

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ

ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΟΙΝΟΜΟΜΙΑ

ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ (ΠΑΤΡΑ)

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδίαση και υλοποίηση Αυτόνομου
Συστήματος Ελέγχου και Λήψης Αποφάσεων.**

**Μελέτη περίπτωσης: Υλοποίηση Συστήματος
σε Θερμοκηπιακή Μονάδα**

Πτυχιακή Εργασία των

**Ντερβίσι Ερμάντ
Μίσκου Ιωάννης
Κυπριώτης Αναστάσιος**

Επιβλέπων : Χαλκιάπουλος Κωνσταντίνος

ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Την σημερινή εποχή οι γρήγοροι ρυθμοί εξέλιξης της τεχνολογίας έχουν μεγάλο αντίκτυπο στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων σε επίπεδο δυνατοτήτων και ευκολιών. Η ευχέρεια στην πρόσβαση πληροφοριών παντός τύπου και μορφής είναι κάτι που χαρακτηρίζει τις σημερινές μέρες λόγω της ευρείας διάδοσης του διαδικτύου. Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι και η συνεχής ανάπτυξη νέων τάσεων και εφαρμογών.

Ένας σημαντικός κλάδος που φέρνει νέες δυνατότητες είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, που στη ουσία κάνουν την διασύνδεση υλικών οντοτήτων και αντικειμένων με το διαδίκτυο έτσι ώστε να παρέχουν στον χρήστη πληροφορίες είτε για την κατάσταση της λειτουργία τους, είτε για διάφορα γεγονότα που έχουν αξία, είτε για να παρέχεται η δυνατότητα ενεργειών πάνω σε αυτά ανεξάρτητα από την φυσική τοποθεσία του χρήστη.

Μια από τις πολλές εφαρμογές που γίνεται η χρήση του δικτύου αισθητήρων είναι η έξυπνη γεωργία. Το οποίο επιτρέπει στους αγρότες να κάνουν ακριβή παρακολούθηση της καλλιέργειας κατά το χρόνο της ανάπτυξής της, πράγμα που οδηγεί στη καλύτερη λήψη αποφάσεων για την καλλιέργεια την στιγμή που χρειάζεται.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εγκατάσταση και λειτουργία ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων που βοηθά στην παρακολούθηση και στη διαχείριση μιας θερμοκηπιακής μονάδας μέσω διαδικτύου . Στα πλαίσια της συγκεκριμένης πτυχιακής , εστιάζουμε αρχικά στην καταγραφή των απαιτήσεων, την ανάλυση και την σχεδίαση ενός αυτόνομου συστήματος για την περίπτωση της θερμοκηπιακής μονάδας ,όπου αποτελείτε από το δίκτυο αισθητήρων και ενός υποσυστήματος για τον έλεγχο της άρδευσης.

Για την υλοποίηση του ασύρματου δικτύου γίνεται χρήση των διάφορων μικροελεγκτών Arduino που συνδέονται ασύρματα μεταξύ τους .Το σύστημα είναι συνδεδεμένο με το διαδίκτυο σε μια βάση δεδομένων όπου στέλνει διάφορες μετρήσεις που συλλέγονται από αισθητήρες που είναι απλωμένοι στο χώρο. Για την τροφοδοσία του συστήματος χρησιμοποιούνται επαναφορτιζόμενες μπαταρίες που με την βοήθεια ενός φωτοβολταϊκού πάνελ μπορούν να κρατήσουν ενεργό το σύστημα για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα.

Το υποσύστημα άρδευσης χρησιμοποιεί μια πλακέτα GSM σε συνδυασμό με ένα Arduino και δυο στατικά ρελέ που μπορούν αν ενεργοποιήσουν συσκευές άρδευσης μεγάλης τάσης. Το υποσύστημα μπορεί να ενεργοποιείται αυτόματα όταν χρειάζεται πότισμα ή αλλιώς μπορεί να ελέγχετε εξ αποστάσεως μέσω κινητού τηλεφώνου από τον αγρότη.

Έτσι με την βοήθεια των νέων τεχνολογιών, οι αγρότες θα είναι σε θέση να κάνουν προβλέψεις ασθενειών για την καλλιέργεια τους και να προλαμβάνουν έγκαιρα . Επίσης ,τους δίνεται η δυνατότητα να επιτύχουν καλύτερη άρδευση όπου μπορούν να παρέχουν το ακριβές ποσό του νερού που χρειάζεται και να επιτύχουν τη μείωση του κόστους και την βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Λέξεις – Κλειδιά : Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, Έξυπνη γεωργία, Arduino, Apc220, sim900, XAMPP, Solar power

ABSTRACT

In this thesis is shown the design, the development, installation and operation of a wireless sensor network that helps on monitoring and management of a greenhouse via internet.

In the context of this essay, first we focus on recording requirements, the analysis and designing of an autonomous system for the case of greenhouse unit, where it is composed of a network sensor and a subsystem for the controlling of irrigation.

For the implementation of the wireless sensor network ,are being used various Arduino microcontrollers which are wirelessly connected to each other .The system is connected to the Internet to a database which sends various measurements that are collected by sensors is stretched in space. For the system power is used rechargeable batteries by means of a photovoltaic panel can keep active the system for a long time. The irrigation subsystem uses a GSM board in conjunction with an Arduino and two static relays which can activate if high voltage irrigation devices. The subsystem can be automatically enabled when watering is needed or else you can control remotely via a mobile phone from the farmer.

So with the help of new technologies, farmers will be able to predict the diseases that affect their crops and prevent them in time. They were also given the opportunity to achieve a better irrigation where they can provide the exact amount of water needed and to reducing costs and can improve the quality of the final product.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (WSN).....	12
1.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων.....	12
1.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Σχεδίαση των Δικτύων Αισθητήρων	13
1.2.1 Τοπολογία του Δικτύου Αισθητήρων	14
1.2.2 Ανοχή σε Σφάλματα.....	14
1.2.3 Επεκτασιμότητα	14
1.2.4 Κόστος Παραγωγής	14
1.2.5 Κατανάλωση Ισχύος	15
1.2.6 Μέσα Ασύρματης Επικοινωνίας.....	15
1.3 Αισθητήριοι Κόμβοι	15
1.3.1 Δομή.....	17
1.3.2 Διαφορές Δικτύων Αισθητήρων και Ad hoc δικτύων	19
1.4 Βασικά Πρότυπα επικοινωνίας των Δικτύων Αισθητήρων	19
1.4.1 Το πρότυπο ZigBee.....	19
1.4.2 Το πρότυπο 6LoWPAN	21
1.5 Εφαρμογές στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων	22
2 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	24
2.1 Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας	24
2.3 Θερμοκήπιο.....	27
3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ : ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ	29
3.1 Ανάλυση απαιτήσεων ασύρματου δικτύου αισθητήρων για θερμοκήπιο	30
3.2 Υλικό (Hardware) του Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων	32
3.2.1 Πλατφόρμα Arduino	32
3.2.2 Μοντέλα Arduino	34
3.2.3 Είσοδοι – Έξοδοι	34
3.2.4 Τροφοδοσία.....	35
3.2.5 Arduino IDE.....	35
3.2.6 Γλώσσα προγραμματισμού	37
3.3 Κόμβοι αισθητήρων	38
3.3.1 Αισθητήρες	38
3.4 Κόμβος ελέγχου	47
3.5 Κεντρικός κόμβος (gateway)	50
4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ	53
4.1 Προγραμματισμός κόμβων αισθητήρων.....	53

4.2 Προγραμματισμός κόμβου Ελέγχου	54
4.3 Προγραμματισμός κεντρικού κόμβου (Gateway).....	58
5 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	59
5.1 Γλώσσες διαδικτυακού προγραμματισμού	59
5.1.1 Php	60
5.1.2 Η Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου HTML.....	60
5.1.3 Η αλληλουχία φύλλων στιλ Css.....	61
5.1.4 Javascript.....	61
5.2 Xamp.....	61
5.2.1 MySQL	61
5.2.2 Apache web server	62
5.2.3 PhpMyadmin.....	62
5.2.4 Συνεργασία Apache, MySQL PHP	63
5.2.5 Εγκατάσταση XAMPP.....	64
5.2.6 Δημιουργία βάσης δεδομένων	65
5.3 Προγραμματισμός βάσης δεδομένων	67
6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	69
7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ	75
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77

Εικόνα 1	Αρχιτεκτονική ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων	13
Εικόνα 2	Αρχιτεκτονική ενός ασύρματου κόμβου αισθητήρα	16
Εικόνα 3	Η τεχνολογία ZigBee.....	19
Εικόνα 4	Η τεχνολογία ZigBee.....	20
Εικόνα 5	Το πρότυπο 6LoWPAN.....	21
Εικόνα 6	Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας.....	26
Εικόνα 7	Θερμοκήπιο	29
Εικόνα 8	Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων σε Θερμοκήπιο	32
Εικόνα 9	arduino uno	33
Εικόνα 10	Μοντέλα Arduino	34
Εικόνα 11	Είσοδοι -εξοδοί του arduino uno.....	35
Εικόνα 12	Είσοδοι/Εξοδοί Τροφοδοσίας	35
Εικόνα 14	Arduino IDE.....	37
Εικόνα 15	Arduino pro mini	38
Εικόνα 16	Αισθητήρας DHT-22	39
Εικόνα 17	Αισθητήρας υγρασίας εδάφους	39
Εικόνα 18	Αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης BMP180	40
Εικόνα 19	Αισθητήρας DS18B20.....	40
Εικόνα 20.	Αισθητήρας φωτός	41
Εικόνα 21	Κεραία ar220.....	42
Εικόνα 22	RF-Magic.....	42
Εικόνα 23	μπαταρία	44
Εικόνα 24	Φωτοβολταϊκό πάνελ.....	44
Εικόνα 25	lipocharger	45
Εικόνα 26	κόμβοι αισθητήρων	46
Εικόνα 27	arduino uno	47
Εικόνα 28	sim900	47
Εικόνα 29	SIM900 GSM Shield	48
Εικόνα 30	static relay.....	49
Εικόνα 31	κόμβος ελέγχου	50
Εικόνα 32	arduino mega	50
Εικόνα 33	arduino ethernet shield	51
Εικόνα 34	κόμβοι του ασύρματου δικτύου.....	52
Εικόνα 35	Δομή πακέτου δεδομένων	53
Εικόνα 36	node 1 and node 2code	54
Εικόνα 37	διάγραμμα ροής ID	55
Εικόνα 38	διάγραμμα ροής αυτοματισμού	56
Εικόνα 39	SendMessage1	57
Εικόνα 40	SendMessage2.....	57
Εικόνα 41	Ethernet connection	58
Εικόνα 42	http request	58
Εικόνα 43	Συνεργασία Apache, MySQL και PHP	63
Εικόνα 44	xampp control panel	65
Εικόνα 45	port configuration	65
Εικόνα 46	δημιουργία βάσης δεδομένων	66
Εικόνα 48	sensors table.....	67
Εικόνα 47	δημιουργία πίνακα αισθητήρων.....	67
Εικόνα 49	greenhouse index	68
Εικόνα 50	test node 1	70
Εικόνα 51	test node 2.....	71

Εικόνα 52 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους	72
Εικόνα 53 node control test1	72
Εικόνα 55 database test.....	74

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η γεωργία στην Ευρωπαϊκή Ένωση αντιμετωπίζει σοβαρές προκλήσεις για τα επόμενα χρόνια λόγω της έλλειψης νερού,, της αύξησης του κόστους της ενέργειας, αργή μετατροπή του μοντέλου της παραγωγικότητας της γεωργίας, του ανταγωνισμού από τις διεθνείς αγορές και αβεβαιότητες ως προς την αποτελεσματικότητα της τρέχουσας ευρωπαϊκής πολιτικής. Η παραγωγή στα θερμοκήπια ,έχει τη δυνατότητα να παρουσιάσει μια εναλλακτική προσέγγιση σε ορισμένες από αυτές τις προκλήσεις. Το 2009, ο τομέας της παγκόσμιας παραγωγής θερμοκηπίου ήταν περίπου 800.000 εκτάρια, εκ των οποίων το 20% (160.000 εκτάρια) βρισκόταν στην Ευρώπη .

Όλα τα συστήματα καλλιέργειας θερμοκηπίου, ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης, περιλαμβάνουν στοιχεία ελέγχου του κλίματος. Οι σημαντικότεροι παράγοντες για την ποιότητα και την παραγωγικότητα της ανάπτυξης των φυτών είναι η θερμοκρασία, η υγρασία, το φως και το επίπεδο του διοξειδίου του άνθρακα. Η συνεχής παρακολούθηση αυτών των περιβαλλοντικών μεταβλητών παρέχει πληροφορίες στον καλλιεργητή για να κατανοήσει καλύτερα τον τρόπο με τον οποίο κάθε παράγοντας επηρεάζει την ανάπτυξη και τον τρόπο διαχείρισης της μέγιστης παραγωγικότητας των καλλιεργειών. Η βέλτιστη προσαρμογή του κλίματος του θερμοκηπίου μπορεί να μας επιτρέψει να βελτιώσουμε την παραγωγικότητα και να επιτύχουμε αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας.

Ένα σημαντικό πρόβλημα που παρουσιάζεται στα θερμοκήπια είναι οι παράμετροι που αυξάνονται καθημερινά λόγω της εξέλιξης της γεωργικής τεχνολογίας, έτσι πρέπει να αντιμετωπίσουμε το μεγάλο όγκο πληροφορίας που στο μέλλον μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση στην κυκλοφορία δεδομένων. Μια αποτελεσματική λύση για την διαχείριση των δεδομένων και τον έλεγχο του θερμοκηπίου εξ αποστάσεως, είναι το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων(WSN), το οποίο μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο μέρος της αρχιτεκτονικής του συστήματος αυτοματισμού στα σύγχρονα θερμοκήπια.

Η ασύρματη επικοινωνία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή των μετρήσεων και για την επικοινωνία μεταξύ του κεντρικού ελέγχου και των ενεργοποιητών που βρίσκονται στα διάφορα μέρη του θερμοκηπίου.Σε προηγμένες λύσεις WSN, ορισμένα τμήματα του ίδιου του συστήματος ελέγχου μπορούν επίσης να υλοποιηθούν με κατανεμημένο τρόπο στο δίκτυο έτσι ώστε να μπορούν να σχηματιστούν τοπικοί βρόχοι ελέγχου.Σε σύγκριση με τα καλωδιακά συστήματα, η εγκατάσταση του WSN είναι γρήγορη, φθηνή και εύκολη. Επιπλέον, είναι εύκολο να μετεγκατασταθούν τα σημεία μέτρησης όταν χρειάζεται, μετακινώντας ακριβώς τους κόμβους των αισθητήρων από τη μια θέση στην άλλη εντός μιας περιοχής επικοινωνίας της συσκευής συντονισμού.

Ο σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η δημιουργία ενός αυτόνομου συστήματος για την ακριβή παρακολούθηση και την διαχείριση μιας θερμοκηπιακής μονάδας, όπου με την βοήθεια ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων θα επιτρέπεται στους χρήστες να κάνουν ακριβή παρακολούθηση της καλλιέργειας κατά το χρόνο της ανάπτυξής της. Ως εκ τούτου, οι αγρότες θα μπορούν να γνωρίζουν άμεσα την κατάσταση του αντικειμένου σε όλα τα στάδια του, κάτι το οποίο θα διευκολύνει τη διαδικασία λήψης απόφασης σχετικά με το χρόνο της συγκομιδής.

Το σύστημα θα είναι σε θέση να παραδίδει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και όταν τα επίπεδα θερμοκρασίας και υγρασίας στο εσωτερικό των θερμοκηπίων πέφτουν κάτω από συγκεκριμένα επίπεδα, ο διαχειριστής του θερμοκηπίου θα ειδοποιεί στο κινητό τηλέφωνο με μήνυμα κειμένου, ή το σύστημα μπορεί να δρα αυτόματα και να ενεργοποιεί τα συστήματα υδρονέφωσης, να ανοίξει τους αεραγωγούς, ή να ελέγξει μια ευρεία ποικιλία αντιδράσεων του συστήματος. Με την συλλογή των διάφορων παραμέτρων σε μια βάση δεδομένων, δίνεται η δυνατότητα για περαιτέρω χρήση τους που με την επεξεργασία και χρήση διάφορων αλγορίθμων πρόβλεψης μπορούμε να προλαμβάνουμε ασθένειες πριν αυτές εμφανιστούν ψεκάζοντας την καλλιέργεια την κατάλληλη στιγμή.

Το έργο αυτό είναι το πρώτο βήμα στον τομέα της παρακολούθησης και ελέγχου του θερμοκηπίου και αφορά την ανάπτυξη ενός εφικτού και αξιόπιστου δικτύου αισθητήρων.

Η ανάλυση δεδομένων, οι λύσεις ελέγχου και οι πιο σύνθετες ρυθμίσεις δικτύου θα παραμείνουν οι κύριες κατευθύνσεις της μελλοντικής μας εργασίας.

Η κύρια συνεισφορά του οδηγού που προτείνεται σε αυτή τη διατριβή είναι να δοθούν γενικές οδηγίες στον αγρότη, τον περιβαλλοντολόγο και την επιστημονική κοινότητα γενικά, οι οποίοι δεν συνδέονται αναγκαστικά με την τεχνολογία WSN. Εκτός από τα παραπάνω, Ο στόχος αυτού του οδηγού είναι να συμβάλει στην καθιέρωση της τεχνολογίας WSN στην καθημερινή επαγγελματική ζωή του χρήστη, κάνοντάς την πιο εύκολη και πιο αποτελεσματική.

Το κύριο μέρος της πτυχιακής εργασίας χωρίζεται σε 6 κεφάλαια :

Το *Πρώτο Κεφάλαιο* ασχολείται με τα *Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων*, όπου αναφέρονται πληροφορίες σχετικά με την αρχιτεκτονική των ασύρματων αισθητήρων, την αρχιτεκτονική των κόμβων αισθητήρων, επίσης παρουσιάζονται ιδιαιτερότητες και εφαρμογές των ασύρματων δικτύων.

Στο *Δεύτερο Κεφάλαιο* δίνονται διάφορες πληροφορίες πάνω στην *Έξυπνη Γεωργία* όπου παρουσιάζονται διάφορες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο χώρο της γεωργίας και το πώς εφαρμόζονται στο θερμοκήπιο.

Το *Τρίτο Κεφάλαιο* ασχολείται με την *Μελέτη Περίπτωσης* ενός θερμοκηπίου. Αρχικά παρουσιάζονται οι απαιτήσεις που έχει το θερμοκήπιο, έπειτα γίνεται η ανάλυση και η υλοποίηση του συστήματος και στη συνέχεια δίνονται πληροφορίες για την πλατφόρμα Arduino τον εξοπλισμό που χρησιμοποιήθηκε.

Το *Τέταρτο Κεφάλαιο* ασχολείται με το *Προγραμματισμό* του ασύρματου δικτύου. Παρουσιάζονται τα πιο σημαντικά τμήματα του προγραμματισμού του ασύρματου δικτύου και το πώς λειτουργεί το κάθε κόμβος που υπάρχει στο σύστημά μας.

Το *Πέμπτο Κεφάλαιο* ασχολείται με την *Βάση Δεδομένων*. Αρχικά αναφέρονται όλες οι τεχνολογίες που χρειάζονται για την δημιουργία και τον προγραμματισμό της βάσης δεδομένων και στη συνέχεια παρουσιάζεται η μεθοδολογία όπου γίνεται η σύνδεση της βάσης δεδομένων με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

Το *Έκτο Κεφάλαιο* ασχολείται με τα *Αποτελέσματα*. Οπου γίνεται η παρουσίαση αποτελεσμάτων των διάφορων τεστ που γίνανε κατά την ολοκλήρωση του συστήματός μας.

1. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ (WSN)

1.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων

Οι πρόσφατες αλματώδεις εξελίξεις στο χώρο της μικροηλεκτρονικής επιστήμης, η οποία προσπαθεί όχι μόνο να μικρύνει τις διαστάσεις και το βάρος των διαφόρων μονάδων επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων, αλλά και να βελτιώσει παράλληλα τις δυνατότητες λειτουργίας τους, συνέβαλαν σημαντικά στην κατασκευή εντελώς νέων μονάδων ασύρματων αισθητήρων συμπαγούς μορφής και χαμηλής ισχύος.

Οι ασύρματοι αισθητήρες, οι οποίοι, για παράδειγμα, τοποθετούνται συχνά σε επικίνδυνους για την υγεία και δύσκολα προσπελάσιμους χώρους, έχουν τη δυνατότητα ανίχνευσης και μέτρησης των διαφόρων φυσικών μεγεθών, όπως, π.χ. θερμοκρασίας, υγρασίας, φωτός, πίεσης, ήχου κτλ., καθώς επίσης και ανίχνευσης της παρουσίας ορισμένων αντικειμένων. Όλοι μαζί σχηματίζουν ένα δυναμικό δίκτυο δρομολόγησης δεδομένων, το οποίο έχει τη δυνατότητα να συνδέει τον κάθε κόμβο του δικτύου σε ασύρματα δίκτυα μεγαλύτερης ισχύος καθώς και σε μεγαλύτερες μονάδες επεξεργασίας των πληροφοριών που έχουν ληφθεί. Αυτά τα δίκτυα ονομάζονται Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs - Wireless Sensor Networks).

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται συχνά από ένα σύνολο αισθητήρων μικρού μεγέθους και χαμηλού κόστους, οι οποίοι συλλέγουν και μεταδίδουν διάφορα κρίσιμα δεδομένα τα οποία ανιχνεύουν στο φυσικό τους περιβάλλον.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Διευκολύνουν την παρατήρηση και τον έλεγχο του φυσικού περιβάλλοντος από απόσταση με μεγάλη ακρίβεια, και, ως εκ τούτου, αναπτύσσονται συνήθως σε απομακρυσμένους και όχι εύκολα προσπελάσιμους χώρους.
- Προσδιορίζονται από την εκάστοτε εφαρμογή, και κατά συνέπεια πρέπει να περιλαμβάνουν το κατάλληλο υλικό (hardware) αλλά και λογισμικό (software) μέρος.
- Χρησιμοποιούν πρωτόκολλα τα οποία σχετίζονται άμεσα όχι μόνο με το είδος της εφαρμογής αλλά και με το εκάστοτε ασύρματο δίκτυο.
- Καταναλώνουν ενέργεια υποστηρίζοντας εφαρμογές πολυμέσων, π.χ. PDAs (Personal Digital Assistants), υπολογιστών δικτύων, και κινητών συσκευών επικοινωνίας.
- Βελτιώνουν την ακρίβεια του τεράστιου όγκου πληροφοριών (όπως, π.χ., δεδομένα σεισμικής διέγερσης, ηχητικά ή ακουστικά δεδομένα, εικόνες υψηλής ευκρίνειας, κτλ.) που λαμβάνουν από το φυσικό τους περιβάλλον μέσα από την κατανεμημένη επεξεργασία.
- Μπορούν να βελτιώσουν την πρόσβαση σε δεδομένα αισθητήρων που βρίσκονται σε πολύ μεγάλη απόσταση, παρέχοντας ενδιάμεσους σταθμούς βάσης (sink nodes) οι οποίοι τους συνδέουν με άλλα δίκτυα, όπως, για παράδειγμα, με το Internet, χρησιμοποιώντας ασύρματες ζεύξεις ευρείας ζώνης.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν:

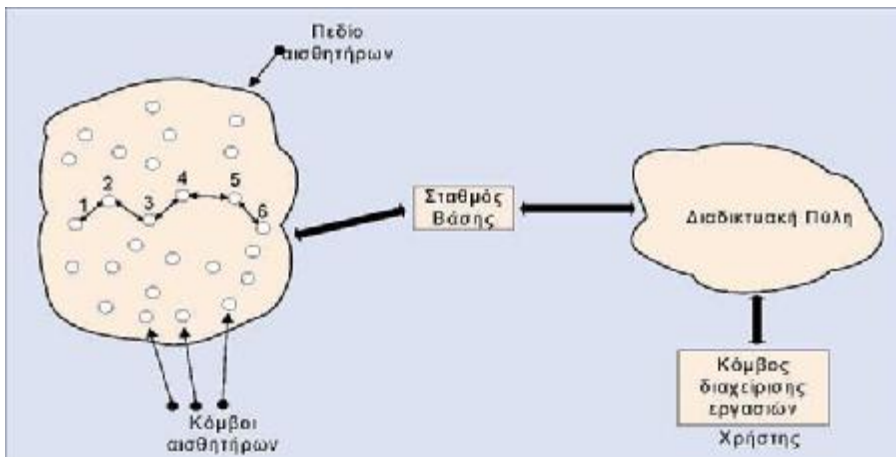
- για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων του κλίματος από απόσταση και την περισυλλογή μετεωρολογικών μεταβλητών, όπως είναι π.χ. η θερμοκρασία, η πίεση, και η υγρασία.
- για την επιλεκτική χαρτογράφηση των περιοχών που έχουν πληγεί από φωτιά, ώστε, άμεσα και με μεγάλη ακρίβεια, να κατευθύνουν προς το μέρος της τα πλησίον ευρισκόμενα μέσα πυρόσβεσης.
- σε αποστολές εποπτείας του πεδίου μάχης, προκειμένου να εντοπίσουν π. χ. κινούμενους στόχους ή ακόμη και την παρουσία χημικών αερίων, όσον αφορά το χώρο των στρατιωτικών εφαρμογών.

Τα τελευταία χρόνια, η σχεδίαση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχει αποκτήσει τεράστια σημασία λόγω του συνεχώς αυξανόμενου αριθμού των εμπορικών αλλά και των στρατιωτικών εφαρμογών.

Οι αισθητήρες βρίσκονται συνήθως διασκορπισμένοι σε ένα χώρο ο οποίος ονομάζεται *Πεδίο Αισθητήρων* (sensor field).

Καθένας από αυτούς τους αισθητήρες (ή κόμβους) έχει την ικανότητα να συλλέγει δεδομένα και στη συνέχεια να τα δρομολογεί προς το *Σταθμό Βάσης* (sink) μέσω μιας διαδρομής πολλαπλών βημάτων (multi-hop) (Εικόνα 1). Ο σταθμός βάσης έχει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με τον *Κόμβο Διαχείρισης Εργασιών* (Task manager node) μέσω του Διαδικτύου (Internet) ή μέσω δορυφόρου.

Η σχεδίαση και η αρχιτεκτονική επικοινωνίας ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, εξαρτάται από πάρα πολλούς παράγοντες οι οποίοι περιγράφονται αναλυτικά στην αμέσως επόμενη ενότητα.



Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων

1.2 Παράγοντες που Επηρεάζουν τη Σχεδίαση των Δικτύων Αισθητήρων

Οι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη λειτουργία των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχουν διατυπωθεί κατά καιρούς σε πολλές μελέτες που έχουν γίνει από διάφορους ερευνητές. Πρέπει να σημειώσουμε ότι καμία από αυτές τις μελέτες δεν έχει να παρουσιάσει έναν πλήρη κατάλογο όλων αυτών των παραγόντων. Όμως, αυτοί οι παράγοντες είναι πολύ σημαντικοί για τη σωστή μελέτη και σχεδίαση ενός πρωτοκόλλου ή ενός αλγόριθμου και θα πρέπει να λαμβάνονται πάντοτε σοβαρά υπόψη. Στη συνέχεια αναφέρουμε μερικούς από αυτούς.

1.2.1 Τοπολογία του Δικτύου Αισθητήρων

Ένας πολύ μεγάλος αριθμός αισθητήρων, ο οποίος μπορεί να κυμαίνεται από μερικές δεκάδες έως και μερικές χιλιάδες, μπορεί να αναπτυχθεί σε μία περιοχή, όπου μας ενδιαφέρει η παρακολούθηση κάποιων φαινομένων, και η οποία ονομάζεται *Πεδίο Αισθητήρων*. Η απόσταση μεταξύ τους συνήθως δεν υπερβαίνει τα λίγα μέτρα. Η πυκνότητα των κόμβων μπορεί να είναι αρκετά μεγάλη και να προσεγγίζει τους 20 κόμβους/m³. Η ανάπτυξη ενός τόσο σημαντικού αριθμού αισθητήρων σε τόσο πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, πυκνό δίκτυο, απαιτεί μία πάρα πολύ προσεκτική διαχείριση για τη διατήρηση της τοπολογίας του δικτύου.

1.2.2 Ανοχή σε Σφάλματα

Μερικοί κόμβοι είναι πάρα πολύ πιθανό να παύσουν να λειτουργούν για διάφορους λόγους:

- είτε διότι εξαντλήθηκαν τα υπόλοιπα διαθέσιμα ποσά ενέργειάς τους,
- είτε λόγω φυσικής τους φθοράς ή καταστροφής,
- είτε λόγω παρεμβολών από το γειτονικό τους περιβάλλον.

Σε καμία όμως περίπτωση δεν θα πρέπει να επηρεαστεί η απρόσκοπτη λειτουργία ολόκληρου του δικτύου εξ' αιτίας της αδυναμίας λειτουργίας ορισμένων κόμβων. Αυτό αποτελεί εξ' άλλου και το βασικό θέμα αξιοπιστίας ή ανοχής σε σφάλματα του δικτύου.

1.2.3 Επεκτασιμότητα

Ο αριθμός των κόμβων, που θα αναπτυχθούν σε ένα πεδίο αισθητήρων για τη μελέτη ενός φαινομένου, μπορεί να είναι της τάξης των μερικών δεκάδων ή και μερικών χιλιάδων ακόμη, ανάλογα με το είδος της εφαρμογής. Φυσικό είναι, ένας τόσο μεγάλος αριθμός κόμβων να απαιτεί ένα καινούργιο πλαίσιο εργασίας το οποίο θα λαμβάνει πολύ σοβαρά υπόψη αυτόν τον τεράστιο αριθμό των συνεργαζόμενων κόμβων.

1.2.4 Κόστος Παραγωγής

Επειδή τα δίκτυα αισθητήρων αποτελούνται από ένα σημαντικό αριθμό κόμβων, θα πρέπει να ληφθεί πολύ σοβαρά υπόψη το κόστος παραγωγής τους διότι αυτό μπορεί να επηρεάσει σημαντικά το συνολικό κόστος εγκατάστασης ενός δικτύου. Στην περίπτωση όπου το κόστος της εγκατάστασης ενός δικτύου αισθητήρων υπερβεί κατά πολύ το κόστος των ήδη υπαρχουσών συμβατικών τεχνολογιών, τότε είναι εύλογο να μην προτιμηθεί. Γι' αυτό λοιπόν το λόγο θα πρέπει το κόστος του κάθε κόμβου χωριστά να διατηρείται σε πολύ χαμηλά επίπεδα προκειμένου να είναι συμφέρουσα η επιλογή του.

1.2.5 Κατανάλωση Ισχύος

Ο κάθε αισθητήριος κόμβος, επειδή είναι ουσιαστικά μία μικροηλεκτρονική συσκευή, μπορεί να τροφοδοτείται μόνο από μία πηγή περιορισμένης ισχύος (συνήθως, <0.5 Ah, 1.2 V). Σε κάποιες μάλιστα εφαρμογές είναι δύσκολη η αντικατάσταση της μπαταρίας που διαθέτει. Ως εκ τούτου, ο χρόνος ζωής του κόμβου είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το χρόνο ζωής της μπαταρίας του.

1.2.6 Μέσα Ασύρματης Επικοινωνίας

Σε ένα δίκτυο αισθητήρων πολλαπλών βημάτων, η ζεύξη επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων είναι ασύρματη και μπορεί να γίνει με κάποιον από τους παρακάτω τρόπους:

- Με ραδιοσυχνότητες,
- Με υπέρυθρες,
- Με Bluetooth και
- Με οπτικές ακτίνες Laser.

Αυτά τα δίκτυα για να μπορούν να λειτουργούν οπουδήποτε, θα πρέπει το μέσο μετάδοσης να είναι διαθέσιμο παντού σε όλο τον κόσμο. Είναι προφανές ότι ο τρόπος μετάδοσης που επιλέγεται για την αποστολή και λήψη δεδομένων επηρεάζει άμεσα τη σχεδίαση πρόσβασης στο μέσο μετάδοσης, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν, αλλά και άλλες επιπλέον ιδιότητες που σχετίζονται με την εφαρμογή.

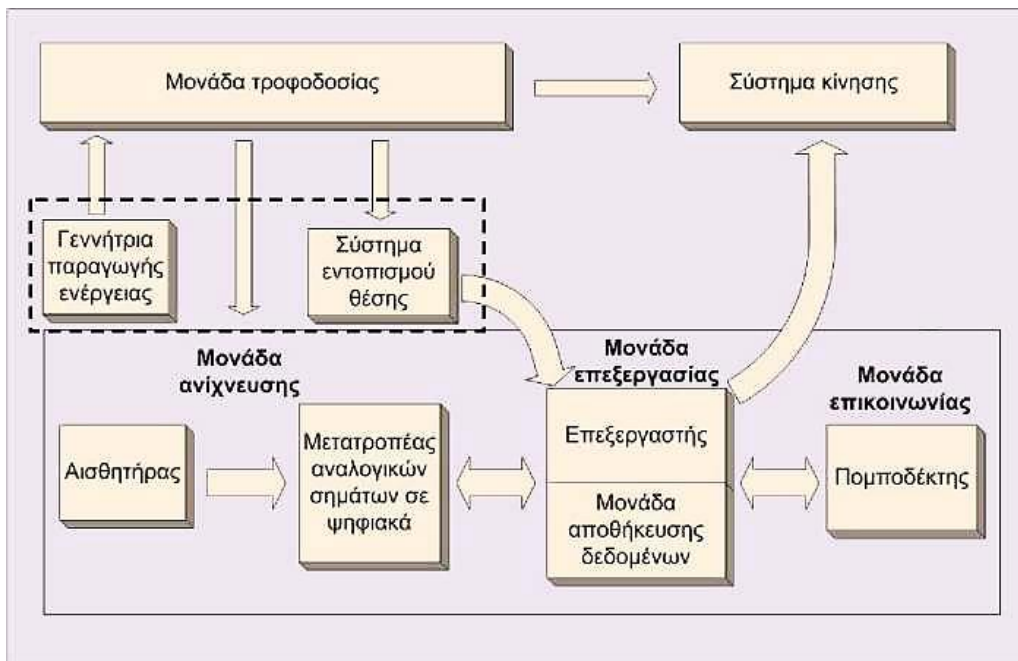
1.3 Αισθητήριοι Κόμβοι

Οι αισθητήριοι κόμβοι αποτελούν τον πυρήνα ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Έχουν βασικά την ευθύνη της συλλογής, της επεξεργασίας και της μετάδοσης δεδομένων. Δεν έχουν τη δυνατότητα της άμεσης μετάδοσης των δεδομένων σε κάποιο άλλο μεγάλο δίκτυο, (όπως είναι λόγου χάρη το Διαδίκτυο ή κάποιο δίκτυο υπολογιστών), ή σε κάποιο κεντρικό υπολογιστή. Το ρόλο αυτό αναλαμβάνει μία άλλη συσκευή η οποία ονομάζεται πύλη (Gateway) και έχει ως βασικό της σκοπό τη μετάδοση των δεδομένων από το τοπικό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων προς κάποιο άλλο μεγαλύτερο δίκτυο.

Πιο συγκεκριμένα: Οι αισθητήριοι κόμβοι έχουν τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- Μπορούν να περισυλλέγουν πληροφορίες τέτοιες ώστε να παρέχουν μία πλούσια, πολυδιάστατη εικόνα του περιβάλλοντος, εφόσον αποτελούν μέρος του δικτύου.
- Μπορούν να εστιάζουν την προσοχή τους σε κρίσιμα συμβάντα που υποδεικνύονται από άλλους αισθητήρες του δικτύου (όπως, π.χ. την είσοδο εισβολέα σε κτήριο).

- Έχουν τη δυνατότητα να συνεχίζουν να λειτουργούν με ακρίβεια ακόμη και σε περίπτωση απώλειας κάποιων μεμονωμένων αισθητήρων του δικτύου. Για παράδειγμα, εάν κάποιος από τους αισθητήρες του δικτύου απωλέσουν μία σημαντική πληροφορία, τότε, άλλοι αισθητήρες μπορούν να έλθουν σε βοήθεια προκειμένου να παραδώσουν τα δεδομένα που έχουν ήδη χαθεί.
- Έχουν πολύ περιορισμένα ενεργειακά αποθέματα και η αντικατάσταση της μπαταρίας τους είναι τουλάχιστον αδύνατη, εφόσον βρίσκονται σε μη προσπελάσιμους ή επικίνδυνους περιβαλλοντικά χώρους.
- Είναι γενικά εφοδιασμένοι με μικροκυκλώματα επεξεργασίας και επικοινωνίας των πληροφοριών που λαμβάνουν από το φυσικό τους περιβάλλον.



Εικόνα 2 Αρχιτεκτονική ενός ασύρματου κόμβου αισθητήρα

Η μονάδα ανίχνευσης μετρά τις διάφορες παραμέτρους από το περιβάλλον του αισθητήρα και τις μετατρέπει σε ηλεκτρικά σήματα. Η επεξεργασία αυτών των σημάτων αποκαλύπτει κάποιες ιδιότητες, είτε των εκεί ευρισκόμενων αντικειμένων, είτε των διαφόρων συμβάντων που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή εμβέλειας του αισθητήρα. Ο αισθητήρας αποστέλλει τις πληροφορίες που έχει ανιχνεύσει, συνήθως με τη βοήθεια ενός πομποδέκτη (αναμεταδότη), προς ένα κέντρο ελέγχου, είτε απευθείας, είτε μέσω ενός ενδιάμεσου κέντρου περισυλλογής δεδομένων (σταθμός βάσης ή πύλη). Ο σταθμός βάσης έχει τη δυνατότητα να συγχωνεύει τα δεδομένα που έχουν ανιχνευθεί προκειμένου να φιλτράρει τα λανθασμένα δεδομένα και άλλες ανωμαλίες και να εξάγει συμπεράσματα από τα δεδομένα που έχουν αναφερθεί για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο.

1.3.1 Δομή

Ένας αισθητήριος κόμβος αποτελείται από τις εξής βασικές μονάδες (Εικόνα 2):

- Τη Μονάδα Ανίχνευσης (Sensing Unit),
- Τη Μονάδα Επεξεργασίας (Processing Unit),
- Τη Μονάδα Επικοινωνίας (Communication Unit) και
- Τη Μονάδα Τροφοδοσίας (Power Unit).

Εκτός από αυτές τις μονάδες, είναι δυνατόν να διαθέτει και κάποιες άλλες ακόμη οι οποίες εξαρτώνται από την εφαρμογή και είναι οι εξής:

- Το Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (Location Finding System),
- Το Σύστημα Κίνησης (Mobilizer), και
- Η Γεννήτρια Παραγωγής Ενέργειας (Power Generator) .

Μονάδα Ανίχνευσης

Η μονάδα ανίχνευσης είναι αυτή η οποία πραγματοποιεί τις μετρήσεις και αποτελείται, συνήθως, από δύο επί μέρους μονάδες:

- τους Αισθητήρες (Sensors) και
- το Μετατροπέα Αναλογικών Σημάτων σε Ψηφιακά (A/D Converter).

Τα αναλογικά σήματα τα οποία παράγονται από τους αισθητήρες, και έχουν ως βάση το υπό παρακολούθηση φαινόμενο, μετατρέπονται σε σήματα ψηφιακής μορφής από τον αναλογικό/ ψηφιακό μετατροπέα (A/D Converter), και κατόπιν αποστέλλονται στη μονάδα επεξεργασίας δεδομένων.

Οι αισθητήρες αποτελούν την πηγή πληροφοριών ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Συλλέγουν πληροφορίες (δεδομένα) από το περιβάλλον τις οποίες στη συνέχεια επεξεργάζονται και μεταδίδουν. Οι πληροφορίες που συλλέγονται αφορούν, από τη μέτρηση διάφορων φυσικών μεγεθών, όπως θερμοκρασία, πίεση, υγρασία, μέχρι τον εντοπισμό αντικειμένων.

Μονάδα Επεξεργασίας Δεδομένων

Η μονάδα επεξεργασίας δεδομένων αποτελείται ουσιαστικά από δύο επί μέρους μονάδες:

- Τον Επεξεργαστή (Processor) και
- Μία μικρή Μονάδα Αποθήκευσης Δεδομένων (Storage unit).

Οι δύο αυτές υπομονάδες, οι οποίες έχουν άμεση επικοινωνία μεταξύ τους, διαχειρίζονται τις διαδικασίες εκείνες οι οποίες επιβάλλουν στον κόμβο αισθητήρα να συνεργάζεται με τους υπόλοιπους κόμβους προκειμένου να φέρουν εις πέρας από κοινού το επιτελούμενο από αυτούς έργο (των μετρήσεων).

Μονάδα Επικοινωνίας

Η μονάδα επικοινωνίας αποτελείται βασικά από έναν *Πομποδέκτη (Transceiver)* ο οποίος συνδέει τον κόμβο με το υπόλοιπο δίκτυο. Είναι υπεύθυνη για τη διασφάλιση λειτουργιών ελέγχου, όπως είναι π.χ. η αναφορά για τα υπόλοιπα διαθέσιμα ενεργειακά αποθέματα του κάθε κόμβου, ή ο διαθέσιμος χώρος του buffer.

Ο έλεγχος της μεταδιδόμενης ενέργειας καθώς και η μέτρηση του λαμβανόμενου σήματος παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται τα εξής:

- Πιθανή μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας εκπομπής προς τους γειτονικούς κόμβους.
- Ανίχνευση συγκρούσεων (collisions) στο ασύρματο κανάλι.
- Δυνατότητα χρησιμοποίησης για τον καθορισμό της σχετικής θέσης ενός κόμβου μέσα στο ασύρματο δίκτυο.
- Παροχή δυνατότητας στον αισθητήριο κόμβο ώστε να ρυθμίζει ανάλογα τον αριθμό των γειτονικών του κόμβων με τους οποίους μπορεί να επικοινωνεί ασύρματα, συμβάλλοντας έτσι στην επέκταση του δικτύου.

Εκτός των άλλων, η μονάδα επικοινωνίας είναι υπεύθυνη για το συντονισμό των διαφόρων λειτουργιών, που έχουν άμεση σχέση με την επικοινωνία, όπως είναι π.χ. η λήψη απόφασης για τον καθορισμό της ακριβούς χρονικής στιγμής που θα αποσταλούν τα δεδομένα, την ποσότητα αυτών των δεδομένων, και βεβαίως ο καθορισμός του ρόλου των αισθητήριων κόμβων, δηλαδή ποιος από τους αισθητήριους κόμβους θα είναι ο πομπός και ποιος θα είναι ο δέκτης.

Μονάδα Τροφοδοσίας

Οι μονάδες τροφοδοσίας είναι από τις πλέον σημαντικές μονάδες που διαθέτει ο αισθητήριος κόμβος. Αυτές είναι πιθανόν να υποστηρίζονται από μονάδες παραγωγής ενέργειας, όπως είναι για παράδειγμα τα ηλιακά κύτταρα, τα οποία είναι σε θέση να τις τροφοδοτούν με ενέργεια όποτε αυτές τα χρειαστούν, και φυσικά όποτε αυτό είναι εφικτό.

Η μονάδα τροφοδοσίας αποτελείται από τη μπαταρία και από ένα μετατροπέα συνεχούς ρεύματος σε συνεχές (DC-DC converter). Έχει ως σκοπό την τροφοδοσία του αισθητήριου κόμβου με την απαραίτητη ενέργεια ώστε να εξασφαλίζεται η απρόσκοπτη λειτουργία του.

Λοιπές Μονάδες

Υπάρχουν και άλλες ακόμη επί μέρους μονάδες οι οποίες εξαρτώνται από την εφαρμογή. Οι περισσότερες τεχνικές δρομολόγησης σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων καθώς και οι εργασίες εκτέλεσης μετρήσεων απαιτούν την προηγούμενη γνώση της ακριβούς θέσης του αισθητήριου κόμβου. Γι' αυτόν το λόγο είναι πολύ σύνηθες να διαθέτει ο κόμβος ένα *Σύστημα Εντοπισμού Θέσης*. Επιπλέον, κάποιες φορές, ένα *Σύστημα Κίνησης* είναι εντελώς απαραίτητο για τη μετακίνηση των αισθητήριων κόμβων προκειμένου αυτοί να πραγματοποιήσουν μία σειρά από μετρήσεις στην υπό παρακολούθηση περιοχή.

1.3.2 Διαφορές Δικτύων Αισθητήρων και Ad hoc δικτύων

Οι βασικές διαφορές μεταξύ ασύρματων δικτύων ad hoc και δικτύων αισθητήρων είναι οι εξής:

- Ο αριθμός των κόμβων σε ένα δίκτυο αισθητήρων είναι πολλές τάξεις μεγέθους μεγαλύτερος από ότι σε ένα δίκτυο ad hoc.
- Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αισθητήρων είναι πολύ πιο πυκνά τοποθετημένοι από ότι σε ένα δίκτυο ad hoc.
- Οι κόμβοι σε ένα δίκτυο αισθητήρων είναι πολύ πιο επιρρεπείς σε βλάβες και πολύ πιο εύκολο να καταστραφούν εξ' αιτίας του γεγονότος ότι λειτουργούν εκτεθειμένοι σε αντίξοες συνθήκες και η αντικατάστασή τους είναι πολύ δύσκολη, αν όχι ανέφικτη.
- Η τοπολογία ενός δικτύου αισθητήρων αλλάζει πολύ συχνά.
- Στα περισσότερα δίκτυα ad hoc, η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων είναι από Σημείο σε Σημείο (*point-to-point*), ενώ αντίθετα, στα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιείται κυρίως η Εκπομπή (*broadcast*).
- Οι αισθητήριοι κόμβοι έχουν περιορισμένη αποθηκευτική ικανότητα (μνήμη), επεξεργαστική ισχύ και διαθέσιμα ποσά ενέργειας.
- Ο κάθε αισθητήριος κόμβος δε διαθέτει τη δική του διεύθυνση (ID) ώστε να είναι αναγνωρίσιμος από το παγκόσμιο δίκτυο, και τούτο εξαιτίας της πολυπλοκότητας που εισάγει αυτό (π.χ. μεγάλο μέγεθος επικεφαλίδας), αλλά και λόγω του εξαιρετικά μεγάλου αριθμού αισθητήριων κόμβων στο δίκτυο

1.4 Βασικά Πρότυπα επικοινωνίας των Δικτύων Αισθητήρων

Μηχανικοί και ερευνητές που δραστηριοποιούνται στο χώρο της ασύρματης τεχνολογίας χαμηλής ισχύος χρησιμοποιούν όλο και περισσότερο το πρότυπο 802.15.4. Το πρότυπο αυτό παρέχει μια προδιαγραφή του καναλιού RF και του πρωτοκόλλου σηματοδότησης. Το πρωτόκολλο Zigbee, που βασίζεται πάνω στο 802.15.4, είναι μια προδιαγραφή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας συσκευών σε επίπεδο εφαρμογής και θα περιγράψει αναλυτικά στη συνέχεια.

1.4.1 Το πρότυπο ZigBee

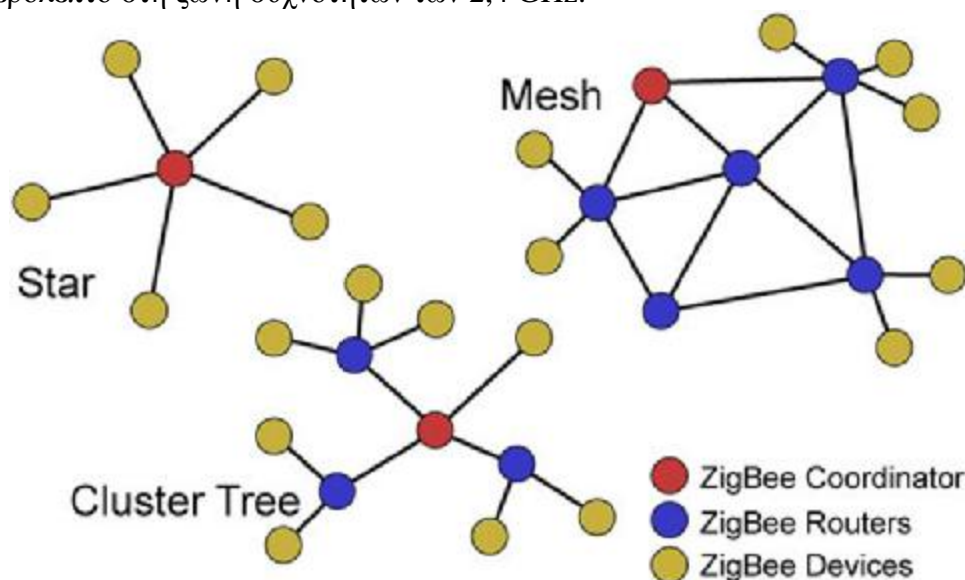


Εικόνα 3 Η τεχνολογία ZigBee

Το πρότυπο ZigBee αποτελεί μια σουίτα πρωτοκόλλων επικοινωνίας υψηλού επιπέδου το οποίο έχει ως κύριο μέλημα του τη δημιουργία δικτύων προσωπικής περιοχής.

Χαρακτηριστικό των συσκευών του προτύπου ZigBee αποτελεί η μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις με τη βοήθεια ενδιάμεσων συσκευών δημιουργώντας δίκτυο πλέγματος. Οι εφαρμογές του παραπάνω προτύπου διακρίνονται για το χαμηλό ρυθμό δεδομένων, την μεγάλη διάρκεια ζωής της μπαταρίας, και την ασφαλή δικτύωση. Περιλαμβάνουν ασύρματους διακόπτες φωτός, συστήματα διαχείρισης της κυκλοφορίας και εξοπλισμό που απαιτεί μικρής εμβέλειας ασύρματη μεταφορά δεδομένων σε σχετικά χαμηλές τιμές.

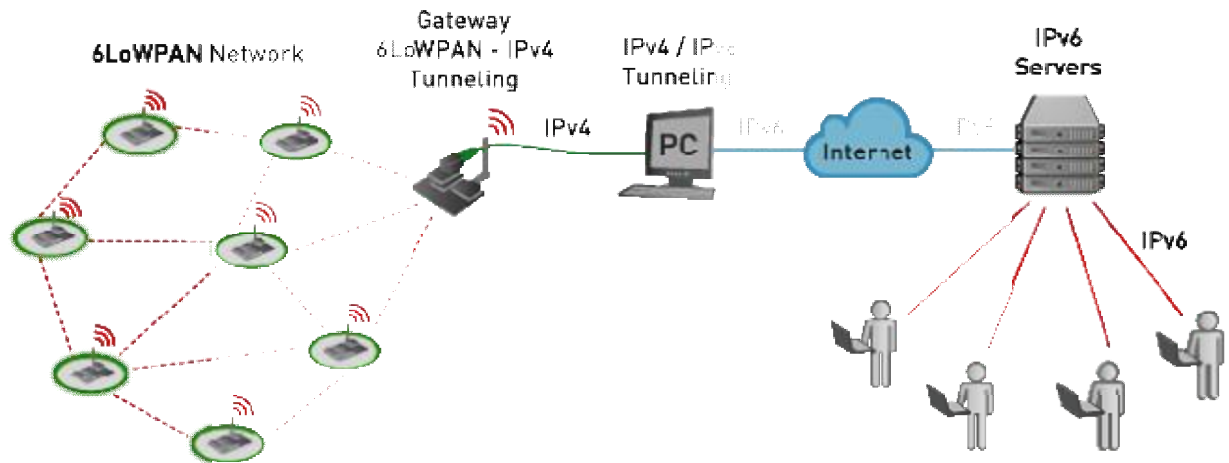
Η τεχνολογία ZigBee είναι απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή από ότι άλλες WPANs (βλ. Bluetooth ,Wi-Fi). Το χαμηλό κόστος επιτρέπει στην τεχνολογία να αναπτυχθεί ευρέως σε ασύρματες εφαρμογές ελέγχου και παρακολούθησης, ενώ η χαμηλή κατανάλωση ισχύος της επιτρέπει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής με μικρότερες μπαταρίες. Σημαντικό θα ήταν να αναφέρουμε ότι η ZigBee λειτουργεί σε βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές (ISM) ραδιοσυχνότητες: 868 MHz στην Ευρώπη, 915 MHz στις ΗΠΑ και την Αυστραλία και 2,4 GHz στις περισσότερες χώρες σε όλο τον κόσμο με ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων που κυμαίνονται από 20 kilobits / δευτερόλεπτο στη ζώνη συχνοτήτων 868 MHz έως 250 kilobits / δευτερόλεπτο στη ζώνη συχνοτήτων των 2,4 GHz.



Εικόνα 4 Η τεχνολογία ZigBee

Οι τοπολογίες που υποστηρίζονται από το στρώμα δικτύου ZigBee είναι η τοπολογία αστέρι, πλέγμα και δέντρο. Βασικό ρόλο σε κάθε δίκτυο έχει ο ‘συντονιστής’. Ο συντονιστής είναι μια συσκευή η οποία είναι υπεύθυνη για την παραμετροποίηση και τη βασική συντήρηση του δικτύου. Στην τοπολογία αστέρι ο συντονιστής αποτελεί τον κύριο κόμβο του δικτύου.

1.4.2 Το πρότυπο 6LoWPAN



Εικόνα. 5 Το πρότυπο 6LoWPAN

Το πρότυπο 6LoWPAN προήλθε από την ιδέα ότι: «το Πρωτόκολλο Διαδικτύου μπορεί και πρέπει να εφαρμοστεί ακόμη και στις μικρότερες συσκευές και ότι οι συσκευές χαμηλής ισχύος, με περιορισμένες δυνατότητες επεξεργασίας θα πρέπει να είναι σε θέση να συμμετάσχουν στο Ίντερνετ».

Η τεχνολογία 6LoWPAN έχει καθορίσει τους μηχανισμούς που επιτρέπουν πακέτα να σταλούν και να ληφθούν από το IEEE 802.15.4. Τα IPv4 και IPv6 είναι υπεύθυνα για την παράδοση στοιχείων στα τοπικά δίκτυα, τα δίκτυα μητροπολιτικής περιοχής, καθώς και τα δίκτυα ευρείας περιοχής, όπως το Internet. Στόχος της IP δικτύωσης για ραδιοεπικοινωνία χαμηλής ισχύος είναι οι εφαρμογές που απαιτούν ασύρματη σύνδεση στο internet σε χαμηλότερες ταχύτητες δεδομένων για τις συσκευές με πολύ περιορισμένη μορφή παράγοντας. Αξίζει να προσθέσουμε ότι το IPv6 χρησιμοποιείται στο έξυπνο δίκτυο που επιτρέπει σε ευφείς μετρητές και άλλες συσκευές την κατασκευή ενός micro mesh δικτύου πριν από την αποστολή των δεδομένων πίσω στο σύστημα χρέωσης.

Το πρότυπο 6LoWPAN χαρακτηρίζεται από:

- Προσαρμογή του μεγέθους των πακέτων δύο δικτύων .
- Ψήφισμα Διεύθυνση .
- Διαφορετικά σχέδια της συσκευής .
- Διαφορετική έμφαση στη βελτιστοποίηση των παραμέτρων.
- Στρώμα προσαρμογής για τη διαλειτουργικότητα .
- Αντιμετώπιση των μηχανισμών διαχείρισης .
- Δρομολόγηση σκέψης .
- Συσκευή και υπηρεσία ανακάλυψης.
- Ασφάλεια

1.5 Εφαρμογές στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων

Οι πρώτες έρευνες σε θέματα ασύρματων δικτύων αισθητήρων πραγματοποιήθηκαν από επιστήμονες του στρατού. Από αυτές τις έρευνες προέκυψε ένα πολύ μεγάλο πλήθος εφαρμογών ευρείας γκάμας οι οποίες ξεκινούν από μεγάλης κλίμακας δίκτυα, π.χ. ακουστικής επιτήρησης των ωκεανών, μέχρι μικρής κλίμακας δίκτυα, όπως είναι π.χ. τα δίκτυα τα οποία αποτελούνται από μη επιτηρούμενους αισθητήριους κόμβους εδάφους για την ανίχνευση διαφόρων φαινομένων. Η ραγδαία μείωση του κόστους αλλά και του μεγέθους των αισθητήριων κόμβων συνέβαλε ουσιαστικά στην ανάπτυξη πολλών ακόμη δυναμικών εφαρμογών που έχουν σχέση, για παράδειγμα, με την ιατρική, τη βιομηχανία, την ασφάλεια των κτηρίων, κτλ.

Ένας αισθητήριος κόμβος, όπως είναι για παράδειγμα ο MICA2, μπορεί να περιλαμβάνει μία σχετικά μεγάλη γκάμα αισθητήρων, όπως: αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, πίεσης και φωτός, αισθητήρες επιταχυνσιομετρικούς, βαρομετρικούς, μικρόφωνα, μαγνητόμετρα, και πολλά άλλα ακόμη είδη αισθητήρων με κατάλληλες αναλογικές εισόδους.

Όλοι οι αισθητήρες που έχουν ήδη αναφερθεί είναι σε θέση να παρακολουθούν τις εκάστοτε σημειούμενες μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών παρέχοντας στον ενδιαφερόμενο χρήστη πληροφορίες σχετικά με τις διακυμάνσεις, π.χ. της πίεσης, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του φωτός, του θορύβου, της διάρθρωσης του εδάφους, της παρουσίας ή μη συγκεκριμένων τύπων αντικειμένων μέσα στο πεδίο επιτήρησής τους, των επιπέδων μηχανικής πίεσης που ασκείται σε ενσωματωθέντα αντικείμενα, της κίνησης οχημάτων, αλλά και της ταχύτητας, κατεύθυνσης και μεγέθους κάποιου συγκεκριμένου αντικειμένου.

Με βάση την προσφερόμενη ποικιλία των πληροφοριών, η χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων καθίσταται εξαιρετικά σημαντική, αλλά και πολλές φορές αναγκαία σε ένα μεγάλο πλήθος εφαρμογών. Πολλοί είναι οι τομείς της επιστήμης, και όχι μόνο, που έχουν επιδείξει μεγάλο ενδιαφέρον για την αξιοποίηση των δυνατοτήτων που μπορεί να προσφέρει ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και να τις εκμεταλλευτούν σε τέτοιο βαθμό ώστε να ικανοποιηθούν οι ανάγκες τους.

Αναφέρονται ενδεικτικά οι σπουδαιότεροι από αυτούς: Ιατρική, περιβάλλον, περιβαλλοντικοί οργανισμοί, παρακολούθηση οδικής και εναέριας κυκλοφορίας, στρατός, βιομηχανικές και κατασκευαστικές εταιρείες, οικιακές εφαρμογές, κτλ. Στη συνέχεια αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες εφαρμογές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Κάποιες από αυτές βρίσκονται ακόμη σε πειραματικό στάδιο, κάποιες άλλες αποτελούν ήδη εμπορικά προϊόντα, ενώ κάποιες ακόμη έχουν ενταχθεί σε ερευνητικά προγράμματα, τα οποία χρησιμοποιούν τα δίκτυα αισθητήρων ως εργαλείο.

Ιατρικές Εφαρμογές

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων βρίσκουν τεράστιες εφαρμογές στον τομέα της υγείας. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμεύσουν ως μέσον παροχής βοήθειας σε άτομα με ειδικές ανάγκες, στην παρακολούθηση των φυσιολογικών δεδομένων ενός ασθενούς από απόσταση, στην παρακολούθηση και διάγνωση ασθενειών (τηλεϊατρική), στον εντοπισμό και την παρακολούθηση ιατρών και ασθενών σε νοσοκομειακή μονάδα και επίσης στη διαχείριση φαρμάκων.

Στρατιωτικές Εφαρμογές

Μερικά από τα πολύ βασικά χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων είναι: η ταχύτητα, η μεγάλη ποικιλία τρόπων εγκατάστασης, η δυνατότητα αυτό-οργάνωσης, η λειτουργία χωρίς επίβλεψη, καθώς και η ανοχή τους σε λάθη. Αυτά τα χαρακτηριστικά τα καθιστούν ιδανικά προκειμένου να ενσωματωθούν σε στρατιωτικά συστήματα, όπως: συστήματα εντολών, ελέγχου, επικοινωνίας, ευφυΐας, άμυνας, παρακολούθησης (κατασκοπίας), αναγνώρισης και στόχευσης. Επειδή τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων βασίζονται, κατά κύριο λόγο, στην πυκνή τους χωρική εγκατάσταση, η καταστροφή μερικών κόμβων, από τις εχθρικές δυνάμεις, δεν μπορεί να επηρεάσει μία στρατιωτική επιχείρηση στο βαθμό που θα την επηρέαζε η καταστροφή των παραδοσιακών τύπων αισθητήρων

Περιβαλλοντικές Εφαρμογές

Το περιβάλλον αποτελεί έναν από τους ιδανικότερους χώρους για την εγκατάσταση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, για τον απλούστατο λόγο ότι μπορεί να μετρηθεί ένα πολύ μεγάλο πλήθος φυσικών μεγεθών, όπως είναι π.χ. η θερμοκρασία, η οποία αποτελεί μία από τις πλέον σημαντικές μεταβλητές και αξίζει ιδιαίτερης προσοχής, η πίεση αλλά και η υγρασία. Οι αισθητήρες που παρακολουθούν το περιβάλλον χρησιμοποιούνται για να εξετάζουν προσεκτικά τον τρόπο απόκρισης της βλάστησης στις εκάστοτε παρουσιαζόμενες μεταβολές του κλίματος αλλά και στις διάφορες ασθένειες. Οι ακουστικοί αισθητήρες αλλά και οι αισθητήρες εικόνας (οι οποίοι διεγείρονται με την εμφάνιση κάποιας εικόνας) είναι σε θέση να αναγνωρίζουν αποτυπώματα και να μετρούν τον πληθυσμό των άγριων πτηνών καθώς και των άλλων ειδών της πανίδας στην υπό παρακολούθηση περιοχή. Μπορούν επίσης να παρακολουθούν τις κινήσεις των πτηνών και των αγρίων ζώων όταν αυτά αποδημούν ή μεταναστεύουν σε άλλες περιοχές.

Εφαρμογές στη Γεωργία

Η εφαρμογή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων στη γεωργία εξελίσσεται πλέον σε σημαντικό παράγοντα εκμετάλλευσής τους. Όπως θα δούμε πιο αναλυτικά στην επόμενη ενότητα, με τη χρήση αυτών των δικτύων είναι δυνατόν να παρακολουθούνται, σε πραγματικό χρόνο, τα ακριβή επίπεδα πόσιμου νερού, διάβρωσης και μόλυνσης του εδάφους. Οι διάφορες πληροφορίες που συλλέγονται, αποστέλλονται σε κάποιο σταθμό βάσης (κεντρικό υπολογιστή) προκειμένου να αποτελέσουν αντικείμενο μελέτης από τους άμεσα ενδιαφερομένους. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα παρακολούθησης διαφόρων παραγόντων, όπως είναι για παράδειγμα, το χρώμα των φύλλων, η υγρασία του εδάφους, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, κτλ., οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την ανάπτυξη των φυτών και ανάλογα με τα αποτελέσματα να ενεργοποιείται ο μηχανισμός της αυτόματης άρδευσης.

2 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Πριν από την εκμηχάνιση της γεωργίας και την αύξηση του μεγέθους των αγροκτημάτων, ο γεωργός γνώριζε το χωράφι του, καθώς το περπατούσε διαρκώς στη διάρκεια της βλαστικής περιόδου εκτελώντας τις καλλιεργητικές εργασίες και είχε τη δυνατότητα να διαχειρίζεται τα διάφορα μέρη του σύμφωνα με τις ανάγκες που θεωρούσε ότι είχαν. Για παράδειγμα, έριχνε περισσότερο σπόρο σε σημεία του χωραφιού που δεν φύτρωναν, έριχνε περισσότερο λίπασμα όπου τα φυτά φαινόταν αδύναμα και κατάστρεφε τα ζιζάνια όπου τα έβρισκε.

Με την εκμηχάνιση της γεωργίας και τη μεγένθυση των αγροκτημάτων ο γεωργός χάνει αυτή την άμεση αίσθηση του χωραφιού του. Μέχρι σήμερα η διαχείριση των αγροκτημάτων γίνεται με βάση τους μέσους όρους της παραγωγής, των ιδιοτήτων του εδάφους και των χαρακτηριστικών της καλλιέργειας. Η βασική υπόθεση είναι ότι οι αγροί είναι ομοιόμορφοι. Παρόλο που οι αγρότες γνώριζαν ότι υπήρχε ανομοιομορφία των αγρών τους, δεν είχαν αρκετές δυνατότητες να διαφοροποιήσουν τις καλλιεργητικές φροντίδες σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας σε κάθε σημείο του αγρού. Η τυπική διαχείριση στηρίζεται στη δειγματοληψία του εδάφους σε τυχαία σημεία του αγρού και καθορισμό της ποσότητας του λιπάσματος με βάση τον μέσο όρο των εδαφικών ιδιοτήτων. Έτσι, το λίπασμα διανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον αγρό, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η χωρική παραλλακτικότητα του εδάφους και της παραγωγής. Με τον τρόπο αυτό, σε μερικά σημεία του αγρού εφαρμόζεται μεγαλύτερη ποσότητα λιπάσματος από την απαιτούμενη με αποτέλεσμα την σπατάλη του λιπάσματος και μείωση της ποιότητας του παραγομένου προϊόντος και σε άλλες περιοχές μικρότερη ποσότητα από την απαιτούμενη, με αποτέλεσμα την μείωση της παραγωγής. Το ίδιο συνέβαινε και με τις υπόλοιπες εισροές, όπως τα φυτοφάρμακα και το νερό άρδευσης, τα οποία εφαρμόζονταν ομοιόμορφα στον αγρό.

2.1 Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας

Η εφαρμογή των νέων τεχνολογιών στη γεωργία επέτρεψε τη μέτρηση της χωρικής και χρονικής παραλλακτικότητας των παραμέτρων της παραγωγής και του εδάφους και έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης συστημάτων Γεωργίας Ακριβείας. Γεωργία Ακριβείας (Precision Agriculture) είναι μια νέα μέθοδος διαχείρισης των αγρών, σύμφωνα με την οποία οι εισροές (φυτοφάρμακα, λιπάσματα, σπόρος, νερό άρδευσης) και οι καλλιεργητικές πρακτικές εφαρμόζονται ανάλογα με τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών, καθώς αυτές διαφοροποιούνται στον χώρο και στον χρόνο. Οι κύριοι στόχοι της Γεωργίας Ακριβείας είναι:

- η αύξηση της απόδοσης των καλλιεργειών,
- η βελτίωση της ποιότητας των παραγομένων προϊόντων,
- η πιο αποδοτική χρήση των αγροχημικών,
- η εξοικονόμηση της ενέργειας,
- η προστασία του εδάφους και των νερών από την ρύπανση.

Η ιδέα της διαχείρισης τμημάτων του αγρού σαν ξεχωριστή μονάδα δεν είναι καινούργια. Αν σκεφτεί κανείς ποια είναι η μικρότερη περιοχή που μπορεί να διαχειριστεί, αυτή μπορεί να είναι κάθε φυτό ξεχωριστά και το έδαφος που επηρεάζει την ανάπτυξή του. Αυτό ακριβώς έκαναν οι γεωργοί τα παλαιότερα χρόνια, όταν έσπερναν με το χέρι κάθε φυτό. Σήμερα, επειδή έχουν αυξηθεί οι καλλιεργούμενες εκτάσεις λόγω των δυνατοτήτων που έδωσε η εκμηχάνιση, για να γίνει διαχείριση σε επίπεδο φυτού χρειάζεται αναπτυγμένη τεχνολογία.

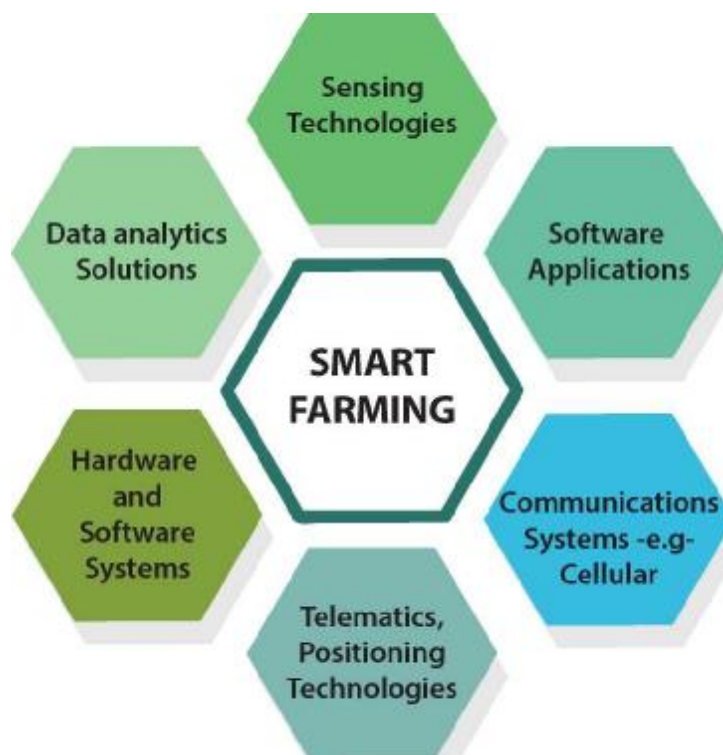
Η ανάπτυξη της τεχνολογίας της πληροφορικής και των ηλεκτρονικών έδωσε ώθηση στην ανάπτυξη της Γεωργίας Ακριβείας

Η προϋπόθεση για την εφαρμογή της Γεωργίας Ακριβείας και κατ' επέκταση την εφαρμογή των εισροών με μεταβλητές δόσεις είναι γνώση τη χωρικής παραλλακτικότητας. Η χωρική παραλλακτικότητα είναι η παραλλακτικότητα σε μετρούμενα χαρακτηριστικά της καλλιέργειας και του εδάφους στον χώρο. Παραλλακτικότητα υπάρχει σε όλους τους αγρούς και μπορεί να παρατηρηθεί στη γονιμότητα του εδάφους, στην υγρασία, στη μηχανική σύσταση του εδάφους, στην τοπογραφία, στην ανάπτυξη των φυτών και στους πληθυσμούς εχθρών και ασθeneιών.

Η παραλλακτικότητα εκτός από χωρική μπορεί να είναι και χρονική. Για παράδειγμα, μερικές εδαφικές ιδιότητες είναι σταθερές με το χρόνο ή μεταβάλλονται ελάχιστα από χρόνο σε χρόνο, όπως η οργανική ουσία και η μηχανική σύσταση του εδάφους. Άλλες ιδιότητες, όπως τα επίπεδα των νιτρικών και η υγρασία του εδάφους, μπορεί να αλλάζουν πολύ με το χρόνο. Επίσης, η κατάσταση της καλλιέργειας μπορεί να μεταβληθεί μέσα σε ώρες.

Η οικονομικότητα είναι ένας από τους πιο σπουδαίους λόγους που εξετάζονται για την μετάβαση από τον παραδοσιακό τρόπο διαχείρισης στη Γεωργία Ακριβείας. Με την Γεωργία Ακριβείας μπορεί να επηρεαστεί το κόστος παραγωγής και η πρόσοδος από την καλλιέργεια. Έτσι, υπάρχει δυνατότητα για μεγαλύτερες αποδόσεις χρησιμοποιώντας τις ίδιες εισροές αλλά ανακατανομημένες, για ίδιες αποδόσεις με μειωμένες εισροές ή για μεγαλύτερες αποδόσεις με μειωμένες εισροές. Ο παραγωγός πρέπει να αποφασίσει για την καταλληλότερη μέθοδο διαχείρισης. Εκτός από την απόδοση, πρέπει να επιδιώξει καλύτερη ποιότητα προϊόντων χρησιμοποιώντας τις εισροές ανάλογα με τις ανάγκες των καλλιεργειών. Είναι γνωστό ότι η έλλειψη θρεπτικών στοιχείων μπορεί να μειώσει την ανάπτυξη των φυτών και να χειροτερεύσει την ποιότητα των προϊόντων.

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τους διαφορετικούς τύπους των τεχνολογιών που εμπλέκονται στην έξυπνη γεωργία.



Εικόνα 6 Τεχνολογίες έξυπνης γεωργίας

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιεί η Γεωργία Ακριβείας έχουν σχέση με όλα τα στάδια παραγωγής από τη σπορά μέχρι τη συγκομιδή και είναι οι εξής:

- GPS και GIS. Είναι συστήματα που επιτρέπουν την ακριβή χαρτογράφηση των αγρών και την ερμηνεία της παραλλακτικότητας των αγρών.
- Χαρτογράφηση παραγωγής. Με τη χαρτογράφηση παραγωγής γίνεται καταγραφή και συλλογή δεδομένων της παραγωγής από συγκεκριμένες θέσεις στον αγρό.
- Χαρτογράφηση εδαφικών ιδιοτήτων με την οποία γίνεται καταγραφή της γονιμότητας των αγρών.
- Χαρτογράφηση ηλεκτρικής αγωγιμότητας του εδάφους. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του εδάφους ενοποιεί ένα ευρύτερο σύνολο παραγόντων που επηρεάζουν την παραγωγή μιας καλλιέργειας. Όπως : η περιεκτικότητα σε νερό, η μηχανική σύσταση του εδάφους, η οργανική ουσία ,το βάθος σκληρού ορίζοντα, CEC ,αλατότητα καθώς και τα ανταλλάξιμα ασβέστιο και μαγνήσιο .
- Τηλεπισκόπηση. Με την τηλεπισκόπηση συλλέγονται πληροφορίες για ένα αντικείμενο, χωρίς να υπάρχει επαφή. Οι δύο πιο συνηθισμένες μέθοδοι τηλεπισκόπησης είναι οι αεροφωτογραφίες και οι δορυφορικές εικόνες. Μετρώντας την ανακλώμενη ακτινοβολία από τα φυτά μπορούμε να συλλέξουμε πληροφορίες για την περιεκτικότητα των φυτικών ιστών σε νερό, για τη θρεπτική κατάσταση των φυτών και για άλλα χαρακτηριστικά των φυτών.

Η γεωργία ακριβείας είναι μερικές φορές γνωστή ως “έξυπνη γεωργία”(smart farming), ένας όρος για ευκολότερη σύγκριση με άλλες εφαρμογές βασισμένα σε M2M, όπως έξυπνοι μετρητές (Smart Metering), έξυπνες πόλεις (smart cities) κτλ. Γεωργία ακριβείας βασίζεται στις τεχνολογίες αισθητήρων των οποίων η χρήση έχει καθιερωθεί σε άλλους κλάδους, πχ στη τηλεματική για τη διαχείριση του στόλου, στη παρακολούθηση του περιβάλλοντος για τις ρυπαντικές ουσίες, στη παρακολούθηση της eHealth σε ασθενείς και ούτω καθεξής.

Σε όλες τις εφαρμογές M2M, τα ΙΤ συστήματα συγκεντρώνουν, συγκρίνουν , αναλύουν τα δεδομένα και τις παρουσιάζουν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσουν μια ξεκάθαρη απάντηση από τις πληροφορίες που έχουν λάβει . Για τους αγρότες και τους καλλιεργητές, παρουσιάζεται μια ευρεία ποικιλία των πληροφοριών σχετικά με το έδαφος και τη συμπεριφορά των καλλιεργειών, τη συμπεριφορά των ζώων, την κατάσταση των μηχανήματων, ώστε ο αγρότης να αναλάβει δράση.

Τομείς εφαρμογής της έξυπνης Γεωργίας

Το σύνολο των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται στην έξυπνη γεωργία είναι πολύπλοκο, το οποίο προκύπτει από την πολυπλοκότητα των δραστηριοτήτων που διαχειρίζονται οι αγρότες, καλλιεργητές και άλλοι τομείς. Η έξυπνη γεωργία βρίσκει εφαρμογή κυρίως στους επτά ακόλουθους τομείς:

1. Στη διαχείριση του στόλου - παρακολούθηση των γεωργικών οχημάτων
2. Καλλιέργεια σε μεγάλες και μικρές εκτάσεις γης
3. Κτηνοτροφία
4. Στην εσωτερική καλλιέργεια - θερμοκήπια και στάβλους
5. Στην Ιχθυοκαλλιέργεια
6. Παρακολούθηση των δασών
7. Παρακολούθηση Αποθήκης - δεξαμενών νερού, δεξαμενών καυσίμων

2.3 Θερμοκήπιο

Όπως αναφέραμε προηγουμένως , η γεωργία ακριβείας διαθέτει διάφορες τεχνικές για τη παρακολούθηση και τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων που απαιτούνται για μια συγκεκριμένη καλλιέργεια. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναλυθούν οι μέθοδοι που μπορούν να διαχειριστούν αποτελεσματικά το κατάλληλο περιβάλλον. Η χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων σε μεγάλες εκτάσεις γίνεται πλέον δημοφιλές και στα θερμοκήπια. Οι παράμετροι για τον έλεγχο ενός θερμοκηπίου αυξάνονται μέρα με τη μέρα που στο μέλλον μπορεί να προκαλέσουν συμφόρηση στη διακίνηση των δεδομένων . Έτσι , οι ασύρματοι αισθητήρες που προέρχονται από τη τεχνολογία PSoC (Programmable System-on-Chip) με μεγάλο εύρος ζώνης ή ευφυή ραδιοσυστήματα μπορεί να είναι η ιδανική λύση για την ομαλή κυκλοφορία των δεδομένων και για το απομακρυσμένο έλεγχο του θερμοκηπίου.

Με τη χρήση αυτής νέας τεχνολογίας στο θερμοκήπιο , ο αγρότης μπορεί να παράγει διαφορετικές καλλιέργειες σε διαφορετικά κλίματα και σε διάφορες εποχές του χρόνου.

Σε αυτό το σχεδιασμό του θερμοκηπίου ,ο αγρότης μπορεί εύκολα να κρατήσει τις επιθυμητές περιβαλλοντικές συνθήκες για τη καλλιέργειά του .

Τέτοια μικροκλίματα έχουν ανάγκη την διατήρηση ακριβούς κατάστασης καιρικών συνθηκών ανά πάσα στιγμή. Επιπλέον, με τη χρήση πολλαπλών κατανεμημένων αισθητήρων ελέγχετε καλύτερα η παραπάνω διαδικασία, σε ανοικτή επιφάνεια, καθώς και στο έδαφος.

Η ποικιλία των αισθητήρων παρακολουθεί μια ευρεία γκάμα παραμέτρων που χρειάζονται, η παρακολούθηση του pH μπορεί να δείξει τις επιπτώσεις στην παραλλαγή στο χρώμα του φυτού και στην ανάπτυξη. Η υγρασία και θερμοκρασία εδάφους βοηθάνε στη μελέτη των παραμέτρων που είναι κατάλληλοι για την ανάπτυξη των φυτών.

Όλα αυτά τα δεδομένα μπορούν να αποθηκευτούν σε μια βάση δεδομένων στο διαδίκτυο και έπειτα μπορούν να παρουσιαστούν σε γραφική μορφή, για να μελετηθεί η επίδραση της εποχικότητας στις διάφορες καλλιέργειες και να αναλάβετε δράση όταν οι τιμές φθάσουν ακατάλληλα επίπεδα.

Με τη μελέτη και την ανάλυση των δεδομένων των αισθητήρων, στους αγρότες επιτρέπουν την ευελιξία να πειραματιστούν με τις ημερομηνίες σποράς και της συγκομιδής, και γενικά με τους κύκλους καλλιέργειας. Η ντομάτα για παράδειγμα είναι φυτό ευαίσθητο και επιρρεπής σε ασθένειες μυκητολογικής .Το καρπούζι ανταποκρίνεται καλύτερα σε θερμά κλίματα, αλλά η βέλτιστη κύκλοι τους είναι διαφορετικά σε ένα πιο σοβαρό ηπειρωτικό κλίμα..

Τι μπορούμε να μαθαίνουμε με την εφαρμογή των δικτύων αισθητήρων είναι πολύτιμη για τους αγρότες' και μας επιτρέπει να αναπτύξουμε νέα προϊόντα και ένα νέο τρόπο αντιμετώπισης καλλιέργειας των φυτών.

3 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ : ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Σε ένα θερμοκήπιο μικρού μεγέθους με διαστάσεις 10m X 20m που καλλιεργούνται δυο είδη φυτών ,ντομάτα και κρεμμύδι *εικόνα 7*.Μας ζητείτε από τον αγρότη να υλοποιηθεί Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων με κύριο στόχο να διευκολύνει τη διαχείριση του θερμοκηπίου.



Εικόνα 7 Θερμοκήπιο

Τα ζητήματα που πρέπει να καλύψει το Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων είναι να συλλέγει περιβαλλοντικές συνθήκες όπως :

Για την καλλιέργεια της ντομάτας

1. Θερμοκρασία ατμόσφαιρας
2. Υγρασία ατμόσφαιρας
3. Υγρασία εδάφους

Για την καλλιέργεια του κρεμμυδιού

1. Θερμοκρασία εδάφους
2. Υγρασία εδάφους

Επιπλέον καιρικά φαινόμενα

1. Φωτισμός
2. Ατμοσφαιρική πίεση
3. Υψόμετρο

Να υπάρχει δυνατότητα παρατήρησης εξ αποστάσεως των παραπάνω παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο μέσω υπολογιστή ή smartphone. Επιπλέον ζητείτε και η αποθήκευση των δεδομένων για περαιτέρω μελέτη.

Να αυτοματοποιηθεί το σύστημα άρδευσης του θερμοκηπίου. Συγκεκριμένα να ενεργοποιηθεί αυτόματα για κάθε μια από τις καλλιέργειες όταν η υγρασία του εδάφους πέφτει σε πολύ χαμηλά επίπεδα και να σταματήσει όταν επανέρχεται στα επιθυμητά επίπεδα. Επίσης, για κάθε ενεργεία του συστήματος άρδευσης να ειδοποιείται σε πραγματικό χρόνο ο αγρότης μέσω μηνύματος στο κινητό τηλέφωνο.

3.1 Ανάλυση απαιτήσεων ασύρματου δικτύου αισθητήρων για θερμοκήπιο

Εκτός από τις απαιτήσεις του αγρότη ,πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη και άλλους περιοριστικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη σχεδίαση των δικτύων αισθητήρων στη περίπτωση του θερμοκηπίου. Αυτοί οι παράγοντες είναι :

Μεγάλη Εξάρτηση των Κόμβων από την Κατανάλωση Ενέργειας

Η απαίτηση για πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελεί το σημαντικότερο περιορισμό. Προκειμένου όμως να είναι εφικτή αυτή η απαίτηση, είναι απαραίτητη η ταυτόχρονη συνύπαρξη δύο εξίσου σημαντικών παραγόντων.

- Πρώτον, η χρήση υλικών με πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, και
- η εξεύρεση των καταλληλότερων μεθόδων που θα έχουν ως στόχο την παράταση ζωής των αισθητήριων κόμβων.

Αυτές οι μέθοδοι εστιάζονται στην άντληση ενέργειας από το περιβάλλον, όπως για παράδειγμα από τον ήλιο με χρήση ηλιακών συλλεκτών φωτός, ή ακόμη και από τις δονήσεις του εδάφους

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιούνται σε επίπεδο υλικού (Hardware) πρέπει να επιλέγονται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να καταναλώνουν την ελάχιστη δυνατή ενέργεια συνδυάζοντας με τη χρήση των κατάλληλων τύπων μπαταριών που θα τροφοδοτούν τους αισθητήριους κόμβους.

Μεγάλη Κατανάλωση Ενέργειας κατά τη Διάρκεια της Επικοινωνίας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα, με ακτίνες Laser (οπτικά), με υπέρυθρες και με ραδιοσυχνότητες (RF). Παρά το γεγονός ότι οι δύο πρώτοι τρόποι ασύρματης επικοινωνίας απαιτούν χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, προτιμάται τελικά η ιδιαίτερα δημοφιλής επικοινωνία με χρήση ραδιοσυχνοτήτων, ενώ, βεβαίως, δημιουργείται ταυτόχρονα η ανάγκη κατασκευής περισσότερο ενεργειακά αποδοτικών ράδιο-πομποδεκτών.

Μη Σταθερή Τοπολογία

Η φύση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων καθιστά τη διατήρηση της τοπολογίας του δικτύου μία πραγματική πρόκληση. Η τοπολογία του δικτύου ενδέχεται να αλλάξει από τη μη ανταπόκριση κάποιων κόμβων, τόσο από έλλειψη ενέργειας, όσο και από φυσική τους καταστροφή. Επιπλέον, η τοπολογία του δικτύου μπορεί να αλλάζει δυναμικά, επειδή κάποιοι από τους κόμβους είναι εφοδιασμένοι με ένα σύστημα κίνησης για την παρακολούθηση κάποιου συνεχώς μεταβαλλόμενου φαινομένου.

Πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης επιπλέον κόμβων στο δίκτυο, με σκοπό, είτε την περαιτέρω επέκταση του δικτύου, είτε την αντικατάσταση ορισμένων κόμβων οι οποίοι έχουν παρουσιάσει κάποια δυσλειτουργία ή έχουν καταστραφεί. Φυσικά, η προσθήκη των νέων κόμβων θα γίνεται με τυχαίο τρόπο, οπότε η τοπολογία του δικτύου να μπορεί να αλλάξει και πάλι.

Από όσα μέχρι στιγμής έχουν αναφερθεί καθίσταται πλέον σαφές ότι κατά την εγκατάσταση και λειτουργία ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων απαιτούνται ειδικά πρωτόκολλα και τεχνικές που να διασφαλίζουν τα εξής:

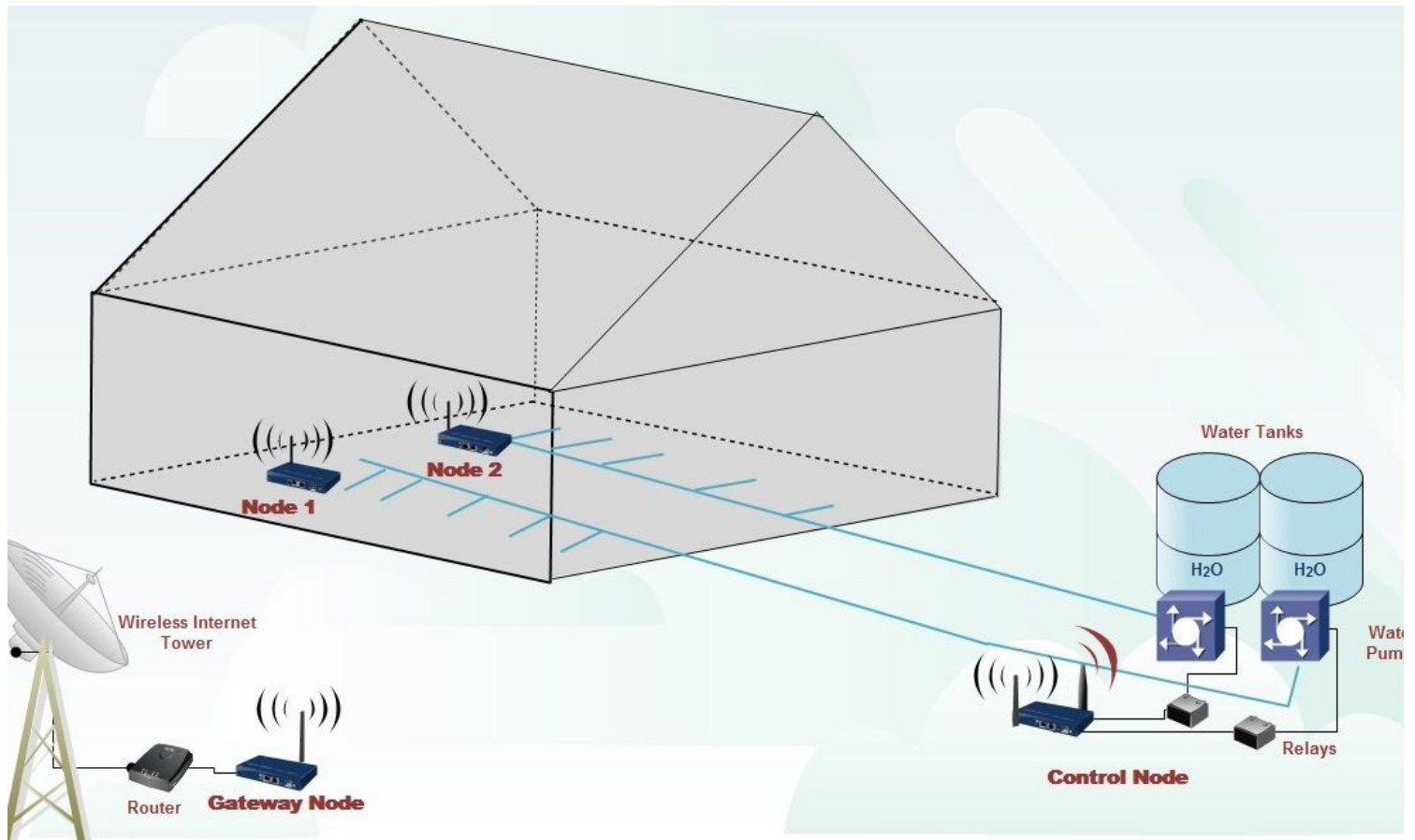
- Αυτονομία και λειτουργία του δικτύου χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση.
- Μείωση του κόστους εγκατάστασης.
- Μη απαίτηση ανάγκης για προκαταρκτική σχεδίαση ή οργάνωση.
- Αύξηση της ευελιξίας για την τοποθέτηση των αισθητήριων κόμβων.
- Δυνατότητα για περαιτέρω επέκταση του δικτύου.
- Βελτιστοποίηση της αυτό-οργάνωσης και της ανοχής σε σφάλματα

Έτσι ,για να καλύπτουμε όλες τις παραπάνω απαιτήσεις του θερμοκηπίου που αναλύσαμε παραπάνω ,υλοποιήσαμε συνολικά 4 κόμβους . Συγκεκριμένα ,όπως παρατηρούμε στην *Εικόνα 10*:

Έχουμε 2 κόμβους αισθητήρων για κάθε καλλιέργεια που βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα στο θερμοκήπιο. Ο κόμβος 1 στη καλλιέργεια του κρεμμυδιού και ο κόμβος 2 σε αυτή της ντομάτας.

Έχουμε τον κόμβο ελέγχου (control node) , το οποίο βρίσκεται κοντά στις δεξαμενές νερού ώστε να ενεργοποιεί το σύστημα άρδευσης για κάθε καλλιέργεια που έχουμε στο θερμοκήπιο .

Τέλος , ο κεντρικός κόμβος (Gateway node) κάνει τη διασύνδεση του δικτύου αισθητήρων με το ίντερνετ. Συνδέεται ενσύρματα με modem το οποίο συνδέεται στο διαδίκτυο μέσω της κεραίας μεγάλης εμβέλειας τύπου WiFi.



ικόνα 8 Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων σε Θερμοκήπιο

3.2 Υλικό (Hardware) του Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων

Έχοντας υπόψη τις απαιτήσεις και τους διάφορους περιορισμούς του ασύρματου δικτύου αισθητήρων μας, διαλέξαμε διάφορους μικροελεγκτές από τη μεγάλη γκάμα της πλατφόρμας Arduino. Η οποία ήταν η κατάλληλη πλατφόρμα που μπορούσε να καλύψει σε ένα μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις της εφαρμογής μας. Στη συνέχεια παρουσιάζονται όλα τα υλικά (hardware) που διαλέξαμε για να υλοποιήσουμε το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για το θερμοκήπιο.

3.2.1 Πλατφόρμα Arduino

Ο Arduino θα λέγαμε ότι είναι ένα εργαλείο για να κατασκευάσουμε ένα υπολογιστικό σύστημα με την έννοια ότι αυτό θα ελέγχει συσκευές του φυσικού κόσμου, σε αντίθεση με τον κοινό Ηλεκτρονικό Υπολογιστή. Είναι ανοιχτού υλικού και λογισμικού και βασίζεται σε μια αναπτυξιακή πλακέτα που ενσωματώνει επάνω έναν μικροελεγκτή και συνδέεται με τον Η/Υ για να τον προγραμματίσουμε μέσα από ένα απλό περιβάλλον ανάπτυξης.



Εικόνα 9 arduino uno












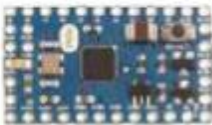


Ένας Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπτύξουμε διακριτικά αντικείμενα, να δεχτούμε εισόδους από πληθώρα αισθητηρίων οργάνων και διακόπτες, αλλά και να ελέγχουμε διάφορα φώτα, κινητήρες και άλλες συσκευές εξόδου του φυσικού κόσμου.

Τα Projects στον εν λόγω Μικροελεγκτή μπορούν να είναι αυτόνομα (σε επίπεδο hardware) ή να επικοινωνούν με κάποιο software στον Η/Υ του προγραμματιστή (προγράμματα όπως τα Flash, Processing, MaxMSP). Οι πλακέτες μπορούν εύκολα να συναρμολογηθούν ακόμη και από έναν αρχάριο ή να αγοραστούν μονταρισμένες.

Το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού βασίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού Wiring, η οποία είναι ανοιχτού κώδικα (open source) και μπορεί κάποιος να βρει βιβλιοθήκες που χρειάζεται ,ελεύθερα στο διαδίκτυο . Η Γλώσσα προγραμματισμού του Arduino αποτελεί μια εφαρμογή σε software επίπεδο της καλωδίωσης. Εξομοιώνει θα λέγαμε απόλυτα το φυσικό περιβάλλον του μικροελεγκτή.

3.2.2 Μοντέλα Arduino

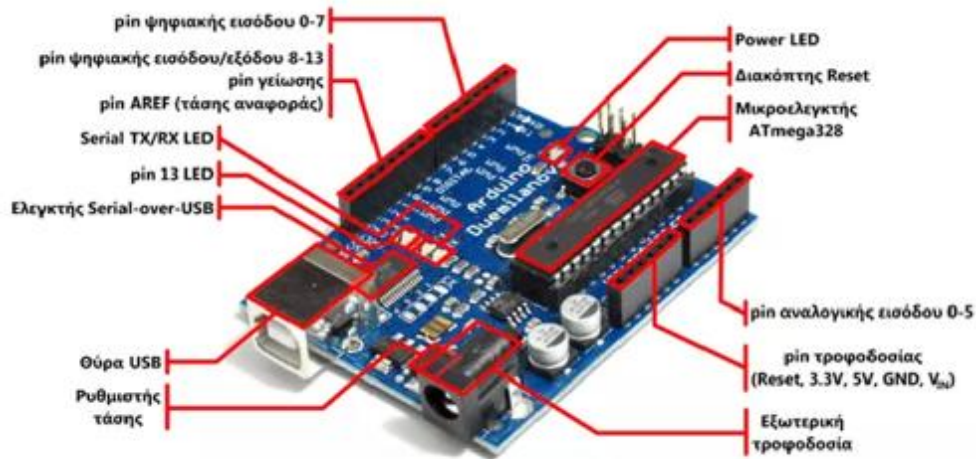
Κάποια από τα μοντέλα Arduino που κυκλοφορούν στην αγορά, παρουσιάζονται στην εικόνα 10 ,όπου ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη δίνετε η επιλογή σε μια μεγάλη γκάμα διάφορων μοντέλων που μπορεί να διαλέξει ανάλογα με ποια χαρακτηριστικά του ενδιαφέρουν να έχουν.

				
Arduino Uno	Arduino Leonardo	Arduino Mega 2560	Arduino LilyPad	Arduino Mega ADK
				
Arduino Fio	Arduino Ethernet	Arduino Pro	Arduino BT	Arduino Nano
				
USB/Serial Light Adapter	Arduino Mini	Mini USB/Serial Adapter	Arduino Pro Mini	

Εικόνα 10 Μοντέλα Arduino

3.2.3Είσοδοι – Έξοδοι

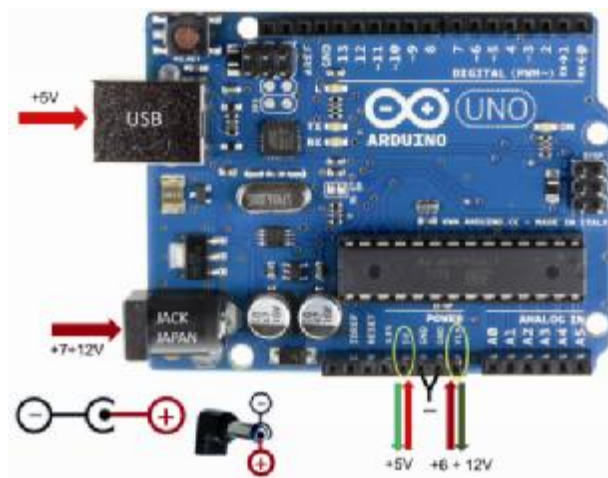
Το Arduino διαθέτει σειριακό interface. Ο μικροελεγκτής ATmega υποστηρίζει σειριακή επικοινωνία, την οποία το Arduino προωθεί μέσα από έναν ελεγκτή Serial-over-USB ώστε να συνδέεται με τον υπολογιστή μέσω USB. Όπως παρατηρούμε στην εικόνα 11 , το Arduino διαθέτει πολλούς εισόδους/εξόδους ώστε να συνδέσουμε διάφορους αισθητήρες πάνω του.



Εικόνα 11 Είσοδοι -εξοδοί του arduino uno

3.2.4 Τροφοδοσία

Το Arduino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα είτε από τον υπολογιστή μέσω της σύνδεσης USB, είτε από εξωτερική τροφοδοσία που παρέχεται μέσω μιας υποδοχής φινιρών των 2.1mm που βρίσκεται στην κάτω αριστερή γωνία. Για την αποφυγή προβλημάτων, η εξωτερική τροφοδοσία θα πρέπει να είναι από 7 ως 12V. Η εικόνα 4 παρουσιάζει τις εισόδους και εξόδους τροφοδοσίας του Arduino UNO.



Εικόνα 12 Είσοδοι/Εξοδοί Τροφοδοσίας

3.2.5 Arduino IDE

Το περιβάλλον ανάπτυξης Arduino περιέχει ένα πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου, για τη σύνταξη του κώδικα, μια περιοχή στην οποία εμφανίζονται μηνύματα, μία κονσόλα κειμένου και μια γραμμή εργαλείων υπό μορφή κουμπιών. Συνδέεται με το hardware μέρος του arduino για να φορτώσει προγράμματα και να επικοινωνεί μαζί τους. Ο κώδικας που έχει γραφεί για το Arduino ονομάζεται sketch.

Στον (Πίνακα 1) παρουσιάζονται τα εργαλεία του περιβάλλοντος ανάπτυξης, υπό μορφή κουμπιών και στην (εικόνα 14) το ίδιο το περιβάλλον.

	Verify	Ελέγχει για συντακτικά λάθη στον κώδικα.
	Upload	Μεταγλωττίζει τον κώδικα και τον φορτώνει στο Arduino.
	New	Δημιουργεί ένα νέο sketch.
	Open	Παραθέτει ένα μενού με όλα τα sketch. Κάνοντας κλικ σε ένα από αυτά, θα ανοίξει αυτόματα στο τρέχον παράθυρο.
	Save	Αποθηκεύει ένα sketch.
	Serial Monitor	Ανοίγει την σειριακή οθόνη.

Πίνακας IDE buttons

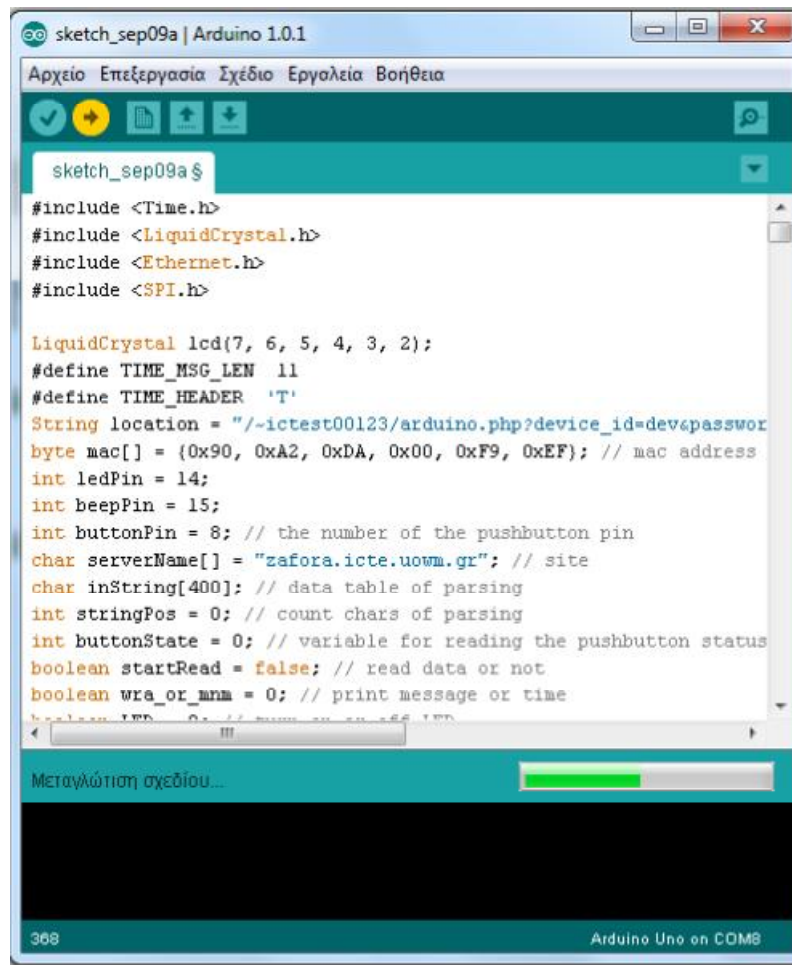
Το Arduino IDE είναι βασισμένο σε Java και συγκεκριμένα παρέχει:

Ένα πρακτικό περιβάλλον για τη συγγραφή των προγραμμάτων, με συντακτική χρωματική σήμανση.

Μερικές έτοιμες βιβλιοθήκες για προέκταση της.

Τον compiler για τη μεταγλώττιση των sketch.

Μία σειριακή οθόνη (serial monitor) που παρακολουθεί τις επικοινωνίες της σειριακής (USB), αναλαμβάνει να στείλει αλφαριθμητικά στο Arduino μέσω αυτής και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την αποσφαλμάτωση των sketch. Την επιλογή για ανέβασμα των μεταγλωττισμένων sketch στο Arduino.



Εικόνα 13 Arduino IDE.

3.2.6 Γλώσσα προγραμματισμού

Η γλώσσα του Arduino βασίζεται στη γλώσσα Wiring μια παραλλαγή C/C++ για μικροελεγκτές αρχιτεκτονικής AVR όπως ο ATmega, και υποστηρίζει όλες τις βασικές δομές της C καθώς και μερικά χαρακτηριστικά της C++. Για compiler χρησιμοποιείται ο AVR gcc και ως βασική βιβλιοθήκη C χρησιμοποιείται η AVR libc.

Λόγω της καταγωγής της από τη C, στη γλώσσα του Arduino, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ουσιαστικά οι ίδιες βασικές εντολές και συναρτήσεις, με την ίδια σύνταξη, τους ίδιους τύπων δεδομένων και τους ίδιους τελεστές όπως και στη C. Πέρα από αυτές όμως, υπάρχουν κάποιες ειδικές εντολές, συναρτήσεις και σταθερές που βοηθούν για τη διαχείριση του ειδικού hardware του Arduino.

Τα προγράμματα του Arduino διαιρούνται σε τρία μέρη: δομή (structure), τιμές (values) και συναρτήσεις (functions).

<Δήλωση μεταβλητών>

```
void setup()
```

```
{
```

<Δήλωση λειτουργιών που ισχύουν για όλο το πρόγραμμα>

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

<Δήλωση των λειτουργιών που επαναλαμβάνονται κατά τη λειτουργία του προγράμματος>

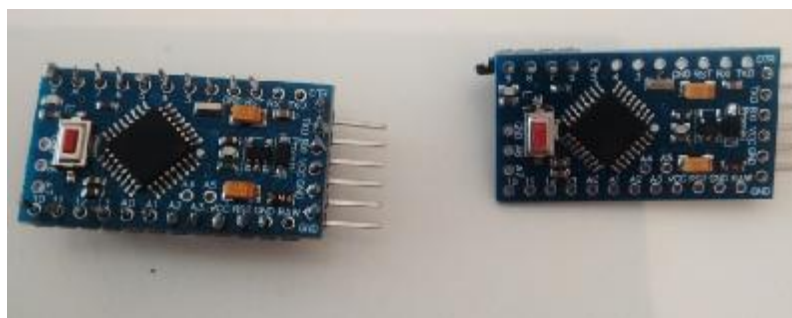
```
}
```

3.3 Κόμβοι αισθητήρων

Για τη δημιουργία των δυο κόμβων αισθητήρων που βρίσκονται τοποθετημένοι μέσα στο θερμοκήπιο διαλέξαμε δυο μικροελεγκτές Arduino Pro Mini (Εικόνα 15), οι οποίοι έχουν την χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας από τους υπόλοιπους μικροελεγκτές Arduino.

Στον παρακάτω πίνακα 2 φαίνονται συνοπτικά οι τεχνικές πληροφορίες του Arduino Pro Mini.

Name	Pro Mini
Processor	ATmega328P
Operating/Input Voltage	5 V / 5-12 V
CPU Speed	16 MHz
Analog In/Out	6/0
Digital IO/PWM	14/6
EEPROM [kB]	1
SRAM [kB]	2
Flash [kB]	32
USB	-
UART	1



Εικόνα. 14 Arduino pro mini

Πίνακας 2 Τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino pro mini

3.3.1 Αισθητήρες

Για να μπορέσουμε να συλλέξουμε τις διάφορες πληροφορίες που απαιτούνται στο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μας, διαλέξαμε διάφορους αισθητήρες που είναι συμβατοί με τους μικροελεγκτές Arduino. Σχεδόν για κάθε αισθητήρα υπάρχει μια ιδική βιβλιοθήκη η οποία επιτρέπει στον Arduino να διαβάσει τις διάφορες μετρήσεις του αισθητήρα.

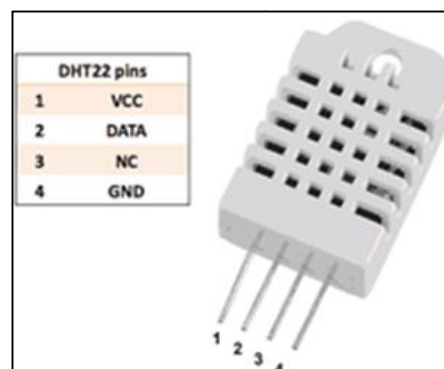
Στη συνέχεια δίνονται διάφορες πληροφορίες για τους αισθητήρες που επιλέξαμε για τον κόμβο αισθητήρων που εξυπηρετεί την καλλιέργεια της ντομάτας.

3.3.2. Αισθητήρας Θερμοκρασίας/Υγρασίας DHT-22

Για να πάρουμε τις μετρήσεις της θερμοκρασίας και υγρασίας του αέρα επιλέξαμε τον αισθητήρα DHT-22.

Τεχνικές πληροφορίες:

- Τάση λειτουργίας : 3-5V
- Μέγιστο ρεύμα: 2.5mA
- Υγρασία: 0-100%, ακρίβεια 2-5%
- Θερμοκρασία: -40 μέχρι 80°C, ακρίβεια $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$



Εικόνα 15 Αισθητήρας DHT-22

Η βιβλιοθήκη που χρησιμοποιείται στον Arduino για να διαβάσει τον αισθητήρα είναι η **DHT.h**. οι εντολές που χρησιμοποιούνται ώστε να διαβάσουμε τις μετρήσεις του αισθητήρα είναι :

```
h = dht.readHumidity() ;  
// Read temperature as Celsius  
t = dht.readTemperature() ;
```

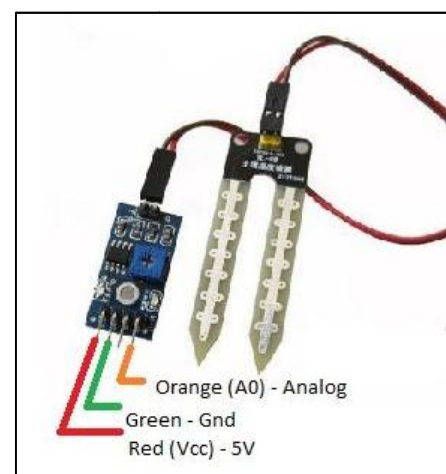
3.3.3. Αισθητήρας Υγρασίας εδάφους

Επιλέξαμε το συγκεκριμένο αισθητήρα για την ανίχνευση των επιπέδων υγρασίας στο έδαφος.

Η αναλογική έξοδος του αισθητήρα παρέχει ένα επίπεδο τάσης που μεταβάλλεται με το επίπεδο της υγρασίας ανιχνεύεται.

Τεχνικές πληροφορίες:

- Ρυθμιζόμενη ευαισθησία
- Τάση λειτουργίας VCC 3.3V-5V
- DO διεπαφή ψηφιακής εξόδου (0 και 1)
- AO διεπαφή αναλογικής εξόδου



Εικόνα 16 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους

Για να διαβάσουμε τις μετρήσεις του αισθητήρα δεν χρειάζεται κάποια βιβλιοθήκη, μπορούμε εύκολα να διαβάσουμε την αναλογική είσοδο που έχουμε σύνδεση τον αισθητήρα με την παρακάτω εντολή :

```
//reading soil sensor  
tempSoil = analogRead(soilpin) ;
```

3.3.4 Αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης BMP180

Για να μετρήσουμε τη βαρομετρική πίεση και το υψόμετρο, διαλέξαμε τον αισθητήρα BMP180. Δεδομένου ότι η βαρομετρική πίεση αλλάζει σε σχέση με το υψόμετρο, ο αισθητήρας αυτός μπορεί να μετρήσει και το ύψος με ακρίβεια ± 1 μέτρο.



Εικόνα 17 Αισθητήρας βαρομετρικής πίεσης BMP180

Τεχνικές πληροφορίες:

- Τάση λειτουργίας : 3 - 5V
- Εύρος μετρήσιμης πίεσης: 300-1100 hPa (9000m μέχρι -500m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας)
- Ανάλυση πάνω από 0.03hPa / 0.25m
- Εύρος λειτουργίας -40 μέχρι +85°C, ακρίβεια $\pm 2^\circ\text{C}$
- Συνδέσετε με το Arduino μέσω I2C ή SP

Χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη **BMP180.h** και οι μετρήσεις από τον αισθητήρα γίνονται με τις παρακάτω εντολές:

```
PressureP = barometer.GetPressure();//pressure in Pascals.  
Pressuremb = PressureP / 100.0; //pressure in bar  
altitudem = barometer.GetAltitude(seaLevelPressure); // Altitude
```

Οι αισθητήρες που επιλέξαμε για τον κόμβο αισθητήρων που εξυπηρετεί την καλλιέργεια του κρεμμυδιού είναι :

3.3.5 Αισθητήρας θερμοκρασίας εδάφους DS18B20

Για να μετρήσουμε την θερμοκρασία του εδάφους που βρίσκετε το φυτό του κρεμμυδιού, χρησιμοποιήσαμε τον αισθητήρα DS18B20.



Εικόνα 18 Αισθητήρας DS18B20

Τεχνικές πληροφορίες:

- Τάση λειτουργίας : 3 - 5V
- Εύρος μέτρησης από -10 ° C έως + 85 ° C
- Ακρίβεια : $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- Εύρος λειτουργίας -55 μέχρι 125°C

Για να διαβάσουμε τις μετρήσεις του αισθητήρα χρησιμοποιείτε η βιβλιοθήκη **DallasTemperature.h** με τις παρακάτω εντολές:

```
sensors.requestTemperatures();  
tempTemperature = sensors.getTempCByIndex(0);
```


3.3.6 Αισθητήρας φωτός (Photo Resistor) .

Ο αισθητήρας φωτός η αλλιώς photoresistor ή light-dependent resistor (LDR) ή photocell είναι μία μεταβλητή αντίσταση, ελεγχόμενη από το φως. Η αντίσταση του αισθητήρα μειώνεται με αυξανόμενη ένταση του φωτός, με άλλα λόγια είναι αγώγιμο στο φως.



Τεχνικές πληροφορίες:

- Τάση λειτουργίας : 3 - 5V
- Εύρος αντίστασης: 200KΩ(σκοτάδι) έως 10KΩ(10lux) φωτεινότητα
- Εύρος ευαισθησίας: Απόκριση σε φως με φάσμα 400nm και 600nm με peak 520nm

Εικόνα. 19. Αισθητήρας φωτός

Για να διαβάσουμε τις μετρήσεις του αισθητήρα δεν χρειάζεται κάποια βιβλιοθήκη, μπορούμε εύκολα να διαβάσουμε την αναλογική είσοδο που έχουμε σύνδεση τον αισθητήρα με την παρακάτω εντολή :

```
tempLight = analogRead(Lightpin);
```

3.3.7 Κεραίες επικοινωνίας APC220

Για την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων επιλέξαμε τις κεραίες apc200.

Οι κεραίες ραδιοσυχνότητας APC220 έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χρησιμοποιούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων.

Οι παράμετροι της κεραίας είναι εύκολο να ρυθμιστούν και το μικρό μέγεθος της πλακέτας, την καθιστούν ιδανική για εφαρμογές ασύρματης μεταφοράς δεδομένων.

Μπορεί να συνδεθεί με το Arduino μέσω διεπαφής TTL και να συνδεθεί στον υπολογιστή με μια άλλη μονάδα APC220 μέσω ενός μετατροπέα TTL / USB.

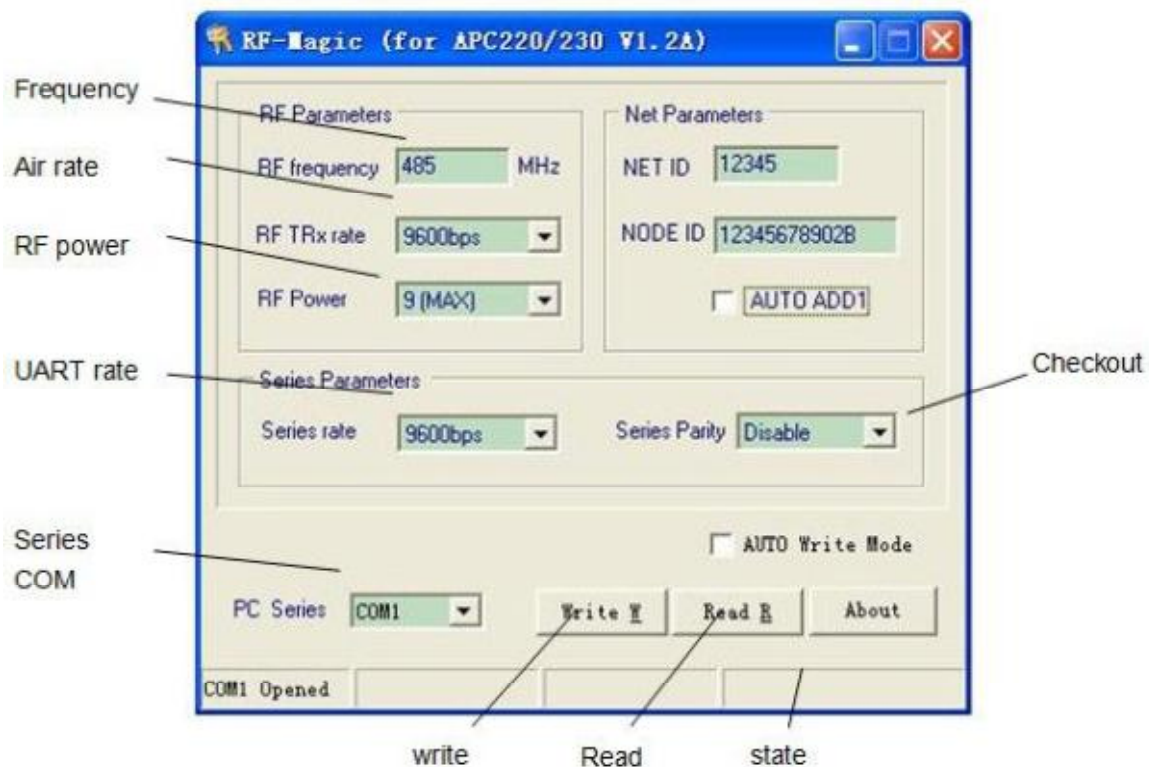


Εικόνα 20 Κεραία apc220

Τεχνικές πληροφορίες:

- Εμβέλεια: 1000 μέτρα (στα 2400bps)
- Τάση λειτουργίας : 3 - 5V
- Κατανάλωση: 42 mA
- Η συχνότητα είναι από 418MHz έως 455MHz
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στον αέρα (Air rate) 2400 - 19200bps
- Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων στον μικροελεγκτή (UART rate) 1200 - 57600bps
- Υποστηρίζει περισσότερα από 100 κανάλια
- Διαμόρφωση GFSK
- Διεπαφή UART / TTL
- Buffer δεδομένων 256 bytes

Συνδέοντας την apc220 με τον υπολογιστή ,μπορούμε να ρυθμίσουμε τους παραμέτρους της χρησιμοποιώντας την εφαρμογή RF-Magic (εικόνα 22).



Εικόνα 21 RF-Magic

Για να χρησιμοποιήσουμε την μονάδα arduino με τους μικροελεγκτές Arduino ,χρησιμοποιήσαμε τη βιβλιοθήκη **EasyTransfer.h**. Αυτή η βιβλιοθήκη αφαιρεί τα περίπλοκα σημεία του πακεταρίσματος της σειριακής επικοινωνίας μακριά από τον χρήστη, ώστε να είναι εύκολη στη χρήση και κατανόηση. Για να χρησιμοποιήσουμε τη βιβλιοθήκη, απλά ορίζουμε όλους τους τύπους δεδομένων που θέλουμε να μοιραστούμε μέσα σε μια δομή δεδομένων. Αυτό κρατά όλα τα δεδομένα αποθηκευμένα μαζί στη μνήμη.

```
struct SEND_DATA_STRUCTURE{  
  
    int blinks;  
    int pause;  
};
```

Όταν ζητηθεί, η βιβλιοθήκη στέλνει όλα τα δυαδικά δεδομένα που έχουμε καταχωρίσει στη δομή mydata σε άλλο Arduino μέσω σειριακής θύρας με ένα checksum για την αποφυγή σφαλμάτων μεταφοράς. Η αποστολή του πακέτου δεδομένων γίνεται με την εντολή ET.sendData();

```
void loop() {  
    //this is how you access the variables. [name of the group]. [variable  
    name]  
    mydata.blinks = random(5);  
    mydata.pause = random(5);  
    //send the data  
    ET.sendData();  
    delay(10000);  
}
```

Ο παραλήπτης Arduino, επαληθεύει το checksum και αντιγράφει τα νέα δεδομένα σε μια ίδια δομή στη μνήμη του.

```
void loop() {  
    //check and see if a data packet has come in.  
    if(ET.receiveData()){  
        //this is how you access the variables. [name of the group]. [variable  
        name]  
        i = mydata.blinks;  
        j = mydata.pause;  
    }  
}  
delay(2500);
```

}

Είναι σημαντικό η δομή να είναι η ίδια και στους δύο Arduinos (αποστολέα – παραλήπτης)

Η χρήση δομών για τη συγκράτηση των δεδομένων επιτρέπει ευέλικτες επικοινωνίες, επιτρέποντας τη διανομή οποιουδήποτε τύπου και αριθμού δεδομένων, εφόσον η όλη δομή είναι κάτω από 255 byte.

Με αυτό τον τρόπο ,η κοινή χρήση δεδομένων μεταξύ των κόμβων είναι εύκολη χωρίς να χρειάζεται να ορίσουμε και να προγραμματίσουμε το δικό μας πρωτόκολλο επικοινωνιών και να ανησυχούμε για το συγχρονισμό ή για τα σφάλματα κατά την μετάδοση των δεδομένων.

3.3.8 Τροφοδοσία των κόμβων αισθητήρων

Για να τροφοδοτήσουμε τους δυο κόμβους αισθητήρων, διαλέξαμε μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία (Εικόνα 23)με μεγάλη χωρητικότητα .

Χαρακτηριστικά μπαταρίας :

- χωρητικότητα: 3500 mah
- ηλεκτρική τάση : 3.7 V
- τάση φορτίσεως: 4.2 V



Εικόνα 22μπαταρία

Φωτοβολταϊκό πάνελ

Για την επαναφόρτιση της μπαταρίας χρησιμοποιήσαμε το φωτοβολταϊκό πάνελ με ισχύ 4.5 W που είναι αρκετά ευαίσθητο στο φως που μπορεί να λειτουργήσει ακόμα και σε εσωτερικό φωτισμό .

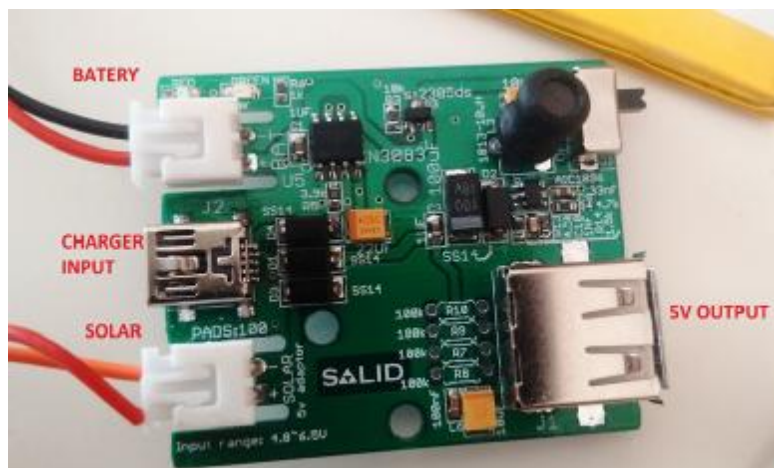
Χαρακτηριστικά Φωτοβολταϊκού πάνελ

- Ισχύ: 4.5W
- Τάση : 6V 520mAh
- Υλικό : Monocrystalline silicon
- Διαστάσεις : 165x165mm



Πλακέτα φόρτωσης μπαταρίας lipocharger

Για να γίνει η επαναφόρτιση της μπαταρίας από το ηλιακό πάνελ χρησιμοποιήσαμε την πλακέτα lipocharger ,που έκτος από την επαναφόρτιση της μπαταρίας , ταυτόχρονα ,τροφοδοτεί το Arduino με σταθερή ισχύ 5v.



Εικόνα 24lipocharger

Χαρακτηριστικά

- Τάση εισόδου του φωτοβολταϊκού πάνελ : 4.8-6.5V.
- Τάση φόρτισης μπαταρίας : 4.2V
- Ένταση ρεύματος φόρτισης μπαταρίας: 200 mA.
- Έξοδος USB ,τάση : 5V
- Έξοδος USB , Ένταση ρεύματος: 100 mA.

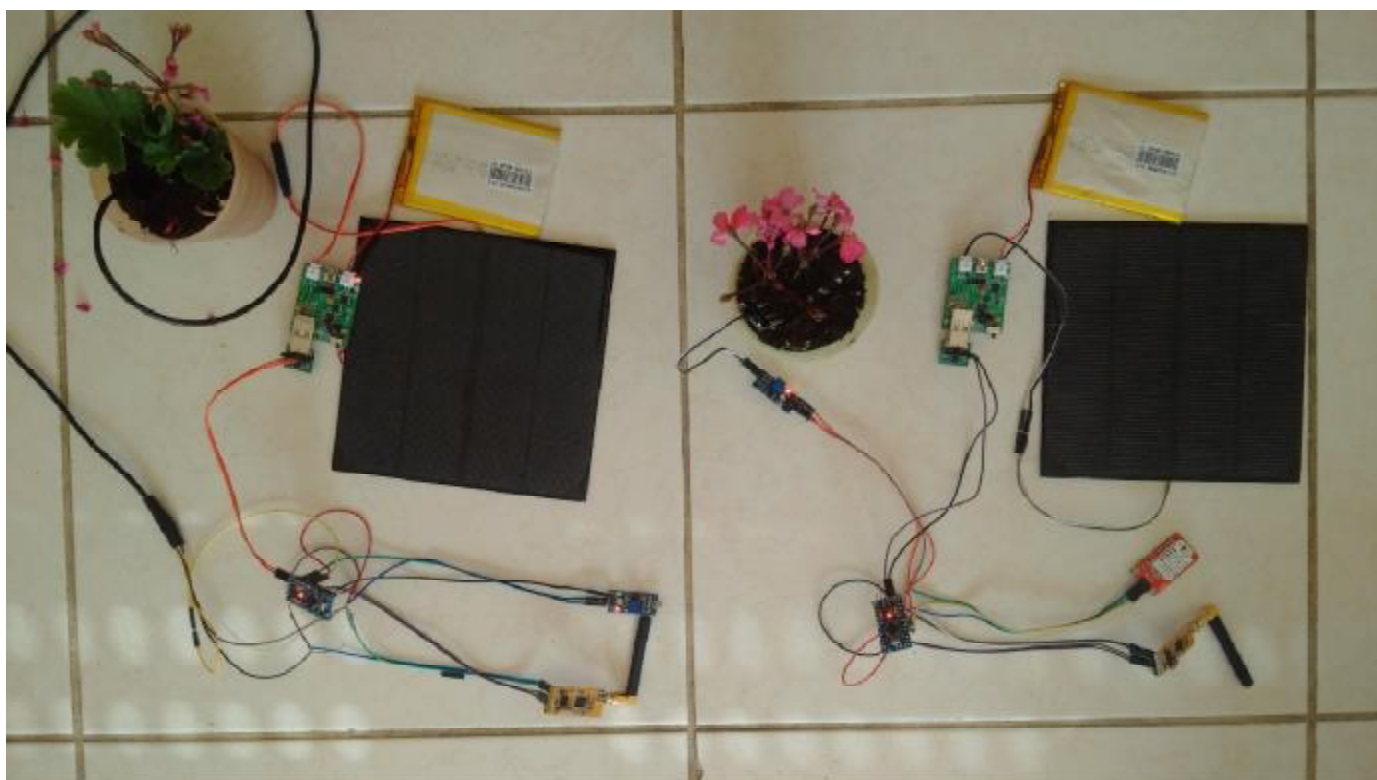
Συνδεσιμότητα των αισθητήρων

Στους παρακάτω πίνακες 3-4, διατυπώνετε η συνδεσιμότητα του κάθε αισθητήρα με το Arduino. Η ολοκλήρωση της υλοποίησης των κόμβων αισθητήρων φαίνεται στην εικόνα 26.

Sensor/module [pin]	Arduino Pro mini [pin]
Apc220	
TXD	RXD
RXD	TXD
DHT-22	
dat	2
BMP180	
SCL	A5
SDA	A4
Soil	
A0	A1

Sensor/module [pin]	Arduino Pro mini [pin]
Apc220	
TXD	RXD
RXD	TXD
Light	
D0	A3
DS18B20	
data	2
Soil	
A0	A0

Πίνακας 3 Συνδεσμολογία αισθητήρων πίνακας 4 συνδεσμολογία αισθητήρων



Εικόνα. 25 κόμβοι αισθητήρων

3.4 Κόμβος ελέγχου

3.4.1 Arduino Uno

Για την υλοποίηση του κόμβου ελέγχου χρησιμοποιήσαμε τον μικροελεγκτή Arduino Uno. Επιλέξαμε τον πιο φθινό μικροελεγκτή από τα υπόλοιπα Arduino διότι στο συγκεκριμένο κόμβο δεν μας ενδιαφέρει η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας όταν θα είναι συνέχεια συνδεδεμένος σε εξωτερική πηγή ενέργειας μέσω τροφοδοτικού 5V και όχι σε μπαταρία .

Name	Arduino UNO
Processor	ATmega328P
Operating/Input Voltage	5 V / 5-12 V
CPU Speed	16 MHz
Analog In/Out	6/0
Digital IO/PWM	14/6
EEPROM [kB]	1
SRAM [kB]	2
Flash [kB]	32
USB	1
UART	1



Εικόνα 26 arduino uno

Πίνακας 4 τεχνικά χαρακτηριστικά Arduino uno

3.4.2 GSMShield

Για να μπορέσουμε να εκλέξουμε απομακρυσμένα τον κόμβο ελέγχου, χρησιμοποιήσαμε την πλακέτα GSM sim900 (Εικόνα 28).

Το GSM είναι το πρότυπο που διέπει τις κινητές τηλεφωνίες, όλα τα κινητά τηλέφωνα το εφαρμόζουν. Το GSMShield (Εικόνα 29).δίνει την δυνατότητα στην αναπτυξιακή μας πλακέτα να συνδεθεί στο internet χρησιμοποιώντας το ασύρματο δίκτυο GPRS, επίσης μπορεί να πραγματοποιήσει ή να δεχτεί τηλεφωνικές κλήσεις ή ακόμα και να αποστείλει ή να παραλάβει γραπτά sms επεκτείνοντας ακόμα περισσότερο το εύρος εφαρμογών της. Το GSMShield φέρει επάνω του ένα ασύρματο modem, στην περίπτωση μας το SIM900.



Εικόνα 27 sim900

Το modem SIM900 είναι ένα quadband GSMmodule καλά δομημένο το οποίο πραγματοποιεί τους ελέγχους μέσω των εντολών ATCommands. Στην πράξη η αναπτυξιακή μας πλακέτα ελέγχει το GSM στέλνοντας του AT Commands μέσω σειριακής διασύνδεσης. Διαθέτει έναν πανίσχυρο επεξεργαστή single-chip με ενσωματωμένο πυρήνα AMR926EJ-S.



Εικόνα. 28 SIM900 GSM Shield

Οι βιβλιοθήκες που διατίθεντε στο διαδίκτυο για το GSM μας παρέχουν πολλούς τρόπους επικοινωνίας με το συγκεκριμένο Shield διαθέτοντας μια μεγάλη συλλογή από παραδείγματα για τις διάφορες λειτουργίες που μπορεί να προσφέρει. Για να επιτευχθεί η σύνδεση με το δίκτυο απαιτείται μια κάρτα SIM υποστηριζόμενη από κάποιο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Quad-Band 850/900/1800/1900 MHz
- GPRS multi-slot class 10/8GPRS κινητό σταθμό B κατηγορίας
- Συμβατό με την GSM φάση 2/2 Class 4 (2 W @ 850/900 MHz)
- Κλάση 1 (1 W @ 1800/1900MHz)
- Έλεγχος μέσω AT εντολών (GSM 07.07, 07.05 και εμπλουτισμένες με SIMCOM AT εντολές)
- Χαμηλή κατανάλωση ρεύματος: 1.5mA (λειτουργία αδράνειας)
- Θερμοκρασία λειτουργίας: -40 ° C έως 85 ° C

3.4.3 Ρελέ

Για τον έλεγχο του συστήματος άρδευσης διαλέξαμε δυο στατικά ρελέ. Τα συγκεκριμένα ρελέ (SSR) (Εικόνα 30).μας επιτρέπουν να ελέγξουμε ρεύματα υψηλής τάσης AC και χαμηλότερης τάσης DC. Μπορεί να ελέγξει φορτία ρεύματος μέχρι 40A με είσοδο 3-32V DC .

Χαρακτηριστικά:

- Ρεύμα ενεργοποίησης: 7.5mA / 12V
- Τάση ελέγχου: 24-380V AC
- Τάση εισόδου: 3-32V DC



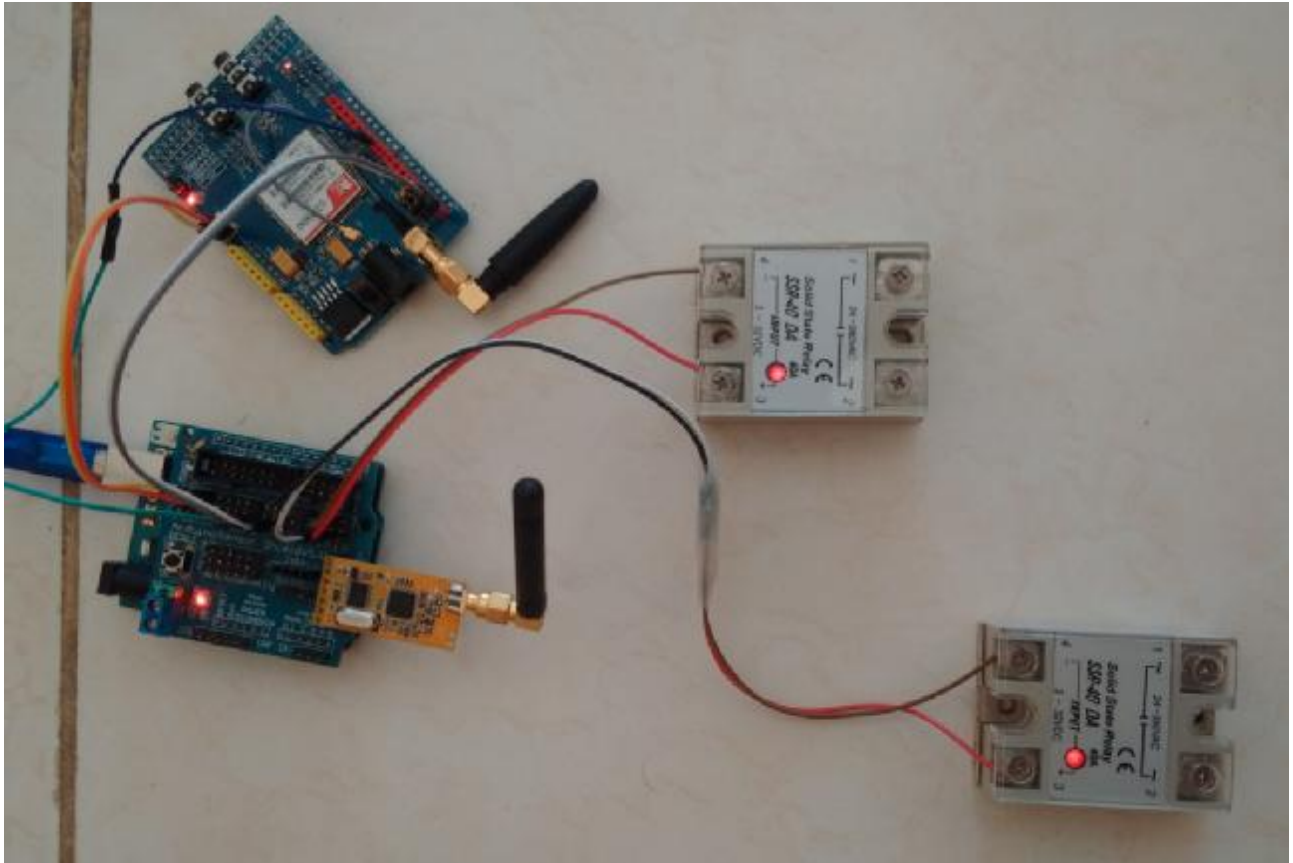
Εικόνα 29 static relay

Συνδεσμολογία του κόμβου ελέγχου

Στον πίνακα 5 βλέπουμε την συνδεσμολογία των ρελέ και της πλακέτας gsm, με τον μικροελεγκτή Arduino uno. Ενώ στην (εικόνα 31) βλέπουμε τον κόμβο ελέγχου ολοκληρωμένο.

module [pin]	Arduino UNO [pin]
Apc220	
TXD	RXD
RXD	TXD
Gsm module	
7	7
8	8
9	9
Relay1	
4(-)	GND
3(+)	3
Relay2	
4(-)	GND
3(+)	2

Πίνακας 5 Συνδεσμολογια arduino uno

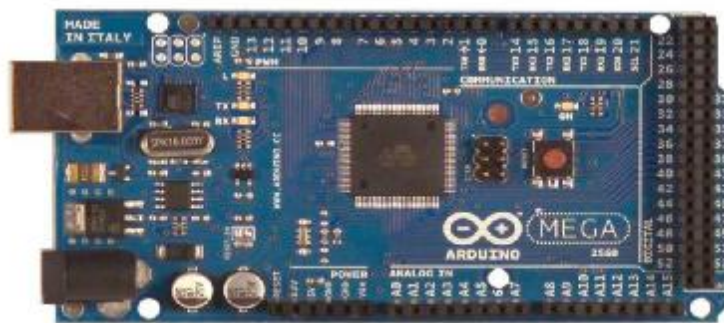


Εικόνα 30 κόμβος ελέγχου

3.5 Κεντρικός κόμβος (gateway)

3.5.1 Arduino mega 2560

Ο Arduino Mega 2560 είναι ένας μικροελεγκτής της οικογένειας Arduino που βασίζεται στον ATmega2560 της Atmel, διαθέτει 54 ψηφιακές εισόδους/ εξόδους (εκ των οποίων 14 μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM), 16 αναλογικές εισόδους, 4 UARTs (σειριακές θύρες hardware), ένα κρύσταλλο ταλάντωσης στα 16 MHz, μια σύνδεση USB, μια είσοδο ρεύματος, μια ICSP.



Εικόνα 31 arduino mega

Επιλέξαμε το Arduino mega 2560 για δυο σημαντικούς λόγους,

- περισσότερη μνήμη .οπού μπορεί να εξυπηρετεί μεγάλο μέγεθος δεδομένων σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μοντέλα Arduino
- πολλές σειριακές θύρες. Είναι ικανό να επικοινωνήσει ταυτόχρονα με πολλές άλλες συσκευές

Μικροελεγκτής	ATmega2560
Τάση λειτουργίας	5V
Τάση εισόδου (συνιστάται)	7-12V
Τάση εισόδου (όρια)	6-20V
Ψηφιακές I / O καρφίτσες	54
Αναλογικές Pins Είσοδος	16
DC Ρεύμα ανά I / O Pin	40 mA
DC Ρεύμα για 3.3 V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Ταχύτητα ρολογιού	16 MHz

Πίνακας 6 Τεχνικές πληροφορίες arduino mega

3.5.2 Arduino Ethernet Shield PoE

Η Arduino Ethernet Shield μπορεί πολύ εύκολα να ενώσει το αναπτυξιακό μας στο διαδίκτυο. Πολύ γρήγορα μπορούμε να την τοποθετήσουμε πάνω από την πλακέτα του Arduino Mega και με ένα RJ45 καλώδιο θα είμαστε πλέον δικτυωμένοι.

τεχνικά χαρακτηριστικά

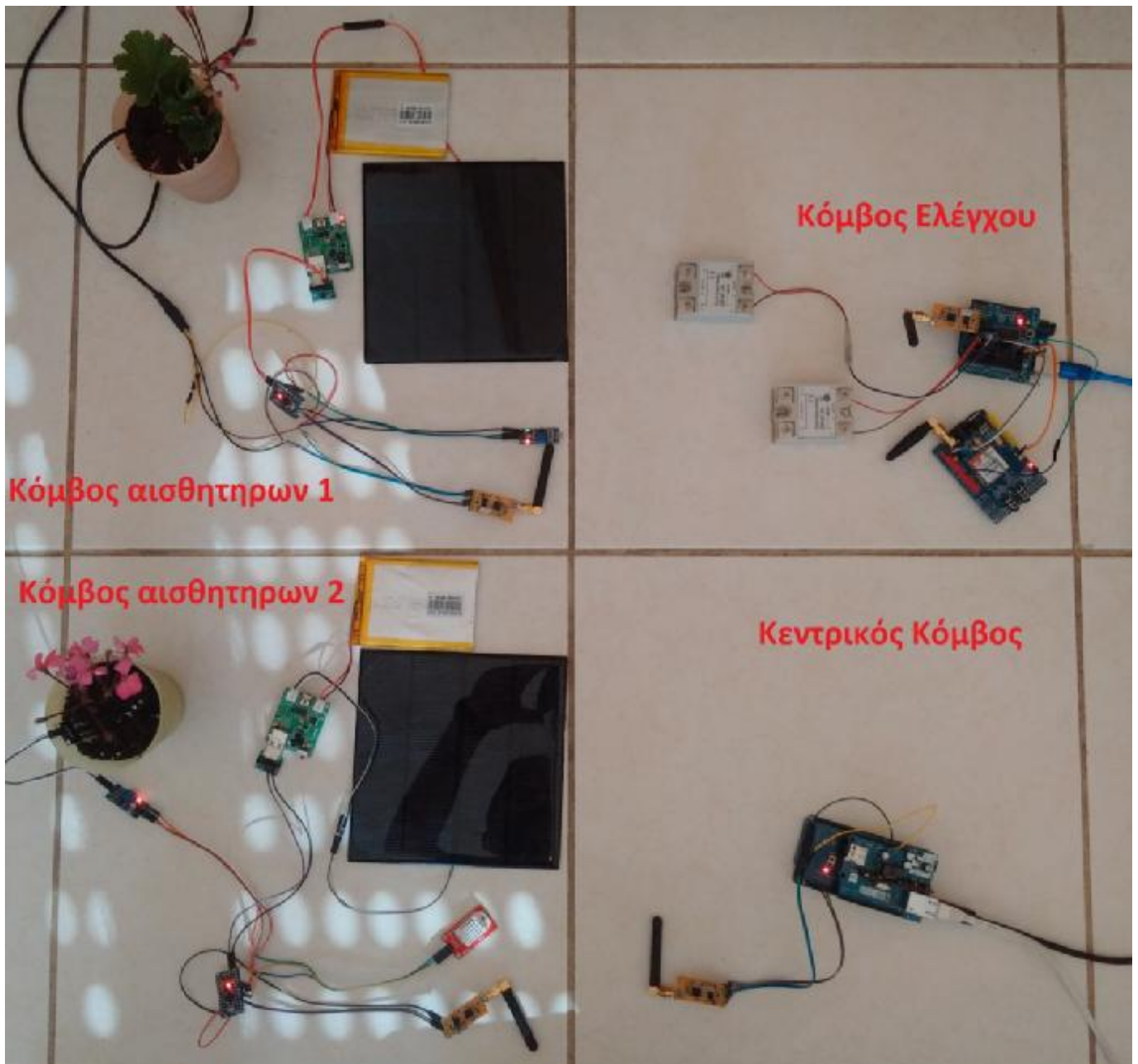
- Ελεγκτής: W5100.
- Διαθέτει υποδοχή κάρτας micro-SD
- Το Wiznet W5100 παρέχει ένα δίκτυο (IP) ικανό για TCP και UDP.
- Υποστηρίζει έως και τέσσερις ταυτόχρονες συνδέσεις υποδοχών.
- PoE module
- Χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη <Ethernet.h> που παρέχετε από τα Arduino IDE



Εικόνα 32 arduino ethernet shield

Ολοκληρώνοντας το κομμάτι του εξοπλισμού του

ασύρματου δικτύου αισθητήρων μας , στη εικόνα βλέπουμε το τελικό αποτέλεσμα όλων των κόμβων που περιλαμβάνει το δίκτυό μας. Στην επόμενη ενότητα παρουσιάζεται ο προγραμματισμός των κόμβων και ο τρόπος που λειτουργούν οι κόμβοι.



Εικόνα 33 κόμβοι του ασύρματου δικτύου

4 ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

4.1 Προγραμματισμός κόμβων αισθητήρων

Για πιο εύκολη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων, χρησιμοποιήσαμε το ίδιο πακέτο δεδομένων σε όλους τους κόμβους του δικτύου . Όπως φαίνεται στη *εικόνα 35*, έχουμε φτιάξει την δομή με όλους τους αισθητήρες που υπάρχουν στο δίκτυό μας και όχι μόνο στο συγκεκριμένο κόμβο, επιπλέον έχουμε βάλει και μια μεταβλητή ID ώστε να γνωρίζουμε από πού στέλνονται τα δεδομένα .

```
EasyTransfer ET; //create object ET
struct SEND_DATA_STRUCTURE
{
// κομβος 1 (καλλιέργεια κρεμμυδιου )
int ID ; // id κόμβου 1
float temp; //θερμοκρασία εδάφους κόμβου 1
float light; //φως του κόμβου 1
float soil; //υγρασία εδάφους του κόμβου 1
// κομβος 2 (καλλιέργεια ντοματας )
float temp2; //θερμοκρασία του κόμβου 2
float hum2; //υγρασία αέρας του κόμβου 2
float bar2; // bar 2
float altitude ; // Υψόμετρο
float soil2; //υγρασία εδάφους του κόμβου 2
};
//δινουμε ενα ονομα στο συνολο των δεδομενων
//που θα στελνονται πχ "mydata"
SEND_DATA_STRUCTURE mydata;
```

Εικόνα 34 Δομή πακέτου δεδομένων

Οι κομβοί αισθητήρες χρησιμοποιούν τον ίδιο κώδικα με την μόνη διαφορά ότι ο κάθε κόμβος αισθητήρων καταχωρεί στη δομή μόνο τις δικές του μετρήσεις.

Αρχικά ο κάθε κόμβος, όπως βλέπουμε στη (*εικόνα 36*),στο μπλε κουτί διαβάζει από τους αισθητήρες και καταχωρεί στην δομή τα δεδομένα , στους υπόλοιπους μεταβλητές που δεν αντιστοιχούν σε αυτόν τα συμπληρώνει με αρνητικές τιμές που φαίνονται κυκλωμένο με κόκκινο .στη συνέχεια στέλνει το πακέτο με την εντολή **ET.sendData();** .

```

h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature();
tempSoil = analogRead(soilpin);
PressureP = barometer.GetPressure();//
Pressuremb = PressureP / 100.0; //pressure in bar
altitudem = barometer.GetAltitude(seaLevelPressure);

mydata.ID = id;
mydata.temp = -100.0;
mydata.light = -100.0;
mydata.soil = -100.0;
//node 2
mydata.temp2 = t;
mydata.hum2 = h;
mydata.bar2 = Pressuremb;
mydata.altitude = altitudem;
mydata.soil2 = tempSoil;

EI.sendData(); // στέλνουμε τα δεδομένα

```

```

tempLight = analogRead(Lightpin);
sensors.requestTemperatures();
tempTemperature = sensors.getTempCByIndex(0);
tempSoil = analogRead(soilpin);

mydata.ID = id;
mydata.temp = tempTemperature;
mydata.light = tempLight;
mydata.soil = tempSoil;
//node2
mydata.temp2 = -100;
mydata.hum2 = -100;
mydata.bar2 = -100;
mydata.altitude = -100;
mydata.soil2 = -100;

EI.sendData(); //στέλνουμε τα δεδομένα μέσω

```

Εικόνα 35 node 1 and node 2code

4.2 Προγραμματισμός κόμβου Ελέγχου

Και οι δυο κόμβοι αισθητήρων στέλνουν ταυτόχρονα πακέτα ίδια σε μέγεθος τα οποία λαμβάνονται από τον κόμβο ελέγχου και το κεντρικό κόμβο.

Στον κόμβο ελέγχου δημιουργούμε την δομή ώστε να είναι ο παραλήπτης .

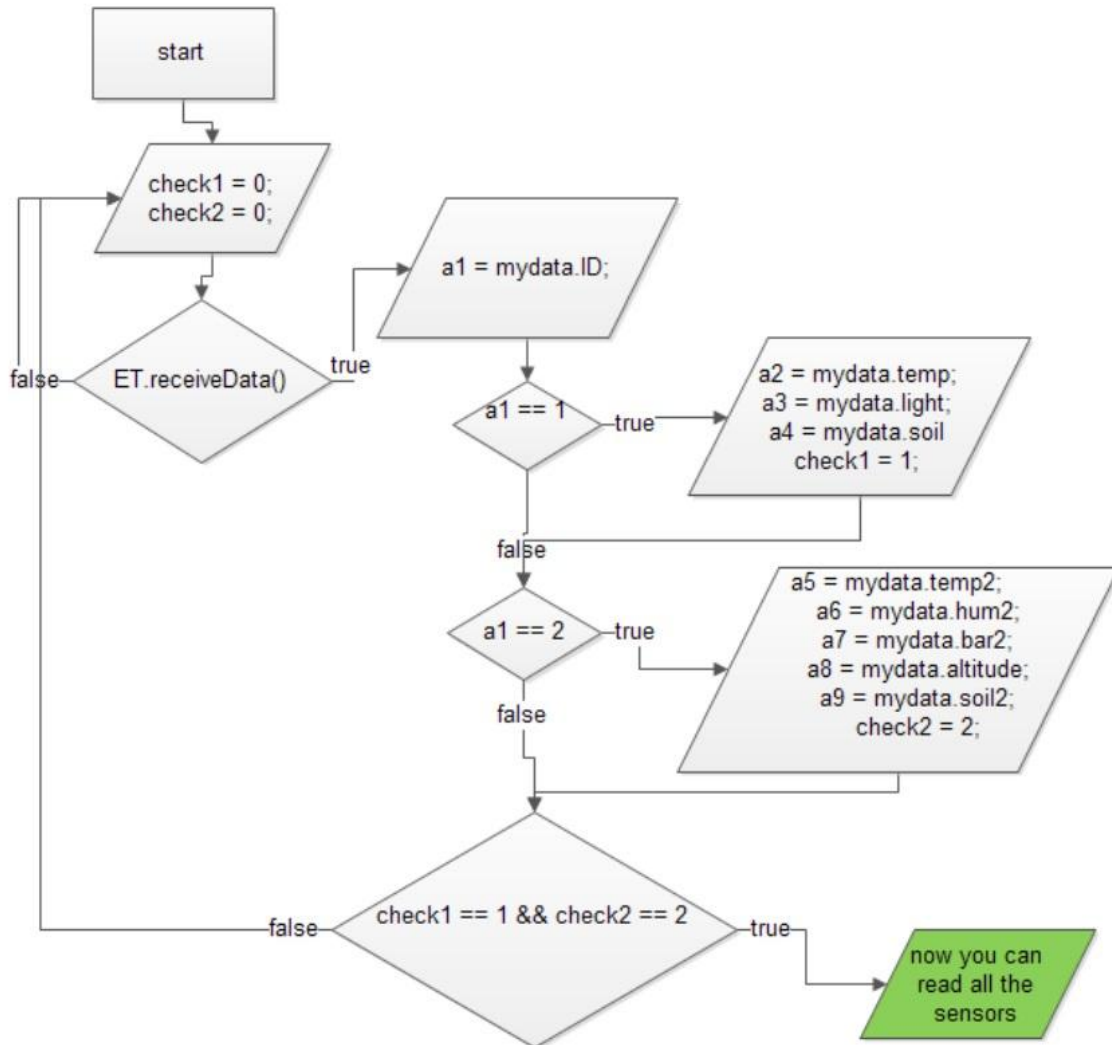
```

EasyTransfer EI; //create object EI
struct RECEIVE_DATA_STRUCTURE
{
// κομβος 1
int ID; // id κομβου 1
float temp; //θερμοκρασια εδαφου κομβου 1
float light; //φως του κομβου 1
float soil; //υγρασια εδαφου του κομβου 1
// κομβος 2
float temp2; //θερμοκρασια του κομβου 2
float hum2; //υγρασια αερας του κομβου 2
float bar2; // βαρομετρική πίεση hpa
float altitude; // υψόμετρο
float soil2; //υγρασια εδαφου του κομβου 2
};

RECEIVE_DATA_STRUCTURE mydata; //δίνουμε ένα όνομα
void setup()

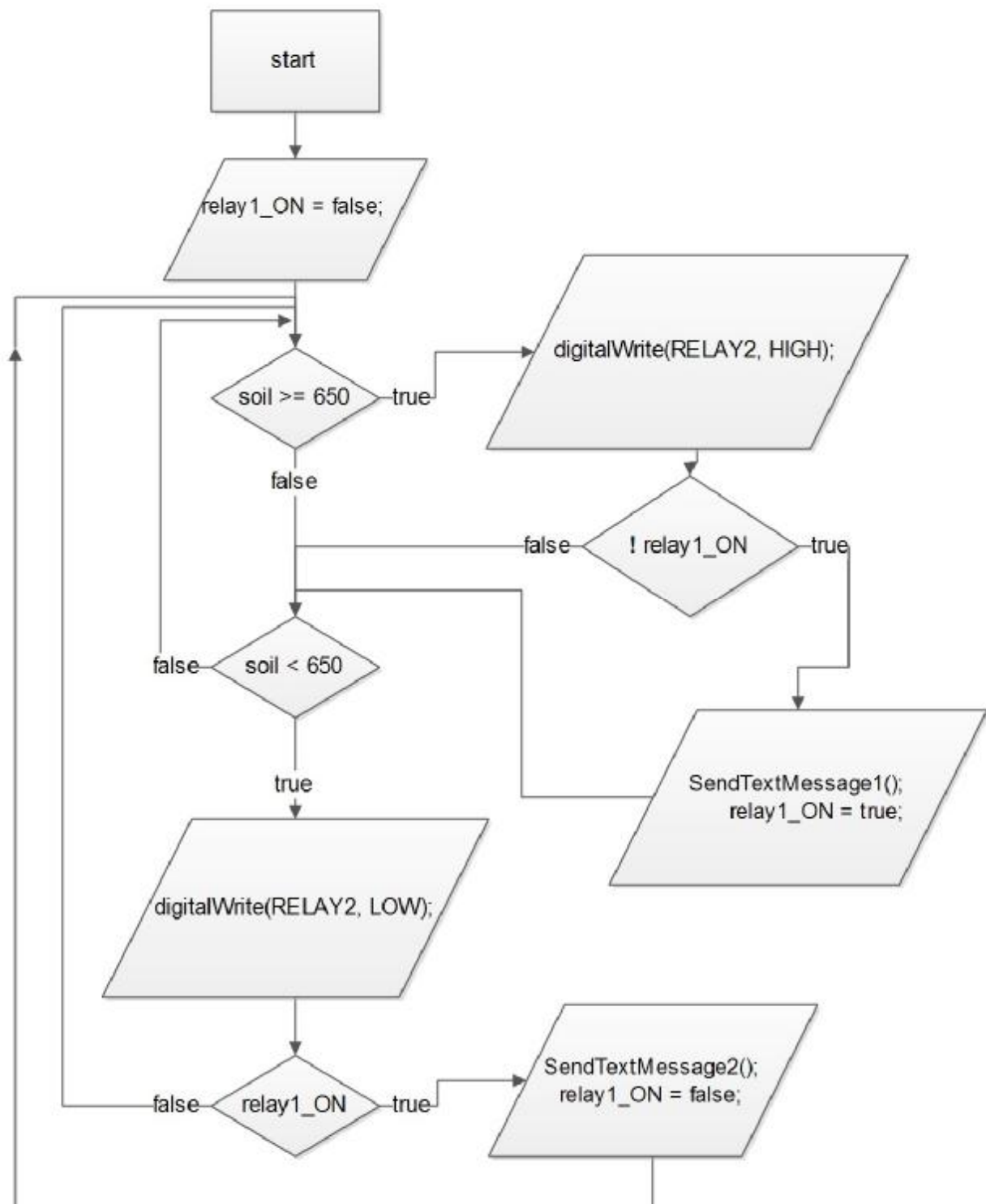
```

Στο παρακάτω διάγραμμα ροής φαίνεται το πώς ελέγχουμε εάν έχουμε διαβάσει πακέτα δεδομένων και από τους δυο κόμβους αισθητήρων. Αυτό γίνεται ελέγχοντας τον ID του πακέτου που λαμβάνουμε, όταν έχουμε διαβάσει και από τους δυο κόμβους πληροφορίες, τότε μπορούμε να διαβάσουμε και να επεξεργαστούμε τα δεδομένα μας .



Εικόνα 36 διάγραμμα ροής ID

Στην συνέχεια έγινε ο προγραμματισμός του κόμβου ελέγχου ώστε να ελέγχει πότε η καλλιέργεια χρειάζεται πότισμα και να ενεργοποιεί το σύστημα άρδευσης μέχρι η υγρασία εδάφους να φτάσει στα επιθυμητά επίπεδα και τότε να το απενεργοποιήσει. Ταυτόχρονα να ειδοποιήσει τον αγρότη μέσω γραπτού μηνύματος για το πότε ξεκίνησε το πότισμα και πότε τελείωσε. Στο παρακάτω διάγραμμα ροής βλέπουμε τους διάφορους ελέγχους που κάνει ο κόμβος κρατώντας και μια μεταβλητή relay1_ON ώστε μήνυμα να στέλνει μόνο ένα στην αρχή όταν ξεκινάει το πότισμα και ένα όταν σταματάει . Το διάγραμμα επαναλαμβάνεται δυο φορές ώστε να ελέγξει και για τις δυο καλλιέργειες .



Εικόνα. 37 διάγραμμα ροής αυτοματισμού

Η συνάρτηση **SendMessage1()**; ,που καλείται όταν ενεργοποιείτε το σύστημα άρδευσης , στέλνει ένα γραπτό μήνυμα με όλες της πληροφορίες του δικτύου. Όπως φαίνεται στη παρακάτω (εικόνα 39) , με την χρήση των εντολών AT COMMANDS μπορούμε να συντάξουμε όποιο μήνυμα θέλουμε.


```

void SendTextMessage1()
{
    //στελνουμε το μηνυμα σε text mode (*AT COMMANDS*)
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    mySerial.println("AT + CMGS = \"+306987192637\");
    delay(100);
    mySerial.println(" Water generator started , Temp1: ");
    mySerial.print(a2);
    mySerial.print(" Light: ");
    mySerial.print(a3);
    mySerial.print(" Soil1: ");
    mySerial.print(a4);
    mySerial.print(" Temp2: ");
    mySerial.print(a5);
    mySerial.print(" Hum2: ");
    mySerial.print(a6);
    mySerial.print(" Bar: ");
    mySerial.print(a7);
    mySerial.print(" Alt: ");
    mySerial.print(a8);
    mySerial.print(" Soil2: ");
    mySerial.println(a9);
    delay(100);
    mySerial.println((char)26);
    delay(100);
    mySerial.println();
}

```

Εικόνα 38 SendTextMessage1

Με την ίδια μέθοδο στέλνει γραπτό μήνυμα και η συνάρτηση **SendTextMessage2()**; (Εικόνα40) οπού καλείται όταν απενεργοποιείται το σύστημα άρδευσης.

```

void SendTextMessage2()
{
    mySerial.print("AT+CMGF=1\r");
    delay(100);
    mySerial.println("AT + CMGS = \"+306987192637\");
    delay(100);
    mySerial.println(" water generator stopped ");
    delay(100);
    mySerial.println((char)26); //το ASCII code του ctrl+z είναι 26
    delay(100);
    mySerial.println();
}

```

Εικόνα 39 SendTextMessage2

4.3 Προγραμματισμός κεντρικού κόμβου (Gateway)

Ο προγραμματισμός του κόμβου ελέγχου έγινε παράλληλα με τον προγραμματισμό της βάσης δεδομένων που αναλύεται στη επόμενη ενότητα. Για την διασύνδεση με το ίντερνετ, ο κεντρικός κόμβος χρησιμοποιεί τις παρακάτω αρχικοποιήσεις μεταβλητών, όπως η φυσική διεύθυνση του Arduino στο τοπικό δίκτυο και η διεύθυνση του τοπικού server xampp..

```
#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED }; //ορίζουμε μια mac διεύθυνση για το arduino
byte ip[] = { 192, 168, 1, 101 }; // η διεύθυνση του arduino στο τοπικό δίκτυο
byte xampp[] = { 192, 168, 1, 109 }; // η διεύθυνση του xampp στο τοπικό δίκτυο

EthernetClient client1; //δημιουργούμε κλάση client
```

Εικόνα 40 Ethernet connection

Η συλλογή των δεδομένων από το ασύρματο δίκτυο γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως προαναφέραμε στον κόμβο ελέγχου .Η αποστολή των πληροφοριών στη βάση δεδομένων γίνεται με την αποστολή ενός http request τύπου GET (εικόνα 42)

```
if (client1.connect(xampp, 8095))
{
  Serial.println("connected");
  client1.print("GET /greenhouse/savedata.php?");
  client1.print("Temp1=");
  client1.print(a2);
  client1.print("&Light=");
  client1.print(a3);
  client1.print("&Soil1=");
  client1.print(a4);
  client1.print("&Temp2=");
  client1.print(a5);
  client1.print("&Hum2=");
  client1.print(a6);
  client1.print("&Bar=");
  client1.print(a7);
  client1.print("&Alt=");
  client1.print(a8);
  client1.print("&Soil2=");
  client1.println(a9);
  client1.stop();
}
else
{
  Serial.println("connection failed");
  client1.stop();
}
```

Εικόνα 41 http request

5 ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στην ενότητα αυτή θα ακολουθήσει αναλυτική παρουσίαση των βημάτων που ακολουθήσαμε για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων και τη σύνδεσή της με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

Για το σχεδιασμό και τη σύσταση του ιστοχώρου διαχείρισης αρχικά επιλέχθηκαν οι γλώσσες προγραμματισμού που μπορούν να φέρουν εις πέρας ένα τέτοιο έργο. Έπειτα επιλέχθηκε η πλατφόρμα XAMPP οποία περιέχει τη βασική τεχνολογική υποδομή για την υλοποίηση διαδικτυακών πυλών, η οποία βασίζεται σε 3-tier αρχιτεκτονική που αξιοποιεί έναν εξυπηρετητή Παγκόσμιου Ιστού (web server), μια βάση δεδομένων και μια scripting γλώσσα προγραμματισμού.

5.1 Γλώσσες διαδικτυακού προγραμματισμού

Οι ιστοσελίδες και οι διαδικτυακές εφαρμογές και υπηρεσίες φτάνουν στον τελικό χρήστη μέσω του παγκόσμιου ιστού με τη χρήση ενός απλού φυλλομετρητή (Web Browser) ή ενός άλλου λογισμικού (Application) σχεδιασμένου για tablets ή smartphones. Σε αυτήν την ενότητα εξετάζονται οι τεχνολογίες με τις οποίες μπορεί να κατασκευαστεί μια ιστοσελίδα ή μια διαδικτυακή εφαρμογή.

Οι ιστοσελίδες διαχωρίζονται σε στατικές και δυναμικές. Ειδικότερα:

- Οι **στατικές ιστοσελίδες** δεν αλλάζουν περιεχόμενο και διάταξη, παρά μόνο όταν ο προγραμματιστής τις αναβαθμίσει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι μια απλή HTML σελίδα.
- Οι **δυναμικές ιστοσελίδες** προσαρμόζουν το περιεχόμενο ή/και την εμφάνισή τους σύμφωνα με την αλληλεπίδραση του τελικού χρήστη, δηλαδή ανάλογα με τα αιτήματά του, τα οποία μπορεί να εκτελούνται είτε στον υπολογιστή του, με τη χρήση JavaScript, VBScript κτλ., είτε στον εξυπηρετητή, με τη χρήση γλωσσών προγραμματισμού που εκτελούνται σε αυτόν, όπως Perl, PHP, JSP, NET κτλ.

Το περιεχόμενο μιας ιστοσελίδας είναι ένα σύνολο από αρχεία που υπάρχουν φυσικά σε έναν ή/και σε περισσότερους διακομιστές, και περιέχουν κείμενα, εικόνες ή πολυμεσικό υλικό. Τα αρχεία αυτά παράγονται με διάφορες γλώσσες διαδικτυακού προγραμματισμού, που χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- γλώσσες σήμανσης, όπως είναι οι HTML, XHTML και XML,
- γλώσσες φύλλων στίλ, όπως είναι οι CSS και XML, σενάρια στον πελάτη (*Client-Side Scripting*), όπως είναι το JavaScript, σενάρια στον εξυπηρετητή (*Server-Side Scripting*), όπως είναι τα PHP, ASP, Perl και Ruby on Rails,
- τεχνολογίες βάσεων δεδομένων, όπως είναι οι MySQL, PostgreSQL και Microsoft SQL Server,
- τεχνολογίες πολυμέσων, όπως είναι οι Flash και Silverlight.

5.1.2 Php

Η PHP επινοήθηκε το 1994 από τον προγραμματιστή Rasmus Lerdorf, ενώ υιοθετήθηκε από πολλούς προγραμματιστές οι οποίοι συνέβαλλαν στην εξέλιξή της. Σε αυτό συνέβαλλε το γεγονός ότι είναι λογισμικό ανοικτού κώδικα (open-source). Αυτό σημαίνει ότι ο προγραμματιστής που την χρησιμοποιεί έχει πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα της γλώσσας. Έτσι, μπορεί να τη διαμορφώσει, να την αλλάξει ή να την αναδημοσιεύσει χωρίς κόστος. Ενδεικτικά αναφέρεται πως μέχρι τον Ιανουάριο του 2013, περίπου 244 εκατομμύρια δικτυακοί τόποι χρησιμοποιούσαν PHP.

Η PHP είναι μια γλώσσα προγραμματισμού για τη δημιουργία ιστοσελίδων. Οι ιστοσελίδες που δημιουργούνται με την PHP αποτελούνται από προγράμματα (scripts) τα οποία εκτελούνται στον εξυπηρετητή Παγκόσμιου Ιστού (για παράδειγμα τον Apache), ώστε να παραχθεί το τελικό περιεχόμενο το οποίο είναι σε μορφή HTML και αποστέλλεται από τον εξυπηρετητή στο πρόγραμμα περιήγησης ιστοσελίδων (web browser). Η έκδοση της PHP που θα μελετήσουμε είναι η 5 (PHP5). Κάθε έκδοση προσθέτει επιπλέον λειτουργικότητα στη γλώσσα και η δυσκολία μετάβασης από μία έκδοση σε νεότερη είναι μικρή.

Τα πλεονεκτήματα της PHP είναι τα ακόλουθα:

- Η ευκολία εκμάθησης και χρήσης.
- Η υποστήριξη από την κοινότητα των προγραμματιστών PHP και την πληθώρα βοηθητικού υλικού και εγχειριδίων χρήσης.
- Η ταχύτητα εκτέλεσης.
- Η μεγάλη ελευθερία που δίνει στον προγραμματιστή.
- Η επεκτασιμότητα και η μεταφερσιμότητα του κώδικα.
- Η υψηλή απόδοση.
- Η δυνατότητα σύνδεσης με διάφορα συστήματα διαχείρισης βάσης

δεδομένων.

- Η πληθώρα βιβλιοθηκών.
- Η ευκολία αναζήτησης και διόρθωσης λαθών.
- Το χαμηλό κόστος συντήρησης και ανάπτυξης.

5.1.2 Η Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου HTML

Η Γλώσσα Σήμανσης Υπερκειμένου (Hypertext Markup Language / HTML) είναι η κύρια γλώσσα σήμανσης των ιστοσελίδων. Τα στοιχεία HTML αποτελούνται από ετικέτες (Tags), οι οποίες εμφανίζονται συνήθως ανά ζεύγη, π.χ. <bold> και </bold>. Η πρώτη ονομάζεται ετικέτα έναρξης (ανοίγματος) και η δεύτερη ετικέτα λήξης (κλεισίματος). Μεταξύ των ετικετών τοποθετούνται κείμενο, πίνακες, εικόνες, βίντεο και αντικείμενα, όπως διαδραστικές φόρμες. Οι ετικέτες ορίζουν τα δομικά σημαντικά στοιχεία για το κείμενο, όπως κεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, συνδέσμους, παραθέσεις και άλλα. Ο web browser του χρήστη διαβάζει τα έγγραφα HTML, χρησιμοποιεί τις ετικέτες HTML, για να ερμηνεύσει το περιεχόμενο και τη μορφή της σελίδας, και στη συνέχεια διαμορφώνει κατάλληλα τη σελίδα, την οποία και προβάλλει στο χρήστη. Στην HTML είναι εφικτό να ενσωματώνονται σενάρια εντολών που περιγράφονται από γλώσσες όπως η JavaScript, τα οποία εκτελούνται στον υπολογιστή του χρήστη και επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ιστοσελίδων HTML. Για την καλύτερη διάταξη και μορφοποίηση των κειμένων, η HTML μπορεί να συνδυαστεί με τη γλώσσα μορφοποίησης CSS.

5.1.3 Η αλληλουχία φύλλων στιλ Css

Η Αλληλουχία Φύλλων Στιλ (Cascading Style Sheets / CSS) είναι μια γλώσσα διαδικτυακού προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της εμφάνισης και της διαμόρφωσης ενός εγγράφου το οποίο έχει γραφτεί με μια γλώσσα σήμανσης, όπως η HTML, όμως μπορεί να συνδυαστεί και με τη γλώσσα XML, που έχει σχεδιαστεί ειδικά για την αναπαράσταση αυθαίρετων δομών δεδομένων και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ετερογενών πληροφοριακών συστημάτων. Η CSS είναι ειδικά σχεδιασμένη για τη διαμόρφωση των στοιχείων ενός εγγράφου, όπως το χρώμα, η στοίχιση και, γενικότερα, η εμφάνιση μιας ιστοσελίδας.

5.1.4 Javascript

Η JavaScript είναι η πιο δημοφιλής scripting γλώσσα στον κόσμο. Είναι η τυπική γλώσσα που χρησιμοποιείται σε ιστοσελίδες, αλλά χρησιμοποιείται ευρέως επίσης από desktop εφαρμογές, εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας, καθώς και διακομιστές διαδικτύου.

Μια γλώσσα scripting είναι μια ελαφριά γλώσσα προγραμματισμού που υποστηρίζει τη συγγραφή σεναρίων. Σενάρια είναι γραμμές κώδικα που μπορούν να ερμηνεύονται και να εκτελούνται χωρίς μεταγλώττιση.

Η JavaScript μπορεί να διαβάσει και να αλλάξει το περιεχόμενο των στοιχείων της HTML. Μπορεί να χειριστεί το CSS. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για την επικύρωση δεδομένων, όπως η επικύρωση μιας φόρμας εισόδου. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών στον υπολογιστή του χρήστη. Τέλος, μπορεί να ρυθμιστεί ώστε να εκτελείται όταν συμβαίνει κάτι, όπως όταν ένας χρήστης κάνει κλικ σε ένα στοιχείο HTML. Η εισαγωγή JavaScript σε μια σελίδα HTML, πραγματοποιείται από την ετικέτα <script>.

5.2 Xamp

Το XAMPP είναι ένα πακέτο προγραμμάτων ελεύθερου λογισμικού, περιέχει τα τρία δομικά στοιχεία μιας διαδικτυακής υποδομής ως μια τεχνολογική λύση για την υποστήριξη δυναμικών ιστοτόπων. Τα οποία είναι ο εξυπηρετητής Παγκόσμιου Ιστού Apache, η γλώσσα προγραμματισμού PHP και το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων MySQL Το XAMPP συμπεριλαμβάνει επίσης, τα πακέτα OpenSSL και το phpMyAdmin..

5.2.1 MySQL

Η MySQL είναι το πιο διαδεδομένο σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων. Γενικότερα, μια βάση δεδομένων επιτρέπει την αποτελεσματική αποθήκευση, αναζήτηση, ταξινόμηση και ανάκληση δεδομένων.

Η MySQL λοιπόν είναι ένα ταχύτατο και ισχυρό σύστημα διαχείρισης σχεσιακής βάσης δεδομένων (relational database). Οι σχεσιακές βάσεις δεδομένων αποθηκεύουν τα δεδομένα σε ξεχωριστούς πίνακες, αντί να τοποθετούν όλα τα δεδομένα σε μία μεγάλη αποθήκη δεδομένων. Η MySQL χρησιμοποιεί τη γλώσσα SQL (Structured Query Language).

Η SQL χρησιμοποιείται για την πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων και έχει κα-

θιερωθεί παγκοσμίως στις βάσεις δεδομένων. Ανάλογα με το περιβάλλον προγραμματισμού που χρησιμοποιούμε, μπορούμε να εισάγουμε απευθείας SQL εντολές, να ενσωματώσουμε εντολές SQL σε κώδικα γραμμένο σε άλλη γλώσσα (όπως για παράδειγμα η PHP), ή να χρησιμοποιήσουμε ένα ενοποιημένο περιβάλλον που κάθε εντολή του κρύβει σύνταξη SQL.

Δομικό στοιχείο του συστήματος της MySQL είναι ο αντίστοιχος εξυπηρετητής (server), ο οποίος ρυθμίζει την πρόσβαση των χρηστών στα δεδομένα υποστηρίζοντας (α) ασφάλεια και ελεγχόμενη πρόσβαση, (β) ταυτόχρονη πρόσβαση πολλών χρηστών, (γ) διαφορετικό επίπεδο δικαιωμάτων, (δ) αξιοπιστία, (ε) επεκτασιμότητα και (στ) ταχύτητα.

Η MySQL είναι Ελεύθερο Λογισμικό Ανοικτού Κώδικα (open-source) με μεγάλο μέρος των λειτουργιών της να έχει αναπτυχθεί σε στενή συνεργασία με τους χρήστες της. Ωστόσο, υπάρχουν και άδειες για εμπορική χρήση της.

5.2.2 Apache web server

Ο Apache είναι ένας εξυπηρετητής (server) για την υποστήριξη εφαρμογών στον Παγκόσμιο Ιστό (Web). Λειτουργεί σε συνεργασία με το λειτουργικό σύστημα του υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένος. Η βασική λειτουργία του αφορά τη λήψη αιτημάτων από προγράμματα περιήγησης ιστοσελίδων (web browsers) και την εξυπηρέτησή τους παρουσιάζοντας (στέλνοντας) την κατάλληλη ιστοσελίδα.

Ο Apache, είναι γραμμένος στη γλώσσα C και αποτελεί το πιο διάσημο HTTP λογισμικό εξυπηρετητή. Το λογισμικό αυτό υποστηρίζει διάφορες εφαρμογές, όπως είναι γλώσσες προγραμματισμού της πλευράς του εξυπηρετητή (PHP). Υποστηρίζει Perl, Python, Tcl, καθώς επίσης SSL και TLS. Χρησιμοποιείται για να τρέχουν σε αυτόν τόσο στατικές, όσο και δυναμικές ιστοσελίδες.

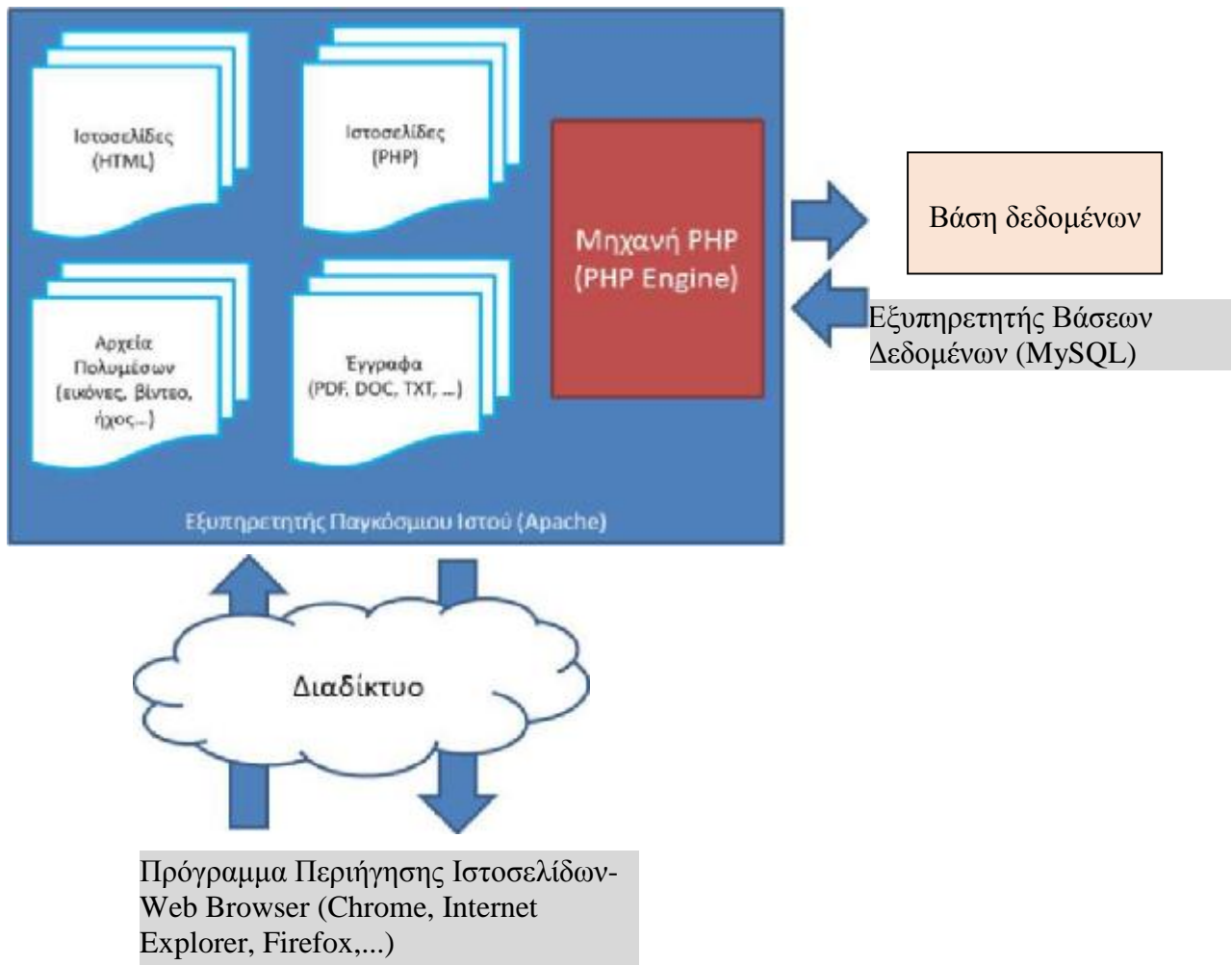
5.2.3 PhpMyadmin

Το phpMyAdmin είναι ένα εργαλείο λογισμικού γραμμένο σε PHP που προορίζεται για να χειριστεί τη διαχείριση της MySQL μέσω του World Wide Web. Το phpMyAdmin υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων με την MySQL. Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες λειτουργίες του υποστηρίζονται από το περιβάλλον εργασίας χρήστη (διαχείριση βάσεων δεδομένων, πίνακες, πεδία, σχέσεις, ευρετήρια, οι χρήστες, άδειες, κλπ), ενώ εξακολουθείτε να έχετε τη δυνατότητα να εκτελέσετε άμεσα οποιαδήποτε δήλωση SQL. Μπορούμε να έχουμε πρόσβαση μέσω του phpMyAdmin στο control Panel. Μέσω του control Panel έχουμε τη δυνατότητα για δημιουργίας και διαχείρισης των χρηστών και των βάσεων δεδομένων

5.2.4 Συνεργασία Apache, MySQL PHP

Τα τρία δομικά στοιχεία μιας διαδικτυακής υποδομής ως μια τεχνολογική λύση για την υποστήριξη δυναμικών ιστοτόπων είναι λοιπόν ο εξυπηρετητής Παγκόσμιου Ιστού (όπως ο Apache), μια γλώσσα προγραμματισμού (όπως η PHP) και η αντίστοιχη μηχανή της (στο παράδειγμά μας η μηχανή PHP ή PHP engine) και το σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων (όπως η MySQL).

Η Εικόνα 43 δείχνει τον τρόπο διασύνδεσής τους.



Εικόνα 42 Συνεργασία Apache, MySQL και PHP

Όπως φαίνεται στην εικόνα το κομβικό δομικό στοιχείο της αρχιτεκτονικής που παρουσιάζουμε είναι ο εξυπηρετητής Παγκόσμιου Ιστού. Εδώ αποθηκεύονται οι ιστοσελίδες (σε μορφές όπως HTML, PHP, κ.α.) αλλά και τα αρχεία που θέλουμε να είναι προσπελάσιμα στους επισκέπτες του ιστοτόπου (όπως για παράδειγμα αρχεία πολυμέσων, έγγραφα, κ.α.).

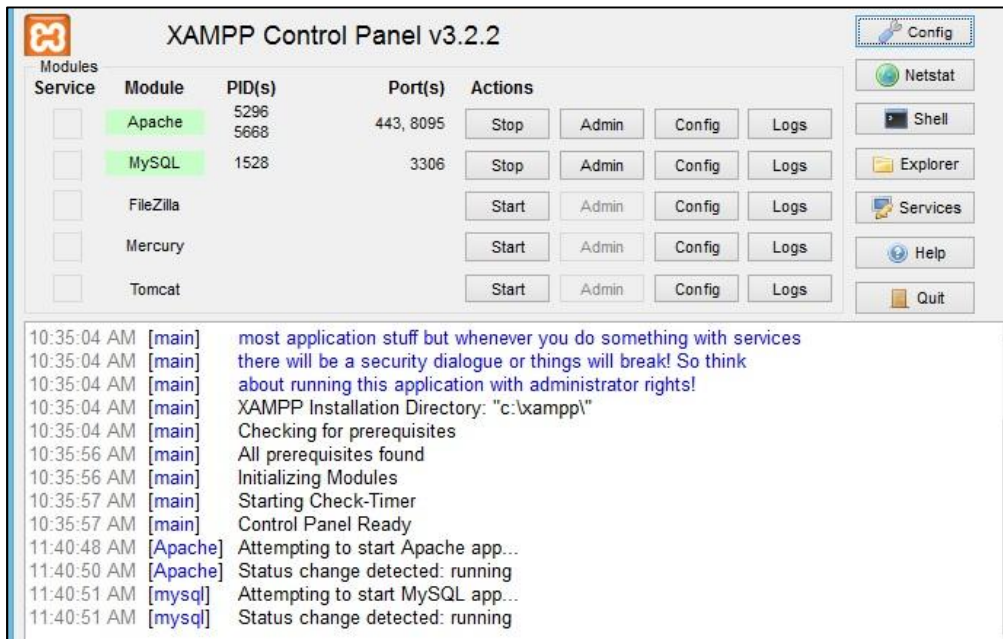
Σε περίπτωση που ο επισκέπτης του ιστοτόπου θέλει να επισκεφθεί μια συγκεκριμένη ιστοσελίδα πληκτρολογεί τη διεύθυνσή της στο πρόγραμμα περιήγησης ιστοσελίδων (web browser) που διαθέτει (όπως Chrome, Internet Explorer, Firefox). Μέσω του Διαδικτύου, μεταβιβάζεται το αίτημα στον εξυπηρετητή Παγκόσμιου Ιστού και προσπελαύνει («κατεβάζει») την ιστοσελίδα και το περιεχόμενό της.

Ωστόσο, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες απαιτείται να γίνει κάποιου είδους επεξεργασία στην ιστοσελίδα (όπως για παράδειγμα κάποιος υπολογισμός), και τότε είναι απαραίτητη η εκτέλεση ενός σχετικού προγράμματος (script). Στην περίπτωση αυτή ενεργοποιείται η Μηχανή PHP η οποία είναι ενσωματωμένη ως άρ-θρωμα (module) στο εξυπηρετητή Παγκόσμιου Ιστού. Κατά την εκτέλεση του προγράμματος, σε εκείνο το σημείο λαμβάνει χώρα ο υπολογισμός και η μετατροπή της εξόδου του script σε μορφή που είναι συμβατή με το πρόγραμμα περιήγησης ιστοσελίδων (συνήθως HTML μορφή).

Μια ακόμη πιο σύνθετη περίπτωση είναι η εισαγωγή ή ανάκτηση δεδομένων από μια βάση δεδομένων είτε γιατί είναι απαραίτητα για την εκτέλεση ενός προγράμματος, είτε γιατί τα έχει αιτηθεί ο χρήστης. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται να γίνει ένα ερώτημα (query) στη βάση δεδομένων. Για το λόγο αυτό, η Μηχανή PHP αποστέλλει το ερώτημα επικοινωνώντας με τον εξυπηρετητή βάσεων δεδομένων (MySQL), για να συνδεθεί με την αντίστοιχη βάση δεδομένων και να κάνει την επεξεργασία του ερωτήματος. Ο εξυπηρετητής βάσεων δεδομένων εκτελεί το ερώτημα και επιτελεί τη λειτουργία του αποστέλλοντας τα δεδομένα στη Μηχανή PHP. Εκεί ολοκληρώνεται η εκτέλεση του προγράμματος, και όπως αναφέρθηκε προηγουμένως η μετατροπή της εξόδου του script σε μορφή που είναι συμβατή με το πρόγραμμα περιήγησης ιστοσελίδων (συνήθως HTML μορφή).

5.2.5 Εγκατάσταση XAMPP

Μετά την εγκατάσταση του xampp ,ενεργοποιούμε τις υπηρεσίες που θέλουμε (Apache, MySQL) στον πίνακα ελέγχου βάζοντας και την κατάλληλη πόρτα με την φυσική διεύθυνση του τοπικού δικτύου που είμαστε συνδεδεμένοι .



Εικόνα 43 xampp control panel

```

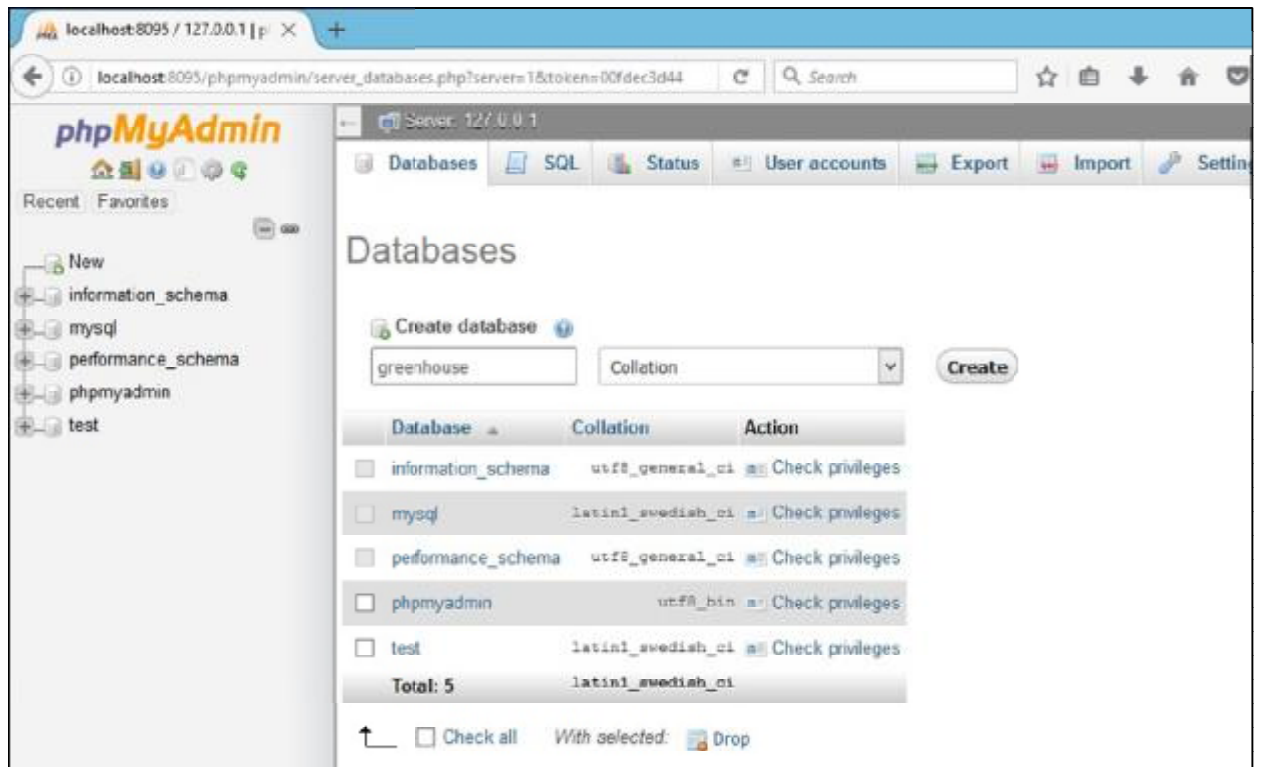
# Change this to Listen on specific IP addresses as shown below to
# prevent Apache from glomming onto all bound IP addresses.
#
#Listen 12.34.56.78:80
Listen 8095

```

Εικόνα 44 port configuration

5.2.6 Δημιουργία βάσης δεδομένων

Χρησιμοποιώντας το phpMyAdmin δημιουργούμε την βάση δεδομένων μας που το έχουμε ονομάσει **greenhouse** , μετά δημιουργούμε τον πίνακα **sensors** στη βάση δεδομένων ώστε να αποθηκεύσουμε τα δεδομένα από το δίκτυο αισθητήρων μας.



Εικόνα 45 δημιουργία βάσης δεδομένων

Στην συνέχεια δημιουργούμε τον πίνακα **sensors** με όλους τους απαραίτητους μεταβλητές για κάθε αισθητήρα που έχουμε , συνολικά έχουμε δημιουργήσει 10 μεταβλητές, 8 αντιστοιχούν στους αισθητήρες μας και δυο για να κρατάνε την χρονική στιγμή και την σειρά καταχώρισης των δεδομένων στη βάση(εικόνα 48)

Create table

Name:

Number of columns:

Εικόνα 47 δημιουργία πίνακα αισθητήρων

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id			No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	2	event			No	CURRENT_TIMESTAMP			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	3	Temp1	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	4	Light	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	5	Soil1	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	6	Temp2	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	7	Hum2	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	8	Bar	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	9	Alt	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary
<input type="checkbox"/>	10	Soil2	latin1_swedish_ci		No	None			Change Drop Primary

Check all
 With selected

 Change
 Drop
 Primary
 Unique
 Index
 Add to central columns
 Refresh

Εικόνα 46 sensors table

5.3 Προγραμματισμός βάσης δεδομένων

Για να εισάγουμε τα δεδομένα από το ασύρματο δίκτυο μας στη βάση δεδομένων, δημιουργήσαμε τα κατάλληλα scripts php.

Το **connect.php** κάνει την σύνδεση της mysql με την βάση δεδομένων **greenhouse**

connect.php

<?php

```

$user = "root";
$pass = "";
$host = "localhost";

$connection =mysql_connect($host,$user,$pass);
$selectdb = mysql_select_db('greenhouse',$connection);
?>

```

Το **savedata.php** με τις κατάλληλες εντολές ,εισάγει τα δεδομένα στη βάση δεδομένων μας όταν εκτελείτε GET request από το κεντρικό κόμβο .

savedata.php

?php

```
include("connect.php");

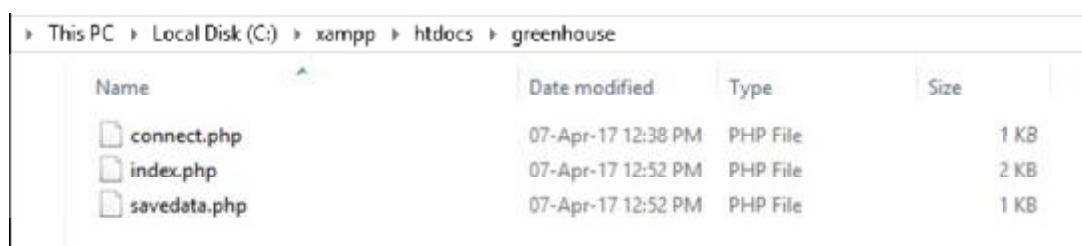
$temp1= $_GET['temp1'];
$Light= $_GET['Light'];
$Soil1= $_GET['Soil1'];
$temp2= $_GET['temp2'];
$hum2= $_GET['hum2'];
$bar= $_GET['bar'];
$salt= $_GET['alt'];
$Soil2= $_GET['Soil2'];

$sql_insert = "insert into sensors
(temp1,Light,Soil1,temp2,hum2,bar,alt,Soil2)
values
('$temp1','$Light','$Soil1','$temp2','$hum2','$bar','$salt','$Soil2')";

mysql_query($sql_insert);
?>
```

Για την εμφάνιση των αποθηκευμένων δεδομένων στη βάση μας, δημιουργήσαμε το script **index.php** (που βρίσκετε στα παρατήματα της πτυχιακής), το οποίο επιλέγει όλα τα δεδομένα από τον πίνακα sensors που είναι αποθηκευμένα οι πληροφορίες και τα εμφανίζει στο φυλλομετρητή με την χρήση html κώδικα.

Και τα τρία script που δημιουργήσαμε τα αποθηκεύουμε στο φάκελο της βάσης μας (εικόνα 49)



| Name | Date modified | Type | Size |
|--------------|--------------------|----------|------|
| connect.php | 07-Apr-17 12:38 PM | PHP File | 1 KB |
| index.php | 07-Apr-17 12:52 PM | PHP File | 2 KB |
| savedata.php | 07-Apr-17 12:52 PM | PHP File | 1 KB |

Εικόνα 48 greenhouse index

6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διάφορων δοκιμών που γίνανε κατά την ολοκλήρωση του ασύρματου δικτύου αισθητήρων.

Το συνολικό κόστος του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση του ασύρματου δικτύου είναι **206,10 €** (πίνακα 7).

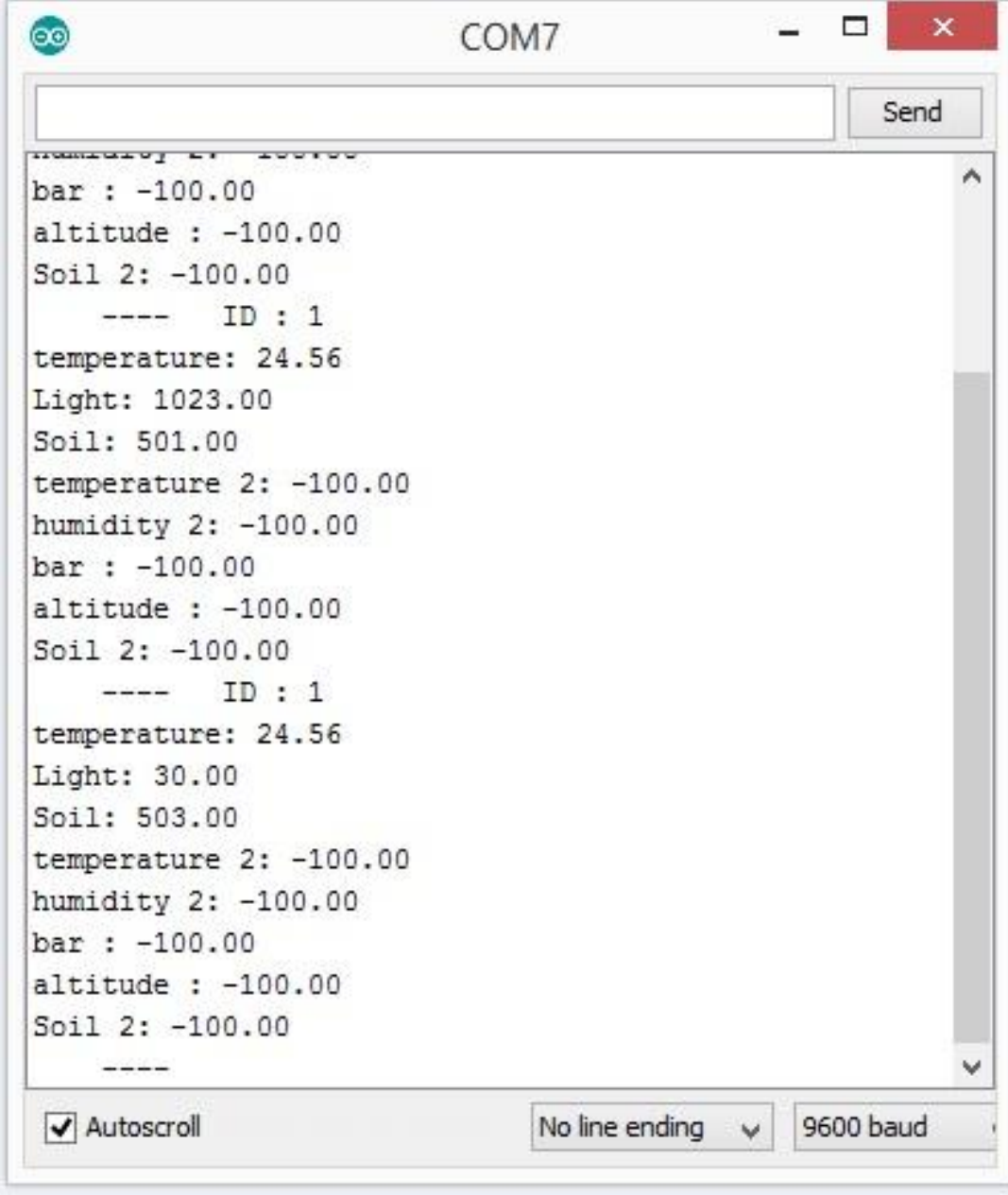
| Ποσότητα | Είδος | Τιμή (€) |
|----------|---------------------|-----------|
| 1 | Arduino mega 2560 | 26 |
| 2 | Arduino pro mini 5v | 22 |
| 1 | Arduino UNO | 9 |
| 1 | Sim900 gsm shield | 17 |
| 1 | Ethernet shield PoE | 15 |
| 2 | Apc220 modules | 50 |
| 2 | Batteries | 13 |
| 2 | Solar panels | 15 |
| 2 | Charger modules | 18 |
| 2 | Relays | 12 |
| 1 | Dht22 sensor | 3,90 |
| 1 | Light sensor | 2,70 |
| 1 | DS18B20 Temp sensor | 1,60 |
| 1 | Barometric sensor | 1.40 |
| 2 | Soil sensor | 1,80 |
| - | Wires | 5 |
| 1 | USB to TTL module | 2,80 |
| Σύνολο | | 206,10 € |

Πίνακας 7 Συνολικό κόστος εξοπλισμού

Για κάθε κόμβο αισθητήρων ,τρέχουμε αντίστοιχα το κώδικα που βρίσκεται στο **παραρτήματα Α** της πτυχιακής.

Για τον πρώτο κόμβο αισθητήρων **1 (καλλιέργεια κρεμμυδιού)** τρέχουμε τον κώδικα

node1.ino έχοντας συνδέσει τον κόμβο με τον υπολογιστή μας . Ανοίγοντας το σειριακή οθόνη στο περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino βλέπουμε το αποτέλεσμα που μας δίνει ο κώδικας στην (εικόνα 50) .



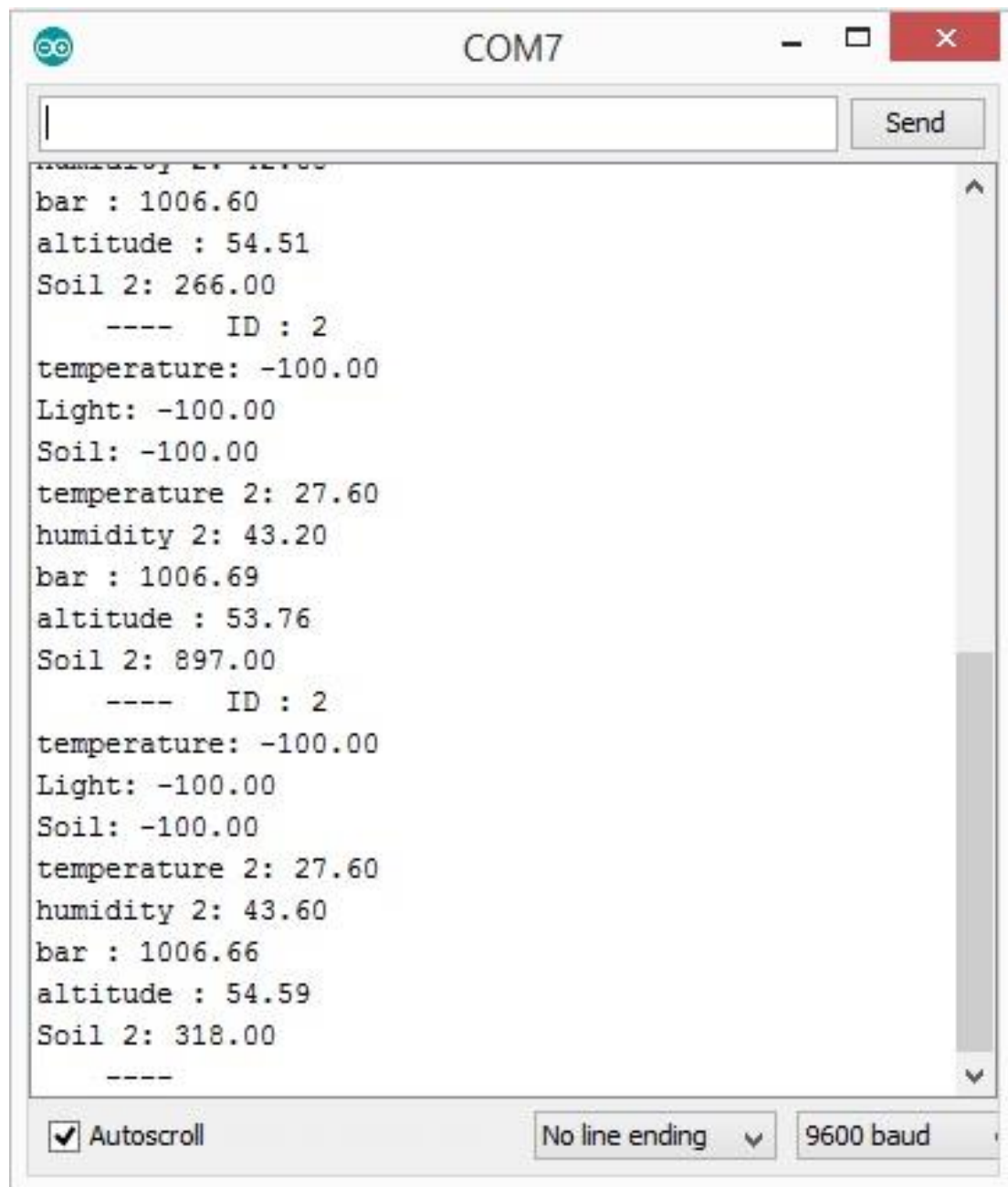
The screenshot shows the serial monitor window for COM7. The window title is "COM7" and it has standard Windows window controls. At the top right, there is a "Send" button. The main area contains the following text output from the Arduino:

```
humidity 2: -100.00  
bar : -100.00  
altitude : -100.00  
Soil 2: -100.00  
---- ID : 1  
temperature: 24.56  
Light: 1023.00  
Soil: 501.00  
temperature 2: -100.00  
humidity 2: -100.00  
bar : -100.00  
altitude : -100.00  
Soil 2: -100.00  
---- ID : 1  
temperature: 24.56  
Light: 30.00  
Soil: 503.00  
temperature 2: -100.00  
humidity 2: -100.00  
bar : -100.00  
altitude : -100.00  
Soil 2: -100.00  
----
```

At the bottom of the window, there are three settings: "Autoscroll" (checked), "No line ending" (dropdown menu), and "9600 baud" (dropdown menu).

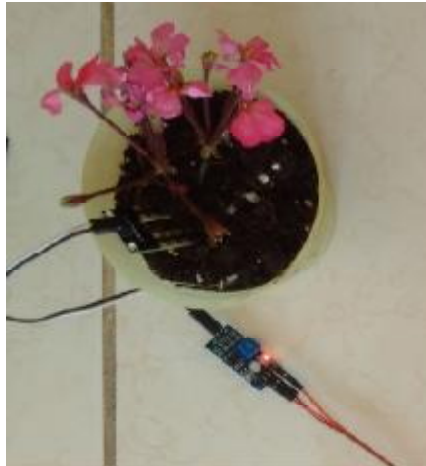
Εικόνα 49 test node 1

Ακολουθούμε την ίδια διαδικασία και με τον δεύτερο κόμβο 2 (**καλλιέργεια ντομάτας**) με τον κώδικα **node2.ino** (εικόνα 51) .



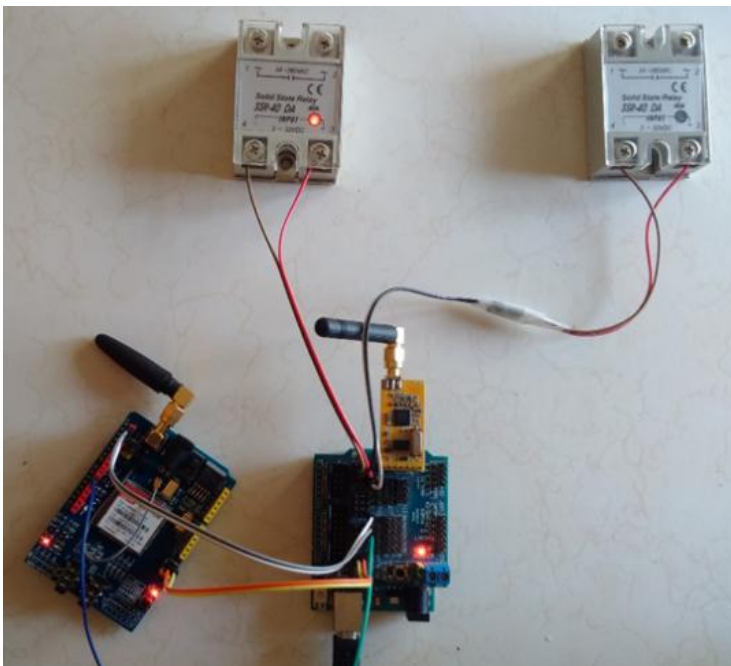
Εικόνα 50 test node 2

Το τεστ που κάναμε στο κόμβο ελέγχου ώστε να διαπιστώσουμε την σωστή λειτουργία του , έγινε βγάζοντας τον αισθητήρα υγρασίας εδάφους από το χώμα (εικόνα52) και ξανάβάζοντας πάλι μετά από κάποια λεπτά .



Εικόνα 51 Αισθητήρας υγρασίας εδάφους

Παρατηρούμε στην (εικόνα53) ότι ανάβει το ρελέ και ταυτόχρονα στέλνεται μήνυμα κειμένου στο κινητό τηλέφωνο που ειδοποιεί ότι άναψε το ρελέ και παρουσιάζει της πληροφορίες του δικτύου εκείνη την ώρα, (εικόνα54)

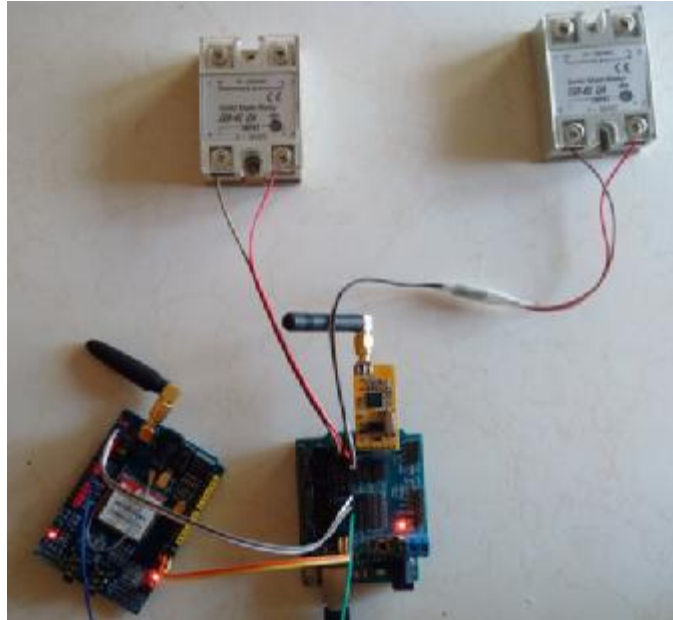


Εικόνα 52 node control test1



Εικόνα 54 sms test

Ξαναβάζοντας τον αισθητήρα πάλι μέσα στο χώμα ,το ρελέ σβήνει και στέλνει ξανά μήνυμα που ειδοποιεί ότι το σύστημα άρδευσης σταμάτησε.



Για τον κεντρικό κόμβο του δικτύου και την βάση δεδομένων , εκτελούμε τον κώδικα **index.php**. Βάζοντας στον φυλλομετρητή την διεύθυνση που είναι αποθηκευμένος ο κώδικας ,μας εμφανίζονται τα δεδομένα σε ένα πίνακα όπως φαίνεται στην (εικόνα 55) .

Greenhouse Sensors data

| Event id | TIME | Temperature 1 | Light | Soil 1 | Temperature 2 | Humidity 2 | Pressure bar | Altitude | Soil 2 |
|----------|--------------------|---------------|--------|--------|---------------|------------|--------------|----------|--------|
| 1 | 03/05/2017 - 05:10 | 22.56 | 368.00 | 317.00 | 22.80 | 41.00 | 1006.19 | 59.04 | 497.00 |
| 2 | 03/05/2017 - 05:10 | 22.50 | 405.00 | 320.00 | 22.80 | 41.10 | 1006.09 | 59.78 | 493.00 |
| 3 | 03/05/2017 - 05:10 | 22.50 | 408.00 | 316.00 | 22.80 | 41.20 | 1006.16 | 59.75 | 356.00 |
| 4 | 03/05/2017 - 05:10 | 22.52 | 727.00 | 319.00 | 22.80 | 41.20 | 1006.08 | 60.04 | 356.00 |
| 5 | 03/05/2017 - 05:10 | 22.50 | 323.00 | 319.00 | 22.80 | 41.10 | 1006.08 | 59.04 | 484.00 |
| 6 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.50 | 319.00 | 315.00 | 22.80 | 41.00 | 1006.16 | 59.75 | 482.00 |
| 7 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.50 | 318.00 | 316.00 | 22.80 | 41.00 | 1006.15 | 59.89 | 481.00 |
| 8 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.53 | 319.00 | 316.00 | 22.80 | 41.00 | 1006.19 | 59.70 | 481.00 |
| 9 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.53 | 318.00 | 316.00 | 22.80 | 41.10 | 1006.19 | 59.80 | 481.00 |
| 10 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.52 | 318.00 | 315.00 | 22.80 | 41.00 | 1006.08 | 59.75 | 480.00 |
| 11 | 03/05/2017 - 05:11 | 22.51 | 318.00 | 316.00 | 22.80 | 40.80 | 1006.10 | 59.75 | 478.00 |
| 12 | 03/05/2017 - 05:12 | 22.50 | 319.00 | 316.00 | 22.90 | 40.90 | 1006.08 | 59.75 | 478.00 |

Εικόνα 53 database test

7 ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Στα πλαίσια αυτή της εργασίας αρχικά επικεντρωθήκαμε στις απαιτήσεις ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων για την περίπτωση του θερμοκηπίου και με βάση αυτών των αποτίσεων επιλέξαμε των κατάλληλο εξοπλισμό.

Με την πλατφόρμα Arduino που επιλέξαμε, μπορέσαμε να συνδυάσουμε πολλούς αισθητήρες και άλλες πλακέτες όπως η πλακέτα GSM και ETHERNET. Έχοντας μια πληθώρα επιλόγων από εξαρτήματα που είναι συμβατά με το Arduino, υλοποιήσαμε το δίκτυο αισθητήρων μας σε ένα σχετικά χαμηλό κόστος.

Η μεγάλη διαθεσιμότητα των διάφορων βιβλιοθηκών στο διαδίκτυο και το ανοικτό λογισμικό του Arduino, μας επέτρεψαν να σχεδιάσουμε ένα ασύρματο δίκτυο χωρίς να χρησιμοποιήσουμε αλγόριθμους δρομολόγησης. Βλέποντας τα αποτελέσματα από τα τεστ των κόμβων, συμπεραίνουμε ότι το σύστημα που σχεδιάσαμε ανταποκρίθηκε στις αρχικές απαιτήσεις της περίπτωσης μας.

Η αυτοματοποίηση του συστήματος άρδευσης, εκτός από το σχεδιασμό που εφαρμόσαμε, μπορεί να αλλάξει ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Επιπρόσθετα, ο χρήστης ενημερώνετε για κάθε γεγονός που συμβαίνει στο θερμοκήπιο και έχει την δυνατότητα να πράττει ανάλογος ελέγχοντας το σύστημα απομακρυσμένα.

Με την αποθήκευση όλων των δεδομένων του συστήματός μας σε μια βάση δεδομένων, όπως φαίνεται στο τελευταίο τεστ στα αποτελέσματα, μπορεί να γίνει η περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων και η αξιολόγησή τους.

Όπως έγινε φανερό από τις ήδη υπάρχουσες ή συνεχόμενες αναπτύξεις, οι τεχνολογίες WSN έχουν κατακλύσει σχεδόν όλους τους επιστημονικούς τομείς. Η χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων σε υπαίθρια περιβαλλοντική παρακολούθηση έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός τρόπος για την απόκτηση πολύτιμων πληροφοριών, με τη χρήση των οποίων οι επιστήμονες μπορούν να αναπτύξουν μοντέλα φαινομένων παρακολούθησης και πρόβλεψης. Αυτά τα μοντέλα, μετά από τη μελέτη και την αξιολόγησή τους, θα συμβάλλουν στη λήψη προληπτικών μετρήσεων σε αμπελώνες και στην παρακολούθηση ανίχνευσης παρασίτων σε διάφορες καλλιέργειες, ώστε να είναι δυνατή η πρόβλεψη του επόμενου επικίνδυνου συμβάντος.

Όσον αφορά τη φύση της εργασίας αυτής η οποία είναι ως επί το πλείστον ένας οδηγός όπως προαναφέρθηκε, είναι ένας γενικός οδηγός και μπορεί να είναι χρήσιμο για γρήγορη εκκίνηση κάποιας ανάλογης εφαρμογής.

Στην πραγματικότητα, μπορεί να τεθεί σε εφαρμογή το WSN για κάθε ένα από τα προαναφερθέντα επιστημονικά πεδία και να αναπτυχθεί ένα καινούργιο σύστημα απλά αλλάζοντας μόνο κάποιους αισθητήρες.

Παρά τα επιτεύγματα του WSN, υπάρχουν κάποιες προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν στο κοντινό μέλλον. Αυτές οι προκλήσεις αφορούν το ζήτημα του

ηλεκτρικού ρεύματος όπου πρέπει να εφαρμοστούν εναλλακτικές τεχνικές εξοικονόμησης / διαχείρισης ενέργειας και αλγόριθμοι. Το κόστος είναι ένας κρίσιμος παράγοντας στη χρήση της τεχνολογίας WSN. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, ο στόχος αυτής της τεχνολογίας πρέπει να χρησιμοποιηθεί από όλους χωρίς ειδική γνώση ή εκπαίδευση. Ωστόσο, η τιμή του κάθε κόμβου αισθητήρων εξακολουθεί να χρειάζεται να φτάσει φθηνότερα για να είναι σε θέση να αναπτυχθεί ένα σωστό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, το οποίο για να δώσει τις σωστές μετρήσεις πρέπει να είναι μεγάλη στους αριθμούς κόμβων αισθητήρων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] “*Wireless sensor networks: a survey*”, I.F. Akyildiz, W. Su*, Y. Sankarasubramaniam, E. Cayirci. Broadband and Wireless Networking Laboratory, School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA.
- [2] “*Energy Conservation in Wireless Sensor Networks: a Survey*”, Giuseppe Anastasi*, Marco Conti#, Mario Di Francesco*, Andrea Passarella#. *Department of Information Engineering University of Pisa, Italy. #Institute for Informatics and Telematics (IIT) National Research Council (CNR), Italy.
- [3] “*A Wake-On Sensor Network*”, Gang Lu, Debraj De, Wen-Zhan Song, Behrooz Shirazi. Sensorweb Research Laboratory, Washington State University, Vancouver WA 98686-9600, US.
- [4] “*Meet the ZigBee Standard Article*”, www.sensorsmag.com
- [5] “*Γεωργία Ακριβείας*”, Σπύρος Φούντας, Θεοφάνης Γέμτος, 2015
- [6] Microplanet, “*Τι είναι Arduino?*”, www.microplanet.gr, 29/4/2014
- [7] Arduino.cc, “*Arduino Mega 2560*”, <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardMesa2560>, 29/4/2015.
- [8] Arduino playground, <http://www.arduino.cc/>, Σεπτέμβριος 2016
- [9] Arduino ide, <http://arduino.cc/en/Guide/Environment>, Σεπτέμβριος 2017
- [10] Wiring, <http://www.wiring.org.co/>, Σεπτέμβριος 2017
- [11] Tan H., D’ orazio T., C για μηχανικούς, Εκδόσεις Τζιόλα, 2000
- [12] Apache friends - XAMPP, <http://www.apachefriends.org>, Σεπτέμβριος 2012
- [13] “*Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα Διαδικτύου*” Θρασύβουλος-Κωνσταντίνος Τσιάτσος, www.kallipos.gr, 2015]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α :

Κόμβος αισθητήρων 1 (καλλιέργεια κρεμμυδιού)

File : node1.ino

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <EasyTransfer.h>

#define ONE_WIRE_BUS 2 // ορίζουμε το pin του αισθητήρα
θερμοκρασίας

int Lightpin = A3; //ορίζουμε το pin του αισθητήρα του φως
int soilpin = A0; //ορίζουμε το pin του αισθητήρα υγρασίας
εδάφους

float tempLight = 0;
float tempSoil = 0;
float tempTemperature = 0;

int id = 2; //ορίζουμε το ID του κόμβου

OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
EasyTransfer ET; //create object ET
struct SEND_DATA_STRUCTURE
{
    // ορίζουμε τις μεταβλητές για τα δεδομένα που θα στέλνονται
    στους τους άλλους μικροελεγτές
    //ΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ
    ΑΛΛΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΤΕΣ

    // κομβος 1
    int ID ; // id κόμβου 1
    float temp; //θερμοκρασία εδάφους κόμβου 1
    float light; //φως του κόμβου 1
    float soil; //υγρασία εδάφους του κόμβου 1

    // κομβος 2
    float temp2; //θερμοκρασία του κόμβου 2
    float hum2; //υγρασία αέρας του κόμβου 2
    float bar2; // bar 2
    float altitude ; // Υψόμετρο
    float soil2; //υγρασία εδάφους του κόμβου 2
};

SEND_DATA_STRUCTURE mydata; //δίνουμε ένα όνομα στο σύνολο
των δεδομένων που θα στέλνονται πχ "mydata"
```

```

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600); //ορίζουμε σειριακή θύρα με συχνότητα
  9600(baustratio)

  ET.begin(details(mydata), &Serial); //ορίζουμε ποια σειριακή
  θύρα θα στέλνονται τα δεδομένα

  sensors.begin();
}

void loop()
{

  tempLight = analogRead(Lightpin); // διαβάζουμε από τον
  αισθητήρα του φως

  sensors.requestTemperatures();
  tempTemperature = sensors.getTempCByIndex(0); // διαβάζουμε
  από τον αισθητήρα θερμοκρασίας

  tempSoil = analogRead(soilpin); //read the value from sensor
  pin

  //γίνεται η καταχώρηση των δεδομένων στο σύνολο των
  δεδομένων(mydata) προς αποστολή
  float a = -100;

  mydata.ID = id;
  mydata.temp = tempTemperature;
  mydata.light = tempLight;
  mydata.soil = tempSoil;
  //node2
  mydata.temp2 = a;
  mydata.hum2 = a;
  mydata.bar2 = a;
  mydata.altitude = a;
  mydata.soil2 = a;

  /*
  Serial.print("ID : ");
  Serial.println(mydata.ID);
  Serial.print( "temperature: ");
  Serial.println(mydata.temp);
  Serial.print( "Light: ");
  Serial.println(mydata.light);
  Serial.print("Soil: ");
  Serial.println(mydata.soil);
  Serial.print("temperature 2: ");
  Serial.println(mydata.temp2);
  Serial.print( "humidity 2: ");
  Serial.println(mydata.hum2);
  */
}

```

```

    Serial.print( "bar : ");
    Serial.println(mydata.bar2);
    Serial.print( "Soil 2: ");
    Serial.println(mydata.soil2);
    Serial.print( "    ----    ");
*/

ET.sendData(); //στέλνουμε τα δεδομένα μέσω της κεραίας
apc220

delay(10000);

}

```

Κόμβος αισθητήρων 2(καλλιέργεια ντομάτας)

```

#include <Wire.h>
#include <BMP180.h>
#include <DHT.h>
#include <EasyTransfer.h>

#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)

BMP180 barometer;
// Αποθηκεύουμε την τρέχουσα ατμοσφαιρική πίεση στο επίπεδο
της θάλασσας στην περιοχή Πάτρας σε μονάδες pascal..
float seaLevelPressure = 101320; //patra

long PressureP;
float Pressuremb;
float PressureinHg;
float altitudem;
float TemperatureC ;
float TemperatureF ;

int soilpin = A0; // sensor pin
float tempSoil = 0;
int id = 3;
float h;
float t;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

EasyTransfer ET; //create object ET
struct SEND_DATA_STRUCTURE
{
    //εδω ορίζουμε τις μεταβλητές για τα δεδομένα που θα
    στέλνονται στους τους άλλους μικροελεγκτες
    //ΟΙ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΕΧΟΥΝ ΤΗΝ ΙΔΙΑ ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΥΣ
    ΑΛΛΟΥΣ ΜΙΚΡΟΕΓΓΕΤΕΣ

```



```

// κομβος 2
int ID ; // id κομβου 2
float temp; //θερμοκρασία εδαφου κομβου 2
float light; //φως του κομβου 2
float soil; //υγρασια εδαφου του κομβου 2

// κομβος 3
float temp2; //θερμοκρασια του κομβου 3
float hum2; //υγρασια αερας του κομβου 3
float bar2; // bar 3
float altitude ;
float soil2; //υγρασια εδαφου του κομβου 3
};

SEND_DATA_STRUCTURE mydata; //δινουμε ενα ονομα στο συνολο των
δεδομενων που θα στελνονται πχ "mydata"

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600); //οριζουμε σειριακη θυρα με συχνοτητα
19200(bautratio)

  ET.begin(details(mydata), &Serial); //οριζουμε ποια σειριακη
θυρα θα στελνονται τα δεδομενα

  Wire.begin();
  dht.begin();
  barometer = BMP180();
  barometer.SoftReset();// επαναφορά του αισθητήρα
  barometer.Initialize();// Αρχικοποίηση του αισθητήρα
}

void loop()
{
  delay(2000);

  h = dht.readHumidity();// Read Humidity
  t = dht.readTemperature();// Read temperature as Celsius
  tempSoil = analogRead(soilpin); //reading soil sensor

  if (barometer.IsConnected)
  {

    PressureP = barometer.GetPressure();// Retrive the current
pressure in Pascals.
    Pressuremb = PressureP / 100.0; //pressure in bar
    altitudem = barometer.GetAltitude(seaLevelPressure); //
Retrive the current altitude (in meters).

  }

  float a = -100.0;
  //γίνεται η καταχώρηση των δεδομένων στο σύνολο των
δεδομένων(mydata) προς αποστολή

```

```

//node 1
mydata.ID = id;
mydata.temp = a;
mydata.light = a;
mydata.soil = a;
//node 2
mydata.temp2 = t;
mydata.hum2 = h;
mydata.bar2 = Pressuremb;
mydata.altitude = altitudem;
mydata.soil2 = tempSoil;

/*
  Serial.print("ID : ");
  Serial.println(mydata.ID);
  Serial.print( "temperature: ");
  Serial.println(mydata.temp);
  Serial.print( "Light: ");
  Serial.println(mydata.light);
  Serial.print("Soil: ");
  Serial.println(mydata.soil);
  Serial.print("temperature 2: ");
  Serial.println(mydata.temp2);
  Serial.print( "humidity 2: ");
  Serial.println(mydata.hum2);
  Serial.print( "bar : ");
  Serial.println(mydata.bar2);
  Serial.print( "Soil 2: ");
  Serial.println(mydata.soil2);
  Serial.print( "    ----    ");
*/

ET.sendData(); // στέλνουμε τα δεδομένα

delay(8000);

}

```

Κόμβος Ελέγχου

```

//////// control node //////////

#include <GPRS_Shield_Arduino.h>
#include <EasyTransfer.h> // βιβλιοθήκη για εύκολη επικοινωνία
μεταξύ μικροελεγκτών
#include <Wire.h>
#include <SoftwareSerial.h>
//#include <Arduino.h>

#define RELAY1 2
#define RELAY2 3
#define PIN_TX 7
#define PIN_RX 8

```

```

#define BAUDRATE 19200
#define PHONE_NUMBER "+306980808562"
boolean temp = true;
GPRS gprsTest(PIN_TX, PIN_RX, BAUDRATE); //RX,TX,BaudRate

void setup()
{

  pinMode(RELAY1, OUTPUT);
  pinMode(RELAY2, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY1, LOW); //απενεργοποιούμε τα ρελέ
  digitalWrite(RELAY2, LOW);
  Serial.begin(9600);

  Serial.println("checking power status of gsm module...");

  delay(1000);
  if (gprsTest.available())
  {Serial.println("gsm module is on");

  }
  else
  {
    delay(1000);
    Serial.println("gsm module is powering up");
    SIM900power();

    Serial.println("gsm module started");
  }
}

void loop()
{

  if (temp)
  {
    delay(1000);
    delay(5000);
    Serial.println("start relay 1 ...");
    delay(5000);
    digitalWrite(RELAY1, HIGH);
    delay(5000);
    Serial.println("start relay 2 ...");
    delay(5000);
    digitalWrite(RELAY2, HIGH);
    temp = false;
  }
  else
  { delay(5000);
    delay(1000);

    Serial.println("POWER OFF relay 1 ...");
  }
}

```

```

        delay(5000);
        digitalWrite(RELAY1, LOW);
        delay(5000);
        Serial.println("POWER OFF relay 2 ...");
        delay(5000);
        digitalWrite(RELAY2, LOW);
        temp = true;
    }

/*
if (temp)
{
    delay(1000);

    Serial.println("start to send message ...");
    gprsTest.sendSMS(PHONE_NUMBER, MESSAGE); //define phone
number and text

}
temp = false;

    if (soil >= 650)
    {
        digitalWrite(RELAY2, HIGH); //Turn on watering pump,
starting watering plant
    }
    else if (soil < 650) // check for plant if want watering
    {
        digitalWrite(RELAY2, LOW); //turn off watering pump
    }

*/

}

void SIM900power()
// software equivalent of pressing the GSM shield "power"
button
{
    digitalWrite(9, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(9, LOW);
    delay(5000);
}

///SendTextMessage()
///αυτη η λειτουργια ειναι για να στείλουμε sms μηνυμα
void SendTextMessage()
{
    Serial2.print("AT+CMGF=1\r"); //στελνουμε το μηνυμα σε
text mode (*AT COMMANDS*)

```

```

    delay(100);
    Serial2.println("AT + CMGS = \"+306987192637\"");
delay(100);
    Serial2.println("Water reservation empty! water generator
start, temp:");//το κειμενο που θα στείλουμε
    Serial2.print(temperature);
    Serial2.print("C*,Hum:");
    Serial2.print(humidity);
    Serial2.print("%, soil:");
    Serial2.print(soil);
    Serial2.print(" ,rain:");
    Serial2.print(water1);
    Serial2.print(" ,water level:");
    Serial2.print(40 - centimeter);
    Serial2.print("cm");

    delay(100);
    Serial2.println((char)26);//το ASCII code του ctrl+z είναι
26
    delay(100);
    Serial2.println();
}

void SendMessage2()
{
    Serial2.print("AT+CMGF=1\r");//στελνουμε το μηνυμα σε
text mode (*AT COMMANDS*)
    delay(100);
    Serial2.println("AT + CMGS = \"+306987192637\"");//αλλαζουμε
τον αριθμο που θα στείλουμε το μηνυμα,(+30)
    delay(100);
    Serial2.println("Its raining!"); //το κειμενο που θα
στείλουμε
    delay(100);
    Serial2.println((char)26); //το ASCII code του
ctrl+z είναι 26
    delay(100);
    Serial2.println();
}
///DialVoiceCall
///αυτη η λειτουργια είναι για να πραγματοποιησουμε κληση

```

Κεντρικός κόμβος

```

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>
#include <Wire.h>
#include <EasyTransfer.h>

byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };
//ορίζουμε μια mac διεύθυνση για το arduino

```

```

byte ip[] = { 192, 168, 1, 101 }; // η διεύθυνση του arduino
στο τοπικό δίκτυο

byte xampp[] = { 192, 168, 1, 109 }; // η διεύθυνση του xampp
στο τοπικό δίκτυο

int a1;
int check1 = 0;
int check2 = 0;
float a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, a9 ;

EthernetClient client1; //δημιουργούμε κλάση client

EasyTransfer ET; //create object ET
struct RECEIVE_DATA_STRUCTURE
{
    // κομβος 1
    int ID ; // id κομβου 1
    float temp; //θερμοκρασια εδαφου κομβου 1
    float light; //φως του κομβου 1
    float soil; //υγρασια εδαφου του κομβου 1

    // κομβος 2
    float temp2; //θερμοκρασια του κομβου 2
    float hum2; //υγρασια αερας του κομβου 2
    float bar2; // βαρομετρικη πίεση hpa
    float altitude; // υψόμετρο
    float soil2; //υγρασια εδαφου του κομβου 2
};

RECEIVE_DATA_STRUCTURE mydata; //δίνουμε ένα όνομα στο σύνολο
των δεδομένων που θα στέλνονται πχ "mydata"

void setup()
{
    Serial.begin(9600); // ορίζουμε τη ταχύτητα της
σειριακής θύρας της οθόνης
    Serial1.begin(9600); //ορίζουμε τη ταχύτητα της
σειριακής θύρας της κεραίας arduino
    ET.begin(details(mydata), &Serial1); //ορίζουμε ποια σειριακή
θυρα θα ερχονται τα δεδομενα
    Ethernet.begin(mac, ip); // ενεργοποιούμε τη πλακέτα
Ethernet
}

void loop()
{
    if (ET.receiveData())
    {
        a1 = mydata.ID; // γίνεται η καταχώριση του ID του κόμβου

```

```

if (a1 == 1)
{
    // "-- Node 2 --
    a2 = mydata.temp;
    a3 = mydata.light;
    a4 = mydata.soil;

    check1 = 1; // αλλάζουμε τη μεταβλητή όταν διαβάζουμε
    μια φορά τα δεδομένα από το συγκεκριμένο κόμβο
}

if (a1 == 2)
{
    //-- Node 3 --
    a5 = mydata.temp2;
    a6 = mydata.hum2;
    a7 = mydata.bar2;
    a8 = mydata.altitude;
    a9 = mydata.soil2;

    check2 = 2; // αλλάζουμε τη μεταβλητή όταν διαβάζουμε
    μια φορά τα δεδομένα από το συγκεκριμένο κόμβο
}

if (check1 == 1 && check2 == 2) // γίνεται έλεγχος αν
    έχουν καταχωρηθεί τα δεδομένα από όλους τους κόμβους
{
    if (client1.connect(xampp, 8095)) //γίνεται έλεγχος αν
        υπάρχει σύνδεση με το xampp
    {
        // γίνεται η αποστολή των δεδομένων στη τοπική βάση
        // δεδομένων μέσω GET εντολή
        Serial.println("connected");

        client1.print("GET /greenhouse/savedata.php?");
        client1.print("Temp1=");
        client1.print(a2);
        client1.print("&Light=");
        client1.print(a3);
        client1.print("&Soil1=");
        client1.print(a4);
        client1.print("&Temp2=");
        client1.print(a5);
        client1.print("&Hum2=");
        client1.print(a6);
        client1.print("&Bar=");
        client1.print(a7);
        client1.print("&Alt=");
        client1.print(a8);
        client1.print("&Soil2=");
        client1.println(a9);
        /* εμφανίζουμε τα δεδομένα στην οθόνη του υπολογιστή
        Serial.println( "-- Node 1 --: ");
        Serial.print("ID : ");

```

```

Serial.println(a1);
Serial.print( "temperature: ");
Serial.println(a2);
Serial.print( "Light: ");
Serial.println(a3);
Serial.print("Soil: ");
Serial.println(a4);
Serial.println( "--Node 2 --: ");
Serial.print("temperature 2 : ");
Serial.println(a5);
Serial.print( "humidity 2 : ");
Serial.println(a6);
Serial.print( "bar : ");
Serial.println(a7);
Serial.print( "altitude : ");
Serial.println(a8);
Serial.print( "Soil 2 : ");
Serial.println(a9);
Serial.println( "      ----      ");
    */

    client1.stop();

}
else
{
    Serial.println("connection failed");
    client1.stop();
}
//
check1 = 0;
check2 = 0;

}

}
delay(10);
}

```


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β:

connect.php

```
<?php

$user = "root";
$pass = "";
$host = "localhost";

$connection =mysql_connect($host,$user,$pass);
$selectdbd = mysql_select_db('greenhouse',$connection);
/*
if($connection)
{
    echo "Successful connection ";
}
else
{
    echo "connection error";
}

*/
?>
```

index.php

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <title>Arduino and XAMPP</title>
  </head>

  <body>
    <h1>Arduino and XAMPP</h1>

    <table width="500" border="1" cellspacing="2"
cellpadding="5">

      <tr>
        <td><b>event id</b></td>
        <td><b>TIME</b></td>
        <td><b>Temperature 1</b></td>
        <td><b>Light</b></td>
        <td><b>Soil 1</b></td>
        <td><b>Temperature 2</b></td>
        <td><b>Humidity 2</b></td>
        <td><b>Pressure bar</b></td>
        <td><b>Altitude</b></td>
        <td><b>Soil 2</b></td>
      </tr>

<?php
  include("connect.php");

  $results = mysql_query("select * from sensors");

  while($line =mysql_fetch_array($results))
  {
    echo '<tr>';
    echo '<td>'. $line["eventid"]. '</td>';
    //echo '<td>'. $line["event"]. '</td>';
    echo '<td>'. date('d/m/Y - H:i',
strtotime($line["event"])). '</td>';
    echo '<td>'. $line["ID"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["temp1"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["Light"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["Soil1"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["temp2"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["hum2"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["bar"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["alt"]. '</td>';
    echo '<td>'. $line["Soil2"]. '</td>';
    echo '</tr>';
  }
?>

  </table>
</body>
</html>
```

savedata.php

```
<?php
```

```
include("connect.php");

$ID= $_GET['ID'];
$temp1= $_GET['temp1'];
$Light= $_GET['Light'];
$Soil1= $_GET['Soil1'];
$temp2= $_GET['temp2'];
$hum2= $_GET['hum2'];
$bar= $_GET['bar'];
$alt= $_GET['alt'];
$Soil2= $_GET['Soil2'];

$sql_insert = "insert into tablearduino
(ID,temp1,Light,Soil1,temp2,hum2,bar,alt,Soil2) values
('$ID','$temp1','$Light','$Soil1','$temp2','$hum2','$bar','$al
t','$Soil2)";

mysql_query($sql_insert);
?>
```