

Ατομική Διπλωματική Εργασία

NB-IOTs-BASED SMART CITIES: DEVELOPMENT AND EXPERIMENTATION
USING
SIM7000E AND ARDUINO

Κρίστια Χαριλάου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

NB-IOTs-BASED SMART CITIES: DEVELOPMENT AND EXPERIMENTATION
USING
SIM7000E AND ARDUINO

Κρίστια Χαριλάου

Επιβλέπων Καθηγητής
κ. Αντρέας Πιτσιλλίδης

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2019

Ευχαριστίες

Πρώτα από όλα θα ήθελα να εκφράσω τις υπέρτατες ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αντρέα Πιτσιλλίδη ο οποίος με επέλεξε για την τρέχον διπλωματική εργασία και μου έδωσε την ευκαιρία να μελετήσω, να μάθω να αντεπεξέρχομαι μέσα από διάφορες δυσκολίες καθώς και να γεμίσω με νέες ανεκτίμητες γνώσεις. Τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για την καθοδήγηση του και την πολύτιμη βοήθεια του. Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ.Ιάκωβο Ιωάννου ο οποίος ήταν καθ'όλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και μαζί με τις γνώσεις , τις εμπειρίες και τις υποδείξεις του με βοήθησε σε όλα τα ζητήματα της εργασίας ιδιαίτερα στα τεχνολογικά.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο προσωπικό του Πανεπιστημίου Κύπρου οι οποίοι με βοήθησαν σε οποιαδήποτε προβλήματα αντιμετώπισα με τους εξυπηρετητές.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τόσο την οικογένεια μου όσο και τους φίλους μου που μου πρόσφεραν τη δική τους στήριξη και κατανόηση όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται η ραγδαία εξέλιξη του internet of Things η οποία πραγματοποιείται μέσω των IoT συσκευών και εφαρμογών και συνεπώς επέφερε την ανέλιξη της σημερινής εποχής. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι IoT συσκευές και εφαρμογές να χρησιμοποιούνται αποδοτικά και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης, προσφέροντας διάφορα οφέλη τόσο στους πολίτες της όσο και στο ίδιο το περιβάλλον. Κάποια από τα οφέλη που θα μπορούσαν να προσφέρουν είναι η προειδοποίηση για φωτιά η οποία θα είχε ως απόρροια να σωθούν χιλιάδες άνθρωποι και περιουσίες καθώς και η προειδοποίηση για υπερβολικό θόρυβο ώστε ο άνθρωπος να σωθεί από μόνιμα προβλήματα υγείας. Για να μετατραπεί αυτό από απλή φαντασίωση σε πραγματικότητα πρέπει οι IoT συσκευές να είναι συνεχώς συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο και να χρησιμοποιούν ένα αποδοτικό και χαμηλής ισχύος τρόπο για τη σύνδεση τους σε αυτό ώστε να μην είναι απαραίτητη η συχνή αλλαγή των μπαταριών τους.

Παρόλη την ανέλιξη των IoT συσκευών τα προβλήματα συνδεσιμότητας είναι γεγονός αφού οι τρέχον τεχνολογίες αδυνατούν να υποστηρίξουν τόσο τη συνεχή σύνδεση των συσκευών όσο και την εξοικονόμηση της μπαταρίας τους. Τα κυριότερα προβλήματα προέκυψαν λόγω της απρόσιτης τοποθεσίας τους με αποτέλεσμα το σήμα να αδυνατεί να φτάσει στον προορισμό του. Επιπλέον, προκαλείται η αποστράγγιση της μπαταρίας λόγω χρήσης μεγαλύτερης ισχύς για να σταλεί. Έτσι απαραίτητη προϋπόθεση ήταν η άμεση δημιουργία νέων τεχνολογιών. Μετά από μελέτη τους, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στη διπλωματική εργασία η τεχνολογία Narrow Band Internet Of Things(NB-IoT), η οποία μπορούσε να τηρήσει όλα τα κριτήρια που χρειάζονταν. Η NB-IoT, είναι μια νέα ασύρματη τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται σε δίκτυο ευρείας περιοχής, επικεντρώνεται στην χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων και στην επιτυχή μεταφορά τους όπου και να βρίσκονται οι συσκευές.

Η τρέχον διπλωματική εργασία έχει σκοπό να συμβάλει στη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης η οποία θα μπορεί να προειδοποιεί τους κατοίκους της για διάφορα φλέγον ζητήματα όπως την ένδειξη πυρκαγιών, τον θόρυβο σε διάφορες περιοχές καθώς και για τις καιρικές συνθήκες. Επιλέχθηκαν οι τρεις αυτές ενημερώσεις διότι θεωρήθηκαν οι πιο σημαντικές για την προστασία του ανθρώπου καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος. Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί αυτό χρησιμοποιήθηκαν κάποιες IoT συσκευές οι οποίες υποστηρίζουν την τεχνολογία NB-IoT που περιγράφηκε πιο πάνω ώστε να επιτυγχάνεται η συνεχής σύνδεση στο Διαδίκτυο. Αν και γενικότερος σκοπός είναι να τοποθετηθούν χιλιάδες στατικές συσκευές σε διάφορες περιοχές της Κύπρου και να εκπέμπουν δεδομένα ωστόσο στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιούνται λιγότερες χωρίς να είναι στατικές, ώστε να γίνει μια αναπαράσταση του συστήματος. Λαμβάνονται δηλαδή τα απαραίτητα δεδομένα από τις συσκευές και αναπαριστώνται με έξυπνο τρόπο (χρησιμοποιώντας το «fuzzy logic») στους κατοίκους μέσω μιας διαδικτυακής εφαρμογής η οποία είναι εύκολα διαθέσιμη .

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Γενική εισαγωγή	1
1.2 Περιγραφή και Κίνητρο	2
1.3 Στόχος της εργασίας και Συνεισφορά	4
1.4 Δομή Εργασίας	5
Κεφάλαιο 2 Background	7
2.1 Εισαγωγή: Συνδεσιμότητα των IoT συσκευών	7
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της NB-IOT τεχνολογίας	9
2.3 Τρόπος λειτουργίας της NB-IoT τεχνολογίας	12
2.4 Εναλλακτικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα: LTE-M και EC-GSM-IoT	17
2.5 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μη αδειοδοτημένο φάσμα: LoRa και SigFox	20
2.6 (NB-IoT vs LTE-M vs EC-GSM-IoT)vs (LoRa vs SigFox).....	21
2.7 Επιλογή της NB-IoT για την διπλωματική εργασία	24
2.8 Fuzzy Logic.....	25
2.8.1 Τρόπος λειτουργίας	26
2.8.1.1 Αλγόριθμος:[24]	27
2.8.2 Θετικά χαρακτηριστικά του Fuzzy Logic.....	28
Κεφάλαιο 3 Σχεδιασμός	29
3.1 Προδιαγραφές	29
3.2 Απαιτήσεις διαδικτυακής εφαρμογής	30
3.3 Επιλογή Βάσης Δεδομένων για αποθήκευση των μετρήσεων	32
3.3.1 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων(περιγραφή ER διαγράμματος)	32
Κεφάλαιο 4 Μεθοδολογία.....	37
4.1 Hardware	37
4.1.1 Συσκευές.....	37
4.1.1.1 ARDUINO	38
4.1.1.1.1 Επιλογή ARDUINO Uno R3	38
4.1.1.2 SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield.....	40

4.1.2 Αισθητήρες.....	42
4.1.2.1 Sound Sensor.....	43
4.1.2.2 Flame Sensor.....	43
4.2 Software.....	44
4.2.1 laravel framework.....	44
4.2.2 Επιλογή XAMPP server.....	46
Κεφάλαιο 5 Υλοποίηση	47
5.1 ARDUINO.....	49
5.1.1 Ένωση και έλεγχος συσκευών και αισθητήρων.....	49
5.1.2 Δημιουργία βάσης Δεδομένων.....	52
5.1.3 Υλοποίηση κώδικα arduino και έλεγχος μετρήσεων.....	53
5.2 Διαδικτυακή εφαρμογή.....	57
5.2.1 Δημιουργία της Διαδικτυακής Εφαρμογής.....	57
5.2.2 Ένωση Βάση Δεδομένων – LARAVEL και LARAVEL-συσκευές ARDUINO ..	58
5.2.3 Περιγραφή των tabs της Διαδικτυακής εφαρμογής.....	62
5.2.3.1 Areas Tab.....	63
5.2.3.1.1 Χρήση του fuzzy logic στην εφαρμογή.....	68
5.2.3.1.1.1 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον θόρυβο στις περιοχές.....	68
5.2.3.1.1.2 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον καιρό.....	71
5.2.3.2 Explore Tab.....	74
5.2.3.3 Map Tab.....	77
5.2.3.4 History Tab.....	80
Κεφάλαιο 6 Αξιολόγηση.....	83
6.1 Εισαγωγή.....	83
6.2 Αξιολόγηση-Ανάλυση Ερωτηματολογίου.....	84
Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα και Μελλοντικά Σχέδια.....	92
7.1 Συμπεράσματα.....	92
7.1.1 Συμπεράσματα ερωτηματολογίου.....	92
7.1.2 Γενικότερα Συμπεράσματα.....	93
7.2 Μελλοντικά σχέδια.....	96

Βιβλιογραφία.....	95
Παράρτημα Α.....	986
Παράρτημα Β.....	100
Παράρτημα Γ.....	101
Παράρτημα Δ.....	104
Παράρτημα Ε.....	105
Παράρτημα ΣΤ.....	111

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ:

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά NB-IoT τεχνολογίας.....	17
Πίνακας 2 : Χαρακτηριστικά LTE-M τεχνολογίας.....	18
Πίνακας 3 : Χαρακτηριστικά EC-GSM-IOT τεχνολογίας.....	19
Πίνακας 4 : Συνοπτικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών που χρησιμοποιούν license spectrum.....	19
Πίνακας 5 : Συνοπτικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών που δημιουργήθηκαν για την υποστήριξη των IoT συσκευών.....	23

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ:

Σχήμα 1.1: Θετικά Χαρακτηριστικά NB-IoT	10
Σχήμα 1.2: Χρήση της NB-IoT τεχνολογίας από πλήθος συσκευών ανάλογα με το Δίκτυο που συνδέεται	13
Σχήμα 1.3: Αποστολή παράλληλων δεδομένων χρησιμοποιώντας 12 κανάλια με 15HZ guard space.....	15
Σχήμα 1.4: Συνοπτική σύνδεση συσκευών χρησιμοποιώντας την NB-IOT τεχνολογία...	16
Σχήμα 1.5: Παράδειγμα fuzzy logic με κάποια fuzzy data sets και με τα membership function τους.....	26
Σχήμα 1.6: Παράδειγμα fuzzy logic με κάποια fuzzy data sets εξόδου και με τα membership function τους	27
Σχήμα 4.1: Arduino Uno R3.....	40
Σχήμα 4.2: Sim7000E Arduino NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield	42
Σχήμα 4.3: Sound Sensor.....	43
Σχήμα 4.4: Flame sensor	44
Σχήμα 4.5: Αναπαράσταση MVC μοντέλου.....	45
Σχήμα 5.1: Αναλυτική σύνδεση συσκευών ARDUINO	50
Σχήμα 5.2: Έλεγχος μέσω του ARDUINO IDE	52
Σχήμα 5.3: Area Tab διαδικτυακής εφαρμογής με παρουσίαση της προκαθορισμένης κεντρικής περιοχής.....	64
Σχήμα 5.4: Area Tab με αναλυτικά τα βήματα για επιλογή ενημέρωσης ιστορικού : καιρού , φωτιάς ή θορύβου για κάποια συγκεκριμένη περιοχή.....	65
Σχήμα 5.5: Area Tab με εμφάνιση ιστορικού καιρού μιας επιλεγμένης περιοχής.....	65
Σχήμα 5.6: Area Tab με εμφάνιση μέγιστης και ελάχιστης Θερμοκρασίας	66
Σχήμα 5.7: Area Tab με εμφάνιση πρόβλεψης καιρού κοντινών περιοχών (σε ακτίνα 5 km).....	67
Σχήμα 5.8: Παράδειγμα αποτελέσματος fuzzy logic όσο αφορά τον θόρυβο σε περιοχές	71
Σχήμα 5.9: Παράδειγμα αποτελέσματος fuzzy logic όσο αφορά τον καιρό.....	73
Σχήμα 5.10: Αναπαράσταση explore Tab	75
Σχήμα 5.11: Συνέχεια αναπαράστασης explore Tab	75
Σχήμα 5.12: Περιγραφή χαρακτηριστικών της NB-IoT τεχνολογίας.....	76
Σχήμα 5.13: Περιγραφή χαρακτηριστικών της συσκευής Sim7000E	76
Σχήμα 5.14: Ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας χρήστης στο Map Tab.....	77
Σχήμα 5.15: Εμφάνιση αναζήτησης μιας συγκεκριμένης περιοχής.....	78
Σχήμα 5.16: Εμφάνιση μηνύματος σε περίπτωση μη εύρεσης της περιοχής	78
Σχήμα 5.17: Περιοχές και πληροφορίες περιοχών που βρίσκονται έως και 5km μακριά	79

Σχήμα 5.18: Μήνυμα σε περίπτωση μη λήψης μετρήσεων στη συγκεκριμένη πόλη	80
Σχήμα 5.19: Αναπαράσταση του History Tab	81
Σχήμα 5.20: Συνέχεια Αναπαράστασης του History Tab	81
Σχήμα 5.21: Εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της υγρασίας της προηγούμενης εβδομάδας.....	82
Σχήμα 5.22: Εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της ατμοσφαιρικής πίεσης του προηγούμενου μήνα.	82
Σχήμα 6.1: Αποτελέσματα 1 ^{ης} ερώτησης	84
Σχήμα 6.2: Αποτελέσματα 2 ^{ης} ερώτησης	85
Σχήμα 6.3: Αποτελέσματα 3 ^{ης} ερώτησης	85
Σχήμα 6.4: Αποτελέσματα 4 ^{ης} ερώτησης	86
Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα 5 ^{ης} ερώτησης	86
Σχήμα 6.6: Αποτελέσματα 6 ^{ης} ερώτησης	87
Σχήμα 6.7: Αποτελέσματα 7 ^{ης} ερώτησης	87
Σχήμα 6.8: Αποτελέσματα 8 ^{ης} ερώτησης	88
Σχήμα 6.9: Αποτελέσματα 9 ^{ης} ερώτησης	88
Σχήμα 6.10: Αποτελέσματα 10 ^{ης} ερώτησης	89
Σχήμα 6.11: Αποτελέσματα 11 ^{ης} ερώτησης	89
Σχήμα 6.12: Αποτελέσματα 12 ^{ης} ερώτησης	90
Σχήμα 6.13: Αποτελέσματα ερωτήσεων 13 & 14.....	91
Σχήμα 7.1: Γραφική παράσταση υπόλοιπου μπαταρίας συσκευών ARDUINO	94

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενική εισαγωγή.....	1
1.2 Περιγραφή και Κίνητρο.....	2
1.3 Στόχος της εργασίας και Συνεισφορά.....	4
1.4 Δομή Εργασίας.....	4

1.1 Γενική εισαγωγή

Αξιοσημείωτη είναι η εξέλιξη της τεχνολογίας η οποία ξεκίνησε με την μετατροπή των φυσικών πρώτων υλών σε απλά εργαλεία και έφτασε μέχρι την αυτοματοποίηση με τη βοήθεια των IoT συσκευών και εφαρμογών. Η σημερινή εποχή, λοιπόν, χαρακτηρίζεται ως μια νέα έξυπνη εποχή αφού σχεδόν τα πάντα έχουν αυτοματοποιηθεί συμβάλλοντας στην ευέλικτη ζωή του ανθρώπινου είδους. Για την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο δημιουργήθηκε, απαραίτητη είναι η αναδρομή στο παρελθόν , η οποία παραπέμπει στο Διαδίκτυο και συγκεκριμένα στα ασύρματα Δίκτυα.

Τα ασύρματα δίκτυα δημιουργήθηκαν με πρωταρχικό στόχο την εφικτή επικοινωνία των ανθρώπων όπου και αν βρίσκονταν επιφέροντας έτσι την ραγδαία ανάπτυξη, για αυτό και χαρακτηρίζονται και ως τα θεμέλια της σημερινής εποχής. Συνεπώς, με το πέρασμα των χρόνων δημιουργήθηκε και η έννοια του Internet of things(IoT) η οποία κατοχύρωσε την ανέλιξη της σημερινής εποχής. Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκαν IoT συσκευές και εφαρμογές οι οποίες χρησιμοποιούν τα πιο πάνω δίκτυα για την επικοινωνία μεταξύ τους και κατέχουν κυρίαρχο ρόλο στην εξέλιξη αυτή. Κυριότερος στόχος του IoT είναι να κατακτήσει το Διαδίκτυο συνδέοντας εκατομμύρια συσκευές σε αυτό ώστε να υπάρξει πλήρης αυτοματοποίηση. Κυριότερος σκοπός της σύνδεσης στο Διαδίκτυο είναι η αποστολή και λήψη πληροφοριών ώστε να μπορούν οι συσκευές να ελέγχονται εξ αποστάσεως, να ενημερώνουν και να εκτελούν κάποιες ενέργειες.

Αξιοσημείωτο είναι ότι το IoT μπορεί να επιτύχει πράγματα τα οποία δεν ήταν εφικτό να επιτευχθούν στο παρελθόν. Μπορεί να δημιουργήσει ένα «έξυπνο σπίτι» ή μια «έξυπνη πόλη» μέσα από την χρήση των IoT συσκευών και μέσα από την υλοποίηση των κατάλληλων εφαρμογών για την διαχείριση των συσκευών αυτών. Η δημιουργία ενός έξυπνου σπιτιού αφορά την σύνδεση οικιακών και άλλων συσκευών καθώς και τον έλεγχο τους μέσα από τις διάφορες εφαρμογές. Μερικά παραδείγματα είναι η αυτόματη ενεργοποίηση και απενεργοποίηση του συστήματος φωτισμού στο σπίτι όταν οι αισθητήρες διαισθανθούν την ανθρώπινη παρουσία, ή ακόμη η εφικτή απενεργοποίηση του συστήματος μέσω μιας εφαρμογής στο κινητό. Σε οποιαδήποτε περίπτωση σκοπός είναι το IoT να βοηθήσει στην μείωση ενέργειας και στην διευκόλυνση του ανθρώπου. Από την άλλη η δημιουργία μιας έξυπνης πόλης αφορά την σύνδεση διάφορων αισθητήρων σε διάφορες περιοχές ώστε να ενημερώνει τον χρήστη για κάποιες επιθυμητές δραστηριότητες όπως την εύρεση ενός parking, τον εντοπισμό μιας φωτιάς από αισθητήρες ώστε να αποτραπούν καταστροφές, τον εντοπισμό μιας περιοχής με δυνατό θόρυβο ώστε να αποτραπούν προβλήματα υγείας κλπ. Γενικότερος σκοπός μιας έξυπνης πόλης είναι να συμβάλει στην προστασία τόσο του ανθρώπου όσο και του περιβάλλοντος. Για να πραγματοποιηθεί αυτό απαραίτητο είναι να δημιουργηθούν εφαρμογές και να τοποθετηθούν συσκευές που το επιτυγχάνουν, προσφέροντας μια γρήγορη και αποτελεσματική ενημέρωση.

Γενικότερα πολλοί ερευνητές κινητοποιήθηκαν ώστε να ερευνήσουν βαθύτερα το IoT και να πραγματοποιήσουν τις εφαρμογές και τις συνδέσεις όσο πιο εποικοδομητικά γίνεται. Η έρευνα αυτή τους οδήγησε στην εύρεση νέων τεχνολογιών για να συνδέσουν τις συσκευές και να πετύχουν βέλτιστη σύνδεση στο Διαδίκτυο αφού οι υπάρχουσες αδυνατούσαν να το πραγματοποιήσουν αυτό. Οι νέες τεχνολογίες χρησιμοποιούν ελάχιστη ισχύ για αποστολή και λήψη δεδομένων σε σύγκριση με τις προϋπάρχουσες. Συνεπώς, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μην είναι απαραίτητη η συχνή αλλαγή στις μπαταρίες των IoT συσκευών που χρησιμοποιούν τις τεχνολογίες αυτές.

1.2 Περιγραφή και Κίνητρο

Όπως παρατηρείται τα τελευταία χρόνια ειδικότερα κατά την καλοκαιρινή περίοδο υπήρξαν καταστροφές σε μεγάλες εκτάσεις γης λόγω καθυστερημένης ενημέρωσης για ύπαρξη πυρκαγιάς με αποτέλεσμα να καταστραφούν δάση, περιουσίες καθώς και να υπάρξουν ανθρώπινες απώλειες. Επιπλέον, έρευνες έδειξαν ότι εάν ένας άνθρωπος βιώνει καθημερινά θόρυβο μεγάλης έντασης κινδυνεύει με μόνιμα προβλήματα υγείας. Πολλές φορές οι ιστοσελίδες ενημέρωσης καιρού δεν είναι ακριβείς ούτε δείχνουν την πρόβλεψη καιρού σε

συγκεκριμένες περιοχές , εστιάζονται γενικότερα στις διάφορες πόλεις. Το κυριότερο είναι η τεχνολογία να βοηθά τον άνθρωπο ώστε να αποτρέψει όσες περισσότερες καταστροφές και απώλειες συμβαίνουν λόγω πυρκαγιών, να τον προειδοποιήσει για τη δημιουργία τυχόν προβλημάτων υγείας λόγω υπερβολικού θορύβου καθώς και να του προσφέρει πλήρη και ακριβής ενημέρωση του καιρού. Για να πραγματοποιηθεί αυτό χρειάζονται να τοποθετηθούν κάποιες IoT συσκευές σε κατάλληλα σημεία οι οποίες πρέπει να έχουν συνεχή σύνδεση στο Διαδίκτυο ώστε να στέλλουν τα απαραίτητα δεδομένα προσφέροντας έτσι πλήρη και συνεχής ενημέρωση.

Όμως ,όπως παρατήρησαν και οι περισσότεροι ερευνητές, υπάρχουν προβλήματα συνδεσιμότητας αφού οι υπάρχουσες τεχνολογίες δεν μπορούν να υποστηρίξουν την εποικοδομητική και συνεχή σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο. Ως αποτέλεσμα δημιουργήθηκαν νέες τεχνολογίες για να το επιτύχουν αυτό. Συγκεκριμένα η κάθε τεχνολογία δημιουργήθηκε για να εξυπηρετεί συγκεκριμένες περιπτώσεις, έτσι απαραίτητο είναι να μελετηθούν προτού παρθεί η απόφαση για το ποια είναι η καταλληλότερη. Συνεπώς, τόσο η ανάγκη για τη δημιουργία μιας έξυπνης πόλης η οποία θα πραγματοποιεί τα παραπάνω όσο και η εύρεση της κατάλληλης τεχνολογίας για να πραγματοποιηθεί αυτό οδήγησαν στην τρέχον διπλωματική εργασία.

Η διπλωματική εργασία εστιάζεται αρχικά στις νέες τεχνολογίες οι οποίες έχουν δημιουργηθεί για την εποικοδομητική αυτή σύνδεση των IOT συσκευών και συγκεκριμένα εστιάζεται στην κατάλληλη τεχνολογία που θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί στις συσκευές ώστε:

- να επιτυγχάνεται η μετάδοση των δεδομένων όσο δυσπρόσιτες και να είναι οι περιοχές που βρίσκονται οι συσκευές
- να μπορεί να επιτύχει βέλτιστη εξοικονόμηση μπαταρίας με τη χρήση ελάχιστης ισχύς ώστε να μην είναι απαραίτητη η συνεχής συντήρηση των IoT συσκευών
- να μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα χωρίς την δημιουργία νέου Δικτύου
- να υπάρχουν IoT συσκευές που θα την υποστηρίζουν
- να χρησιμοποιεί το Δίκτυο ευρείας περιοχής(WLAN)

Αφού επιλεγθεί η τεχνολογία και οι συσκευές που θα στέλλουν τις απαραίτητες μετρήσεις, ο κυριότερος σκοπός είναι να δημιουργηθεί μια διαδικτυακή εφαρμογή που θα προσφέρει πλήρη ενημέρωση στους χρήστες για όλες τις περιοχές της Κύπρου μέσω των συσκευών αυτών. Συγκεκριμένα ο κάθε χρήστης θα μπορεί να συνδεθεί στη διαδικτυακή εφαρμογή

χωρίς κάποιο κόστος αφού θα διανέμεται δωρεάν μέσω του Διαδικτύου και έπειτα θα μπορεί να ενημερωθεί πλήρως για όλες τις περιοχές της Κύπρου. Θα μπορεί να ενημερωθεί για τον καιρό, να προειδοποιηθεί για την ένδειξη φωτιάς και έτσι να λάβει τα κατάλληλα μέτρα καθώς και να ενημερωθεί για περιοχές με υπερβολικό θόρυβο ώστε να προστατέψει την υγεία του.

1.3 Στόχος της εργασίας και Συνεισφορά

Γενικότερα για να δημιουργηθεί η έξυπνη πόλη και να μπορούν οι πολίτες να ενημερώνονται για όλες τις περιοχές, πρέπει να εγκατασταθούν IoT συσκευές σε διάφορες περιοχές της Κύπρου. Στη συνέχεια οι συσκευές θα πρέπει να επικοινωνούν με την εφαρμογή ώστε να αναπαρασταθούν τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Συνεπώς, λόγω περιορισμού χρόνου και χρηματοδότησης στόχος της τρέχον διπλωματικής εργασίας είναι να χρησιμοποιηθούν λιγότερες συσκευές που θα εκπέμπουν τα κατάλληλα δεδομένα ώστε να γίνει μια αναπαράσταση του συστήματος. Επιπλέον, σημαντικό είναι οι συσκευές να είναι οικονομικές και να χρησιμοποιούν την κατάλληλη τεχνολογία ώστε να επιτυγχάνεται η συνεχής σύνδεση στο διαδίκτυο με χρήση ελάχιστης ισχύς για μετάδοση των δεδομένων. Κυριότερος στόχος της διαδικτυακής εφαρμογής είναι να είναι εύκολη στην πλοήγηση της και να ενημερώνει πλήρως τους χρήστες ώστε με τη σειρά τους να λάβουν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Το σύστημα που έχει υλοποιηθεί κτίστηκε με βάση την πιο πάνω λογική, ότι δηλαδή θα υπάρχουν διάφορες στατικές συσκευές που θα εκπέμπουν σε όλες τις περιοχές της Κύπρου. Για πλήρη αναπαράσταση του συστήματος οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν μετακινήθηκαν ανάμεσα στις περιοχές της Κύπρου. Επιπλέον, μετά από μελέτη επιλέχθηκε η κατάλληλη τεχνολογία καθώς και συσκευές οι οποίες είναι οικονομικές, υποστηρίζουν την τεχνολογία που επιλέχθηκε και μπορούν εύκολα να επεκταθούν. Η διαδικτυακή εφαρμογή είναι και αυτή υλοποιημένη με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί εύκολα να επεκταθεί συμβάλλοντας έτσι στην μελλοντική ανέλιξη αυτού του έργου. Ακόμη είναι εύκολη στην πλοήγηση της και αυτό πραγματοποιήθηκε με την ενσωμάτωση ενημερωτικών μηνυμάτων και μηνυμάτων σφάλματος. Γενικότερα το σύστημα που δημιουργήθηκε συμβάλει στην ανάπτυξη μιας έξυπνης πόλης η οποία ενημερώνει τους πολίτες της και μπορεί να προστατεύσει τόσο αυτούς όσο και το περιβάλλον.

1.4 Δομή Εργασίας

Κεφάλαιο 1: Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει μια γενικότερη εισαγωγή , και περιγράφει το κίνητρο που υπήρξε και ώθησε στην δημιουργία της τρέχον διπλωματικής εργασίας καθώς και τους στόχους που θεσπίστηκαν για την δημιουργία του τρέχον συστήματος.

Κεφάλαιο 2: Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται αρχικά στις διάφορες τεχνολογίες που δημιουργήθηκαν για να υποστηρίξουν τη συνεχή σύνδεση των IoT εφαρμογών .Επιπλέον επεξηγούνται και αναφέρονται οι περιπτώσεις στις οποίες χρησιμοποιείται η κάθε τεχνολογία και στη συνέχεια επεξηγούνται οι λόγοι που ώθησαν στην επιλογή χρήσης της NB-IoT για την τρέχον διπλωματική εργασία. Ακόμη σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφεται η fuzzy λογική που είναι η βασική λογική που χρησιμοποιήθηκε στην διαδικτυακή εφαρμογή ώστε με βάση κάποιες ς να παίρνει τις κατάλληλες αποφάσεις εξόδου και να τις αναπαριστά στην εφαρμογή.

Κεφάλαιο 3: Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στον σχεδιασμό ο οποίος είναι απαραίτητος να γίνει πριν τη δημιουργία του συστήματος. Μπορεί να βοηθήσει στη δημιουργία ενός οικονομικού συστήματος με την ερεύνα και την επιλογή των κατάλληλων συσκευών και λογισμικών , στην μελλοντική ευχρηστία και ακόμη αποτρέπει την πρόκληση λαθών. Συγκεκριμένα έπρεπε να θεσπιστούν πρώτα κάποιες απαιτήσεις και προδιαγραφές οι οποίες θα ήταν χρήσιμες τόσο στη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής όσο και στην επιλογή των συσκευών και του λογισμικού.

Κεφάλαιο 4: Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στην επιλογή του hardware και software . Συγκεκριμένα αναφέρεται στις συσκευές και το λογισμικό που επιλέχτηκαν με βάση τις προδιαγραφές που θεσπιστήκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, επεξηγώντας τον τρόπο λειτουργίας τους και τον λόγο επιλογής τους.

Κεφάλαιο 5: Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η υλοποίηση του συστήματος , αρχικά περιγράφονται οι συνδέσεις των συσκευών ARDUINO και οι συνδέσεις που έπρεπε να γίνουν με τη Βάση Δεδομένων . Στη συνέχεια περιγράφεται τόσο η διαδικτυακή εφαρμογή η οποία βασίστηκε πλήρως στις απαιτήσεις του κεφαλαίου τρία όσο και οι απαραίτητες συνδέσεις που έπρεπε να δημιουργηθούν.

Κεφάλαιο 6: Το κεφάλαιο αυτό περιέχει την αξιολόγηση του συστήματος από διάφορους χρήστες . Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε με ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε αυτούς μετά που χρησιμοποίησαν το σύστημα και μετέπειτα αναλύονται οι απαντήσεις τους από τα ερωτηματολόγια αυτά.

Κεφάλαιο 7: Το κεφάλαιο αυτό περιέχει κάποια γενικά συμπεράσματα τα οποία λήφθηκαν με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας καθώς και γενικά συμπεράσματα από την ανάλυση της αξιολόγησης που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επιπλέον το κεφάλαιο αυτό περιέχει κάποια μελλοντικά σχέδια τα οποία θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν σε αυτή τη διπλωματική εργασία.

Κεφάλαιο 2

Background

2.1 Εισαγωγή: Συνδεσιμότητα των IoT συσκευών.....	7
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της NB-IOT τεχνολογίας	9
2.3 Τρόπος λειτουργίας της NB-IOT τεχνολογίας	12
2.4 Εναλλακτικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα: LTE-M και EC-GSM-IoT	17
2.5 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μη αδειοδοτημένο φάσμα: LoRa και SigFox	20
2.6 (NB-IoT vs LTE-M vs EC-GSM-IoT)vs (LoRa vs SigFox).....	21
2.7 Επιλογή της NB-IoT για την διπλωματική εργασία	24
2.8 Fuzzy Logic.....	25
2.8.1 Τρόπος λειτουργίας	26
2.8.1.1 Αλγόριθμος:[24].....	27
2.8.2 Θετικά χαρακτηριστικά του Fuzzy Logic.....	28

2.1 Εισαγωγή: Συνδεσιμότητα των IoT συσκευών

Όπως προαναφέρθηκε η προϋπάρχουσες τεχνολογίες δεν μπορούν να υποστηρίξουν την συνεχή σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο. Τα κυριότερα προβλήματα συνδεσιμότητας οφείλονται στην απρόσιτη τοποθεσία των συσκευών αφού αν βρίσκονται σε απόμακρες ή σε δυσπρόσιτες γεωγραφικές περιοχές καθιστούν δύσκολη την σύνδεση τους στο Διαδίκτυο. Το σήμα που μεταδίδεται από τις συσκευές αυτές εξασθενεί λόγω της απόστασης που πρέπει να καλύψει μέχρι να φτάσει στον προορισμό του , ή λόγω απορρόφησης της ενέργειας του από μεγάλα εμπόδια. Συνεπώς, η σύνδεση των συσκευών αυτών είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί. Επιπλέον, τα τρέχων κυψελοειδή δίκτυα αδυνατούν να υποστηρίξουν την εξοικονόμηση ενέργειας στις IoT συσκευές αφού δεν έχουν βελτιστοποιηθεί στη διάδοση σπάνιων μικρών αριθμών δεδομένων. Είναι κατασκευασμένα με τέτοιο τρόπο ώστε αν ένα σήμα πρέπει να καλύψει μεγάλη απόσταση για να φτάσει στον προορισμό του, τότε πρέπει να διαδοθεί με μεγαλύτερη ισχύ, προκαλώντας την ταχεία αποστράγγιση της μπαταρίας.

Γενικότερα, κάθε IoT συσκευή έχει την δυνατότητα να συνδεθεί και να επικοινωνήσει με άλλες συσκευές αφού επιλέξει μια από τις δύο ζώνες συχνοτήτων. Η επιλογή αυτή είναι βασισμένη στις υπηρεσίες που θέλει να χρησιμοποιήσει. Για υπηρεσίες αναμετάδοσης δεδομένων (π.χ βίντεο), οι οποίες απαιτούν υψηλότερο ρυθμό διάδοσης δεδομένων ώστε να αποτραπούν διακοπές στην σύνδεση, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί υψηλότερη ζώνη συχνοτήτων. Αν χρειάζεται να στείλει ή να αναβαθμίσει δεδομένα, τότε μπορεί να συνδεθεί σε χαμηλή ζώνη συχνοτήτων ώστε να κατορθώσει μικρότερο ρυθμό διάδοσης δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητο οι συσκευές να συνδεθούν εποικοδομητικά και να παραμείνουν συνδεδεμένες μεταδίδοντας πραγματικά δεδομένα σε χαμηλή ισχύ ώστε να γίνεται βέλτιστη εξοικονόμηση της μπαταρίας.

Το Δίκτυο ευρείας περιοχής χαμηλής ισχύος (Low power wide area network -LPWA) αποτελεί την ιδανικότερη λύση για μια εποικοδομητική σύνδεση σε χαμηλή ισχύ. Το LPWA έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να συνδέει συσκευές χρησιμοποιώντας χαμηλή ισχύ και παράλληλα να επεκτείνει την ζωή της μπαταρίας για αρκετά χρόνια. Εξαιτίας της χρήσης χαμηλού εύρου ζώνης επιτυγχάνει μεγαλύτερη κάλυψη δικτύου. Βασισμένες στο πρωτόκολλο LPWA δημιουργήθηκαν οι τεχνολογίες : η NB-IoT , η LTE-M, η EC-GSM-IoT LoRa και SigFox, οι οποίες αναπτύχθηκαν ειδικά για τις IoT συσκευές. Οι πέντε αυτές τεχνολογίες χρησιμοποιούν χαμηλό εύρος ζώνης για τη σύνδεση των συσκευών στο διαδίκτυο, μεταδίδουν με χαμηλό ρυθμό δεδομένων και επιτυγχάνουν εποικοδομητική χρήση της μπαταρίας αφού χρησιμοποιούν ελάχιστη ενέργεια για να μεταδώσουν τα δεδομένα. Γενικότερα οι LPWA τεχνολογίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε : τεχνολογίες που χρησιμοποιούν ένα μη αδειοδοτημένο φάσμα(unlicenced spectrum) για την σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο και σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα(licence spectrum) για την σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο.

Οι τεχνολογίες LoRa και SigFox είναι δύο τεχνολογίες οι οποίες χρησιμοποιούν ένα μη αδειοδοτημένο φάσμα ως αποτέλεσμα το κόστος αγοράς να είναι μικρότερο λόγω χρήσης δωρεάν συχνοτήτων. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η μεγάλη κάλυψη (μέχρι και 100km+)που πραγματοποιείται μέσω της ανταλλαγής πακέτων . Η χρήση τους είναι κατάλληλη για συσκευές που δεν απαιτούν σύνδεση στο κινητό Δίκτυο. [1] Συγκριμένα είναι εναλλακτικές wifi λύσεις και χρησιμοποιούνται συνήθως για συσκευές που μεταδίδουν μικρό αριθμό δεδομένων και απαιτούν εξοικονόμηση της ενέργειας τους. Γενικότερα όταν οι συχνοτήτες σε ένα Δίκτυο είναι γειτονικές προκαλούνται παρεμβολές σε αυτό με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος σύνδεσης των συσκευών. Έτσι το μειονέκτημα που προκαλείται με τη χρήση των τεχνολογιών LoRa και SigFox είναι η πρόκληση παρεμβολών μεταξύ των

προκείμενων συσκευών αφού χρησιμοποιούν δωρεάν συχνότητες για μετάδοση των δεδομένων , ως αποτέλεσμα να μην γίνεται έλεγχος αποστάσεων μεταξύ των συχνοτήτων και έτσι να προκαλούνται παρεμβολές.

Αντιθέτως, οι τεχνολογίες NB-IoT , LTE-M, και EC-GSM-IoT χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα(licence spectrum) διασφαλίζοντας έτσι καλύτερη ποιότητα στη σύνδεση, μεγαλύτερη ασφάλεια και ιδιωτικότητα των δεδομένων όπως πραγματοποιείται με τις συνηθισμένες κινητές τεχνολογίες.Ένα κύριο χαρακτηριστικό των σημάτων είναι ότι αν εκπέμπονται σε διαφορετικές συχνότητες τότε μπορούν να συνυπάρξουν σε ένα δίκτυο χωρίς να προκαλούνται οποιεσδήποτε παρεμβολές σε αυτό. Συνεπώς τα σήματα που εκπέμπονται από αυτές τις τεχνολογίες αφού εκπέμπονται σε χαμηλές συχνότητες μπορούν να συνυπάρξουν με άλλα σήματα τα οποία εκπέμπονται σε υψηλότερες, διασφαλίζοντας έτσι την ακεραιότητα των σημάτων του Δικτύου. Οι τεχνολογίες δημιουργήθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να υποστηριχθούν από τα υπάρχον κυψελοειδή δίκτυα LTE και GSM και να μην είναι απαραίτητη η δημιουργία νέων δικτύων που θα ειδικεύονται σε αυτές. Συνεπώς αυτό επιτρέπει την γρήγορη εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών.

Η κάθε τεχνολογία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο χώρο του Διαδικτύου αφού μπορεί να συνδέσει εποικοδομητικά τις IoT συσκευές σε αυτό . Πέραν των κοινών τους χαρακτηριστικών οι τεχνολογίες έχουν δημιουργηθεί για διαφορετικές περιπτώσεις χρήσεις και έτσι διαθέτουν και κάποια διαφορετικά χαρακτηριστικά. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η κατανόηση των διαφορετικών χαρακτηριστικών τους ώστε να επιλέγεται η καταλληλότερη τεχνολογία σε κάθε περίπτωση.

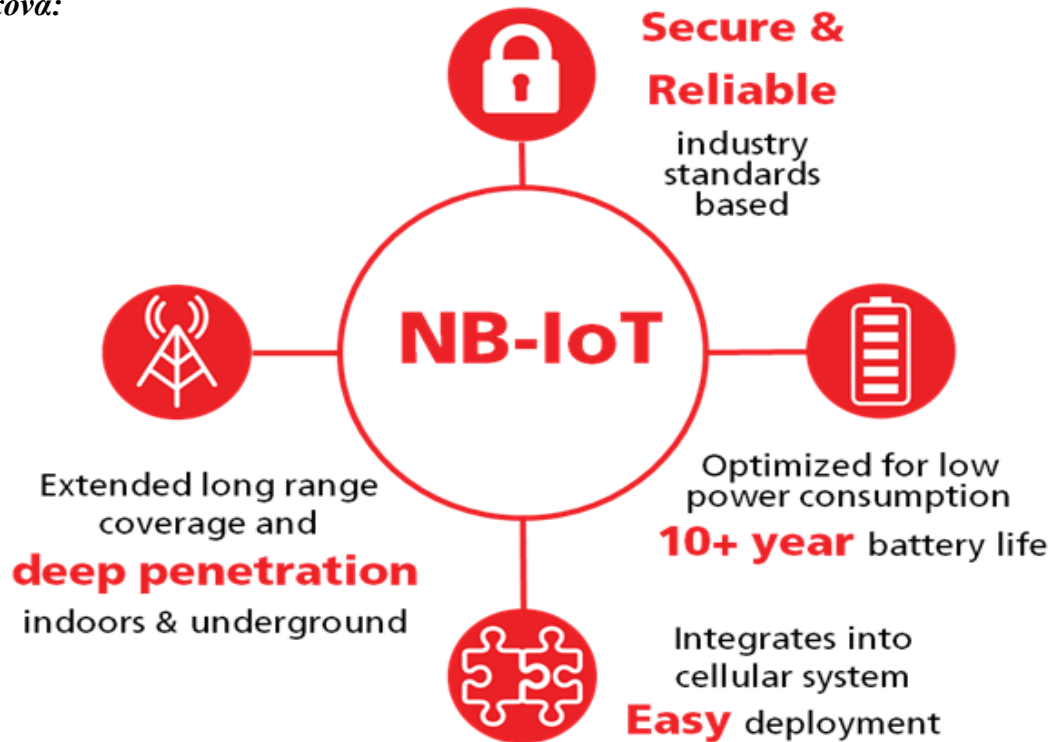
2.2 Βασικά χαρακτηριστικά της NB-IOT τεχνολογίας

Το Narrow Band Internet of things είναι μια Low Power Wide Area(LPWA) τεχνολογία η οποία δημιουργήθηκε από την 3GPP(3rd Generation Partnership Project) το καλοκαίρι του 2016 [2]. Σκοπός της ανάπτυξης της είναι η εποικοδομητική συνδεσιμότητα των IoT συσκευών. Τα βασικά χαρακτηριστικά της είναι:

- η χρήση χαμηλών συχνοτήτων η οποία έχει ως αποτέλεσμα τα σήματα να μπορούν να διανύσουν μια μεγάλη απόσταση και να διεισδύσουν μέσα από εμπόδια χωρίς να εξασθενήσουν
- η μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας όπου κυμαίνεται στα 10 περίπου χρόνια
- η ικανότητα υποστήριξης μέχρι 50 000 συσκευών σε κάθε κελί

- η διασφάλιση της ακεραιότητας και της ασφάλειας των δεδομένων με την χρήση ενός αδειοδοτημένου φάσματος (licence spectrum)
- η εύκολη εφαρμογή της σε υπάρχον κυψελοειδή δίκτυα
- το χαμηλό κόστος αγοράς
- η χρήση της από IoT συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες

Μερικά από τα θετικά χαρακτηριστικά της NB-IoT τεχνολογίας φαίνονται και στην πιο κάτω εικόνα:



Source: <https://www.u-blox.com/en/solution/technology/narrowband-iot-nb-iot>

Σχήμα 1.1: Θετικά Χαρακτηριστικά NB-IoT

Επεξήγηση χαρακτηριστικών:

Deep penetration & long range cover: (η χρήση χαμηλών συχνοτήτων έχει ως αποτέλεσμα τα σήματα να μπορούν να διανύσουν μια μεγάλη απόσταση και να διεισδύσουν μέσα από εμπόδια χωρίς να εξασθενήσουν):

Ραδιοκύματα χαμηλής συχνότητας παράγουν ένα μεγάλο μήκος κύματος κατά τη διάδοση τους, ως αποτέλεσμα να μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις καθώς και να διεισδύσουν μέσα από εμπόδια βιώνοντας ελάχιστη εξασθένιση. Έτσι, αφού η NB-IoT

χρησιμοποιεί χαμηλή συχνότητα, τα σήματα που εκπέμπονται χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αυτή έχουν το πλεονέκτημα να μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις καθώς και να μπορούν να διεισδύσουν μέσα από εμπόδια. Τα σήματα λόγω της ελάχιστης εξασθένισης τους διατηρούν την ακεραιότητα τους μέχρι τον τελικό προορισμό τους. Έτσι οι IoT συσκευές, συνδέονται επιτυχώς στο Διαδίκτυο ή παραμένουν συνδεδεμένες σε αυτό έστω και αν βρίσκονται βαθειά μέσα σε υπόγεια κτήρια ή μακριά από το Base Station.

10+ year battery-life(η ζωή της μπαταρίας κυμαίνεται στα 10 περίπου χρόνια):

Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις στις οποίες οι IoT συσκευές μεταδίδουν δεδομένα σε μη τακτική βάση, έτσι, η NB-IoT τεχνολογία αναπτύχθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να υποστηρίξει τις συσκευές αυτές προσφέροντας τους βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας. Αυτό διαφαίνεται στον τρόπο χρήσης της μπαταρίας σε συσκευές που είναι αδρανής ή σε λειτουργία. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την NB-IoT τεχνολογία και παραμένουν αδρανής για κάποιο χρονικό διάστημα εφαρμόζουν την λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας(power saving mode)παράγοντας ελάχιστη ενέργεια όταν δεν λειτουργούν. Όταν αυτές οι συσκευές τεθούν σε λειτουργία, λόγω χρήσης χαμηλών συχνοτήτων από το NB-IoT(γύρω στα 200KHz)έχουν ως αποτέλεσμα τα σήματα να εκπέμπονται με ελάχιστη ισχύ συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας των συσκευών. Έτσι, η ζωή της μπαταρίας είναι δυνατόν να διαρκέσει μέχρι και 10 χρόνια. Συνεπώς, με την χρήση της NB-IoT τεχνολογίας γίνεται εξοικονόμηση ενέργειας στις IoT συσκευές έτσι δεν καθίσταται αναγκαία η τακτική αλλαγή μπαταριών στις εκατομμύρια συσκευές που έχουν σκοπό να συνδεθούν στο Διαδίκτυο.

Secure & Reliable (διασφαλίζεται η ακεραιότητα και ασφάλεια των δεδομένων):

Η NB-IoT τεχνολογία χρησιμοποιεί αδειοδοτημένο φάσμα(licence spectrum) διασφαλίζοντας καλύτερη ποιότητα σύνδεσης, προστασία, ασφάλεια και ακεραιότητα των δεδομένων αφού πραγματοποιείται ταυτοποίηση συσκευών όπως γίνεται στις τρέχουσες κινητές τεχνολογίες. Οι συσκευές για να ενωθούν στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την τεχνολογία NB-IoT είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσουν μια sim card. Αφού γίνει ταυτοποίηση των συσκευών μέσω αυτής της sim card τότε θα επιτραπεί και η χρήση της υπηρεσίας.

Easy deployment(Η εύκολη εφαρμογή της σε υπάρχον κυψελοειδή δίκτυα):

Έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να λειτουργεί σε τρέχον κυψελοειδή δίκτυα, όπως το GSM και το LTE. Λόγω των χαμηλών συχνοτήτων που χρησιμοποιεί, οι οποίες

κυμαίνονται γύρω στα 200KHz μπορεί να χρησιμοποιείται παράλληλα με τα τρέχον κινητά δίκτυα(2G,3G,4G τα οποία χρησιμοποιούν υψηλότερες συχνότητες), χωρίς να προκαλούνται οποιεσδήποτε παρεμβολές στο δίκτυο. Έτσι δεν είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός νέου δικτύου ειδικευόμενου σε αυτές. Ως απόρροια μπορεί να γίνει εύκολα και γρήγορα η εφαρμογή της.

Η ικανότητα υποστήριξης μέχρι 50 000 συσκευών σε κάθε κελί:

Η NB-IoT τεχνολογία μπορεί να υποστηρίξει μεγάλο πλήθος συσκευών σε κάθε κελί. Μπορεί να υποστηρίξει την σύνδεση μέχρι και 50 000 συσκευών ανά κελί χωρίς να υπάρχει οποιαδήποτε παρεμβολή με άλλες τεχνολογίες.

Το χαμηλό κόστος αγοράς:

Η NB-IoT τεχνολογία χρησιμοποιεί απλούστερο modulation και demodulation (QPSK στο downlink και BPSK ή QPSK στο uplink). Ακόμη χρησιμοποιεί απλούστερες μεθόδους κωδικοποίησης ώστε να μειώσει τις απαιτήσεις τόσο στη μνήμη όσο και στον επεξεργαστή.[3]Για το ανέβασμα και κατέβασμα των δεδομένων χρησιμοποιεί την τεχνική half-duplex mode όπου επιτρέπει μια από τις δύο ενέργειες κάθε φορά και προσφέρει μεγαλύτερη απλότητα στην υλοποίηση. Έτσι τα NB-IoT chips είναι ευκολότερο να δημιουργηθούν και ως αποτέλεσμα έχουν μικρό κόστος αγοράς.

Η χρήση της από IoT συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες:

Λόγω του χαμηλού transmission power που χρειάζεται για τη μετάδοση των δεδομένων(20/23dBm) η NB-IoT τεχνολογία είναι εφικτό να χρησιμοποιείται από συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες.

2.3 Τρόπος λειτουργίας της NB-IoT τεχνολογίας

Η NB-IoT τεχνολογία όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιεί ένα αδειοδοτημένο φάσμα και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να λειτουργεί σε τρέχον κυψελοειδή δίκτυα, όπως το GSM και το LTE. Γενικότερα για να μπορέσει να συνδεθεί στο διαδίκτυο μια συσκευή είναι απαραίτητο να συνδεθεί σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, η οποία ονομάζεται carrier frequency. Ανάλογα με τη συχνότητα που συνδέεται χρησιμοποιεί και την αντίστοιχη τεχνολογία. Για να επιτευχθεί ταυτόχρονη σύνδεση πολυάριθμων συσκευών χρησιμοποιούνται κάποιες τεχνικές πολύπλεξης οι οποίες διαφέρουν σε κάθε τεχνολογία. Συγκεκριμένα η χρήση της NB-IoT από ένα πλήθος συσκευών παρέχεται με 3 διαφορετικούς τρόπους αναλόγως με τη σύνδεση της σε GSM ή LTE δίκτυο.

Οι τρόποι διαφαίνονται στην πιο κάτω εικόνα:



Source: <https://www.rfpage.com/specifications-and-applications-of-narrow-band-iot/>

Σχήμα 1.2: Χρήση της NB-IoT τεχνολογίας από πλήθος συσκευών ανάλογα με το Δίκτυο που συνδέεται

Αν λειτουργεί μέσω του LTE τότε το φάσμα-συχνότητα(spectrum) παρέχεται στις IoT συσκευές με ένα από τους δύο ακόλουθους τρόπους:

In-band operation: Για κάθε συσκευή που συνδέεται δίνεται ένα καινούργιο resource block με όση συχνότητα είναι απαραίτητη για την κατάλληλη λειτουργία μέσω της NB-IoT τεχνολογίας.

Guard operation: Γενικότερα το guard band είναι ένα αχρησιμοποίητο τμήμα του ραδιοφάσματος (φάσμα που παρέχεται για δέσμευση από τις συσκευές) που έχει ως σκοπό να αποτραπούν οι οποιεσδήποτε παρεμβολές, διασφαλίζοντας την ακεραία ποιότητα της σύνδεσης. Έχει σκοπό να εξασφαλίσει την ταυτόχρονη μετάδοση δεδομένων από πλήθος συσκευών χωρίς να υπάρξουν παρεμβολές. Αυτό το αχρησιμοποίητο τμήμα παρέχεται στις συσκευές που χρησιμοποιούν την NB-IoT τεχνολογία.

Αν λειτουργεί μέσω του GSM τότε το φάσμα-συχνότητα(spectrum) παρέχεται στις IoT συσκευές ως ακολούθως:

Stand-alone operation: Το GSM χρησιμοποιεί το TDMA για την ταυτόχρονη χρήση του φάσματος από τις συσκευές. Το TDMA επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση συσκευών στη

συγκεκριμένη συχνότητα η οποία παρέχεται από τους μεταφορείς(carriers), διαχωρίζοντας την χρήση της σε χρονοθυρίδες(time slots). Συνεπώς αν η NB-IoT χρησιμοποιήσει το GSM η χρήση της θα διαχωριστεί με βάση τον χρόνο. Έτσι αν χιλιάδες συσκευές που χρησιμοποιούν την NB-IoT τεχνολογία συνδεθούν στο GSM δίκτυο θα γίνει διαχωρισμός σε timeslots και θα έχει ως αποτέλεσμα την ταυτόχρονη χρήση του φάσματος χωρίς την πρόκληση οποιοδήποτε παρεμβολών.

Αφού γίνει η ταυτοποίηση των συσκευών μέσω της sim card που χρησιμοποιούν για την σύνδεση τους στο Διαδίκτυο ακολούθως θα επιτραπεί η χρήση των υπηρεσιών του Δικτύου. Με βάση το Δίκτυο που έχουν συνδεθεί (LTE ή GSM) γίνεται ο κατάλληλος διαχωρισμός για χρήση της NB-IoT τεχνολογίας από πλήθος συσκευών με ένα από τους τρεις πιο πάνω τρόπους που περιγράφηκαν. Στις συσκευές θα δοθούν συχνότητες για downlink και uplink δεδομένων οι οποίες υπολογίζονται με κάποιες τεχνικές πολύπλεξης . Αναλόγως με την κάθε τεχνολογία χρησιμοποιούνται συγκεκριμένες συχνότητες για ανέβασμα δεδομένων. Για το κατέβασμα των δεδομένων οι συχνότητες που θα δοθούν καθορίζονται από το BS (Base Station). Συγκεκριμένα η συνολική συχνότητα που απαιτείται από την NB-IoT τεχνολογία για ανέβασμα και κατέβασμα δεδομένων είναι 180kHz.Γενικότερα αν η τεχνολογία χρησιμοποιεί full duplex mode τότε επιτρέπεται ταυτόχρονο ανέβασμα και κατέβασμα των δεδομένων , αν όμως χρησιμοποιεί half-duplex mode τότε επιτρέπει ένα από τα δύο κάθε φορά. Για το uplink και downlink η NB-IoT τεχνολογία χρησιμοποιεί FDD half-duplex mode ,δηλαδή δεν μπορούν να ανεβάζονται και να κατεβάζονται δεδομένα ταυτόχρονα. Μεταξύ ανεβάσματος και κατεβάσματος δεδομένων υπάρχει ένα προστατευτικό υποπλαίσιο το οποίο παρέχει αρκετό χρόνο ώστε να πραγματοποιηθεί αυτή η αλλαγή και να μην υπάρξουν παρεμβολές. Αξιοσημείωτο είναι ότι η NB-IoT τεχνολογία έχει κάποια παρόμοια χαρακτηριστικά με την γνωστή LTE τεχνολογία. Οι δύο τεχνολογίες χρησιμοποιούν την τεχνική πολύπλεξης OFDMA για downlink και την τεχνική πολύπλεξης SC-FDMA για uplink. Συγκεκριμένα στην NB-IoT στέλλονται 250kbps στο downlink και στο uplink :250kbps αν είναι multi-tone δηλαδή αν ανεβάζονται παράλληλα δεδομένα , ή 20kbps αν είναι single-tone,αν ανεβάζονται σειριακά τα δεδομένα.

Χρήση OFDMA για downlink:

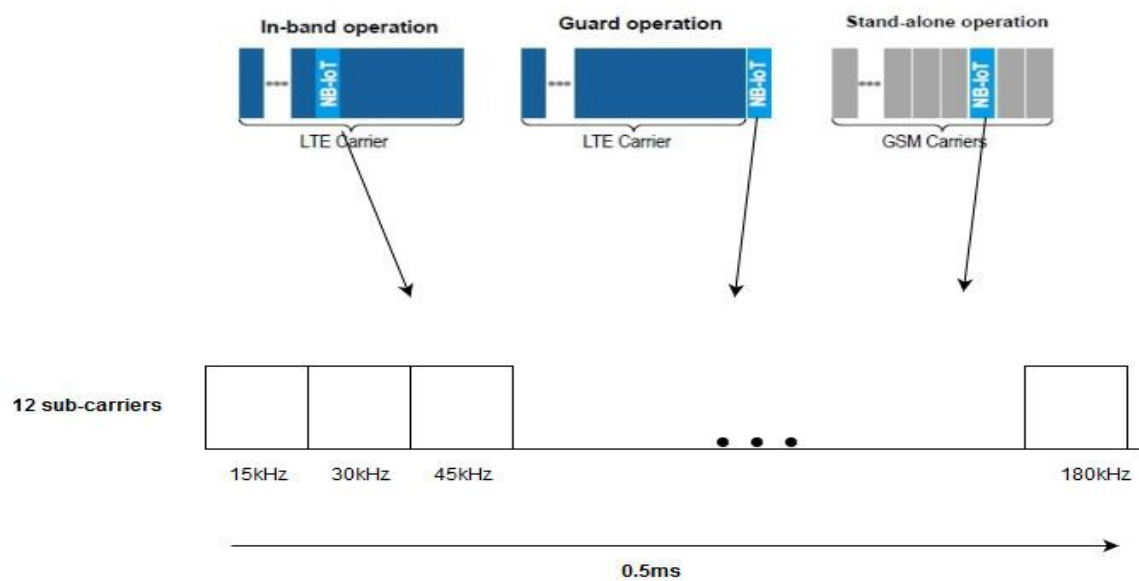
Η συγκεκριμένη τεχνική πολύπλεξης όπως προαναφέρθηκε χρησιμοποιείται στις δύο τεχνολογίες NB-IOT και LTE. Με την OFDMA τεχνική μπορεί να πραγματοποιηθεί ταυτόχρονο κατέβασμα δεδομένων από πλήθος συσκευών με την αποστολή των δεδομένων σε διάφορα κανάλια. Τα δεδομένα στέλλονται παράλληλα χρησιμοποιώντας κανάλια διαφορετικών συχνοτήτων(sub-carriers). Η αποφυγή οποιασδήποτε παρεμβολής μεταξύ των

καναλιών γίνεται με το να είναι (orthogonal) μεταξύ τους. Συγκεκριμένα στην NB-IoT τεχνολογία χρησιμοποιούνται 12 κανάλια που το καθένα έχει απόσταση 15kHz και η συνολική συχνότητα των καναλιών κυμαίνεται στα 180kHz.

Χρήση SC-FDMA για uplink:

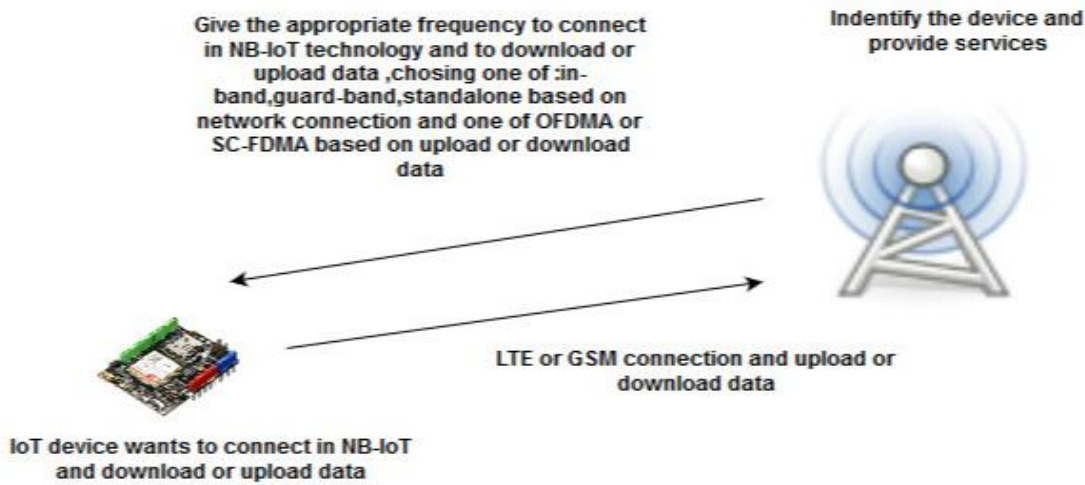
Η NB-IOT τεχνολογία στο ανέβασμα των δεδομένων υποστηρίζει τις τεχνικές multi-tone και single-tone. Στην τεχνική multi-tone ανεβάζονται παράλληλα δεδομένα ενώ στην τεχνική single-tone ανεβάζονται σειριακά τα δεδομένα. Αν χρησιμοποιηθεί το multi-tone τότε για το ανέβασμα των δεδομένων θα χρησιμοποιηθούν 12 κανάλια που το καθένα θα έχει απόσταση 15kHz και η συνολική συχνότητα των καναλιών θα είναι 180kHz. Αν χρησιμοποιηθεί single-tone τότε είτε θα χρησιμοποιηθούν 12 κανάλια με απόσταση 15kHz είτε θα χρησιμοποιηθούν 48 κανάλια με 3.75 kHz απόσταση.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνονται τα 12 διαφορετικά κανάλια που θα χρησιμοποιηθούν (12 sub-carriers) με 15kHz guard space:



Σχήμα 1.3: Αποστολή παράλληλων δεδομένων χρησιμοποιώντας 12 κανάλια με 15kHz guard space

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται περιεκτικά πως πραγματοποιείται η σύνδεση στην NB-IoT τεχνολογία:



Σχήμα 1.4: Συνοπτική σύνδεση συσκευών χρησιμοποιώντας την NB-IOT τεχνολογία

Ένα άλλο βασικό χαρακτηριστικό της NB-IoT τεχνολογίας είναι η βέλτιστη εξοικονόμηση της μπαταρίας η οποία επιτυγχάνεται με τους ακόλουθους τρόπους:

- ✓ εκπέμπει σε χαμηλές συχνότητες έτσι χρειάζεται ελάχιστη ισχύ για να μεταδώσει τα δεδομένα γύρω στα 20/23dBm.
- ✓ Χρησιμοποιεί τη λειτουργία εξοικονόμησης ενέργειας- PSM(power saving mode). Δηλαδή οι συσκευές απενεργοποιούνται, δεν πραγματοποιούν οποιαδήποτε λειτουργία, όμως παραμένουν συνδεδεμένες στο Διαδίκτυο και μπορούν οποιαδήποτε στιγμή να ενεργοποιηθούν ξανά και να συνεχίσουν την αποστολή δεδομένων[4].
- ✓ Χρησιμοποιούν τη λειτουργία eDRX(extended discontinuous reception).Οι συσκευές βρίσκονται σε μια αδρανής κατάσταση για μια χρονική περίοδο, ενεργοποιούνται περιοδικά προτού απενεργοποιηθούν ολοκληρωτικά για να λάβουν πιθανά εισερχόμενα δεδομένα από το Δίκτυο.[4]
- ✓ Το cell handover γίνεται καθώς η συσκευή είναι αδρανής με αποτέλεσμα να χρειάζονται λιγότεροι υπολογισμοί για την επιλογή του κοντινότερου cell και έτσι να επιτευχθεί ακόμη περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας.

Γενικότερα η μετάδοση και η λήψη των σημάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω ενός ή περισσότερων αντενών χρησιμοποιώντας δηλαδή μια από τις δύο τεχνικές SISO ή MIMO. Η τεχνική SISO (Single Input Single Output) χρησιμοποιεί μια μόνο αντένα τόσο για την διάδοση όσο και για την λήψη σημάτων. Η τεχνική MIMO (Multiple Input Multiple Output) χρησιμοποιεί πολλαπλές αντένες για την διάδοση και λήψη των σημάτων ως αποτέλεσμα να επιτυγχάνει υψηλότερο ρυθμό δεδομένων. Η NB-IoT τεχνολογία χρησιμοποιεί την τεχνική SISO η οποία ικανοποιεί τις ανάγκες μετάδοσης και λήψης σημάτων. Επιπρόσθετα, ο χρόνος είναι ένας σημαντικός παράγοντας για τις συσκευές και συγκεκριμένα για αισθητήρες που ανιχνεύουν κάποιες αλλαγές και χρειάζονται να τις στέλλουν το γρηγορότερο δυνατό. Οι συσκευές που συνδέονται με την NB-IoT τεχνολογία μπορούν να πραγματοποιήσουν αυτή τη σύνδεση σε δευτερόλεπτα. Συγκεκριμένα, χρειάζονται περίπου 1.6 με 10 δευτερόλεπτα για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση τους. Ακόμη, λόγω των χαμηλών συχνοτήτων η NB-IoT τεχνολογία δεν μπορεί να υποστηρίξει την υπηρεσία VoIP (μετάδοση φωνής) η οποία χρειάζεται υψηλότερες συχνότητες για να διαδοθεί.

Στον πιο κάτω πίνακα φαίνεται η λεπτομερής περιγραφή της NB-IoT τεχνολογίας:

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά NB-IoT τεχνολογίας

2.4 Εναλλακτικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα: LTE-M και EC-GSM-IoT

LTE-M:

Deployment	In Band LTE, LTE Guard Band, GSM standalone
Downlink and uplink rate	250kbps and (250kbps multi-tone, 20kbps single-tone)
Downlink Modulation	OFDMA
Uplink Modulation	SC-FDMA
Latency	1.6-10s
Number of antennas	1
Duplex mode	Half duplex and FDD
Device Receive Bandwidth	180kHz
Receive chains	(SISO)
Device Transmit Power	20/23dBm
Power Saving mode	PSM, eDRX
Voice	Voice not supported
Mobility	Cell reselection only

Η τεχνολογία LTE-M είναι μια LPWA μια Low Power Wide Area(LPWA) η οποία δημιουργήθηκε από την 3GPP(3rd Generation Partnership Project) όπως και η NB-IoT. Το κοινό χαρακτηριστικό των δύο τεχνολογιών είναι η επικοινωνιακή συνδεσιμότητα των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο και η γρήγορη εφαρμογή τους αφού μπορούν να λειτουργούν στα τρέχον κυψελοειδή Δίκτυα.. Η LTE-M τεχνολογία σχεδιάστηκε ώστε να μπορεί να συνδεθεί μόνο στο LTE Δίκτυο. Χρησιμοποιεί ένα μεγαλύτερο εύρος ζώνης σε σύγκριση με τις άλλες IoT τεχνολογίες , υποστηρίζει τη μεταφορά φωνής(voice) και την κινητικότητα(mobility), δηλαδή καθώς η συσκευή κινείται γίνεται διαχείριση της μεταφοράς της από το ένα BS σε ένα άλλο. Για το uplink και downlink των δεδομένων υποστηρίζει δύο λειτουργίες : Full Duplex mode και Half Duplex mode. Αν χρησιμοποιήσει το Full Duplex mode τότε τα δεδομένα μπορούν να ανεβάζονται και να κατεβάζονται ταυτόχρονα ενώ αν χρησιμοποιεί Half Duplex mode πραγματοποιείται ένα από τα δύο κάθε φορά. Η ταχύτητα που χρησιμοποιεί για uplink και downlink κυμαίνεται στα 1 Mbps. Λόγω χρήσης μεγάλου εύρους ζώνης επιτυγχάνει γρήγορη σύνδεση των συσκευών στο Διαδίκτυο η οποία διαρκεί μόνο 10-15ms.Μια συσκευή η οποία χρησιμοποιεί την LTE-M καταναλώνει μόνο 20 / 23 dBm, αφού χρησιμοποιεί PSM(power saving mode) και eDRX(extended discontinuous reception) ως αποτέλεσμα να αυξάνεται η ζωή της μπαταρίας. Ακόμη ,η LTE-M τεχνολογία χρησιμοποιεί την τεχνική SISO η οποία χρειάζεται μόνο μια αντένα για τη μετάδοση και λήψη σημάτων.

Στο πιο κάτω πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά της LTE-M τεχνολογίας:

Πίνακας 2 : Χαρακτηριστικά LTE-M τεχνολογίας

Deployment	In LTE
Downlink and uplink rate	1 Mbps
Latency	10-15ms
Number of antennas	1
Duplex mode	Both full and half duplex
Device Receive Bandwidth	1.4MHz
Receive chains	(SISO)
Device Transmit Power	20/23dB
Power Saving mode	PSM, eDRX
Voice	Supported

EC-GSM-IoT:

Η τεχνολογία EC-GSM-IoT είναι μια Low Power Wide Area(LPWA) τεχνολογία η οποία δημιουργήθηκε από την 3GPP(3rd Generation Partnership Project) . Όπως και οι τεχνολογίες NB-IoT και LTE-M έτσι και η EC-GSM-IoT έχει δημιουργηθεί ώστε να

πραγματοποιήσει την επικοινωνιακή σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο. Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει σχεδιαστεί ώστε να μπορεί να συνδεθεί μόνο στο GSM δίκτυο έτσι είναι κατάλληλη για χώρες που έχουν ισχυρή κάλυψη 2G. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας είναι ότι υποστηρίζει τη μεταφορά φωνητικών δεδομένων για αυτό χρησιμοποιεί μεγαλύτερες συχνότητες οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την γρήγορη σύνδεση των συσκευών(700ms-2s). Για το ανέβασμα και κατέβασμα δεδομένων μέσω της τεχνολογίας χρησιμοποιείται η λειτουργία Half Duplex mode, η οποία επιτρέπει μια από τις δύο ενέργειες κάθε φορά. Για την λήψη και μετάδοση των σημάτων χρησιμοποιούνται από μια έως δύο αντένες. Λόγω της ελάχιστης ισχύς που χρησιμοποιείται για μετάδοση των δεδομένων(23/33dBm) και λόγω της χρήσης PSM και eDRX αυξάνεται η ζωή της μπαταρίας των συσκευών.

Στο πιο κάτω πίνακα φαίνονται τα χαρακτηριστικά της EC-GSM-IoT τεχνολογίας:

Πίνακας 3 : Χαρακτηριστικά EC-GSM-IOT τεχνολογίας

Deployment	In GSM
Downlink and uplink rate	74kbps and 240kbps
Latency	700ms-2s
Number of antennas	1-2
Duplex mode	half duplex
Device Receive Bandwidth	200kHz
Receive chains	1-2
Device Transmit Power	23/33dBm
Power Saving mode	PSM, eDRX
Voice	Supported

Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα για τη σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο:

Πίνακας 4 : Συνοπτικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών που χρησιμοποιούν license spectrum

Technology	NB-IoT	LTE-M	EC-GSM-IoT
Deployment	Both in LTE and GSM	In LTE	In GSM
Downlink and uplink rate	250kbps and (250kbps multi-tone, 20kbps single-tone)	1 Mbps	74kbps and 240kbps
Latency	1.6-10s	10-15ms	700ms-2s
Number of antennas	1	1	1-2
Duplex mode	Half duplex and FDD	Both full and half duplex	half duplex
Device Receive Bandwidth	180kHz	1.4MHz	200kHz
Receive chains	(SISO)	(SISO)	1-2

Device Transmit Power	20/23dBm	20/23dB	23/33dBm
Power Saving mode	PSM, eDRX	PSM, eDRX	PSM, eDRX
Voice	Not Supported	Supported	Supported

2.5 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μη αδειοδοτημένο φάσμα: LoRa και SigFox

LoRa:

Η τεχνολογία LoRa είναι μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί unlicensed spectrum και συγκεκριμένα χρησιμοποιεί δωρεάν συχνότητες για τη μετάδοση των δεδομένων. Είναι μια εναλλακτική wifi τεχνολογία η οποία χρησιμοποιείται για συσκευές που μεταδίδουν μικρό αριθμό δεδομένων. Ένα μεγάλο πλεονέκτημα της τεχνολογίας είναι η μεγάλη κάλυψη (coverage) της όπου κυμαίνεται στα 100km+ και αυτό επιτυγχάνεται με την αναμετάδοση των πακέτων. Όμως λόγω της χρήσης του μη αδειοδοτημένου φάσματος υπάρχουν και κάποια αρνητικά στην τεχνολογία αυτή. Η ποιότητα σύνδεσης δεν είναι τόσο καλή όσο σε συσκευές που χρησιμοποιούν τεχνολογίες με αδειοδοτημένο φάσμα[5]. Αυτό πραγματοποιείται λόγω της χρήσης δωρεάν συχνοτήτων και συνεπώς στην δυσκολία ελέγχου τους. Γενικότερα όταν χρησιμοποιούνται ίδιες ή γειτονικές συχνότητες για τη μετάδοση των σημάτων, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχουν παρεμβολές και συνεπώς ο δέκτης να μην μπορεί να ερμηνεύσει τα σήματα που λαμβάνει. Οι συσκευές που χρησιμοποιούν την τεχνολογία LoRa αφού χρησιμοποιούν δωρεάν συχνότητες για να μεταδώσουν τα δεδομένα χωρίς να ελέγχονται, πιθανό να βιώσουν παρεμβολές με άλλες συσκευές που χρησιμοποιούν προκείμενες συχνότητες. Έτσι, ο χρόνος που χρειάζονται για να συνδεθούν στο διαδίκτυο όταν υπάρχουν παρεμβολές αυξάνεται. Η τεχνολογία για περισσότερη ασφάλεια των δεδομένων κρυπτογραφεί τα πακέτα προτού τα στείλει χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο κρυπτογράφησης AES128. Οποιοσδήποτε θέλει να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία αυτή είναι απαραίτητο να χρησιμοποιήσει ένα gateway το οποίο θα συνδέεται στο LoRaWAN network.

SigFox:

Η τεχνολογία SigFox όπως και η LoRa είναι μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί ένα μη αδειοδοτημένο φάσμα και έτσι υπάρχει η δυνατότητα χρήσης κάποιων δωρεάν συχνοτήτων. Χρησιμοποιεί ένα πολύ μικρό εύρος ζώνης γύρω στα 100bps και έχει ως αποτέλεσμα την βέλτιστη εξοικονόμηση της μπαταρίας και ακόμη περισσότερη κάλυψη(coverage) σε σύγκριση με την LoRa τεχνολογία. Η SigFox χρησιμοποιείται κυρίως για συσκευές που δεν χρειάζονται εγγυημένη ποιότητα σύνδεσης ή για συσκευές που ανεβάζουν μικρό αριθμό δεδομένων. Συγκεκριμένα στην τεχνολογία υπάρχει περιορισμός στα μηνύματα που μπορεί

να ανεβάσει και ο αριθμός των επιτρεπτών μηνυμάτων κυμαίνεται στα 140 την ημέρα.[5]. Το κατέβασμα των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο μετά από κάποιο ανέβασμα και επιτρέπεται η λήψη τεσσάρων μόνο μηνυμάτων.[5]. Για την επιβεβαίωση αποστολής των μηνυμάτων δεν λαμβάνονται acknowledge messages. Η εναλλακτική επιβεβαίωση της αποστολής πραγματοποιείται στέλνοντας το μήνυμα αρκετές φορές (εξ ορισμού τρεις φορές) σε διαφορετικά κανάλια συχνοτήτων τα οποία επιλέγονται τυχαία[5]. Υπάρχουν συνολικά 360 κανάλια συχνοτήτων τα οποία μπορεί να επιλεγούν για να σταλούν τα δεδομένα. Λόγω των τυχαίων αυτών συχνοτήτων που χρησιμοποιούνται προκαλούνται παρεμβολές με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο χρόνος σύνδεσης των συσκευών.

2.6 (NB-IoT vs LTE-M vs EC-GSM-IoT)vs (LoRa vs SigFox)

Οι τεχνολογίες NB-IoT ,LTE-M , EC-GSM-IoT LoRa και SigFox είναι LPWA τεχνολογίες οι οποίες αναπτύχθηκαν με ένα κοινό σκοπό: την επικοινωνιακή σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο. Οι τεχνολογίες διαθέτουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά όπως τη χρήση ενός χαμηλού εύρους ζώνης και την βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας με τη μετάδοση των δεδομένων σε χαμηλή ισχύ. Όπως προαναφέρθηκε οι τεχνολογίες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα και σε τεχνολογίες που χρησιμοποιούν μη αδειοδοτημένο φάσμα για τη σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο. Η χρήση ενός μη αδειοδοτημένου φάσματος από τις τεχνολογίες LoRa και SigFox έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση παρεμβολών στο δίκτυο με αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου σύνδεσης των συσκευών και την μη εγγυημένη ποιότητα σύνδεσης. Όμως επιτυγχάνουν μια μεγαλύτερη κάλυψη(coverage) και έχουν χαμηλότερο κόστος αγοράς σε σύγκριση με τις άλλες τεχνολογίες. Για να χρησιμοποιηθούν είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός νέου Δικτύου από τον κάτοχο των IoT συσκευών. Αντιθέτως η χρήση αδειοδοτημένου φάσματος από τις τεχνολογίες NB-IoT ,LTE-M και EC-GSM-IoT έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα σύνδεσης ,την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των δεδομένων. Οι τρεις αυτές τεχνολογίες σχεδιάστηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να εφαρμοστούν άμεσα. Ο τρόπος με τον οποίο επιτυγχάνεται αυτό είναι η χρησιμοποίηση των τρέχων κυψελοειδών δικτύων GSM και LTE.

Πέραν των κοινών τους χαρακτηριστικών η κάθε μια τεχνολογία διαφέρει και έχει σχεδιαστεί για κάποιες συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης. Ανάλογα με το σκοπό χρήσης των IoT

συσκευών επιλέγεται η κατάλληλη τεχνολογία για να πραγματοποιήσει την σύνδεση τους στο Διαδίκτυο.

- Συσκευές που δεν χρειάζεται να συνδεθούν στα κινητά Δίκτυα μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες LoRa ή SigFox αναλόγως με την περίπτωση χρήσης. Απαραίτητη όμως προϋπόθεση για να επιτευχθεί η χρήση οποιασδήποτε από τις δύο τεχνολογίες είναι η δημιουργία ενός νέου Δικτύου. Αν σκοπός είναι η μέγιστη κάλυψη, το ελάχιστο κόστος και η αποστολή συγκεκριμένου αριθμού μηνυμάτων από τις συσκευές (λιγότερα από 140 την ημέρα) τότε μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία SigFox . Σε περίπτωση που ο σκοπός είναι να στέλλουν απεριόριστα μηνύματα και να έχουν επιπλέον ασφάλεια μέσω κρυπτογράφησης των πακέτων, τότε καταλληλότερο είναι να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία LoRa.
- Συσκευές που είναι στατικές ,δεν κάνουν αναμετάδοση δεδομένων, είναι διασκορπισμένες σε διάφορες περιοχές και σκοπός τους είναι να στέλλουν τις ενδείξεις που λαμβάνουν από τους αισθητήρες καταλληλότερο είναι να χρησιμοποιήσουν την NB-IoT τεχνολογία για τους ακόλουθους λόγους:
 - ✓ Προκαλούνται ελάχιστες παρεμβολές με τη χρήση της τεχνολογίας και έτσι χρειάζονται ελάχιστο χρόνο για να συνδεθούν σε σύγκριση με τις τεχνολογίες LoRa και SigFox που βιώνουν περισσότερες παρεμβολές και οι συσκευές που τις χρησιμοποιούν χρειάζονται περισσότερο χρόνο για να συνδεθούν.
 - ✓ Χρησιμοποιεί τις μικρότερες συχνότητες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα για τη μετάδοση δεδομένων , με αποτέλεσμα να προσφέρει μεγαλύτερη κάλυψη των σημάτων και περισσότερη εξοικονόμηση στην μπαταρία. Οι συσκευές αυτές δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες LTE-M ή EC-GSM-IoT οι οποίες εκπέμπουν σε υψηλότερες συχνότητες από την NB-IoT αφού υποστηρίζουν μετάδοση φωνητικών δεδομένων.
 - ✓ Μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα σε οποιαδήποτε χώρα αφού λειτουργεί και στο GSM και στο LTE δίκτυο σε σύγκριση με τις τεχνολογίες LTE-M και EC-GSM-IoT οι οποίες λειτουργούν μόνο στο LTE ή GSM δίκτυο αντίστοιχα και σε σύγκριση με τις τεχνολογίες LoRa και SigFox οι οποίες απαιτούν τη δημιουργία νέου Δικτύου.

- Αντιθέτως συσκευές που χρειάζονται αναμετάδοση δεδομένων (π.χ video) και χρειάζονται να μεταφέρουν φωνητικά δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιήσουν LTE-M ή EC-GSM-IoT αφού οι υπόλοιπες τεχνολογίες δεν υποστηρίζουν την αναμετάδοση αυτή. Η επιλογή ανάμεσα στις δύο αυτές τεχνολογίες θα εξαρτηθεί από την χώρα στην οποία βρίσκονται και στο Δίκτυο το οποίο υποστηρίζει: GSM ή LTE. Αν υποστηρίζει μόνο το GSM τότε θα επιλεγεί η EC-GSM-IoT διότι η LTE-M λειτουργεί μόνο σε LTE δίκτυο. Σε περίπτωση που υποστηρίζει και τα δύο Δίκτυα τότε η επιλογή της LTE-M είναι καλύτερη για τους ακόλουθους λόγους:

- ✓ Η σύνδεση στο Διαδίκτυο πραγματοποιείται σε 10-15ms σε σύγκριση με την EC-GSM-IoT η οποία πραγματοποιείται σε 700ms-2s. Η γρήγορη σύνδεση των συσκευών είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ειδικά για συσκευές που πρέπει να μεταδώσουν γρήγορα τα δεδομένα που λαμβάνουν από τους αισθητήρες.
- ✓ Υποστηρίζει και τις δύο λειτουργίες Full Duplex mode και Half Duplex mode σε σύγκριση με την EC-GSM-IoT η οποία υποστηρίζει μόνο half duplex mode .Αν χρησιμοποιήσει την λειτουργία Full Duplex mode τότε τα δεδομένα μπορούν να ανεβάζονται και να κατεβάζονται ταυτόχρονα.
- ✓ Η LTE-M χρειάζεται 20/23dBm για την μετάδοση των δεδομένων ενώ η EC-GSM-IoT χρειάζεται 23/33 dBm. Έτσι αν χρησιμοποιηθεί η LTE-M θα επιτευχθεί περισσότερη εξοικονόμηση της μπαταρίας λόγω λιγότερης ισχύς για μετάδοση των δεδομένων.

Στον πιο κάτω πίνακα φαίνονται μερικά χαρακτηριστικά των IoT τεχνολογιών:

Πίνακας 5 : Συνοπτικά χαρακτηριστικά τεχνολογιών που δημιουργήθηκαν για την υποστήριξη των IoT συσκευών

<u>Technology</u>	<u>NB-IoT</u>	<u>LTE-M</u>	<u>EC-GSM-IOT</u>	<u>SigFox</u>	<u>LoRa</u>
<u>Bandwidth</u>	180KHZ	1.4MHz	200kHz	100HZ	250kH and 125 KH
<u>Interference</u>	Very Low	Very Low	Very Low	Very High	Very High
<u>Duplex mode</u>	Half Duplex	Both Full and Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex	Half Duplex

<u>Max messages per Day</u>	Unlimited	Unlimited	Unlimited	140 (UL), 4 (DL)	Unlimited
<u>Deployment</u>	LTE and GSM	LTE	GSM	Unlicensed ISM bands (868 MHz in Europe, 915 MHz in North America, and 433 MHz in Asia)	Unlicensed ISM bands (868 MHz in Europe, 915 MHz in North America, and 433 MHz in Asia)
<u>Voice</u>	Not Supported	Supported	Supported	Not Supported	Not Supported

2.7 Επιλογή της NB-IoT για την διπλωματική εργασία

Στην παρούσα διπλωματική εργασία χρησιμοποιούνται IoT συσκευές οι οποίες λειτουργούν περιοδικά και έχουν ως κύριο σκοπό να στέλνουν τις ενδείξεις που λαμβάνουν από τους αισθητήρες που είναι συνδεδεμένοι με αυτές. Απαραίτητο είναι να επιλεγεί και να χρησιμοποιηθεί μια τεχνολογία η οποία θα καλύπτει πλήρως τις ανάγκες συνδεσιμότητας των συσκευών. Η τεχνολογία NB-IoT κρίθηκε ως η καταλληλότερη για τον σκοπό της διπλωματικής για τους πιο κάτω λόγους:

- ✓ Είναι μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί αδειοδοτημένο φάσμα για τη σύνδεση των IoT συσκευών στο Διαδίκτυο σε σύγκριση με τις τεχνολογίες LoRa και SigFox οι οποίες χρησιμοποιούν ένα μη αδειοδοτημένο φάσμα. Έτσι με την NB-IoT διασφαλίζεται η ακεραιότητα, ασφάλεια και ποιότητα των δεδομένων αφού γίνεται ταυτοποίηση των συσκευών προτού δοθεί η άδεια για χρήση της υπηρεσίας. Ακόμη, δεν προκαλούνται οποιεσδήποτε παρεμβολές αφού χρησιμοποιεί συγκεκριμένες συχνότητες για μετάδοση των δεδομένων.
- ✓ Η NB-IoT τεχνολογία μεταδίδει σε χαμηλότερες συχνότητες σε σύγκριση με τις άλλες δύο τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα, έτσι διασφαλίζεται η ισχυρότερη κάλυψη και η μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας. Οι συσκευές αφού δεν πραγματοποιούν αναμετάδοση δεδομένων δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν τις τεχνολογίες LTE-M ή EC-GSM-IoT οι οποίες εκπέμπουν σε υψηλότερες συχνότητες από την NB-IoT λόγω της υποστήριξης μετάδοσης φωνητικών δεδομένων. Βασικό είναι να επιτευχθεί όσο το δυνατό περισσότερη εξοικονόμηση ενέργειας στις μπαταρίες αφού σκοπός είναι οι συσκευές να διασκορπιστούν και να εκπέμπουν δεδομένα σε όλη την Κύπρο. Με την χρήση της NB-IoT τεχνολογίας επιτυγχάνεται

αυτό αφού πραγματοποιείται βέλτιστη εξοικονόμηση ενέργειας αυξάνοντας την ζωή των μπαταριών στις IoT συσκευές μέχρι και δέκα χρόνια. Έτσι δεν καθίσταται αναγκαία η τακτική αλλαγή μπαταριών στις χιλιάδες συσκευές που θα τοποθετηθούν. Ακόμη είναι απαραίτητο οι συσκευές να μπορούν να συνδεθούν ακόμη και αν βρίσκονται σε δυσπρόσιτες γεωγραφικές περιοχές. Βασική προϋπόθεση είναι τα σήματα να φτάνουν ακέραια στον προορισμό τους ώστε να πραγματοποιείται η σύνδεση στο Διαδίκτυο και τα δεδομένα από τους αισθητήρες να ανανεώνονται. Με την NB-IoT πραγματοποιείται αυτό αφού προσφέρει μεγαλύτερη κάλυψη σε σύγκριση με τις δύο άλλες τεχνολογίες και τα σήματα που εκπέμπονται από αυτή έχουν εξαιρετική διείσδυση μέσα από εμπόδια, με αποτέλεσμα να βιώνουν ελάχιστη εξασθένιση και να φτάνουν ακέραια στον προορισμό τους.

- ✓ Η NB-IoT τεχνολογία λειτουργεί σε τρέχον κυψελοειδή δίκτυα σε σύγκριση με τις τεχνολογίες LoRa και SigFox που χρειάζονται δημιουργία ενός νέου δικτύου. Συνεπώς η εφαρμογή της είναι εύκολη και γρήγορη. Το πλεονέκτημα της έναντι στις άλλες τεχνολογίες που χρησιμοποιούν αδειοδοτημένο φάσμα είναι ότι μπορεί να λειτουργεί και στα δύο κυψελοειδή δίκτυα (LTE και GSM). Υπάρχουν πόλεις ή χωριά όπου δεν υπάρχει ισχυρή κάλυψη του LTE και στις περιπτώσεις αυτές θα ενωθεί στο GSM διασφαλίζοντας σε κάθε περίπτωση την σύνδεση των συσκευών.

2.8 Fuzzy Logic

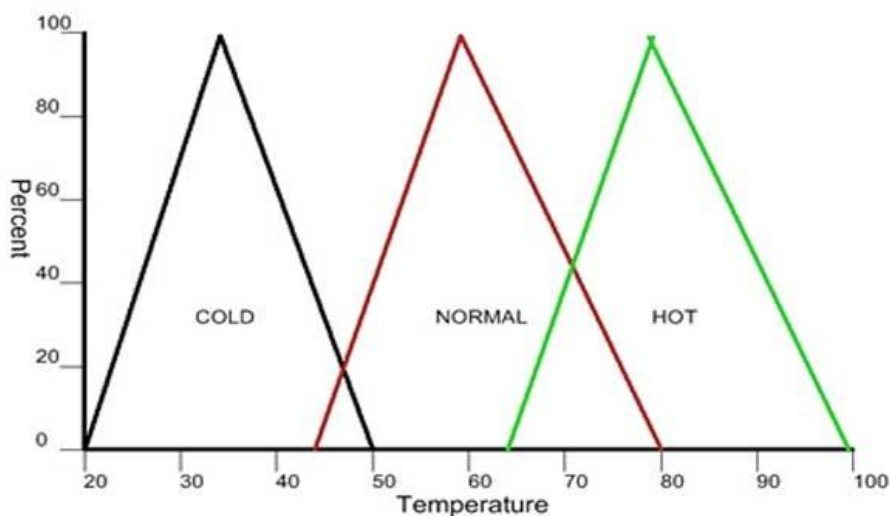
Πέρα από την εύρεση της κατάλληλης τεχνολογίας για τις IoT συσκευές σημαντικό ήταν να δημιουργηθεί μια έξυπνη εφαρμογή η οποία θα μπορούσε να πάρει κάποιες αποφάσεις με βάση τα αποτελέσματα που θα λάμβανε από τους αισθητήρες. Η έρευνα επέδειξε τη χρήση του Fuzzy logic για επίτευξη του πιο πάνω στόχου αφού σύμφωνα με αυτήν έχει τη δυνατότητα να εφαρμόζει την ανθρώπινη και όχι τη συνηθισμένη προγραμματιστική σκέψη στις εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα τα αποτελέσματα μέσω του fuzzy logic δεν ανήκουν στη συνηθισμένη Boolean λογική (0 ή 1) δηλαδή είτε ισχύει κάτι είτε δεν ισχύει ανήκουν σε μια νέα λογική όπου κάτι μπορεί να βρίσκεται κάπου στη μέση, πιο κοντά στην αλήθεια ή πιο κοντά στο ψέμα. Γενικότερα το fuzzy logic μπορεί να θεωρηθεί ως μια μορφή τεχνητής νοημοσύνης αφού μπορεί προβλέψει και να εφαρμοστεί σε διάφορα συστήματα με πλήρεις ή ελλείψεις γνώσεις. Σε κάθε περίπτωση έχει την ικανότητα να πάρει τις ανάλογες αποφάσεις και να δώσει αποτελέσματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι εφαρμόζεται ήδη σε διάφορα

συστήματα όπως κάμερες και πλυντήρια και μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε άλλο σύστημα το οποίο διαθέτει είσοδο και έξοδο.[6]

2.8.1 Τρόπος λειτουργίας

Το fuzzy logic είναι ένα rule-based σύστημα το οποίο με βάση κάποιους κανόνες μπορεί να λάβει κάποιες αποφάσεις και να δώσει μια έξοδο. Οι κύριες λειτουργίες που χρησιμοποιεί είναι το fuzzification και το defuzzification. Για να πραγματοποιηθούν όμως αυτές οι λειτουργίες απαραίτητη προϋπόθεση είναι να δημιουργηθούν πρώτα κάποια fuzzy data sets για κάθε μεταβλητή /εξόδου και για το καθένα από αυτά ένα membership function.[6].Συγκεκριμένα δημιουργούνται αυτά τα sets ώστε να αναπαραστήσουν λεξικά τις μεταβλητές (/ εξόδου) του προγράμματος ενώ τα membership functions δημιουργούνται ώστε να αναπαραστήσουν το εύρος των τιμών που μπορούν να λάβουν τα fuzzy data set.

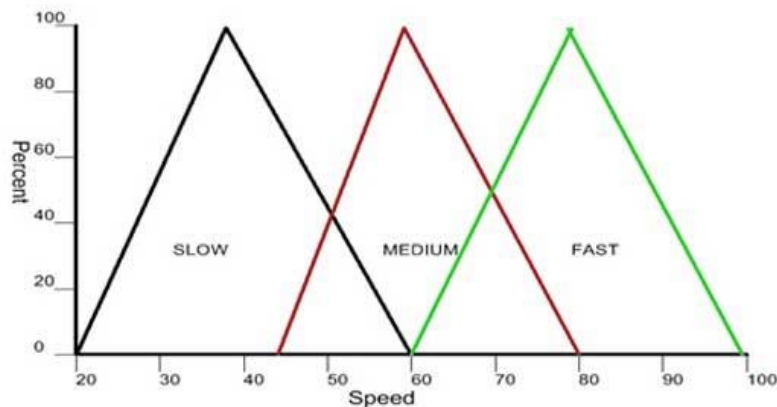
Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται τα fuzzy data sets (COLD,NORMAL,HOT) και τα membership functions τους που με το σχήμα του τριγώνου δείχνουν το εύρος του κάθε fuzzy data set.



Source: <https://www.controleng.com/articles/artificial-intelligence-fuzzy-logic-explained/>

Σχήμα 1.5: Παράδειγμα fuzzy logic με κάποια fuzzy data sets και με τα membership function τους

Στο πιο κάτω σχήμα φαίνονται τα fuzzy data sets εξόδου(SLOW,MEDIUM,FAST) και τα membership functions τους.



Source: <https://www.controleng.com/articles/artificial-intelligence-fuzzy-logic-explained/>

Σχήμα 1.6: Παράδειγμα fuzzy logic με κάποια fuzzy data sets εξόδου και με τα membership function τους

Το fuzzification είναι η μετατροπή των μεταβλητών του προγράμματος στα fuzzy data sets ώστε να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στην απόφαση που θα πρέπει να ληφθεί. Αφού εφαρμοστούν κάποιοι κανόνες (IF-THEN-ELSE) τότε το αποτέλεσμα είναι ένα fuzzy output το οποίο πρέπει να μετατραπεί σε κάποια έξοδο που θα μπορεί να αναγνωριστεί. Έτσι πραγματοποιείται το defuzzification το οποίο είναι υπεύθυνο να μετατρέψει τα fuzzy data sets σε κάποια έξοδο με βάση τα αντίστοιχα membership functions.

2.8.1.1 Αλγόριθμος:[7]

1. Εύρεση των γλωσσικών μεταβλητών(fuzzy data sets) που θα χρησιμοποιηθούν για την είσοδο (π. χ ΖΕΣΤΗ) και έξοδο(π.χ FAST)
2. Κατασκευή των membership functions τόσο για την είσοδο όσο και για την έξοδο.
3. Κατασκευή των κανόνων IF-THEN-ELSE που θα λάβουν κύριο ρόλο στην λήψη απόφασης της εξόδου που θα δοθεί
4. Πραγματοποίηση του fuzzification μέσω των fuzzy data sets που δημιουργηθήκαν για την είσοδο χρησιμοποιώντας τα αντίστοιχα membership functions της .
5. Πραγματοποίηση του defuzzification , δηλαδή μετατροπή της εξόδου που είναι σε fuzzy output μέσω των αντίστοιχων membership functions σε ένα αποτέλεσμα εξόδου.

2.8.2 Θετικά χαρακτηριστικά του Fuzzy Logic

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε σύστημα διαθέτει είσοδο και έξοδο
- Μπορεί να δώσει αποτελέσματα όσο πολύπλοκο και αν είναι το σύστημα.
- Είναι εύκολο στην αντίληψη και στην υλοποίηση του
- Έχει τη δυνατότητα να προβλέψει και να δώσει αποτελέσματα ακόμα και αν οι γνώσεις για το συγκεκριμένο σύστημα είναι ανακριβείς ή ελλιπείς

Έτσι το fuzzy logic αποτέλεσε την ιδανική λύση για τη δημιουργία μιας έξυπνης εφαρμογής η οποία θα μπορούσε να πάρει κάποιες αποφάσεις με ό,τι αποτελέσματα και αν λάμβανε από τους αισθητήρες.

Κεφάλαιο 3

Σχεδιασμός

3.1 Προδιαγραφές.....	29
3.2 Απαιτήσεις διαδικτυακής εφαρμογής	30
3.3 Επιλογή Βάσης Δεδομένων για αποθήκευση των μετρήσεων	32
3.3.1 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων(περιγραφή ER διαγράμματος)	32

Αφού πραγματοποιήθηκε η επιλογή της τεχνολογίας και της λογικής που θα χρησιμοποιούνταν έπρεπε να θεσπιστούν κάποιες προδιαγραφές οι οποίες θα οδηγούσαν στην ορθή επιλογή συσκευών και λογισμικού καθώς και στη δημιουργία μιας αξιόπιστης εφαρμογής. Γενικότερος σκοπός είναι το σύστημα που θα δημιουργούταν να ικανοποιεί τις ανάγκες των χρηστών του λαμβάνοντας υπόψη ότι όλοι οι χρήστες του πρέπει να μπορούν να πραγματοποιήσουν μια ενέργεια σε αυτό εύκολα και γρήγορα. Επίσης σημαντικό είναι τόσο να προκαλεί θετικά συναισθήματα όπως ενθουσιασμό και ικανοποίηση ώστε οι χρήστες να το επαναχρησιμοποιήσουν όσο και να περιέχει χαμηλού κόστους εξοπλισμό και να μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα. Για να επιτευχθεί αυτό απαραίτητο ήταν να γίνει σχεδιασμός του συστήματος καθώς και να πραγματοποιηθούν κάποιες απαραίτητες έρευνες προτού υλοποιηθεί. Η σχεδίαση αποτελεί ένα από τα βασικότερα κομμάτια στη δημιουργία ενός συστήματος αφού βοηθά στον εντοπισμό των κύριων λειτουργιών, προδιαγραφών και απαιτήσεων που πρέπει να έχει το σύστημα καθώς και στην αποτροπή τυχόν λαθών.

3.1 Προδιαγραφές

Προτού γίνει η υλοποίηση του συστήματος θεσπίστηκαν κάποιες προδιαγραφές που θα έπρεπε να τηρούνται κατά την επιλογή των συσκευών, λογισμικού και εξυπηρετητών καθώς και κατά τη δημιουργία της εφαρμογής.

Οι προδιαγραφές που τέθηκαν ήταν:

- Χαμηλό κόστος: Η προδιαγραφή αυτή κρίνεται ως η σημαντικότερη αφού έπρεπε να δημιουργηθεί ένα σύστημα το οποίο θα είχε ελάχιστο κόστος χρησιμοποιώντας τόσο συσκευές που θα ήταν οικονομικές όσο και λογισμικό και εξυπηρετητές που θα διέθεταν δωρεάν χρήση υπηρεσιών.
- Ένωση στο NB-IoT Δίκτυο: Απαραίτητο ήταν οι συσκευές που θα επιλέγονταν να μπορούσαν να ενωθούν στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την τεχνολογία NB-IoT για μετάδοση των δεδομένων , ώστε να επιτευχθεί ελάχιστη χρήση μπαταρίας και μέγιστη διείσδυση του σήματος .
- Επεκτασιμότητα: Το σύστημα είναι απαραίτητο να μπορεί να επεκταθεί έτσι η επιλογή του framework καθώς και η υλοποίηση του κώδικα της διαδικτυακής εφαρμογής έπρεπε να βασιστούν στην έννοια αυτή.
- Ευχρηστία: Όλοι οι χρήστες ενός συστήματος είτε είναι άπειροι, περιστασιακοί ή γνώστες της διαδικτυακής εφαρμογής είναι απαραίτητο να μπορούν να βρουν εύκολα την πληροφορία που ψάχνουν μέσα από αυτή καθώς και να μπορούν να τη διαχειριστούν εύκολα.
- Εύκολα διαθέσιμο: Η διαδικτυακή εφαρμογή να είναι δημόσια διαθέσιμη και να μπορεί εύκολα να βρεθεί μέσω του Διαδικτύου.
- Χρόνος εκτέλεσης: Ο χρόνος εκτέλεσης μιας εντολής να είναι μικρός ώστε ο χρήστης να μπορεί να δει την πληροφορία που αναζητεί γρήγορα.
- Εγκυρότητα: Οι πληροφορίες του συστήματος θα πρέπει να αναλυθούν και να συγκριθούν με άλλες παρόμοιες πληροφορίες ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των δεδομένων.
- Ασφάλεια: Να υπάρχει ασφάλεια στο σύστημα ώστε να μην υπάρξει κάποια διαρροή δεδομένων.

3.2 Απαιτήσεις διαδικτυακής εφαρμογής

Για να επιτευχθεί μια εφαρμογή η οποία θα ικανοποιούσε πλήρως τις επιθυμίες και ανάγκες των χρηστών ήταν απαραίτητο να βασιστεί στις απαιτήσεις οι οποίες είχαν προκαθοριστεί στα αρχικά στάδια της Διπλωματικής εργασίας .

Πιο κάτω φαίνονται οι προκαθορισμένες απαιτήσεις τις εφαρμογής:

- i. Όλοι οι χρήστες είναι απαραίτητο να μπορούν να επιλέξουν να δουν τα ιστορικά δεδομένα μιας συγκεκριμένης περιοχής που βρίσκεται στην εφαρμογή ή γενικότερα τα ιστορικά δεδομένα όλων των περιοχών που καταγράφηκαν. Απαραίτητο επίσης είναι να μπορεί οποιοσδήποτε χρήστης (απλός, περιστασιακός, γνώστης της συγκεκριμένης εφαρμογής) να το επιτύχει, και αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με την εμφάνιση ενός ανάλογου ενημερωτικού μηνύματος.
- ii. Να μπορούν να επιλέξουν οι χρήστες τι ιστορικά δεδομένα θέλουν να δουν (ανάμεσα σε θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση) καθώς και αν προτιμούν να ενημερωθούν για μια εβδομάδα / ένα μήνα πριν.
- iii. Οι χρήστες να μπορούν να ενημερωθούν εύκολα για τις μετρήσεις που λαμβάνονται μέσω των συσκευών οι οποίες αφορούν τον καιρό(Θερμοκρασία, Υγρασία, Ατμοσφαιρική Πίεση) , την ύπαρξη πυρκαγιάς σε κάποια περιοχή καθώς και τον θόρυβο σε μια περιοχή.
- iv. Όλοι οι χρήστες να μπορούν να αναζητήσουν διάφορες περιοχές ώστε να ενημερωθούν αν υπάρχουν αποτελέσματα για αυτές.
- v. Μέσω ενός χάρτη οι χρήστες να μπορούν να δουν συνοπτικά όλες τις περιοχές που λήφθηκαν μετρήσεις σε αυτές και πατώντας σε αυτές τις περιοχές να μπορούν να δουν τις μετρήσεις.
- vi. Να μπορούν να καθορίσουν οι ίδιοι αναλόγως με την προτίμηση τους το ‘mode’ του χάρτη (Night ή Standard)
- vii. Οι χρήστες να μπορούν να πατώντας ένα κουμπί (“Weather In my Location”)να ενημερωθούν εύκολα αν υπάρχει κάποια μέτρηση γύρω από την περιοχή τους. Για καλύτερο user experience να ενημερώνονται για μετρήσεις περιοχών που βρίσκονται κοντά στη δική τους σε μια μικρή απόσταση χιλιομέτρων (πχ 5 km).
- viii. Για ενίσχυση των γνώσεων μπορούν να εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν την NB-IoT τεχνολογία που χρησιμοποιείται καθώς και άλλες πληροφορίες που αφορούν τις συσκευές.
- ix. Οι χρήστες να μπορούν να δουν την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία της τελευταίας εβδομάδας.
- x. Απαραίτητο να υπάρχει η κατάλληλη ονομασία στα tabs για καλύτερη κατανόηση τους και εύκολη πραγματοποίηση των επιθυμητών ενεργειών.
- xi. Οι χρήστες να μπορούν να ενημερωθούν για την τελευταία μέτρηση και ημερομηνία μέτρησης της θερμοκρασίας που υπήρξε σε κάθε περιοχή.
- xii. Να μπορούν πατώντας ένα κουμπί «Locations Nearby» να ενημερωθούν για την τελευταία μέτρηση , την ημερομηνία μέτρησης και τη θερμοκρασία που καταγράφηκε στις διάφορες κοντινές περιοχές. Τα αποτελέσματα που θα

- εμφανίζονται να είναι από περιοχές γύρω στα 5km από την τρέχουσα τοποθεσία του χρήστη.
- xiii. Η θερμοκρασία να είναι προκαθορισμένη σε Celsius όμως να μπορεί να μετατραπεί εύκολα σε Fahrenheit.
- xiv. Να μπορούν εύκολα οι χρήστες να έχουν πρόσβαση στην εφαρμογή μέσω του Διαδικτύου.

3.3 Επιλογή Βάσης Δεδομένων για αποθήκευση των μετρήσεων

Οι μετρήσεις που θα λαμβάνονται από τις συσκευές είναι απαραίτητο να αποθηκεύονται σε ένα μόνιμο περιβάλλον ώστε να μπορούν εύκολα να ανακτηθούν και να αναλυθούν. Μετά από έρευνα που διεξάχθηκε υπήρξαν δύο επιλογές : αποθήκευση σε IoT cloud ή σε Βάση Δεδομένων. Σε οποιαδήποτε περίπτωση τα δεδομένα αυτά θα έπρεπε να αναπαρασταθούν στην διαδικτυακή εφαρμογή, έτσι απαραίτητη προϋπόθεση ήταν να μπορεί να ενωθεί το περιβάλλον που θα ήταν αποθηκευμένες οι μετρήσεις με το framework το οποίο θα χρησιμοποιούταν για την δημιουργία της εφαρμογής.

Η ανάλυση της πρώτης επιλογής έδειξε πως υπήρχαν αρκετά IoT clouds τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για αποθήκευση των δεδομένων. Το πιο διαδεδομένο ήταν το io.adafruit το οποίο μπορούσε να επικοινωνήσει με συσκευές arduino και μπορούσε να παρουσιάσει απευθείας στατιστικά δεδομένα των μετρήσεων. Το μειονέκτημα του ήταν ότι είχε δωρεάν χρήση για μόνο 30 ημέρες, οι επόμενοι μήνες είχαν μηνιαία συνδρομή ,όμως σύμφωνα με τις προδιαγραφές στο (3.1) απαραίτητο ήταν να χρησιμοποιηθεί χαμηλού κόστους εξοπλισμός ώστε να δημιουργηθεί ένα οικονομικό σύστημα. Έτσι η επιλογή αυτή δεν ήταν ιδανική με αποτέλεσμα να απορριφθεί αμέσως.

Αντιθέτως η ανάλυση της δεύτερης επιλογής έδειξε ότι ήταν η οικονομικότερη και γρηγορότερη επιλογή , με τη χρήση του προσωπικού υπολογιστή ως προσωρινή βάση δεδομένων. Αυτό μπορούσε εύκολα να πραγματοποιηθεί με την εγκατάσταση μιας δωρεάν open-source web server πλατφόρμας. Επιπλέον, αφού επιλέχθηκε η Βάση δεδομένων για αποθήκευση των μετρήσεων απαραίτητο ήταν προτού δημιουργηθεί να πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός του ER διαγράμματος. Θα έπρεπε δηλαδή να οριστούν πίνακες και πεδία ώστε να είναι ευκολότερη η δημιουργία της Βάσης καθώς και να αποτραπούν τυχόν λάθη.

3.3.1 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων(περιγραφή ER διαγράμματος)

Γενικότερα οι μετρήσεις που θα λαμβάνονταν από τις συσκευές ήταν οι συντεταγμένες longitude,latitude, η θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία και αποτελέσματα από το sound & Flame sensor με σκοπό την προειδοποίηση υπερβολικού θορύβου ή φωτιάς. Επιπλέον για καλύτερο έλεγχο τις μπαταρίας απαραίτητο ήταν να λαμβανόταν το υπόλοιπο της καθώς και για καλύτερο έλεγχο αποστολής δεδομένων και βαθύτερη ενημέρωση απαραίτητο ήταν να λαμβανόταν το signal strength , το baud rate και το bit rate. Συγκεκριμένα το signal strength υποδηλώνει τη δύναμη του σήματος και κυμαίνεται από 1-30 με αριθμό 30 να είναι το ισχυρότερο σήμα. Το baud rate υποδηλώνει το Δίκτυο (GSM/LTE) στο οποίο ενώνεται η συσκευή για να μπορέσει να χρησιμοποιήσει την NB-IoT τεχνολογία, πιο συγκεκριμένα δηλώνει πόσα σήματα μπορούν να στέλλονται το δευτερόλεπτο(αν και ένα σήμα μπορεί να μεταφέρει ένα ή περισσότερα bits ωστόσο λόγω του serial communication όσα είναι το baud rate τόσος είναι ο μέγιστος αριθμός σημάτων που μπορούν να σταλούν) και το bit rate δηλώνει των αριθμό των bits που στέλλονται το δευτερόλεπτο. Για καλύτερο συντονισμό ανάμεσα στις συσκευές θεωρήθηκε απαραίτητο να υπάρχει ένας μοναδικός αριθμός για τη κάθε συσκευή που στέλνει μετρήσεις.

Συνεπώς αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθούν τέσσερις πίνακες για την αποθήκευση των μετρήσεων. Οι πίνακες που αποφασίστηκαν ήταν το location ,το hardware_measurement, το mesaurement και το networkmesaures .

Γενικότερα αν οι πίνακες της Βάσης Δεδομένων διαθέτουν ξένα κλειδιά τότε έτσι διαφαίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέονται οι πίνακες μεταξύ τους. Συγκεκριμένα τα ξένα κλειδιά σε ένα πίνακα είναι τα πρωτεύον κλειδιά ενός δεύτερου πίνακα. Η χρήση τους έχει ως αποτέλεσμα να βελτιώνει την απόδοση της Βάσης Δεδομένων καθώς και να αποτρέπει λάθη όπως για παράδειγμα μια λάθος εισαγωγή. Έτσι στη συγκεκριμένη περίπτωση ο κάθε πίνακας θα πρέπει να ενώνεται με τον πίνακα locations αφού αυτός είναι ο βασικότερος ο οποίος θα περιέχει την τοποθεσία μαζί με το unique_ID για καλύτερη διαχείριση των συσκευών. Συνεπώς ο κάθε πίνακας θα διαθέτει το πρωτεύον κλειδί του πίνακα locations και το πεδίο αυτό των πινάκων θα δηλώνεται ως το ξένο κλειδί.

Πιο κάτω φαίνεται η αναλυτική επεξήγηση του κάθε πίνακα μαζί με τα πεδία που θα πρέπει να έχει καθώς και με το πεδίο που θα πρέπει να οριστεί ως πρωτεύον κλειδί. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα ονόματα που χρησιμοποιήθηκαν στα πεδία των πινάκων είναι ενδεικτικά και με την υλοποίηση της βάσης μπορούσαν να αλλάξουν. Οι πίνακες είναι οι εξής:

- Στο location θα πρέπει να υπάρχουν συνολικά όλες οι περιοχές που λήφθηκαν από τις συσκευές έτσι θα πρέπει να περιέχει το longitude,latitude,address, το μοναδικό αριθμό , το location_id ο οποίος είναι ένας αύξοντος αριθμός και κάνει τον πίνακα μοναδικό, καθώς τη χρονική στιγμή που λήφθηκε ή έγινε κάποιο update στη μέτρηση. Συνεπώς τα πεδία του πίνακα αυτού θα πρέπει να είναι longitude,latitude,address, unique_num, created_at, updated_at,location_id. Το πρωτεύον κλειδί είναι το πεδίο location_id.
- Ο πίνακας batterytable θα πρέπει να περιέχει το μοναδικό αριθμό, το υπόλοιπο της μπαταρίας, τη διεύθυνση που είναι τοποθετημένες οι συσκευές ώστε να υπάρχει απευθείας εύρεσης της αν τυχόν υπάρχει κάποιο πρόβλημα στις συσκευές, το hardware_id όπου θα είναι ένας αύξον αριθμός , το location_id που θα είναι το ξένο κλειδί και θα ενώνει τον τρέχον πίνακα με τον πίνακα locations, καθώς και τη χρονική στιγμή λήψης και αναβάθμισης της μέτρησης. Συνεπώς τα πεδία του πίνακα αυτού θα πρέπει να είναι unique_ID, address,battery, created_at, updated_at, hardware_id, location_id. Ένα πρωτεύον κλειδί πρέπει να είναι μοναδικό σε κάθε πίνακα έτσι επιλέχθηκε να είναι το hardware_id.
- Ο πίνακας networkmesaures θα πρέπει να περιλαμβάνει όλα όσα σχετίζονται με το δίκτυο, δηλαδή το baud rate, το SingalStrength καθώς και τον μοναδικό αριθμό ώστε να υπάρχει έλεγχος ποιες συσκευές στέλλουν τις συγκεκριμένες μετρήσεις, το networkmesasurements_id που θα είναι ένας αύξον αριθμός , το location_id που θα είναι το ξένο κλειδί και θα ενώνει τον τρέχον πίνακα με τον πίνακα locations καθώς και τη χρονική στιγμή λήψης και αναβάθμισης της μέτρησης. Συνεπώς τα πεδία του πίνακα θα πρέπει να είναι baud rate, Signal Strength, created_at, updated_at, unique_ID, networkmesasurements_id,location_id. Ο πίνακας αυτός θα πρέπει να έχει πρωτεύον κλειδί το networkmesasurements_id.
- Στο πίνακα measurement θα πρέπει να περιλαμβάνονται οι μετρήσεις από τον ενσωματωμένο περιβαλλοντικό αισθητήρα δηλαδή θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία και μετρήσεις από τους συνδεδεμένους αισθητήρες Sound & Flame Sensor. Θα πρέπει επίσης να περιλαμβάνονται οι μετρήσεις longitude,latitude,address ώστε να αναπαριστώνται εύκολα οι μετρήσεις και η περιοχή που ληφθήκαν χωρίς επιπλέον ενέργειες μέσω του ξένου κλειδιού. Αυτό είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί διότι είναι ο κύριος πίνακας μετρήσεων και σε αυτόν περιλαμβάνονται όλες οι απαραίτητες μετρήσεις έτσι πρέπει να αναπαριστά τα δεδομένα το γρηγορότερο. Επιπλέον θα πρέπει να περιλαμβάνεται ο μοναδικός αριθμός, το location_id που θα είναι το ξένο κλειδί και θα ενώνει τον τρέχον πίνακα με τον πίνακα locations ,ένα ID που θα είναι ένας αύξον αριθμός καθώς και η χρονική

στιγμή λήψης και αναβάθμισης των μετρήσεων. Συνεπώς τα πεδία του πίνακα θα πρέπει να είναι longitude,latitude,unique _ID,address, Temperature, Humidity, Pressure ,created_at, updated_at, ID,SoundSensor,FlameSensor,location_id. Οι συσκευές που περιέχουν μοναδικό αριθμό μπορούν να λάβουν αρκετές μετρήσεις από μια περιοχή σε διάφορα χρονικά διαστήματα έτσι απαραίτητο είναι να χρησιμοποιηθεί ένα πεδίο που θα κάνει μοναδικές τις μετρήσεις και αυτό είναι το ID.

Το unique_ID αν και μπορεί να βρεθεί εύκολα μέσω της σύνδεσης ξένων κλειδιών ωστόσο επιλέχθηκε να υπάρχει σε όλους τους πίνακες τόσο για γρηγορότερη εύρεση και εμφάνιση του όσο και για γρηγορότερη εύρεση οποιοδήποτε άλλων πληροφοριών ανάμεσα στους πίνακες αφού είναι ένα από τα βασικότερα πεδία.

Το ER βρίσκεται στο

Βιβλιογραφία

[1] (). **NB-IoT vs. LoRa vs. Sigfox**. Available: https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox?fbclid=IwAR3OliTythHwp0ExReeU5t6QoosG88PnrsRAoXmekS_2HZIAHVIT7X4WVO0.

[2] (). **Narrow Band IoT**. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT.

[3] M. Chen *et al*, "Narrow band internet of things," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 20557-20577, 2017.

[4] A. K. Sultania *et al*, "Energy modeling and evaluation of NB-IoT with PSM and eDRX," in *2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, 2018, .

[5] K. Mekki *et al*, "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment," *ICT Express*, vol. 5, (1), pp. 1-7, 2019.

[6] N. Dingle, "Artificial intelligence: fuzzy logic explained," *Retrieved October*, vol. 6, pp. 2014, 2011.

[7] (). **Artificial Intelligence - Fuzzy Logic Systems**. Available: http://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_fuzzy_logic_systems.htm.

[8] (). **Arduino Uno Rev3**. Available: <https://store.arduino.cc/usa/ARDUINO-uno-rev3>.

[9] (). **What is an Arduino?**. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/>.

[10] (). **Arduino Memory**. Available: <https://www.ARDUINO.cc/en/tutorial/memory>.

[11] (). **Sim7000 specifications**. Available: <https://github.com/botletics/SIM7000-LTE-Shield/wiki/Board-Versions>.

[12] (). **Sim7000E**. Available: https://www.dfrobot.com/product-1732.html?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GIvtnhy-LkHcO_5ad52Ldu4rbMDySOmVao7GEAIe8k68nGE-_gEWngaAq4BEALw_wcB.

[13] (). **Arduino Expansion Shield**. Available: https://www.dfrobot.com/product-1009.html?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GJpRiN9Q1HmDBw-VfG_BYy6PBzH0W2e4dkAmB1lrTaxEpOSXeAFnUIaAkyOEALw_wcB.

- [14] X. Chen *et al*, "Restful API architecture based on laravel framework," in *Journal of Physics: Conference Series*,
- [15] (). Laravel. Available: <https://laravel.com/docs/5.8/database>.
- [16] (7 May 2019). **XAMPP**. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/XAMPP>.
- [17] (9 May 2019). **MariaDB**. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/MariaDB>.

Παράρτημα Α *και δείχνει συνοπτικά τους πίνακες και τα πεδία.*

Κεφάλαιο 4

Μεθοδολογία

4.1 Hardware	37
4.1.1 Συσκευές.....	37
4.1.1.1 ARDUINO	38
4.1.1.1.1 Επιλογή ARDUINO Uno R3	38
4.1.1.2 SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield.....	40
4.1.2 Αισθητήρες.....	42
4.1.2.1 Sound Sensor.....	43
4.1.2.2 Flame Sensor	43
4.2 Software.....	44
4.2.1 laravel framework	44
4.2.2 Επιλογή XAMPP server	46

4.1 Hardware

4.1.1 Συσκευές

Η επιλογή των κατάλληλων IoT συσκευών για τη Διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μετά από εξαντλητική έρευνα αφού έπρεπε να εντοπιστούν συσκευές που θα πληρούσαν τις προδιαγραφές που θεσπίστηκαν στο κεφάλαιο 3. Ακόμη σημαντικό ήταν οι συσκευές να μπορούσαν να υποστηρίξουν την σύνδεση των αισθητήρων sound, flame ώστε να λαμβάνονται μετρήσεις για τον θόρυβο και τη φωτιά καθώς και περιβαλλοντικές μετρήσεις όπως θερμοκρασία υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Γενικότερος σκοπός είναι να χρησιμοποιηθούν χιλιάδες IoT συσκευές έτσι οι προδιαγραφές που λήφθηκαν υπόψη στη διεξαγωγή της έρευνας είναι το χαμηλό κόστος αγοράς, η εύκολη επέκταση και χρησιμοποίηση τους και η εφικτή χρήση της NB-IoT τεχνολογίας από αυτές ώστε να γίνεται βέλτιστη χρήση της μπαταρίας και επικοινωνιακή σύνδεση στο Διαδίκτυο. Συνεπώς, οι συσκευές που πληρούσαν τόσο τις προδιαγραφές όσο και την εφικτή λήψη των πιο πάνω μετρήσεων ήταν οι συσκευές ARDUINO UNO R3 και SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield.

4.1.1.1 ARDUINO

Το ARDUINO είναι μια open-source πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιεί ένα απλοποιημένο hardware και software και έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από διάφορους τύπους χρηστών όπως αρχάριους, περιστασιακούς και γνώστες της τρέχον πλατφόρμας. Συγκεκριμένα αποτελείται από ένα μικροελεκτή(microcontroller)ο οποίος επιτρέπει στη συσκευή να προγραμματιστεί, και από ένα IDE(Integrated Development Environment) το οποίο τρέχει σε ένα υπολογιστή και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία και τη μεταφόρτωση ενός προγράμματος στο microcontroller. Το ARDUINO IDE χρησιμοποιεί μια απλοποιημένη έκδοση της γλώσσας C++ έτσι είναι εύκολο για τους αρχάριους χρήστες να επεξεργαστούν και να υλοποιήσουν ένα πρόγραμμα στο ARDUINO.[8]Μετά την ολοκλήρωση ενός προγράμματος η μεταφόρτωση του στη συσκευή είναι εύκολη και απλή, αφού πραγματοποιείται μόνο με τη χρήση ενός USB cable το οποίο είναι υπεύθυνο να συνδέσει την συσκευή ARDUINO με τον υπολογιστή. Η υποστήριξη από διάφορα λειτουργικά συστήματα όπως Mac, Windows, and Linux, το open-source software,η εύκολη εκμάθηση και το χαμηλό κόστος αγοράς συνέβαλαν στη γρήγορη διάδοση και εφαρμογή της συσκευής με αποτέλεσμα το ARDUINO να χρησιμοποιείται ήδη σε αρκετά πολύπλοκα και απλά projects . Αξιοσημείωτη είναι η εύκολη επέκταση του αφού έχει τη δυνατότητα σύνδεσης διάφορων αισθητήρων και άλλων συσκευών σε αυτό. Μπορεί να αλληλεπιδράσει με διάφορα κουμπιά, ηχεία, GPS τα οποία συνδέονται σε αυτό, να ενωθεί στο Διαδίκτυο μέσω ενός ειδικού “shield” το οποίο είναι υπεύθυνο να πραγματοποιήσει το uplink και downlink των δεδομένων από και προς το ARDUINO καθώς και να αλληλεπιδράσει με κινητά τηλέφωνα ή τηλεοράσεις μέσω του Bluetooth ή του Διαδικτύου. Συνεπώς η συγκεκριμένη συσκευή προκαλεί την περιέργεια και τον ενθουσιασμό για χρησιμοποίηση της.

4.1.1.1.1 Επιλογή ARDUINO Uno R3

Γενικότερα υπάρχουν διάφορα είδη ARDUINO όπως το ARDUINO Uno (R3), το LilyPad ARDUINO,το Red Board, το ARDUINO Mega (R3)και το ARDUINO Leonardo. [9] Το κάθε board μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαφορετικούς σκοπούς, αφού διαθέτει κάποια παρόμοια αλλά και κάποια διαφορετικά χαρακτηριστικά από τα υπόλοιπα. Οι κύριες διαφορές τους διαφαίνονται στον επεξεργαστή και κυρίως στο microcontroller, στο μέγεθος

της μνήμης και στον αριθμό των analog και digital pins που χρησιμοποιούν για τη σύνδεση διάφορων αισθητήρων.

Το ARDUINO Uno (R3) το οποίο είναι και το πιο διαδεδομένο board σε σύγκριση με τα υπόλοιπα επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στην διπλωματική εργασία. Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:[8]

- ✓ Μπορεί να λειτουργήσει είτε με μπαταρίες είτε με ρεύμα. Η ικανότητα του αυτή είναι απαραίτητη αφού οι συσκευές θα διασκορπιστούν σε διάφορες περιοχές της Κύπρου και υπάρχει περίπτωση σε κάποιες από αυτές να μην είναι εφικτή η τροφοδοσία ρεύματος.
 - ✓ Διαθέτει 14 digital input/output pins και 6 αναλογικά επιτρέποντας έτσι την επέκταση του με την σύνδεση διάφορων αισθητήρων.
 - ✓ Χρησιμοποιεί το USB cable για μεταφόρτωση των προγραμμάτων στο physical board.
 - ✓ Στο board υπάρχει ένα ‘reset button’ το οποίο πραγματοποιεί την επανεκκίνηση του προγράμματος που είναι αποθηκευμένο στη συσκευή.
 - ✓ Μπορεί να ενωθεί στο Διαδίκτυο μέσω ενός ‘Shield’ το οποίο πραγματοποιεί την σύνδεση αυτή. Συγκεκριμένα το ‘Shield’ αυτό ενώνεται με τη συσκευή ARDUINO και έχει τη δυνατότητα να τη συνδέσει στο Διαδίκτυο.
-
- ✓ Χρησιμοποιεί τον μικροελεκτή ATmega328 ο οποίος διαθέτει τρεις ομάδες μνήμης:[10]
 - 1 Την προγραμματιστική μνήμη Flash με μέγεθος 32KB. Η συγκεκριμένη μνήμη χρησιμοποιείται για να αποθηκεύεται ο κώδικας που υλοποιείται και μεταφορτώνεται στο ARDUINO board.
 - 2 Η SRAM (static random access memory) μνήμη όπου έχει μέγεθος 2KB και χρησιμοποιείται κατά την εκτέλεση του κώδικα αποθηκεύοντας τις μεταβλητές που δημιουργούνται.
 - 3 Η EEPROM μνήμη η οποία έχει μέγεθος 1 KB και χρησιμοποιείται ώστε να αποθηκεύονται μακροχρόνιες πληροφορίες.

Το πρόγραμμα που υπάρχει στην προγραμματιστική και EEPROM μνήμη παραμένει στο ARDUINO board ακόμη και όταν αυτό απενεργοποιηθεί ενώ οι μεταβλητές που υπάρχουν στην SRAM διαγράφονται και με την ενεργοποίηση του ARDUINO ξαναδημιουργούνται.[10]

Στην πιο κάτω εικόνα διαφαίνεται το ARDUINO Uno R3 board:



Source: <https://store.ARDUINO.cc/usa/ARDUINO-uno-rev3>

Σχήμα 4.1: Arduino Uno R3

4.1.1.2 SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield

Όπως προαναφέρθηκε, στη διπλωματική εργασία έπρεπε να επιλεγεί μια συσκευή η οποία θα μπορούσε να συνδεθεί τόσο στο NB-IoT δίκτυο όσο και με τη συσκευή ARDUINO. Το SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield αποτελεί την κατάλληλη επιλογή αφού είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να χρησιμοποιείται για την ασύρματη επικοινωνία των συσκευών η οποία πραγματοποιείται με τη χρήση διάφορων τεχνολογιών όπως NB-IoT/LTE/GPRS. Συγκεκριμένα, το shield αυτό είναι μια επέκταση των συσκευών ARDUINO έτσι μπορεί να ενωθεί εύκολα σε αυτές και ακόμη έχει τη δυνατότητα να τις συνδέσει με το Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας κάποια από τις τρεις υποστηριζόμενες τεχνολογίες. Αναλόγως με τη χώρα που βρίσκεται θα χρησιμοποιήσει την τεχνολογία ή τις τεχνολογίες που υποστηρίζει. Αξιοσημείωτο είναι ότι προσφέρει στις συσκευές μέγιστη ασφάλεια των δεδομένων κατά τη σύνδεση τους στο Διαδίκτυο αφού για να πραγματοποιηθεί η σύνδεση είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθεί μια sim card. Ακόμη, πέρα από την ασφαλή σύνδεση, μέσω της sim card προσφέρεται η δυνατότητα λήψης ή αποστολής μηνυμάτων καθώς και η

δυνατότητα τηλεφωνικών κλήσεων από και προς τη συσκευή όπως ακριβώς πραγματοποιείται στις τρέχον κινητές τηλεφωνίες.

Γενικότερα υπάρχουν διάφορες εκδόσεις των sim7000 shields και η επιλογή τους πραγματοποιείται βάση της χώρας στην οποία θα μεταδίδουν και συγκεκριμένα βάση των frequency bands που υποστηρίζονται από τη χώρα αυτή.[11]Η κάθε χώρα έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει σε διαφορετικά frequency bands από τις υπόλοιπες. Για ευκολότερη επιλογή των shields σε κάθε έκδοση τους υπάρχουν κάποιες καταλήξεις οι οποίες δηλώνουν την χώρα στην οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και είναι οι ακόλουθες:

- SIM7000A ,το A δηλώνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Αμερική-America. Η έκδοση αυτή λειτουργεί στα Bands: B2/B4/B12/B13
- SIM7000C,το C δηλώνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Κίνα-China. Η έκδοση αυτή λειτουργεί στα Bands: B1/B3/B5/B8
- SIM7000E,το E δηλώνει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην Ευρώπη-Europe Η έκδοση αυτή λειτουργεί στα Bands: B3/B8/B20/B28

Έτσι στη διπλωματική εργασία κατάλληλη επιλογή αποτελεί το sim7000E το οποίο λειτουργεί σε χώρες της ευρωπαϊκής ένωσης, έτσι λειτουργεί και στα τρέχον κυψελοειδή δίκτυα της Κύπρου συγκεκριμένα μέσω του Band B3. Αξιοσημείωτο είναι ότι τα κυψελοειδή δίκτυα της Κύπρου έχουν την δυνατότητα να υποστηρίξουν την τεχνολογία NB-IoT καθώς και όλες τις υπόλοιπες που υποστηρίζει το shield.

Λεπτομερές Προδιαγραφές:

Το shield έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί ταυτόχρονα τις κάρτες NB-IoT card και Sim card οι οποίες είναι απαραίτητες για τη σύνδεση της συσκευής στο Διαδίκτυο μέσω της τεχνολογίας NB-IoT. Συγκεκριμένα, η sim card πρέπει να επιλεγεί και να τοποθετεί από τον χρήστη στη συσκευή ώστε να μπορέσει να γίνει ταυτοποίηση της και ακολούθως να επιτραπεί η χρήση των υπηρεσιών . Από την άλλη, η NB-IoT card είναι ενσωματωμένη στη συσκευή και είναι απαραίτητη ώστε να επιτευχθεί η χρήση της NB-IoT τεχνολογίας για τη διάδοση των δεδομένων. Πέραν από την ικανότητα σύνδεσης στη συγκεκριμένη τεχνολογία το shield παρέχει διάφορες άλλες δυνατότητες στο χρήστη όπως :

- την παρακολούθηση και καταγραφή περιβαλλοντικών μετρήσεων όπως την υγρασία, την θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση μέσω ενός ενσωματωμένου περιβαλλοντικού αισθητήρα(BME280 environmental sensor). Οι μετρήσεις που μπορεί να λάβει κυμαίνονται στους -40°C- 85°C βαθμούς για την θερμοκρασία, 0-100% για την υγρασία και 300-1100h για την ατμοσφαιρική πίεση[12].

- την λήψη συντεταγμένων μέσω διάφορων υποστηριζόμενων δορυφορικών συστημάτων όπως το American GPS, Russian GLONASS, European Galileo, Japanese QZSS και Chinese BeiDou Navigation[12]
- την γρήγορη και εύκολη επέκταση με τη σύνδεση διάφορων άλλων αισθητήρων

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται το SIM7000E ARDUINO NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield:



Source: <https://www.dfrobot.com/product-1732.html>

Σχήμα 4.2: Sim7000E Arduino NB-IoT/LTE/GPRS expansion shield

4.2 Software

4.1.2 Αισθητήρες

Οι συσκευές που επιλέχθηκαν ήταν εύκολα επεκτάσιμες έτσι μπορούσαν να ενωθούν διάφοροι αναλογικοί και ψηφιακοί αισθητήρες για την λήψη κάποιων απαραίτητων μετρήσεων. Γενικότερα για την ευκολότερη σύνδεση των συσκευών μαζί με τους αισθητήρες χρησιμοποιείται το ARDUINO expansion shield το οποίο είναι ένα shield που σχεδιάστηκε ώστε να προσφέρει μια εύκολη και γρήγορη καλωδίωση των αισθητήρων[13]. Οι αισθητήρες που επιλέχθηκαν ήταν ο αναλογικός sound και Flame sensor οι οποίοι μπορούσαν να συνδεθούν εύκολα στο ARDUINO expansion shield καθώς και ήταν οι κατάλληλοι για να πραγματοποιήσουν την ανάπτυξη της έξυπνης πόλης όπως προαναφέρθηκε. Οι δύο αισθητήρες Flame και Sound θεωρήθηκαν σημαντικοί τόσο για την προειδοποίηση πυρκαγιών ώστε να αποφευχθούν οι καταστροφές και οι απώλειες όσο και για την προειδοποίηση για δυνατούς θορύβους ώστε να αποτραπεί η μετακόμιση ή η επίσκεψη στην συγκεκριμένη περιοχή και να αποφευχθεί ή πρόκληση μόνιμων ακουστικών προβλημάτων.

4.1.2.1 Sound Sensor

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει την ικανότητα να εντοπίζει διάφορους έντονους θορύβους μέσω του μικρόφωνου που διαθέτει. Η χρήση του είναι σημαντική αφού μπορεί να αποτρέψει μόνιμη βλάβη στην ακοή προειδοποιώντας τους χρήστες όταν εντοπίζονται δυνατοί θόρυβοι. Γενικότερα ο συγκεκριμένος αναλογικός αισθητήρας μπορεί να λάβει τιμές από 0-255. Η τιμή 0 υποδείχνει ότι δεν εντοπίστηκε κάποιος δυνατός θόρυβος ενώ μεγαλύτερες τιμές (οι οποίες είναι κοντά στο 0) δείχνουν ότι ο θόρυβος είναι ανεκτικός και όταν βρίσκονται πιο κοντά στην τιμή 255 δείχνουν ότι ο θόρυβος έχει υπερβεί τα επιτρεπτά όρια και μπορεί να προκαλέσει κάποια ζημιά στην υγεία.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται ο Sound Sensor που χρησιμοποιήθηκε:



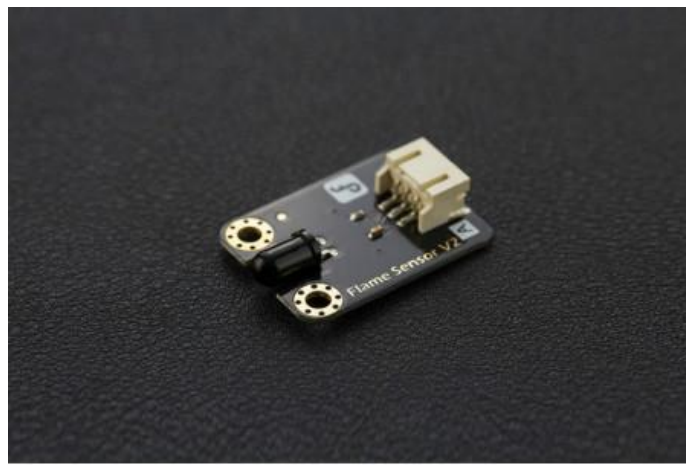
Source: <https://www.dfrobot.com/product-83.html>

Σχήμα 4.3: Sound Sensor

4.1.2.2 Flame Sensor

Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει τη δυνατότητα να εντοπίζει μια πυρκαγιά και να λειτουργεί σε ακραίες καιρικές συνθήκες όπως -25 βαθμούς κελσίου μέχρι 85 βαθμούς κελσίου. Συνεπώς καθιστάτε κατάλληλος για την προστασία των περιοχών από πυρκαγιές προειδοποιώντας τις μόλις εντοπιστεί καπνός. Ο χρόνος προειδοποίησης για μια πυρκαγιά μπορεί να αποβεί μοιραίως έτσι πρέπει να εντοπίζεται από ένα αισθητήρα σε ελάχιστο χρόνο. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει χρόνο ανίχνευσης 0,015 ms με αποτέλεσμα να βοηθά στην γρήγορη ανίχνευση μιας πυρκαγιάς. Το εύρος ανίχνευσης του κυμαίνεται από τα 20 cm μέχρι τα 100 cm.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται ο Flame Sensor που χρησιμοποιήθηκε:



Source: <https://www.dfrobot.com/product-195.html>

Σχήμα 4.4: Flame sensor

4.2 Software

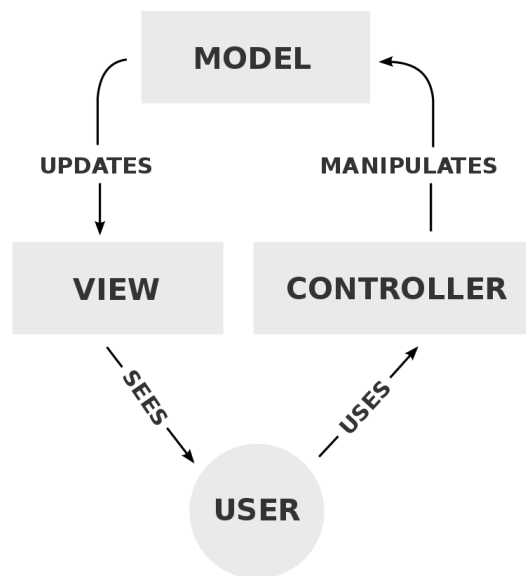
Η επιλογή του software framework αποτέλεσε μια εξίσου σημαντική απόφαση στην διπλωματική εργασία και συγκεκριμένα στη δημιουργία του web application αφού έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ένα framework που θα μπορούσε εύκολα να μεταφερθεί σε διάφορα λειτουργικά συστήματα όπως Linux, Windows, Centos , καθώς και να λειτουργεί σωστά σε αυτά. Απαραίτητη προϋπόθεση ήταν επίσης να υποστηρίζει τη βάση δεδομένων MySQL η οποία θα χρησιμοποιούταν για την αποθήκευση των μετρήσεων καθώς και τον apache server ο οποίος καθιστάτε απαραίτητος για την εποικοδομητική λειτουργία ενός web application. Το software framework που επιλέχθηκε για τη δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογή (web app) ήταν το laravel framework το οποίο όχι μόνο πληρούσε τα πιο πάνω κριτήρια αλλά με τον τρόπο υλοποίησης του είχε τη δυνατότητα να προσφέρει περαιτέρω ασφάλεια στην εφαρμογή. Πέραν από την επιλογή του LARAVEL framework σημαντικό ήταν επίσης να επιλεγεί ο κατάλληλος web εξυπηρετητής όπου θα μπορούσε να συνδεθεί στο LARAVEL, θα μπορούσε να πραγματοποιήσει εύκολη και δωρεάν εγκατάσταση καθώς και θα διέθετε τον APACHE server ώστε να μπορούν να αναπαρασταθούν τα δεδομένα στον φυλλομετρητή ιστού. Συνεπώς, η έρευνα κατέληξε στον XAMPP server ο οποίος πληρούσε τα κριτήρια αυτά.

4.2.1 laravel framework

Το laravel framework είναι ένα open source PHP framework το οποίο χρησιμοποιεί το αρχιτεκτονικό μοντέλο MVC (model-view-controller)[14]. Το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται για να διαχειριστεί την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή προσφέροντας μεγαλύτερη ασφάλεια των δεδομένων αφού ο χρήστης δεν έχει απευθείας επαφή με το back-end. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα να προσφέρει εύκολη συντήρηση και επεκτασιμότητα του κώδικα οργανώνοντας τον σε κλάσεις που αφορούν μόνο τον controller,

model και viewer αντίστοιχα . Ο συγκεκριμένος τρόπος λειτουργίας του μοντέλου είναι ο εξής:

- Το view χρησιμοποιείται μόνο για την αναπαράσταση της εφαρμογής με αποτέλεσμα ένας χρήστης να έχει επαφή και να αλληλεπιδρά μόνο με αυτό το κομμάτι.
- Ο controller έχει τον ρόλο του μεταφορέα από το view προς το model . Συγκεκριμένα είναι υπεύθυνο να κατευθύνει και να φιλτράρει την ενέργεια που λαμβάνεται από τον χρήστη και να την παραπέμψει στο model ώστε να μπορέσει να εξυπηρετηθεί.
- Το Model έχει επαφή με τα δεδομένα της εφαρμογής τα οποία βρίσκονται στη βάση δεδομένων και έτσι είναι εφικτό να εξυπηρετήσει την επιθυμητή ενέργεια του χρήστη. Επιπλέον αφού εξυπηρετήσει την ενέργεια τη μεταφέρει στο view ώστε να αναπαρασταθεί



Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/Model%E2%80%93view%E2%80%93controller>

Σχήμα 4.5: Αναπαράσταση MVC μοντέλου

Πέρα από την ασφάλεια που προσφέρει το αρχιτεκτονικό μοντέλο MVC , το laravel προσφέρει ακόμη περαιτέρω ασφάλεια στις εφαρμογές που δημιουργούνται σε αυτό προστατεύοντας τις από κάποιους συνηθισμένους κινδύνους ασφαλείας όπως: cross-site request forgery, cross-site scripting και SQL injection. Οι τρόποι με τους οποίους πραγματοποιείται αυτό είναι οι εξής:

- Για την προστασία από το cross-site request forgery χρησιμοποιεί CSRF tokens σε κάθε αίτημα που γίνεται από τον χρήστη ώστε ένας man-in-the-middle να μην μπορεί να πραγματοποιήσει fake requests δηλαδή να μπορέσει να γίνει authenticate ή να υποκλέψει κάτι από την εφαρμογή.

- Για την προστασία από το cross-site scripting δηλαδή την εισαγωγή κώδικα JavaScript στην εφαρμογή, το Laravel framework χρησιμοποιεί κάποια validations ως αποτέλεσμα να μην μπορούν να εισαχθούν χαρακτήρες όπως “@#\$\$%” και έτσι ένας attacker να μην μπορεί να εισάγει μια κακόβουλη είσοδο.
- Για την προστασία από το SQL injection δηλαδή την αποτροπή ενός attacker να εισάγει ένα query το οποίο θα επηρεάσει όλη τη βάση που χρησιμοποιείται για την εφαρμογή το Laravel χρησιμοποιεί Eloquent ORM για την επικοινωνία με τη βάση μέσω των queries. Δηλαδή χρησιμοποιείται μια συγκεκριμένη σύνταξη στα queries η οποία διασφαλίζει την ακεραιότητα τους.+

Επιπλέον το LARAVEL framework έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει τέσσερις διαφορετικές βάσεις δεδομένων όπως την MySQL, PostgreSQL, SQLite και SQL Server το οποίο ήταν απαραίτητο στη διπλωματική εργασία[15].

4.2.2 Επιλογή XAMPP server

Όπως περιγράφηκε στο σημείο(3.1) απαραίτητη προϋπόθεση σύμφωνα με τις προϋποθέσεις που ληφθήκαν ήταν να χρησιμοποιηθεί ένα περιβάλλον όπου θα διέθετε δωρεάν συνδρομή καθώς και θα μπορούσε να λειτουργήσει εύκολα και γρήγορα ώστε να συμβάλλει στην γρήγορη εξέλιξη της διπλωματικής εργασίας. Σύμφωνα με την έρευνα που έγινε στο σημείο (3.3) αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση και την χρησιμοποίηση ενός τοπικού web εξυπηρετητή ο οποίος γενικότερα είναι εύκολα διαθέσιμος αφού υπάρχουν αρκετές δωρεάν open-source πλατφόρμες. Μετά από έρευνα διαπιστώθηκε πως οι δύο πιο διαδεδομένοι web εξυπηρετητές που μπορούν να εγκατασταθούν στον προσωπικό υπολογιστή είναι ο XAMPP και WAMPP. Οι δύο εξυπηρετητές έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά και κάποιες μικρές διαφορές όπως για παράδειγμα ο WAMP server υποστηρίζεται μόνο από το λειτουργικό σύστημα WINDOWS ενώ ο XAMPP υποστηρίζεται από διάφορα λειτουργικά συστήματα. Για την αποθήκευση των δεδομένων επιλέχθηκε ο εξυπηρετητής XAMPP αφού πέραν από τις μικροδιαφορές που τον ανάδυναν περισσότερο από τον WAMPP όπως για παράδειγμα η εύκολη διαμόρφωση και ρύθμιση του σε σύγκριση με τον WAMPP, επιπλέον υπήρχε και προσωπική επαφή με αυτόν στο παρελθόν ως αποτέλεσμα να είναι οικείος ο τρόπος λειτουργίας και εγκατάστασης του.

Συγκεκριμένα ο εξυπηρετητής XAMPP είναι μια δωρεάν open-source cross-platform πλατφόρμα η οποία χρησιμοποιεί τον Apache serve, την MARIA DB ως βάση δεδομένων η

οποία αντικατέστησε την MySQL, και ακόμη μπορεί να διερμηνεύσει αρχεία τα οποία είναι γραμμένα στη γλώσσα PHP και PERL[16]. Λόγω ότι είναι μια cross-platform μπορεί να υποστηριχθεί και να λειτουργήσει σε διάφορα λειτουργικά συστήματα. Επιπλέον , χρησιμοποιείται σαν web server αφού υποστηρίζεται ο APACHE και μπορεί να συνδεθεί εύκολα με το LARAVEL Framework. Η βάση δεδομένων MARIA DB που χρησιμοποιεί είναι μια επέκταση της MYSQL, διαθέτει όλα τα χαρακτηριστικά της καθώς και κάποια επιπλέον χαρακτηριστικά. Το μεγάλο της πλεονέκτημα είναι ότι όλες οι συνδέσεις , οι βιβλιοθήκες και οι εφαρμογές που μπορούσαν να πραγματοποιηθούν με την MYSQL μπορούν να πραγματοποιηθούν και με την MARIA DB είτε υποστηρίζεται είτε όχι από αυτές, χωρίς οποιαδήποτε αλλαγή στις ρυθμίσεις τους[17]. Συνεπώς, το LARAVEL framework αν και υποστηρίζει τη MYSQL βάση δεδομένων και όχι την MARIA DB, ωστόσο όπως προαναφέρθηκε αυτό δεν αποτελεί πρόβλημα αφού η MARIA DB μπορεί να ενωθεί σε αυτό έστω και αν το LARAVEL δεν υποστηρίζει τη Βάση αυτή.

Κεφάλαιο 5

Υλοποίηση

5.1 ARDUINO.....	49
5.1.1 Ένωση και έλεγχος συσκευών και αισθητήρων.....	49
5.1.2 Δημιουργία βάσης Δεδομένων.....	52
5.1.3 Υλοποίηση κώδικα arduino και έλεγχος μετρήσεων.....	53
5.2 Διαδικτυακή εφαρμογή.....	57
5.2.1 Δημιουργία της Διαδικτυακής Εφαρμογής.....	57
5.2.2 Ένωση Βάση Δεδομένων – LARAVEL και LARAVEL-συσκευές ARDUINO ..	58
5.2.3 Περιγραφή των tabs της Διαδικτυακής εφαρμογής.....	62
5.2.3.1 Areas Tab.....	63
5.2.3.1.1 Χρήση του fuzzy logic στην εφαρμογή.....	68
5.2.3.1.1.1 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον θόρυβο στις περιοχές.....	68
5.2.3.1.1.2 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον καιρό.....	71
5.2.3.2 Explore Tab.....	74
5.2.3.3 Map Tab.....	77
5.2.3.4 History Tab.....	80

Τόσο η επιλογή των συσκευών/λογισμικού/εξυπηρετητών(κεφ.4) όσο και η υλοποίηση του κώδικα της Διαδικτυακής εφαρμογής βασίστηκαν πλήρως στις προδιαγραφές και στις απαιτήσεις που προκαθορίστηκαν. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4 στο οποίο περιγράφεται το hardware και software , οι επιλογές έγιναν με βάση το χαμηλό κόστος , την εύκολη επεκτασιμότητα του συστήματος, την ασφάλεια των δεδομένων καθώς και την εφικτή χρησιμοποίηση της NB-IoT τεχνολογίας. Το σημαντικότερο σημείο ήταν η επιλογή και η χρησιμοποίηση της NB-IOT τεχνολογίας όπως περιγράφηκε στο σημείο(1.) αφού είναι ιδανική για τη εφικτή σύνδεση των συσκευών στο Διαδίκτυο όσο δυσπρόσιτες και αν είναι οι περιοχές που είναι τοποθετημένες.

Επιπλέον, οι μετρήσεις συγκρίθηκαν με άλλες ώστε να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των δεδομένων και η διαδικτυακή εφαρμογή αναπτύχθηκε ικανοποιώντας σχεδόν όλες τις προδιαγραφές και απαιτήσεις που προκαθορίστηκαν. Λόγω περιορισμού χρόνου τα θέματα

ασφάλειας καλύπτουν ένα μέρος αφού δεν πρόλαβαν να εφαρμοστούν όλα απαραίτητα μέτρα τα μέτρα ούτε να ελεγχθούν όλοι οι παράγοντες.

Γενικότερα η υλοποίηση χωρίστηκε σε δύο φάσεις. Η πρώτη φάση περιλάμβανε την ένωση των συσκευών ,αισθητήρων καθώς και τον έλεγχο για σωστή ένωση και ικανότητα λήψης μετρήσεων. Επιπλέον περιλάμβανε την δημιουργία της Βάσης δεδομένων και την αποστολή των μετρήσεων από τις συσκευές ARDUINO στη Βάση αυτή. Από την άλλη η δεύτερη φάση περιλάμβανε την δημιουργία της διαδικτυακής εφαρμογής, την κάλυψη όλων των προκαθορισμένων απαιτήσεων και την τελική επικοινωνία μεταξύ των συσκευών –Βάσης Δεδομένων και LARAVEL που ήταν : επικοινωνία Βάσης – LARAVEL και LARAVEL-ARDUINO. Η σύνδεση του ARDUINO μαζί με το LARAVEL πραγματοποιήθηκε ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν και να ελεγχθούν οι μετρήσεις που λαμβάνονταν προτού εισαχθούν στη Βάση και μετέπειτα να αναπαρασταθούν στην εφαρμογή.

5.1 ARDUINO

5.1.1 Ένωση και έλεγχος συσκευών και αισθητήρων

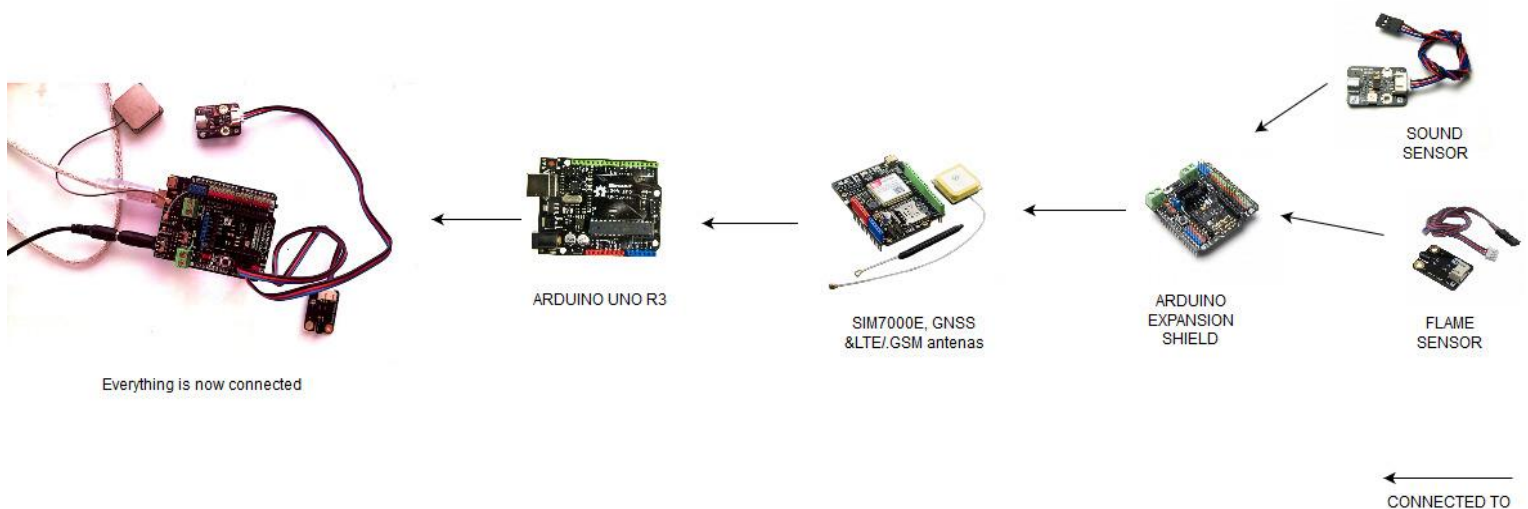
Όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν στην διπλωματική εργασία ήταν το arduino uno R3, το sim7000 arduino expansion shield το οποίο χρησιμοποιείται σε Δίκτυο ευρείας περιοχής(wide area network) και συγκεκριμένα έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την NB-IoT τεχνολογία για μετάδοση δεδομένων, και το arduino expansion shield για ευκολότερη καλωδίωση των αισθητήρων Sound και Flame. Για να επιτευχθεί η λήψη των μετρήσεων από τις συσκευές και τους αισθητήρες έπρεπε αρχικά :

- ✓ να συνδεθούν οι συσκευές και οι αισθητήρες που επιλέχθηκαν καθώς και οι απαραίτητες αντένες ώστε να μπορεί να πραγματοποιηθεί η σύνδεση στα δορυφορικά συστήματα και στα Δίκτυα LTE/GSM.
- ✓ να εγκατασταθεί το Arduino IDE ώστε να πραγματοποιηθεί έλεγχος για τυχόν προβλήματα στη σύνδεση μεταξύ των συσκευών και των αισθητήρων καθώς και για να πραγματοποιηθούν κάποιες δοκιμές όσο αφορούσε τις μετρήσεις από τους αισθητήρες
- ✓ να γίνει δοκιμή για χρήση των υπηρεσιών του διαδικτύου μέσω της NB-IoT τεχνολογίας.

Έτσι το πρώτο βήμα στην ένωση των συσκευών ήταν η σύνδεση του arduino uno R3 μαζί με τη συσκευή SIM7000E arduino expansion shield .Οι αισθητήρες sound και Flame οι οποίοι επιλέχθηκαν λόγω της σημαντικότητας τους και της υπέρτατης συνεισφοράς τους στο περιβάλλον και στην κοινωνία(κεφ.4) συνδέθηκαν μαζί με το arduino expansion shield το

οποίο ως ακολούθως τοποθετήθηκε επάνω στη συσκευή SIM7000E. Η λήψη των συντεταγμένων και η ασφαλή σύνδεση στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την NB-IoT τεχνολογία για αποστολή και λήψη των μετρήσεων, ήταν μερικές λειτουργίες οι οποίες υποστηρίζονταν από την συσκευή SIM7000E και διαδραμάτιζαν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του επιθυμητού συστήματος. Συγκεκριμένα η σύνδεση στα δορυφορικά συστήματα για τη λήψη των συντεταγμένων μπορούσε να πραγματοποιηθεί με τη σύνδεση της GNSS αντένας ενώ για τη λήψη και την αποστολή σημάτων ανάμεσα στις συσκευές και στα BS(Base Stations) έπρεπε να συνδεθεί η GSM/LTE αντένα στη συσκευή SIM7000E . Επιπλέον για να γίνει ταυτοποίηση της συσκευής και να παραχωρηθούν οι υπηρεσίες Διαδικτύου και άλλες υπηρεσίες (π .χ αποστολή και λήψη μηνυμάτων, πραγματοποίηση τηλεφωνικών κλήσεων), έπρεπε να τοποθετηθεί μια SIM card.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται η αναλυτική σύνδεση των συσκευών +αισθητήρων +αντενών:



Σχήμα 5.1: Αναλυτική σύνδεση συσκευών ARDUINO

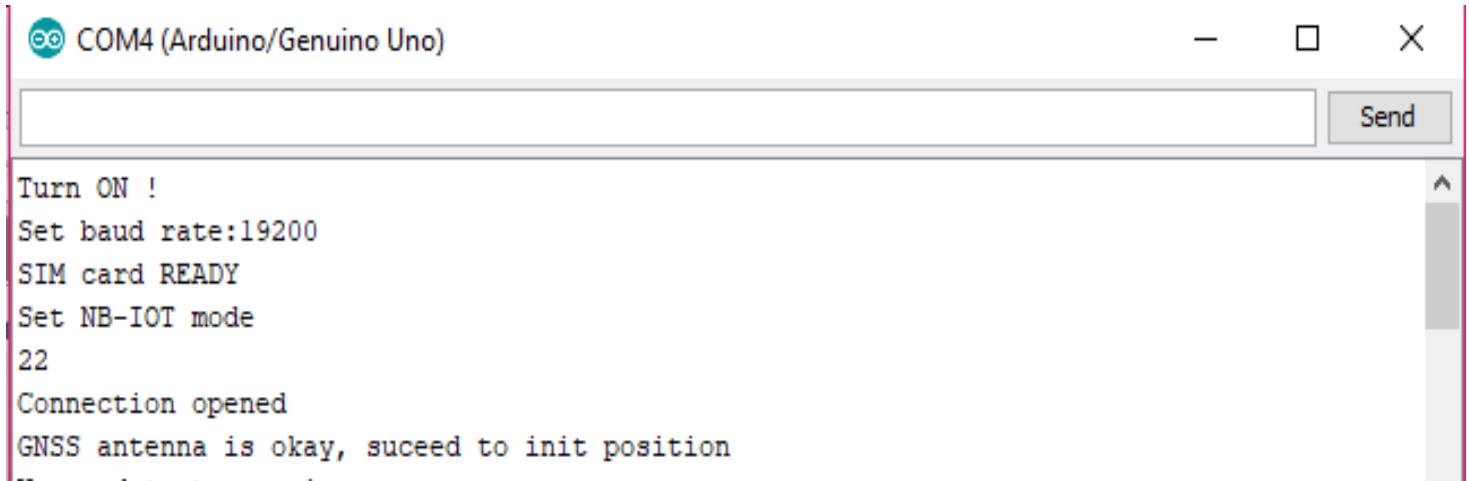
Αφού πραγματοποιήθηκε η σύνδεση των συσκευών , αισθητήρων και αντενών έπρεπε να εγκατασταθεί το Arduino IDE ώστε να γίνει ο έλεγχος και η δοκιμή τους. Το Arduino IDE όπως προαναφέρθηκε είναι ένα περιβάλλον το οποίο επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία με τις συσκευές arduino μέσω της μεταφόρτωσης ενός κώδικα ή μέσω των at+commands. Συγκεκριμένα στο περιβάλλον αυτό χρησιμοποιείται το serial monitor το οποίο δείχνει τις εντολές και τις ενέργειες που εκτελούνται στις συσκευές arduino μετά τη μεταφόρτωση του κώδικα ή μετά την εκτέλεση των εντολών “at+commands”. Συνεπώς μπορεί να γίνει παρακολούθηση των μετρήσεων που λαμβάνονται από τις συσκευές και παράλληλα μπορούν να διαπιστωθούν βλάβες σε αυτές όπως η λανθασμένη τοποθέτηση της κάρτας sim.

Ο τρόπος που επιλέχθηκε για να πραγματοποιηθεί ο έλεγχος των συσκευών στη διπλωματική εργασία ήταν μέσω ενός κώδικα ο οποίος θα μεταφορτωνόταν στις συσκευές και τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να αναλυθούν μέσω του serial monitor. Μετά από ερεύνα που διεξάχθηκε για τον ακριβής τρόπο με τον οποίο μπορούσε να πραγματοποιηθεί αυτό διαπιστώθηκε ότι έπρεπε αρχικά να εγκατασταθούν κάποιες βιβλιοθήκες στο Arduino IDE, οι οποίες ήταν υπεύθυνες να διαχειρίζονται τις συσκευές και τους αισθητήρες. Συγκεκριμένα, απαραίτητο ήταν να εγκατασταθούν οι βιβλιοθήκες DFRobot_SIM7000.h για την διαχείριση της συσκευής SIM7000, DFRobot_BME280.h για την διαχείριση του ενσωματωμένου περιβαλλοντικού αισθητήρα στη συσκευή SIM7000 και SoftwareSerial.h ώστε να επιτραπεί η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών και του υπολογιστή. Πέρα από την εγκατάσταση των πιο πάνω βιβλιοθηκών για την πραγματοποίηση μιας ασφαλούς σύνδεσης μέσω του Διαδικτύου και διασφάλισης της ιδιωτικότητας των δεδομένων απαραίτητο ήταν να καθοριστεί ο service provider της sim card που χρησιμοποιήθηκε. Έτσι έπρεπε το access point name(APN) να διαμορφωθεί στον service provider της κάρτας αυτής.

Επιπλέον, η ενεργοποίηση των συσκευών πραγματοποιείται μέσω της τροφοδοσίας ρεύματος ή μπαταριών. Έτσι μετά από την χρησιμοποίηση μιας εκ των δύο επιλογών, την εγκατάσταση του Arduino IDE στον υπολογιστή και των απαραίτητων βιβλιοθηκών, την ένωση συσκευών-υπολογιστή μέσω ενός USB cable και την ερεύνα που διεξάχθηκε για την υλοποίηση του κατάλληλου κώδικα στις συσκευές πραγματοποιήθηκε μέσω του περιβάλλοντος έλεγχος για:

- i. σωστή τοποθέτηση της sim card
- ii. εφικτή λήψη μετρήσεων και συντεταγμένων
- iii. εφικτή σύνδεση στο Διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την NB-IoT τεχνολογία.

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνονται τα αποτελέσματα ελέγχου που πραγματοποιήθηκαν μέσω του serial monitor:



```
COM4 (Arduino/Genuino Uno)

Turn ON !
Set baud rate:19200
SIM card READY
Set NB-IOT mode
22
Connection opened
GNSS antenna is okay, succeed to init position
..
```

Σχήμα 5.2: Έλεγχος μέσω του ARDUINO IDE

5.1.2 Δημιουργία βάσης Δεδομένων

Η βάση δημιουργήθηκε βασισμένη στο ER διάγραμμα που περιγράφηκε στο σκέλος(3.3.1). Οι τύποι των πεδίων στους πίνακες της βάσης επιλέχθηκαν με βάση τους αντίστοιχους τύπους που χρησιμοποιούταν στον κώδικα arduino για τη λήψη των συγκεκριμένων μετρήσεων . Ως αρχικό στάδιο έπρεπε να υπάρχει απευθείας επικοινωνία μεταξύ συσκευών arduino και βάσης δεδομένων ώστε να στέλλονται οι μετρήσεις και μετέπειτα όταν θα δημιουργούταν η εφαρμογή μέσω του laravel , τότε το laravel θα επικοινωνούσε με την βάση και οι συσκευές με το laravel ώστε να μπορεί να υπάρξει έλεγχος και επεξεργασία των δεδομένων.

Πρόβλημα1:

Το προκαθορισμένο port number που χρησιμοποιούταν από τον εξυπηρετητή XAMPP και συγκεκριμένα για τον APACHE ήταν το 80 το οποίο είχε σύγκρουση με άλλες εφαρμογές όπως το skype.

Αντιμετώπιση:

Το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε με την αλλαγή του port number και την μετατροπή του στο port number 81 που δεν χρησιμοποιούταν από καμιά εφαρμογή. Η αλλαγή αυτή έγινε από το control panel του XAMPP και συγκεκριμένα από το αρχείο httpd.conf. Στο αρχείο αυτό ορίστηκε να ακούει ο εξυπηρετητής στο port 81.

Πρόβλημα2:

Λόγω ασφάλειας ο προσωπικός υπολογιστής μπορούσε να λάβει μόνο μετρήσεις από συσκευές που ήταν ενωμένες στο ίδιο Wi-Fi δίκτυο. Όμως οι συσκευές arduino μπορούσαν να ενωθούν μόνο στα κυψελοειδή δίκτυα και όχι σε Wi-Fi δίκτυο.

Αντιμετώπιση:

Ο τρόπος που αντιμετωπίστηκε ήταν επιλέγοντας και ορίζοντας αρχικά ένα IP που θα χρησιμοποιούταν ως στατικό. Η επιλογή έγινε ανάμεσα στα ιδιωτικά IP που παρέχονταν στις διάφορες συσκευές για την σύνδεση τους στο Wi-Fi. Το επόμενο βήμα ήταν η τροποποίηση του δρομολογητή ώστε όταν λάμβανε αίτημα με το public IP που αντιστοιχούσε στον υπολογιστή και το port number 81 να το προωθούσε στο ιδιωτικό IP που είχε οριστεί ως στατικό στον υπολογιστή και συγκεκριμένα στον εξυπηρετητή. Συνεπώς έτσι θα μπορούσαν να λαμβάνονταν οι μετρήσεις από τις συσκευές arduino αφού θα χρησιμοποιούσαν το Public IP και το port που καθορίστηκε για να στείλουν τα δεδομένα. Για μεγαλύτερη ασφάλεια στη βάση δεδομένων στον προσωπικό υπολογιστή ορίστηκε username και password και για να ενωθούν οι συσκευές arduino με τη βάση έπρεπε να δημιουργηθεί ένα PHP file το οποίο ήταν υπεύθυνο για ένωση των συσκευών με αυτήν.

Αν και η χρήση του προσωπικού υπολογιστή ήταν η γρηγορότερη και ευκολότερη λύση ωστόσο υστερούσε σε ένα σημείο : η διαδικτυακή εφαρμογή δεν θα μπορούσε να είναι δημόσια διαθέσιμη, το οποίο ήταν απαραίτητο για τη διπλωματική εργασία. Έτσι αποφασίστηκε να υλοποιηθούν και να ολοκληρωθούν τόσο η βάση όσο και η διαδικτυακή εφαρμογή στον προσωπικό υπολογιστή αφού ήταν ευκολότερο να πραγματοποιηθεί αυτό και στη συνέχεια να μεταφερθούν στους εξυπηρετητές του Πανεπιστημίου Κύπρου ώστε να επιλυθεί το πρόβλημα και να γίνει δημόσια διαθέσιμη η διαδικτυακή εφαρμογή.

5.1.3 Υλοποίηση κώδικα arduino και έλεγχος μετρήσεων

Αφού πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος για την λειτουργικότητα των συσκευών και δημιουργήθηκε η βάση που θα αποθηκεύονταν οι μετρήσεις τότε το επόμενο στάδιο ήταν να υλοποιηθεί και να μεταφορτωθεί ένας νέος κώδικας ο οποίος θα ήταν υπεύθυνος μέσω κάποιων εντολών να συνδέει τις συσκευές στο διαδίκτυο χρησιμοποιώντας την NB-IoT τεχνολογία καθώς και να στέλλει τις μετρήσεις που λαμβάνονται στη βάση δεδομένων.

Συγκεκριμένα για να επιτευχθεί αυτό στον κώδικα arduino απαραίτητο ήταν να υλοποιηθούν οι δύο μέθοδοι: void setup() και void loop(). Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιείται ώστε να

πραγματοποιηθεί μόνο μια φορά κάποια ενέργεια στις συσκευές ενώ η δεύτερη χρησιμοποιείται ώστε να εκτελούνται κάποιες ενέργειες συνεχώς στις συσκευές. Έτσι η `setup()` μέθοδος χρησιμοποιήθηκε:

- για να γίνει η σύνδεση συσκευών-υπολογιστή μέσω της εντολής `sim7000.begin(mySerial)` ώστε να γίνεται παρακολούθηση των μετρήσεων που λαμβάνονται. Η σύνδεση για το `sim7000E` πραγματοποιείται μέσω των PINS (TX:7 και RX:8) όπου TX είναι τα δεδομένα που γίνονται transmit από τη συσκευή ενώ RX τα δεδομένα που γίνονται receive σε αυτή.
- για να γίνεται turn on η συσκευή `sim7000E` και να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν οι υπηρεσίες που προσφέρει
- να ελέγχεται η κάρτα sim ώστε να υπάρχει προειδοποίηση για τυχόν προβλήματα σε αυτήν
- για να πραγματοποιηθεί σύνδεση στο Διαδίκτυο και να μπορέσουν να σταλούν οι μετρήσεις μέσω των HTTP requests . Ωστόσο, για να πραγματοποιηθεί αυτό απαραίτητο ήταν να καθοριστεί το baud rate το οποίο δηλώνει το Δίκτυο στο οποίο θα ενωνόταν η συσκευή SIM7000E(σε GSM,LTE)καθώς και το μέγιστο αριθμό δεδομένων που μπορούν να σταλούν . Ακόμη απαραίτητο ήταν να καθοριστεί η τεχνολογία που θα χρησιμοποιούταν για λήψη και μετάδοση των δεδομένων (στη συγκεκριμένη περίπτωση η NB-IoT). Για να μπορέσουν να σταλούν δεδομένα μέσω του Διαδικτύου έπρεπε να υπάρχει μια ανοιχτή σύνδεση η οποία γίνεται μέσω της εντολής `sim7000.attachService()` και να χρησιμοποιηθεί το GPRS ώστε να επιτραπεί η αποστολή δεδομένων αν συνδεόταν στο δίκτυο GSM μέσω της εντολής `sim7000.httpInit(GPRS)`. Σε περίπτωση που συνδεόταν σε LTE δίκτυο η εντολή αυτή αγνοείται.
- για τη λήψη της δύναμης του σήματος ώστε να παρατηρείται η τοποθεσία των συσκευών σε σχέση με το BS. Ο συνδυασμός του baud rate μαζί με τη δύναμη του σήματος μπορεί να δώσει το πραγματικό bit rate δηλαδή πόσα δεδομένα στέλλονται το δευτερόλεπτο, ώστε να πραγματοποιείται καλύτερη ενημέρωση.

Γενικότερος σκοπός είναι η χρήση χιλιάδων αισθητήρων και συσκευών ώστε να διασκορπιστούν σε διάφορες περιοχές της Κύπρου και να εκπέμπουν τις μετρήσεις που λαμβάνουν. Αν και η υλοποίηση βασίστηκε σε αυτή την λογική ωστόσο στη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε μόνο ένα είδος από κάθε συσκευή/αισθητήρα . Με βάση την πιο πάνω λογική και την εύκολη μελλοντική επεκτασιμότητα του συστήματος χρησιμοποιήθηκε ένας μοναδικός αριθμός στις συσκευές ώστε να υπάρξει καλύτερος συντονισμός και

γρήγορη συντήρηση, αφού ο αριθμός αυτός σε συνδυασμό με τις συντεταγμένες που θα λαμβάνονταν θα οδηγούσε στην αναγνώριση των συσκευών και της περιοχής που θα ήταν τοποθετημένες οι συσκευές. Συνεπώς η χρήση του μοναδικού αριθμού πραγματοποιήθηκε μέσω της EEPROM μνήμης η οποία αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4 και επιτρέπει την αποθήκευση μακροχρόνιων πληροφοριών. Για να γίνει όμως χρήση της μνήμης αυτής απαραίτητο ήταν να εγκατασταθεί η βιβλιοθήκη “EEPROM.h”. Ακόμη, αφού μεταφορτωθεί μόνο μια φορά ο κώδικας με τον μοναδικό αριθμό των συσκευών (ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε φαίνεται στο

Παράρτημα Β) τότε μπορεί εύκολα να επανακτηθεί όποτε τεθούν σε λειτουργία οι συσκευές αφού πλέον είναι αποθηκευμένος στη μακροχρόνια μνήμη τους. Έτσι στην `setup()` μέθοδο πέραν από τα πιο πάνω χρησιμοποιείται και η επανάκτηση του μοναδικού αυτού αριθμού καθώς και η λήψη συντεταγμένων (Longitude, Latitude) μέσω της GNSS αντένας.

Η `loop()` μέθοδος όπως προαναφέρθηκε μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την πραγματοποίηση συνεχών ενεργειών έτσι ήταν ιδανική για τις διάφορες μετρήσεις που έπρεπε να λαμβάνονται συνεχώς από τους αισθητήρες. Συγκεκριμένα λαμβάνονται οι μετρήσεις της θερμοκρασίας, υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης μέσω του ενσωματωμένου περιβαλλοντικού αισθητήρα ο οποίος βρίσκεται στην συσκευή SIM7000E καθώς και οι μετρήσεις από τον flame και sound sensor. Μετά από καταμέτρηση της θερμοκρασίας για μερικές μέρες και σύγκρισης της με θερμοκρασίες σε άλλες ιστοσελίδες και ενός άλλου αισθητήρα που αγοράστηκε ανακαλύφθηκε πως η θερμοκρασία στο SIM7000E είχε μερικούς βαθμούς κελσίου διαφορά. Ως αποτέλεσμα έπρεπε να διεξαχθεί έρευνα η οποία θα απαντούσε στον λόγο διαφοράς βαθμών που είχαν οι αισθητήρες καθώς και στον τρόπο διόρθωσης. Ανακαλύφθηκε πως ο ενσωματωμένος αισθητήρας ήταν πολύ κοντά στο τροφοδοτικό ως αποτέλεσμα να επηρεάζει τις μετρήσεις και έτσι να έχουν υψηλότερη θερμοκρασία από τις υπόλοιπες. Συνεπώς η ιδανική λύση ήταν να γίνει calibration στην θερμοκρασία. Συγκεκριμένα μετά από μερικές δοκιμές έγινε calibrate -5 βαθμούς κελσίου. Γενικότερα το εύρος τιμών που μπορούν να λαμβάνονται από τον ενσωματωμένο

περιβαλλοντικό αισθητήρα είναι -40°C μέχρι $+85^{\circ}\text{C}$, 0-100% υγρασία και 300-1100h ατμοσφαιρική πίεση. Επιπλέον το εύρος τιμών που μπορεί να ληφθεί από τους αισθητήρες Flame & sensor είναι 0-1024 και 0-255 αντίστοιχα. Αξιοσημείωτο είναι πως ο Flame sensor μπορεί να εντοπίσει φωτιά η οποία έχει μήκος κύματος 760nm - 1100 nm και βρίσκεται σε απόσταση 20cm-100cm.

Για περισσότερη ακρίβεια στην μέθοδο loop() προστέθηκε ξανά ο κώδικας για λήψη των συντεταγμένων αφού παρατηρήθηκε πως σε κάποιες μετρήσεις οι συντεταγμένες ήταν διαφορετικές. Αυτό πραγματοποιείται λόγω τις μικρής διαφοράς στο longitude και latitude που αντιστοιχούν στις διευθύνσεις έτσι ήταν απαραίτητο οι συντεταγμένες να λαμβάνονται σε κάθε μέτρηση. Γενικότερα έπρεπε να καταγραφούν μετρήσεις από διάφορες περιοχές της Κύπρου ώστε να υπάρξει μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα των περιοχών. Συνεπώς ήταν απαραίτητο να καταγράφονται από ποια περιοχή λήφθηκαν οι μετρήσεις και από ποιες συσκευές arduino μέσω του μοναδικού του αριθμού που λήφθηκε στην setup() μέθοδο. Ακόμη μαζί με τον μοναδικό αριθμό απαραίτητο ήταν να λαμβάνεται το υπόλοιπο της μπαταρίας των συσκευών ώστε να πραγματοποιείται συνεχής έλεγχος και να επικυρωθεί η βέλτιστη χρήση της μπαταρίας χρησιμοποιώντας τη τεχνολογία NB-IOT . Στη διπλωματική εργασία χρησιμοποιήθηκε μόνο 1 συσκευή από κάθε είδος (οι οποίες ήταν συνδεδεμένες όπως περιγράφηκε) , και έτσι υπήρξε μόνο ένας μοναδικός αριθμός όμως λήφθηκαν διάφορες μετρήσεις από διάφορες περιοχές μέσω της μετακίνησης των συσκευών αυτών.

Για να πραγματοποιηθεί έλεγχος για την εφικτή λήψη και αποθήκευση των μετρήσεων στη Βάση Δεδομένων δημιουργήθηκε αρχικά ένα PHP file για μια τυχαία μέτρηση το οποίο μπορούσε να ενωθεί στη βάση χρησιμοποιώντας τα απαραίτητα στοιχεία και ακόμη διέθετε ένα SQL query το οποίο ήταν υπεύθυνο να κατευθύνει την μέτρηση από τους αισθητήρες στον συγκεκριμένο πίνακα και πεδίο της Βάσης Δεδομένων. Στο ARDUINO IDE, στον κώδικα που υλοποιήθηκε, η αποθήκευση πραγματοποιούνταν μέσω του HTTP GET request χρησιμοποιώντας ως destination IP το public IP του προσωπικού υπολογιστή και το αρχείο PHP που δημιουργήθηκε για τη συγκεκριμένη μέτρηση.

Γενικότερα για λιγότερη υπερφόρτωση των συσκευών η μέθοδος while loop περιορίστηκε ώστε να μην επαναλαμβάνεται συνεχώς και ασταμάτητα και τέθηκε να εκτελείται μόνο 10 φορές. Συνεπώς κάθε φορά που ενεργοποιούνται οι συσκευές εκτελούν το βρόγχο για 10 μόνο φορές. Ο αριθμός αυτός μπορεί εύκολα να αλλάξει αν χρειάζονται περισσότερες μετρήσεις σε κάθε ενεργοποίησή τους.

Περισσότερες πληροφορίες για τον κώδικα arduino που ενώνεται απευθείας στην Βάση Δεδομένων υπάρχουν στα παραρτήματα Γ και Δ. Το Παράρτημα Γ περιέχει τον κώδικα και το

Παράρτημα Δ περιέχει ένα παράδειγμα ενός PHP αρχείου.

5.2 Διαδικτυακή εφαρμογή

5.2.1 Δημιουργία της Διαδικτυακής Εφαρμογής

Βασισμένη στις απαιτήσεις και προδιαγραφές που προαναφερθήκαν η διαδικτυακή εφαρμογή υλοποιήθηκε περιέχοντας τέσσερα tabs. Το κάθε tab είναι υπεύθυνο να ανταποκριθεί γρήγορα στις ενέργειες που λαμβάνει από τους χρήστες καθώς και να τους παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την κάλυψη των αναγκών τους. Τα ονόματα των tabs συμβολίζουν τις ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν από αυτά και επιπλέον είναι υπεύθυνα να κατευθύνουν τον χρήστη ώστε να επιτύχει αυτό που θέλει. Συγκεκριμένα δημιουργήθηκε το Areas Tab, Explore Tab, Map Tab και History Tab. Για την αναπαράσταση των πληροφοριών που θα είχε το κάθε tab απαραίτητο ήταν:

- ✓ να συνδεθεί το LARAVEL framework μαζί με τη βάση που δημιουργήθηκε ώστε να ανακτηθούν τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτή

- ✓ να συνδεθούν οι συσκευές ARDUINO με το LARAVEL ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν και να ελεγχθούν οι μετρήσεις από το framework προτού εισαχθούν στην βάση.

5.2.2 Ένωση Βάση Δεδομένων – LARAVEL και LARAVEL-συσκευές ARDUINO

Το LARAVEL όπως επεξηγήθηκε στο σημείο(4.2.1) εγκαταστάθηκε στον προσωπικό υπολογιστή ώστε να υλοποιηθεί η εφαρμογή εκεί και μετά όταν ολοκληρωνόταν θα μεταφερόταν στους εξυπηρετητές του Πανεπιστημίου Κύπρου. Έτσι, αφού εγκαταστάθηκε και ερευνήθηκε ο τρόπος λειτουργίας του, τότε έπρεπε να ενωθεί η Βάση Δεδομένων που δημιουργήθηκε στην αρχή μαζί με το LARAVEL. Αυτό μπορούσε να πραγματοποιηθεί εύκολα όπως έδειξε και η μελέτη στο σημείο(4.2.1) αφού το LARAVEL υποστήριζε τη Βάση MySQL και συνεπώς την βάση MARIADB. Η ένωση έγινε με την επεξεργασία του .env αρχείο το οποίο είναι υπεύθυνο να πραγματοποιεί την σύνδεση. Στο αρχείο αυτό τοποθετήθηκαν τα στοιχεία της βάσης δεδομένων όπως το username,password, το όνομα της Βάσης Δεδομένων και ο τύπος της βάσης δηλαδή MARIADB.

Γενικότερα όταν πραγματοποιείται ένα αίτημα από τον χρήστη προς την εφαρμογή το routing είναι υπεύθυνο να κατευθύνει την ενέργεια προς το κατάλληλο controller ώστε να επεξεργαστεί. Αφού επεξεργαστεί η ενέργεια από τον controller τότε είτε θα εκτελεστεί από αυτόν είτε θα σταλεί στο model να την εκτελέσει. Συγκεκριμένα, το model χρησιμοποιείται για επικοινωνία με τη Βάση Δεδομένων προσφέροντας περισσότερη ασφάλεια και ευελιξία στον κώδικα. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που μπορεί να γίνει και απευθείας επικοινωνία με την Βάση Δεδομένων μέσω του controller χωρίς να χρησιμοποιηθεί το model. Συνεπώς αυτό βασίζεται στον προγραμματιστή και στο πως θέλει να εκτελείται η ενέργεια από τον χρήστη. Σε κάθε περίπτωση επιστρέφεται το αποτέλεσμα στο view όπου εκεί μπορεί να αναπαρασταθεί στον χρήστη.

Επιπλέον, απαραίτητη προϋπόθεση ήταν να συνδεθεί το LARAVEL με τις συσκευές ARDUINO ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν οι μετρήσεις και να γίνουν κάποιες ενέργειες σε αυτές από το framework αφού δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν απευθείας μέσω του ARDUINO IDE. Οι ενέργειες αυτές ήταν απαραίτητο να γίνουν προτού εισαχθούν οι μετρήσεις στην Βάση Δεδομένων. Κάποιες ενέργειες που ήταν απαραίτητο να πραγματοποιηθούν ήταν οι εξής:

- Στον πίνακα Locations της Βάσης Δεδομένων ο οποίος περιγράφεται στο σημείο(3.3.1 Σχεδιασμός Βάσης Δεδομένων(περιγραφή ER διαγράμματος)) πρέπει να περιλαμβάνονται μοναδικές συντεταγμένες ώστε να μπορεί να αθροιστεί ένας συνολικός αριθμός συντεταγμένων και διευθύνσεων που καταγράφηκαν. Αυτό μπορούσε να πραγματοποιηθεί από το LARAVEL αφού οι συντεταγμένες που θα λαμβάνονταν θα ελέγχονταν αν λήφθηκαν πρωτότερα. Στην περίπτωση που λήφθηκαν δεν θα εισάγονταν ξανά ενώ αν δεν λήφθηκαν θα αποθηκεύονταν στη Βάση. Συνεπώς δεν θα υπήρχαν περισσότερες από 1 ίδιες συντεταγμένες.
- Για εύρεση του κατάλληλου κλειδιού(location_id) που είναι το πρωτεύον κλειδί στον πίνακα locations, ώστε να αποθηκευτεί στο ανάλογο FK πεδίο που ορίστηκε στον κάθε πίνακα. Συνεπώς έτσι μπορεί να γίνεται γρήγορη εύρεση, ανάκτηση και αποθήκευση πληροφοριών από τον πίνακα Locations. Ο τρόπος με τον οποίο ανακτάται το κατάλληλο κλειδί είναι με τη χρήση των συντεταγμένων και την αντιστοίχιση τους στον πίνακα locations που περιέχει όλες τις συντεταγμένες. Καθώς στέλλεται το GET REQUEST που περιλαμβάνει τις συντεταγμένες γίνεται έλεγχος στον πίνακα locations για να ανακτηθεί η γραμμή που περιέχει τις συγκεκριμένες συντεταγμένες. Έτσι, λαμβάνεται το location_id και έπειτα αποθηκεύεται στα FK πεδία των πινάκων.
- οι συσκευές ARDUINO λαμβάνουν μόνο συντεταγμένες, όμως στην διαδικτυακή εφαρμογή πρέπει να εμφανίζονται οι πραγματικές διευθύνσεις που καταγράφονται. Συνεπώς η μετατροπή συντεταγμένων σε διευθύνσεις μπορούσε να πραγματοποιηθεί μέσω του LARAVEL και συγκεκριμένα μέσω κάποιων βιβλιοθηκών. Αφού μετατρέπονταν οι συντεταγμένες σε διεύθυνση, μετέπειτα έπρεπε να αποθηκευτεί η διεύθυνση αυτή στο κατάλληλο πεδίο της Βάσης Δεδομένων. Συνεπώς, η μετατροπή πραγματοποιείται μόνο στον πίνακα locations. Στους υπόλοιπους πίνακες που χρησιμοποιούν το πεδίο address γίνεται εύρεση της κατάλληλης διεύθυνσης μέσω του location_id που χρησιμοποιούν ως FK.

Επιπλέον, το πρόβλημα που υπήρξε στην πρωταρχική σύνδεση με τις συσκευές ARDUINO και τη Βάση Δεδομένων όπου δηλαδή οι συσκευές δεν μπορούσαν να ενωθούν στο Wi-Fi και μπορούσαν να ενωθούν μόνο στα κυψελοειδή δίκτυα το ίδιο προέκυψε και με το LARAVEL. Όπως ρυθμίστηκε ο δρομολογητής στην πρωταρχική σύνδεση έτσι έπρεπε να ρυθμιστεί ξανά ώστε να κατευθύνει τις αιτήσεις που προορίζονταν για το LARAVEL. Σε αυτή την περίπτωση το μόνο που θα έπρεπε να οριστεί στον δρομολογητή ήταν το port number του LARAVEL το οποίο καθορίστηκε ως 8001. Έτσι όταν οι συσκευές θα χρησιμοποιούσαν το

public IP του υπολογιστή και το port 8001 οι μετρήσεις θα κατευθύνονταν στο LARAVEL framework.

Το επόμενο βήμα ήταν η αλλαγή στον κώδικα των συσκευών ARDUINO όπου θα έπρεπε να αλλαχτεί το port number σε 8001 και να εισαχθεί το όνομα του view στο laravel που ήταν υπεύθυνο να κατευθύνει τις μετρήσεις στο controller μέσω του routing, ώστε να τις επεξεργαστεί και μετέπειτα να τις αποθηκεύσει στη Βάση Δεδομένων. Για κάθε πίνακα που υπήρχε στη βάση δημιουργήθηκε διαφορετικό view. Στη συνέχεια υπήρχαν διάφοροι controllers σχεδόν ένας για κάθε πίνακα της Βάσης δεδομένων, υπήρχαν όμως και περιπτώσεις που χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος όμως περιείχε διαφορετικές μεθόδους. Σε κάθε περίπτωση προγραμματίστηκαν ώστε να επιτύχουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.

Πρόβλημα:

Το πρόβλημα που υπήρξε ήταν ότι μέσω του GET request που πραγματοποιούνταν από τις συσκευές ARDUINO ώστε να αποθηκευτούν οι μετρήσεις, υπήρχε περιορισμός τόσο στο πόσα δεδομένα μπορούσαν να σταλούν σε κάθε αίτημα όσο και στον συνολικό αριθμό αιτημάτων. Συγκεκριμένα μετά από διάφορες δοκιμές που έγιναν ένα GET REQUEST μπορούσε να έχει τέσσερα μόνο attributes και στη μέθοδο loop μπορούσαν να στέλλονται μόνο τέσσερα αιτήματα. Συνεπώς έπρεπε να σταλούν τέσσερα αιτήματα που θα περιείχαν μόνο τέσσερις μετρήσεις και θα έπρεπε να συμπληρωθούν όλα τα πεδία των πινάκων. Αν και τα περισσότερα πεδία μπορούσαν να συμπληρωθούν μέσω του location_id ωστόσο υπήρξαν κάποια προβλήματα λόγω του πιο πάνω περιορισμού.

Υπήρξε πρόβλημα στον πίνακα measurement όπου τα πεδία των πινάκων ήταν περισσότερα από τέσσερα και στον πίνακα hardware_measurements όπου υπήρχε περιορισμένος αριθμός αποστολής δεδομένων έτσι δεν μπορούσε να ανακτηθεί απευθείας το location_id αφού δεν μπορούσαν να σταλούν οι συντεταγμένες. Συνεπώς δεν μπορούσε να ανακτηθεί ούτε η διεύθυνση. Αν γίνονταν διαφορετικές αιτήσεις στον πίνακα measurement τότε θα εισάγονταν οι μετρήσεις σε διαφορετικές γραμμές και όχι σε μια και αν στέλλονταν οι συντεταγμένες στον πίνακα hardware_measurements τότε θα έπρεπε να παραλειφθούν άλλες μετρήσεις που ήταν αδύνατον. Αξιοσημείωτο είναι ότι το πρόβλημα περιορισμού αποστολής δεδομένων δεν εμφανίστηκε όταν πραγματοποιήθηκε έλεγχος αποθήκευσης μεταξύ ARDUINO-Βάσης Δεδομένων διότι έγιναν μόνο δοκιμές για αποστολή μιας μέτρησης μέσω ενός μόνο get request.

Αντιμετώπιση:

Για τον πίνακα measurement δημιουργήθηκαν διάφορα views και controllers στο LARAVEL ώστε να βοηθήσουν στην επίτευξη εισαγωγής μιας μόνο γραμμής στη Βάση Δεδομένων που θα περιείχε όλα τα απαραίτητα δεδομένα. Αρχικά στον κώδικα ARDUINO υπάρχει ένα GET request προς τη Βάση δεδομένων το οποίο περιέχει το όνομα ενός από των views που δημιουργήθηκαν. Μέσω του get request λαμβάνονται αρχικά οι συντεταγμένες longitude, latitude και οι μετρήσεις τις θερμοκρασίας και υγρασίας. Το view μέσω του routing κατευθύνει τις μετρήσεις στον κατάλληλο controller. Ο controller αυτός είναι υπεύθυνος να ενωθεί στη Βάση δεδομένων ώστε να διαβάσει τα αποτελέσματα του πίνακα locations και να βρει το arduino ID, και location_id που αντιστοιχεί στις συντεταγμένες που έχει. Αφού ανακτήσει το ARDUINO ID και location_id ανακτά και τη διεύθυνση που αντιστοιχεί σε αυτά και έπειτα τα αποθηκεύει όλα στον πίνακα measurement. Συνεπώς ο πίνακας μέχρι στιγμής έχει τιμές στα πεδία longitude,latitude, temperature,humidity,location_id,address και arduino_ID. Το επόμενο get request στον κώδικα arduino περιέχει τις μετρήσεις της θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης, υγρασίας και τον μοναδικό αριθμό του ARDUINO , και στέλλεται στο LARAVEL framework ώστε να επεξεργαστεί αυτές τις μετρήσεις. Το LARAVEL μέσω ενός άλλου view που δημιουργήθηκε και ενός άλλου controller ελέγχει αν οι μετρήσεις τις θερμοκρασίας , υγρασίας και του ARDUINO ID είναι ίδιες με αυτές που εισαχθήκαν στη Βάση. Αν είναι ίδιες τότε γνωρίζει ότι είναι η γραμμή που είναι ελλιπής και πρέπει να συμπληρωθεί. Έτσι ανανεώνει τη γραμμή αυτή του πίνακα εισάγοντας τις εναπομείναντες μετρήσεις. Το ίδιο πραγματοποιείται και για τις μετρήσεις από τους αισθητήρες Sound & Flame οι οποίες στέλλονται με ένα άλλο GET request και επαναλαμβάνεται η διαδικασία όπου με βάση το ARDUINO_ID και την τελευταία καταγραφή του στον πίνακα ανανεώνεται η γραμμή προσθέτοντας και αυτές τις μετρήσεις. Ως αποτέλεσμα αποθηκεύονται όλες οι μετρήσεις όπως θα έπρεπε, ως μια γραμμή δηλαδή.

Από την άλλη για τον πίνακα hardware_measurements στο LARAVEL γίνεται ένα GET REQUEST το οποίο πραγματοποιείται μετά από τα get requests που περιγράφηκαν πιο πάνω και περιέχει τις μετρήσεις SoundSensor, FlameSensor, Battery και ARDUINO_ID λόγω περιορισμού αποστολής δεδομένων. Σε αυτόν τον πίνακα αφού δεν στέλλονται οι συντεταγμένες, το location_id και έπειτα η διεύθυνση δεν μπορούσαν να ανακτηθούν απευθείας μέσω του πίνακα locations έτσι έπρεπε να ληφθούν με άλλον τρόπο . Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε αυτό ήταν με την ανάκτηση των μετρήσεων που είναι αποθηκευμένες στον πίνακα measurement. Η σειρά με την οποία γίνονται οι αιτήσεις έχει σημαντικό ρόλο για αυτό πραγματοποιούνται πρώτα τα αιτήματα για τον measurement πίνακα και μετά για τον hardware_measurements. Αφού ανακτηθούν οι μετρήσεις ελέγχεται

αν το ARDUINO_ID που στάλθηκε είναι ίδιο με κάποιο ARDUINO_ID που περιέχεται στις γραμμές του πίνακα measurement . Αν υπάρχουν διάφορες γραμμές με ίδιο ARDUINO_ID λαμβάνεται η πιο πρόσφατη και αυτό πραγματοποιείται με βάση το πεδίο created_at. Αφού βρεθεί η κατάλληλη γραμμή τότε το location_id αποθηκεύεται στον πίνακα hardware_measurements και έτσι μπορεί να πραγματοποιηθεί ανάκτηση του location_id και της διεύθυνσης μέσω του πίνακα locations.

Περισσότερες πληροφορίες για τον νέο κώδικα arduino που ενώνεται απευθείας με το LARAVEL framework βρίσκονται στο

Παράρτημα Ε

5.2.3 Περιγραφή των tabs της Διαδικτυακής εφαρμογής

Αφού έγιναν οι κατάλληλες συνδέσεις και εκτελέστηκαν οι απαραίτητες ρυθμίσεις για την καταγραφή των μετρήσεων τότε δημιουργήθηκαν τα tabs της διαδικτυακής εφαρμογής ώστε να αναπαρασταθούν αυτές οι μετρήσεις καθώς και άλλες πληροφορίες στους χρήστες. Το κάθε tab δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να τηρεί αναλόγως τις κατάλληλες απαιτήσεις που καταγράφηκαν στο σημείο(3.2 Απαιτήσεις διαδικτυακής εφαρμογής) ως αποτέλεσμα να συμπεριληφθούν όλες στην εφαρμογή. Γενικότερα:

- ✓ για τη δημιουργία της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν οι γλώσσες javascript, php , css, html
- ✓ για τη δημιουργία των γραφικών παραστάσεων που περιέχονται σε μερικά tabs χρησιμοποιήθηκε το LAVACHART το οποίο υποστηρίζεται από το LARAVEL

framework και είναι υπεύθυνο να δημιουργεί γραφικές παραστάσεις και να τις αναπαραστεί στην εφαρμογή

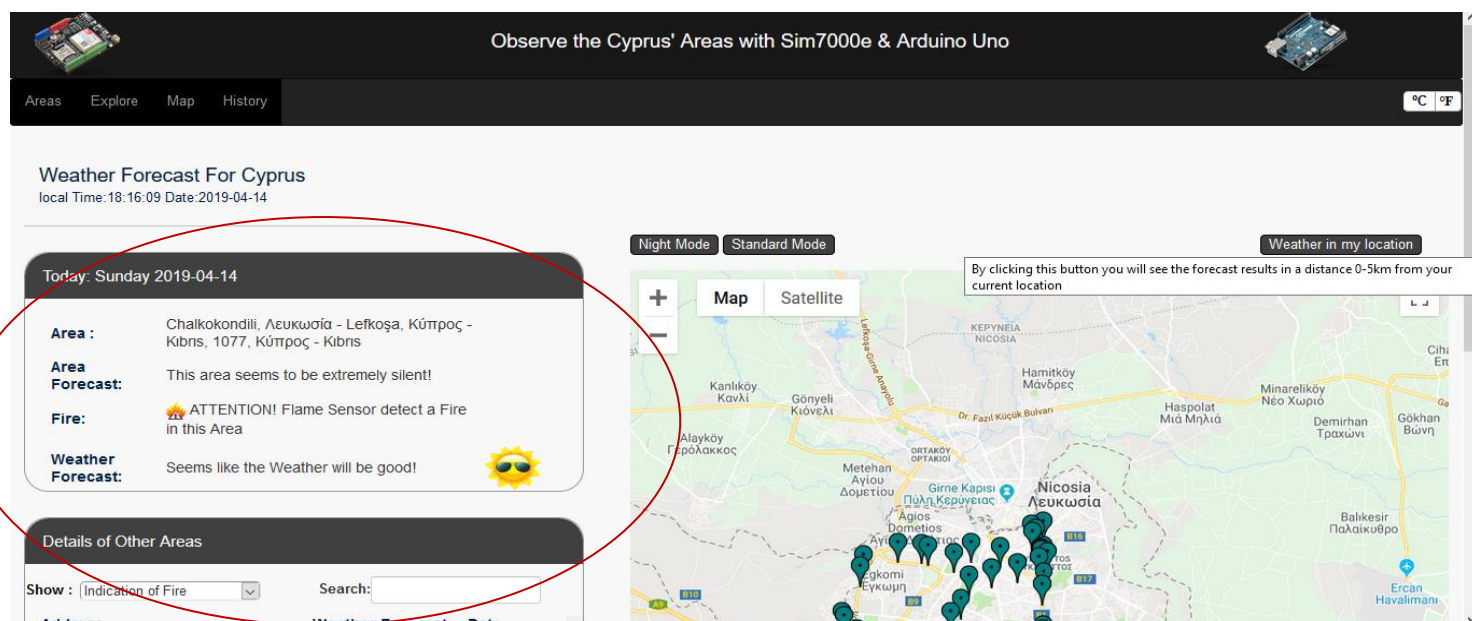
- ✓ για την αναπαράσταση και την λήψη κατάλληλων μετρήσεων από τη βάση υλοποιήθηκαν queries που το επιτυγχάνουν αυτό και εκτελούνται από το LARAVEL προς την Βάση Δεδομένων
- ✓ για υλοποίηση κάποιων αναζητήσεων χρησιμοποιήθηκε το data table
- ✓ για την αναπαράσταση των μετρήσεων μέσω του χάρτη χρησιμοποιήθηκε ο χάρτης Google map.

Πιο κάτω περιέχεται η ανάλυση του κάθε tab και συγκεκριμένα επεξηγούνται οι ενέργειες που μπορούν να πραγματοποιηθούν από ένα χρήστη της διαδικτυακής εφαρμογής. Για καλύτερη κατανόηση υπάρχουν και εικόνες που λήφθηκαν κατά τη χρήση της εφαρμογής. Γενικότερα , για καλύτερο user experience υπάρχουν μηνύματα λάθους ή μηνύματα επιτυχίας/αποτυχίας κατά την πραγματοποίηση μιας ενέργειας ώστε ο χρήστης να ενημερώνεται ανά πάσα στιγμή για το αποτέλεσμα της ενέργειας που εκτελεί.

5.2.3.1 Areas Tab

Το tab αυτό είναι το βασικότερο tab της εφαρμογής αφού ενημερώνει τον χρήστη για τις διάφορες περιοχές της Κύπρου έτσι επιλέχθηκε να είναι και η αρχική σελίδα. Συγκεκριμένα τον ενημερώνει για τον καιρό αν θα είναι κρύος, ζεστός ή ιδανικός και επιπλέον δείχνει την ελάχιστη και μέγιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε την τελευταία εβδομάδα. Ακόμη τον ενημερώνει αν υπάρχει φωτιά σε κάποια περιοχή καθώς και αν μια περιοχή είναι θορυβώδης ώστε να λάβει τα κατάλληλα μέτρα. Όπως προαναφέρθηκε ο σκοπός ενημέρωσης για φωτιά είναι να αποτραπούν όσο το δυνατό περισσότερες καταστροφές και απώλειες, ενώ ο σκοπός ενημέρωσης του θορύβου είναι να αποτραπούν προβλήματα υγείας αφού αν ο θόρυβος ξεπερνά συνεχώς το επιτρεπτό όριο τότε δημιουργούνται μόνιμα προβλήματα υγείας . Τέλος ο σκοπός ενημέρωσης για τον καιρό αφορά τη βέλτιστη πληροφόρηση του χρήστη, αφού αν επιθυμεί να επισκεφθεί μια περιοχή τότε υπάρχει η δυνατότητα να γνωρίζει συγκεκριμένα πως κυμαίνεται ο καιρός εκεί. Αν και υπάρχουν διάφορες ιστοσελίδες καιρού που μπορούν να ενημερώσουν τον χρήστη ωστόσο αν επιλέξει να ενημερωθεί από την εφαρμογή αυτή, η ενημέρωση του θα είναι πιο ακριβής λόγω λήψης συνεχών μετρήσεων από τις διευθύνσεις και σε πραγματικό χρόνο. Αξιοσημείωτο είναι ότι λόγω περιορισμού χρόνου και χρηματοδότησης δεν πραγματοποιείται στην τρέχον διπλωματική εργασία η στατική τοποθέτηση και η συνεχής λήψη μετρήσεων αλλά γίνεται μια αναπαράσταση.

Ένας χρήστης ο οποίος πλοηγείται στο συγκεκριμένο tab μπορεί να δει μια προκαθορισμένη κεντρική περιοχή όπου περιγράφεται ο καιρός σε αυτήν, αν υπάρχει κάποια ένδειξη φωτιάς, αν υπάρχει κάποιος θόρυβος καθώς και την ημερομηνία και ώρα που λήφθηκε η μέτρηση για αυτή την περιοχή(βλέπε εικόνα Σχήμα 5.3: Area Tab διαδικτυακής εφαρμογής με παρουσίαση της προκαθορισμένης κεντρικής περιοχής).



Σχήμα 5.3: Area Tab διαδικτυακής εφαρμογής με παρουσίαση της προκαθορισμένης κεντρικής περιοχής

Οι ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει σε αυτό το tab είναι οι εξής:

- ✓ Αν ο χρήστης επιθυμεί να δει το ιστορικό των περιοχών αυτών και συγκεκριμένα επιθυμεί να δει το ιστορικό για κάποιες από τις τρεις υποστηριζόμενες ενέργειες τότε αρχικά πρέπει να επιλέξει αυτό που θέλει να δει (ιστορικό καιρού, πυρκαγιάς, θορύβου) και στην συνέχεια επιλέγει την περιοχή (Σχήμα 5.4: Area Tab με αναλυτικά τα βήματα για επιλογή ενημέρωσης ιστορικού: καιρού, φωτιάς ή θορύβου για κάποια συγκεκριμένη περιοχή). Έστω ότι επέλεξε να δει το ιστορικό της θερμοκρασία για την περιοχή Καλλιπόλεως. Αφού πραγματοποιήσει τις ενέργειες αυτές τότε μεταφέρεται στην εικόνα (Σχήμα 5.5: Area Tab με εμφάνιση ιστορικού καιρού μιας επιλεγμένης περιοχής) όπου εμφανίζεται το αποτέλεσμα της περιοχής Καλλιπόλεως με ιστορικό μετρήσεων μέχρι ενός μήνα πριν.

Step 1

Step 2

Details of Other Areas

Show: Weather Forecast
Weather Forecast
Indication of Fire
Area Forecast

Search:

Weather Forecast

Area Forecast	Date
Kallipoleos - Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	Sunday 2019-04-14
Chalki - Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	Sunday 2019-04-14

Max & Min Temperature in the Last 7 days:

Highest Temperature that was observed the last 7 days:

Max Temperature: 24°C

Area: Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris

Date: 2019-04-13 21:15:56

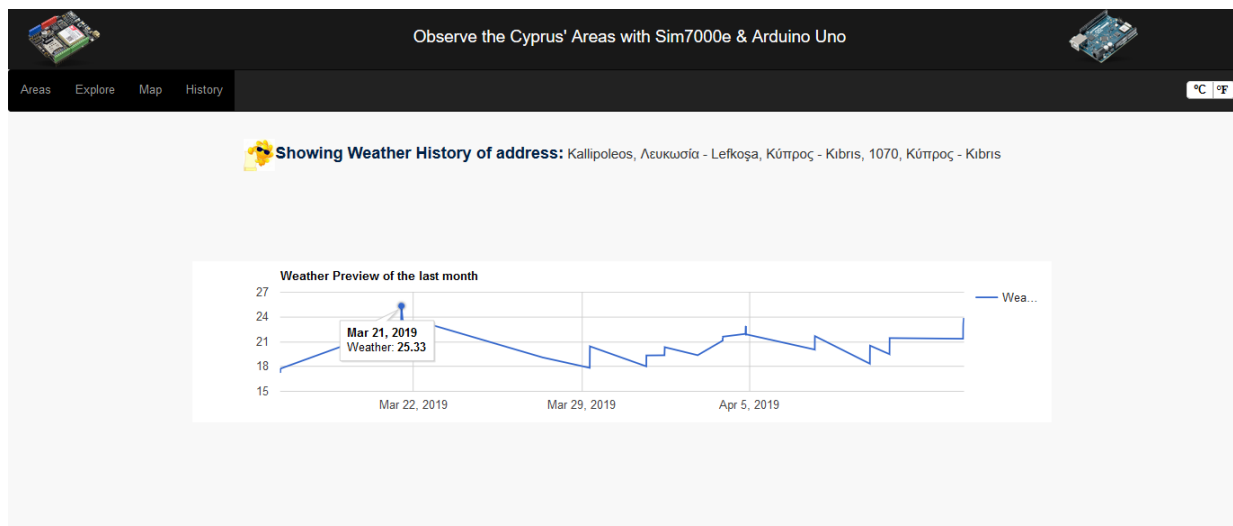
Minimum Temperature that was observed the last 7 days:

Min Temperature: 18°C

Area: Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris

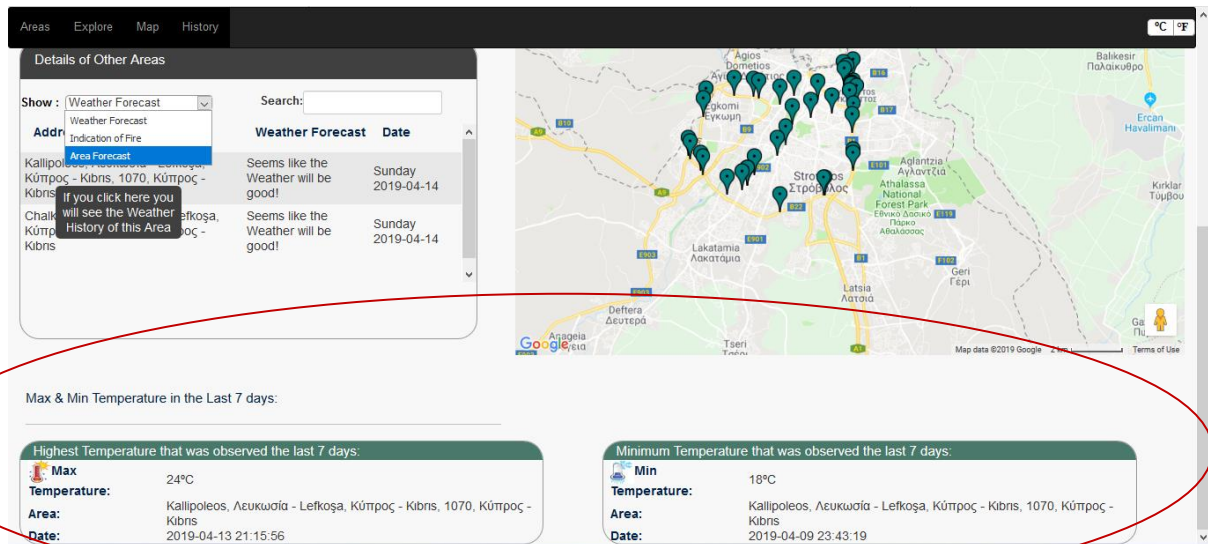
Date: 2019-04-09 23:43:19

Σχήμα 5.4: Area Tab με αναλυτικά τα βήματα για επιλογή ενημέρωσης ιστορικού : καιρού ,φωτιάς ή θορύβου για κάποια συγκεκριμένη περιοχή



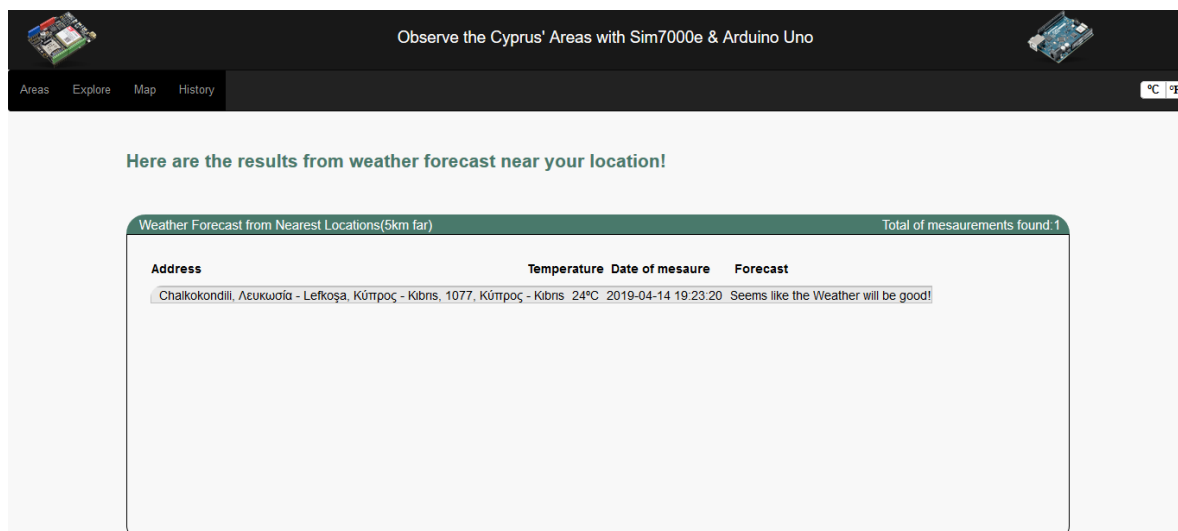
Σχήμα 5.5: Area Tab με εμφάνιση ιστορικού καιρού μιας επιλεγμένης περιοχής

- ✓ Μπορεί να δει την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία που υπήρξε γενικότερα στην Κύπρο την προηγούμενη εβδομάδα και συγκεκριμένα εμφανίζει την περιοχή που είχε την μέγιστη/ελάχιστη θερμοκρασία καθώς και πότε καταγράφηκε η μέτρηση αυτή (Σχήμα 5.6: Area Tab με εμφάνιση μέγιστης και ελάχιστης Θερμοκρασίας).



Σχήμα 5.6: Area Tab με εμφάνιση μέγιστης και ελάχιστης Θερμοκρασίας

- ✓ Ένας χρήστης πατώντας το κουμπί «Weather in my Location» ζητείται από αυτόν άδεια για λήψη της τοποθεσίας του και αφού δώσει την άδεια αυτή τότε μεταβαίνει σε μια νέα σελίδα η οποία του παρουσιάζει αν υπάρχουν προβλέψεις καιρού για περιοχές που βρίσκονται μέχρι και 5km μακριά του. Αν δεν υπάρχουν του παρουσιάζεται το ανάλογο μήνυμα ενώ αν υπάρχουν εμφανίζεται ένας πίνακας στην νέα σελίδα που μεταβαίνει ο οποίος περιέχει τον συνολικό αριθμό περιοχών που λήφθηκαν μετρήσεις, την πρόβλεψη καιρού για εκείνες τις περιοχές, καθώς και την ημερομηνία και ώρα που λήφθηκαν οι μετρήσεις (Σχήμα 5.7: Area Tab με εμφάνιση πρόβλεψης καιρού κοντινών περιοχών (σε ακτίνα 5 km)). Η ανάκτηση των μετρήσεων που λήφθηκαν την τρέχον ημέρα και βρίσκονται σε ακτίνα 5km πραγματοποιείται μέσω query από το LARAVEL προς τη Βάση Δεδομένων.



Σχήμα 5.7: Area Tab με εμφάνιση πρόβλεψης καιρού κοντινών περιοχών (σε ακτίνα 5 km)

- ✓ Ο χρήστης μπορεί να αναζητήσει αν υπάρχει η περιοχή που αναζητεί μέσω του «Search» που βρίσκεται στον πίνακα «Details of Other Areas».
- ✓ Μπορεί να μετατρέψει την θερμοκρασία που είναι προκαθορισμένη να εμφανίζεται σε Celsius σε Fahrenheit μέσω των κουμπιών που βρίσκονται στα δεξιά του βασικού menu.
- ✓ Μπορεί να δει τις συνολικές περιοχές στις οποίες λήφθηκαν μετρήσεις μέσω του χάρτη, πατώντας πάνω στους markers εμφανίζονται πληροφορίες για τη συγκεκριμένη περιοχή που επιλέχθηκε όπως (θερμοκρασία, υγρασία, ατμοσφαιρική πίεση , ημερομηνία λήψης μετρήσεων) . Ακόμη έχει την επιλογή να επιλέξει την μορφή που επιθυμεί να βλέπει τον χάρτη (Dark ή Standard).
- ✓ Μπορεί να δει πληροφορίες για διάφορες περιοχές από τις οποίες λήφθηκαν δεδομένα την τρέχον ημέρα. Συγκεκριμένα στον πίνακα «Details of Other Areas» έχει τη δυνατότητα να επιλέξει να δει τον καιρό, αν υπάρχει κάποια ένδειξη για πυρκαγιά καθώς και αν υπάρχει θόρυβος στη συγκεκριμένη περιοχή. Ο τρόπος με τον οποίο λήφθηκαν οι συγκεκριμένες απαντήσεις είναι με τη χρήση του fuzzy logic το οποίο περιγράφηκε στο(2.8 Fuzzy Logic). Το fuzzy logic είναι υπεύθυνο να πάρει κάποιες πρωτοβουλίες και ακολούθως να λάβει κάποιες αποφάσεις με βάση τα δεδομένα που λαμβάνει ως είσοδο. Συγκεκριμένα το fuzzy logic χρησιμοποιήθηκε για να παίρνει αποφάσεις για τον θόρυβο σε μια περιοχή και να δίνει κάποιες εισηγήσεις στον χρήστη . Επιπλέον χρησιμοποιήθηκε στην ενημέρωση του χρήστη για τον καιρό όπου

με κάποιες ς και κάποιους κανόνες παίρνει απόφαση για το πώς θα είναι ο καιρός για την υπόλοιπη ημέρα.

5.2.3.1.1 Χρήση του fuzzy logic στην εφαρμογή

Για να χρησιμοποιηθεί το fuzzy logic έπρεπε να δημιουργηθούν τα fuzzy data sets τόσο για την είσοδο όσο και για την έξοδο καθώς και κάποια membership functions τα οποία δείχνουν το εύρος των τιμών του κάθε fuzzy data set. Στη συνέχεια όταν θα δημιουργούνται απαραίτητο ήταν να μετατραπούν οι μεταβλητές και εξόδου σε fuzzy data sets με βάση τα membership functions. Για την υλοποίηση του fuzzy logic χρησιμοποιήθηκε το fuzzy logic class το οποίο ήταν υλοποιημένο σε php και αλλάζοντας τα membership functions, fuzzy data sets και κανόνες τότε μπορούσε να παρθεί απόφαση με βάση την είσοδο που δινόταν.

5.2.3.1.1.1 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον θόρυβο στις περιοχές

Τα membership functions και fuzzy data sets ήταν προκαθορισμένα από την κλάση που χρησιμοποιήθηκε και ήταν το LOW με membership function 0,10,30 , MEDIUM με membership function 25,50,75 και τέλος το HIGH με membership function 70,80,100. Στην συγκεκριμένη κλάση έπρεπε να στέλλονται τρεις μεταβλητές οι οποίες στην συνέχεια θα μετατρέπονταν σε LOW, MEDIUM ή HIGH με βάση τα membership functions που περιγράφτηκαν. Απαραίτητη προϋπόθεση προτού σταλούν τα δεδομένα (συνολικά τρία) είναι να διαιρούνται με το μέγιστο που μπορούσε να λάβει ο συγκεκριμένος αισθητήρας και μετά το αποτέλεσμα να μετατραπεί σε ποσοστό πολλαπλασιάζοντας το με το 100 αφού έτσι ήταν υλοποιημένη η κλάση. Ακολούθως αφού σταλούν, μετατρέπονται σε fuzzy data set ώστε να γίνει το πρώτο βήμα του fuzzy logic δηλαδή το fuzzification . Η μέγιστη μέτρηση που μπορούν να λάβουν οι αισθητήρες για τον θόρυβο είναι 255 έτσι η κάθε μέτρηση έπρεπε να διαιρεθεί με αυτόν τον αριθμό. Για καλύτερη και πιο ακριβή λήψη αποτελεσμάτων η είσοδος που επιλέγεται να στέλλεται είναι : Με βάση την κάθε περιοχή αν λήφθηκαν περισσότερα από 3 αποτελέσματα τότε χρησιμοποιούνται οι τρεις πιο πρόσφατες λήψεις, αν λήφθηκαν 2 αποτελέσματα τότε χρησιμοποιούνται αυτά τα δύο αποτελέσματα και σαν 3^η είσοδο στέλλεται ο αριθμός 1. Αν λήφθηκε μόνο μια μέτρηση για την περιοχή τότε στέλλεται η μέτρηση αυτή και οι άλλες δύο μεταβλητές λαμβάνουν την τιμή 1.

Τα fuzzy data sets εξόδου που επιλέχθηκαν είναι VERY_SILENT με membership function 0,10,20 , SILENT με membership function 15,30,45, BIT_NOISY με membership function 35,50,65 ,NOISY με membership function 60,80,85 και EXTREMELY_NOISY με membership function 75,90,100 .

Οι κανόνες που χρησιμοποιήθηκαν είναι 27 (3^3) αφού κάθε μεταβλητή (τρεις συγκεκριμένα) μπορεί να μετατραπεί σε ένα από τα τρία fuzzy data sets (LOW, MEDIUM, HIGH) και οι κανόνες είναι οι εξής:

Σημείωση:

Μεταβλητή 1 = Τρέχον ημέρας Μέτρηση Θορύβου

Μεταβλητή 2 = 2^η Τρέχον ημέρας μέτρηση θορύβου (αν υπάρχει), αν δεν υπάρχει είναι 1

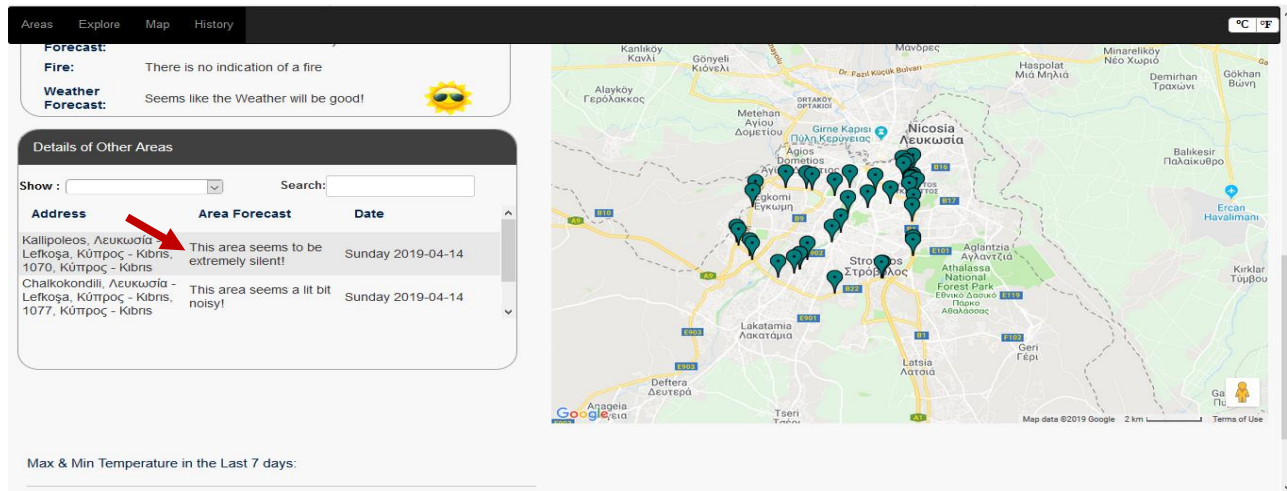
Μεταβλητή 3 = 3^η Τρέχον ημέρας μέτρηση θορύβου (αν υπάρχει), αν δεν υπάρχει είναι 1

Οι μεταβλητές όπως προαναφέρθηκε μετατράπηκαν σε Low, Medium ή Silent ανάλογα με την τιμή τους και την ανάλογη αντιστοίχιση τους στο membership function.

- 1 Αν οι μεταβλητές 1, 2 και 3 είναι LOW τότε είναι VERY_SILENT
- 2 Αν η μεταβλητή 1 και 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι SILENT
- 3 Αν η μεταβλητή 1 και 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι BIT_NOISY
- 4 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι SILENT
- 5 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι BIT_NOISY
- 6 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 7 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι BIT_NOISY
- 8 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY
- 9 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 10 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι LOW τότε είναι SILENT
- 11 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι BIT_NOISY
- 12 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 13 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι BIT_NOISY
- 14 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY

- 15 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 16 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι NOISY
- 17 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY
- 18 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι EXTREMELY_NOISY
- 19 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι LOW τότε είναι BIT_NOISY
- 20 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY
- 21 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 22 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι BIT_NOISY
- 23 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY
- 24 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι NOISY
- 25 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι NOISY
- 26 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι NOISY
- 27 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι EXTREMELY_NOISY

Αφού χρησιμοποιηθούν οι κανόνες και γίνει το defuzzification τότε το αποτέλεσμα είναι η απόφαση που λήφθηκε από το fuzzy logic. Στη συνέχεια το αποτέλεσμα που λαμβάνεται μετατρέπεται σε λόγια ώστε να αναπαρασταθεί στην εφαρμογή. Ένα παράδειγμα φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:



Σχήμα 5.8: Παράδειγμα αποτελέσματος fuzzy logic όσο αφορά τον θόρυβο σε περιοχές

5.2.3.1.1.2 Χρήση fuzzy logic ώστε να ληφθούν αποφάσεις για τον καιρό

Τα fuzzy data sets και membership functions εξόδου είναι ίδια με πιο πάνω τα μόνα που αλλάζουν είναι τα fuzzy data sets εξόδου που αφορούν τον καιρό και έγιναν : VERY_BAD , BAD, GOOD , HOT , VERY_HOT. Όπως και στην προηγούμενη χρήση του fuzzy logic έτσι και για αυτή έπρεπε να στέλλονται τρεις μεταβλητές ώστε να μετατραπούν σε fuzzy data sets μέσω των membership function, να γίνει δηλαδή το fuzzification. Οι τρεις μεταβλητές που σχετίζονται με τον καιρό και στέλλονται ως είσοδος είναι η θερμοκρασία, υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Συγκεκριμένα για κάθε περιοχή επιλέγεται η τελευταία μέτρηση που καταγράφηκε για να σταλεί και να παρθεί απόφαση για τον καιρό της περιοχής αυτής. Οι τρεις μεταβλητές προτού σταλούν διαιρούνται με το μέγιστο αριθμό θερμοκρασίας, υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης αναλόγως. Για την θερμοκρασία ορίστηκε ο αριθμός 50 ως μέγιστος, για την υγρασία ο αριθμός 100 και για την ατμοσφαιρική πίεση ο αριθμός 110 000 . Στην συνέχεια το αποτέλεσμα των διαιρέσεων πολλαπλασιάζεται με το 100 ώστε να μετατραπεί σε ποσοστό και να μπορεί να γίνει το fuzzification.

Γενικότερα είναι δύσκολο να παρθούν αποφάσεις για τον καιρό για αυτό χρησιμοποιήθηκε η fuzzy λογική. Οι κανόνες που χρησιμοποιούνται ώστε να ληφθεί η κατάλληλη απόφαση είναι 27 όπως και πριν αφού και πάλι στέλλονται τρεις μεταβλητές και υλοποιήθηκαν με βάση την έρευνα που διεξάχθηκε για το πως επηρεάζουν οι τρεις αυτές μετρήσεις τον καιρό. Η έρευνα έδειξε ότι όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι μεγαλύτερη τότε έχει ως αποτέλεσμα ο καιρός να είναι σταθερός και ο ουρανός να μην έχει σύννεφα ενώ από την άλλη όταν η ατμοσφαιρική πίεση είναι χαμηλή έχει ως αποτέλεσμα ο καιρός να είναι ασταθής , βροχερός ή ακόμη να ρίχνει και χιόνι. Συνεπώς όταν ο καιρός είναι ασταθής και βροχερός η θερμοκρασία μειώνεται και η υγρασία αυξάνεται. Όταν είναι σταθερός η θερμοκρασία αυξάνεται και αν το

ποσοστό υγρασίας είναι ψηλό τότε η ζέστη είναι αφόρητη ενώ όταν είναι σε φυσιολογικά πλαίσια η ζέστη είναι ανεκτική. Βασισμένη σε όλα αυτά δημιουργήθηκαν οι εξής κανόνες:

Σημείωση:

Μεταβλητή 1=Θερμοκρασία

Μεταβλητή 2=Υγρασία

Μεταβλητή 3=Ατμοσφαιρική πίεση

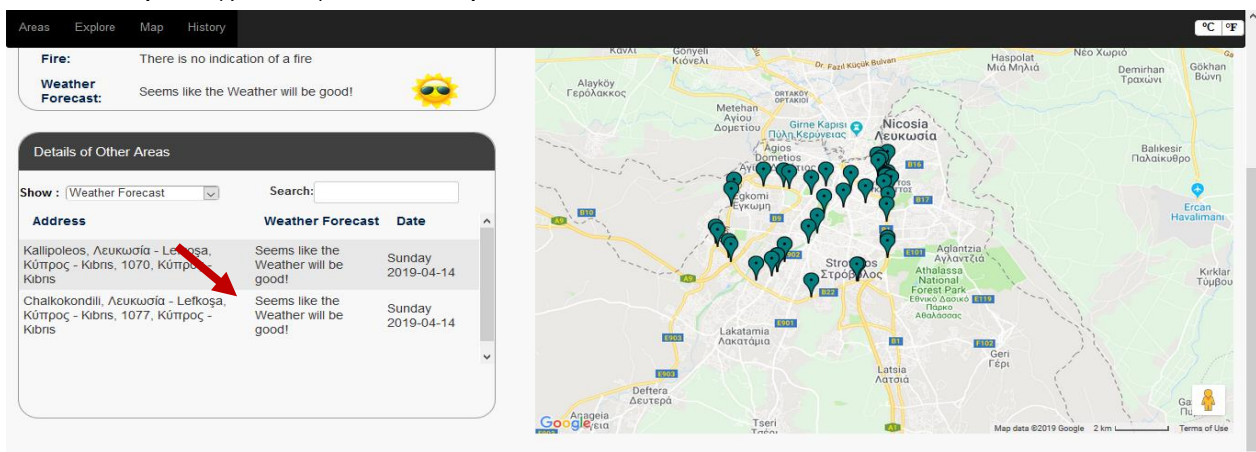
Οι μεταβλητές όπως προαναφέρθηκε μετατράπηκαν σε Low,Medium ή Silent ανάλογα με την τιμή τους και την ανάλογη αντιστοίχιση τους στο membership function.

- 1 Αν η μεταβλητές 1 ,2 και 3 είναι LOW τότε είναι VERY_BAD
- 2 Αν η μεταβλητή 1 και 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι BAD
- 3 Αν η μεταβλητή 1 και 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι BAD
- 4 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι VERY_BAD
- 5 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι BAD
- 6 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι BAD
- 7 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι VERY_BAD
- 8 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι VERY_BAD
- 9 Αν η μεταβλητή 1 είναι LOW η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι BAD
- 10 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι LOW τότε είναι GOOD
- 11 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι GOOD
- 12 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι GOOD
- 13 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι GOOD
- 14 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι GOOD
- 15 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι GOOD
- 16 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι BAD
- 17 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι HOT

- 18 Αν η μεταβλητή 1 είναι MEDIUM η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι HOT
- 19 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι LOW τότε είναι GOOD
- 20 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι HOT
- 21 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι LOW και η 3 είναι HIGH τότε είναι HOT
- 22 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι LOW τότε είναι HOT
- 23 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι VERY_HOT
- 24 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι MEDIUM και η 3 είναι HIGH τότε είναι VERY_HOT
- 25 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι LOW τότε είναι VERY_HOT
- 26 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι MEDIUM τότε είναι VERY_HOT
- 27 Αν η μεταβλητή 1 είναι HIGH η 2 είναι HIGH και η 3 είναι HIGH τότε είναι VERY_HOT

Αφού χρησιμοποιηθούν οι κανόνες γίνεται το defuzzification και το αποτέλεσμα δηλαδή η απόφαση που έλαβε το fuzzy logic ανάλογα με την είσοδο που του δόθηκε εμφανίζεται στην εφαρμογή.

Ένα παράδειγμα διαφαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:

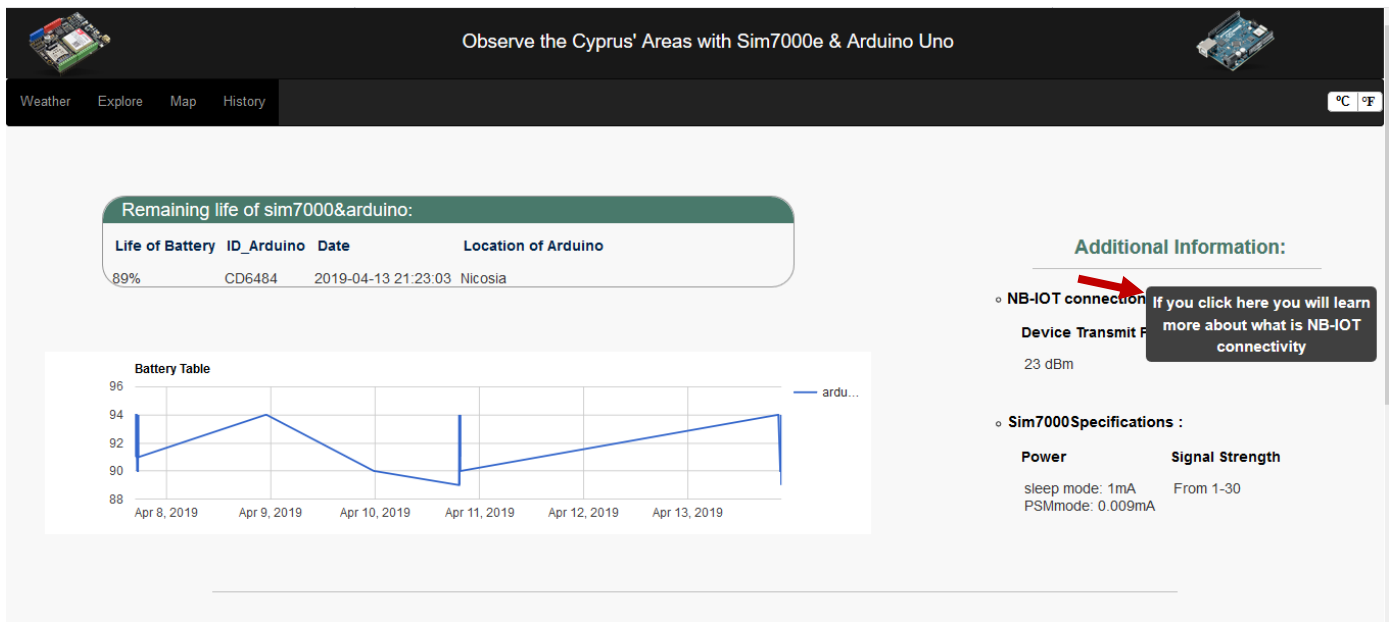


Σχήμα 5.9: Παράδειγμα αποτελέσματος fuzzy logic όσο αφορά τον καιρό

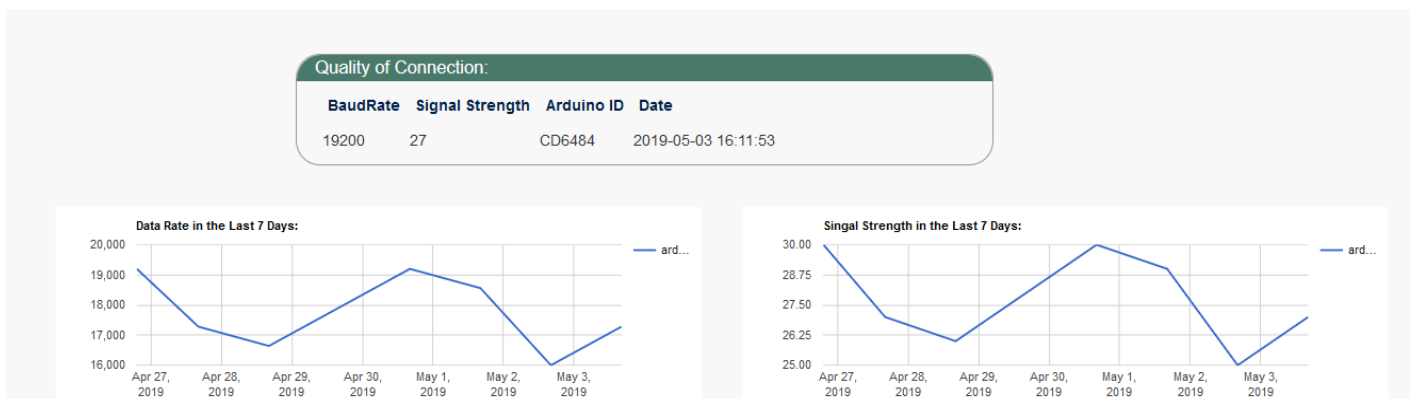
5.2.3.2 Explore Tab

Το explore tab δημιουργήθηκε με σκοπό να δώσει την ευκαιρία στον χρήστη να εξερευνήσει και να ενισχύσει τις γνώσεις του και αυτό πραγματοποιείται με τις πληροφορίες που παρέχονται για τις συσκευές ARDUINO καθώς και για την τεχνολογία NB-IOT. Επιπλέον, σκοπός είναι η μελέτη κάποιων χαρακτηριστικών της NB-IOT τεχνολογίας όπως την κατανάλωση μπαταρίας γνωρίζοντας ανά πάσα στιγμή το υπόλοιπο ζωής των συσκευών καθώς και το μέγιστο αριθμό δεδομένων που μπορούν να σταλούν χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αυτή. Ακόμη, εκεί που μπορεί να υπήρχαν ερωτηματικά για έναν χρήστη ο οποίος μπορεί να μην είναι οικείος με κάποιες έννοιες, τότε όταν περάσει το mouse από πάνω τους (on hover) εμφανίζεται ένα μήνυμα το οποίο περιγράφει την έννοια τους.

Γενικότερα ο τρόπος με τον οποίο διαφαίνονται οι πληροφορίες είναι μέσω γραφικών παραστάσεων. Συνολικά υπάρχουν τρεις γραφικές παραστάσεις, οι οποίες δείχνουν τα ιστορικά δεδομένα έως και μια εβδομάδα πριν: η πρώτη δείχνει την εναπομείναντα ζωή των μπαταριών στις συσκευές, η δεύτερη δείχνει την δύναμη του σήματος που εκπέμπεται ανάμεσα στο Base Station και της πηγής (συσκευών) ώστε να μεταδοθούν τα δεδομένα και η τρίτη γραφική παράσταση δείχνει τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. Ο ρυθμός μετάδοσης των δεδομένων υπολογίζεται με την εξίσωση: $(\text{baud rate} * \text{Signal Strength}) / 30$. Δηλαδή γίνεται πολλαπλασιασμός του μέγιστου αριθμού δεδομένων που στέλλονται το δευτερόλεπτο μαζί με την ισχύς του σήματος και το αποτέλεσμα διαιρείται με το 30. Γενικότερα η δύναμη του σήματος κυμαίνεται από 1-30 έτσι όσο πιο μεγάλη είναι η δύναμη του σήματος τόσο πιο ισχυρό είναι, με αποτέλεσμα να μεταδίδονται περισσότερα δεδομένα αφού βιώνουν λιγότερη εξασθένιση λόγω μεγαλύτερης αδράνειας έναντι των παρεμβολών. Επιπλέον σε κάθε μια από τις γραφικές παραστάσεις υπάρχει ένας πίνακας ο οποίος δείχνει την τελευταία μέτρηση που καταγράφηκε για την γραφική παράσταση αυτή. Πιο συγκεκριμένα υπάρχει ένας πίνακας που δείχνει την τελευταία ημερομηνία και ώρα που καταγράφηκε η μέτρηση για την μπαταρία που έχουν οι συσκευές και για επιπλέον ενημέρωση περιέχει τον μοναδικό αριθμό ARDUINO. Ο δεύτερος πίνακας περιγράφει την ποιότητα σύνδεσης και δείχνει το baud rate δηλαδή πόσα σήματα μπορούν να σταλούν το δευτερόλεπτο (λόγω του serial connection επιτρέπεται να σταλούν τόσα bits όσα καθορίζονται στο baud rate), το Signal Strength που είναι η δύναμη που ταξιδεύει το σήμα ανάμεσα στο BS και στις συσκευές, το ARDUINO το οποίο πραγματοποιεί αυτές τις ενέργειες εμφανίζοντας το ARDUINO_ID και τέλος η ημερομηνία και ώρα που πραγματοποιείται η μετάδοση δεδομένων. Η αναπαράσταση και οι λειτουργίες του συγκεκριμένου tab που περιγράφηκαν φαίνονται στις πιο κάτω εικόνες:



Σχήμα 5.10: Αναπαράσταση explore Tab



Σχήμα 5.11: Συνέχεια αναπαράστασης explore Tab

Για ακόμη περισσότερη ενίσχυση των γνώσεων περιέχονται κάποιες επιπρόσθετες πληροφορίες οι οποίες επεξηγούν την NB-IoT τεχνολογία καθώς και κάποιες προδιαγραφές

NB-IOT connectivity:

NB-IOT is a low power wide area network that it was created specifically to connect IOT(Internet of Things) devices to the wider network: the Internet. NB-IOT is the main technology that is used in this project in order to transfer data from ARDUINO devices to this web application.

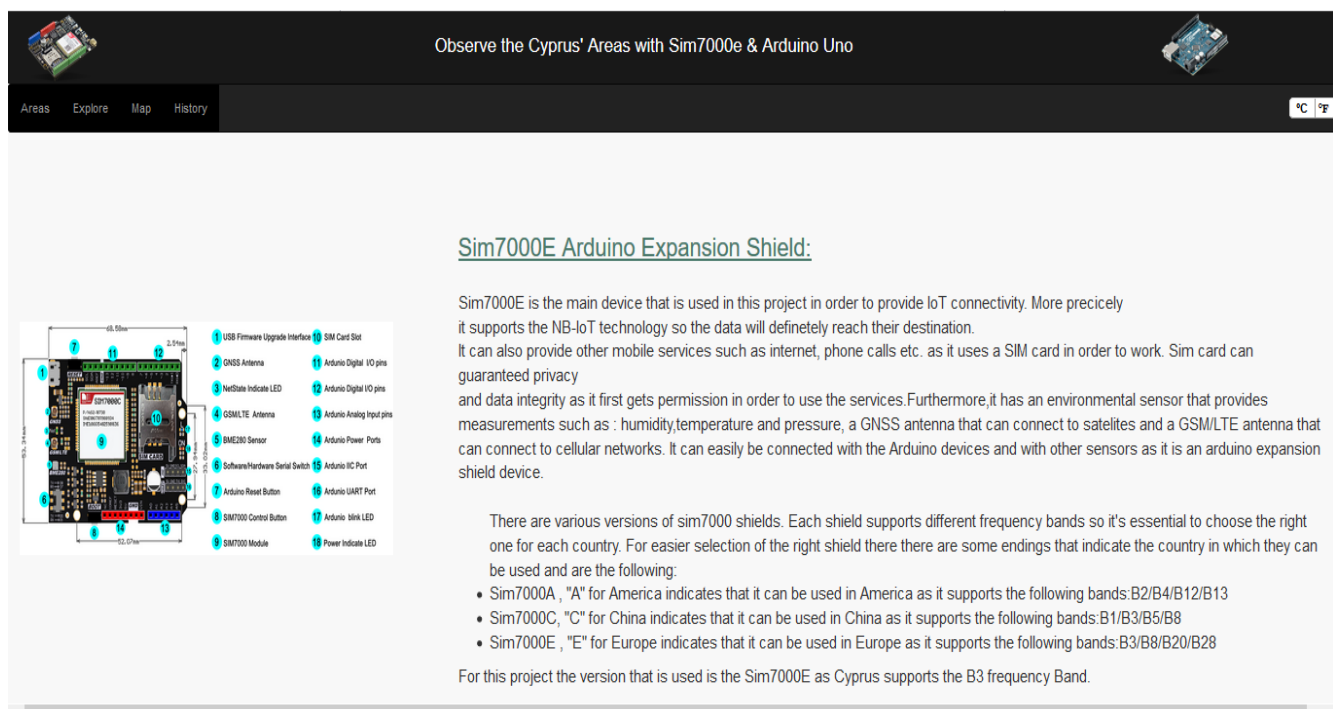
It is characterized :

- for using extremely low battery to transmit the data throught the Internet (23dBm)
- for it's easy deployment. Specifically there is no need of creating a new network in order to use it as it can connect to current cellular networks such as LTE/GSM.
- for it's excellent signal penetration as it can connect devices that are located deep in basements or in hard to reach areas.
- for not having any interference with other signals as it uses very low frequencies to transmit data
- for it's savety. It can guarentee data integrity as it first gets permission from providers in order to provide connectivity services to devices

της συσκευής SIM7000E. Συγκεκριμένα περιέχεται η κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιώντας την NB-IoT τεχνολογία που κυμαίνεται στα 23dBm και το μέγιστο αριθμό δεδομένων που μπορούν να μεταδίδονται το δευτερόλεπτο ο οποίος είναι ανάλογα με το baud rate. Αν δηλαδή το baud rate είναι 19200 τότε ο μέγιστος αριθμός bits που μπορούν να σταλούν είναι 19200 bits το δευτερόλεπτο. Ένας χρήστης που επιθυμεί να ενημερωθεί ακόμη περισσότερο για την τεχνολογία αυτή μπορεί να πατήσει στο NB-IoT connection όπως δείχνει και η εικόνα(Σχήμα 5.10: Αναπαράσταση explore Tab). Αφού πατήσει μεταφέρεται σε μια οθόνη όπου περιγράφονται μερικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής και εξηγείται πως είναι η τεχνολογία που χρησιμοποιείται σε αυτή τη διπλωματική εργασία όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:

Σχήμα 5.12: Περιγραφή χαρακτηριστικών της NB-IoT τεχνολογίας

Ένας χρήστης που επιθυμεί να ενημερωθεί ακόμη περισσότερο για την συσκευή SIM7000 μπορεί να πατήσει στο sim7000 specification. Αφού πατήσει μεταφέρεται σε μια οθόνη όπου περιγράφονται μερικά χαρακτηριστικά της συσκευής αυτής όπως φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:



Σχήμα 5.13: Περιγραφή χαρακτηριστικών της συσκευής Sim7000E

5.2.3.3 Map Tab

Το tab αυτό είναι υπεύθυνο να δείχνει όλες τις διευθύνσεις που κατέγραψαν οι συσκευές ARDUINO. Συγκεκριμένα ένας χρήστης μπορεί να τις δει μέσω ενός πίνακα ή μέσω ενός χάρτη που αναπαριστώνται με την βοήθεια των markers.

Τόσο στον πίνακα όσο και στο χάρτη εφόσον πατηθεί κάποιος marker εμφανίζονται πληροφορίες που αφορούν την διεύθυνση αυτή, όπως την τελευταία θερμοκρασία που καταγράφηκε για τη συγκεκριμένη διεύθυνση καθώς και την αντίστοιχη ημερομηνία και ώρα. Αν πατήσει στους markers εμφανίζονται επιπλέον οι μετρήσεις της υγρασίας και ατμοσφαιρικής πίεσης. Συγκεκριμένα το tab φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα:

Observe the Cyprus' Areas with Sim7000e & Arduino Uno

Weather Explore Map History

°C °F

Find your location... Search

Please fill out this field.

	Last date of mesaures	Temp
1077, Κύπρος - Kibns	2019-04-10 19:36:06	22°C
Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 1070, Κύπρος - Kibns	2019-04-10 19:23:22	21°C
Quotes Food n Bar, 53, Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 1070, Κύπρος - Kibns	2019-04-03 21:14:11	21°C
Ypatias, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 1070, Κύπρος - Kibns	2019-03-29 07:54:44	19°C
Peiraios, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 1048, Κύπρος - Kibns	2019-02-27 12:54:06	29°C
Leof. Lemesou Avenue, Aglantzia, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 2003, Κύπρος - Kibns	2019-02-27 12:51:05	30°C
Limassol-Nicosia Highway, Strovolos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 2025, Κύπρος - Kibns	2019-02-27 12:47:59	33°C

Nicosia

Map Satellite

Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibns, 1070, Κύπρος - Kibns
Temperature: 21.44°C
Humidity: 41.65% Pressure: 99504.91
2019-04-10 19:23:22

Locations Nearby

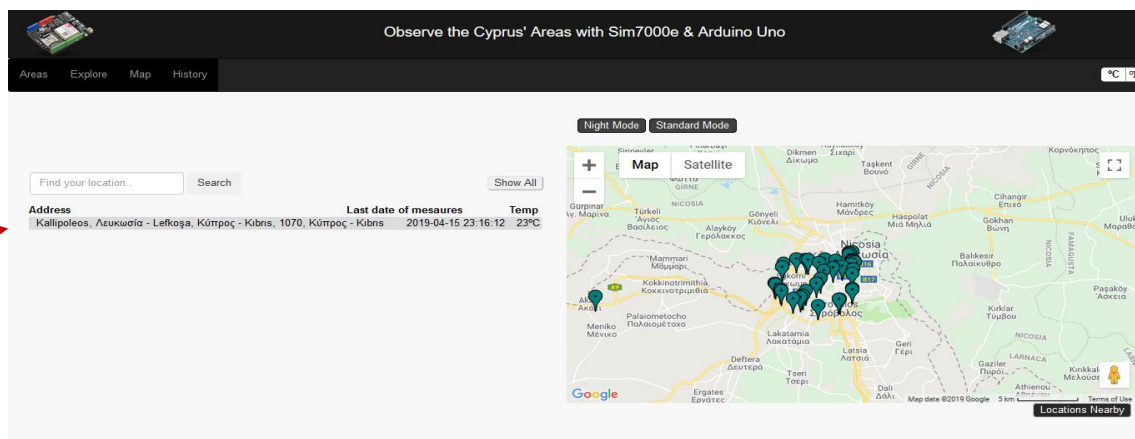
By clicking this button you will see nearest Locations(5Km far) from your current, showing the latest mesaurements in those Areas

Σχήμα 5.14: Ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας χρήστης στο Map Tab

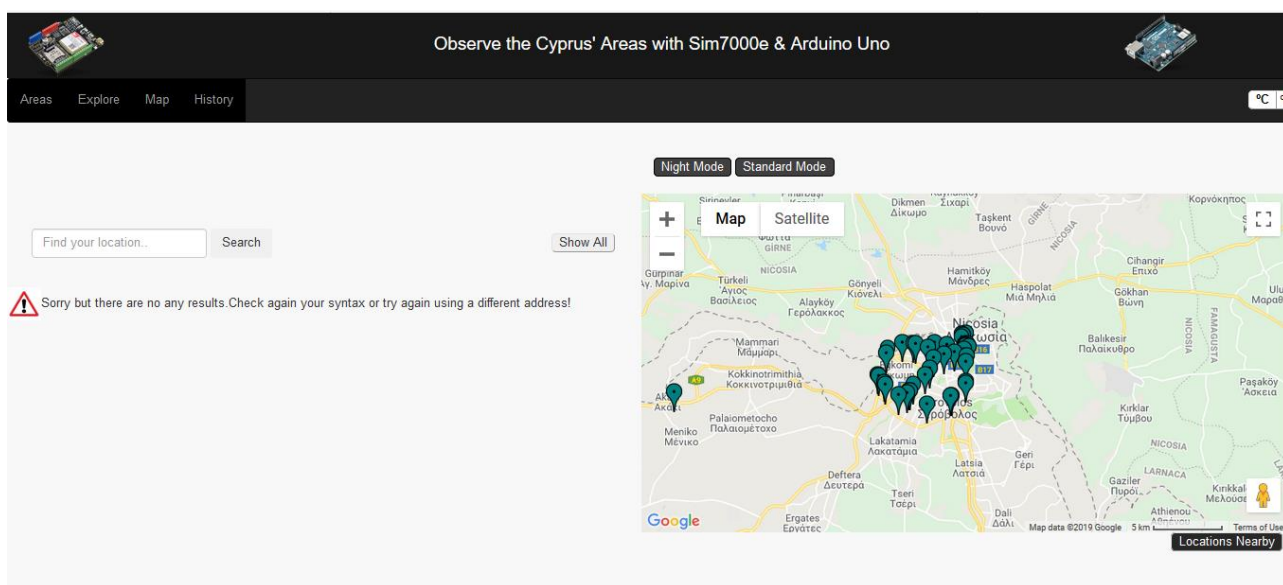
Ένας χρήστης στο συγκεκριμένο tab μπορεί να πραγματοποιήσει τις ακόλουθες ενέργειες όπως υποδεικνύουν και τα πιο πάνω τόξα:

- ✓ Μπορεί να αναζητήσει μια περιοχή μέσω του κουμπιού SEARCH που υπάρχει πάνω από τον πίνακα, όπως φαίνεται και στην εικόνα (Σχήμα 5.14: Ενέργειες που μπορεί να πραγματοποιήσει ένας χρήστης στο Map Tab). Για να πραγματοποιήσει την αναζήτηση πρέπει να πληκτρολογήσει μια διεύθυνση με μορφή: αριθμός ,οδός, πόλη, Χώρα ή με μορφή οδός, πόλη (με οποιαδήποτε σειρά) στα αγγλικά. Σε περίπτωση που υπάρχει αποτέλεσμα εμφανίζεται η διεύθυνση όπως φαίνεται στην εικόνα

(Σχήμα 5.15: Εμφάνιση αναζήτησης μιας συγκεκριμένης περιοχής) ενώ αν δεν υπάρχει αποτέλεσμα εμφανίζεται το ανάλογο μήνυμα όπως φαίνεται στην εικόνα (Σχήμα 5.16: Εμφάνιση μηνύματος σε περίπτωση μη εύρεσης της περιοχής). Σε οποιαδήποτε περίπτωση ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει ξανά όσες αναζητήσεις επιθυμεί και ακόμη μπορεί πατώντας το κουμπί «show all» να επιστρέψει στον αρχικό πίνακα που περιείχε όλες τις περιοχές.

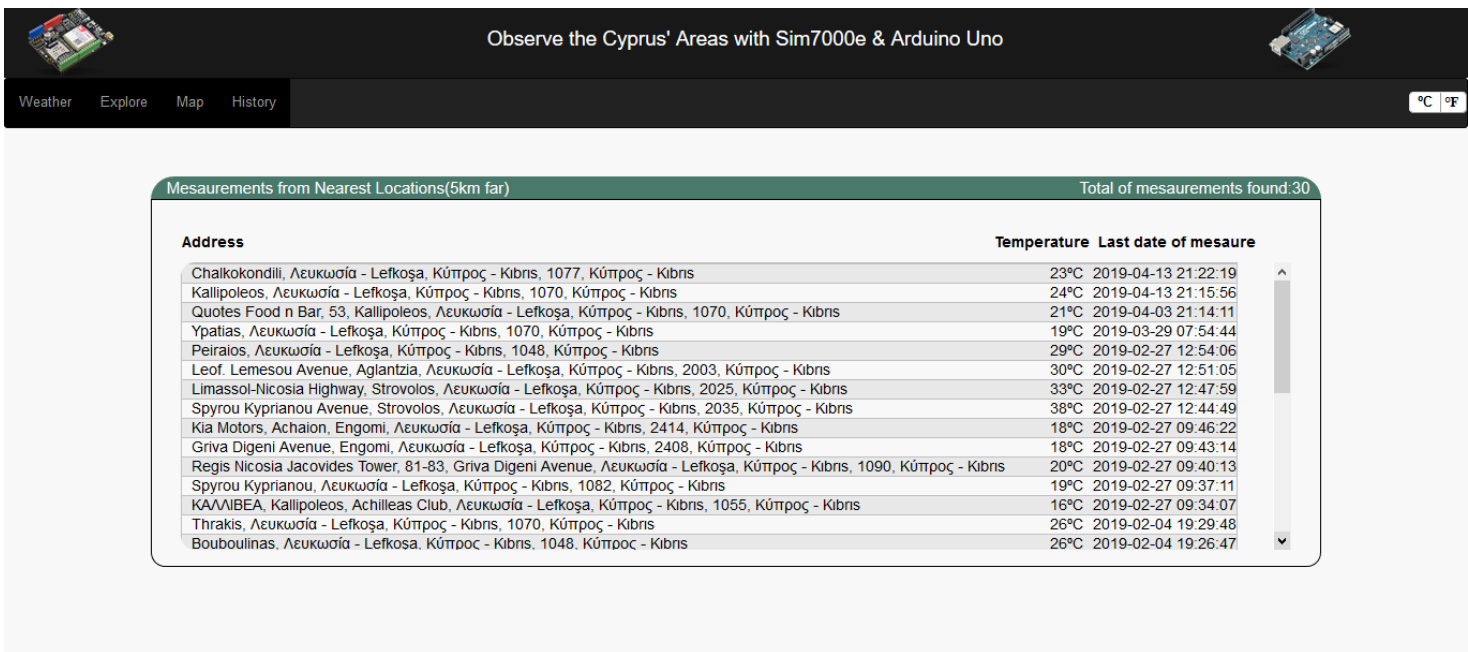


Σχήμα 5.15: Εμφάνιση αναζήτησης μιας συγκεκριμένης περιοχής



Σχήμα 5.16: Εμφάνιση μηνύματος σε περίπτωση μη εύρεσης της περιοχής

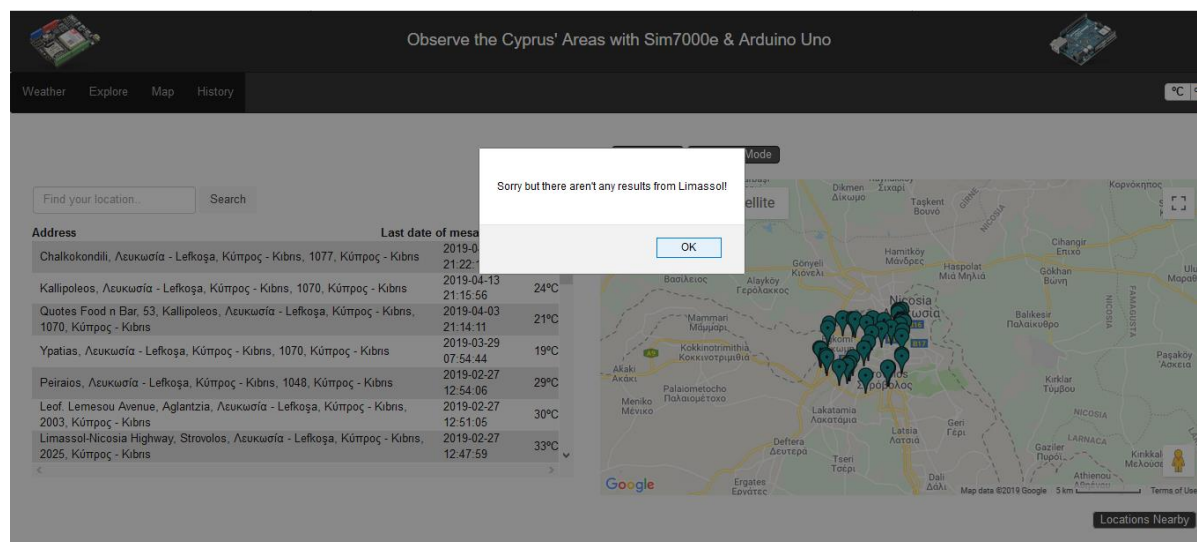
- ✓ Πατώντας το κουμπί «Locations Nearby» ζητείται αρχικά άδεια ώστε να επιτραπεί η λήψη της τοποθεσίας του. Αν ο χρήστης δώσει την άδεια του πατώντας το κουμπί «yes» τότε μεταβαίνει σε μια σελίδα η οποία αναπαριστά τις τοποθεσίες που βρίσκονται 5km(αν υπάρχουν) από τη συγκεκριμένη τοποθεσία του. Αν υπάρχουν εμφανίζεται ένας πίνακας που δείχνει τον συνολικό αριθμό των διευθύνσεων που είναι 5km μακριά καθώς και τη τελευταία μέτρηση, ημερομηνία και ώρα που καταγράφηκαν οι μετρήσεις για τη διεύθυνση αυτή (Σχήμα 5.17: Περιοχές και πληροφορίες περιοχών που βρίσκονται έως και 5km μακριά). Αν δεν καταγράφηκαν μετρήσεις από περιοχές που βρίσκονται 5 km μακριά από τη διεύθυνση του τότε εμφανίζεται το ανάλογο μήνυμα.



Address	Temperature	Last date of measurement
Chalkokondili, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1077, Κύπρος - Kibris	23°C	2019-04-13 21:22:19
Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	24°C	2019-04-13 21:15:56
Quotes Food n Bar, 53, Kallipoleos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	21°C	2019-04-03 21:14:11
Ypatias, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	19°C	2019-03-29 07:54:44
Peiraios, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1048, Κύπρος - Kibris	29°C	2019-02-27 12:54:06
Leof. Lemesou Avenue, Aglantzia, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 2003, Κύπρος - Kibris	30°C	2019-02-27 12:51:05
Limassol-Nicosia Highway, Strovolos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 2025, Κύπρος - Kibris	33°C	2019-02-27 12:47:59
Spyrou Kyprianou Avenue, Strovolos, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 2035, Κύπρος - Kibris	38°C	2019-02-27 12:44:49
Kia Motors, Achaion, Engomi, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 2414, Κύπρος - Kibris	18°C	2019-02-27 09:46:22
Griva Digeni Avenue, Engomi, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 2408, Κύπρος - Kibris	18°C	2019-02-27 09:43:14
Regis Nicosia Jacobides Tower, 81-83, Griva Digeni Avenue, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1090, Κύπρος - Kibris	20°C	2019-02-27 09:40:13
Spyrou Kyprianou, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1082, Κύπρος - Kibris	19°C	2019-02-27 09:37:11
KANLIBEA, Kallipoleos, Achilleas Club, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1055, Κύπρος - Kibris	16°C	2019-02-27 09:34:07
Thrakis, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1070, Κύπρος - Kibris	26°C	2019-02-04 19:29:48
Bouboulinas, Λευκωσία - Lefkoşa, Κύπρος - Kibris, 1048, Κύπρος - Kibris	26°C	2019-02-04 19:26:47

Σχήμα 5.17: Περιοχές και πληροφορίες περιοχών που βρίσκονται έως και 5km μακριά

- ✓ Μπορεί να επιλέξει την πόλη για να δει τις διευθύνσεις που καταγράφηκαν στην πόλη αυτή. Αν δεν καταγράφηκε οποιαδήποτε διεύθυνση τότε επιστρέφεται το ανάλογο μήνυμα στο χρήστη όπως φαίνεται στην εικόνα (Σχήμα 5.18: Μήνυμα σε περίπτωση μη λήψης μετρήσεων στη συγκεκριμένη πόλη).



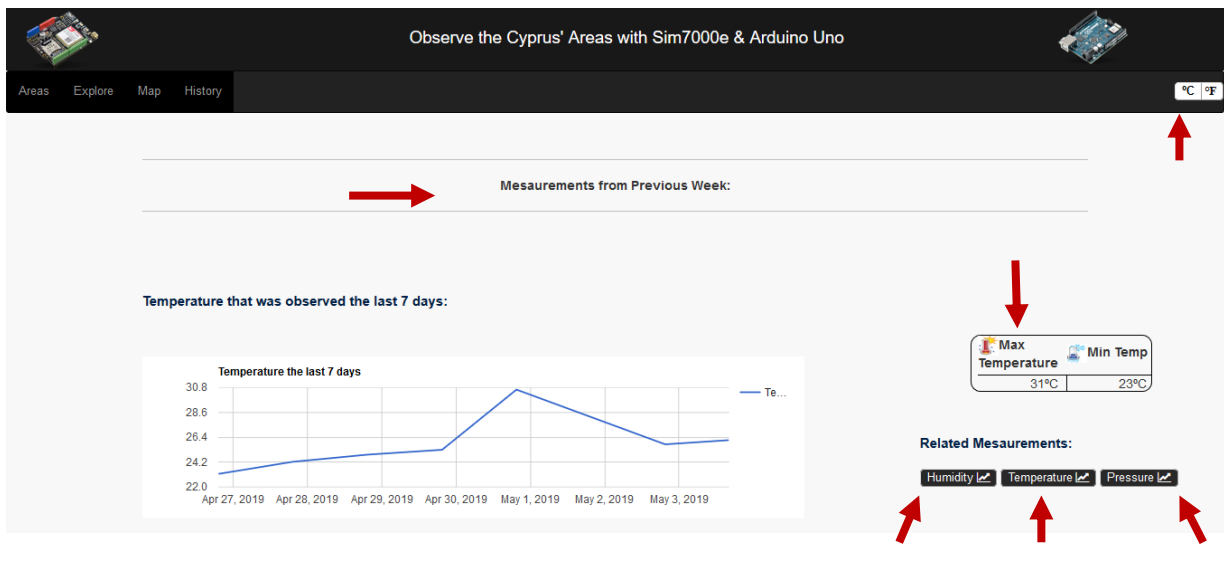
Σχήμα 5.18: Μήνυμα σε περίπτωση μη λήψης μετρήσεων στη συγκεκριμένη πόλη

- ✓ Μπορεί να πραγματοποιήσει κάποιες ενέργειες του Google map όπως να δει τον χάρτη δορυφορικά ή να μετακινηθεί σε συγκεκριμένη περιοχή και να την δει. Ακόμη έχει την δυνατότητα να αλλάξει την προκαθορισμένη μορφή του χάρτη που είναι η κανονική(standard mode) σε νυχτερινή(night mode) και το αντίθετο.
- ✓ Μπορεί να μετατρέψει την θερμοκρασία που είναι προκαθορισμένη να εμφανίζεται σε Celsius σε Fahrenheit μέσω των κουμπιών που βρίσκονται στα δεξιά του βασικού menu.

5.2.3.4 History Tab

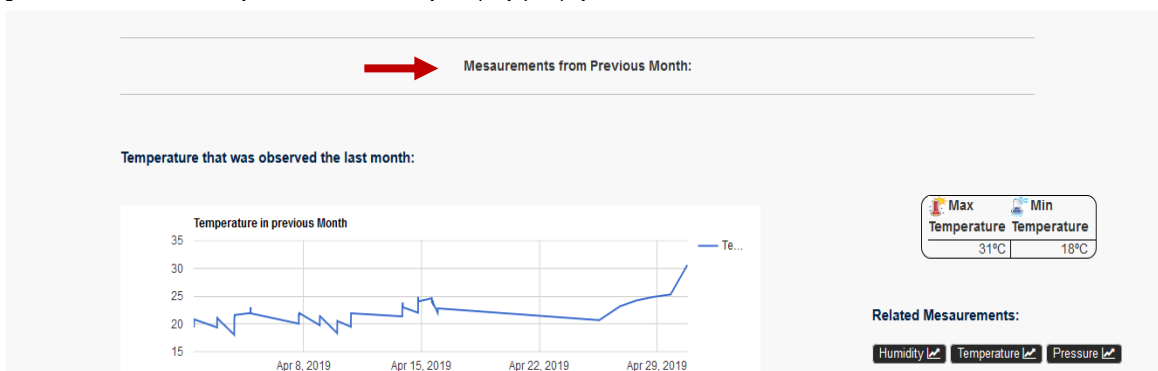
Το History Tab είναι υπεύθυνο να αναπαριστά κάποιες συνολικές μετρήσεις βασισμένες σε όλες τις περιοχές. Μόλις εισέλθει ένας χρήστης στο τρέχον tab σκοπός είναι να βλέπει την γενική εικόνα των περιοχών για μια εβδομάδα πριν καθώς και για ένα μήνα πριν, μέσω γραφικών παραστάσεων. Το tab αυτό προκαθορίστηκε να αναπαριστά την γενική θερμοκρασία και ένας χρήστης μπορεί να παρατηρεί την αλλαγή της κατά το πέρασμα των ημερών (Σχήμα 5.19: Αναπαράσταση του History Tab, Σχήμα 5.20: Συνέχεια Αναπαράστασης του History Tab). Επιπλέον στο πλάι φαίνεται η συνολική μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράφηκε για μια εβδομάδα πριν καθώς και για ένα μήνα πριν. Η θερμοκρασία είναι προκαθορισμένη στην μονάδα μέτρηση Celsius όμως ένας χρήστης που επιθυμεί να την μετατρέψει σε Fahrenheit μπορεί να το πραγματοποιήσει

εύκολα μέσω του κουμπιού °F που βρίσκεται στα δεξιά του βασικού menu. Σε περίπτωση που θέλει να επιστρέψει πίσω στη μονάδα μέτρησης Celsius κάνει απλά κλικ στο °C. Στις πιο κάτω εικόνες φαίνεται η αναπαράσταση του tab και οι λειτουργίες που περιγράφηκαν:



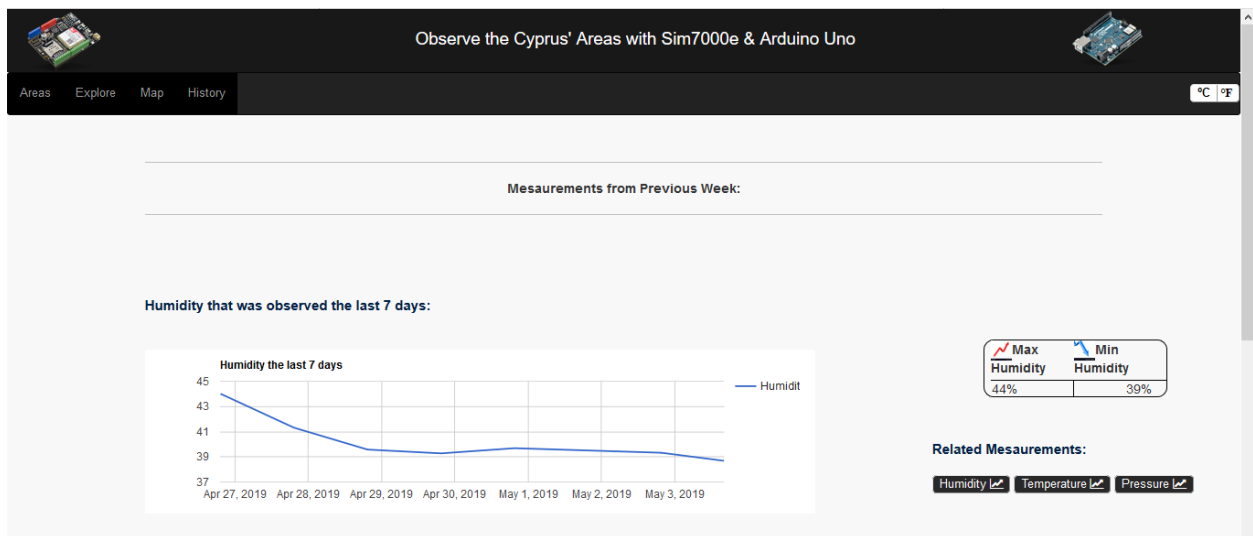
Σχήμα 5.19: Αναπαράσταση του History Tab

Επιπλέον, ένας χρήστης μπορεί να δει άλλες μετρήσεις που καταγράφηκαν μια εβδομάδα και ένα μήνα πριν όπως υγρασία και ατμοσφαιρική πίεση. Σε κάθε περίπτωση θα εμφανιστεί γραφική παράσταση που θα δείχνει την γενική εικόνα για την περίοδο που επιλέχθηκε καθώς και η μέγιστη/ ελάχιστη υγρασία ή ατμοσφαιρική πίεση αναλόγως. Γενικότερα αυτά πραγματοποιούνται μέσω του κώδικα που υλοποιήθηκε στο LARAVEL και αφορά το tab αυτό. Συγκεκριμένα ο κώδικας περιλαμβάνει κάποια queries που υλοποιήθηκαν για την λήψη των απαραίτητων μετρήσεων και τα οποία πραγματοποιούνται από το LARAVEL προς την Βάση Δεδομένων. Όταν ληφθούν τα αποτελέσματα από τα queries τότε αναπαριστούνται στην εφαρμογή.



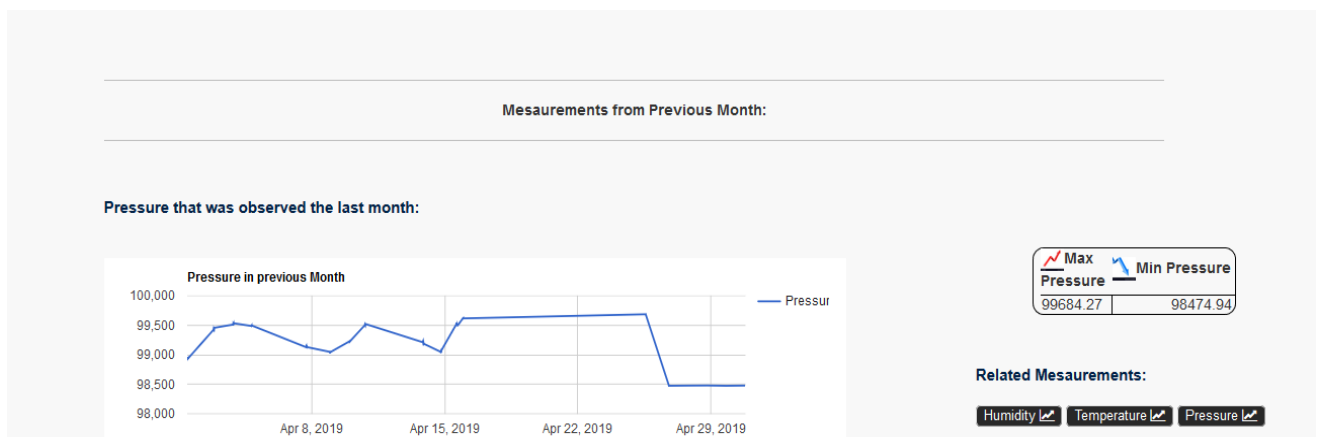
Σχήμα 5.20: Συνέχεια Αναπαράστασης του History Tab

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται η εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της υγρασίας όσο αφορά την προηγούμενη εβδομάδα:



Σχήμα 5.21: Εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της υγρασίας της προηγούμενης εβδομάδας

Στην πιο κάτω εικόνα φαίνεται η εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της ατμοσφαιρικής πίεσης όσο αφορά τον προηγούμενο μήνα:



Σχήμα 5.22: Εμφάνιση των ιστορικών δεδομένων της ατμοσφαιρικής πίεσης του προηγούμενου μήνα.

Link διαδικτυακής εφαρμογής: https://csiot.cs.ucy.ac.cy/arduino_project/public/

Κεφάλαιο 6

Αξιολόγηση

6.1 Εισαγωγή.....	83
6.2 Αξιολόγηση-Ανάλυση Ερωτηματολογίου.....	84

6.1 Εισαγωγή

Σημαντικό μέρος της διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η αξιολόγηση του συστήματος η οποία έπρεπε να πραγματοποιηθεί από διάφορους χρήστες αφού σκοπός είναι το σύστημα να χρησιμοποιείται στο μέλλον από αυτούς. Έτσι έπρεπε να ληφθούν κάποια συμπεράσματα τα οποία θα οδηγούσαν στην βελτίωση της διαδικτυακής εφαρμογής.

Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε μέσω ενός ερωτηματολογίου το οποίο στάλθηκε σε διάφορα άτομα τα οποία ήταν διάφορων ηλικιακών ομάδων (ερωτηθήκαν 4 άτομα από κάθε ηλικιακή ομάδα-2 γυναίκες,2 άντρες). Συγκεκριμένα, το ερωτηματολόγιο στάλθηκε σε 16 άτομα, 8 άντρες και 8 γυναίκες ώστε το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό και να μπορούν να ληφθούν κάποια γενικά συμπεράσματα όσο αφορά την εφαρμογή. Επιπλέον τα άτομα τα οποία κλήθηκαν να απαντήσουν το ερωτηματολόγιο ήταν άτομα που ήταν πλήρως, μερικώς ή καθόλου εξοικειωμένοι με την χρήση της τεχνολογίας. Σε οποιαδήποτε περίπτωση δεν αποθηκεύονταν τα προσωπικά τους δεδομένα αφού οι απαντήσεις ήταν ανώνυμες. Επιπλέον, κανένας από τους ερωτηθέντες δεν ήταν γνώστης της τρέχον διαδικτυακής εφαρμογής αφού ο σκοπός ήταν να αξιολογηθεί το σύστημα χωρίς κάποιος να το χρησιμοποιήσει στο παρελθόν.

Σημείωση 1:

Το μόνο που επεξηγήθηκε στους χρήστες είναι ότι η διαδικτυακή εφαρμογή δεν δείχνει όλες τις περιοχές της Κύπρου αλλά μερικές από αυτές αφού σκοπός είναι να γίνει μια μικρή αναπαράσταση του πώς θα φαίνεται στο μέλλον. Η επεξήγηση αυτή ενσωματώθηκε και στο ερωτηματολόγιο όμως επιλέχθηκε να επεξηγηθεί διότι υπήρχε περίπτωση πολλοί χρήστες να διαβάσουν τις ερωτήσεις μετά την πλοήγηση τους στην εφαρμογή.

Σημείωση 2:

Συγκεκριμένα στους χρήστες στάλθηκε το link που οδηγούσε στην διαδικτυακή εφαρμογή και το link που οδηγούσε στο ερωτηματολόγιο και τους ζητήθηκε να πλοηγηθούν και μετά να απαντήσουν σε αυτό.

Το ερωτηματολόγιο που κλήθηκαν να απαντήσουν οι ερωτηθέντες αποτελείται από 14 ερωτήσεις οι οποίες επιλεχθήκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξακριβώσουν τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες κατανοούν την εφαρμογή, αν θα τους ήταν χρήσιμη, αν δυσκολευτήκαν σε κάποιο σημείο καθώς και αν θα ήθελαν να αλλάξουν ή να προσθέσουν κάτι σε αυτή.

Αναλυτικά οι ερωτήσεις που απαντήθηκαν βρίσκονται στο

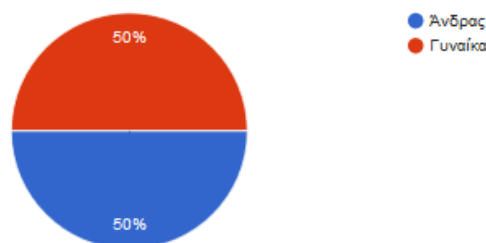
Παράρτημα ΣΤ

6.2 Αξιολόγηση-Ανάλυση Ερωτηματολογίου

Οι πρώτες ερωτήσεις είναι γενικού τύπου:

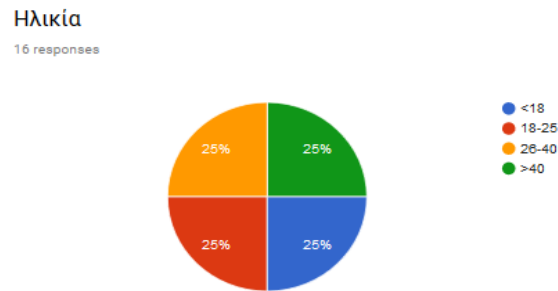
Φύλλο

16 responses



Σχήμα 6.1: Αποτελέσματα 1^{ης} ερώτησης

Η πρώτη ερώτηση του ερωτηματολογίου αφορά το φύλλο. Με το πιο πάνω αποτέλεσμα φαίνεται ότι το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε από ίσο αριθμό γυναικών και ανδρών.

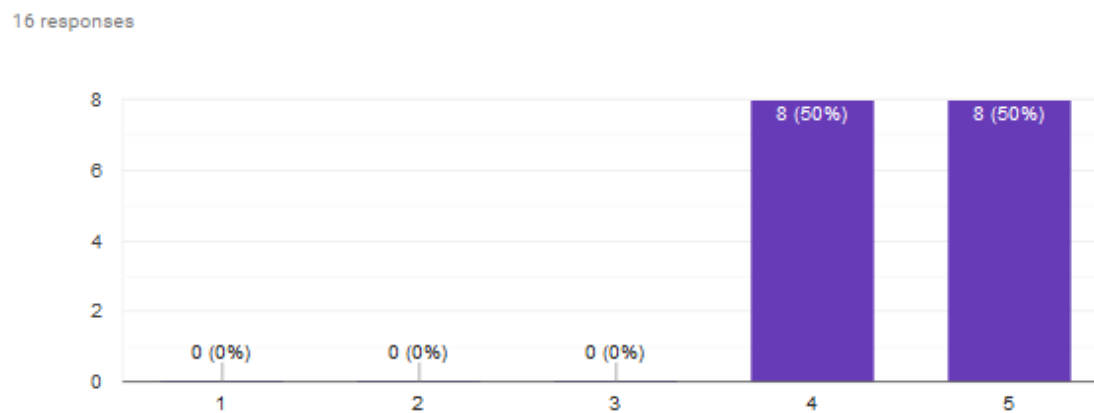


Σχήμα 6.2: Αποτελέσματα 2^{ης} ερώτησης

Η πιο πάνω ερώτηση δείχνει τις 4 ηλικιακές ομάδες οι οποίες έχουν ίσο αριθμό ατόμων με ποσοστό 25 % σε κάθε ηλικιακή ομάδα .

Ερωτήσεις χρήσης της διαδικτυακής εφαρμογής:

Η εφαρμογή που χρησιμοποιήσατε ήταν εύκολη στη χρήση της;



Σχήμα 6.3: Αποτελέσματα 3^{ης} ερώτησης

Αν θεωρείται ότι σας δυσκόλεψε σε κάποιο σημείο σημειώστε που:

1 response

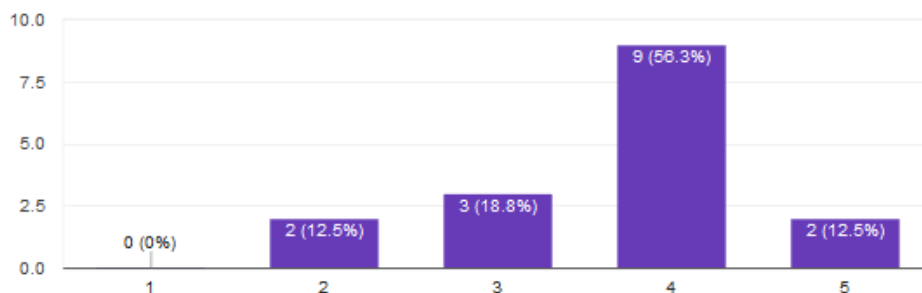
nowhere!

Σχήμα 6.4: Αποτελέσματα 4^{ης} ερώτησης

Η 3^η και 4^η ερώτηση του ερωτηματολογίου αφορά την χρήση της διαδικτυακής εφαρμογής ώστε να εξακριβωθεί αν επιτεύχθηκε ο στόχος ευκολίας χρήσης της. Όπως δείχνει και η πιο πάνω γραφική παράσταση οι ερωτηθέντες βρήκαν αρκετά εύκολη την χρήση της εφαρμογής αφού οι απαντήσεις κυμαίνονται μεταξύ 4 και 5 με 5 να είναι το πολύ εύκολο. Ακόμη στην ερώτηση αν τους δυσκόλεψε σε κάποιο σημείο δεν υπήρχε καμιά απάντηση σε αυτό.

Θα χρησιμοποιούσατε μια τέτοια διαδικτυακή εφαρμογή; Αν ναι πόσο συχνά;

16 responses



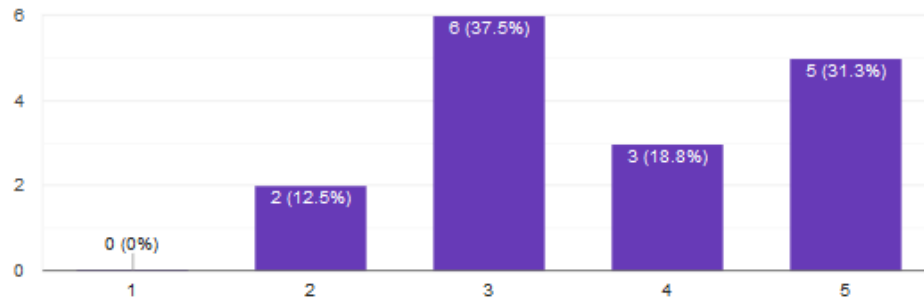
Σχήμα 6.5: Αποτελέσματα 5^{ης} ερώτησης

Αν και όλοι οι ερωτηθέντες απάντησαν σε αυτή την ερώτηση που σημαίνει ότι θα την χρησιμοποιούσαν ωστόσο ο καθένας θα την χρησιμοποιούσε με διαφορετική συχνότητα. Σύμφωνα με την γραφική παράσταση δεν υπάρχει κάποιος που δεν θα την χρησιμοποιούσε καθόλου, οι περισσότεροι κυμαίνονται στον αριθμό 4 που σημαίνει θα την χρησιμοποιούσαν

αρκετά. Το ποσοστό που θα την χρησιμοποιούσαν μέτρια έως και καθόλου είναι αρκετά μικρό.

Πόσο χρήσιμη θα σας ήταν τέτοια διαδικτυακή εφαρμογή;

16 responses

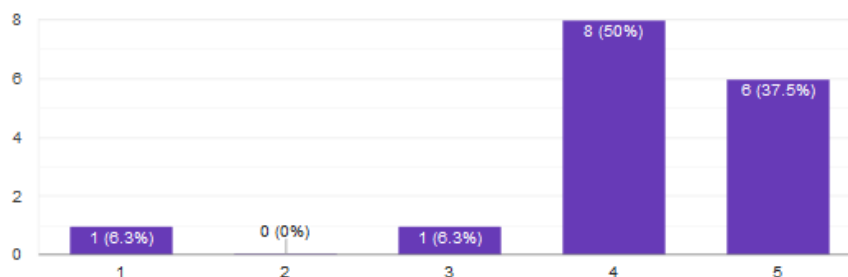


Σχήμα 6.6: Αποτελέσματα 6ης ερώτησης

Υπάρχουν διάφορες απαντήσεις όπως φαίνεται και στην πιο πάνω γραφική παράσταση για το πόσο χρήσιμη θα τους ήταν μια τέτοια διαδικτυακή εφαρμογή. Υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό το οποίο απάντησε 3 άρα για αυτούς θα ήταν μέτρια χρήσιμη και το δεύτερο μεγάλο ποσοστό κυμαίνεται στο 5 που θα τους ήταν πολύ χρήσιμη. Υπάρχει ένα πολύ μικρό ποσοστό στο 2 όπου δεν θα ήταν σχεδόν καθόλου χρήσιμη και ακόμη υπάρχει και στο 4 όπου θα τους ήταν αρκετά χρήσιμη. Έτσι οι περισσότεροι θεωρούν ότι θα ήταν από μέτρια χρήσιμη έως πολύ χρήσιμη μια τέτοια εφαρμογή. Δεν υπάρχει κάποιος που θεωρεί ότι δεν θα ήταν καθόλου χρήσιμη.

Πόσο ακριβή βρήκατε τα δεδομένα της εφαρμογής;

16 responses

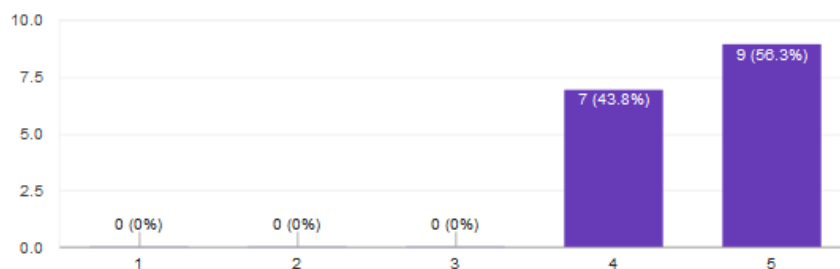


Σχήμα 6.7: Αποτελέσματα 7ης ερώτησης

Οι περισσότεροι ερωτηθέντες βρήκαν τα δεδομένα της εφαρμογής από αρκετά έως πολύ ακριβή. Υπάρχουν μόνο 2 άτομα με πολύ μικρό ποσοστό οι οποίοι βρήκαν τα δεδομένα της εφαρμογής ανακριβή και μέτρια ακριβή. Έτσι αφού το μεγαλύτερο ποσοστό ερωτηθέντων βρήκε τα δεδομένα αρκετά και πολύ ακριβή τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάρχει ακρίβεια δεδομένων στην διαδικτυακή εφαρμογή.

Πως θα χαρακτηρίζατε τον χρόνο απόκρισης της εφαρμογής;

16 responses

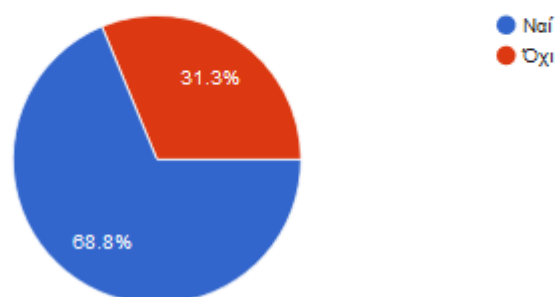


Σχήμα 6.8: Αποτελέσματα 8ης ερώτησης

Σύμφωνα με την πιο πάνω γραφική παράσταση όλοι απάντησαν θετικά στον χρόνο απόκρισης της εφαρμογής. Το μεγαλύτερο ποσοστό απάντησε ότι ήταν πολύ γρήγορη ενώ το δεύτερο μεγάλο ποσοστό απάντησε ότι ήταν αρκετά γρήγορη.

Θεωρείται ότι αποκτήσατε οποιεσδήποτε νέες γνώσεις μέσα από την διαδικτυακή εφαρμογή;

16 responses



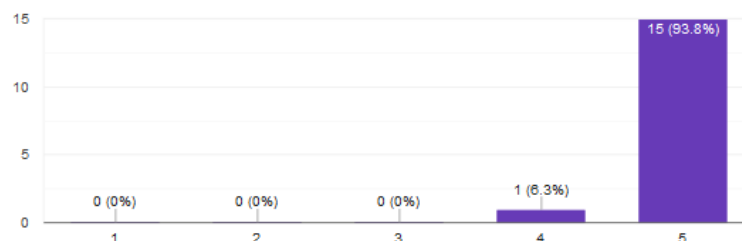
Σχήμα 6.9: Αποτελέσματα 9ης ερώτησης

Η ερώτηση αυτή αφορά την γνώση που λαμβάνει ένας χρήστης μέσα από την εφαρμογή αφού σκοπός ήταν η εφαρμογή να τους βοηθήσει να αποκτήσουν νέες. Ένα ποσοστό 68,8% απάντησε θετικά ότι δηλαδή απέκτησε νέες γνώσεις από αυτή ενώ ένα πιο μικρό ποσοστό γύρω στα 31,3% απάντησε αρνητικά. Συνεπώς υπάρχουν αρκετοί οι οποίοι απέκτησαν νέες γνώσεις μέσα από αυτή.

Ερωτήσεις που αφορούν την επέκταση του συστήματος:

Πόσο χρήσιμο θα ήταν εάν το σύστημα μπορούσε να ενημερώσει την πυροσβεστική σε περίπτωση φωτιάς;

16 responses



Σχήμα 6.10: Αποτελέσματα 10^{ης} ερώτησης

Η ερώτηση αυτή αφορά την επέκταση του συστήματος και την πιθανή απευθείας ενημέρωση για ένδειξη πυρκαγιάς. Οι ερωτηθέντες απάντησαν θετικά στην ερώτηση αυτή αφού όλοι θα επιθυμούσαν να ενημερωνόταν η πυροσβεστική υπηρεσία σε περίπτωση φωτιάς .

Θα ήταν χρήσιμο για εσάς εάν το σύστημα μπορούσε να σας ενημερώνει για τον καιρό, τον θόρυβο περιοχών ή για κάποια ένδειξη φωτιάς;

16 responses

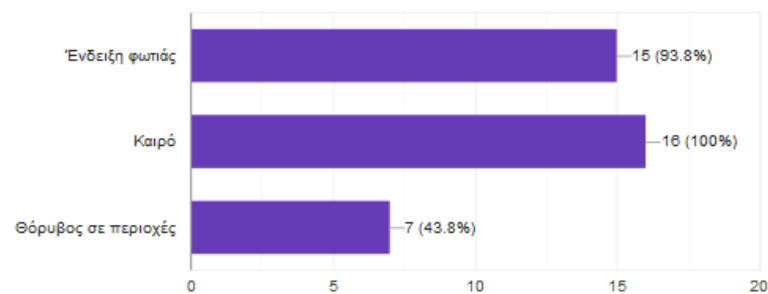


Σχήμα 6.11: Αποτελέσματα 11^{ης} ερώτησης

Η ερώτηση αυτή αφορά την ενημέρωση των χρηστών για αυτά που περιέχει η εφαρμογή (καιρό, ένδειξη φωτιάς, θόρυβο σε περιοχές). Όλοι οι ερωτηθέντες απάντησαν θετικά στην ερώτηση αυτή. Συνεπώς θα ήταν σημαντικό για αυτούς εάν το σύστημα τους ενημέρωνε για αυτά παρά να έπρεπε να πλοηγηθούν οι ίδιοι στην διαδικτυακή εφαρμογή για να ενημερωθούν.

Αν απαντήσατε "ναι" στην προηγούμενη ερώτηση, σημειώστε για ποιά από τα παρακάτω θα θέλατε να ενημερώνεστε:

16 responses



Σχήμα 6.12: Αποτελέσματα 12^{ης} ερώτησης

Η ερώτηση αυτή έδινε την επιλογή στους χρήστες να διαλέξουν για τι ακριβώς θα ήθελαν να ενημερώνονται. Οι περισσότεροι θα ήθελαν να ενημερώνονται για τον καιρό καθώς και για την ένδειξη φωτιάς ενώ ένα μικρότερο ποσοστό επέλεξε ότι θα ήθελε να ενημερώνεται για τον θόρυβο στις περιοχές.

Αλλαγές-Βελτιώσεις:

Θεωρείται ότι θα έπρεπε να αλλάξει κάτι στην εφαρμογή;

1 response

nothing .. just add extra sensors

Θα θέλατε να υπάρχει κάτι άλλο σε αυτήν;

2 responses

enimerosi gia mbofor aera

no just add extra sensors .. in the future!

Σχήμα 6.13: Αποτελέσματα ερωτήσεων 13 & 14

Οι ερωτήσεις αυτές αφορούν την βελτίωση της διαδικτυακής εφαρμογής και αν θα επιθυμούσαν οι χρήστες να αλλάξει κάτι ή να προστεθεί κάτι σε αυτήν. Υπήρξαν άτομα τα οποία πρότειναν κάποιες επιπλέον ενημερώσεις όπως την σύνδεση περισσότερων αισθητήρων ώστε να λαμβάνονται περισσότερα δεδομένα. Συγκεκριμένα προτάθηκε η ιδέα για αισθητήρες που θα δείχνουν την ένταση του ανέμου-κλίμακα μποφόρ.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Μελλοντικά Σχέδια

7.1 Συμπεράσματα.....	92
7.1.1 Συμπεράσματα ερωτηματολογίου.....	92
7.1.2 Γενικότερα Συμπεράσματα.....	93
7.2 Μελλοντικά σχέδια.....	96

7.1 Συμπεράσματα

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας ληφθήκαν κάποια συμπεράσματα που αφορούσαν ολόκληρο το σύστημα, την τεχνολογία που χρησιμοποιήθηκε καθώς και την εφαρμογή που δημιουργήθηκε. Μερικά από αυτά λήφθηκαν κατά την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας και κάποια άλλα μέσω της ανάλυσης του ερωτηματολογίου που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Γενικότερα το τελικό αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός χαμηλού κόστους συστήματος, με εύκολη επεκτασιμότητα καθώς και με την επίτευξη της εύκολης ,εποικοδομητικής και γρήγορης χρήσης του από τους χρήστες.

7.1.1 Συμπεράσματα ερωτηματολογίου

Μετά την ανάλυση του ερωτηματολογίου που πραγματοποιήθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο λήφθηκαν μερικά συμπεράσματα όσο αφορά την διαδικτυακή εφαρμογή που δημιουργήθηκε. Τα συμπεράσματα μπορούν να θεωρηθούν έγκυρα και αντιπροσωπευτικά για το ευρύτερο κοινό αφού το δείγμα επιλέχθηκε να είναι αντιπροσωπευτικό. Γενικότερα η διαδικτυακή εφαρμογή κατάφερε να είναι εύκολη στη χρήση της αφού κανένας από τους ερωτηθέντες δεν απάντησε ότι δυσκολεύτηκε σε κάποιο σημείο και τα ποσοστά ευκολίας χρήσης ήταν αρκετά ψηλά. Ακόμη κατάφερε να είναι γρήγορη και να επιτυγχάνει γρήγορα τις ενέργειες των χρηστών της.

Ένας μεγάλος αριθμός από τους ερωτηθέντες απάντησε πως θα τους ήταν από αρκετά έως πολύ χρήσιμη μια τέτοια εφαρμογή και θα την χρησιμοποιούσαν αρκετά συχνά. Συνεπώς

αυτός ήταν και σκοπός δημιουργίας της, να είναι δηλαδή χρήσιμη για το ευρύτερο κοινό και να χρησιμοποιείται από αυτούς. Ακόμη ένας στόχος της διαδικτυακής εφαρμογής ήταν η ακρίβεια των δεδομένων ο οποίος επιτεύχθηκε αφού οι περισσότεροι ερωτηθέντες απάντησαν θετικά στην ανάλογη ερώτηση ότι δηλαδή τα δεδομένα είναι αρκετά ακριβή. Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό θεώρησε ότι απέκτησε νέες γνώσεις μέσα από την εφαρμογή που είναι αρκετά σημαντικό επίτευγμα.

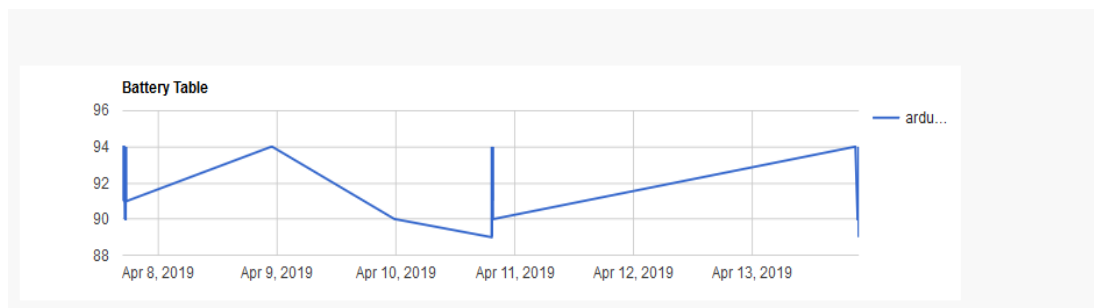
Αξιοσημείωτο είναι ότι όλοι απάντησαν πως θα ήθελαν να ενημερώνεται στο μέλλον τόσο η πυροσβεστική υπηρεσία για ύπαρξη πυρκαγιάς όσο και οι ίδιοι. Οι περισσότεροι που απάντησαν με «ναι» στην ερώτηση αν θα ήθελαν και οι ίδιοι να ενημερώνονται για αυτά που αναπαριστά η εφαρμογή κλήθηκαν να επιλέξουν για ποία από τα τρία θα ήθελαν. Ένα μεγάλο μέρος επέλεξε να ενημερώνεται για τον καιρό και την ένδειξη πυρκαγιάς ενώ ένα μικρότερο επέλεξε για το θόρυβο σε περιοχές.

Ολοκληρώνοντας στις ερωτήσεις που έγιναν ώστε να εισηγηθούν οι ίδιοι οι ερωτηθέντες κάποιες εισηγήσεις και βελτιώσεις υπήρξαν απαντήσεις οι οποίες ανέφεραν ότι θα ήθελαν να εισαχθούν κι άλλοι αισθητήρες. Επιπλέον έγινε και μια συγκεκριμένη εισήγηση να γίνεται μέτρηση της έντασης του ανέμου ώστε να ενημερώνονται για τα μποφόρ.

7.1.2 Γενικότερα Συμπεράσματα

- Συμπεράσματα NB-IoT τεχνολογίας:

1. Τα χαρακτηριστικά της NB-IoT τεχνολογίας αναφέρονται στο πρώτο κεφάλαιο έτσι μετά το τέλος της διπλωματικής εργασίας ληφθήκαν κάποια συμπεράσματα για αυτή. Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά της είναι η χαμηλή ισχύ που χρησιμοποιεί ώστε να μεταδώσει τα δεδομένα ως αποτέλεσμα να αυξάνει την ζωή των μπαταριών. Αυτό εξακριβώθηκε αφού μετά από 10 μήνες καθημερινής χρήσης των συσκευών χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αυτή για αποθήκευση των μετρήσεων το ποσοστό κατανάλωσης της μπαταρίας ήταν μόνο 6-11%. Η γραφική αναπαράσταση που χρησιμοποιήθηκε για το υπόλοιπο της μπαταρίας αφορά τις συσκευές προτού υπερθερμανθούν οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν από τον Ιούλη μέχρι τον Απρίλη.



Σχήμα 7.1: Γραφική παράσταση υπόλοιπου μπαταρίας συσκευών ARDUINO

2. Ακόμη ένα συμπέρασμα όσο αφορά την μπαταρία των συσκευών είναι πως όταν συνδέονται με ρεύμα αυτό έχει ως αποτέλεσμα το υπόλοιπο της μπαταρίας να είναι ασταθές και να έχει скаμπανεβάσματα ενώ όταν συνδέεται με μπαταρία είναι πιο σταθερό. Υπήρχε περίπτωση που όταν συνδεόταν με ρεύμα έδειχνε υπόλοιπο 89% και μετά έδειχνε 94% για αυτό παρατηρείται και η πιο πάνω γραφική παράσταση που δεν είναι σταθερό το υπόλοιπο της. Όταν τροφοδοτήθηκε με μπαταρίες η γραφική παράσταση ήταν πιο σταθερή. Μετά από έρευνα και επικοινωνία με διάφορους electrical engineers διαπιστώθηκε πως το ρεύμα που έρχεται στο σπίτι δεν είναι πάντα σταθερό ως αποτέλεσμα να προκαλεί αυτή την αλλαγή στο ποσοστό μπαταρίας.

3. Το Baud rate που επιλέγει(π.χ 19200) να έχει ισούται με το μέγιστο αριθμό bits που μπορεί να στείλει το δευτερόλεπτο. Γενικότερα η ισχύς του σήματος κυμαίνεται από 1 μέχρι 30, με το 1 να έχει ελάχιστη ισχύ και το 30 μέγιστη. Όταν το σήμα είναι ισχυρό δηλαδή έχει τιμές πιο κοντά στο 30 τότε τα δεδομένα στέλλονται και αποθηκεύονται πιο γρήγορα στη Βάση δεδομένων αφού μπορούν να σταλούν περισσότερα το δευτερόλεπτο. Αυτό πραγματοποιείται διότι το σήμα είναι ισχυρό με αποτέλεσμα να βιώνει λιγότερες απώλειες από το περιβάλλον, έτσι μπορούν να σταλούν περισσότερα δεδομένα. Επιπλέον, παρατηρήθηκε πως όταν οι συσκευές βρίσκονται πιο κοντά στο Base Station το σήμα κυμαίνεται από 26-30 και μπορεί να λάβει και την μέγιστη τιμή 30.

- Συσκευές Arduino:

1. Όπως και η κάθε συσκευή έτσι και οι συσκευές ARDUINO αντιμετώπισαν το πρόβλημα της υπερθέρμανσης. Συμπεραίνοντας οι συσκευές πρέπει να διατηρούνται

σε μια σταθερή θερμοκρασία αλλιώς το αποτέλεσμα θα είναι η υπερθέρμανση τους και η καταστροφή του συστήματος, όπως πραγματοποιήθηκε στην διπλωματική εργασία αφού δεν προβλέφθηκε η καταστροφή αυτή και έτσι έπρεπε να στηθεί το σύστημα ARDUINO από την αρχή με νέες συσκευές.

2. Μετά από καθημερινή χρήση των συσκευών για αρκετές ώρες διαπιστώθηκε πως οι συσκευές από μόνες τους μπορούν να μεταδίδουν δεδομένα για μια ώρα περίπου στη συνέχεια να σταματούν για μια ώρα και να επαναλαμβάνουν τις πιο πάνω ενέργειες.
3. Υπάρχει περιορισμός σε μνήμη όταν προγραμματίζονται οι συσκευές ARDUINO έτσι το πρόγραμμα πρέπει να υλοποιείται με βέλτιστο τρόπο χρησιμοποιώντας όσα λιγότερα bytes μνήμης κατά την υλοποίηση του. Αν χρειάζεται να τυπωθεί κάτι στο Serial monitor τότε απαραίτητο είναι να χρησιμοποιηθούν τα F macros τα οποία καταλαμβάνουν ελάχιστη μνήμη και έτσι μπορούν να τυπωθούν ελεύθερα όσα μηνύματα και όσες μεταβλητές χρειάζονται. Χωρίς αυτά ο περιορισμός είναι μεγάλος και μπορεί να μην είναι εφικτό το τύπωμα μεταβλητών και άλλων μηνυμάτων στην οθόνη.
4. Οι συσκευές ARDUINO έχουν αποθηκευμένο τον κώδικα στη μνήμη τους έτσι κάθε φορά που ενεργοποιούνται τρέχει ο κώδικας αυτός έτσι δεν χρειάζεται να ανεβάζεται σε αυτές συνεχώς.
5. Για να μπορέσει να δουλεύει το σύστημα που δημιουργήθηκε πρέπει η συσκευή sim7000E να γίνεται TURN ON ώστε να προσφέρει τις υπηρεσίες της. Όταν υπερθερμανθήκαν οι συσκευές η sim7000E δεν μπορούσε να γίνει turn on με αποτέλεσμα να μην δουλεύει το σύστημα.

- Συμπεράσματα διαδικτυακής εφαρμογής:

Πέραν από τις απαιτήσεις που τηρεί μέσω των tabs η διαδικτυακή εφαρμογή τηρεί και τις εξής προδιαγραφές που καταγράφηκαν στο σημείο():

- ✓ την επεκτασιμότητα μέσω του framework που επιλέχθηκε το οποίο βοήθησε στον διαχωρισμό των κλάσεων έτσι το σύστημα είναι εύκολο να επεκταθεί. Το μόνο που χρειάζεται είναι να δημιουργηθούν νέα controllers και views για την επέκταση της εφαρμογής.

- ✓ την ευχρηστία αφού η εφαρμογή δημιουργήθηκε με τέτοιο τρόπο περιλαμβάνοντας τα απαραίτητα μηνύματα είτε λάθους είτε προειδοποίησης ώστε οποιοσδήποτε χρήστης να μπορεί να τη χρησιμοποιήσει και να μην βρεθεί σε θέση που να μην ξέρει πώς να προχωρήσει
- ✓ Είναι εύκολα διαθέσιμη αφού μετά την ολοκλήρωση της εγκαταστάθηκε στους εξυπηρετητές του πανεπιστημίου έτσι μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί μέσω του Διαδικτύου
- ✓ Υπάρχει εγκυρότητα στο σύστημα αφού η θερμοκρασία ελέγχθηκε και έγινε calibrate με αποτέλεσμα να συνάδει με τις μετρήσεις που καταγράφουν άλλες ιστοσελίδες
- ✓ Χρόνος εκτέλεσης είναι αρκετά μικρός για την πραγματοποίηση μιας ενέργειας και αυτό πραγματοποιείται λόγω της εγκατάστασης της σε εξυπηρετητές.
- ✓ Η ασφάλεια και η ακεραιότητα των δεδομένων διασφαλίζεται με την επιλογή του laravel framework και με την επεξεργασία των μετρήσεων από τις συσκευές ARDUINO προτού αποθηκευτούν στη Βάση Δεδομένων. Ο χρήστης δεν έχει απευθείας επικοινωνία με τη Βάση αφού όλες οι ενέργειες ελέγχονται από το framework. Ωστόσο υπάρχουν και θέματα ασφάλειας τα οποία δεν μπόρεσαν να εφαρμοστούν λόγω περιορισμού χρόνου.

7.2 Μελλοντικά σχέδια

Τρέχον πρόβλημα διπλωματικής εργασίας:

Μετά την υπερθέρμανση των συσκευών αγοράστηκαν ίδιες συσκευές ώστε να επανέλθει το σύστημα που είχε δημιουργηθεί. Στις νέες συσκευές ανεβάστηκε ο κώδικας που υλοποιήθηκε και υπήρχε στις προηγούμενες συσκευές όμως το νέο link για τα GET requests άλλαξε και μετατράπηκε στο ανάλογο ώστε να οι μετρήσεις να στέλλονταν στους servers του πανεπιστημίου. Το αποτέλεσμα της δοκιμής αυτής ήταν να μην μπορούν τα αιτήματα να φτάσουν στους εξυπηρετητές του πανεπιστημίου. Έτσι, η δεύτερη δοκιμή έγινε στο πανεπιστήμιο ώστε να διαπιστωθεί το πρόβλημα που υπήρχε με τους εξυπηρετητές. Δυστυχώς δεν μπόρεσε να εντοπιστεί λόγω αδυναμίας σήματος και προβλημάτων με το δίκτυο. Συγκεκριμένα στη δεύτερη δοκιμή οι συσκευές λάμβαναν σήμα 0 έτσι δεν μπορούσαν να ενωθούν στο LTE δίκτυο ώστε να χρησιμοποιήσουν την NB-IOT τεχνολογία και το πιο πιθανό είναι λόγω του ότι ο operator που χρησιμοποιούσα απενεργοποίησε την υποστήριξη της NB-IOT τεχνολογίας. Λόγω μεγάλου περιορισμού χρόνου και λόγω ότι οι συσκευές δεν γίνονταν και πάλι turn on δεν μπόρεσε να διαπιστωθεί αυτό. Σαν τελευταίο βήμα ζητήθηκε από έναν άλλο operator μια sim card η οποία θα υποστήριζε την τεχνολογία NB-IOT ώστε να δοκιμαστεί και ο δεύτερος και να βρεθεί η λύση των προβλημάτων.

Σχέδια ανάπτυξης και βελτιστοποίησης :

Παρόλα τα πιο πάνω προβλήματα υπάρχουν αρκετά σχέδια ανάπτυξης και βελτιστοποίησης όσο αφορά το έργο το οποίο ξεκίνησε αυτόν τον χρόνο. Τα σχέδια αυτά δεν μπόρεσαν να πραγματοποιηθούν λόγω περιορισμένου χρόνου όμως καταγράφηκαν ώστε κάποια άλλη στιγμή να υλοποιηθούν. Κάποια μελλοντικά σχέδια που καταγράφηκαν είναι η τοποθέτηση των χιλιάδων συσκευών που περιγράφηκαν σε διάφορες περιοχές της Κύπρου. Επιπλέον οι συσκευές θα μπορούσαν να τροφοδοτούνται μέσω ενός φωτοβολταϊκού ώστε να μην υπάρχει κατανάλωση ρεύματος και να μην υπάρξουν περιττά έξοδα ,αφού γενικότερος σκοπός είναι το έργο να ολοκληρωθεί χρησιμοποιώντας ελάχιστο κόστος. Κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας υπήρξε το πρόβλημα υπερθέρμανσης το οποίο προκάλεσε βλάβη σε ολόκληρο το σύστημα. Για να αποτραπεί η υπερθέρμανση ξανά στις χιλιάδες συσκευές θα πρέπει να δημιουργηθεί μια βάση ή ένα κουτί το οποίο θα διατηρεί τις συσκευές σε μια σταθερή θερμοκρασία ειδικότερα κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Η τροφοδότηση θα μπορεί να γίνεται από το φωτοβολταϊκό που θα χρησιμοποιείται και για τις συσκευές.

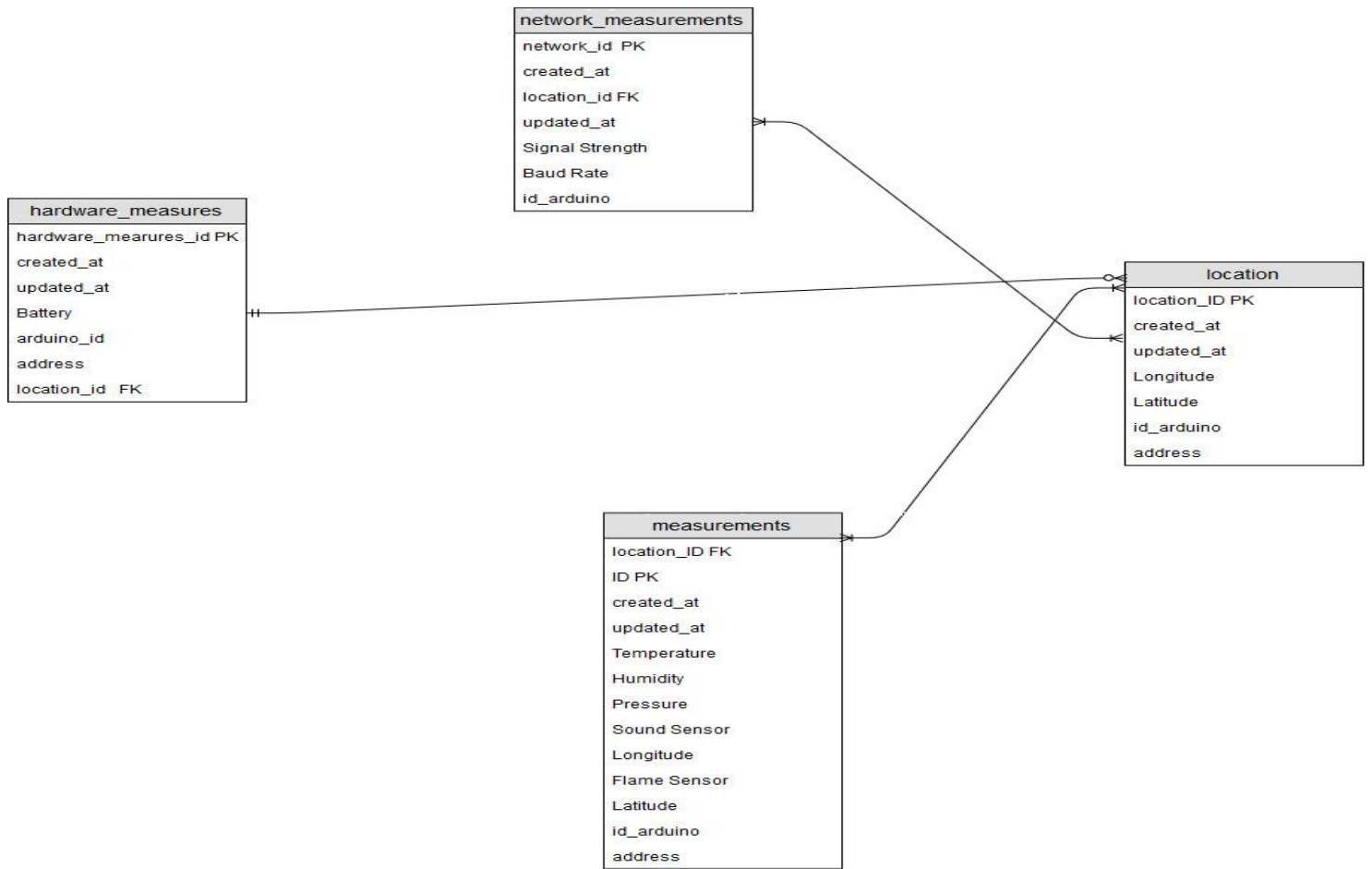
Επιπλέον, αφού διασκορπιστούν θα μπορούσαν να προγραμματιστούν ώστε να ενημερώνουν απευθείας την πυροσβεστική υπηρεσία για την ύπαρξη πυρκαγιάς μέσω τηλεφώνου που θα πραγματοποιούταν απευθείας από τις συσκευές μόλις την εντοπίσουν. Συνεπώς αυτό θα μειώσει τον χρόνο στο ελάχιστο ως αποτέλεσμα να αποτραπούν ακόμη περισσότερες καταστροφές από φωτιές . Ακόμη θα μπορούσαν οι χρήστες να επιλέγουν αν θα ήθελαν να τους ενημερώνει για φωτιά, θόρυβο και για τον καιρό και αν το επιθυμούσαν να επέλεγαν ξανά τον τρόπο με τον οποίο θα ήθελαν να ενημερώνονται(email,sms) καθώς και το χρονικό διάστημα.

Από την άλλη, κάποιες βελτιστοποιήσεις που θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν είναι σε θέματα ασφάλειας της εφαρμογής. Αν και είναι ασφαλής ο τρόπος με τον οποίο προγραμματίστηκε ωστόσο η ασφάλεια είναι ένα σημαντικό θέμα το οποίο πρέπει να βελτιστοποιείται συνεχώς. Απαραίτητο είναι να ληφθούν υπόψη όλα τα μέτρα ασφαλείας που θα πρέπει να περιλαμβάνονται στην εφαρμογή ειδικότερα εάν προγραμματιστούν οι συσκευές ώστε να επικοινωνούν με την πυροσβεστική υπηρεσία. Ακόμη ένα σχέδιο βελτιστοποίησης είναι η υλοποίηση της εφαρμογής για χρήστες κινητών τηλεφώνων αφού η τρέχουσα εφαρμογή εμφανίζεται καλά μόνο μέσω κάποιου υπολογιστή.

Βιβλιογραφία

- [1] (). **NB-IoT vs. LoRa vs. Sigfox**. Available: https://www.link-labs.com/blog/nb-iot-vs-lora-vs-sigfox?fbclid=IwAR30liTythHwp0ExReeU5t6QoosG88PnrsRAoXmekS_2HZIAHVIT7X4WV00.
- [2] (). *Narrow Band IoT*. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Narrowband_IoT.
- [3] M. Chen *et al*, "Narrow band internet of things," *IEEE Access*, vol. 5, pp. 20557-20577, 2017.
- [4] A. K. Sultania *et al*, "Energy modeling and evaluation of NB-IoT with PSM and eDRX," in *2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, 2018, .
- [5] K. Mekki *et al*, "A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment," *ICT Express*, vol. 5, (1), pp. 1-7, 2019.
- [6] N. Dingle, "Artificial intelligence: fuzzy logic explained," *Retrieved October*, vol. 6, pp. 2014, 2011.
- [7] (). **Artificial Intelligence - Fuzzy Logic Systems**. Available: http://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_fuzzy_logic_systems.htm.
- [8] (). **Arduino Uno Rev3**. Available: <https://store.arduino.cc/usa/ARDUINO-uno-rev3>.
- [9] (). **What is an Arduino?**. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-an-arduino/>.
- [10] (). *Arduino Memory*. Available: <https://www.ARDUINO.cc/en/tutorial/memory>.
- [11] (). *Sim7000 specifications*. Available: <https://github.com/botletics/SIM7000-LTE-Shield/wiki/Board-Versions>.
- [12] (). *Sim7000E*. Available: https://www.dfrobot.com/product-1732.html?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GIvtnty-LkHcO_5ad52Ldu4rbMDySOnVao7GEAIe8k68nGE-gEwNgaAq4BEALw_wcB.
- [13] (). *Arduino Expansion Shield*. Available: https://www.dfrobot.com/product-1009.html?gclid=Cj0KCQjwn8_mBRCLARIsAKxi0GJpRiN9Q1HmDBw-VfG_BYy6PBzH0W2e4dkAmB1lrTaxEpOSXeAFnUIaAkyOEALw_wcB.
- [14] X. Chen *et al*, "Restful API architecture based on laravel framework," in *Journal of Physics: Conference Series*,
- [15] (). *Laravel*. Available: <https://laravel.com/docs/5.8/database>.
- [16] (7 May 2019). **XAMPP**. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/XAMPP>.
- [17] (9 May 2019). **MariaDB**. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/MariaDB>.

Παράρτημα Α



Παράρτημα Β

Σε αυτό το παράρτημα παρουσιάζεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση του μοναδικού αριθμού στην EEPROM μνήμη των συσκευών. Μέσω της μνήμης αυτής μπορεί εύκολα να επανακτηθεί αφού είναι η μακροχρόνια μνήμη. Ο κώδικας αυτός μεταφορτώθηκε στις συσκευές μόνο μια φορά.

```
//-----appropriate libraries-----//
#include <EEPROM.h>
#include <DFRobot_SIM7000.h>
#include <DFRobot_BME280.h>
#define PIN_TX      7
#define PIN_RX      8
SoftwareSerial      mySerial(PIN_RX,PIN_TX);
DFRobot_SIM7000      sim7000;
char sID[7] = "CD6484";                               //arduino unique ID
int check=0;
void setup(){
  Serial.begin(115200);
  while(!Serial);
  sim7000.begin(mySerial);
  if(sim7000.turnON()){                                //Turn ON SIM7000
    Serial.println("Turn ON !"); }
  while (check<=0){
    if(sim7000.setBaudRate(19200)){                     //Setting baud Rate
      check=1;
    }else{
      check=0;                                           //Failed to Set Baud Rate
      delay(1000) ; }}
  for (int i=0; i<6; i++) }
  EEPROM.write(i,sID[i]); }}                           //write in memory the arduino unique ID

void loop() {
  Serial.println(sID);}                                //print it to check if everything works fine
```

Παράρτημα Γ

Στο παράρτημα αυτό φαίνεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε στις συσκευές ARDUINO ώστε να στέλλουν τα δεδομένα τους απευθείας στη Βάση όταν ο υπολογιστής λειτουργούσε ως εξυπηρετητής.

```
#include <DFRobot_SIM7000.h>
#include <DFRobot_BME280.h>
#define SEA_LEVEL_PRESSURE 1013.25f
#define BME_CS 10
#define PIN_TX      7
#define PIN_RX      8
SoftwareSerial      mySerial(PIN_RX,PIN_TX);
DFRobot_SIM7000      sim7000;
DFRobot_BME280 bme; //I2C
float temp, pa, hum, alt;
int signalStrength,dataNum; int count=0;
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    while(!Serial);
    sim7000.begin(mySerial);
    if(sim7000.turnON()){                               //Turn ON SIM7000
        Serial.println("Turn ON !");
    }
    while(1){
        if(sim7000.setBaudRate(19200)){                 //Set SIM7000 baud rate from 115200
to 19200 reduce the baud rate to avoid distortion
            Serial.println("Set baud rate:19200");
            break;
        }else{
            Serial.println("Faile to set baud rate");
            delay(1000);
        }
    }
    if (!bme.begin(0x76)) {
        Serial.println("No sensor device found, check line or address!");
```

```

    while (1); }
    if(sim7000.checkSIMStatus()){                                //Check SIM card
        Serial.println("SIM card READY");
    }else{
        Serial.println("SIM card ERROR, Check if you have insert SIM card and restart
SIM7000");
        while(1){
        while(1){
            if(sim7000.setNetMode(NB)){                          //Set net mod NB-IOT
                Serial.println("Set NB-IOT mode");
                break;
            }else{
                Serial.println("Failed to set mode");
            } }
            signalStrength=sim7000.checkSignalQuality();          //Check signal quality from (0-
30)
            Serial.print("signalStrength =");
            Serial.println(signalStrength);
            while(1){
                if(sim7000.attacthService()){                    //Open the connection
                    Serial.println("Attach service");
                    break;
                }else{
                    Serial.println("Fail to Attach service");
                    delay(1000); } }
            while(1){
                if(sim7000.httpInit(GPRS)){                      //Init http service
                    Serial.println("HTTP init !");
                    break;
                }else{
                    Serial.println("Fail to init http"); } } }
    void loop() {
        while (count<20){
            temp = bme.temperatureValue();
            pa = bme.pressureValue();
            hum = bme.humidityValue();

```

```

alt = bme.altitudeValue(SEA_LEVEL_PRESSURE);
String temperature;
temperature="http://xxx.xxx.xxx.xxx:81/write_data.php?";
temperature=temperature+"value="+temp;
const char *content;
content=temperature.c_str();
if (sim7000.httpConnect(content)){
    Serial.print("Connected");}
else{
    Serial.print("Can't connect");}
sim7000.httpGet(content);
sim7000.httpDisconnect();           //Disconnect
    Serial.println("Close net work");
sim7000.closeNetwork();             //Close net work
    delay(10000); // Give the server some time to recieve the data and store it. I used 10
seconds here. Be advised when delaying. If u use a short delay, the server might not capture
data because of Arduino transmitting new data too soon.
count++; } }

```


Παράρτημα Δ

Το παράρτημα αυτό περιλαμβάνει το αρχείο test_temp.php. Συγκεκριμένα το αρχείο αυτό ήταν υπεύθυνο, να ενωθεί με τη Βάση δεδομένων και να κατευθύνει σε αυτή τη θερμοκρασία που έστειλε η συσκευή arduino .

```
<?php
$dbusername = "xxxxxx"; //database username
$dbpassword = "xxxxxxx"; // database password
$server = "localhost";
//----- Connect to database-----//

$dbconnect = mysql_pconnect($server, $dbusername, $dbpassword);
$dbselect = mysql_select_db("results", $dbconnect);

//----- Prepare the SQL statement-----//

$sql = "INSERT INTO mesaurement (value) VALUES
('".$_GET["value"]."')";

//----- Execute SQL statement-----//
mysql_query($sql); ?>
```

Παράρτημα Ε

Το παράρτημα αυτό περιλαμβάνει τον τελικό κώδικα arduino ο οποίος έχει βελτιστοποιηθεί και είναι υπεύθυνος να στέλνει τις μετρήσεις απευθείας στο LARAVEL framework.

```
#include <DFRobot_SIM7000.h>
#include <DFRobot_BME280.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#define SEA_LEVEL_PRESSURE 1013.25f
#define BME_CS 10
#define PIN_TX      7
#define PIN_RX      8
#include <EEPROM.h>
SoftwareSerial      mySerial(PIN_RX,PIN_TX);
DFRobot_SIM7000      sim7000;
DFRobot_BME280 bme; //I2C
float temp, pa, hum, alt,d,r;
int signalStrength,dataNum;
char *o,*a;
int times=0; int count=0;int check=0; int baudrate; String k; String l; String m;
char sID[7];
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    while(!Serial);
    sim7000.begin(mySerial);
    if(sim7000.turnON()){                                //Turn ON SIM7000
        Serial.println(F("Turn ON !"));
    }
    else{
        Serial.println(F("can't !"));
    }
    while (check<=0){
        if(sim7000.setBaudRate(19200)){                  //Set SIM7000 baud rate from 115200(4g)
to 19200(3g plus) 9600(3g)reduce the baud rate to avoid distortion
            Serial.println(F("Set baud rate:19200"));
            check=1;
            baudrate=19200;
        }else{
            check=0;
```

```

        Serial.println(F("Failed to set baud rate"));
        delay(1000); } }
bme.begin(0x76);
if (!bme.begin(0x76)) {
    Serial.println("No sensor device found, check line or address!");
while (1);
    }
    check=0;
while(check<=0){
    if(sim7000.setNetMode(NB)){                                //Set net mod NB-IOT
        Serial.println(F("Set NB-IOT mode"));
        check=1;
    }else{
        check=0;
        Serial.println(F("Fail to set mode"));
        delay(1000); } }
signalStrength=sim7000.checkSignalQuality();                //Check signal quality from (0-30)
    Serial.println(signalStrength);
    delay(500);
check=0;
while(check<=0){
    if(sim7000.attachService()){                                //Open the connection
        Serial.println(F("Connection opened"));
        check=1;
    }else{
        check=0;
        Serial.println(F("Fail to Attach service"));
        delay(1000); } }
check=0;
while(check<=0){
    if(sim7000.httpInit(GPRS)){                                //Init http service
        check=1;
    }else{
        check=0;
        Serial.println(F("Fail to init http")); } }
check=0;

```

```

while(check<=0){
  if(sim7000.initPos()){
    Serial.println(F("GNSS antenna is okay, suceed to init position"));
    check=1;
  }else{
    check=0;
    Serial.println(F("Fail to init positioning function"));
    delay(1000); } }
for (int i=0; i<6; i++) {
  sID[i] = EEPROM.read(i);          //read unique id from EEPROM memory
}
while(count<=2){
if(sim7000.getPosition()){          //Get the current position
  o=sim7000.getLongitude();        //Get longitude
  a=sim7000.getLatitude();         //Get latitude
}else{
  Serial.println(F("Wrong data try again")); }
String pos;
k=o;
l=a;
pos="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/main/?";
pos=pos+"A="+k+"&B="+l+"&C="+sID;
Serial.println(pos);
const char *content1;
content1=pos.c_str(); //httpGET needs a const char so i needed to conver String into const
char *
String command;
if(sim7000.httpConnect(content1)){
  Serial.print(F("Connected"));}
sim7000.httpGet(content1);
count++;
delay(10000);}
//-----Send baud rate and Signal Strength to the Database-----//
String strength;
strength="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/bitRate/?";
strength=strength+"A="+baudrate+"&B="+signalStrength+"&C="+k+"&L="+l;

```

```

const char *content5;

content5=strength.c_str(); //httpGET needs a const char so i needed to conver String into
const char *
Serial.println(strength);
if(sim7000.httpConnect(content5)){
  Serial.print(F("Connected"));
}
sim7000.httpGet(content5);
delay(10000); }

void loop() {
while(times<10){
//-----Take the mesaurements from the sensors-----//
temp = bme.temperatureValue();
pa = bme.pressureValue();
hum = bme.humidityValue();
alt = bme.altitudeValue(SEA_LEVEL_PRESSURE);
int sensorValue = analogRead(A0);      //value from fire sensor
int val;
val=analogRead(2);                      //value from sound sensor
delay(100);
//-----Get Latitude and Lomgitude-----//
if(sim7000.getPosition()){               //Get the current position
  o=sim7000.getLongitude();             //Get longitude
  a=sim7000.getLatitude();              //Get latitude
}else{
  Serial.println(F("Wrong data try again"));
}
//-----Calibrate the Temperature in arduino-----//
temp=temp-5;
String pos;
k=o;
l=a;
//-----Send position to database,in the While loop so if change area then can get the new
coordinates-----//
pos="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/main/?";
pos=pos+"A="+k+"&B="+l+"&C="+sID;

```

```

Serial.println(pos);
const char *content1;
content1=pos.c_str(); //httpGET needs a const char so i needed to conver String into const
char *
String command;
if(sim7000.httpConnect(content1)){
    Serial.print(F("Connected"));
}
sim7000.httpGet(content1);
delay(10000);
String g;
//-----Send Temperature Temperature,Humidity,Longitude and Latitude-----//
g="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/newmes/?";
g=g+"W="+k+"&Q="+l+"&G="+temp+"&F="+hum;
const char *content3;
content3=g.c_str();
Serial.println(content3);
if(sim7000.httpConnect(content3)){
    Serial.print(F("Connected"));
}
else{
    Serial.print(F("Can't connect")); }
sim7000.httpGet(content3);
delay(10000);
String temperature;
String newe;
//-----Send Temperature,pressure,humidity and arduino unique ID-----//
temperature="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/mesaures/?";
temperature=temperature+"P="+pa+"&T="+temp+"&H="+hum+"&S="+sID;
Serial.println(temperature);
const char *content;
content=temperature.c_str();
Serial.println(content);
if (sim7000.httpConnect(content)){
    Serial.print(F("Connected"));
}
else{
    Serial.print(F("Can't connect")); }

```

```

sim7000.httpGet(content);
delay(10000);
  /-----Get the remaining battery for the arduino and send it to Database-----//
int battery=sim7000.batteryPower();
String ba;
ba="http://csiot.cs.ucy.ac.cy:80/arduino_project/public/battery/?";
ba=ba+"BA="+battery+"&D="+sID+"&S="+val+"&F="+sensorValue;
  const char *content4;
  content4=ba.c_str();
  Serial.println(content4);
  if (sim7000.httpConnect(content4)){
    Serial.print(F("Connected"));
  }else{Serial.print(F("Can't connect")); }
sim7000.httpGet(content4);
delay(10000);
times++; }
  sim7000.httpDisconnect();
  sim7000.closeNetwork(); //Close net work
  sim7000.turnOFF();

  delay(10000);// Give the server some time to recieve the data and store it. I used 10
seconds here. Be advised when delaying. If u use a short delay, the server might not capture
data because of Arduino transmitting new data too soon.}

```

Παράρτημα ΣΤ

Σε αυτό το παράρτημα φαίνονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που κλήθηκαν να απαντήσουν οι ερωτηθέντες.

Διαδικτυακή εφαρμογή για παρακολούθηση και ενημέρωση των περιοχών της Κύπρου

Η διαδικτυακή εφαρμογή αναπαριστά τον τρόπο με τον οποίο θα εμφανίζονται τα δεδομένα που λαμβάνονται από τις συσκευές για αυτό και υπάρχουν μόνο για μερικές περιοχές της Κύπρου δεδομένα!

1. Φύλλο
 - a. Άνδρας
 - b. Γυναίκα
2. Ηλικία
 - a. <18
 - b. 18-25
 - c. 26-40
 - d. >40
3. Η εφαρμογή που χρησιμοποιήσατε ήταν εύκολη στη χρήση της;

	1	2	3	4	5	
Πολύ δύσκολη	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ εύκολη

4. Αν θεωρείται ότι σας δυσκόλεψε σε κάποιο σημείο σημειώστε που:
5. Θα χρησιμοποιούσατε μια τέτοια διαδικτυακή εφαρμογή; Αν ναι πόσο συχνά;

	1	2	3	4	5	
Ελάχιστα	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ συχνά

6. Πόσο χρήσιμη θα σας ήταν τέτοια διαδικτυακή εφαρμογή;

	1	2	3	4	5	
Ελάχιστη χρησιμότητα	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ χρήσιμη

7. Πόσο ακριβή βρήκατε τα δεδομένα της εφαρμογής;

	1	2	3	4	5	
Ανακριβή	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ ακριβή

8. Πως θα χαρακτηρίζατε τον χρόνο απόκρισης της εφαρμογής;

	1	2	3	4	5	
Αργό	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ γρήγορο

9. Θεωρείται ότι αποκτήσατε οποιεσδήποτε νέες γνώσεις μέσα από την διαδικτυακή εφαρμογή;

Ναι

Όχι

10. Πόσο χρήσιμο θα ήταν εάν το σύστημα μπορούσε να ενημερώσει την πυροσβεστική σε περίπτωση φωτιάς;

	1	2	3	4	5	
Ελάχιστα χρήσιμο	☐	☐	☐	☐	☐	Πολύ χρήσιμο

11. Θα ήταν χρήσιμο για εσάς εάν το σύστημα μπορούσε να σας ενημερώνει για τον καιρό, τον θόρυβο περιοχών ή για κάποια ένδειξη φωτιάς;

Ναι

Όχι

12. Αν απαντήσατε "ναι" στην προηγούμενη ερώτηση, σημειώστε για ποιά από τα παρακάτω θα θέλατε να ενημερώνεστε:

☐ Ένδειξη φωτιάς

☐ Καιρό

☐ Θόρυβος σε περιοχές

13. Θεωρείται ότι θα έπρεπε να αλλάξει κάτι στην εφαρμογή;

14. Θα θέλατε να υπάρχει κάτι άλλο σε αυτήν;

Link to google form: <https://forms.gle/inteyB738FyRUJH58>