



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

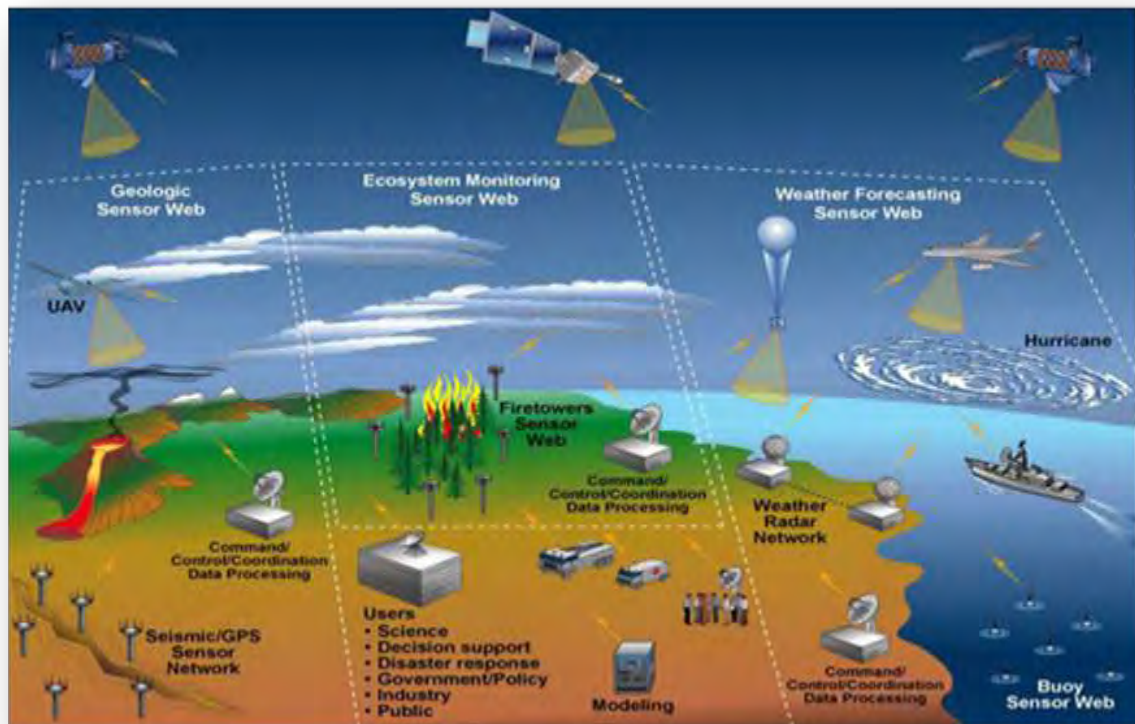
**ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ  
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ  
ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ  
ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΟΥΣ ΣΕ GIS**

*ΒΟΥΜΒΟΥΡΑΚΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ*



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Δρ. Νέστορας Ευμορφόπουλος  
2<sup>ος</sup> Βαθμολογητής : Δρ. Γεώργιος Δημητρίου

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Προπτυχιακού προγράμματος σπουδών του τμήματος Μηχανικών Η/Υ τηλεπικοινωνιών και δικτύων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας το ακαδημαϊκό έτος 2010-2011. Πριν προχωρήσω στην παρουσίαση αυτής θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην πραγματοποίησή της και ιδιαίτερα:

Τους επιβλέποντες καθηγητές κ. Ευμορφόπουλο Νέστορα και κ. Δημητρίου Γεώργιο καθώς επίσης και τους καθηγητές κ. Σταμούλη Γεώργιο και κ. Παναγιώτη Κίικρα για την καθοδήγηση τους σε όλη την διάρκεια της έρευνας καθώς και για την αμέριστη συμπαράσταση τους στην εκπόνηση της εργασίας.

Τον υποψήφιο διδάκτορα Λεωνίδα Περλεπέ για τις συμβουλές και υποδείξεις που μου παρείχε καθώς και για την κριτική που έκανε στο κείμενο της εργασίας.

Τον συμφοιτητή μου Άγγελο Αγγελή για την συνεργασία στην έρευνα και την ανταλλαγή απόψεων για την υλοποίηση των εργασιών μας, καθώς αυτές χτίστηκαν παράλληλα και με τη βοήθεια του ενός προς τον άλλον.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου καθώς και όλα τα κοντινά μου πρόσωπα για την μεγάλη ηθική υποστήριξη που μου έχουν προσφέρει όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μία τεχνολογία η οποία έχει παρουσιάσει ραγδαία εξέλιξη τα τελευταία χρόνια και αποτελεί στις μέρες μας μια περιοχή με μεγάλη δραστηριότητα και πληθώρα εφαρμογών. Καθώς οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν ασύρματα δίκτυα αισθητήρων ποικίλλουν, οι πλατφόρμες αισθητήρων που κρίνονται καταλληλότερες και επιλέγονται για να απαρτίσουν τα δίκτυα αυτά επίσης ποικίλλουν και εξαρτώνται από τις απαιτήσεις της κάθε εφαρμογής.

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος που θα καταγράφει, θα αποθηκεύει και θα απεικονίζει στο χρήστη μετρήσεις που συλλέχθηκαν από ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Βασικές απαιτήσεις του συστήματος αποτελούν, η ευελιξία όσον αφορά τον τύπο του ασύρματου δικτύου αισθητήρων που θα χρησιμοποιεί καθώς επίσης και η προβολή των συλλεγμένων μετρήσεων σε μορφή που θα προσφέρει στον χρήστη μια όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένη εικόνα του υπό παρακολούθηση περιβάλλοντος.

Στα πλαίσια των απαιτήσεων αυτών υλοποιήθηκε ένα σύστημα το οποίο καταγράφει μετρήσεις από ασύρματο δίκτυο αισθητήρων τύπου Tmote Sky, iSense ή Wasp mote αλλά μπορεί εύκολα να επεκταθεί ώστε να υποστηρίζει δίκτυα αισθητήρων πολλών ακόμα τύπων. Το σύστημα αποθηκεύει τις μετρήσεις σε βάση δεδομένων και τις απεικονίζει στο χρήστη, μέσω του διαδικτύου, σε περιβάλλον γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος (CartoWeb3) με την μορφή γραφημάτων.

## **Abstract**

Wireless Sensor Networks (WSN) is an evolving technology in recent years and is today an area of major activity and vast applications. As applications that use wireless sensor networks vary, sensor platforms that best apply are chosen to form these networks based on the needs of every application.

The goal of the current thesis is to design and develop a complete system that will record, store and visualize to a user measurements that were collected by a wireless sensor network. Basic requirements of the system are, flexibility on the platform type of WSN that will be used and the visualization of the collected data in a form that will allow the user to acquire a full understanding of the environment that is monitored.

To meet these requirements a system was developed that records measurements from a WSN that deploys sensor platforms of Tmote Sky, iSense or Wasp mote but can also be easily extended, in order to be able to support many other sensor platforms. The system stores the measurements in database system and provides a visualization through a web-service on a Geographical Information System (CartoWeb3) using graphs.

## Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή.....	7
1.1	Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας .....	7
1.2	Οργάνωση του τόμου .....	7
2	Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.....	9
2.1	Η γέννηση και εξέλιξη των δικτύων αισθητήρων.....	9
2.2	Γενική περιγραφή των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων .....	10
2.2.1	Κόμβοι αισθητήρων .....	11
2.2.2	Βάσεις συγκέντρωσης δεδομένων .....	12
2.3	Στόχοι και απαιτήσεις ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων.....	13
2.4	Εφαρμογές στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων .....	14
2.4.1	Παρακολούθηση περιβάλλοντος .....	15
2.4.2	Ιατρική και εφαρμογές υγείας.....	16
2.4.3	Στρατιωτικές εφαρμογές.....	17
2.4.4	Έλεγχος τεχνικών κατασκευών .....	17
2.4.5	Έξυπνα κτίρια .....	18
3	Πλατφόρμες αισθητήρων.....	19
3.1	Tmote sky .....	19
3.1.1	Γενική περιγραφή του Tmote sky.....	19
3.1.2	Βασικά χαρακτηριστικά του Tmote sky.....	20
3.1.3	Επέκταση του Tmote sky .....	21
3.2	iSense.....	22
3.2.1	Η δομή των iSense .....	22
3.2.1.1	Core module .....	22
3.2.1.2	Sensor Modules.....	23
3.2.1.3	Energy modules .....	24
3.2.2	Αποσφαλμάτωση και επέκταση των iSense .....	25
3.2.3	Σύνδεση iSense με άλλα συστήματα.....	25
3.3	Wasp mote .....	26
3.3.1	Περιγραφή βασικής πλακέτας Wasp mote .....	26
3.3.2	Μονάδες ασύρματης επικοινωνίας του Wasp mote.....	27
3.3.3	Επέκταση του Wasp mote .....	27
3.3.4	Σύνδεση Wasp mote με τον υπολογιστή .....	28
4	Περιγραφή του συστήματος.....	30
4.1	Περιγραφή των απαιτήσεων .....	30
4.1.1	Η χρήση της UML.....	30
4.2	Διάγραμμα ροής δεδομένων του συστήματος .....	31
4.3	Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης του συστήματος.....	32
4.3.1	Περιγραφή των ρόλων των χρηστών .....	32
4.3.1.1	Ο χρήστης-διαχειριστής .....	32
4.3.1.2	Ο χρήστης-παρατηρητής .....	34
4.4	Διαγράμματα ακολουθίας συστήματος .....	35
5	Αρχιτεκτονική του συστήματος .....	37
5.1	Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων .....	37
5.1.1	Σταθμοί μετρήσεων.....	38
5.1.2	Σταθμός βάσης.....	38
5.2	Το σύστημα καταγραφής των δεδομένων .....	38
5.2.1	Η εφαρμογή του συστήματος καταγραφής.....	39
5.3	Η βάση δεδομένων .....	39

5.4	Ο εξυπηρετητής ιστού .....	40
5.5	Η διαδικτυακή διεπαφή .....	40
5.5.1	Γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα .....	41
6	Υλοποίηση του συστήματος .....	42
6.1	Περιγραφή του ασύρματου δικτύου αισθητήρων .....	42
6.1.1	Προετοιμασία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων .....	42
6.2	Υλοποίηση του συστήματος καταγραφής δεδομένων .....	44
6.2.1	Υλοποίηση της εφαρμογής του συστήματος καταγραφής .....	44
6.2.1.1	Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής .....	46
6.2.1.2	Το αρχείο XML.....	48
6.3	Περιγραφή της βάσης δεδομένων .....	49
6.3.1	Προετοιμασία της βάσης δεδομένων .....	49
6.4	Περιγραφή του εξυπηρετητή ιστού.....	50
6.4.1	Mapserver .....	50
6.5	Υλοποίηση της διαδικτυακής διεπαφής .....	51
6.5.1	CartoWeb3.....	51
6.5.1.1	Γραφικό περιβάλλον διαδικτυακής διεπαφής.....	51
6.5.2	Το πακέτο rChart.....	54
7	Παράδειγμα χρήσης συστήματος .....	55
7.1	Προετοιμασία συστήματος.....	55
7.2	Ρυθμίσεις και έναρξη συστήματος καταγραφής.....	57
7.3	Καταγεγραμμένες μετρήσεις .....	59
7.4	Απεικόνιση μετρήσεων .....	59
8	Επίλογος.....	62
8.1	Προοπτικές - Μελλοντικές δυνατότητες επέκτασης .....	62
8.2	Συμπεράσματα .....	62
9	Βιβλιογραφία.....	63

# ***1*** **Εισαγωγή**

## **1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας**

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης καιρικών συνθηκών από ασύρματα δίκτυα αισθητήρων διαφόρων ειδών, αποθήκευσης των καταγεγραμμένων μετρήσεων σε βάση δεδομένων και εμφάνισης τους σε περιβάλλον γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος (GIS) με τη μορφή γραφημάτων.

Για την υλοποίηση του συστήματος θα χρησιμοποιήσουμε διάφορα είδη τεχνολογιών, μεταξύ των οποίων είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, οι βάσεις δεδομένων, τα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα και οι εφαρμογές διαδικτύου. Η χρήση αυτών των τεχνολογιών δίνει την δυνατότητα στο σύστημα να μπορεί να συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον, να τις διαχειρίζεται, και να τις εμφανίζει στον χρήστη σε οποιοδήποτε σημείο του κόσμου.

Οι έννοιες που περιλαμβάνουν το μελετητικό τμήμα της εργασίας και οι οποίες θα αναλυθούν στα διάφορα κεφάλαια αυτής, περιλαμβάνουν τους όρους: Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (wireless sensor network), Tmote sky, Wasp mote, iSense, UML, XML file, βάση δεδομένων, PostgreSQL, PostGIS, εξυπηρετητής ιστού (web server), Apache HTTP, Mapserver, γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (GIS), CartoWeb3, pchart.

## **1.2 Οργάνωση του τόμου**

Στα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν θα αναλυθούν οι ανωτέρω αναφερθείσες έννοιες, οι οποίες είναι αναγκαίες για την κατανόηση της ανάλυσης και της υλοποίησης της εφαρμογής. Συγκεκριμένα:

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή της δομής, και του αντικειμένου που πραγματεύεται η εν λόγω εργασία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Παρουσιάζονται οι δυνατότητες και ιδιαιτερότητες τους μέσα από ένα πλήθος εφαρμογών.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά σε μερικές από τις διαθέσιμες ασύρματες πλατφόρμες αισθητήρων. Αναλύονται η αρχιτεκτονική, τα βασικά χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες των πλατφόρμων Tmote sky, iSense και Waspmote.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού του συστήματος. Αναλύονται οι απαιτήσεις του και παρουσιάζονται τα διαγράμματα UML που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό και την κατανόηση της δομής του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική του συστήματος. Γίνεται αναλυτική περιγραφή των υποσυστημάτων που το απαρτίζουν και των λειτουργιών που πρέπει να επιτελεί καθένα από αυτά.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται πληροφορίες που αφορούν την υλοποίηση του συστήματος και είναι κρίσιμης σημασίας για να επιτευχθεί τόσο η προβλεπόμενη λειτουργία του όσο και η καλύτερη δυνατή συνεργασία ανάμεσα στα επιμέρους υποσυστήματα του.

Στο έβδομο κεφάλαιο δίνεται ένα παράδειγμα χρήσης του συστήματος ώστε να περιγραφεί ο τρόπος με τον οποίο αυτό λειτουργεί καθώς επίσης και για να παρουσιαστούν στον αναγνώστη τα αποτελέσματα του.

Στο όγδοο κεφάλαιο συνοψίζονται τα αποτελέσματα της εργασίας, παρουσιάζονται τα εξαγόμενα συμπεράσματα και δίνεται μια περιγραφή των δυνατοτήτων επέκτασης του συστήματος.

Τέλος στο ένατο και τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι πηγές από όπου αντλήθηκαν οι πληροφορίες για την υλοποίηση και ανάπτυξη του αντικειμένου της εργασίας αυτής.

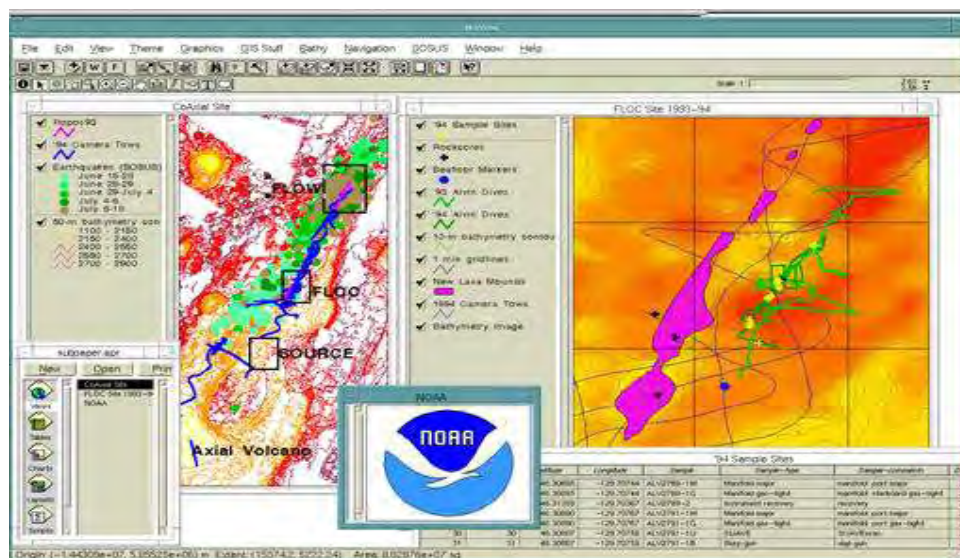


# 2 Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

## 2.1 Η γέννηση και εξέλιξη των δικτύων αισθητήρων

Όπως έχει συμβεί και με πλήθος άλλων τεχνολογιών, η γέννηση και η εξέλιξη των δικτύων αισθητήρων, προγόνων των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων, προήλθε από στρατιωτικά ερευνητικά προγράμματα.

Η πρώτη γνωστή εφαρμογή δικτύων αισθητήρων υπήρξε το SOSUS (Sound Surveillance System) [1] το οποίο χρησιμοποιήθηκε στις αρχές της δεκαετίας του 1950, κατά τη διάρκεια του ψυχρού πολέμου, για την ανίχνευση και τον εντοπισμό Σοβιετικών υποβρυχίων με τη βοήθεια ειδικών ακουστικών αισθητήρων. Το SOSUS παραμένει σε λειτουργία μέχρι και σήμερα, για ειρηνικούς πλέον σκοπούς, και χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση διάφορων φαινομένων όπως σεισμικές δραστηριότητες, παρακολούθηση φαλαινών κλπ.



Εικόνα 2-1 : SOSUS

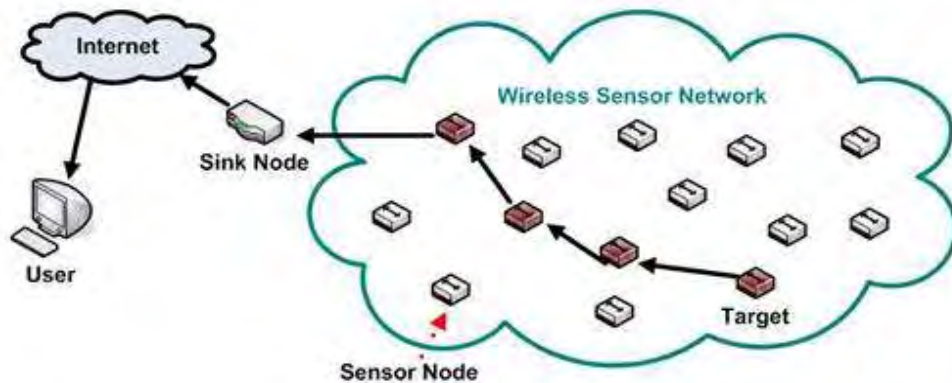
Το επόμενο δίκτυο αισθητήρων αναπτύχθηκε επίσης για στρατιωτική χρήση. Γύρω στο 1980 η DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) ξεκίνησε το πρόγραμμα DSN (Distributed Sensor Networks). Ο πρόγονος της DARPA ήταν η ARPA (Advanced Research Projects Agency) που είχε δημιουργήσει παλαιότερα το δίκτυο ARPANET, το οποίο και υπήρξε ο πρόγονος του σημερινού Διαδικτύου. Η δυνατότητα να επεκταθεί το ARPANET στα δίκτυα αισθητήρων απασχόλησε σε

μεγάλο βαθμό τον R. Kahn ,συν-εφευρέτη του πρωτοκόλλου TCP/IP και με καθοριστικό ρόλο στη δημιουργία και ανάπτυξη του σημερινού διαδικτύου.

Η ραγδαία ανάπτυξη των ασύρματων επικοινωνιών, η τεχνολογία των μικρομηχανικών συστημάτων και η δυνατότητα κατασκευής χαμηλής κατανάλωσης-κόστους μικροεπεξεργαστών επέτρεψε την ανάπτυξη των δικτύων που σήμερα ονομάζουμε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Σύμφωνα μάλιστα με το άρθρο «*10 Emerging Technologies That Will Change the World*» [2] του MIT Technology Review, το οποίο δημοσιεύτηκε στο διαδίκτυο το 2003, η πρώτη από τις δέκα αναπτυσσόμενες τεχνολογίες οι οποίες πιθανολογείται ότι θα προκαλέσουν τεχνολογική επανάσταση στο μέλλον είναι τα εν λόγω δίκτυα.

## 2.2 Γενική περιγραφή των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Α.Δ.Α) αποτελείται από χωρικά καταναμημένους αυτόνομους **κόμβους αισθητήρων (sensor nodes)**, οι οποίοι παρακολουθούν και καταγράφουν φυσικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες και συνεργατικά στέλνουν τις μετρήσεις, μέσω των γειτονικών τους κόμβων, σε μία ή περισσότερες **κεντρικές βάσεις συγκέντρωσης δεδομένων (sink nodes)** προς επεξεργασία και λήψη αποφάσεων.



Εικόνα 2-2 : Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Τα Α.Δ.Α μπορούν να περιλαμβάνουν από μερικές δεκάδες έως και αρκετές χιλιάδες κόμβους αισθητήρων οι οποίοι είναι διασκορπισμένοι σε μία περιοχή και σχηματίζουν μεταξύ τους ένα αυτό-διαμορφούμενο, αδόμητο (ad-hoc) δίκτυο στο οποίο γίνονται ασύρματες ζεύξεις μεταξύ γειτονικών κόμβων. Η τοπολογία [3] του δικτύου μπορεί να ποικίλει από ένα απλό δίκτυο τοπολογίας αστέρα μέχρι ένα εξελιγμένο multi-hop ασύρματο δίκτυο. Κύριο χαρακτηριστικό των δικτύων αυτών είναι ότι οι κόμβοι που βρίσκονται εκτός εμβέλειας, μεταξύ τους, μπορούν να επικοινωνήσουν ασύρματα χρησιμοποιώντας άλλους ενδιάμεσους κόμβους για την προώθηση των μηνυμάτων.

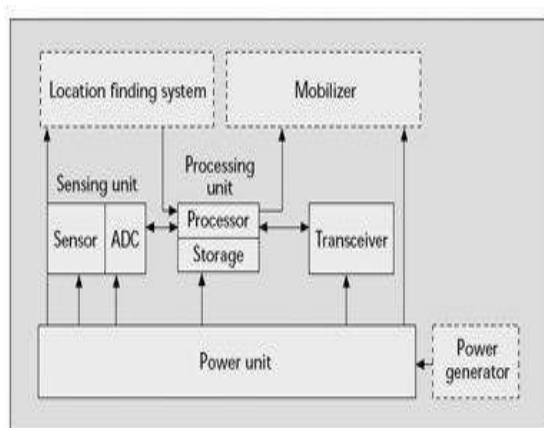
Τα πιο σύγχρονα Α.Δ.Α παρέχουν αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ των κόμβων έτσι ώστε να υπάρχει δυνατότητα ελέγχου της δραστηριότητάς τους. Στην περίπτωση που κάποιοι κόμβοι καταστραφούν ή καταναλωθεί η διαθέσιμη ενέργεια τους, οι υπόλοιποι με τη χρήση κατάλληλων αλγορίθμων δρομολόγησης έχουν τη δυνατότητα να προδιαγράψουν εναλλακτικές διαδρομές και να συνεχίσουν να στέλνουν κανονικά τα συλλεγμένα δεδομένα προς τις βάσεις συγκέντρωσης. [4]

## 2.2.1 Κόμβοι αισθητήρων

Ένα Α.Δ.Α αποτελείται από ένα πλήθος κόμβων αισθητήρων που επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους. Κάθε τέτοιος κόμβος είναι στην ουσία μία κινητή ή μη κινητή ηλεκτρονική διάταξη με ενσωματωμένους αισθητήρες, για την παρακολούθηση και την καταγραφή διαφόρων μετρήσιμων παραμέτρων, και απαρτίζεται από τα εξής υποσυστήματα:

- **Επικοινωνίας (Transceiver)** το οποίο αποτελείται από έναν πομποδέκτη συνδεδεμένο με μια εσωτερική ή εξωτερική κεραία.
- **Επεξεργασίας (Processing unit)** το οποίο ενσωματώνει μικροεπεξεργαστή (processor) και μνήμη (Storage) επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων.
- **Αισθητήρων (Sensing unit)** το οποίο συμπεριλαμβάνει έναν ή περισσότερους αισθητήρες (sensors) για την μέτρηση των δεδομένων και ένα κύκλωμα το οποίο μετατρέπει τα δεδομένα από αναλογική σε ψηφιακή μορφή (ADC).
- **Τροφοδοσίας (Power unit)** το οποίο συνήθως αποτελείται από μια μικρή μπαταρία, η οποία παρέχει μια περιορισμένη ενεργειακή αυτονομία.

Επιπρόσθετα ένας κόμβος αισθητήρων ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία χρησιμοποιείται μπορεί να είναι επιπλέον εξοπλισμένος και με υποσύστημα εύρεσης γεωγραφικού στίγματος (Location finding system) το οποίο βοηθάει στην εύρεση της ακριβούς θέσης του μέσα στην περιοχή ανάπτυξης του δικτύου, κίνησης (Mobilizer) ώστε να μπορεί να μετακινείται και αναπλήρωσης ενέργειας (Power generator) για την επαναφόρτιση της μπαταρίας του.



Εικόνα 2-3 : Η δομή ενός κόμβου αισθητήρα



Εικόνα 2-4 : Η ανατομία ενός sunspot

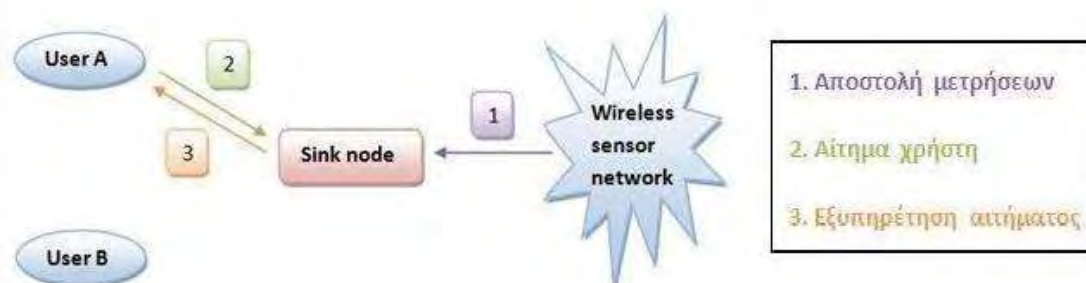
Η ταχύτατη ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής και των υλικών επέτρεψε την κατασκευή πολύ μικρών αισθητήρων, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να μετρούν και να καταγράφουν μια κυριολεκτικά ατέλειωτη σειρά από περιβαλλοντολογικά ή βιολογικά μεγέθη, όπως τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την υγρασία, τη φωτεινότητα, τη στάθμη υδάτων, την ωρίμανση καρπών, την ανίχνευση χημικών στοιχείων, την πίεση αίματος, τους σφυγμούς καρδιάς, την κίνηση αντικειμένων και ανθρώπων και πολλές ακόμα παραμέτρους που προστίθενται διαρκώς στον παραπάνω κατάλογο. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε μία διάταξη ίση με ένα νόμισμα 2 ευρώ μπορούμε να συμπεριλάβουμε πολλά από τα παραπάνω αισθητήρια και να καταμετρούμε συγχρόνως διάφορα μεγέθη.

Παράλληλα, ανάλογη πρόοδος συντελέστηκε και στη σχεδίαση και υλοποίηση ειδικών πομποδεκτών που επιτρέπουν την αποτελεσματική διασύνδεση των διατάξεων μεταξύ τους και με την κεντρική μονάδα με τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης, αξιολογημένες στα παγκόσμια δίκτυα κινητών επικοινωνιών.

Το κόστος κάθε κόμβου ποικίλλει ανάλογα με την πολυπλοκότητα και το μέγεθος του αισθητήρα, από μερικές εκατοντάδες έως και μερικά μόλις ευρώ. Λόγω του χαμηλού σχετικά κόστους παρέχεται η δυνατότητα εγκατάστασης πολύ μεγάλων δικτύων, με εκατοντάδες ή και χιλιάδες κόμβους αισθητήρων, με προηγμένο λογισμικό και ικανότητα να αυτό-οργανώνονται, να βελτιστοποιούν και να διασφαλίζουν την λειτουργία τους χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα. [5]

## 2.2.2 Βάσεις συγκέντρωσης δεδομένων

Η κεντρική βάση συγκέντρωσης δεδομένων αναλαμβάνει τη συνολική διαχείριση του Α.Δ.Α, μεσολαβώντας μεταξύ των χρηστών και των κόμβων αισθητήρων αυτού. Συγκεκριμένα παραλαμβάνει συνεχώς από τους κόμβους τις μετρήσεις των αισθητήρων τους και αποθηκεύει τα δεδομένα στη μνήμη της. Έπειτα όταν παραλάβει κάποιο αίτημα από κάποιον χρήστη επεξεργάζεται τα δεδομένα που έχει αποθηκευμένα προκειμένου να το εξυπηρετήσει.



Εικόνα 2-5 : Διαγραμματικά η αλληλεπίδραση του Sink node με το Α.Δ.Α και τους χρήστες αυτού.

Σε αντίθεση με τους κόμβους αισθητήρων οι οποίοι υπόκεινται σε περιορισμούς όσον αφορά τους διαθέσιμους πόρους τους, η βάση συγκέντρωσης δεδομένων πρέπει να διαθέτει μεγάλης χωρητικότητας μνήμη, αυξημένη επεξεργαστική ισχύ και απεριόριστη ενέργεια προκειμένου να είναι σε θέση να εκτελεί επιτυχώς τις

παραπάνω λειτουργίες. Για το λόγο αυτό συνήθως η βάση συγκέντρωσης δεδομένων είναι ένας σταθερός ή φορητός υπολογιστής που βρίσκεται εγκατεστημένος σε μία ασφαλή τοποθεσία κοντά στο Α.Δ.Α έτσι ώστε να είναι προσβάσιμη από αυτό.

Εκτός από το υλικό η βάση συγκέντρωσης δεδομένων θα πρέπει να διαθέτει και εξειδικευμένο λογισμικό για να υλοποιεί απαραίτητες λειτουργίες όπως:

- Να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει τις μετρήσεις των αισθητήρων
- Να επεξεργάζεται και να απαντά στα αιτήματα των χρηστών
- Να επικοινωνεί με άλλες βάσεις συγκέντρωσης δεδομένων αν υπάρχουν
- Να ενημερώνεται δυναμικά για την τοπολογία του Α.Δ.Α
- Να εφαρμόζει αλγορίθμους δρομολόγησης για αύξηση της απόδοσης του δικτύου
- Να ανανήφει από σφάλματα κ.α.

Συμπερασματικά λοιπόν η βάση συγκέντρωσης δεδομένων αποτελεί μεταφορικά τον εγκέφαλο και ταυτόχρονα τον δίαυλο επικοινωνίας μεταξύ του Α.Δ.Α και των χρηστών αυτού και επομένως θα πρέπει να διαθέτει αυξημένων δυνατοτήτων υλικό αλλά και εξειδικευμένο για τις λειτουργίες που πρέπει να επιτελέσει λογισμικό.

## 2.3 Στόχοι και απαιτήσεις ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων

Οι **στόχοι** ενός Α.Δ.Α εξαρτώνται γενικά από την εφαρμογή για την οποία αυτό χρησιμοποιείται, αλλά μπορούμε να τους συνοψίσουμε σε τρεις βασικές κατηγορίες:

- **Καθορισμός της αξίας κάποιας παραμέτρου σε μια δεδομένη θέση.**
- **Ανίχνευση της πραγματοποίησης ενός καθορισμένου γεγονότος.**
- **Ταξινόμηση ενός αντικειμένου σε μια γεωγραφική περιοχή.**

Όσον αφορά τις **απαιτήσεις** ενός Α.Δ.Α, αυτές αναφέρονται κυρίως σε τεχνικά χαρακτηριστικά, η ικανοποίησή των οποίων βελτιστοποιεί την απόδοση του. Μερικές από τις πιο σημαντικές απαιτήσεις είναι οι εξής:

- **Μικρή κατανάλωση ενέργειας:** Αποτελεί ίσως τον πιο βασικό παράγοντα σχεδιασμού ενός Α.Δ.Α. Δεδομένου ότι σε πολλές εφαρμογές οι κόμβοι αισθητήρων θα τοποθετηθούν σε μια απομακρυσμένη και πιθανόν δύσβατη περιοχή, η τροφοδότηση ενός κόμβου μπορεί να μην είναι δυνατή. Σε αυτήν την περίπτωση, η διάρκεια ζωής ενός κόμβου μπορεί να καθοριστεί από τη ζωή μπαταριών, για αυτό τον λόγο απαιτείται η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών δαπανών.
- **Μικρό μέγεθος και κόστος κόμβου:** Η μείωση του μεγέθους και του κόστους κάθε κόμβου είναι μια ακόμα βασική απαίτηση για τον σχεδιασμό ενός Α.Δ.Α. Μειώνοντας το μέγεθος του κόμβου διευκολύνεται η τοποθέτηση

των κόμβων ενώ επίσης μειώνεται το κόστος και η κατανάλωση ενέργειας. Μειώνοντας το κόστος κάθε κόμβου μειώνεται και το συνολικό κόστος του δικτύου κάτι το οποίο είναι ιδιαίτερα κρίσιμο όταν έχουμε να κάνουμε με ένα Α.Δ.Α πολλών κόμβων εγκατεστημένο σε δύσβατα ή εχθρικά περιβάλλοντα όπου οι κόμβοι σε περίπτωση βλάβης δεν μπορούν να ξαναχρησιμοποιηθούν.

- **Δυνατότητα αυτό-διαμόρφωσης:** Στα Α.Δ.Α οι αισθητήρες τοποθετούνται τυχαία στο πεδίο που θέλουμε να μελετήσουμε χωρίς κάποιον εκ των προτέρων σχεδιασμό ή συμφωνία. Όταν τοποθετηθεί ένας κόμβος, αυτός πρέπει αυτόματα να οργανωθεί με τους υπολοίπους δημιουργώντας ένα δίκτυο επικοινωνίας. Επιπρόσθετα, σε αλλαγή τοπολογίας πρέπει να είναι σε θέση να επαναπροσαρμοστεί με τους υπολοίπους και ένα επανέλθει σε επικοινωνία.
- **Κλιμάκωση:** Τα Α.Δ.Α μπορεί να αποτελούνται από μερικές δεκάδες, εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες κόμβους. Το γεγονός αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στα πρωτόκολλα δικτύου ούτως ώστε να υποστηρίζουν μια μεγάλη γκάμα μεγέθους δικτύων.
- **Προσαρμοστικότητα:** Στα Α.Δ.Α ένας αισθητήρας μπορεί να παρουσιάσει μια βλάβη, να εισέλθει στο δίκτυο ή ακόμα και να μετακινηθεί. Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή της τοπολογίας του δικτύου οπότε τα πρωτόκολλα δικτύου πρέπει να είναι σχεδιασμένα για να προσαρμόζονται σε αυτές τις αλλαγές.
- **Ανεκτικότητα σε σφάλματα:** Οι κομβοί αισθητήρων είναι επιρρεπής σε σφάλματα λόγω της τυχαίας τοποθέτησής και της μη επιτήρησής τους. Για αυτό πρέπει οι κομβοί να είναι ανεκτικοί σε σφάλματα και να έχουν μηχανισμούς αυτό-ελέγχου ,αυτό-συντονισμού, αυτό-διόρθωσης και αυτό-επαναφοράς.
- **Αξιοπιστία:** Για πολλές εφαρμογές είναι απαραίτητη η αξιόπιστη αποστολή των δεδομένων, ανεξαρτήτως του θορύβου και της πιθανότητας λάθους. Για να καλυφθεί η απαίτηση αυτή χρειάζεται τα πρωτόκολλα δικτύου να είναι σχεδιασμένα ώστε να παρέχουν έλεγχο σφαλμάτων και μηχανισμούς διόρθωσής τους.

Ο σχεδιασμός και η δημιουργία ενός Α.Δ.Α γίνεται συνήθως με βάση την εφαρμογή στην οποία πρόκειται αυτό να χρησιμοποιηθεί και ως εκ τούτου δεν είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται όλες οι παραπάνω απαιτήσεις, αλλά μόνο ένα μέρος αυτών που είναι κρίσιμες για την συγκεκριμένη εφαρμογή. [6]

## 2.4 Εφαρμογές στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Η έρευνα και η ανάπτυξη των Α.Δ.Α ξεκίνησε αρκετά χρόνια πριν για στρατιωτικούς σκοπούς. Ωστόσο στις μέρες τέτοια δίκτυα χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύτατο φάσμα εμπορικών, βιομηχανικών και άλλων εφαρμογών, μερικές εκ των οποίων μας είναι ήδη οικείες καθώς ανταποκρίνονται σε συνήθεις δραστηριότητες και ανάγκες μας.



Εικόνα 2-6 : Φάσμα εφαρμογών ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων

« Το Διαδίκτυο άλλαξε τον τρόπο με τον οποίο δουλεύουμε με τους υπολογιστές. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων θα αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο ζούμε καθημερινά».

**William Kaiser**  
Professor of UCLA

Στη συνέχεια αναφέρονται και αναλύονται ενδεικτικά μερικές από τις πιο βασικές εφαρμογές των Α.Δ.Α. [7][8]

## 2.4.1 Παρακολούθηση περιβάλλοντος

Ένας αρκετά μεγάλος αριθμός Α.Δ.Α έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι περισσότερες εφαρμογές σε αυτόν τον τομέα αφορούν είτε την έγκαιρη ανίχνευση προκείμενων φυσικών καταστροφών είτε την αύξηση της αγροτικής παραγωγής . Ακολουθούν μερικά παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών:

### ➤ Παρακολούθηση ατμοσφαιρικών ρύπων

Σε πόλεις όπως η Στοκχόλμη και το Λονδίνο έχουν αναπτυχθεί Α.Δ.Α. για την παρακολούθηση των ατμοσφαιρικών ρύπων. Οι κόμβοι αυτών των δικτύων έχουν ενσωματωμένους αισθητήρες που καταγράφουν τις συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων όπως CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ή CH<sub>4</sub>, οι οποίοι παράγονται από τα οχήματα ή τις βιομηχανίες, και μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στη υγεία των πολιτών. Με αυτόν τον τρόπο οι δημόσιοι οργανισμοί έχουν ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια τους ώστε να λάβουν μέτρα για μείωση της ρύπανσης και βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

### ➤ Πυρανίχνευση σε δασικές εκτάσεις

Ένα Α.Δ.Α μπορεί να εγκατασταθεί σε μία δασική έκταση με σκοπό να ανιχνεύσει την έναρξη κάποιας πυρκαγιάς. Οι κόμβοι του δικτύου θα πρέπει να είναι εφοδιασμένοι με αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας και αερίων που παράγονται όταν καίγονται δέντρα ή βλάστηση. Ο έγκαιρος εντοπισμός είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχημένη επέμβαση των πυροσβεστικών δυνάμεων. Με τη βοήθεια των Α.Δ.Α. η πυροσβεστική υπηρεσία μπορεί να γνωρίζει άμεσα το ξέσπασμα μιας πυρκαγιάς αλλά και το πώς αυτή εξαπλώνεται.

### ➤ Γεωργία ακριβείας

Ένα Α.Δ.Α μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην γεωργία προκειμένου να συντελέσει στην ποιοτική και ποσοτική αναβάθμιση της αγροτικής παραγωγής και γενικότερα στη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας των καλλιεργειών. Τα εν λόγω Α.Δ.Α διαθέτουν κόμβους με αισθητήρες που τους επιτρέπουν να παρακολουθούν την θερμοκρασία, την υγρασία, τα ακριβή επίπεδα του πόσιμου νερού, την οξύτητα του εδάφους, το βαθμό μόλυνσης του αέρα και πολλές άλλες σχετικές παραμέτρους σε πραγματικό χρόνο. Ήδη σε κάποια περιοχή της Γαλλίας, έχει εγκατασταθεί ένα Α.Δ.Α με την ονομασία «έξυπνος αμπελώνας» που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό και έχει επιτύχει τόσο την αύξηση της παραγωγής όσο και την ποιοτική βελτίωση του παραγόμενου κρασιού.



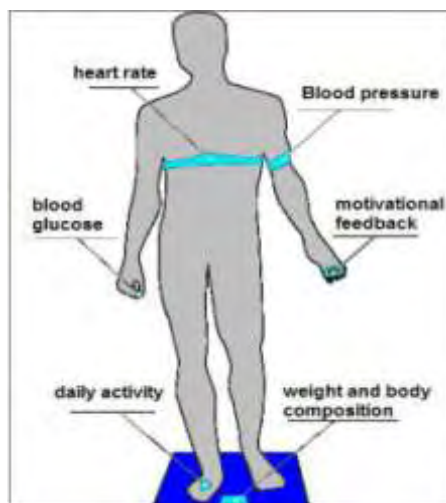
Εικόνα 2-7 : Α.Δ.Α σε αμπελώνα

Μερικές ακόμα εφαρμογές που έχουν να κάνουν με την περιβαλλοντική παρακολούθηση είναι η επιτήρηση υγρών στοιχείων για ρύπους ή έλεγχο ακραίων φαινομένων όπως οι πλημμύρες, η παρακολούθηση θερμοκηπίων, η επιτήρηση υδροβιότοπων, η κατασκευή μετεωρολογικών σταθμών κ.α.

## 2.4.2 Ιατρική και εφαρμογές υγείας

Η χρήση των Α.Δ.Α στον τομέα της Ιατρικής, αν και ηθικά αμφιλεγόμενη, είναι πιθανόν πολύ ωφέλιμη. Το εύρος των δυνατοτήτων ξεκινάει από την μετεγχειρητική και την εντατική θεραπεία, όπου οι αισθητήρες τοποθετούνται απευθείας πάνω στους ασθενείς, μέχρι την μακροχρόνια παρακολούθηση των ασθενών και την αυτόματη διαχείριση των φαρμάκων τους με τοποθέτηση αισθητήρων στην συσκευασία τους.

Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες της επιστημονικής κοινότητας επικεντρώνονται στην μελέτη των «δικτύων σώματος». Τα «δίκτυα σώματος» αποτελούνται από αισθητήρες τοποθετημένους στο ανθρώπινο σώμα ή γύρω από αυτό με σκοπό την καταγραφή ζωτικών λειτουργιών του όπως η αρτηριακή πίεση, οι σφυγμοί, η λειτουργία της καρδιάς κ.α. Με τη χρήση των δικτύων αυτών είναι δυνατό να συγκεντρώνονται αμέτρητα δεδομένα στον κεντρικό προσωπικό καταγραφέα του κάθε ανθρώπου, τα οποία αποτελούν πολύτιμο αρχείο για τον έλεγχο της υγείας και της γενικότερης κατάστασής του.



Εικόνα 2-8 : Δίκτυο σώματος



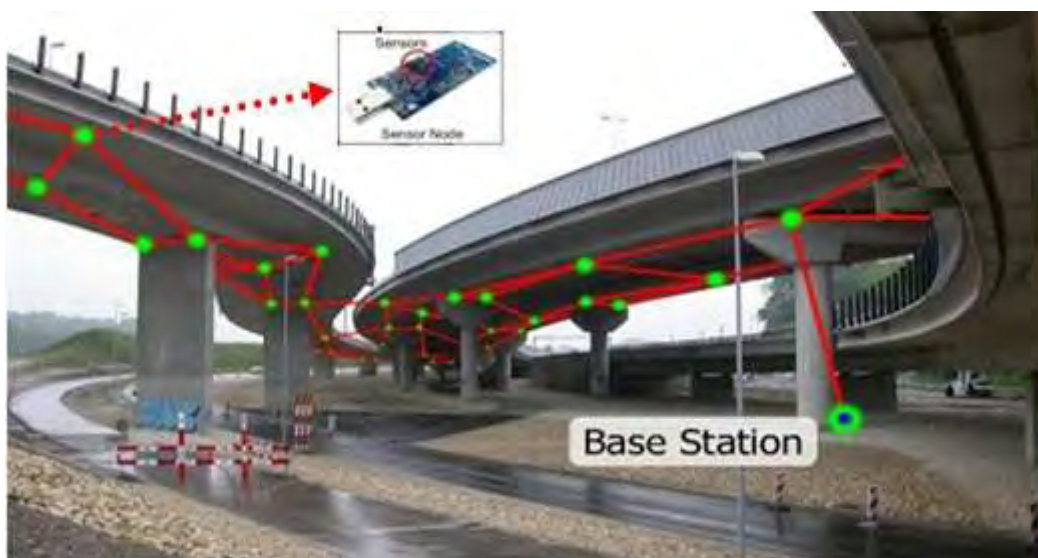
### 2.4.3 Στρατιωτικές εφαρμογές

Τα Α.Δ.Α μπορούν να αποτελέσουν ένα αναπόσπαστο κομμάτι των ελέγχων, των επικοινωνιών, της παρακολούθησης, της νοημοσύνης και της στόχευσης για μια στρατιωτική επιχείρηση. Η πολύ γρήγορη ανάπτυξη, η αυτό-οργάνωση, και η ανεκτικότητα σε λάθη καθιστούν τα Α.Δ.Α μια πολλά υποσχόμενη λύση για τις στρατιωτικές επιχειρήσεις του μέλλοντος. Καθώς τέτοια δίκτυα βασίζονται στον πυκνό διασκορπισμό χαμηλού κόστους κόμβων, η καταστροφή ορισμένων από αυτούς από εχθρικές ενέργειες δεν επηρεάζει την στρατιωτική επιχείρηση, όσο η καταστροφή ενός παραδοσιακού αισθητήρα, και κάνει τα δίκτυα αυτά ιδιαίτερα εύχρηστα για τέτοιες επιχειρήσεις.

Μερικές από τις στρατιωτικές εφαρμογές αυτών των δικτύων, είναι η παρακολούθηση συμμαχικών δυνάμεων, εξοπλισμών και πυρομαχικών, η παρακολούθηση του πεδίου μάχης και ο συμπερασμός εχθρικών ενεργειών, η ανίχνευση στόχων, η καταγραφή ζημιών και τέλος η ανίχνευση πυρηνικής ή χημικής επίθεσης.

### 2.4.4 Έλεγχος τεχνικών κατασκευών

Οι τεχνικές κατασκευές υπόκεινται σε χρόνιες καταπονήσεις λόγω εκτεταμένης λειτουργικής ζωής, διαβρώσεων και σεισμικών δονήσεων. Είναι σημαντικό να επεκτείνουμε την ενεργό ζωή των υποδομών αυτών, μέσω της συλλογής ποιοτικών πληροφοριών για την κατάστασή τους. Εγκαθιστώντας ένα Α.Δ.Α σε αυτές μπορεί να καταγράφεται οποιαδήποτε τεχνική ανωμαλία η οποία μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα στην ακεραιότητα τους. Οι μηχανικοί μπορούν έτσι να προβούν σε προληπτικές επισκευές, που θα κρατήσουν ασφαλή την κατασκευή, βασιζόμενοι περισσότερο σε μετρήσεις απόδοσης και λιγότερο σε προγραμματισμένες συντηρήσεις.



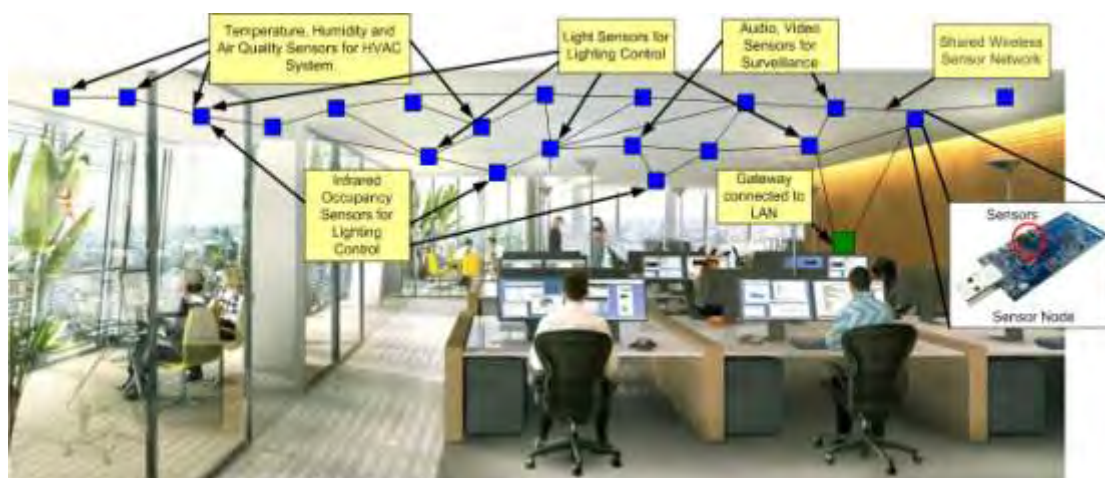
Εικόνα 2-9 : Α.Δ.Α σε γέφυρα

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η τοποθέτηση ενός Α.Δ.Α στη γέφυρα που συνδέει το Ρίο με το Αντίρριο για την παρακολούθηση μίας πληθώρας παραμέτρων που αφορούν τη συντήρηση και τη στατικότητα αυτής.

## 2.4.5 Έξυπνα κτίρια

Η κατασκευή «έξυπνων» κτιρίων βασίζεται στην εγκατάσταση ενός Α.Δ.Α, που αποτελεί τα «μάτια» του συστήματος διαχείρισης, και ενός δικτύου ελεγκτών αυτοματισμού. Ο συνδυασμός των δύο δικτύων επιτρέπει στο «έξυπνο» κτίριο να μπορεί από μόνο του να περιορίσει την κατανάλωση ενέργειας και να βελτιώσει γενικότερα την οικολογική του συμπεριφορά. Μερικά παραδείγματα των λειτουργιών του «έξυπνου» κτιρίου είναι:

- Αναγνωρίζει εάν ο φυσικός φωτισμός είναι επαρκής και ενεργοποιεί/ απενεργοποιεί τον τεχνητό φωτισμό.
- Εντοπίζει εάν η ποιότητα του εσωτερικού αέρα δεν είναι ικανοποιητική και θέτει σε λειτουργία το σύστημα εξαερισμού
- Ελέγχει αν η θερμοκρασία είναι στα επιθυμητά επίπεδα και ενεργοποιεί την θέρμανση ή τον κλιματισμό.
- Αντιλαμβάνεται εάν κάποιος χώρος δεν χρησιμοποιείται και απενεργοποιεί όλες τις συσκευές σε αυτόν.



Εικόνα 2-10 : Παράδειγμα «έξυπνου» κτιρίου

Πρόσφατες μελέτες υπολογίζουν συνολική βελτίωση της ενεργειακής συμπεριφοράς ενός «έξυπνου» κτιρίου κατά 34% σε σχέση με ένα απλό κτίριο, γεγονός το οποίο σημαίνει περίπου 38% μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

# 3 Πλατφόρμες αισθητήρων

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ραγδαία ανάπτυξη των Α.Δ.Α λόγω του τεράστιου εύρους εφαρμογών στις οποίες μπορούν αυτά να χρησιμοποιηθούν. Το γεγονός αυτό οδήγησε πολλές εταιρίες στο να κατασκευάσουν τις δικές τους ασύρματες πλατφόρμες αισθητήρων οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν τους κόμβους ενός Α.Δ.Α. Συνέπεια των παραπάνω είναι να κυκλοφορεί στις μέρες μία πολύ μεγάλη ποικιλία τέτοιων πλατφορμών στην αγορά. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύονται ενδεικτικά τρεις από αυτές οι οποίες και χρησιμοποιήθηκαν στην εφαρμογή της παρούσας εργασίας.

## 3.1 Tmote sky



Εικόνα 3-1 : Tmote sky

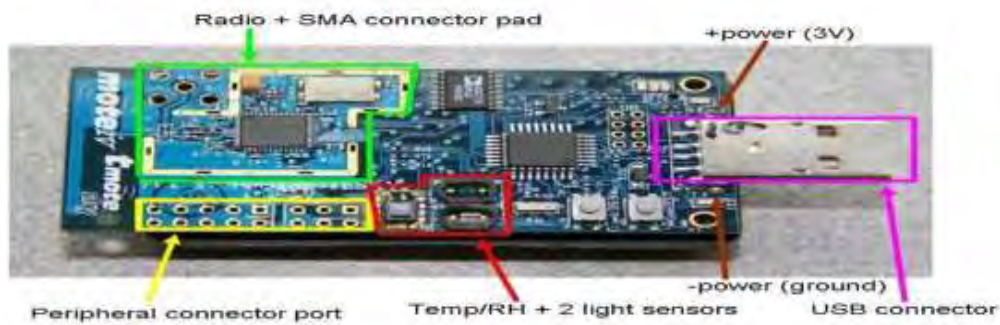
Το **Tmote sky**, της εταιρίας **Moteiv**, είναι από τις πιο διαδεδομένες ασύρματες πλατφόρμες αισθητήρων σήμερα. Αποτελεί την εξέλιξη του Telosb και είναι το πιο πρόσφατο από μία σειρά προϊόντων που αναπτύχθηκαν από το Πανεπιστήμιο της California, Berkeley.

### 3.1.1 Γενική περιγραφή του Tmote sky

Το tmote-sky είναι μια ασύρματη μονάδα (mote) για χρήση σε Α.Δ.Α και σε εφαρμογές καταγραφής και παρακολούθησης. Έχει ενσωματωμένους αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας. Επίσης αξιοποιεί βιομηχανικά πρότυπα όπως η USB και το IEEE 802.15.4, αποκτώντας έτσι την δυνατότητα να επικοινωνεί άμεσα με άλλες συσκευές.

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα του είναι η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που προσφέρει σε σχέση με παλαιότερες γενιές πλατφορμών. Σε μία εφαρμογή Α.Δ.Α κάθε μονάδα-κόμβος tmote sky βρίσκεται σε αδράνεια στο σύνολο του χρόνου, αφυπνίζεται άμεσα με την ύπαρξη ενός συμβάντος, επεξεργάζεται το συμβάν και επιστρέφει σε αδράνεια.

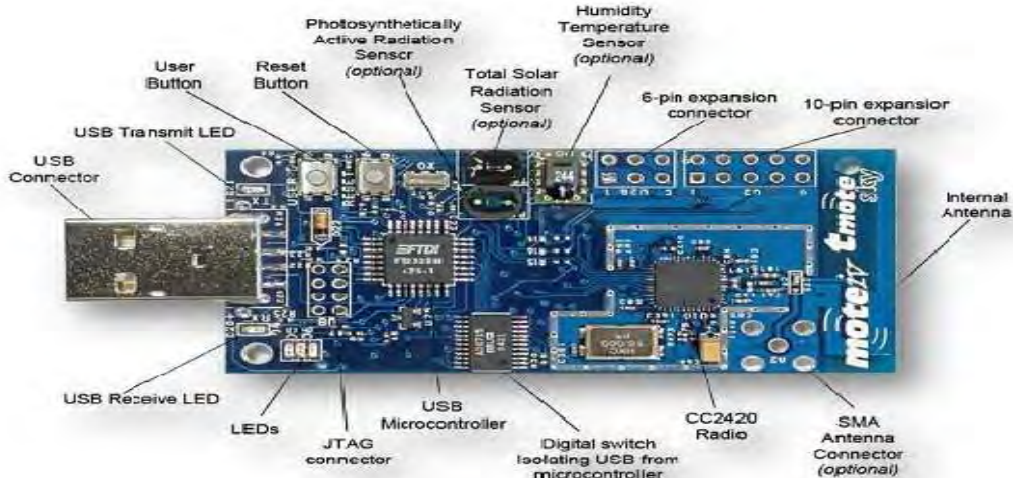
Εκμεταλλεύομενο τους αισθητήρες του, την εύκολη επικοινωνία του με τις διάφορες περιφερειακές συσκευές αλλά και τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας που εγγυάται, έχει την δυνατότητα αποδοτικής συμμετοχής σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών Α.Δ.Α.



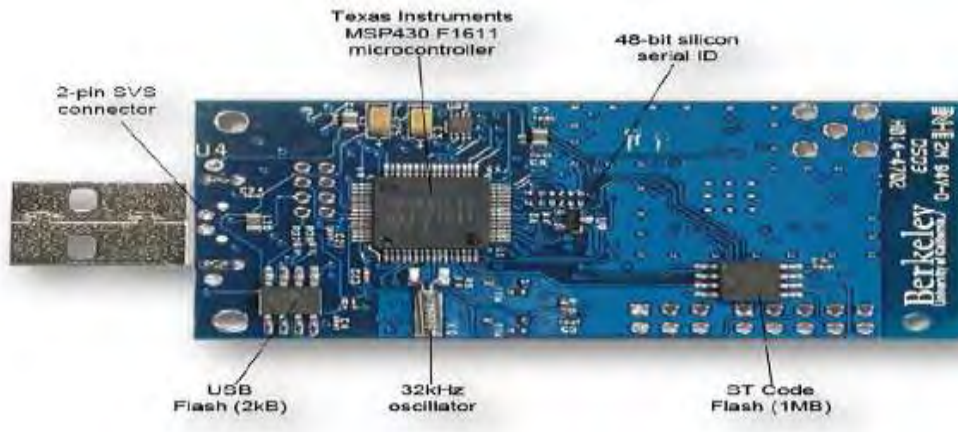
Εικόνα 3-2 : Τα βασικά μέρη του Tmote sky

### 3.1.2 Βασικά χαρακτηριστικά του Tmote sky

- Ασύρματος πομποδέκτης 250kbps 2.4GHz IEEE 802.15.4 Chipcon
- Μικροελεγκτής 8MHz Texas Instruments MSP430 (10k RAM, 48k Flash)
- Ολοκληρωμένος ADC, DAC, Supply Voltage Supervisor, και ελεγκτής DMA
- Ενσωματωμένη Onboard κεραία με εμβέλεια 50m σε εσωτερικούς χώρους / 125m σε εξωτερικούς
- Ενσωματωμένοι αισθητήρες μέτρησης υγρασίας, θερμοκρασίας και ηλιακής ακτινοβολίας ( *Photosynthetically Active Radiation* και *Total Solar Radiation* )
- Εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ρεύματος
- Γρήγορη αφύπνιση (<6μs)
- Κωδικοποίηση και πιστοποίηση αυθεντικότητας στο στρώμα ζεύξης υλικού
- Προγραμματισμός μονάδας και συλλογή δεδομένων από τον υπολογιστή μέσω USB
- Υποστήριξη επέκτασης 16pin και προαιρετική υποδοχή SMA για εξωτερική κεραία
- Υποστήριξη λειτουργικού συστήματος TinyOS (mesh networking and communication implementation) [10] [11]



Εικόνα 3-3 : Μπροστινό μέρος ενός tmote sky



Εικόνα 3-4 : Πίσω μέρος ενός tmote sky

### 3.1.3 Επέκταση του Tmote sky

Το tmote έχει δυο συνδετήρες επέκτασης, έναν των 10 ακροδεκτών (10-pin IDC header) και έναν των 6 ακροδεκτών (6-pin IDC header) οι οποίοι μπορούν να διαμορφωθούν κατάλληλα ώστε να συνδεθούν επιπλέον συσκευές, όπως αναλογικοί αισθητήρες, οθόνες LCD και άλλες περιφερειακές συσκευές, οι οποίες και θα ελέγχονται από τη μονάδα. Ο συνδετήρας των 10 pin παρέχει τόσο ψηφιακές εισόδους και εξόδους όσο και αναλογικές ενώ ο συνδετήρας των 6pin δίνει πρόσβαση σε επιπλέον δυνατότητες του tmote sky.



Multi-sensor board



Ammonia sensor board



Analog PIR sensor



Digital PIR sensor

Εικόνα 3-5 : Παραδείγματα σύνδεσης περαιτέρω αισθητήρων στο Tmote sky

## 3.2 iSense

Οι **iSense** της εταιρίας **Coalesenses** είναι εξίσου διαδεδομένες ασύρματες πλατφόρμες αισθητήρων, χαμηλής ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε Α.Δ.Α βιομηχανικών και ερευνητικών εφαρμογών. [12]

### 3.2.1 Η δομή των iSense

Βασικό χαρακτηριστικό των iSense αποτελεί το γεγονός ότι η δομή τους βασίζεται σε ένα πλήθος διαφορετικών μονάδων (modules) που διατίθενται από την εταιρεία για διάφορες χρήσεις και κάνουν την ανάπτυξη ποικίλων εφαρμογών εύκολη και γρήγορη. Το σύνολο του υλικού που απαρτίζει την τελική πλατφόρμα είναι δομημένο γύρω από μία μονάδα που ονομάζεται **core module** στην οποία προστίθενται μονάδες παροχής ενέργειας (**energy modules**) αλλά και μονάδες διαφόρων αισθητήρων γενικού ή και ειδικού σκοπού (**sensor modules**).



Εικόνα 3-6 : Διάφορες μονάδες iSense

#### 3.2.1.1 Core module

Το iSense core module αποτελεί τη βάση πάνω στην οποία οικοδομείται η τελική πλατφόρμα αισθητήρων. Το core module περιλαμβάνει έναν 32-bit μικροελεγκτή αρχιτεκτονικής RISC στα 16MHz. Όσον αφορά την ασύρματη επικοινωνία αξιοποιεί

το πρότυπο IEEE 802.15.4. Περιέχει επίσης υψηλής ακρίβειας ρολόι, ρυθμιστή μεταγωγής ενέργειας και υποδοχές επεκτάσεων για όλα τα άλλα είδη των modules αλλά και για τις διαφορετικές πηγές ενέργειας που μπορεί να χρησιμοποιηθούν.



- IEEE 802.15.4 compliant radio, 250 kbit/s, hardware AES Encryption
- 32 Bit RISC Controller, 16MHz
- High accuracy (20ppm) real time clock
- Software controllable voltage regulator
- Expansion connectors for all kinds of other modules and energy sources
- SMA connector or integrated ceramic antenna

<b>Processor</b>	
RAM <sup>1</sup>	96kB
Serial Flash <sup>1</sup>	128kB
Current draw operation	~9mA
Current draw sleep mode	~10μA
<b>RF Transceiver</b>	
Frequency	2.4 GHz
Bandwidth	250kbit/s
channels	16
Transmit power	3dB
Receive sensitivity	-100dB
Current consumption	~30mA
<b>Electromechanical</b>	
Supply voltage <sup>2</sup>	1.8V-5.5V
Dimensions	45mm x 30mm
Weight	10g
Temperature range	-20 to 70°C

Εικόνα 3-7 : iSense core module και χαρακτηριστικά του

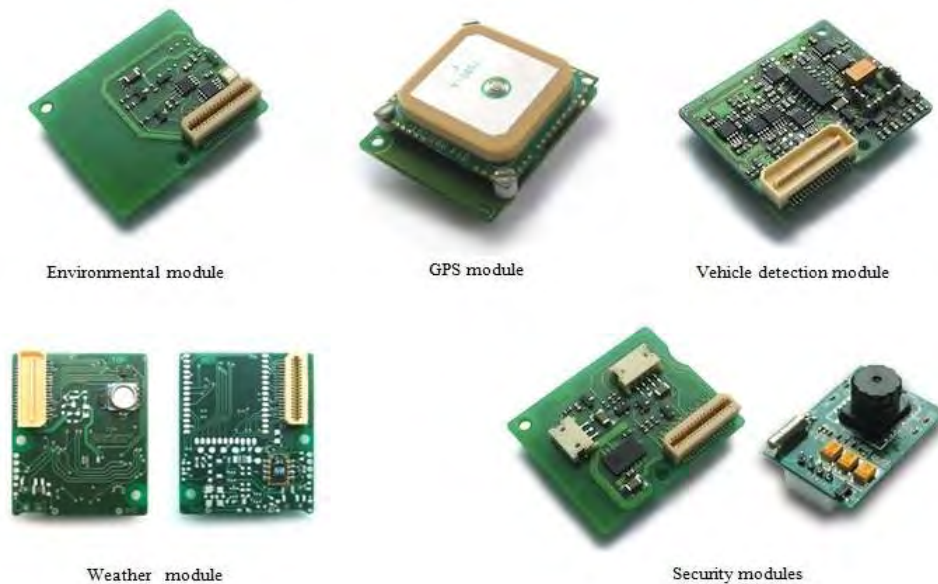
Ο ασύρματος μικροελεγκτής JN5139 παρέχει υψηλή υπολογιστική ικανότητα και παρέχει ένα μεγάλο πλήθος περιφερειακών διεπαφών όπως I2C, SPI, ένα 4 καναλιών 11-bit ADC, δύο 10-bit DACs, και δύο UARTs .

Στο IEEE 802.15.4 βασίζεται η λειτουργία, της Zigbee-ready κεραίας που περιλαμβάνεται , προσφέροντας υψηλού ρυθμού μετάδοση δεδομένων σε ακτίνα μέχρι 500m ενώ ιδιαίτερα σημαντική είναι η κωδικοποίηση AES που χρησιμοποιεί κατά την επικοινωνία. Το core module με το υψηλής ακρίβειας ρολόι επιτρέπει ιδιαίτερα ακριβείς sleep και wakeup περιόδους ενώ απαιτεί μόνο σπάνιο επανασυγχρονισμό.

### 3.2.1.2 Sensor Modules

- **Environmental module:** Συνδυάζει έναν αισθητήρα θερμοκρασίας με έναν αισθητήρα φωτός για την παρακολούθηση περιβάλλοντος.
- **Weather module:** Παρέχει υψηλής ακρίβειας δεδομένα θερμοκρασίας, υγρασίας και βαρομετρικής πίεσης.
- **GPS module:** Παρέχει πληροφορίες θέσης των i-Sense κόμβων σε εφαρμογές εξωτερικών χώρων.
- **Vehicle detection module:** Είναι βασισμένο σε έναν αισθητήρα ανισοτροπικής μαγνητοαντίστασης (AMR) και χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μεγάλων μεταλλικών αντικειμένων.

- **Security modules:** Διαθέτει αισθητήρα υπέρυθρων και τριών διαστάσεων επιταχυνσιόμετρο. Επιπροσθέτως μπορεί να συνδεθεί σε αυτό ένα camera module που μπορεί να τραβήξει έγχρωμες φωτογραφίες.



Εικόνα 3-8 : iSense sensor modules

### 3.2.1.3 Energy modules

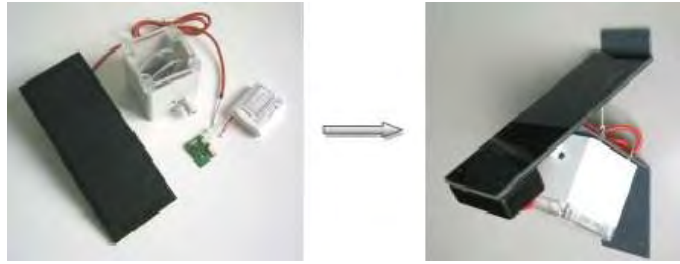
- **AA Battery Module:** Μπορεί να υποδεχτεί δύο μπαταρίες τύπου AA και είναι ιδιαίτερα εύρηστο για υλοποιήσεις χαμηλού κόστους Α.Δ.Α.
- **Rechargeable Battery Module:** Συνδυάζει μία επαναφορτιζόμενη μπαταρία με έναν ελεγκτή φόρτισης και ένα ψηφιακό monitor μπαταρίας. Η μπαταρία μπορεί να φορτιστεί είτε μέσω του Gateway module μέσω USB είτε συνδέοντας το με έναν μετασχηματιστή σε μία απλή πρίζα.



Εικόνα 3-9 : iSense battery modules

- **Solar Power System Module:** Αποτελείται από ένα ηλιακό panel, μία υψηλής χωρητικότητας επαναφορτιζόμενη μπαταρία ιόντων λιθίου, ένα module ελεγκτή της ενέργειας που παράγεται και ένα κουτί στο οποίο τοποθετείται η πλατφόρμα αισθητήρων. Είναι μία έτοιμη λύση για ενεργειακά αυτόνομα κόμβους αισθητήρων που μπορούν να απαρτίσουν ένα Α.Δ.Α.





Εικόνα 3-10 : Solar Power System Module

### 3.2.2 Αποσφαλμάτωση και επέκταση των iSense

Το **i-Sense Measurement module** παρέχει εύκολη πρόσβαση σε καθένα από τα 34 pins της υποδοχής επεκτάσεων. Στόχος αυτής της μονάδας είναι η μέτρηση σημάτων για αποσφαλμάτωση αλλά και η υποστήριξη προσθήκης περαιτέρω αισθητήρων. Από τη μία πλευρά λοιπόν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του υλικού και της λειτουργικότητας του λογισμικού μετρώντας τα σήματα με έναν παλμογράφο. Από την άλλη, νέοι αισθητήρες μπορούν πολύ γρήγορα να εφαρμόσουν επάνω στις υποδοχές της πλατφόρμας i-Sense απλά συνδέοντάς τους στα pins του measurement module.



Εικόνα 3-11 : iSense measurement module

### 3.2.3 Σύνδεση iSense με άλλα συστήματα

Το **iSense Gateway Module** παρέχει συνδεσιμότητα με άλλα συστήματα όπως υπολογιστές μέσω USB και RS-232. Επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων καθώς και τον σειριακό προγραμματισμό του συνδεδεμένου core module. Η USB επαφή anisotropic magnetoresistive μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ενέργειας σε άλλα i-Sense modules, συμπεριλαμβανομένου του **Rechargeable Battery Module**. Το Gateway Module διαθέτει 3 LEDs, 2 κουμπιά και ένα ποτενσιόμετρο . [12]



Εικόνα 3-12 : iSense gateway module

### 3.3 Wasmote

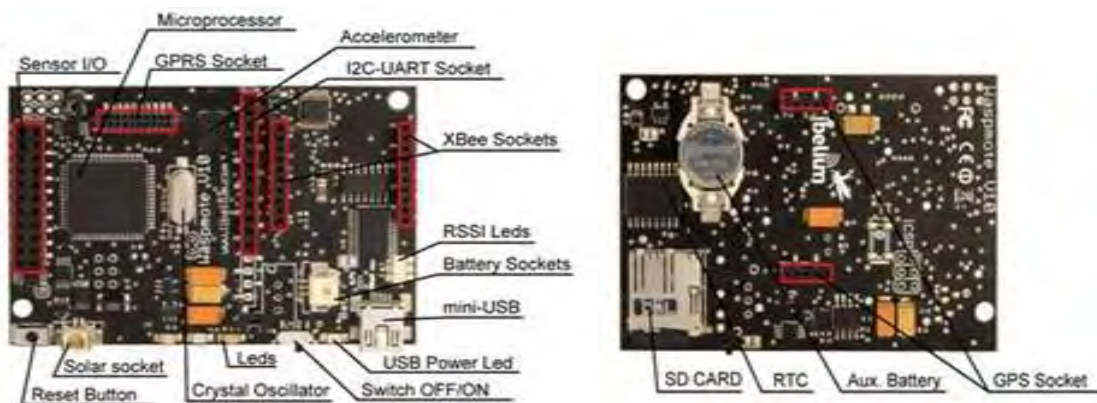


Εικόνα 3-13 : Wasmote

Το **Wasmote** είναι μια σχετικά καινούργια ασύρματη πλατφόρμα αισθητήρων που αναπτύχθηκε από την **libelium**, μια ισπανική εταιρία εξειδικευμένη στην κατασκευή αισθητήρων και ασύρματων μονάδων. Πρόκειται για μια ηλεκτρονική πλακέτα βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση υλικό και λογισμικό και κατασκευασμένη για χρήση σε Α.Δ.Α και γενικότερα σε πληθώρα εφαρμογών. [13]

#### 3.3.1 Περιγραφή βασικής πλακέτας Wasmote

Η πλακέτα του Wasmote περιλαμβάνει έναν μικροελεγκτή της Atmel, τον ATmega 1281 στα 8 Mhz με 128 kB μνήμη flash και 8kB RAM. Έχει επίσης ενσωματωμένα Onboard αισθητήρα θερμοκρασίας και επιταχυνσιόμετρο. Παρέχει 7 αναλογικές εισόδους, 8 ψηφιακές εισόδους/εξόδους, μια έξοδο PWM, 2 σειριακές θύρες UART, μία θύρα σειριακής επικοινωνίας i2c και μία θύρα USB. Αναλυτικότερα:



Εικόνα 3-14 : Βασική πλακέτα Wasmote

General characteristics	
Microcontroller:	ATmega1281
Frequency:	8MHz
SRAM:	8KB
EEPROM:	4KB
FLASH:	128KB
SD Card:	2GB
Weight:	20gr
Dimensions:	73.5 x 51 x 13 mm
Temperature range:	[-20°C, +65°C]
Clock:	RTC (32KHz)

Consumption	
ON:	9mA
Sleep:	62uA
Deep Sleep:	62uA
Hibernate:	0,7uA

Input / Output	
7 Analog, 8 Digital (I / O), 1 PWM, 2 UARTs, 1 I2C, 1USB	

Electrical characteristics	
Battery voltage:	3.3V - 4.2V
USB charging:	5V - 100mA
Solar panel load:	6 - 12V - 240mA
Auxiliary battery voltage:	3V

Sensors embedded on board	
Temperature (+/-): -40°C, +85°C. Accuracy: 0.25°C.	
Accelerometer: ±2g (1024 LSB/g) / ±6g (340LSB/g).	
40Hz/160Hz/640Hz/2560Hz	

### 3.3.2 Μονάδες ασύρματης επικοινωνίας του Wasp mote

Το Wasp mote προσφέρει ευελιξία στην ασύρματη επικοινωνία η οποία μπορεί να επιτευχθεί με το πρωτόκολλο 802.15.4/Zigbee, με Bluetooth ή με GSM/GPRS modem. Η πλακέτα του Wasp mote έχει τις υποδοχές για σύνδεση ενός ή και περισσότερων μονάδων που μπορούν να προσφέρουν τις παραπάνω μορφές ασύρματης επικοινωνίας.

#### ZigBee

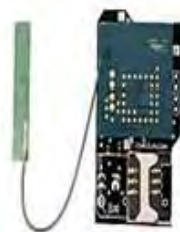


Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4	802.15.4	2.4GHz	1mW	-92dB	500m
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB	ZigBee-Pro	2.4GHz	2mW	-96dBm	500m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10km
XBee-XSC	RF	900MHz	100mW	-106dBm	12km

\* Line of sight and 5dBi dipole antenna

**Antennas:** 2.4GHz: 2dBi / 5dBi  
868/900MHz: 0dBi / 4.5dBi  
**Connector:** RPSMA  
**Encryption:** AES 128b  
**Control Signal:** RSSI  
**Standards:** XBee-802.15.4 - 802.15.4 Compliant / XBee-ZB - ZigBee-Pro v2007 Compliant  
**Topologies:** p2p, tree, mesh

#### GSM / GPRS



**Model:** Hilo (Sagem)  
**Quadband:** 850MHz/900MHz/1800MHz /1900MHz  
**Txpower:** 2W(Class 4) 850MHz/900MHz, 1W(Class 1) 1800MHz/1900MHz  
**Sensitivity:** -106dBm  
**Antenna connector:** UFL  
**External antenna:** 0dBi

#### Bluetooth

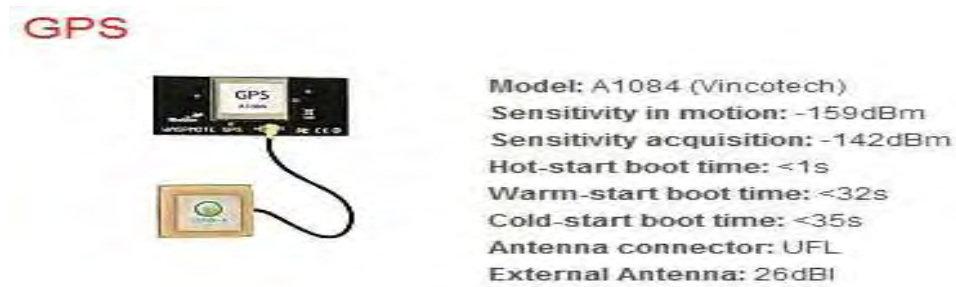


**Bluetooth Chip:** eUnistone 31308/2  
**Version:** Bluetooth 2.0 + EDR (Configurable BT 1.2)  
**TX Power:** 2.5dBm  
**RX Sensitivity:** -86dBm  
**Antenna:** 2dBi / 5dBi  
**Antenna Connector:** RPSMA  
**Outdoor Range:** 250m  
**Indoor Range:** 30m

Εικόνα 3-15 : Μονάδες ασύρματης επικοινωνίας για το Wasp mote και χαρακτηριστικά τους

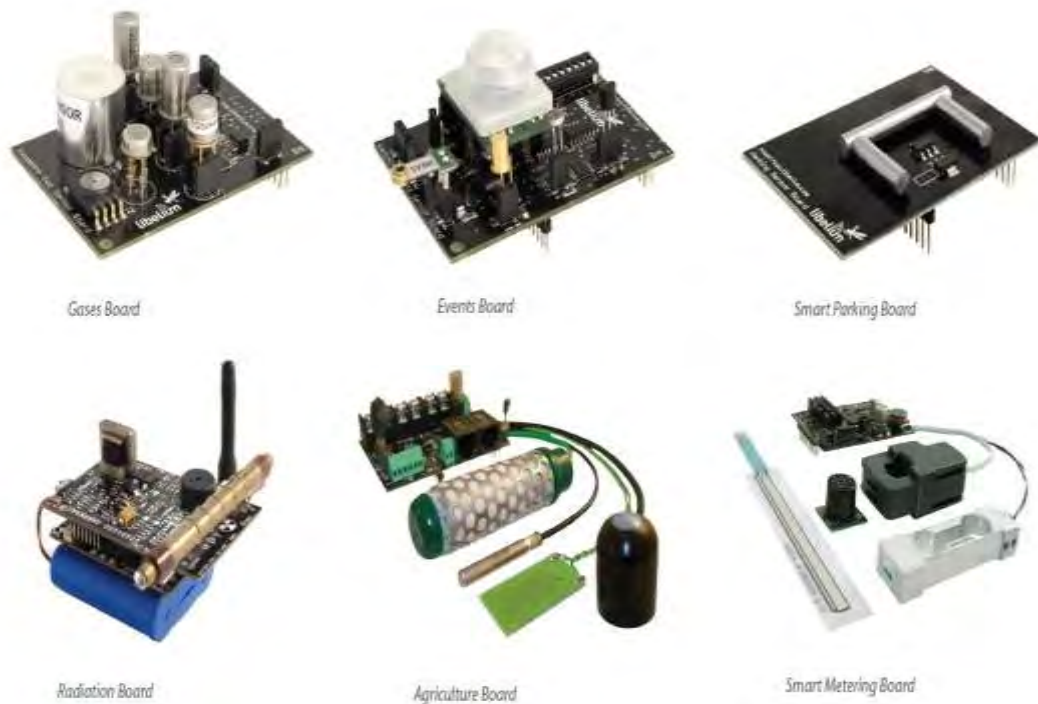
### 3.3.3 Επέκταση του Wasp mote

Το Wasp mote υποστηρίζει, μέσω κατάλληλης υποδοχής στην πλακέτα του, την προσθήκη GPS για εύρεση γεωγραφικού στίγματος, υψομέτρου, ταχύτητας και κατεύθυνσης κίνησης της πλατφόρμας.



Εικόνα 3-16 : Μονάδα GPS για το Waspote

Επίσης η πλακέτα του Waspote παρέχει υποδοχή για προσθήκη πληθώρας άλλων μονάδων με αισθητήρες προκειμένου να έχει η πλατφόρμα τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο εύρος εφαρμογών.



Εικόνα 3-17 : Ενδεικτικά μερικές μονάδες αισθητήρων για Waspote

### 3.3.4 Σύνδεση Waspote με τον υπολογιστή

Η διασύνδεση του Waspote με τον υπολογιστή γίνεται με το USB-PC Waspote interface (Waspote gateway). Το Waspote gateway εγκαθιστά ασύρματη ζεύξη χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο 802.15.4/ZigBee και στη συνέχεια τα δεδομένα από το Α.Δ.Α των Waspote μπορούν να διαβιβάζονται στον υπολογιστή για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία. [13]



Model: Wasmote Gateway \*  
Communication: 802.15.4/ZigBee - USB PC  
Programmable buttons and leds  
*\*Included in the developers Kit*

**Compiler:**

- IDE-Wasmote (open source)
- Language: C++
- Versions Windows, Linux and Mac-OS

Εικόνα 3-18 : Wasmote gateway

# 4 Περιγραφή του συστήματος

## 4.1 Περιγραφή των απαιτήσεων

Από τα προηγούμενα κεφάλαια έγινε φανερό ότι τα Α.Δ.Α. είναι μια πλήρως εξελίξιμη ευέλικτη και με πολλές δυνατότητες τεχνολογία. Αυτά τα χαρακτηριστικά δίνουν την δυνατότητα στα Α.Δ.Α να χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών με την χρήση των κατάλληλων κάθε φορά κόμβων. Από την άλλη, αυτή η γενικότητα και ευκολία χρήσης των κόμβων σε διαφορετικές εφαρμογές, με διαφορετικές απαιτήσεις η κάθε μια, δυσχεραίνει την ενοποιημένη διαχείριση τους. Κάθε εφαρμογή, δηλαδή, έχει τις δικές της απαιτήσεις και χαρακτηριστικά, όπως π.χ. τον τύπο των κόμβων που χρησιμοποιούνται, τον τύπο των μετρήσεων που λαμβάνονται και την συχνότητα δειγματοληψίας των κόμβων.

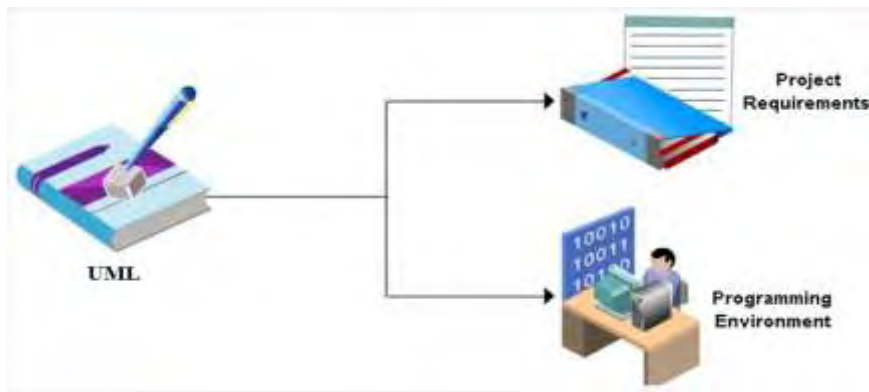
Το ζητούμενο του συστήματος που περιγράφεται είναι η συλλογή δεδομένων από Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, η αποθήκευση τους σε μια βάση δεδομένων και η εμφάνισή τους, μέσω του διαδικτύου, σε οποιοδήποτε μέρος του κόσμου. Η υλοποίηση της εφαρμογής αυτής θα πρέπει να γίνει με γνώμονα τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής ενός Α.Δ.Α., καθώς και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των τελικών ληφθέντων δεδομένων από τον χρήστη.

Όπως είναι φανερό από την παραπάνω περιγραφή, για την ανάπτυξη του συστήματος είναι αναγκαία η χρήση και ο συνδυασμός πολλών διαφορετικών τεχνολογιών. Για την αποδοτική χρήση και την επίτευξη αποτελεσματικής συνεργασίας αυτών ήταν αναγκαίο να γίνει ένα είδος τυποποίησης τους. Η τυποποίηση αυτή έγινε με χρήση της γλώσσας UML.

### 4.1.1 Η χρήση της UML

Η UML ( Unified Modeling Language ) είναι μια τυποποιημένη γλώσσα για τη διευκρίνιση, την απεικόνιση, την κατασκευή και την τεκμηρίωση των δεδομένων των συστημάτων λογισμικού. Βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι αποτελεί μια γλώσσα μοντελοποίησης ανεξάρτητη από τις μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται κατά την ανάπτυξη των συστημάτων. Η χρησιμοποίηση της UML βοηθά τις ομάδες ανάπτυξης στην επικοινωνία, συμβάλει στην μελέτη όλων των πιθανών σχεδίων, και επικυρώνει την επιλεγμένη αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία θα αναπτυχθεί το λογισμικό.

[14]

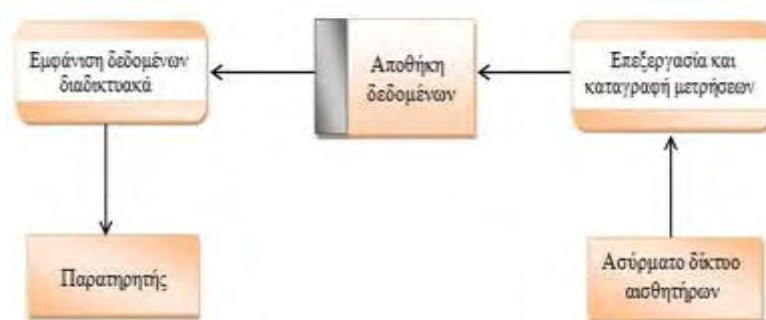


Εικόνα 4-1 : Χρήση της UML

Στην συνέχεια της ενότητας παρουσιάζονται μερικά από τα διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν, και τα οποία είναι σημαντικά για την καλύτερη κατανόηση της δομής, και της λειτουργίας του συστήματος.

## 4.2 Διάγραμμα ροής δεδομένων του συστήματος

Η ανάλυση των απαιτήσεων του συστήματος έγινε χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα ροής δεδομένων το οποίο απεικονίζει τα στάδια από τα οποία περνούν οι μετρήσεις από την συλλογή τους μέχρι την εμφάνιση τους διαδικτυακά σε κάποιον παρατηρητή.



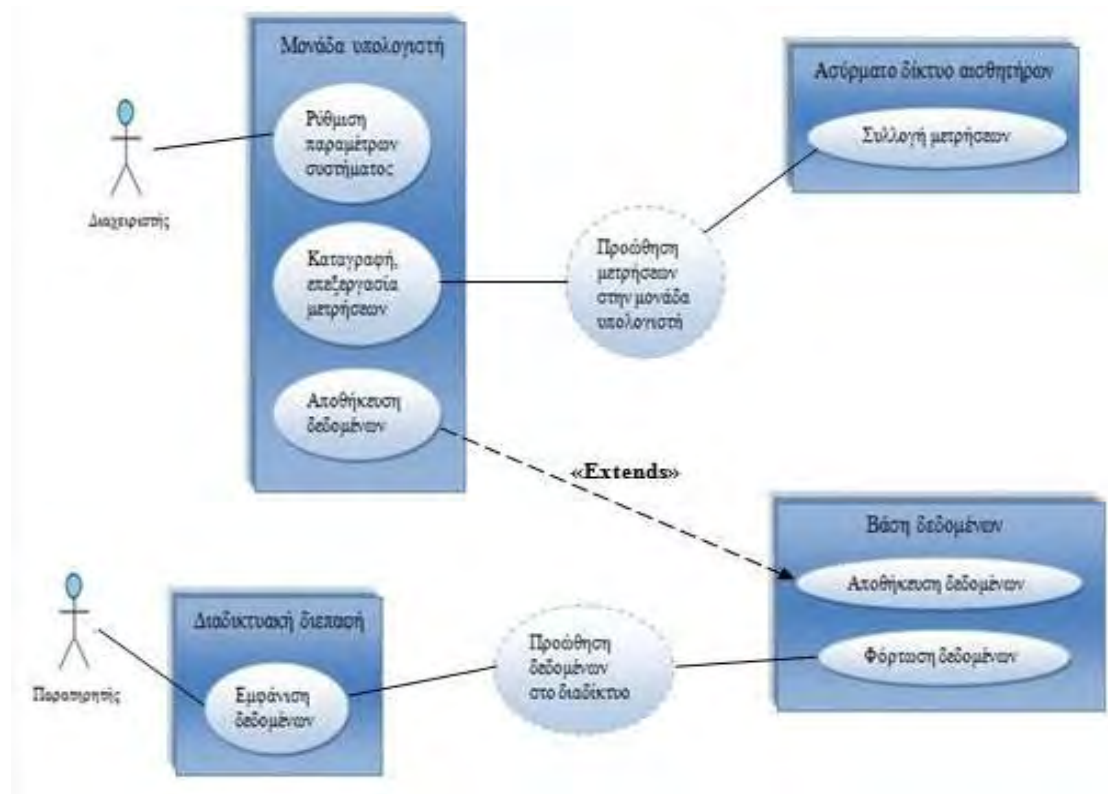
Εικόνα 4-2 : Διάγραμμα ροής δεδομένων

Τα στάδια αυτά είναι:

- Η συλλογή των μετρήσεων από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων
- Η καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων από το σύστημα καταγραφής μετρήσεων
- Η αποθήκευση των μετρήσεων στη βάση δεδομένων
- Η εμφάνιση των δεδομένων διαδικτυακά μέσω διαδικτυακής διεπαφής
- Η παρακολούθηση των αποτελεσμάτων από κάποιο χρήστη παρατηρητή

### 4.3 Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης του συστήματος

Η απεικόνιση της αλληλεπίδρασης των χρηστών με το σύστημα αλλά και όλων των επιμέρους υποσυστημάτων του μεταξύ τους έγινε με το διάγραμμα των περιπτώσεων χρήσης.



Εικόνα 4-3 : Διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης

#### 4.3.1 Περιγραφή των ρόλων των χρηστών

Από το διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης φαίνεται ότι υπάρχουν δύο κατηγορίες χρηστών του συστήματος, με διαφορετικές αρμοδιότητες και δυνατότητες ο καθένας.

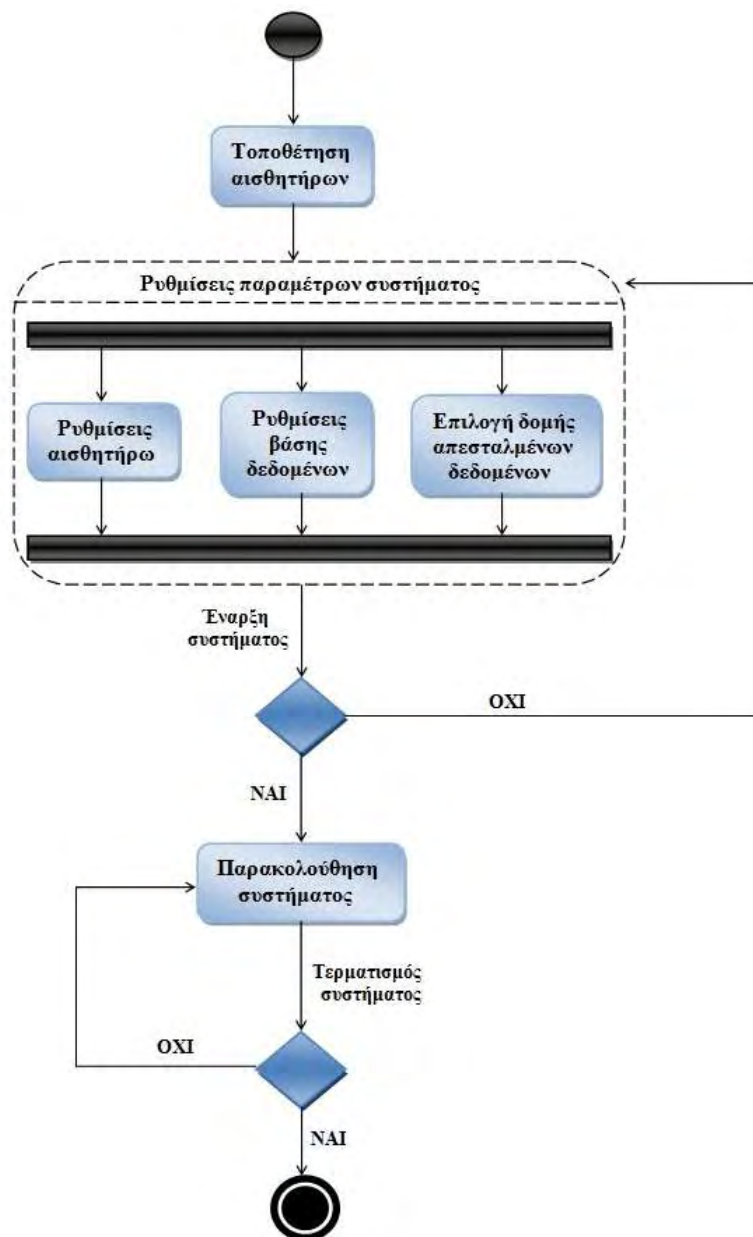
##### 4.3.1.1 Ο χρήστης-διαχειριστής

Ο διαχειριστής είναι ο χρήστης με τις περισσότερες και σημαντικότερες αρμοδιότητες για την λειτουργία του συστήματος. Συγκεκριμένα ο χρήστης διαχειριστής είναι υπεύθυνος για:

- Την σωστή τοποθέτηση των κόμβων αισθητήρων και των αισθητήριων οργάνων τους με βάση τις ιδιότητες του προς μέτρηση περιβάλλοντος.



- Την επιλογή του τύπου αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή και της σειριακής θύρας που θα χρησιμοποιεί ο σταθμός βάσης για την προώθηση των δεδομένων στην μονάδα υπολογιστή.
- Την εισαγωγή πληροφοριών που αφορούν την βάση δεδομένων η οποία θα χρησιμοποιηθεί για αποθήκευση των μετρήσεων (IP, Username, Password κτλ).
- Την επιλογή της δομής των δεδομένων που θα στέλνονται από τους κόμβους αισθητήρων, φορτώνοντας κατάλληλο xml αρχείο που θα την περιλαμβάνει.
- Την παρακολούθηση του συστήματος καταγραφής, επεξεργασίας και αποθήκευσης ώστε να εξασφαλιστεί η συνεχής και ποιοτική λειτουργία του.
- Την έναρξη και τον τερματισμό του παραπάνω συστήματος.



Εικόνα 4-4 : Διάγραμμα δραστηριοτήτων χρήστη-διαχειριστή

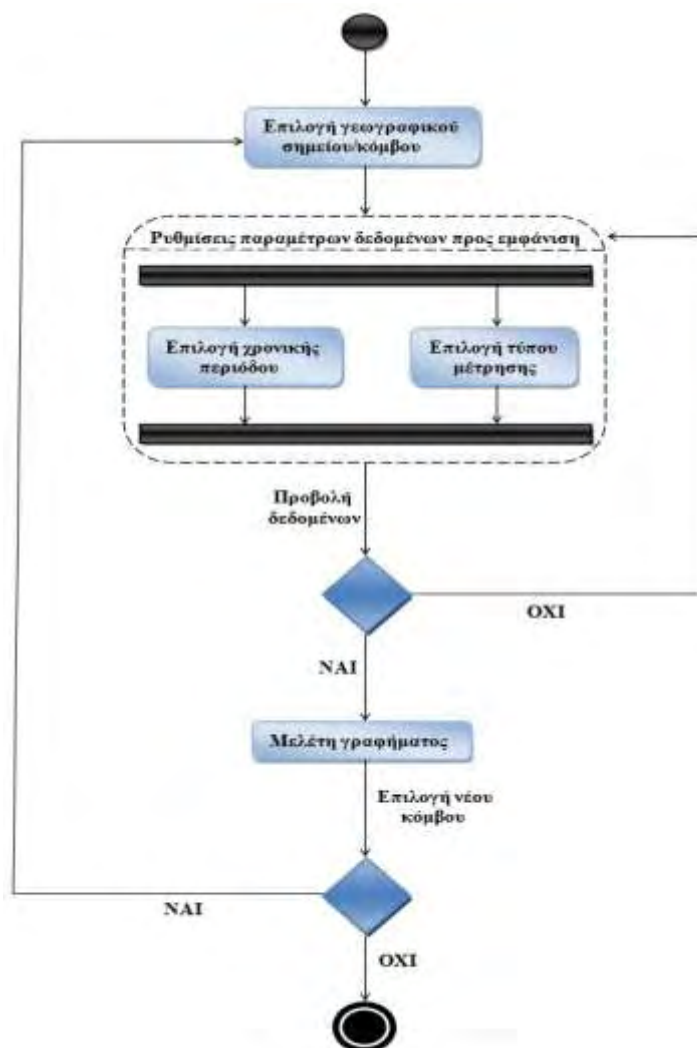
### 4.3.1.2 Ο χρήστης-παρατηρητής

Ο χρήστης – παρατηρητής έχει σχεδόν ανύπαρκτες αρμοδιότητες ως προς την σωστή λειτουργία του συστήματος. Οι ενέργειες που πρέπει να εκτελεί αφορούν κυρίως την ρύθμιση κάποιων παραμέτρων που απαιτούνται για να γίνει η απεικόνιση των επιθυμητών δεδομένων από τη διαδικτυακή διεπαφή.

Συγκεκριμένα ο παρατηρητής αποστέλλει πληροφορίες προς τη διαδικτυακή διεπαφή σχετικές με:

- Το γεωγραφικό σημείο/κόμβο του οποίου οι μετρήσεις τον ενδιαφέρουν.
- Την χρονική περίοδο των μετρήσεων.
- Το χαρακτηριστικό του οποίου τις τιμές επιθυμεί να μελετήσει.

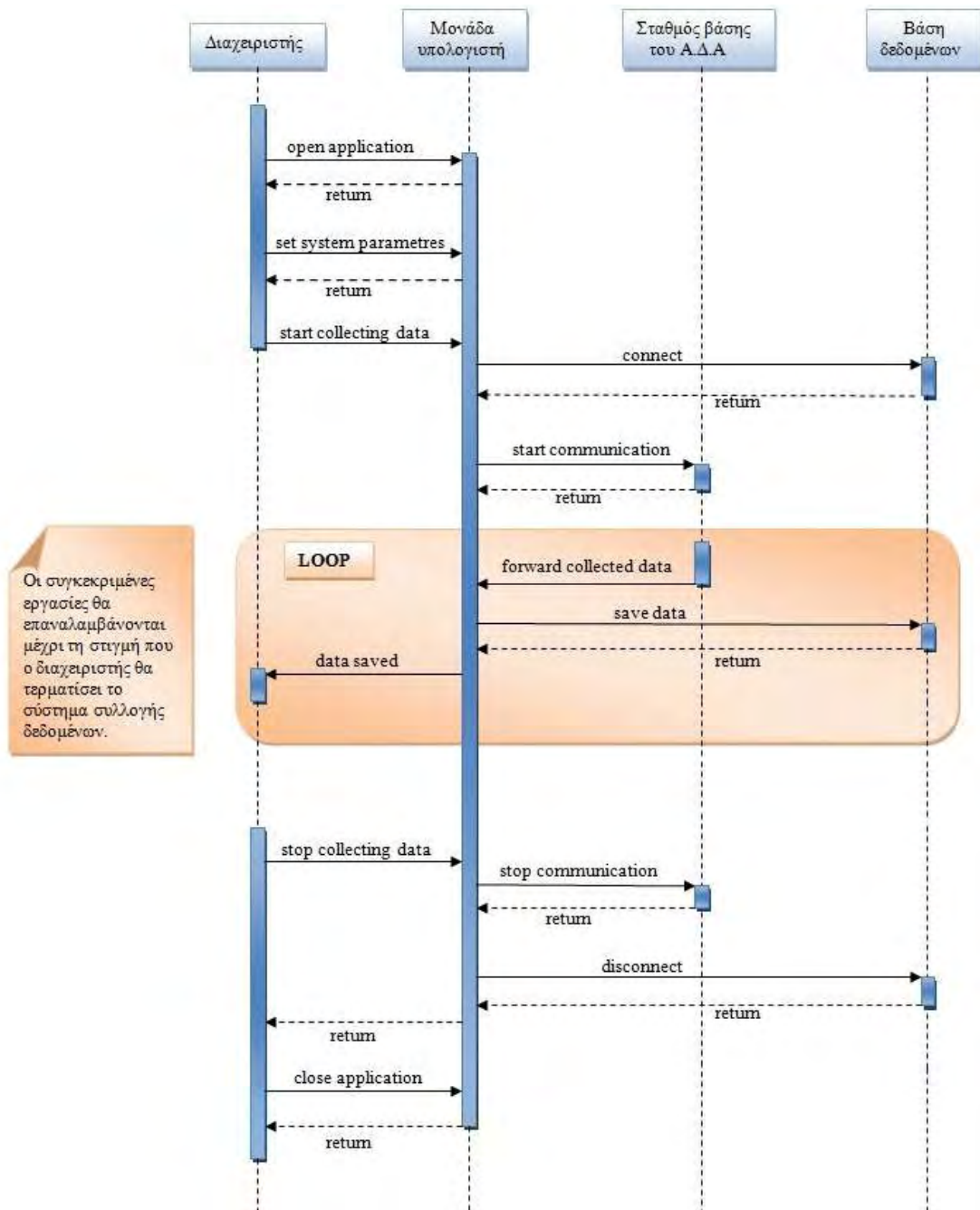
Μετά την ρύθμιση των παραπάνω η διαδικτυακή διεπαφή δημιουργεί ένα γράφημα με τις μετρήσεις που πραγματοποίησε ο συγκεκριμένος κόμβος, για το επιθυμητό χαρακτηριστικό κατά την διάρκεια της ορισμένης χρονικής περιόδου.



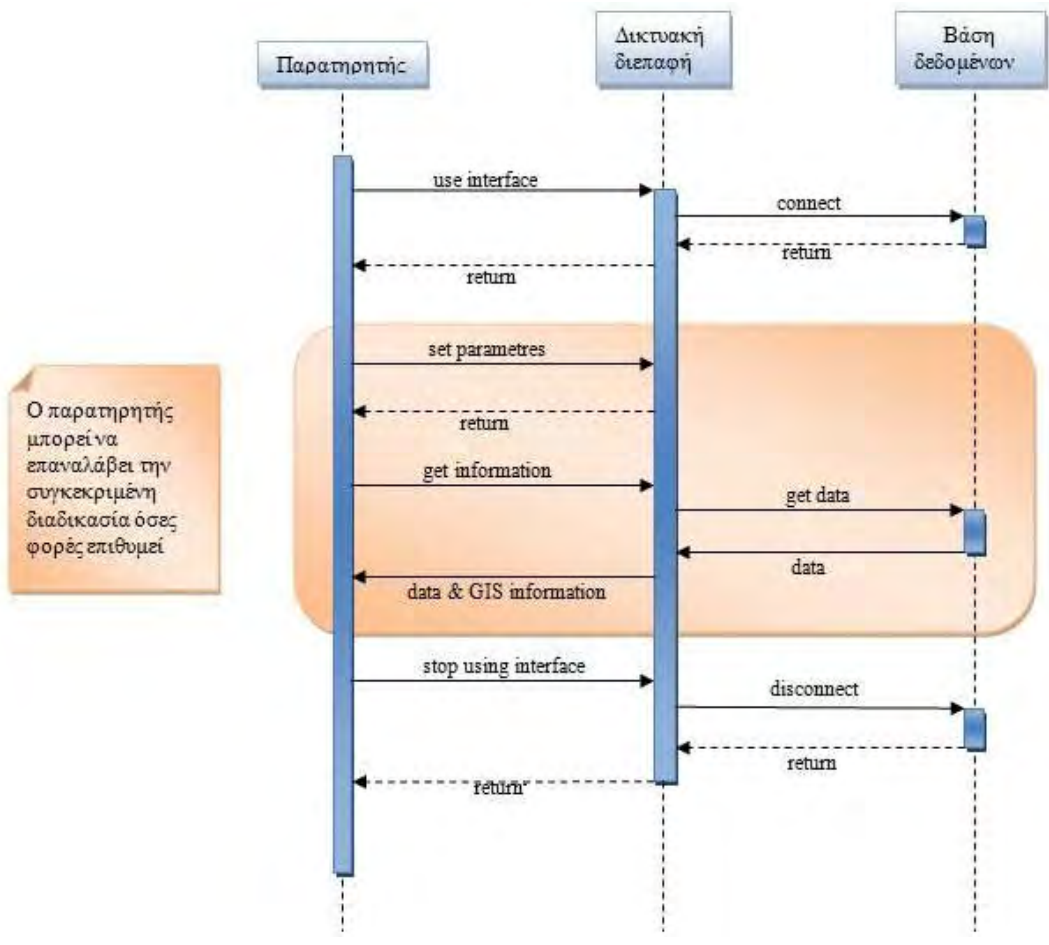
Εικόνα 4-5 : Διάγραμμα δραστηριότητας του χρήστη-παρατηρητή

## 4.4 Διαγράμματα ακολουθίας συστήματος

Για την καλύτερη κατανόηση των λειτουργιών του συστήματος παρουσιάζονται τα παρακάτω διαγράμματα ακολουθίας μέσω των οποίων περιγράφονται αναλυτικότερα οι λειτουργίες αυτές, αλλά και τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των επιμέρους υποσυστημάτων.



Εικόνα 4-6 : Διάγραμμα ακολουθίας λήψης και αποθήκευσης δεδομένων



Εικόνα 4-7 : Διάγραμμα ακολουθίας εμφάνισης δεδομένων

# 5 Αρχιτεκτονική του συστήματος

Στην προηγούμενη ενότητα έγινε περιγραφή της διαδικασίας σχεδιασμού του συστήματος. Παρατηρώντας τα διαγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αρχιτεκτονική του συστήματος θα πρέπει να έχει την μορφή που φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 5-1 : Αρχιτεκτονική συστήματος

Το σύστημα δηλαδή θα *απαρτίζεται* από τα εξής επιμέρους υποσυστήματα:

- Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων
- Το σύστημα καταγραφής των δεδομένων
- Τη βάση δεδομένων
- Τον εξυπηρετητή ιστού
- Την διαδικτυακή διεπαφή

Στις ενότητες που ακολουθούν γίνεται περιγραφή των παραπάνω υποσυστημάτων καθώς και των λειτουργιών που πρέπει να επιτελεί καθένα από αυτά.

## 5.1 Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελεί ένα από τα βασικότερα μέρη του συστήματος καθώς είναι υπεύθυνο για την συλλογή των μετρήσεων από το περιβάλλον. Τα χαρακτηριστικά του ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι μεταβαλλόμενα. Κάθε φορά εξαρτώνται από το είδος και τις απαιτήσεις της εφαρμογής όπου θα τοποθετηθούν. Παρόλα αυτά η μορφή της διαδικασίας συλλογής

και λήψης δεδομένων από ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων παραμένει σταθερή και ανεξάρτητη των ιδιαιτεροτήτων κάθε εφαρμογής.

Η διαδικασία λήψης των δεδομένων από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι απλή και συνοψίζεται στα εξής στάδια:

- Την λήψη των μετρήσεων από τους σταθμούς μετρήσεων του δικτύου
- Την ασύρματη αποστολή τους στον σταθμό βάσης του δικτύου
- Την προώθηση των δεδομένων από το σταθμό βάσης στο σύστημα καταγραφής

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω στάδια το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων απαρτίζεται από τους σταθμούς μετρήσεων και τον σταθμό βάσης καθένα από τα οποία έχει το δικό του ρόλο στην λειτουργία του δικτύου.

### **5.1.1 Σταθμοί μετρήσεων**

Οι σταθμοί μετρήσεων είναι κόμβοι-αισθητήρων, οι οποίοι αναλαμβάνουν να εκτελέσουν τις μετρήσεις. Βρίσκονται διασκορπισμένοι στον, προς μελέτη, περιβάλλοντα χώρο και σχηματίζουν μεταξύ τους ασύρματο δίκτυο μέσω του οποίου στέλνουν τις μετρήσεις στο σταθμό βάσης. Δεν έχουν συνεχόμενη παροχή ενέργειας, αλλά χρησιμοποιούν κάποια ανεξάρτητη πηγή η οποία συνήθως είναι μια μπαταρία. Το γεγονός αυτό επιτρέπει την εύκολη μετακίνηση τους μέσα στον χώρο, δίνοντας μας την δυνατότητα να συλλέξουμε μετρήσεις από διάφορα σημεία αυτού.

### **5.1.2 Σταθμός βάσης**

Πρόκειται για έναν κόμβο-αισθητήρα ειδικού τύπου με αρμοδιότητα την λήψη των δεδομένων από τους σταθμούς μετρήσεων και την προώθησή τους στο σύστημα καταγραφής. Συνήθως έχει συνεχή τροφοδοσία ενέργειας και κεραία μεγαλύτερης εμβέλειας από αυτή των σταθμών μετρήσεων έτσι ώστε να είναι δυνατή η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία του, αλλά και η συνεχής επικοινωνία με τους σταθμούς μετρήσεων. Ο σταθμός βάσης συνδέεται στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής μέσω μιας USB ή σειριακής θύρας.

## **5.2 Το σύστημα καταγραφής των δεδομένων**

Το σύστημα καταγραφής των δεδομένων αποτελείται από έναν υπολογιστή και μια εφαρμογή η οποία εκτελείται σε αυτόν.

Ο υπολογιστής διαθέτει τις θύρες για σύνδεση του σταθμού βάσης του ασυρμάτου δικτύου αισθητήρων και παρέχει σύνδεση στο διαδίκτυο για επικοινωνία με την βάση

δεδομένων, στην περίπτωση που αυτή είναι απομακρυσμένη. Το σημαντικότερο ωστόσο κομμάτι του εν λόγω συστήματος αποτελεί η εφαρμογή που εκτελείται στον υπολογιστή καθώς αυτή είναι που παρέχει την βασική λειτουργικότητα για την καταγραφή των δεδομένων.

### **5.2.1 Η εφαρμογή του συστήματος καταγραφής**

Προκειμένου το σύστημα να λαμβάνει υπόψη τις ιδιαιτερότητες και την διαφορετικότητα του κάθε Α.Δ.Α. χωρίς κανένα πρόβλημα η εφαρμογή αρχικά παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον μέσω του οποίου ο χρήστης-διαχειριστής ρυθμίζει απαραίτητες παραμέτρους σχετικά με:

- Τον τύπο των κόμβων-αισθητήρων που απαρτίζουν το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που θα χρησιμοποιηθεί
- Την σειριακή θύρα που χρησιμοποιεί ο σταθμός βάσης του ασύρματου δικτύου αισθητήρων για να επικοινωνεί με τον υπολογιστή
- Την δομή των απεσταλμένων, από τους κόμβους-αισθητήρων, δεδομένων
- Τις απαραίτητες πληροφορίες για σύνδεση με την βάση δεδομένων όπου θα στέλνονται τα δεδομένα για να αποθηκευτούν.

Έπειτα όταν ο χρήστης-διαχειριστής ζητήσει την έναρξη καταγραφής μετρήσεων η εφαρμογή χρησιμοποιώντας τις παραπάνω πληροφορίες εκτελεί τα εξής βήματα:

1. Συνδέεται με την βάση δεδομένων
2. Ανοίγει τη θύρα επικοινωνίας του σταθμού βάσης με τον υπολογιστή
3. Λαμβάνει τις μετρήσεις των αισθητήρων από το σταθμό βάσης
4. Επεξεργάζεται τις απεσταλμένες μετρήσεις
5. Στέλνει τα δεδομένα που προκύπτουν στην βάση δεδομένων

Τα βήματα 3-5 εκτελούνται από την εφαρμογή επαναληπτικά έως ότου ο χρήστης διαχειριστής να ζητήσει τον τερματισμό της καταγραφής μετρήσεων. Όταν αυτό συμβεί η εφαρμογή αποσυνδέεται από την βάση δεδομένων ,κλείνει τη θύρα επικοινωνίας του υπολογιστή με το σταθμό βάσης και η καταγραφή των δεδομένων σταματά.

## **5.3 Η βάση δεδομένων**

Η βάση δεδομένων είναι ένα ακόμα βασικό μέρος του συστήματος καθώς αποτελεί την αποθήκη όπου συγκεντρώνονται οι συλλεγμένες, από το δίκτυο αισθητήρων, μετρήσεις αφού έχουν υποστεί την απαραίτητη επεξεργασία από το σύστημα καταγραφής. Οι λειτουργίες που πρέπει να επιτελεί η βάση δεδομένων είναι απλές αλλά κρίσιμες για την σωστή λειτουργία του συστήματος και έχουν ως εξής:

- Να λαμβάνει τα δεδομένα που στέλλονται από την εφαρμογή του συστήματος καταγραφής
- Να αποθηκεύει τα δεδομένα σε κατάλληλο πίνακα της βάσης που έχει σχεδιαστεί για τα δεδομένα αυτά
- Να απαντάει σε ερωτήματα του εξυπηρετητή ιστού στέλλοντας τα δεδομένα που της ζητούνται

## 5.4 Ο εξυπηρετητής ιστού

Το συγκεκριμένο μέρος του συστήματος αποτελείται από έναν υπολογιστή. Ο υπολογιστής αυτός αποτελεί ουσιαστικά τον ενδιάμεσο κρίκο για την σύνδεση του συστήματος με το διαδίκτυο. Συγκεκριμένα αναλαμβάνει:

- Να εμφανίσει, μέσω του διαδικτύου, την κατάλληλη διεπαφή του συστήματος στον χρήστη-παρατηρητή.
- Να λάβει τις αιτήσεις-ερωτήματα, τις οποίες θέτει ο χρήστης- παρατηρητής, για την αναζήτηση δεδομένων.
- Να προωθήσει αυτά τα ερωτήματα στην βάση δεδομένων.
- Να λάβει τα δεδομένα, που στέλνει ως απάντηση η βάση δεδομένων.
- Να τα απεικονίσει στον χρήστη-παρατηρητή μέσω της διεπαφής.

Για την επίτευξη των παραπάνω ενεργειών, ο υπολογιστής θα πρέπει, διαρκώς, να εκτελεί μια ειδική εφαρμογή, την εφαρμογή εξυπηρετητή. Η εφαρμογή αυτή θα περιέχει το διαδικτυακό περιβάλλον το οποίο θα εμφανίζει σε μορφή ιστοσελίδας στον χρήστη-παρατηρητή.

## 5.5 Η διαδικτυακή διεπαφή

Η διαδικτυακή διεπαφή αποτελεί την «εικόνα» του συστήματος προς τον υπόλοιπο κόσμο. Είναι δηλαδή το σημείο από το οποίο μπορεί ο οποιοσδήποτε να έχει πρόσβαση στα δεδομένα του συστήματος, μέσω του διαδικτύου. Ο κάθε χρήστης, που αποκτάει πρόσβαση στα δεδομένα του συστήματος μέσω της διεπαφής, παίζει τον ρόλο και έχει τις αρμοδιότητες ενός χρήστη-παρατηρητή.

Όπως αναφέρθηκε κατά την περιγραφή του συστήματος, μια από τις απαιτήσεις του είναι η αποτελεσματική διαχείριση των ληφθέντων δεδομένων από τον χρήστη-παρατηρητή. Για την ικανοποίηση αυτής της απαίτησης, η διεπαφή που παρέχει τα δεδομένα στον χρήστη-παρατηρητή, έχει την μορφή ενός διαδικτυακού γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος.



### **5.5.1 Γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα**

Τα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (GIS) είναι πληροφοριακά συστήματα (Information Systems) που παρέχουν την δυνατότητα συλλογής, διαχείρισης, αποθήκευσης, επεξεργασίας, ανάλυσης και οπτικοποίησης, σε ψηφιακό περιβάλλον, δεδομένων που σχετίζονται με τον χώρο.

Τα συστήματα GIS αποτυπώνουν τα χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό, χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών είναι ότι τα χωρικά δεδομένα μπορούν να συσχετίζονται και με μια σειρά περιγραφικών δεδομένων τα οποία θα προσφέρουν περαιτέρω πληροφορίες για αυτά.

Η χρήση λοιπόν ενός GIS περιβάλλοντος ως διαδικτυακή διεπαφή του συστήματος επιτρέπει στο χρήστη παρατηρητή να διαχειρίζεται και να χρησιμοποιεί αποτελεσματικότερα τα δεδομένα του συστήματος καθώς αυτά θα συνδυάζονται με γεωγραφικές πληροφορίες.

# 6 Υλοποίηση του συστήματος

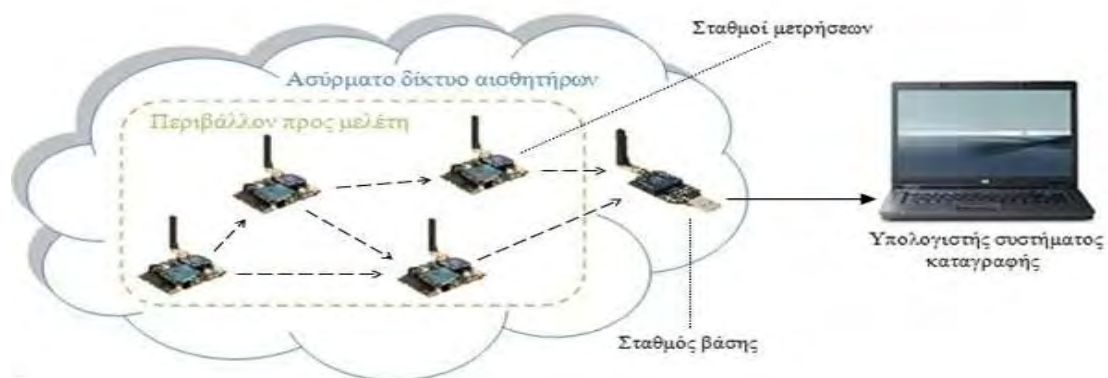
Όπως είδαμε στην προηγούμενη ενότητα, το σύστημα μας αποτελείται από πέντε διαφορετικά υποσυστήματα. Το κάθε ένα από αυτά έχει ξεχωριστές αρμοδιότητες και λειτουργίες. Για να μπορέσουμε να επιτύχουμε την καλύτερη δυνατή συνεργασία ανάμεσα στα διαφορετικά μέρη του συστήματος, πρέπει να γνωρίζουμε με ακρίβεια πληροφορίες σχετικές με αυτά και την υλοποίησή τους. Μερικές από τις πληροφορίες αυτές θα περιγραφούν στο κεφάλαιο αυτό.

## 6.1 Περιγραφή του ασύρματου δικτύου αισθητήρων

Το σύστημα έχει υλοποιηθεί για χρήση ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων τύπου Tmote sky, iSense ή Wasp mote ωστόσο, λόγω του τρόπου υλοποίησής του, μπορεί εύκολα να επεκταθεί ώστε να υποστηρίζει επιπλέον και οποιονδήποτε άλλο τύπο κυκλοφορεί στην αγορά.

### 6.1.1 Προετοιμασία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων

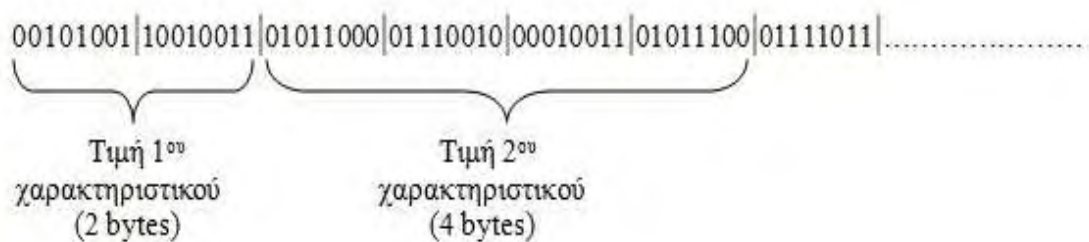
Η διαδικασία προετοιμασίας του ασυρμάτου δικτύου αισθητήρων είναι ανεξάρτητη του τύπου αισθητήρων από τους οποίους αυτό θα αποτελείται. Οι σταθμοί μετρήσεων διασκορπίζονται στο προς μελέτη περιβάλλον ενώ ο σταθμός βάσης συνδέεται στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής μέσω USB θύρας. Έπειτα όταν οι σταθμοί μετρήσεων τεθούν σε λειτουργία σχηματίζουν μεταξύ τους και με το σταθμό βάσης ένα ασύρματο δίκτυο.



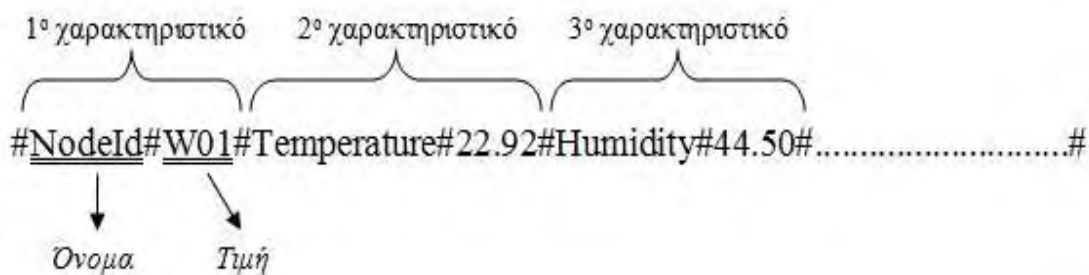
Εικόνα 6-1 : Ενδεικτικά ένα δίκτυο αισθητήρων Wasp mote

Οι σταθμοί μετρήσεων του ασυρμάτου δικτύου αισθητήρων είναι προγραμματισμένοι ώστε ανά κάποιο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα να εκτελούν κάποιες μετρήσεις και να στέλνουν στο σταθμό βάσης του δικτύου ένα πακέτο με τις μετρήσεις αυτές. Τόσο το μέγεθος του χρονικού διαστήματος όσο και ο τύπος των μετρήσεων που θα εκτελεστούν, και θα περιέχονται στο πακέτο που θα αποσταλεί, εξαρτώνται από τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής.

Τα πακέτα που στέλνονται από τους σταθμούς μέτρησης του δικτύου μπορούν να έχουν τη μορφή ενός String ή ενός συνόλου από bytes. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πακέτα που στέλνουν οι iSense και οι Wasp mote ενώ στην δεύτερη αυτά των Tmote Sky.



Εικόνα 6-2: Μορφή πακέτου που στέλνεται από Tmote sky αισθητήρες



Εικόνα 6-3: Μορφή πακέτου που στέλνεται από iSense και Wasp mote αισθητήρες

Όπως γίνεται προφανές, προκειμένου η εφαρμογή του συστήματος καταγραφής να μπορεί να διαχειριστεί αποτελεσματικά οποιαδήποτε από τις δύο παραπάνω μορφές πακέτων, πρέπει να γνωρίζει επακριβώς τη δομή τους καθώς και πληροφορίες σχετικές με τις μετρήσεις τις οποίες αυτά περιλαμβάνουν. Για το λόγο αυτό το δίκτυο αισθητήρων που χρησιμοποιείται κάθε φορά από το σύστημα, συνοδεύεται και από ένα xml αρχείο [15] το οποίο κατασκευάζεται από τον διαχειριστή του δικτύου και περιέχει τις πληροφορίες αυτές.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύνολο των αισθητήρων που κυκλοφορούν στην αγορά είναι σχεδιασμένα ώστε να στέλνουν τα πακέτα τους με μια από τις παραπάνω μορφές. Η τυποποίηση, επομένως, των μορφών αυτών προσφέρει ευελιξία στο σύστημα όσον αφορά τον τύπο του ασύρματου δικτύου αισθητήρων που μπορεί αυτό να χρησιμοποιεί.

## 6.2 Υλοποίηση του συστήματος καταγραφής δεδομένων

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε αναλυτική περιγραφή των αρμοδιοτήτων του συστήματος καταγραφής και των λειτουργιών που πρέπει αυτό να επιτελεί. Για να είναι σε θέση να επιτελέσει τις λειτουργίες αυτές θα πρέπει να έχει υλοποιηθεί ώστε να εξασφαλίζεται η επικοινωνία του με:

- Τον σταθμό βάσης του δικτύου αισθητήρων.
- Τον χρήστη-διαχειριστή.
- Την βάση δεδομένων.

Για την υλοποίηση της επικοινωνίας του συστήματος καταγραφής με όλα τα παραπάνω χρησιμοποιήθηκαν μερικές ειδικές βιβλιοθήκες όπως:

- **Comm**  
Βιβλιοθήκη η οποία εξασφαλίζει την αποδοτική επικοινωνία και μεταφορά δεδομένων ανάμεσα στον υπολογιστή και στον σταθμό βάσης, με χρήση των σειριακών θυρών (COM ports).
- **Βιβλιοθήκες γραφικών**  
Βιβλιοθήκες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή ενός γραφικού περιβάλλοντος που αποτελεί την διεπαφή επικοινωνίας του χρήστη-διαχειριστή με την εφαρμογή του συστήματος καταγραφής.
- **Java Database Connectivity Api ( JDBC )**  
Αποτελεί ένα πρότυπο για την επίτευξη σύνδεσης ανάμεσα στην γλώσσα προγραμματισμού JAVA και σε ένα μεγάλο πλήθος βάσεων δεδομένων. Είναι δηλαδή το API το οποίο ορίζει τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης θα έχει πρόσβαση σε μια βάση δεδομένων μέσω της JAVA εφαρμογής του. Παρέχει κατάλληλες JAVA μεθόδους για την εκτέλεση ερωτημάτων και την ανανέωση των εγγραφών που υπάρχουν αποθηκευμένες σε μια βάση δεδομένων.

Οι βιβλιοθήκες αυτές χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή του συστήματος καταγραφής η οποία και αποτελεί το κομμάτι που παρέχει την βασική λειτουργικότητα του εν λόγω συστήματος.

### 6.2.1 Υλοποίηση της εφαρμογής του συστήματος καταγραφής

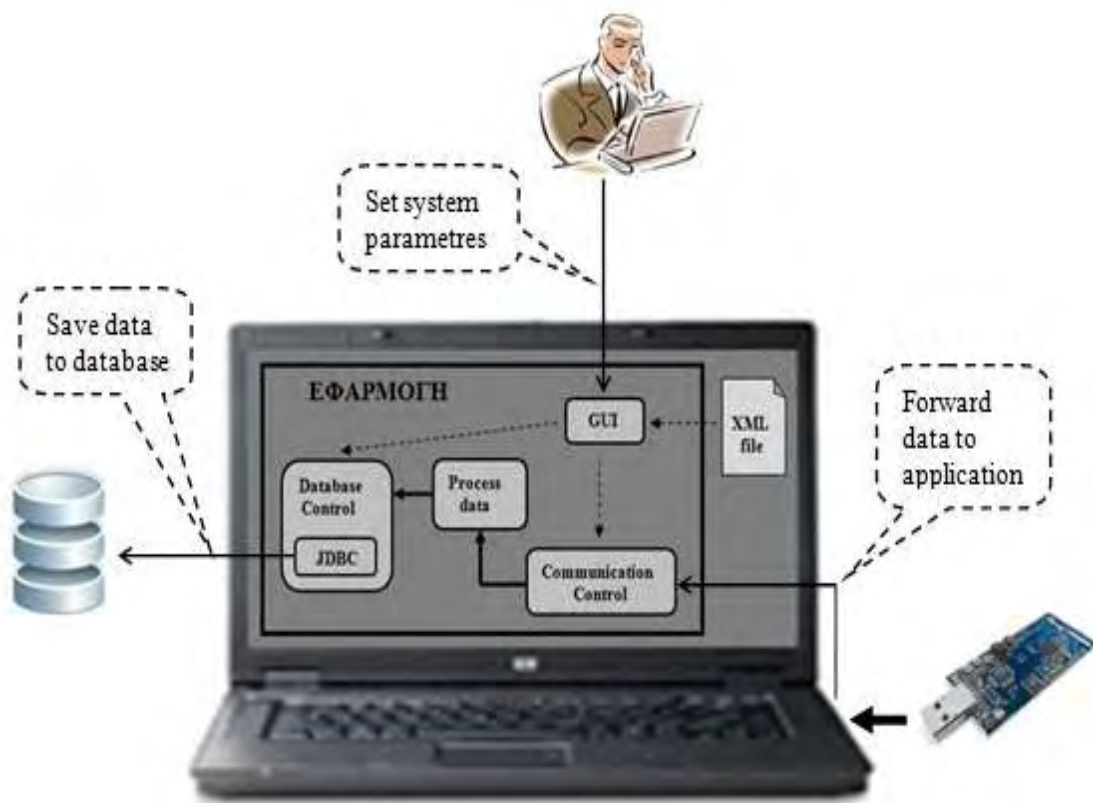
Η εφαρμογή που τρέχει στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής είναι υλοποιημένη σε JAVA και αποτελείται από τρία βασικά πακέτα κλάσεων.

- **Το πακέτο GUI:** Περιλαμβάνει κλάσεις οι οποίες υλοποιούν το γραφικό περιβάλλον που αποτελεί τη διεπαφή του συστήματος με τον χρήστη-διαχειριστή. Μέσω του περιβάλλοντος αυτού ο διαχειριστής μπορεί εύκολα να

ρυθμίσει τις απαραίτητες παραμέτρους του συστήματος και έπειτα να εκκινήσει την διαδικασία της καταγραφής των μετρήσεων.

- **Το πακέτο Sensor:** Περιλαμβάνει την κλάση **CommunicationControl** η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάγνωση, από την σειριακή θύρα του υπολογιστή, των πακέτων που στέλνει ο σταθμός βάσης. Επίσης περιλαμβάνει κλάσεις οι οποίες είναι υπεύθυνες για την επεξεργασία των πακέτων και την μετατροπή των δεδομένων στην μορφή με την οποία πρόκειται να αποθηκευτούν.
- **Το πακέτο Database:** Περιλαμβάνει κλάσεις οι οποίες υλοποιούν και διαχειρίζονται την αποστολή και την αποθήκευση των δεδομένων στην βάση δεδομένων. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποιούν το JDBC το οποίο αναλαμβάνει να εκτελέσει τις απαραίτητες ενέργειες ώστε να έχει η εφαρμογή την δυνατότητα σύνδεσης με την βάση δεδομένων και εκτέλεσης επερωτήσεων αποθήκευσης σε αυτήν.

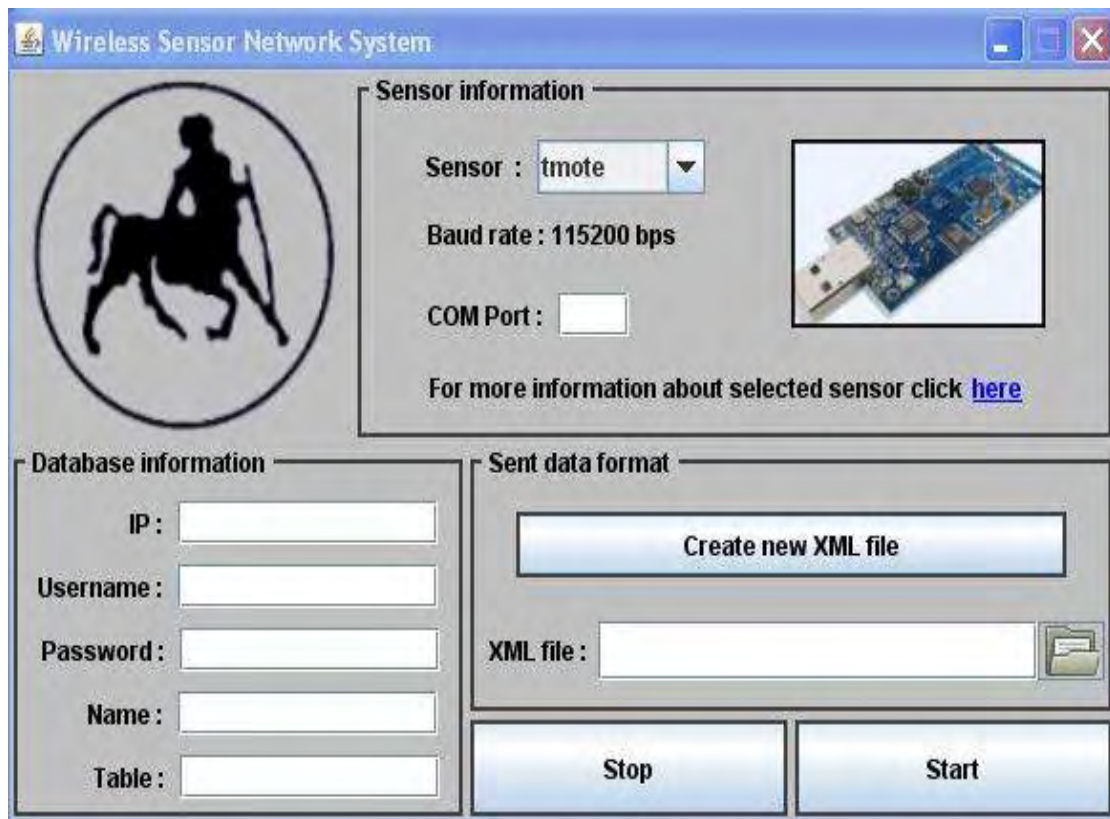
Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται σχηματικά η δομή της εφαρμογής του συστήματος καταγραφής καθώς και ο τρόπος επικοινωνίας του εν λόγω συστήματος με τον χρήστη διαχειριστή, τον σταθμό βάσης του δικτύου αισθητήρων και την βάση δεδομένων.



Εικόνα 6-4 : Ανάλυση της λειτουργίας του συστήματος καταγραφής

### 6.2.1.1 Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής

Το γραφικό περιβάλλον (GUI) της εφαρμογής, όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτελεί την διεπαφή μέσω της οποίας επικοινωνεί ο χρήστης-διαχειριστής με το σύστημα καταγραφής και ρυθμίζει τις απαραίτητες παραμέτρους για την σωστή λειτουργία του.



Εικόνα 6-5 : Το γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν τα επιμέρους κομμάτια του γραφικού περιβάλλοντος και θα περιγραφούν οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν σε καθένα από αυτά καθώς επίσης και ο τρόπος με τον οποίο συντελούν οι ρυθμίσεις αυτές στην ορθή λειτουργία του συστήματος.

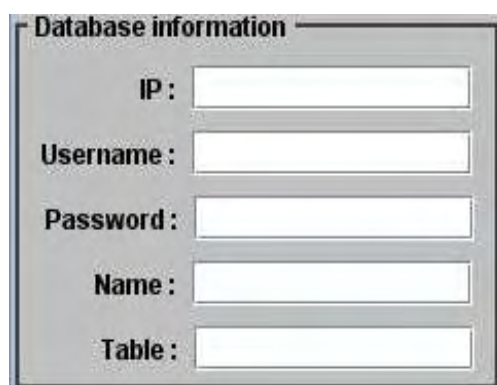


Εικόνα 6-6 : Panel ρυθμίσεων για τους αισθητήρες

Αρχικά υπάρχει το panel ρυθμίσεων που αφορούν τους αισθητήρες οι οποίοι θα χρησιμοποιηθούν για την συλλογή των μετρήσεων από το περιβάλλον. Το συγκεκριμένο panel περιλαμβάνει μια λίστα με τις διαθέσιμες πλατφόρμες αισθητήρων, για επιλογή αυτών που θα απαρτίζουν το δίκτυο αισθητήρων το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από το σύστημα, καθώς επίσης και ένα πεδίο για εισαγωγή του αριθμού της σειριακής θύρας του υπολογιστή που θα χρησιμοποιεί ο σταθμός βάσης του δικτύου για την προώθηση των πακέτων δεδομένων σε αυτόν.

Ορίζοντας το είδος των αισθητήρων που χρησιμοποιούνται η εφαρμογή γνωρίζει πληροφορίες όπως ο ρυθμός δειγματοληψίας της COM θύρας, ο τύπος του απεσταλμένου πακέτου δεδομένων κ.α. , πληροφορίες τις οποίες χρησιμοποιεί για την αποδοτική παραλαβή και επεξεργασία των πακέτων που λαμβάνει. Ορίζοντας τον αριθμό της σειριακής θύρας του υπολογιστή, που χρησιμοποιεί ο σταθμός βάσης του δικτύου η εφαρμογή γνωρίζει την θύρα την οποία πρέπει να ανοίξει ώστε να έχει πρόσβαση στα πακέτα αυτά.

Στο συγκεκριμένο panel περιλαμβάνεται επίσης ένας υπερσύνδεσμος μέσω του οποίου μπορεί ο διαχειριστής να μεταβεί στην επίσημη ιστοσελίδα της επιλεγμένης πλατφόρμας αισθητήρων για περαιτέρω μελέτη των χαρακτηριστικών της.



The image shows a window titled "Database information" with a grey border. Inside, there are five rows, each with a label and an input field: "IP:", "Username:", "Password:", "Name:", and "Table:". The input fields are empty and have a light blue border.

Εικόνα 6-7: Panel ρυθμίσεων βάσης δεδομένων

Το δεύτερο panel το οποίο περιλαμβάνεται στο γραφικό περιβάλλον της εφαρμογής αφορά ρυθμίσεις σχετικές με την βάση δεδομένων του συστήματος. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει πέντε πεδία στα οποία πρέπει ο διαχειριστής να εισάγει το IP, το Username, το Password, το Name και το Table της βάσης δεδομένων, πληροφορίες τις οποίες θα χρησιμοποιήσει η εφαρμογή αρχικά για να συνδεθεί με αυτήν και στη συνέχεια για να της στέλνει δεδομένα προς αποθήκευση.

Το τρίτο και τελευταίο panel του γραφικού περιβάλλοντος αφορά την επιλογή του xml αρχείου που θα χρησιμοποιηθεί από την εφαρμογή. Περιλαμβάνει κουμπί για αναζήτηση και φόρτωση του κατάλληλου αρχείου, στην περίπτωση που αυτό βρίσκεται ήδη αποθηκευμένο στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής. Σε αντίθετη περίπτωση υπάρχει κουμπί για εμφάνιση γραφικού περιβάλλοντος μέσω του οποίου ο χρήστης διαχειριστής μπορεί εύκολα να κατασκευάσει ένα καινούργιο xml αρχείο, να το αποθηκεύσει και έπειτα ακολουθώντας την προηγούμενη διαδικασία να το φορτώσει στην εφαρμογή.



The image shows a window titled "Sent data format" with a grey border. At the top, there is a button labeled "Create new XML file". Below it, there is a label "XML file:" followed by an empty input field and a small button to its right.

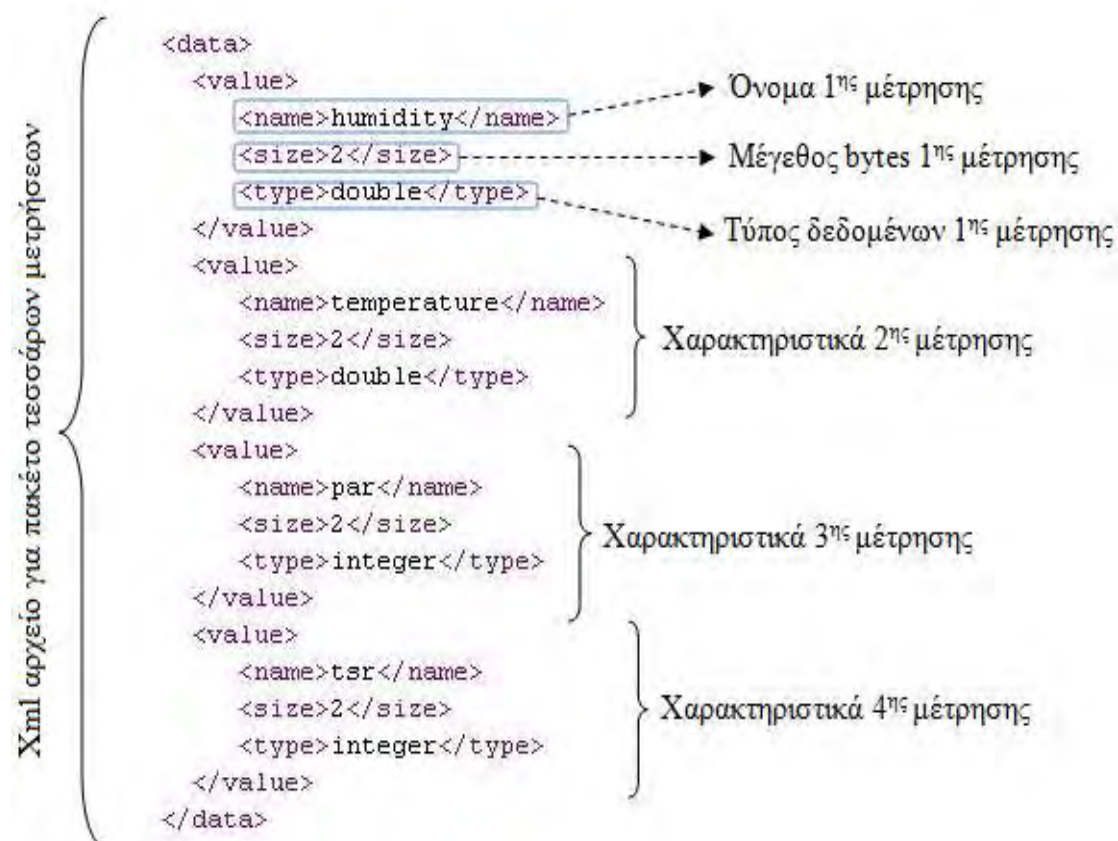
Εικόνα 6-8 : Panel διαχείρισης xml αρχείου

Επειδή ο ρόλος του xml αρχείου είναι ιδιαίτερα κρίσιμος για την λειτουργία αλλά και για την ευελιξία του συστήματος στο υποκεφάλαιο που ακολουθεί περιγράφεται αναλυτικά η δομή του και ο τρόπος με τον οποίο αυτό χρησιμοποιείται από την εφαρμογή.

### 6.2.1.2 Το αρχείο XML

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα στο κεφάλαιο, το xml αρχείο κατασκευάζεται από το διαχειριστή του δικτύου αισθητήρων και περιλαμβάνει πληροφορίες σχετικές με την δομή των πακέτων δεδομένων που στέλνονται από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων στο σύστημα καταγραφής.

Συγκεκριμένα, το xml αρχείο περιγράφει την σειρά με την οποία βρίσκονται τοποθετημένες οι μετρήσεις μέσα στα πακέτα και περιέχει πληροφορίες για κάθε μέτρηση όπως το όνομα της, ο τύπος των δεδομένων της και το μέγεθος τους σε bytes. Οι πληροφορίες αυτές χρησιμοποιούνται από την εφαρμογή του συστήματος καταγραφής για τον διαχωρισμό του πακέτου στα επιμέρους δεδομένα, την επεξεργασία των δεδομένων αυτών και την δημιουργία της επερώτησης αποθήκευσης που θα εκτελεστεί προς την βάση δεδομένων του συστήματος.



Εικόνα 6-9 : Παράδειγμα xml αρχείου και ανάλυση των περιεχομένων του

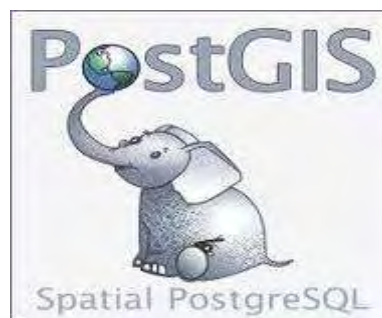


Συμπερασματικά το xml αρχείο προσφέρει μια πλήρη περιγραφή της δομής των πακέτων που φτάνουν στο σύστημα καταγραφής καθώς και των χαρακτηριστικών κάθε μέτρησης που περιλαμβάνεται σε αυτά. Η χρήση του συμβάλλει στην σωστή λειτουργία του συστήματος και την συμβατότητα του με διαφόρων ειδών ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και κατ' επέκταση εφαρμογών.

## 6.3 Περιγραφή της βάσης δεδομένων

Η βάση δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε στην υλοποίηση της εφαρμογής είναι η PostgreSQL η οποία αποτελεί μια ανοιχτού κώδικα σχεσιακή βάση δεδομένων με πολλές δυνατότητες. Η ανάπτυξη της ήδη διαρκεί πάνω από 20 χρόνια και βασίζεται σε μια αποδεδειγμένα καλή αρχιτεκτονική η οποία έχει δημιουργήσει μια ισχυρή αντίληψη των χρηστών της γύρω από την αξιοπιστία, την ακεραιότητα δεδομένων και την ορθή λειτουργία. Η PostgreSQL τρέχει σε όλα τα βασικά λειτουργικά συστήματα, περιλαμβάνοντας Linux, Unix (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64), και Windows. [16]

Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η έκδοση **PostgreSQL 8.4** καθώς κρίθηκε καταλληλότερη από άλλες λόγω της ύπαρξης του plug-in **PostGIS 1.5**. Το PostGIS υποστηρίζει την χρήση γεωγραφικών αντικειμένων στην PostgreSQL, δίνοντας της χαρακτηριστικά « χωρικής βάσης δεδομένων » που απαιτούνται για να υποστηρίξει ο PostgreSQL server ένα γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα (GIS). [17]

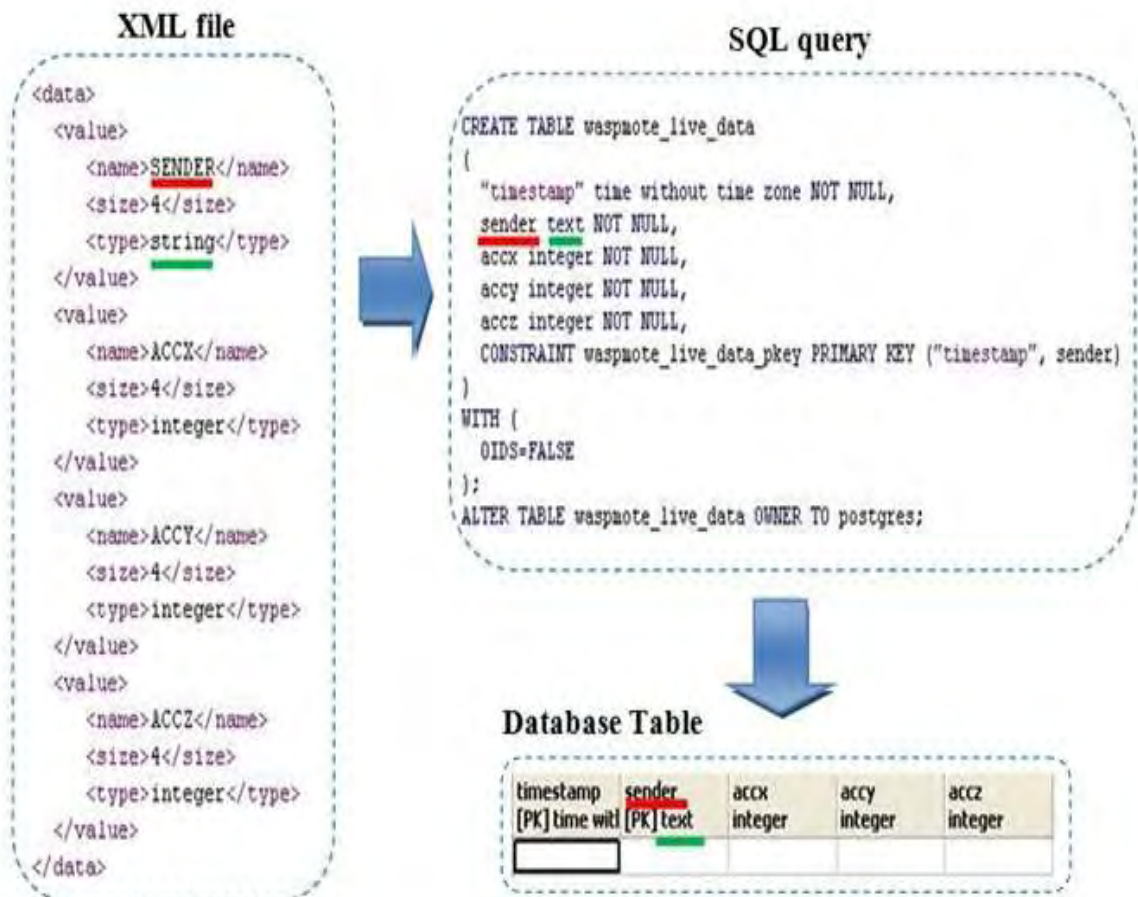


Εικόνα 6-10 : Λογότυπο PostGIS

### 6.3.1 Προετοιμασία της βάσης δεδομένων

Στην βάση δεδομένων πρέπει, πριν από την έναρξη της καταγραφής των δεδομένων, να δημιουργηθεί ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκευτούν τα δεδομένα αυτά. Τόσο τα ονόματα των πεδίων του πίνακα όσο και ο τύπος του κάθε πεδίου πρέπει να ταιριάζουν με αυτά του xml αρχείου του συστήματος.

Όσον αφορά τα κλειδιά του πίνακα αυτά επιλέγονται από τον διαχειριστή της βάσης, ανάλογα με τα δεδομένα που πρόκειται να αποθηκευτούν σε αυτόν και κατόπιν συνεννόησης με τον διαχειριστή του συστήματος. Στις περισσότερες των περιπτώσεων είναι ο συνδυασμός του Id του κόμβου που έστειλε τα δεδομένα, το οποίο και περιλαμβάνεται σε αυτά, και ενός timestamp που δημιουργείται τη στιγμή της αποθήκευσης των δεδομένων από το σύστημα καταγραφής.



Εικόνα 6-11 : Διαδικασία δημιουργίας του πίνακα της βάσης δεδομένων

## 6.4 Περιγραφή του εξυπηρετητή ιστού

Όπως περιγράψαμε σε προηγούμενη ενότητα, στο συγκεκριμένο κομμάτι του συστήματος σημαντικό ρόλο παίζει η εφαρμογή εξυπηρετητή ιστού ( web server ). Στην θέση αυτής της εφαρμογής χρησιμοποιήσαμε τον *Apache HTTP* εξυπηρετητή [18] . Πρόκειται για έναν από τους δημοφιλέστερους εξυπηρετητές παγκοσμίως. Έχει την δυνατότητα λειτουργίας σε διάφορες πλατφόρμες, όπως : Windows , Linux, Unix, Mac OS X. Διατηρείται σε μια κοινότητα ανοιχτού κώδικα με επιτήρηση από το Ίδρυμα Λογισμικού Apache ( Apache Software Foundation).

### 6.4.1 Mapserver

Στον εξυπηρετητή ιστού εγκαταστήσαμε επίσης τον *Mapserver* [19], ένα περιβάλλον ανάπτυξης εφαρμογών ανοιχτού κώδικα που παρέχει τα μέσα για την ανάπτυξη εφαρμογών διαδικτύου που λαμβάνουν υπ' όψιν την τοπικότητα των δεδομένων. Ο Mapserver δεν είναι ένα πλήρες GIS σύστημα έχει όμως πολλές δυνατότητες για

παραγωγή χαρτών από χωρικά δεδομένα. Πέρα από την ανάγνωση δεδομένων GIS, ο Mapserver έχει τη δυνατότητα να παράγει γεωγραφικούς χάρτες που μπορούν να καθοδηγήσουν τους χρήστες σε κάποιο σημείο ενδιαφέροντος. [20]

## 6.5 Υλοποίηση της διαδικτυακής διεπαφής

Για την υλοποίηση της διαδικτυακής διεπαφής έγινε χρήση του **CartoWeb3**, ενός ολοκληρωμένου συστήματος Web-GIS που αναπτύχθηκε από την Camptocamp SA [21].

### 6.5.1 CartoWeb3

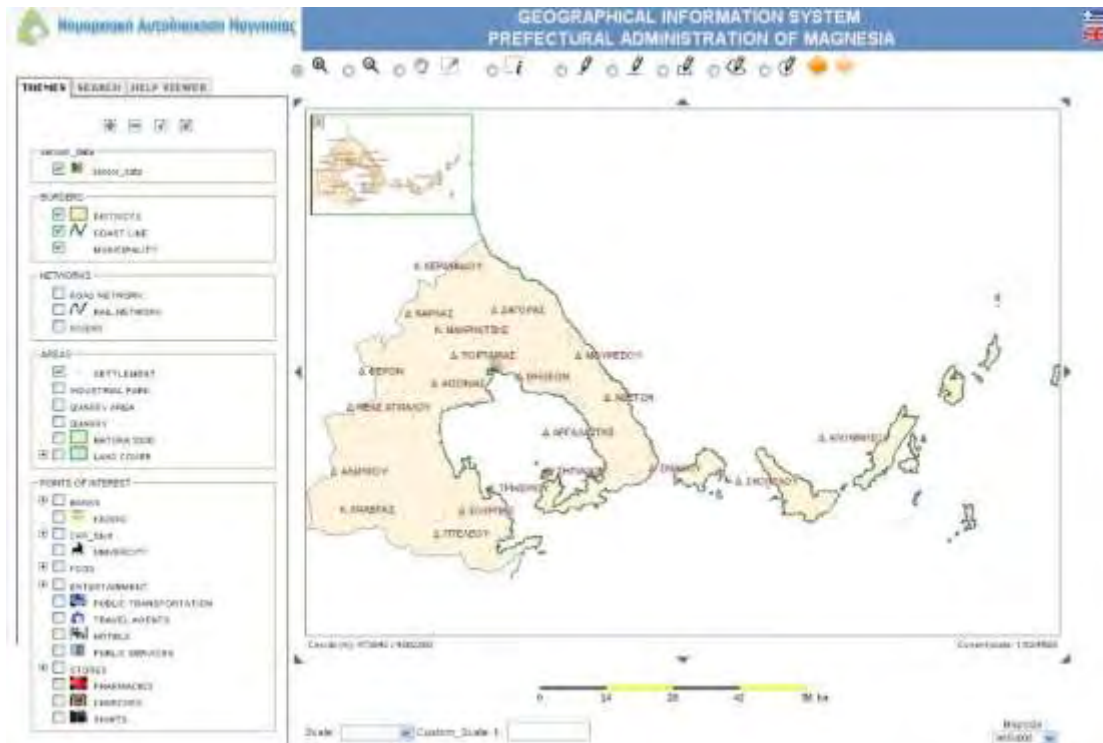
Το CartoWeb3 επιτρέπει την προβολή και την επεξεργασία των δεδομένων και παρέχει τα μέσα για την χρήση των αποτελεσμάτων από την διαδικτυακή διεπαφή. Βασίζεται στον Mapserver για την παραγωγή του χάρτη ενώ ταυτόχρονα παρέχει και πληθώρα άλλων λειτουργιών. Η οργάνωσή του είναι αρθρωτή σε μεγάλο βαθμό επιτρέποντας τη δημιουργία εφαρμογών με μεγάλες δυνατότητες παραμετροποίησης. Αυτό επιτρέπει στον δημιουργό της εκάστοτε εφαρμογής να χρησιμοποιήσει εύκολα, μόνο τις λειτουργίες που χρειάζεται και αν το επιθυμεί, να δημιουργήσει και δικές του. [22]

Στο σύστημα μας, το Cartoweb3 χρησιμοποιείται ως δικτυακή εφαρμογή. Το τμήμα του client βρίσκεται στο υπολογιστικό σύστημα που βρίσκεται ο χρήστης παρατηρητής ενώ κομμάτι του server βρίσκεται στον εξυπηρετητή ιστού, όπου βρίσκονται και τα χωρικά δεδομένα του συστήματος. Το κομμάτι του server αναλαμβάνει την επεξεργασία των δεδομένων και την παραγωγή του τελικού αποτελέσματος ενώ το κομμάτι του client αναλαμβάνει την προβολή των αποτελεσμάτων στον χρήστη παρατηρητή.

#### 6.5.1.1 Γραφικό περιβάλλον διαδικτυακής διεπαφής

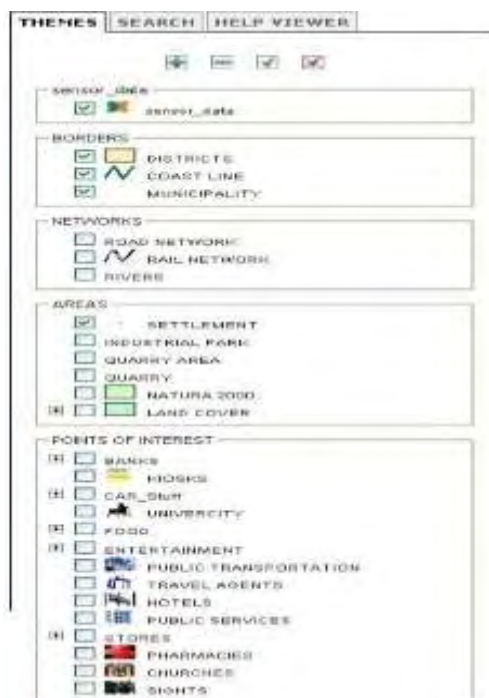
Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής του συστήματος είναι ένας δικτυακός τόπος όπου παρουσιάζονται Γεωγραφικά Υπόβαθρα του Νομού Μαγνησίας. Ο δικτυακός τόπος περιλαμβάνει την διαχείριση και απεικόνιση της γεωγραφικής πληροφορίας του Νομού Μαγνησίας σε επίπεδα για την παροχή συνδυασμένων χαρτογραφικών και περιγραφικών πληροφοριών για διάφορα σημεία ενδιαφέροντος (περιοχές φυσικού κάλλους, αρχαιολογικά μνημεία, υποδομές, αξιοθέατα, κλπ).

Το γραφικό περιβάλλον στέλνεται στον υπολογιστή του χρήστη παρατηρητή του συστήματος, μέσω του διαδικτύου, και έχει τη μορφή που φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



Εικόνα 6-12 : Γραφικό περιβάλλον της δικτυακής διεπαφής του συστήματος

Το γραφικό περιβάλλον της διεπαφής του συστήματος είναι στην ουσία ένας ψηφιακός χάρτης του Νομού Μαγνησίας, με υπόμνημα καθώς και κάποιες γραμμές εργαλείων. Στην συνέχεια παρουσιάζονται και περιγράφονται μερικά από τα επιμέρους τμήματα του γραφικού περιβάλλοντος.

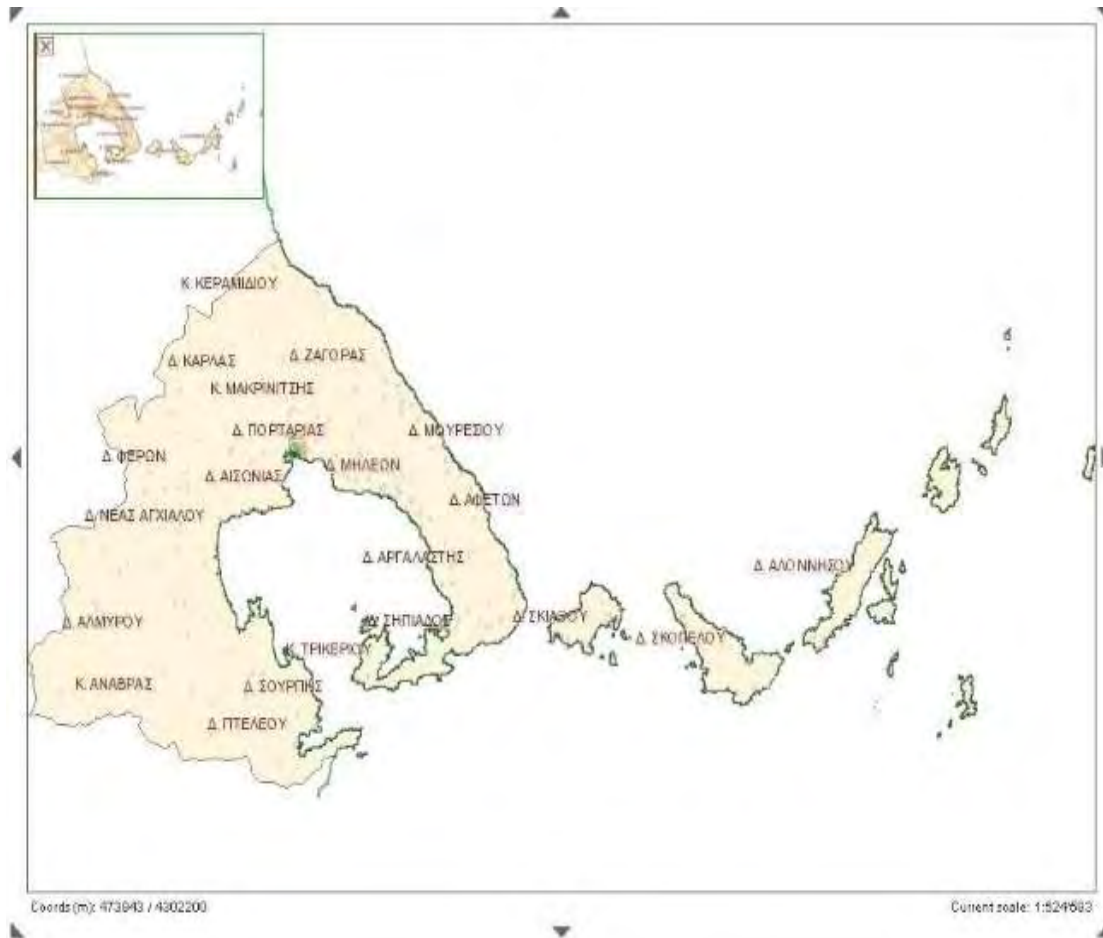


Εικόνα 6-13 : Υπόμνημα

Το αριστερό τμήμα του γραφικού περιβάλλοντος αποτελεί το υπόμνημα στο οποίο παρουσιάζεται το σύνολο της γεωγραφικής πληροφορίας που υπάρχει για τον Νομό Μαγνησίας και η οποία έχει χωριστεί σε πέντε βασικές κατηγορίες:

- Sensors
- Borders
- Networks
- Areas
- Points of interest

Κάθε βασική κατηγορία περιέχει τα διάφορα επίπεδα πληροφορίας που είναι σχετικά με αυτήν. Τα επίπεδα τα οποία επιλέγονται είναι αυτά που θα εμφανίζονται τελικά στον χάρτη.



Εικόνα 6-13 : Παράθυρο εμφάνισης υποβάθρων

Το κεντρικό τμήμα του γραφικού περιβάλλοντος είναι το παράθυρο εμφάνισης των υποβάθρων, όπου παρουσιάζονται τα γεωγραφικά υπόβαθρα που έχουν επιλεγεί στο υπόμνημα και τα οποία σχηματίζουν τον χάρτη. Για την καλύτερη μετακίνηση ανάμεσα στις επιθυμητές περιοχές υπάρχει στην επάνω αριστερή γωνία ένας χάρτης-υπόμνημα της περιοχής, μέσω του οποίου δίνεται η δυνατότητα γρήγορης περιήγησης στις περιοχές του Νομού. Επίσης στο κάτω μέρος του συγκεκριμένου τμήματος εμφανίζονται πληροφορίες σχετικά με τις συντεταγμένες του επιλεγμένου σημείου και την κλίμακα του χάρτη.

Τέλος πάνω από το παράθυρο εμφάνισης των υποβάθρων, βρίσκεται η περιοχή εμφάνισης των εργαλείων η οποία περιέχει όλα τα εργαλεία που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για την διαχείριση του χάρτη και περιήγηση σε αυτόν.



Εικόνα 6-14 : Γραμμή εργαλείων

## 6.5.2 Το πακέτο pChart

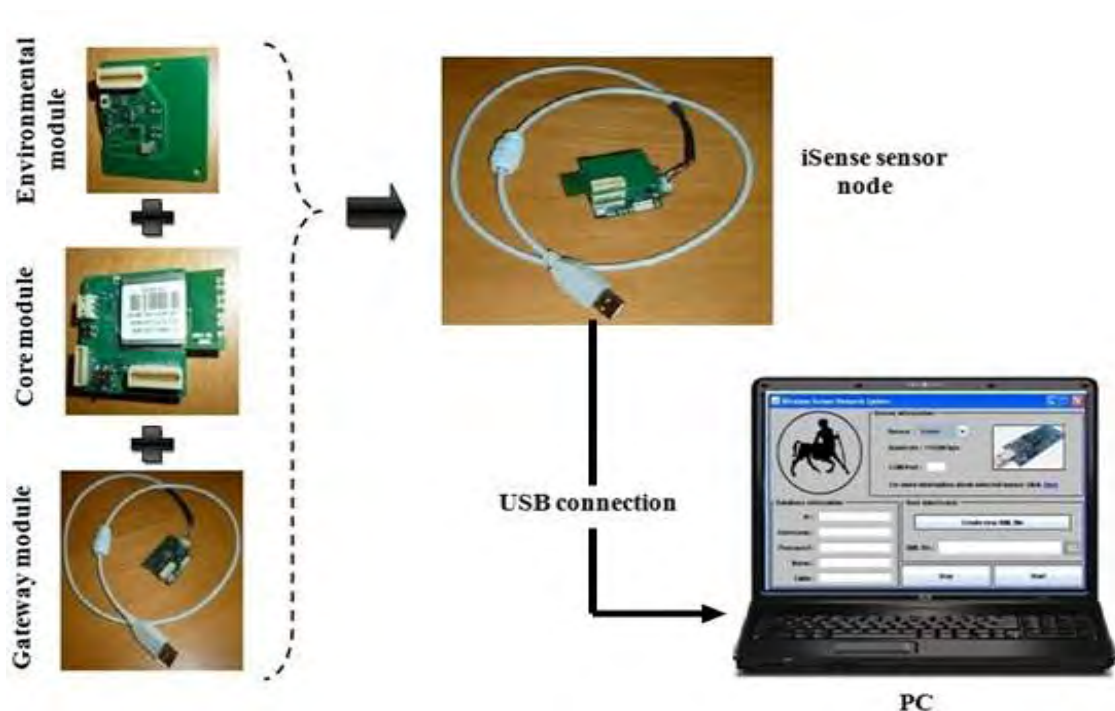
Για την παραγωγή των γραφημάτων που θα απεικονίζουν τις συλλεγμένες μετρήσεις του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το πακέτο pChart. Το πακέτο pChart με κλάσεις κώδικα σε PHP αρχικά εκτελεί επερώτηση προς την βάση δεδομένων ώστε να ανακτήσει τα δεδομένα του επιλεγμένου κόμβου. Έπειτα, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα αυτά παράγει το αντίστοιχο γράφημα, το αποθηκεύει σε αρχείο εικόνας PNG και φορτώνει την εικόνα αυτή στο γραφικό περιβάλλον της διεπαφής του συστήματος. [23]

# 7 Παράδειγμα χρήσης συστήματος

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα δοθεί ένα παράδειγμα χρήσης του συστήματος με σκοπό την παρουσίαση του τρόπου λειτουργίας του αλλά και των αποτελεσμάτων που δίνει σε κάποιον χρήστη παρατηρητή.

## 7.1 Προετοιμασία συστήματος

Χάριν απλότητας του παραδείγματος θα χρησιμοποιήσουμε έναν μόνο κόμβο αισθητήρα για την συλλογή των μετρήσεων του περιβάλλοντος. Επιλέγουμε έναν κόμβο αισθητήρα iSense ο οποίος αποτελείται από τα Core-module, Environmental-module και gateway-module και τον συνδέουμε σε μια USB θύρα του υπολογιστή του συστήματος καταγραφής.



Εικόνα 7-1 : Προετοιμασία αισθητήρα και σύνδεση του στο σύστημα καταγραφής

Ο κόμβος αισθητήρας που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο παράδειγμα, λειτουργεί και ως σταθμός βάσης καθώς προωθεί ο ίδιος τις μετρήσεις που εκτελεί στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής χρησιμοποιώντας την σειριακή θύρα (COM Port) με αριθμό 4.

Ο αισθητήρας είναι προγραμματισμένος κάθε 2 δευτερόλεπτα να μετρά την θερμοκρασία και την φωτεινότητα του περιβάλλοντος στο οποίο είναι τοποθετημένος και να προωθεί τις μετρήσεις αυτές στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής. Το XML αρχείο, που περιγράφει το πακέτο των δεδομένων που θα προωθηθούν, αποθηκεύεται ως iSense\_data.xml στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής.

```

<data>
  <value>
    <name>SENDER</name>
    <size>4</size>
    <type>integer</type>
  </value>
  <value>
    <name>TEMP</name>
    <size>4</size>
    <type>integer</type>
  </value>
  <value>
    <name>LUM</name>
    <size>4</size>
    <type>integer</type>
  </value>
</data>

```

Εικόνα 7-2 : Αρχείο iSense\_data.xml

Στην βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση των συλλεγμένων μετρήσεων, δημιουργούμε τον πίνακα iSense\_live\_data του οποίου τα πεδία πρέπει να συμβαδίζουν με αυτά του XML αρχείου όσον αφορά το όνομα και τον τύπο τους. Η συγκεκριμένη βάση δεδομένων στο παράδειγμα μας ονομάζεται Sensors και βρίσκεται τοπικά στον υπολογιστή του συστήματος καταγραφής.

timestamp [PK] time without time zone	sender [PK] integer	temp integer	lum integer

Εικόνα 7-3 : Πίνακας iSense\_live\_data

Τέλος στην βάση δεδομένων όπου βρίσκονται αποθηκευμένα τα χωρικά δεδομένα της περιοχής που θα απεικονίζεται από το CartoWeb3, δημιουργούμε επιπλέον τον πίνακα sensor\_data στον οποίο αποθηκεύουμε τις συντεταγμένες του κόμβου αισθητήρα.

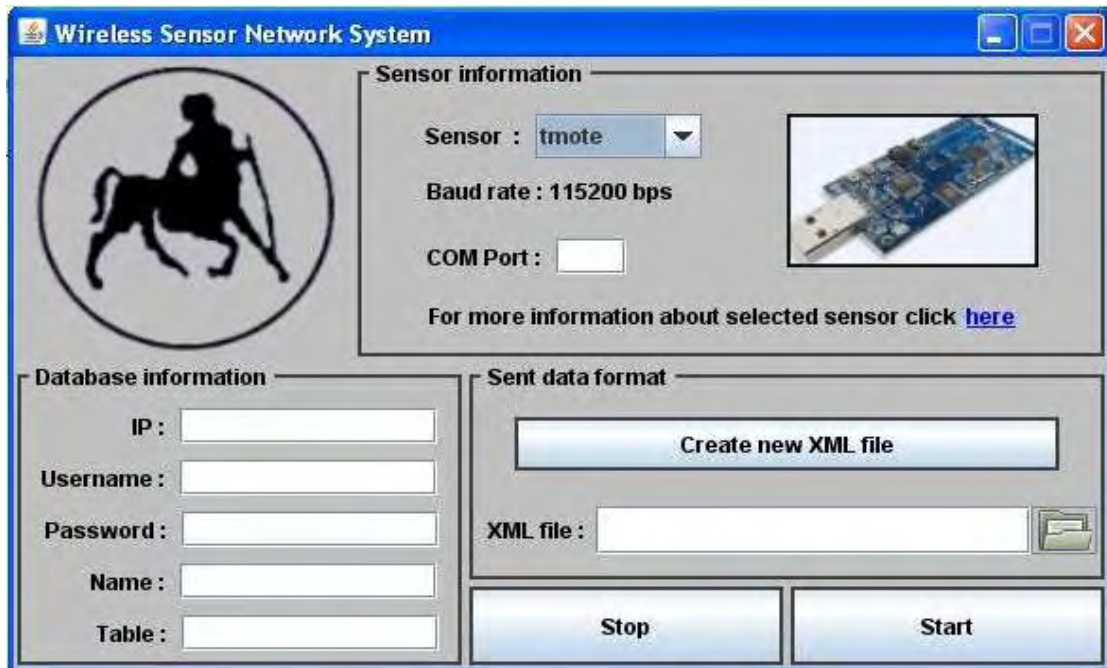
gid [PK] integer	index numeric	longitute numeric	latitute numeric	descriptio character var	address character vary	cat numeric	the_geom geometry
1	1.000000	22.951315	39.365744	Node no1	Κ. Καρτάλη 222	58.000000	0101000000088FB9988F30019410EE95F51C09F5041

Εικόνα 7-4 : Πίνακας sensor\_data



## 7.2 Ρυθμίσεις και έναρξη συστήματος καταγραφής

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω διαδικασιών προετοιμασίας του συστήματος, ο χρήστης διαχειριστής εκκινεί την εφαρμογή του συστήματος καταγραφής.



Εικόνα 7-5 : Γραφικό περιβάλλον εφαρμογής

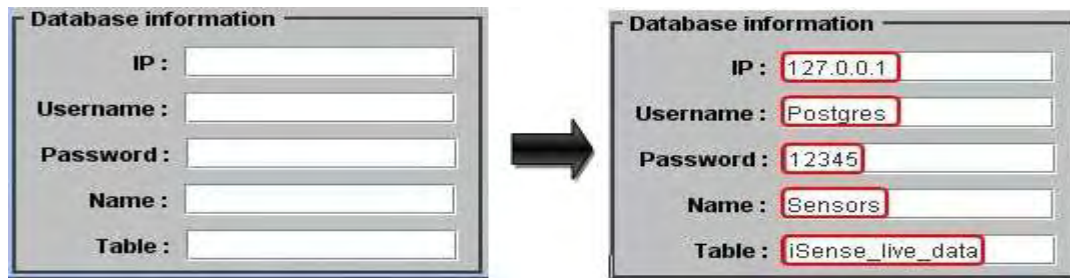
Στο γραφικό περιβάλλον που εμφανίζεται πρέπει αρχικά να ρυθμίσει τις παραμέτρους, που αφορούν τους αισθητήρες, την βάση δεδομένων και το xml αρχείο της συγκεκριμένης περίπτωσης χρήσης και έπειτα να ξεκινήσει την καταγραφή των μετρήσεων. Ακολουθούν εικόνες οι οποίες περιγράφουν αναλυτικά τα βήματα τα οποία πρέπει να ακολουθηθούν από τον χρήστη διαχειριστή.

- **Βήμα 1<sup>ο</sup> : Ρυθμίσεις αισθητήρων**



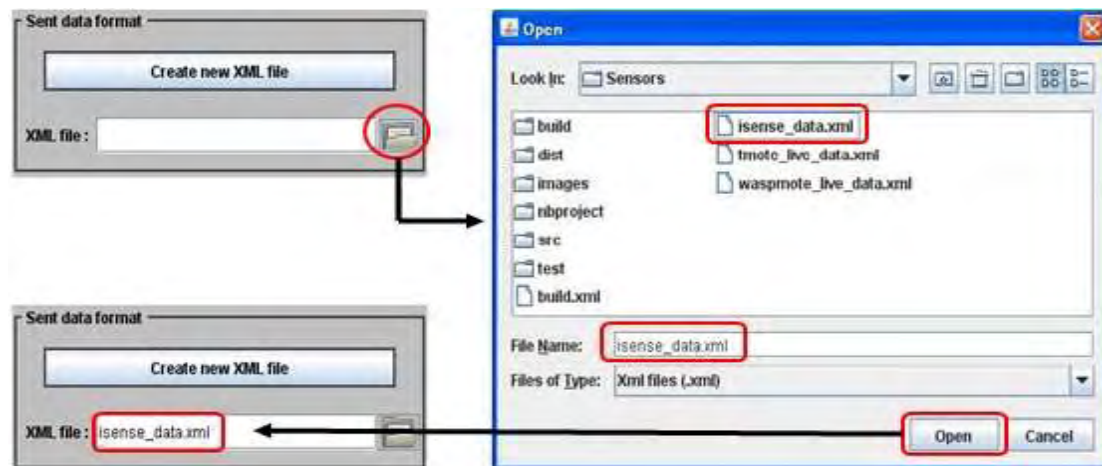
Εικόνα 7-6

- *Βήμα 2<sup>ο</sup> : Ροθμίσεις βάσης δεδομένων*



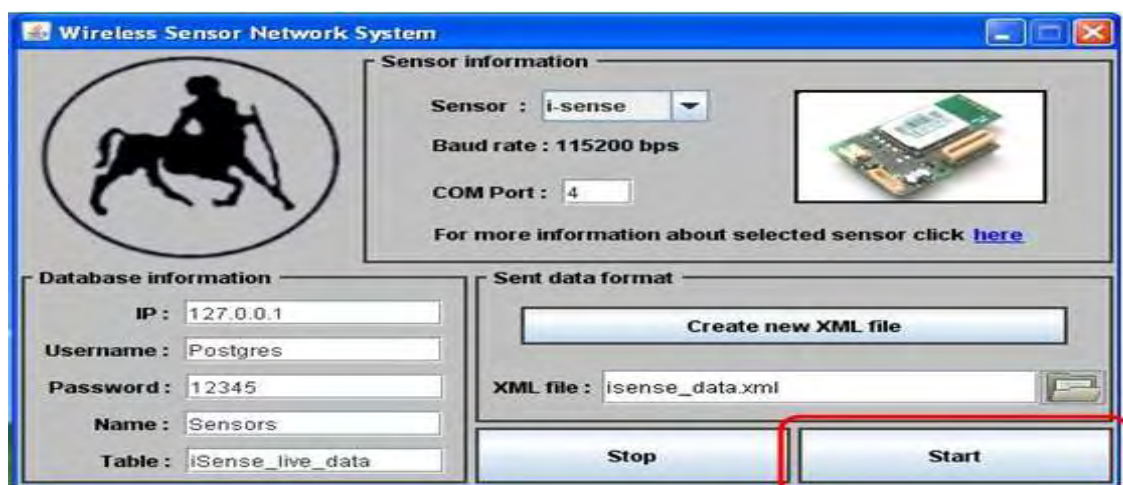
Εικόνα 7-7

- *Βήμα 3<sup>ο</sup> : Φόρτωση XML αρχείου*



Εικόνα 7-8

- *Βήμα 4<sup>ο</sup> : Έναρξη καταγραφής μετρήσεων*



Εικόνα 7-9

### 7.3 Καταγεγραμμένες μετρήσεις

Από τη στιγμή που ο χρήστης διαχειριστής εκκινήσει το σύστημα καταγραφής δεδομένων, ο κόμβος αισθητήρα προωθεί τα πακέτα των μετρήσεων που εκτελεί στον υπολογιστή και από εκεί η εφαρμογή στέλνει τα δεδομένα στον πίνακα iSense\_live\_data της βάσης δεδομένων Sensors, για γίνει η αποθήκευσή τους. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται ένα στιγμιότυπο του iSense\_live\_data μετά την πάροδο κάποιου χρονικού διαστήματος από την έναρξη της καταγραφής.

	timestamp [PK] time without time :	sender [PK] integer	temp integer	lum integer
1	07:09:41.434	1	28	6
2	07:14:41.481	1	28	7
3	07:19:41.512	1	29	7
4	07:24:41.543	1	30	5
5	07:29:41.575	1	29	1
6	07:34:41.606	1	28	1
7	07:39:41.434	1	27	0
8	07:44:41.465	1	27	0
9	07:49:41.496	1	28	6
10	07:54:41.528	1	29	7
11	07:59:41.559	1	29	13
12	08:04:41.575	1	30	16
13	08:09:41.587	1	29	0
14	08:14:41.606	1	28	0
15	08:19:41.434	1	27	0
16	08:24:41.465	1	27	0
17	08:29:41.496	1	29	16
18	08:34:41.543	1	29	14
19	08:39:41.558	1	30	15
20	08:44:19.606	1	30	16

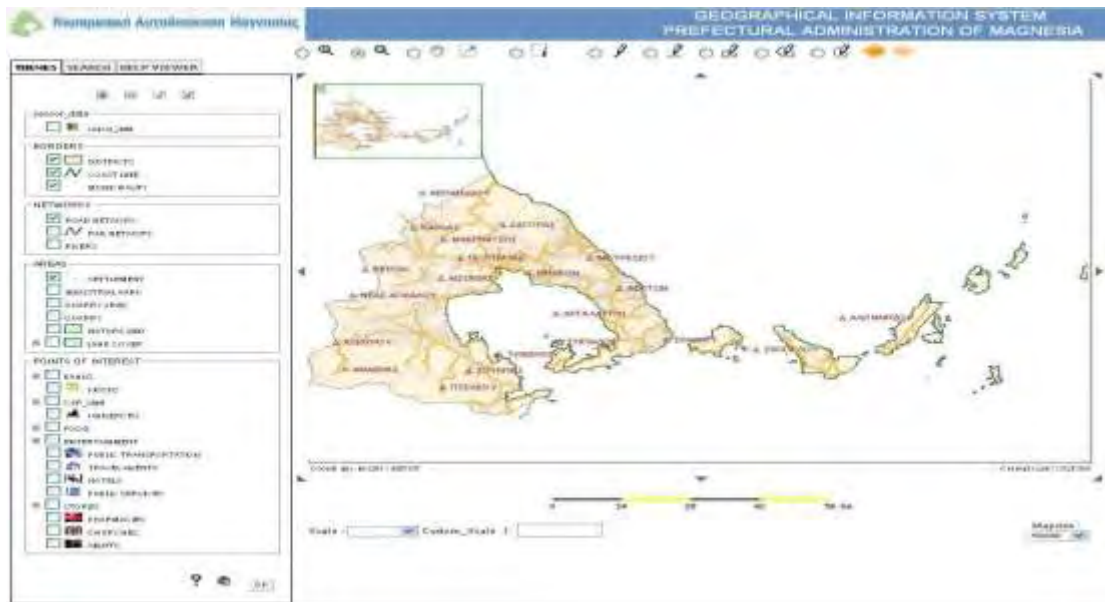
Εικόνα 7-10 : Καταγεγραμμένες μετρήσεις στον πίνακα iSense\_live\_data

### 7.4 Απεικόνιση μετρήσεων

Ο χρήστης-παρατηρητής μπορεί ανά πάσα στιγμή, από τον υπολογιστή του να προσπελάσει τον διαδικτυακό τόπο του συστήματος και να δει τις συλλεγμένες μετρήσεις. Έστω λοιπόν, ότι ενδιαφέρεται να παρακολουθήσει την διακύμανση της θερμοκρασίας το τελευταίο εικοσιτετράωρο, στο γεωγραφικό σημείο που βρίσκεται τοποθετημένος ο κόμβος αισθητήρα. Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει έχει ως εξής:

#### **Βήμα 1<sup>ο</sup>: Προσπέλαση δικτυακού τόπου**

Εισάγει στον φυλλομετρητή του υπολογιστή του την διεύθυνση του δικτυακού τόπου του συστήματος και φορτώνει την αντίστοιχη ιστοσελίδα.



Εικόνα 7-11 : Διαδικτυακός τόπος συστήματος

### **Βήμα 2<sup>ο</sup>: Εύρεση κόμβου αισθητήρα στον χάρτη**

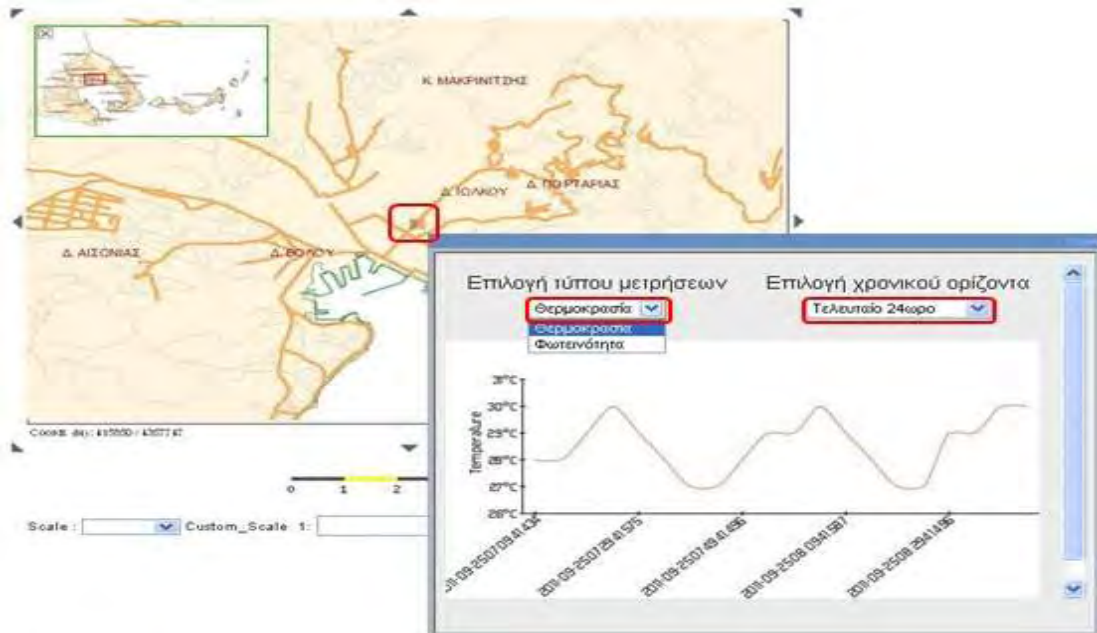
Επιλέγει από το υπόμνημα το επίπεδο `sensor_data` ώστε να εμφανιστεί ο κόμβος αισθητήρα στο χάρτη. Έπειτα από την γραμμή εργαλείων επιλέγει το `zoom-in` και εστιάζει στην περιοχή του χάρτη όπου βρίσκεται ο κόμβος.



Εικόνα 7-12

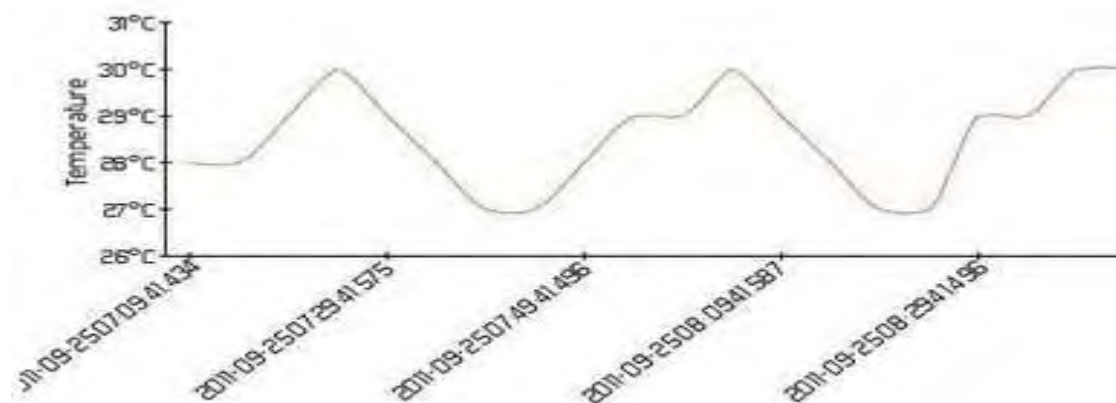
### Βήμα 3<sup>ο</sup> : Εμφάνιση μετρήσεων του κόμβου αισθητήρα

Τέλος, τοποθετεί τον κέρσορα του ποντικιού πάνω στο εικονίδιο του κόμβου και στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγει από τις λίστες, ως τύπο μέτρησης την θερμοκρασία και ως χρονικό ορίζοντα το τελευταίο 24ωρο.



Εικόνα 7-13

Το αποτέλεσμα της παραπάνω διαδικασίας είναι η δημιουργία γραφικής παράστασης που απεικονίζει τα ζητούμενα δεδομένα για περαιτέρω μελέτη τους από το χρήστη παρατηρητή.



Εικόνα 7-14 : Γραφική παράσταση θερμοκρασίας συναρτήσει του χρόνου

# 8 *Επίλογος*

## 8.1 Προοπτικές - Μελλοντικές δυνατότητες επέκτασης.

Το σύστημα που αναπτύχθηκε μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε οποιοδήποτε περιβάλλον, στο οποίο είναι δυνατή η χρήση ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων για την μέτρηση διαφόρων ιδιοτήτων. Η ευελιξία που παρέχει όσον αφορά των τύπο των δικτύων αισθητήρων με τα οποία είναι συμβατό, το καθιστά ως ένα γενικό σύστημα καταγραφής δεδομένων από ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, το οποίο μπορεί να συμμετέχει σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, διαφόρων απαιτήσεων.

Η χρήση γεωγραφικού πληροφοριακού συστήματος για την απεικόνιση των συλλεγμένων μετρήσεων ολοκληρώνει την λειτουργία του συστήματος και επιπλέον του δίνει τη δυνατότητα να συνδυαστεί με συστήματα στα όποια οι γεωγραφικές πληροφορίες που αφορούν τις μετρήσεις των αισθητήρων είναι κρίσιμης σημασίας. Ένα παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το σύστημα διαχείρισης κρίσεων « *i-Protect: An Open Source Emergency Management Framework* ». [24]

Παρόλη την αποτελεσματικότητά του και τις δυνατότητές του, το σύστημα παρουσιάζει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης και επέκτασης. Μια πιθανή επέκταση θα ήταν η υποστήριξη ακόμα περισσότερων τύπων δικτύων αισθητήρων, από το σύστημα για την συλλογή των μετρήσεων. Επίσης μια πιθανή βελτίωση θα ήταν η προσθήκη GPS στους κόμβους αισθητήρων ώστε σε περίπτωση αλλαγής της τοποθεσίας τους, να είναι δυνατή η αυτόματη ανανέωση των συντεταγμένων και συνεπώς και της θέσης τους στο γεωγραφικό πληροφοριακό σύστημα.

## 8.2 Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία συνδυάστηκαν οι τεχνολογίες των ασυρμάτων δικτύων αισθητήρων και των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων για την δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος παρακολούθησης των περιβαλλοντικών συνθηκών διαφόρων τοποθεσιών, μίας ευρύτερης γεωγραφικής περιοχής. Το σύστημα που υλοποιήθηκε μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα εμπορικών και βιομηχανικών εφαρμογών, οι οποίες απαιτούν την χρήση ενός συστήματος για την συλλογή και την απομακρυσμένη απεικόνιση δεδομένων από ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

# 9 Βιβλιογραφία

- [1] <http://www.globalsecurity.org/intell/systems/sosus.htm>
- [2] “10 Emerging Technologies That Will Change the World” MIT technology review <http://www.angelfire.com/pro/smst/emerging0203.pdf>
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_topology](http://en.wikipedia.org/wiki/Network_topology)
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless\\_sensor\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network)
- [5] <http://www.thelab.gr/1062666294-post1.html>
- [6] C. Chong, S.P.Kumar “Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges” *Proceedings of the IEEE*, vol. 91, no. 8, August 2003.
- [7] <http://www2.enthesis.net/index.php?news=645>
- [8] <http://www.scribd.com/doc/49606361.html>
- [9] Römer, Kay; Friedemann Mattern (December 2004). "The Design Space of Wireless Sensor Networks". *IEEE Wireless Communications*
- [10] <http://www.bandwavetech.com/download/tmote-sky-datasheet.pdf>
- [11] <http://www.tinyos.net/>
- [12] <http://www.coalesenses.com/index.php?page=isense-hardware>
- [13] <http://www.libelium.com/products/waspmote>
- [14] <http://www.uml.org/>
- [15] <http://www.w3schools.com/xml/>
- [16] <http://postgresql.gr/node/3>
- [17] <http://postgis.refractory.net/>
- [18] <http://www.apache.org>
- [19] <http://mapserver.gis.umn.edu/docs>
- [20] Bill Kropla «Beginning Mapserver Open Source GIS Development»

[21] <http://www.camptocamp.com/>

[22] <http://www.cartoweb.org/>

[23] <http://pchart.sourceforge.net/>

[24] "i-Protect: An Open Source Emergency Management Framework", 15th Panhellenic Conference on Informatics, Kastoria, Greece 2011.  
Marie-Aur lie Nef, Ioannis Filippopoulos, Eleftherios Voumvourakis, Aggelos Aggelis, Leonidas Perlepes, Georgios Stamoulis, Panayotis Kikiras,

[25] <http://support.inf.uth.gr/vasi/upload/metaptyxiakes/Perlepes.pdf>