



Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών
& Μηχανικών Υπολογιστών

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**

Διπλωματική Εργασία:

Σχεδιασμός και ανάπτυξη IoT πλατφόρμας με βάση τις τεχνολογίες LoRaWan και WiFi

Εκπονήθηκε στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών:

**Τεχνολογίες και Υπηρεσίες Ευφύων Συστημάτων Πληροφορικής και Επικοινωνιών
με ειδίκευση στα «Ευφυή Κυβερνοσυστήματα και Υπηρεσίες»**

Τσιλίκης Ιωάννης

Επιβλέποντες:

Βώρος Νικόλαος, Αντωνόπουλος Χρήστος

Μέλη Επιτροπής Αξιολόγησης

Αντωνόπουλος Χρήστος, Νικόλαος Πετρέλλης

Πάτρα, 2022

.....
Ιωάννης Γ. Τσιλίκης

Μεταπτυχιακός φοιτητής του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ). Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.

Copyright © Ιωάννης Γ. Τσιλίκης, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική ερευνά τεχνολογίες αιχμής των σύγχρονων δικτύων υπολογιστών και αισθητήρων. Είναι πλέον αναμφίβολο το γεγονός ότι μετά την έλευση του διαδικτύου έχει αλλάξει ριζικά η ζωή μας. Πόσο μάλλον αν αναλογιστούμε ότι πλέον, δεν έχουμε μόνο δίκτυα προσωπικών υπολογιστών και εξυπηρετητών, αλλά όλο και περισσότερες συσκευές που παλιότερα δεν μπορούσαμε να συλλογιστούμε συνδέονται στο διαδίκτυο, όπως κινητά τηλέφωνα, οικιακές συσκευές, αυτοκίνητα, φορητές συσκευές, έξυπνα ρολόγια κλπ.

Ένας από τους τύπους δικτύων που θα μας απασχολήσει στο μέλλον είναι το λεγόμενο LPWAN δίκτυο, ή αλλιώς δίκτυο χαμηλής ισχύος μεγάλης εμβέλειας. Αυτά τα δίκτυα έχουν την δυνατότητα να στέλνουν δεδομένα σε πολύ μεγάλες αποστάσεις, της τάξης των 15 km LoS, με πολύ μικρή κατανάλωση ενέργειας. Δύο από τις πιο γνωστές τεχνολογίες αυτού του τύπου είναι το LoRa και το NB-IoT. Όπως υπονοεί και το όνομα LPWAN (low-power wide-area network) κύριο μέλημα είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η μελέτη, παραμετροποίηση και εύρεση της βέλτιστης λειτουργίας και απόδοσης των αισθητήρων, που χρησιμοποιούν ασύρματα πρωτόκολλα επικοινωνίας LoRaWAN και WiFi. Επίσης οι τεχνολογίες αυτές εφαρμόστηκαν σε πραγματικά σενάρια λήψης αποφάσεων στο έξυπνο σπίτι στην πανεπιστημιούπολη του ΠΑΠΕΛ στην Πάτρα.

Λέξεις Κλειδιά:

Διαδίκτυο των πραγμάτων, WiFi, LoRa, LoRaWAN, Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, κυβερνοφυσικά συστήματα, Ασύρματα Πρωτόκολλα επικοινωνίας, Χαμηλοί πόροι. Ευρεία κάλυψη, Υποδομές νέφους.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια της φοίτησής μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών Τεχνολογίες και Υπηρεσίες Ευφυών Συστημάτων Πληροφορικής και Επικοινωνιών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου.

Καταρχάς θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κο Νικόλαο Βώρο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και την δυνατότητα που μου έδωσε να εκπονήσω την διπλωματική μου εργασία στο συγκεκριμένο πολύ ενδιαφέρον θέμα. Του οφείλω πολλά καθώς είναι σημαντικός παράγοντας στην επίτευξη των στόχων και της ακαδημαϊκής μου εξέλιξης.

Παράλληλα, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως τον κο Χρήστο Αντωνόπουλο και τον κο Χρήστο Παναγιώτου για την αμέριστη βοήθεια κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου εργασίας. Καταλήγοντας, θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα απ' όλους την σύζυγο μου που με στήριξε υπομονετικά καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών και της εργασίας αυτής. Τέλος την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την συμπαράστασή τους.

Περιεχόμενα

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ	8
1.2 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟΣ ΣΚΟΠΟΣ	9
1.3 ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ	11
1.4 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ	12
1.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ	13
2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	14
2.1 ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ (ΙΟΤ)	14
2.1.1 LAN (Local Area Network)	14
2.1.1.1 WiFi	14
2.1.2 PAN (Personal Area Network)	15
2.1.2.1 Bluetooth	15
2.1.2.2 Zigbee	15
2.1.2.3 NFC	16
2.1.2.4 RFID	17
2.1.3 WAN (Wide Area Network)	17
2.1.3.1 Cellular data (4G, 5G, 6G)	18
2.1.4 LPWAN (Low Power Wide Area Network)	18
2.1.4.1 Sigfox	19
2.1.4.2 NarrowBand-IoT	21
2.1.4.3 LTE-M	22
2.1.4.4 LoRa	23
2.2 LoRAWAN	25
2.2.1 LoRaWAN vs LoRa	25
2.2.1.1 Κατηγορίες συσκευών	26
2.2.1.2 Τοπολογία και χωρητικότητα δικτύου	27
2.2.1.3 Ασφάλεια	28
2.2.1.4 Το LoRaWAN για την Ευρώπη/Ελλάδα	30
2.3 ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΡΟΚΥΠΤΟΥΝ	31
2.3.1 Φυσικά εμπόδια και σκίαση	31
3 ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	32
3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΙΟΤ: ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ	32
3.1.1 Βιομηχανικές εφαρμογές	32
3.1.2 Ιατρική υποβοήθηση και Εφαρμογές του IoMT	33
3.1.3 Γεωργοκτηνοτροφικές λύσεις	35
3.1.4 Έξυπνο περιβάλλον διαβίωσης	37
4 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	39
4.1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΕΘΟΔΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ	39
4.1.1 Ανάπτυξη αρχιτεκτονικής συστήματος	40
4.1.2 Ανάλυση και σχεδίαση του συστήματος	40
4.1.3 Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη IoT πλατφόρμας με βάση της τεχνολογίας LoRaWan	42
4.1.4 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση σταθμού βάσης και αισθητήρων IoT	45
4.1.5 Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη IoT πλατφόρμας με βάση της τεχνολογίας WiFi	55
4.1.6 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση σταθμού βάσης και αισθητήρων WiFi	58
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	79

5.1 ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ	80
5.2 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ	84
6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	85
6.1 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ	86

1 Εισαγωγή

Με τον όρο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things διεθνώς) αναφερόμαστε στη τεχνολογία που αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας όλων των συσκευών που ενσωματώνουν αισθητήρες, λογισμικό και είναι ικανές να ανταλλάσσουν πληροφορία μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου. Αν το θέσουμε απλοϊκά, διαδίκτυο των πραγμάτων είναι ο όρος που δίνουμε στις συσκευές που είναι ικανές να «συνομιλούν» ή συνδιαλέγονται, ορθότερα, μεταξύ τους μέσω του παγκόσμιου ιστού (Internet). Με τον όρο «πράγματα» αναφερόμαστε σε μια πληθώρα διαφορετικών συσκευών όπως οχήματα, οικιακές συσκευές, φώτα, κινητά τηλέφωνα, ρολόγια, ακόμα και φωτεινούς σηματοδότες. Το βασικό χαρακτηριστικό μιας συσκευής, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στο διαδίκτυο των πραγμάτων είναι η ικανότητα σύνδεσης και ανταλλαγής πληροφορίας με τη χρήση του διαδικτύου

Οι έξυπνες συσκευές αυτές μοιράζονται τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται και αποστέλλονται είτε στο cloud που πρόκειται να αναλυθούν εκεί, είτε αναλύονται τοπικά. Ορισμένες φορές, αυτές οι συσκευές επικοινωνούν με άλλες σχετικές συσκευές και ενεργούν με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνουν μεταξύ τους. Οι συσκευές παρόλο που δεν χρειάζονται ανθρώπινη παρέμβαση, είναι αυτές που πραγματοποιούν το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας. Το IoT αποτελεί μια τεχνολογία που στο μέλλον θα ασκήσει μεγάλη επιρροή στις αγορές, τις υπηρεσίες υγείας και στο τομέα της βιομηχανίας. Τα δεδομένα που θα συγκεντρώνονται θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της απόδοσης, τον εντοπισμό καθώς και την πρόβλεψη των αναγκών των ανθρώπων και των οργανισμών πριν αυτές εμφανιστούν.

Οι τεχνολογίες LPWAN επιτυγχάνουν λειτουργία ευρείας εμβέλειας και χαμηλής ισχύος σε βάρος του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και της υψηλότερης καθυστέρησης, συνήθως της τάξης κάποιων δευτερολέπτων ή λεπτών. Επομένως, οι τεχνολογίες LPWAN δεν προορίζονται για την αντιμετώπιση κάθε χρήσης του IoT. Οι τεχνολογίες LPWAN χωρίζονται σε αυτές που έχουν αδειοδοτούμενο φάσμα όπως LTE-M και NB- IoT και σε αυτές που δεν χρειάζεται κάποια άδεια, όπως LoRa και SigFox.

Πολλές από τις τεχνολογίες αυτές έχουν αξιοποιηθεί στις έξυπνες πόλεις με σκοπό τη διευκόλυνση και των ανθρώπων αλλά και της πολιτείας. Οι πολίτες μπορούν άνετα να αξιοποιήσουν τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς λόγω του IoT (εγκατάσταση ένδειξης αναμονής για την άφιξη του λεωφορείου στην στάση), ένας δήμος μπορεί εύκολα να αντιμετωπίσει την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας με το να ρυθμίζει κατάλληλα το φωτισμό στους δήμους ανάλογα τις καιρικές συνθήκες που υπάρχουν. Τέλος, πολλές εταιρείες τηλεπικοινωνιακών παροχών αξιοποιούν τις τεχνολογίες LPWAN, και συγκεκριμένα την τεχνολογία NB – IoT για πολλές χρήσεις στις ανθρώπινες εργασίες.

1.1 Ιστορική Αναδρομή

Μεγάλος λόγος γίνεται στις μέρες μας για διάφορες καινοτομίες που διαδραματίζονται στον κλάδο της μηχανικής Η/Υ και πληροφορικής, όπως Big Data, Machine Learning και Internet of Things. Ωστόσο, τι ακριβώς σημαίνει ο όρος Internet of Things; Όπως συμβαίνει συνήθως με οποιαδήποτε νέα έννοια, δεν υπάρχει ένας σαφής και απόλυτος ορισμός του IoT, καθώς διαφορετικές ομάδες «δημιουργών» IoT, όπως ερευνητές, ακαδημαϊκοί και εταιρείες έχουν προτείνει διάφορους ορισμούς.

Ένας ορισμός που προτείνεται από τους Somayya Madakam, R. Ramaswamy, Siddharth Tripathi είναι ο εξής: ένα ανοικτό δίκτυο έξυπνων αντικειμένων που έχουν την ικανότητα να αυτό-οργανώνονται, να μοιράζονται πληροφορίες, δεδομένα και πόρους, αντιδρώντας στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Αλλιώς, μπορούμε να ορίσουμε ως IoT το δίκτυο επικοινωνίας μιας σειράς συσκευών, οικιακών συσκευών, αυτοκινήτων καθώς και κάθε λογής αντικειμένου που ενσωματώνει ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα σε δίκτυο ώστε να επιτρέπεται η σύνδεση και η ανταλλαγή δεδομένων. Διαφορετικά, μπορούμε να πούμε πως η φιλοσοφία του IoT είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών μεταξύ τους μέσω κάποιου τοπικού δικτύου ή με δυνατότητα σύνδεσης τους στο διαδίκτυο.

Η ιδέα του IoT είναι προσανατολισμένη προς την μεγαλύτερη χρήση όλων των υπάρχοντων τεχνολογιών διασύνδεσης, άρα και του διαδικτύου. Η δημιουργία όλο και πιο αποτελεσματικών, οικονομικών μικροϋπολογιστών, η μείωση του κόστους έχει συμβάλει στην διάδοση των συσκευών αυτών, καθώς και η σμίκρυνση τους έχει οδηγήσει στην χρήση τους σε μια ευρεία γκάμα περιπτώσεων, μέχρι ακόμα και σε ενδύματα όπως ρούχα και παπούτσια.

Η ιδέα του IoT, έχει γεννηθεί εδώ και πολλά χρόνια κυρίως μέσω προβλέψεων και σεναρίων επιστημονικής φαντασίας, η απαρχή του εντούτοις είχε αρχίσει να συζητιέται από την δεκαετία του 1980, όπου δημιουργήθηκε ο πρώτος αυτόματος πωλητής από το αμερικάνικο πανεπιστήμιο Carnegie Mellon, η οποία μηχανή ήταν η πρώτη μηχανή που συνδέθηκε στο διαδίκτυο. Η ιδέα προήλθε από έναν φοιτητή τον David Nichols όπου πρακτικά πίστευε ότι η απόσταση από το δωμάτιο του στους αυτόματους πωλητές ήταν «σχετικά μεγάλη» και η ουρά που σχηματίζονταν από τα άτομα ήταν και αυτή μεγάλη. Έτσι γεννήθηκε η ιδέα ενός αυτόματου πωλητή όπου θα μπορούν οι χρήστες του πανεπιστημίου να παρακολουθούν από μακριά την διαθεσιμότητα των προϊόντων του αυτόματου πωλητή. Για να μπορέσουν να πάρουν τα δεδομένα από τον αυτόματο πωλητή εγκαταστάθηκε σε αυτό ένα module με αισθητήρες για να καταλαβαίνει όταν γίνεται αγορά.

Ακόμη, προστέθηκε μια γραμμή από την συσκευή μέχρι τον κεντρικό υπολογιστή του τμήματος, ο οποίος ήταν συνδεδεμένος στο APRANET, ο προκάτοχος του σημερινού Internet. Επίσης αναπτύχθηκε το κατάλληλο πρόγραμμα για αυτή την εργασία, έχοντας στο τέλος ως αποτέλεσμα κάθε φοιτητής που συνδέεται μέσω του τοπικού ethernet να μπορεί να παρακολουθήσει τον αυτόματο πωλητή.

Μετά από αυτή την επιτυχία αρχίζει σιγά σιγά η «ρευστοποίηση» της έννοιας του ίντερνετ. Από την αυστηρή περιγραφή του ως η διασύνδεση υπολογιστών και η σχεδίαση των διάφορων πρωτοκόλλων που αφορούσαν κυρίως προσωπικούς υπολογιστές, σε μια ευρύτερη έννοια διασύνδεσης περισσότερων συσκευών. Έτσι γεννιούνται οι έννοιες του διάχυτου προγραμματισμού (pervasive computing) και ubiquitous computing. Είναι η ιδέα στην επιστήμη των υπολογιστών και στην τεχνολογία λογισμικού, όπου ο υπολογισμός συμβαίνει «παντού». Τον όρο ubiquitous computing εισήχθη από τον Mark Weiser το 1988, επικεφαλής του Xerox PARC, δημιουργώντας τις πρώτες δημοσιεύσεις στο θέμα αυτό.

1.2 Ερευνητικός σκοπός

Το όραμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων είναι ιδιαίτερα υποσχόμενο, αλλά για να υλοποιηθεί απαιτεί τη σύμπραξη πολλών φορέων, και κυρίως της ερευνητικής κοινότητας, η οποία πρέπει να αντιμετωπίσει προβλήματα που εμπλέκουν όλες σχεδόν τις γνωστικές περιοχές.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη, σχεδιασμός και υλοποίηση ενός πλαισίου για τη διαχείριση οντοτήτων στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, με έμφαση στην απόκτηση και διανομή εμπειρίας εκ μέρους των οντοτήτων και απώτερο στόχο την αυτοδιαχείρισή τους. Αρχικά, γίνεται προσπάθεια διείσδυσης στο όραμα του Διαδικτύου των Πραγμάτων, με μελέτη των βασικών χαρακτηριστικών του και αναφορά σε όλες εκείνες τις τεχνολογίες που μπορούν να το υποστηρίξουν. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση της τρέχουσας τεχνολογικής κατάστασης και επισημαίνονται οι νέες προκλήσεις και περιοχές έρευνας.

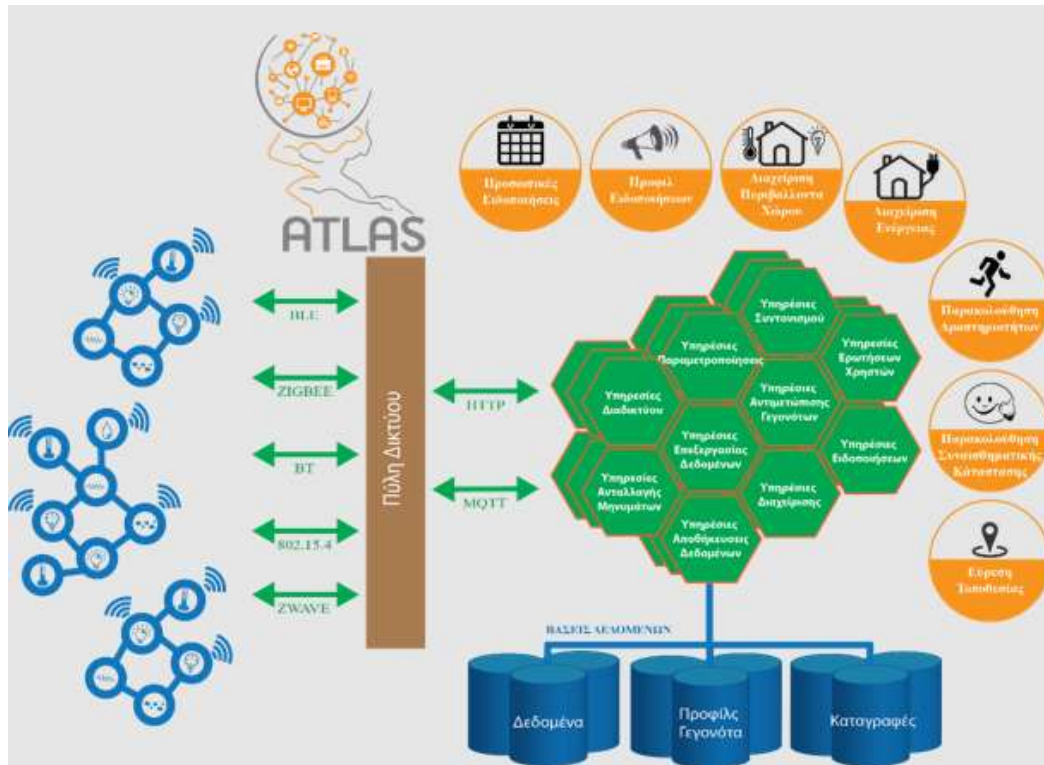
Τέλος, παρουσιάζεται η υλοποίηση σύνδεσης των αισθητήρων με την κεραία λήψης σημάτων της τεχνολογίας LoRa, εν συνεχεία δρομολογήθηκε η κίνηση προς το the things network (TTN) και η τελική πληροφορία λήφθηκε στο σύστημα Άτλας.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν αισθητήρες WiFi όπου τα δεδομένα στάλθηκαν σε Raspberry Pi στη συνέχεια στο Google Home και η τελική πληροφορία λήφθηκε στο Άτλας.

Η πλατφόρμα ATLAS [εικόνα 1] είναι μια ολοκληρωμένη Πλατφόρμα, που έχει ως σκοπό την από-άκρο-σε-άκρο διασύνδεση ετερογενών δικτύων αισθητήρων και την ανάπτυξη υπηρεσιών προς τους τελικούς χρήστες του Εργαστηρίου Σχεδιασμού Ενσωματωμένων Συστημάτων & Εφαρμογών το οποίο υπάγεται στο τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Ιδρύθηκε το 2019 και είναι πιστοποιημένος Κόμβος Ψηφιακής Καινοτομίας (DHI – Digital Innovation Hub) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής.

Σε αντίθεση από τις κλασικές πλατφόρμες όπου η κύρια υλοποίηση είναι στην πλευρά του υπολογιστικού νέφους (cloud), η πλατφόρμα ATLAS αναπτύσσεται με σκοπό να παρέχει υλοποιήσεις όσο πιο κοντά γίνεται στο δίκτυο ασύρματων αισθητήρων, το οποίο επιτρέπει την άμεση ανίχνευση και αντιμετώπιση διαφόρων γεγονότων. Με την χρήση τοπικών

συστάδων (clusters) που αποτελούνται από έξυπνες πύλες (gateways), η πλατφόρμα υποστηρίζει ετερογενή ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, όπως για παράδειγμα, Bluetooth Low Energy, Zigbee κλπ.



Η βασική αρχιτεκτονική της πλατφόρμας ATLAS

[εικόνα 1]

Η επικοινωνία μεταξύ των πυλών (gateways) και του νέφους γίνεται με το πρωτόκολλο MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), το οποίο είναι σχεδιασμένο για χαμηλών προδιαγραφών συσκευές και για επικοινωνίες με μικρές ταχύτητες. Επιπλέον, υπάρχει και η δυνατότητα για την επικοινωνία μέσω του παραδοσιακού διαδικτυακού πρωτοκόλλου HTTP (Hypertext Transfer Protocol).

Στην πλευρά του υπολογιστικού νέφους, η πλατφόρμα αποτελείται από μικρές υπηρεσίες διασυνδεδεμένες μεταξύ τους, βασισμένη στην αρχιτεκτονική μικρο-υπηρεσιών (microservices). Η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική παρέχει στην πλατφόρμα ευελιξία, ως προς την υλοποίηση, το σχεδιασμό και την εύκολη και γρήγορη προσθήκη και αφαίρεση υπηρεσιών.

Τέλος η πλατφόρμα ATLAS παρέχει ολοκληρωμένα APIs (Application Programming Interfaces) και διαδικτυακές εφαρμογές, για τους τελικούς χρήστες ώστε να μπορούν χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα, να δημιουργήσουν καινούργιες υπηρεσίες, χωρίς να έχουν εξειδικευμένες γνώσεις προγραμματισμού, καθώς επίσης και να συνδέσουν την πλατφόρμα με άλλες παρόμοιες πλατφόρμες.

1.3 Ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικό Ερώτημα 1

Ένα αυτοματοποιημένο περιβάλλον εργασίας και διαβίωσης είναι πάντα προς όφελος του ανθρώπου;

Ερευνητικό Ερώτημα 2

Η περιοχή κάλυψης των δικτύων LoRa και WiFi είναι πλέον ικανοποιητική για να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες μας;

Ερευνητικό Ερώτημα 3

Ποια ασύρματη τεχνολογία έχει και τη βέλτιστη εφαρμογή σύμφωνα με τον όγκο των δεδομένων, την συχνότητα αποστολής/λήψης και την απόσταση.

Ερευνητικό Ερώτημα 4

Μπορούμε να βασιζόμαστε απόλυτα στα «έξυπνα» συστήματα λήψης αποφάσεων λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό εκείνο των λανθασμένων μηνυμάτων; Πως μπορούμε να το περιορίσουμε;

1.4 Περιορισμοί διπλωματικής

Με σκοπό τη δημιουργία μιας ολοκληρωμένης εικόνας σχετικά με την μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την παρούσα έρευνα, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν οι περιορισμοί οι οποίοι οφείλουν να ληφθούν υπόψη για την εξαγωγή των συμπερασμάτων και την περαιτέρω έρευνα στο πεδίο.

- Ενέργεια αισθητήρα: Για να φτάσει το «IoT» σε επίπεδα που μπορεί να αξιοποιηθεί πλήρως και σε όλη του την έκταση θα πρέπει οι αισθητήρες να είναι αυτοσυντηρούμενοι. Είναι αδύνατο να πρέπει να αλλάζονται μπαταρίες σε δισεκατομμύρια συσκευές, συνεπώς είναι απαραίτητος ένας μηχανισμός που να επιτρέπει στις συσκευές να αλληλεπιδρούν και με το περιβάλλον τους και να αυτοσυντηρούνται. Για αυτό το λόγο θα πρέπει να δημιουργηθεί μια εμπορικά βιώσιμη νανογεννήτρια που να μετατρέπει τις δονήσεις, το φως και τη ροή του αέρα σε ηλεκτρική ενέργεια.
- Ένα δίκτυο αστέρα αποτελείται από ένα κεντρικό κόμβο (γνωστός και ως κόμβος πύλη), με τον οποίο συνδέονται όλοι οι άλλοι κόμβοι (π.χ., οι κόμβοι αισθητήρων) στο δίκτυο. Αυτός ο κεντρικός διανομέας λειτουργεί ως κοινό σημείο σύνδεσης για όλους τους άλλους κόμβους του δικτύου. Όλοι οι περιφερειακοί κόμβοι μπορούν να επικοινωνούν με τους άλλους μέσω μόνο από τον κεντρικό κόμβο. Ένα παράδειγμα αυτής της τοπολογίας είναι ο κόμβος Wi-Fi στο σπίτι. Τα μειονεκτήματα αυτού του τύπου δικτύου είναι παρόμοια με το δίκτυο point-to-point. Το εύρος περιορίζεται στην περιοχή εκπομπής μιας συσκευής. Επιπλέον, δεν υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας διαδρομής γύρω από εμπόδια, ώστε να αποφεύγονται περιπτώσεις παρεμβολών ή/ και περιπτώσεις διακοπής του δικτύου. Τέλος, σε μια δικτύωση τύπου αστέρα υπάρχει ένα μόνο σημείο αποτυχίας, η πύλη.
- Η επιλογή μιας τεχνολογίας δικτύου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το γεωγραφικό φάσμα που καλείται να καλύψει. Οι ρυθμοί μεταφοράς δεδομένων και οι ενεργειακές απαιτήσεις είναι δύο βασικά ζητήματα κατά την επιλογή μιας τεχνολογίας δικτύου για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Τεχνολογίες όπως οι 4G (LTE, LTE-A) και 5G είναι ευνοϊκές για εφαρμογές «IoT», δεδομένου των υψηλών ποσοστών μεταφοράς δεδομένων που παρέχουν. Τεχνολογίες όπως το LoRaWAN χαμηλής ενέργειας και το χαμηλής ισχύος WiFi είναι κατάλληλες για συσκευές με περιορισμένη ενέργεια.

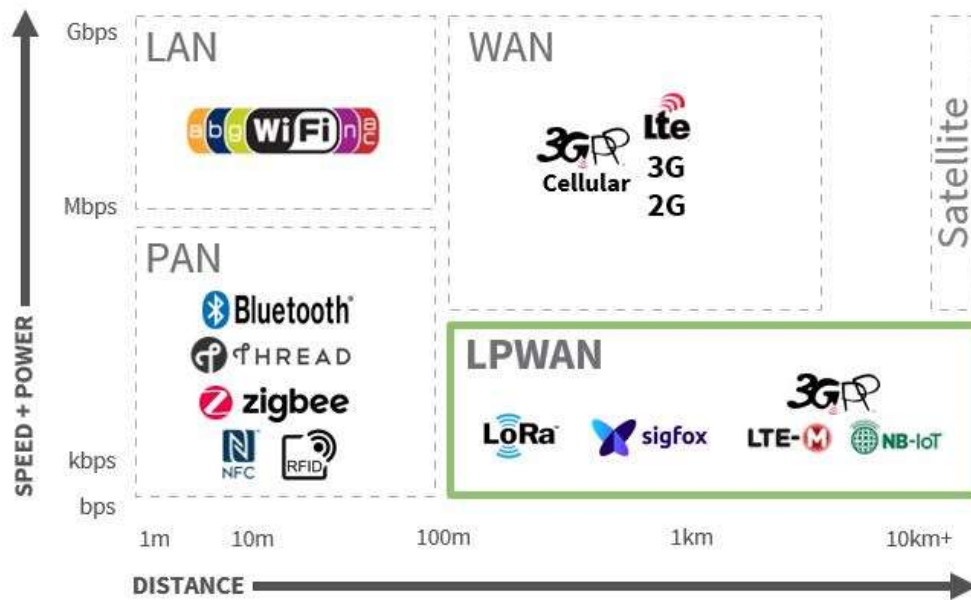
Παρακάτω, παρουσιάζονται επιλεγμένες τεχνολογίες ασύρματου δικτύου που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για εφαρμογές του «IoT». Για κάθε μια από τις παρακάτω τεχνολογίες, αναφέρονται τα ποσοστά εύρους που καλύπτουν, πρόσφατες εξελίξεις και περιορισμοί. Οι τεχνολογίες που συζητούνται παρακάτω είναι αντιπροσωπευτικές και η επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας εξαρτάται από την εφαρμογή και τα χαρακτηριστικά αυτής της τεχνολογίας.

1.5 Προδιαγραφή απαιτήσεων

- Χαμηλό κόστος των συσκευών παρακολούθησης (αισθητήρες κλπ).
- Χαμηλής κατανάλωση ενέργειας.
- Χαμηλό κόστος λειτουργίας (π.χ. αποφυγή μεγάλων μηνιαίων χρεώσεων).
- Κάλυψη ευρείας ζώνης με μεγάλη χωρική ακρίβεια.
- Ταχύτητα αποστολής και λήψης δεδομένων.
- Εύκολη διασύνδεση, χρήση και μελλοντική παραμετροποίηση.
- Να επιτρέπεται η μέτρηση της κατανάλωσης σε κάθε κατάσταση λειτουργίας.
- Τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν να καταλαμβάνουν όσο το δυνατόν μικρότερο χώρο (footprint).
- Να δύναται να λειτουργήσει με μπαταρία μακράς διάρκειας.
- Να υπάρχει ακρίβεια των Μετρήσεων (Accuracy).
- Να είναι ανθεκτικές οι συσκευές αντοχή στον ήλιο και στο νερό.
- Να είναι μικρές σε μέγεθος, ελαφριές και προσαρμόσιμες σε διαφορετικά περιβάλλοντα εργασίας.
- Να επιτρέπεται η σύνδεση με την καθημερινότητα του χρήστη (H/Y, κινητό, tablet, wearable κλπ).

2 Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1 Ασύρματες Τεχνολογίες Στο Διαδίκτυο Των Πραγμάτων (IoT)



[εικόνα 2]

2.1.1 LAN (Local Area Network)

Ένα τοπικό δίκτυο υπολογιστών είναι ένα σύνολο συνδεδεμένων υπολογιστών που εκτείνονται σε περιορισμένη γεωγραφική περιοχή. Τοπικό μπορεί να είναι ένα δίκτυο ενός ή περισσότερων δωματίων, ενός κτιρίου ή ακόμα και κοντινών κτιρίων.

2.1.1.1 WiFi

Wireless Fidelity (ασύρματη πιστότητα). Ως ασύρματο δίκτυο χαρακτηρίζεται το τηλεπικοινωνιακό δίκτυο, το οποίο χρησιμοποιεί, ραδιοκύματα ως φορείς πληροφορίας. Τα δεδομένα μεταφέρονται μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, με συχνότητα φέροντος η οποία εξαρτάται κάθε φορά από τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων που απαιτείται να υποστηρίξει το δίκτυο. Η μέγιστη περιοχή κάλυψης είναι περίπου 100μ σε ανοιχτό χώρο.

Feature	Wi-Fi 4	Wi-Fi 5	Wi-Fi 6
Channel bandwidth (MHz)	20, 40	20, 40, 80, 80 + 80, 160	20, 40, 80, 80 + 80, 160
Frequency bands	2.4 and 5 GHz	5 GHz	2.4 and 5 GHz
Maximum data rate	150 Mbps	3.5 Gbps*	9.6 Gbps*
Highest subcarrier modulation	64-QAM	256-QAM	1024-QAM
Spatial streams	1	4	8
Underlying technology	IEEE 802.11n	IEEE 802.11ac	IEEE 802.11ax

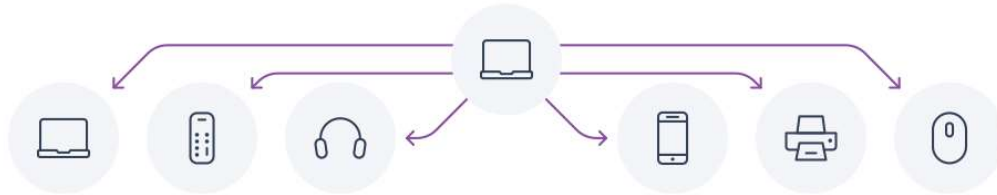
* Depending upon number of spatial streams and channel used

[εικόνα 3]

2.1.2 PAN (Personal Area Network)

Τα δίκτυα προσωπικού χώρου είναι δίκτυα υπολογιστών ή αισθητήρων τα οποία χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων μέσω σημάτων. Η μέγιστη περιοχή κάλυψης είναι περίπου 20μ σε ανοιχτό χώρο.

Personal Area Network (PAN)



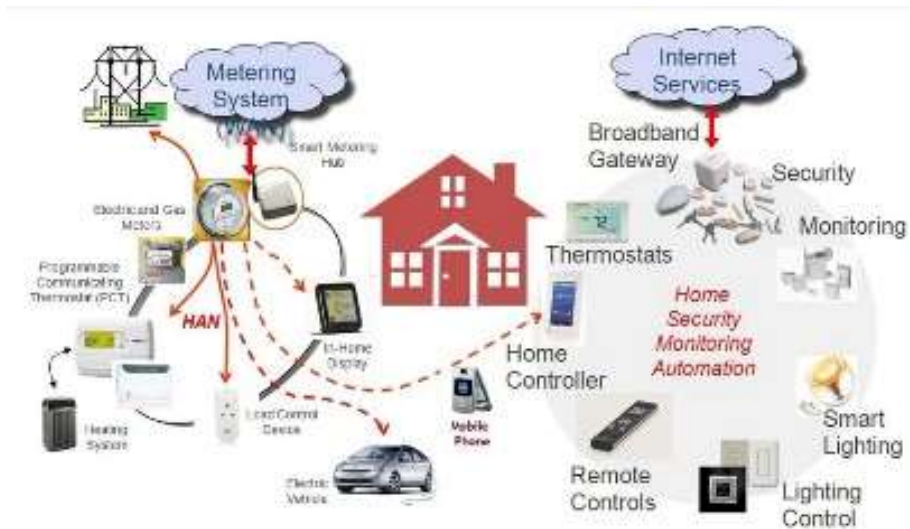
[εικόνα 4]

2.1.2.1 Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Επομένως το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο παρέχει προτυποποιημένη, ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε αισθητήρες, κινητά τηλέφωνα, φορητούς υπολογιστές, εκτυπωτές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακές κάμερες, μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας.

2.1.2.2 Zigbee

Πρόκειται για μία τεχνολογία που δημιουργήθηκε, όπως και το Bluetooth, με στόχο την εξυπηρέτηση των ασύρματων προσωπικών δικτύων και η οποία βασίζεται στο πρότυπο IEEE 802.15.4. Όπως και οι περισσότερες ασύρματες τεχνολογίες και η τεχνολογία ZIGBEE παρουσιάζει λειτουργία στο φάσμα ISM των 2.4 GHz. Η εμβέλεια της όσον αφορά τη μετάδοση φτάνει έως και 100 μέτρα, έχοντας μέγιστη ταχύτητα τα 250 Kbps. Ωστόσο, η συχνότητα λειτουργίας της μπορεί να εκπέμψει και στα 868 MHz και στα 915 MHz, ανάλογα την χώρα.



[εικόνα 5]

2.1.2.3 NFC

Η επικοινωνία κοντινού πεδίου (near field communication, NFC) αποτελεί μια πρότυπη τεχνολογία συνδεσιμότητας. Είναι μια μικρής εμβέλειας ασύρματη τεχνολογία, η οποία λειτουργεί στη συχνότητα των 13,56 MHz και μεταφέρει δεδομένα με ρυθμό έως και 424kbps και έχει γίνει γνωστή κυρίως μέσω της χρήσης της από τα smartphones. Η λειτουργία της βασίζεται στην επαφή ή στην προσέγγιση, σε απόσταση περίπου τεσσάρων με πέντε εκατοστών, της συσκευής που περιέχει το τσιπ NFC με κάποια άλλη συσκευή που περιλαμβάνει τον κατάλληλο αισθητήρα.

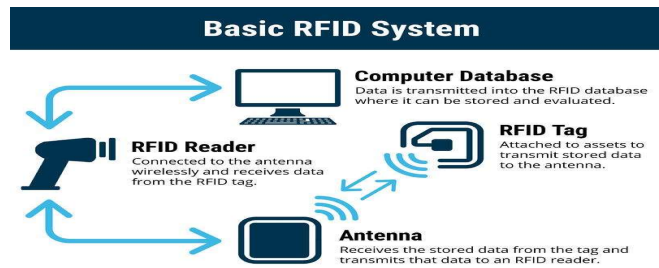


[εικόνα 6]

2.1.2.4 RFID

Το RFID είναι τα αρχικά του όρου Radio Frequency Identification, η απόδοση του στα ελληνικά ορίζεται ως «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Τα συστήματα RFID αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems). Ειδικότερα λειτουργεί ως γενικός όρος των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για να προσδιορίσουν αυτόματα ανθρώπους ή αντικείμενα και αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδικών (barcode). Η τεχνολογία RFID είναι γνωστή εδώ και 50 χρόνια.

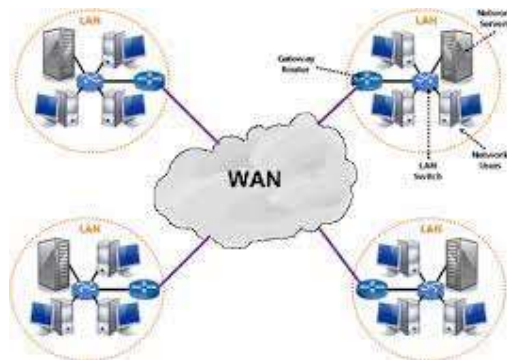
Τα συστήματα RFID απαρτίζονται από δύο κύρια μέρη. Το πρώτο είναι οι πομποδέκτες (transponders) που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες RFID (RFID tags). Οι ετικέτες RFID είναι μικρά chips που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μνήμη ώστε να αποθηκεύει δεδομένα- πληροφορίες, και μία κεραία. Το μέγεθός τους μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο το μισό ενός κόκκου άμμου (1/3 του χιλιοστού), ανάλογα με το τύπο τις ετικέτας. Το δεύτερο μέρος είναι οι αναγνώστες ή αισθητήρες (readers), οι οποίοι ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID. Οι αναγνώστες RFID έχουν ενσωματωμένα μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου.



[εικόνα 7]

2.1.3 WAN (Wide Area Network)

Το δίκτυο ευρείας περιοχής (WAN) είναι ένα δίκτυο τηλεπικοινωνιών που εκτείνεται σε μια μεγάλη γεωγραφική περιοχή ή αλλιώς πολλά LAN's μαζί για τον πρωταρχικό σκοπό της δικτύωσης υπολογιστών. Το Διαδίκτυο μπορεί να θεωρηθεί ότι είναι ένα WAN.



[εικόνα 8]

2.1.3.1 Cellular data (4G, 5G, 6G)

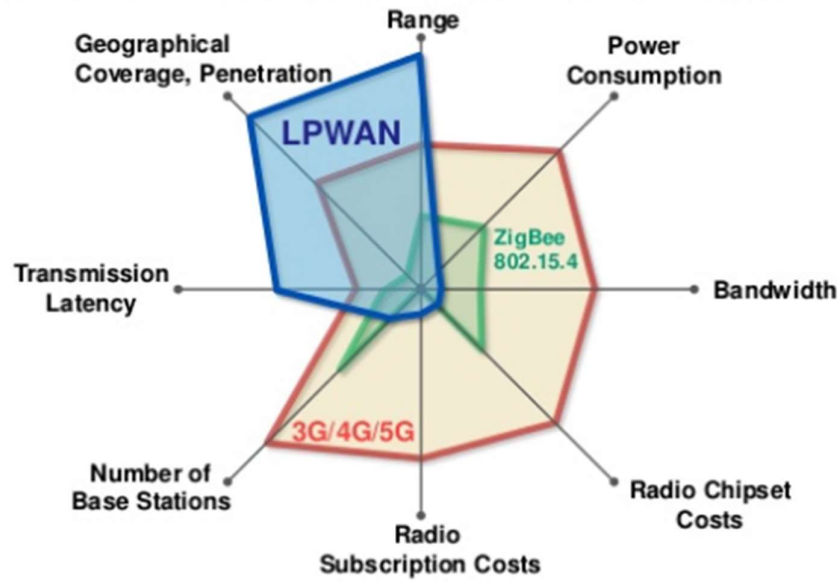
Κυψελωτό δίκτυο είναι το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας με κυψελοειδή μορφή, που χάρις στην οργανωμένη δομή του και τα εύχρηστα τεχνικά χαρακτηριστικά του, αυξάνει τη συνδρομητική χωρητικότητα του συστήματος, παρέχει ουσιαστική εκμετάλλευση του προσφερόμενου φάσματος ραδιοσυχνοτήτων και δίνει παράλληλα δυνατότητα ραδιοκάλυψης σχετικά μεγάλων γεωγραφικών περιοχών, προσφέροντας στους συνδρομητές της κινητής τηλεφωνίας ποιότητα στην επικοινωνία με αποδεκτό κόστος.

Comparison of 4G, 5G and 6G			
Issue	4G	5G	6G
Per device peak data rate	1 Gbps	10 Gbps	1 Tbps
E2E latency	100 ms	10 ms	1 ms
Maximum spectral efficiency	15 bps/Hz	30 bps/Hz	100 bps/Hz
Mobility support	Up to 350 km / hr	Up to 500 km / hr	Up to 1000 km / hr
Satellite integration	No	No	Fully
AI	No	Partial	Fully
Autonomous vehicle	No	Partial	Fully
XR	No	Partial	Fully
Haptic communication	No	Partial	Fully

[εικόνα 9]

2.1.4 LPWAN (Low Power Wide Area Network)

Ένα δίκτυο ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος είναι ένας τύπος ασύρματου δικτύου ευρείας περιοχής τηλεπικοινωνιών που έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει επικοινωνίες μεγάλης εμβέλειας με χαμηλό ρυθμός μετάδοσης μεταξύ των πραγμάτων (συνδεδεμένα αντικείμενα), όπως αισθητήρες που λειτουργούν με μπαταρία. Η χαμηλή ισχύς, ο χαμηλός ρυθμός bit και η προβλεπόμενη χρήση διακρίνουν αυτόν τον τύπο δικτύου από ένα ασύρματο WAN που έχει σχεδιαστεί για τη σύνδεση χρηστών ή επιχειρήσεων και μεταφέρει περισσότερα δεδομένα, χρησιμοποιώντας περισσότερη ισχύ. Ο ρυθμός δεδομένων LPWAN κυμαίνεται από 0,3 Kbps έως 50 Kbps ανά κανάλι.



[εικόνα 10]

2.1.4.1 Sigfox

Τεχνολογία Sigfox, πρόκειται για μια γαλλική εταιρεία ασύρματων δικτύων που χρησιμοποιεί τις μη αδειοδοτημένες ζώνες ISM, για τη μετάδοση δεδομένων σε πολύ στενό φάσμα από και προς τα συνδεδεμένα αντικείμενα.



[εικόνα 11]

Πρόκειται για ένα δίκτυο αστεριών (star network) με τις πύλες να εξυπηρετούν ως ελεγκτές του δικτύου. Όπως και το LoRa, έχει επίσης μεγάλο εύρος και πολύ χαμηλή κατανάλωση μπαταρίας ως χαρακτηριστικά. Αλλά το SigFox το επιτυγχάνει με μια πολύ διαφορετική μετάδοση χρησιμοποιώντας ασύρματες εκπομπές πολύ χαμηλής ταχύτητας δεδομένων "Ultra Narrowband" (UNB). Η επικοινωνία κατερχόμενης ζεύξης (δεδομένα από τους σταθμούς βάσης στις τελικές συσκευές), μπορεί να λάβει χώρα μόνο μετά από μια επικοινωνία ανερχόμενης ζεύξης.

	Sigfox
Modulation	BPSK
Frequency	Unlicensed ISM bands (868 MHz in Europe, 915 MHz in North America, and 433 MHz in Asia)
Bandwidth	100 Hz
Maximum data rate	100 bps
Bidirectional	Limited / Half-duplex
Maximum messages/day	140 (UL), 4 (DL)
Maximum payload length	12 bytes (UL), 8 bytes (DL)
Range	10 km (urban), 40 km (rural)
Interference immunity	Very high
Allow private network	No
Standardization	Sigfox company is collaborating with ETSI on the standardization of Sigfox-based network

[εικόνα 12]

Ο αριθμός των μηνυμάτων μέσω της ανερχόμενης ζεύξης περιορίζεται σε 140 μηνύματα την ημέρα. Το μέγιστο μήκος ωφέλιμου φορτίου για κάθε μήνυμα ανερχόμενης ζεύξης είναι 12 byte. Το δίκτυο SigFox IoT, ξεκινώντας από τη Γαλλία, διαθέτει εγκαταστάσεις σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, με σταθερή επέκταση του δικτύου τους.

2.1.4.2 NarrowBand-IoT

Το Narrowband IoT (NB-IoT) πρόκειται για μια τεχνολογία LPWAN ασύρματης πρόσβασης 3GPP και η προδιαγραφή του αποτελεί μέρος της έκδοσης 3GPP. Αυτή η τεχνολογία επαναχρησιμοποιεί διάφορες αρχές και δομικές μονάδες του φυσικού στρώματος LTE και ανώτερα στρώματα πρωτοκόλλου.



[εικόνα 13]

Το NB-IoT σχεδιάστηκε με σκοπό να προσφέρει εκτεταμένη κάλυψη καθώς και για να βελτιώσει την χωρητικότητα UL (uplink) για χρήστες σε περιοχές κακής κάλυψης μέσω εκπομπών απλής εκπομπής τόνων. Το NB-IoT μπορεί να συνυπάρχει με δίκτυα κινητής τηλεφωνίας 2G, 3G και 4G. Επίσης, επωφελείται από όλες τις λειτουργίες ασφάλειας και προστασίας προσωπικών δεδομένων των δικτύων κινητής τηλεφωνίας.

Η βαθιά εσωτερική κάλυψη, όπως για παράδειγμα σε υπόγεια κτιρίων, αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα του NB-IoT. Αυτό υλοποιείται με μια υψηλότερη πυκνότητα ισχύος καθώς οι μεταδόσεις συγκεντρώνονται σε ένα πιο μικρό εύρος ζώνης φορέα μόλις 180 kHz. Η βελτίωση της κάλυψης προσφέρει επιπλέον τη δυνατότητα επανάληψης της μετάδοσης ενός μηνύματος σε περίπτωση που λόγω κακών συνθηκών κάλυψης χρειαστεί.

Οι τεχνολογίες που λειτουργούν με μη εξουσιοδοτημένο φάσμα, αντίθετα, περιορίζονται νομικά στον αριθμό επαναλήψεων λόγω καθορισμένων κύκλων λειτουργίας, οι οποίες εμποδίζουν την αποτελεσματική εσωτερική κάλυψη.

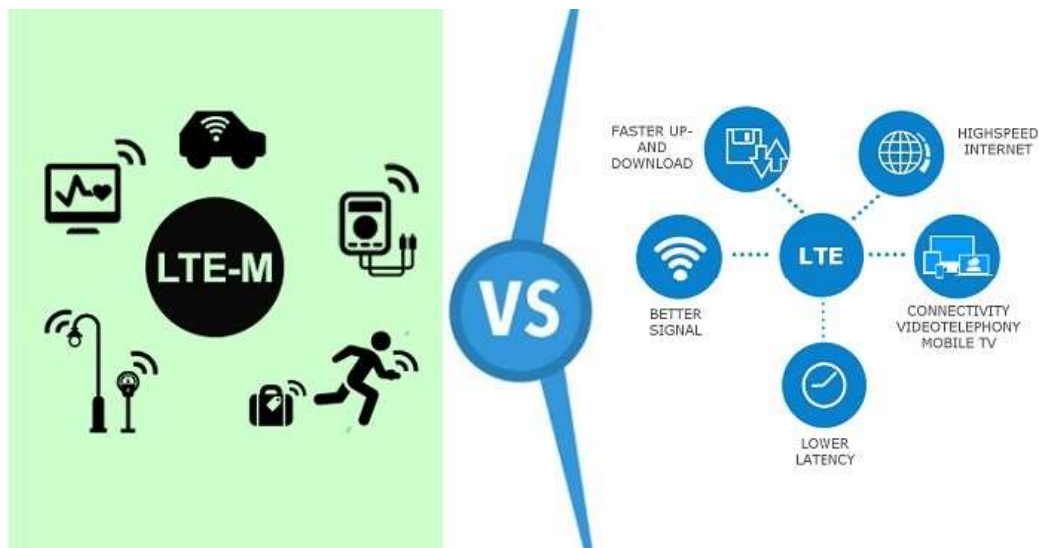
Το NB-IoT κατασκευάζεται από τις υπάρχουσες λειτουργίες LTE όμως πολλά χαρακτηριστικά έχουν αφαιρεθεί με σκοπό να διατηρήσουν αυτό το πρότυπο όσο το δυνατόν πιο απλό για να μειώσουν το κόστος της συσκευής και να ελαχιστοποιήσουν την κατανάλωση μπαταρίας. Αυτή η βελτίωση περιλαμβάνει την αφαίρεση της μεταπομπής (handover) καθώς

και των τεχνικών carrier aggregation και dual connectivity αλλά και μετρήσεις για την παρακολούθηση της ποιότητας του καναλιού (measurements to monitor the channel quality). Το NB-IoT χρησιμοποιεί διαμορφώσεις QPSK και BPSK.

2.1.4.3 LTE-M

LTE-M (LTE-MTC [Machine Type Communication]), περιλαμβάνει το eMTC (enhanced Machine Type Communication)

Το LTE-M1 λειτουργεί με τα ήδη υπάρχοντα δίκτυα LTE σε αντίθεση με τη τεχνολογία NB-IoT το οποίο χρησιμοποιεί το μη χρησιμοποιούμενο φάσμα. Το LTE-M1 λειτουργεί εντός της ίδιας ζώνης LTE που χρησιμοποιείται για κυψελοειδείς εφαρμογές και έτσι καθιστά δυνατή τη χρήση αυτής της τεχνολογίας σε κινητές εφαρμογές.



[εικόνα 14]

Η τεχνολογία αυτή προσφέρει εκτεταμένη κάλυψη, χαμηλότερο κόστος συσκευών σε σχέση με τις κινητές ευρυζωνικές συσκευές αλλά επίσης και χαμηλότερη συνολική κατανάλωση ισχύος. Το σύνολο των νέων αυτών δυνατοτήτων θα διευκολύνει την αύξηση του αριθμού των νέων συσκευών που συνδέουν μια σειρά «αντικειμένων» συνδεδεμένων στο διαδίκτυο γεγονός που θα προκαλέσει την άνοδο της παραγωγικότητας και της δημιουργικότητας σε πολλούς κλάδους της βιομηχανίας.

Από τη τεχνολογία LTE cat-0 έως το LTE cat-M1 (eMTC) προκύπτει μείωση του εύρους ζώνης λήψης από 20 MHz σε 1.4 MHz και έχει ως αποτέλεσμα τον αποδοτικό και χαμηλής ισχύος σχεδιασμό. Για τη διατήρηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας για το eMTC υπάρχουν δύο δυνατότητες οι οποίες είναι, η λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας (Power Saving Mode, PSM) και η εκτεταμένη ασυνεχής λήψη (extended Discontinuous Reception, eDRx) που ενεργοποιούν τις τελικές συσκευές να είναι σε κατάσταση «ύπνου» για ώρες ή και ημέρες χωρίς να χάνεται το δίκτυο στο οποίο είναι καταχωρημένες.

2.1.4.4 LoRa

Το LoRa ή το Long Range είναι μια ιδιόκτητη ασύρματη τεχνολογία χαμηλής ισχύος και μεγάλης εμβέλειας, η οποία χρησιμοποιεί ασύρματο φάσμα χωρίς άδεια – όπως και το Wi-Fi χρησιμοποιεί τις μη εξουσιοδοτημένες συχνότητες 2,4 GHz και 5 GHz.

Η τεχνολογία LoRa μπορεί να γίνει αντιληπτή ως δύο επιμέρους τμήματα, το πρώτο είναι το LoRa και το δεύτερο είναι το LoRaWAN. Το LoRa είναι μια ιδιοταγής τεχνολογία η οποία ανήκει στην εταιρεία Semtech και προέρχεται από την CSS (chirp spread spectrum) τεχνολογία, ενώ το LoRaWAN αποτελεί ένα ανοικτό δικτυακό πρωτόκολλο.

Το φυσικό επίπεδο του LoRa έχει ως στόχο να προσφέρει την δυνατότητα της επικοινωνίας συσκευών που λειτουργούν με μπαταρία με χαμηλό ενεργειακό κόστος, σε μεγάλες αποστάσεις, θεωρητικά αποστάσεις σε ανοιχτό χώρο που φθάνουν την κάλυψη μέχρι και 15-20 χιλιόμετρα.

Το γεγονός ότι βασίζεται στην διαμόρφωση CSS έχει ως αποτέλεσμα την εξισορρόπηση μεταξύ του ρυθμού μετάδοσης δεδομένων και της «ευαισθησίας» στον θόρυβο μέσα στο κανάλι μετάδοσης. Έτσι, διατηρείται η χαμηλή ενεργειακή απαίτηση, ενώ αυξάνεται η απόσταση μετάδοσης, έχοντας χαμηλό κόστος.

Πριν περιγράψουμε περισσότερες λεπτομέρειες για το φυσικό επίπεδο του LoRa, είναι σωστό να γίνει μια αναφορά στις έννοιες που απασχολούν και περιγράφουν το εν λόγω επίπεδο. Μια συσκευή LoRa μπορεί να ρυθμιστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να αλλάζουν οι παράμετροι: SF (spreading factor), bandwidth, coding rate, και ισχύς μετάδοσης. Η σωστή επιλογή αυτών των παραμέτρων έχει σημαντική επίπτωση στην κατανάλωση ενέργειας.

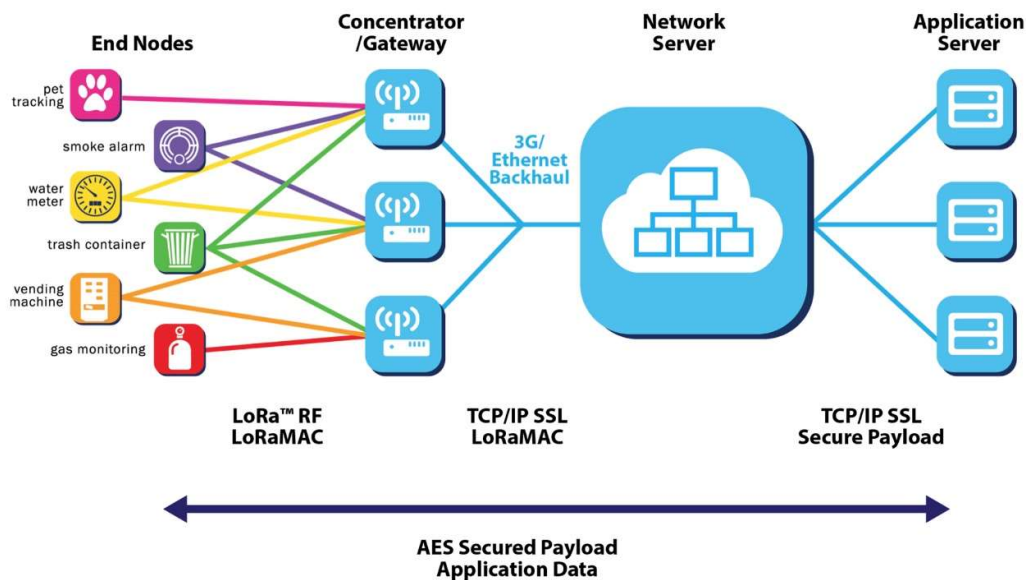
Η σχέση που συνδέει τον ρυθμό συμβόλων με το SF είναι η εξής:

$$R_b = SF * \frac{1}{\frac{2^{SF}}{BW}} \text{ bits/s [15]}$$

Αυτό το είδος διαμόρφωσης χρησιμοποιήθηκε κυρίως για στρατιωτικές και διαστημικές επικοινωνίες. Γενικά, για την αξιολόγηση της διαμόρφωσης χρησιμοποιείται BER vs E_b/N_0 (Λόγος ενέργειας κάθε bit προς τον θόρυβο).

Η γενική μαθηματική σχέση που υπολογίζει το BER βασισμένο στο SNR είναι η εξής:

$$\frac{E_b}{N_0(\text{dB})} = \text{SNR}(\text{dB}) + 10 \log \frac{BW}{R_b} \text{ [15]}$$



[εικόνα 15]

Παράμετροι LoRa

Σε αυτή την παράγραφο θα γίνει αναφορά των παραμέτρων των συσκευών που υποστηρίζουν το LoRa, με μεγαλύτερη ανάλυση και είναι οι εξής:

Η ισχύς μετάδοσης (Transmission Power): στο LoRa οι τιμές είναι από -4db μέχρι 20 db.

Συχνότητα Φορέα (Carrier Frequency): είναι η κεντρική συχνότητα και το εύρος της είναι από 137Hz-1020Hz.

Spreading factor: είναι ο λόγος μεταξύ του ρυθμού συμβόλων και τον ρυθμό των chirp. Μεγαλύτερο spreading factor σημαίνει αύξηση του SNR. Ο αριθμός των chirps ανά σύμβολο υπολογίζεται ως 2SF. Όσο αυξάνουμε το spreading factor αυξάνεται ο χρόνος μετάδοσης, συνεπώς αυξάνεται και η κατανάλωση της ενέργειας. Οι τιμές που μπορεί να λάβει είναι από 6 μέχρι 12.

Εύρος ζώνης: υψηλότερο εύρος ζώνης έχει ως αποτέλεσμα μεγαλύτερο ρυθμό δεδομένων και αντίστροφα αν είναι μικρότερο τότε έχει ως αποτέλεσμα μικρότερο ρυθμό δεδομένων.

Ρυθμός κωδικοποίησης: χρησιμοποιείται από το μοντέλο του LoRa και δείχνει την προστασία που δίνεται έναντι παρεμβολών. Προφανώς, μεγαλύτερος ρυθμός κωδικοποίησης δίνει μεγαλύτερη προστασία από παρεμβολές εντούτοις μειώνει τον ρυθμό δεδομένων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει είναι 4/5, 4/6, 4/7, 4/8.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι συσκευές με διαφορετικές επιλογές των παραπάνω παραμέτρων μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους.

2.2 LoRaWAN

Η προδιαγραφή LoRaWAN® είναι ένα πρωτόκολλο δικτύωσης χαμηλής ισχύος, ευρείας περιοχής (LPWAN) που έχει σχεδιαστεί για να συνδέει ασύρματα «πράγματα» που λειτουργούν με μπαταρία στο Διαδίκτυο σε περιφερειακά, εθνικά ή παγκόσμια δίκτυα και στοχεύει βασικές απαιτήσεις Internet of Things (IoT), όπως κατευθυντική επικοινωνία, ασφάλεια από άκρο σε άκρο, υπηρεσίες κινητικότητας και εντοπισμού.

2.2.1 LoRaWAN vs LoRa

Το LoRa είναι ένα σήμα ραδιοσυχνότητας

Ανήκει στην εταιρεία Semtech με έδρα την Καλιφόρνια, το LoRa (Long Range) είναι ένα σήμα φορέα ραδιοσυχνότητας που βασίζεται στο επίπεδο PHY της συσκευής τηλεπικοινωνιών. Με τη χρήση μόντεμ LoRa μπορεί να μετατρέψει τα δεδομένα σε σήμα.

Χρησιμοποιώντας μια τεχνική διαμόρφωσης γνωστή ως chirp spread spectrum (CSS), το σήμα LoRa μπορεί να διαφέρει ανάλογα με το μήνυμα που μεταφέρει. Χρησιμοποιεί επίσης ολόκληρο το εύρος ζώνης του καναλιού για μετάδοση, επιτρέποντάς του να είναι πιο ανθεκτικό στις αντισταθμίσεις θορύβου και συχνότητας. Και ενώ υπάρχουν σίγουρα άλλα, πιο γνωστά σήματα ραδιοσυχνότητας εκεί έξω (όπως Bluetooth και WiFi), το LoRa είναι γνωστό ότι βελτιώνει την ευαισθησία του δέκτη και έχει αυξημένο εύρος επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομένων - καλύπτοντας έως και περίπου 15-20 χλμ σε καλές συνθήκες. Αυτό το καθιστά ιδανικό για λύσεις δικτύωσης σε ευρείες ή αγροτικές περιοχές.

Βασισμένο στο επίπεδο μεταφοράς δεδομένων μιας συσκευής τηλεπικοινωνιών, το LoRaWAN είναι η τεχνολογία που συνδέει το σήμα LoRa με την εφαρμογή.

Με τον έλεγχο τόσο του πρωτοκόλλου όσο και της αρχιτεκτονικής, αυτό βοηθά στον προσδιορισμό της διάρκειας ζωής της μπαταρίας των κόμβων, της ποιότητας υπηρεσίας, της ασφάλειας των μεταδιδόμενων δεδομένων, της χωρητικότητας του δικτύου και των τύπων και των ποικιλιών των εφαρμογών που χρησιμοποιούνται. Σε συνδυασμό με τα σήματα ραδιοσυχνότητας LoRa, αυτό κατέστησε δυνατή τη δημιουργία λύσεων τηλεπικοινωνιών χαμηλής ισχύος, οικονομικής απόδοσης, μεγάλης εμβέλειας και αμφίδρομων τηλεπικοινωνιών για χρήση σε ένα ευρύ φάσμα καταστάσεων.

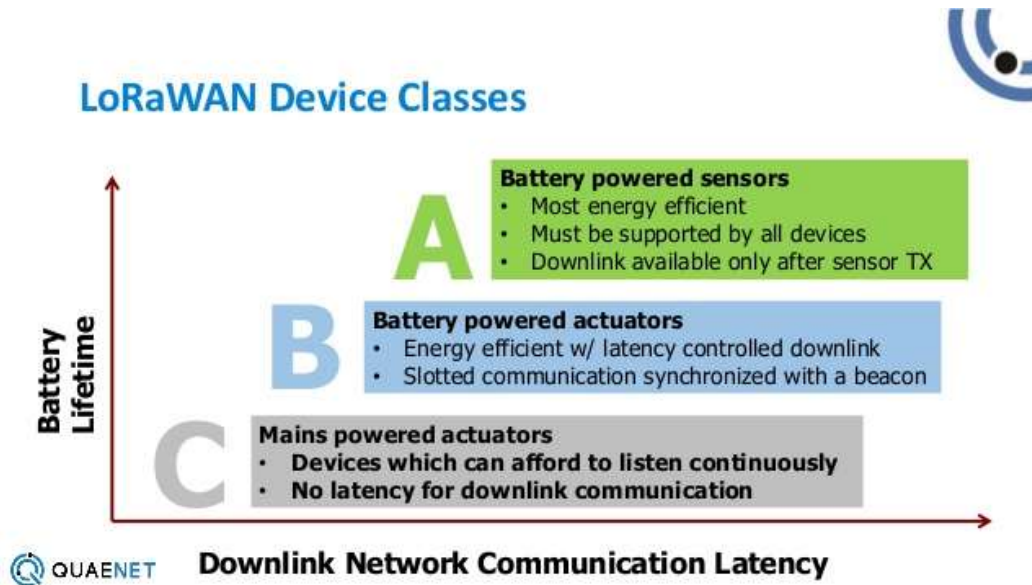
Τα οφέλη καθώς και η δυνατότητα μείωσης του αριθμού των απαιτούμενων συσκευών Gateway (σε σύγκριση με άλλες μεθόδους επικοινωνίας, όπως δίκτυα κινητής τηλεφωνίας και WLAN) - έχουν δει το LoRaWAN να γίνεται όλο και πιο δημοφιλές για δίκτυα IoT στις Έξυπνες Πόλεις.



[εικόνα 16]

2.2.1.1 Κατηγορίες συσκευών

Το LoRaWAN διαθέτει τρεις διαφορετικές κατηγορίες συσκευών τελικού σημείου για την αντιμετώπιση των διαφορετικών αναγκών που αντικατοπτρίζονται στο ευρύ φάσμα εφαρμογών:



[εικόνα 17]

Class A - Τερματικές συσκευές χαμηλής ισχύος, αμφίδρομες:

Η προεπιλεγμένη κλάση που πρέπει να υποστηρίζεται από όλες τις τελικές συσκευές LoRaWAN, την επικοινωνία κλάσης A ξεκινά πάντα από την τελική συσκευή και είναι πλήρως ασύγχρονη. Κάθε μετάδοση ανερχόμενης ζεύξης μπορεί να σταλεί ανά πάσα στιγμή και ακολουθείται από δύο μικρά παράθυρα κάτω ζεύξης, δίνοντας την ευκαιρία για αμφίδρομη επικοινωνία ή εντολές ελέγχου δικτύου, εάν χρειάζεται. Αυτός είναι ένας τύπος πρωτοκόλλου ALOHA.

Η τελική συσκευή μπορεί να εισέλθει σε κατάσταση αδράνειας χαμηλής κατανάλωσης για όσο διάστημα ορίζεται από τη δική της εφαρμογή: δεν υπάρχει απαίτηση δικτύου για περιοδική αφύπνιση. Αυτό καθιστά την κατηγορία A την λιγότερο ενεργοβόρα, επιτρέποντας παράλληλα την επικοινωνία ανερχόμενης ζεύξης ανά πάσα στιγμή.

Επειδή η downlink μετάδοση πρέπει πάντα να ακολουθεί μια uplink μετάδοση με ένα χρονοδιάγραμμα που ορίζεται από την εφαρμογή τελικής συσκευής, η επικοινωνία του downlink πρέπει να αποθηκεύεται σε προσωρινή μνήμη στον διακομιστή δικτύου μέχρι το επόμενο συμβάν uplink.

Class B - Αμφίδρομες τελικές συσκευές με ντετερμινιστική καθυστέρηση ζεύξης:

Εκτός από τα παράθυρα λήψης που ξεκινούν από την κλάση A, οι συσκευές της κλάσης B συγχρονίζονται στο δίκτυο με χρήση περιοδικών φάρων και ανοίγουν «ring slots» downlink σε προγραμματισμένες ώρες. Αυτό παρέχει στο δίκτυο τη δυνατότητα αποστολής επικοινωνιών downlink με ντετερμινιστικό λανθάνοντα χρόνο, αλλά εις βάρος κάποιας πρόσθετης κατανάλωσης ισχύος στην τελική συσκευή. Ο λανθάνων χρόνος μπορεί να προγραμματιστεί έως και 128 δευτερόλεπτα για να ταιριάζει σε διαφορετικές εφαρμογές και η πρόσθετη κατανάλωση ενέργειας είναι αρκετά χαμηλή για να εξακολουθεί να ισχύει σε εφαρμογές με μπαταρία.

Class C - Χαμηλότερη καθυστέρηση, αμφίδρομες τελικές συσκευές:

Εκτός από τη δομή κλάσης A της ζεύξης που ακολουθείται από δύο παράθυρα downlink, η κλάση C μειώνει περαιτέρω την καθυστέρηση στο downlink διατηρώντας τον δέκτη της τελικής συσκευής ανοιχτό ανά πάσα στιγμή που η συσκευή δεν εκπέμπει (half duplex). Με βάση αυτό, ο διακομιστής δικτύου μπορεί να ξεκινήσει μετάδοση downlink ανά πάσα στιγμή με την παραδοχή ότι ο δέκτης τελικής συσκευής είναι ανοιχτός, οπότε δεν υπάρχει καθυστέρηση. Ο συμβιβασμός είναι η αποστράγγιση ισχύος του δέκτη (έως ~ 50mW) και έτσι η κατηγορία Γ είναι κατάλληλη για εφαρμογές όπου υπάρχει συνεχής ισχύς ρεύματος.

Για συσκευές με μπαταρία, είναι δυνατή η προσωρινή εναλλαγή λειτουργίας μεταξύ κατηγοριών A & C και είναι χρήσιμη για διαλείπουσες εργασίες, όπως ενημερώσεις υλικολογισμικού over-the-air.

2.2.1.2 Τοπολογία και χωρητικότητα δικτύου

Η αρχιτεκτονική δικτύου LoRaWAN® αναπτύσσεται σε μια τοπολογία αστέρα-αστεριών στην οποία οι πύλες μεταδίδουν μηνύματα μεταξύ τελικών συσκευών και κεντρικού διακομιστή δικτύου. Οι πύλες συνδέονται με το διακομιστή δικτύου μέσω τυπικών συνδέσεων IP και λειτουργούν ως διαφανή γέφυρα, απλώς μετατρέποντας πακέτα RF σε πακέτα IP και αντίστροφα.

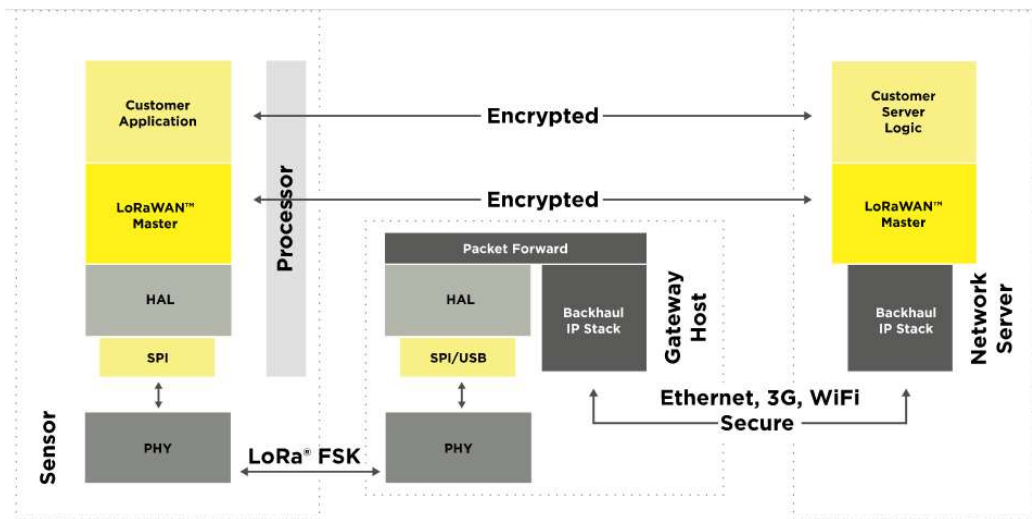
Η ασύρματη επικοινωνία επωφελείται από τα χαρακτηριστικά Long Range του φυσικού στρώματος LoRa, επιτρέποντας τη σύνδεση μίας λυκίσκου μεταξύ της τελικής συσκευής και μιας ή πολλών πυλών. Όλες οι λειτουργίες είναι ικανές για αμφίδρομη επικοινωνία και υπάρχει υποστήριξη για ομάδες διευθύνσεων πολλαπλής διανομής για αποτελεσματική χρήση του φάσματος κατά τη διάρκεια εργασιών όπως αναβαθμίσεις Firmware Over-The-Air (FOTA) ή άλλα μηνύματα μαζικής διανομής.

Εκτός από το εύρος της συχνότητας, όλα τα πακέτα επικοινωνίας μεταξύ τελικών συσκευών και gateways περιλαμβάνουν επίσης την μεταβλητή του Data Rate (DR). Η επιλογή του DR επιτρέπει μια δυναμική ανταλλαγή μεταξύ του εύρους επικοινωνίας και της διάρκειας του μηνύματος. Επίσης, λόγω της τεχνολογίας του φάσματος εξάπλωσης, οι επικοινωνίες με

διαφορετικά DR δεν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και δημιουργούν ένα σύνολο εικονικών καναλιών «κώδικα» αυξάνοντας την χωρητικότητα της πύλης. Για να μεγιστοποιήσει τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας των τελικών συσκευών και τη συνολική χωρητικότητα του δικτύου, ο διακομιστής δικτύου LoRaWAN® διαχειρίζεται τη ρύθμιση DR και την ραδιοσυχνότητα Radio Frequency (RF) για κάθε τελική συσκευή ξεχωριστά μέσω ενός σχήματος Adaptive Data Rate (ADR). Οι ρυθμοί baud LoRaWAN® κυμαίνονται από **0,3 kbps έως 50 kbps**

Η προδιαγραφή καθορίζει τις παραμέτρους φυσικής στρώσης συσκευής προς υποδομή (LoRa®) και το πρωτόκολλο (LoRaWAN®) παρέχει έτσι απρόσκοπτη διαλειτουργικότητα μεταξύ κατασκευαστών, όπως αποδεικνύεται μέσω του προγράμματος πιστοποίησης της συσκευής.

Ενώ η προδιαγραφή ορίζει την τεχνική εφαρμογή, δεν καθορίζει κανένα εμπορικό μοντέλο ή τύπο ανάπτυξης (δημόσιο, κοινόχρηστο, ιδιωτικό, επιχείρηση) και έτσι προσφέρει στον κλάδο την ελευθερία να καινοτομεί και να διαφοροποιεί τον τρόπο χρήσης του.



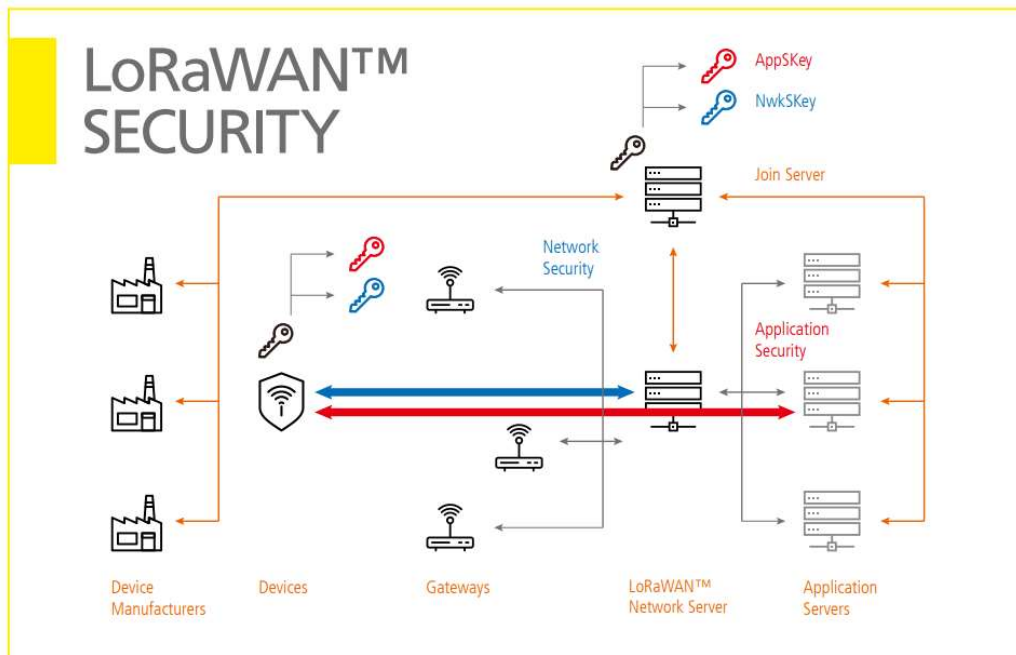
[εικόνα 18]

2.2.1.3 Ασφάλεια

Η ασφάλεια αποτελεί πρωταρχικό μέλημα για οποιαδήποτε μαζική ανάπτυξη IoT και η προδιαγραφή LoRaWAN® καθορίζει δύο επίπεδα κρυπτογραφίας:

- Ένα μοναδικό κλειδί **σύνδεσης δικτύου** 128 bit (NwkSKey) κοινόχρηστο μεταξύ της τελικής συσκευής και του διακομιστή δικτύου.
- Ένα μοναδικό κλειδί **περιόδου λειτουργίας** εφαρμογής 128 bit (AppSKey) το οποίο μοιράζεται από άκρο σε άκρο σε επίπεδο εφαρμογής.

Οι αλγόριθμοι AES χρησιμοποιούνται για την παροχή ελέγχου ταυτότητας και ακεραιότητας πακέτων στον διακομιστή δικτύου και κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο στον διακομιστή εφαρμογών. Παρέχοντας αυτά τα δύο επίπεδα, καθίσταται δυνατή η εφαρμογή κοινόχρηστων δικτύων «πολλών ενοικιαστών» χωρίς ο φορέας εκμετάλλευσης δικτύου να έχει ορατότητα των δεδομένων ωφέλιμου φορτίου των χρηστών.



[εικόνα 19]

Ενεργοποίηση τελικής συσκευής

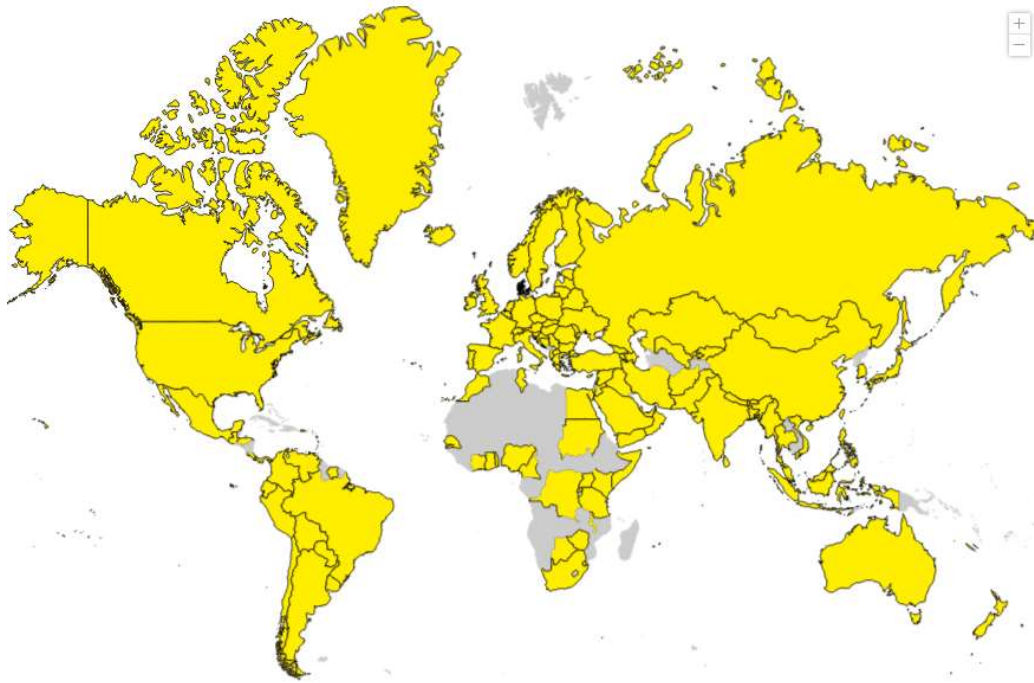
Κάθε τελική συσκευή πρέπει να είναι εγγεγραμμένη σε δίκτυο πριν από την αποστολή και τη λήψη μηνυμάτων. Αυτή η διαδικασία είναι γνωστή ως ενεργοποίηση. Υπάρχουν δύο διαθέσιμες μέθοδοι ενεργοποίησης:

Over-The-Air-Activation (OTAA) - η πιο ασφαλής μέθοδος ενεργοποίησης για τελικές συσκευές. Οι συσκευές εκτελούν μια διαδικασία συνένωσης με το δίκτυο, κατά την οποία εκχωρείται μια δυναμική διεύθυνση συσκευής και διαπραγματεύονται τα κλειδιά ασφαλείας με τη συσκευή.

Activated By Personalisation (ABP) - απαιτείται κωδικοποίηση της διεύθυνσης της συσκευής καθώς και των κλειδιών ασφαλείας στη συσκευή. Το ABP είναι λιγότερο ασφαλές από το OTAA και έχει επίσης το μειονέκτημα ότι οι συσκευές δεν μπορούν να αλλάζουν παρόχους δικτύου χωρίς να αλλάζουν χειροκίνητα κλειδιά στη συσκευή.

2.2.1.4 Το LoRaWAN για την Ευρώπη/Ελλάδα

Παγκόσμια Κάλυψη του Δικτύου LoRaWAN (2022)



[εικόνα 20]

Στην παρακάτω λίστα αναφέρονται οι συχνότητες (MHz) που χρησιμοποιούνται στο The Things Network V3 για την Ευρώπη/Ελλάδα.

EU863-870

Uplink:

1. 868.1 - SF7BW125 to SF12BW125
2. 868.3 - SF7BW125 to SF12BW125 and SF7BW250
3. 868.5 - SF7BW125 to SF12BW125
4. 867.1 - SF7BW125 to SF12BW125
5. 867.3 - SF7BW125 to SF12BW125
6. 867.5 - SF7BW125 to SF12BW125
7. 867.7 - SF7BW125 to SF12BW125
8. 867.9 - SF7BW125 to SF12BW125
9. 868.8 - FSK

Downlink:

- Uplink channels 1-9 (RX1)
- 869.525 - SF9BW125 (RX2)

2.3 Περιορισμοί και προβλήματα που προκύπτουν

Το LoRaWAN δεν είναι κατάλληλο για κάθε περίπτωση χρήσης, επομένως είναι σημαντικό να κατανοήσουμε τους περιορισμούς.

Suitable use-cases for LoRaWAN:

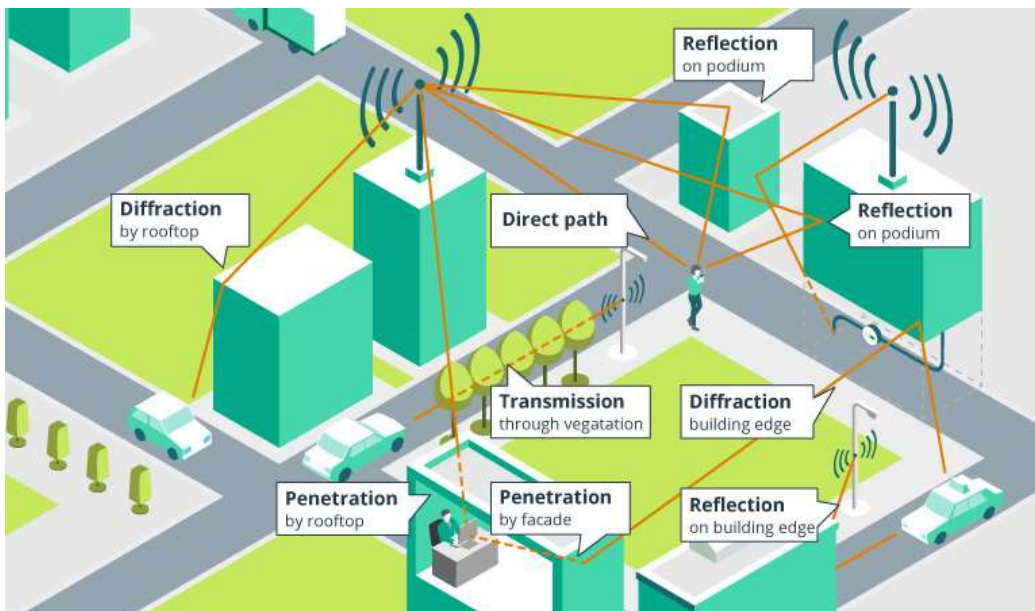
- **Long range** - multiple kilometers
- **Low power** - can last years on a battery
- **Low cost** - less than 20€ CAPEX per node, almost no OPEX
- **Low bandwidth** - between 250bit/s and 11kbit/s in Europe using LoRa modulation (depending on the spreading factor)
- **Coverage everywhere** - you are the network! Just install your own gateways
- **Secure** - 128bit end-to-end encrypted

Not Suitable for LoRaWAN:

- **Realtime data** - you can only send small packets every couple of minutes
- **Phone calls** - you can do that with GPRS/3G/LTE
- **Controlling lights in your house** - check out ZigBee or BlueTooth
- **Sending photos, watching Netflix** - check out WiFi

2.3.1 Φυσικά εμπόδια και σκίαση

Τα ραδιοκύματα LoRa μπορούν να περάσουν από εμπόδια και να φτάσουν σε αισθητήρες σε εσωτερικούς χώρους, όπως αυτά που τοποθετούνται σε ανελκυστήρες, υπόγεια ή υπόγειους χώρους στάθμευσης έχουν καλή διείσδυση στο κτήριο και χαμηλή απώλεια διαδρομής.



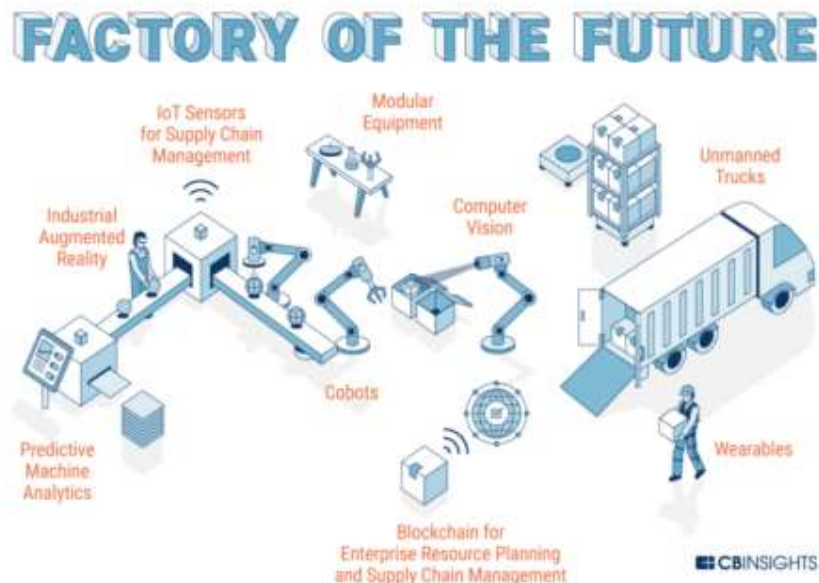
[εικόνα 21]

3 Σχετικές εργασίες

3.1 Εφαρμογές του IoT: Παρακολούθηση των αισθητήρων και αξιολόγηση

3.1.1 Βιομηχανικές εφαρμογές

Η τεχνολογία του IoT δίνει πρόσβαση σε συσκευές και σε μηχανές, πράγμα που θα επιτρέψει στις τεχνολογίες Internet να διεισδύσουν περισσότερο σε ψηφιοποιημένα συστήματα παραγωγής. Το IoT θα μπορεί να επικεντρωθεί στη παραγωγή, συνδέοντας το εργοστάσιο με ένα νέο φάσμα εφαρμογών. Αυτό το φάσμα εφαρμογών θα έχει να κάνει με σύνδεση του εργοστασίου με έξυπνο δίκτυο, το διαμοιρασμό της εγκατάστασης παραγωγής ως υπηρεσία ή τη μεγαλύτερη ευελιξία και ελαστικότητα στο πλαίσιο της παραγωγής των ίδιων συστημάτων. Από την άλλη θα βελτιστοποιηθεί ο ποιοτικός έλεγχος μιας εργοστασιακής μονάδας σε όλα τα σημεία της παραγωγής.



[εικόνα 22]

Ένα πρώτο βήμα στη δημιουργία ενός έξυπνου εργοστασίου θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί δίνοντας πρόσβαση στους σημερινούς εξωτερικούς φορείς όπως προμηθευτές και διακινητές, με σκοπό να αλληλοεπιδράσουν με ένα σύστημα IoT σύστημα παραγωγής. Μια αρχιτεκτονική βασισμένη σε IoT, θα επιτρέπει στους παραπάνω φορείς να εκτελούν τις υπηρεσίες τους σε πολλαπλών βαθμίδων συστήματα παραγωγής.

Η καινοτομία στο χώρο της εφαρμογής θα μπορούσε να αυξηθεί με το ίδιο βαθμό μεγέθους όπως οι ενσωματωμένες εφαρμογές ή Apps. Οι επιχειρήσεις θα μπορούν να κάνουν χρήση του τεράστιου ποσού των διαθέσιμων δεδομένων, των business analytics, των υπηρεσιών cloud, της κινητικότητας των επιχειρήσεων και πολλά άλλα για να βελτιωθεί ο τρόπος που διεξάγονται. Αυτές οι τεχνολογίες περιλαμβάνουν big data and business

analytics, υπηρεσίες cloud, ενσωματωμένη τεχνολογία, δίκτυα αισθητήρων/ τεχνολογίας ανίχνευσης, RFID, GPS, M2M, κινητικότητα, ασφάλεια και τεχνολογία αναγνώρισης ταυτότητας, ασύρματο δίκτυο και ταυτοποίηση.

3.1.2 Ιατρική υποβοήθηση και Εφαρμογές του IoMT

Οι ιατρικές συσκευές μπορούν να τροποποιηθούν σε συσκευές IoMT έτσι ώστε να μπορούν να ανιχνεύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για τη παρακολούθηση των ασθενών. Οι συσκευές IoMT υπάρχουν σε διάφορες μορφές όπως οι έξυπνες συσκευές (wearable), ιατρικές συσκευές οικιακής χρήσης, συσκευές περίθαλψης και smartphone εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης, οι οποίες είναι σε θέση να επικοινωνούν με ιατρικό προσωπικό σε απομακρυσμένες περιοχές.



Internet of Medical Things (IoMT)

[εικόνα 23]

Εκτός από τη χρησιμότητά τους στη διαχείριση της υγείας, χρησιμοποιούνται για πρόληψη ασθενειών. Ορισμένοι τομείς του IoMT είναι:

1. Απομακρυσμένη φροντίδα και παρακολούθηση

Τα δεδομένα από τις συσκευές δικτύου καταχωρούνται σε μια κεντρική βάση που βρίσκεται στο γραφείο του γιατρού. Η συγκέντρωση και επεξεργασία των δεδομένων του ασθενή επιτρέπουν την αυτοματοποίηση της υγειονομικής περίθαλψης, αναλύοντας νέα δεδομένα σε σχέση με τα προηγούμενα και αποφασίζοντας τη μελλοντική πορεία για τη διαχείριση του ασθενή. Τα έξυπνα συστήματα βοηθούν τους παρόχους υπηρεσιών να μεταθέσουν καθήκοντα της δρομολόγησης, της διαχείρισης και της παρακολούθησης σε μηχανές IoMT. Επιπλέον η εξ αποστάσεως παρακολούθηση οδηγεί σε μείωση του ποσοστού εγκατάλειψης του μέλους και την αύξηση της παραγωγικότητας των πόρων υγειονομικής περίθαλψης. Το σύστημα Body-Guardian Heart αποτελεί από τα πιο γνωστά συστήματα που χρησιμοποιούνται για τη παρακολούθηση καρδιακής λειτουργίας.



[εικόνα 24]

2. Διαχείριση χρόνιων ασθενών

Οι συσκευές IoMT προσφέρουν πολλά υποσχόμενες εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση των χρόνιων νοσημάτων όπως η υπέρταση, καρδιακή ανεπάρκεια και ο διαβήτης. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για τη παρακολούθηση παραμέτρων όπως η αρτηριακή πίεση, επίπεδα σακχάρου στο αίμα, το βάρος και οι συγκεντρώσεις ηλεκτρολυτών μέσα στο σώμα. Τα στοιχεία επεξεργάζονται με μεγάλη προσοχή και μπορεί να χρησιμοποιηθούν για μελλοντικές αλλαγές στην θεραπεία. Επίσης τα στοιχεία που συλλέγονται παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον για μελέτες επιδημιολογίας.

3. Ευεξία και προσωπική φροντίδα

Οι συσκευές IoMT έχουν διευκολύνει την εποπτεία της υγείας με σύστημα παρακολούθησης για τη διατροφή, τη σωματική δραστηριότητα και τη ποιότητα ζωής. Καινοτόμες συσκευές (wearable) παρακολουθούν συνεχή δεδομένα σχετικά με τη δραστηριότητα των ασθενών. Επιπλέον οι απομακρυσμένες δυνατότητες δικτύωσης των συσκευών αυτών παρέχουν βοήθεια από εμπειρογνώμονες σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

4. Απομακρυσμένη παρέμβαση

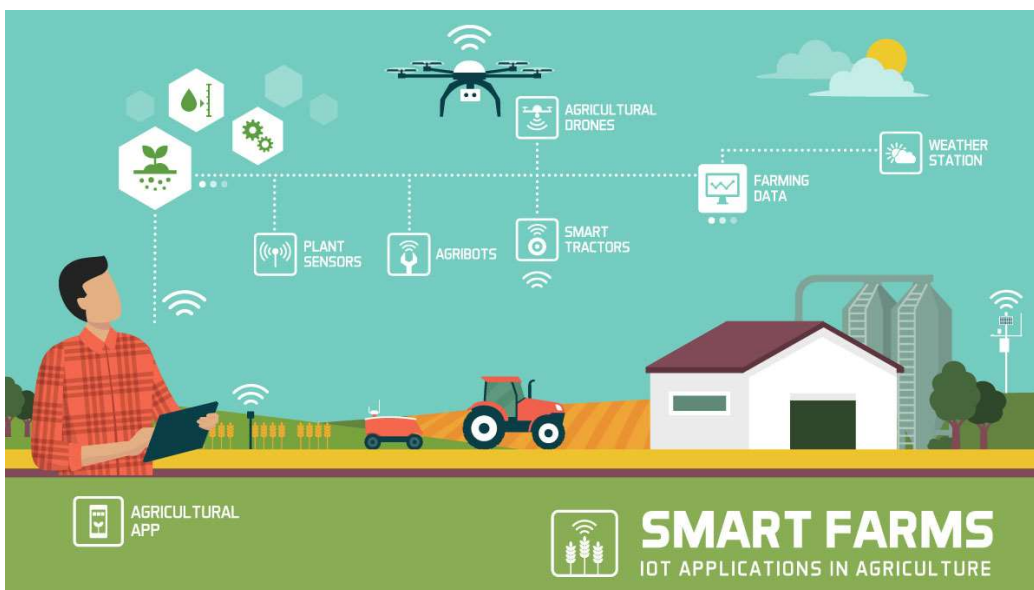
Τα δεδομένα που λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο από τους αισθητήρες επιτρέπουν στους γιατρούς να διαχειριστούν φάρμακα και να αξιολογήσουν τη κατάσταση σε περίπτωση ανάγκης.

5. Διαχείριση Φαρμάκων

Οι RFID (Αναγνώριση μέσω ραδιοσυχνότητας) ετικέτες, που βασίζονται σε ΙοMT τεχνολογίες, διαχειρίζονται τα προβλήματα διαθεσιμότητας και το κόστος προμήθειας των φαρμάκων. Αυτό περιλαμβάνει τη προσθήκη ετικετών στις συσκευασίες φαρμάκων, οι οποίες επιτρέπουν στους κατασκευαστές να εξασφαλίζουν τη ποιότητα εφοδιαστικής αλυσίδας. Έχουν ανακαλυφθεί και τα λεγόμενα «έξυπνα» χάπια τα οποία βοηθούν στη παρακολούθηση των δόσεων του φαρμάκου.

3.1.3 Γεωργοκτηνοτροφικές λύσεις

Οι κανονισμοί για τη δυνατότητα ανίχνευσης των αγροτικών ζώων και τις κινήσεις τους απαιτούν τη χρήση τεχνολογιών όπως ΙοT, ώστε να καθίσταται δυνατή η ανίχνευση των ζώων σε πραγματικό χρόνο. Σε πολλές χώρες οι κυβερνήσεις δίνουν επιδοτήσεις ανάλογα με τον αριθμό των ζώων, και έτσι ο προσδιορισμός του αριθμού είναι πολλές φορές δύσκολος και υπάρχει πιθανότητα απάτης. Έξυπνα συστήματα αναγνώρισης μπορούν να βοηθήσουν στην ελαχιστοποίηση αυτής της απάτης. Με την εφαρμογή αυτών των συστημάτων αναγνώρισης, οι ασθένειες των ζώων μπορεί να ελεγχθούν, να ερευνηθούν και να προλαμβάνονται. Η επίσημη αναγνώριση των ζώων σε εθνικό και διεθνές εμπόριο έχει ήδη καθιερωθεί και έτσι η ταυτοποίηση των ζώων που έχουν εμβολιαστεί ή ελέγχονται από επίσημο οργανισμό ελέγχου ασθενειών είναι επίσης δυνατή. Τα δείγματα αίματος και ιστού μπορεί να προσδιοριστούν με ακρίβεια και η κατάσταση της υγείας των ζώων μπορεί επίσης να πιστοποιηθεί από ένα σύστημα ΙοT.



[εικόνα 25]

Η έξυπνη γεωργία που βασίζεται σε τεχνολογίες IoT επιτρέπει στους καλλιεργητές και τους αγρότες να μειώσουν τα απόβλητα και να αυξήσουν την παραγωγικότητα που κυμαίνεται από την ποσότητα λιπασμάτων που χρησιμοποιείται έως τον αριθμό των ταξιδιών που έχουν πραγματοποιήσει τα αγροτικά οχήματα και επιτρέπουν την αποτελεσματική χρήση πόρων όπως νερό, ηλεκτρικό ρεύμα κ.λπ.

Οι γεωργικές λύσεις είναι ένα σύστημα που έχει κατασκευαστεί για την παρακολούθηση του χωραφιού με τη βοήθεια των αισθητήρων για δυνατότητες (φωτοευαισθησίας, υγρασίας, θερμοκρασίας, υγρασία του εδάφους, υγεία των καλλιεργειών κλπ) και αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης. Οι αγρότες μπορούν να παρακολουθούν τις συνθήκες του χωραφιού από οπουδήποτε. Μπορούν επίσης να επιλέξουν μεταξύ μη αυτόματων και αυτοματοποιημένων επιλογών για τη λήψη των απαραίτητων ενεργειών βάσει αυτών των δεδομένων. Για παράδειγμα, εάν το επίπεδο υγρασίας του εδάφους μειωθεί, μπορούν να ενεργοποιηθούν αισθητήρες για να ξεκινήσει η άρδευση. Η έξυπνη γεωργία είναι πολύ αποτελεσματική σε σύγκριση με τη συμβατική προσέγγιση.

Το IoT έχει τη δυνατότητα να μεταμορφώσει τη γεωργία σε πολλές πτυχές και αυτές είναι οι κύριες.

Τα δεδομένα που συλλέγονται από έξυπνους γεωργικούς αισθητήρες, σε αυτήν την προσέγγιση διαχείρισης αγροκτήματος, βασικό στοιχείο είναι οι αισθητήρες, τα συστήματα ελέγχου, η ρομποτική, τα αυτόνομα οχήματα, το αυτοματοποιημένο υλικό, η τεχνολογία μεταβλητού ρυθμού, οι ανιχνευτές κίνησης, η κάμερα με κουμπιά και οι φορητές συσκευές. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κατάστασης της επιχείρησης γενικά, καθώς και για την απόδοση του προσωπικού, την αποδοτικότητα του εξοπλισμού. Η ικανότητα πρόβλεψης της παραγωγής επιτρέπει τον προγραμματισμό για καλύτερη διανομή προϊόντων.

Agricultural Drones. Επίγεια και εναέρια αεροσκάφη χρησιμοποιούνται στη γεωργία για να βελτιώσουν διάφορες γεωργικές πρακτικές: αξιολόγηση της υγείας των καλλιεργειών, άρδευση, παρακολούθηση καλλιεργειών, ψεκασμός καλλιεργειών, φύτευση και ανάλυση εδάφους και αγρού.

Παρακολούθηση ζώων. Οι ιδιοκτήτες αγροκτημάτων μπορούν να χρησιμοποιήσουν ασύρματες εφαρμογές IoT για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με την τοποθεσία, την ευημερία και την υγεία των βοοειδών τους. Αυτές οι πληροφορίες συμβάλλουν στην πρόληψη της εξάπλωσης των ασθενειών και μειώνουν επίσης το κόστος εργασίας.

Έξυπνα θερμοκήπια. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο σχεδιασμένο με τη βοήθεια του IoT παρακολουθεί έξυπνα καθώς και ελέγχει το κλίμα, εξαλείφοντας την ανάγκη για χειροκίνητη παρέμβαση.

Προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία για έξυπνη καλλιέργεια. Η πρόβλεψη καλλιεργειών παίζει βασικό ρόλο, βοηθά τον αγρότη να αποφασίσει μελλοντικό σχέδιο σχετικά με την παραγωγή της σοδειάς, την αποθήκευση, τις τεχνικές μάρκετινγκ και τη διαχείριση κινδύνων. Για την πρόβλεψη του ρυθμού παραγωγής του τεχνητού δικτύου καλλιεργειών χρησιμοποιήστε πληροφορίες που συλλέγονται από αισθητήρες από το αγρόκτημα. Αυτές οι πληροφορίες περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως χώμα, θερμοκρασία, πίεση, βροχόπτωση

και υγρασία. Οι αγρότες μπορούν να λάβουν ακριβή δεδομένα εδάφους είτε από το ταμπλό είτε από μια προσαρμοσμένη εφαρμογή για κινητά.

3.1.4 Έξυπνο περιβάλλον διαβίωσης

Μια έξυπνη πόλη ορίζεται ως μια πόλη που παρακολουθεί, ελέγχει και προσπαθεί να προσαρμόσει υποδομές, συμπεριλαμβανομένων των δρόμων, γέφυρες, σήραγγες, σιδηροδρομικές/υπόγειες διαβάσεις, αεροδρόμια, λιμάνια, επικοινωνίες, νερό, ενέργεια ακόμα και μεγάλα κτίρια μπορεί να βελτιστοποιήσει καλύτερα τους πόρους της, να προγραμματίσει δραστηριότητες προληπτικής συντήρησής της και να παρακολουθεί τις πτυχές της ασφάλειας μεγιστοποιώντας παράλληλα τις υπηρεσίες προς τους πολίτες της.

Χρησιμοποιώντας αισθητήρες και συστήματα παρακολούθησης μπορούμε να συλλέξουμε δεδομένα και με τα δεδομένα αυτά να γίνεται αξιολόγηση. Με αυτό τον τρόπο βελτιώνεται και ενισχύεται η οργάνωση και διαχείριση μιας πόλης. Στο μέλλον οι έξυπνες πόλεις θα διαθέτουν συστήματα και υποδομές με τα οποία θα μπορούν να παρακολουθούν τις δικές τους καταστάσεις και θα πραγματοποιούν αυτό-επισκευές. Θα μπορεί να βελτιωθεί το φυσικό περιβάλλον, όπως ο αέρας, το νερό και οι πράσινες περιοχές αφού θα παρακολουθούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργείται μια ενισχυμένη διαβίωση και ένα περιβάλλον που θα είναι καθαρό, αποτελεσματικό και ασφαλές



[εικόνα 26]

Βασικές τεχνολογίες όπως έξυπνη μέτρηση, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ανοιχτές πλατφόρμες, ευρυζωνικές υπηρεσίες υψηλής ταχύτητας και το cloud computing αποτελούν βασικά δομικά στοιχεία της υποδομής μιας έξυπνης πόλης. Υπάρχει Ευρωπαϊκό σχέδιο που

έχει δημιουργηθεί για τις έξυπνες πόλεις (European Smart City Project) που στηρίζεται στα παρακάτω πέντε χαρακτηριστικά:

1. **Έξυπνη Διακυβέρνηση:** Αφορά τη χρήση τεχνολογίας για τη διευκόλυνση και το καλύτερο σχεδιασμό στη διαδικασία λήψης κυβερνητικών αποφάσεων. Οι τεχνολογίες σε επίπεδο υλικού, λογισμικού και υποδομής θα είναι αυτές που θα παράγουν την απαιτούμενη διαλειτουργικότητα και θα τροφοδοτήσουν με τα απαραίτητα δεδομένα τους αρμόδιους φορείς. Οι κυβερνήσεις θα μπορούν να παρέχουν την απαιτούμενη διαφάνεια στους πολίτες καθώς θα κοινοποιούνται οι διαδικασίες λήψης αποφάσεων προάγοντας έτσι δημοκρατικές διαδικασίες. Προς αυτή τη κατεύθυνση συμβάλλουν σημαντικά οι πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης αλλά και οι πλατφόρμες ηλεκτρονικής διακυβέρνησης.
2. **Έξυπνη Κινητικότητα:** Οι σύγχρονες πόλεις στηρίζονται σε συστήματα μετακίνησης αγαθών και ανθρώπων που δεν είναι βιώσιμο. Έρευνες και αναλύσεις αναδεικνύουν την ανάγκη αναθεώρησης του τρόπου με τον οποίο μετακινούνται οι πολίτες σε μια πόλη. Ο όρος έξυπνη κινητικότητα αναφέρεται στα ολοκληρωμένα συστήματα μεταφορών και εφοδιαστικών αλυσίδων που στηρίζονται σε τεχνολογίες ICT (Information and Communications Technology). Πιο συγκεκριμένα ένα βιώσιμο, ασφαλές και διασυνδεδεμένο σύστημα μέσω μαζικής μεταφοράς το οποίο θα περιλαμβάνει: Λεωφορεία, Τραμ, Μετρό, Τρένα, Ποδήλατα και Αυτοκίνητα.
3. **Έξυπνη Οικονομία:** Αφορά κυρίως το ηλεκτρονικό εμπόριο και το ηλεκτρονικό επιχειρείν. Οι ανάπτυξη που παρέχουν τα ηλεκτρονικά μέσα στις αγοροπωλησίες αγαθών προωθεί την οικονομική ευρωστία σε αστικό επίπεδο.
4. **Έξυπνο Περιβάλλον:** Αναφέρεται στα πλέγματα ενέργειας (Energy Grids) στηριζόμενα σε δομές ICT, στον έλεγχο της προκαλούμενης μόλυνσης αλλά και στην ανοικοδόμηση και ανακαίνιση των κτιρίων δίνοντας έμφαση στην μείωση του ενεργειακού αποτυπώματος. Αστικές υπηρεσίες όπως ο φωτισμός των δρόμων, τα αποχετευτικά συστήματα, η διαχείριση των αποβλήτων αποτελούν τομείς που έχουν ανάγκη υλοποίησης εφαρμογών IoT.
5. **Έξυπνοι Άνθρωποι-Έξυπνη Ζωή:** Σε ένα IoT περιβάλλον θα δίνεται δυνατότητα στους κατοίκους μιας πόλης να έχουν πρόσβαση στο κοινωνικό και πολιτικό γίνεσθαι.

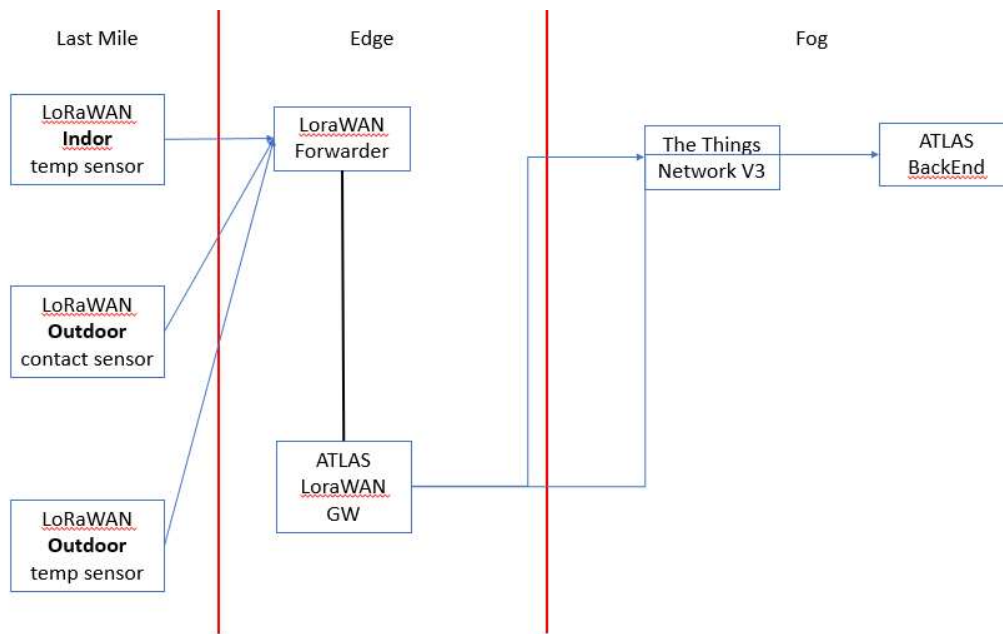
Για να μπορούν να εφαρμοστούν τα παραπάνω θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες ερευνητικές προκλήσεις. Μερικές από αυτές αναφέρονται παρακάτω:

- Ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια αποτελεί το γεγονός ότι σε μια πόλη η κάθε δημόσια υπηρεσία είναι υπεύθυνη για τη δική της περιοχή. Αυτή η παραδοσιακή οργάνωση θα πρέπει να ξεχαστεί για τις ανάγκες δημιουργίας μιας έξυπνης πόλης.
- Θα πρέπει να δημιουργηθούν αλγόριθμοι και συστήματα για να περιγράψουν πληροφορίες που δημιουργούνται από τους αισθητήρες σε διαφορετικές εφαρμογές, επιτρέποντας ταυτόχρονα την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών της πόλης.
- Μηχανισμοί για την αποδοτικότητα του κόστους ανάπτυξης και συντήρησης των έργων αυτών.
- Εξασφάλιση αξιόπιστων μετρήσεων από τους αισθητήρες και σωστή βαθμονόμηση των αισθητήρων αυτών.

- Αλγόριθμοι και πρωτόκολλα χαμηλής ενέργειας.
- Αλγόριθμοι για ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που θα αποκτηθούν από τη πόλη.
- Εγκατάσταση και ενσωμάτωση του IoT σε μεγάλη κλίμακα.

4 Μεθοδολογία

Η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει το ενδιαφέρον της στον αναπτυσσόμενο κλάδο του IoT από την σκοπιά της διασύνδεσης των **αισθητήρων** με το **Gateway** (κεραία λήψης σημάτων) καθώς επίσης την μεταφορά των δεδομένων στο **Cloud** (διαδίκτυο των πραγμάτων) και έπειτα στην **εφαρμογή** του Η/Υ, του Κινητού ή του Tablet, δίνοντας έμφαση σε μια μεγάλη πρόκληση του τομέα αυτού, που είναι η διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας των συσκευών των οποίων η τροφοδοσία γίνεται με **μπαταρία**.



[εικόνα 27]

4.1 Περιγραφή μεθόδων λειτουργίας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, στόχος της εργασίας είναι η μελέτη της διασύνδεσης των συσκευών, δίνοντας έμφαση στα LoRaWAN & WiFi. Στα πλαίσια της μελέτης καθίσταται αναγκαίο να γίνει μελέτη των διαθέσιμων σεναρίων δικτύων IoT, καθώς μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ σημαντικό εργαλείο για την μελέτη των προτεινόμενων λύσεων, εφαρμογών και μηχανισμών πριν την υλοποίησή τους.

4.1.1 Ανάπτυξη αρχιτεκτονικής συστήματος

LoRaWAN

Το LoRaWAN αποτελεί το επίπεδο δικτύου. Με τον όρο LoRa ορίζεται το φυσικό στρώμα (το chip) ενώ με τον όρο LoRaWAN ορίζεται το MAC στρώμα. Το LoRaWAN έχει σχεδιαστεί με σκοπό τη βελτιστοποίηση της λειτουργίας των LPWAN στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, τη χωρητικότητα, το εύρος αλλά και το κόστος.

A) Αρχιτεκτονική

Το LoRaWAN χρησιμοποιεί μια τοπολογία αστέρα (αρχιτεκτονική αστέρα μεγάλης εμβέλειας, Long Range Star Architecture). Οι πύλες χρησιμοποιούνται για την αναμετάδοση των μηνυμάτων μεταξύ των τελικών συσκευών και ενός διακομιστή δικτύου. Σε ένα δίκτυο LoRaWAN, οι EDs (end devices) δε συνδέονται με μια συγκεκριμένη πύλη.

Αντ' αυτού, τα δεδομένα, που μεταδίδονται από μια ED, τυπικά λαμβάνονται από πολλαπλές GWs. Οι τερματικές συσκευές επικοινωνούν με μία ή περισσότερες πύλες, μέσω επικοινωνίας LoRa μονού άλματος (single-hop), ενώ οι πύλες συνδέονται με τον κεντρικό διακομιστή δικτύου, μέσω τυπικών συνδέσεων IP. Η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και των πυλών διανέμεται σε διαφορετικά κανάλια συχνότητας και οι ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων καθορίζονται, ανάλογα με την εμβέλεια του δικτύου και τη διάρκεια του μηνύματος. Την επιλογή αυτή διαχειρίζεται μια υποδομή δικτύου LoRaWAN, η οποία επιλέγει το ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και το κανάλι για κάθε συσκευή, χρησιμοποιώντας ένα προσαρμοστικό σχήμα μετάδοσης δεδομένων (Adaptive Data Rate, ADR).

4.1.2 Ανάλυση και σχεδίαση του συστήματος

Ένα δίκτυο LoRaWAN αποτελείται από τα ακόλουθα στοιχεία:

Τελική συσκευή (End-Device, ED): Μπορεί να είναι οτιδήποτε στέλνει ή λαμβάνει πληροφορίες. Δεν υπάρχει πραγματικός ορισμός μιας ED, αλλά συνήθως αναφέρεται σε αισθητήρες (sensors), ανιχνευτές (detectors), ενεργοποιητές (actuators) και οτιδήποτε πραγματοποιεί ανίχνευση και έλεγχο.

Πύλη (GateWay, GW): Ονομάζεται επίσης μόντεμ (modem) ή σημείο πρόσβασης (access point). Χρησιμοποιείται για την προώθηση μηνυμάτων από και προς μια ED και το Διακομιστή Δικτύου (Network Server, NS). Στο LoRaWAN, οι EDs συνδέονται με την GW. Οποιοδήποτε μήνυμα από μια ED, που λαμβάνεται από την GW θα παραδοθεί στο Διακομιστή Δικτύου.

Διακομιστής Δικτύου (Network Server, NS): Είναι υπεύθυνος για:

- Παρακολούθηση των GWs και EDs.
- Συγκέντρωση των εισερχόμενων δεδομένων.

- Δρομολόγηση και προώθηση των εισερχομένων μηνυμάτων στον αντίστοιχο διακομιστή εφαρμογών (Application Server, AS).
- Αφαίρεση διπλοτύπων. Αφαιρεί τα διπλά μηνύματα που ελήφθησαν από μια ED, μέσω πολλαπλών GWs.
- Επιλογή μιας GW στην κατερχόμενη ζεύξη, με βάση την υψηλότερη αντοχή λήψης σήματος (Received Signal Strength, RSS).
- Αποθήκευση μηνυμάτων κατερχόμενης ζεύξης μέχρι να ξυπνήσουν οι προβλεπόμενες EDs.

Διακομιστής εφαρμογών (Application Server, AS): Αντιπροσωπεύει την εφαρμογή, για την ανάλυση των μηνυμάτων που ελήφθησαν από μια ED. Για παράδειγμα, σε μια εφαρμογή συστήματος ψύξης, αν η θερμοκρασία ανεβαίνει πάνω από 25° C, μπορεί να αποφασίσει να ενεργοποιήσει τον κλιματισμό για να την μειώσει.

LoRaWAN Επικοινωνία

Κάθε συσκευή (ED) ενός δικτύου εξυπηρετεί διαφορετικές εφαρμογές και έχει διαφορετικές προδιαγραφές. Το LoRaWAN εφαρμόζει διαφορετικές κλάσεις στους κόμβους. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω οι κλάσεις είναι τρεις A,B και C, και προκύπτουν από το tradeoff μεταξύ της καθυστέρησης για downlink επικοινωνία και της διάρκειας ζωής της μπαταρίας (battery life time).

4.1.3 Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη IoT πλατφόρμας με βάση της τεχνολογίας LoRaWan

Κεραία λήψης σημάτων: LoRaWAN Gateway (Mikrotik) [εικόνα 28]

Χαρακτηριστικά

- Architecture MIPSBE
- CPU QCA9531
- CPU core count 1
- CPU nominal frequency 650 MHz
- Size of RAM 64 MB
- Storage size 16 MB
- Storage type FLASH
- Tested ambient temperature -40°C to 60°C

- PoE in Passive PoE
- PoE in input Voltage 9-30 V
- Number of DC inputs 3 (PoE-IN, Automotive, DC jack)
- DC jack input Voltage 9-30 V
- Automotive input Voltage 9-30 V
- Max power consumption 7 W

- Wireless 2.4 GHz Max data rate 300 Mbit/s
- Wireless 2.4 GHz number of chains 2
- Wireless 2.4 GHz standards 802.11b/g/n
- Antenna gain dBi for 2.4 GHz 2
- Wireless 2.4 GHz chip model QCA9531
- Wireless 2.4 GHz generation Wi-Fi 4

- 10/100 Ethernet ports 1
- 1 Modem (Mini SIM)
- MiniPCI-e slots 1
- PCB temperature monitor
- Voltage Monitor
- **Range** Up to 15 km in rural environment and up to 2 km in urban environment when using MikroTik LoRa 6.5 dBi antenna kit



[εικόνα 28]

Αισθητήρας επαφής: ανίχνευση εισόδου / εξόδου [εικόνα 29,30]

Χαρακτηριστικά

- Self powered
- Transmission on events (Alert) or periodic (Counting)
- Cable cut detection
- Operating temperature range: -10°C / +85°C
- Dimensions: 14 x 38 x 8.7 mm
- About 1.20 m of cable
- Case: IP67
- Max operating distance between the two magnets: 15 mm
- Zone: Sigfox RC1 / LoRaWAN® EU863-870



[εικόνα 29]

Door open



Door close



[εικόνα 30]

Εξωτερικός αισθητήρας θερμοκρασίας: καταμέτρηση θερμοκρασίας, παρατήρηση τιμών και ειδοποίηση σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων που έχουν τεθεί. [εικόνα 31]

Χαρακτηριστικά

- Ambient and remote temperature probes
- Local and remote configuration
- Data logging for optimal autonomy
- Redundancy for better service continuity
- Available in double external sensor version
- Personalisation of the joint phase
- Data redundancy
- Periodic modes with or without log
- Product error alert, configuration error, low battery
- Configurable Life Screen
- Class C LoRaWAN
- Temperature range for remote probe: -30°C $+105^{\circ}\text{C}$
- Dimensions: 132 x 62 x 34 mm
- Weight: 148g
- Remote probes – Cable length: 2m
- Casing: IP68
- Integrated fastening system: DIN rail, tube, wall mount, flange
- Replaceable battery / self-powered
- Zone: Sigfox RC1 / LoRaWAN® EU863-870
- Standards: Directive 2014/5



[εικόνα 31]

Εσωτερικός αισθητήρας περιβάλλοντος: Ο RAK7204 είναι ένας κόμβος LPWAN με ενσωματωμένους περιβαλλοντικούς αισθητήρες. Οι αισθητήρες περιβάλλοντος υψηλής ακρίβειας, μπορούν να μετρήσουν τις αλλαγές στη θερμοκρασία, την υγρασία, την πίεση του αερίου και να παρέχουν δείκτη ποιότητας αέρα εσωτερικού χώρου. Το περίβλημα υιοθετεί ένα κοίλο, διαπερατό σχέδιο για να διευκολύνει τη ροή του αέρα προκειμένου να εντοπίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια τις περιβαλλοντικές αλλαγές. [εικόνα 32]

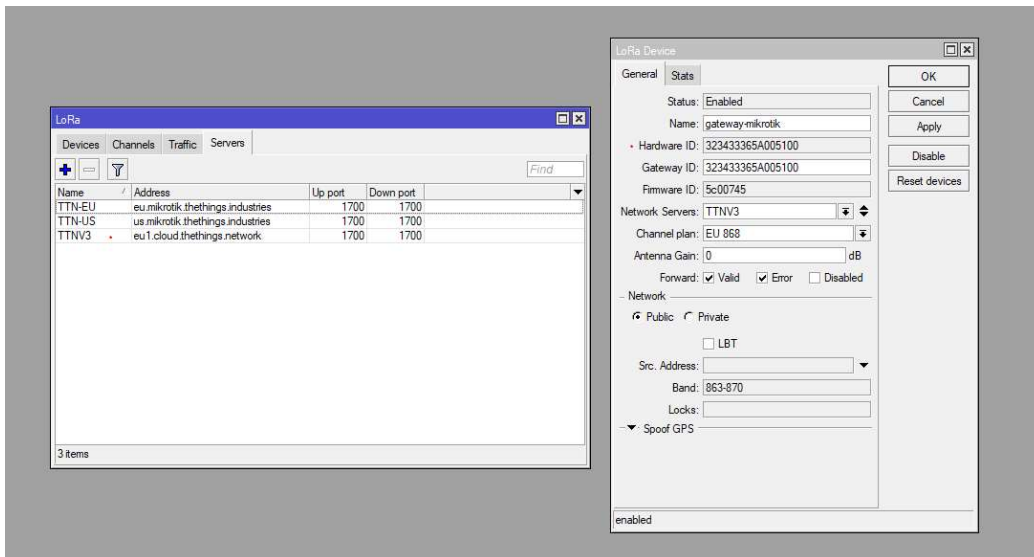
Χαρακτηριστικά:

- BOSCH BME680 Integrated Environmental Unit
- LoRaWAN® 1.0.2 fully compliant
- Low power operation and standby current of less than 15 uA
- Adjustable sampling and transmission interval.
- Replaceable 3500 mAh high capacity lithium battery
- Real time battery status monitoring.
- Battery life of more than 2 years (At 15 minute data transmission interval)
- Compact in size, easy to install and maintain.
- Temperature Range: -55 to 85°C



[εικόνα 32]

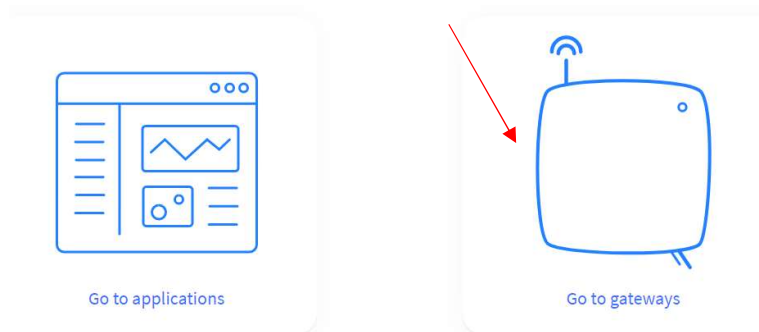
4.1.4 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση σταθμού βάσης και αισθητήρων IoT
Για καλύτερη διαχείριση της κεραίας προτείνεται να κατεβάσουμε το WinBox από τη σελίδα του MikroTik: <https://mt.lv/winbox64> [εικόνα 33]



[εικόνα 33]

Δημιουργούμε προφίλ στο The Things Network: <https://eu1.cloud.thethings.network>

Έπειτα προσθέτουμε την κεραία ως Gateway επιλέγοντας **Go to gateways** [εικόνα 34]



[εικόνα 34]

Για να προσθέσουμε μια νέα πύλη εξόδου [εικόνα 35]



[εικόνα 35]

Ακολουθούν οι παρακάτω παραμετροποιήσεις

General settings

Owner*

john-1544

Gateway ID ⓘ *

my-new-gateway

Δίνουμε το αναγνωριστικό που θέλουμε

Gateway EUI ⓘ

Gateway EUI

Αναγράφεται στην κεραία

Gateway name ⓘ

My new gateway

Gateway description ⓘ

Description for my new gateway

Optional gateway description; can also be used to save notes about the gateway

Gateway Server address

eu1.cloud.thethings.network

Ο ίδιος server πρέπει να δηλωθεί και στην κεραία

The address of the Gateway Server to connect to

Require authenticated connection ⓘ

Enabled

Controls whether this gateway may only connect if it uses an authenticated Basic Station or MQTT connection

Gateway status ⓘ

Public

The status of this gateway may be visible to other users

Gateway location ⓘ

Public

The location of this gateway may be visible to other users and on public gateway maps

[εικόνα 36]

Attributes

+ Add attributes

Attributes can be used to set arbitrary information about the entity, to be used by scripts, or simply for your own organization

LoRaWAN options

Frequency plan

Europe 863-870 MHz (SF9 for RX2 - recommended) | v

Schedule downlink late

Enabled

Enable server-side buffer of downlink messages

Enforce duty cycle

Enabled

Recommended for all gateways in order to respect spectrum regulations

Schedule any time delay *

530 milliseconds | v

Configure gateway delay (minimum: 130ms, default: 530ms)

← Η ίδια συχνότητα πρέπει να δηλωθεί και στην κεραία

Gateway updates

Automatic updates

Enabled

Gateway can be updated automatically

Channel

Stable

Channel for gateway automatic updates

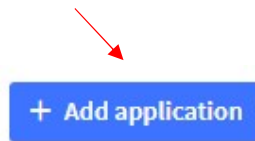
Create gateway

[εικόνα 37]

Στη συνέχεια προσθέτουμε τους indoor / outdoor αισθητήρες επιλέγοντας Go to applications



[εικόνα 38]



[εικόνα 39]

Ακολουθούν οι παρακάτω παραμετροποιήσεις

Add application

Owner*
john-1544

Application ID*
my-new-application

Application name
My new application

Description
Description for my new application

Optional application description; can also be used to save notes about the application

Create application

Δίνουμε το αναγνωριστικό που θέλουμε

Δίνουμε το όνομα που θέλουμε (προαιρετικά)

Περιγραφή (προαιρετικά)

[εικόνα 40]

Εφόσον δημιουργηθεί η «εφαρμογή» τότε πρέπει να εισάγουμε τον αισθητήρα.

(μέσα σε μία «εφαρμογή» μπορεί να είναι ένας ή περισσότεροι αισθητήρες).

0 End devices 1 Collaborator 0 API keys

+ Add end device

Παρακάτω γίνεται εισαγωγή του εξωτερικού αισθητήρα θερμοκρασίας


Register end device


From The LoRaWAN Device Repository [Manually](#)

1. Select the end device

Brand [?] * | Model [?] * | Hardware Ver. [?] * | Firmware Ver. [?] * | Profile (Region) *

Temp
MAC V1.0.2, PHY V1.0.2 REV A, Over the air activation (OTAA), Class A

 Record temperatures measure, track changes and alert if thresholds are exceeded

[Product website](#) 

2. Enter registration data

Frequency plan [?] * → Europe 863-870 MHz (SF12 for RX2)

AppEUI [?] * → Δίνεται από τον αισθητήρα

DevEUI [?] * → Δίνεται από τον αισθητήρα

AppKey [?] * → Παρέχεται από τον κατασκευαστή της συσκευής, αλλά μπορεί επίσης να δημιουργηθεί από τον χρήστη.

End device ID [?] * → Δίνουμε το αναγνωριστικό που θέλουμε

[εικόνα 41]

Εφόσον εισαχθούν οι πληροφορίες του αισθητήρα τότε μπορούμε να ολοκληρώσουμε την εγγραφή του.

After registration

- View registered end device
- Register another end device of this type

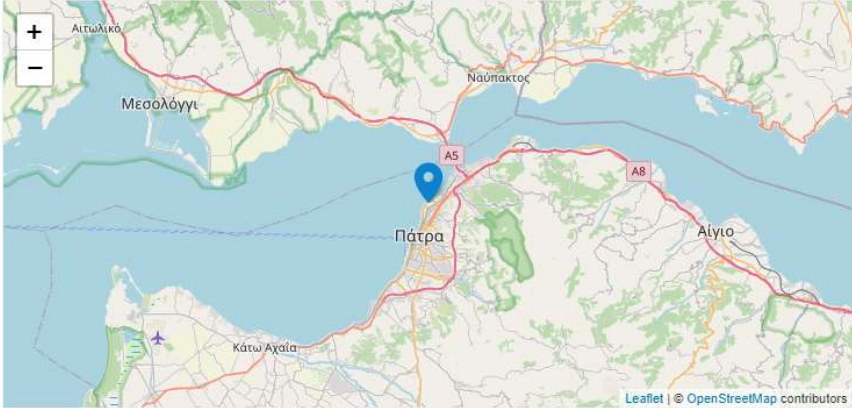
Register end device

[εικόνα 42]

Μπορούμε αν θέλουμε να προσθέσουμε την τοποθεσία του αισθητήρα.

Overview Live data Messaging **Location** Payload formatters Claiming General settings

Set end device location



Latitude*

The north-south position in degrees, where 0 is the equator

Longitude*

The east-west position in degrees, where 0 is the prime meridian (Greenwich)

Altitude*

The altitude in meters, where 0 means sea level

Save changes Remove location entry

[εικόνα 43]

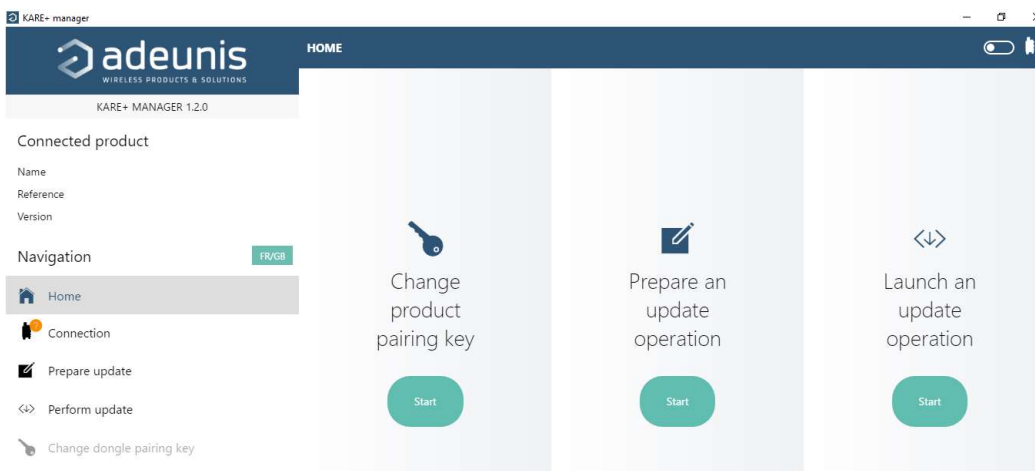
Στο πεδίο αυτό (Live data) μπορούμε να παρακολουθήσουμε τα μηνύματα και να επιβεβαιώσουμε την ορθή λειτουργία του αισθητήρα.

Time	Type	Data preview
↑ 14:27:03	Forward uplink data message	Payload: { temperature__1: 29.8 } 43 C0 01 01 2A 02 01 2B
ⓘ 14:17:09	Console: Stream reconnected	The stream connection has been re-established
ⓘ 14:17:02	Console: Stream connection closed	The connection was closed by the stream provider
↑ 14:07:03	Forward uplink data message	Payload: { temperature__1: 29.8 } 43 80 01 01 2A 02 01 2A
↑ 13:57:03	Forward uplink data message	
↑ 13:57:03	Forward uplink data message	Payload: { temperature__1: 29.8 } 43 60 01 01 2A 02 01 2A
✎ 13:49:52	Update end device	
↑ 13:17:04	Forward uplink data message	

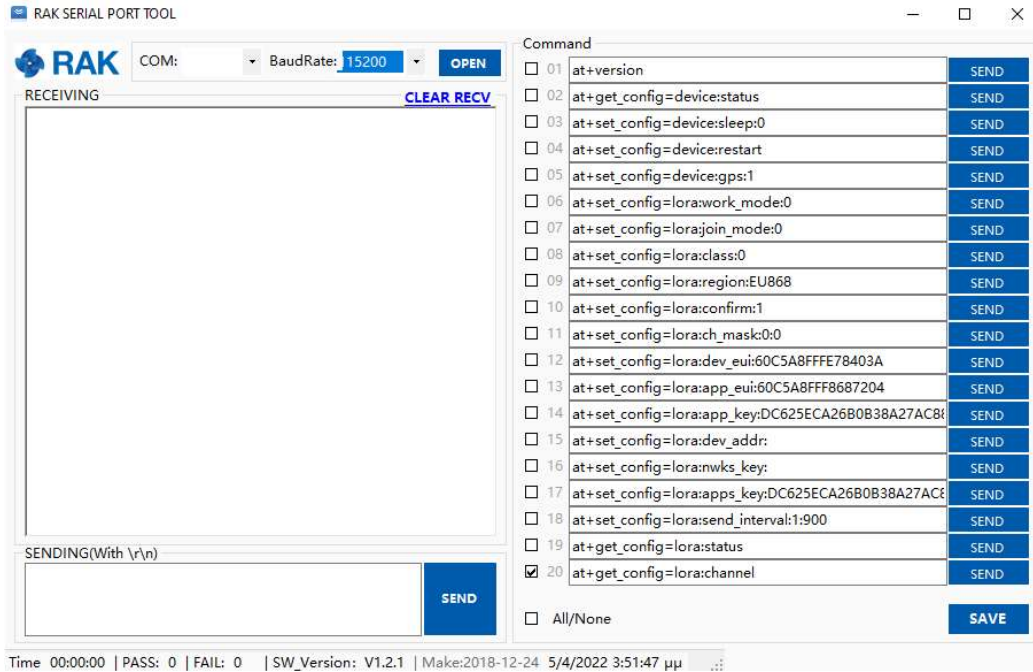
[εικόνα 44]

Για να ολοκληρωθεί η εισαγωγή των αισθητήρων IoT και της κεραίας στο The Things Network, πρέπει να γίνουν αντίστοιχα οι παραμετροποιήσεις στους αισθητήρες τοπικά με τη χρήση USB καλωδίου.

=====sensor config=====



[εικόνα 45]



[εικόνα 46]

General information

End device ID	rak-lora
Description	This end device has no description
Created at	Mar 29, 2021 22:55:44

Activation information

AppEUI	60 C5 A8 FF F8 68 72 04
DevEUI	60 C5 A8 FF FE 78 40 3A
Root key ID	n/a
AppKey	DC 62 5E CA 26 B0 B3 8A 27 AC 88 F8 04 59...
NwkKey	n/a

[εικόνα 47]

4.1.5 Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη IoT πλατφόρμας με βάση της τεχνολογίας WiFi

Raspberry Pi 3 Model B: στην συσκευή αυτή εγκαταστάθηκε το Home Assistant.

- Quad Core 1.2GHz Broadcom BCM2837 64bit CPU
- 1GB RAM
- BCM43438 wireless LAN and Bluetooth Low Energy
- 100 Base Ethernet
- Full size HDMI
- Micro SD port for loading your operating system and data



[εικόνα 48]

Sonoff Pow R2: Ενδιάμεσος Διακόπτης WiFi για παρακολούθηση ισχύος και δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου (on/off). [εικόνα 49]

- Remote turn on/off connected appliance via APP EWeLink
- Keep track of live current, voltage and power
- Set threshold values to protect your devices from overload
- Check power consumption over a specified period
- View and export 100 days recorded power usage data
- Works with Google Home, Google Home Mini, Google Nest
- Voltage range: 100-240V AC

- Max current: 15A
- Max Power: 3500W
- Wireless Frequency: 802.11 b/g/n
- Security Mechanism: WPA-PSK/WPA2-PSK
- Operating Temperature: 0°C-40°C



[εικόνα 49]

Sonoff ct60m: Ανιχνευτής κίνησης [εικόνα 50]

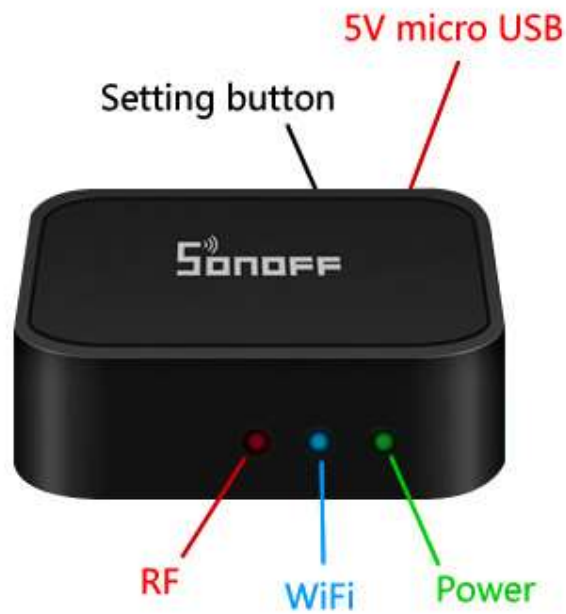
- 433.92MHz Transmit distance: 150m (open)
- Voltage: AAA 3Vcc (2*1.5vcc)
- Standby current: $\leq 9\mu\text{A}$
- Alarm current: $\leq 10\text{mA}$
- Wireless frequency: 433.92MHz
- Detection distance: 12m@ 25°C
- Detection angle: 110 degrees
- Maximum coverage area: 12m*12m
- Working environment: indoor
- Battery type: 2*AAA



[εικόνα 50]

Sonoff RF Bridge 433: είναι μια συσκευή πολύ χαμηλής κατανάλωσης που μετατρέπει τα 433.92MHz(433MHz) σε WiFi [εικόνα 51]

- Power Supply: USB 5V
- Operating Voltage: 3.0 ~ 3.6V
- Operating Current: 30~200mA
- Convert 433MHz RF Remote to App via WiFi
- Support to add max. four 433MHz RF Remote/Curtain
- Free iOS and Android mobile app eWeLink
- Works perfectly with Amazon Alexa, Google Nest, Google



[εικόνα 51]

SONOFF CD100S: αισθητήρας συναγερμού παραθύρου/πόρτας [εικόνα 52]

- Supports wireless frequency of 433MHz
- 200m wireless transmit distance
- Less than 1μA quiescent current
- Support battery: 12V 23A AA battery
- Protocol: EV1527
- Operating environment: -10 - 50 Deg.C



[εικόνα 52]

4.1.6 Εγκατάσταση και παραμετροποίηση σταθμού βάσης και αισθητήρων WiFi
Για να φτάσουμε στον τελικό αποδέκτη της πληροφορίας που είναι το Home assistant πρέπει να ακολουθήσουμε την παρακάτω αλληλουχία βημάτων.

1. eWeLink - Smart Home

<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.coolkit&hl=el&gl=US>

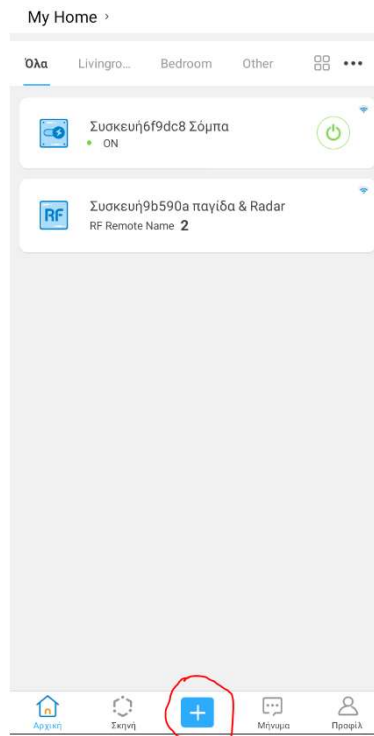
Για την αρχική σύνδεση των αισθητήρων WiFi με το σταθμό λήψης σημάτων (gateway) χρησιμοποιήθηκε η εφαρμογή eWeLink. Η eWeLink είναι η πλατφόρμα εφαρμογών που υποστηρίζει πολλές μάρκες έξυπνων συσκευών, συμπεριλαμβανομένου του SONOFF.

Επιτρέπει συνδέσεις μεταξύ διαφοροποιημένου έξυπνου υλικού και ενσωματώνει δημοφιλή έξυπνα ηχεία όπως το Amazon Alexa και το Google Assistant.

Είναι επίσης μια ολοκληρωμένη λύση IoT Smart Home. Περιλαμβάνει μονάδα WiFi/Zigbee/GSM/Bluetooth και υλικολογισμικό, υλικό PCBA, παγκόσμια πλατφόρμα IoT SaaS και ανοιχτό API κ.λπ. Επιτρέπει στις επωνυμίες να λανσάρουν τις δικές τους έξυπνες συσκευές σε ελάχιστο χρόνο και κόστος.

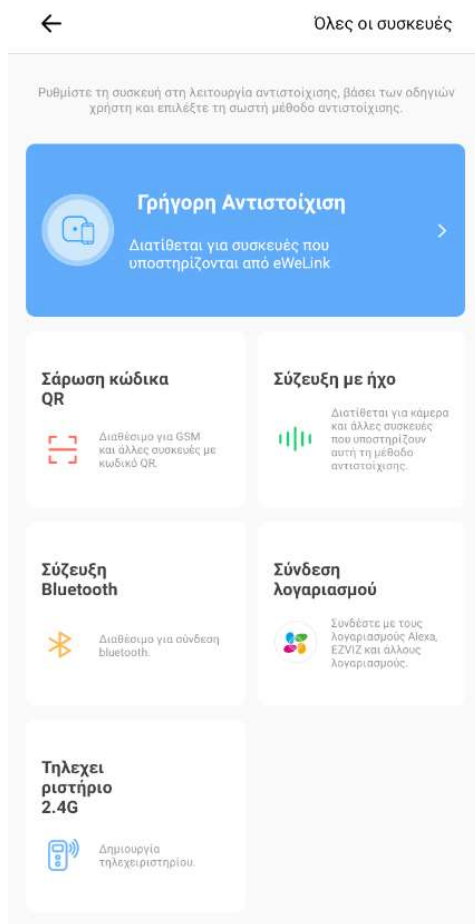
Ακολουθεί αναλυτικός οδηγός σύνδεσης:

Ανοίγουμε την εφαρμογή και επιλέγουμε το πλήκτρο «+» για εισαγωγή νέου αισθητήρα.



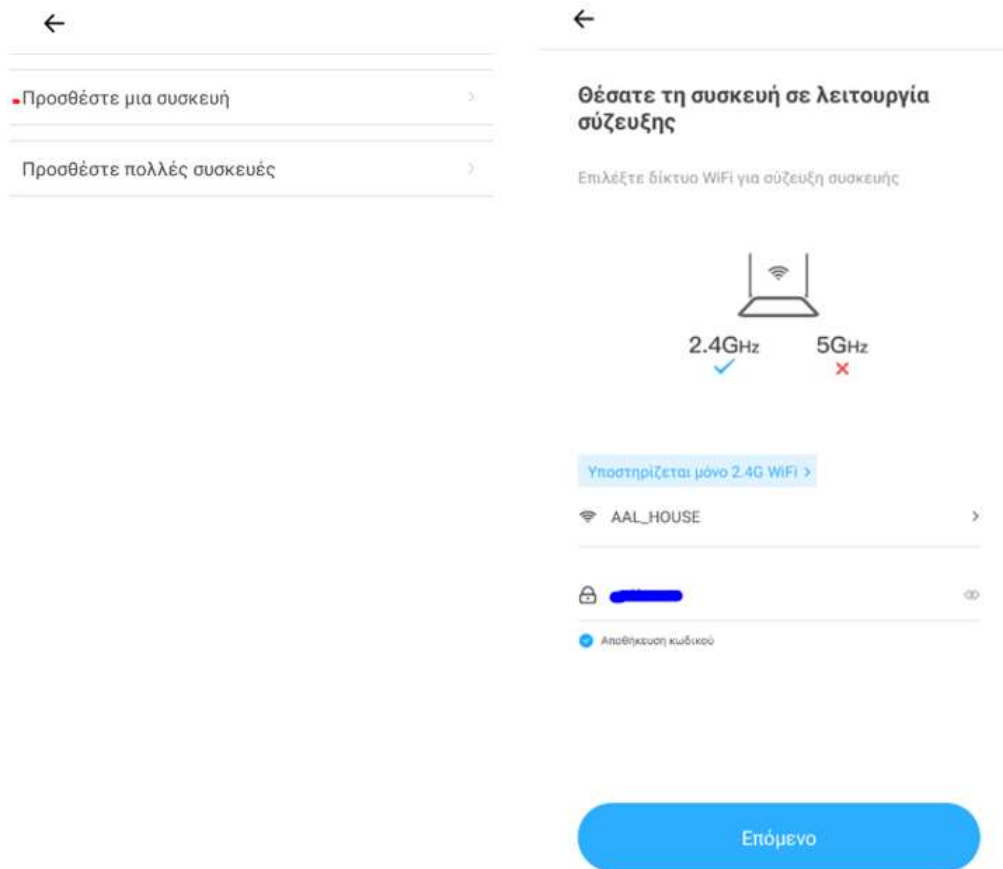
[εικόνα 53]

Στη συνέχεια επιλέγουμε γρήγορη αναζήτηση



[εικόνα 54]

Νέα συσκευή και WiFi SSID/Password (οι συγκεκριμένοι υποστηρίζουν μόνο το φάσμα
συχνότητας 2.4GHz)



[εικόνα 55]

Αναμένουμε την σύζευξη (επαφή πόρτας/παγίδα και radar)

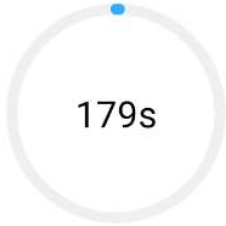
← Προσθήκη συσκευής

← Συσκευή9b590a παγίδα... ⓘ ⋮

Συνδέεται

Βάλτε τη συσκευή σε λειτουργία σύζευξης σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Μετά μετακινήστε τη συσκευή και το κινητό όσο πιο κοντά στο router, γίνεται.



179s

Ανίχνευση συσκευών
Ανάκτηση πληροφοριών συσκευής
Καταχώρηση συσκευής
Αποστολή πληροφοριών δικτύου

ΣοφOFF

Πατήστε παρατεταμένα το κουμπί τηλεχειρισμού για είσοδο στη λειτουργία εκμάθησης

Προστέθηκε:2

Radar ✎ 🗑️

🔔 Πρόσφατοι συναγερμοί
2021-03-30 16:36:41 📄

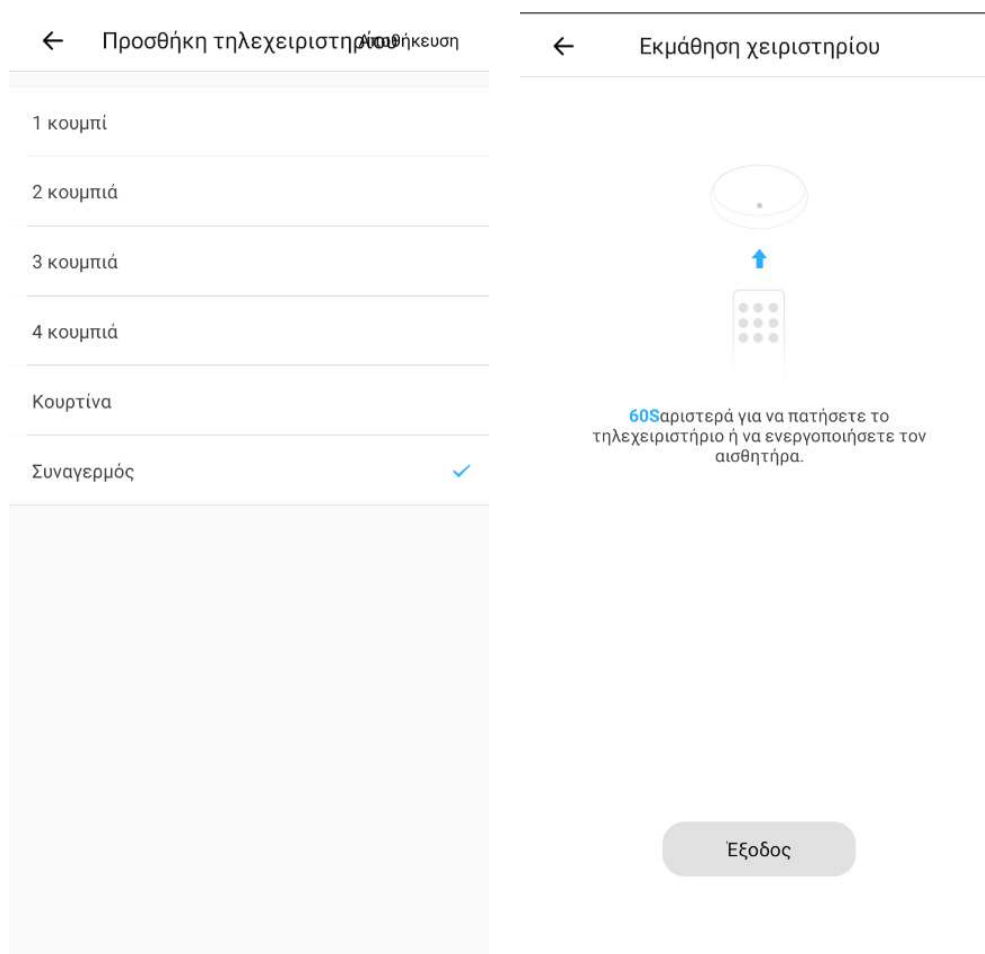
Πόρτα ✎ 🗑️

🔔 Πρόσφατοι συναγερμοί
2021-04-01 18:09:42 📄

🕒 Χρονοδιάγραμμα 🕒 Χρονόμετρο 🔄 Κυκλικό χρονόμετρο ➕ Προσθήκη

[εικόνα 56]

Για να μπορέσουν να συνεργαστούν πρέπει να τους ορίσουμε ως λειτουργία συναγερμού καθώς δεν διαθέτουν πλήκτρα οι εν λόγω αισθητήρες.



[εικόνα 57]

Έπειτα από την διαδικασία αυτή οι αισθητήρες είναι πλήρως διαχειρίσιμοι από την εφαρμογή eWeLink είτε από το εσωτερικό μας δίκτυο (LAN) είτε από το εξωτερικό (WAN).

2. Google Home

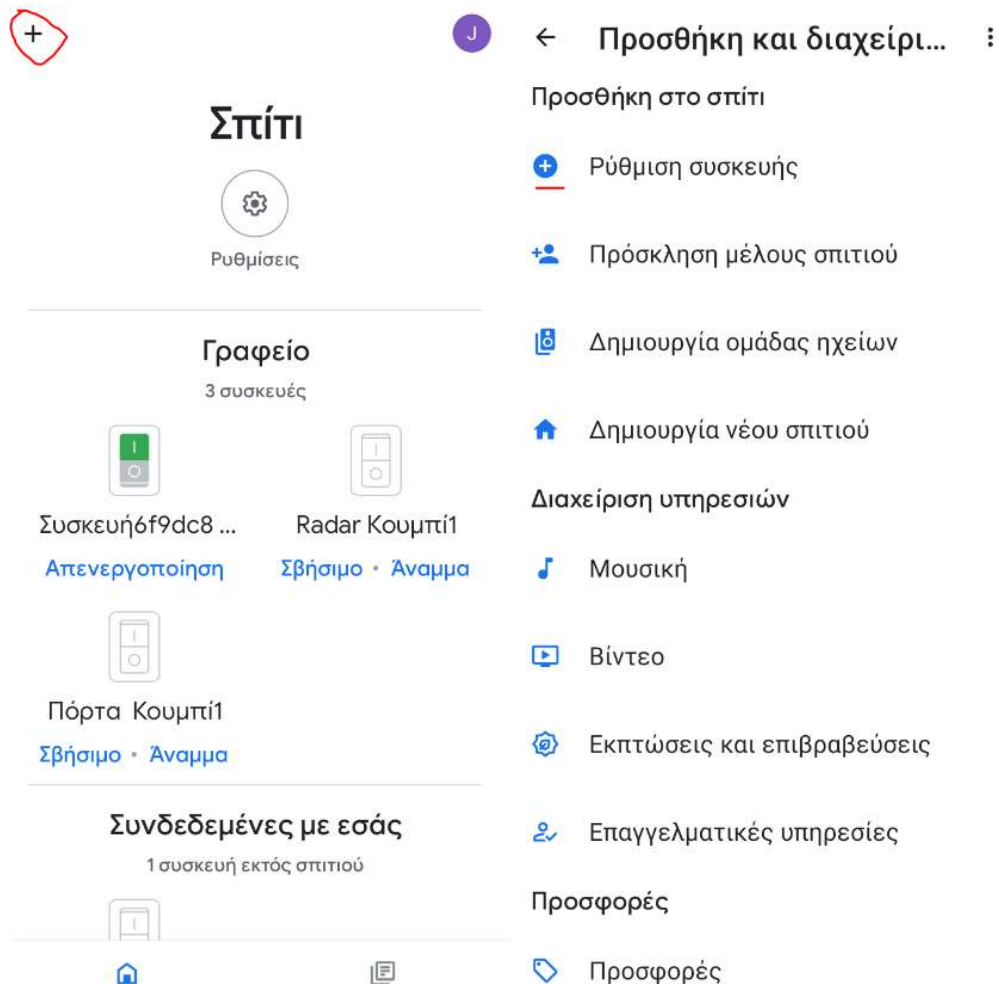
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.apps.chromecast.app&hl=el&gl=US>

Το Google Home είναι μια εφαρμογή που επιτρέπει τη Ρύθμιση, διαχείριση και έλεγχο των συσκευών Google Nest, Google Wifi, Google Home, and Chromecast, καθώς και χιλιάδες συμβατά προϊόντα δικτύωσης σπιτιού, όπως φώτα, κάμερες, θερμοστάτες και πολλά άλλα.

Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιήθηκε ως ενδιάμεσο μέσο επικοινωνίας.

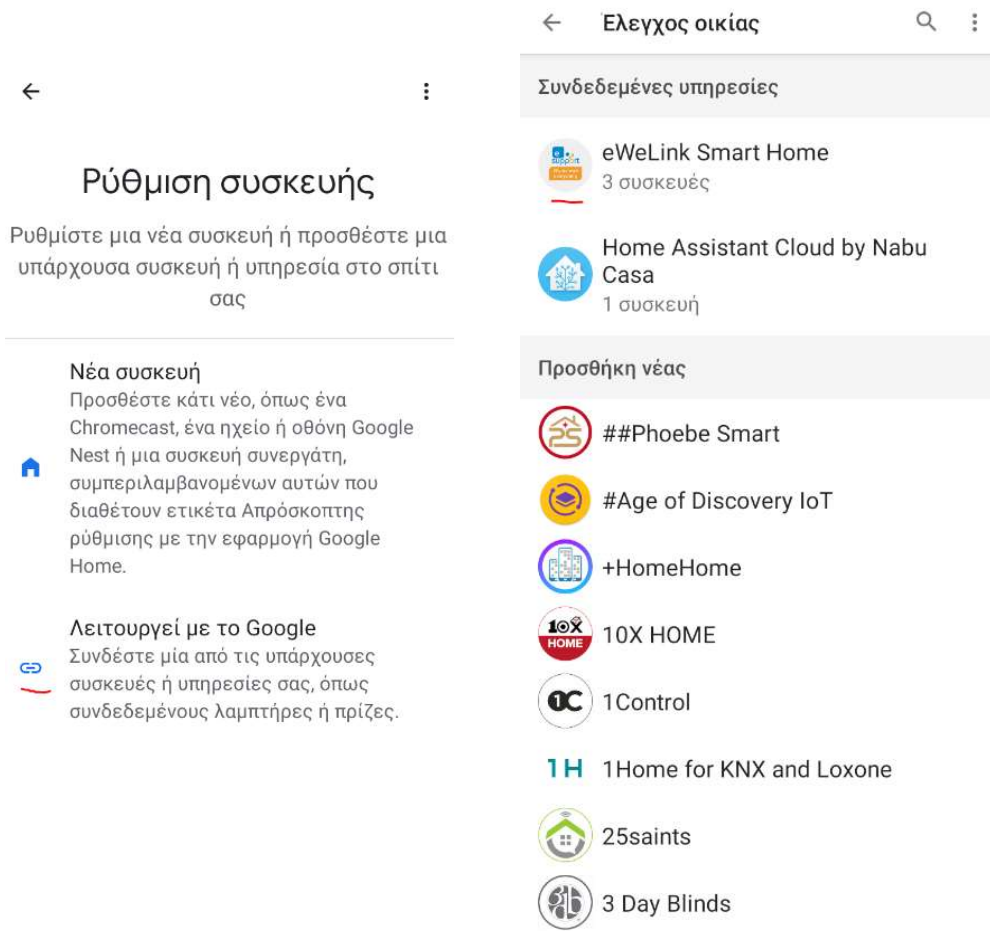
Ακολουθεί αναλυτικός οδηγός σύνδεσης:

Επιλέγουμε το πλήκτρο «+» για προσθήκη νέας συσκευής και στη συνέχεια ρύθμιση συσκευής.



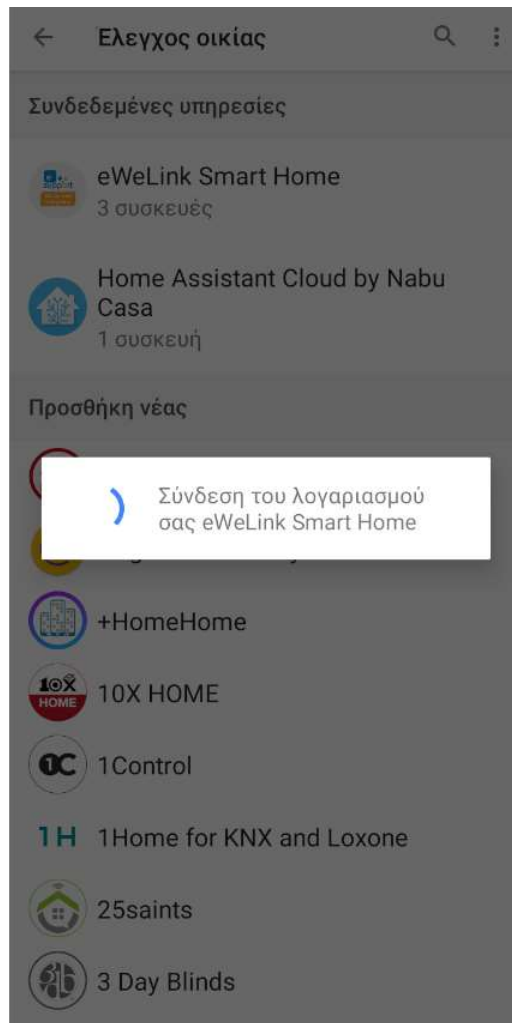
[εικόνα 58]

Επιλέγουμε σύνδεση μιας υπάρχουσας υπηρεσίας και κατά τον έλεγχο της “οικίας” βρίσκει το eWeLink Smart Home



[εικόνα 59]

Κάνοντας κλικ πάνω στην επιλογή αυτή πραγματοποιείται η σύνδεση του λογαριασμού.



[εικόνα 60]

Έπειτα από την διαδικασία αυτή οι αισθητήρες είναι πλήρως διαχειρίσιμοι από την εφαρμογή Google Home είτε από το εσωτερικό μας δίκτυο (LAN) είτε από το εξωτερικό (WAN). Επίσης σε οποιαδήποτε συσκευή μας έχουμε τον ίδιο λογαριασμό Google (και την εφαρμογή Google Home) πλέον έχουμε πρόσβαση και πλήρη διαχείριση του εξοπλισμού.

3. Home Assistant

<https://play.google.com/store/apps/details?id=io.homeassistant.companion.android&hl=en&gl=US>

Είναι ένα δωρεάν λογισμικό ανοιχτού κώδικα για οικιακούς αυτοματισμούς που έχει σχεδιαστεί για να είναι ένα κεντρικό σύστημα ελέγχου για έξυπνες οικιακές συσκευές με έμφαση στον τοπικό έλεγχο και το απόρρητο.



[εικόνα 61]

Το Home Assistant είναι ο τελικός αποδέκτης της πληροφορίας και διαμέσου αυτού θα γίνεται η οποιαδήποτε παραμετροποίηση σε σενάρια ή στη λειτουργία των αισθητήρων καθώς επίσης και η απεικόνιση της πληροφορίας.

Το Home Assistant Εγκαταστάθηκε στο:

Raspberry Pi 3 Model B



[εικόνα 62]

Σε Micro SD Card:

Ιδανικά θα θέλαμε να είναι Application Class 2 με χωρητικότητα 32 GB ή μεγαλύτερη.



[εικόνα 63]

Με τη βοήθεια της πλατφόρμας Balena:

<https://www.balena.io/etcher/>

Το Balena είναι ένα πλήρες σύνολο εργαλείων για τη δημιουργία, την ανάπτυξη και τη διαχείριση στόλων συνδεδεμένων συσκευών Linux. Παρέχει υποδομή στους ιδιοκτήτες στόλων, ώστε να μπορούν να επικεντρωθούν στην ανάπτυξη των εφαρμογών τους και στην ανάπτυξη των στόλων τους με όσο το δυνατόν λιγότερες τριβές.

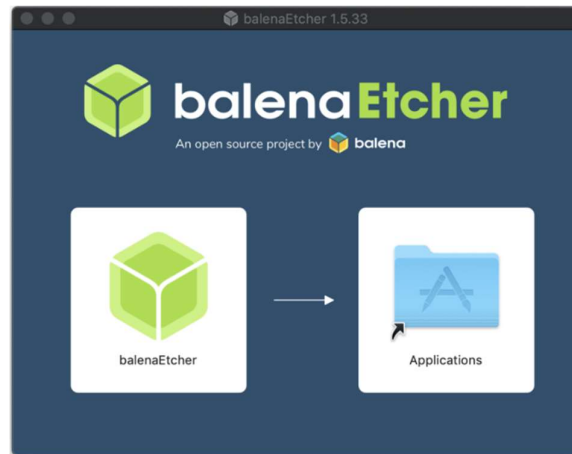
Τα εργαλεία της έχουν σχεδιαστεί για να συνεργάζονται καλά ως πλατφόρμα, αλλά μπορούμε επίσης να επιλέξουμε τα στοιχεία που χρειάζονται για το έργο μας και να τα προσαρμόσουμε στη συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης μας. Είναι γνωστό ότι κανένα έργο IoT δεν είναι το ίδιο και δεν υπάρχει λύση που να ταιριάζει σε όλα τα σενάρια.



[εικόνα 64]

Με το εργαλείο balenaEtcher:

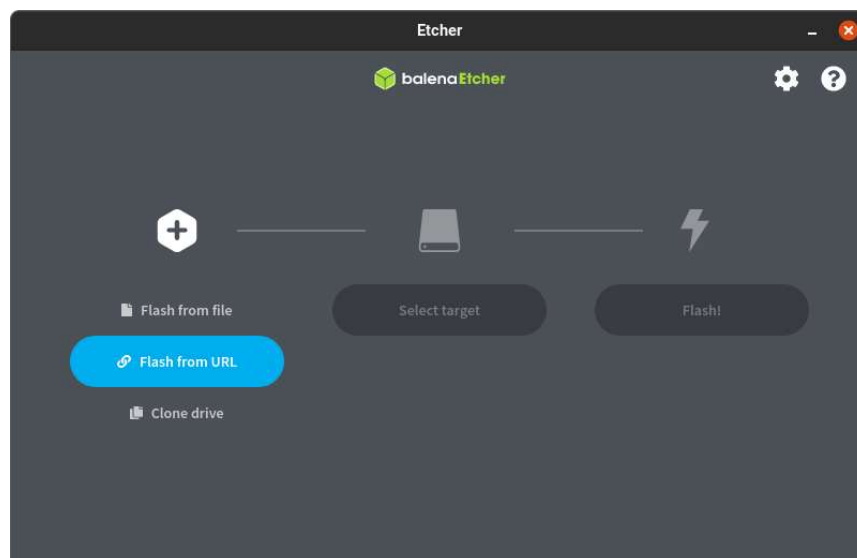
Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε το balenaEtcher το οποίο είναι ένα δωρεάν βοηθητικό πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα που χρησιμοποιείται για τη σύνταξη αρχείων εικόνας όπως αρχεία .iso και .img, καθώς και συμπιεσμένους φακέλους σε μέσα αποθήκευσης για τη δημιουργία ζωντανών καρτών SD και μονάδων flash USB.



[εικόνα 65]

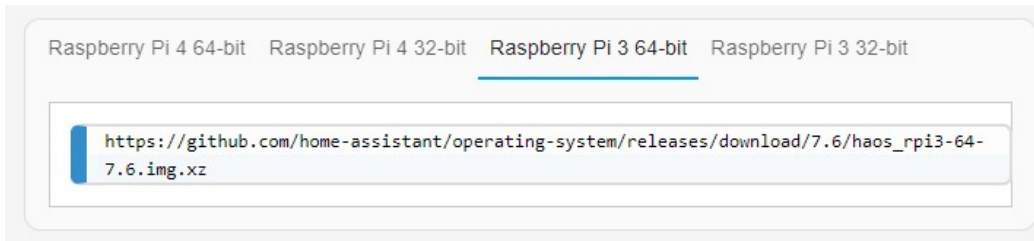
Γράφουμε την εικόνα στο μέσο εκκίνησης

1. Συνδέουμε το μέσο εκκίνησης του Home Assistant (κάρτα SD) στον υπολογιστή μας.
2. Κατεβάζουμε και ξεκινάμε το Balena Etcher . (Μπορεί να χρειαστεί να το εκτελέσουμε με δικαιώματα διαχειριστή στα Windows).
3. Επιλέγουμε "Flash from URL"



[εικόνα 66]

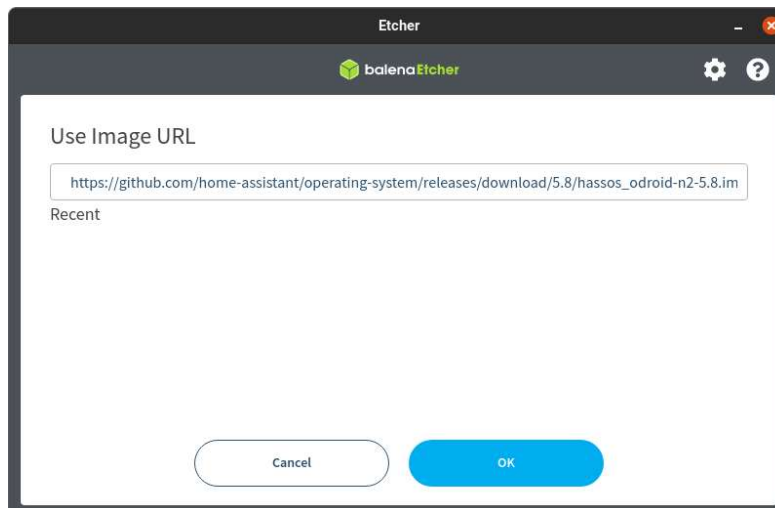
Λαμβάνουμε τη διεύθυνση URL για το Raspberry Pi:



[εικόνα 67]

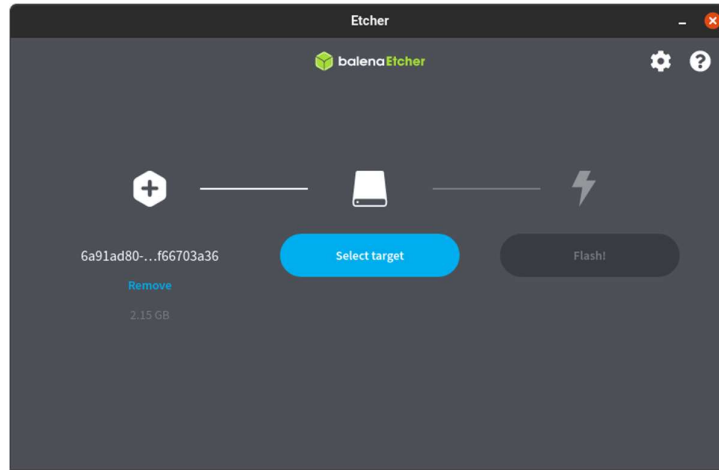
Επιλέγουμε και αντιγράφουμε τη διεύθυνση URL.

Κάνουμε επικόλληση τη διεύθυνση URL για το Raspberry Pi στο Balena Etcher και μετά κλικ στο "OK"



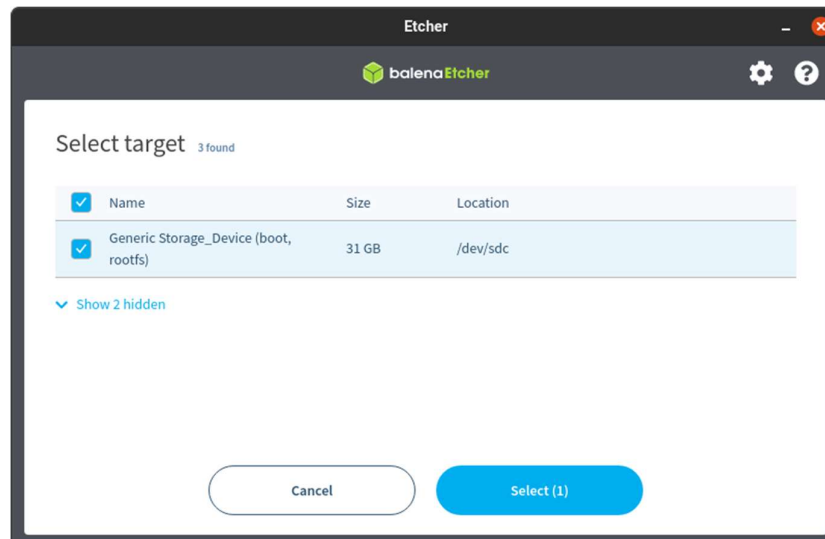
[εικόνα 68]

Το Balena Etcher θα κατεβάσει τώρα την εικόνα, όταν αυτό γίνει, κάνουμε κλικ στο "select target"



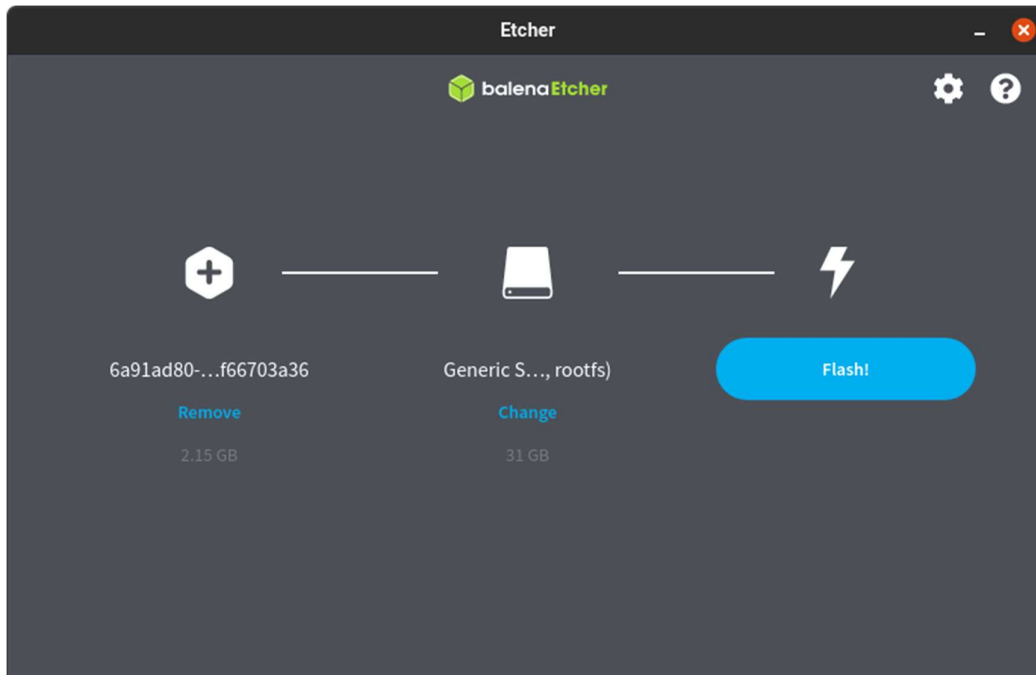
[εικόνα 69]

Επιλέγουμε την κάρτα SD που θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε για το Raspberry Pi μας.



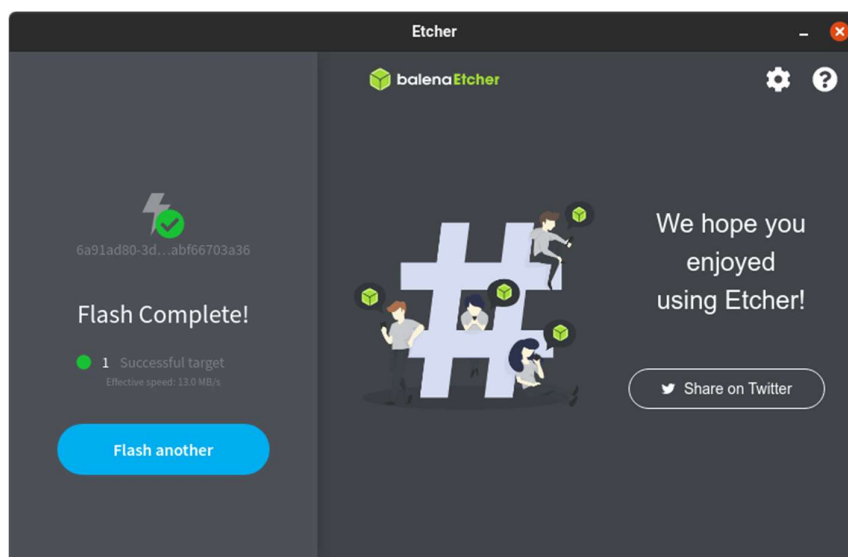
[εικόνα 70]

Κάνουμε κλικ στο "Flash!" για να αρχίσει να γράφει το image.



[εικόνα 71]

Όταν η Balena Etcher ολοκληρώσει τη διαδικασία εγγραφής, θα λάβουμε αυτήν την επιβεβαίωση.



[εικόνα 72]

Ξεκινούμε το Raspberry Pi:

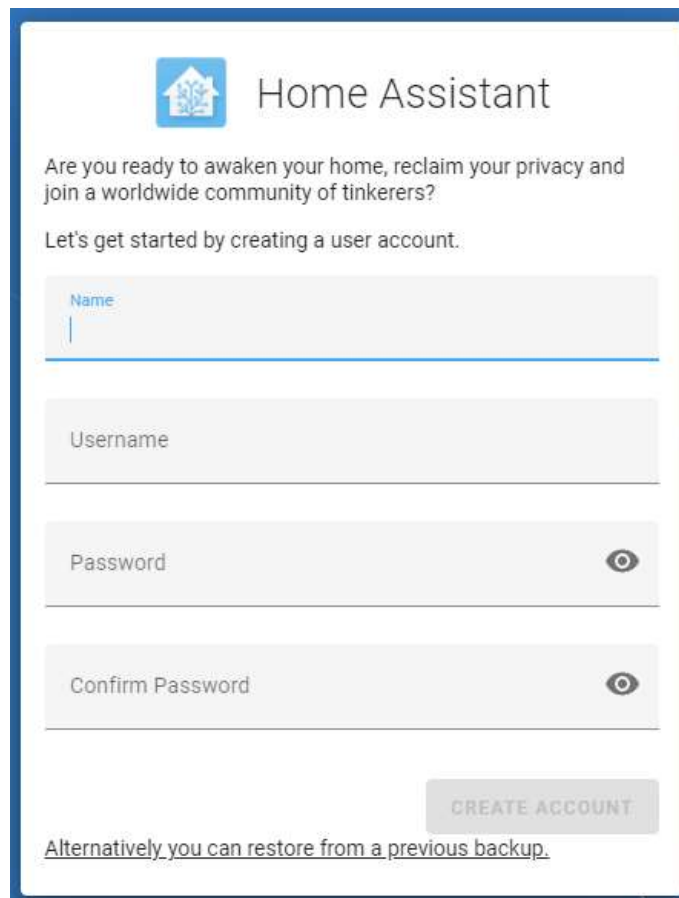
- Τοποθετώντας το μέσο εκκίνησης (κάρτα SD) που μόλις δημιουργήσαμε.
- Συνδέουμε ένα καλώδιο Ethernet για δίκτυο.
- Συνδέουμε το καλώδιο τροφοδοσίας.
- Μέσω της θύρας HDMI συνδέουμε μία οθόνη (προαιρετικά)


Ανοίγουμε ένα πρόγραμμα περιήγησης του συστήματος της επιφάνειας εργασίας μας, μέσα σε λίγα λεπτά θα μπορούμε να μεταβούμε στον νέο Βοηθό Οικίας ακολουθώντας το link `homeassistant.local:8123`

Με το λειτουργικό σύστημα Home Assistant εγκατεστημένο και προσβάσιμο, μπορούμε να συνεχίσουμε την ενσωμάτωση.

Δημιουργήσαμε τον λογαριασμό κατόχου του Home Assistant. Αυτός ο λογαριασμός είναι διαχειριστής και έχει πλήρη δικαιώματα διαχείρισης.

Εισάγουμε ένα όνομα, όνομα χρήστη, κωδικό πρόσβασης και κάνουμε κλικ στο «δημιουργία λογαριασμού»




 Home Assistant


Are you ready to awaken your home, reclaim your privacy and join a worldwide community of tinkerers?

Let's get started by creating a user account.

Name

Username

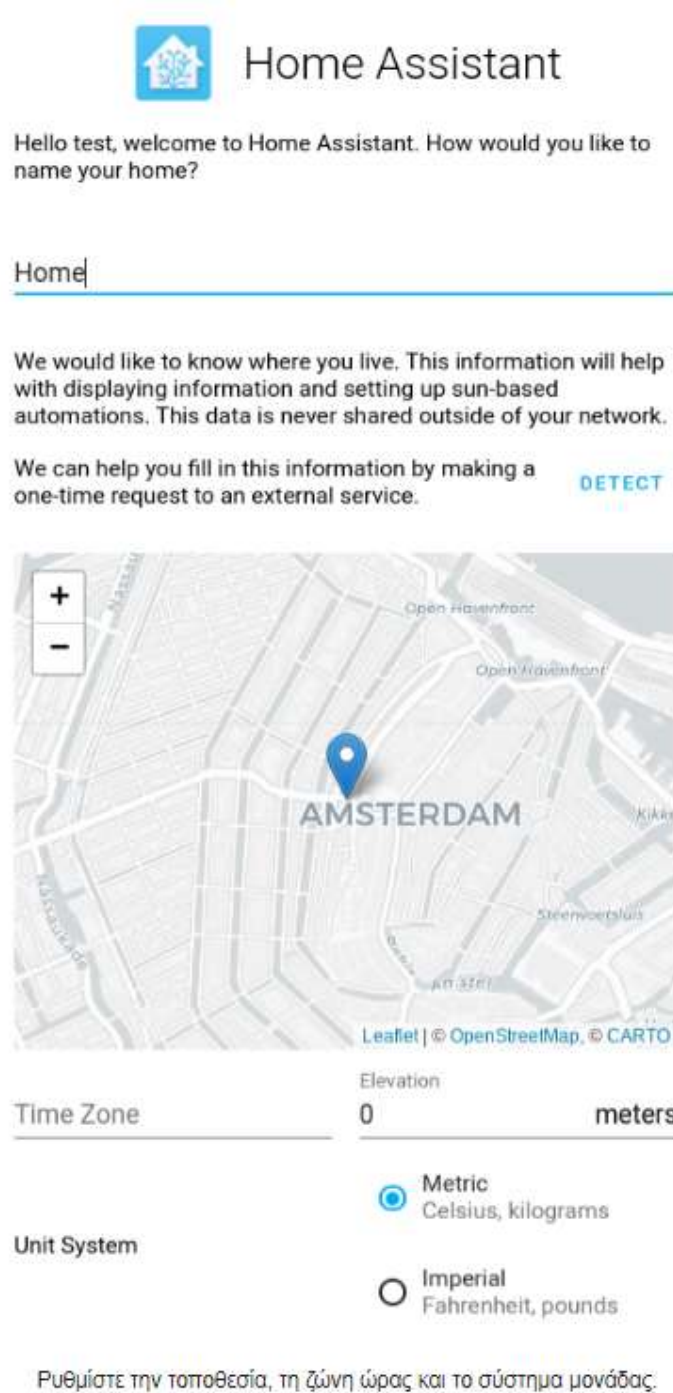
Password 

Confirm Password 

[Alternatively you can restore from a previous backup.](#)

[εικόνα 73]

Στη συνέχεια, μπορούμε να εισάγουμε ένα όνομα για το σπίτι μας και να ορίσουμε την τοποθεσία και το σύστημα της μονάδας μας. Κάνουμε κλικ στο "ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ" για να βρει την τοποθεσία μας και να ορίσει τη ζώνη ώρας το σύστημα μονάδας με βάση την τοποθεσία. Εάν προτιμούμε να μην στείλουμε την τοποθεσία μας, μπορούμε να ορίσουμε αυτές τις τιμές με μη αυτόματο τρόπο.



The screenshot shows the Home Assistant setup interface. At the top, there is a blue house icon with a white robot inside, followed by the text "Home Assistant". Below this, a message reads: "Hello test, welcome to Home Assistant. How would you like to name your home?". A text input field contains the word "Home".

Below the input field, there is a paragraph: "We would like to know where you live. This information will help with displaying information and setting up sun-based automations. This data is never shared outside of your network." This is followed by another paragraph: "We can help you fill in this information by making a one-time request to an external service." To the right of this second paragraph is a blue button labeled "DETECT".

Below the text is a map of Amsterdam, Netherlands, with a blue location pin in the center. The map includes street names like "Open Havenfront" and "Steenwoertsluis". At the bottom of the map, it says "Leaflet | © OpenStreetMap, © CARTO".

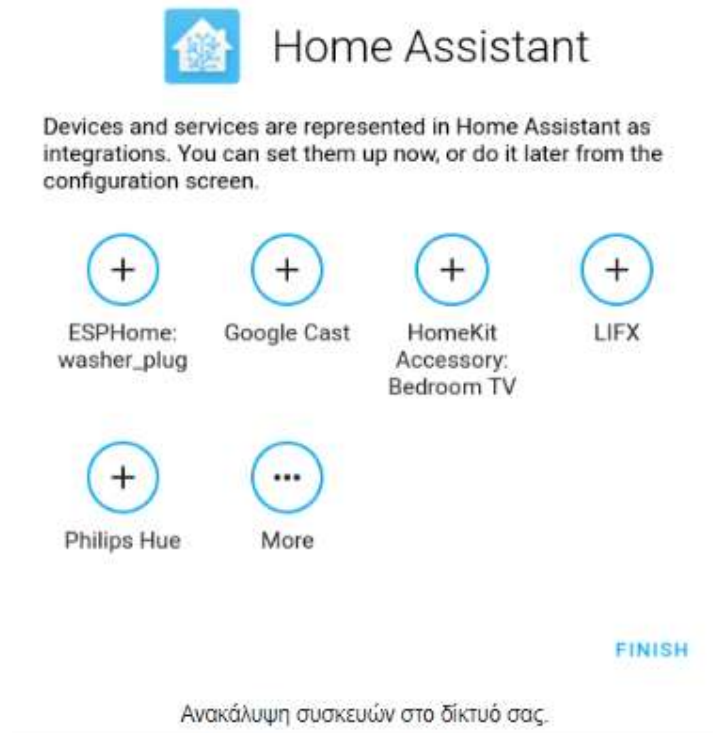
Below the map, there are two sections:

- Time Zone**: A dropdown menu showing "Elevation" and "0 meters".
- Unit System**: Two radio button options: "Metric" (selected) with "Celsius, kilograms" and "Imperial" with "Fahrenheit, pounds".

At the bottom of the screen, there is a final instruction: "Ρυθμίστε την τοποθεσία, τη ζώνη ώρας και το σύστημα μονάδας."

[εικόνα 74]

Μόλις τελειώσουμε, κάνουμε κλικ στο Επόμενο. Σε αυτήν την οθόνη, το Home Assistant θα εμφανίσει όλες τις συσκευές που έχει ανακαλύψει στο δίκτυό μας. Αν δεν δούμε όλα τα αντικείμενα μας που εμφανίζονται παρακάτω, μπορούμε να προσθέσουμε μη αυτόματα συσκευές αργότερα.



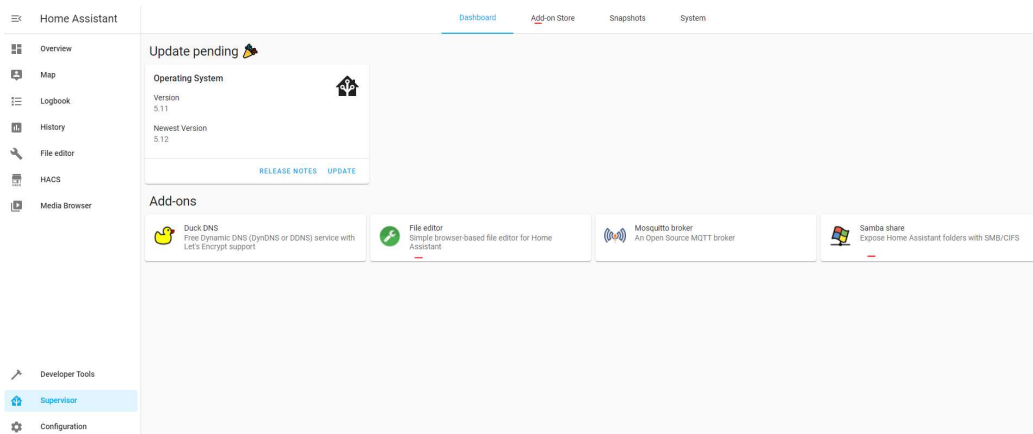
[εικόνα 75]

Τέλος, κάνουμε κλικ στο Finish και μεταφερόμαστε στη διεπαφή του ιστού Home Assistant. Αυτή η οθόνη θα εμφανίσει όλες τις συσκευές μας.

Χρήσιμα Πρόσθετα

Στο Home Assistant υπάρχει μεγάλη πληθώρα προσθέτων για την διευκόλυνση της λειτουργίας του. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν κυρίως τα:

- file editor (για τροποποίηση του κώδικα των αισθητήρων) και το
- Samba share για γρήγορη εισαγωγή αρχείων μέσα από κοινόχρηστο φάκελο.



[εικόνα 76]

Home Assistant Community Store (HACS)

Το Home Assistant Community Store (HACS) είναι ένας βοηθός προσθήκης που μας δίνει τη δυνατότητα λήψης και ενημέρωσης προσθηκών που βρίσκονται στο GitHub και δεν βρίσκονται στο τυπικό αποθετήριο του home assistant.

Οι απαιτήσεις για το HACS είναι:

- Έκδοση Home Assistant 2020.12.0 ή νεότερη
- Ένας λογαριασμός GitHub
- Μια υποστηριζόμενη εγκατάσταση του Home Assistant
- Πρόσβαση στο σύστημα αρχείων όπου βρίσκεται το Home Assistant

Κάνουμε κλικ στο προφίλ (αριστερή γωνία) και ενεργοποιούμε την εξειδικευμένη λειτουργία

Home Assistant

Προφίλ

Αλλαγή της σειράς και απόκρυψη στοιχείων...
Μπορείτε επίσης να πατήσετε παρατεταμένα την κεφαλίδα της πλαϊνής γραμμής για να ενεργοποιήσετε τη λειτουργία επεξεργασίας.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Να αποκρύπτεται πάντα η πλαϊνή μπάρα
Αυτό θα κρύψει την πλαϊνή μπάρα από προεπιλογή, παρόμοια με την εμπειρία κινητού.

Δόνηση
Ενεργοποιήστε ή απενεργοποιήστε τις δονήσεις σε αυτήν τη συσκευή κατά τον έλεγχο συσκευών.

Ειδοποιήσεις Push
Απαιτείται η ενεργοποίηση του SSL για το προσκήνιο. [Μάθετε περισσότερα](#)

● **Εξειδικευμένη λειτουργία**
Ξεκλειδώνει προηγμένες δυνατότητες. [Μάθετε περισσότερα](#)

Αυτόματο κλείσιμο σύνδεσης
Θα πρέπει να κλείσουμε τη σύνδεση με το διακομιστή μετά την απόκρυψη για 5 λεπτά.

Συντομεύσεις πληκτρολογίου
Ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση συντομεύσεων πληκτρολογίου για την εκτέλεση διαφόρων ενεργειών στο περιβάλλον εργασίας χρήστη.

Επισκόπηση

Ενέργεια

Χάρτης

Αρχείο Συμβάντων

Ιστορικό

File editor

HACS

Πολυμέσα

Εργαλεία προγραμματιστή

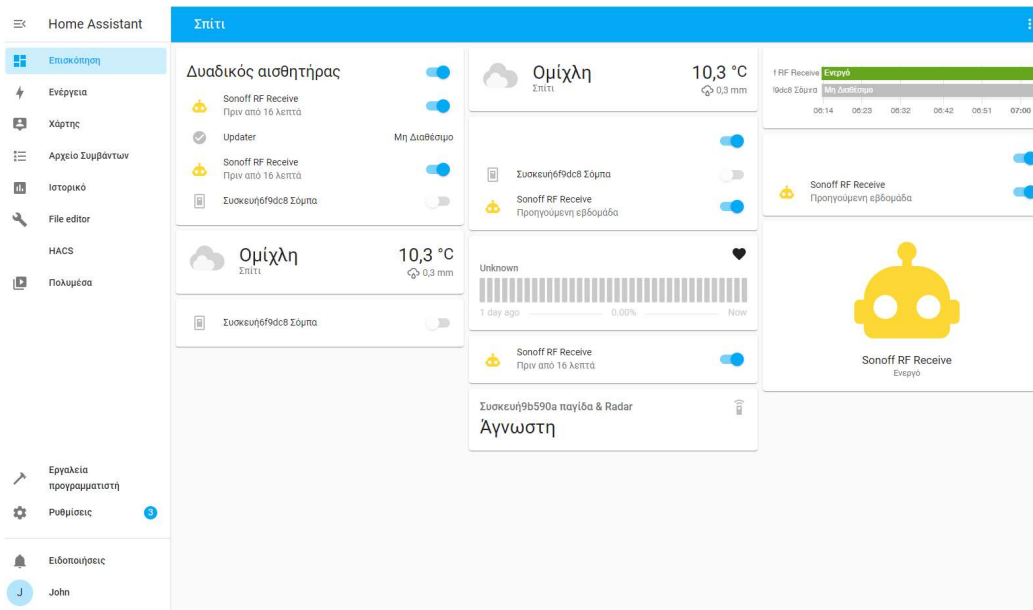
Ρυθμίσεις 3

Ειδοποιήσεις

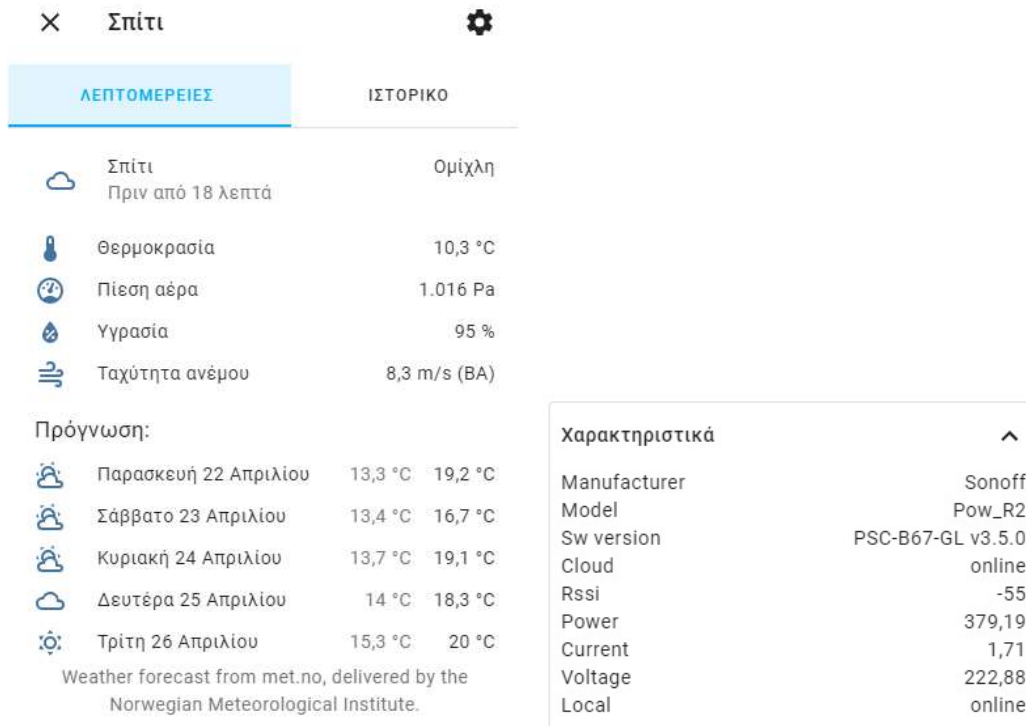
J John

[εικόνα 77]

Η επιφάνεια εργασίας και πληροφόρησης του Home Assistant



[εικόνα 78]



[εικόνα 79]

[εικόνα 80]

5 Συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

Στη συγκεκριμένη εργασία αναφερθήκαμε στα χαρακτηριστικά και στις τεχνολογίες του IoT αλλά και που βρίσκουν εφαρμογή. Τα επόμενα χρόνια οι τεχνολογίες που έχουν να κάνουν με το IoT θα ωριμάσουν γεγονός που ευνοεί την όλο και μεγαλύτερη χρήση του στη καθημερινότητα. Ασχοληθήκαμε με την μελέτη, έρευνα και διασύνδεση των IoT συσκευών. Επίσης με την αυτοματοποίηση των ενεργειών σύμφωνα με τους ελέγχους και τα δεδομένα που λάμβανε ο τελικός αποδέκτης του συστήματος (Άτλας). Η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε σε περιβάλλοντα του εργαστηρίου και της πανεπιστημιούπολης του ΠΑΠΕΛ στην Πάτρα. Χρησιμοποιήθηκαν IoT συσκευές οι οποίες έκαναν ανταλλαγή της πληροφορίας με τη χρήση των πρωτοκόλλων LoRaWAN και WiFi.

Παρόλα αυτά οι προκλήσεις που θα έχει να αντιμετωπίσει η τεχνολογία αυτή θα είναι αρκετές και σύνθετες. Η διασφάλιση της αξιοπιστίας, της ανθεκτικότητας και σταθερότητας των εφαρμογών και υπηρεσιών του IoT είναι κρίσιμα ζητήματα τα οποία θα πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε οι χρήστες να εμπιστεύονται το περιβάλλον τους. Εάν οι πληροφορίες των χρηστών δεν είναι ασφαλείς δημιουργούνται ζητήματα έλλειψης εμπιστοσύνης με συνέπεια την απροθυμία χρήσης μιας πλατφόρμας IoT. Για αυτό το λόγο η ασφάλεια των συσκευών και υπηρεσιών αποτελεί σημαντικό σημείο συζήτησης.

Επιπλέον θα πρέπει να τηρηθεί ένα νομικό πλαίσιο κατά τη χρήση του IoT που αφορά τη προστασία προσωπικών δεδομένων. Τον Απρίλιο του 2016 εκδόθηκε τέτοιος κανονισμός από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Το IoT καθημερινά τείνει να εγκαθιδρυθεί στην ζωή μας όλο και περισσότερο. Είναι αναμφίβολο το γεγονός ότι η συνεχιζόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας θα παίξει καθοριστικό ρόλο στην ζωή μας. Η δυνατότητα διασύνδεσης των συσκευών που βρίσκονται σε αποστάσεις μικρές ή και μεγάλες όπως μελετήσαμε στην παρούσα εργασία είναι πολλή μεγάλη καθώς γίνεται αντιληπτό ότι το πλήθος των εφαρμογών μπορεί να ποικίλει.

Με άλλα λόγια ο τομέας αυτός, θα έχει τεράστιο ενδιαφέρον για το μέλλον και αποτελεί ένα από τα «καυτά» κομμάτια της επιστήμης και της τεχνολογίας των υπολογιστών μαζί με την μηχανική μάθηση, ανάλυση μεγάλων δεδομένων, κρυπτονομίσματα και υπολογιστικό νέφος. Δύο υποψήφιες επιλογές που θα μας απασχολήσουν στο μέλλον είναι η μεγάλη απόσταση και η μικρή κατανάλωση, όπως τα δίκτυα LoRa και NB-IoT. Το LoRa ήδη έχει αρχίσει να κερδίζει μεγάλο μερίδιο αγοράς λόγω και του μικρότερου οικονομικού κόστους σε σχέση με το NB-IoT, ωστόσο το NB-IoT που ανήκει στην 3GPP, θα έχει και αυτό μια μεγαλύτερη άνθηση, καθώς θα ενσωματωθεί στο 5G. Το 5G έχει σκοπό να αλλάξει τον τρόπο που θα αλληλοεπιδρούμε με την τεχνολογία, όπως και το 4G, έκανε με την έλευσή του, καθώς υπόσχεται ότι θα προσφέρει μεγαλύτερη ταχύτητα, μικρότερο χρόνο απόκρισης κλπ.

Έχοντας αυτό στο μυαλό, ότι η σημασία του τομέα του IoT είναι τεράστια, ασχοληθήκαμε μελετώντας μια από τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει, και θα πρέπει να ξεπεραστεί, αυτό της κατανάλωσης ενέργειας στις τελικές συσκευές που συνήθως τροφοδοτούνται από μπαταρία. Αρχικά μετά από μια ιστορική αναδρομή για την βαθύτερη κατανόηση του IoT, αναφέρθηκαν κάποιες σημερινές εφαρμογές τους και προκλήσεις σε κοινωνικό, οικολογικό και τεχνολογικό επίπεδο που αντιμετωπίζουν. Στην συνέχεια μετά από μια ανασκόπηση στις διαθέσιμες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την διασύνδεση των συσκευών σήμερα, επικεντρωθήκαμε στα χαρακτηριστικά δύο τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν αρκετά στο μέλλον το LoRa και το WiFi.

5.1 Απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικό Ερώτημα 1

Ένα αυτοματοποιημένο περιβάλλον εργασίας και διαβίωσης είναι πάντα προς όφελος του ανθρώπου;

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι η τεχνολογία παίζει ένα τεράστιο ρόλο στην καθημερινότητα μας ενώ ο συνεχώς μεταβαλλόμενος τρόπος ζωής έχει μεγάλο αντίκτυπο και στη βιομηχανία. Στην πραγματικότητα, η ανθρωπότητα καταναλώνει όλο και περισσότερο ενώ παράλληλα γίνεται πιο απαιτητική στην ποιότητα που λαμβάνει. Αυτά τα δυο σημαντικά στοιχεία πιέζουν την παραδοσιακή βιομηχανία να ανταπεξέλθει στα νέα δεδομένα. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια ώστε να δοθεί μια διέξοδος. Ένα τρίτο στοιχείο είναι η συζήτηση που εντείνεται παγκοσμίως, σχετικά με την σπάταλη των φυσικών πόρων του πλανήτη μας. Μπορεί η τεχνολογία να δώσει λύσεις στο μετασχηματισμό της παραγωγής σε πιο πράσινη και φιλική;

Σε αυτό το συνεχώς μεταβαλλόμενο παγκόσμιο περιβάλλον έρχεται η τέταρτη βιομηχανική επανάσταση για να καλύψει της ανάγκες του κοινωνικού συνόλου. Παρουσιάζονται νέες προσεγγίσεις στις παραδοσιακές τεχνικές παραγωγής στη βιομηχανία. Τα τελευταία περίπου οκτώ χρόνια, μέσα σε αυτό το πλαίσιο, εμφανίζονται όλο και περισσότερες έξυπνες τεχνολογίες, δημιουργώντας παράλληλα νέες ορολογίες. Η προσπάθεια επικεντρώνεται στη διασύνδεση μεγάλης κλίμακας M2M (Machine to Machine) επικοινωνιών. Το Internet of Things (IoT) ελκύει την τεχνολογία προς την κατεύθυνση της παρακολούθησης και εντοπισμού προϊόντων από την παραγωγή τους ως τον τελικό χρήστη.

Το industry 4.0 ήδη έχει ως αποτέλεσμα τα εργοστάσια ανά τον κόσμο να αυξάνουν και να βελτιώνουν τους αυτοματισμούς τους. Έτσι για παράδειγμα δίνεται η δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων και επικοινωνίας με άλλα εργοστάσια που ανήκουν στον ίδιο εταιρικό όμιλο. Αυτή η δραστηριότητα που παλαιότερα λάμβανε χώρα μέσω του ανθρώπινου δυναμικού, πια είναι αυτόματη. Εξοικονομείται λοιπόν χρόνος των εργαζομένων ώστε να περάσουν σε πιο περίπλοκα ή πιο υψηλά καθήκοντα.

Στην πραγματικότητα δεν είναι ένα νέο είδος τεχνολογίας αλλά μια νέα προσέγγιση στις υπάρχουσες, ώστε να επιτευχθεί ένας ανώτερος σκοπός, από αυτόν που υπηρετούσε η κάθε μια ξεχωριστά, πριν δέκα χρόνια. Γενικοί σκοποί είναι η διασύνδεση, η μείωση σπατάλης πόρων, η αύξηση της παραγωγικότητας, η ευελιξία κλπ.

Ερευνητικό Ερώτημα 2

Η περιοχή κάλυψης των δικτύων LoRa και WiFi είναι πλέον ικανοποιητική για να καλύψει τις σύγχρονες ανάγκες μας;

Αδιαπραγμάτευτα θα μπορούσαμε να πούμε ότι δεν υπάρχει μία μόνο τεχνολογία για όλες τις περιπτώσεις. Η επιλογή του σωστού προτύπου ασύρματης σύνδεσης είναι σημαντική. Στην ασύρματη μετάδοση, τρία πράγματα πρέπει να ελέγχονται:

- η ισχύς που απαιτείται για τη μετάδοση
- ο ρυθμός δεδομένων
- το εύρος μετάδοσης

	100 bps		10K bps		40K bps	
1 m	BLE4 / Zigbee	0.15	BLE4 / Zigbee	7.5	Zigbee	30
	BLE Mesh	0.15	BLE Mesh	7.5	Bluetooth	25
	Bluetooth	25	Bluetooth	25	WiFi	50
	WiFi	50	WiFi	50	LoRA	20
	LoRA	0.5	LoRA	10		
50 m	Zigbee	20	Zigbee	30	WiFi	200
	WiFi	100	WiFi	100	NB-IoT, LTE-M	200
	LoRa	0.5	LoRa	20	LTE, 5G Cellular	200
	Sigfox	0.5	NB-IoT, LTE-M	30		
	NB-IoT, LTE-M	1.0	LTE, 5G Cellular	150		
	LTE, 5G Cellular	100				
1 km	LoRa	30	NB-IoT, LTE-M	100	NB-IoT, LTE-M	400
	Sigfox	30	LTE, 5G Cellular	200	LTE, 5G Cellular	400
	NB-IoT, LTE-M	20				
	LTE, 5G Cellular	120				

All units in mW

[εικόνα 81]

Τα διαφορετικά πρότυπα ασύρματης σύνδεσης απαιτούν πολύ διαφορετικά επίπεδα ισχύος. Η απαιτούμενη ισχύς εξαρτάται από τον ρυθμό δεδομένων και το εύρος μετάδοσης. Για παράδειγμα, αναφερόμενος στην [εικόνα 81], μια συσκευή μπορεί να απαιτεί ισχύ 120 mW για να μεταδώσει 100 bit δεδομένων ανά δευτερόλεπτο σε ένα χιλιόμετρο χρησιμοποιώντας LTE Cellular. Αλλά χρησιμοποιώντας το Bluetooth LE για μετάδοση 1 μέτρου, μια συσκευή μπορεί να χρειάζεται μόνο 0,15 mW ισχύος.

Ερευνητικό Ερώτημα 3

Ποια ασύρματη τεχνολογία έχει και τη βέλτιστη εφαρμογή σύμφωνα με τον όγκο των δεδομένων, την συχνότητα αποστολής/λήψης και την απόσταση.

Εάν μια συσκευή απαιτείται μόνο για τη μετάδοση δεδομένων έως και 10 μέτρα, το BLE και το Bluetooth αρκούν. Ωστόσο, οι συσκευές IoT για βιομηχανικούς και εμπορικούς σκοπούς, όπως διαχείριση αποθέματος ή φορητές συσκευές για παρακολούθηση της υγείας, ενδέχεται να απαιτούν επικοινωνία μεγαλύτερης εμβέλειας, όπως το NB-IoT ή το LTE-M. Εάν μια συσκευή στέλνει πολλά δεδομένα, όπως μια βιντεοκάμερα, η BLE δεν μπορεί να τα χειριστεί. Απαιτούνται επιλογές υψηλής ισχύος, όπως Wi-Fi και LTE.

Από την άλλη πλευρά, τα κυψελωτά ασύρματα πρωτόκολλα NB-IoT και LTE-M επιτρέπουν στις συσκευές IoT να μεταδίδουν δεδομένα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες με χαμηλή ισχύ. Το ίδιο ισχύει και για το SigFox που μπορεί να μεταδώσει δεδομένα έως και 50 χιλιόμετρα. Αλλά σε αντίθεση με τα πρότυπα κινητής τηλεφωνίας με υψηλό ρυθμό δεδομένων, το SigFox μπορεί να μεταδώσει μόνο έως και 300 bit δεδομένων ανά δευτερόλεπτο.

Comparison of IoT Wireless Standards

	LTE-M	NB-IoT	Sigfox	LoRa	BTLE Mesh	Zigbee	WiFi	LTE
Range	1-50 km	1-50 km	10-50 km	2-50 km	10 m	50 m	100 m	10 km
Data rate	1 Mbit/s	20-250 Kbit/s	300 bit/s	200-50 Kbit/s	20 Kbit/s	40 Kbit/s	50 Kbit/s	100 Mbit/s
Supports Audio	Yes	Yes	No	No	No	Yes	Yes	Yes
Network	Public	Public	Public	Public or Private	Private	Private	Private	Public
Available	Good Coverage	Good Coverage	Limited Coverage	Yes Limited Coverage	Limited	Mature	Mature	Mature

[εικόνα 82]

Ο αισθητήρας μπορεί να συνδεθεί απευθείας στο cloud χρησιμοποιώντας τεχνολογία όπως NB-IoT, LTE-M ή LoRa. Αυτές οι τεχνολογίες εκπέμπουν για km με πολύ χαμηλή ισχύ, εφόσον ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι χαμηλός. Συνδέονται στο Διαδίκτυο μέσω εξοπλισμού που συνήθως εγκαθίσταται σε πύργους κινητής τηλεφωνίας. Οι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό μιας στρατηγικής ασύρματης επικοινωνίας IoT περιλαμβάνουν: πόσα δεδομένα θα μεταφερθούν, πόσο μακριά είναι η πηγή δεδομένων από το διαδίκτυο, πόση ενέργεια απαιτείται και πόσο υψηλό είναι το κόστος για την υπηρεσία, εάν υπάρχει. Τα νεότερα πρότυπα, όπως το NB-IoT και το LTE-M ανοίγουν περισσότερες επιλογές για το μελλοντικό Internet of Things.

Ερευνητικό Ερώτημα 4

Μπορούμε να βασιζόμαστε απόλυτα στα «έξυπνα» συστήματα λήψης αποφάσεων λαμβάνοντας υπόψη το ποσοστό εκείνο των λανθασμένων μηνυμάτων; Πως μπορούμε να το περιορίσουμε;

Το θέμα της τεχνολογίας είναι ένα μεγάλο κομμάτι στην αυτόνομη λήψη αποφάσεων. Το μετασχηματιζόμενο δυναμικό των αναλυτικών στοιχείων είναι σχεδόν απεριόριστο. Η ταχύτητα των δικτύων 5G (IoT) σε συνδυασμό με το γεγονός ότι η τοπική επεξεργασία μπορεί να εκφορτώνεται στην άκρη του δικτύου, καθιστά την πρόταση των αναλυτικών στοιχείων αιχμής πολύ ισχυρή. Η μειωμένη καθυστέρηση σύνδεσης και οι συνδεδεμένες, έξυπνες συσκευές που μιλούν μεταξύ τους, δημιουργούν ένα ανεκτίμητο άλμα από το τρέχον πρότυπο, το οποίο απαιτεί την αποστολή μεγάλων τμημάτων δεδομένων στο cloud για αναλυτική επεξεργασία και πληροφορίες. Η αυτόνομη λήψη αποφάσεων και η γνωστική νοημοσύνη στις συσκευές ή στο άκρο του δικτύου, μειώνουν τον χρόνο καθυστέρησης επεξεργασίας και λήψης αποφάσεων. Αυτό σημαίνει ότι, σε μεγάλο βαθμό, οι αποφάσεις μπορούν να λαμβάνονται σε πραγματικό χρόνο.

Τα αναλυτικά στοιχεία στο IoT δεν θα περιορίζονται στα παραδοσιακά περιγραφικά αναλυτικά στοιχεία και θα συνεχίσουν να εξελίσσονται. Αυτή η ισχυρή τεχνολογία έχει την ικανότητα να μαθαίνει από το περιβάλλον, να προβλέπει τι θα συμβεί στη συνέχεια, να ορίζει την επόμενη καλύτερη δράση ή απόφαση, αλλά και να μαθαίνει από τα προηγούμενα πρότυπα συμπεριφοράς για να παίρνει την πιο βέλτιστη απόφαση. Για πλήρως αυτόνομες εφαρμογές, τα αναλυτικά στοιχεία θα αυτοματοποιούν την επόμενη ενέργεια σε πραγματικό χρόνο. Με την ταχύτητα του 5G, περισσότερες πληροφορίες θα συλλέγονται και θα υποβάλλονται σε επεξεργασία, ενώ και οι γνώσεις που δημιουργούνται από τα αναλυτικά στοιχεία αιχμής θα δίνουν όλο και μεγαλύτερη ώθηση στη λήψη αποφάσεων, οδηγώντας σε εφαρμογές γνωστικής νοημοσύνης. Με λίγα λόγια, το μέλλον των έξυπνων πόλεων βασίζεται στο 5G που σε συνδυασμό με τη χρήση υπολογιστών αιχμής θα βοηθήσει τις πόλεις να σκέφτονται μόνες τους.

Το ποσοστό εκείνο των εσφαλμένων αποφάσεων μπορούμε να το περιορίσουμε με την ανάπτυξη καινοτόμων τεχνικών, μεθοδολογιών και εργαλείων για τον σχεδιασμό, ανάπτυξη, παρακολούθηση και συντήρηση safety critical συστημάτων. Τα συστήματα αυτά χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλό βαθμό πολυπλοκότητας και αυστηρές απαιτήσεις. Η δημιουργία κώδικα καθοδηγούμενη από XBC για μη ντετερμινιστικές εφαρμογές ML/AI θα συνδυαστεί με runtime monitors για να διασφαλιστεί η λειτουργία αποτυχίας και ασφαλείας.

5.2 Μελλοντική εργασία

Όπως έχει τονιστεί επανειλημμένα το IoT αποτελεί έναν από τους τομείς της τεχνολογίας και επιστήμης των υπολογιστών που θα μας απασχολήσει πολύ στο μέλλον. Όπως κάθε τεχνολογία που βρίσκεται σε πρώιμο στάδιο, έτσι και το IoT έχει πληθώρα από ανοικτά ερευνητικά θέματα που θα μπορούσαμε να καταπιαστούμε. Αρχικά υπάρχουν κάποιες προκλήσεις που θα πρέπει να λάβουμε υπόψη. Μία από αυτές είναι η δυνατότητα επέκτασης των δικτύων σε ένα περιβάλλον όπου υπάρχουν πάρα πολλά πρότυπα, πρωτόκολλα και τύποι συσκευών.

Ακόμη, θα πρέπει να γίνει μεγάλη προσπάθεια να αντιμετωπίσουμε το θέμα των απορριμμάτων που θα μας απασχολήσει πολύ στο μέλλον ειδικά με την έλευση του 5G, που εκτιμάται ότι οι συνδεδεμένες συσκευές θα είναι πάρα πολλές. Τέλος η εξοικονόμηση ενέργειας είναι ένα ακόμα, ακανθώδες θέμα στο IoT σήμερα. Έτσι, η εξοικονόμηση ενέργειας, πέρα από το ίδιο το υλικό των συσκευών και οι μπαταρίες που θα πρέπει να βελτιωθούν, είναι επίσης οι μηχανισμοί και οι αλγόριθμοι που θα πρέπει να σχεδιαστούν.

Ένας κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που υπόσχεται να δώσει μεγάλη ώθηση σε αυτή την κατεύθυνση είναι η μηχανική μάθηση μέσω των δεδομένων που παράγονται από τις συσκευές IoT. Για παράδειγμα η βαθιά μηχανική μάθηση βρίσκει εφαρμογή για τον έλεγχο του δικτύου. Πιο συγκεκριμένα μπορεί να γίνει χρήση αυτών των τεχνικών στην βελτιστοποίηση, της δρομολόγησης, και την κατανομή δεδομένων σε ένα radio δίκτυο.

Επιπλέον, νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιούνται στην δρομολόγηση για την εύρεση βέλτιστου μονοπατιού. Για παράδειγμα σε ένα δίκτυο έχει δειχθεί ότι με μεγάλη ακρίβεια μπορεί να βρεθεί το «βέλτιστο» μονοπάτι με μειωμένη όμως καθυστέρηση. Αυτές οι βελτιώσεις υπάρχουν και στην περίπτωση των adhoc δικτύων. Ακόμη στην βιβλιογραφία, έχουν χρησιμοποιηθεί αλγόριθμοι για εξοικονόμηση ενέργειας σε κινητά δίκτυα. Πιο συγκεκριμένα, ανοίγουν και κλείνουν δυναμικά κάποιοι σταθμοί λήψης μιας συγκεκριμένης περιοχής για να εξοικονομήσουν ενέργεια. Επιπλέον, έχουν χρησιμοποιηθεί για κατανομή φόρτου σε IoT.

Τέλος, η υπολογιστική νέφος έχει ήδη αρχίσει να ενσωματώνεται στο IoT, όπου μπορεί μέσω αυτού να γίνουν πολλοί δύσκολοι υπολογισμοί, όπως να υλοποιηθεί σε αυτό δυναμικός προγραμματισμός. Άρα, η περαιτέρω ενσωμάτωση της υπολογιστικής νέφους θα δώσει μεγάλη ώθηση στο IoT, καθώς όλο και πιο πολύπλοκοι αλγόριθμοι που δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν μέχρι στιγμής, θα μπορούν πλέον να εκτελούνται.

6 Βιβλιογραφία

1. S. Al-Hamouz, «A Power Saving Hybrid Technique for IoT,» Modern Applied Science, τόμ. 12, 2018 T. Baker, M. Asim, H. Tawfik, B. Aldawsari και R. Buyya, «An energy-aware service composition algorithm for multiple cloud-based IoT applications» Journal of Network and Computer Applications, τόμ. 89, pp. 96-108, 2017.
2. Techprevue (2017). The History of IoT (Internet of Things) and How It's Changed Today.
3. Ovum, (2018). «IoT» Survey Results Infographic.
4. Ayoub, W., Samhat, A. E., Nouvel, F., Mroue, M., & Prévotet, J. C. (2018). Internet of Mobile Things: Overview of LoRaWAN, DASH7, and NB-IoT in LPWANs standards and Supported Mobility. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
5. Raza, U., Kulkarni, P., & Sooriyabandara, M. (2017). Low Power Wide Area Networks: An Overview. IEEE Communications Surveys & Tutorials
6. Madakam, Somayya & Ramaswamy, R & Tripathi, Siddharth. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. Journal of Computer and Communications. 3. 164-173. 10.4236/jcc.2015.35021
7. Rashmi Sharan Sinha, Yiqiao Wei, Seung-Hoon Hwang, A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT, ICT Express, Volume 3, Issue 1, 2017, Pages 14-21, ISSN 2405-9595
8. M. Bor and U. Roedig, "LoRa Transmission Parameter Selection," 2017 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), Ottawa, ON, 2017, pp. 27- 34. doi: 10.1109/DCOSS.2017.10
9. Ι Δαραμούσκας, Β. Καπούλας, και Θ. Πεγιάζης 'A survey of methods for location estimation on Low Power Wide Area Networks', in The 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA 2019) 15-17 July 2019, Patra, Greece
10. Κατσαμπίρης Σαλγάδο Σπυρίδων Ανισέτο, Μελέτη εξοικονόμησης ενέργειας σε δίκτυα LPWAN βασισμένα σε τεχνολογίες LoRa και NB-IoT και εξομοίωση δικτύων LoRa.

6.1 Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

1. <https://lora-alliance.org>
2. <https://www.thethingsnetwork.org/docs/lorawan/limitations>
3. <https://wyldnetworks.com/what-is-the-difference-between-lora-and-lorawan>
4. <https://www.wesar-project.upatras.gr/main/?p=1043>
5. <https://cicom.gr/pages/lora-wan>
6. <https://www.iotforall.com/iot-connectivity-comparison-lora-sigfox-rpma-lpwan-technologies>
7. <https://www.sigfox.com/en>
8. <https://www.intellias.com/why-lora-is-the-best-option-for-smart-city-and-smart-building-applications>
9. <http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/18757/Internet%20of%20Things.pdf?sequence=1>
10. <https://industry4.gr/what-is-industry-4-0>
11. <https://www.digikey.gr/en/articles/wireless-technology-overview-for-iot>
12. <https://www.ece.uop.gr>
13. <https://esdalab.ece.uop.gr/index.php/el>
14. <https://xandar-project.eu/overview>
15. <https://ovum.informa.com/resources/product-content/iot-infographic>
16. <https://www.techprevue.com/history-iot-changed-today>
17. <https://ieeexplore.ieee.org>
18. <https://hometechtime.com/how-to-install-sonoff-lan-on-home-assistant>
19. <https://www.balena.io/etcher>
20. <https://www.home-assistant.io/installation/raspberrypi>

21. <https://hometechtime.com/how-to-install-sonoff-lan-on-home-assistant>
22. <https://mikrotik.com>
23. <https://eu1.cloud.thethings.network/console>
24. <https://www.adeunis.com>
25. <https://docs.rakwireless.com/Product-Categories/WisNode/RAK7204/Quickstart/#prerequisites>