



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Εφαρμογές ΙοΤ για την προστασία της άγριας
πανίδας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΛΕΩΝΙΔΑ ΝΑΝΟΥ

Επιβλέπων: Ευστάθιος Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΚΤΥΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
Αθήνα, Μάρτιος 2020



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Συστημάτων επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και συστημάτων πληροφορικής
Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών

Εφαρμογές ΙοΤ για την προστασία της άγριας πανίδας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΛΕΩΝΙΔΑ ΝΑΝΟΥ

Επιβλέπων: Ευστάθιος Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 10η Μαρτίου 2020.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Ευστάθιος Συκάς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννα Ρουσσάκη
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π.

.....
Συμεών Παπαβασιλείου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Μάρτιος 2020

(Υπογραφή)

.....
ΛΕΩΝΙΔΑΣ ΝΑΝΟΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

© 2020 – All rights reserved



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
Τομέας Συστημάτων επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής και συστημάτων πληροφο-
ρικής
Εργαστήριο Δικτύων Υπολογιστών

Copyright ©–All rights reserved Λεωνίδας Νάνος, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

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

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ.Ευστάθιο Συκά , ο οποίος μου έδειξε εμπιστοσύνη και μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον αντικείμενο και να διεκπεραιώσω αυτήν την διπλωματική.

Στην συνέχεια, το ίδιο θερμά ευχαριστώ τον κ.Λυμπερόπουλο επικεφαλή του τμήματος έρευνας και ανάπτυξης της Cosmote για την άρτια καθοδήγηση που μου παρείχε σε όλες τις πτυχές της εργασίας καθώς για τον χώρο που μου διέθεσε στα γραφεία της εταιρίας.

Επίσης, ευχαριστώ ιδιαίτερα τον Θωμά Πάζιο και τον Νικόλα Αλαμάνο για την πολύ σημαντική και καθοριστική βοήθεια τους καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους φίλους μου που μου έχουν σταθεί όλα αυτά τα χρόνια και μου έχουν χαρίσει σημαντικές στιγμές.

Τέλος, θα ήθελα να πω ένα μεγάλο ευχαριστώ στους γονείς μου και τον αδερφό μου που έπαιζαν έναν πολυ σημαντικό ρόλο στην επιτυχία μου.

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια που η γενικότερη εξέλιξη της τεχνολογίας βρίσκεται σε έξαρση, βρισκόμαστε σε ένα σημείο καμπής ενός νέου ρεύματος, αυτό του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things IoT). Το διαδίκτυο των πραγμάτων αποτελείται από ένα ευρύτερο δίκτυο επικοινωνίας, στο οποίο πληθώρα συσκευών έχει πρόσβαση και δυνατότητα παραγωγής και ανταλλαγής πληροφορίας. Σκοπός του Διαδικτύου των πραγμάτων είναι φυσικά η αυτοματοποίηση διαδικασιών και η βελτίωση της ποιότητας ζωής σε διάφορα επίπεδα.

Εκτός από τους ραγδαίους ρυθμούς ανάπτυξης της τεχνολογίας, ένα άλλο χαρακτηριστικό της εποχής είναι η επιτακτική ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος το οποίο αντιμετωπίζει συνεχώς νέους κινδύνους που ο ίδιος ο άνθρωπος δημιουργεί. Ένας από αυτούς τους κινδύνους είναι οι μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι που διασχίζουν δάση και εισβάλλουν στην ζωή και το φυσικό περιβάλλον των άγριων ζώων που ζουν εκεί.

Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη και υλοποίηση ενός συστήματος IoT με σκοπό την εποπτεία και την μελέτη κίνησης των ζώων κοντά στους αυτοκινητόδρομους. Για αυτόν τον σκοπό θα χρησιμοποιηθεί μια πλατφόρμα IoT με δυνατότητα εντοπισμού κίνησης και λήψης φωτογραφίας. Βασικό ζήτημα του συστήματος είναι η ενεργειακή αυτονομία καθώς τα σημεία των αυτοκινητοδρόμων στα οποία θα τοποθετηθούν συσκευές, είναι περάσματα σε απομακρυσμένες τοποθεσίες με πολύ πιθανή έλλειψη ηλεκτροδότησης. Για τον συγκεκριμένο λόγο στην προκειμένη διπλωματική θα γίνει μία συγκριτική μελέτη πλατφορμών και τεχνολογιών με στόχο την μεγιστοποίηση του χρόνου λειτουργίας, της σταθερότητας και της ποιότητας της λύσης.

Για την διευκόλυνση των χρηστών του συστήματος θα δημιουργηθεί μία διαδικτυακή εφαρμογή που θα επιτρέπει την εύκολη εποπτεία των συσκευών σε γραφικό περιβάλλον καθώς και την προβολή όλων των φωτογραφιών.

Η διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την COSMOTE.

Λέξεις Κλειδιά

Αρχιτεκτονική Συστήματος IoT, Ενεργειακή αυτονομία συστήματος IoT, Πλατφόρμες IoT, WaspMote v15, Arduino, Raspberry, Python, Javascript, Nodejs, Mysql database, Bootstrap, FTP server.

Abstract

In recent years, the general evolution of technology has been on the rise and the global phenomenon 'Internet of Things' has hit a turning point. Internet of Things is made up of a wider communication network in which a wide variety of devices have access and ability to produce and exchange information on. The goal of Internet of Things is the combination of process automation and improvement of quality of life at various levels.

In addition to the rapid growth of technology, another feature of recent years is the imperative need to protect the environment, which is constantly facing new dangers that human being creates. One of these dangers is the major motorways crossing forests and invading life and natural environment of wild animals living there.

The aim of this diploma thesis is the development and implementation of an IoT system for the purpose of animal movement monitoring and animation near the motorways. For this purpose, an IoT platform with the capability of locating motion and taking photography will be used was constructed. The critical challenge of this system is the energy autonomy as motorway locations, where appliances will be placed, are passages in remote locations with a very likely lack of electricity. For this reason, thesis focused on a comparative study of platforms and technologies to maximize the operating time, the robustness and the quality of the solution.

For the ease of use a web application was be developed, to allow the manipulation of the nodes and the photographs taken.

This project was completed in cooperation with COSMOTE

Keywords

IoT system architecture, Energy, IoT platforms, Libelium Waspote v15, Python, Javascript, Nodejs, Mysql database, FTP server.

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες	1
Περίληψη	3
Abstract	5
Περιεχόμενα	9
Κατάλογος Σχημάτων	12
Κατάλογος Πινάκων	13
1 Εισαγωγή	15
1.1 Περιγραφή Προβλήματος	15
1.2 Σκοπός Διπλωματικής	17
1.3 Απαιτήσεις	18
1.4 Περιγραφή Λύσης	19
1.5 Οργάνωση Τόμου	20
2 Διαδίκτυο των Πραγμάτων	21
2.1 Ο κόσμος του διαδικτύου των πραγμάτων	21
2.1.1 Ορισμός Έννοιας	21
2.1.2 Ραγδαία Ανάπτυξη Συνδεδεμένων Συσκευών	22
2.1.3 Χρησιμότητα του τεχνολογικού ρεύματος IoT	23
2.1.4 Αρχιτεκτονική συστημάτων IoT	25
2.2 Προκλήσεις IoT	27
2.3 Εφαρμογές IoT	28
2.4 Εφαρμογή για την προστασία της άγριας ζωής	29
3 Αρχιτεκτονική	31
3.1 Εισαγωγή	31
3.2 Περιγραφή Κύκλου Λειτουργίας	33
3.2.1 Συστήματα IoT	33

3.2.2	Σύστημα Προστασίας της άγριας πανίδας	34
3.2.3	Μοντέλα λειτουργίας	34
3.3	Επιλογή IoT πλατφόρμας	35
3.4	Sensor and Gateway Layer	37
3.4.1	Παρουσίαση συσκευής	37
3.4.2	Μπαταρία	37
3.4.3	Φωτοβολταϊκή μονάδα	38
3.4.4	3G Module	39
3.4.5	Κάμερα	40
3.5	Management Layer	43
3.5.1	Πρωτόκολλο μεταφοράς Αρχείων	43
3.5.2	Εξυπηρετητής Αρχείων	43
3.5.3	Βάση δεδομένων	44
3.5.4	Ενημέρωση για νέα Φωτογραφία	45
3.6	Application Layer	47
3.6.1	Διαδικτυακή εφαρμογή	47
3.6.2	Ανάλυση Δυνατοτήτων Εφαρμογής	47
3.6.3	Ανάλυση Αρχιτεκτονικής	49
3.6.4	Επικοινωνία Συσκευής - Μηχάνηματος Εργαστηρίου	50
3.6.5	Επικοινωνία Μηχάνηματος εργαστηρίου - Περιηγητή ιστού	50
4	Πειραματικά - Προγραμματισμός	53
4.1	Εισαγωγή	53
4.2	Προγραμματισμός Συσκευής	53
4.2.1	Γλώσσα Προγραμματισμού C++	54
4.2.2	Μοντέλο Προγραμματισμού	54
4.2.3	Εφαρμογές πραγματικού χρόνου και Interrupts	55
4.2.4	Αλγοριθμική προσέγγιση	56
4.2.5	Επικοινωνία Ολοκληρωμένου Περιβάλλοντος Ανάπτυξης με Συσκευή	58
4.3	Πειραματικά	58
4.3.1	Εισαγωγή	58
4.3.2	Περιγραφή της πειραματικής διάταξης	58
4.3.3	Προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού αυτονομίας	62
4.3.4	Μετρήσεις για την αυτονομία του συστήματος	63
4.3.5	Αξιοπιστία - Στιβαρότητα	69
5	Προβλήματα - Προεκτάσεις	73
5.1	Προβλήματα	73
5.2	Προεκτάσεις	73
5.2.1	Αναγνώριση Προτύπων	73
5.2.2	Εφαρμογή Προειδοποίησης Οδηγών	74

5.2.3	Ασφάλεια	74
6	Τεχνικές λεπτομέρειες	77
6.1	Εργαστηριακή Υποδομή - Μετρήσεις	77
6.1.1	FTP server	77
6.1.2	Postgresql Database	78
6.1.3	Python Πρόγραμμα για εξαγωγή χρήσιμης πληροφορίας από το μετρητικό	79
6.1.4	Python Πρόγραμμα για διεξαγωγή γραφικών παραστάσεων	80
6.1.5	Python Πρόγραμμα για υπολογισμό συνολικού ρεύματος κατανάλωσης για n μετρήσεις	81
6.2	Προγραμματιστικό Περιβάλλον - Κώδικες Συσκευής	83
6.2.1	Wasmote v15 IDE	83
6.3	Πλατφόρμες και προγραμματιστικά εργαλεία Διαδικτυακής Εφαρμογής	83
6.3.1	Javascript	83
6.3.2	Jquery	83
6.3.3	Nodejs	83
6.3.4	Postgresql	84
6.4	Script αναμονής για νέα φωτογραφία σε φάκελο του λειτουργικού συστήματος	84
	Βιβλιογραφία	85

Κατάλογος Σχημάτων

1.1	Υπόγεια διάβαση ζώων σε μεγάλο αυτοκινητόδρομο.	16
1.2	Διάβαση πάνω από τον δρόμο με χρήση γέφυρας.	16
1.3	Αρχιτεκτονική συστήματος.	17
2.1	Πληθώρα συσκευών συνδεδεμένες στο διαδίκτυο των πραγμάτων	22
2.2	Η ανάπτυξη του IoT	23
2.3	Τα 4 επίπεδα στην αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT	25
3.1	Αρχιτεκτονική συστήματος	32
3.2	Κύκλος Λειτουργίας Συστημάτων IoT	33
3.3	Libelium Waspote v15 platform	37
3.4	Η μπαταρία του συστήματος	38
3.5	Η φωτοβολταϊκή μονάδα του συστήματος	39
3.6	Η μονάδα δικτύωσης-επικοινωνίας του συστήματος	39
3.7	Η μονάδα κάμερας που χρησιμοποιήθηκε.	41
3.8	Αισθητήρας κίνησης.	42
3.9	Αρχιτεκτονική μεταφοράς φωτογραφιών προς τον εξυπηρετητή εργαστηρίου . .	43
3.10	Βάση δεδομένων.	44
3.11	Απεικόνιση όλων των εγκατεστημένων συσκευών	48
3.12	Δυνατότητα αποδοτικής αναζήτησης	48
3.13	Λεπτομερής περιγραφή κάθε συσκευής	49
3.14	Εμφάνιση των πρόσφατων φωτογραφιών μόνο με ένα κλικ στην συσκευή που επιλέγει ο χρήστης.	49
3.15	Αρχιτεκτονική Εφαρμογής.	50
4.1	Χρήση γλωσσών προγραμματισμού σε εφαρμογές IoT	54
4.2	Πειραματική τοπολογία.	59
4.3	Μετρητικό Εργαλείο	59
4.4	Παρεμβολή Μετρητικού στο κλειστό κύκλωμα της συσκευής	60
4.5	Ελαττωματικό αρχείο	61
4.6	Μορφοποιημένο αρχείο	61
4.7	Άμεσο Μοντέλο	63
4.8	Άμεσο Μοντέλο με χρήση HTTP	64

4.9 Άμεσο Μοντέλο με χρήση EMAIL	65
4.10 Συγκεντρωτικό Μοντέλο MONO λήψη φωτογραφίας	67
4.11 Συγκεντρωτικό Μοντέλο MONO μεταφορά φωτογραφίας	68
4.12 Επιτυχημένες Μεταφορτώσεις	69
4.13 Ρεύμα μίας εβδομάδας λειτουργίας	70
4.14 Επιτυχημένη μεταφορά	70
4.15 Αποτυχημένη μεταφορά	71

Κατάλογος Πινάκων

3.1	Ενεργές μονάδες ανά περίοδο λειτουργίας.	34
3.2	Ενδεικτική Σύγκριση Διαθέσιμων συσκευών.	36
3.3	Πίνακας δυνατοτήτων 3G μονάδας.	40
3.4	Ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.	41

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Περιγραφή Προβλήματος

Οι μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι έχουν εισέλθει σε καθοριστικό βαθμό στις ζωές των ανθρώπων και διευκολύνουν τις μετακινήσεις τους, καθιστώντας τις μεγάλες διαδρομές συντομότερες και πιο ασφαλείς. Τα πλεονεκτήματα από την χρήση τέτοιων αυτοκινητοδρόμων είναι ποικίλα, απαραίτητο όμως κρίνεται να ληφθούν υπόψιν οι συνέπειες αυτών στο φυσικό περιβάλλον. Τα τελευταία χρόνια το πλήθος των αυτοκινητόδρομων έχει αυξηθεί κατά κόρον ενώ οι περισσότεροι από αυτούς διασχίζουν βιότοπους διαταράσσοντας την άγρια ζωή.

Αναλυτικότερα, οι δρόμοι αποτελούν πλέον τεχνητό εμπόδιο σε άγρια ζώα τα οποία στην προσπάθειά τους να τους διασχίσουν έρχονται σε σύγκρουση με διερχόμενα αυτοκίνητα που κινούνται με μεγάλες ταχύτητες, με αποτέλεσμα να χάνουν την ζωή τους αλλά και να θέτουν σε κίνδυνο και τις ζωές των ανθρώπων που βρίσκονται στο αυτοκίνητο. Δεδομένου ότι ο άνθρωπος εισέβαλε στο φυσικό περιβάλλον αυτών των ζώων, έχει την υποχρέωση να μεριμνήσει για την προστασία τους.

Για την προστασία των ζώων προβλέπεται σε κάθε αυτοκινητόδρομο να κατασκευάζονται ειδικά περάσματα ανά τακτά διαστήματα για να εξασφαλίζεται η ασφαλής μετακίνησή τους. Αυτά τα περάσματα μπορεί να είναι είτε υπόγεια (Σχήμα 2.1), είτε πάνω από την γη με την βοήθεια γέφυρας (Σχήμα 1.2). Τα περάσματα βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές με δύσκολη πρόσβαση και είναι πολλά σε αριθμό. Έτσι είναι και δύσκολη η παρακολούθηση και η εποπτεία τους με ανθρώπινη παρουσία, με αποτέλεσμα να παραμένει άγνωστο αν το μέτρο αυτό είναι αποτελεσματικό. Κρίνεται λοιπόν σκόπιμο, να υπάρχει ένα σύστημα που ιδανικά εποπτεύει αυτόματα και αυτόνομα την κίνηση των ζώων κοντά σε αυτά τα περάσματα.

Επειδή το φαινόμενο έχει πάρει μεγάλες εκτάσεις, πολλοί φορείς έχουν επενδύσει σε έρευνα για την κατασκευή ενός συστήματος το οποίο θα μπορεί αποτελεσματικά να παρακολουθεί και να παρουσιάζει την δραστηριότητα της άγριας ζωής κοντά στα περάσματα. Ένα μεγάλο μέρος των αυτοκινητόδρομων βρίσκεται σε δύσβατες περιοχές, χωρίς ηλεκτροδότηση και με δύσκολες καιρικές συνθήκες. Η λύση αυτού του προβλήματος αποτελεί μία πρόκληση η οποία θα πρέπει να εξασφαλίζει την ενεργειακή αυτονομία αλλά και την αποτελεσματική λειτουργία καθόλη την διάρκεια της ημέρας για μεγάλο χρονικό διάστημα.



Σχήμα 1.1: Υπόγεια διάβαση ζώων σε μεγάλο αυτοκινητόδρομο.



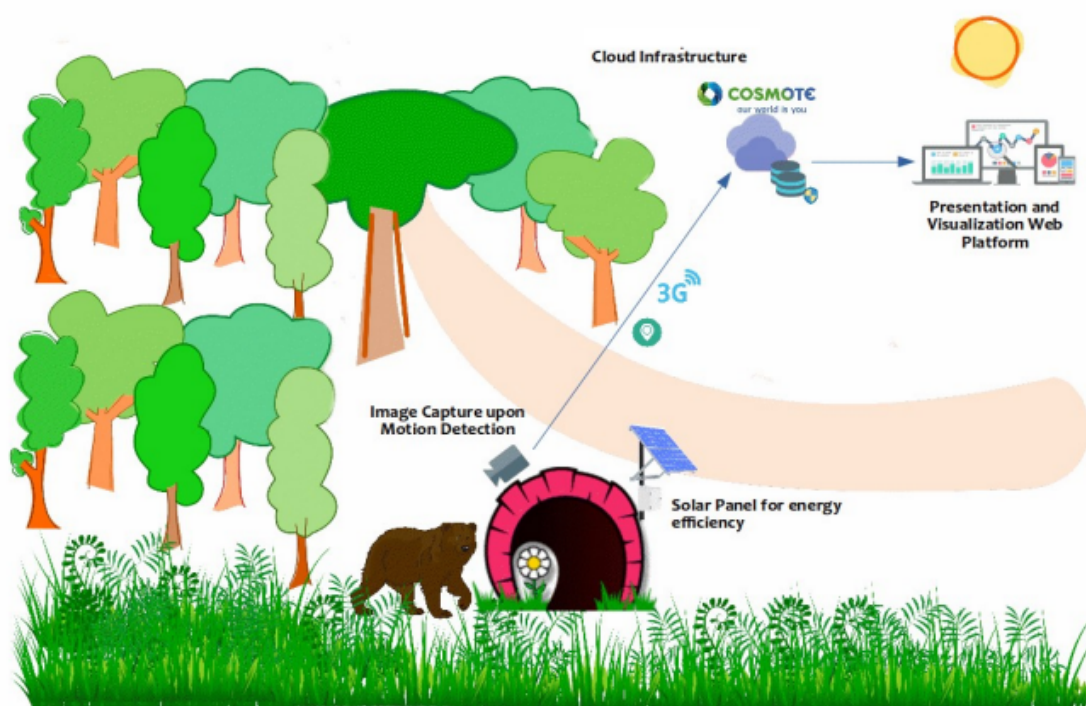
Σχήμα 1.2: Διάβαση πάνω από τον δρόμο με χρήση γέφυρας.

1.2 Σκοπός Διπλωματικής

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι η υλοποίηση μιας Internet of Things (IoT) λύσης στο πρόβλημα που περιγράφηκε παραπάνω, δηλαδή η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου συστήματος το οποίο θα είναι υπεύθυνο για την εποπτεία κίνησης των περασμάτων των δρόμων. Αναλυτικότερα, σε αυτήν την διπλωματική αναπτύσσεται ένα IoT σύστημα το οποίο είναι υπεύθυνο για τις παρακάτω λειτουργίες:

- Ανίχνευση κίνησης ζώων κοντά στην εμβέλεια του με την βοήθεια αισθητήρων.
- Λήψη φωτογραφίας του άγριου ζώου με την χρήση κάμερας.
- Αποθήκευση και αποστολή φωτογραφίας σε υποδομή του εργαστηρίου μέσω δικτύου.
- Παρουσίαση του υλικού σε γραφικό περιβάλλον χρήσης για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση από τους αρμόδιους.

Μια υψηλού επιπέδου περιγραφή του συστήματος γίνεται με την βοήθεια της εικόνας (Σχήμα 1.3).



Σχήμα 1.3: Αρχιτεκτονική συστήματος.

Οι κύριες προκλήσεις του συστήματος είναι η ενεργειακή αυτονομία και η ανθεκτικότητα για μεγάλα χρονικά διαστήματα λειτουργίας, καθώς η λύση σχεδιάστηκε για εφαρμογή σε απομακρυσμένες περιοχές όπου η ηλεκτροδότηση και η ανθρώπινη παρέμβαση είναι σχεδόν αδύνατες. Το σύστημα έχει σαν απώτερο σκοπό την προστασία των άγριων ζώων από τους

κινδύνους των αυτοκινητόδρομων, αφού με την ορθή χρήση του καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση των βοηθητικών περασμάτων που έχουν κατασκευαστεί αλλά και η πιθανή βελτίωση τους.

1.3 Απαιτήσεις

Οι συνθήκες των περιοχών στις οποίες βρίσκει εφαρμογή η λύση που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής δημιουργούν πολλές απαιτήσεις, κυρίως ενεργειακές, οι οποίες αυξάνουν την πολυπλοκότητα του σχεδιασμού. Ο κύριος γνώμονας που καθορίζει τις απαιτήσεις είναι η αδυναμία πρόσβασης και ηλεκτροδότησης σε αυτές τις περιοχές με αποτέλεσμα το σύστημα να πρέπει να λειτουργεί με την μεγαλύτερη δυνατή εξοικονόμηση ενέργειας, έτσι ώστε να αυξάνεται η ενεργειακή αυτονομία και τα χρονικά διαστήματα μεταξύ κάθε ανθρώπινης παρέμβασης. Εξαιτίας της χρισιμότητας των ενεργειακών απαιτήσεων, ένα μεγάλο μέρος της διπλωματικής έχει αφιερωθεί στην ενεργειακή μελέτη και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Έπειτα από επιμέρους μελέτη των συνθηκών καταγράφηκαν οι ακόλουθες απαιτήσεις.

- **Αδιάκοπη εποπτεία των περασμάτων για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.**
Η φύση του προβλήματος απαιτεί από το σύστημα να λειτουργεί 24 ώρες κάθε μέρα για όλες τις ημέρες της εβδομάδας συνεχόμενα. Οι χρονικές στιγμές που θα υπάρχει κίνηση ζώων είναι αδύνατον να προβλεφθούν, άρα το σύστημα πρέπει να λειτουργεί αδιάκοπα.
- **Υψηλή δυνατότητα εξοικονόμησης ενέργειας.**
Επειδή η λύση προορίζεται για εφαρμογή σε πολλαπλές τοποθεσίες με δύσκολη πρόσβαση, η βασικότερη απαίτηση του συστήματος είναι η εξοικονόμηση ενέργειας. Πυροδότηση λειτουργίας μόνο με ανίχνευση κίνησης για εξοικονόμηση ενέργειας και εκμετάλλευση της ηλιοφάνειας με ηλιακό πάνελ για φόρτιση της μπαταρίας.
- **Δυνατότητα νυχτερινής λήψης.**
Για την διασφάλιση της ποιότητας της λύσης που προσφέρει το σύστημα είναι απαραίτητο να υπάρχει η δυνατότητα νυχτερινής λήψης καθώς ένα μεγάλο ποσοστό κίνησης των ζώων έχει παρατηρηθεί κατά την διάρκεια νυχτερινών ωρών. Έτσι, η αδυναμία νυχτερινής λήψης θα έδινε εσφαλμένα αποτελέσματα για την επισκεψιμότητα των περασμάτων.
- **Αποτελεσματική και οικονομική μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύου.**
Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει βεβαιότητα για την επιτυχή μεταφορά δεδομένων από τις τερματικές συσκευές που θα βρίσκονται στο πεδίο, μέχρι τα μηχανήματα στις εργαστηριακές υποδομές.
- **Ανθεκτικότητα στις καιρικές συνθήκες.**
Βροχή, υγρασία, υψηλές και χαμηλές θερμοκρασίες είναι κάποιοι παράμετροι του περιβάλλοντος που μπορούν να είναι ανασταλτικοί παράγοντες για την επιτυχημένη λειτουργία του συστήματος και για αυτό το λόγο λήφθηκαν υπόψιν κατά τον σχεδιασμό.

1.4 Περιγραφή Λύσης

Η γενικότερη ιδέα είναι να κατασκευαστεί ένα σύστημα το οποίο να έχει την δυνατότητα να ανιχνεύει αυτόματα την παρουσία άγριου ζώου με χρήση αισθητήρων, έτσι ώστε να μπορεί να το φωτογραφίζει και να το αποθηκεύει σε ένα μέσο προσβάσιμο από τον αρμόδιο παρατηρητή. Επομένως τα απαραίτητα δομικά στοιχεία για ένα τέτοιο σύστημα είναι τα εξής:

- **Ακραία Στοιχεία.**

Πρόκειται για συσκευές Internet Of Things οι οποίες περιλαμβάνουν συγκεκριμένους αισθητήρες και κάμερα έτσι ώστε να είναι κατάλληλες για την εφαρμογή. Οι εν λόγω συσκευές, θα είναι εγκατεστημένες σε κατάλληλη θέση στα περάσματα των δρόμων και θα είναι υπεύθυνες για τον εντοπισμό κίνησης, την φωτογράφιση του ζώου και την αποστολή της φωτογραφίας μέσω ενός δικτύου στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου.

- **Μονάδα συλλογής ηλιακής ενέργειας.**

Ο πιο κρίσιμος παράγοντας για την επιτυχία του συστήματος είναι η ενεργειακή αυτονομία. Εξαιτίας των σημείων που θα τοποθετηθούν τα παραπάνω ακραία στοιχεία, η μόνη λύση για συλλογή ενέργειας είναι ο ήλιος. Για αυτόν τον λόγο, έγινε χρήση πίνακα φωτοβολταϊκών συστοιχιών.

- **Υποδομή αποθήκευσης αρχείων.**

Όπως προαναφέρθηκε, σκοπός του συστήματος είναι η μελέτη της κίνησης των άγριων ζώων, επομένως είναι αναγκαίο να υπάρχει αποθηκευτικός χώρος ώστε οι φωτογραφίες των ζώων που κατέγραψε το σύστημα να είναι διαθέσιμες ανά πάσα στιγμή από τους παρατηρητές.

- **Γραφικό Περιβάλλον οπτικοποίησης και παρουσίασης των δεδομένων.**

Σκοπός κάθε συστήματος του νέου τεχνολογικού αυτού ρεύματος είναι να παράγει και να παρουσιάζει στον άνθρωπο χρήσιμες πληροφορίες οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν προς όφελος του. Η ανάπτυξη μίας πλατφόρμας παρουσίασης των δεδομένων είναι λοιπόν ένα πολύ σημαντικό συστατικό.

Κατά την διάρκεια της διπλωματικής αναπτύχθηκε μια IoT λύση για το παραπάνω πρόβλημα. Πιο αναλυτικά, έγινε σύγκριση δύο συσκευών IoT και επιλογή της καταλληλότερης, αναπτύχθηκε το απαραίτητο λογισμικό για αυτήν την συσκευή και δοκιμάστηκε πειραματικά η αποτελεσματική της λειτουργία. Η συσκευή που επιλέχθηκε διαθέτει αισθητήρα κίνησης, κάμερα και δυνατότητα σύνδεσης με το διαδίκτυο έτσι ώστε να μπορεί να διεκπεραιώσει με επιτυχία τον εντοπισμό και την λήψη φωτογραφίας των ζώων που κινούνται κοντά της.

Εξαιτίας της ιδιαιτερότητας του περιβάλλοντα χώρου έγινε μελέτη για τις ενεργειακές απαιτήσεις του συστήματος καθώς και για απαιτήσεις ανθεκτικότητας, αξιοπιστίας και στιβαρότητας της λύσης. Συγκεκριμένα μετρήθηκαν πειραματικά καταναλώσεις της συσκευής σε διάφορα σενάρια χρήσης και έγιναν ορισμένες προσομοιώσεις λειτουργίας της λύσης σε εργαστηριακό περιβάλλον.

Για την εξασφάλιση της επικοινωνίας των ακραίων στοιχείων με ένα κεντρικό σημείο, εγκαταστάθηκε ένας εξυπηρετητής αρχείων στα μηχανήματα του εργαστηρίου στον οποίο αποθηκεύονται οι φωτογραφίες που λαμβάνονται από τις συσκευές.

Για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων του συστήματος αναπτύχθηκε, στα πλαίσια της διπλωματικής, μία διαδικτυακή εφαρμογή με γραφικό περιβάλλον χρήσης η οποία εμφανίζει έναν χάρτη με τους βασικούς αυτοκινητόδρομους της Ελλάδας και τις τοποθεσίες των εκάστοτε συσκευών. Έτσι με λίγες και απλές κινήσεις ο παρατηρητής έχει την δυνατότητα να ελέγξει τα αποτελέσματα κάθε συσκευής. Για την αποδοτική αναζήτηση και παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε σχεσιακή βάση δεδομένων.

1.5 Οργάνωση Τόμου

Το περιεχόμενο της διπλωματικής εργασίας αποτελείται από 6 στο σύνολο Κεφάλαια. Στο παρόν κεφάλαιο γίνεται μία περιγραφή του προβλήματος που αντιμετωπίζεται και μία συνοπτική περιγραφή της IoT λύσης που αναπτύχθηκε. Στο 2ο κεφάλαιο γίνεται μία εισαγωγή στην τεχνολογία του Διαδικτύου των πραγμάτων και παρατίθενται οι συγκρίσεις που έγιναν για να οδηγήσουν στην τελική επιλογή πλατφόρμας. Στο 3ο κεφάλαιο περιγράφεται η αρχιτεκτονική του συστήματος καθώς και η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων. Στο 4ο κεφάλαιο παρουσιάζονται με λεπτομέρεια τα πειράματα και οι μετρήσεις που έγιναν με σκοπό την αποτελεσματική λειτουργία της λύσης. Το 5ο κεφάλαιο αποτελείται από διάφορα προβλήματα που προέκυψαν κατά την διαδικασία ανάπτυξης της λύσης, ορισμένες προτεινόμενες διορθώσεις καθώς και σκέψεις και ιδέες για προεκτάσεις του συστήματος για το μέλλον. Στο 6ο κεφάλαιο παρατίθενται τεχνικά κομμάτια όπως κώδικες, οδηγίες για την εγκατάσταση εξυπηρετητή αρχείου καθώς και πληροφορίες για το technology stack που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής. Τέλος παρατίθεται και η βιβλιογραφία.

Κεφάλαιο 2

Διαδίκτυο των Πραγμάτων

2.1 Ο κόσμος του διαδικτύου των πραγμάτων

2.1.1 Ορισμός Έννοιας

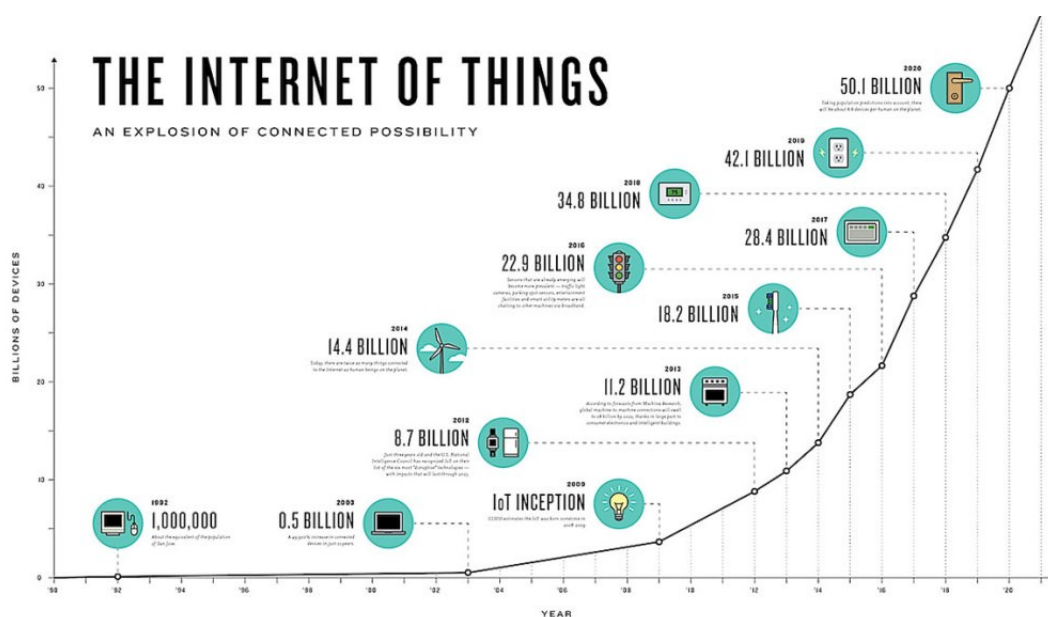
Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (αγγλικά: **Internet Of Things**) είναι μια έννοια που αναπαριστά ένα νέο κύμα τεχνολογίας στο οποίο πληθώρα συσκευών και αντικειμένων διαθέτουν τα κατάλληλα ηλεκτρονικά μέσα, λογισμικό και αισθητήρες με αποτέλεσμα να έχουν την δυνατότητα να βρίσκονται σε σύνδεση μεταξύ τους σε ένα ευρύτερο δίκτυο. Η γενικότερη φιλοσοφία του διαδικτύου των πραγμάτων είναι η σύνδεση όλων των ηλεκτρονικών συσκευών σε ένα κοινό δίκτυο με απώτερο σκοπό την ανταλλαγή δεδομένων που μετά από κάποια επεξεργασία μετατρέπονται σε χρήσιμα συμπεράσματα για την ζωή του ανθρώπου.

Η έννοια 'Πράγματα' δεν είναι αυστηρά συνδεδεμένη με ορισμένα προϊόντα ούτε περιορίζεται από το μέγεθος, την δομή και την χρηστικότητα των αντικειμένων. Αντίθετα, αναφέρεται σε μία ευρεία ποικιλία από τεχνολογικά προϊόντα-συσκευές που είναι εντελώς διαφορετικά μεταξύ τους, όπως για παράδειγμα κάμερες, κινητά τηλέφωνα, έξυπνα ρολόγια, ψυγεία, κλιματιστικά, αισθητήρες διαφόρων ειδών, φώτα ακόμα και αυτοκίνητα. Βασικό χαρακτηριστικό όλων όμως είναι η δυνατότητα τους να μπορούν να παρέχουν πληροφορίες στο κοινό δίκτυο, το διαδίκτυο των πραγμάτων.

Παρά το αυξανόμενο και μεγάλο παγκόσμιο ενδιαφέρον γύρω από το διαδίκτυο των πραγμάτων, δεν έχει καθιερωθεί ένας κοινώς αποδεκτός ορισμός για τον όρο. Οι διαφορετικοί ορισμοί χρησιμοποιούνται από διάφορες ομάδες για να περιγράψουν ή να προωθήσουν μια συγκεκριμένη άποψη για το τι σημαίνει IoT και τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του. Μερικοί από τους πιο διαδεδομένους ορισμούς είναι:

- Wikipedia.[1]

Το διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι το δίκτυο των φυσικών αντικειμένων η "πραγμάτων", ενσωματωμένο με ηλεκτρονικά, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα έτσι ώστε να μπορέσει να επιτευχθεί η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ του κατασκευαστή, του χειριστή ή/και άλλων συνδεδεμένων συσκευών.



Σχήμα 2.2: Η ανάπτυξη του IoT

2.1.3 Χρησιμότητα του τεχνολογικού ρεύματος IoT

Σκοπός κάθε τεχνολογίας είναι η λύση προβλημάτων των ανθρώπων, η βελτίωση της ποιότητας ζωής και η προστασία του περιβάλλοντος. Η τεχνολογία Internet Of Things έχει πολλά να προσφέρει και τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την ενσωμάτωση της στην καθημερινότητα του ανθρώπου είναι αμέτρητα.

Αρχικά, στον τομέα της υγείας το νέο αυτό ρεύμα τεχνολογίας βρίσκει μεγάλη εφαρμογή καθώς αισθητήρες και μηχανήματα είναι πλέον στην θέση να συγκεντρώνουν πληθώρα δεδομένων και να επιτρέπουν πολύ αποτελεσματικότερη παρακολούθηση ασθενών. Η επεξεργασία αυτών των δεδομένων οδηγεί στην σωστή πρόβλεψη ασθενειών και κινδύνων και επομένως στην σωστή πρόληψη. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι, η στοχευμένη έρευνα σε αυτόν τον χώρο μπορεί να σώσει ζωές. Ένας άλλος χώρος που ήδη βρίσκει εφαρμογή η τεχνολογία IoT, και ακόμα περισσότερο μελλοντικά, είναι αυτός του έξυπνου σπιτιού (αγγλικά: "smart home"). Θα είναι εφικτό να εξοικονομείται πολύς χρόνος από τους ανθρώπους αφού πλέον οι περισσότερες από τις οικιακές συσκευές θα βρίσκονται συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και θα υπάρχει κεντρική διαχείριση τους είτε από το κινητό είτε από κάποιο εύκολο στην χρήση εργαλείο. Πολύ σημαντική είναι και η συμβολή στην οικιακή ασφάλεια, με προηγμένα συστήματα ασφαλείας με εξελιγμένους αισθητήρες που επικοινωνούν άμεσα με τους αρμόδιους φορείς και τον ιδιοκτήτη του σπιτιού.

Επίσης, η τεχνολογία IoT έχει εισέλθει πολύ δυναμικά στον χώρο της αυτοκίνησης. Δεν είναι υπερβολή να ειπωθεί πως ακόμα και τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν οι άνθρωποι για την ασφαλή και γρήγορη μεταφορά τους είναι πλέον 'αντικείμενα' στο διαδίκτυο των πραγμάτων, αφού διαθέτουν λογισμικό και υλικό που έχει δυνατότητα αποστολής, λήψης και επεξεργασίας δεδομένων. Τα πιο διαδεδομένα παραδείγματα είναι η πρόβλεψη κίνησης σε συστήματα πλοήγησης, η αυτόματη ενημέρωση νοσοκομείων σε περίπτωση τροχαίου και η ακριβής τοπο-

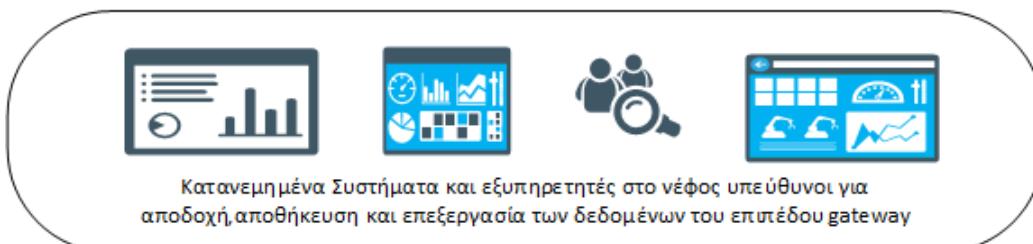
θεσία του οχήματος σε περίπτωση κλοπής. Διαδεδομένη είναι πλέον και η ενσωμάτωση της τεχνολογίας IoT και στην γεωπονία καθώς και στην κτηνοτροφία. Σε αυτόν τον χώρο έχουν κατασκευαστεί έξυπνες συσκευές οι οποίες έχουν δυνατότητα να μετράνε ποσοστά υγρασίας στο έδαφος και να διευθύνουν ολόκληρη την διαδικασία του ποτίσματος χωρίς την παρέμβαση ανθρώπινου παράγοντα. Επίσης στην διάθεση μας είναι συστήματα παρακολούθησης ζώων ενώ έχουν σχεδιαστεί μέχρι και IoT λύσεις οι οποίες μπορούν να προβλέψουν πότε ένα ζώο είναι έτοιμο να γεννήσει έτσι ώστε ο κτηνοτρόφος να είναι έγκαιρα στο σημείο.

Ακόμα, ο χώρος της επιχειρηματικότητας και της βιομηχανίας ήδη εξελίσσεται με την βοήθεια του IoT. Συγκεκριμένα οι επιχειρήσεις θα αποκομίσουν πολλά οφέλη καθώς θα έχουν την δυνατότητα να ερευνούν αποτελεσματικότερα την αγορά και τις ανάγκες των πελατών με ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο. Αντίστοιχα, στην βιομηχανία η διεύθυνση της παραγωγής θα είναι πολύ πιο εύκολη με όλα τα μηχανήματα να είναι πλέον συνδεδεμένα σε ένα κοινό δίκτυο. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα την διευκόλυνση της συντήρησης και του συγχρονισμού του εξοπλισμού.

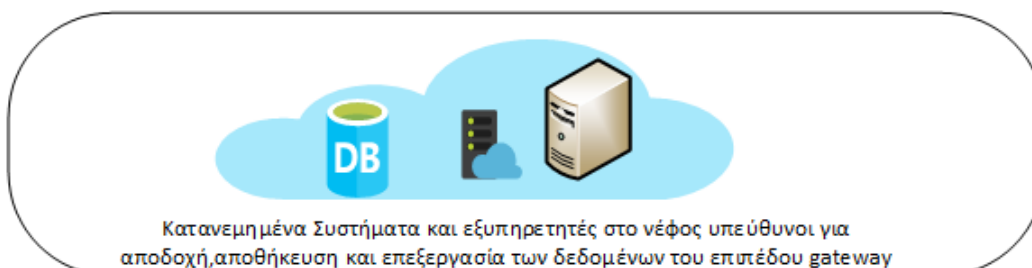
Τέλος, εξίσου σημαντική είναι η πολύτιμη βοήθεια που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία του IoT στην προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, τόσο της χλωρίδας όσο και της πανίδας. Σαν παράδειγμα, το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής, όπου αναπτύσσεται σύστημα IoT που θα είναι υπεύθυνο για την παρατήρηση της κίνησης των άγριων ζώων κοντά στα περάσματα αυτοκινητοδρόμων, με απώτερο σκοπό την προστασία τους. Χωρίς αυτήν την τεχνολογία, θα ήταν σχεδόν αδύνατος ο σχεδιασμός ενός αυτόματου και αυτόνομου συστήματος.

Internet Of Things Architecture

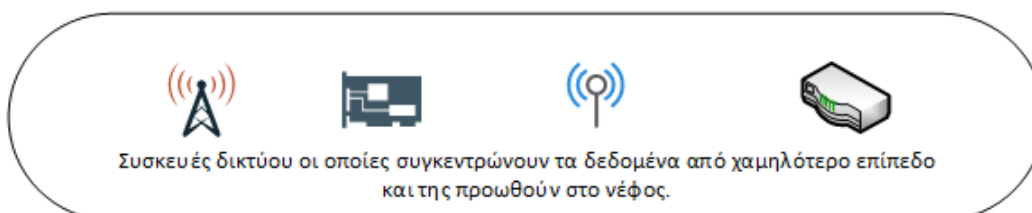
Internet Of Things Analytics



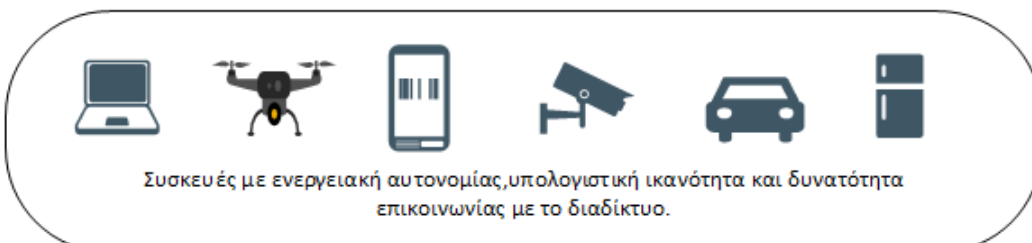
Internet Of Things Cloud



Internet Of Things Gateway



Internet Of Things Devices



Σχήμα 2.3: Τα 4 επίπεδα στην αρχιτεκτονική ενός συστήματος IoT

2.1.4 Αρχιτεκτονική συστημάτων IoT

Για κάθε εφαρμογή της τεχνολογίας IoT υπάρχει η απαίτηση τα στοιχεία του δικτύου να αλληλοσυνδέονται, να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να παράγουν αποτελέσματα τα οποία γίνονται αποδεκτά και κατανοητά από τους χρήστες. Αυτή η απαίτηση χωρίζει λογικά και τεχνικά τις εφαρμογές IoT σε 4 επίπεδα ή στρώματα (**Internet Of Things Layers**).

Η λογική σύνδεση μεταξύ εικονικού και φυσικού κόσμου γίνεται με την βοήθεια της αρχιτεκτονικής IoT και η ανάλυση των στρωμάτων είναι απαραίτητη για την διευκρίνιση και την κατανόηση των εννοιών και τεχνολογιών.

Στην συνέχεια περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της κάθε επιμέρους κατηγορίας:

Sensor Layer

Το πρώτο στρώμα αποτελείται από τα προϊόντα και τις συσκευές που διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες για να μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το περιβάλλον. Πρόκειται για τις μικρές ηλεκτρονικές συνήθως συσκευές που λειτουργούν συχνά με μπαταρίες για ενεργειακή αυτονομία. Έχουν την δυνατότητα είτε να λειτουργήσουν ως ανεξάρτητες συσκευές ανίχνευσης είτε να ενσωματωθούν ως μέρος ενός μεγαλύτερου μηχανισμού για την ανίχνευση, την παρακολούθηση και τον έλεγχο ορισμένων φαινομένων. Τα βασικά χαρακτηριστικά για μία συσκευή που συμμετέχει στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι τα εξής:

- Δυνατότητα να αντιλαμβάνεται και να καταγράφει δεδομένα.
- Να είναι σε θέση να εκτελεί υπολογισμούς(light computing).
- Να είναι σε θέση να συνδεθεί σε ένα δίκτυο και να επικοινωνήσει τα δεδομένα.

Παραδείγματα αυτών είναι οι ανιχνευτές φυσικής κατάστασης, οι αισθητήρες υγρασίας εδάφους, οι ιατρικοί αισθητήρες για τη μέτρηση των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα, οι κάμερες ασφαλείας και πολλά άλλα.

Gateway Layer

Το δεύτερο στρώμα αποτελείται από δικτυακές συσκευές οι οποίες είναι υπεύθυνες για την δημιουργία ενός ευφυούς δικτύου που επιτρέπει την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση μεταξύ των συσκευών του παραπάνω στρώματος. Έτσι, παρόμοια με το πώς ένας οικιακός δρομολογητής WiFi βοηθά να συνδέονται πολλοί φορητοί υπολογιστές, τηλέφωνα και tablet στο διαδίκτυο, η συσκευή δικτύου (gate) IoT συγκεντρώνει δεδομένα από πολλές συσκευές ανίχνευσης και τις ανακατευθύνει προς το νέφος όπου και υφίστανται περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση. Αυτές οι πύλες είναι κρίσιμα συστατικά του οικοσυστήματος IoT. Συνήθως, οι πύλες IOT είναι εξοπλισμένες με πολλαπλές δυνατότητες επικοινωνίας (όπως Bluetooth, Zigbee, LoRa WAN) για να μιλήσουν στις συσκευές IoT στο ένα άκρο και μια σύνδεση με το δίκτυο IP (Internet) που βρίσκεται στην άλλη πλευρά μέσω WiFi, Ethernet ή Cellular link).

Management-Service Layer

Όλα τα δεδομένα αισθητήρων που μεταδίδονται από τις πύλες IOT αποθηκεύονται σε διακομιστές που φιλοξενούνται στο νέφος είτε σε κάποια εργαστηριακή-βιομηχανική εγκατάσταση. Αυτοί οι διακομιστές δέχονται, αποθηκεύουν και επεξεργάζονται δεδομένα για ανάλυση και λήψη αποφάσεων. Αυτό το στρώμα επιτρέπει επίσης τη δημιουργία ζωντανών πινάκων και

διαγραμμάτων, στα οποία οι υπεύθυνοι λήψης αποφάσεων μπορούν να παρακολουθούν και να λαμβάνουν αποφάσεις που βασίζονται σε δεδομένα στοχευμένα στην εκάστοτε εφαρμογή.

Application Layer

Σε αυτό το στρώμα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και η αλληλεπίδραση με τον τελικό χρήστη της IoT εφαρμογής, όπου τα συλλεγόμενα ακατέργαστα δεδομένα μετατρέπονται σε χρήσιμες γνώσεις. Οι γνώσεις αυτές μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων, στην διευκόλυνση ορισμένων δραστηριοτήτων των ανθρώπων και γενικότερα προσδίδουν όφελος στον τελικό χρήστη. Το εν λόγω στρώμα χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνικές επιστήμης και ανάλυσης δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των αλγορίθμων μηχανικής μάθησης, για την κατανόηση των δεδομένων και την πυροδότηση διορθωτικών ενεργειών.

Η γενικότερη αρχιτεκτονική συστημάτων IoT φαίνεται συγκεντρωτικά στο σχήμα 2.3 παραπάνω.

2.2 Προκλήσεις IoT

Όπως κάθε νέα τεχνολογία, όσο εντυπωσιακή και αν ακούγεται στις αρχές, έτσι και το IoT εισάγει νέες προκλήσεις στον χώρο της έρευνας και ανάπτυξης. Η συνδεσιμότητα, η πολυπλοκότητα των δικτύων, ο μεγάλος όγκος πληροφορίας, η αφθονία συνδεδεμένων συσκευών και το πρώιμο στάδιο της τεχνογνωσίας στον χώρο έχουν θέσει εμπόδια τα οποία οι εκάστοτε φορείς (μηχανικοί, ερευνητικοί φορείς, κατασκευαστικές εταιρίες) καλούνται να αντιμετωπίσουν. Οι προκλήσεις χωρίζονται στις εξής κατηγορίες :

- **Διαχείριση και επεξεργασία του μεγάλου όγκου δεδομένων**

Δεδομένου ότι οι καθημερινές δραστηριότητες παράγουν ένα τεράστιο όγκο δεδομένων, η διαδικασία κατά την οποία ο άνθρωπος διαχειρίζεται αυτή την πληροφορία είναι πολύ δύσκολη και απαιτητική. Αποτελεί ίσως μια από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι μηχανικοί.

- **Ασφάλεια και ακεραιότητα**

Η ασφάλεια που παρέχουν τα συστήματα IoT, είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας, ώστε να υιοθετηθούν ευρέως τέτοιου είδους τεχνολογίες από τους τελικούς χρήστες. Εάν δεν υπάρξουν εγγυήσεις οι οποίες να αφορούν την εμπιστευτικότητα σε επίπεδο συστήματος, την ταυτοποίηση και την ιδιωτικότητα των ενδιαφερόμενων μελών, καμία IoT λύση, δεν θα ευδοκιμήσει.

- **Ιδιωτικότητα και προστασία των δεδομένων**

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων εγείρει ανησυχίες σχετικά με το ποιος μπορεί να συλλέγει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα, ποιος έχει το δικαίωμα να προβεί σε μια τέτοια ενέργεια, εάν διατηρούνται ανώνυμα, δημοσιοποιούνται ή μεταβιβάζονται σε τρίτους.

- **Εξέλιξη του Πρωτοκόλλου Δικτύου**

Σύμφωνα με προβλέψεις της Cisco σχετικά με το μέλλον του IoT, 500 δισεκατομμύρια

συσκευές πρόκειται να είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο έχοντας καταχωρημένη διεύθυνση IP. Δεδομένου ότι το διαδεδομένο πρωτόκολλο δικτύου, το IPv4, παρέχει μόνο 4,294,967,296 (2^{32}) διαθέσιμες διευθύνσεις, οι οποίες ήδη έχουν εξαντληθεί, φαίνεται ότι τίθεται μία σημαντική πρόκληση. Αυτό το εμπόδιο θα αντιμετωπιστεί με την εισαγωγή του νέου πρωτοκόλλου δικτύου IPv6 [8] το οποίο παρέχει πλειονότητα διευθύνσεων ικανή να εξυπηρετήσει την ζήτηση που αυξήθηκε εξαιτίας του IoT.

- **Απαιτήσεις ενέργειας**

Η τεχνολογία του IoT έχει αυξήσει την ποικιλία και την πολυπλοκότητα των συσκευών που πρωταγωνιστούν σε αυτόν τον κλάδο. Μεγάλο ποσοστό των συσκευών αποτελούν αισθητήρες και μικροεπεξεργαστές που βρίσκονται τοποθετημένοι σε διάσπαρτα σημεία του περιβάλλοντος, όπως πολυσύχναστοι δρόμοι πόλεων, αυτοκινητόδρομοι, απομακρυσμένες περιοχές σε βουνά, πεδιάδες, φάρμες, λίμνες αλλά και σε σπίτια και αυτοκίνητα. Είναι λοιπόν ευνόητο ότι η τροφοδότηση αυτών των συσκευών με ενέργεια είναι μία απαιτητική και δύσκολη διαδικασία και αποτελεί ίσως την σημαντικότερη πρόκληση των φορέων και των μηχανικών για την σχεδίαση και υλοποίηση ενός επιτυχημένου IoT συστήματος. Στο αντικείμενο της διπλωματικής, οι απαιτήσεις του προβλήματος οδήγησαν σε λύση όπου οι συσκευές βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές με δύσκολη πρόσβαση και η ενεργειακή πρόκληση ήταν αυτή που μελετήθηκε στο μεγαλύτερο βαθμό.

2.3 Εφαρμογές IoT

Όσο εντυπωσιακή και αν είναι μια τεχνολογία, αν δεν υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστεί και να ωφελήσει την ζωή του ανθρώπου τότε δεν είναι χρήσιμη. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων είναι μια τεχνολογία που βρίσκει τεράστια εφαρμογή σε καθημερινά προβλήματα των ανθρώπων και ήδη χρησιμοποιείται σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, και θα συνεχίσει να χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο.

Μία ολοκληρωμένη εφαρμογή IoT ή ένα ολοκληρωμένο σύστημα IoT ενσωματώνει τέσσερα βασικά συστατικά: συσκευές, συνδεσιμότητα, επεξεργασία δεδομένων και γραφικό περιβάλλον χρήσης.

- **Συσκευές-Αισθητήρες**

Αρχικά, οι συσκευές με την βοήθεια αισθητήρων συλλέγουν πληροφορία από το κοντινό περιβάλλον. Όλη αυτή η πληροφορία μπορεί να έχει πολλές μορφές και η πολυπλοκότητα της διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση. Η πληροφορία μπορεί να είναι από μία απλή μέτρηση θερμοκρασίας μέχρι μία φωτογραφία ή ένα μεγάλο σε διάρκεια βίντεο. Κάθε συσκευή μπορεί να έχει πολλαπλούς αισθητήρες που αυξάνουν την λειτουργικότητα της και την δυνατότητα να συλλέγει πληροφορία. Για παράδειγμα τα έξυπνα κινητά τηλέφωνα διαθέτουν ενσωματωμένη κάμερα, επιταχυνσιόμετρο και GPS. Ο βασικός ρόλος όμως παραμένει κοινός είτε πρόκειται για έναν απλό αισθητήρα είτε για μία συσκευή που είναι συνδεδεμένη με πολλούς αισθητήρες.

- **Συνδεσιμότητα**

Στην συνέχεια, η πληροφορία μεταδίδεται προς εγκαταστάσεις νέφους για να αποθηκευτεί και να είναι διαθέσιμη για επεξεργασία. Ο τρόπος που επιτυγχάνεται η μετάδοση εξαρτάται από το μέσο που επιλέγεται. Ενδεικτικά μέσα επικοινωνίας και μετάδοσης που χρησιμοποιούνται κατά κόρον είναι το κυψελοειδές δίκτυο (Cellular Network), τα δορυφορικά δίκτυα, το Wi-Fi, το Bluetooth, τα δίκτυα ευρείας περιοχής(WAN) και πολλά άλλα.

Κάθε μέσο έχει κάποιες προδιαγραφές και συμβιβασμούς μεταξύ κατανάλωσης ισχύος, εμβέλειας και εύρους ζώνης. Επομένως, η επιλογή της καλύτερης δυνατότητας συνδεσιμότητας στο σύστημα IOT είναι σημαντική.

- **Επεξεργασία δεδομένων**

Σε αυτό το στάδιο όπου η πληροφορία βρίσκεται αποθηκευμένη σε ειδικές εγκαταστάσεις, εξειδικευμένο λογισμικό την επεξεργάζεται με σκοπό να παράξει χρήσιμα αποτελέσματα. Αυτή η επεξεργασία μπορεί να κυμαίνεται από κάτι πολύ απλό όπως η ανάγνωση μίας θερμοκρασίας, έως κάτι πολύ πολύπλοκο όπως η αναγνώριση προτύπων και αντικειμένων.

- **Γραφικό περιβάλλον χρήσης**

Τέλος η χρήσιμη πλέον πληροφορία γίνεται διαθέσιμη για τον τελικό χρήστη με την χρήση διεπαφής χρήστη. Αυτή η διεπαφή μπορεί να έχει πολλές μορφές. Οι συνηθέστερες είναι μία απλή ενημέρωση με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, είτε ένα μήνυμα στο κινητό τηλέφωνο ακόμα και μία διαδικτυακή εφαρμογή που λειτουργεί σε έναν εξυπηρετητή δικτύου. Αυτό το τελικό στάδιο είναι πολύ κρίσιμο για την επιτυχία της IoT εφαρμογής αφού εδώ οπτικοποιείται προς τον χρήστη η χρήσιμη πληροφορία που παράχθηκε σε όλη την παραπάνω διαδικασία.

2.4 Εφαρμογή για την προστασία της άγριας ζωής

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση εφαρμογής για την προστασία της πανίδας από τους κινδύνους που έχουν δημιουργήσει οι μεγάλοι αυτοκινητόδρομοι που διασχίζουν τους βιότοπους. Η τεχνολογία που περιγράφηκε λεπτομερώς στο παρόν κεφάλαιο, μελετήθηκε σε πειραματικό επίπεδο στα πλαίσια της διπλωματικής με σκοπό την επίλυση ενός αληθινού και υπαρκτού προβλήματος περιβαλλοντικού χαρακτήρα. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται λεπτομερώς ο σχεδιασμός της εφαρμογής και τα συστατικά στοιχεία που επιλέχθηκαν.

Κεφάλαιο 3

Αρχιτεκτονική

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο ακολουθεί εκτενής περιγραφή των συστατικών του συστήματος που επιλέχθηκαν και συνέθεσαν το τελικό αποτέλεσμα. Οι απαιτήσεις του προβλήματος έθεσαν και τα κριτήρια με βάση τα οποία έγινε και η επιλογή των δομικών στοιχείων. Στα πλαίσια της διπλωματικής σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε μια λύση η οποία περιλαμβάνει μια IoT πλατφόρμα με ενσωματωμένη κάμερα και μπαταρία ενώ διαθέτει και κεραία η οποία επιτρέπει την σύνδεση στο δίκτυο για ανταλλαγή δεδομένων. Αυτή είναι η πλατφόρμα η οποία θα βρίσκεται τοποθετημένη στα περάσματα των αυτοκινητόδρομων, ανιχνεύοντας κίνηση ζώων με σκοπό την λήψη φωτογραφίας και προώθησης της στο επόμενο επίπεδο.

Παράλληλα, εγκαταστάθηκε στα μηχανήματα του εργαστηρίου ένας εξυπηρετητής αρχείων που έχει τον ρόλο του αποδέκτη των φωτογραφιών που στέλνονται από την IoT πλατφόρμα καθώς και μία βάση δεδομένων που είναι υπεύθυνη για την αποδοτική αποθήκευση των φωτογραφιών και των απαραίτητων μεταδεδομένων. Το σύστημα ολοκληρώνεται με την διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε με σκοπό την παρουσίαση των φωτογραφιών σε γραφικό περιβάλλον χρήσης εύκολο προς τον χρήστη.

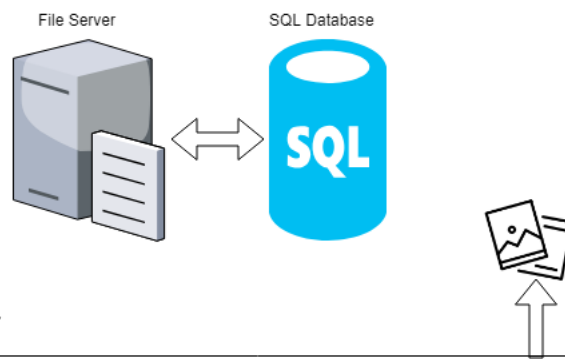
Η αρχιτεκτονική του συστήματος σε υψηλό επίπεδο φαίνεται στο σχήμα (3.1). Συγκριτικά με την θεωρητική και γενικότερη αρχιτεκτονική των IoT εφαρμογών (σχήμα 2.3), το σύστημα που αναπτύσσεται σε αυτήν την διπλωματική διαφέρει μόνο στο Gateway Layer το οποίο ενσωματώνεται στο Sensor Layer, καθώς η πλατφόρμα που επιλέχθηκε έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί αυτόνομα με το δίκτυο και επομένως δεν χρειάζεται ενδιάμεσο στάδιο για την συγχομίδη και την προώθηση δεδομένων.

Application Layer

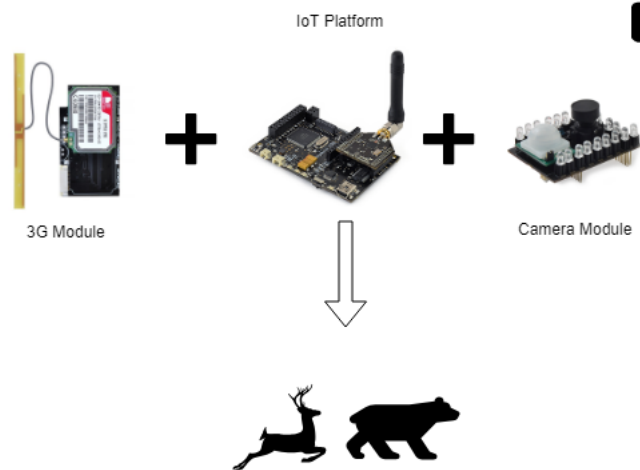
Web Application with Graphical User Interface Implemented



Management Layer



Sensor+Gateway Layer



Σχήμα 3.1: Αρχιτεκτονική συστήματος

3.2 Περιγραφή Κύκλου Λειτουργίας

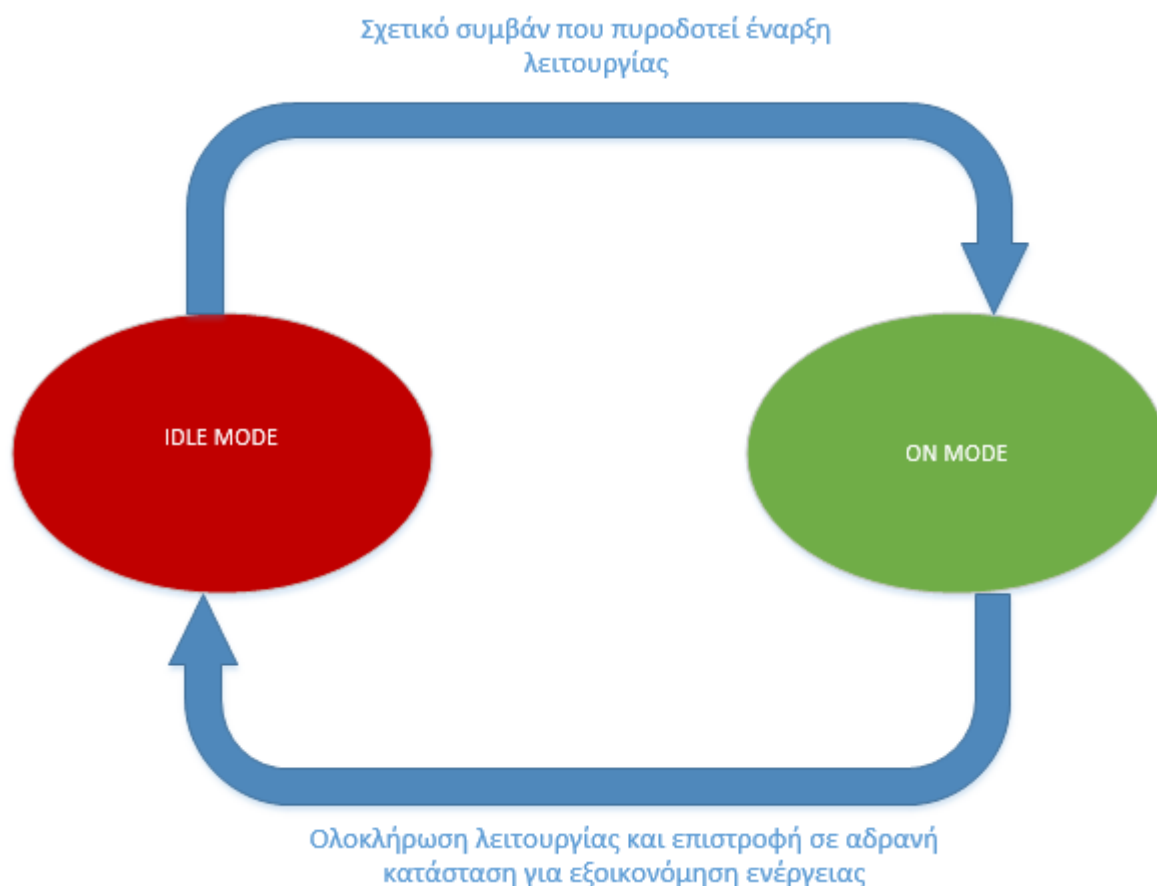
3.2.1 Συστήματα IoT

Για λόγους εξοικονόμησης ενέργειας τα συστήματα IoT χωρίζονται σε δύο καταστάσεις λειτουργίας, την αδρανή και την ενεργή.

Η αδρανής κατάσταση (**Idle mode**) ορίζεται από την χρονική διάρκεια κατά την οποία το σύστημα μεταβαίνει σε μία φάση λειτουργίας χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας απενεργοποιώντας ορισμένες μονάδες, όταν δεν υπάρχει λόγος να λειτουργεί. Η κατάσταση αυτή είναι απαραίτητη για την επιτυχία ενός συστήματος που θα βρίσκεται απομακρυσμένο χωρίς ηλεκτροδότηση.

Η ενεργή κατάσταση (**On mode**) ορίζεται από την χρονική διάρκεια κατά την οποία το σύστημα μεταβαίνει στην φάση όπου όλες οι μονάδες που το αποτελούν είναι ενεργές, πλήρως λειτουργικές και εκτελούν τις προγραμματισμένες διαδικασίες.

Επομένως, η γενικότερη ιδέα είναι το σύστημα να βρίσκεται εξ αρχής σε αδρανή κατάσταση για όσο δεν απαιτείται η λειτουργία του, και με ασύγχρονη ενημέρωση, από συμβάν που εξαρτάται από την εφαρμογή, να μεταβαίνει σε ενεργή κατάσταση και να εκτελεί την προγραμματισμένη διαδικασία. Η λογική αυτή απεικονίζεται παρακάτω (Σχήμα 3.2).



Σχήμα 3.2: Κύκλος Λειτουργίας Συστημάτων IoT

3.2.2 Σύστημα Προστασίας της άγριας πανίδας

Το ίδιο μοτίβο λειτουργίας ακολουθεί και η εφαρμογή που μελετήθηκε και σχεδιάστηκε στα πλαίσια της διπλωματικής. Αναλυτικότερα, το σύστημα παραμένει αδρανές, με μόνη εν λειτουργία μονάδα αυτή του εντοπισμού κίνησης, έως ότου κάποιος ζώο εισέλθει στην εμβέλεια των αισθητήρων και πυροδοτήσει την λειτουργία του. Ακριβώς εκείνη την στιγμή, εντοπισμού κίνησης, το σύστημα ενεργοποιεί τις μονάδες κάμερας και επικοινωνίας με το δίκτυο και εκτελεί λήψη και αποστολή φωτογραφίας. Στον πίνακα 3.1 απεικονίζονται οι σχεδιαστικές επιλογές για τις δύο καταστάσεις λειτουργίας.

	Idle mode	On mode
Main Board	Off	On
Camera	Off	On
3G	Off	On
PIR Sensor	On	On

Πίνακας 3.1: Ενεργές μονάδες ανά περίοδο λειτουργίας.

3.2.3 Μοντέλα λειτουργίας

Μελετήθηκαν δύο μοντέλα λειτουργίας τα οποία βασίζονται στο μοτίβο λειτουργίας που περιγράφηκε παραπάνω με μόνη διαφορά στην συχνότητα αποστολής φωτογραφίας.

- **Άμεσο Μοντέλο.**

Στο άμεσο μοντέλο, η συσκευή ξυπνάει με τον εντοπισμό κίνησης και μετά από λήψη φωτογραφίας ξεκινά άμεσα η αποστολή της προς υποδομή του εργαστηρίου. Επομένως σε αυτό το μοντέλο επιτυγχάνεται μία λήψη/αποστολή φωτογραφίας ανά εντοπισμό κίνησης. Το πλεονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι η αμεσότητα καθώς το αποτέλεσμα του συστήματος θα γίνεται αντιληπτό από τον τελικό χρήστη σε πολύ μικρό χρόνο. Αυτό δίνει την δυνατότητα στο σύστημα να παρέχει πρόσθετες real-time υπηρεσίες μελλοντικά.

- **Συγκεντρωτικό μοντέλο.**

Στο συγκεντρωτικό μοντέλο, η συσκευή επίσης ξυπνάει με τον εντοπισμό κίνησης, λαμβάνει φωτογραφία, την αποθηκεύει και στην συνέχεια μεταβαίνει και πάλι σε κατάσταση αδράνειας χωρίς να εκτελέσει την λειτουργία μεταφοράς της φωτογραφίας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συσσωρεύεται ένα πλήθος από φωτογραφίες οι οποίες μεταφέρονται συγκεντρωτικά ανά τακτά χρονικά διαστήματα τα οποία ελέγχονται από χρονομετρητή. Το πλεονέκτημα αυτής της υλοποίησης είναι ότι το σύστημα βρίσκεται σε ενεργή κατάσταση λειτουργίας για μικρότερο χρονικό διάστημα, αφού αφαιρείται η αποστολή φωτογραφίας από κάθε ξύπνημα, με αποτέλεσμα το κέρδος σε κατανάλωση ενέργειας μακροπρόθεσμα. Το μειονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι ότι δεν έχει την δυνατότητα παροχής real-time υπηρεσιών.

3.3 Επιλογή IoT πλατφόρμας

Δεδομένου ότι η ανάπτυξη της τεχνολογίας του IoT βρίσκεται σε έξαρση, πολλές είναι οι εταιρίες οι οποίες έχουν αφιερώσει ένα μεγάλο κομμάτι της έρευνας και της παραγωγής στον χώρο αυτό. Ειδικότερα την τελευταία δεκαετία έχει εμφανιστεί μεγάλη ποικιλία IoT συσκευών, φαινόμενο που ευνοεί την ανάπτυξη εφαρμογών σε πολλούς τομείς.

Υπάρχουν λοιπόν πολλές εναλλακτικές για την επιλογή της συσκευής που θα χρησιμοποιηθεί από τον μηχανικό στην IoT εφαρμογή. Για να είναι αυτή η επιλογή επιτυχημένη είναι αναγκαίο να μελετηθούν εις βάθος οι απαιτήσεις του συστήματος και να επιλεγεί η συσκευή-πλατφόρμα που τις ικανοποιεί σε μεγαλύτερο βαθμό από τις υπόλοιπες. Για το σύστημα της παρούσας διπλωματικής επιλέχθηκε η πλατφόρμα Wasp mote v15 της εταιρίας Libelium καθώς παρέχει ένα ολοκληρωμένο πακέτο με δυνατότητες που ταιριάζουν στις απαιτήσεις της εφαρμογής που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 1. Στα πλαίσια της διπλωματικής έγιναν επίσης και συγκρίσεις μεταξύ πλατφορμών για την επιβεβαίωση της σωστής επιλογής, οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.3.

Τα κριτήρια επιλογής προέκυψαν από τις απαιτήσεις του συστήματος. Σημαντικό ρόλο στην επιλογή έπαιξαν οι παρακάτω παράγοντες:

- Παροχή κάμερας με υποστήριξη από την εταιρία.
- Παροχή φωτοβολταϊκής μονάδας με υποστήριξη από την εταιρία.
- Παροχή 3G-4G μονάδας με υποστήριξη από την εταιρία.
- Παροχή λύσης ανίχνευσης κίνησης με υποστήριξη από την εταιρία.
- Παροχή επίσημης υποστήριξης για hardware αλλά και software.
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Να σημειωθεί ότι και για τις υπόλοιπες εναλλακτικές υπάρχει η δυνατότητα κατασκευής λύσης που να τηρεί τις προϋποθέσεις, όμως η λύση της Libelium ήταν ολοκληρωμένο πακέτο με υποστήριξη ανά πάσα στιγμή και για κάθε συστατικό της πλατφόρμας. Το μεγάλο πλεονέκτημα της πλατφόρμας Wasp mote v15 είναι η μεγάλη αυτονομία, η οποία βασίζεται στην πολύ οικονομική κατάσταση λειτουργίας, Sleep Mode. Η ενεργειακή σύγκριση στον πίνακα 3.3, δείχνει το μεγάλο πλεονέκτημα της πλατφόρμας που επιλέχθηκε για την διπλωματική καθώς η μέση κατανάλωση ενέργειας που ανακοινώνει ο κατασκευαστής είναι τάξης μεγέθους μικρότερη από τον ανταγωνισμό.

IoT Platforms			
Features	Libelium Waspmote v15	Raspberry p3 Zero	Arduino
Included Camera Board	Yes	No	No
Included 3G Board	Yes	No	No
Included PIR Sensor	Yes	No	No
Included Solar Panel	Yes	No	No
Official Support Forum	Yes	Yes	Yes
Idle Power Consump- tion	30uA	80 mA	100mA
On Power Consump- tion	17mA	350 mA	50mA

Πίνακας 3.2: Ενδεικτική Σύγκριση Διαθέσιμων συσκευών.

Στην συνέχεια αναλύεται η αρχιτεκτονική του συστήματος ανά στάδιο καθώς κατά την διάρκεια της διπλωματικής αυτά τα στάδια μελετήθηκαν και αναπτύχθηκαν ανεξάρτητα.

3.4 Sensor and Gateway Layer

3.4.1 Παρουσίαση συσκευής

Οι απαιτήσεις της IoT εφαρμογής που προαναφέρθηκαν οδήγησαν στην συσκευή Wasp-mote v15 της εταιρίας Libelium . Η συσκευή έχει ενσωματωμένο τον μικροελεγκτή 8-bit ATmega1281 της εταιρίας Atmel , ο οποίος είναι σχεδιασμένος για να λειτουργεί με πολύ χαμηλή κατανάλωση.



Σχήμα 3.3: Libelium WaspMote v15 platform

Το δυνατό πλεονέκτημα της συσκευής WaspMote v15 (σχήμα 3.3) είναι ότι η κατασκευή της βασίζεται σε δομοστοιχειακή λογική με αποτέλεσμα να έχει την δυνατότητα να συνθέτει ένα σύστημα με τις απολύτως απαραίτητες πρόσθετες μονάδες ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε IoT εφαρμογής. Αυτό σημαίνει ότι το WaspMote v15 μπορεί να εξατομικευτεί, να τροποποιηθεί και να βρει εφαρμογή σε πληθώρα προβλημάτων χωρίς να είναι υποχρεωτικό να λειτουργούν όλες οι διαθέσιμες πρόσθετες μονάδες καταναλώνοντας άσκοπα ενέργεια.

Η πιο κρίσιμη απαίτηση του συστήματος που σχεδιάστηκε είναι η δυνατότητα λειτουργίας με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Με την επιλογή του WaspMote v15 το σύστημα κερδίζει σε κατανάλωση καθώς έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί με δύο καταστάσεις πολύ χαμηλής κατανάλωσης (Sleep, Deep Sleep).

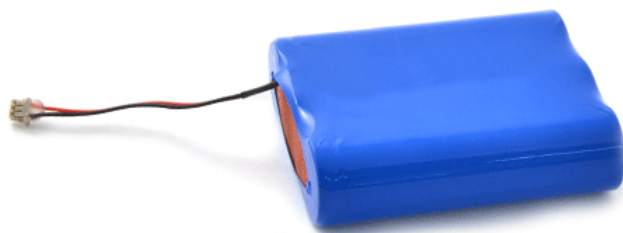
3.4.2 Μπαταρία

Μπαταρίες ιόντων λιθίου

Μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion battery) είναι ένας τύπος επαναφορτιζόμενης μπαταρίας στην οποία τα ιόντα λιθίου κινούνται από το αρνητικό ηλεκτρόδιο προς το θετικό ηλεκτρόδιο κατά τη διάρκεια της εκφόρτισης και αντίστροφα κατά τη φόρτιση. Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου χρησιμοποιούν μια παρεμβλλόμενη ένωση του λιθίου ως υλικό του ενός ηλεκτροδίου, συγκρινόμενες με το μεταλλικό λίθιο που χρησιμοποιείται σε μια μη επαναφορτιζόμενη μπαταρία λιθίου. Τα χαρακτηριστικά συστατικά στοιχεία μιας μπαταρίας ιόντων λιθίου είναι ο ηλεκτρολύτης που επιτρέπει την ιονική μετακίνηση και τα δύο ηλεκτρόδια.

Μπαταρία συστήματος

Για την παροχή ενέργειας στην συσκευή χρησιμοποιήθηκε η μπαταρία που προτείνει η εταιρία και περιλαμβάνεται στο πακέτο. Πρόκειται για μία μπαταρία ιόντων λιθίου όπως συνηθίζεται και προτιμάται σε περιπτώσεις τροφοδοσίας ηλεκτρονικών συσκευών του IoT. Η μπαταρία είναι επαναφορτιζόμενη, έχει τάση εξόδου 3.7V και είναι χωρητικότητας 6600mAh.



Σχήμα 3.4: Η μπαταρία του συστήματος

Μονάδα Μέτρησης Χωρητικότητας μπαταρίας

Η μέτρηση της χωρητικότητας σε Αμπερώρια (Ah), υποδεικνύει τη συνολική ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας που αποθηκεύεται σε μια μπαταρία. Χωρητικότητα 1 Ah, αντιπροσωπεύει την ποσότητα ηλεκτρικής ενέργειας όταν η μπαταρία αποδίδει ρεύμα 1 A για 1 ώρα, ή 2 A για 1/2 ώρα, ή 10 A για 1/10 της ώρας, ή 0,33 A για 3 ώρες, και ούτω καθεξής, πριν αποφορτισθεί τελείως. Σε μια ιδανική μπαταρία, αυτή η σχέση μεταξύ συνεχούς ρεύματος και χρόνου εκφόρτισης είναι σταθερή και απόλυτη, αλλά στην πραγματικότητα οι μπαταρίες δεν συμπεριφέρονται ακριβώς όπως δείχνει ο απλός γραμμικός τύπος. Επομένως, όταν δίνεται η χωρητικότητα, προσδιορίζεται είτε σε δεδομένο ρεύμα είτε σε δεδομένο χρόνο.

Το μεγαλύτερο μέρος της πειραματικής διαδικασίας της διπλωματικής αποτέλεσε η μέτρηση της φόρτισης και εκφόρτισης της μπαταρίας κατά την διάρκεια της εκτέλεσης όλων των λειτουργιών του συστήματος, με σκοπό τον προσεγγιστικό υπολογισμό του χρόνου ζωής χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Η πειραματική διαδικασία και τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

3.4.3 Φωτοβολταική μονάδα

Στην λύση χρησιμοποιήθηκε επίσης φωτοβολταική μονάδα για την καλύτερη δυνατή επαναφόρτιση της μπαταρίας και με σκοπό την επέκταση της αυτονομίας. Η συσκευή που επιλέχθηκε συνοδεύεται με προσαρμοσμένη φωτοβολταική μονάδα των 12 V με μέγιστη τιμή ρεύματος φόρτισης τα 500 mA. Η μόνη προσβάσιμη πηγή ενέργειας σε πολλά από τα σημεία εγκατάστασης ακραίων στοιχείων είναι ο ήλιος και επομένως η εισαγωγή φωτοβολταικής μονάδας στην λύση ήταν απαραίτητη.



Σχήμα 3.5: Η φωτοβολταική μονάδα του συστήματος

3.4.4 3G Module

Για την επικοινωνία με το δίκτυο και την μεταφορά δεδομένων μέσω αυτού, χρησιμοποιήθηκε η UMTS (Universal Mobile Telecommunication System based in WCDMA technology) 3G πλατφόρμα που κατασκευάζει η ίδια η εταιρία Libelium.



Σχήμα 3.6: Η μονάδα δικτύωσης-επικοινωνίας του συστήματος

Πρόκειται για μία αποσπώμενη μονάδα που χρησιμοποιεί την UART1 θύρα για να επι-

κοινωνήσει με τον μικροελεγκτή η οποία τοποθετείται στο πάνω μέρος της βασικής μονάδας. Είναι ένα από τα πιο σημαντικά συστατικά στοιχεία της εφαρμογής αφού εκτελεί όλες τις λειτουργίες επικοινωνίας με την υποδομή του εργαστηρίου αλλά αποτελεί και την βάση για την εγκατάσταση της μονάδας κάμερας η οποία παρουσιάζεται στην συνέχεια. Η ενσωμάτωση αυτής της μονάδας στην συνολική πλατφόρμα, επιβαρύνει την κατανάλωση σε idle mode κατά 1mA. Στην συνέχεια παρουσιάζονται οι λειτουργικότητες :

- Κλήσεις κινητής τηλεφωνίας.
- Βιντεοκλήσεις (χρησιμοποιώντας και την μονάδα κάμερας που αναλύεται παρακάτω.)
- Αποστολή μηνυμάτων SMS.
- Υποδοχή microSD κάρτας για αποθήκευση δεδομένων.
- Υποστήριξη TCP/IP και UDP/IP πρωτοκόλλων.
- Υποστήριξη TCP/IP server(single, multiple connections)
- Δυνατότητα επικοινωνίας με FTP server(upload,download files)
- Δυνατότητα υποστήριξης HTTP και HTTPS υπηρεσιών.
- Δυνατότητα αποστολής και λήψης EMAIL (SMTP/POP3)

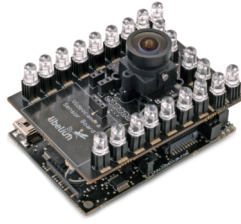
Οι δυνατότητες φαίνονται και στον παρακάτω πίνακα:

3G module Features (SIM5215E model)	
Download Speed	384kbps
Upload Speed	384 kbps
FTP Support	Yes
HTTP	Yes
HTTPs	Yes
TCP/UDP compatible	Yes
Email	Yes
Gps	No
Video Camera	Video + Pictures
SD Card	Yes (up to 32gb)

Πίνακας 3.3: Πίνακας δυνατοτήτων 3G μονάδας.

3.4.5 Κάμερα

Για την λήψη των δεδομένων (φωτογραφιών) χρησιμοποιήθηκε η μονάδα κάμερας της Libelium .



Σχήμα 3.7: Η μονάδα κάμερας που χρησιμοποιήθηκε.

Η μονάδα κάμερας σε συνδυασμό με την 3G μονάδα, επιτρέπει στο σύστημα να λαμβάνει φωτογραφίες μέγιστης ανάλυσης VGA - 640x480 και να καταγράφει βίντεο μέγιστης ανάλυσης QVGA - 320x240 . Η συνύπαρξη με την 3G μονάδα είναι υποχρεωτική καθώς η κάμερα αποτελεί εξάρτημα της και συνδέεται πάνω σε αυτή. Αυτός ο συνδυασμός επιτρέπει την κατασκευή συστήματος που λαμβάνει φωτογραφίες και βίντεο και έχει την δυνατότητα να ανεβάζει αυτό το υλικό στο νέφος χρησιμοποιώντας το 3G .

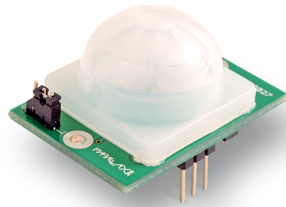
Οι ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων που προσφέρει το σύστημα φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Upload/Download Speeds	
Download Speed	7.2Mbps
Upload Speed	5.5Mbps

Πίνακας 3.4: Ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων.

Η συγκεκριμένη κάμερα, όπως φαίνεται ξεκάθαρα στην εικόνα (σχήμα 3.7), διαθέτει 22 IR LED με τα οποία καθίσταται δυνατή η νυχτερινή λειτουργία του συστήματος, κάτι που αποτελεί σημαντική απαίτηση μιας αρχιτεκτονικής που σχεδιάζεται για να παρακολουθεί την κίνηση άγριων ζώων που συχνά μετακινούνται νυχτερινές ώρες. Αυτά τα IR LED εισάγουν μία επιπλέον κατανάλωση ενέργειας κατά την χρήση τους, καθώς πρόκειται για διόδους που διαρρέονται από ρεύμα. Για την προσωρινή ή και μόνιμη αποθήκευση φωτογραφιών η 3G μονάδα διαθέτει υποδοχή για εσωτερική SD Card 32GB .

Για τον εντοπισμό δραστηριότητας των άγριων ζώων είναι υπεύθυνος ο αισθητήρας κίνησης presence sensor (PIR) που βρίσκεται ενσωματωμένος στην μονάδα κάμερας και φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (3.8):

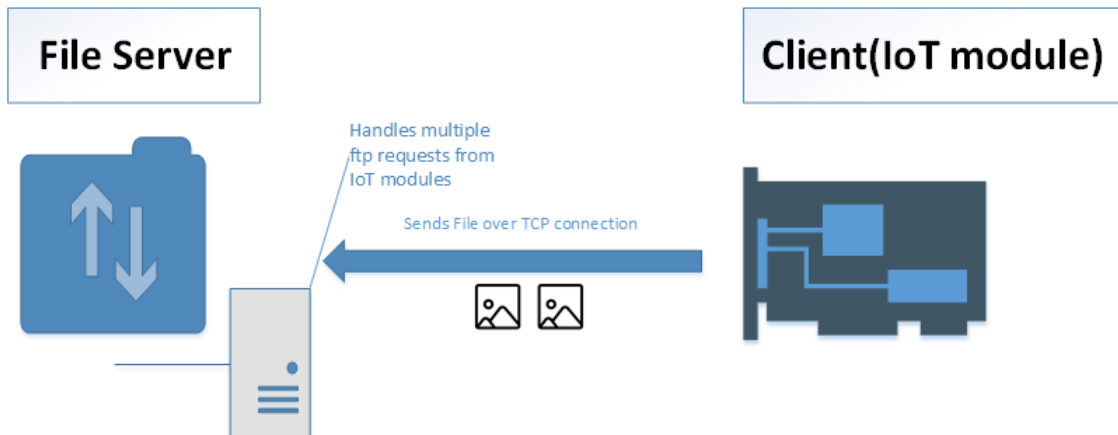


Σχήμα 3.8: Αισθητήρας κίνησης.

3.5 Management Layer

3.5.1 Πρωτόκολλο μεταφοράς Αρχείων

Για την Αποθήκευση των φωτογραφιών που παράγει η πλατφόρμα IoT χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο FTP (File Transfer Protocol). Το FTP είναι το πιο διαδεδομένο δικτυακό πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για μεταφορά αρχείων μεταξύ συστημάτων που βρίσκονται συνδεδεμένα σε ένα δίκτυο. Είναι κατασκευασμένο ακολουθώντας την αρχιτεκτονική συστημάτων εξυπηρετητή-πελάτη (client-server architecture) τα οποία χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο TCP (Transmission Control Protocol) για την διασύνδεση τους.



Σχήμα 3.9: Αρχιτεκτονική μεταφοράς φωτογραφιών προς τον εξυπηρετητή εργαστηρίου

Η αρχιτεκτονική FTP έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα για χρήση σε σύστημα IoT. Στα πλεονεκτήματα συμπεριλαμβάνονται τα εξής:

- Πρόκειται για πρωτόκολλο το οποίο χρησιμοποιεί απλές και ανθεκτικές εντολές ελέγχου.
- Η μετάδοση των αρχείων είναι ταχύτατη μέσω του TCP
- Είναι απλό και εύκολο στην υλοποίηση.
- Είναι ευρέως διαδεδομένο με μεγάλη κοινότητα και υποστήριξη.

Σαν αξιοσημείωτο μειονέκτημα μπορεί να παρουσιαστεί μόνο ο κίνδυνος ασφάλειας αφού κωδικοί και ονόματα χρήστη μεταφέρονται ως απλό αρχείο κειμένου χωρίς κρυπτογράφηση. Επομένως σε μία τέτοια υλοποίηση θα πρέπει οι σχεδιαστές να λάβουν υπόψιν αυτήν την λεπτομέρεια. Στα περιεχόμενα της διπλωματικής δεν περιλαμβάνεται έρευνα για την κάλυψη αυτού του κενού ασφάλειας.

3.5.2 Εξυπηρετητής Αρχείων

Για τις απαιτήσεις της εφαρμογής εγκαταστάθηκε σε μηχάνημα του εργαστηρίου, με λειτουργικό σύστημα linux, ο vsftpd server. Πρόκειται για λογισμικό ανοιχτού κώδικα το οποίο θα εκτελείται στις υποδομές του εργαστηρίου αναμένοντας συνδέσεις από την IoT πλατφόρμα. Ο εξυπηρετητής αρχείων είναι ένα πολύ σημαντικό δομικό στοιχείο του συστήματος καθώς εκεί θα αποθηκεύεται όλη η πληροφορία που είναι και η ουσία της λύσης που σχεδιάστηκε.

3.5.3 Βάση δεδομένων

Το τελικό αποτέλεσμα του συστήματος είναι η γραφική απεικόνιση της πληροφορίας που συγκεντρώνεται από τις συσκευές, σε μία διαδικτυακή εφαρμογή με γραφικό περιβάλλον χρήσης. Για την κατασκευή αυτής της εφαρμογής είναι απαραίτητη η δημιουργία μίας βάσης δεδομένων στα μηχανήματα του εργαστηρίου που θα την τροφοδοτεί με την απαραίτητη πληροφορία.

Ορισμός

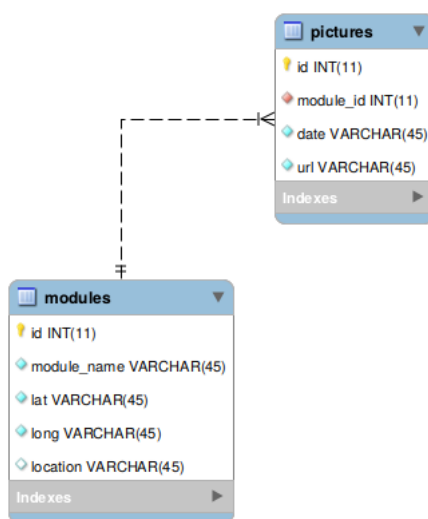
Με τον όρο βάση δεδομένων εννοείται μία συλλογή από συστηματικά μορφοποιημένα σχετιζόμενα δεδομένα στα οποία είναι δυνατή η ανάκτηση δεδομένων μέσω αναζήτησης κατ' απαίτηση. Η βάση δεδομένων είναι βασικό και απαραίτητο δομικό στοιχείο κάθε συστήματος το οποίο έχει ως στόχο την επεξεργασία δεδομένων.

Ανάγκη για βάση δεδομένων

Στο αντικείμενο της διπλωματικής, είναι αναγκαία μία βάση δεδομένων η οποία θα αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με τις φωτογραφίες των συσκευών που θα αποτελούν το σύστημα. Η παρουσία της βάσης είναι απαραίτητη καθώς ένα τέτοιο σύστημα μεγάλης κλίμακας μπορεί να αποτελείται από εκατοντάδες ακραίες συσκευές που θα συλλέγουν φωτογραφίες ζώων και θα τις αποστέλνουν στο εργαστήριο. Με την βάση δεδομένων υπάρχει δυνατότητα αποθήκευσης ορισμένων μεταδεδωμένων, τα οποία διευκολύνουν στην ανάπτυξη της εφαρμογής που θα απεικονίζει τα αποτελέσματα του συστήματος.

Σχεδιασμός

Για τον σχεδιασμό οποιασδήποτε βάσης δεδομένων, χρησιμεύει να οριστούν αυστηρά οι οντότητες του συστήματος. Στην προκειμένη περίπτωση, είναι ξεκάθαρο από τις απαιτήσεις που έχουν περιγραφεί, ότι το σύστημα αποτελείται από δύο μόνο οντότητες, τις φωτογραφίες και τις συσκευές που παράγουν τις φωτογραφίες. Έτσι προκύπτουν οι δύο απαραίτητοι σχεσιακοί πίνακες: (Σχήμα 3.10)



Σχήμα 3.10: Βάση δεδομένων.

Φωτογραφίες: Ο πίνακας για τις φωτογραφίες(pictures) αποθηκεύει τις εξής πληροφορίες:

- Αναγνωριστικό φωτογραφίας
- Αναγνωριστικό συσκευής που παρήγαγε την φωτογραφία
- Ημερομηνία καταγραφής
- Ενιαίος Εντοπιστής Πόρων (URL)

Συσκευές: Ο πίνακας για τις συσκευές αντίστοιχα, (pictures) αποθηκεύει τις εξής πληροφορίες:

- Αναγνωριστικό Συσκευής
- Όνομα συσκευής
- Τοποθεσία συσκευής
- Συντεταγμένες συσκευής

Περισσότερες λεπτομέρειες υλοποίησης θα επισημανθούν σε επόμενη παράγραφο όπου γίνεται η παρουσίαση της διαδικτυακής εφαρμογής που υλοποιήθηκε.

3.5.4 Ενημέρωση για νέα Φωτογραφία

Για την εμφάνιση της φωτογραφίας στον χρήστη ακολουθείται μία διαδικασία που περιλαμβάνει τρία βήματα:

- 1)Λήψη φωτογραφίας από μία συσκευή
- 2)Μετάδοση της φωτογραφίας μέσω δικτύου με χρήση της μονάδας 3G
- 3)Ενημέρωση της διαδικτυακής εφαρμογής για ύπαρξη νέων δεδομένων και απεικόνιση.

Για το τρίτο βήμα, απαιτείται ένας μηχανισμός που να έχει την δυνατότητα να ενημερώνει ασύγχρονα την εφαρμογή χρήστη, ότι υπάρχει νέα φωτογραφία για αποθήκευση και απεικόνιση. Για αυτήν την απαίτηση σχεδιάστηκαν και μελετήθηκαν τρεις διαφορετικές λύσεις, για τις οποίες έγιναν μετρήσεις κυρίως για την ενεργειακή επίδραση στο συνολικό σύστημα οι οποίες παρουσιάζονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 4. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται και οι τρεις υλοποιήσεις.

1)Αποστολή E-Mail

Όπως προαναφέρθηκε, μία από τις δυνατότητες της 3G μονάδας είναι η αποστολή E-Mail. Έτσι, η πρώτη λύση στο πρόβλημα προκύπτει με απόστολή ενός E-Mail παράλληλα με την μετάδοση της φωτογραφίας, το οποίο μόλις λαμβάνεται πυροδοτεί την διαδικασία εισαγωγής νέας φωτογραφίας στην βάση δεδομένων και την εμφάνιση της στο γραφικό περιβάλλον. Αυτή

η υλοποίηση αυξάνει την πολυπλοκότητα του προγραμματισμού της συσκευής και επιβαρύνει ενεργειακά το συνολικό σύστημα. Παρόλο που το κάθε ένα E-Mail ατομικά δεν κοστίζει πολύ από άποψη κατανάλωσης, σε μακροπρόθεσμη βάση έχει αρνητικές συνέπειες στην αυτονομία του συστήματος. Αυτό το διευκρινίζουν και οι μετρήσεις που παρουσιάζονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Για την κατασκευή αυτής της λύσης χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη που παρέχεται στο πακέτο του Wasmote v15 η οποία περιέχει υλοποιημένη συνάρτηση για αποστολή και λήψη email.

2) Αποστολή HTTP request στον web server

Εκτός από ηλεκτρονικό ταχυδρομίο η μονάδα 3G έχει δυνατότητα παραγωγής και αποστολής HTTP requests. Για αυτήν την επιλογή απαιτείται ο σχεδιασμός μοντέλου εξυπηρετητή-πελάτη για το HTTP[5] πρωτόκολλο του web. Αναλυτικότερα, στο μηχάνημα του εργαστηρίου που θα εκτελείται ο κώδικας της διαδικτυακής εφαρμογής (μεριά εξυπηρετητή), απαιτείται μηχανισμός που αναμένει για HTTP request, το οποίο σηματοδοτεί την λήψη νέας φωτογραφίας. Παρόμοια με την λύση του ηλεκτρονικού ταχυδρομίου που περιγράφηκε στην επιλογή 1), ο HTTP μηχανισμός καταναλώνει επιπλέον ενέργεια και η επίδραση αυτής αναλύεται επίσης στο κεφάλαιο 4, όπου και συγκρίνονται όλες οι λύσεις.

Για την κατασκευή αυτής της λύσης χρησιμοποιήθηκε ομοίως η βιβλιοθήκη HTTP του πακέτου κώδικα για το Wasmotev15.

3) Αναμονή για νέα φωτογραφία στην υποδομή του εργαστηρίου.

Στην δεύτερη λύση, έγινε έρευνα για τον σχεδιασμό μίας υποδομής η οποία θα βρίσκεται εγκατεστημένη στα μηχανήματα του εργαστηρίου και θα λειτουργεί συνεχώς περιμένοντας για μία νέα φωτογραφία. Για αυτήν την απαίτηση χρησιμοποιήθηκε το inotify[9]. Το Inotify (inode notify) είναι ένα υποσύστημα του πυρήνα του Linux που δρα για να επεκτείνει τα συστήματα αρχείων, έτσι ώστε να δίνει την δυνατότητα στα συστήματα να παρατηρούν τις αλλαγές στα συστήματα αρχείων και να αναφέρουν τις αλλαγές στις εφαρμογές.

Πιο συγκεκριμένα, αναπτύχθηκε ένα script[10] το οποίο είναι υπεύθυνο να αναμένει συνεχώς για προσθήκη νέου αρχείου στο σύστημα αρχείων του μηχανήματος του εργαστηρίου μετά από επιτυχημένη λήψη φωτογραφίας μιας συσκευής. Στην συνέχεια ενημερώνει την βάση δεδομένων και κατά συνέπεια την εφαρμογή εμφάνισης. Ο πηγαίος κώδικας παρατίθεται στο κεφάλαιο 6.

3.6 Application Layer

3.6.1 Διαδικτυακή εφαρμογή

Το ολικό αποτέλεσμα του συστήματος που σχεδιάστηκε έχει αντίκτυπο μέσω της διαδικτυακής εφαρμογής που εμφανίζει τις πληροφορίες στον τελικό χρήστη. Στα πλαίσια της διπλωματικής αναπτύχθηκε και δοκιμάστηκε μια διαδικτυακή εφαρμογή η οποία έχει τις εξής λειτουργικότητες:

- 1) Απεικόνιση όλων των εγκατεστημένων συσκευών στον χάρτη της Google (Google Maps Api).
- 2) Λεπτομερής περιγραφή κάθε συσκευής - περάσματος αφού ο χρήστης το επιλέξει.
- 3) Εμφάνιση των πρόσφατων φωτογραφιών μόνο με ένα κλικ στην συσκευή που επιλέγει ο χρήστης.
- 4) Εμφάνιση όλου του υλικού που έχει αποθηκευτεί για μία οποιαδήποτε συσκευή μετά από αίτημα του χρήστη.
- 5) Δυνατότητα μεταφόρτωσης του υλικού στον τοπικό υπολογιστή του χρήστη για περαιτέρω επεξεργασία.
- 6) Δυνατότητα αποδοτικής αναζήτησης με βάση το όνομα και το αναγνωριστικό της συσκευής.

3.6.2 Ανάλυση Δυνατοτήτων Εφαρμογής

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στον σχεδιασμό μιας απλής και κατανοητής διεπαφής χρήστη ώστε το σύστημα να παρουσιάζει την πληροφορία με εύκολο τρόπο και φιλικό προς τον χρήστη. Για αυτόν τον λόγο αποφασίστηκε η εφαρμογή να αποτελείται μόνο από μία κεντρική οθόνη από την οποία ο χρήστης θα μπορεί να χρησιμοποιήσει όλες τις λειτουργικότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Με την εκκίνηση της εφαρμογής ο χρήστης βλέπει την βασική κεντρική οθόνη που αποτελείται από τον χάρτη που παρέχεται από την διεπαφή της Google (Google Maps Api) και από μία επικεφαλίδα που περιέχει το κουμπί αναζήτησης ("Search") και το κουμπί εμφάνισης όλων των συσκευών ("Show All Modules"). Σε αυτήν την οθόνη απεικονίζονται οι τοποθεσίες εγκατάστασης όλων των συσκευών του συστήματος πάνω στον χάρτη και ο χρήστης έχει μια γενική εικόνα της τοπολογίας. Οι συσκευές εμφανίζονται με κόκκινες "πινέζες" και ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει με κλικ μια συσκευή για να μπορέσει να αναζητήσει περισσότερες πληροφορίες καθώς και να δει τις φωτογραφίες που έχουν παραχθεί.

Κεντρική Οθόνη



Σχήμα 3.11: Απεικόνιση όλων των εγκατεστημένων συσκευών

Αναζήτηση

Επειδή το σύστημα σχεδιάζεται για να έχει εγκατεστημένες δεκάδες η και εκατοντάδες συσκευές, σημαντική απαίτηση της εφαρμογής αποτελεί η δυνατότητα αναζήτησης.

Με κλικ στο κουμπί αναζήτησης εμφανίζεται στην κεντρική οθόνη μία φόρμα αναζήτησης με δύο πεδία :

- 1) Αναγνωριστικό Συσκευής
- 2) Όνομα Συσκευής

Έτσι ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί με ευκολία ανάμεσα στις διαφορετικές συσκευές.



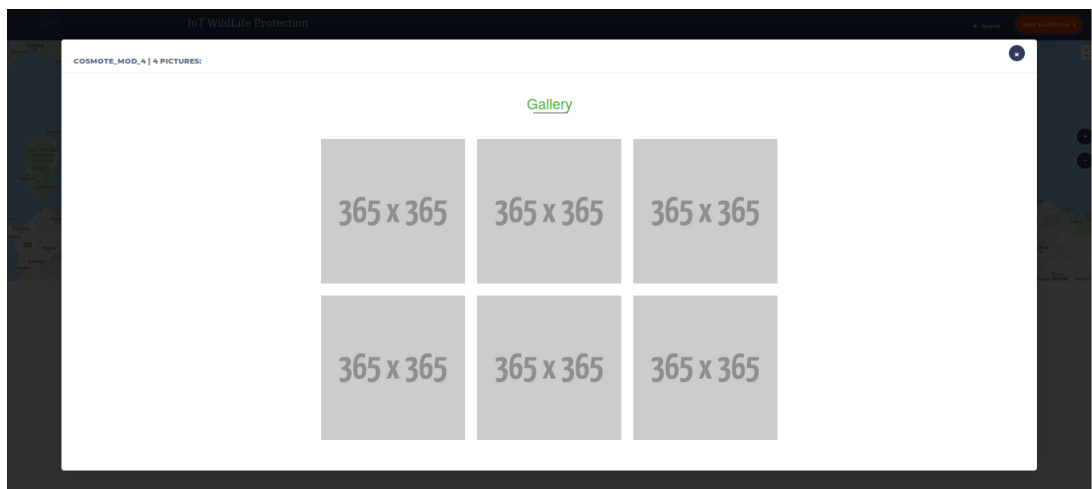
Σχήμα 3.12: Δυνατότητα αποδοτικής αναζήτησης

Προβολή πληροφοριών για την κάθε συσκευή

Αφού ο χρήστης εντοπίσει την συσκευή την οποία θέλει να παρατηρήσει ή να ελέγξει, τότε με ένα κλικ του ποντικιού στο στίγμα της συσκευής στον χάρτη μεταβαίνει στο αντίστοιχο αναδυόμενο παράθυρο. Το παράθυρο αυτό περιέχει το όνομα της συσκευής, το αναγνωριστικό της, την τοποθεσία της καθώς και έναν σύνδεσμο που εμφανίζει τις φωτογραφίες που έχει αποθηκευμένο το σύστημα για την επιμέρους συσκευή.



Σχήμα 3.13: Λεπτομερής περιγραφή κάθε συσκευής



Σχήμα 3.14: Εμφάνιση των πρόσφατων φωτογραφιών μόνο με ένα κλικ στην συσκευή που επιλέγει ο χρήστης.

3.6.3 Ανάλυση Αρχιτεκτονικής

Για τις ανάγκες της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε εξυπηρετητής δικτύου, ο οποίος προγραμματίστηκε χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα node.js και το προγραμματιστικό πλαίσιο express. Ο εξυπηρετητής εγκαταστάθηκε σε μηχανήμα του εργαστηρίου το οποίο διαθέτει δημόσια διεύθυνση IP με σκοπό να υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας με την συσκευή, μέσω FTP. Στο ίδιο μηχανήμα εγκαταστάθηκε η βάση δεδομένων PostgreSQL, η οποία πρόκειται για λογισμι-

κό ανοιχτού κώδικα, και χρησιμοποιήθηκε για την αποθήκευση των δεδομένων των συσκευών και των φωτογραφιών του συστήματος. Αναλυτικότερα :

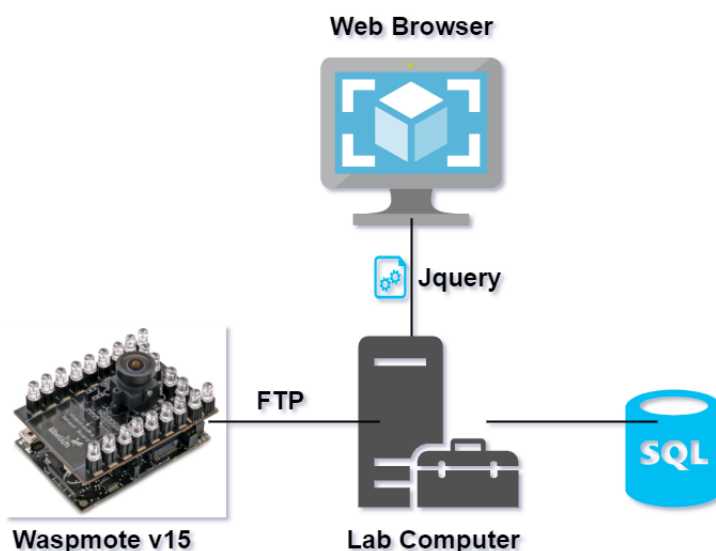
3.6.4 Επικοινωνία Συσκευής - Μηχάνηματος Εργαστηρίου

Κάθε φορά που μία συσκευή παράγει μία νέα φωτογραφία, αυτή μεταφέρεται μέσω FTP στην υποδομή στο εργαστήριο και αποθηκεύεται. Όπως περιγράφηκε στην ενότητα του Management Layer, με την χρήση ενός script, ο υπολογιστής εισάγει νέα εγγραφή στην βάση δεδομένων με τις απαραίτητες πληροφορίες για κάθε φωτογραφία.

3.6.5 Επικοινωνία Μηχανήματος εργαστηρίου - Περιηγητή ιστού

Ως διαδικτυακή εφαρμογή, τα αποτελέσματα εμφανίζονται στον περιηγητή ιστού. Σε αυτό το σημείο έγινε χρήση των AJAX requests της jquery βιβλιοθήκης. Συγκεκριμένα, σε κάθε ενέργεια του χρήστη, ο περιηγητής ιστού στέλνει HTTP αιτήματα στον εξυπηρετητή δικτύου και αυτός απαντά με τα κατάλληλα δεδομένα. Για την επίτευξη αυτής της επικοινωνίας, υλοποιήθηκε ένα REST Api που εξασφαλίζει την δυνατότητα απεικόνισης των φωτογραφιών και συσκευών. Αναλυτικότερα τα REST endpoints :

- 1)/GET /modules : Επιστρέφει όλες τις συσκευές. Εκτελείται όταν ο χρήστης φορτώνει την αρχική σελίδα του χάρτη.
- 2)/GET /modules/:moduleId/:moduleName : Επιστρέφει την συσκευή με συγκεκριμένο αναγνωριστικό ή/και όνομα ανάλογα με τι κριτήριο αναζητεί ο χρήστης.
- 3)/GET /pictures/:moduleId : Επιστρέφει τις φωτογραφίες της συσκευής με συγκεκριμένο αναγνωριστικό. Εκτελείται όταν ο χρήστης πατήσει στον σύνδεσμο που οδηγεί στην λίστα φωτογραφιών για μία συσκευή.



Σχήμα 3.15: Αρχιτεκτονική Εφαρμογής.

Κάθε φορά που ο περιηγητής ιστού στέλνει HTTP request στον εξυπηρετητή δικτύου, η εφαρμογή συνδέεται με την βάση δεδομένων και με ερώτημα SQL επιστρέφει τα δεδομένα προς απεικόνιση.

Κεφάλαιο 4

Πειραματικά - Προγραμματισμός

4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μία περιγραφή της υλοποίησης του προγραμματιστικού μοντέλου που σχεδιάστηκε και της πειραματικής δραστηριότητας για την δοκιμή του συστήματος με σενάρια χρήσης στην πράξη.

Έως αυτό το σημείο της παρούσας διπλωματικής, έχει παρουσιάσει η αρχιτεκτονική του συστήματος από άποψη υλικού και δυνατοτήτων καθώς και οι λειτουργικότητες που υλοποιήθηκαν για να καλύπτουν τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου γίνεται αναφορά στις τεχνικές λεπτομέρειες της υλοποίησης καθώς και στον προγραμματισμό της συσκευής. Παρουσιάζεται το γενικότερο μοντέλο προγραμματισμού στα πλαίσια του Internet Of Things και γίνεται η αντίστοιχη σύνδεση με το λογισμικό που σχεδιάστηκε για να τροφοδοτήσει την συσκευή του συστήματος της διπλωματικής.

Έπειτα, ακολουθεί αναλυτική περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας και των μετρήσεων που έλαβαν χώρα στα εργαστήρια της Cosmote. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων αντλήθηκαν χρήσιμα συμπεράσματα για την στιβαρότητα, την αποτελεσματικότητα και την ενεργειακή αυτονομία του συστήματος.

4.2 Προγραμματισμός Συσκευής

Στα πλαίσια της διπλωματικής αναπτύχθηκε λογισμικό που υλοποιεί όλες τις απαιτήσεις που έχουν περιγραφεί σε προηγούμενα κεφάλαια. Η πλατφόρμα Wasmote v15 παρέχει ένα μεγάλο φάσμα βιβλιοθηκών με κώδικα προσαρμοσμένο στις απαιτήσεις της συσκευής. Πρόκειται για λογισμικό ανοιχτού κώδικα που βρίσκεται διαθέσιμος στο διαδίκτυο και περιέχει υλοποιημένες μεθόδους και διαδικασίες για την αλληλεπίδραση με την συσκευή. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής προέκυψε από :

- Σχεδιασμό σύμφωνα με τις λειτουργικές απαιτήσεις και χρήση
- Χρήση των υλοποιημένων μεθόδων-διαδικασιών με την απαραίτητη τροποποίηση.
- Σχεδιασμός νέων μεθόδων-διαδικασιών για ειδικές περιπτώσεις του συστήματος.

Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκε είναι η c++ και η ανάπτυξη έγινε με την χρήση του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος ανάπτυξης που παρέχεται από την Libelium .

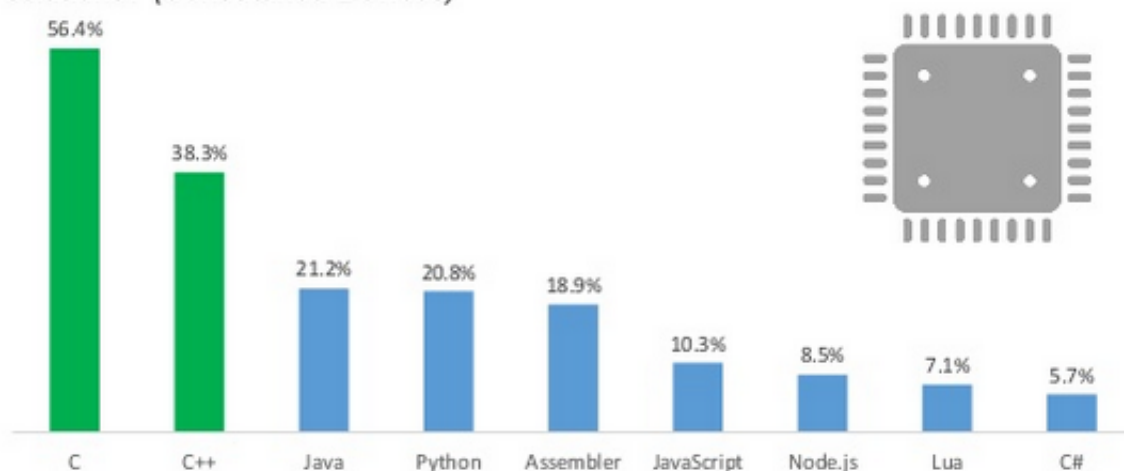
4.2.1 Γλώσσα Προγραμματισμού C++

Η C++ είναι μια γλώσσα προγραμματισμού γενικού σκοπού που αναπτύχθηκε αρχικά ως επέκταση της προυπάρχουσας C. Ο σκοπός ήταν να εισαχθούν οι έννοιες του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο αποτελεί πλέον μια πολύ χρήσιμη γλώσσα καθώς ενσωματώνει στοιχεία προγραμματισμού υψηλού επιπέδου σε ένα σύνολο με δυνατότητες προγραμματισμού χαμηλού επιπέδου 'κοντά' στο Hardware.

Είναι πολύ δημοφιλής σε εφαρμογές IoT , κάτι που φαίνεται στο σχήμα (4.1).

PROGRAMMING LANGUAGES – CONSTRAINED DEVICES

Which of the following programming languages, if any, do you use to build IoT solutions? (Constrained Devices)



Σχήμα 4.1: Χρήση γλωσσών προγραμματισμού σε εφαρμογές IoT

4.2.2 Μοντέλο Προγραμματισμού

Το προγραμματιστικό μοντέλο Wasmote ακολουθεί τα πρότυπα των πιο διαδεδομένων πλατφορμών προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα Processing[;] και Wiring[;]. Αναλυτικότερα, η δομή του κώδικα ενός προγράμματος που θα μεταγλωττιστεί και θα εγκατασταθεί στην συσκευή για εκτέλεση αποτελείται από δύο βασικές συναρτήσεις:

- **setup()** Η συνάρτηση `setup()` εκτελείται μία μόνο φορά με την εκκίνηση (και επανεκκίνηση) της συσκευής. Αυτό το σημείο του κώδικα χρησιμοποιείται για να αρχικοποιηθούν οι παράμετροι του συστήματος και να γίνουν οι απαραίτητες ενέργειες παραμετροποίησης της συσκευής. Στην συνέχεια φαίνονται σε ψευδοκώδικα όλες οι απαραίτητες παράμετροι που ρυθμίζονται για το σύστημά μας σε αυτό το σημείο του κώδικα.
- **loop()** Η συνάρτηση `loop()` εκτελείται συνεχώς σε έναν ατέρμων βρόγχο. Ο στόχος αυτής της συνάρτησης είναι να εκτελεί μία προγραμματισμένη και προκαθορισμένη λειτουργία όσο η συσκευή είναι ενεργή. Κατά αυτήν την λειτουργία η συσκευή βρίσκεται

σε αναμονή για γεγονότα που πυροδοτούν την εκκίνηση των μετρήσεων και διάφορων συμβάντων, για παράδειγμα λήψη φωτογραφιών η βίντεο, αποστολή email ή sms . Όταν ολοκληρωθεί ένας πλήρης κύκλος λειτουργίας, η συνάρτηση loop() θέτει την συσκευή σε αδρανή λειτουργία (sleep mode) για εξοικονόμηση ενέργειας.

Σκελετός Προγράμματος:

```
// 1. Εισαγωγή βιβλιοθηκών ( C++ κώδικας που έχει αναπτυχθεί για την συσκευή)
// 2. Διάφορες Δηλώσεις σχετικές με τους παράγοντες του συστήματος
// 3. Δηλώσεις Καθολικών μεταβλητών ( global variables)

void setup()
{
// 4. Αρχικοποίηση οντοτήτων συστήματος (π.χ 3G module, FTP server connection
}
void loop()
{
// 5. Μετρήσεις
// 6. Επεξεργασία δεδομένων και αποστολή μετρήσεων
// 7. Αδρανοποίηση της συσκευής.
}
```

4.2.3 Εφαρμογές πραγματικού χρόνου και Interrupts

Αρχικά, γίνεται μία σύντομη περιγραφή των δύο εννοιών της ενότητας:

- **Εφαρμογές πραγματικού χρόνου** Ένα σύστημα πραγματικού χρόνου έχει ως σκοπό να ολοκληρώνει το έργο του και να αποδίδει τις υπηρεσίες για τις οποίες σχεδιάστηκε, μέσα σε καθορισμένα χρονικά όρια. Εφόσον, λοιπόν, η εφαρμογή θέτει συγκεκριμένες χρονικές προθεσμίες για την ολοκλήρωση των προβλεπόμενων διεργασιών, το σύστημα ονομάζεται σύστημα πραγματικού χρόνου (real time system). Συστήματα ψηφιακού ελέγχου, επεξεργασίας σήματος, συλλογής δεδομένων , τηλεπικοινωνιακά συστήματα, συστήματα πολυμέσων, είναι συνήθως συστήματα πραγματικού χρόνου. Βρίσκονται ενσωματωμένα σε εφαρμογές καθημερινής χρήσης και διαθέτουν κρυμμένο κάποιο ισχυρό σύστημα επεξεργασίας δεδομένων, δηλαδή κάποιον μικροϋπολογιστή. Τέτοια ενσωματωμένα συστήματα επεξεργασίας είναι συνήθως μικροελεγκτές. Στην παρούσα διπλωματική το σύστημα είναι σύστημα συλλογής δεδομένων και εκτελείται υπό τον έλεγχο του μικροελεγκτή ATmega1281.

- **Interrupts Ορισμός:**

Η διακοπή ή Interrupt είναι ένα σήμα που εκπέμπεται από υλικό ή λογισμικό όταν μια

διαδικασία ή ένα γεγονός χρειάζεται άμεση προσοχή. Προειδοποιεί τον επεξεργαστή-μικροελεγκτή σε μια διαδικασία υψηλής προτεραιότητας που απαιτεί διακοπή της τρέχουσας διαδικασίας εργασίας.

Ενώ ο επεξεργαστής-μικροελεγκτής χειρίζεται τις διακοπές, πρέπει να ενημερώνει τη συσκευή ότι το αίτημά του έχει αναγνωριστεί έτσι ώστε να σταματήσει να στέλνει το σήμα αίτησης διακοπής.

Στην συνάρτηση `loop()` που περιγράφηκε προηγουμένως, ο κώδικας ακολουθεί το ασύγχρονο προγραμματιστικό μοντέλο με διακοπές (`Interrupts`). Αναλυτικότερα, η γενικότερη ιδέα είναι ότι ο μικροελεγκτής ATmega1281 θα βρίσκεται σε λειτουργία `sleep` με ενεργοποιημένες τις διακοπές, και όταν ο αισθητήρας κίνησης της κάμερας ενεργοποιηθεί, τότε πυροδοτείται η λειτουργία του συστήματος για έναν κύκλο με την χρήση μίας διακοπής που παράγεται από την κάμερα και καταναλώνεται από τον μικροελεγκτή.

4.2.4 Αλγοριθμική προσέγγιση

Μετά την παρουσίαση του προγραμματιστικού μοντέλου και του σκελετού ενός προγράμματος για το `Wasp mote`, γίνεται μία ανάλυση του κώδικα που κατασκευάστηκε από υψηλό επίπεδο και χωρίς προγραμματιστικές λεπτομέρειες με την βοήθεια ψευδοκώδικα. Σχεδιάστηκαν δύο πρότυπα κώδικα σύμφωνα με τα μοντέλα λειτουργίας που περιγράφηκαν στην ενότητα (3.2.3).

- **Άμεσο Μοντέλο.**

Algorithm 1

setup() :

ftp ← *initialization*

ftp ← *configuration*

3G ← *initialization*

3G ← *configuration*

USB ← *initialization*

ModuleStorage ← *SDcard*

loop() :

`3G.enablePIRInterrupt()`

repeat

`MainModule.sleep()`

until No Interrupt Is Detected

`3G.disablePIRInterrupt()`

`3G.startCamera()`

`3G.capture()`

`3G.uploadFile(ftp)`

`3G.enablePIRInterrupt()`

`MainModule.sleep()`

Σε αυτή την υλοποίηση το σύστημα ξυπνάει με κάθε εντοπισμό κίνησης, και σε πραγματικό χρόνο λαμβάνει φωτογραφία και δρομολογεί αμέσως την αποστολή της στον ftp server. Για την ειδοποίηση χρησιμοποιείται ο μηχανισμός των Interrupts που παράγει ο αισθητήρας κίνησης.

- **Συγκεντρωτικό μοντέλο.**

Algorithm 2

setup() :

ftp ← initialization

ftp ← configuration

3G ← initialization

3G ← configuration

USB ← initialization

ModuleStorage ← *SDcard*

loop() :

3G.enablePIRInterrupt()

repeat

MainModule.sleep()

until *NoInterruptDetected* OR *NoRTCInterrupt*

3G.disablePIRInterrupt()

if *Interrupt* **then**

3G.startCamera()

3G.capture()

else if *RTC Interrupt* **then**

3G.uploadALLFilesInMemory(ftp)

end if

3G.enablePIRInterrupt()

MainModule.sleep()

Σε αυτό το μοντέλο το σύστημα ξυπνάει επίσης με κάθε εντοπισμό κίνησης και λαμβάνει την φωτογραφία. Για αυτήν την ειδοποίηση χρησιμοποιείται ο ίδιος μηχανισμός Interrupts με παραπάνω. Σε αυτήν την περίπτωση απαιτείται αφύπνιση του συστήματος περιοδικά (μία φορά την εβδομάδα) για την μαζική αποστολή του υλικού στον ftp server. Αυτό επιτυγχάνεται με τον μηχανισμό RTC Interrupts (Real Time Clock Interrupts), ο οποίος είναι εγκατεστημένος στο Wasp mote και έχει την δυνατότητα να παράγει Interrupts ανά τακτά χρονικά διαστήματα ρυθμιζόμενα από τον κώδικα που φορτώνουμε στην συσκευή. Συγκεκριμένα τίθεται το RTC να παράγει RTC Interrupts κάθε εβδομάδα και σε αυτήν την περίπτωση το υλικό αποστέλλεται στον ftp server.

4.2.5 Επικοινωνία Ολοκληρωμένου Περιβάλλοντος Ανάπτυξης με Συσκευή

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο προγραμματισμός της συσκευής έγινε με την χρήση του ολοκληρωμένου περιβάλλοντος ανάπτυξης του Waspimote. Η διαδικασία προγραμματισμού βασίστηκε στην επικοινωνία της συσκευής με το περιβάλλον ανάπτυξης όπου και χιτίζοταν ο πηγαίος κώδικας. Αναλυτικότερα, κατά την διαδικασία ανάπτυξης, ο προγραμματιστής σχεδιάζει, αναλύει και κατασκευάζει τον κώδικα που θα 'φορτωθεί' στην συσκευή και θα εκτελεστεί για να επιτευχθεί η λειτουργία. Η επικοινωνία με την συσκευή επιτυγχάνεται με το κύκλωμα UART που είναι ενσωματωμένο σε αυτή.

Το UART είναι η συντομογραφία του universal asynchronous receiver/transmitter. Πρόκειται για ένα κύκλωμα των υπολογιστών το οποίο διαμεσολαβεί στην σειριακή επικοινωνία υπολογιστών ή υπολογιστών με συσκευές και ενσωματωμένων υπολογιστικών συστημάτων, όπως οι μικροελεγκτές. Η ταχύτητα επικοινωνίας (ρυθμός μετάδοσης) μπορεί να παραμετροποιηθεί και μετρείται σε baud rate (bits/sec). Σήμερα το κύκλωμα UART είναι ενσωματωμένο ως κύκλωμα τσιπ μέσα στον υπολογιστή ή/και στην περιφερειακή συσκευή. Η πιο συχνή χρήση της UART τεχνολογίας είναι η επικοινωνία μικροελεγκτών με υπολογιστές. [4]

Οι λεπτομέρειες της υλοποίησης παρατίθενται στο κεφάλαιο 6, όπου γίνεται αναλυτική παρουσίαση του πηγαίου κώδικα και της διαδικασίας προγραμματισμού.

4.3 Πειραματικά

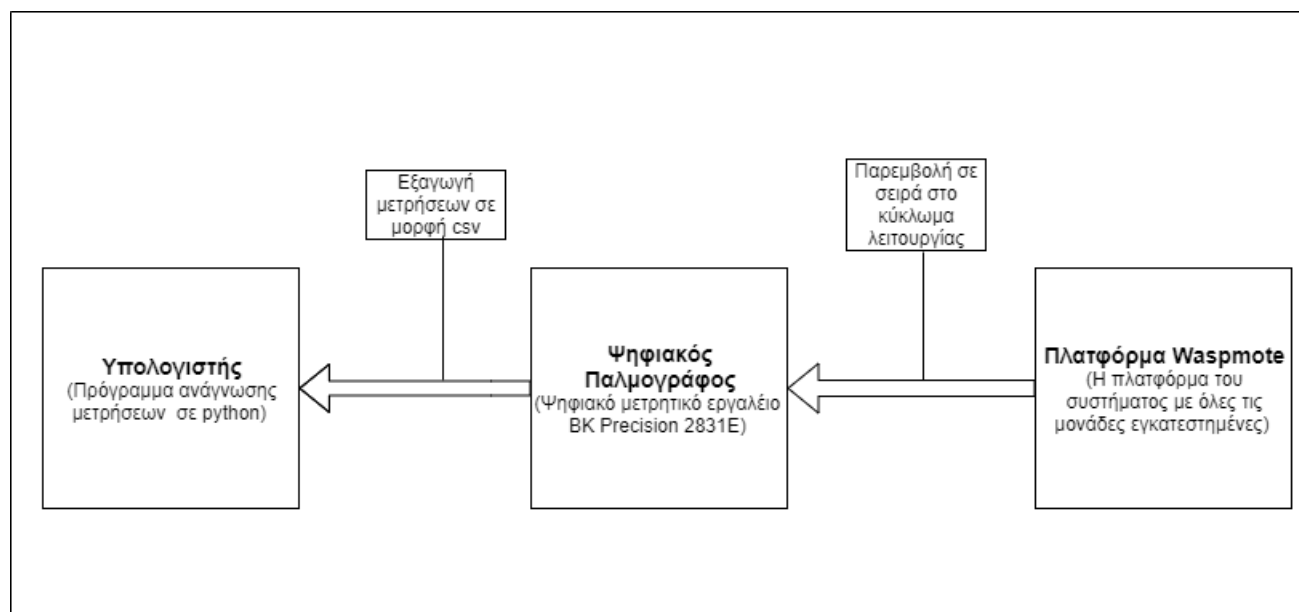
4.3.1 Εισαγωγή

Στα πλαίσια της διπλωματικής, εκτός από τον σχεδιασμό και την υλοποίηση, το σύστημα δοκιμάστηκε σε πειραματικές διατάξεις στις εργαστηριακές υποδομές της Cosmote. Στόχος της πειραματικής διαδικασίας ήταν η επιβεβαίωση της λειτουργίας του συστήματος, η μέτρηση φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του συστήματος, όπως κατανάλωση ρεύματος, μέτρηση ονομαστικής τάσης λειτουργίας, ταχύτητα αποστολής και χρόνος απόκρισης κατά την λήψη φωτογραφίας και φυσικά ο εντοπισμός λαθών και σημείων του συστήματος που επιδέχονται διορθώσεις και βελτιώσεις.

Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, ο χρισιμότερος παράγοντας του συστήματος είναι η ενεργειακή αυτονομία. Έτσι έμφαση δόθηκε στην κατασκευή διάφορων σεναρίων χρήσης με διαφορετικές παράμετρους και μεθοδολογίες με σκοπό την διεξαγωγή συμπερασμάτων για την ενεργειακή αυτονομία και οικονομία.

4.3.2 Περιγραφή της πειραματικής διάταξης

Για την μελέτη του συνολικού χρόνου αδιάκοπης λειτουργίας με διάφορα σενάρια, ήταν απαραίτητο να αναπτυχθεί πειραματική διάταξη η οποία θα περιλαμβάνει δυνατότητα μέτρησης και αποθήκευσης σε υπολογιστή του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα κατά την λειτουργία. Στόχος ήταν η καταγραφή της κατανάλωσης ρεύματος για έναν πλήρη κύκλο λειτουργίας στο εκάστοτε σενάριο χρήσης και στην συνέχεια η εκτίμηση ενεργειακής αυτονομίας με προσεγγίσεις.



Σχήμα 4.2: Πειραματική τοπολογία.

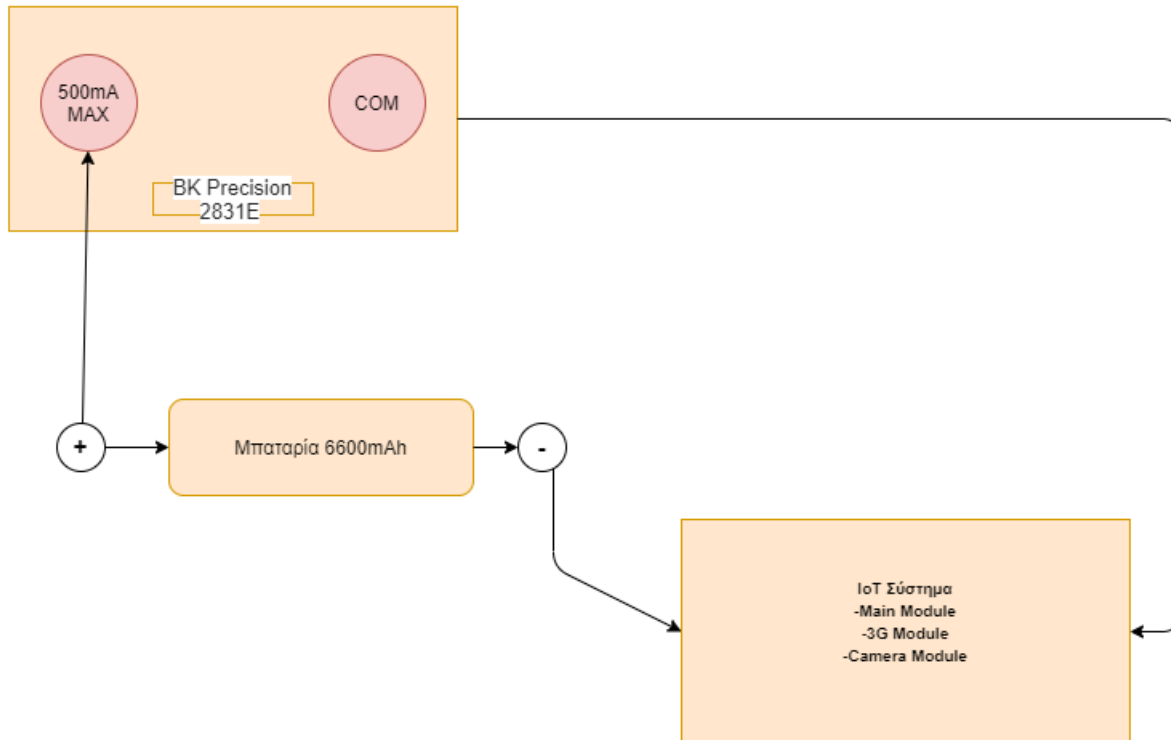
Στην προκειμένη διπλωματική για την καταγραφή του ρεύματος κατανάλωσης χρησιμοποιήθηκε ο ψηφιακός παλμογράφος BK Precision 2831E. Το συγκεκριμένο μετρητικό εργαλείο διαθέτει λογισμικό για την καταγραφή και αποθήκευση τιμών σε υπολογιστή στην μορφή CSV.[13]



Σχήμα 4.3: Μετρητικό Εργαλείο

Για την μέτρηση του ρεύματος κατανάλωσης της συσκευής του συστήματος, δημιουργήθηκε ένα κλειστό κύκλωμα μεταξύ της συσκευής και του μετρητικού. Η συνδεσμολογία έγινε εν

σειρά έτσι ώστε η μέτρηση ρεύματος να είναι εφικτή. Ο σκοπός είναι η παρεμβολή του ψηφιακού παλμογράφου στο κλειστό κύκλωμα που σχηματίζουν συσκευή και μπαταρία. Η εικόνα (4.4) παρουσιάζει σχηματικά την συνδεσμολογία:



Σχήμα 4.4: Παρεμβολή Μετρητικού στο κλειστό κύκλωμα της συσκευής

Το λογισμικό ρυθμίζει τον ρυθμό δειγματοληψίας και αποθηκεύει τις μετρήσεις που λαμβάνει το μετρητικό εξάγοντας την πληροφορία σε αρχεία τύπου csv που δεν είναι απευθείας χρήσιμα για υπολογισμό καθώς περιέχουν και κάποια ανούσια αλφαριθμητικά. Στα πλαίσια της διπλωματικής αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα-φίλτρο στην γλώσσα προγραμματισμού python το οποίο είναι υπεύθυνο για την κατάλληλη μορφοποίηση των αρχείων εξόδου. Στις παρακάτω εικόνες παρατίθεται ένα παράδειγμα αρχείου εξόδου πριν και μετά την εφαρμογή του φίλτρου :

DC Current(A)	T
FETC?	14:39:34 11/02/2018
0.0028545	14:39:34 11/02/2018
FETC?	14:39:35 11/02/2018
0.0027784	14:39:35 11/02/2018
FETC?	14:39:37 11/02/2018
0.0028561	14:39:37 11/02/2018
FETC?	14:39:39 11/02/2018
0.0028926	14:39:39 11/02/2018
FETC?	14:39:40 11/02/2018
0.0029031	14:39:40 11/02/2018
FETC?	14:39:42 11/02/2018
0.0028219	14:39:42 11/02/2018
FETC?	14:39:43 11/02/2018
0.0028167	14:39:43 11/02/2018
FETC?	14:39:45 11/02/2018
0.0592044	14:39:45 11/02/2018
FETC?	14:39:47 11/02/2018
0.0974645	14:39:47 11/02/2018
FETC?	14:39:48 11/02/2018
0.3393102	14:39:48 11/02/2018
FETC?	14:39:50 11/02/2018
0.0853354	14:39:50 11/02/2018
FETC?	14:39:51 11/02/2018
0.0918951	14:39:51 11/02/2018
FETC?	14:39:53 11/02/2018

Σχήμα 4.5: Ελαττωματικό αρχείο

0.0028545	14:39:34 11/02/2018
0.0027784	14:39:35 11/02/2018
0.0028561	14:39:37 11/02/2018
0.0028926	14:39:39 11/02/2018
0.0029031	14:39:40 11/02/2018
0.0028219	14:39:42 11/02/2018
0.0028167	14:39:43 11/02/2018
0.0592044	14:39:45 11/02/2018
0.0974645	14:39:47 11/02/2018
0.3393102	14:39:48 11/02/2018
0.0853354	14:39:50 11/02/2018
0.0918951	14:39:51 11/02/2018
0.127169	14:39:53 11/02/2018
0.0860344	14:39:55 11/02/2018
0.0592745	14:39:56 11/02/2018
0.0675393	14:39:58 11/02/2018
0.10746	14:39:59 11/02/2018

Σχήμα 4.6: Μορφοποιημένο αρχείο

Το αρχείο στην δεύτερη εικόνα δεν περιέχει περιττά αλφαριθμητικά, παραμόνο την τιμή ρεύματος και την χρονική στιγμή που λήφθηκε η μέτρηση. Αυτή η μορφή περιέχει όλη την απαραίτητη πληροφορία για να γίνει εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την ενεργειακή αυτονομία και είναι σε κατάλληλη μορφή για να επεξεργαστεί από πρόγραμμα που εκτελεί μαθηματικές πράξεις.

4.3.3 Προσεγγιστική μέθοδος υπολογισμού αυτονομίας

Η αυτονομία της μπαταρίας υπολογίζεται από τον τύπο 4.1 :

$$BatteryLife = BatteryCapacity / LoadCurrentAverage \quad (4.1)$$

Ο τύπος δηλώνει την αυτονομία της μπαταρίας ως το πηλίκο της χωρητικότητας της μπαταρίας σε mAh προς το κατά μέσο όρο ρεύμα κατανάλωσης της συσκευής σε mA. Προφανώς το αποτέλεσμα προκύπτει σε h, δηλαδή ώρες λειτουργίας.

Για τις μετρήσεις να σημειωθεί ότι έγινε υπολογισμός του αριθμού των ωρών αυτονομίας και στην συνέχεια με απλές διαιρέσεις υπολογίστηκαν ημέρες και μήνες αντίστοιχα. Για τον υπολογισμό του Load Current Average, έστω I_{avg} , το ποσοστό χρόνου που αναφέρεται στην συνέχεια, σημαίνει ποσοστό επί του συνολικού χρόνου μίας ημέρας. Επίσης οι μετρήσεις έγιναν για έναν κύκλο λειτουργίας και οι υπολογισμοί για τις καταναλώσεις και ποσοστά χρόνου λειτουργίας έγιναν αναλογικά.

- Η χωρητικότητα (Battery Capacity) της μπαταρίας που χρησιμοποιήθηκε στην διπλωματική είναι 6600mAh.
- Το ρεύμα φορτίου κατά μέσο όρο (Load Current Average), έστω I_{avg} , υπολογίζεται με την εξής διαδικασία:

$$I_{avg} = OnTime * I_{On} + IdleTime * I_{Idle} \quad (4.2)$$

Όπου:

1. **OnTime = Το ποσοστό χρόνου που η συσκευή είναι σε πλήρη λειτουργία και εκτελεί την προγραμματισμένη διαδικασία.**

Υπολογίζεται από το αρχείο μετρήσεων που παράγει το μετρητικό αφαιρώντας τον χρόνο τελευταίας μέτρησης από τον χρόνο της πρώτης μέτρησης και διαιρώντας με τον συνολικό χρόνο μιας ημέρας.

2. **I_{On} = Το μέσο ρεύμα που καταναλώνει η συσκευή όσο βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία.**

Υπολογίστηκε με την βοήθεια ενός προγράμματος python που αναπτύχθηκε στα πλαίσια της διπλωματικής, το οποίο διαβάζει το αρχείο μετρήσεων του μετρητικού και δίνει σαν έξοδο την πράξη:

$$\sum_{n=1}^N I_n / N \quad (4.3)$$

Όπου I_n η μέτρηση ρεύματος την χρονική στιγμή n και N το σύνολο των μετρήσεων που ελήφθησαν.

3. **IdleTime = Το ποσοστό χρόνου που η συσκευή είναι αδρανοποιημένη και αναμένει για εντοπισμό κίνησης.**

Υπολογίζεται αφαιρώντας από τον συνολικό χρόνο μίας ημέρας, τον χρόνο On-Time που η συσκευή βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία.

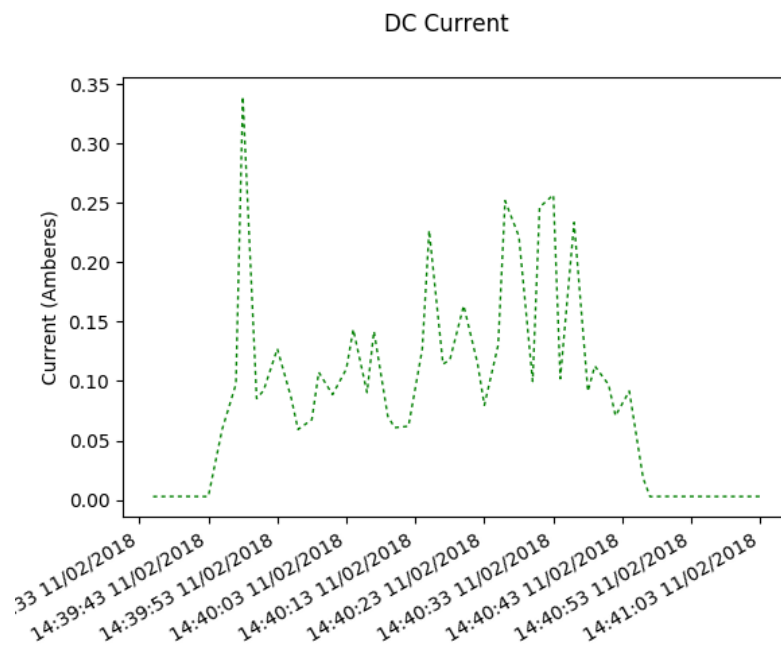
4. Idle = Το μέσο ρεύμα που καταναλώνει η συσκευή όσο βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας.

Υπολογίζεται εύκολα από το αρχείο μετρήσεων, παρατηρώντας την σταθερή κατανάλωση όσο η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας. Να σημειωθεί εδώ ότι αυτή η τιμή μπορεί να διαφέρει από την ονομαστική τιμή που δίνει ο κατασκευαστής. Συγκεκριμένα, αυτό το ρεύμα μετρήθηκε ίσο με 2mA παρόλου που ο κατασκευαστής δηλώνει ονομαστική κατανάλωση ρεύματος ίση με 30 μ A. Η αύξηση αυτή οφείλεται στην κατανάλωση των πρόσθετων μονάδων (3G, camera).

4.3.4 Μετρήσεις για την αυτονομία του συστήματος

Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μετρήσεων ρεύματος για έναν ολοκληρωμένο κύκλο λειτουργίας, ύστερα από την εφαρμογή των πράξεων που περιγράφηκαν παραπάνω. Για τον υπολογισμό των χρόνων OnTime και IdleTime έγιναν μετρήσεις με υπόθεση δέκα και είκοσι ενεργοποιήσεων ανά ημέρα.

1) Αυτονομία άμεσου μοντέλου χωρίς ηλιακό πάνελ



Σχήμα 4.7: Άμεσο Μοντέλο

- 10 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
124 mA	0.2mA	0.007	0.993

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 2313 ώρες ή 96 μέρες ή περίπου 3.2 μήνες.

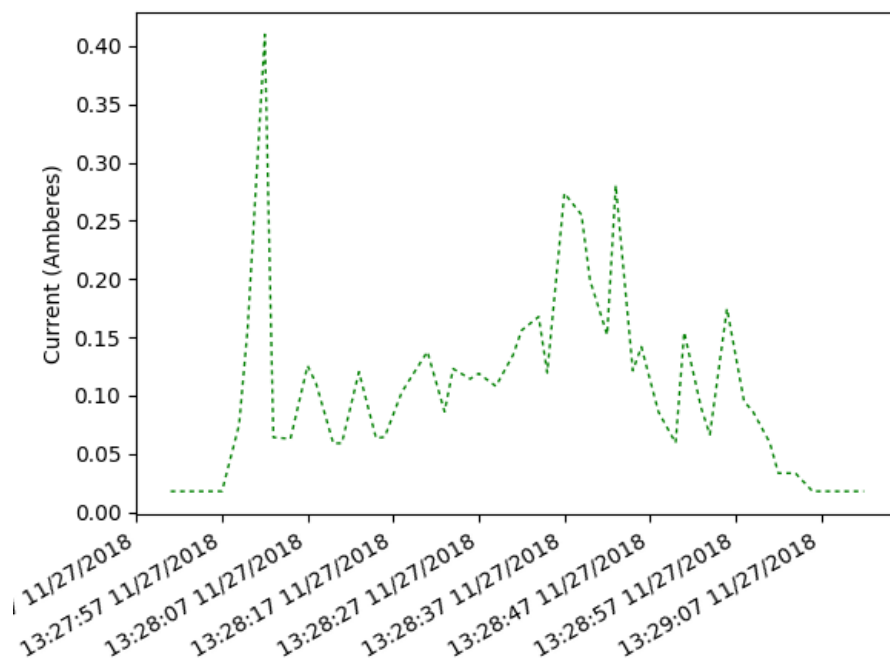
- 20 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
124mA	0.2mA	0.0138	0,986

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 1793 ώρες ή 74 μέρες ή περίπου 2.5 μήνες.

2) Αυτονομία με χρήση HTTP requests για το άμεσο μοντέλο χωρίς πάνελ

DC Current



Σχήμα 4.8: Άμεσο Μοντέλο με χρήση HTTP

- 10 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
127 mA	2mA	0.0075	0.9925

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 2246 ώρες ή 93 μέρες ή περίπου 3.12 μήνες.

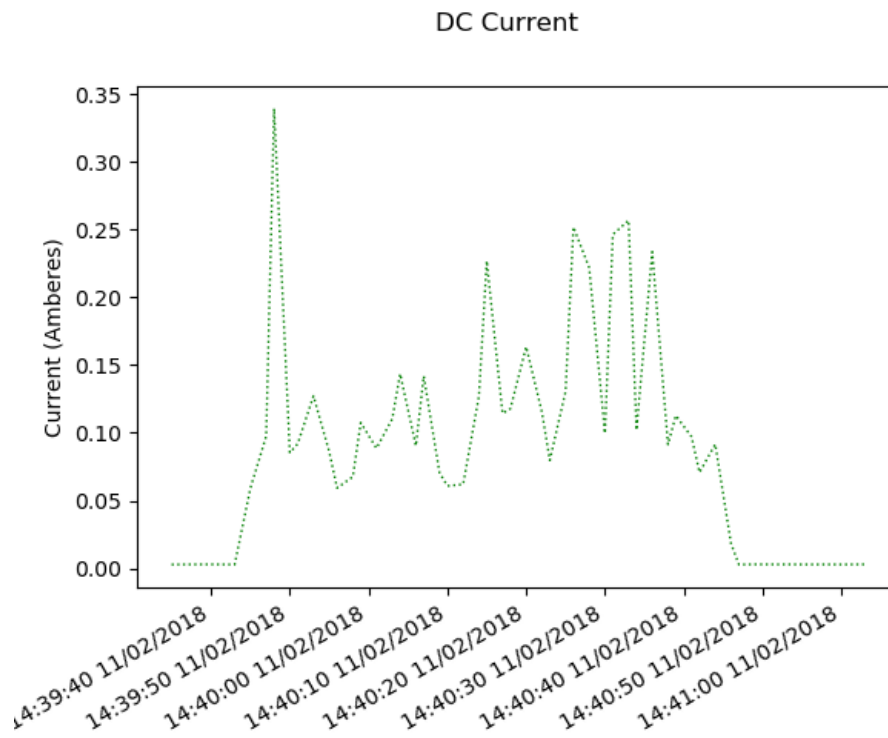
- 20 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
127mA	2mA	0.015	0,985

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 1703 ώρες ή 71 μέρες ή περίπου 2.36 μήνες.

Το κέρδος σε ημέρες, αν το HTTP αντικατασταθεί από τον μηχανισμό αναμονής φωτογραφίας, είναι η διαφορά της αυτονομίας όταν χρησιμοποιείται HTTP και της αυτονομίας όταν δεν χρησιμοποιείται αντιστοίχως. Επομένως, παρατηρείται κέρδος $96-93 = 3$ ημερών στην υπόθεση των δέκα ενεργοποιήσεων ανά ημέρα και κέρδος $74-71 = 3$ ημερών στην υπόθεση των 20 ενεργοποιήσεων ανά ημέρα.

3) Αυτονομία με χρήση Email για το άμεσο μοντέλο χωρίς πάνελ



Σχήμα 4.9: Άμεσο Μοντέλο με χρήση EMAIL

• 10 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
129 mA	2mA	0.0079	0.9921

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 2197 ώρες ή 91 μέρες ή περίπου 3.05 μήνες.

• 20 Ενεργοποιήσεις

Υπολογισμοί			
Ion	Idle	OnTime	IdleTime
129mA	2mA	0.017	0,983

Με αντικατάσταση αυτών των τιμών στον αρχικό τύπο, η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 1635 ώρες ή 68 μέρες ή περίπου 2.27 μήνες.

Το κέρδος σε ημέρες, αν το Email αντικατασταθεί από τον μηχανισμό αναμονής φωτογραφίας, είναι η διαφορά της αυτονομίας όταν χρησιμοποιείται email και της αυτονομίας όταν δεν χρησιμοποιείται αντιστοίχως. Επομένως, παρατηρείται κέρδος $96-91 = 5$ ημερών στην υπόθεση των δέκα ενεργοποιήσεων ανά ημέρα και κέρδος $74-68 = 8$ ημερών στην υπόθεση των 20 ενεργοποιήσεων ανά ημέρα. Συνεπώς, φαίνεται ότι η εισαγωγή του HTTP ή του Email στην αρχιτεκτονική του συστήματος, προκαλεί την αύξηση της κατανάλωσης και μειώνει την αυτονομία κατά μερικές μέρες. Σε σύγκριση μεταξύ των δύο λύσεων, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η λειτουργία του Email είναι λίγο πιο ακριβή από αυτή του HTTP. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης φαίνεται στον παρακάτω πίνακα :

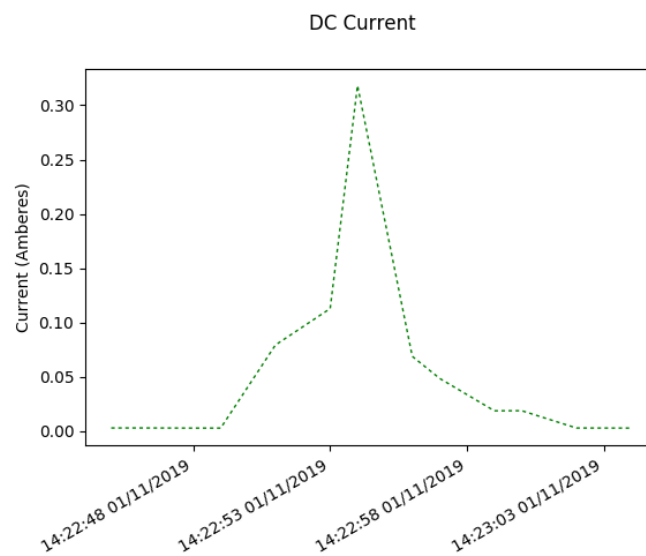
Συγκρίσεις		
Τεχνολογία	Επαναλήψεις	Αυτονομία (ημέρες)
iNotify Script	10	96
iNotify Script	20	74
HTTP	10	93
HTTP	20	71
EMAIL	10	91
EMAIL	20	68

4) Αυτονομία συγκεντρωτικού μοντέλου χωρίς ηλιακό πάνελ

Το πείραμα αυτό εκτελέστηκε με την υπόθεση 20 ενεργοποιήσεων για λήψη φωτογραφίας και μαζική αποστολή φωτογραφιών στον ftp server μία φορά ανά ημέρα. Το πείραμα αυτό ήταν δυνατόν να προσεγγιστεί μόνο με συχνότητα αποστολής, μία φορά την ημέρα, καθώς το κύκλωμα μέτρησης αντιμετώπισε προβλήματα αστάθειας μετά από πολύ χρήση. Το πρόβλημα περιγράφεται στο κεφάλαιο 5.

Σε αυτό το μοντέλο λειτουργίας, το σύστημα πυροδοτεί την λειτουργία του, 20 φορές για να τραβήξει και να αποθηκεύσει φωτογραφία, και μία φορά για να ανεβάσει και τις 20 φωτογραφίες στον ftp server. Για την προσομοίωση αυτού του σεναρίου, αναπτύχθηκαν ξεχωριστοί κώδικες συσκευής οι οποίοι χωρίζουν την διαδικασία του συγκεντρωτικού μοντέλου σε δύο στάδια:

1. Αφύπνιση ανά εντοπισμό κίνησης και λήψη φωτογραφίας.



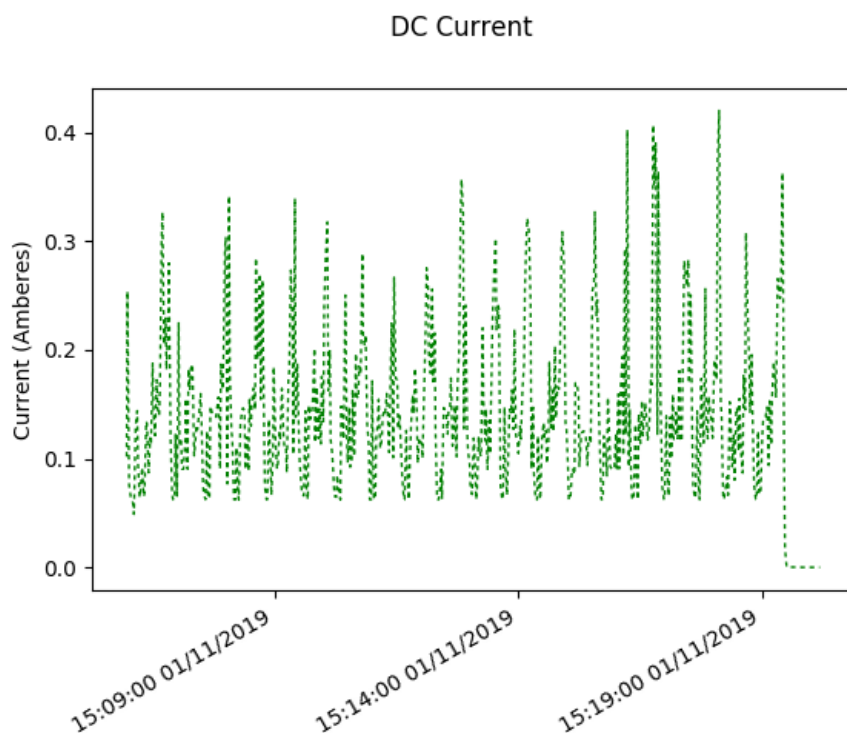
Σχήμα 4.10: Συγκεντρωτικό Μοντέλο MONO λήψη φωτογραφίας

Στο διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα η διαφοροποίηση από τις προηγούμενες μετρήσεις. Ξεχωρίζει η ριπή κατανάλωσης που οφείλεται στην λήψη φωτογραφίας και στην συνέχεια οι στιγμιαίες καταναλώσεις υποχωρούν, καθώς δεν ακολουθεί μεταφορά φωτογραφίας.

Υπολογισμοί			
Ion	IIdle	OnTime	IdleTime
49mA	2mA	0.004	0,996

$$I_{avg1} = 2.118mA$$

2. Αποστολή όλων των φωτογραφιών στον ftp server



Σχήμα 4.11: Συγκεντρωτικό Μοντέλο MONO μεταφορά φωτογραφίας

Στο διάγραμμα φαίνεται ξεκάθαρα η διαφοροποίηση από τις προηγούμενες μετρήσεις. Ξεχωρίζουν οι ριπές κατανάλωσης που οφείλονται στις μεταφορές φωτογραφιών.

Υπολογισμοί	
Ion	OnTime
137mA	0.011

$$I_{avg2} = 1.507\text{mA}$$

Στην δεύτερη περίπτωση δεν ενδιαφέρει ο Idle χρόνος καθώς έχει συνυπολογιστεί στο άθροισμα από την πρώτη περίπτωση.

Το I_{avg} προκύπτει προσεγγιστικά σαν επαλληλία των δύο παραπάνω I_{avg1} και I_{avg2} , άρα $I_{avg} = 3.625\text{mA}$ και με εφαρμογή στον τύπο αυτονομίας προκύπτει:

Η αυτονομία της μπαταρίας με αυτό το σενάριο υπολογίζεται σε 1,820 ώρες ή 75 μέρες ή περίπου 2.52 μήνες.

Συμπερασματικά, το συγκεντρωτικό μοντέλο αποδείχθηκε, σύμφωνα με τις μετρήσεις, πιο ακριβό από άποψη ενέργειας συγκριτικά με το άμεσο. Επίσης, παρουσιάζει ακόμα ένα μειονέτημα:

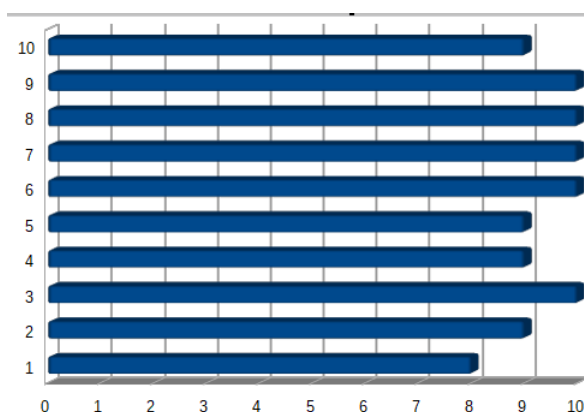
Κατά την διάρκεια της μαζικής αποστολής φωτογραφιών, που από τις μετρήσεις υπο-

λογίστηκε κατά μέσο όρο σε ένα διάστημα της 15-16 λεπτών, η συσκευή αδυνατεί να λάβει νέες φωτογραφίες.

4.3.5 Αξιοπιστία - Στιβαρότητα

Για την αξιοπιστία του συστήματος έγιναν δύο απλά πειράματα. Στο πρώτο πείραμα, εκτελέστηκαν δέκα επαναλήψεις από δέκα συνεχόμενες πυροδοτήσεις του συστήματος με σκοπό την μέτρηση των επιτυχών μεταφορτώσεων φωτογραφιών στον ftp server του εργαστηρίου. Στο δεύτερο πείραμα, το σύστημα αφέθηκε σε λειτουργία για μία εβδομάδα συνεχόμενα στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου με πυροδοτήσεις ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για κάθε πείραμα:

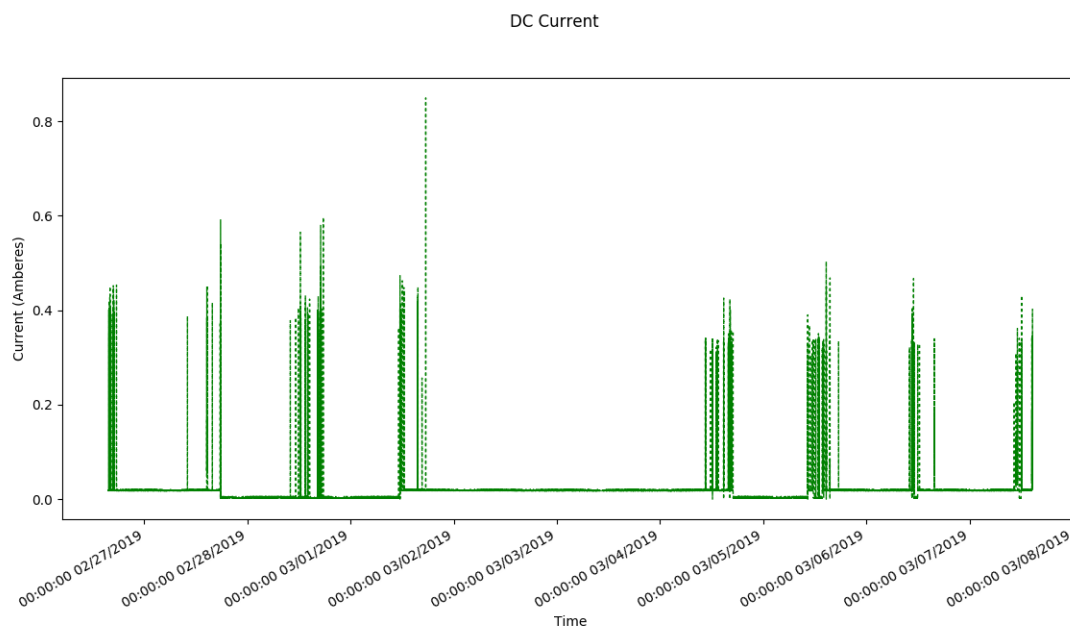
Δέκα επαναλήψεις από 10 κύκλους λειτουργίας



Σχήμα 4.12: Επιτυχημένες Μεταφορτώσεις

Εβδομάδα λειτουργίας και μέτρηση συνολικού αριθμού επιτυχημένων μεταφορτώσεων

Παρατείνονται οι μετρήσεις κατανάλωσης ρεύματος:



Σχήμα 4.13: Ρεύμα μίας εβδομάδας λειτουργίας

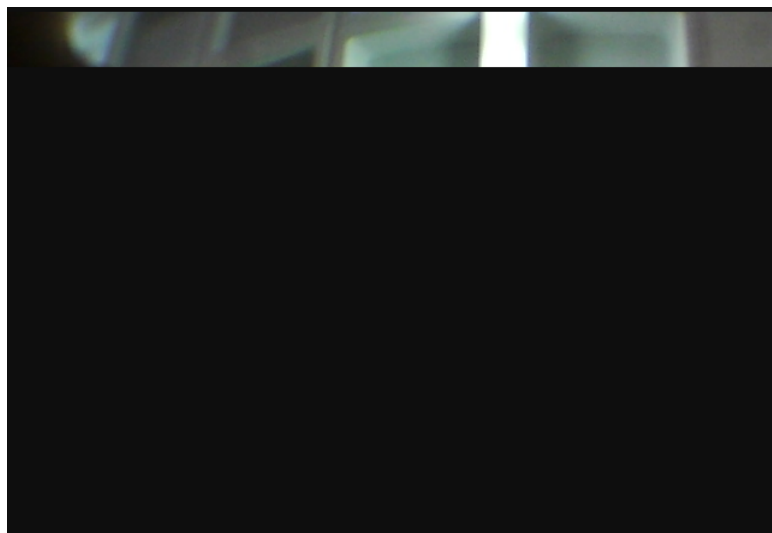
Συνολικά το σύστημα ενεργοποιήθηκε 124 φορές. Τα αρχεία που εμφανίστηκαν στον ftp server του εργαστηρίου ήταν 124. Τα αρχεία-φωτογραφίες που μεταφέρθηκαν ακέραια και ολοκληρωμένα στον server ήταν 108. Το ποσοστό επιτυχίας για μία εβδομάδα και 124 συνολικά κύκλους λειτουργίας ανέρχεται στο $114/124 = 0.9193$ δηλαδή περίπου ίσο με 92%.

Αντιμετώπιση προβλημάτων

Να σημειωθεί ότι στις αποτυχημένες μεταφορές, ο εντοπισμός κίνησης και η λήψη φωτογραφίας ήταν επιτυχημένες. Παρόλα αυτά, η φωτογραφία έφτασε στον ftp server αλλοιωμένη. Συγκεκριμένα, η λειτουργία μεταφοράς της φωτογραφίας σταματούσε πριν προλάβει να μεταφερθεί ολόκληρη. Οι παρακάτω εικόνες απεικονίζουν το πρόβλημα:



Σχήμα 4.14: Επιτυχημένη μεταφορά



Σχήμα 4.15: Αποτυχημένη μεταφορά

Κατά την διερεύνηση του προβλήματος και με χρήση της υποστήριξης της εταιρίας (επικοινωνία μέσω φόρουμ), εντοπίστηκε ένα Bug στον κώδικα της βιβλιοθήκης ftp του Waspnote API, συγκεκριμένα στον κώδικα που υπολόγιζε εσωτερικά το μέγεθος του αρχείου που επρόκειτο να μεταφερθεί. Έτσι σε λίγες περιπτώσεις, όπως υποδεικνύουν το παραπάνω διάγραμμα, η μεταφορά του αρχείου-φωτογραφίας σταμάταγε λανθασμένα. Το Bug αυτό θα λυθεί στην επόμενη version του Waspnote API και πιθανότατα οι αποτυχημένες μεταφορές θα μηδενιστούν.

Κεφάλαιο 5

Προβλήματα - Προεκτάσεις

5.1 Προβλήματα

Κατά την διάρκεια της διπλωματικής έγινε τροποποίηση του κυκλώματος μπαταρίας-συσκευής με στόχο την μέτρηση της κατανάλωσης ρεύματος. Κατά την πειραματική διαδικασία η συσκευή μετακινήθηκε πολλές φορές, ενώ λόγω επανειλημμένων πειραμάτων και κολλήσεων στις επαφές, είναι πιθανό να επήλθε κάποια φθορά, με αποτέλεσμα το κύκλωμα να γίνει ασταθές. Αναλυτικότερα, μετά από κάποιο χρονικό διάστημα και συνεχόμενες μετρήσεις το κύκλωμα παρουσίασε αστάθεια, με αποτέλεσμα μακροχρόνιες μετρήσεις να μην είναι εφικτές. Εξαιτίας αυτών των προβλημάτων δεν συμπεριλήφθηκαν στην διπλωματική τα πειράματα που έγιναν για την επίδραση του ηλιακού πάνελ, καθώς περιείχαν αρκετές μη ακριβείς μετρήσεις. Επίσης το πείραμα προσέγγισης της κατανάλωσης του συγκεντρωτικού μοντέλου δεν ήταν δυνατό να ολοκληρωθεί, παραμόνο αν η χρονική περίοδος της μαζικής μεταφόρτωσης φωτογραφιών περιορίζεται σε μία μέρα, δηλαδή αν υποθέσουμε ότι το σύστημα ξυπνά μία φορά την ημέρα για να αποστείλει τις αποθηκευμένες φωτογραφίες στον ftp server.

5.2 Προεκτάσεις

5.2.1 Αναγνώριση Προτύπων

Ένα πρόβλημα που δεν παρουσιάστηκε στα προηγούμενα κεφάλαια είναι αυτό της εσφαλμένης ενεργοποίησης λειτουργίας με εντοπισμό κίνησης χωρίς αυτή να προέρχεται από ένα ζώο. Αναλυτικότερα, ανάλογα με την τοποθεσία εγκατάστασης των εκάστοτε συσκευών στα διάφορα περάσματα των αυτοκινητοδρόμων, υπάρχει η πιθανότητα ο αισθητήρας κίνησης να ενεργοποιείται λανθασμένα από κάποιον εξωτερικό περιβαλλοντικό παράγοντα, όπως για παράδειγμα η κίνηση φύλλων από τον αέρα. Αυτή η εκδοχή δεν ήταν δυνατόν να μελετηθεί στα πλαίσια της διπλωματικής καθώς το σύστημα προοριζόταν για αυτοκινητόδρομους σε δύσβατα σημεία της βόρειας Ελλάδας και ο χώρος του εργαστηρίου δεν παρείχε δυνατότητα προσομοίωσης των αντίστοιχων συνθηκών. Έτσι παραμένει άγνωστο αν κάτι τέτοιο μπορεί να συμβαίνει συχνά. Η επανειλημμένη εσφαλμένη ενεργοποίηση και λήψη φωτογραφίας θα οδηγήσει στην νόθευση του υλικού που θα απεικόνιζε η εφαρμογή στον τελικό χρήστη και στην αλλοίωση των συμπερασμάτων για το κάθε πέραςμα.

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, θα ήταν πολύ χρήσιμο να αναπτυχθεί σύστημα αυτόματης αναγνώρισης προτύπου το οποίο θα λειτουργεί σαν φίλτρο για τις φωτογραφίες. Συγκεκριμένα, η αρμοδιότητα του πρόσθετου αυτού λογισμικού είναι να συγκρίνει την τρέχουσα φωτογραφία με ένα σύνολο από άλλες έγκυρες φωτογραφίες ζώων και να αποφασίζει αποτελεσματικά αν πρόκειται για περίπτωση ζώου. Κατά πάσα πιθανότητα, η υπολογιστική ισχύς που απαιτείται για την λειτουργία ενός τέτοιου συστήματος είναι αρκετά μεγάλη για να τοποθετηθεί στην συσκευή που θα λειτουργεί σε απομακρυσμένη τοποθεσία με βασικό στόχο την ενεργειακή αυτονομία. Η κατεύθυνση λοιπόν είναι η εγκατάσταση να γίνει στο back-end σύστημα που τροφοδοτείται με ενέργεια ανά πάσα στιγμή. Πρόκειται για απαιτητικό σύστημα για το οποίο είναι αναγκαίες τεχνολογίες όπως τεχνητή νοημοσύνη και μηχανική μάθηση, οι οποίες αναπτύσσονται ραγδαία τον τελευταίο καιρό.

5.2.2 Εφαρμογή Προειδοποίησης Οδηγών

Στην παρούσα διπλωματική μελετήθηκε και αναπτύχθηκε ένα σύστημα παρακολούθησης της κίνησης της πανίδας κοντά σε μεγάλους αυτοκινητόδρομους με άμεσο σκοπό την μελέτη της αποτελεσματικότητας των τεχνητών περασμάτων και με έμμεσο και απώτερο σκοπό την προστασία των άγριων ζώων. Με βάση αυτό το σύστημα, δίνεται το έναυσμα για ανάπτυξη εφαρμογών άμεσης προφύλαξης των ζώων.

Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας ως βάση την υλοποίηση της διπλωματικής, θα ήταν σημαντικό να αναπτυχθεί mobile εφαρμογή που σε πραγματικό χρόνο να προειδοποιεί τους οδηγούς που διασχίζουν τον αυτοκινητόδρομο για ύπαρξη άγριου ζώου κοντά στο πέρασμα. Σε αυτή την περίπτωση δεν αρκούν μόνο συσκευές σαν το πρωτότυπο που σχεδιάστηκε σε αυτήν την διπλωματική. Αναλυτικότερα, απαιτείται επιπλέον σχεδιασμός με σκοπό να εγκατασταθούν πολλαπλοί αισθητήρες κίνησης κατά μήκος των αυτοκινητόδρομων έτσι ώστε η κίνηση να μπορεί να ελεγχθεί από πολλά σημεία. Αυτοί οι αισθητήρες θα πρέπει να επικοινωνούν με μία κεντρική συσκευή μέσω ενός δικτύου χαμηλής ισχύος και κατανάλωσης ενέργειας. Τον ρόλο αυτής της κεντρικής συσκευής μπορεί να παίξει το σύστημα που μελετήθηκε στην διπλωματική.

Επιπρόσθετα, είναι κρίσιμο να αναπτυχθεί εφαρμογή για τις πλατφόρμες Ios [11] και Android [12] η οποία θα ενημερώνει τους οδηγούς με κάποια ειδοποίηση κατά την διάρκεια του ταξιδιού, διερχόμενοι τον αυτοκινητόδρομο. Αυτή η ειδοποίηση θα πυροδοτείται από το κεντρικό σύστημα αφού αυτό λάβει ένδειξη κίνησης από έναν εγκατεστημένο αισθητήρα. Με την υλοποίηση αυτής τη επιπρόσθετης εφαρμογής επιτυγχάνεται τόσο η προστασία των άγριων ζώων όσο και η μείωση των τροχαίων δυστυχημάτων που προκαλούνται από απροσδόκητη διάσχιση του αυτοκινητόδρομου.

5.2.3 Ασφάλεια

Για την μεταφορά και αποθήκευση των φωτογραφιών που συλλέγονται από την IoT συσκευή, χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο FTP, το οποίο κρύβει ένα κενό ασφάλειας.

Αναλυτικότερα, ένας διακομιστής FTP τρέχει σε έναν υπολογιστή για να παρέχει βασική, μη κρυπτογραφημένη δυνατότητα μεταφοράς αρχείων. Για την ταυτοποίηση πρόσβασης στην υπηρεσία το πρωτόκολλο αυτό χρησιμοποιεί κωδικούς πρόσβασης Clear text, δηλαδή τα

στοιχεία ταυτοποίησης στέλνονται χωρίς να είναι κρυπτογραφημένα σε μορφή απλού κειμένου. Έτσι κακόβουλοι εξωτερικοί παράγοντες που καταφέρνουν να παρεμβάλλονται ανάμεσα στις συσκευές-τερματικά και το μηχάνημα στο οποίο τρέχει ο διακομιστής FTP , αποκτούν την δυνατότητα να υποκλέψουν τα στοιχεία ταυτοποίησης και να βλάψουν το σύστημα.

Οι επιθέσεις με κωδικό πρόσβασης που συλλέγουν ονόματα χρηστών και κωδικούς πρόσβασης από το δίκτυο ήταν κοινές ήδη στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Το πρωτόκολλο FTP έχει αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από SFTP . Μία σημαντική βελτίωση του συστήματος είναι λοιπόν η αντικατάσταση του μη ασφαλούς FTP με το SFTP .

Κεφάλαιο 6

Τεχνικές λεπτομέρειες

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται με λεπτομέρεια το τεχνικό κομμάτι της διπλωματικής. Γίνεται αναφορά σε όλες τις τεχνολογίες και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για να συγκροτηθεί το σύστημα. Επίσης δίνεται η απαραίτητη πληροφορία για την εγκατάσταση και λειτουργία των παραπάνω. Συγκεκριμένα, η τεχνική ανάλυση έχει χωριστεί σε τρεις κατηγορίες:

- Τεχνικές λεπτομέρειες Εργαστηριακής Υποδομής και Μετρήσεων
- Τεχνικές λεπτομέρειες Συσκευής
- Τεχνικές λεπτομέρειες Διαδικτυακής Εφαρμογής

Να σημειωθεί ότι οι οδηγίες εγκατάστασης και λειτουργίας που σημειώνονται στην συνέχεια, αφορούν το λειτουργικό σύστημα Linux, το οποίο και χρησιμοποιήθηκε καθόλη την διάρκεια της διπλωματικής.

6.1 Εργαστηριακή Υποδομή - Μετρήσεις

6.1.1 FTP server

Οδηγίες Εγκατάστασης Vsftpd server :

- Βήμα 1: Ανανέωση της λίστας διαθέσιμων πακέτων του Ανεπτυγμένου Εργαλείου Πακεταρίσματος, (Advanced Packaging Tool)
apt-get update
- Βήμα 2: Εντολή εγκατάστασης του εξυπηρετητή
apt-get -y install vsftpd
- Βήμα 3: Βασικές ρυθμίσεις που είναι απαραίτητες για την ομαλή λειτουργία του εξυπηρετητή
vim /etc/vsftpd.conf

Τροποποίηση των παρακάτω παραμέτρων:

1. **anonymous-enable=NO**
2. **local-enable=YES**
3. **write-enable=YES**
4. **chroot-local-user=YES**
5. **ascii-upload-enable=YES**
6. **ascii-download-enable=YES**

- Βήμα 4: Δημιουργία Φακέλου για την αποθήκευση των δεδομένων.
mkdir /home/ftp
- Βήμα 5: Επιβεβαίωση πρόσβασης στις θύρες 20,21 για το ftp πρωτόκολλο.
- Βήμα 6: Επανεκκίνηση της υπηρεσίας:
service vsftpd restart

Η επιτυχής εγκατάσταση και λειτουργία μπορεί να δοκιμαστεί είτε με το πρόγραμμα κονσόλας του λειτουργικού συστήματος linux είτε με κάποιο πρόγραμμα προσομοίωσης ftp-client όπως το Filezilla που χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την διπλωματική.

6.1.2 Postgresql Database

Οδηγίες Εγκατάστασης Postgresql :

- Βήμα 1: Προσθήκη του apt repository για την Postgresql στο linux σύστημα
 - 1)**sudo apt-get install wget ca-certificates**
 - 2)**wget -O -https://www.postgresql.org/media/keys/ACCC4CF8.asc**
 - 3)**sudo apt-key add -**
 - 4)**sudo sh -c 'echo "deb http://apt.postgresql.org/pub/repos/apt/ > /etc/ap-t/sources.list.d/pgdg.list'**
- Βήμα 2: Εντολή εγκατάστασης
sudo apt-get install postgresql postgresql-contrib
- Βήμα 3: Εκκίνηση του εξυπηρετητή Postgresql
sudo service postgresql start

6.1.3 Python Πρόγραμμα για εξαγωγή χρήσιμης πληροφορίας από το μετρητικό

```
#!/usr/bin/python2.7

import csv
import sys

#print("Enter input file:")
#print("Enter output file:")

#input_file = "test_voltage_esp_5min.csv"
input_file = raw_input("Please enter input file: ")
print ("You entered: ",input_file )

#output_file = "out.csv"
output_file = raw_input("Please enter output file: ")
print ("You entered: ",output_file )

#measurement_file = sys.argv[1]
#final_file= sys.argv[2]
reader = csv.reader(open(input_file , "r"), delimiter=',')

for i in range(2): next(reader)

f = csv.writer(open(output_file , "wb"))

for line in reader:
    if ("FETC?" not in line)
        and ("FE" not in line)
        and ("DC Current(V)" not in line)
        and (len(line)>1):
        scientific = line[0]
        line[0] = float(scientific)
        f.writerow(line)
```

6.1.4 Python Πρόγραμμα για διεξαγωγή γραφικών παραστάσεων

```
#!/usr/bin/python2.7

import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from datetime import datetime
from matplotlib import dates as mdates

input_file = input("Please enter input file: ")
print ("You entered: ",input_file)

df = pd.read_csv(input_file)
df.columns = ['values', 'date']

df.date = pd.to_datetime(df.date)

x= np.arange(df.shape[0])
fit = np.polyfit(x, df['values'], 11)
fit_fn = np.poly1d(fit)

fig, ax = plt.subplots()

#lines = ax.plot(df['date'], fit_fn(x), df['date'], df['values'] )
lines = ax.plot(df['date'], df['values'] )

#To print only one line:
#ax.plot(df['date'], df['values'] ) or
#ax.plot(df['date'], fit_fn(x)) respectively

#l1, l2 = lines
l2 = lines

#If you want to print only one graph adjust the following accordingly:

#plt.setp(l1, linestyle='--')      # set both to dashed
plt.setp(l2, linestyle=':')      # set both to dashed
#plt.setp(l1, linewidth=3, color='r') # line1 is thick and red
plt.setp(l2, linewidth=1, color='g') # line2 is thinner and green
```

```

myFmt = mdates.DateFormatter('%H:%M:%S %m/%d/%Y')
ax.xaxis.set_major_formatter(myFmt)
fig.autofmt_xdate()

#Adjust titles and/or labels accordingly
fig.suptitle('DC Current')
plt.xlabel('Time')
plt.ylabel('Current (Amberes)')
plt.show()

```

6.1.5 Python Πρόγραμμα για υπολογισμό συνολικού ρεύματος κατανάλωσης για n μετρήσεις

```

import sys

input_file = raw_input("Please enter file to calculate sum: ")
print ("You entered: ",input_file )
print("\n")
fo = open(input_file,"rw+")
lines = fo.readlines()

#acc is the total (numeric)sum of values
acc = 0

#n is the number of measurements taken
n = 0

#sum calculation
for line in lines:
new = line.split(",")
acc = float(new[0]) + acc
n = n + 1

print("The total sum of Current values is :")
print(acc)
print("Number of measurements taken:")
print(n)

#t is sample rate
t = raw_input("Please enter interval to calculate:")

```

```
print("Result in AmpereHours:")
print(float(t)*acc/float(n))
print("Result in milliAmpereHours:")
print(float(t)*acc/float(n)*1000)
```


6.2 Προγραμματιστικό Περιβάλλον - Κώδικες Συσκευής

6.2.1 Waspmote v15 IDE

Για τον προγραμματισμό της συσκευής χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης για το Waspmote v15. [3]. Πρόκειται για ένα περιβάλλον το οποίο παρέχει δυνατότητες ανάπτυξης, μεταγλώττισης και κατανομής κώδικα σε συνεργασία με την συσκευή. Το περιβάλλον αυτό είναι γραμμένο σε java και παρέχεται από την εταιρία Libelium. Η συσκευή συνδέεται με καλώδιο USB και επικοινωνεί με τον υπολογιστή και το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης.

Οδηγίες εγκατάστασης και χρήσης υπάρχουν με λεπτομέρεια στο εγχειρίδιο χρήσης που παρέχεται από την εταιρία σε αυτόν τον σύνδεσμο http://www.libelium.com/downloads/documentation/waspmote_ide_user_guide.pdf

6.3 Πλατφόρμες και προγραμματιστικά εργαλεία Διαδικτυακής Εφαρμογής

6.3.1 Javascript

Η JavaScript® είναι μια αντικειμενοστρεφής, ελαφριά γλώσσα προγραμματισμού που δεν χρειάζεται μεταγλώττιση, με πρώτης κατηγορίας λειτουργίες. Ενώ είναι κυρίως γνωστή ως γλώσσα σενάριου (scripting language) για ιστοσελίδες, ωστόσο χρησιμοποιείται σε πολλά περιβάλλοντα χωρίς την χρήση προγράμματος περιήγησης (browser) όπως το Node.js. Πρόκειται για μια πρωτότυπη, πολλαπλών παραδείγματα γλώσσα προγραμματισμού που είναι δυναμική, και υποστηρίζει αντικειμενοστρεφή, επιβλητικό, και λειτουργικό στυλ του προγραμματισμού. Η JavaScript® σε αυτή την διπλωματική χρησιμοποιήθηκε και στην πλευρά του πελάτη και στην πλευρά του εξυπηρετητή του Ιστού.

6.3.2 JQuery

Η jQuery είναι μια βιβλιοθήκη JavaScript σχεδιασμένη για να απλοποιήσει την υλοποίηση σεναρίων στην πλευρά του πελάτη της HTML και υποστηρίζει πολλαπλούς φυλλομετρητές Ιστού. Κυκλοφόρησε τον Ιανουάριο του 2006 από τον Τζον Ρέριγκ. Χρησιμοποιείται σε πάνω από το 65 τις εκατό των 10.000 ιστοτόπων με τη μεγαλύτερη επισκεψιμότητα.

6.3.3 Nodejs

Το Node.js είναι μια πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού (κυρίως διακομιστών) χτισμένη σε περιβάλλον Javascript. Στόχος του Node είναι να παρέχει ένα εύκολο τρόπο δημιουργίας κλιμακωτών διαδικτυακών εφαρμογών. Σε αντίθεση από τα περισσότερα σύγχρονα περιβάλλοντα ανάπτυξης εφαρμογών δικτύων μία διεργασία Node δεν στηρίζεται στην πολυνηματικότητα αλλά σε ένα μοντέλο ασύγχρονης επικοινωνίας εισόδου/εξόδου[3].

Το nodejs χρησιμοποιήθηκε στην εφαρμογή της διπλωματικής ως ο μηχανισμός που αναλαμβάνει την εξυπηρέτηση HTTP κλήσεων και την σύνδεση της εφαρμογής με την βάση δεδομένων.

6.3.4 Postgresql

Η PostgreSQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων ανοικτού κώδικα με πολλές δυνατότητες. Η ανάπτυξη της διαρκεί ήδη πάνω από δύο δεκαετίες και βασίζεται σε μια αποδεδειγμένα καλή αρχιτεκτονική η οποία έχει δημιουργήσει μια ισχυρή αντίληψη των χρηστών της γύρω από την αξιοπιστία, την ακεραιότητα δεδομένων και την ορθή λειτουργία.

Η PostgreSQL τρέχει σε όλα τα βασικά λειτουργικά συστήματα, στα οποία περιλαμβάνονται το Linux, το UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI, IRIX, MAC OS X, Solaris, Tru64) και τα Windows. Είναι συμβατή με το πρότυπο ACID, και συμπεριλαμβάνει τους περισσότερους SQL92 και SQL99 τύπους δεδομένων συμπεριλαμβανομένων INTEGER, NUMERIC, BOOLEAN, CHAR, VARCHAR, DATE, INTERVAL και TIMESTAMP. Επίσης υποστηρίζει αποθήκευση μεγάλων δυαδικών αντικειμένων, όπως εικόνες, ήχοι ή βίντεο. Διαθέτει επίσης περιβάλλοντα προγραμματισμού για τις γλώσσες προγραμματισμού C, C++, Java, Perl, Python, Ruby, Tcl, ενώ περιλαμβάνει και εξαιρετικό εγχειρίδιο χρήσης. Οι οδηγίες εγκατάστασης για linux σύστημα δόθηκαν παραπάνω.

6.4 Script αναμονής για νέα φωτογραφία σε φάκελο του λειτουργικού συστήματος

```
#!/bin/bash
inotifywait -m /home/leonidas/Desktop/testdir -e create -e moved_to |
while read path action file; do
#diagnostics
echo "The file '$file' has been uploaded in directory '$path' via '$action'"
#db record creation
string_arr=({file //;/ })
mysql wildlife << EOF
INSERT INTO modules
VALUES ( '${string_arr[0]} ',
        '${string_arr[1]} ',
        '${string_arr[2]} ',
        '${string_arr[3]} ',
        '${string_arr[4]} ');
EOF

done
```

Βιβλιογραφία

- [1] Wikipedia Definition of Internet Of Things
https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [2] ComSoc Definition for Internet Of Things
<http://www.comsoc.org/commag/cfp/internet-thingsm2m-research-standards-next-steps>
- [3] ITU Definition for Internet Of Things
<http://www.itu.int/ITU-T/recommendations/rec.aspx?rec=Y.2060>
- [4] UART
<https://el.wikipedia.org/wiki/UART>
- [5] HTTP
<https://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>
- [6] Processing
<https://processing.org/>
- [7] Wiring
<http://wiring.org.co/>
- [8] <https://www.cisco.com/c/dam/en/us/products/collateral/se/internet-of-things/at-a-glance-c45-731471.pdf>
- [9] Inotify kernel module
<http://man7.org/linux/man-pages/man7/inotify.7.html>
- [10] Scripting
<https://en.wikipedia.org/wiki/IOS>
- [11] IOS Operating System
<https://en.wikipedia.org/wiki/IOS>
- [12] Android Operating System
B., Kirthika Student,. (2015). ANDROID OPERATING SYSTEM: A REVIEW.
- [13] CSV definition
<https://www.ietf.org/rfc/rfc4180.txt>

