



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**  
**ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ. Ε. ΤΟΥ**  
**ΠΡΩΗΝ Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**"Μελέτη και ανάπτυξη συστήματος ανίχνευσης θέσεων πάρκινγκ με τη**  
**χρήση αισθητήρων και IoT (Internet of things)"**

**ΟΥΡΟΣ ΜΠΟΓΚΙΤΣΕΒΙΤΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΣΟΥΛΙΩΤΗΣ, Αναπληρωτής Καθηγητής**

**ΠΑΤΡΑ 2024**



Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή  
Πάτρα, Ημερομηνία

## ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Γεώργιος Σουλιώτης

2. Λάμπρος Μπισδούνης

3. Ανδρέας Κατσαΐτης

### **Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή**

*Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη εργασία.*

*Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου δεν υποδηλώνει απαραίτητως και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα εκ μέρους του Τμήματος.*

*Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία του φοιτητή Ούρος Μπογκίτσεβιτς που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πτυχιακή εργασία με τίτλο "Μελέτη και Ανάπτυξη Συστήματος Ανίχνευσης Θέσεων Πάρκινγκ με Χρήση Αισθητήρων και Internet of Things" επικεντρώνεται στον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός προηγμένου συστήματος παρκαρίσματος που χρησιμοποιεί τεχνολογίες αισθητήρων.

Η έρευνα επικεντρώνεται στην ανάλυση των συστημάτων ανίχνευσης πάρκινγκ που χρησιμοποιούνται σήμερα και εξερευνά τις δυνατότητες βελτίωσης μέσω της ενσωμάτωσης αισθητήρων και της σύνδεσης με το διαδίκτυο. Οι τεχνολογίες αισθητήρων συμβάλλουν στην ακριβή και αξιόπιστη ανίχνευση της διαθεσιμότητας θέσεων πάρκινγκ.

Η χρήση του Internet of Things επιτρέπει τη σύνδεση και την επικοινωνία των αισθητήρων με ένα κεντρικό σύστημα διαχείρισης. Αυτό επιτρέπει στους οδηγούς να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα θέσεων, βοηθώντας τους να βρουν γρήγορα και αποτελεσματικά κενές θέσεις πάρκινγκ. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να παρέχει στατιστικά δεδομένα σχετικά με την εκμετάλλευση του χώρου πάρκινγκ, προσφέροντας ωφέλιμες πληροφορίες για τον σχεδιασμό της πόλης.

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και η εύρεση κατάλληλων αισθητήρων και τεχνολογιών με σκοπό την ανίχνευση της κατάστασης μιας θέσης πάρκινγκ (ελεύθερη/κατειλημμένη) καθώς και την μεταφορά των δεδομένων αυτών σε κάποια βάση/πλατφόρμα δεδομένων με σκοπό την ανάλυση και επεξεργασία αυτών. Παράλληλα θα γίνει κατασκευή και ανάπτυξη αυτής της τεχνολογίας με σκοπό την παρουσίαση της λειτουργικότητας της.

Η εργασία επιδιώκει να προωθήσει την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών στον τομέα του παρκαρίσματος, βελτιώνοντας την εμπειρία των οδηγών, μειώνοντας την κυκλοφοριακή συμφόρηση και συνεισφέροντας στην αειφορία των αστικών περιοχών.

Λέξεις κλειδιά: έξυπνες πόλεις, τεχνολογία αισθητήρων, διαδίκτυο των πραγμάτων, ανίχνευση πάρκινγκ, πρωτόκολλα επικοινωνίας, LoRa, MQTT

## ABSTRACT

The thesis entitled "Design and Development of Parking Space Detection System Using Sensors and Internet of Things" focuses on the design and implementation of an advanced parking detection system using sensor technologies.

The research focuses on the analysis of currently used parking detection systems and explores the potential for improvement through the integration of sensors and internet connectivity.

Sensor technologies contribute to accurate and reliable detection of parking space availability.

The use of the Internet of Things allows sensors to connect and communicate with a centralized management system. This allows drivers to access information on space availability, helping them to quickly and efficiently find vacant parking spaces. In addition, the system can provide statistical data on parking space utilization, offering useful information for city planning.

The aim of this thesis is to study and find suitable sensors and technologies in order to detect the status of a parking space (vacant/occupied) and to transfer this data to a database/data platform for analysis and processing. At the same time, the construction and development of this technology will be carried out in order to demonstrate its functionality.

The work seeks to promote the adoption of advanced technologies in the field of parking, improving the experience of drivers, reducing traffic congestion and contributing to the sustainability of urban areas.

Keywords: smart cities, sensors technology, internet of things, parking space detection, communication protocols, LoRa, MQTT

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b> .....	<b>6</b>
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Σκοπός και Στόχοι της Πτυχιακής.....	7
1.3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).....	8
1.4 Έξυπνες πόλεις – υποδομές.....	10
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b> .....	<b>13</b>
2.1 Τεχνολογίες αισθητήρων ανίχνευσης.....	13
2.2 Υπερηχητικοί αισθητήρες .....	14
2.3 Οπτικοί αισθητήρες .....	17
2.4 Μαγνητικοί αισθητήρες.....	20
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b> .....	<b>23</b>
3.1 Θεωρητική δομή υλοποίησης του συστήματος.....	23
3.1.1 Επιλογή μεθόδου ανίχνευσης .....	23
3.1.2 Επιλογή μεθόδου αποστολής των δεδομένων στον κόμβο (gateway).....	24
3.1.3 Επιλογή μεθόδου αποστολής από τον κόμβο στο Cloud.....	25
3.2 Λήψη και Μεταφορά δεδομένων .....	28
3.2.1 Λήψη δεδομένων από τον αισθητήρα.....	28
3.2.2 Λήψη δεδομένων από το αισθητήρα στον κόμβο (gateway).....	29
3.2.3 Επικοινωνία μεταξύ LoRa gateway και αισθητήρων .....	30
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b> .....	<b>32</b>
4.1 Σύντομη Επεξήγηση της υλοποίησης.....	32
4.2 Επιλογή εξαρτημάτων .....	32
4.3 Ανάπτυξη Λογισμικού.....	37
4.4 Κόστος υλοποίησης.....	37
4.5 Αποτελέσματα .....	38
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b> .....	<b>40</b>
5.1 Συμπεράσματα.....	40
5.2 Περαιτέρω ανάπτυξη .....	41

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων υπερήχων .....	15
Εικόνα 2.2 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων εγγύτητας IR.....	17
Εικόνα 2.3 Αρχή λειτουργίας μαγνητικών αισθητήρων.....	20
Εικόνα 3.1 Μέθοδος επικοινωνίας μέσω MQTT πρωτοκόλλου .....	27
Εικόνα 3.2 Σχηματικό διάγραμμα επικοινωνίας περιφερειακών με μικροελεγκτή.....	29
Εικόνα 3.3 Σχηματικό διάγραμμα επικοινωνίας συνολικής υλοποίησης του συστήματος .....	30
Εικόνα 3.4 Αρχή λειτουργίας επικοινωνίας αισθητήρων μέσω της τεχνολογίας LoRa .....	31
Εικόνα 4.1 Αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Uno .....	33
Εικόνα 4.2 Αισθητήρας HC-SR04.....	34
Εικόνα 4.3 Αναπτυξιακή πλακέτα Dragino LA66 LoRaWAN Shield.....	35
Εικόνα 4.4 Αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi.....	35
Εικόνα 4.5 Αναπτυξιακή πλακέτα Waveshare LoRa.....	36
Εικόνα 4.6 IoT πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα ThingsBoard.....	36
Εικόνα 4.7 Αποτελέσματα των μετρήσεων στην πλατφόρμα ThingsBoard .....	38
Εικόνα 4.8 Φωτογραφία υλοποίησης του συστήματος .....	39

## ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Κόστος υλοποίησης .....	37
------------------------------------	----

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Εισαγωγή

Η ανάπτυξη αισθητήρων παρκινγκ αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της τεχνολογικής εξέλιξης που στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στις σύγχρονες αστικές περιοχές. Οι προβληματισμοί που προκύπτουν από την ανεπάρκεια χώρων στάθμευσης και τη δυσκολία εύρεσης διαθέσιμων θέσεων παρκαρίσματος έχουν καταστεί ένας αναπόφευκτος παράγοντας της αστικής κυκλοφορίας. Η ανάπτυξη αισθητήρων παρκινγκ έχει ως στόχο να αντιμετωπίσει αυτό το πρόβλημα, εισάγοντας ένα ευφυές σύστημα παρκαρίσματος που βασίζεται στη συλλογή και ανάλυση δεδομένων.

Τι είναι οι αισθητήρες παρκινγκ:

Οι αισθητήρες παρκινγκ είναι συσκευές που τοποθετούνται σε διάφορες περιοχές στάθμευσης, όπως δρόμοι, πάρκινγκ κτιρίων ή ανοιχτές εκτάσεις, και έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν την παρουσία οχημάτων και το εάν οι θέσεις παρκαρίσματος είναι διαθέσιμες ή κατειλημμένες. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να λειτουργούν με διάφορους τρόπους, όπως ραντάρ, υπερήχους, κάμερες, μαγνητικούς αισθητήρες μέσω δικτύων Internet of Things (IoT).

Πρόβλημα παρκινγκ στις σύγχρονες πόλεις:

Η αύξηση του αριθμού των οχημάτων και η αστική συγκέντρωση έχουν επιδεινώσει το πρόβλημα της διαθεσιμότητας θέσεων στάθμευσης στις πόλεις. Οι οδηγοί συχνά αντιμετωπίζουν την απογοήτευση και την απώλεια χρόνου καθώς αναζητούν ελεύθερες θέσεις παρκαρίσματος, προκαλώντας κυκλοφοριακά προβλήματα, ατυχήματα και επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επιπλέον, η υπερβολική κυκλοφορία προς αναζήτηση θέσης στάθμευσης αυξάνει τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα και την εκπομπή θορύβου.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι αισθητήρες παρκινγκ εισέρχονται ως μια εναλλακτική λύση που μπορεί να βοηθήσει στην αποτελεσματική διαχείριση των θέσεων στάθμευσης. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να παρέχουν πρακτικές πληροφορίες σε οδηγούς, καθιστώντας τη διαδικασία εύρεσης κενών θέσεων πολύ πιο αποτελεσματική. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο σε μια κεντρική πλατφόρμα, στον οδηγό μέσω εφαρμογών κινητής



τηλεφωνίας ή ακόμη και σε πινακίδες κοντά στον τόπο στάθμευσης. Αυτό δεν εξοικονομεί μόνο χρόνο για τους οδηγούς, αλλά συμβάλλει επίσης στη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης και των εκπομπών αερίων, βελτιώνοντας την αειφορία του αστικού περιβάλλοντος.

Επιπλέον, οι αισθητήρες παρκινγκ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της χρήσης των θέσεων στάθμευσης, ενισχύοντας την εποπτεία και την ασφάλεια σε αυτούς τους χώρους.

Επίσης, η συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες μπορεί να παρέχει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη χρήση και τη ζήτηση για θέσεις στάθμευσης, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της υποδομής στάθμευσης και τον σχεδιασμό νέων πολιτικών κυκλοφορίας.

Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη αισθητήρων παρκινγκ αποτελεί μια πρωτοποριακή λύση για την αντιμετώπιση του προβλήματος παρκινγκ στις σύγχρονες πόλεις. Με την εξασφάλιση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, τη βελτίωση της αποδοτικότητας της κυκλοφορίας και την προώθηση της αειφορίας, οι αισθητήρες παρκινγκ συμβάλλουν σημαντικά στη διαμόρφωση μιας έξυπνης και αειφόρου αστικής κινητικότητας [1], [2].

## 1.2 Σκοπός και Στόχοι της Πτυχιακής

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να εξετάσει και να αναλύσει την ανάπτυξη αισθητήρων παρκινγκ ως καινοτόμα λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στάθμευσης στις σύγχρονες αστικές περιοχές. Από τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη λειτουργία, τα πλεονεκτήματα και τους περιορισμούς των αισθητήρων παρκινγκ, η εργασία αυτή αποσκοπεί να παράσχει μια πλήρη και κατανοητή εικόνα της τεχνολογίας αυτής.

Οι συγκεκριμένοι στόχοι της πτυχιακής εργασίας περιλαμβάνουν:

- Κατανόηση της Τεχνολογίας:

Ανάλυση των διάφορων τύπων αισθητήρων παρκινγκ και των τεχνολογικών αρχών πίσω από τη λειτουργία τους. Εξέταση των πλεονεκτημάτων και περιορισμών της κάθε τύπου τεχνολογίας.

- Αξιολόγηση Λύσης:

Εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των αισθητήρων παρκινγκ στην επίλυση των προβλημάτων στάθμευσης. Ανάλυση των οφελών που μπορούν να προσφέρουν στους οδηγούς, τις αρχές των πόλεων και το περιβάλλον.

- Υλοποίηση Ενός Τέτοιου Συστήματος:

Θεωρητική ανάπτυξη και πρακτική υλοποίηση του συστήματος, σχεδιασμός και αρχιτεκτονική του συστήματος και ανάπτυξη λογισμικού (software, firmware). Εξαγωγή συμπερασμάτων με βάση τα αποτελέσματα.

Τέλος, η πτυχιακή αυτή εργασία επιδιώκει να αναδείξει τον ρόλο των αισθητήρων παρκινγκ ως βασικού συστατικού μιας έξυπνης αστικής υποδομής. Μέσω της εμβάθυνσης στα οφέλη, τις προκλήσεις και τις πιθανές εξελίξεις του τομέα, η εργασία αυτή στοχεύει να προσφέρει ενημερωμένες προοπτικές για το πώς η τεχνολογία αυτή μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία πιο αποδοτικών, βιώσιμων και άνετων αστικών περιβαλλόντων.

Κατά την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας, αναμένεται ότι θα προκύψει μια εμπεριστατωμένη ανάλυση του ρόλου των αισθητήρων παρκινγκ στη σύγχρονη αστική κινητικότητα, προσφέροντας προοπτικές για μελλοντική έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον επαναστατικό τομέα.

### **1.3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)**

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) είναι ένα ταχέως αναπτυσσόμενο δίκτυο φυσικών αντικειμένων που είναι ενσωματωμένα με αισθητήρες, λογισμικό και συνδεσιμότητα, επιτρέποντάς τους να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους και με τους ανθρώπους. Τα αντικείμενα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν καθημερινές συσκευές όπως smartphones, θερμοστάτες και κλειδαριές πορτών, καθώς και πιο σύνθετες συσκευές όπως εργοστασιακός εξοπλισμός, ιατρικές συσκευές και συστήματα μεταφορών.

Το IoT επιτρέπει στις συσκευές να συλλέγουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα, επιτρέποντάς τους να γίνουν πιο έξυπνες και αποδοτικές. Για παράδειγμα, ένας έξυπνος θερμοστάτης μπορεί να χρησιμοποιήσει δεδομένα από αισθητήρες για να ρυθμίσει τη θερμοκρασία σε ένα δωμάτιο ανάλογα με την πληρότητα και την ώρα της ημέρας. Ένας στόλος φορτηγών διανομής μπορεί

να χρησιμοποιήσει αισθητήρες IoT για να βελτιστοποιήσει τις διαδρομές και την κατανάλωση καυσίμων, μειώνοντας το κόστος και τις εκπομπές ρύπων.

Ένα από τα βασικά οφέλη του IoT είναι η δυνατότητα συλλογής και ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Αυτό μπορεί να προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες σχετικά με τη συμπεριφορά των καταναλωτών, την απόδοση των προϊόντων και την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού. Για παράδειγμα, ένας έμπορος λιανικής πώλησης μπορεί να χρησιμοποιήσει αισθητήρες IoT για να παρακολουθεί τα επίπεδα αποθεμάτων και να προσαρμόζει τις παραγγελίες σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας τη σπατάλη και βελτιώνοντας την ικανοποίηση των πελατών.

Ωστόσο, το IoT εγείρει επίσης σημαντικές ανησυχίες σχετικά με την ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής. Με τόσες πολλές συσκευές συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο, υπάρχει ο κίνδυνος να παραβιαστούν ή να χρησιμοποιηθούν για κακόβουλους σκοπούς. Υπάρχει επίσης το ζήτημα της ιδιωτικότητας των δεδομένων, καθώς το IoT παράγει τεράστιες ποσότητες προσωπικών δεδομένων που μπορούν να συλλεχθούν και να αναλυθούν από επιχειρήσεις και κυβερνήσεις.

Συνολικά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων έχει τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε πολλές πτυχές της ζωής μας, από τον τρόπο που εργαζόμαστε και ταξιδεύουμε μέχρι τον τρόπο που διαχειριζόμαστε τα σπίτια μας και την υγεία μας. Ωστόσο, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι συσκευές αυτές αναπτύσσονται με υπεύθυνο και ασφαλή τρόπο, με έμφαση στην προστασία της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των χρηστών.

Το IoT αποτελείται από τέσσερα κύρια στοιχεία: αισθητήρες, συνδεσιμότητα στο δίκτυο, επεξεργασία δεδομένων και διεπαφή χρήστη. Οι αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα από το περιβάλλον, η συνδεσιμότητα επιτρέπει στους αισθητήρες να επικοινωνούν μεταξύ τους και με πλατφόρμες που βασίζονται στο διαδίκτυο (στο cloud), η επεξεργασία δεδομένων αναλύει τα δεδομένα και εξάγει χρήσιμες πληροφορίες και οι διεπαφές χρήστη επιτρέπουν στους ανθρώπους να αλληλοεπιδρούν με τα δεδομένα και να λαμβάνουν αποφάσεις με βάση τις πληροφορίες αυτές.

Το IoT χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα βιομηχανιών, όπως η μεταποίηση, η υγειονομική περίθαλψη, οι μεταφορές και η γεωργία. Στη μεταποίηση, για παράδειγμα, οι αισθητήρες του IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της απόδοσης του εξοπλισμού και την πρόβλεψη των αναγκών συντήρησης, μειώνοντας τον χρόνο διακοπής λειτουργίας και βελτιώνοντας την αποδοτικότητα. Στην υγειονομική περίθαλψη, οι συσκευές IoT μπορούν να

βοηθήσουν τους ασθενείς να διαχειριστούν χρόνιες παθήσεις, παρακολουθώντας τα ζωτικά σημεία και στέλνοντας ειδοποιήσεις στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης εάν υπάρχουν ανησυχίες.

Η ανάπτυξη του IoT καθοδηγείται από τις εξελίξεις στην τεχνολογία, όπως η το cloud computing, η τεχνητή νοημοσύνη και η ασύρματη συνδεσιμότητα χαμηλής ισχύος ( BLE, LoRa κ.λπ.). Αυτές οι τεχνολογίες έχουν καταστήσει ευκολότερη και πιο οικονομικά αποδοτική την ανάπτυξη και την εγκατάσταση συσκευών IoT και έχουν επιτρέψει τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών μοντέλων που βασίζονται σε πληροφορίες και δεδομένα.

Μία από τις προκλήσεις του IoT είναι η διαλειτουργικότητα, καθώς υπάρχουν πολλές διαφορετικές πλατφόρμες και πρότυπα για συσκευές IoT. Αυτό μπορεί να δυσχεράνει την επικοινωνία των συσκευών μεταξύ τους και τη δημιουργία νέων εφαρμογών και υπηρεσιών από τους προγραμματιστές. Υπάρχουν προσπάθειες σε εξέλιξη για τη δημιουργία κοινών προτύπων και πρωτοκόλλων για το IoT, όπως το Open Connectivity Foundation και το Industrial Internet Consortium κλπ.

Το IoT εγείρει επίσης ηθικά και κοινωνικά ζητήματα, όπως ο αντίκτυπος στις θέσεις εργασίας και το ενδεχόμενο επιτήρησης και απώλειας της ιδιωτικής ζωής. Υπάρχουν ανησυχίες ότι η ευρεία υιοθέτηση συσκευών IoT θα μπορούσε να οδηγήσει σε κατάργηση θέσεων εργασίας σε ορισμένους κλάδους, καθώς οι μηχανές και η αυτοματοποίηση θα αναλάβουν ορισμένα καθήκοντα. Υπάρχουν επίσης ανησυχίες σχετικά με τη χρήση των συσκευών IoT για επιτήρηση και εντοπισμό, καθώς και τη συλλογή και χρήση προσωπικών δεδομένων από επιχειρήσεις και κυβερνήσεις [3], [4], [5], [6].

#### **1.4 Έξυπνες πόλεις – υποδομές**

Μια έξυπνη πόλη είναι μια πόλη που χρησιμοποιεί προηγμένη τεχνολογία και ανάλυση δεδομένων για να βελτιώσει την ποιότητα ζωής των κατοίκων και των επισκεπτών της, ενώ παράλληλα ενισχύει τη βιωσιμότητα και την οικονομική ανάπτυξη. Μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί μια σειρά από έξυπνες τεχνολογίες, όπως συσκευές IoT, αισθητήρες και εργαλεία ανάλυσης δεδομένων για τη συλλογή, διαχείριση και ανάλυση δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως αισθητήρες κυκλοφορίας, μετεωρολογικούς σταθμούς και μετρητές ενέργειας, μεταξύ άλλων. Τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιούνται στη συνέχεια για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων και την παροχή καινοτόμων υπηρεσιών και λύσεων για την αντιμετώπιση διαφόρων αστικών προκλήσεων, όπως η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ατμοσφαιρική ρύπανση

και η δημόσια ασφάλεια, μεταξύ άλλων. Οι έξυπνες πόλεις δίνουν επίσης προτεραιότητα στην εμπλοκή και τη συμμετοχή των πολιτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων και στοχεύουν στη δημιουργία ενός πιο διαφανούς και χωρίς αποκλεισμούς συστήματος διακυβέρνησης.

**Τεχνολογία και υποδομές:** Οι έξυπνες πόλεις αξιοποιούν προηγμένες τεχνολογίες όπως το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), την τεχνητή νοημοσύνη (AI), την ανάλυση μεγάλων δεδομένων και το cloud για τη σύνδεση συσκευών, συστημάτων και ανθρώπων. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν τη συλλογή και ανάλυση τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, γεγονός που βοηθά τους διαχειριστές των πόλεων να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις και να βελτιώνουν τις υπηρεσίες και τις υποδομές της πόλης.

- **Αειφορία**

Οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα και στην προώθηση της βιώσιμης διαβίωσης. Χρησιμοποιούν την τεχνολογία για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της κατανάλωσης ενέργειας και νερού, τη μείωση των αποβλήτων και την προώθηση των πράσινων μεταφορών. Για παράδειγμα, τα έξυπνα συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας μπορούν να μειώσουν τη συμφόρηση και τις εκπομπές, ενώ τα έξυπνα συστήματα φωτισμού και άρδευσης μπορούν να εξοικονομήσουν ενέργεια και νερό.

- **Ποιότητα ζωής:**

Οι έξυπνες πόλεις επικεντρώνονται στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων, παρέχοντας καλύτερες δημόσιες υπηρεσίες και ανέσεις. Για παράδειγμα, τα έξυπνα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να παρέχουν υπηρεσίες τηλεπαρακολούθησης και τηλεϊατρικής από απόσταση, ενώ τα έξυπνα συστήματα δημόσιων μεταφορών μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο στους μετακινούμενους και να μειώσουν τους χρόνους αναμονής.

- **Συμμετοχή των πολιτών:**

Οι έξυπνες πόλεις δίνουν προτεραιότητα στη συμμετοχή και εμπλοκή των πολιτών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να επιτρέπουν στους κατοίκους να παρέχουν ανατροφοδότηση, να προτείνουν ιδέες και να αναφέρουν ζητήματα. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν εφαρμογές για κινητά τηλέφωνα και διαδικτυακές

πλατφόρμες για να μπορούν οι πολίτες να αναφέρουν λακκούβες, σπασμένα φώτα δρόμου ή άλλα ζητήματα σε πραγματικό χρόνο.

- Ανοιχτά δεδομένα και διαφάνεια:

Οι έξυπνες πόλεις δίνουν προτεραιότητα στα ανοικτά δεδομένα και τη διαφάνεια για την προώθηση της καλύτερης λήψης αποφάσεων και της λογοδοσίας. Κάνουν τα δεδομένα και τις πληροφορίες προσβάσιμες στο κοινό και επιτρέπουν στους πολίτες να έχουν πρόσβαση και να χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα για τη δημιουργία νέων λύσεων και υπηρεσιών.

Συνολικά, οι έξυπνες πόλεις στοχεύουν στη δημιουργία ενός πιο βιώσιμου, αειφόρου και αποτελεσματικού αστικού περιβάλλοντος με την αξιοποίηση προηγμένων τεχνολογιών και την προώθηση της εμπλοκής και της συμμετοχής των πολιτών [1], [2].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Τεχνολογίες αισθητήρων ανίχνευσης

Οι ανιχνευτές κίνησης, γνωστοί και ως αισθητήρες κίνησης, είναι ηλεκτρονικοί αισθητήρες που έχουν σχεδιαστεί για να ανιχνεύουν κίνηση στο περιβάλλον τους. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε διάφορες εφαρμογές, όπως συστήματα ασφαλείας, οικιακούς αυτοματισμούς, διαχείριση ενέργειας και βιομηχανικές διεργασίες.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ανιχνευτών κίνησης, ο καθένας με τη δική του αρχή λειτουργίας. Ακολουθούν ορισμένοι συνηθισμένοι τύποι:

- Παθητικοί αισθητήρες υπέρυθρων (PIR):

Οι αισθητήρες PIR ανιχνεύουν αλλαγές στην υπέρυθη ακτινοβολία που εκπέμπεται από έμβια όντα και αντικείμενα που είναι θερμότερα από το περιβάλλον τους. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε συστήματα ασφαλείας και βρίσκονται συχνά σε εξωτερικά φώτα, συστήματα εσωτερικού φωτισμού και συναγερμούς.

- Αισθητήρες υπερήχων:

Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας για την ανίχνευση της κίνησης. Εκπέμπουν ηχητικά κύματα και μετρούν τον χρόνο που απαιτείται για την αναπήδηση των κυμάτων μετά την πρόσκρουση σε αντικείμενα. Χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, όπως αυτόματες πόρτες και συστήματα υποβοήθησης στάθμευσης.

- Αισθητήρες μικροκυμάτων:

Οι αισθητήρες μικροκυμάτων εκπέμπουν συνεχή σήματα μικροκυμάτων και ανιχνεύουν αλλαγές στη συχνότητα των ανακλώμενων σημάτων που προκαλούνται από την κίνηση. Είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι και χρησιμοποιούνται συχνά σε συστήματα ασφαλείας και σε αυτόματες πόρτες.

- Αισθητήρες διπλής τεχνολογίας:

Οι αισθητήρες διπλής τεχνολογίας συνδυάζουν δύο ή περισσότερους τύπους τεχνολογιών ανίχνευσης κίνησης, όπως το PIR και τα μικροκύματα, για να παρέχουν αυξημένη ακρίβεια και να μειώνουν τους ψευδείς συναγερμούς. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές υψηλής ασφάλειας όπου η αξιοπιστία είναι κρίσιμη.

- Αισθητήρες με βάση την εικόνα:

Οι αισθητήρες κίνησης με βάση την εικόνα χρησιμοποιούν κάμερες ή αισθητήρες εικόνας για την ανίχνευση της κίνησης αναλύοντας τις αλλαγές στην εικόνα που καταγράφει ο αισθητήρας. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα επιτήρησης και μπορούν να παρέχουν οπτική επαλήθευση των συμβάντων κίνησης.

Οι ανιχνευτές κίνησης χρησιμοποιούνται συνήθως για την ενεργοποίηση ενεργειών ή συμβάντων, όπως το άναμμα φώτων, ο ήχος συναγερμού ή η αποστολή ειδοποιήσεων, με βάση την ανιχνευθείσα κίνηση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε αυτόνομες συσκευές ή να ενσωματωθούν σε μεγαλύτερα συστήματα, όπως συστήματα ασφαλείας, συστήματα οικιακού αυτοματισμού και έξυπνα κτίρια [6].

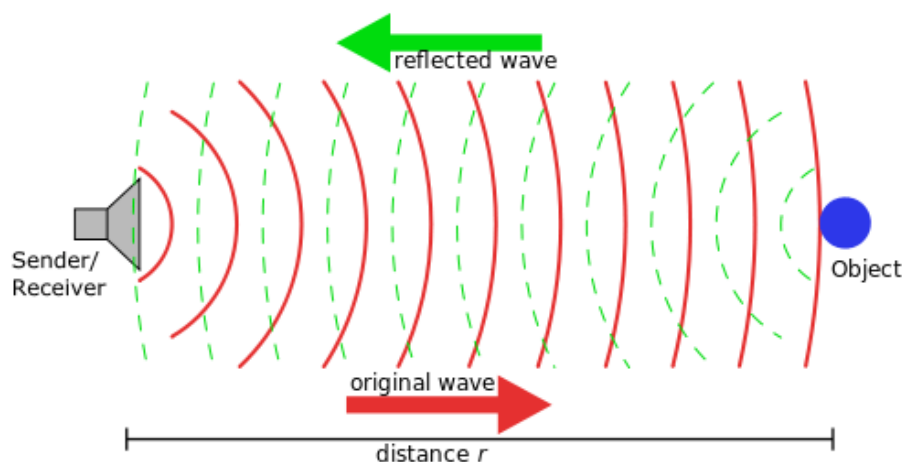
## 2.2 Υπερηχητικοί αισθητήρες

### Αρχή λειτουργίας των αισθητήρων υπερήχων:

Οι αισθητήρες υπερήχων είναι συσκευές που χρησιμοποιούν ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας για την ανίχνευση αντικειμένων και τη μέτρηση της απόστασης. Λειτουργούν εκπέμποντας ένα ηχητικό κύμα σε συγκεκριμένη συχνότητα, συνήθως μεταξύ 20 kHz και 200 kHz, και στη συνέχεια μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται το κύμα για να αναπηδήσει μετά την πρόσκρουση σε μια επιφάνεια υπολογίζοντας το χρόνο που χρειάζεται το ηχητικό κύμα για να επιστρέψει, ο αισθητήρας μπορεί να προσδιορίσει την απόσταση από την επιφάνεια.

Στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 2.1) απεικονίζεται η γενική αρχή λειτουργίας ενός αισθητήρα υπερήχων όπου αριστερά βλέπουμε τον πομπό/δέκτη, με κόκκινο χρώμα το αρχικό σήμα του πομπού, με μπλε χρώμα στα δεξιά το αντικείμενο που ανιχνεύουμε και τέλος με πράσινες διακεκομμένες γραμμές το σήμα που επιστρέφει πίσω στον δέκτη του αισθητήρα.





Εικόνα 2.1 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων υπερήχων  
[Arduino Tutorials for Testers: Ultrasonic Sensor - Oxf2 BLOG](#)

Οι αισθητήρες υπερήχων χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές, όπως η ρομποτική, ο βιομηχανικός αυτοματισμός και τα συστήματα ασφαλείας αυτοκινήτων. Χρησιμοποιούνται συχνά σε καταστάσεις όπου άλλοι τύποι αισθητήρων, όπως οι αισθητήρες υπέρυθρων ή οι οπτικοί αισθητήρες, μπορεί να μην λειτουργούν τόσο καλά, όπως σε σκονισμένα ή βρώμικα περιβάλλοντα.

Ένας κοινός τύπος αισθητήρα υπερήχων είναι ο αισθητήρας "σόναρ", ο οποίος χρησιμοποιείται στην υποβρύχια πλοήγηση και χαρτογράφηση. Ένας άλλος τύπος είναι ο αισθητήρας "εγγύτητας", ο οποίος χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αντικειμένων στην πορεία ενός ρομπότ ή άλλου αυτοματοποιημένου συστήματος.

Συνολικά, οι αισθητήρες υπερήχων είναι ένας αξιόπιστος και οικονομικά αποδοτικός τρόπος μέτρησης της απόστασης και ανίχνευσης αντικειμένων σε διάφορες εφαρμογές.

#### Πλεονεκτήματα των αισθητήρων υπερήχων:

- Υψηλή ακρίβεια μέτρησης:

Αισθητήρες υπερήχων παρέχουν ακριβείς μετρήσεις απόστασης και ταχύτητας και μπορούν να ανιχνεύσουν αντικείμενα με μεγάλη ακρίβεια.

- Μεγάλο εύρος λειτουργίας:

Οι αισθητήρες υπερήχων μπορούν να λειτουργούν σε μεγάλες αποστάσεις, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων χώρων.

- Ανεξαρτησία από την επιφάνεια:

Οι αισθητήρες υπερήχων μπορούν να λειτουργούν ανεξάρτητα από τον τύπο της επιφάνειας που ανιχνεύουν, όπως μέταλλα, πλαστικά, υγρά κ.λπ.

- Γρήγορος ρυθμός ανίχνευσης:

Οι αισθητήρες υπερήχων μπορούν να ανιχνεύουν αντικείμενα με γρήγορο ρυθμό, καθιστώντας τους κατάλληλους για εφαρμογές που απαιτούν γρήγορη ανίχνευση, όπως στις βιομηχανίες και τη ρομποτική.

#### Μειονεκτήματα των αισθητήρων υπερήχων:

- Περιορισμένη ανάλυση:

Οι αισθητήρες υπερήχων ενδέχεται να έχουν περιορισμούς όσον αφορά την ανάλυση, ιδίως όταν ανιχνεύουν αντικείμενα σε μικρότερες αποστάσεις.

- Ευαισθησία στις περιβαλλοντικές συνθήκες:

Οι αισθητήρες υπερήχων μπορεί να επηρεαστούν από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και η πίεση του αέρα, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την απόδοσή τους.

- Τυφλά σημεία και παρεμβολές:

Οι αισθητήρες υπερήχων μπορεί να έχουν τυφλά σημεία στα οποία ενδέχεται να μην ανιχνεύουν αντικείμενα, και μπορεί επίσης να είναι ευαίσθητοι σε παρεμβολές από άλλες πηγές υπερήχων.

- Περιορισμένη ανίχνευση ορισμένων υλικών:

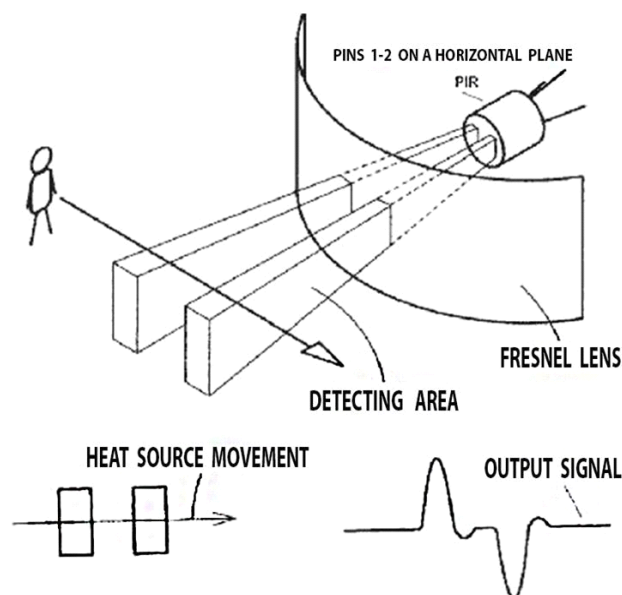
Οι αισθητήρες υπερήχων ενδέχεται να δυσκολεύονται να ανιχνεύσουν ορισμένα υλικά που απορροφούν ή αντανακλούν τα κύματα υπερήχων, οδηγώντας σε μειωμένη ακρίβεια σε αυτές τις περιπτώσεις.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι αυτά τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το συγκεκριμένο μοντέλο και την εφαρμογή του αισθητήρα υπερήχων [7].

### 2.3 Οπτικοί αισθητήρες

#### Αρχή λειτουργίας των αισθητήρων εγγύτητας IR:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR λειτουργούν εκπέμποντας υπέρυθρη ακτινοβολία και ανιχνεύοντας την ανάκλαση ή την απορρόφησή της από αντικείμενα που βρίσκονται κοντά τους. Οι αισθητήρες αποτελούνται από έναν πομπό υπέρυθρης ακτινοβολίας και έναν δέκτη υπέρυθρης ακτινοβολίας. Ο πομπός εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία, η οποία αλληλοεπιδρά με τα αντικείμενα που βρίσκονται στην εμβέλεια του αισθητήρα. Ο δέκτης ανιχνεύει την ένταση της ανακλώμενης ή απορροφούμενης ακτινοβολίας IR και οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της παρουσίας ή της απουσίας αντικειμένων.



Εικόνα 2.2 Αρχή λειτουργίας αισθητήρων εγγύτητας IR

[7 The PIR325 with Fresnel sensor output \[9\] | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)

Στο παραπάνω σχήμα (Εικόνα 2.2) φαίνεται η γενική αρχή λειτουργίας του αισθητήρα εγγύτητας IR. Στην πάνω δεξιά γωνία βρίσκεται ο αισθητήρας IR ο οποίος εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία η οποία περνάει μέσα από έναν φακό Fresnel και με βάση την αλλαγή απορρόφησης των ακτινών διαπιστώνει την ύπαρξη αντικειμένου.

#### Πλεονεκτήματα των αισθητήρων εγγύτητας IR:

- Ανίχνευση χωρίς επαφή:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR μπορούν να ανιχνεύουν αντικείμενα χωρίς φυσική επαφή, γεγονός που ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο ζημιών ή μόλυνσης.

- Γρήγορος χρόνος απόκρισης:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR παρέχουν γρήγορη ανίχνευση και απόκριση στις αλλαγές στην εγγύτητα των αντικειμένων.

- Ευέλικτο εύρος ανίχνευσης:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR διατίθενται σε διάφορα εύρη ανίχνευσης, επιτρέποντας ευελιξία σε διαφορετικές εφαρμογές.

- Οικονομικά αποδοτικοί:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR είναι γενικά πιο προσιτοί σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης εγγύτητας.

- Ευρύ φάσμα εφαρμογών:

Οι αισθητήρες εγγύτητας IR χρησιμοποιούνται σε ποικίλες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της ρομποτικής, του αυτοματισμού, των συστημάτων ασφαλείας και των διεπαφών χωρίς επαφή.

### Μειονεκτήματα των αισθητήρων προσέγγισης IR:

- Επηρεάζονται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες:

Οι αισθητήρες IR μπορούν να επηρεαστούν από παράγοντες όπως το φως του περιβάλλοντος, η θερμοκρασία και η υγρασία, οδηγώντας σε πιθανές λανθασμένες ενδείξεις ή μειωμένη ακρίβεια.

- Περιορισμένη εμβέλεια ανίχνευσης:

Το αποτελεσματικό εύρος ανίχνευσης των αισθητήρων εγγύτητας IR μπορεί να είναι περιορισμένο σε σύγκριση με ορισμένες άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης προσέγγισης.

- Ευαισθησία στο υλικό και το χρώμα του αντικειμένου:

Οι ανακλαστικές ιδιότητες των αντικειμένων μπορούν να επηρεάσουν την απόδοση των αισθητήρων IR, ιδίως όταν πρόκειται για σκούρα ή διαφανή υλικά.

- Απαίτηση οπτικής επαφής:

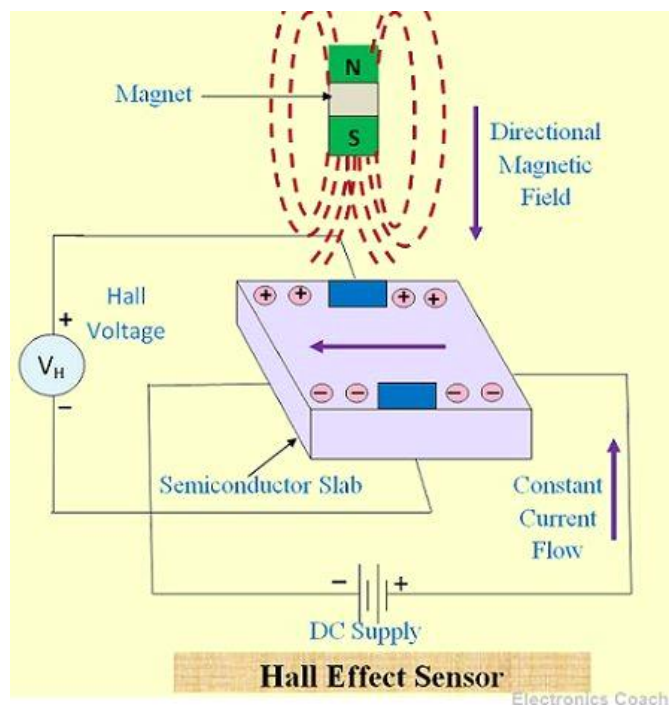
Οι αισθητήρες εγγύτητας IR απαιτούν γενικά μια καθαρή οπτική γραμμή μεταξύ του πομπού και του αντικειμένου για ακριβή ανίχνευση, γεγονός που μπορεί να περιορίσει τη χρήση τους σε ορισμένες εφαρμογές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με το συγκεκριμένο μοντέλο και την εφαρμογή των αισθητήρων εγγύτητας IR [8], [9], [10].

## 2.4 Μαγνητικοί αισθητήρες

### Αρχή λειτουργίας των μαγνητικών αισθητήρων:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου λειτουργούν με βάση την αρχή της ανίχνευσης αλλαγών στο μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αισθητήρα που προκαλούνται από κοντινά αντικείμενα. Υπάρχουν διάφοροι τύποι αισθητήρων μαγνητικού πεδίου, αλλά η γενική αρχή λειτουργίας περιλαμβάνει ένα στοιχείο αισθητήρα μαγνητικού πεδίου που ανιχνεύει τις αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο και τις μετατρέπει σε ηλεκτρικά σήματα που μπορούν να υποστούν επεξεργασία για να προσδιοριστεί η παρουσία ή η απουσία αντικειμένων.



Εικόνα 2.3 Αρχή λειτουργίας μαγνητικών αισθητήρων

[What is Hall Effect Sensor? - Principle of Hall Effect Sensor, Types of Detection - Electronics Coach](#)

Στο παραπάνω σχήμα (Εικόνα 2.3) φαίνεται η γενική αρχή αισθητήρων Hall. Οι αισθητήρες Hall εκμεταλλεύονται αυτή την αρχή για την ανίχνευση της παρουσίας, της έντασης και της πολικότητας των μαγνητικών πεδίων. Όταν ένα μαγνητικό πεδίο εφαρμόζεται κάθετα στην επιφάνεια του αισθητήρα, προκαλεί μια τάση που μπορεί να μετρηθεί από τον αισθητήρα.

### Πλεονεκτήματα των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου για την ανίχνευση αντικειμένων:

- Ανίχνευση χωρίς επαφή:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου μπορούν να ανιχνεύουν αντικείμενα χωρίς φυσική επαφή, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο ζημιών ή μόλυνσης.

- Υψηλή ακρίβεια:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου παρέχουν ανίχνευση υψηλής ακρίβειας, επιτρέποντας τον ακριβή εντοπισμό και τη μέτρηση αντικειμένων.

- Ανίχνευση ευρέος φάσματος υλικών:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου μπορούν να ανιχνεύσουν αντικείμενα από διαφορετικά υλικά, συμπεριλαμβανομένων μη μεταλλικών υλικών, τα οποία μπορεί να αποτελέσουν πρόκληση για άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης.

- Αναισθησία στις περιβαλλοντικές συνθήκες:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου επηρεάζονται λιγότερο από τη θερμοκρασία, την υγρασία και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες, οδηγώντας σε πιο σταθερή και αξιόπιστη απόδοση ανίχνευσης.

### Μειονεκτήματα των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου για την ανίχνευση αντικειμένων:

- Περιορισμένη εμβέλεια ανίχνευσης:

Το αποτελεσματικό εύρος ανίχνευσης των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου είναι συνήθως περιορισμένο σε σύγκριση με ορισμένες άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης, ειδικά όταν ανιχνεύονται μικρά ή απομακρυσμένα αντικείμενα.

- Ευαισθησία σε παρεμβολές:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου ενδέχεται να επηρεαστούν από εξωτερικά μαγνητικά πεδία, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε ψευδείς ενδείξεις ή μειωμένη ακρίβεια.

- Περιορισμένη ανάλυση ανίχνευσης:

Οι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου ενδέχεται να έχουν περιορισμούς όσον αφορά την ανάλυση ανίχνευσης, ιδίως όταν ανιχνεύουν μικρές ή ανεπαίσθητες αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο.

- Κόστος:

Ορισμένοι αισθητήρες μαγνητικού πεδίου μπορεί να είναι σχετικά ακριβοί σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες ανίχνευσης, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την ευρεία υιοθέτησή τους σε ορισμένες εφαρμογές.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των αισθητήρων μαγνητικού πεδίου μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή και την υλοποίηση του αισθητήρα [11].



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 Θεωρητική δομή υλοποίησης του συστήματος

Η παρούσα ενότητα επικεντρώνεται στη θεωρητική υλοποίηση του συστήματος. Γίνεται περιγραφή τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν καθώς και επεξήγηση των λόγων που μας οδηγούν στην επιλογή αυτών. Τα βασικά ζητήματα που μας ενδιαφέρουν μπορούν να χωριστούν σε 3 κατηγορίες.

Η πρώτη κατηγορία αφορά με ποιον τρόπο θα γίνεται η ανίχνευσης του οχήματος στην θέση παρκαρίσματος. Πιο ειδικά αφορά ποιον τρόπο-μέθοδο ανίχνευσης θα επιλέξουμε από τις τεχνολογίες ανίχνευσης που είδαμε εκτενέστερα στο προηγούμενο κεφάλαιο για να επιβεβαιώσουμε αν μια θέση είναι κατειλημμένη η ελεύθερη.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά το τρόπο-τεχνολογία με τον οποίο θα στείλουμε τα δεδομένα σε κάποιον κεντρικό κόμβο (Gateway) με σκοπό την παρατήρηση των δεδομένων αυτών στο cloud.

Η τρίτη και τελευταία κατηγορία αφορά την αποστολή των δεδομένων στο cloud με σκοπό την εύκολη πρόσβαση και προβολή των δεδομένων για τον τελικό χρήστη.

#### 3.1.1 Επιλογή μεθόδου ανίχνευσης

Στο κεφάλαιο 2 είδαμε πιο αναλυτικά τεχνολογίες-μεθόδους ανίχνευσης που χρησιμοποιούνται για να μας δώσουν την πληροφορία της ύπαρξης ή μη ενός αντικειμένου στον χώρο. Κάθε μια από αυτές έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα και μπορεί να ταιριάζει σε διαφορετικές περιπτώσεις ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε υλοποίησης-προβλήματος που θέλουμε να επιλύσουμε. Σε ότι αφορά την μέθοδο ανίχνευσης του οχήματος από τις τεχνολογίες που είδαμε στο κεφάλαιο 2 θα επιλέξουμε την μέθοδο ανίχνευσης με αισθητήρα υπερήχων. Οι λόγοι που μας οδήγησαν σε αυτήν την επιλογή είναι οι εξής:

- Ακρίβεια:

Ο υπερηχητικοί αισθητήρες παρέχουν υψηλή ακρίβεια στη μέτρηση της απόστασης από τα εμπόδια, επιτρέποντας ακριβές εντοπισμό των διαθέσιμων πάρκινγκ.

- Αξιοπιστία:

Οι υπερηχητικοί αισθητήρες είναι αξιόπιστοι και λειτουργούν σε διάφορες συνθήκες, όπως σκοτάδι, βροχή και χιόνι.

- Ευκολία εγκατάστασης:

Η εγκατάσταση των υπερηχητικών αισθητήρων είναι απλή, απαιτώντας μικρό χώρο για την τοποθέτησή τους.

Επιπλέον στο συγκεκριμένο πρόβλημα υπερτερεί της τεχνολογίας του οπτικού αισθητήρα καθώς οι οπτικοί αισθητήρες επηρεάζονται πολύ εύκολα από σκόνη που σηκώνεται από τα οχήματα που σταθμεύουν πάνω από τον αισθητήρα μπλοκάροντας ουσιαστικά τον αισθητήρα. Όσον αφορά τους μαγνητικούς αισθητήρες έχουν μεγαλύτερη πολυπλοκότητα στην υλοποίησή τους, μεγαλύτερο κόστος και απαιτούν πολύ σωστή ρύθμιση (calibration) για να λειτουργήσουν στον επιθυμητό βαθμό.

### **3.1.2 Επιλογή μεθόδου αποστολής των δεδομένων στον κόμβο (gateway)**

Πριν αναλύσουμε την τεχνολογία που επιλέξαμε για την μέθοδο αποστολής των δεδομένων σε έναν κόμβο πρέπει να εξηγήσουμε για ποιον λόγο χρειάζεται ένας κόμβος και δεν επιλέγουμε να στείλουμε τα δεδομένα απευθείας από τον αισθητήρα στο cloud. Ο βασικός λόγος είναι το κόστος. Για να γίνει η αποστολή των δεδομένων απευθείας από τον κάθε αισθητήρα ξεχωριστά στο cloud σημαίνει ότι ο κάθε ένας αισθητήρας θα πρέπει να έχει την δυνατότητα πρόσβασης στο cloud το οποίο προϋποθέτει την ενσωμάτωση επιπλέον hardware ώστε να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο. Αντί αυτού λοιπόν επιλέγουμε να εγκαταστήσουμε έναν κεντρικό κόμβο (gateway) ο οποίος θα έχει πρόσβαση στο cloud και ο κάθε αισθητήρας θα αποστέλλει τα δεδομένα του σε αυτόν. Η τεχνολογία λοιπόν που επιλέγουμε με σκοπό την αποστολή των δεδομένων στον κόμβο είναι η τεχνολογία LoRa.

#### Περιγραφή της τεχνολογίας LoRa

LoRa, ή Long Range, είναι μια ασύρματη τεχνολογία επικοινωνίας που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει μεγάλη εμβέλεια με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτή η τεχνολογία ανήκει στην κατηγορία LPWAN (Low-Power Wide-Area Network) και έχει εφαρμογές σε διάφορους τομείς,

συμπεριλαμβανομένων των Έξυπνων Πόλεων, του Internet of Things (IoT), και των αισθητήρων όπως αυτός που περιγράφετε για την ανίχνευση θέσης παρκαρίσματος.

Οι βασικές χαρακτηριστικές ιδιότητες του LoRa περιλαμβάνουν:

- Μεγάλη Εμβέλεια:

Το LoRa επιτυγχάνει μεγάλη εμβέλεια επικοινωνίας, που μπορεί να φτάσει ακόμη και τα χιλιόμετρα, εξαρτώμενη από τις συνθήκες του περιβάλλοντος.

- Χαμηλή Κατανάλωση Ενέργειας:

Οι συσκευές που λειτουργούν με LoRa έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας τις ιδανικές για μπαταρίες και μακροχρόνια χρήση.

- Δυνατότητα Διενέργειας Bidirectional Επικοινωνίας:

Η τεχνολογία υποστηρίζει τόσο την αποστολή όσο και τη λήψη δεδομένων, επιτρέποντας τη διεξαγωγή διπλής κατεύθυνσης επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών.

- Καλή Διείσδυση σε Κτίρια:

Το LoRa έχει καλή ικανότητα διείσδυσης σε κτίρια και άλλα εμπόδια, καθιστώντας το κατάλληλο για εφαρμογές σε αστικά περιβάλλοντα [12].

### **3.1.3 Επιλογή μεθόδου αποστολής από τον κόμβο στο Cloud**

Πριν καταλήξουμε στην μέθοδο αποστολής από τον κόμβο στο cloud ας δούμε συνοπτικά τι είναι ένας κόμβος (gateway).

Ένα gateway είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται σε δίκτυα ασύρματης επικοινωνίας για τη μετάδοση δεδομένων από αισθητήρες ή συσκευές που βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές προς κεντρικούς υπολογιστικούς κόμβους.

Το gateway λειτουργεί ως διαμεσολαβητής μεταξύ των αισθητήρων ή συσκευών που στέλνουν δεδομένα και του cloud. Δέχεται τα δεδομένα που προέρχονται από αισθητήρες και τα μεταδίδει

στο κεντρικό σύστημα, το οποίο μπορεί να αναλύσει και να επεξεργαστεί τα δεδομένα για να αντλήσει πληροφορίες και να λάβει αποφάσεις.

Οι εφαρμογές ενός gateway είναι πολλές, όπως παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραγόντων (όπως θερμοκρασία, υγρασία), παρακολούθηση υποδομών (όπως γέφυρες, οδοί), γεωργία, ασφάλεια, αγροτική παρακολούθηση και άλλες.

Ο τρόπος αποστολής δεδομένων από τον κόμβο (gateway) στο cloud μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, και η επιλογή εξαρτάται από τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Δύο κοινοί τρόποι αποστολής είναι οι εξής:

- HTTP/HTTPS:

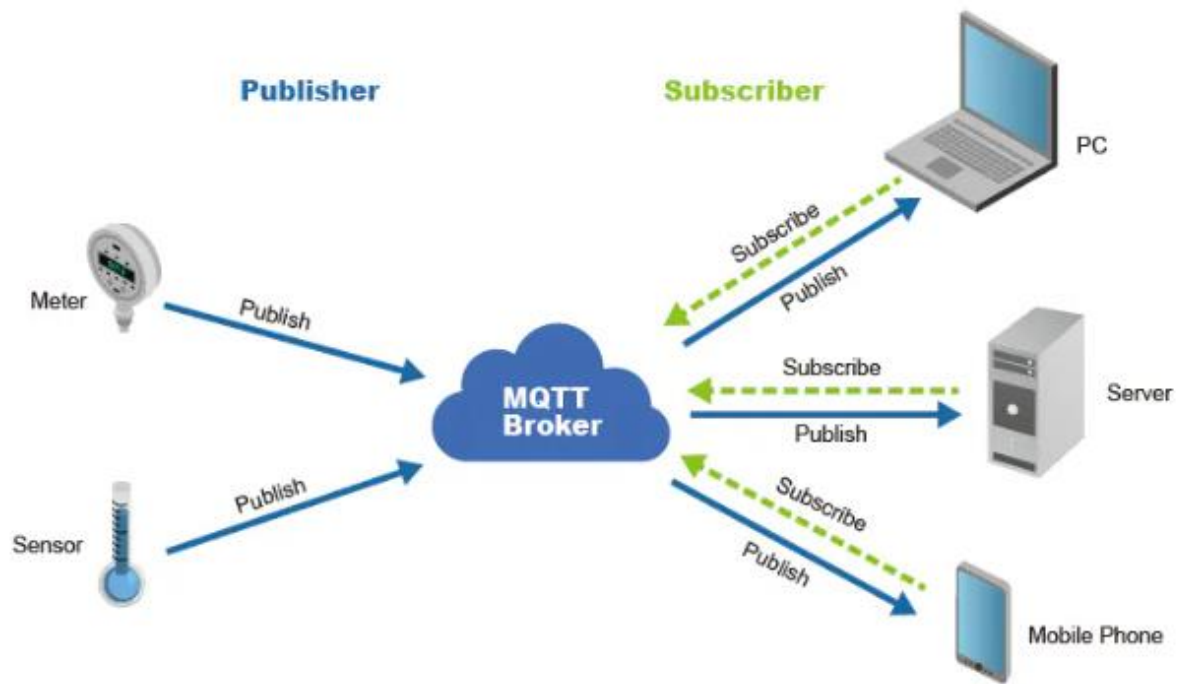
Με αυτήν τη μέθοδο, το LoRa gateway μπορεί να στέλνει τα δεδομένα στο cloud μέσω πρωτοκόλλων HTTP ή HTTPS. Ο διακομιστής στο cloud πρέπει να είναι συνεχώς διαθέσιμος για να λαμβάνει τα δεδομένα που στέλνονται από το LoRa gateway. Η μέθοδος αυτή είναι απλή και κατανοητή, αλλά μπορεί να έχει υψηλή κατανάλωση ενέργειας.

- MQTT (Message Queuing Telemetry Transport):

Το πρωτόκολλο MQTT είναι ένα ελαφρύ, αποτελεσματικό πρωτόκολλο επικοινωνίας. Με αυτήν την προσέγγιση, το LoRa gateway μπορεί να δημιουργεί μηνύματα MQTT και να τα στέλνει στον κεντρικό broker MQTT στο cloud. Από εκεί, άλλες εφαρμογές ή υπηρεσίες μπορούν να εγγραφούν για να λαμβάνουν αυτά τα μηνύματα. Το MQTT είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και εξασφαλίζουν την αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων. Θα επιλέξουμε την συγκεκριμένη μέθοδο και θα κάνουμε μια ανάλυση και εξήγηση της συγκεκριμένης μεθόδου.

### Το πρωτόκολλο MQTT:

Το MQTT (Εικόνα 3.1) επιτρέπει τη δημοσίευση και συνδρομή σε θέματα (topics) των μηνυμάτων. Κάθε μήνυμα που στέλνεται από τον εκδότη περιέχει ένα θέμα, και ο διακομιστής δρομολογεί τα μηνύματα στους συνδρομητές που έχουν εγγραφεί για αυτό το συγκεκριμένο θέμα.



Εικόνα 3.1 Μέθοδος επικοινωνίας μέσω MQTT πρωτοκόλλου

[AWS IoT Core | IoT Platform Series - 6 🚀 - Hackster.io](#)

Οι βασικές έννοιες του MQTT περιλαμβάνουν τα εξής:

- Εκδότες (Publishers):

Συσκευές ή εφαρμογές που στέλνουν μηνύματα σε έναν κεντρικό διακομιστή (broker).

- Συνδρομητές (Subscribers):

Συσκευές ή εφαρμογές που εγγράφονται για να λάβουν μηνύματα από τον διακομιστή (broker).

- Διακομιστής (Broker):

Είναι ο κεντρικός διαμεσολαβητής που διαχειρίζεται την αποθήκευση και δρομολόγηση των μηνυμάτων προς τους κατάλληλους παραλήπτες.

Οι λόγοι για την επιλογή του MQTT περιλαμβάνουν:

- Χαμηλή Κατανάλωση Ενέργειας:

Το MQTT είναι σχεδιασμένο με έμφαση στη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, κάτι που το καθιστά κατάλληλο για συσκευές με περιορισμένη ενέργεια, όπως αισθητήρες σε LoRa δίκτυα.

- Αξιοπιστία και Συνεχής Σύνδεση:

Το MQTT υποστηρίζει αξιόπιστη επικοινωνία, εξασφαλίζοντας ότι τα δεδομένα φτάνουν ασφαλώς στον broker, ακόμη και σε περιβάλλοντα με αστάθεια σύνδεσης.

- Δυνατότητα Εγγραφής/Ανάγνωσης από Πολλές Εφαρμογές:

Το MQTT δίνει τη δυνατότητα σε πολλές εφαρμογές να εγγραφούν και να λάβουν τα μηνύματα που στέλνονται, επιτρέποντας την ευελιξία στη διαχείριση των δεδομένων [13], [14].

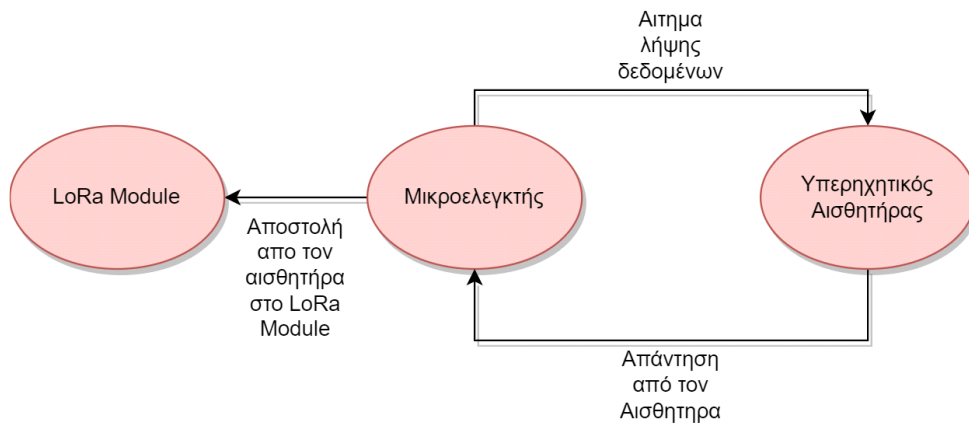
## **3.2 Λήψη και Μεταφορά δεδομένων**

Εφόσον πλέον καταλήξαμε στις τεχνολογίες που θα επιλέξουμε το επόμενο κομμάτι είναι η ανάλυση και η περιγραφή της υλοποίησης. Με στόχο την προβολή των δεδομένων από τον τελικό χρήστη στην οθόνη του υπολογιστή ή του κινητού του απαιτούνται κάποια βήματα.

### **3.2.1 Λήψη δεδομένων από τον αισθητήρα**

Για να μπορέσουμε να λάβουμε αξιοποιήσιμα δεδομένα από έναν αισθητήρα πρέπει να μπορέσουμε να επικοινωνήσουμε με αυτόν σε κάποια "γλώσσα" που να μπορεί να καταλάβει ώστε να μας φέρει τα δεδομένα που χρειαζόμαστε. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση ενός μικροελεγκτή. Πρέπει να συνδέσουμε φυσικά τον μικροελεγκτή με τον αισθητήρα και στην συνέχεια να προγραμματίσουμε τον μικροελεγκτή ώστε να ζητάει από τον αισθητήρα τα δεδομένα που χρειαζόμαστε (την παρουσία δηλαδή ή την απουσία οχήματος). Στην συνέχεια τα δεδομένα αυτά πρέπει να μπορέσουμε να τα στείλουμε μέσω της τεχνολογίας LoRa στον κεντρικό κόμβο. Αυτό προϋποθέτει λοιπόν και την επικοινωνία του μικροελεγκτή με ένα

επιπλέον εξάρτημα το οποίο ενσωματώνει την τεχνολογία LoRa. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Εικόνα 3.2).



Εικόνα 3.2 Σχηματικό διάγραμμα επικοινωνίας περιφερειακών με μικροελεγκτή

Τα LoRa modules, είναι ολοκληρωμένα τσιπ ασύρματης επικοινωνίας που βασίζονται στο πρωτόκολλο LoRa (Long Range). Το LoRa αναπτύχθηκε για να παρέχει μακρύ εύρος εμβέλειας και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες, όπως αισθητήρες, συστήματα παρακολούθησης και δικτύωση IoT.

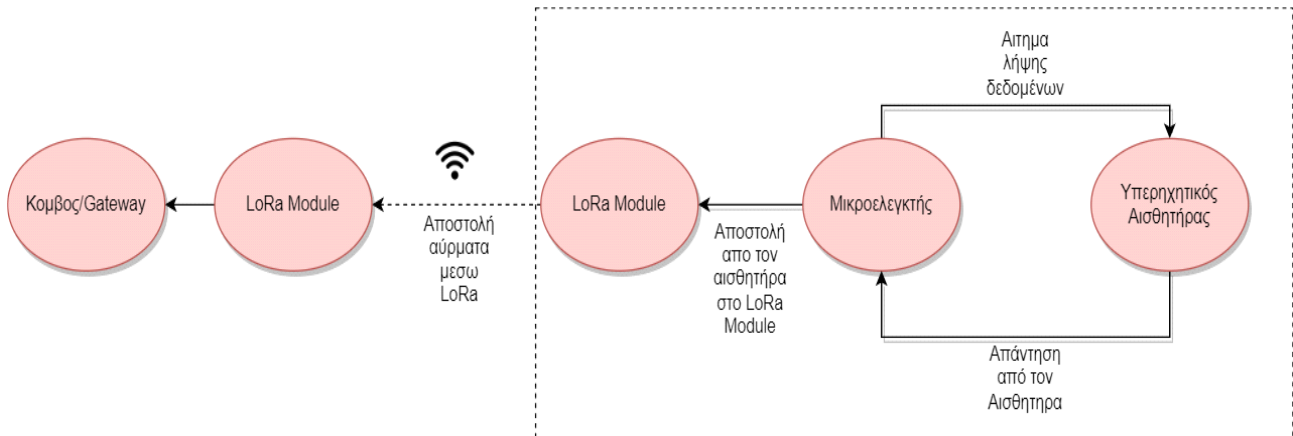
Ένα LoRa RF module περιλαμβάνει τον ασύρματο πομποδέκτη LoRa, την αντίστοιχη κεραία και τα απαραίτητα κυκλώματα για τη διεπαφή με έναν μικροελεγκτή ή μικροεπεξεργαστή. Οι ρυθμίσεις των LoRa modules μπορούν να προσαρμοστούν για να επιτευχθεί η βέλτιστη ισορροπία μεταξύ εμβέλειας και κατανάλωσης ενέργειας ανάλογα με τις ανάγκες της συγκεκριμένης εφαρμογής.

Οι εφαρμογές των LoRa RF modules είναι πολλαπλές και περιλαμβάνουν ασύρματη μεταφορά δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων, ασύρματο έλεγχος συσκευών και πολλές άλλες εφαρμογές που απαιτούν αξιόπιστη και αποτελεσματική ασύρματη επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις.

### 3.2.2 Λήψη δεδομένων από το αισθητήρα στον κόμβο (gateway)

Ο κόμβος πρακτικά όπως είδαμε παραπάνω είναι μια συσκευή που δέχεται τα μηνύματα από τους αισθητήρες και τα προωθεί στο cloud. Στην δική μας περίπτωση ο κόμβος για να μπορέσει να δεχτεί τα μηνύματα από τον αισθητήρα μέσω LoRa πρέπει και ο ίδιος να ενσωματώνει αυτήν

την τεχνολογία. Πρέπει δηλαδή να επικοινωνεί και ο ίδιος με ένα LoRa module. Ο κόμβος πρακτικά συνήθως είναι ένας μικρός υπολογιστής, δηλαδή έχει κάποιο λειτουργικό σύστημα και κάρτα δικτύου για να μπορεί να έχει πρόσβαση στο ίντερνετ και να στείλει τα δεδομένα μας. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζεται στο παρακάτω σχεδιάγραμμα (Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Σχηματικό διάγραμμα επικοινωνίας συνολικής υλοποίησης του συστήματος

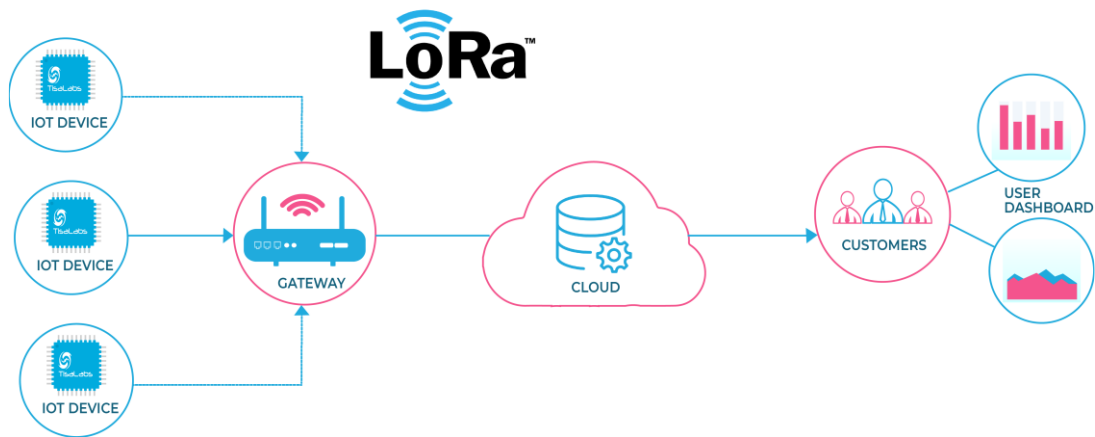
### 3.2.3 Επικοινωνία μεταξύ LoRa gateway και αισθητήρων

Η επικοινωνία μεταξύ του LoRa gateway και αισθητήρων με RFM95 modules μπορεί να αποτελέσει ένα αξιόπιστο και αποδοτικό σύστημα ασύρματης μετάδοσης δεδομένων.

Το LoRa gateway λειτουργεί ως πύλη επικοινωνίας μεταξύ των αισθητήρων και ενός κεντρικού συστήματος διαχείρισης. Οι αισθητήρες που φέρουν τα RFM95 modules συλλέγουν δεδομένα, όπως θερμοκρασία, υγρασία ή άλλες μετρήσεις, και τα μεταδίδουν μέσω της τεχνολογίας LoRa προς το LoRa gateway.

Η αρχή λειτουργίας του LoRa gateway που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Εικόνα 3.4) απεικονίζει το gateway το οποίο λειτουργεί ως μεσολαβητής μεταξύ των αισθητήρων και του cloud στο οποίο, κατόπιν, έχουν πρόσβαση οι χρήστες ώστε να αντλήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες.





Εικόνα 3.4 Αρχή λειτουργίας επικοινωνίας αισθητήρων μέσω της τεχνολογίας LoRa

<https://www.tisalabs.com/lora-gateway/>

Η τεχνολογία LoRa προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα, όπως μεγάλη εμβέλεια επικοινωνίας (ειδικά σε αγροτικές ή απομακρυσμένες περιοχές), ανθεκτικότητα στην παρεμβολή και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό το σύστημα επικοινωνίας είναι κατάλληλο για πληθώρα εφαρμογών, όπως περιβαλλοντική παρακολούθηση, βιομηχανική αυτοματοποίηση, αστική παρακολούθηση και άλλες περιπτώσεις όπου απαιτείται αξιόπιστη και αποδοτική ασύρματη μετάδοση δεδομένων [15].

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 Σύντομη Επεξήγηση της υλοποίησης

Η υλοποίηση του συστήματος μας αφορά την σχεδίαση ενός συνολικού συστήματος με τα απαραίτητα εξαρτήματα ώστε να μπορεί να γίνει η μέτρηση παρουσίας ή μη παρουσίας ενός οχήματος σε συγκεκριμένο χώρο και παράλληλα η αποστολή της πληροφορίας αυτής μέσω LoRa σε κάποιον κεντρικό κόμβο όπου θα συλλέγονται οι πληροφορίες από το συνολικό δίκτυο αισθητήρων.

Πρακτικά θα επιλεγούν εξαρτήματα όπως ένας μικροελεγκτής, ένας υπερηχητικός αισθητήρας, ένα LoRa module καθώς και ένας κόμβος για την υλοποίηση ενός συνολικού συστήματος

Πιο συγκεκριμένα ο υπερηχητικός αισθητήρας σε τακτά χρονικά διαστήματα θα μετράει μια ορισμένη απόσταση (πχ απόσταση από το ταβάνι) και όποτε η απόσταση αυτή μεταβληθεί (π.χ. >50 εκατοστών) θα μπορούμε να συμπεράνουμε ότι ένα όχημα έχει σταθμεύσει πάνω από τον αισθητήρα. Στην συνέχεια η πληροφορία αυτή θα αποστέλλεται ασύρματα μέσω LoRa σε έναν κεντρικό κόμβο LoRa και από εκεί θα επεξεργάζεται μεταφέρεται σε μια πλατφόρμα στο cloud για την παρατήρηση και την ανάλυση των δεδομένων.

Παρακάτω θα δούμε ποιο αναλυτικά την επιλογή των εξαρτημάτων μας.

### 4.2 Επιλογή εξαρτημάτων

#### Επιλογή Μικροελεγκτή (Arduino Uno):

Το Arduino Uno (Εικόνα 4.1) είναι μια δημοφιλής αναπτυξιακή πλακέτα ανοιχτού κώδικα για προγραμματισμό και πρότζεκτς ηλεκτρονικής. Κατασκευάζεται από την εταιρεία Arduino και βασίζεται στον ATmega328P μικροελεγκτή. Αυτός ο μικροελεγκτής είναι ο κεντρικός εγκέφαλος της πλακέτας και διαθέτει αρκετές ψηφιακές και αναλογικές θύρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση με αισθητήρες, ενεργοποιητές και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές [16].



*Εικόνα 4.1 Αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Uno  
[Arduino Uno Rev3 — Arduino Official Store](#)*

### Επιλογή Υπερηχητικού Αισθητήρα (HC-SR04):

Ο λόγος που επιλέξαμε τον υπερηχητικό αισθητήρα HC-SR04 (Εικόνα 4.2) για το σύστημα πάρκινγκ μας βασίζεται σε αρκετά πρακτικά και οικονομικά οφέλη.

- Χαμηλό κόστος:

Ο HC-SR04 είναι ένας από τους πιο οικονομικούς αισθητήρες υπερήχων που είναι διαθέσιμοι στην αγορά. Αυτό το κόστος αποδεικνύεται σημαντικό, ειδικά αν χρειάζεται να εγκαταστήσουμε πολλούς αισθητήρες σε διάφορες περιοχές πάρκινγκ.

- Ευκολία προμήθειας:

Ο αισθητήρας HC-SR04 είναι ευρέως διαθέσιμος σε πολλά καταστήματα ηλεκτρονικών εξαρτημάτων και διαδικτυακά καταστήματα. Αυτό καθιστά εύκολη τη διαδικασία εξαγοράς και αντικατάστασης σε περίπτωση βλάβης.

- Εύρος λειτουργίας:

Ο HC-SR04 έχει ένα επαρκές εύρος μέτρησης που φτάνει μέχρι 2 μέτρα. Αυτό το εύρος είναι ιδανικό για την ανίχνευση της απόστασης μεταξύ του αισθητήρα και ενός εμποδίου όπως ένα αυτοκίνητο.

- Διαθέσιμος κώδικας:

Στο διαδίκτυο υπάρχουν πολλοί πόροι και έτοιμοι κώδικες που αφορούν τον HC-SR04. Αυτό διευκολύνει την υλοποίηση του firmware για το σύστημα πάρκινγκ μας, καθώς μπορούμε να βασιστούμε σε υπάρχοντες κώδικες και παραδείγματα.

- Εύκολη υλοποίηση:

Ο HC-SR04 διαθέτει απλή διεπαφή και χρησιμοποιεί ελάχιστα αριθμητικά υπολογισμένες τιμές για τη μέτρηση της απόστασης. Αυτό καθιστά την υλοποίηση του συστήματος πάρκινγκ από τεχνικής άποψης απλή και εφικτή ακόμη και για αρχάριους.

Συνολικά, η επιλογή του υπερηχητικού αισθητήρα HC-SR04 για το σύστημα πάρκινγκ μας συνδυάζει την οικονομία, την ευελιξία, την ευκολία χρήσης και την υπάρχουσα τεχνολογική υποστήριξη για την επιτυχή υλοποίηση του έργου μας [5], [17].

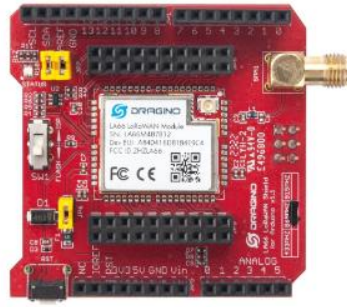


Εικόνα 4.2 Αισθητήρας HC-SR04

[Arduino Tutorials for Testers: Ultrasonic Sensor - Qxf2 BLOG](#)

### Επιλογή LoRa Module (Dragino):

Το Dragino LoRa Shield (Εικόνα 4.3) είναι ένα πρόσθετο (shield) που σχεδιάστηκε για να συνδυαστεί με πλακέτες Arduino και παρέχει δυνατότητες επικοινωνίας LoRa (Long Range). Το Dragino LoRa Shield συνδέεται απευθείας στην πλακέτα Arduino και αποτελεί το LoRa module της υλοποίησης μας, επιτρέποντας ουσιαστικά στην πλακέτα μας να αποστέλλονται δεδομένα μέσω της τεχνολογίας LoRa [18].



*Εικόνα 4.3 Αναπτυξιακή πλακέτα Dragino  
[LA66 LoRaWAN Shield \(dragino.com\)](http://dragino.com)*

### Επιλογή Κόμβου (Raspberry Pi):

Ένας λόγος για τον οποίο το Raspberry Pi (Εικόνα 4.4) είναι κατάλληλο ως gateway είναι η δυνατότητα του να μπορεί να συνδεθεί στο internet με σκοπό να αποστείλει τα δεδομένα στο cloud. Επιπλέον υπάρχει πληθώρα πληροφορίας στο internet, βιβλιοθήκες λογισμικού κλπ. που βοηθάνε σε μια γρήγορη και εύκολη υλοποίηση του συστήματος μας [5], [19], [16].



*Εικόνα 4.4 Αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi  
[RPI3-MODBP-BULK Raspberry Pi | Mouser Greece](https://www.mouser.com)*

### Επιλογή LoRa module για τον Κόμβο:

Το Waveshare LoRa HAT (Εικόνα 4.5) είναι ένα πρόσθετο (HAT - Hardware Attached on Top) για το Raspberry Pi, σχεδιασμένο για να παρέχει δυνατότητες επικοινωνίας LoRa (Long Range). Το HAT παρέχει μια εύκολη και έτοιμη λύση για την ενσωμάτωση τεχνολογίας LoRa στο Raspberry Pi, επιτρέποντας στους να δημιουργήσουμε εφαρμογές IoT που απαιτούν ασύρματη επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας [20].

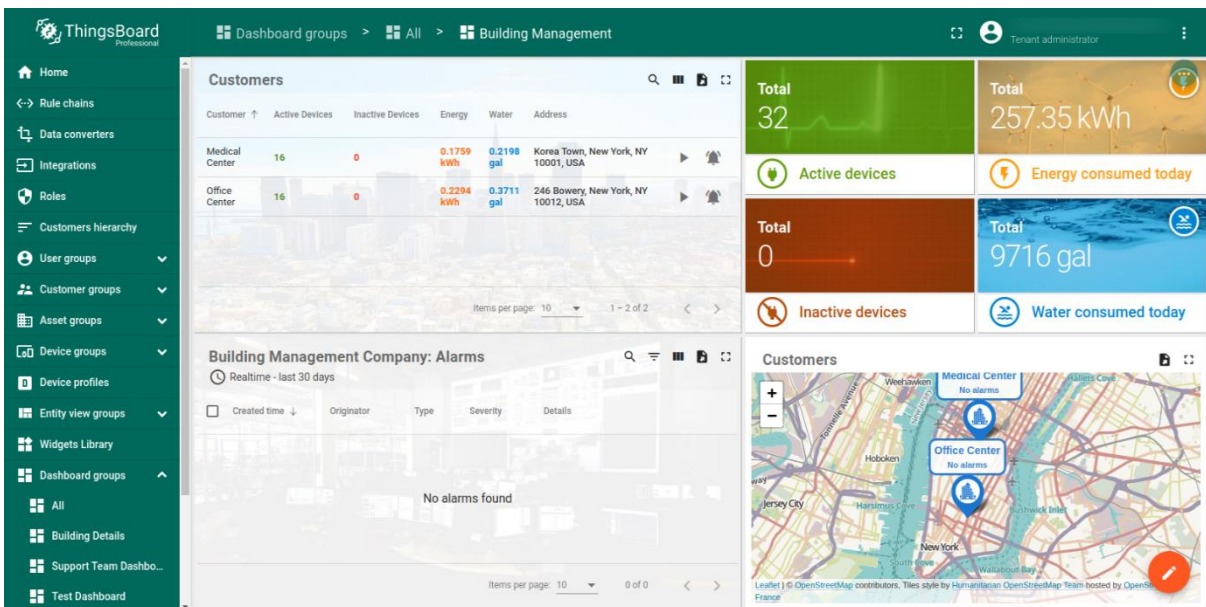


Εικόνα 4.5 Αναπτυξιακή πλακέτα Waveshare LoRa

[SX1262/SX1268 LoRa HAT for Raspberry Pi, UART Interface, Options For Frequency Band \(waveshare.com\)](http://www.waveshare.com)

### Πλατφόρμα The ThingsBoard:

Το ThingsBoard είναι μια ανοιχτού κώδικα πλατφόρμα για Internet of Things (IoT) πρότζεκτς που παρέχει λύσεις για τη διαχείριση, τον έλεγχο και την παρακολούθηση συσκευών IoT και των δεδομένων που παράγουν. Η κύρια στόχευση του ThingsBoard είναι να παρέχει ένα ευέλικτο και επεκτάσιμο περιβάλλον για την ανάπτυξη εφαρμογών IoT. Στην παρακάτω φωτογραφία (Εικόνα 4.6) φαίνεται ένα παράδειγμα γραφικού περιβάλλοντος πλατφόρμας ThingsBoard [21].



Εικόνα 4.6 IoT πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα ThingsBoard

[ThingsBoard Installations](#)

### 4.3 Ανάπτυξη Λογισμικού

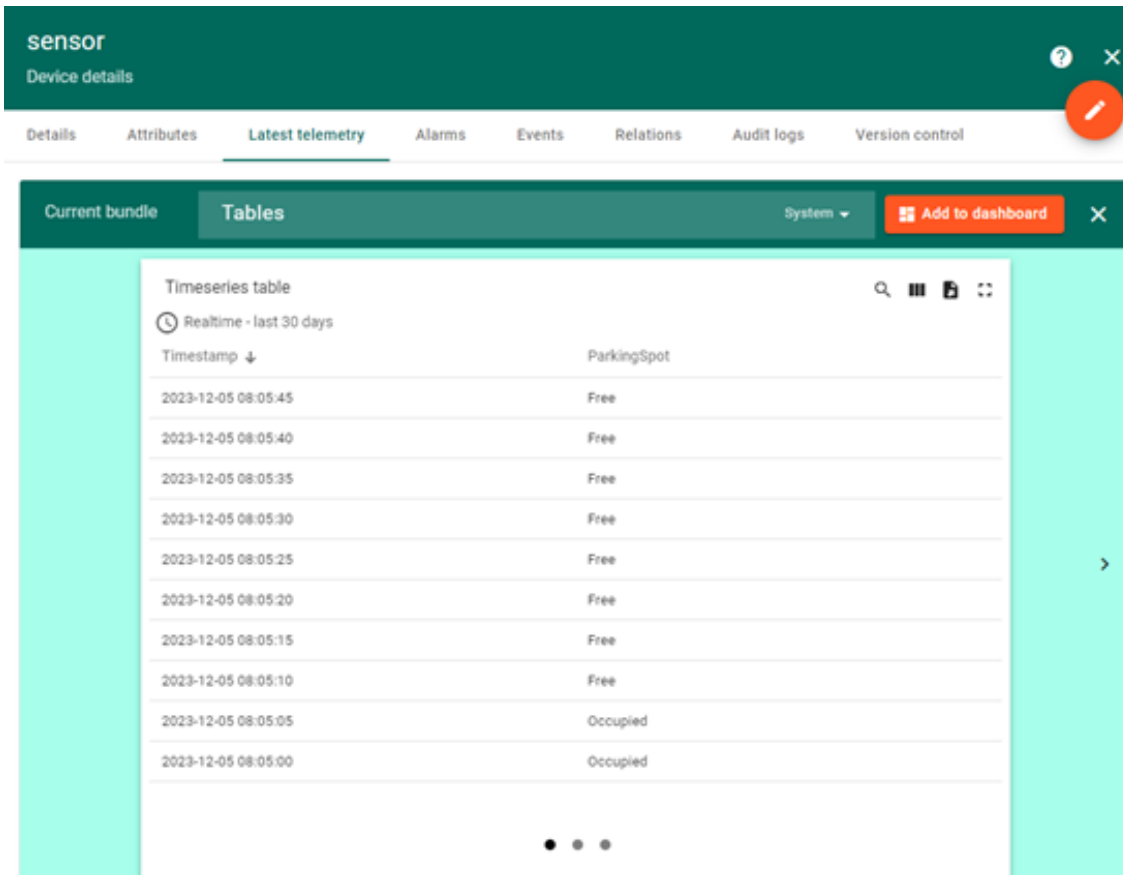
Η ανάπτυξη λογισμικού μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη. Το πρώτο είναι το λογισμικό που θα γράψουμε στην αναπτυξιακή πλακέτα Arduino με σκοπό την λήψη δεδομένων από τον αισθητήρα και την αποστολή τους μέσω του LoRa module Dragino και το δεύτερο αφορά το λογισμικό που πρέπει να γράψουμε για τον κόμβο που αφορά την λήψη των δεδομένων από τον κόμβο μέσω LoRa και την αποστολή αυτών μέσω MQTT στην πλατφόρμα The ThingsBoard.

### 4.4 Κόστος υλοποίησης

Πίνακας 1: Κόστος υλοποίησης

Εξάρτημα	Κόστος (€)
Arduino Uno	25,60
Dragino Lora Hat	40,80
HC-SR04	4,70
Raspberry Pi 4	50,00
Waveshare LoRa Hat	25,00
Σύνολο	146,10

## 4.5 Αποτελέσματα



Timestamp ↓	ParkingSpot
2023-12-05 08:05:45	Free
2023-12-05 08:05:40	Free
2023-12-05 08:05:35	Free
2023-12-05 08:05:30	Free
2023-12-05 08:05:25	Free
2023-12-05 08:05:20	Free
2023-12-05 08:05:15	Free
2023-12-05 08:05:10	Free
2023-12-05 08:05:05	Occupied
2023-12-05 08:05:00	Occupied

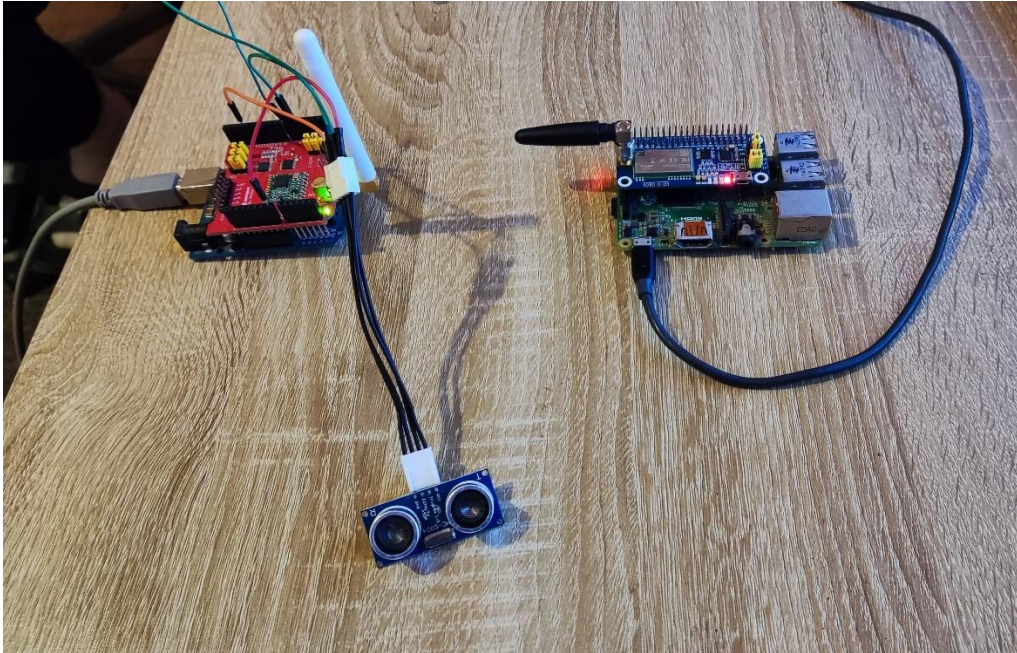
Εικόνα 4.7 Αποτελέσματα των μετρήσεων στην πλατφόρμα ThingsBoard

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα (Εικόνα 4.7) με βάση κάθε 5 δευτερόλεπτα έχουμε ανανέωση της κατάστασης του αισθητήρα. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι για το επιλεγμένο χρονικό διάστημα ο αισθητήρας ο κόμβος στέλνει ένα μήνυμα στην πλατφόρμα με την κατάσταση του αισθητήρα. Αν τοποθετήσουμε πάνω από τον αισθητήρα μέτρησης της απόστασης κάποιο εμπόδιο με αποτέλεσμα να μειώνεται η μέτρηση μας κάτω από ένα συγκεκριμένο όριο η κατάσταση της θέσης ο κόμβος στέλνει την πληροφορία “Occupied” ενώ όταν η θέση είναι ελεύθερη (δεν υπάρχει κάποιο εμπόδιο και ο αισθητήρας μετράει την μέγιστη απόσταση που μπορεί ~270 cm) ο κόμβος στέλνει την πληροφορία “Free”. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην παραπάνω εικόνα, εμφανίζεται η κατάσταση ενός μόνο αισθητήρα. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι το αυξημένο κόστος για υλοποίηση με περισσότερους αισθητήρες. Παρά το γεγονός αυτό, η πλατφόρμα μπορεί να υποστηρίξει πλήθος αισθητήρων πάντα με βάση και αναλόγως τις τιμολογιακές πολιτικές της.



## 4.6 Παρουσίαση της υλοποίησης του συστήματος

Φωτογραφία υλοποίησης:



*Εικόνα 4.8 Φωτογραφία υλοποίησης του συστήματος*

Όπως βλέπουμε παραπάνω (Εικόνα 4.8) στο αριστερό μέρος, η αναπτυξιακή πλακέτα Arduino Uno συνδέεται με την πλακέτα Dragino καθώς και με τον αισθητήρα υπερήχων HC-SR04. Η σύνδεση Arduino Uno και Dragino επιτυγχάνεται μέσω της διεπαφής SPI ενώ με τον υπερηχητικό αισθητήρα μέσω των ψηφιακών θυρών 6 και 7 (pin D6, D7). Επιπλέον στο δεξιό μέρος της εικόνας η αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi συνδέεται με την πλακέτα Waveshare LoRa HAT μέσω της διεπαφής UART. Για τον προγραμματισμό του Arduino Uno συνδέουμε το Arduino με τον Η/Υ και μεταφέρουμε τον κώδικα μέσω του προγράμματος ανοιχτού κώδικα Arduino IDE. Παράλληλα συνδεόμαστε στην αναπτυξιακή πλακέτα Raspberry Pi μέσω δικτυακού πρωτοκόλλου SSH (Secure Shell) όπου τρέχουμε και το απαραίτητο λογισμικό, σε γλώσσα Python, για την επικοινωνία με το Waveshare HAT και την αποστολή δεδομένων μέσω MQTT στην πλατφόρμα ανοιχτού κώδικα ThingsBoard.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Συμπεράσματα

Με βάση τα δεδομένα μας μπορούμε να πούμε ότι η υλοποίηση του συστήματος μας λειτουργεί ορθά όπως ακριβώς σχεδιάσαμε και τα αποτελέσματα είναι σωστά. Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι το κόστος της υλοποίησης. Η χρήση έτοιμων αναπτυξιακών πλακετών όπως το Arduino και το Raspberry Pi καθώς και τα έτοιμα αναπτυξιακά Hats βοηθάνε σημαντικά στην απλοποίηση της ανάπτυξης και στην μείωση του χρόνου υλοποίησης αλλά αυξάνουν κατά πολύ το κόστος. Ενδεικτικά ο μικροελεγκτής του Arduino Uno (ATMega328P) έχει κόστος χαμηλότερο των 2 ευρώ ενώ το Lora Module του Dragino Hat (RFM95) μόλις 9 ευρώ. Ένα σημαντικό συμπέρασμα λοιπόν είναι ότι η σχεδίαση μιας πλακέτας με ενσωματωμένα τα ολοκληρωμένα που χρησιμοποιούνται, αν και απαιτεί περισσότερο χρόνο για την ανάπτυξη, τα τεστ που πρέπει να γίνουν, την σωστή εύρεση λοιπών εξαρτημάτων (πυκνωτές, αντιστάσεις), μειώνει σημαντικά το κόστος υλοποίησης του συστήματος σε σχέση με την χρήση έτοιμων πλακετών.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία λειτουργεί και μπορεί να είναι χρήσιμη στη σωστή διαχείριση ελεύθερων θέσεων καθώς μπορεί επιπλέον να βελτιωθεί με πρόσθετη χρήση τεχνολογιών (π.χ. apps για smartphones) όπου ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα μέσω του κινητού τηλεφώνου να ενημερωθεί εκ των πρότερων για τη διαθεσιμότητα ελεύθερης θέσης πάρκινγκ στον προορισμό του χωρίς να χρειαστεί ο ίδιος να ταξιδέψει εκεί.

Ένα επιπλέον συμπέρασμα που μπορούμε να εξάγουμε είναι τα ενδεχόμενα σφάλματα που μπορούν να προκύψουν λόγω εξωτερικών παραγόντων. Παραδείγματος χάριν η τοποθέτηση ενός αντικειμένου (εκτός οχήματος) πάνω από τον αισθητήρα θα δήλωνε κατάληψη της θέσης το οποίο στην πραγματικότητα ενδέχεται να μην ισχύει.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι ένας σημαντικός περιορισμός του συστήματος αισθητήρων πάρκινγκ είναι η απαραίτητη οριοθέτηση των διαθέσιμων θέσεων πάρκινγκ. Το σύστημα είναι σε θέση να ενημερώσει τον χρήστη για τη διαθεσιμότητα των θέσεων στις περιπτώσεις όπου αυτές είναι διακριτές (π.χ. κλειστά ιδιωτικά ή δημόσια πάρκινγκ, πανεπιστήμια, νοσοκομεία). Στην περίπτωση όμως του αστικού οδικού δικτύου της Ελλάδας, οι τρέχουσες υποδομές δεν διαθέτουν τη δυνατότητα διακριτότητας των θέσεων πάρκινγκ. Η υλοποίηση τέτοιων συστημάτων σε γενική κλίμακα προϋποθέτει τη συνολική αλλαγή του αστικού οδικού δικτύου.

## 5.2 Περαιτέρω ανάπτυξη

Όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 5.1 είναι δυνατή η περαιτέρω ανάπτυξη της εφαρμογής με προσθήκη περισσότερων αισθητήρων οι οποίοι δεν υλοποιήθηκαν λόγω κόστους. Η περαιτέρω ανάπτυξη περιλαμβάνει τη σχεδίαση ηλεκτρονικών πλακετών (PCB) με την επιλογή όλων των καταλλήλων εξαρτημάτων (μικροελεγκτής, LoRa module, τροφοδοσία, μπαταρίες, υπερηχητικός αισθητήρας, κουτί). Με αυτόν τον τρόπο μειώνεται σημαντικά το κόστος καθώς τα εξαρτήματα αυτά κοστίζουν σημαντικά λιγότερο από τις έτοιμες αναπτυξιακές πλακέτες. Στη συνέχεια, με την ολοκλήρωση της σχεδίασης και κατασκευής των πλακετών, σε κάθε μια από αυτές, μέσω λογισμικού θα δοθεί μια μοναδική διεύθυνση (ID address). Η συγκεκριμένη πληροφορία (ID address) θα αποστέλλεται στον κεντρικό κόμβο (gateway) μαζί με την πληροφορία της κατάστασης της εκάστοτε θέσης παρκινγκ (κατειλημμένο ή ελεύθερο).

Η χρήση αναπτυξιακών πλακετών δεν αποτελεί συμφέρουσα επιλογή όταν επρόκειτο για μαζική παραγωγή και χρήση τέτοιων συστημάτων. Οι αναπτυξιακές πλακέτες έχουν ως κύριο στόχο την δοκιμή του μικροελεγκτή και το πλήθος των δυνατοτήτων που αυτός προσφέρει καθώς χρησιμοποιούνται κυρίως για εκπαιδευτικό χαρακτήρα. Στην περίπτωση όμως της σχεδίασης ηλεκτρονικής πλακέτας βελτιστοποιείται η σχέση κόστους – απόδοσης καθώς επιλέγονται πιο εξιδεικευμένα εξαρτήματα με βάση τις συγκεκριμένες παραμέτρους που απαιτούνται στη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Η έρευνα, η ανάπτυξη και οι δοκιμές ενός τέτοιου συστήματος αυξάνουν τον χρόνο υλοποίησης της εφαρμογής αλλά μειώνουν σημαντικά το κόστος παραγωγής καθώς και καθιστούν το σύστημα εύχρηστο και πρακτικό ώστε να παραχθεί μαζικά και να χρησιμοποιηθεί σε καθημερινές συνθήκες.

## Ενδεικτικά το Λογισμικό από την πλευρά του Raspberry PI:

```
import time
import serial
import json
from ttn import HandlerClient

app_id = "Kf94JD7ic935"
access_key =
"https://thingsboard.example.com/api/v1/{parking_sensor}/telemetry"

ser = serial.Serial("/dev/ttyS0", baudrate=57600, timeout=2)

def send_to_ttn(message):
    with HandlerClient(app_id, access_key) as handler:
        handler.connect()
        data = {
            "dev_id": "my_sensor",
            "payload_raw": message.encode().hex(),
        }
        handler.send_uplink(app_id, "my_sensor", data)
        print(f"Message sent to TTN: {message}")

def main():
    try:
        while True:
            if ser.in_waiting > 0:
                lora_data = ser.readline().decode().strip()
                print(f"Received LoRa data: {lora_data}")

                try:
                    distance = int(lora_data.split(":")[1].split()[0])
                except (IndexError, ValueError):
                    print("Invalid LoRa data format.")
                    continue
                if distance > 50:
                    message = {"status": "Free"}
                else:
                    message = {"status": "Occupied"}

                json_message = json.dumps(message)
                send_to_ttn(json_message)

            time.sleep(1)

    except KeyboardInterrupt:
        ser.close()
        print("Exiting.")

if __name__ == "__main__":
    main()
```

## Ενδεικτικά το λογισμικό από την πλευρά του Arduino:

```
#include <Wire.h>
#include <SPI.h>
#include <LoRa.h>

#define SS_PIN 10
#define RST_PIN 9
#define DIO_PIN 2

const int trigPin = 7;
const int echoPin = 6;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  if (!LoRa.begin(915E6)) {
    Serial.println("LoRa initialization failed. Check your connections.");
    while (1);
  }

  pinMode(trigPin, OUTPUT);
  pinMode(echoPin, INPUT);

  delay(2000);
}

void loop() {
  long duration, distance;
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  duration = pulseIn(echoPin, HIGH);
  distance = (duration / 2) / 29.1;

  Serial.print("Distance: ");
  Serial.print(distance);
  Serial.println(" cm");

  String data = "Distance: " + String(distance) + " cm";
  LoRa.beginPacket();
  LoRa.print(data);
  LoRa.endPacket();

  delay(5000);
}
```

## BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. Babic, A. Vekic, M. Stanojevic, G. Ostojic, J. Borocki, and S. Stankovski, “Modern Parking Solutions for Smart Cities,” in DAAAM Proceedings, 1st ed., vol. 1, B. Katalinic, Ed., DAAAM International Vienna, 2019, pp. 1075–1083. doi: 10.2507/30th.daaam.proceedings.150.
- [2] A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi, “Internet of Things for Smart Cities,” IEEE Internet of Things Journal, vol. 1, no. 1, pp. 22–32, Feb. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- [3] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, “The Internet of Things: A survey,” Computer Networks, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.comnet.2010.05.010.
- [4] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” Future Generation Computer Systems, vol. 29, no. 7, pp. 1645–1660, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.future.2013.01.010.
- [5] W. A. Jabbar, C. W. Wei, N. A. A. M. Azmi, and N. A. Haironnazli, “An IoT Raspberry Pi-based parking management system for smart campus,” Internet of Things, vol. 14, p. 100387, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.iot.2021.100387.
- [6] M. Kocakulak and I. Butun, “An overview of Wireless Sensor Networks towards internet of things,” in 2017 IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), Las Vegas, NV, USA: IEEE, Jan. 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/CCWC.2017.7868374.
- [7] D. Sehrawat and N. S. Gill, “Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors,” in 2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI), Apr. 2019, pp. 523–528. doi: 10.1109/ICOEI.2019.8862778.
- [8] V. T. Pham, Q. Qiu, A. A. P. Wai, and J. Biswas, “Application of ultrasonic sensors in a smart environment,” Pervasive and Mobile Computing, vol. 3, no. 2, pp. 180–207, Mar. 2007, doi: 10.1016/j.pmcj.2006.07.002.
- [9] K. C. Sahoo and U. C. Pati, “IoT based intrusion detection system using PIR sensor,” in 2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), May 2017, pp. 1641–1645. doi: 10.1109/RTEICT.2017.8256877.

- [10] J.-S. Fang et al., "Path-dependent human identification using a pyroelectric infrared sensor and Fresnel lens arrays," *Opt. Express, OE*, vol. 14, no. 2, pp. 609–624, Jan. 2006, doi: 10.1364/OPEX.14.000609.
- [11] J. L. Santos and F. Farahi, *Handbook of Optical Sensors*. CRC Press, 2014.
- [12] J. Lenz and S. Edelstein, "Magnetic sensors and their applications," *IEEE Sensors Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 631–649, Jun. 2006, doi: 10.1109/JSEN.2006.874493.
- [13] A. Augustin, J. Yi, T. Clausen, and W. M. Townsley, "A Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things," *Sensors*, vol. 16, no. 9, Art. no. 9, Sep. 2016, doi: 10.3390/s16091466.
- [14] A. A. Wardana and R. S. Perdana, "Access Control on Internet of Things based on Publish/Subscribe using Authentication Server and Secure Protocol," in *2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*, Jul. 2018, pp. 118–123. doi: 10.1109/ICITEED.2018.8534855.
- [15] G. C. Hillar, *MQTT Essentials - A Lightweight IoT Protocol*. Packt Publishing Ltd, 2017.
- [16] S. Devalal and A. Karthikeyan, "LoRa Technology - An Overview," in *2018 Second International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, Mar. 2018, pp. 284–290. doi: 10.1109/ICECA.2018.8474715.
- [17] C. Bell, *Beginning Sensor Networks with Arduino and Raspberry Pi*. Apress, 2014.
- [18] E. J. Morgan, "HC-SR04 Ultrasonic Sensor".
- [19] "Lora Shield - Wiki for Dragino Project." Accessed: Feb. 01, 2024. [Online]. Available: [https://wiki1.dragino.com/index.php/Lora\\_Shield](https://wiki1.dragino.com/index.php/Lora_Shield)
- [20] E. Upton and G. Halfacree, *Raspberry Pi User Guide*. John Wiley & Sons, 2016.
- [21] "SX1262 868M LoRa HAT - Waveshare Wiki." Accessed: Feb. 20, 2024. [Online]. Available: [https://www.waveshare.com/wiki/SX1262\\_868M\\_LoRa\\_HAT](https://www.waveshare.com/wiki/SX1262_868M_LoRa_HAT)
- [22] A. A. Ismail, H. S. Hamza, and A. M. Kotb, "Performance Evaluation of Open Source IoT Platforms," in *2018 IEEE Global Conference on Internet of Things (GCIoT)*, Dec. 2018, pp. 1–5. doi: 10.1109/GCIoT.2018.8620130.