές ετικέτες μπορούν να περιέχουν εξωτερικούς αισθητήρες για την παρακολούθηση της θερμότητας, της πίεσης, χημικών ουσιών και άλλων συνθηκών. Οι ενεργές ετικέτες RFID χρησιμοποιούνται στην κατασκευή, στα νοσοκομειακά εργαστήρια και στη διαχείριση απομακρυσμένων αισθητήρων. γ) Οι ημιπαθητικές ετικέτες RFID χρησιμοποιούν μπαταρία για την τροφοδοσία του μικροελεγκτή τους, ενώ επικοινωνεί με τον αναγνώστη. Οι ενεργές και ημιπαθητικές ετικέτες, έχουν σαφώς μεγαλύτερο κόστος από τις παθητικές. [47]



Εικόνα 5. - RFID Logo. [52]

2. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN): Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN) αποτελούνται χωρικά από κατανεμημένες αυτόνομες συσκευές εξοπλισμένες με αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντικών συνθηκών και μπορούν να συνεργαστούν με τα συστήματα RFID για την καλύτερη παρακολούθηση του Internet of Things, όπως τη θέση, τη θερμοκρασία και τις κινήσεις. Τα WSN επιτρέπουν διαφορετικές τοπολογίες δικτύου και επικοινωνία πολλαπλών σημείων (multihop). Οι πρόσφατες τεχνολογικές εξελίξεις στα ολοκληρωμένα κυκλώματα χαμηλής ισχύος και στην ασύρματη επικοινωνία έχουν κάνει διαθέσιμες αποτελεσματικές, χαμηλού κόστους μικροσκοπικές συσκευές χαμηλής, διαθέσιμες για χρήση στην εφαρμογή WSN. Τα WSN χρησιμοποιούνται συνήθως στα logistics. Τα WSN χρησιμοποιούνται

επίσης για συστήματα συντήρησης και παρακολούθησης. Για παράδειγμα η εταιρεία General Electric, αναπτύσσει αισθητήρες στους κινητήρες της, στις τουρμπίνες και στα αεροσκάφη της. Με την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, η GE σώζει χρόνο και χρήμα, που σχετίζονται με την προληπτική συντήρηση. Ομοίως, η American Airlines είναι ικανή να συλλέγει μνήμη έως 30 terabyte δεδομένων ανά πτήση για υπηρεσίες όπως η προληπτική συντήρηση. [47]



Εικόνα 6. - Τοπολογία WSN. [53]

3. Middleware: Το Middleware είναι ένα στρώμα λογισμικού παρεμβαλλόμενο μεταξύ εφαρμογών λογισμικού και διευκολύνει τους προγραμματιστές να εκτελούν εντολές, όπως επικοινωνία και είσοδος/ έξοδος. Το χαρακτηριστικό του να κρύβει τις λεπτομέρειες των διαφορετικών τεχνολογιών είναι θεμελιώδους σημασίας για τους προγραμματιστές του IoT από υπηρεσίες λογισμικού που δεν έχουν άμεση σχέση με την εφαρμογή IoT. Το Middleware κέρδισε δημοτικότητα τη δεκαετία του '80 λόγω του σημαντικού ρόλου που διαδραμάτισε, απλουστεύοντας την ενσωμάτωση των τεχνολογιών παλαιού τύπου σε νέες. Διευκόλυνε, επίσης, την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών στο κατακεκομμένο περιβάλλον. Πρόκειται για μία σύνθετη κατακεκομμένη υποδομή του IoT με πολλές ετερογενείς συσκευές, απλοποιώντας την ανάπτυξη νέων εφαρμογών και υπηρεσιών. Οπότε, η χρήση του Middleware είναι ιδανική και ταιριάζει με την ανάπτυξη εφαρμογών IoT. Για παράδειγμα, τα παγκόσμια δίκτυα αισθητήρων είναι

μια πλατφόρμα ανοιχτών δεδομένων που επιτρέπει την ανάπτυξη υπηρεσιών και αισθητήρων με σχεδόν μηδενική προσπάθεια προγραμματισμού. Οι περισσότερες αρχιτεκτονικές Middleware για το IoT ακολουθούν μια προσέγγιση προσανατολισμένη στις υπηρεσίες, προκειμένου να υποστηρίξει μια άγνωστη και δυναμική τοπολογία δικτύου. [47]



Εικόνα 7. - Middleware. [54]

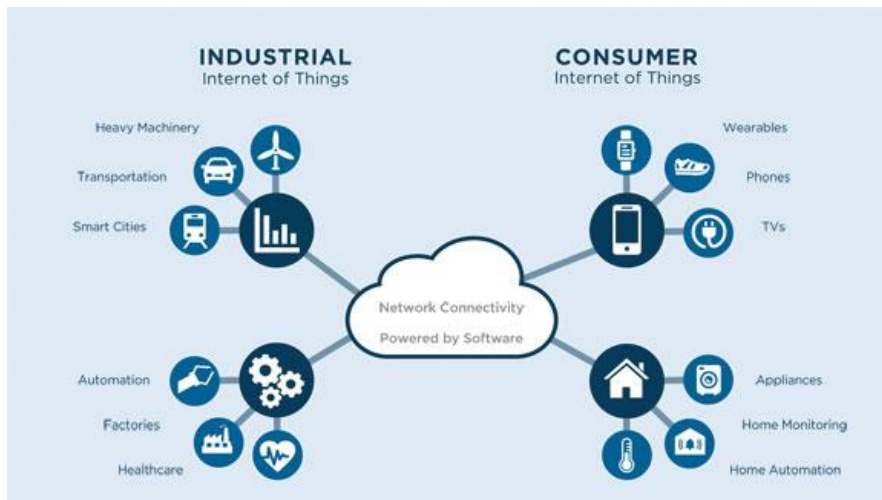
4. Cloud computing: Το Cloud computing είναι ένα μοντέλο κατά παραγγελία σε μια κοινόχρηστη περιοχή από διαμορφωμένους πόρους (υπολογιστές, δίκτυα, διακομιστές, αποθήκευση, εφαρμογές, υπηρεσίες, λογισμικό) που μπορεί να παρέχεται ως υποδομή ή ως λογισμικό. Ένα από τα πιο σημαντικά αποτελέσματα του IoT είναι ένας τεράστιος όγκος δεδομένων από συσκευές συνδεδεμένες στο διαδίκτυο. Πολλές εφαρμογές IoT απαιτούν μαζική αποθήκευση δεδομένων, τεράστια ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και λήψη αποφάσεων και ευρυζωνική σύνδεση υψηλής ταχύτητας δικτύων για την ροή δεδομένων, ήχου ή σύννεφο. Το Cloud computing παρέχει μια ιδανική λύση από άκρη σε άκρη για χειρισμό τεράστιων ροών δεδομένων και επεξεργασία τους για τον πρωτοφανή αριθμό συσκευών IoT σε πραγματικό χρόνο. [47]



Εικόνα 8. - Cloud Computing. [55]

5. IoT λογισμικό εφαρμογών: Το IoT διευκολύνει την ανάπτυξη πολλών βιομηχανικά- προσανατολισμένων και συγκεκριμένων για τον χρήστη IoT εφαρμογών, ενώ οι συσκευές και τα δίκτυα παρέχουν φυσική συνδεσιμότητα, οι εφαρμογές IoT επιτρέπουν την λειτουργία συσκευή σε συσκευή και άνθρωπος σε συσκευή με ένα αξιόπιστο και στιβαρό τρόπο. Οι εφαρμογές IoT σε συσκευές πρέπει να εξασφαλίσουν ότι έχουν ληφθεί δεδομένα/ μηνύματα και ενέργησε σωστά εγκαίρως. Για παράδειγμα, εφαρμογές μεταφοράς και logistics παρακολουθούν την κατάσταση των μεταφερόμενων προϊόντων, όπως είναι τα φρούτα, το κρέας και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Κατά τη μεταφορά, η κατάσταση διατήρησης (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία) παρακολουθείται συνεχώς και οι κατάλληλες ενέργειες λαμβάνονται αυτόματα για να αποφευχθεί η αλλοίωση όταν η σύνδεση είναι εκτός εμβέλειας. Για παράδειγμα, η εταιρεία FedEx χρησιμοποιεί το SenseAware για να κρατάει αρχείο σχετικά με τη θερμοκρασία, τη θέση και άλλες ζωτικής σημασίας παραμέτρους της συσκευασίας, συμπεριλαμβανομένου του πότε ανοίχτηκε και πότε παραβιάστηκε στην διαδρομή. Ενώ οι εφαρμογές, που οι συσκευές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, δεν απαιτούν απαραίτητα την οπτικοποίηση των δεδομένων, επειδή όλο και περισσότερες εφαρμογές IoT παρέχουν απεικόνιση για την παρουσίαση πληροφοριών στους τελικούς χρήστες με έναν δαιμονικό τρόπο, κάνοντας το εύκολο να κατανοήσουν τον τρόπο

και να επιτραπεί αλληλεπίδραση με το περιβάλλον. Είναι σημαντικό για τις IoT εφαρμογές να είναι κατασκευασμένες με ευφύια για να μπορούν οι συσκευές να παρακολουθούν το περιβάλλον, να ανιχνεύουν τα προβλήματα και να επικοινωνούν με τις άλλες συσκευές, και ενδεχομένως να επιλύουν τα προβλήματα δίχως την ανάγκη ανθρώπινης παρέμβασης. [47]



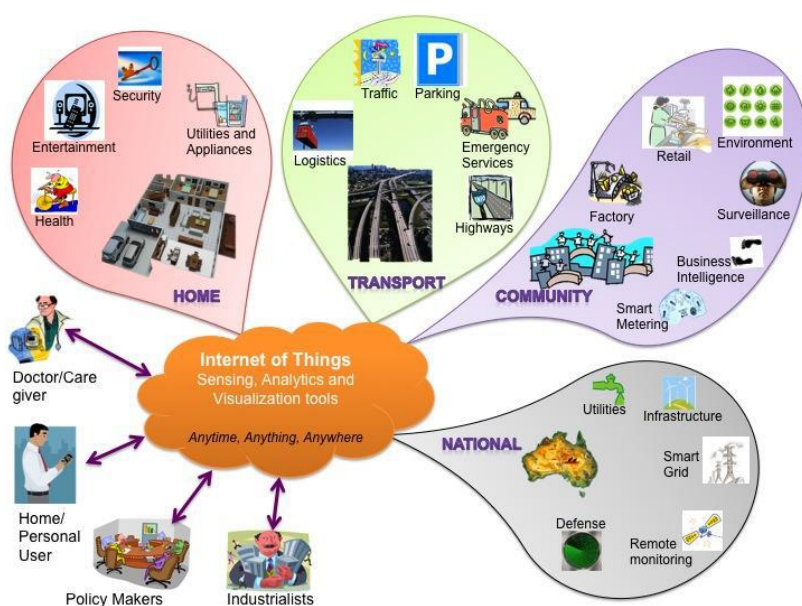
Εικόνα 9. - Middleware. [56]

2.7 Εφαρμογές IoT

Υπάρχουν αρκετά πεδία εφαρμογών, που θα επηρεαστούν από το αναδυόμενο Internet of Things. Οι εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν με βάση τον τύπο της διαθεσιμότητας δικτύου, της κάλυψης, της κλίμακας, της ετερογένειας, της επαναληψιμότητας, της συμμετοχής των χρηστών και των επιπτώσεων. Οι εφαρμογές μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερα πεδία: [45]

- Προσωπικές και οικιακές
- Επιχειρήσεις
- Βοηθητικά μέσα
- Κινητές

Υπάρχουν πολλές ομοιότητες στις εφαρμογές και στην χρήση των δεδομένων μεταξύ των πεδίων. Για παράδειγμα, το προσωπικό IoT και τα οικιακά IoT παράγουν δεδομένα χρήσης ηλεκτρικού ρεύματος στο σπίτι και τα καθιστούν διαθέσιμα στην εταιρεία ηλεκτρικής ενέργειας, που ανήκει στο πεδίο 3, η οποία μπορεί με την σειρά της να βελτιστοποιήσει την προσφορά και τη ζήτηση στο πεδίο 3. Το διαδίκτυο επιτρέπει την απρόσκοπτη ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ διαφορετικών παροχών υπηρεσιών, δημιουργώντας πολλαπλές επιχειρηματικές ευκαιρίες. Σε κάθε τομέα θα αναπτυχθούν οι βασικές εφαρμογές.



Εικόνα 10. - IoT Σχήμα. [45]

2.7.1 Παρακολούθηση και έλεγχος

Τα συστήματα παρακολούθησης και ελέγχου συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την απόδοση του εξοπλισμού, της κατανάλωσης ενέργειας και των περιβαλλοντικών συνθηκών, και επιτρέπουν στους διαχειριστές και τους αυτοματοποιημένους ελεγκτές να παρακολουθούν την απόδοση σε πραγματικό χρόνο, οπουδήποτε και οποτεδήποτε. Η προηγμένη παρακολούθηση και οι τεχνολογίες ελέγχου, όπως είναι η έξυπνη μέτρηση και το έξυπνο δίκτυο, αποκαλύπτουν επιχειρησιακά πρότυπα, πιθανή βελτίωση σε τοπικές περιοχές ή πρόβλεψη μελλοντικών αποτελεσμάτων και την

βελτιστοποίηση των λειτουργιών, οδηγώντας σε χαμηλότερο κόστος και υψηλότερη παραγωγικότητα.

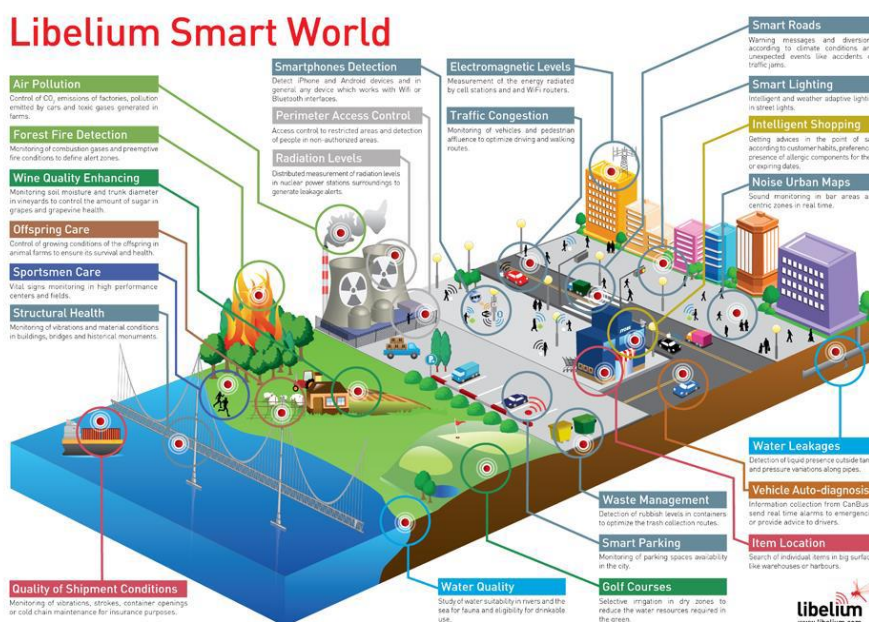
Το έξυπνο σπίτι είναι γνωστό ότι βρίσκεται στην πρώτη γραμμή της καινοτομίας, όσον αφορά στην παρακολούθηση και τον έλεγχο που αφορούν IoT εφαρμογές. Οι βασικές προτάσεις αφορούν την οικογένεια και την προστασία ιδιοκτησίας και την εξοικονόμηση ενέργειας. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση και ο έλεγχος του Verizon Home δικτύου χρησιμοποιεί ειδική τεχνολογία ασύρματων συσκευών, που είναι ειδικά κατασκευασμένες για οικιακό αυτοματισμό. Οι οικιακές εφαρμογές με δυνατότητα IoT μπορούν να ελέγχονται και να παρακολουθούνται απομακρυσμένα με τη χρήση smartphone, tablet ή υπολογιστή. Το Verizon Home δίκτυο επιτρέπει στους χρήστες να μπορούν να ρυθμίζουν την ισχύ του φωτός, το κλίμα, το σύστημα ασφαλείας, να δέχονται ειδοποιήσεις τακτικά, και ακόμα να κλειδώνουν και να ξεκλειδώνουν πόρτες.

Το Internet of Things χρησιμοποιείται, επίσης, για την παρακολούθηση και τον έλεγχο διαφόρων εξαρτημάτων στα αυτοκίνητα. Η βασική αρχή είναι η εξατομικευμένη εμπειρία των οδηγών. Η Ford και η Intel συνεργάστηκαν το 2014 για να διερευνήσουν νέες ευκαιρίες για την εξατομικευμένη εμπειρία χρήστη με την χρήση ενός λογισμικού αναγνώρισης προσώπου και μια εφαρμογή κινητού. Το κοινό ερευνητικό πρόγραμμα ονομάζεται Mobile Interior Imaging, ενσωματώνει αντιληπτική υπολογιστική τεχνολογία για να προσφέρει βελτιωμένο έλεγχο απορρήτου και να προσαρμόζει τις λειτουργίες με βάση τις προτιμήσεις του οδηγού. Τότε, πληροφορίες εμφανίζονται για τον οδηγό, όπως το ημερολόγιο, η μουσική και οι επαφές του. Οι προτάσεις για την αξία των πελατών είναι κατάλληλα ενσωματωμένες στο συνδεδεμένο περιβάλλον του αυτοκινήτου για να παρέχει μια άλλη ροή εσόδων για τη Ford.

2.7.2 Έξυπνη πόλη

Η έξυπνη πόλη περιλαμβάνει έξυπνα συστήματα, έξυπνα τεχνητά συστήματα που σχετίζονται με την φυσική και κοινωνική υποδομή, κτίρια στα

οποία κατοικούν και εργάζονται οι πολίτες, αστικούς χώρους που περνούν και χρησιμοποιούν, καθώς και το περιβάλλον σε μια ευρύτερη έννοια, συμπεριλαμβανομένων και των κλιματικών συνθηκών, των καιρικών συνθηκών, τη ρύπανση και άλλα ζητήματα. Η έξυπνη πόλη ενσωματώνει έξυπνα συστήματα, που αντιστοιχούν σε διαφορετικούς τομείς "κατακόρυφα" στο τμήμα που αναφέρεται στη ζωή στην πόλη, όπου μερικά από τα έξυπνα συστήματα κυβερνοασφαλείας έχουν 188 χαρακτηριστικά. Τα κυβερνοφυσικά συστήματα ορίζονται ως έξυπνα συστήματα που περιλαμβάνουν μηχανικά δίκτυα που αλληλεπιδρούν με φυσικά και υπολογιστικά στοιχεία. Τα κυβερνοφυσικά συστήματα ενσωματώνουν τον υπολογισμό, την επικοινωνία, την ανίχνευση και την ενεργοποίηση σχετικά με φυσικά συστήματα για την εκπλήρωση των ευαίσθητων στον χρόνο λειτουργιών με ποικίλους βαθμούς αλληλεπίδρασης με το περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Η έξυπνη πόλη είναι ένας τομέας εφαρμογής του IoT που καλύπτει τεχνικά συστήματα διαχείρισης της ενέργειας του νερού, των αποβλήτων, της κινητικότητας κτιρίων και αστικών χώρων, καθώς και την παρακολούθηση του περιβάλλοντος με την χρήση έξυπνων τεχνολογιών.



Εικόνα 11. - Έξυπνη πόλη. [49]

Όσον αφορά στις υπηρεσίες κοινής ωφέλειας, το έξυπνο ενεργειακό σύστημα περιλαμβάνει οικοδόμηση/ εγκατάσταση/ σπίτι/ διαχείριση ενέργειας γραφείου, συμπεριλαμβανομένων των συσκευών που χρησιμοποιούνται για την έξυπνη μέτρηση, διαχείριση μικροπαραγωγής, φωτισμό δρόμου, φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων, δυναμική τιμολόγηση και άλλες έξυπνες τεχνολογίες. Το έξυπνο σύστημα νερού προσφέρει ολοκληρωμένη λύση για επεξεργασία νερού και παρακολούθηση της ποιότητας, κατανάλωσης, πίεσης και διαρροής, καθώς και παρακολούθηση και επεξεργασία αποβλήτων. Η έξυπνη τεχνολογία για τη διαχείριση αποβλήτων πρέπει να συλλέξει τα απόβλητα, να τα διαχωρίσει και να ανακτήσει τα πιο αποδοτικά για να δημιουργήσει οικονομικά και περιβαλλοντικά συμφέροντα. Το σύστημα έξυπνης αστικής κινητικότητας ενσωματώνει αποτελεσματικές και ασφαλείς, δημόσιες και ατομικές μεταφορές αγαθών και ανθρώπων, επιτρέποντας τη μείωση/ αποφυγή συμφόρησης, καθώς και τη μείωση των εκπομπών. Ο όρος αυτός «έξυπνη αστική κινητικότητα» αντικατοπτρίζει την ειδικότητα της ατομικής μετακίνησης των πολιτών με περπάτημα ή την οδήγηση ενός ποδηλάτου, καθώς και τη χρήση ενός αυτοκινήτου με βάση επαρκείς πληροφορίες για να αποφασίσουν σχετικά με ένα μέσο μεταφοράς και επιλογή μιας δυναμικής διαδρομής. Επίσης, η πόλη θα πρέπει να είναι προετοιμασμένη για τεχνολογίες που βρίσκονται υπό ανάπτυξη, όπως για παράδειγμα, λύση της αυτοκινητοβιομηχανίας που σχετίζεται με διασύνδεση και με αυτόνομα οχήματα. Σύστημα έξυπνων κτιρίων που χρησιμοποιείται σε διάφορους εσωτερικούς χώρους, όπως το σπίτι, το γραφείο, το δημόσιο κτίριο, το λιανικό εμπόριο, το παρκινγκ και άλλα. Παρέχει την εξατομίκευση ή και προσαρμογή τους με σεβασμό στις ατομικές τους συνήθειες ή επιχειρηματικές ανάγκες, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης και φυσικής ασφάλειας. Τα έξυπνα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, όπως είναι οι δρόμοι, τα πάρκα, οι παιδικές χαρές, οι χώροι στάθμευσης και άλλες λειτουργίες που σχετίζονται με μόνιμες ή ad hoc υπαίθριες δραστηριότητες όπως αθλητικές εκδηλώσεις, συναυλίες, φεστιβάλ, εκθέσεις, μάρκες και άλλα.[27]

Κεφάλαιο 3 - Εφαρμογές IoT μέτρησης ποιότητας αέρα

Στο προηγούμενο κεφάλαιο εξετάστηκαν γενικά οι δυνατότητες του IoT, οι εφαρμογές του και οι ευκολίες που προσφέρουν στον τελικό χρήστη. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα αναλυθεί ένα κομμάτι των εφαρμογών IoT, αυτό της μέτρησης ποιότητας του αέρα.

Όσο περνάνε τα χρόνια, οι μεγάλες πόλεις και οι βιομηχανικές περιοχές προσθέτουν ρυπογόνους παράγοντες, με σκοπό την αύξηση της παραγωγής, της απόσβεσης των καινούργιων εγκαταστάσεων και φυσικά το κέρδος.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η ποιότητα του αέρα να γίνεται ολοένα και πιο βλαβερή για τους ανθρώπους, καθώς η χρόνια έκθεση τους σε βλαβερά αέρια βλάπτει την υγεία και δημιουργεί προβλήματα, που μέχρι πριν μερικά χρόνια οι θεράποντες ιατροί δεν γνώριζαν τις αιτίες. Με την πάροδο των χρόνων, όμως, βρέθηκαν τα αίτια και μερικές εταιρείες αισθητήρων δημιούργησαν αισθητήρες να μετράνε την ποσότητα των βλαβερών αερίων, που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, και όταν ξεπερνάνε ένα όριο, σε τοπικό επίπεδο πάντα όχι σε επίπεδο διαδικτύου, να ειδοποιούν τους χρήστες, και να προβαίνουν αυτοί σε κάποια μέτρα αντιμετώπισης των βλαβερών αερίων.

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, όμως, οι διατάξεις IoT κάνουν όλη τη διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω από μόνες τους. Ο χρήστης το μόνο που έχει να κάνει είναι να θέσει το εύρος μέτρησης των αισθητήρων. Όταν κάποια μέτρηση το ξεπερνάει, το σύστημα από μόνο του αυτόματα παίρνει κάποια μέτρα.

Παρακάτω θα αναλυθούν δημοσιεύσεις που σχετίζονται με διατάξεις IoT για τη μέτρηση ποιότητας του αέρα με διαφορετικές τεχνολογίες και με διαφορετικούς αισθητήρες. Κάθε εφαρμογή υλοποιείται σε διαφορετικό περιβάλλον, με διαφορετικούς σκοπούς, και έτσι οι λύσεις ποικίλλουν όσον αφορά στη σύσταση της συσκευής, για το αν είναι κινητή/ σταθερή, στο μέγεθος της συσκευής, για το αν είναι μικρή ή μεγάλη, στη θέση της

συσκευής, αν βρίσκεται σε χαμηλό ή υψηλό σημείο, και πολλές άλλες απαιτήσεις που αναφέρονται παρακάτω.

Οι εφαρμογές θα χωριστούν σε δύο σημεία: στις κινητές και τις σταθερές. Στις κινητές, η συσκευή θα παίρνει μετρήσεις, ενώ βρίσκεται σε κίνηση, και θα επικοινωνεί με τον τελικό χρήστη με διάφορες τεχνολογίες που θα αναφερθούν και θα αναλυθούν στο παρακάτω κεφάλαιο. Στις σταθερές, η συσκευή θα είναι σε ένα μέρος και θα επικοινωνεί με τον τελικό χρήστη με διάφορες τεχνολογίες.

3.1 Κινητές Συσκευές μέτρησης ποιότητας του αέρα

3.1.1 Σχεδίαση, ανάπτυξη και εκτίμηση από UAV για την μελέτη της ποιότητας του αέρα στο Qatar

Περίληψη

Η μέτρηση των αερίων για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα είναι ένα δύσκολο έργο που απαιτεί πολύ χρόνο παρατήρησης και μεγάλο αριθμό αισθητήρων. Στόχος του έργου αυτού είναι η ανάπτυξη ενός μερικώς αυτόνομου μη επανδρωμένου εναέριου οχήματος (UAV), εξοπλισμένου με αισθητήρες, προκειμένου να παρακολουθεί και να συλλέγει δεδομένα, σε πραγματικό χρόνο, της ποιότητας του αέρα σε συγκεκριμένες περιοχές και να τα αποστέλλει στη μονάδα βάσης. Το έργο αυτό σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε από μια πολυεπιστημονική ομάδα που αποτελείται από ηλεκτρολόγους μηχανικούς και μηχανικούς λογισμικού. Οι ηλεκτρολόγοι μηχανικοί είναι υπεύθυνοι για την εγκατάσταση αισθητήρων ποιότητας του αέρα και μεταφέρουν τα δεδομένα από το UAV στον σταθμό βάσης. Οι μηχανικοί λογισμικού είναι υπεύθυνοι για τους αισθητήρες διασύνδεσης και παρέχουν μια εφαρμογή για την προβολή και απεικόνιση των δεδομένων μετρήσεων και οπτικοακουστικού υλικού. Το UAV έχει αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, σκόνης, διοξειδίου του άνθρακα και όζοντος. Το ανεπτυγμένο UAV πραγματοποίησε αρκετές δοκιμές πεδίου σε ένα

αεροδρόμιο του Qatar, με ενδιαφέροντα αποτελέσματα και αποδείξεις των αποτελεσμάτων της διάταξης. [18]

Αποτελέσματα

Υπήρχαν πολλές προκλήσεις κατά την ολοκλήρωση του έργου. Η απόσταση ανίχνευσης από τους αισθητήρες έπρεπε να ήταν πολύ ακριβής, το μήκος της προπέλας δημιούργησε προβλήματα, και η εύρεση της μπαταρίας, ικανής να κρατήσει το UAV για την επιθυμητή ώρα στον αέρα, αποδείχθηκε αρκετά δύσκολη. Η νομοθεσία στο Qatar επιτρέπει το UAV να πετάει μόνο συγκεκριμένες ώρες. Σαν βελτίωση του μοντέλου, οι συγγραφείς προτείνουν την εγκατάσταση φωτοβολταϊκού, για να αντέχει περισσότερη ώρα το UAV στην πτήση, και τη μείωση της μεταφοράς δεδομένων από ημί-πραγματικού χρόνου σε πραγματικό. [18]

3.1.2 Ένα σμήνος από τροχοφόρα και εναέρια ρομπότ για περιβαλλοντική παρακολούθηση

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για το περιβάλλον και τις συνθήκες που πρέπει να υπάρχουν για μια ασφαλή και υγιεινή ζωή απαιτούν συνεχή παρακολούθηση των φυσικών και χημικών παραμέτρων στην αστική περιοχή, καθώς και σε επικίνδυνα περιβάλλοντα. Εκτός από την σημαντική εξέταση του κινδύνου και της προστασίας του πληρώματος παρακολούθησης, πρέπει επίσης να ληφθούν υπόψη οι δαπάνες εκτεταμένων ειδικευμένων φορέων. Σε ένα τέτοιο πλαίσιο, τα αυτόνομα οχήματα θα μπορούσαν να συνεχίζουν τις επαναλαμβανόμενες μετρήσεις με σημαντική μείωση σε κίνδυνο και κόστος. Μια ματιά στην ποιότητα του αέρα, σε χερσαίες και εναέριας πλατφόρμες, θα κατέληγε στο συμπέρασμα πως ο συνδυασμός τους είναι η καλύτερη λύση. Η έρευνα αυτή προτείνει ένα σύστημα παρακολούθησης που αποτελείται από τροχό, με προφανή δυνατότητα επέκτασης σε περισσότερα οχήματα. Αυτές οι πλατφόρμες χαρτογραφούν την κατάσταση και την εξέλιξη της ρύπανσης μέσω ενός συνόλου αισθητήρων (LPG, CO,CO₂, CH₄,H₂,NH₄). Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην αυτόνομη καθοδήγηση και στο σύστημα πλοήγησης, του GPS δηλαδή. [30]

Αποτελέσματα

Η έρευνα παρουσίασε μια πιθανή εφαρμογή ενός ετερογενούς συστήματος με πολλά ρομπότ, σαν κόμβους, για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Τα αποτελέσματα είναι αρκετά ελπιδοφόρα για τις δυνατότητές του ως αυτόνομο σύστημα. Όταν ολοκληρωθεί το σύστημα, η επεξεργασία μετρήσεων θα γίνεται σε πραγματικό χρόνο, το UAV θα λειτουργεί ως ο σταθμός βάσης, και θα συλλέγει πληροφορίες ανά κόμβο ρομπότ που θα βρίσκεται σε συγκεκριμένο μέρος. [30]

3.1.3 Ένα drone σαν πλατφόρμα για μετρήσεις

Ο αριθμός των αστικών εφαρμογών, που χρησιμοποιούν μη επανδρωμένα αεροχήματα, αυξάνεται ολοένα στην εποχή που διανύει η ανθρωπότητα. Η ανίχνευση διαρροών αερίου είναι μία από τις πιο ελπιδοφόρες κατευθύνσεις. Η χρήση UAV σε αυτή την περιοχή είναι πολλή ενδιαφέρουσα γιατί είναι πιο ευέλικτη από τα επίγεια συστήματα. Σε αυτό το έγγραφο οι συγγραφείς παρουσιάζουν την ενσωμάτωση ενός προσαρμοσμένου αισθητήρα σε ένα UAV, στο παράδειγμα του αισθητήρα καταλυτικού αερίου Figaro. Αυτό θα επιτρέψει την διεξαγωγή και παρακολούθηση της ποιότητας του εξωτερικού αέρα και την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Κύριος στόχος αυτής της εργασίας είναι να προτείνει μια διάταξη παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, ικανή να εντοπίζει επικίνδυνα αέρια στην πηγή τους, και να ελέγχεται μέσω ενός ρομποτικού συστήματος. Τα πρώτα εργαστηριακά πειράματα απέδειξαν βιωσιμότητα του προτεινόμενου συστήματος και χρησιμεύουν ως βάση για περαιτέρω έρευνα. [32]

Αποτελέσματα

Η μεταφορά των μετρήσεων από το UAV στον σταθμό βάσης έγινε μέσω της Wi-Fi πιστοποίησης, μέσω της θύρας 6556. Σε αυτή την έρευνα, παρουσιάστηκε ο τρόπος ενσωμάτωσης περισσότερων αισθητήρων στο UAV. Ενσωματώθηκε ένας αισθητήρας αερίων για εύρεση αυτόνομων διαρροών αερίου. Η τηλεμετρία και ο έλεγχος του UAV ολοκληρώθηκαν μέσω ενός

ρομποτικού συστήματος. Πραγματοποιήθηκαν οι πρώτες δοκιμές σε εργαστηριακές συνθήκες που έδειξαν ότι ο αισθητήρας είναι καλός, αλλά έχει χρονική υστέρηση που σημαίνει πως χρειάζεται πιο βαθιά έρευνα στην ταχύτητα απόκρισης του αισθητήρα, και πως η απόκριση εξαρτάται από την συγκέντρωση αερίου. Στο μέλλον, οι συγγραφείς προτείνουν βελτίωση στην αμεσότητα των αποτελεσμάτων, της ευρωστίας, του ελέγχου, και την πραγματοποίηση δοκιμαστικών πτήσεων. [32]

3.1.4 Υψηλή ακρίβεια εσωτερικής τοπικής προσαρμογής για έξυπνη επιθεώρηση σε κτίρια

Για τα μελλοντικά έξυπνα κτίρια, απαιτείται εσωτερικός εντοπισμός υψηλής εσωτερικής ακρίβειας για τον εντοπισμό διαρροών αερίου, και επιπλέον παροχή υπηρεσιών ακριβείας της πηγής της διαρροής. Σαν παράδειγμα, η χρήση του λεπτόκοκκου και η επιθεώρηση σε πραγματικό χρόνο από ρομπότ ή UAV είναι πολλά υποσχόμενη στον τομέα συντήρησης κτιρίων και για ενεργειακή απόδοση. Η υψηλή ανάλυση, η υπερβολική ευρεία-ζώνη που βασίζεται σε ραδιοσυχνότητες βασίζεται λόγω της ακριβείας των λεπτών κόκκων. Σε αυτή την έρευνα, η αρχιτεκτονική επιπέδου συστήματος προτείνεται για να επιτρέψει την βασισμένη σε ρομπότ κτιριακή επιθεώρηση, συνδυάζοντας την υπερβολική ευρεία ζώνη, την ακρίβεια που παρέχει και την ανάλυση των αποτελεσμάτων της σε πραγματικό χρόνο. Η αρχιτεκτονική επαληθεύεται από ένα πλήρως λειτουργικό πρωτότυπο, χρησιμοποιώντας εξαρτήματα δυσεύρετα. Τα πειραματικά αποτελέσματα του συστήματος εντοπισμού παρουσίασαν σφάλμα έως και 2 εκατοστά. Το βίντεο πραγματικού χρόνου του UAV, το διάγραμμα πτήσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί με επιπρόσθετους αισθητήρες για την σάρωση εσωτερικών χώρων και τον σχηματισμό πανοράματος του περιβάλλοντος, που μπορούν να ποσοτικοποιήσουν τις απώλειες ενέργειας σε δυσεύρετες περιοχές. [35]

Αποτελέσματα

Ένα σύστημα εσωτερικού εντοπισμού και επιθεώρησης για μεγάλα κτίρια χρησιμοποίησε το UWB και ήταν ακριβές έως 5 εκατοστά. Μια εφαρμογή που

χρησιμοποιεί το OpenRTLS UWB-IR σύστημα και ένα UAV, με προσαρμοσμένο GUI για τον έλεγχο του UAV. Οι συγγραφείς προτείνουν σαν μελλοντική δουλειά την ενσωμάτωση ενός αισθητήρα αλγορίθμου σύντηξης, ο οποίος συνδυάζει τα δεδομένα IMU του κυκλώματος με τις συντεταγμένες πλοήγησης του συστήματος UWB για την πραγματοποίηση αυτόνομης πτήσης. Η παραπάνω διάταξη μπορεί να βελτιστοποιηθεί με την προσθήκη ενός φίλτρου Kalman. Ένα άλλο θέμα είναι η ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο από διάφορους αισθητήρες ταξινομημένους ανά χρόνο και τις 3D συντεταγμένες τους. [35]

3.1.5 Παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα για βιώσιμα συστήματα μέσω τεχνολογίας βασισμένη σε drone

Οι συγγραφείς προτείνουν ένα νέο σύστημα που συλλέγει δεδομένα ποιότητας του αέρα για μια δεδομένη θέση σε 3D χώρο. Ένα UAV εγκατεστημένο με αισθητήρες μέτρησης της ποιότητας του αέρα αναπτύχθηκε. Τα δεδομένα που μετρήθηκαν από το σύστημα θα μεταφέρονται επιτυχώς στις συσκευές αποθήκευσης και παρακολούθησης. Η γνώση των ήδη υπάρχοντων ατμοσφαιρικών ρύπων λαμβάνονται υπόψη, προκειμένου να αναλυθεί μια δεδομένη κατάσταση. Τα δεδομένα θα είναι αποθηκευμένα στο cloud για περαιτέρω ανάλυση και διατήρηση αρχείου. Τα αποτελέσματα δείχνουν την αποτελεσματικότητα της προτεινόμενης μεθοδολογίας. [38]

Αποτελέσματα

Σε αυτή την μελέτη, έγινε μια προσπάθεια να καθιερωθεί μία πλατφόρμα συλλογής πληροφοριών σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ανάλυση της. Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα ελπίζουν να παράγουν ένα πρότυπο για την ενέργεια και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Η ηγεσία είναι ενθαρρυντική και προωθεί την εφαρμογή της πρωτοποριακής βιώσιμης ανάπτυξης με ενεργειακά προγράμματα, και δεσμεύεται την μείωση του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων βλαβερών αερίων σε όλα τα επίπεδα. Τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα στοχεύουν στην αλλαγή του αποτυπώματος

άνθρακα με την προσθήκη πράσινου στην έρημο. Για την επίτευξη αυτών των στόχων, σχεδιάστηκε ένα νέο σύστημα που συλλέγει δεδομένα της ποιότητας αέρα για μια δεδομένη θέση σε τρισδιάστατο χώρο. Έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες μέτρησης της ποιότητας του αέρα στο UAV και μπορεί να εκτελέσει πτήση σε μια τοποθεσία της επιλογής του τελικού χρήστη. Το σύστημα αισθητήρων μετράει το μονοξειδίο του άνθρακα, το άζωτο, το διοξείδιο του θείου, τον καπνό, το αέριο, και τα σωματίδια σκόνης. Επιπλέον, αυτές οι μετρήσεις μπορούν να εφαρμοστούν για την εύρεση διαφορετικών πληροφοριών ποιότητας του αέρα σε διαφορετικές τοποθεσίες για την κατασκευή ενός χάρτη. Όλες οι μετρήσεις αποθηκεύονται και παρακολουθούνται στο cloud, με την ονομασία Blynk. Το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί και άλλο, προσθέτοντας και άλλους αισθητήρες και άλλα UAVs, τα οποία μπορούν να σχηματίσουν ένα δίκτυο και να δίνουν περισσότερες πληροφορίες στον τελικό χρήστη για το που η ποιότητα του αέρα δεν βρίσκεται στα επιθυμητά επίπεδα. [38]

3.1.6 IoT υποβρύχιο drone για παρακολούθηση ποιότητας του αέρα

Το «διαδίκτυο των πραγμάτων» (IoT) είναι γνωστός όρος και ολοένα και μεγαλώνει με την εγκατάσταση κάθε τύπου αισθητήρα και διατάξεων που γίνονται για να βελτιώσουν την καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών συνεχίζει και αυξάνεται, αλλά και η ποικιλομορφία στις εφαρμογές είναι τεράστια, κάτι που το καθιστά μια ελκυστική βιομηχανία για να επενδύσει κάποιος. Πολλές εταιρείες εργάζονται σε νέες συσκευές και νέες λύσεις για την αντιμετώπιση της ανάπτυξης των συνδεδεμένων συσκευών. Είναι μια μαζική αναπτυσσόμενη βιομηχανία. Έχει την εξουσία να μετατρέπει κάθε περιβάλλον, όπως η γεωργία, η μεταφορά, η κατασκευή, τα έξυπνα σπίτια, ακόμα και ολόκληρες πόλεις. Οι εταιρείες εργάζονται για την κατασκευή νέων συσκευών για κάθε πιθανό σενάριο, αλλά και τη βελτίωση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας, καθώς και την ασφάλεια. Εκτιμάται πως τα επόμενα χρόνια θα συνδεθούν περίπου 20 με 30

δισεκατομμύρια συσκευές, καθώς το κόστος ολοένα και μειώνεται και η ζήτηση αυξάνεται.[34]

Αποτελέσματα

Οι συγγραφείς, δημιούργησαν μια διάταξη, που κύριος πυρήνας της είναι η αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi. Μέσω αυτής υπάρχει και σύνδεση με τους αισθητήρες, αλλά και ενσύρματη σύνδεση με το διαδίκτυο και έλεγχος του πυρήνα με μια εφαρμογή Android για αέριες και υποθαλάσσιες μετρήσεις. Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή ενός πρωτότυπου UAV για την παρακολούθηση της ποιότητας νερού και αέρα. Τα προκαταρκτικά δεδομένα υπογραμμίζουν τις δυνατότητες του εφαρμοσμένου συστήματος για την παροχή πληροφοριών σχετικά με το νερό και την ποιότητα του αέρα για μια εκτεταμένη περιοχή. Η μελλοντική δουλειά που προτείνουν οι συγγραφείς θα είναι επικεντρωμένη στην δοκιμή και βελτίωση των εφαρμογών κινητής τηλεφωνίας, όσον αφορά στις λειτουργίες και την ευρωστία. Από την πλευρά του λογισμικού, η εφαρμογή Android αναπτύχθηκε επίσης για την παροχή δεδομένων, ανάλυσης και ροής του ήχου. Επιπλέον, σχετικές δοκιμές πεδίου για την παρακολούθηση της ποιότητας του νερού και του αέρα μαζί πρέπει να βαθμονομηθούν σωστά, για να έχει το σύστημα παραπάνω ακρίβεια. [34]

3.2 Επίγειες Συσκευές μέτρησης ποιότητας του αέρα

3.2.1 Παρακολούθηση της ρύπανσης: Εφαρμογή IoT για την δημιουργία ενός έξυπνου περιβάλλοντος

Η ποιότητα του αέρα έχει επηρεαστεί αρνητικά λόγω των βιομηχανικών δραστηριοτήτων, οι οποίες έχουν προκαλέσει ανισορροπίες στην φύση. Το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης προκαλεί μεγάλη ανησυχία σε πολλούς ανθρώπους, ιδίως σε εκείνους που ζουν σε βιομηχανικές περιοχές. Τα επίπεδα της μόλυνσης του αέρα μπορούν να μετρηθούν, χρησιμοποιώντας έξυπνους αισθητήρες. Επιπροσθέτως, η τεχνολογία IoT μπορεί να ενσωματωθεί εξ αποστάσεως με σκοπό την ανίχνευση ρύπανσης του αέρα,

δίχως την παρέμβαση της ανθρώπινης παρεμβολής. Τα δεδομένα που συλλέγονται από ένα τέτοιο σύστημα μπορούν να μεταδοθούν άμεσα σε μια δικτυακή βάση, εφαρμογή για την διευκόλυνση της παρακολούθησης των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, και επιτρέπουν την άμεση διαχείριση του κινδύνου. Σε αυτή την εργασία, περιγράφεται ένα σύστημα IoT που ανιχνεύει την ρύπανση του αέρα, συλλέγοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, σε συγκεκριμένες τοποθεσίες. Αυτά τα δεδομένα αναλύονται και μετριοούνται σε ένα προκαθορισμένο όριο. Τα δεδομένα που συλλέγονται αποστέλλονται στον ενδιαφερόμενο επίσημο οργανισμό, έτσι ώστε να τους ειδοποιήσει σε περίπτωση παραβίασης και να μπορέσουν να πάρουν τα αναγκαία μέτρα. Επιπλέον, αν οι τιμές των μετρήσεων ξεπεράσουν το κατώφλι, ένα σύστημα συναγερμού ενεργοποιείται, λαμβάνοντας διάφορες ενέργειες για να προειδοποιήσει τον τελικό χρήστη.[25]

Αποτελέσματα

Ο σκοπός της δημοσίευσης είναι να συμβάλει στη μείωση των αναπνευστικών προβλημάτων, που οφείλονται στις βιομηχανικές δραστηριότητες και να παρακολουθείται η ποιότητα του αέρα. Η δημοσίευση στηρίζεται στην εξεύρεση λύσεων του αυξανόμενου προβλήματος των επιβλαβών αερίων που προέρχονται από βιομηχανικές δραστηριότητες στην χώρα. Η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσω του πρωτοκόλλου 802.15.4 και η προτεινόμενη διάταξη περιέχει ένα XBEE module για τη μετάδοση των μετρήσεων στον σταθμό βάσης, και από εκεί, μέσω Wi-Fi πιστοποίησης, αποστέλλεται σε μια βάση δεδομένων. Στην προτεινόμενη έρευνα, αισθητήρες ικανοί να ανιχνεύσουν τα ανεπιθύμητα αέρια βρίσκονται στις περιοχές κοντά στις βιομηχανίες. Οι αισθητήρες παρέχουν συνεχή παρακολούθηση και καταγραφή για την ρύπανση του αέρα και τα αποτελέσματα αυτού του προβλήματος αναλύθηκαν με τη βοήθεια χρήσης του IoT. [25]

3.2.2 Ανάπτυξη IoT συστήματος για την παρακολούθηση της ρύπανσης του περιβάλλοντος

Πρόσφατα, καθώς η ρύπανση του περιβάλλοντος ολοένα και μεγαλώνει, υπάρχει μια αυξανόμενη ανάγκη συστήματα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα με χαμηλό κόστος να εγκατασταθούν κοντά σε δημόσιες εγκαταστάσεις ή σπίτια. Σε αυτή τη δημοσίευση, οι συγγραφείς προτείνουν μια εφαρμογή IoT παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, που μπορεί να πάρει μετρήσεις, δίχως τον περιορισμό του μέρους και χώρου. Το προτεινόμενο σύστημα αποτελείται από μία συσκευή μέτρησης και αναλυτή ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, έτσι ώστε να είναι σε θέση να συλλέξει και να αναλύσει τα αποτελέσματα που λαμβάνει, μέσω ενός δικτύου LTE. Οι πληροφορίες σχετικά με την ατμοσφαιρική ρύπανση που λαμβάνονται από το αναπτυξιακό σύστημα, λειτουργεί με βάση το πληροφοριακό εθνικό σύστημα της παρακολούθησης του ατμοσφαιρικού αέρα, ή αλλιώς NAMIS.[26]

Αποτελέσματα

Σε αυτή την εργασία, προτείνεται ένα σύστημα IoT, παρακολούθησης της ρύπανσης του περιβάλλοντος, που αναπτύσσεται με μια συσκευή χαμηλού κόστους, φιλική προς το περιβάλλον, που συνδέεται μέσω LTE, και τον ατμοσφαιρικό αναλυτή περιβάλλοντος. Το σύστημα ανάπτυξης δεν έχει περιορισμούς στη θέση ή τον χώρο εγκατάστασης.

Το σύστημα ανάπτυξης μπορεί να αλλάξει αισθητήρες και να είναι συμβατό με διάφορα συστήματα επικοινωνίας, όπως το Wi-Fi και το Ethernet, καθώς και το LTE για την μετάδοση των αποτελεσμάτων μέτρησης. Αυτή η διάταξη είναι ιδανική για εγκατάσταση σε περιοχές, όπως σχολεία και σπίτια, σύμφωνα με την άποψη των συγγραφέων. [26]

3.2.3 Σχεδιασμός και υλοποίηση LPWA δικτύου για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα

Μεγάλη προσοχή έχει δοθεί στην παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα με ταχεία ανάπτυξη στην βιομηχανία και τις εφαρμογές μεταφοράς στην

σύγχρονη κοινωνία. Ωστόσο, τα υπάρχοντα συστήματα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα δεν μπορούν να παρέχουν ικανοποιητικές χωρικές και χρονικές αναλύσεις των πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του αέρα σε πραγματικό χρόνο με χαμηλό κόστος. Στο παρόν έγγραφο, οι συγγραφείς προτείνουν μια νέα μέθοδο για την εφαρμογή του συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, με βάση την τεχνολογία IoT. Στο σύστημα αυτό, φορητοί αισθητήρες συλλέγουν έγκαιρα μετρήσεις για την ποιότητα του αέρα, η οποία μεταδίδεται μέσω δικτύου ευρείας ζώνης χαμηλής ισχύος, ή αλλιώς LPWA. Όλες οι μετρήσεις ποιότητας αέρα βρίσκονται στον cloud server επεξεργασμένοι και αναλυμένοι. Το ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, και σε υλικό αλλά και σε λογισμικό, αναπτύσσεται και εκτελείται επιτυχώς σε αστικά περιβάλλοντα. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν πως το προτεινόμενο σύστημα είναι αξιόπιστο στην ανίχνευση της ποιότητας του αέρα, γεγονός που βοηθά στην αποκάλυψη των προτύπων αλλαγής της ποιότητας του αέρα σε κάποιο βαθμό.[28]

Αποτελέσματα

Στην δημοσίευση αυτή, έχει εφαρμοστεί ένα σύστημα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα με την χρήση της προηγμένης τεχνολογίας IoT, με τη βοήθεια του δικτύου LPWA, τα δεδομένα ανίχνευσης του αέρα σε μια μεγάλη έκταση αποστέλλονται έγκαιρα στον cloud server. Οι κόμβοι παρακολούθησης αναπτύσσονται εύκολα και διαρκούν μια μέρα με μπαταρία, ή και παραπάνω αν τοποθετηθεί φωτοβολταϊκό module, που φορτίζει την μπαταρία. Όλες οι λειτουργίες του σταθμού βάσης υλοποιούνται μέσω μιας πλατφόρμας SDR, που βασίζεται σε GPP. Τα δεδομένα ανίχνευσης αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και αναλύονται στον cloud server. Αρκετά πειράματα έχουν εκτελεστεί σε αστικά περιβάλλοντα για να επικυρωθεί η αξιοπιστία του προτεινόμενου συστήματος. Ορισμένα ενδιαφέροντα στοιχεία αποκαλύφθηκαν κατά την σύγκριση της ποιότητας του αέρα. Οι συγγραφείς πιστεύουν πως μακροπρόθεσμα η μεγάλης κλίμακας παρακολούθηση του

αέρα μπορεί να βοηθήσει τους ειδικούς να καταλάβουν την ρύπανση και τον τρόπο επίλυσης του προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τουλάχιστον εν μέρει. [28]

3.2.4 CleanWiFi: Το ασύρματο δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, και περιβαλλοντικής μόρφωσης για έξυπνες πόλεις

Αυτή η εργασία, παρουσιάζει ένα νέο μοντέλο ανάπτυξης για τα ασύρματα κοινοτικά δίκτυα, πλαισιωμένα μέσα στα βιώσιμα αναπτυξιακά μοντέλα, SDG 11, για την επίτευξη του μετασχηματισμού των πόλεων σε περιβαλλοντικά βιώσιμες περιοχές και να αναλάβουν μέτρα για την καταπολέμηση της αλλαγής του κλίματος. Αυτό το μοντέλο βασίζεται στη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, την τεχνολογία IoT και την εφαρμογή εκπαιδευτικών μεθοδολογιών για την επιβράβευση των λιγότερο μολυσμένων περιοχών. Προτείνονται μερικές ιδέες για την τυποποίηση των δομικών δικτύων για την μέτρηση της ποιότητας του αέρα σε έξυπνες πόλεις, οι οποίες προσφέρουν εξαιρετική ποιότητα πληροφοριών για υπηρεσίες βάση τοποθεσίας, που προωθούν τις υπηρεσίες περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης. Το δίκτυο CleanWiFi παρακολουθεί συνεχώς τον αέρα για ρύπους και χρησιμοποιεί αυτές τις πληροφορίες για την τροφοδοσία ενός μεγάλου συστήματος δεδομένων, και χρησιμοποιεί τα ίδια δεδομένα για την αυτόματη λειτουργία διαμόρφωσης της δημόσιας υπηρεσίας WiFi. Με αυτό τον τρόπο, οι χρήστες μαθαίνουν πράγματα για το περιβάλλον και σε τι κατάσταση βρίσκεται η ποιότητα του αέρα της περιοχής που βρίσκονται, και έχουν και πρόσβαση στο WiFi.[29]

Αποτελέσματα

Η πρόταση CleanWiFi δείχνει πως είναι δυνατόν να συνδεθούν οι φυσικές μεταβλητές, συγκεκριμένα η ποιότητα του αέρα, με συστήματα επικοινωνίας με σκοπό την σύνδεση ανθρώπων στα δημόσια WiFi δίκτυα και την ταυτόχρονη ενημέρωσή τους για την ποιότητα του αέρα. Τα δεδομένα και οι αισθητήρες που σχεδιάστηκαν λειτουργούν άψογα με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Με αυτόν τον τρόπο, το CleanWiFi δίκτυο συνεισφέρει στην

ανάπτυξη έξυπνων πόλεων, βάζοντας τους πολίτες στην περιβαλλοντική προστασία. Με την ανάπτυξη της ιδέας του CleanWiFi δικτύου τοποθετούνται τα θεμέλια για τη μαζική παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και βάζουν την ανθρωπότητα ένα βήμα προς τις έξυπνες πόλεις. [29]

3.2.5 Έξυπνη μηχανή IoT βασισμένη σε οντολογίες για προσωπική διαχείριση άνεσης

Σε αυτό το έγγραφο, οι συγγραφείς προτείνουν μια νέα προσέγγιση διαχείρισης άνεσης, βασισμένη στις οντολογίες, που είναι το κύριο αποτέλεσμα της υποβολής του έργου GOLIATH. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει μια εφαρμογή IoT και ένα πολυπρακτορικό σύστημα. Τα στοιχεία αυτά επιτρέπουν σε έναν χρήστη να ζητήσει από το σύστημα με απλό και φυσικό τρόπο τον έλεγχο ενός ή περισσότερων στοιχείων άνεσης. Η κοινή γνώση που τροφοδοτείται από την εφαρμογή IoT και το περιβάλλον σημασιολογίας χρησιμοποιούνται από "έξυπνα" στρώματα για την αιτιολόγηση και την πρόταση δράσης σε μια ή περισσότερες συσκευές IoT, που διαχειρίζονται από την εφαρμογή SITE. Αυτή η εφαρμογή βασίζεται στις υποκείμενες οντολογίες της άνεσης και δράσης και σε αντικείμενα πραγματικού χρόνου που συνδέονται με τις IoT συσκευές.[31]

Αποτελέσματα

Σε αυτή την εργασία, παρουσιάζεται μια νέα προσέγγιση για τη διαχείριση άνεσης με την παρουσίαση οντολογιών, με στόχο την αυτόματη προσαρμογή του στα έξι κύρια στοιχεία μέσω της πλατφόρμας GOLIATH, μιας πλατφόρμας που αποτελείται από συσκευές IoT και πολυπρακτορικό σύστημα. Οι συγγραφείς προτείνουν μεθόδους βελτίωσης, που βασίζονται στον λογικό προγραμματισμό, τα δέντρα αποφάσεων και γενικά τρόπους που λειτουργούν οι πράκτορες. [31]

3.2.6 Ένας αισθητήρας τεσσάρων στρωμάτων για IoT εφαρμογές

Με την ανάπτυξη των IoT τεχνολογιών, ένα ευρύ φάσμα ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων θα υιοθετηθούν σε διάφορα περιβάλλοντα εφαρμογών.

Δεδομένου του γεγονότος ότι τα περισσότερα δίκτυα ασυρμάτων αισθητήρων έχουν περιορισμούς, όπως ενεργειακοί πόροι, χωρητικότητα αποθήκευσης, και επικοινωνίας, η ανάπτυξη τους πρέπει να ικανοποιεί περιορισμούς σε πραγματικό χρόνο που βασίζονται στον τύπο των εφαρμογών. Αυτό το χαρτί προτείνει ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, βασισμένο σε πραγματικό χρόνο με κόμβους με πολλούς αισθητήρες εγκατεστημένους. Οι κόμβοι μπορούν να συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον και να το παρουσιάζουν στον cloud server για καθολική πρόσβαση από τους χρήστες. Με αυτό το σύστημα, οι χρήστες μπορούν να έχουν εύκολη πρόσβαση και ανάλυση διαφόρων δεδομένων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το διοξείδιο του άνθρακα, η ποιότητα του αέρα. Η σκοπιμότητα του προτεινόμενου πλαισίου WSN (ασύρματα δίκτυα αισθητήρων) έχει επαληθευτεί μέσω εγκατάστασης δικτύων που επικοινωνούν μεταξύ τους σε πραγματικό χρόνο.[33]

Αποτελέσματα

Σε αυτό το έγγραφο, οι συγγραφείς εισάγουν ένα πλαίσιο WSN που βασίζεται στα IoT. Επιπλέον, δείχνουν τα στρώματα κλειδιά επικοινωνιών και τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την υποστήριξη αυτού του συστήματος κατανάλωσης χαμηλού κόστους. Εφαρμόστηκε και δοκιμάστηκε για εφαρμογές στην υγεία, μέσω αξιολόγησης της απόδοσης, και δείξαν οι συγγραφείς την απλότητα και την αποτελεσματικότητα του προτεινόμενου συστήματος, το οποίο είναι μία πολλά υποσχόμενη εφαρμογή σε διάφορες IoT εφαρμογές. Στο μέλλον, οι δοκιμές θα διεξαχθούν χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους ανάπτυξης κόμβων για την μεγιστοποίηση της κάλυψης και βελτιστοποίηση στους αλγορίθμους για εξοικονόμηση ενέργειας. [33]

3.2.7 IoT Περιβαλλοντικό σύστημα παρακολούθησης για έξυπνες πόλεις

Μια έξυπνη πόλη επιτρέπει την αποτελεσματική χρήση των πόρων και καλύτερης ποιότητας υπηρεσίες στους πολίτες. Να παρέχει υπηρεσίες όπως η διαχείριση της ποιότητας του αέρα, η παρακολούθηση του καιρού και η

αυτοματοποίηση των σπιτιών και των κτιρίων. Σε μια έξυπνη πόλη, οι βασικοί παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτή η δημοσίευση παρουσιάζει ένα προσαρμοσμένο σχέδιο ενός συστήματος, βασισμένο στο IoT, για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα. Στο ανεπτυγμένο αυτό σύστημα, αποστέλλονται δεδομένα από τον κόμβο του πομπού στον κόμβο του δέκτη. Τα δεδομένα, που λήφθηκαν από τον κόμβο του δέκτη, καταγράφονται σε φύλλα excel από έναν προσωπικό υπολογιστή μέσω μιας γραφικής διεπαφής χρήστη, που έγινε με την βοήθεια του προγράμματος LabVIEW. Μια εφαρμογή Android έχει επίσης αναπτυχθεί μέσω της οποίας μεταφέρονται δεδομένα από το LabVIEW σε Android συσκευές για την απομακρυσμένη παρακολούθηση δεδομένων. Τα αποτελέσματα και η απόδοση του προτεινόμενου συστήματος αναλύονται και είναι αρκετά ενθαρρυντικά.[36] Οι συγγραφείς χρησιμοποιούν, σαν πυρήνα του συστήματος τον PIC24F16KA102, σαν αισθητήρες χρησιμοποιούν τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας, και έναν αισθητήρα του διοξειδίου του άνθρακα. Στο κομμάτι τις επικοινωνίας, έχει ένα RF module που στέλνει τις μετρήσεις στον σταθμό βάσης και εκεί, μέσω usb, αποστέλλονται στον υπολογιστή, όπου είναι συνδεδεμένος στο διαδίκτυο και έτσι η εφαρμογή Android είναι διαθέσιμη να επιβλέπει τις μετρήσεις.

Αποτελέσματα

Το προτεινόμενο σύστημα IoT παρακολούθησης της ποιότητας του περιβάλλοντος υλοποιήθηκε με επιτυχία από τους συγγραφείς και τα αποτελέσματα των μετρήσεων είναι παρόμοια με άλλες παρόμοιες δουλειές που έχουν γίνει. Άλλο ένα θετικό της διάταξης αυτής είναι η χαμηλή κατανάλωση ισχύος. Επιπρόσθετα, η προβλεπόμενη διάρκεια ζωής του κόμβου, μπορεί να επεκταθεί, αλλάζοντας τον κώδικα του μικροελεγκτή για ακόμα περισσότερη μείωση ισχύος. Επιπλέον, το προτεινόμενο σύστημα IoT περιέχει και το πλεονέκτημα της απομακρυσμένης πρόσβασης στα δεδομένα μέσω της εφαρμογής που λειτουργεί σε 4.3 Android συσκευές. [36]

3.2.8 Σύστημα πολλαπλών αισθητήρων για απομακρυσμένη παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος (αέρα και νερό)

Σε αυτή την δημοσίευση, οι συγγραφείς παρουσιάζουν μία συσκευή χαμηλής κατανάλωσης, πολλαπλών αισθητήρων για την παρακολούθηση της ποιότητας σε αέρα και νερό. Το ανεπτυγμένο σύστημα τροφοδοτείται με μπαταρία, μαζί με ένα φωτοβολταϊκό πάνελ, και προορίζεται για την απομακρυσμένη παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος, δηλαδή την μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, την υγρασία και το επίπεδο pH. Ο πυρήνας του συστήματος βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega128, ο οποίος διαβάζει τα δεδομένα των αισθητήρων και συντονίζει όλες τις περιφερειακές συσκευές. Για την πλήρως αυτόνομη λειτουργία του, περιλαμβάνονται περιφερειακές συσκευές, όπως μια οθόνη, ένα πληκτρολόγιο και μια κάρτα SD, για αποθήκευση δεδομένων. Οι παράμετροι ποιότητας του αέρα συλλέγονται με τους SHT11 και MQ-135 αισθητήρες, ενώ το νερό με τον αισθητήρα LM35. Για την παρακολούθηση της στάθμης του pH, η αντίσταση pH σε παχύ φιλμ με βάση το χημικό στοιχείο TiO₂, ο αισθητήρας κατασκευάστηκε κατά αυτό τον τρόπο. Ο αισθητήρας pH χρησιμοποιεί ξεχωριστό κύκλωμα μετατροπής του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό για να μπορεί να διαβάσει τις τιμές ο μικροελεγκτής.[37]

Αποτελέσματα

Το ανεπτυγμένο σύστημα για απομακρυσμένες μετρήσεις και ανάκτηση δεδομένων των μετρήσεων για την ποιότητα του νερού και του αέρα ενσωματώθηκε με επιτυχία σε ένα σύστημα, που βασίζεται σε cloud server για παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα και του νερού σε πραγματικό χρόνο. Στο παρουσιασμένο σχέδιο υπάρχουν μερικά ελαττώματα, όπως η ανάγκη για καλώδιο Ethernet και η υψηλή κατανάλωση ισχύος. Οι συγγραφείς προτείνουν πως μια αναβάθμιση του εν λόγω συστήματος θα άλλαζε τα περιφερειακά, που καταναλώνουν πολλή ενέργεια, με άλλα που δεν καταναλώνουν πολλή. Επίσης, θα ήταν καλό να πρόσθεταν επιπλέον αισθητήρες για περαιτέρω

ανάλυση του περιβάλλοντος μέτρησης, η οποία προσφέρει πιο περίπλοκη αλλά και πιο λεπτομερή ανάλυση των περιβαλλοντικών συνθηκών. [37]

3.2.9 Συσκευή παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα ασύρματου κόμβου βασισμένη σε GSM

Ο κύριος στόχος αυτού του έργου είναι η κατασκευή μιας απλής, χαμηλού κόστους συσκευής παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα με κύριο πυρήνα έναν μικροελεγκτή που χρησιμοποιεί ασύρματη τεχνολογία, η οποία ανιχνεύει την παρουσία διαφόρων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το φυσικό αέριο, και παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και άλλες. Εμφανίζει τις μετρήσεις σε μια οθόνη και προωθεί τις μετρήσεις σε απομακρυσμένο χρήστη. Η συσκευή αυτή αναπτύσσεται με τη χρήση του μικροελεγκτή PIC16F877A, GSM module, οθόνη LCD και αισθητήρες αερίου. Το πλεονέκτημα χρήσης της τεχνολογίας GSM είναι πως έχει επεκταθεί σχεδόν σε όλο τον κόσμο. Η τεχνολογία GSM, επίσης, παρέχει υψηλής ποιότητας σήμα, δίνοντας πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας ψηφιακή επικοινωνία με προσιτό κόστος. Αυτό το ενσωματωμένο σύστημα μπορεί να είναι χρήσιμο για όσους επιθυμούν να παρακολουθούν την ποιότητα του αέρα σε μια θέση, δίχως την ανάγκη της φυσικής τους παρουσίας. Τα κύρια πλεονεκτήματα της έρευνας είναι ότι το σύστημα είναι σε θέση να συλλέξει τα επίπεδα ρύπανσης καθ'όλη τη διάρκεια της ημέρας και επίσης τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν βάση δεδομένων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω ανάλυση, όταν χρειαστεί. Το σύστημα μπορεί να προσφέρει επίπεδα ρύπων για συγκεκριμένο χώρο και αυτή η εκτίμηση μπορεί να χρησιμεύει στην κυβέρνηση όσον αφορά στην κατασκευή εργοστασίων, σε συγκεκριμένες περιοχές.[40]

Αποτελέσματα

Το έργο ασχολείται με το σχεδιασμό ενός απλού και χαμηλού κόστους συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, χρησιμοποιώντας αισθητήρες αερίου και μεταδίδει τις μετρήσεις μέσω GSM σε μια απομακρυσμένη τοποθεσία. Η συσκευή αυτή βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο και

έχει σχεδιαστεί μόνο για την ποιότητα του αέρα, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και για άλλες εφαρμογές όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής. [40]

Κεφάλαιο 4 - Τεχνολογίες

Για την υλοποίηση μιας IoT εφαρμογής, θα πρέπει να τεθούν υπόψη οι τεχνολογίες υλοποίησης, να αναφερθούν τα θετικά και τα αρνητικά της κάθε επιλογής, έτσι ώστε η υλοποίηση να έχει τις βέλτιστες επιλογές για τις απαιτήσεις που έχει η εφαρμογή. Για παράδειγμα, αν μια εφαρμογή IoT έχει εφαρμογή σε εξωτερικό χώρο, ο μηχανικός που θα την υλοποιήσει δεν θα μπορεί να τροφοδοτεί την διάταξη με φορτιστή, διότι δεν θα υπάρχει διαθέσιμη πηγή ρεύματος για να συνδεθεί ο φορτιστής σε αυτή. Ένα άλλο παράδειγμα είναι πως μια εφαρμογή, που υλοποιείται σε εσωτερικό χώρο, δεν θα χρησιμοποιήσει το δίκτυο Sigfox για την επικοινωνία μεταξύ κόμβων. Αντιθέτως, θα χρησιμοποιήσει την πιστοποίηση Wi-Fi ή την τεχνολογία Bluetooth γιατί οι δύο αυτές εφαρμογές σε κλειστό χώρο έχουν μεγάλο ποσοστό επιτυχής αποστολής πακέτων, κάτι το οποίο ο κατασκευαστής πρέπει να το λάβει υπόψη του.

4.1 Επιλογές Συνδεσιμότητας

Το πρώτο πράγμα το οποίο πρέπει να τεθεί υπόψη για την υλοποίηση μιας IoT εφαρμογής είναι οι επιλογές συνδεσιμότητας που έχει ο κατασκευαστής για να μπορούν οι συσκευές να επικοινωνούν είτε μεταξύ τους, είτε μέσω κάποιας IP διεύθυνσης, είτε σε ένα κοινό δέκτη που λαμβάνει και επεξεργάζεται τα πακέτα που έστειλαν οι πομποί.

Οι επιλογές συνδεσιμότητας είναι οι εξής:

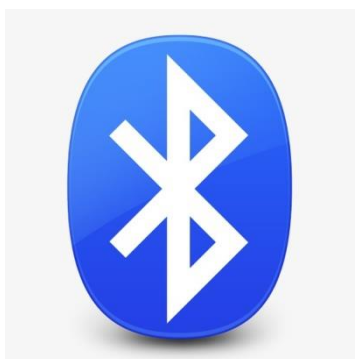
- Bluetooth
- Wi-Fi
- ZigBee
- GSM
- LoRa Alliance
- Sigfox
- NFC
- RFID

Παρακάτω ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των παραπάνω επιλογών συνδεσιμότητας του κατασκευαστή για υλοποίηση μιας IoT εφαρμογής.

4.1.1 Bluetooth

Το Bluetooth ή αλλιώς IEEE 802.15.1 είναι ένα πρότυπο ασύρματης τεχνολογίας για την ανταλλαγή δεδομένων σε σχετικά μικρή απόσταση. Χρησιμοποιεί την ISM ζώνη στα 2.400-2480MHz. Είναι θεμιτό για το δίκτυο WPAN, λόγω της αντικατάστασης των καλωδίων. Η μπάντα του Bluetooth υιοθετεί το φάσμα διασποράς συχνότητας (FHSS-Frequency Hopping Spread Spectrum-). Καταλαμβάνει όλη την ζώνη ISM, χρησιμοποιώντας και τα 79 κανάλια, με το κάθε κανάλι να έχει εύρος 1MHz. Οι τεχνικές διαμόρφωσης που χρησιμοποιεί το Bluetooth είναι GFSK, 4-DQPSK και DPSK. Η απόσταση μετάδοσης αυτής της τεχνολογίας, κυμαίνεται ανάλογα με την ισχύ της. Η κατηγορία 1 με ισχύ εξόδου στα 100mW φτάνει έως και τα 100 μέτρα, ενώ υπάρχει και συσκευή με ισχύ εξόδου στα 25mW που μπορεί να φτάσει έως και 10 μέτρα. [1]

Ο λόγος για την επιλογή Bluetooth, σαν ασύρματη ζεύξη, είναι επειδή είναι λιγότερο δαπανηρή και δεν καταναλώνει πολλή ισχύ. Η τεχνολογία Bluetooth 4.0 καταναλώνει πολλή λιγότερη ενέργεια από τις παραπάνω τεχνικές σύζευξης που αναφέρονται. Χρησιμοποιώντας τα χαμηλού κόστους και χαμηλής ισχύος Bluetooth modules, μπορεί να μειωθεί το κόστος εγκατάστασης των συσκευών IoT. [2]



Εικόνα 12. - Bluetooth Logo. [57]

4.1.2 Wi-Fi

Ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο Wi-Fi (Wireless Fidelity) χρησιμοποιεί ραδιοσυχνότητες (RF) προκειμένου να μεταδώσει και να λάβει δεδομένα μέσω του αέρα. Τα τελευταία χρόνια, η πιστοποίηση Wi-Fi βρίσκει εφαρμογή διεθνώς σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων αυτών της υγείας, της παιδείας καθώς και των απλών κατοικιών. [3]

Το Wi-Fi σημαίνει ασύρματη πιστοποίηση, μια ασύρματη τεχνολογία τοπικής περιοχής που έχει σχεδιαστεί για οικιακή χρήση και περιοχές μικρής εφαρμογής. Το Wi-Fi είναι ένα σύστημα μετάδοσης δεδομένων για να παρέχει ή να επιτρέπει ή να υποστηρίζει, ανεξάρτητα από την τοποθεσία, πρόσβαση στο δίκτυο, μεταξύ διαφορετικών υπολογιστικών συσκευών, χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα. Ο κύριος στόχος του Wi-Fi είναι η παροχή ευρυζωνικής κάλυψης εντός κτιρίων και βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.11, πρότυπο για ασύρματη επικοινωνία κοντινής απόστασης. Αναπτύσσεται για την παροχή κάλυψης σε πανεπιστήμια, ξενοδοχεία, σπίτια, εστιατόρια και αεροδρόμια. Ένα hotspot χρησιμοποιείται για να παρέχει τη δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ διαφορετικών συσκευών για την μεταφορά δεδομένων και το hotspot είναι η περιοχή που καλύπτεται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης (Access Points). Ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης παρέχει σύνδεση σε ένα εύρος ασύρματων συσκευών σε ένα ενσύρματο τοπικό δίκτυο (LAN) για μεταφορά δεδομένων μεταξύ ασύρματων συσκευών και μιας ενσύρματης ενιαίας συσκευής. [4]



Εικόνα 13. - Wi-Fi Logo. [58]

4.1.3 ZigBee

Είναι ένα από τα πιο βασικά πρότυπα ασύρματης επικοινωνίας και χρησιμοποιείται κυρίως για ασύρματα δίκτυα δεδομένων. Λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ισχύος, της απλής ανάπτυξης δικτύου, του χαμηλού κόστους εγκατάστασης και της αξιόπιστης μεταφοράς δεδομένων, αυτό το πρότυπο προτιμάται πιο συχνά από Wi-Fi και Bluetooth. Το ZigBee είναι ενσωματωμένο στο πρότυπο IEEE 802.15.4, λειτουργεί στα 2.4GHz με ρυθμό μετάδοσης στα 250kbps. Όσο αναφορά στην δυνατότητα δικτύωσης, το πρωτόκολλο ZigBee υποστηρίζει τρεις τύπους τοπολογιών επικοινωνίας όπως:

- Σημείο-προς-σημείο
- Από-σημείο-σε-πολλά-σημεία
- Πλέγμα

Οι ενεργοποιημένες συσκευές ZigBee λειτουργούν με χαμηλό κύκλο λειτουργίας, παρέχοντας έτσι μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, γεγονός που τις καθιστά τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες συσκευές για ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Το πρωτόκολλο ZigBee διαθέτει επίσης μαζική δυνατότητα επικοινωνίας, παρέχοντας έτσι ένα ευρύ φάσμα επικοινωνιών και ευρεία περιοχή κάλυψης. [5]



Εικόνα 14. - ZigBee Logo. [59]

4.1.4 GSM

Η εμπορική χρήση του GSM ξεκίνησε το 1991. Προτυποποιήθηκε στην Ευρώπη και η επέκτασή του ήταν ραγδαία. Σχεδιάστηκε για εκπομπή και λήψη στα 900MHz, αλλά αργότερα αποδόθηκε στο πρότυπο η μπάντα των

1800MHz. Στη συνέχεια επικράτησε η κοινή ονομασία GSM [6]. Μετά από χρόνια, κυκλοφόρησε το 4G, με τις εξής δυνατότητες [7]:

- Δυνατότητα παροχής υψηλής ποιότητας υπηρεσιών για υποστήριξη πολυμέσων
- Ταχύτητες μετάδοσης έως και 100Mbps
- Μεγαλύτερος αριθμός χρηστών ανά κελί

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ειδικά η ταχύτητα μετάδοσης, είναι ένα κριτήριο επιλογής της τεχνολογίας GSM για IoT εφαρμογές.



Εικόνα 15. - GSM Logo. [6]

4.1.5 LoRa

Αυτή η πλατφόρμα, προωθείται από την συμμαχία LoRa, η οποία αποτελείται από την IBM, την Semtech και την Actility, μεταξύ και άλλων. Προτείνει μια τοπολογία αστέρα-σε-αστέρες τοπολογία, με ειδικές πύλες που χρησιμεύουν, ως διαφανείς γέφυρες μεταξύ των κόμβων, που βρίσκονται στην άκρη, και το κεντρικό δίκτυο, όπου τα δεδομένα αποθηκεύονται και είναι διαθέσιμα για τον συνδρομητή. Οι κόμβοι που βρίσκονται στην άκρη του δικτύου, συνδέονται στα σημεία πρόσβασης, μέσω συνδέσμων μονού άλματος(one hop), με την χρήση της διαμόρφωσης του πρωτοκόλλου LoRa. Αυτό είναι το CSS, που αναφέρθηκε παραπάνω. Είναι ιδιοκτησία της

Semtech, και απασχολεί ένα ευρύ κανάλι, μέχρι τα 250/500 kHz(Ευρώπη, Αμερική), και παρέχει προσαρμοστικές ικανότητες ρυθμού δεδομένων, για τις ανάγκες ενός, μεταβλητού κέρδους επεξεργασίας. Πρέπει να σημειωθεί, ότι η έννοια αυτή, αντιπροσωπεύει την αναλογία μεταξύ, του ποσοστού των IC'S(ολοκληρωμένα κυκλώματα), και το ποσοστό της βασικής μπάντας επικοινωνίας, και είναι συνήθως γνωστό ως και SF(Spreading Factor). Το SF, της LoRaWan, κυμαίνεται από το 7, μέχρι το 12. Με την χρήση του τελευταίου χαρακτηριστικού, οι κόμβοι, που βρίσκονται στην άκρη του δικτύου, μπορούν να συντονίσουν την ισχύ μετάδοσης, και στο bitrate, στις πραγματικές συνθήκες δικτύου, επιτρέποντας την μείωση, στην κατανάλωση ενέργειας. Επιπρόσθετα, το δίκτυο LoRaWan, ορίζει τρία είδη των συσκευών αιχμής, ανάλογα με τις επιθυμίες ταχύτητας. Οι τάξης A συσκευές, έχουν προγραμματισμένο παράθυρο λήψης, ακριβώς μετά από κάθε ανερχόμενη ζεύξη σύνδεσης. Οι τάξης B συσκευές, έχουν επιπλέον προγραμματιστεί για τα παράθυρα επερχόμενης σύνδεσης, και οι συσκευές τάξης C, έχουν την δυνατότητα να λαμβάνουν μηνύματα, σχεδόν συνέχεια. Τα φύλλα αναφοράς της LoRaWan, ορίζουν την διάρκεια μπαταρίας σε μια συσκευή τάξης A, περίπου στα 5 χρόνια[8].



Εικόνα 16. - LoRa Logo. [60]

4.1.6 Sigfox

Το πρότυπο ασυρμάτων επικοινωνιών Sigfox, είναι ένας από τους αναδυόμενους ηγέτες στα δίκτυα LPWAN, και ένας από τους κύριους συνεισφέροντες του οργανισμού ETSI, για την δημιουργία ενός φερέγγυου προτύπου. Η προσέγγιση της εταιρείας Sigfox, είναι μια παραλλαγή του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, που χρησιμοποιείται για κινητά, αλλά αντί να προσπαθεί να προσφέρει υπηρεσίες στους ανθρώπους που απαιτούν υψηλό εύρος, χαμηλή κατανάλωση και μεγάλη διακίνηση, προσαρμοσμένο σε υπηρεσίες για συσκευές. Ως εκ τούτου, τα πλεονεκτήματα του κυψελοειδούς δικτύου(υψηλή εμβέλεια, εύκολη εγκατάσταση), σε συνδυασμό με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, και χαμηλότερο κόστος. Οι μεταδόσεις είναι σε φάσμα ultra narrow band(UNB), όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με κάθε σήμα να έχει εύρος ζώνης 100Hz. Λόγω της εξαιρετικά στενής κατοχής φάσματος, η συνεισφορά θορύβου είναι πολύ χαμηλή(περίπου 150dBm σε $T=290K$), ως εκ τούτου, το σύστημα έχει την δυνατότητα να αποδιαμορφώνει επιτυχώς, ένα εξαιρετικά χαμηλό σήμα ισχύος(-142dBm).[9]



Εικόνα 17. - SigFox Logo. [61]

4.1.7 NFC

Η τεχνολογία NFC (Near Field Communication), είναι ένα σημαντικό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Χρησιμοποιείται κυρίως για ανέπαφες συναλλαγές. Αναπτύχθηκε από τις εταιρείες Phillips και Sony. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα σύνολο τεχνολογιών μικρής εμβέλειας με απόσταση όχι μεγαλύτερη από τέσσερα εκατοστά, με συχνότητα λειτουργίας στα 13.56MHz, και ρυθμό μετάδοσης από 106 μέχρι 424kbps. Έχει τρεις τρόπους

λειτουργίας, την ανάγνωση/εγγραφή από παθητική συσκευή, την εξομοίωση κάρτας, και peer-to-peer[10].



Εικόνα 18. - NFC Logo. [10]

4.1.8 RFID

Ένα σύστημα RFID αποτελείται από μια ετικέτα και έναν αναγνώστη. Ο αναγνώστης δημιουργεί και μεταδίδει ένα σήμα ανάκρισης (interrogation) στην ετικέτα. Μία ενεργή ετικέτα τροφοδοτεί το μικροσίπ της από μία μπαταρία και μεταδίδει σήμα στον αναγνώστη. Μια παθητική ετικέτα τροφοδοτείται από τον αναγνώστη είτε με μαγνητική επαγωγή (σύζευξη κοντά στο πεδίο) ή με ηλεκτρομαγνητική δέσμευση κύματος (σύζευξη μακριά από το πεδίο). Και οι δύο μέθοδοι μπορούν να μεταφέρουν αρκετή ισχύ σε μια παθητική ετικέτα για την διατήρηση της λειτουργίας της. Η συχνότητα λειτουργίας των συστημάτων που βασίζονται στην τεχνολογία RFID, κυμαίνεται μεταξύ των 100KHz και 30MHz με την χρήση μαγνητικής επαγωγής. Σε αντίθεση, τα συστήματα RFID, που βασίζονται σε συχνότητες μικροκυμάτων (2.45-5.8GHz) λειτουργούν με την σύλληψη του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.[11]



Εικόνα 19. - RFID Logo. [52]

4.2 Επιλογές Υλικού

Στην προηγούμενη ενότητα, αναφέρθηκαν οι επιλογές συνδεσιμότητας που μπορούν να έχουν οι συσκευές IoT. Σε αυτή την ενότητα, θα αναφερθούν οι επιλογές υλικού, ικανές να φέρουν εις πέρας οποιαδήποτε εφαρμογή IoT, δηλαδή να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Οι επιλογές υλικού είναι οι εξής:

- Arduino
- Raspberry Pi
- PIC

4.2.1 Arduino

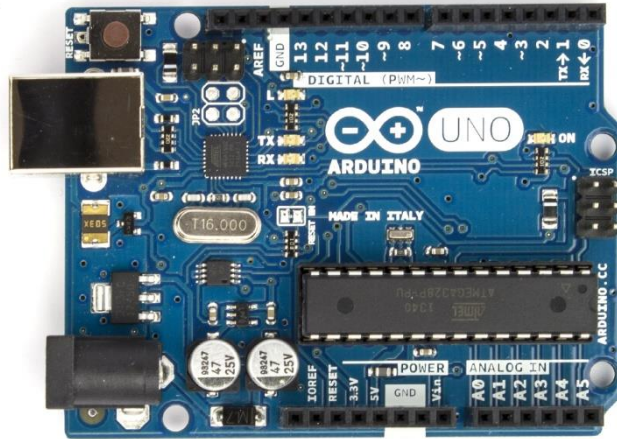
Από τότε που ξεκίνησε η κυκλοφορία του Arduino το 2005 πάνω από 1.000.000 πλακέτες έχουν πωληθεί παγκοσμίως. Υπάρχει η πιθανότητα, ωστόσο, να έχουν πωληθεί παραπάνω πλακέτες που είναι clone, δηλαδή είναι η ίδια πλακέτα απλά την βγάζει σε παραγωγή κάποιος που δεν έχει άδεια. Η δημοτικότητα του αυξάνεται καθώς όλο και περισσότερος κόσμος αντιλαμβάνεται τις δυνατότητες του, την ικανότητα να δημιουργήσει κάποιος κατασκευές με λίγη εμπειρία σε προγραμματισμό. [17, 82]

Το μεγαλύτερο προτέρημα του Arduino έναντι άλλων αναπτυξιακών πλατφόρμων είναι η ευκολία χρήσης από χρήστες, που μόνο με τις βασικές γνώσεις προγραμματισμού μπορούν να αναπτύξουν τα δικά τους έργα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Υπάρχει μεγάλος αριθμός ανθρώπων που χρησιμοποιούν Arduino και μοιράζονται τον κώδικα και το σχηματικό, για να το δουν άλλοι, να το αντιγράψουν ή και να προσθέσουν κομμάτια σε αυτό. [17, 82]

4.2.1.1 Arduino Uno

Το Arduino Uno είναι μια αναπτυξιακή πλακέτα μικροελεγκτή, που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328. Έχει 14 ακίδες που λειτουργούν ως ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι (6 από τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν

PWM έξοδοι), 6 αναλογικές εισοδοί, έναν 16MHz εξωτερικό ταλαντωτή, USB σύνδεση, βύσμα τροφοδοσίας, ICSP ακίδες, και κουμπί επαναφοράς ρυθμίσεων (reset). Περιλαμβάνει τα πάντα που χρειάζεται ο μικροελεγκτής. Απλά συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω καλωδίου USB ή τροφοδοτείται, μέσω του βύσματος τροφοδοσίας, με μπαταρία ή μετασχηματιστή. [12]



Εικόνα 20. - Arduino Uno Development Board. [62]

Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

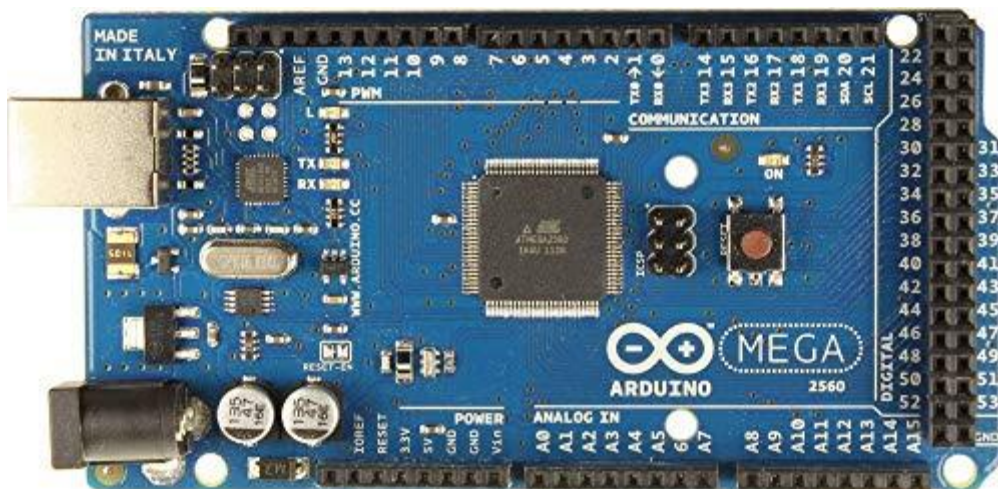
Πίνακας 2. - Χαρακτηριστικά Arduino Uno. [12]

	Σύνοψη
Μικροελεγκτής	ATmega328
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου	7-12V
Όρια τάσης εισόδου	6-20V
Ψηφιακές ακίδες I/O	14 (of which 6 provide PWM output)
Αναλογικές ακίδες εισόδου	6
DC ρεύμα ανά I/O	40mA

DC ρεύμα για 3.3v	50mA
Μνήμη Flash	32KB
SRAM	2KB
EEPROM	1KB
Ταχύτητα ταλαντωτή	16MHz

4.2.1.2 Arduino Mega

Η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Mega βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega2560. Διαθέτει 54 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (εκ των οποίων οι 14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UART (θύρες σειριακής επικοινωνίας), εξωτερικό ταλαντωτή 16MHz, USB σύνδεση, βύσμα τροφοδοσίας, ακίδες για επικοινωνία ICSP, και ένα κουμπί επαναφοράς (RESET). Περιλαμβάνει όλες τις απαραίτητες διατάξεις για υποστήριξη του μικροελεγκτή. Το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεση με έναν υπολογιστή μέσω USB ή η τροφοδοσία του μέσω μπαταριών ή μετασχηματιστή. Η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Mega είναι συμβατή με τις περισσότερες επεκτάσεις για Arduino, με αποτέλεσμα την επέκταση των δυνατοτήτων του. [13]



Εικόνα 21. - Arduino Mega Development Board. [63]

Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

Πίνακας 3. – Χαρακτηριστικά Arduino Mega. [13]

	Σύνοψη
Μικροελεγκτής	ATmega2560
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου	7-12V
Όρια τάσης εισόδου	6-20V
Ψηφιακές ακίδες I/O	54 (of which 14 provide PWM output)
Αναλογικές ακίδες εισόδου	16
DC ρεύμα ανά I/O	40mA
DC ρεύμα για 3.3v	50mA
Μνήμη Flash	256KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Ταχύτητα ταλαντωτή	16MHz

4.2.1.3 Arduino Nano

Η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Nano είναι μια μικρή, ολοκληρωμένη και φιλική ως προς το ράστερ, και βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega168. Έχει περίπου τις ίδιες λειτουργίες με τις παραπάνω αναπτυξιακές πλακέτες που αναφέρθηκαν, αλλά αυτή η συγκεκριμένη αναπτυξιακή πλακέτα συνδέεται μόνο με βύσμα mini-usb και παράγεται από την εταιρεία Gravitech. [14]



Εικόνα 22. - Arduino Mega Development Board. [14]

Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

Πίνακας 4. - Χαρακτηριστικά Arduino Nano. [14]

	Σύνοψη
Μικροελεγκτής	ATmega2560
Τάση Λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου	7-12V
Όρια τάσης εισόδου	6-20V
Ψηφιακές ακίδες I/O	14 (of which 6 provide PWM output)
Αναλογικές ακίδες εισόδου	8
DC ρεύμα ανά I/O	40mA
DC ρεύμα για 3.3v	40mA
Μνήμη Flash	16KB
SRAM	1KB

EEPROM	512B
Ταχύτητα ταλαντωτή	16MHz

4.2.1.4 Raspberry Pi 3 Model B+

Η αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi 3 Model B+ είναι η πιο πρόσφατη έκδοση της σειράς Raspberry Pi 3, με μικροεπεξεργαστή στα 64-bit τεσσάρων πυρήνων που τρέχουν στα 1.4GHz, διπλής ζώνης στα 2.4GHz και 5GHz ασύρματο LAN, Bluetooth 4.2/BLE, πιο γρήγορο Ethernet, και έχει PoE επέκταση, δηλαδή μπορεί να λειτουργήσει μόνο με τη σύνδεσή του στη θύρα Ethernet.

Το ασύρματο LAN διπλής ζώνης έχει πιστοποίηση, δηλαδή είναι δοκιμασμένο σε τελικά προϊόντα με πολύ μεγάλη βελτίωση, με αποτέλεσμα την βελτίωση τόσο σε κόστος, όσο και στο χρόνο αγοράς [15]. Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά του, μπορεί εύκολα να καταλάβει κάποιος, πως αυτή η αναπτυξιακή πλακέτα, μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί και ως προσωπικός υπολογιστής, με τον κατάλληλο προγραμματισμό και την κατάλληλη έξοδο (οθόνη). Επίσης, μπορεί να λειτουργήσει και ως server, αλλά θα ακολουθήσει περαιτέρω ανάλυση παρακάτω στο κεφάλαιο.



Εικόνα 23. - Raspberry Pi 3 Model B+ [15]

Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

Πίνακας 5. - Χαρακτηριστικά Raspberry Pi 3 Model B+ [15]

	Σύνοψη
Επεξεργαστής	Broadcom BCM2837B0, Cortex-A53 64-bit SoC @ 1.4GHz
Μνήμη	1GB LPDDR2 SDRAM
Συνδεσιμότητα	2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN, Bluetooth 4.2, BLE
Πρόσβαση	Extended 40-pin GPIO header
Βίντεο & Ήχος	1 × full size HDMI 4 pole stereo output and composite video port
Πολυμέσα	H.264, MPEG-4 decode (1080p30)
Υποστήριξη κάρτας SD	Micro SD format for loading operating system and data storage
Τάση εισόδου	5V/2.5A DC via micro USB connector Power over Ethernet (PoE)–enabled (requires separate PoE HAT)
Περιβάλλον	Operating temperature, 0–50°C

4.2.1.5 PIC Microcontrollers

Όλοι οι μικροελεγκτές PIC της Microchip είναι αρχιτεκτονικής τύπου RISC, με ξεχωριστή μνήμη εντολών και δεδομένων και ξεχωριστούς διαύλους προσπέλασης των μνημών αυτών. Όλοι οι μικροελεγκτές PIC διαθέτουν ενσωματωμένες:

- Μνήμη RAM
- Μνήμη EEPROM
- Μνήμη ROM
- Πόρτες I/O

Η Microchip διαθέτει μεγάλη ποικιλία μικροελεγκτών (περισσότερους από 100), που περιέχουν εκτός από τις προαναφερόμενες μνήμες και πόρτες I/O πολλά ακόμη περιφερειακά. [17]

Για τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, από την οικογένεια των μικροελεγκτών που προσφέρει η Microchip, επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής, ο οποίος κρίθηκε συμβατός για εφαρμογές IoT από τον συγγραφέα. Το όνομα του μικροελεγκτή είναι PIC18F4550, είναι ευρέως γνωστός στην αγορά των μικροελεγκτών ανά τον κόσμο, και μέχρι πρότινος, χρησιμοποιούταν σε συστήματα συναγερμού, συστήματα πόρτας με κωδικό, και σε πολλές άλλες εφαρμογές. Λόγω της υποστήριξης του σε USB, είναι πολύ εύκολο για τον χρήστη να προγραμματίσει τον εν λόγω μικροελεγκτή μέσω του υπολογιστή. [16]

Ο μικροελεγκτής PIC18F4550 προσφέρει υψηλή υπολογιστική απόδοση με την προσθήκη υψηλής αντοχής και βελτιωμένης μνήμης Flash. Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά, ο PIC18F4550 εισάγει βελτιώσεις σχεδιασμού που καθιστούν αυτούς τους μικροελεγκτές μια λογική επιλογή για πολλές εφαρμογές υψηλής απόδοσης και ακριβείας.



Εικόνα 24. - PIC18F4550. [64]

Τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι:

- Full Speed USB 2.0 (12Mbit/s) interface
- 1K byte dual port RAM + 1K byte GP RAM
- Full speed transceiver
- 16 endpoints (IN/OUT)
- Internal pull up resistors (D+/D-)
- 48MHz performance (12 MIPS)

4.3 Επιλογές Αισθητήρων

Για τη σωστή μέτρηση ποιότητας του αέρα τα αποτελέσματα, που θα εξαχθούν από τους αισθητήρες, πρέπει να είναι σε συγκεκριμένο εύρος. Η περιοχή ανίχνευσης του αισθητήρα πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα και δεν πρέπει να ξεπερνάνε τα όρια. Η μονάδα μέτρησης για τους αισθητήρες είναι ppm (parts per million).

4.3.1 Κριτήρια επιλογής αισθητήρων

Μία από τις προκλήσεις σε αυτό το έργο είναι να προσδιοριστεί ο τύπος των αισθητήρων με βάση το είδος της εφαρμογής και τον τρόπο ανάληψης της μέτρησης από τους αισθητήρες (εξωτερικός, εσωτερικός χώρος). Έτσι, οι αισθητήρες, που θα επιλεγθούν για την ανάπτυξη του έργου, πρέπει να εγκατασταθούν σε μέρος, στο οποίο θεωρείται πως εκεί υπάρχει η μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων, για να πάρουν τις σωστές μετρήσεις. Οι επιλογές αισθητήρων είναι καίριες, καθώς για την μέτρηση ποιότητας του αέρα δεν χρειάζεται αισθητήρας κίνησης, αλλά ούτε και αισθητήρας θερμοκρασίας. Για την ποιότητα μέτρησης του αέρα χρειάζονται αισθητήρες που μετράνε την συσσώρευση αερίων σε ένα μέρος, την συσσώρευση των σωματιδίων σκόνης σε ένα μέρος και συγκεκριμένα τον τύπο των αερίων, που θέλει ο χρήστης να γνωρίζει την ποσότητα που βρίσκεται στο χώρο μέτρησης που έχει ορίσει.

Μερικά από τα κριτήρια επιλογής αισθητήρων είναι τα εξής:

- Κατανάλωση ισχύος: Εφόσον για την παρούσα έκδοση της συσκευής μέτρησης του αέρα ο συγγραφέας επέλεξε να χρησιμοποιήσει μετασχηματιστή για τροφοδοσία της συσκευής, δεν παίζει τόσο καίριο ρόλο. Στην επόμενη έκδοση θα υπάρχει δυνατότητα τροφοδοσίας της συσκευής με μπαταρία και διάρκεια λειτουργίας τουλάχιστον ένα μήνα μετρήσεων.

- **Μέγεθος:** Το μέγεθος παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς δεν είναι θεμιτό ο αισθητήρας να είναι μεγάλος και να καταλαμβάνει χώρο. Άρα ένα κριτήριο είναι οι αισθητήρες να είναι μικροί.
- **Διαμέτρηση:** Η διαμέτρηση είναι σημαντική, καθώς έχει να κάνει με την ποιότητα μέτρησης των αισθητήρων. Ένα ακόμα κριτήριο είναι η ακρίβεια του αισθητήρα και ο χρόνος προθέρμανσής του για μετρήσεις ακριβείας.
- **Κόστος:** Για την ανάπτυξη μιας IoT συσκευής ο συγγραφέας επιδιώκει την επιλογή αισθητήρων καλής ποιότητας, αλλά με το χαμηλότερο κόστος.
- **Ευαισθησία:** Σημαντικό ρόλο για την συσκευή IoT παίζει και η ικανότητα του αισθητήρα να αισθανθεί διαφορά σε περίπτωση που συμβεί κάτι στο χώρο μέτρησης, αλλά και η ταχύτητα που το αντιλαμβάνεται.
- **Διαχωρισμός:** Να μπορούν οι αισθητήρες που μετράνε πολλά αέρια να διαχωρίσουν την αλλαγή σε ένα από αυτά.

Επιλογή αισθητήρα αερίων.

Ακολουθεί ο πίνακας 6., με τις επιλογές αισθητήρων αερίων.

Πίνακας 6. - Πίνακας επιλογής αισθητήρων καπνού. [18]

Τύπος αισθητήρα	3SP_CO_1000 Package 110-102	MQ-2	AS-MLV-P2	NE-4-NEMOTO	Euro-Sensor Eco-sure
Εύρος μέτρησης	0 to 1,000ppm	200ppm-10000ppm	0ppm-20ppm	0 – 1000ppm	0-200ppm
Ακρίβεια	4.75 ± 2.75 ppm	High sensitivity	High sensitivity	75 +/- 15 ppm	200nA+/- 33
Τάση λειτουργίας	0 to 5 mV	5V±0.1	3.0 V	5V	5V
Θερμοκρασία λειτουργίας	-30 to 55 °C	-20°C-50°C	0°C to 50°C	-20°C to +50°C	10- 30 °C
Χρόνος προθέρμανσης	2 hours	Not less than 24 hours	-	No heater	No heater
Χρόνος δειγματοληψίας	15 sec	0.25 sec	< 10sec	< 30 sec	< 30 sec
Διαστάσεις	20.8 x 20.8x7.69	35x 28 x23	9.1x9.1x4.5		
Διαθεσιμότητα	OXI	NAI	OXI	OXI	OXI
Κόστος	20 €	5 €	200 €	150 €	30 €

Από τον παραπάνω πίνακα σύγκρισης, ο AS-MLV-P2 έχει πολύ περιορισμένο εύρος, από τα 0ppm στα 20ppm, που το καθιστά κατάλληλο για εφαρμογή σε εσωτερικό χώρο. Έχει, ωστόσο, το ακριβότερο κόστος από όλους τους αισθητήρες. Εφόσον ο παραπάνω αισθητήρας εξαιρείται, μένουν άλλες τέσσερις επιλογές. Ο αισθητήρας MQ-2 και ο 3SP_CO_1000Package. Ο αισθητήρας MQ-2 έχει μεγαλύτερο εύρος, από τα 200ppm έως τα 10000ppm, αλλά δεν θα δώσει μέτρηση αν υπάρχει κάποια μέτρηση με λιγότερα ή μεγαλύτερα ppm. Επίσης, ο αισθητήρας MQ-2 έχει ευρεία διαθεσιμότητα, είναι φθηνότερος και χρειάζεται 24 ώρες προθέρμανσης, δηλαδή 24 ώρες συνεχούς λειτουργίας για να σταθεροποιηθεί η ευαισθησία του και να καλιμπραρισθεί. Επιπρόσθετα, ο αισθητήρας MQ-2 μετράει και άλλα αέρια, όπως είναι το αέριο (LPG), και τον καπνό.

Με βάση τις παραπάνω παρατηρήσεις και συγκρίσεις, ο αισθητήρας MQ-2 προκύπτει η κατάλληλη επιλογή από άποψη ποιότητας και κόστους και θα χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση της IoT συσκευής για τη μέτρηση ποιότητας του αέρα. Περισσότερες πληροφορίες για τον αισθητήρα MQ-2 περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 5 της διπλωματικής εργασίας.

Για τη σωστή μέτρηση ποιότητας του αέρα, ωστόσο, χρειάζεται και ένας ακόμη τύπος αισθητήρα. Ονομάζεται Dust Sensor και μετράει τη σκόνη που υπάρχει στα σωματίδια του αέρα. Εφόσον η εφαρμογή έχει να κάνει με εσωτερικό χώρο, άρα χαμηλό υψόμετρο, τα αέρια που πρέπει να παίρνουν οι αισθητήρες μετρήσεις είναι πιο συγκεκριμένα.

Ακολουθεί ο πίνακας 7. με τις επιλογές αισθητήρων Dust Sensor.

Πίνακας 7. - Πίνακας επιλογής αισθητήρων σκόνης. [18]

Τύπος αισθητήρα	PPD42NS	SM-PWM-01C	GP2Y1010AU0F
Θερμοκρασία λειτουργίας	0~45°C	-10~45°C	-10 to +65°C

Ανιχνεύσιμο μέγεθος σωματιδίου	>1μm	>1μm	>1μm
Τάση λειτουργίας	5V	5V	-0.3 to +7
Κατανάλωση ρεύματος	90mA	90mA	20mA
Χρόνος σταθεροποίησης	60sec	90sec	90sec
Διαστάσεις &Βάρος	59 × 45 × 22 24g	59 × 46 × 18 20g	46.0 × 30.0 × 17.6 mm
Διαθεσιμότητα	OXI	OXI	NAI
Κόστος	20 €	15 €	6 €

Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά οι αισθητήρες έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά, ειδικά οι δύο πρώτοι είναι σχεδόν όμοιοι, με μια μικρή διαφορά στον χρόνο σταθεροποίησης. Η Τρίτη, όμως, είναι και πιο φθηνή επιλογή και μικρότερη. Για τους παραπάνω λόγους η τρίτη επιλογή είναι η κατάλληλη για την υλοποίηση της IoT συσκευής για την ποιότητα του αέρα.

Εν ολίγοις, ο ιδανικός αισθητήρας θα ταιριάζει με υψηλή ευαισθησία, δυναμική εμβέλεια και σταθερότητα, χαμηλό επίπεδο ανίχνευσης, καλή γραμμικότητα, μικρή υστέρηση και χαμηλό όριο ανίχνευσης. Οι ερευνητές ψάχνουν, συνήθως, για χαρακτηριστικά που να φτάνουν σε κάποιο σημείο τα παραπάνω και αγνοούν τα υπόλοιπα.

Η πρόκληση να γίνει ένας ιδανικός αισθητήρας για ορισμένα αέρια είναι εξαιρετικά δύσκολο, αν καθίσταται δυνατό. Επομένως, οι πραγματικές εφαρμογές, συνήθως, δεν απαιτούν ταυτόχρονα όλους τους αισθητήρες με όλα τα ιδανικά χαρακτηριστικά. Για παράδειγμα, η παρακολούθηση της συγκέντρωσης αερίων σε βιομηχανικές περιοχές δεν χρειάζεται υψηλό όριο ανίχνευσης. Από την άλλη πλευρά, όμως, πρέπει ο χρόνος απόκρισης να είναι σε δευτερόλεπτα ή και λιγότερο, ενώ στην περίπτωση παρακολούθησης του περιβάλλοντος το όριο ανίχνευσης είναι σημαντικό και πολύ μεγαλύτερο από τις συγκεντρώσεις των ρύπων, οι οποίες συνεχώς επιβραδύνουν.

Σε αυτή την διπλωματική εργασία οι αισθητήρες πρέπει να έχουν γρήγορη απόκριση, γρήγορη επαναφορά για την εξασφάλιση του κατάλληλου εύρους των μετρήσεων ppm και της σκόνης.

4.4 Επιλογή Λογισμικού Επικοινωνίας με την συσκευή IoT

Σε θέμα υλικού, έχουν αναλυθεί σχεδόν όλα τα κομμάτια της συσκευής. Αυτό που δεν έχει αναλυθεί, όμως, είναι το κομμάτι της επικοινωνίας με μια πλατφόρμα, η οποία θα δέχεται τις μετρήσεις και θα αλληλεπιδρά με αυτές. Σε αυτή την ενότητα θα αναλυθεί το κομμάτι που θα αποστέλλονται οι μετρήσεις των αισθητήρων και μερικές επιλογές, που υπάρχουν διαθέσιμες στην αγορά.

Οι παρακάτω πλατφόρμες είναι οι εξής:

- Thingworx
- Thing Square
- Thingspeak
- Evrythng
- Every Ware Device Cloud

4.4.1 Thingworx

Πρόκειται για μία πλατφόρμα ανάπτυξης IoT που επιτρέπει στους χρήστες να αναπτύξουν τις δικές τους εφαρμογές. Η επικοινωνία δεδομένων και ο έλεγχος των συσκευών ελέγχεται από το REST πρωτόκολλο. Υπάρχει ένα πλέγμα, που επιτρέπει στον χρήστη να φτιάξει την δική του εφαρμογή, δίχως να χρειαστεί να γράψει κώδικα. Επίσης, επιτρέπει τα κοινωνικά δίκτυα να αλληλεπιδράσουν με χρήστες όπως το Twitter, Google+ και το LinkedIn. Υπάρχει μια μηχανή αναζήτησης που ονομάζεται SQUEAL, όπου χρησιμοποιείται για την ανάλυση δεδομένων, την αναζήτηση και την εύρεση στην βάση δεδομένων στον cloud server της. Υπάρχει επίσης και το λογισμικό Thing watcher, που μεριμνεί για την ασφάλεια και προειδοποιεί τον χρήστη για τυχόν δυσλειτουργίες. [19]

4.4.2 Thing Square

Είναι μια πλατφόρμα που εξασφαλίζει την ασφαλή σύνδεση μεταξύ του πρωτοκόλλου AES. Η εφαρμογή Thing Square είναι μία πύλη, μέσω της οποίας τα πράγματα συνδέονται με την μορφή πλέγματος. Η ορατότητα της συσκευής είναι εντός του πλέγματος.

4.4.3 Thingspeak

Είναι μια πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα για τις εφαρμογές IoT. Συλλέγει δεδομένα από διάφορα αντικείμενα ή αισθητήρες ή μια ιστοσελίδα που μπορεί να στείλει δεδομένα στον cloud server του Thingspeak και μπορούν να απεικονιστούν τα αποθηκευμένα δεδομένα στην ιστοσελίδα Thingspeak. Είναι, επίσης, δυνατόν οι μετρήσεις να συλλέγονται σε συγκεκριμένη ώρα και ημερομηνία που πάρθηκαν. Ακόμη, μπορεί να εκτελέσει ένα πακέτο από διάφορα κανάλια δεδομένων να κατανοηθούν καλύτερα και επιτρέπει στον χρήστη να ενεργεί στο περιβάλλον αποστέλλοντας ειδοποίηση.

4.4.4 EvryThng

Η πλατφόρμα EvryThng είναι μια πλατφόρμα για έξυπνα προϊόντα που συνδέει τα προϊόντα στο διαδίκτυο και παρέχει εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο, όπως μια εφαρμογή βασισμένη στο διαδίκτυο. Χρησιμοποιεί ένα OAuth πρωτόκολλο για τη σύνδεση της εξωτερικής εφαρμογής στα προϊόντα. Κάθε προϊόν είναι ψηφιακά αναγνωρισμένο από την ενεργή ψηφιακή ταυτότητα και μπορεί, ακόμα, να οριστεί το κατώφλι, δηλαδή αν κάποια μέτρηση ξεπεράσει το εύρος, που έχει θέσει ο χρήστης, στέλνει μια ειδοποίηση. Είναι ιδανικό για τεχνολογίες όπως RFID, BLE, NFC.

4.4.5 Every Ware Device Cloud

Η πλατφόρμα Every Ware, μια πλατφόρμα βασισμένη στο πλαίσιο της Eurotech, παρέχει λύση από άκρη σε άκρη και διάφορες υπηρεσίες, όπως η ανάπτυξη API, πίνακας ελέγχου και αναφορές σχετικά με τα δεδομένα που έχουν αποθηκευτεί στον cloud server. Το πρωτόκολλο MQTT χρησιμοποιείται

για επικοινωνία. Παρέχουν, επίσης, πολύ υλικό για να προσφέρουν μία λύση από τέλος σε τέλος (end to end). Επίσης, ο χρήστης μπορεί να λάβει ειδοποιήσεις μέσω SMS, e-mail, τηλεφωνική κλήση και ενημέρωση στον πίνακα ελέγχου. Μπορεί, ακόμα, να ενσωματωθεί με άλλους παρόχους υπηρεσιών όπως τα κοινωνικά δίκτυα.

Παρακάτω υπάρχει ο πίνακας 8. με τις βασικές λειτουργίες των παραπάνω πλατφόρμων που περιγράφηκαν.

Πίνακας 8. - Πίνακας επιλογής πλατφορμών IoT. [19]

Ενσωμάτωση στο Cloud	Πρωτόκολλα Επικοινωνίας	Ασφάλεια	Τύπος ανάλυσης	Περιοδικότητα εφαρμογών
Rest API	MQTT, XMPP, COAP, DDS,	TLS/AES 128	Data Analytics	Οικιακός Αυτοματισμός, Έξυπνη διαχείριση της κυκλοφορίας
Thing square mist	IPV6,RPL, 6lowPAN	AES PROTOCOL, SSL	Data Analytics	Μεταφορά, Οικιακός Αυτοματισμός
Rest API	HTTP	SSL	Data Analytics	Υγεία, Κοινωνικά IoT, Οικιακός αυτοματισμός
Rest API	MQTT,COAP, web sockets	SSL	Data Analytics	Υγεία
Rest API	MQTT v3.1	SSL	Data Analytics	Υγεία

Από τις παραπάνω πλατφόρμες, συμβατές με IoT εφαρμογές, είναι εύκολο να παρατηρήσει κάποιος πως όλες έχουν τον ίδιο τύπο ανάλυσης, που δεν είναι άλλος από Data αναλύσεις. Υπάρχουν κάποιες διαφορές στην ασφάλεια, παρόλο που οι περισσότερες έχουν SSL, και δύο από τις πέντε έχουν και κλειδί AES128. Ο συγγραφέας επέλεξε την εφαρμογή Thingspeak για την ευκολία μετάδοσης της πληροφορίας (των μετρήσεων) και για την αντίδρασή του σε πραγματικό χρόνο. Η περαιτέρω ανάλυση του Thingspeak διακομιστή θα αναφερθεί στο παρακάτω κεφάλαιο.

4.5 Επιλογές Επικοινωνίας (Hardware)

Στην αρχή του κεφαλαίου 4 αναφέρθηκαν οι τρόποι επικοινωνίας της IoT συσκευής με τις διάφορες πλατφόρμες IoT, που περιγράφονται παραπάνω. Δεν υπήρξε αναφορά στα μέσα, τα οποία εξασφαλίζουν αυτή την επικοινωνία. Αυτά τα μέσα είναι έτοιμα modules, τα οποία περιέχουν κάθε μία από τις τεχνικές συνδεσιμότητας που αναφέρονται στην ενότητα 4.1, έρχονται σε επαφή με τον μικροελεγκτή μέσω κώδικα, και λειτουργούν με βάση την προτυποποίηση που έχουν. Παρακάτω, ο συγγραφέας θα αναφερθεί στα πιο συνηθισμένα modules, που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ συσκευών IoT και πλατφόρμες IoT.

- ESP8266-01 Wi-Fi module
- Bluetooth Module Tx & Rx
- GSM module
- XBEE module
- RFID module

4.5.1 ESP8266-01 Wi-Fi module

Αυτό το αυτόνομο σύστημα σε τσιπ (SoC) περιλαμβάνει όλο το πρωτόκολλο TCP/IP και θα επέτρεπε την είσοδο σε Wi-Fi δίκτυο από οποιονδήποτε μικροελεγκτή μπορεί να έχει διεπαφή μαζί του. Μέσω των ακίδων γενικού σκοπού, το module μπορεί να ενσωματωθεί με αισθητήρες ή οποιαδήποτε άλλη συσκευή για την ανάπτυξη συγκεκριμένων εφαρμογών. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Espressif, το ESP8266-01 είναι ένα χαμηλού κόστους, ιδιαίτερα ενσωματωμένο ολοκληρωμένο με μια ολοκληρωμένη και αυτοτελής λύση σύνδεσης σε δίκτυο Wi-Fi. [20]

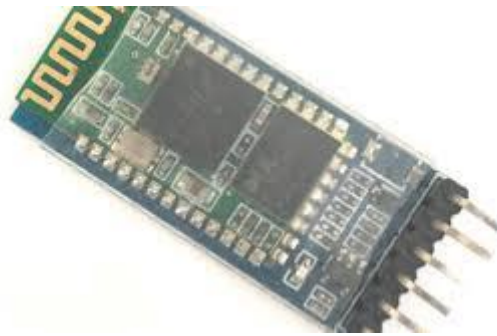


Εικόνα 25. - ESP8266-01. [65]

4.5.2 Bluetooth Module Tx & Rx

Η μονάδα ασύρματης σειριακής θύρας Bluetooth είναι ιδανική για ενσύρματες σειριακές συνδέσεις. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σειριακά για την διεπαφή του μικροελεγκτή με GPS, υπολογιστή για την υλοποίηση της εκάστοτε ενσωματωμένης εφαρμογής. Τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- Μεταφορά δεδομένων TTL μεταξύ μιας συσκευής Bluetooth δέκτη
- Δουλεύει με όλους τους USB αντάπτορες
- Baud Rate:9600
- Ενσωματωμένη κεραία
- Απόσταση έως 20 μέτρα
- Μικρό σε μέγεθος. [21]



Εικόνα 26. - Bluetooth Module. [66]

4.5.3 GSM module

Αυτό το module συνδέεται με τον μικροελεγκτή και παρέχει πρόσβαση στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας το ασύρματο δίκτυο GPRS. Απλά πρέπει να συνδεθεί σειριακά στις ακίδες του εκάστοτε μικροελεγκτή. Ο χρήστης μπορεί, επίσης, να πραγματοποιεί και να λαμβάνει φωνητικές κλήσεις και αποστολή/λήψη μηνυμάτων SMS.



Εικόνα 27. - GSM Module. [67]

4.5.4 XBEE module

Η μονάδα XBEE σχεδιάστηκε για να πληροί το πρότυπο 802.15.4 και υποστηρίζει την μοναδική ανάγκη χαμηλού κόστους, χαμηλής κατανάλωσης ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων. Απαιτεί ελάχιστη ισχύ και παρέχει αξιόπιστη λειτουργία μεταξύ συσκευών. Η μονάδα XBEE λειτουργεί στα 2.4GHz.



Εικόνα 28. - XBee Module. [68]

4.5.5 RFID module

Το RFID module είναι σε θέση να οδηγήσει μια κεραία αναγνώστη/συγγραφέα να επικοινωνεί με τις κάρτες και αναμεταδότες που υποστηρίζουν το ISO/IEC 14443, χωρίς πρόσθετα ενεργά κυκλώματα. Η

μονάδα δέκτη παρέχει μια ισχυρή και αποτελεσματική εφαρμογή, αποδιαμορφώνοντας και αποκωδικοποιώντας σήματα από συμβατές κάρτες και αναμεταδότες που υποστηρίζουν το ISO/IEC 14443. Το ψηφιακό module διαχειρίζεται την πλήρη πλαισίωση ISO/IEC 14443 και τη λειτουργία ανίχνευσης σφαλμάτων. [24]

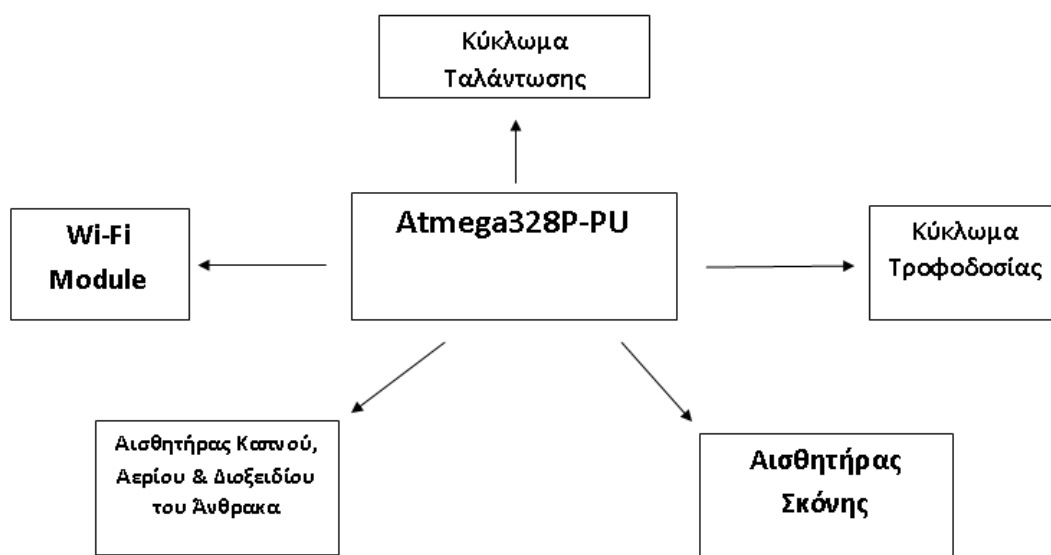


Εικόνα 29. - RFID Module. [69]

Το module, που θα χρησιμοποιήσει ο συγγραφέας για την συσκευή IoT, θα είναι το ESP8266-01 Wi-Fi module λόγω του χαμηλού κόστους, της ευκολίας διεπαφής με τον μικροελεγκτή, της διαθεσιμότητας του στην αγορά και επειδή είναι σχεδιασμένη για οικιακή εφαρμογή, άρα θα παίρνει τροφοδοσία από μετασχηματιστή και δεν πειράζει το γεγονός ότι καταναλώνει πολύ ρεύμα. Στα επόμενα κεφάλαια θα εξηγηθεί πως με κάποιες βελτιστοποιήσεις στον κώδικα διεπαφής του ESP8266-01 με τον μικροελεγκτή, η συσκευή IoT θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εξωτερικούς χώρους, δίχως την έννοια της τροφοδοσίας και της κατανάλωσης ρεύματος.

Κεφάλαιο 5 - Υλοποίηση

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται το μπλοκ-διάγραμμα του συστήματος, στην αρχή ολικά και έπειτα αναλύεται ξεχωριστά η κάθε βαθμίδα της κατασκευής.



Εικόνα 30. - Μπλοκ διάγραμμα του συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας αέρα.

5.1 ATmega328P-PU

Σύμφωνα με το φύλλο δεδομένων του μικροελεγκτή ATmega328P-PU, τα χαρακτηριστικά του είναι:

- Υψηλής απόδοσης, χαμηλής ισχύος AVR 8-bit μικροελεγκτής
- Προηγμένη αρχιτεκτονική RISK
 - 131 οδηγίες ισχύος- Εκτέλεση περισσότερων κύκλων ρολογιού(Clock Cycle Execution)
 - 32x8 Καταχωρητές γενικού σκοπού
 - Ολοκληρωτική στατική λειτουργία
- Τμήματα μνήμης υψηλής αντοχής
 - Εγγραφή/διαγραφή κύκλου: 10.000 Flash/ 100.000 EEPROM
 - Διατήρηση δεδομένων: 20 χρόνια στους 85°C/100 χρόνια στους 25°C

- Προαιρετική επιλογή ανεβάσματος κώδικα, με ανεξάρτητα bits κλειδώματος. Προγραμματισμός συστήματος από πρόγραμμα εκκίνησης ενσωματωμένο στο ολοκληρωμένο\
- Κλείδωμα προγράμματος για ασφάλεια λογισμικού

- Περιφερειακά Χαρακτηριστικά
 - 2 Χρονιστές/ Μετρητές 8-bit με ξεχωριστό Prescaler και λειτουργία σύγκρισης
 - Ένας χρονιστής/μετρητής, 16-bit με ξεχωριστό Prescaler, λειτουργία σύγκρισης και
 - Μετρητής πραγματικού χρόνου με ξεχωριστό ταλαντωτή
 - 6 κανάλια με διαμόρφωση πλάτους παλμού
 - 6 κανάλια 10-bit αναλογικού σε ψηφιακή μέτρηση θερμοκρασίας
 - Προγραμματιζόμενη σειριακή USART
 - Master/Slave SPI Σειριακή διεπαφή
 - Περιλαμβάνει αναλογικό συγκριτή μέσα στο ολοκληρωμένο
 - Περιλαμβάνει pin για διακοπές και αλλαγή κατάστασης

- Ειδικά χαρακτηριστικά μικροελεγκτή
 - Ενεργοποίηση Reset, και προγραμματιζόμενη ανίχνευση χαμηλής τάσης
 - Εσωτερικός καλιμπραρισμένος ταλαντωτής στα 8MHz
 - Εξωτερικές και εσωτερικές πηγές διακοπής
 - 6 καταστάσεις "ύπνου": Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby

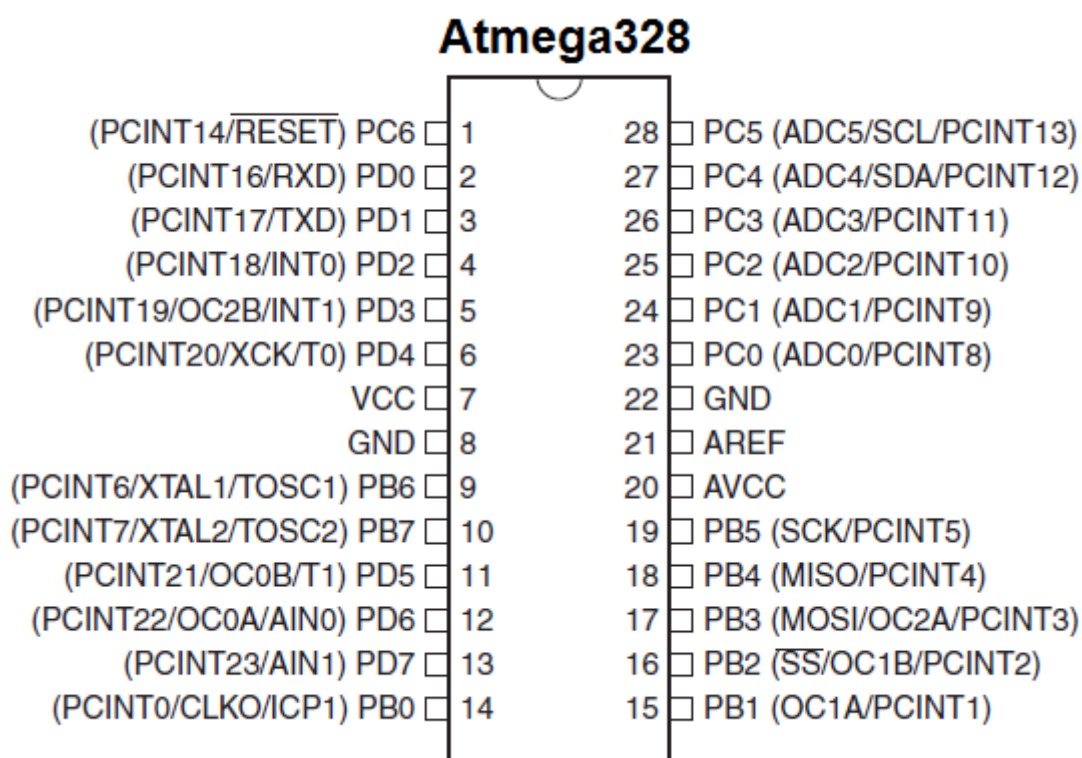
- I/O & πακέτα ολοκληρωμένων
 - 23 προγραμματιζόμενες I/O bits
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF

- Τάση λειτουργίας
 - 1.8-5.5V για το ολοκληρωμένο Atmega328p

- Εύρος θερμοκρασίας

- -40°C-85°C
- Ταχύτητα λειτουργίας
 - ATmega328p:0-4MHz @ 1.8-5.5V- 10MHz @ 2.7-5.5V, 0-20MHz @ 4.5-5.5v
- Χαμηλή κατανάλωση ισχύος στα 1MHz, 1.8, 25°C
 - Ενεργός λειτουργία: 0.3 mA
 - Κατάσταση Power-down: 0.1uA

Παρακάτω φαίνεται η φωτογραφία με το διάγραμμα του μικροελεγκτή, που χρησιμοποιείται για την υλοποίηση του κυκλώματος της εργασίας, και θα μελετηθούν τα pins που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση της συσκευής IoT.



Εικόνα 31. - Διάγραμμα λειτουργίας του μικροελεγκτή ATmega328p [70]

Παραπάνω, φαίνονται τα pins του μικροελεγκτή και θα υπάρξει αναφορά στα pins, που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση του κυκλώματος, και θα εξηγηθεί γιατί προτιμήθηκαν τα συγκεκριμένα.

Pin 1(PCINT14/RESET): Αυτό το pin είναι το pin επαναφοράς του μικροελεγκτή. Όταν τροφοδοτείται με τάση λειτουργίας 1.8-5.5V, το κύκλωμα που έχει τοποθετηθεί μέσα στην μνήμη Flash κάνει reset. Για τον λόγο αυτό τοποθετήθηκε μια αντίσταση 10K (ακολουθεί σχήμα), για να αποτρέπει τον μικροελεγκτή να κάνει επαναφορά (reset).

Pin 7(VCC): Αυτό το pin τροφοδοτείται απευθείας από 1.8-5.5V, επειδή είναι το Pin τροφοδοσίας του μικροελεγκτή.

Pin 8(GND): Αυτό το pin είναι η γείωση του μικροελεγκτή και για να κλείσει κύκλωμα πρέπει να γειωθεί.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Αν σε οποιαδήποτε περίπτωση συνδεθούν ανάστροφα τα δύο παραπάνω Pins, ο μικροελεγκτής θα καεί και δεν θα μπορεί να εκτελέσει άλλο τις εντολές του κώδικα που έχουν εισαχθεί στην μνήμη FLASH.

Pin 20(AVCC): Εκτελεί την ίδια λειτουργία με το Pin 7(VCC), απλά τροφοδοτεί άλλα σημεία του μικροελεγκτή, δηλαδή είναι απαραίτητος για την ομαλή λειτουργία του.

Pin 22(GND): Αυτό το pin είναι η γείωση του μικροελεγκτή και για να κλείσει κύκλωμα, πρέπει να γειωθεί.

Pin 9(PCINT6/XTAL1/TOSC1)): Αυτό το pin χρησιμοποιείται για την σύνδεση του εξωτερικού ταλαντωτή του μικροελεγκτή.

Pin 10(PCINT7/XTAL2/TOSC2): Αυτό το pin χρησιμοποιείται για την σύνδεση του εξωτερικού ταλαντωτή του μικροελεγκτή.

ΠΡΟΣΟΧΗ: Τα δύο παραπάνω pin, που περιγράφηκαν, μπορούν να έχουν κύκλωμα ταλαντωτή μέχρι τα 20MHz και οι πυκνωτές, που συνοδεύουν το κύκλωμα ταλάντωσης, μπορούν να είναι μέχρι 30pF. Επίσης, θα μπορούσαν να μην χρησιμοποιηθούν τα δύο παραπάνω Pin, γιατί ο μικροελεγκτής ATmega328p περιλαμβάνει εσωτερικό ταλαντωτή στα 8MHz. Επιλέχτηκε να χρησιμοποιηθεί εξωτερικός ταλαντωτής για λόγους ταχύτητας και εξοικονόμησης ενέργειας του μικροελεγκτή, διότι για τη διεπαφή του με το

WiFi module καταναλώνει ήδη αρκετή ισχύ (250mA), αλλά με τον σωστό προγραμματισμό του μικροελεγκτή μπορεί να αποφευχθεί. Οι παραπάνω λόγοι θα αναπτυχθούν παρακάτω στο κεφάλαιο 5.

Pin 23(PC0 ADC0/PCINT8): Το pin 23 χρησιμοποιείται για τη διεπαφή του με τον αισθητήρα καπνού, αερίου και διοξειδίου του άνθρακα, που είναι γνωστός με την ονομασία "MQ-2". Το συγκεκριμένο Pin έχει αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα και με την βοήθεια του κώδικα, που αναπαριστάται παρακάτω, βοηθάει στο διάβασμα των τιμών από τον αισθητήρα.

Pin 28(ADC5/SCL/PCINT12): Το pin 28 χρησιμοποιείται για τη διεπαφή του με τον αισθητήρα σκόνης, λόγω του ADC5, δηλαδή, όπως παραπάνω το pin 28, περιλαμβάνει και εκείνο αναλογικό σε ψηφιακό μετατροπέα και με τη βοήθεια του κώδικα, που αναπαρίσταται παρακάτω, βοηθάει στο διάβασμα των τιμών από τον αισθητήρα.

Pin 4(PCINT18/INT0): Ίσως, ένα από τα σημαντικότερα pin στον μικροελεγκτή και ένας από τους λόγους που επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος τύπος μικροελεγκτή, εκτός από την ευελιξία του στον προγραμματισμό, περιλαμβάνει και την λειτουργία RXD. Η λειτουργία RXD ενεργοποιείται εν μέσω του προγράμματος και συνδέεται το WiFi module για να λαμβάνει τις τιμές που μετρήθηκαν από τους αισθητήρες.

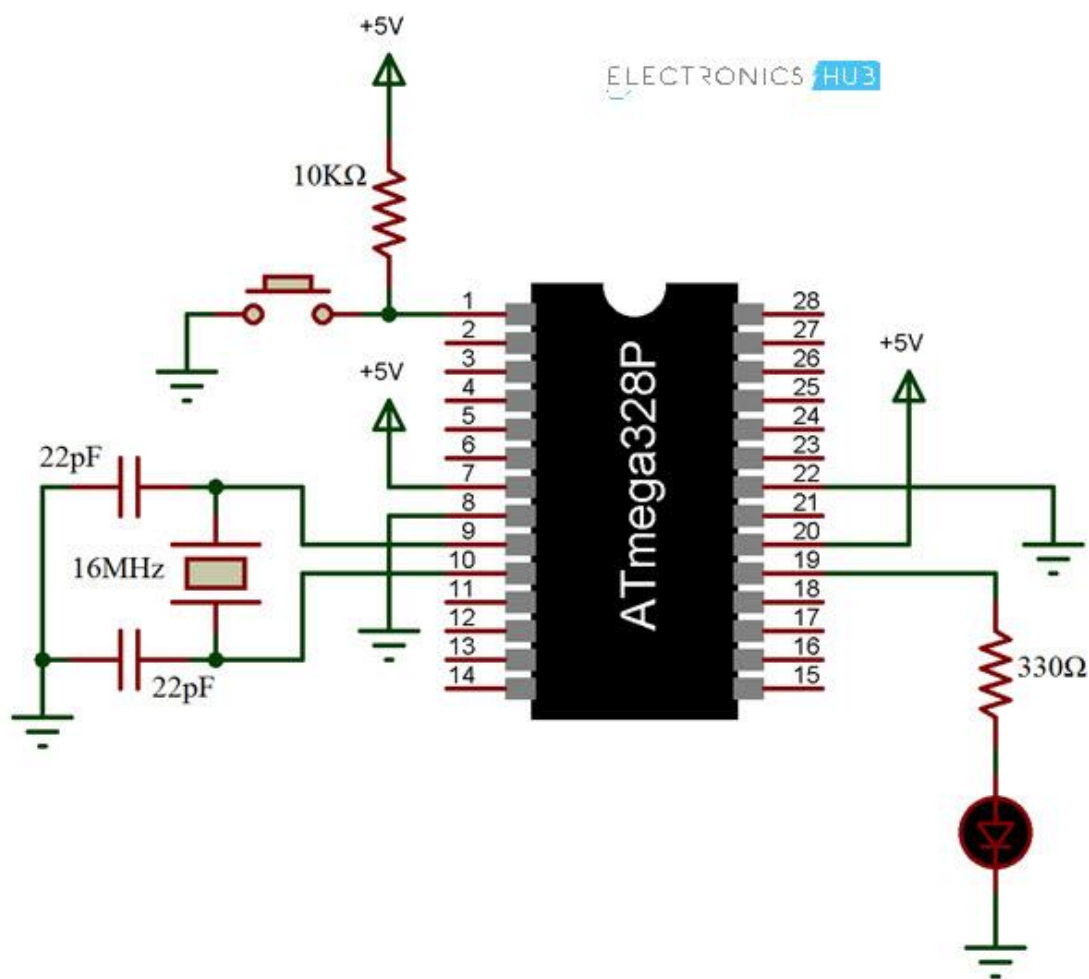
Pin 5(PCINT19/INT1): Ίσως, ένα από τα σημαντικότερα pin στον μικροελεγκτή, και ένας από τους λόγους που επιλέχθηκε ο συγκεκριμένος τύπος μικροελεγκτή, εκτός από την ευελιξία του στον προγραμματισμό, περιλαμβάνει και την λειτουργία TXD. Η λειτουργία TXD ενεργοποιείται εν μέσω του προγράμματος και συνδέεται το WiFi module για να παραπέμπει τις τιμές αυτές, μέσω της σειριακής επικοινωνίας UART, στην πλατφόρμα Thingspeak. Για την πλατφόρμα Thingspeak θα υπάρξει αναφορά παρακάτω στο κεφάλαιο 5.

Pin 13(PCINT23/AIN1): Το pin 13 συνδέεται με τον αισθητήρα σκόνης και επιλέχθηκε για ευελιξία σχεδίασης της πλακέτας, και επίσης ο αισθητήρας σκόνης περιλαμβάνει και αναλογικό pin, αλλά και ψηφιακό. Είναι αναγκαίο,

λοιπόν, για τη σωστή μέτρηση των σωματιδίων σκόνης να συνδεθεί ο αισθητήρας στο συγκεκριμένο pin.

5.2 Κύκλωμα Ταλάντωσης

Παρακάτω φαίνεται μια φωτογραφία, που περιλαμβάνει το βασικό κύκλωμα του μικροελεγκτή ATmega328p, δίχως την τοποθέτηση ακόμα των αισθητήρων και του WiFi module.



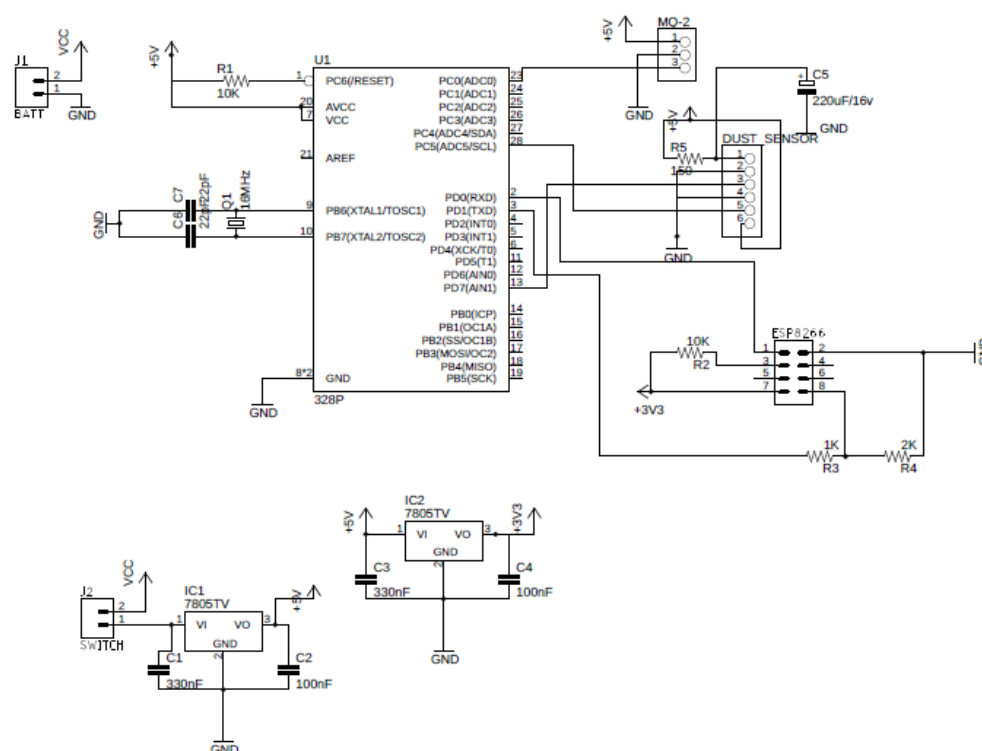
Εικόνα 32. - Βασικό κύκλωμα ταλάντωσης του μικροελεγκτή ATmega =328p [71]

Όπως διακρίνεται στην εικόνα 32., για την ανάγκη περισσότερης ταχύτητας εκτέλεσης των εντολών ο κρύσταλλος έχει την τιμή 16MHz και οι πυκνωτές την τιμή 22pF για ομαλοποίηση του σήματος. Τα pins 7 και 20 συνδέονται στην τροφοδοσία. Τα pins 8 και 22 συνδέονται στην γείωση. Το pin 1 συνδέεται εν μέσω αντίστασης στην τροφοδοσία και, προαιρετικά, μπαίνει και ένας διακόπτης push-on, σε περίπτωση που το πρόγραμμα μπει σε ατέρμων βρόγχο, να ξανακάνει έναυση του κύκλου λειτουργίας του προγράμματος, δηλαδή να κάνει reset.

5.3 Κύκλωμα Τροφοδοσίας

Το κύκλωμα τροφοδοσίας της πλακέτας IoT περιλαμβάνεται από ένα τροφοδοτικό στα 9V με ισχύ στο 1A, έναν σταθεροποιητή τάσης, από τα 9V στα 5V για να μπορέσει να τροφοδοτήσει τον μικροελεγκτή ATmega328p, και τους αισθητήρες. Για το WiFi module χρησιμοποιείται ένας ακόμα σταθεροποιητής τάσης, επειδή, σύμφωνα με το φύλλο δεδομένων της εταιρείας Esspesiff, η τάση λειτουργίας του είναι από 3-3.7V. Για να μπορέσει το WiFi module να συνδεθεί στο διαδίκτυο, θα πρέπει ο σταθεροποιητής τάσης να παρέχει 3.3V, τάση δηλαδή που άγει το WiFi module, και επίσης να μπορεί να αντέχει ρεύμα μέχρι 900mA, διότι στα κυκλώματα που σχεδιάζονται πάντα το ρεύμα, που διαρρέει το κύκλωμα, πρέπει να είναι τρεις φορές λιγότερο από την ανοχή των υλικών για να αποφευχθούν ατυχήματα και το κύκλωμα να λειτουργεί όπως είναι προγραμματισμένο.

Παρακάτω φαίνεται το σχηματικό της πλακέτας. Σχεδιάστηκε από τον συγγραφέα, μέσω του σχεδιαστικού πακέτου Eagle CAD version 9.2.2, και συνδέει τον μικροελεγκτή με τους αισθητήρες και το WiFi module.



Εικόνα 33. - Σχηματικό διάγραμμα συσκευής IoT.

Παραπάνω στην εικόνα 33., διακρίνονται στο διάγραμμα όλα όσα περιγράφηκαν στις παραπάνω ενότητες, από την επιλογή του μικροελεγκτή και την ανάλυση των χαρακτηριστικών του ως και την επιλογή των κυκλωμάτων τροφοδοσίας των διαφόρων βαθμίδων του κυκλώματος.

5.3.1 Περιγραφή λειτουργίας κυκλώματος

Η αρχή του κυκλώματος ξεκινάει από τον κοινέκτορα 2 pin (J1), ο οποίος επωνομάζεται ως BATT, είναι δηλαδή η θέση στην οποία τοποθετείται η κεντρική τροφοδοσία του κυκλώματος. Έπειτα, διακρίνεται ένας ακόμα κοινέκτορας 2 pin (J2), ο οποίος ονομάζεται SWITCH, είναι δηλαδή ο διακόπτης, που επιτρέπει την τροφοδοσία να περάσει στο κύκλωμα και να την τροφοδοτήσει. Έπειτα, αφού ο διακόπτης μπει στην θέση ON, φαίνεται ο σταθεροποιητής τάσης, ο οποίος σταθεροποιεί την τάση από τα 9V στα 5V, και τοποθετήθηκε και ανάλογο κύκλωμα αποθρομβοποίησης του σήματος, εν

μέσω των πυκνωτών C1, και C2. Από το pin 3 του σταθεροποιητή τάσης, βλέπουμε ότι τα 5V που οδηγεί, καταλήγουν στα pins 1,20 και 7 του μικροελεγκτή, στο pin 1 του αισθητήρα MQ-2, και στα pins 1 και 6 του αισθητήρα σκόνης. Επίσης, τα 5V πάνε και στον σταθεροποιητή τάσης, ο οποίος κατεβάζει την τάση από τα 5V στα 3.3V για να μπορέσει να τροφοδοτήσει το WiFi module, το οποίο ονομάζεται ESP8266. Περαιτέρω ανάλυση για το ESP8266 θα βρεθεί παρακάτω στο κεφάλαιο 5. Επίσης, διακρίνεται το κύκλωμα ταλάντωσης του μικροελεγκτή, στα pins 9 και 10. Στα pins 8 και 22 υπάρχει γείωση. Στα pins 2 και 3 συνδέονται αντίστοιχα τα pins που εξασφαλίζουν σειριακή επικοινωνία του μικροελεγκτή και του ESP8266, δηλαδή το Rx και Tx. Το Rx πρέπει αναγκαστικά να δέχεται τάση μέχρι 3.3V, εξού και ο διαιρέτης τάσης, από τις αντιστάσεις R3 και R4, διότι, όταν οποιοδήποτε pin του μικροελεγκτή ATmega328p είναι σε κατάσταση HIGH, η τάση του είναι στα 5V. Το pin 7 του ESP8266 συνδέεται στην τροφοδοσία και το pin 3, μέσω της αντίστασης R2, συνδέεται και αυτό στην τροφοδοσία. Το pin 1 συνδέεται απευθείας στο pin 2 του μικροελεγκτή και είναι οι τιμές που στέλνει το ESP8266 στον μικροελεγκτή. Το pin 2 του ESP8266 συνδέεται στην γείωση. Παρακάτω θα ακολουθήσει και επεξήγηση του κώδικα που χρησιμοποιήθηκε για την σύνδεση όλων των κομματιών hardware που χρησιμοποιήθηκαν για την συσκευή IoT.

5.4 Αισθητήρας καπνού, διοξειδίου του άνθρακα και αερίου

Γενικά

Το ευαίσθητο υλικό του MQ-2 αισθητήρα καπνού είναι το SnO₂, το οποίο έχει χαμηλή αγωγιμότητα στον καθαρό αέρα. Όταν υπάρχει εύφλεκτο αέριο, η αγωγιμότητα του αισθητήρα αυξάνεται μαζί με την συγκέντρωση καπνού. Οι χρήστες μπορούν να μετατρέψουν την αλλαγή της αγωγιμότητας, αντιστοιχίζοντας το σήμα εξόδου της συγκέντρωσης καπνού, μέσω ενός απλού κυκλώματος.

Ο αισθητήρας MQ-2 είναι πολύ ευαίσθητος στο προπάνιο και στον καπνό, μπορεί να ανιχνεύσει το φυσικό αέριο και άλλα εύφλεκτα υλικά εξίσου καλά.

Έχει χαμηλό κόστος και είναι κατάλληλο για διάφορες εφαρμογές ανίχνευσης εύφλεκτων υλικών.

Χαρακτηριστικά

Είναι ευαίσθητο στο προπάνιο, τον καπνό σε μεγάλο εύρος και έχει πλεονεκτήματα, όπως την μεγάλη διάρκεια ζωής, και το κύκλωμα οδήγησης του είναι αρκετά απλό.

Βασικές Εφαρμογές

Χρησιμοποιείται ευρέως σαν οικιακός συναγερμός διαρροής αερίου, σαν ανιχνευτής εύφλεκτων υλικών σε βιομηχανικό περιβάλλον και σαν αισθητήρας ελέγχου της ποιότητας του αέρα.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Πίνακας 9. – Τεχνικά χαρακτηριστικά MQ-2 [72]

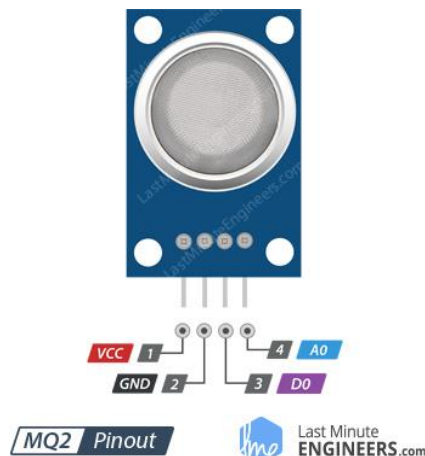
Μοντέλο	MQ-2
Τύπος αισθητήρα	Ημιαγωγός
Τυπική ενθυλάκωση	Μεταλλικό καπάκι
Στοχευόμενα αέρια	Εύφλεκτα υλικά, καπνός
Εύρος ανίχνευσης	300~10000ppm (εύφλεκτο αέριο)
Χρόνος Προθέρμανσης	48 ώρες

Συνθήκες που πρέπει να αποφεύγονται:

- Συμπύκνωση νερού
 - Σε συνθήκες εσωτερικού χώρου, η ελαφριά συμπύκνωση του νερού επηρεάζει ελαφρώς την απόδοση του αισθητήρα. Ωστόσο, εάν η συμπύκνωση έρχεται σε επαφή με τον αισθητήρα για μια μακρά χρονική περίοδο, αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της ευαισθησίας των αισθητήρων.
- Χρήση σε υψηλή συγκέντρωση αερίων

- Ανεξάρτητα από το αν ο αισθητήρας είναι ενεργός ή όχι, αν τοποθετηθεί σε περιβάλλον με υψηλή συγκέντρωση αερίων για μεγάλο χρονικό διάστημα, τα χαρακτηριστικά του αισθητήρα θα επηρεαστούν. Αν η φωτιά έρθει σε επαφή με τον αισθητήρα, αυτό θα προκαλέσει μεγάλη ζημιά.
- Χρόνια αποθήκευση
 - Η αντίσταση των αισθητήρων θα επηρεάζεται, αν δεν τροφοδοτείται για αρκετό καιρό, και αυτή η αλλαγή στην απόδοση του αισθητήρα επηρεάζεται και από τις συνθήκες που στεγάζεται και μένει ανενεργός. Ο αισθητήρας πρέπει να στεγάζεται σε αδιάβροχη σακούλα χωρίς την χημική ένωση πτητικού πυριτίου.
- Εκτεθειμένος σε δυσμενές περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα
 - Δεν έχει σημασία αν ο αισθητήρας είναι σε ενεργή κατάσταση ή όχι, εάν εκτίθεται σε δυσμενές περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα, δηλαδή βρίσκεται σε μέρος με πολύ υψηλή θερμοκρασία, πολύ υψηλή υγρασία, πολύ υψηλή ρύπανση, θα επηρεάσει άσχημα την απόδοση του αισθητήρα.

Διάγραμμα του MQ-2



Εικόνα 34. - Αισθητήρας καπνού MQ-2 [73]

Στην εικόνα 34. διακρίνεται ο αισθητήρας MQ-2 και η συνδεσμολογία του, που αποτελείται από την τροφοδοσία VCC, την γείωση GND, το ψηφιακό pin και το αναλογικό. Για την υλοποίηση της συσκευής IoT, χρησιμοποιήθηκε το αναλογικό pin, για διάβασμα των τιμών αερίου, διοξειδίου του άνθρακα και καπνού.

Κώδικας για την διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα καπνού MQ-2

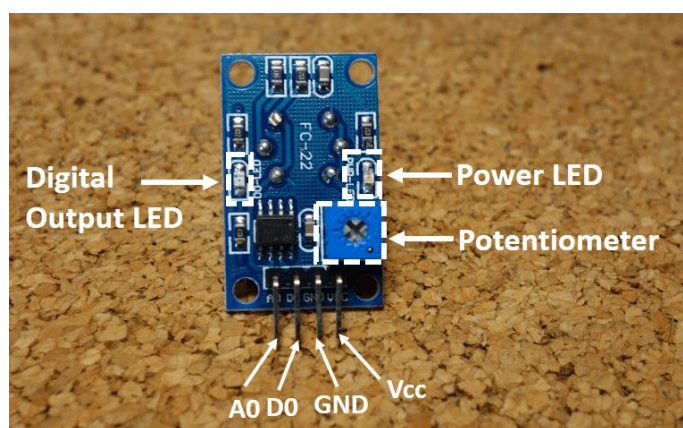
```
#include <MQ2.h>
int Analog_Input=A0;
int lpg, co, smoke;
MQ2 mq2(Analog_Input);
mq2.begin(); // Start mq-2 sensor
pinMode(ledPower,OUTPUT);
void loop(){
  * 1 = LPG in ppm
  * 2 = CO in ppm
  * 3 = SMOKE in ppm
  float* values= mq2.read(true); //set it false if you don't
  want to print the values in the Serial
  //lpg = values[0];
  lpg = mq2.readLPG();
  //co = values[1];
  co = mq2.readCO();
  //smoke = values[2];
```

Εικόνα 35. - Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα MQ-2.

Με τη βιβλιοθήκη MQ2 μπορούμε να διαβάσουμε συγκεκριμένα δεδομένα. Στην προκειμένη περίπτωση, το pin A0 είναι η αναλογική είσοδος του αισθητήρα και με την εντολή `float*values=mq2.read(true)`: διαβάζει όλα τα δεδομένα, από το αναλογικό pin του αισθητήρα, με τις παρακάτω εντολές:

- `float lpg = mq2.readLPG();`
- `float co = mq2.readCO();`
- `float smoke = mq2.readSmoke();`

Διαβάζει συγκεκριμένα σε πραγματικό χρόνο τις τιμές του αερίου(LPG), του διοξειδίου του άνθρακα(CO₂) και του καπνού(Smoke). Για την ομαλή λειτουργία του αισθητήρα, όπως φαίνεται στο φύλλο δεδομένων, πρέπει να περάσει ένας συγκεκριμένος χρόνος προθέρμανσης(preheat time). Ο χρόνος αυτός για τον συγκεκριμένο αισθητήρα είναι στις 48 ώρες. Αυτή η διαδικασία χρειάζεται να γίνει μόνο μια φορά, και μετά το διάβασμα τιμών θα κυλάει ομαλά και ο αισθητήρας θα είναι πιο ευαίσθητος σε αύξηση ή μείωση των τιμών που μετράει. Επίσης, στην πίσω πλευρά του MQ-2 αισθητήρα υπάρχουν 2 LED. Το ένα υποδεικνύει ότι ο αισθητήρας είναι ενεργός και το δεύτερο, αν είναι ανοιχτό, σημαίνει πως το ψηφιακό pin του αισθητήρα είναι σε κατάσταση HIGH, δηλαδή υπάρχει στο εύρος του ένα από τα αέρια που μετράει.



Εικόνα 36. - Πίσω μέρος του αισθητήρα MQ-2 [74]

5.5 Αισθητήρας σκόνης

Έπειτα από έρευνα πολλών αισθητήρων σκόνης, που βρίσκεται στο κεφάλαιο 2, ο συγγραφέας κατέληξε στον αισθητήρα SHARP GP2Y1010AU0F Compact Optical Dust Sensor. Σύμφωνα με το φύλλο δεδομένων του οπτικού αισθητήρα σκόνης, το μοντέλο GP2Y1010AU0F είναι ένας αισθητήρας σκόνης, που αποτελείται από έναν οπτικό μηχανισμό.

Αυτός ο μηχανισμός αποτελείται από ένα υπέρυθρο LED και ένα φωτοτρανζίστορ, που τοποθετούνται διαγώνια μέσα σε αυτή την συσκευή. Ανιχνεύει το ανακλώμενο φως της σκόνης στον αέρα. Συγκεκριμένα, είναι

πολύ αποτελεσματικό στην ανίχνευση πολύ λεπτών σωματιδίων, όπως για παράδειγμα τον καπνό από ένα τσιγάρο. Επιπρόσθετα, μπορεί να διαχωρίσει διάφορα σωματίδια σκόνης, όπως την σκόνη του τσιγάρου και την σκόνη σε οικιακό περιβάλλον, λόγω του προτύπου παλμού της τάσης εξόδου.

Χαρακτηριστικά

- Συμπαγές, λεπτό πακέτο, με διαστάσεις μόνο 46x30x17.6mm
- χαμηλό ρεύμα κατανάλωσης(Icc: MAX. 20mA)
- Η παρουσία σκόνης μπορεί να ανιχνευθεί από την φωτομετρία μόνο ενός παλμού
- Διαχωρισμός καπνού από σκόνη
- Έχει πιστοποίηση RoHS

Εφαρμογές

- Ανίχνευση σκόνης στον αέρα
- Παράδειγμα: Αφυγρανήρας, κλιματιστικό, συσκευή ανίχνευσης ποιότητας του αέρα

Μέγιστες εκτιμήσεις

Πίνακας 10. – Μέγιστες εκτιμήσεις SHARP GP2Y1010AU0F [43]

Παράμετρος	Σύμβολο	Εκτίμηση	Μονάδα Μέτρησης
Τάση Τροφοδοσίας	Vcc	-0.3 έως +7	V
Τάση ακροδεκτών εισόδου	Vled	-0.3 έως Vcc	V
Τάση λειτουργίας	Tope	-10 έως +65	°C
Θερμοκρασία κόλλησης	Tsol	-20 έως +80	°C

Σημειώσεις φύλλου δεδομένων

- Καθαρισμός συσκευής
 - Δεν πρέπει να καθαριστεί η συσκευή, διότι υπάρχει μια περίπτωση να χαλάσει η ευαισθησία του αισθητήρα.
- Εύρος παλμού εισόδου

- Για την αξιοπιστία της μέτρησης, πρέπει να τηρηθούν οι τιμές που αναφέρονται πιο πάνω σχετικά με την τιμή εισόδου του LED του αισθητήρα.
- Προσκόλληση σκόνης
 - Υπάρχει μια περίπτωση αυτή η συσκευή να μην μπορέσει να μετρήσει σωστά την πυκνότητα της σκόνης, επειδή η σκόνη προσκόλλησε στο εσωτερικό του αισθητήρα, στον χώρο όπου βρίσκεται ο εκπομπός και το LED υπερύθρων. Η δομή και ο μηχανισμός της συσκευής πρέπει να προστατεύονται για να προστατευτεί το οπτικό μέρος της από την προσκόλληση σκόνης. Αν γίνει αυτό, πρέπει να καθαριστεί προσεκτικά με σκούπα ηλεκτρική. Επιπρόσθετα, δεν πρέπει ο αισθητήρας να έρθει σε επαφή με ουσίες που έχουν την τάση να προσκολληθούν και να μην μπορούν να καθαριστούν. Για παράδειγμα, αν στο οπτικό μέρος της συσκευής μπει λάδι, θα προκαλέσει βλάβη στον αισθητήρα.
- Οπτική έξοδος
 - Κατά τον σχεδιασμό του κυκλώματος να επιτραπεί ο υποβιβασμός της οπτικής εξόδου, με αποτέλεσμα την επιμήκυνση διάρκειας ζωής του αισθητήρα. Για παράδειγμα, αν πέσει στο 50 τοις εκατό, ο αισθητήρας έχει πέντε χρόνια λειτουργίας.
- Ξεβίδωμα
 - Δεν πρέπει να ξεβιδωθεί η συσκευή, επειδή δεν θα πληροί τις προϋποθέσεις του φύλλου δεδομένων.
- Επιρροή Θορύβου
 - Εάν η συσκευή τοποθετηθεί κοντά σε πηγή θορύβου, για παράδειγμα ηλεκτρικός συλλέκτης σκόνης, η έξοδος θα επηρεαστεί από οδηγούμενο θόρυβο, επιπρόσθετα με τον θόρυβο που μπορεί να υπάρχει από την τροφοδοσία του αισθητήρα. Κατά τον σχεδιασμό του κυκλώματος, πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιρροή θορύβου στον αισθητήρα.
- Επιρροή δονήσεων

- Ο αισθητήρας μπορεί να αλλάξει την τιμή εξόδου του, αν βρίσκεται υπό μηχανική ταλάντωση. Πριν την χρήση, πρέπει να λειτουργεί ο αισθητήρας ομαλά στην εφαρμογή για να μην επηρεάζεται.
- Επιρροή του φωτός στην οπτική έξοδο
 - Υπάρχει μια περίπτωση η έξοδος του αισθητήρα να επηρεάζεται όταν το εξωτερικό φως περνάει από την εσοχή στο κέντρο του αισθητήρα. Για την αποφυγή επιρροής από πηγές εξωτερικού φωτός, ο αισθητήρας πρέπει να τοποθετηθεί προς το εσωτερικό της εφαρμογής από την εκτυπωμένη πλευρά του.
- Όταν το εσωτερικό του αισθητήρα είναι ενυδατωμένο, η συσκευή δεν κρατάει τη σωστή λειτουργία του. Η εφαρμογή, που θα σχεδιαστεί, πρέπει να προστατέψει τον αισθητήρα από ενυδάτωση.



Εικόνα 37. - Αισθητήρας σκόνης Sharp GP2Y1010AU0F [75]

Κώδικας για την διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα σκόνης Sharp GP2Y1010AU0F

```
int measurePin = A7;
int ledPower = 12;
unsigned int samplingTime = 280;
unsigned int deltaTime = 40;
unsigned int sleepTime = 9680;
float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(ledPower,OUTPUT);
}
void loop(){
  digitalWrite(ledPower,LOW);
  delayMicroseconds(samplingTime);
  voMeasured = analogRead(measurePin);
  delayMicroseconds(deltaTime);
  digitalWrite(ledPower,HIGH);
  delayMicroseconds(sleepTime);
  calcVoltage = voMeasured*(5.0/1024);
  dustDensity = 0.17*calcVoltage-0.1;
  if ( dustDensity < 0)
  {dustDensity = 0.00; }
  Serial.println("Raw Signal Value (0-1023):");
  Serial.println(voMeasured);
  Serial.println("Voltage:");
  Serial.println(calcVoltage);
  Serial.println("Dust Density:");
  Serial.println(dustDensity);
```

Εικόνα 38. - Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη διεπαφή του μικροελεγκτή ATmega328p με τον αισθητήρα Sharp GP2Y1010AU0F

Για να μπορέσει ο αισθητήρας να διαβάσει τα σωματίδια σκόνης που υπάρχουν σε ένα περιβάλλον, πρώτα πρέπει να οριστούν οι μεταβλητές και οι συναρτήσεις, έπειτα να ξεκινήσει την λειτουργία του με την εντολή Serial.begin και στην συνάρτηση void loop να παίρνει την έξοδο του αισθητήρα από το pin A7 του μικροελεγκτή A7, και εμμέσω τύπων που φαίνονται παραπάνω, να υπολογίζει την έξοδο που μετρήθηκε, την έξοδο που υπολογίστηκε και την πυκνότητα του αέρα. Για την IoT συσκευή, που κατασκευάστηκε, εμφανίζεται

στην πλατφόρμα Thingspeak μόνο η τιμή Dust Density, δηλαδή η πυκνότητα του αέρα, διότι σε μια συσκευή μέτρησης της ποιότητας του αέρα, από τις τρεις τιμές που υπολογίζει ο αισθητήρας, αυτή της πυκνότητας σωματιδίων σκόνης είναι η πιο σημαντική που θέλει ο χρήστης να δει.

5.6 Wi-Fi Module ESP8266-01

Το χαρακτηριστικό αυτής της κατασκευής, που το καθιστά συσκευή IoT, οφείλεται στην ικανότητα της να συνδεθεί στο διαδίκτυο με την ιδιότητα του TCP client, να μπορεί να στείλει τις μετρήσεις που παίρνει και να τις ανεβάζει σε πραγματικό χρόνο σε μια διεύθυνση IP στην ιστοσελίδα Thingspeak. Τέτοια συσκευή δεν είναι άλλη από το Wi-Fi module ESP8266-01, παγκοσμίως γνωστό, για την ιδιότητα του να συνδεθεί στο διαδίκτυο είτε ως client, είτε ως server.

Σύμφωνα με το φύλλο δεδομένων της Espressif, της εταιρείας που κατασκευάζει το μοντέλο ESP8266-01, με τις πλήρεις και αυτοτελείς δυνατότητες δικτύωσης Wi-Fi, το ESP8266-01 μπορεί είτε ως ανεξάρτητη εφαρμογή, είτε ως υποτελής σε μια μονάδα MCU. Όταν το ESP8266-01 έχει το πρόγραμμα περασμένο στην μνήμη FLASH, η ενσωματωμένη cache μνήμη υψηλής ταχύτητας συμβάλλει στην αύξηση της απόδοσης του συστήματος και της βελτιστοποίησης της μνήμης του συστήματος. Επίσης, το ESP8266-01 μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε σχέδιο μικροελεγκτή ως προσαρμογέας Wi-Fi, μέσω τις διεπαφές SPI/SDIO ή UART. Για την υλοποίηση της εφαρμογής IoT της συγκεκριμένης εργασίας, το Wi-Fi module ESP8266-01 χρησιμοποιήθηκε σαν TCP client, μέσω της διεπαφής UART, και συνδέεται σειριακά με τα pins 2 και 3 του μικροελεγκτή ATmega328p.

Το ESP8266-01 ενσωματώνει κεραία, ενισχυτή ισχύος, λήψη χαμηλού θορύβου, φίλτρα και μονάδες διαχείρισης ενέργειας. Ο συμπαγής σχεδιασμός ελαχιστοποιεί το μέγεθος PCB και απαιτεί ελάχιστα εξωτερικά κυκλώματα. Η πλατφόρμα της Espressif επιτρέπει εξελιγμένες λειτουργίες που περιλαμβάνουν:

- Γρήγορη εναλλαγή μεταξύ λειτουργίας ύπνου και αφύπνισης για ενεργειακά αποδοτικούς σκοπούς
- Προσαρμοσμένη ραδιοσυχνότητα για λειτουργία χαμηλής ισχύος
- Προηγμένη επεξεργασία σήματος
- Μηχανισμοί συνύπαρξης για κοινή κινητή, Bluetooth, DDR.



Εικόνα 39. - ESP8266-01 Wi-Fi module. [76]

Βασικά χαρακτηριστικά Wi-Fi

- Υποστήριξη 802.11 b/g/n
- Υποστήριξη 802.11.n(2.4GHz), μέχρι 72,2 Mbps
- Ανασυγκρότηση
- 2x εικονική διεπαφή Wi-Fi
- Αυτόματη παρακολούθηση
- Υποδομή υποστήριξης BSS για BSS/Station mode/SoftAP
- Ποικιλία κεραιών

Προδιαγραφές

Πίνακας 11. – Προδιαγραφές Wi-Fi module ESP8266-01 [77]

Πιστοποίηση	Wi-Fi Alliance
Πρωτόκολλο	802.11 b/g/n (HT20)
Εύρος συχνότητας	2.4G~2.5G(2400M~2483.5M)
Ισχύς Tx	802.11 b: +20 dBm
	802.11 g: +17 dBm

	802.11 n: +14 dBm
Ευαισθησία Rx	802.11 b: -91 dBm (11 Mbps)
	802.11 g: -75 dBm (54 Mbps)
	802.11 n: -72 dBm (MCS7)
Κεραία	Διάδρομος στο PCB, εξωτερική, κοννέκτορας IPEX, κεραμική κεραία
CPU	Tensilica L106 32-bit processor
Περιφερειακές Διεπαφές	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control
	GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button
Τάση λειτουργίας	2.5V ~ 3.6V
Ρεύμα λειτουργίας	Μέση τιμή: 80 mA
Θερμοκρασία λειτουργίας	-40°C ~ 125°C
Μέγεθος πακέτου	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
Λειτουργία Wi-Fi	Station/SoftAP/SoftAP+Station
Ασφάλεια	WPA/WPA2
Κρυπτογράφηση	WEP/TKIP/AES
Αναβάθμιση υλικολογισμικού	UART Download / OTA (via network)
Ανάπτυξη λογισμικού	Υποστήριξη cloud server development/ Firmware και SDK για γρήγορο προγραμματισμό σε τσιπ
Πρωτόκολλα δικτύου	IPv4, TCP/UDP/HTTP
Διαμόρφωση χρήστη	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App

Εφαρμογές

- Οικιακές συσκευές
- Οικιακός αυτοματισμός
- Έξυπνα βύσματα και φώτα
- Βιομηχανικός ασύρματος έλεγχος
- Οθόνες βρεφών
- Κάμερες IP
- Δίκτυα αισθητήρων
- Φορητά ηλεκτρονικά
- Συσκευές που γνωρίζουν την θέση Wi-Fi
- Ετικέτες ταυτότητας ασφαλείας
- Αυτοκίνητα(TESLA)

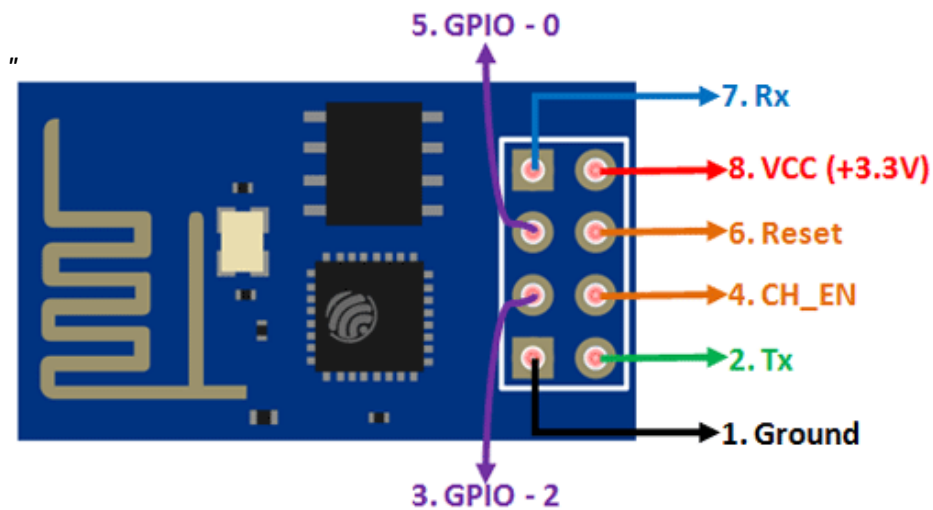
Συχνότητες καναλιών

Ο RF πομποδέκτης υποστηρίζει τα παρακάτω κανάλια, σύμφωνα με το πρότυπο IEEE802.11b/g/n.

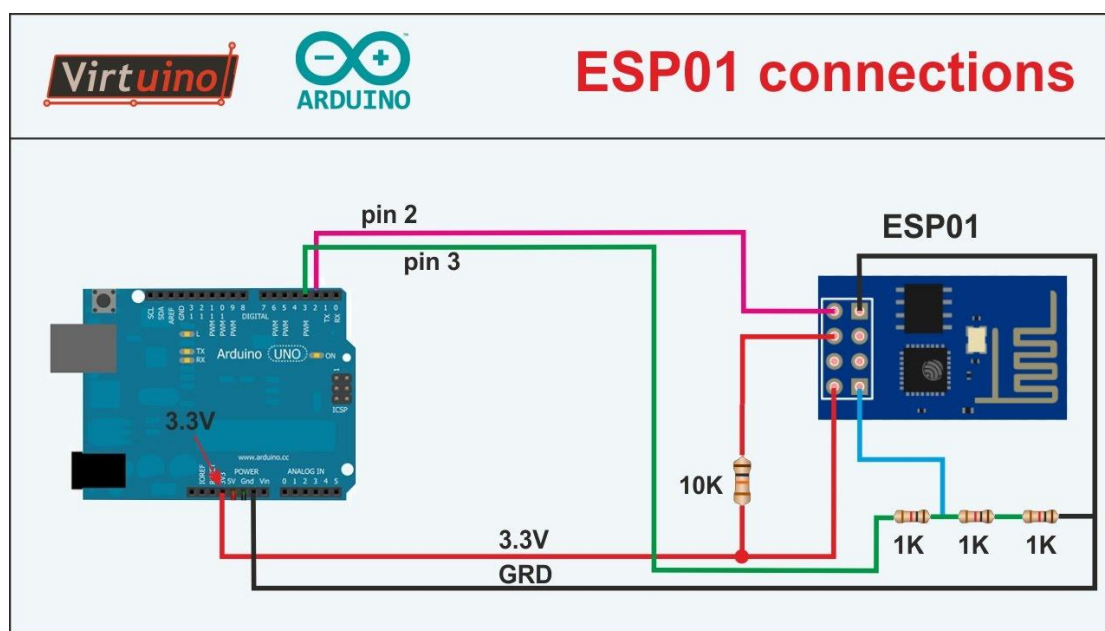
Πίνακας 12. – Συχνότητα καναλιών Wi-Fi module ESP8266-01 [77]

Κανάλι	Συχνότητα
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2484

Συνδεσμολογία ESP8266-01



Εικόνα 40. - Διάγραμμα ESP8266-01 [78]



Εικόνα 41. - Συνδεσμολογία ESP8266-01 με τον μικροελεγκτή ATmega328p, σαν μέρος του Arduino. [79]

Όπως παρατηρείται από τις παραπάνω εικόνες, στην πρώτη φαίνεται το διάγραμμα του ESP8266-01, και στην δεύτερη η συνδεσμολογία που έγινε για την διεπαφή μεταξύ του μικροελεγκτή ATmega328p και του Wi-Fi module.

Αναλυτικά οι ακίδες του ESP8266-01 είναι:

Πίνακας 13. – Ακίδες ESP8266-01 [80]

Ονομασία ακίδας	Εναλλακτική ονομασία ακίδας	Συνήθης χρήση	Εναλλακτική χρήση
Ground		Γείωση Wi-Fi module	
Tx	GPIO-1	Συνδέεται με τον ακροδέκτη Rx του προγραμματιστή/Συσκευή διασύνδεσης	Όταν δεν χρησιμοποιείται σαν Tx, είναι ακίδα εισόδου εξόδου γενικού σκοπού
GPIO-2	-	Ακίδα εισόδου/εξόδου (Γενικού σκοπού)	-
CH_EN	-	Πρέπει να βρίσκεται σε κατάσταση 1 για να ενεργοποιηθεί ο μικροελεγκτής	-

GPIO-0	Flash	Ακίδα εισόδου/εξόδου (Γενικού σκοπού)	-
Reset	-	Επανακκινεί το module	-
Rx	GPIO-3	Ακίδα εισόδου/εξόδου (Γενικού σκοπού)	Όταν δεν χρησιμοποιείται σαν Rx, είναι ακίδα εισόδου εξόδου γενικού σκοπού
VCC	-	Τροφοδοσία Wi-Fi module	-

Από τα παραπάνω δεδομένα, το Wi-Fi module ESP8266-01 μπορεί κάλλιστα να λειτουργήσει ως ένας μικροελεγκτής από μόνος του, να μπορέσει να εκτελέσει όλες τις λειτουργίες του ATmega328p με απόλυτη επιτυχία. Αλλά ο λόγος, ο οποίος δεν χρησιμοποιείται σε αυτή την κατασκευή, είναι πως οι ακίδες του δεν είναι τόσες για να μπορέσει να υπάρξει διεπαφή μεταξύ των αισθητήρων και του μικροελεγκτή. Επίσης, μια άλλη σημαντική λεπτομέρεια είναι η δυσχέρεια για να φτάσει ο χρήστης το Wi-Fi module σε σύνδεση με τον υπολογιστή, έτσι ώστε να μπορέσει να ανεβάσει τον κώδικα, που προγραμμάτισε να τοποθετήσει στην μνήμη FLASH του μικροελεγκτή. Για αυτό τον λόγο, επιλέχθηκε ο μικροελεγκτής ATmega328p, λόγω της ευκολίας διεπαφής με αισθητήρες και με διάφορους τρόπους διασύνδεσης μέσω Bluetooth, Wi-Fi, GSM, USB HID, Ethernet, RF modules και IR modules.

Κώδικας ESP8266-01 για TCP Client

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial espSerial = SoftwareSerial(2,3);
//=====// Wi-Fi
Client Setup
String apiKey = "JZF15E4RD8QAU6KJ";
String ssid="DIM1"; // Wifi network SSID
String password ="a6946127881"; // Wifi network password
password
boolean DEBUG=true;
```

Εικόνα 42. - Βιβλιοθήκη SoftwareSerial.

Για να υπάρξει επικοινωνία του μικροελεγκτή ATmega328p με το Wi-Fi module, πρέπει να τεθούν κάποιες παράμετροι για την ομαλή σύνδεση με το εκάστοτε οικιακό δίκτυο που επιθυμεί ο χρήστης να συνδέσει την συσκευή IoT, και να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο την ποιότητα του αέρα από τις μετρήσεις που παίρνει από τους αισθητήρες που περιγράφηκαν παραπάνω. Για την σύνδεση του Wi-Fi module με τον μικροελεγκτή ATmega328p, επιλέχθηκε η βιβλιοθήκη SoftwareSerial, και δεσμεύει τα ψηφιακά bit 2,3 του μικροελεγκτή, τα αντίστοιχα δηλαδή Tx και Rx, με τα αντίστοιχα Rx και Tx του Wi-Fi module, για να επιτευχθεί η σειριακή επικοινωνία μεταξύ τους, και ως εκ τούτου η σύνδεση στο διαδίκτυο. Έπειτα, για τη σύνδεση με την πλατφόρμα Thingspeak, η οποία θα αναλυθεί παρακάτω, χρειάζεται ένα ξεχωριστό κλειδί για να στέλνει το Wi-Fi module τις μετρήσεις, εν ονόματι apiKey, το οποίο παράγεται, όταν φτιάχνει κάποιος κανάλι στην ιστοσελίδα Thingspeak. Παρακάτω, για την σύνδεση στο δίκτυο, χρειάζεται το όνομα του δικτύου και ο κωδικός του. Παρακάτω φαίνεται το υπόλοιπο κομμάτι του κώδικα που χρειάζεται για τον έλεγχο εισόδου του Wi-Fi module στο δίκτυο, το πως αντιδράει όταν στέλνει δεδομένα και το πως αντιδρά όταν δεν στέλνει και δεν υπάρχει επικοινωνία με το δίκτυο.

```
void showResponse(int waitTime){
    long t=millis();
    char c;
    while (t+waitTime>millis()){
        if (espSerial.available()){
            c=espSerial.read();
            if (DEBUG) Serial.print(c);}}}
```

Εικόνα 43. - Συνάρτηση showResponse.

Μέσω της βιβλιοθήκης SoftwareSerial, υπάρχει η δυνατότητα για την συνάρτηση espSerial, και μέσω μιας συνθήκης While, δίνει την δυνατότητα στο Wi-Fi module να επικοινωνεί με τις ακίδες του μικροελεγκτή ATmega328p για αποστολή των μετρήσεων στο διαδίκτυο.

```

boolean thingSpeakWrite(float value1, float value2, float value3, float value4)
{
    String cmd = "AT+CIPSTART=\\"TCP\\",\\"";           // TCP connection
    cmd += "184.106.153.149";                          // api.thingspeak.com
    cmd += "\",80";
    espSerial.println(cmd);
    if (DEBUG) Serial.println(cmd);
    if(espSerial.find("Error")){
        if (DEBUG) Serial.println("AT+CIPSTART error");
        return false;}
    String getStr = "GET /update?api_key="; // prepare GET string
    getStr += apiKey;
    getStr += "&field1=";
    getStr += String(value1);
    getStr += "&field2=";
    getStr += String(value2);
    getStr += "&field3=";
    getStr += String(value3);
    getStr += "&field4=";
    getStr += String(value4);
    getStr += "\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n\r\n";
    // send data length
    cmd = "AT+CIPSEND=";
    cmd += String(getStr.length());
    espSerial.println(cmd);
    if (DEBUG) Serial.println(cmd);
    delay(100);
    if(espSerial.find(">")){
        espSerial.print(getStr);
        if (DEBUG) Serial.print(getStr);}
    else{
        espSerial.println("AT+CIPCLOSE");// alert user
        if (DEBUG) Serial.println("AT+CIPCLOSE");
        return false; }
    return true;}

```

Εικόνα 44. - Συνάρτηση thingSpeakWrite.

Στην παραπάνω εικόνα 44., ο συγγραφέας δημιουργεί την συνάρτηση thingSpeakWrite και θέτει τις τέσσερις δεκαδικές μεταβλητές για να στείλει δεδομένα σε τέσσερις πίνακες που δημιουργήθηκαν στην ιστοσελίδα Thingspeak, έτσι ώστε ο χρήστης να μπορέσει να δει τις μετρήσεις της IoT συσκευής. Έπειτα, με την βοήθεια των AT εντολών, δημιουργεί σύνδεση TCP

client, κάτι που για να γίνει κατανοητός ο κώδικας απαιτεί παραπάνω αναφορά.

Τι είναι οι εντολές AT

Οι εντολές AT είναι μία γλώσσα εντολών, με μια σειρά από συμβολοσειρές μικρού κειμένου, που συνδυάζονται για την επίτευξη ολοκληρωμένων εντολών, για να καλούν και να δέχονται. Αυτές οι εντολές είναι, επίσης, γνωστές και σαν το σύνολο εντολών του Hayes.

Πίνακας εντολών AT

Παρακάτω, είναι ο πίνακας 14., ο οποίος αναγράφει τις εντολές που χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο πρόγραμμα και ποια η χρησιμότητα τους για την επίτευξη σύνδεσης στο διαδίκτυο, μεταξύ του δικτύου και της συσκευής IoT.

Πίνακας 14. - Πίνακας εντολών AT για ESP8266-01 [44]

<i>Εντολή</i>	<i>Ορισμός</i>
AT+CIPSTART	Ξεκινάει μια TCP ή UDP σύνδεση
AT+CIPSEND	Χρησιμοποιείται για να στέλνει τα δεδομένα μέσω TCP ή UDP σύνδεσης
AT+CIPCLOSE	Τερματίζει μια TCP ή UDP σύνδεση
AT+CWMODE	Θέτει το Wi-Fi module σαν client, Access Point ή και τα δύο
AT+CWJAP	Ρυθμίζει τα Credentials για το οικιακό δίκτυο

Από την πρώτη εντολή, και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να επιτευχθεί TCP client σύνδεση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εντολή AT+CIPSTART, με την μορφή που φαίνεται παρακάτω:

```
String cmd = "AT+CIPSTART=\\"TCP\\",\\"";
```

Έπειτα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εντολή AT+CIPSEND, για να σταλούν τα δεδομένα από τις τέσσερις μεταβλητές, που αναφέρονται στην φωτογραφία παραπάνω, στην IP διεύθυνση που ορίζει η ιστοσελίδα Thingspeak. Η μορφή στην οποία πρέπει να είναι η εντολή είναι η ακόλουθη:

```
cmd = "AT+CIPSEND=";  
cmd += String(getStr.length());
```

Έτσι, στέλνονται όλα τα δεδομένα από τις μεταβλητές που έχουν οριστεί στο πρόγραμμα. Αν δεν πραγματοποιείται επικοινωνία μεταξύ του ESP8266-01 και της διεύθυνσης IP του Thingspeak, τότε η εντολή αυτή προειδοποιεί τον χρήστη ότι η σύνδεση μεταξύ ESP8266-01 και Thingspeak server, δεν έχει πραγματοποιηθεί.

```
espSerial.println("AT+CIPCLOSE");
```

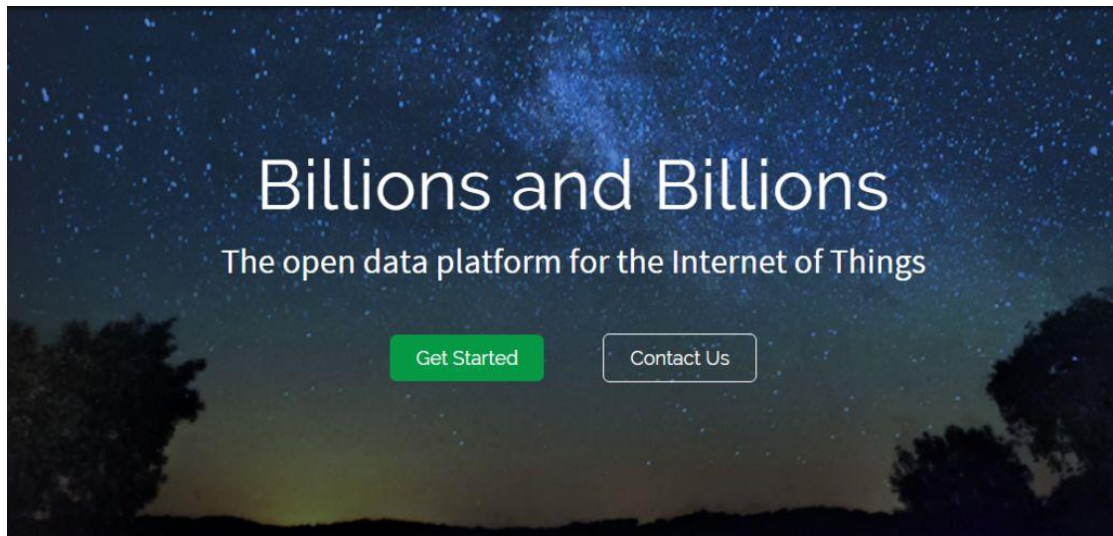
Για την σύνδεση του ESP8266-01 στο διαδίκτυο, απαιτείται η εκχώρηση των παρακάτω εντολών, για την είσοδο του στο δίκτυο που βρίσκεται κοντά.

```
espSerial.println("AT+CWMODE=1"); // set esp8266 as client  
showResponse(1000);  
espSerial.println("AT+CWJAP=\\""+ssid+"\\",\\""+password+"\\""); // set  
your home router SSID and password  
showResponse(5000);
```

Αυτές οι εντολές, στο επόμενο κεφάλαιο, μπορούν να αλλάξουν, καθώς υπάρχουν βιβλιοθήκες, που επιτρέπουν στον χρήστη να εκχωρεί πολλά ssid

και passwords και να συνδέεται αυτόματα στο δίκτυο, το οποίο έχει το πιο δυνατό σήμα.

5.7 Thingspeak IoT Server

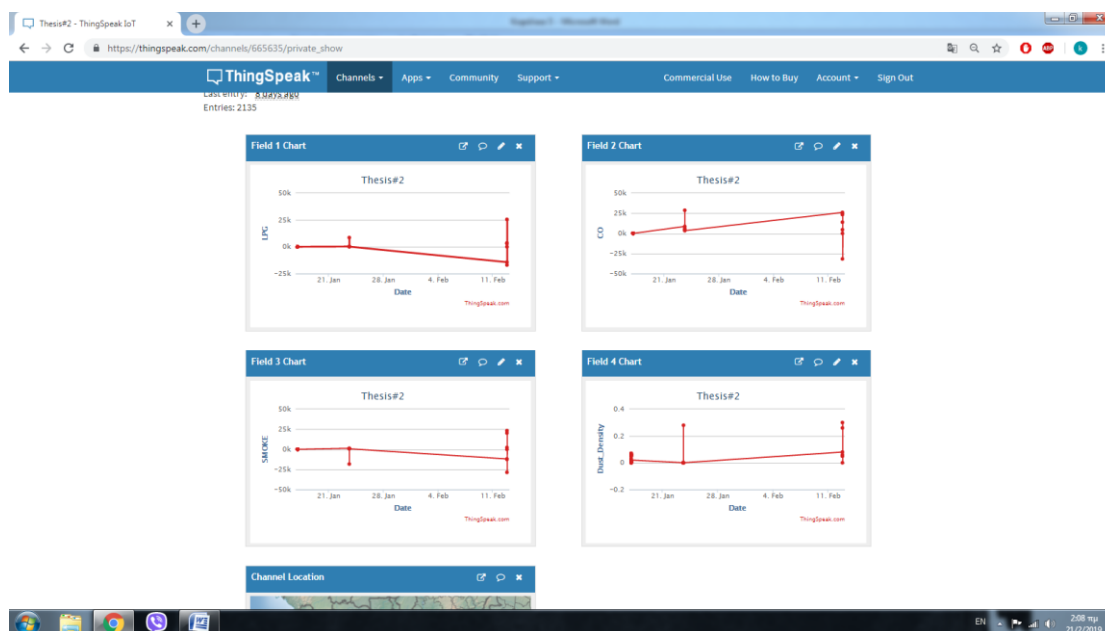


Εικόνα 45. - Thingspeak πλατφόρμα. [81]

Σε αυτό το σημείο του κεφαλαίου, θα αναλυθεί η εμφάνιση των μετρήσεων από τους αισθητήρες, στο μέρος όπου το ESP8266-01, Wi-Fi module, δέσμευσε την θύρα 80 και έστειλε τις μετρήσεις στους πίνακες που όρισε ο χρήστης για την παρακολούθηση και καταγραφή των μετρήσεων.

Το πρώτο βήμα για να μπορέσει να καταγράψει και να επιβλέπει τις μετρήσεις, που παίρνει μέσω του διαδικτύου, είναι να συνδεθεί στην παραπάνω ιστοσελίδα και να δημιουργήσει έναν λογαριασμό χρήστη. Έπειτα, πρέπει να δημιουργήσει ένα κανάλι, να περιγράψει την λειτουργία της κατασκευής του και ανάλογα τις μετρήσεις που θέλει να επιβλέπει, να δημιουργήσει τα αντίστοιχα πεδία. Στην περίπτωση αυτής της διπλωματικής εργασίας και με βάση τις ικανότητες των αισθητήρων, ο συγγραφέας δημιούργησε τέσσερα πεδία για να μπορεί να επιβλέπει σε χώρο της επιλογής του, όπου έχει τοποθετήσει την συσκευή IoT, για μέτρηση της ποιότητας του αέρα. Τα τέσσερα πεδία είναι: Διοξείδιο του άνθρακα, αέριο, καπνός και

σωματίδια αέρα στην ατμόσφαιρα. Στην παρακάτω εικόνα 46. φαίνονται τα τέσσερα αυτά πεδία στην ιστοσελίδα Thingspeak.



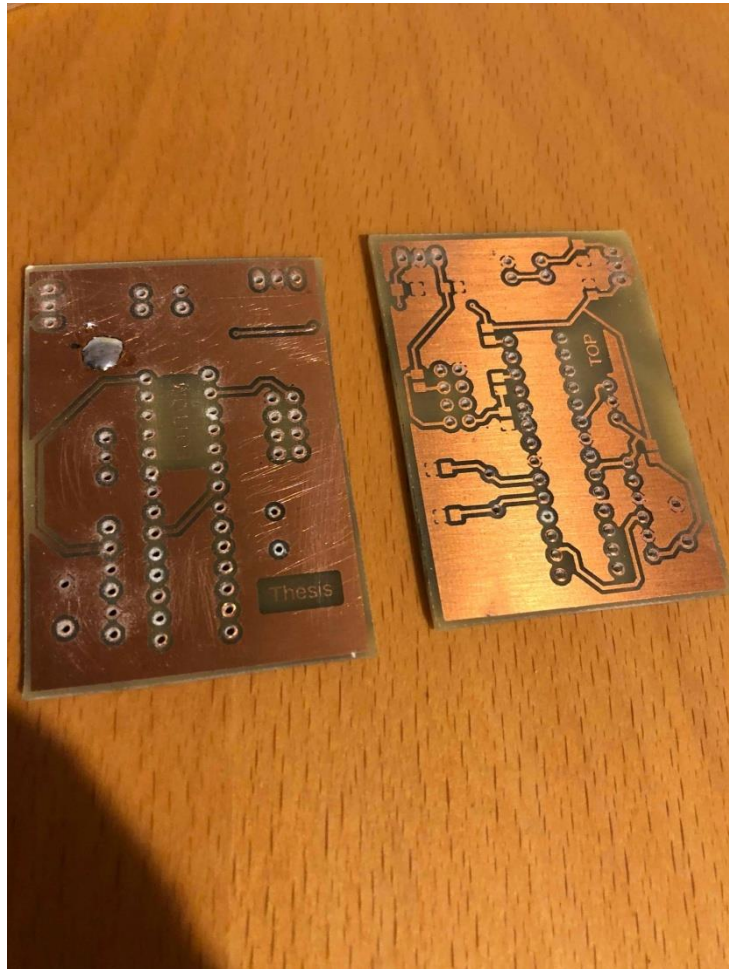
Εικόνα 46. - Thingspeak μετρήσεις ποιότητας του αέρα. [81]

Οι μετρήσεις που υπάρχουν στα διαγράμματα, που βρίσκονται στην εικόνα 46., μπορούν να εξαχθούν σε αρχείο JSON, XML και CSV. Επίσης, ο χρήστης μπορεί να παρακολουθεί μέσω εφαρμογής τις μετρήσεις και, όταν κάποια μέτρηση δεν βρίσκεται στα επίπεδα που έχει ορίσει, να αποστέλλεται μήνυμα στο κινητό ή e-mail για να ενημερώνει τον χρήστη πως κάποιο από τα πεδία ξεπέρασε το εύρος μέτρησης που έθεσε.

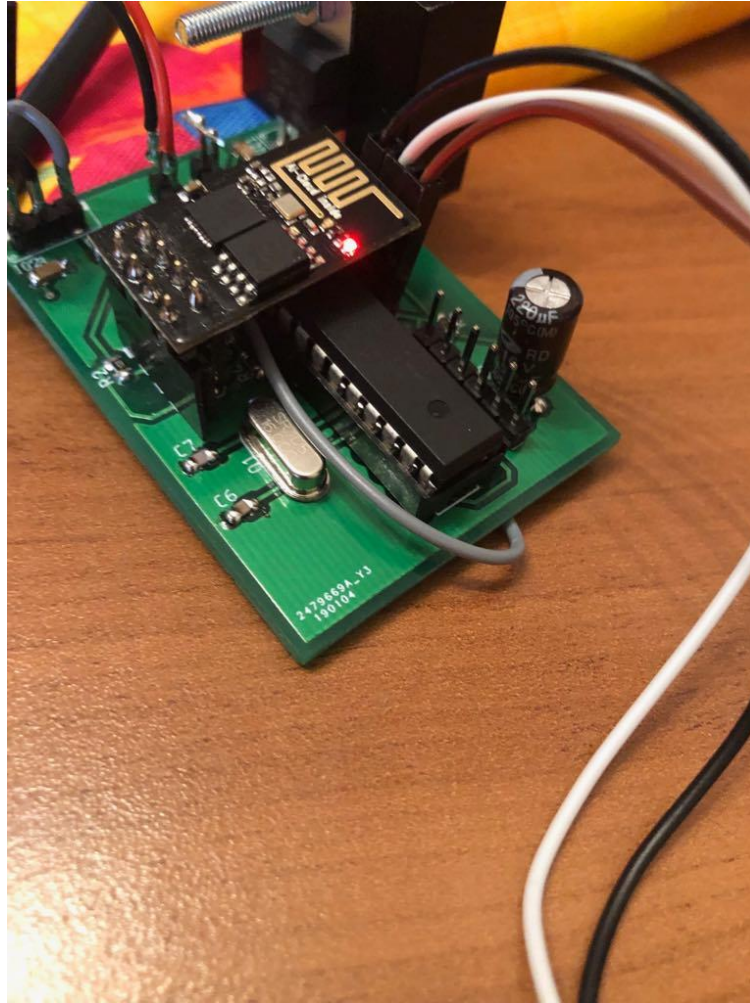
5.8 IoT PCB

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστεί το PCB(Printed Circuit Board) του κυκλώματος, που σχεδιάστηκε για την υλοποίηση της IoT εφαρμογής. Το PCB ενώνει όλα όσα προαναφέρθηκαν στις παραπάνω ενότητες, από το σχηματικό διάγραμμα του κυκλώματος μέχρι και τον κώδικα. Λόγω της κατασκευής του PCB, ο χρήστης κερδίζει χώρο και με ελάχιστη κατανάλωση ρεύματος μπορεί και παρακολουθεί την ποιότητα του αέρα στον χώρο επιλογής που έχει ορίσει ο ίδιος. Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, το PCB, επίσης, σχεδιάστηκε με την βοήθεια του προγράμματος Eagle 9.2.2.

Παρακάτω φαίνεται το πρωτότυπο και η ολοκληρωμένη κατασκευή του με προστατευτική μάσκα, η οποία έγινε ειδική παραγγελία μέσω της εταιρείας JLCPCB από την Κίνα.

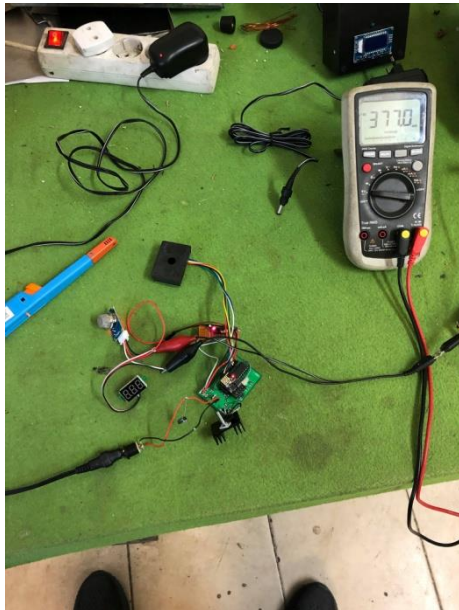


Εικόνα 47. - Μπροστινή και πίσω όψη της πρωτότυπης πλακέτας IoT.



Εικόνα 48. - Μπροστινή όψη της πλακέτας IoT, σε κατάσταση λειτουργίας.

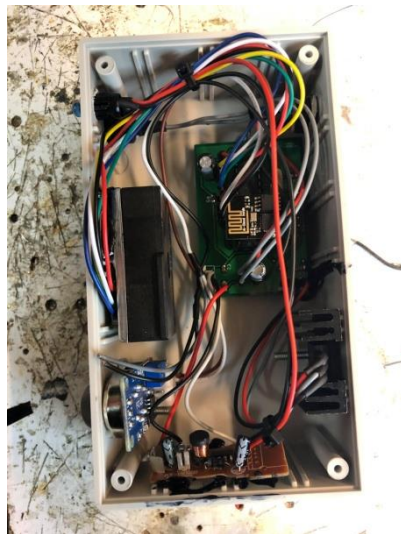
Για να βεβαιωθεί ο συγγραφέας, πως η συσκευή λειτουργεί, άναψε αναπτήρα κοντά στον αισθητήρα MQ-2 και είχε την αναλογική ακίδα και την γείωση παράλληλα ενωμένες με ένα πολύμετρο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στις παρακάτω εικόνες, στο πολύμετρο και στον διακομιστή Thingspeak κατά την διάρκεια των μετρήσεων.



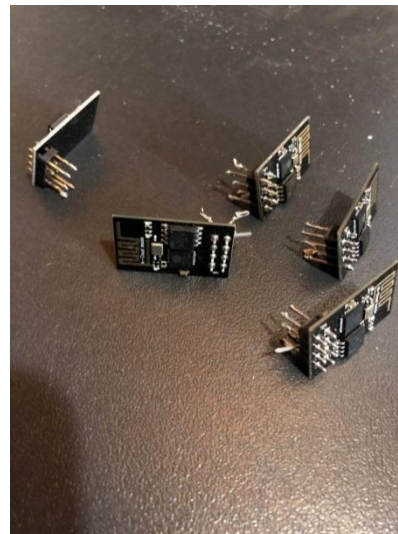
Εικόνα 49. - MQ-2 αισθητήρας χωρίς παρουσία καπνού.



Εικόνα 50. - MQ-2 αισθητήρας με παρουσία καπνού.



Εικόνα 51. - Τελική συσκευή IoT.

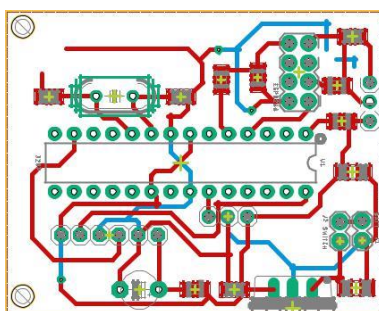


Εικόνα 52. - Καμένα ESP8266-01

5.9 Δυσκολίες αντιμετώπισης υλοποίησης κατασκευής

Οι δυσκολίες ήταν πολλές για την επίτευξη της σύνδεσης μεταξύ του ESP8266-01 Wi-Fi module και της αποστολής των δεδομένων στην IoT πλατφόρμα Thingspeak. Η πρώτη δυσκολία, που αντιμετώπισε ο συγγραφέας, είναι πως η ποιότητα της πρωτότυπης πλακέτας ήταν πολύ χαμηλή, με αποτέλεσμα να μην γίνεται ομαλή κυκλοφορία του σήματος στις πίστες (διαδρόμους) του PCB. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα το ESP8266-01 Wi-Fi module, λόγω του θορύβου που δημιουργήθηκε στους διαδρόμους, να μην μπορεί να συνδεθεί στο οικιακό δίκτυο. Έπειτα, από λάθος του συγγραφέα, η λάθος τοποθέτηση του ESP8266-01 Wi-Fi module είχε σαν αποτέλεσμα να καούν πάνω από τέσσερα Wi-Fi modules, λόγω της επαφής που είχε η πλακέτα με κάποια μέρη της, που λόγω έλλειψης προστατευτικής μάσκας κάηκαν. Στην παρακάτω φωτογραφία, φαίνονται τα καμένα Wi-Fi modules. Επίσης, ένα άλλο λάθος του συγγραφέα είναι πως το baud rate του Wi-Fi module είναι ρυθμισμένο στα 115200, ενώ για σειριακή επικοινωνία το baud rate είναι συνήθως στα 9600 baud rate. Έπειτα από πολλές δοκιμές, στα 9600, όταν υπήρχε επικοινωνία μεταξύ του serial monitor και του κυκλώματος, δεν χανόταν το παραμικρό πακέτο, ενώ όταν το baud rate ρυθμιζόταν στα 115200, χάνονταν πολλά πακέτα. Στο pcb, στα 9600, χάνονται πολλά πακέτα, ενώ στα 115200 δεν χάνονται πακέτα. Αυτό οφείλεται στο ότι η πλακέτα, λόγω του θορύβου, όταν το baud rate είναι χαμηλό, δεν μπορεί να μεταφέρει όλα τα πακέτα. Ένα άλλο λάθος του συγγραφέα είναι ότι λόγω της μακράς διάρκειας, του χρόνου προθέρμανσης, που έχει ο αισθητήρας MQ-2(24 ώρες), έπρεπε η συσκευή να είναι ανοιχτή συνέχεια με συνέπεια να μην είναι τόσο ευαίσθητη, όσο αναφέρει το φύλλο δεδομένων, καθώς δεν είχε το σωστό αποτέλεσμα, επειδή δεν πέρασε ο χρόνος προθέρμανσης. Ωστόσο, όταν επιτεύχθηκαν όλα τα παραπάνω, η συσκευή δούλεψε και τα δεδομένα αποστέλλονται μέσω σειριακής επικοινωνίας στην IoT πλατφόρμα Thingspeak. Τέλος, το λάθος του συγγραφέα, που πέρασε 1 1/2 μήνας, ήταν πως η βιβλιοθήκη SoftwareSerial δεσμεύει τις ψηφιακές ακίδες 2,3 του μικροελεγκτή ATmega328p. Οι ψηφιακές ακίδες 2,3, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, είναι οι ακίδες 4 και 5 του

μικροελεγκτή. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, να μην υπάρχει επικοινωνία μεταξύ του Wi-Fi module και του IoT server Thingspeak. Με τη βοήθεια κοπτικού εργαλείου και με την τοποθέτηση καλωδίων στις σωστές ακίδες, η σύνδεση πραγματοποιήθηκε και το κύκλωμα εκτελούσε τον κώδικα, όπως αυτός προγραμματίστηκε. Η δεύτερη έκδοση της πλακέτας σχεδιάστηκε και αναμένεται να έρθει εντός του μήνα από Κίνα. Παρακάτω βρίσκεται μια φωτογραφία της δεύτερης έκδοσης της συσκευής IoT, η οποία, όπως περιγράφεται στο παρακάτω κεφάλαιο, μπορεί να χρησιμεύσει και σε άλλες εφαρμογές, όπως αισθητήρας απόστασης, ψηφιακό θερμόμετρο, ελεγκτής βηματικού κινητήρα. Όλες οι παραπάνω εφαρμογές πρόκειται για εφαρμογές με σύνδεση στο διαδίκτυο, άρα IP διεύθυνση, άρα Internet of Things, με μία μόνο διάταξη.



Εικόνα 53. - Δεύτερη έκδοση του PCB "IoT Air Quality Monitor"

5.10 Κοστολόγιο

Πίνακας 15. - Κοστολόγιο κατασκευής.

Εξάρτημα	Κόστος
Πλακέτα	2 €
ATmega328p	3.5 €
MQ-2	3 €
ESP8266-01	3 €
Dust Sensor	5 €
Περιφερειακά	2€
Κουτί	4 €
Power Adaptor	1 €
Σύνολο	23.5€

Για την υλοποίηση του κόμβου IoT, για την μέτρηση της ποιότητας του αέρα, το κόστος περιγράφεται στον παραπάνω πίνακα 15. Σε σχέση με τους μετρητές ποιότητας του αέρα που κυκλοφορούν στην αγορά, είναι συμφέρουσα και όσον αναφορά στην ποσότητα τους, ανά εγκατάσταση, όσοι περισσότεροι είναι ανά παραγγελία, το κόστος μειώνεται και μπορεί να φτάσει μέχρι και σε μονοψήφια τιμή το κοστολόγιο.

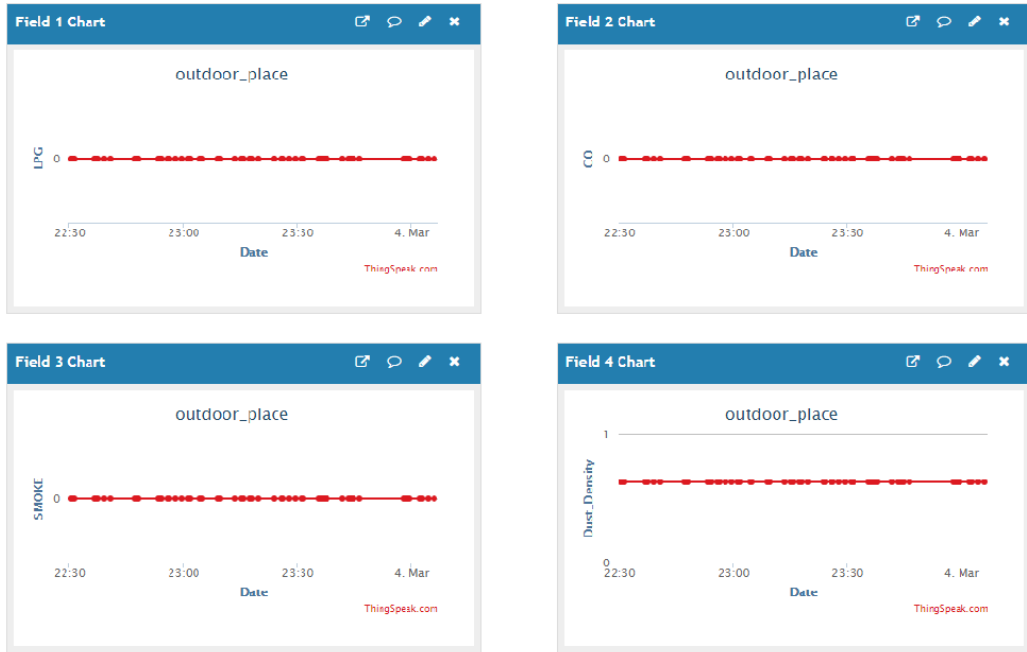
Κεφάλαιο 6 - Συμπεράσματα και μελλοντική δουλειά

6.1 Συμπεράσματα

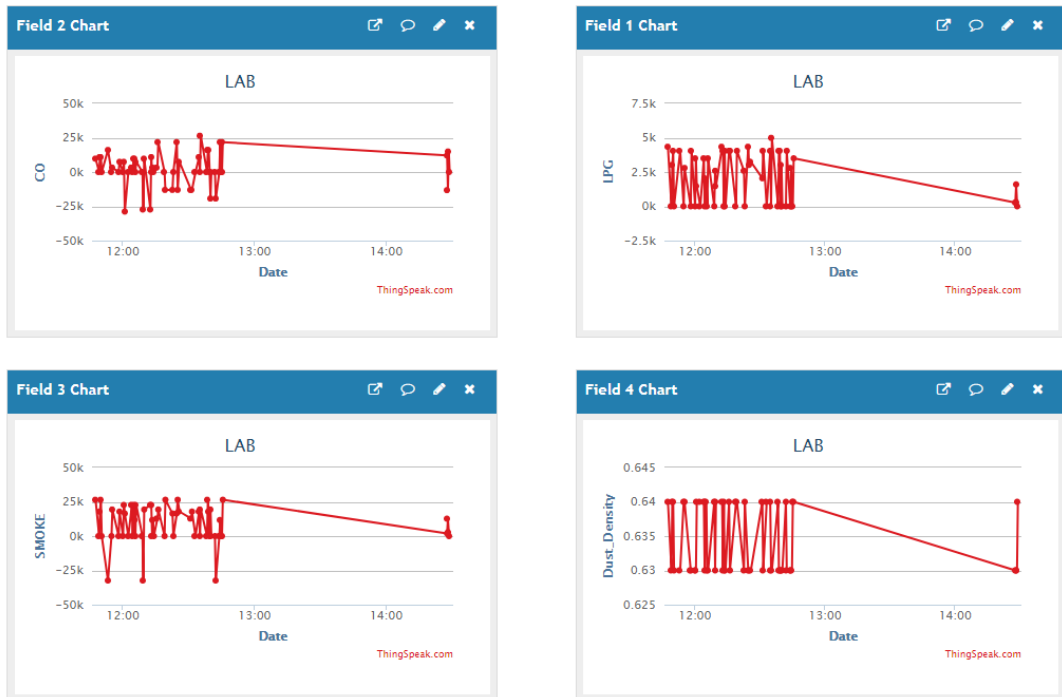
Η συσκευή IoT πήρε μετρήσεις από 3 διαφορετικά σημεία. Το πρώτο σημείο είναι εσωτερικός χώρος σπιτιού, το δεύτερο σημείο είναι εξωτερικός χώρος σε απομακρυσμένη περιοχή και ο τρίτος χώρος είναι σε εργαστήριο, όπου υπάρχει συχνά έκθεση σε αέρια, τα οποία ανιχνεύει η συσκευή. Η σύνδεση με το διαδίκτυο και τον διακομιστή Thingspeak έγινε με επιτυχία και τις τρεις φορές, αφού δόθηκαν τα σωστά διαπιστευτήρια, όσο αφορά στο όνομα χρήστη, τον κωδικό και το κλειδί του Thingspeak (apiKey) για τη σωστή τοποθέτηση των τιμών στα διαγράμματα. Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα που ανακτήθηκαν από τον διακομιστή Thingspeak, με μετρήσεις που στάλθηκαν από την συσκευή IoT παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα.



Εικόνα 54. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εσωτερικό χώρο.



Εικόνα 55. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εξωτερικό χώρο.



Εικόνα 56. - Διάγραμμα απεικόνισης των μετρήσεων σε εργαστήριο ηλεκτρονικών.

6.2 Μελλοντική δουλειά

Η διπλωματική αυτή εργασία παρουσίασε μια συσκευή μέτρησης της ποιότητας του αέρα, με την βοήθεια των τεχνολογιών του διαδικτύου των πραγμάτων(IoT), η οποία λειτουργεί, αντιδράει όταν κάποιο αέριο υπερβαίνει την ποσότητα που πρέπει στην ατμόσφαιρα, και αποστέλλει όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στον διακομιστή Thingspeak, με την βοήθεια της μονάδας Wi-Fi σε πραγματικό χρόνο. Ωστόσο, λόγω της αυξημένης ισχύος που καταναλώνει η μονάδα Wi-Fi, η συσκευή δεν θα διαρκέσει πολλή ώρα, αν για την τροφοδοσία της προτιμήσει κάποιος να βάλει μπαταρίες. Από αυτό καταλαβαίνει κανείς πως η συσκευή προορίζεται για εφαρμογές οικιακές και για βιομηχανίες, δηλαδή περιοχές, όπου μπορεί να υπάρχει σταθερή παροχή ρεύματος για να ικανοποιούν την ισχύ που χρειάζεται η διάταξη. Ωστόσο, με κάποιες αλλαγές στον κώδικα θα μπορούσε η μονάδα Wi-Fi να μπει σε κατάσταση βαθύ ύπνου (DeepSleep mode) και να καταναλώνει μηδαμινό ρεύμα σε σχέση με αυτό που καταναλώνει τώρα. Αν γίνει αυτό, η συσκευή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εξωτερικούς χώρους και η διάρκεια της διάταξης θα είναι πολύ μεγάλη, καθώς δεν θα καταναλώνει πολύ ρεύμα από την μπαταρία. Επίσης, η προσθήκη άλλων αισθητήρων, ευαίσθητων σε αέρια, θα μπορούσε να προστεθεί στην διάταξη για να έχει ο τελικός χρήστης την ευχέρεια να διαβάζει τιμές από περισσότερους αισθητήρες, για να μπορεί αργότερα να επεξεργαστεί καλύτερα τις πληροφορίες μέσω του διακομιστή Thingspeak. Επίσης, σε περίπτωση που κάποιος χρήστης θέλει να έχει την συσκευή σε δύο μέρη, μπορεί να προστεθεί κομμάτι κώδικα για να συνδέεται η μονάδα Wi-Fi στο δίκτυο με το μεγαλύτερο σήμα, δίχως να χρειάζεται να καλέσει ειδικό για να περάσει στο πρόγραμμα του διαπιστευτήρια του κοντινότερου Wi-Fi σημείου πρόσβασης. Μία άλλη προσθήκη, που θα μπορούσε να έχει η διάταξη, είναι η ενσωμάτωση lcd οθόνης για να είναι τα αποτελέσματα ορατά από τον χρήστη. Αυτή η προσθήκη θα γίνει στην 3^η έκδοση της πλακέτας.

Βιβλιογραφία

- [1] Challoo, R., Oladeinde, A., Yilmazer, N., Ozcelik, S., & Challoo, L. (2012). An overview and assessment of wireless technologies and co-existence of ZigBee, bluetooth and wi-fi devices. *Procedia Computer Science*, 12, 386-391. doi: 10.1016/j.procs.2012.09.091
- [2] Huh, J.-H. & Seo, K. (2017). An indoor location-based control system using bluetooth beacons for IoT systems. *Sensors*, 17 (12), 1-22. doi: 10.3390/s17122917
- [3] Πανέτσος, Σ. (2007). *Επικοινωνίες & δίκτυα υπολογιστών*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ.
- [4] Kaushik, S. (2012). An overview of technical aspect for wifi networks technology. *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, 1 (1), 28-34.
- [5] Piyare, R. & Lee, S. (2013). Performance analysis of XBee ZB module based wireless sensor networks. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4 (4), 1615-1621.
- [6] Σαρηγιαννίδης, Π. *Ασύρματα πρότυπα τέταρτης γενιάς* [PowerPoint διαφάνειες].
- [7] Σαρηγιαννίδης, Π. *4G* [PowerPoint διαφάνειες].
- [8] Sanchez-Iborra, R. & Cano, M.-D. (2016). State of the art in LP-WAN solutions for industrial IoT services. *Sensors*, 16 (5), 1-14. doi:10.3390/s16050708
- [9] Brown, I. *A detailed breakdown of LPWAN technologies and providers*. Retrieved from http://web.luxresearchinc.com/hubfs/Insight_Breakdown_of_LPWAN_Technologies.pdf
- [10] Ηλιούδης, Χ., Ράντος, Κ., & Παπανικολάου, Α. *Ηλεκτρονικές πληρωμές* [PDF αρχείο].
- [11] Kumar, P., Reinitz, W. H., Simunovic, J., Sandeep, P. K., & Franzon, D. P. (2009). Overview of RFID technology and its applications in the food industry. *Journal of Food Science*, 74 (8), 101-106. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01323.x>
- [12] Farnell. (2003). *Arduino uno*. Retrieved from <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
- [13] Robotshop. (2009). *Arduino mega 2560 datasheet*. Retrieved from <https://www.robotshop.com/media/files/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf>

- [14] Farnell. (2012). *Arduino nano*. Retrieved from <http://www.farnell.com/datasheets/1682238.pdf>
- [15] Raspberry Pi Foundation. (2012). *Raspberry Pi 3 model B+*. Retrieved from <https://static.raspberrypi.org/files/product-briefs/Raspberry-Pi-Model-Bplus-Product-Brief.pdf>
- [16] Microchip. (2000). *PIC18F4550*. Retrieved from <https://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>
- [17] Αλατσαθιάνος, Σ. (2007). *Μικροελεγκτές PIC*. Αθήνα: ΓΚΙΟΥΡΔΑΣ Β.
- [18] Al-Hajjaji, K., Ezzin, M., Khamdan, H., & El Hassani, A. (2017). *Design, development and evaluation of a UAV to study air quality in Qatar*. Retrieved from: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1709/1709.05628.pdf>
- [19] Sruthi, M. & Kavitha, R. B. (2016). A survey on IoT platform. *International Journal of Scientific Research and Modern Education (IJSRME)*, 1 (1), 468-473.
- [20] Habaebi, M., Rosli, R., & Islam, R. M. (2017). RSSI-based human presence detection system for energy saving automation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 5 (4), 339-350. doi: 10.11591/ijeie.v5i4.356
- [21] GM Electronic. (2010). *HC-05 bluetooth module user's manual V1.0*. Retrieved from <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-148.1.pdf>
- [22] Research Design Lab. (2011). *GPRS/GSM SIM900A modem with arduino compatible*. Retrieved from <https://researchdesignlab.com/projects/GPRSGSM%20SIM900A%20MODEM%20with%20arduno%20compatible.pdf>
- [23] Digi International. (2009). *XBee/ XBee-PRO RF modules*. Retrieved from <https://www.digi.com/>
- [24] Company Public. (2011). *MFRC522 contactless reader IC*. Retrieved from <http://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/MFRC522.pdf>
- [25] Alshamsi, A., Anwar, Y., Almulla, M., Aldohoori, M., Hamad, N., & Awad, M. (2017). Monitoring pollution: applying IoT to create a smart environment. *2017 International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)*, Ras Al Khaimah, United Arab Emirates, 513-516. doi: 10.1109/ICECTA.2017.8251998
- [26] Kim, H. S., Jeong, M. J., Hwang, T. M., & Kang, S. C. (2017). Development of an IoT-based atmospheric environment monitoring system. *2017 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, Jeju, South Korea, 861-863. doi: 10.1109/ICTC.2017.8190799

- [27] Weber, M., Lucic, D., & Lovrek, I. (2017). Internet of Things context of the smart city. In D. Žagar, G. Martinović, S. R. Drlje, K. Miličević (Eds.), *2017 International Conference on Smart Systems and Technologies (SST)*, Osijek, Croatia, 187-195. doi: 10.1109/SST.2017.8188693
- [28] Zheng, K., Zhao, S., Yang, Z., Xiong, X., & Xiang, W. (2016). Design and implementation of LPWA-based air quality monitoring system. *IEEE Access*, 4, 3238-3245. doi: 10.1109/ACCESS.2016.2582153
- [29] Andres, C. R. G. (2016). Cleanwifi: the wireless network for air quality monitoring, community internet access and environmental education in smart cities. *2016 ITU Kaleidoscope: ICTs for a sustainable world (ITU WT)*, Bangkok, Thailand, 225-230. doi: 10.1109/ITU-WT.2016.7805708
- [30] Carpentiero, M., Gugliermetti, L., Sabatini, M., & Palmerini, B. G. (2017). A swarm of wheeled and aerial robots for environmental monitoring. In G. Fortino, M. Zhou, Z. Lukszo, A. V. Vasilakos, F. Basile, C. Palau, A. Liotta, M. Pia Fanti, A. Guerrieri, & A. Vinci (Eds.), *2017 IEEE 14th International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC)*, Calabria, Italy, 90-95. doi: 10.1109/ICNSC.2017.8000073
- [31] Gateau, B., Naudet, Y., & Rykowski, J. (2016). Ontology-based smart IoT engine for personal comfort management. In I. Anagnostopoulos & I. Paraskakis (Eds.), *2016 11th International Workshop on Semantic and Social Media Adaptation and Personalization (SMAP)*, Thessaloniki, Greece, 35-40. doi: 10.1109/SMAP.2016.7753381
- [32] Koval, A., Irigoyen, E., & Koval, T. (2017). AR.Drone as a platform for measurements. *2017 IEEE 37th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, Kiev, Ukraine, 424-427. doi: 10.1109/ELNANO.2017.7939812
- [33] Laubhan, K., Talaat, K., Richl, S., Morelli, T., Abdelgawad, A., & Yelamarthi, K. (2016). A four-layer wireless sensor network framework for IoT applications. *2016 IEEE 59th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 1-4. doi: 10.1109/MWSCAS.2016.7870142
- [34] Matos, J. & Postolache, O. (2016). IoT enabled aquatic drone for environmental monitoring. *2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)*, Iasi, Romania, 598-603. doi: 10.1109/ICEPE.2016.7781410
- [35] Raja, K. A. & Pang, Z. (2016). High accuracy indoor localization for robot-based fine-grain inspection of smart buildings. *2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, Taipei, Taiwan, 2010-2015. doi: 10.1109/ICIT.2016.7475076

- [36] Shah, J. & Mishra, B. (2016). IoT enabled environmental monitoring system for smart cities. *2016 International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)*, Pune, India, 383-388. doi: 10.1109/IOTA.2016.7562757
- [37] Simic, M., Manjakkal, L., & Zaraska, K. (2016). Multi-sensor system for remote environmental (air and water) quality monitoring. *2016 24th Telecommunications forum TELFOR*, Belgrade, Serbia, 1-4. doi: 10.1109/TELFOR.2016.7818711
- [38] Wivou, J., Udawatta, L., Alshehhi, A., Alzaabi, E., Albeloshi, A., & Alfalasi, S. (2016). Air quality monitoring for sustainable systems via drone based technology. *2016 IEEE International Conference on Information and Automation for Sustainability (ICIAFS)*, Galle, Sri Lanka, 1-6. doi: 10.1109/ICIAFS.2016.7946542
- [39] Michael, G. (2013). An efficient interface for monitoring air pollution by using micro-controller based sensors. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 1 (3), 622-627.
- [40] Mohammad, A. (2016). GSM based air quality monitoring and analysis using wireless sensor node. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5 (6), 10166-10171. doi: 10.15680/IJIRSET.2015.0506131
- [41] SparkFun Electronics. (2012). *ATMega328*. Retrieved from <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/SMD/ATMega328.pdf>
- [42] Winsen Sensor. (2015). *Flammable gas sensor (model: MQ-2) manual*. Retrieved from [https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/MQ-2%20\(Ver1.4\)%20-%20Manual.pdf](https://www.winsen-sensor.com/d/files/PDF/Semiconductor%20Gas%20Sensor/MQ-2%20(Ver1.4)%20-%20Manual.pdf)
- [43] SparkFun Electronics. (2006). *GP2Y1010AU0F compact optical dust sensor*. Retrieved from https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf
- [44] Espressif Systems. (2019). *ESP8266 AT instruction set*. Retrieved from www.espressif.com
- [45] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): a vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29 (7), 1645-1660. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- [46] Chiang, M. & Zhang, T. (2016). Fog and IoT: an overview of research opportunities. *IEEE Internet of Things journal*, 3 (6), 854-864.
- [47] Lee, I. & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, 58, 431-440.

- [48] Kelly, S. D. T., Suryadevara, N. K., & Mukhopadhyay, S. C. (2013). Towards the implementation of IoT for environmental condition monitoring in homes. *IEEE Sensors Journal*, 13 (10), 3846-3853.
- [49] Chatzimisios, P. *Smart cities & Internet of Things (IoT): an introduction* [PDF document].
- [50] Thompson, J. G., Carder, K. D., Besch, C. M., Thiruvengadam, A., & Kappanna, K. H. (2014). *In-use emissions testing of light-duty diesel vehicles in the United States*. Retrieved from <https://www.theicct.org/publications/use-emissions-testing-light-duty-diesel-vehicles-us>
- [51] Volkswagen emissions scandal. Retrieved from <https://phys.org/news/2016-09-vw-dieselgate-scandal.html>
- [52] RFID tag logo Radio-frequency vector image. Retrieved from <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/rfid-tag-logo-radio-frequency-vector-10095421>
- [53] Wireless Sensor Network. Retrieved from <https://www.writemythesis.org/thesis-on-wireless-sensor-networkwsn/>
- [54] The Middleware for IoT. Retrieved from <https://www.zerynth.com/blog/zerynth-2-1-0-the-middleware-for-iot/>
- [55] IoT & Cloud Computing integration. Retrieved from https://www.researchgate.net/figure/IoT-Cloud-Computing-integration_fig3_311338093
- [56] Courtesy Vector Software. Retrieved from <http://eecatalog.com/IoT/2015/07/06/software-quality-and-the-industrial-internet-of-things-why-it-matters-now/>
- [57] Rosal, A. *Bluetooth icon PNG and Clipart*. Retrieved from https://pngtree.com/freepng/bluetooth-icon_415711.html
- [58] Wifi Logo. Retrieved from <https://freebiesupply.com/logos/wifi-logo-3/>
- [59] Zigbee. Retrieved from <https://www.zigbee.org/zigbee-for-developers/zigbee-certification/>
- [60] lot-lora-alliance-logo.svg. (2017). Retrieved from <https://aptinex.com/iot-lora-alliance-logo-svg/>
- [61] Sigfox. Retrieved from <https://www.sigfox.com/en>
- [62] ArduinoUno R3 Front. Retrieved from https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoUno_R3_Front.jpg

- [63] Arduino MEGA 2560 Board. Retrieved from <https://www.amazon.com/SmartProjects-Mega-Arduino-MEGA-Board/dp/B004A7H3DG>
- [64] PIC18F4550. Retrieved from <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F4550>
- [65] HiLetgo ESP8266 Serial Wifi Wireless Transceiver Module ESP-01. Retrieved from <https://www.amazon.co.uk/HiLetgo-ESP8266-Serial-Wireless-Transceiver/dp/B00O9DSZBA>
- [66] Bluetooth module. Retrieved from <https://www.gme.cz/data/attachments/dsh.772-148.1.pdf>
- [67] SIM900A GSM Modem. Retrieved from <https://www.pantechsolutions.net/sim900a-gsm-modem>
- [68] XBee Pro Module - Series 1 - 60mW with Wire Antenna - XBP24-AWI-001. Retrieved from <https://www.adafruit.com/product/964>
- [69] RFID Module. Retrieved from <http://www.hobbytronics.co.uk/datasheets/sensors/MFRC522.pdf>
- [70] Atmega328. Retrieved from <http://www.learningaboutelectronics.com/Articles/Atmega328-pinout.php>
- [71] ATmega328 Microcontroller. Retrieved from <https://www.electronicshub.org/burn-bootloader-on-atmega328/>
- [72] Technical data MQ-2. Retrieved from <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf>
- [73] Arduino project working, interfacing MQ2 gas sensor. Retrieved from <https://lastminuteengineers.com/mq2-gas-senser-arduino-tutorial/>
- [74] MQ-2 gas sensor. Retrieved from <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-mq-2-gas-smoke-sensor-with-arduino/>
- [75] Optical Dust Sensor - GP2Y1010AU0F. Retrieved from <https://www.sparkfun.com/products/9689>
- [76] HiLetgo ESP8266 Serial Wifi Wireless Transceiver Module ESP-01. Retrieved from <https://www.amazon.co.uk/HiLetgo-ESP8266-Serial-Wireless-Transceiver/dp/B00O9DSZBA>
- [77] Specifications ESP8266EX. Retrieved from https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf

- [78] ESP8266 Pinout. Retrieved from <https://components101.com/wireless/esp8266-pinout-configuration-features-datasheet>
- [79] ESP01 connections. (2017). Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=KpDteD95T9o>
- [80] ESP8266 Pin Configuration. Retrieved from <https://components101.com/wireless/esp8266-pinout-configuration-features-datasheet>
- [81] ThingSpeak. (2019). Retrieved from <https://thingspeak.com/>
- [82] McRoberts, M. (2013). *Beginning Arduino* (2nd ed.). New York: Apress.