

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΚΑΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΜΕ
ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ**

Παναγιώτα Χαπούπη

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2009

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Πρόβλεψη και ανίχνευση δασικών πυρκαγιών με τη χρήση ασύρματων δικτύων
αισθητήρων**

Παναγιώτα Χαπούπη

Επιβλέπων Καθηγητής
Γιώργος Σαμαράς

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

Μάιος 2009

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιώργο Σαμάρα για την υποστήριξη και καθοδήγηση που μου προσέφερε κατά την διάρκεια της υλοποίησης της παρούσας εργασίας καθώς και για την επίτευξη μιας άψογης συνεργασίας.

Επίσης ευχαριστίες πρέπει να δοθούν στον διδακτορικό φοιτητή του τμήματος, Παναγιώτη Αντρέου, ο οποίος βρισκόταν εκεί καθόλη της διάρκεια της χρονιάς για να με συμβουλευεί μέσα από εποικοδομητικές συζητήσεις για τα όποια αμφιλεγόμενα ή όχι σημεία τη διπλωματικής μου εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους συνεργάτες - συμφοιτητές μου από το εργαστήριο Κινητού και Ασυρμάτου Υπολογισμού του επιβλέποντα καθηγητή μας, οι οποίοι φρόντιζαν να υπάρχει πάντα ένα ευχάριστο περιβάλλον εργασίας στο εργαστήριο.

Τέλος στην οικογένεια μου και στη καλύτερη μου φίλη για τη στήριξη που μου έδιναν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της χρονιάς.

Περίληψη

Οι επιπτώσεις που έχουν οι δασικές πυρκαγιές, τόσο στη δημόσια ασφάλεια όσο και στους φυσικούς πόρους είναι τόσο αυξημένη ώστε κρίνεται αναγκαία η έγκαιρη ανίχνευση και η γρήγορη καταστολή των πυρκαγιών σε πραγματικό χρόνο και με ακρίβεια.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν αναγνωριστεί ως μια από τις σημαντικότερες τεχνολογίες αυτού του αιώνα και μπορούν να αντιπροσωπεύσουν μια πραγματική και εφαρμόσιμη λύση για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής ατομικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός δικτύου το οποίο θα αποτελείται από μικρούς κόμβους αισθητήρων, ικανού για την πρόβλεψη και ανίχνευση πυρκαγιάς σε πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες θα λαμβάνουν και θα προσφέρουν μετρήσεις διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων, όπως θερμοκρασία, υγρασία κ.α. σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στη συνέχεια τα δεδομένα θα προωθούνται από το δίκτυο σε ένα κεντρικό σταθμό και θα αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων. Ο χρήστης με τη χρήση μίας διαδικτυακής εφαρμογής (web application), την οποία καλούμαστε να υλοποιήσουμε, θα έχει πρόσβαση σε τρέχοντα και παλαιότερα δεδομένα.

Στο άρθρο αυτό θα παρουσιάσουμε αρχικά την γενική θεωρία πίσω από τους αισθητήρες και τα δίκτυα αισθητήρων, καθώς και μία αναδρομή σε υπάρχοντα συστήματα ανίχνευσης πυρκαγιών με ή χωρίς χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων που θα προδιαγράψουν πιθανές απαιτήσεις του συστήματος. Αφού λοιπόν θα έχει γίνει αναλυτική περιγραφή του συστήματος θα παραθέσουμε τις απαιτήσεις τις οποίες καλούμαστε να ικανοποιήσουμε με την υλοποίηση του. Στη συνέχεια θα δώσουμε το λεπτομερή σχεδιασμό του συστήματος με τα ακριβή σημεία που θα πρέπει να γίνουν κατά τη φάση της υλοποίησης. Τέλος θα παραθέσουμε κάποια παραδείγματα εκτέλεσης του συστήματος και η διπλωματική εργασία θα ολοκληρωθεί με τα συμπεράσματα αναφέροντας το κατά πόσο μπορέσαμε να ικανοποιήσουμε τις απαιτήσεις και προκλήσεις που θέσαμε εξ αρχής.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή	1
1.1 Ορισμός του Προβλήματος.....	1
1.2 Υποκίνηση και σκοπός της έρευνας	2
Κεφάλαιο 2 Θεωρία	4
2.1 Έρευνα στην περιοχή των αισθητήρων	4
2.1.1 Εισαγωγή στους αισθητήρες.....	4
2.1.2 Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	6
Κεφάλαιο 3 Περιγραφή Προβλήματος.....	9
3.1 Αναλυτική Περιγραφή Προβλήματος.....	9
3.2 Υπάρχον συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών.....	12
3.2.1 Συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών χωρίς τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων	12
3.2.2 Συστήματα ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών τα οποία κάνουν χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων	15
3.3 Σχετική βιβλιογραφία	16
3.4 Συμπεράσματα	18
Κεφάλαιο 4 Αρχιτεκτονική συστήματος.....	20
4.1 Εισαγωγή	20
4.2 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής	20
Κεφάλαιο 5 Απαιτήσεις συστήματος	23
5.1 Εισαγωγή	24
5.2 Γενικές απαιτήσεις.....	24
5.2.1 Σταθερή συμπεριφορά συστήματος.....	24
5.2.2 Χρόνος απόκρισης	25
5.2.3 Ανεξαρτησία πλατφόρμας	25
5.3 Απαιτήσεις Tier-1	25
5.3.1 Αισθητήρες	25
5.3.2 Sensor board	26
5.3.3 Θήκη αισθητήρων	27
5.3.4 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.....	27
5.3.5 Ευρωστία και διατήρηση απόδοσης του δικτύου	28

5.3.6 Διάρκεια ζωής του δικτύου.....	28
5.3.7 Επεκτασιμότητα του δικτύου.....	28
5.4 Απαιτήσεις Tier-2	29
5.5 Απαιτήσεις Tier-3	29
5.5.1 Προσδιορισμός οντοτήτων αποθήκευσης δεδομένων	29
5.5.2 Αποθήκευση δεδομένων για δημιουργία ιστορικού αρχείου	29
5.5.3 Δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων	30
5.5.4 Αξιοπιστία παραγωγής συναγερμού	30
5.5.5 Ασφάλεια	30
5.6 Απαιτήσεις Tier-4	30
5.6.1 Ειδοποίηση αρμόδιων αρχών.....	31
5.7 Web application – Λειτουργικές απαιτήσεις	31
Κεφάλαιο 6 Σχεδιασμός.....	33
6.1 Εισαγωγή	34
6.2 Σχεδιασμός Tier-1	34
6.2.1 Συνιστώντα μέρη επιπέδου – Αφαιρετική αρχιτεκτονική επιπέδου	34
6.2.2 Επιλογή μοντέλου αισθητήρων	35
6.2.3 Επιλογή τοπολογίας ασύρματου δικτύου αισθητήρων	40
6.2.4 Περιγραφή XMesh (mesh networking protocol)	43
6.2.5 Περιγραφή του XServe	44
6.2.6 Συνοπτική περιγραφή διασύνδεσης ασύρματου δικτύου αισθητήρων – gateway – εφαρμογής	45
6.2.7 Δομή πακέτου δικτύου κόμβου αισθητήρων	45
6.3 Σχεδιασμός Tier-2.....	47
6.3.1 Μετασχηματισμός πεδίων πακέτου σε παγκόσμιες μονάδες μέτρησης	48
6.4 Σχεδιασμός Tier-3.....	53
6.4.1 Οντότητες.....	53
6.4.2 Μεγέθη τύπων βάσης δεδομένων	54
6.4.3 Περιγραφή πινάκων βάσης δεδομένων.....	54
6.5 Σχεδιασμός Tier-4.....	60
6.5.1 Υπηρεσία Ενημέρωσης.....	60
6.6 Web application	62
6.6.1 Ασφάλεια	62

6.6.2 Παρουσίαση πακέτων	62
6.6.3 Αξιοπιστία του συστήματος.....	64
6.6.4 Πληροφορίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων και τοπολογία	64
6.6.5 Αρμόδιες Αρχές	64
6.6.6 Κανόνες.....	65
6.6.7 Σελίδα λειτουργιών ελέγχου	65
Κεφάλαιο 7 Υλοποίηση	66
7.1 Εισαγωγή	66
7.2 Περιορισμοί και Υποθέσεις	67
7.3 Εργαλεία υλοποίησης	68
7.3.1 Προγραμματισμός αισθητήρων – ασύρματου δικτύου αισθητήρων	68
7.3.2 Βάση δεδομένων και εργαλείο διαχείρισης της βάσης.....	69
7.3.3 Web Application	70
7.4 Μεθοδολογία και περιγραφή βημάτων ανάπτυξης.....	70
7.4.1 Προγραμματισμός αισθητήρων	71
7.4.2 Βάση Δεδομένων	72
7.4.3 Μετασχηματισμός δεδομένων πακέτων	73
7.4.4 Υπηρεσία Ενημέρωσης (Notification Service).....	74
7.4.5 Web application	77
Κεφάλαιο 8 Πειραματική Αξιολόγηση	88
8.1 Εισαγωγή	88
8.2 Σενάριο Πραγματικών Δεδομένων	89
8.2.1 Απλό σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων	89
8.2.2 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, αποτυχία κόμβου.....	91
Εικόνα 8.3: Παρουσίαση της αρχικής τοπολογίας του δικτύου στο πείραμα με σύνθετο σενάριο, λειτουργίας δικτύου και αποτυχίας κόμβου.....	92
8.2.3 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων, κατάρριψη κανόνα	93
Κεφάλαιο 9 Γενικά συμπεράσματα και μελλοντική εργασία.....	95
9.1 Γενικά Συμπεράσματα	95
9.2 Μελλοντική Εργασία	97
9.3 Επίλογος.....	98

Βιβλιογραφία	100
---------------------------	------------

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Ορισμός του Προβλήματος	1
1.2 Υποκίνηση και σκοπός της έρευνας	2

1.1 Ορισμός του Προβλήματος

Σε μια μεσογειακή χώρα όπως η Κύπρος, οι πυρκαγιές των δασών είναι ένα πολύ σημαντικό και κρίσιμο πρόβλημα, δεδομένου ότι αποτελούν μια συνεχή απειλή των οικολογικών συστημάτων, των υποδομών και των ανθρώπινων ζώων. Η ζημιά που προκαλείται από τις πυρκαγιές πλήττει τόσο τη δημόσια ασφάλεια όσο και τους φυσικούς πόρους, γεγονός που καθιστά αναγκαία την έγκαιρη ανίχνευση και την γρήγορη καταστολή των πυρκαγιών. Με στόχο λοιπόν την ελαχιστοποίηση των καταστροφών και των θυμάτων, εκτός από τα προληπτικά μέτρα, επιβάλλεται να γίνεται αποτελεσματική χρήση τεχνικών ανίχνευσης των δασικών πυρκαγιών. Βέβαια πολλές είναι οι τεχνικές πρόβλεψης και ανίχνευσης πυρκαγιών οι οποίες έχουν αναπτυχθεί αλλά η ιδανική λύση του προβλήματος ακόμη δεν υπάρχει.

Τα τρέχον συστήματα παρουσιάζουν αρκετά μειονεκτήματα, προδιαγράφοντας έτσι την ανάγκη ανάπτυξη μιας εφαρμογής, τόσο λογισμικού όσο και υλικού, για έγκαιρη ανίχνευση και πρόβλεψη των πυρκαγιών σε πραγματικό χρόνο με ακρίβεια. Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια πολλοί επιστήμονες έχουν αφιερώσει τις ερευνητικές τους εργασίες για εύρεση και υλοποίηση μιας νέας εφαρμογής που να κάνει χρήση σχετικά νέων τεχνολογιών με στόχο την πρόβλεψη και ανίχνευση των πυρκαγιών η οποία να υπερνικά τα μειονεκτήματα των τρεχουσών τεχνικών.

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (ΑΔΑ) έχουν αναγνωριστεί ως μια από τις σημαντικότερες τεχνολογίες για αυτόν τον αιώνα, αφού αυτές οι μικρές σε μέγεθος, αλλά «μεγάλες» σε δυνατότητες συσκευές, αποτελούν πλέον ολοκληρωμένες υπολογιστικές συσκευές με πολλές δυνατότητες. Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα πιο πάνω

θεωρούμε ότι τα ΑΔΑ μπορούν να αντιπροσωπεύσουν μια πραγματική και εφαρμόσιμη λύση και σε αυτό το πρόβλημα. Κατ' επέκταση, ο περιβαλλοντικός έλεγχος με τη χρησιμοποίηση του ασύρματου δικτύου αισθητήρων φαίνεται να είναι μια σημαντική εναλλακτική λύση των τρεχουσών τεχνικών ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών, αφού οι αισθητήρες μπορούν να κάνουν τακτές μετρήσεις περιβαλλοντικών φαινομένων, όπως θερμοκρασία, υγρασία, βαρομετρική πίεση, κ.τ.λ.

Τα τελευταία χρόνια μεγάλος αριθμός επιστημόνων έχει στραφεί προς τη μελέτη και υλοποίηση συστημάτων που αποσκοπούν στον περιβαλλοντικό έλεγχο δασικών περιοχών με τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλές προκλήσεις κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση του συστήματος όπως η κατανάλωση ενέργειας, η αποδοτική δρομολόγηση των δεδομένων και η ομαδοποίηση των αισθητήρων μεταξύ τους. Επίσης, υπάρχουν πολλά ανοιχτά ερευνητικά θέματα όσο αφορά το πεδίο των ασύρματων πεδίων αισθητήρων τα οποία ενασχολούνται με τη χρήση του δικτύου αισθητήρων στην ολότητα του, ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη δυνατή του λειτουργία. Ως εκ τούτου μεγάλη έμφαση δίνεται στο τμήμα του συστήματος που αντιστοιχεί στο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων καθώς τα δίκτυα αυτά αποτελούν μεγάλη πρόκληση για την επιστημονική κοινότητα και πολλές έρευνες εστιάζουν προς την κατεύθυνση αυτή. Φυσικά επιβάλλεται να γίνει ένας σωστός σχεδιασμός και για τα υπόλοιπα μέρη του συστήματος όπως για παράδειγμα της βάσης δεδομένων με στόχο την βέλτιστη λειτουργία του συστήματος.

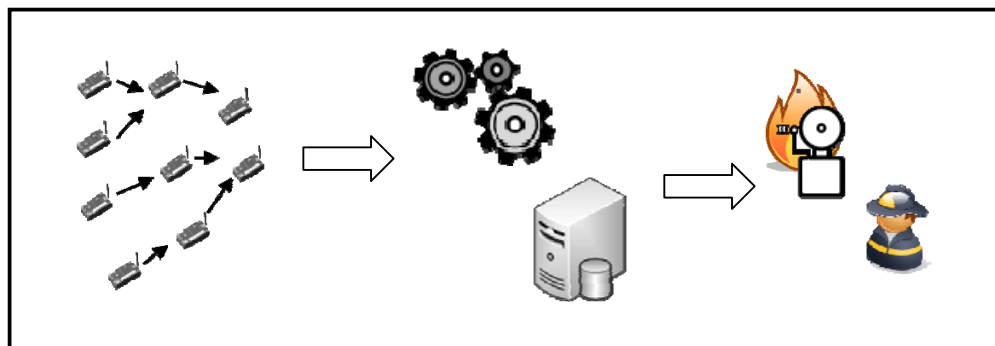
1.2 Υποκίνηση και σκοπός της έρευνας

Λαμβάνοντας τα πιο πάνω υπόψη, σκεφτήκαμε να ερευνήσουμε την ανάπτυξη ενός συστήματος ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών με τη χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Ως εκ τούτου, σκοπός αυτής της διπλωματικής ατομικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός δικτύου το οποίο θα αποτελείται από μικρούς ανέξοδους κόμβους αισθητήρων, ικανό για την πρόβλεψη και ανίχνευση πυρκαγιών σε πραγματικό χρόνο. Οι αισθητήρες θα ελέγχουν συνεχώς το περιβάλλον και θα λαμβάνουν μετρήσεις όσο αφορά τη θερμοκρασία, την υγρασία, τη βαρομετρική πίεση, την ταχύτητα ανέμου και την ύπαρξη καπνού. Ακόμη τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται από τους αισθητήρες θα αποστέλλονται σε ένα κεντρικό σταθμό όπου θα τυγχάνουν συγκεκριμένης επεξεργασίας με σκοπό την εξαγωγή υψηλού επιπέδου πληροφορίας και θα αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων. Έτσι θα είναι δυνατός σε πραγματικό

χρόνο ο έλεγχος των δασικών περιοχών μέσω της πρόσβασης στα τρέχοντα και στα παλαιότερα δεδομένα και της ανάλυσης με τη χρήση ενός web application που θα υλοποιηθεί επίσης στα πλαίσια της εργασίας αυτής. Το σύστημα που θα υλοποιήσουμε – FireSense, με τη χρήση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων και σύγχρονων τεχνικών διαχείρισης δεδομένων και ανάλυσης, στοχεύει να υπερνικήσει τις ανεπάρκειες των τρέχοντων μεθόδων ανίχνευσης πυρκαγιών.

Καθώς τα ΑΔΑ είναι μια σχετικά νέα εφαρμογή αντιμετωπίζουν πολλές προκλήσεις οι οποίες θα μελετηθούν αναλυτικά καθώς και ο τρόπος αντιμετώπισης τους με επιτυχία.

Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται μια αρχική προσέγγιση της ιδέας που βρίσκεται πίσω από αυτή τη διπλωματική εργασία. Οι αισθητήρες αυτό-διοργανώνονται σε ένα είδος τοπολογίας δικτύου έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν μετρήσεις όσο αφορά το περιβάλλον και στη συνέχεια να τις προωθούν στο κεντρικό σταθμό. Τα δεδομένα θα επεξεργάζονται και θα εξάγουν υψηλού επιπέδου πληροφορίες σε μονάδες μέτρησης γνωστές σε οποιοδήποτε χρήστη έστω και αν έχει ελάχιστη σχέση με τις θετικές επιστήμες. Στη συνέχεια θα αποθηκεύονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων τόσο τα ακατέργαστα δεδομένα όσο και οι πληροφορίες που έχουν εξαχθεί. Στην περίπτωση ανίχνευσης κινδύνου πυρκαγιάς θα ενημερώνονται οι αρμόδιες αρχές.



Σχήμα 1.1 Πρώτη προσέγγιση της λειτουργίας του συστήματος

Κεφάλαιο 2

Θεωρία

2.1 Έρευνα στην περιοχή των αισθητήρων	4
2.1.1 Εισαγωγή στους αισθητήρες.....	4
2.1.2 Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	6

2.1 Έρευνα στην περιοχή των αισθητήρων

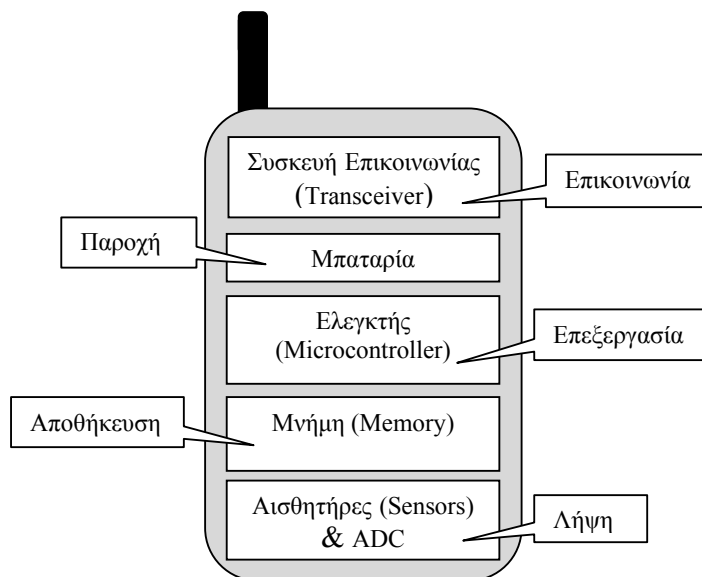
2.1.1 Εισαγωγή στους αισθητήρες

Ένας αισθητήρας είναι μια συσκευή, ικανή να εκτελεί κάποιου είδους επεξεργασίας και συλλογής δεδομένων με τη χρήση αισθητήρων καθώς και ικανή να επικοινωνεί με άλλους αισθητήρες συνδεδεμένους στο δίκτυο.

Κάθε αισθητήρας είναι μία αυτοδιαχειριζόμενη μονάδα, η οποία απαρτίζεται από:

- μια συσκευή επικοινωνίας (radio transceiver), η οποία του δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνεί με τους υπόλοιπους αισθητήρες
- μια πηγή ισχύος (μπαταρίες γενικότερα), η οποία του δίνει την απαραίτητη ενέργεια για να λειτουργεί
- έναν μικροεπεξεργαστή (microcontroller), ο οποίος είναι υπεύθυνος για τη γενική λειτουργία του κόμβου-αισθητήρα
- την αποθήκευση δεδομένων – μνήμη (δυναμική και στατική),
- έναν ή περισσότερους αισθητήρες,
- και τους analog-to-digital converters (μετατροπείς ADCs).

Στο Σχήμα 2.1 βλέπουμε τα μέρη ενός αισθητήρα, καθώς και τη λειτουργία για την οποία είναι υπεύθυνο το κάθε τμήμα του αισθητήρα.



Σχήμα 2.1: Τα μέρη του αισθητήρα

Το μέσο που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ των αισθητήρων είναι ηλεκτρομαγνητικό πεδίο σε ραδιοσυχνότητες. Οι πιθανές καταστάσεις μιας συσκευής επικοινωνίας είναι μετάδοση (transmission mode), λήψη (receive mode), κατάσταση μη απασχόλησης (idle mode) και κατάσταση ύπνου (sleep mode). Η μετάδοση δεδομένων φτάνει τα 250 Kbps σε πρωτόκολλο επικοινωνίας IEEE 802.11 b/g/a κυρίως. Η ακτίνα μετάδοσης δεδομένων ενός αισθητήρα κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέχρι και μερικές εκατοντάδες μέτρα.

Νευραλγικής σημασίας στη λειτουργία ενός αισθητήρα είναι η παροχή ενέργειας που θα εφοδιάσει τα κυκλώματα του. Χρησιμοποιούνται κυρίως μπαταρίες λιθίου ή αλκαλικές. Εξυπακούεται ότι η κατανάλωση ενέργειας για κάθε λειτουργία του αισθητήρα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή ώστε να μεγιστοποιείται η ζωή του. Οι εταιρείες κατασκευής ισχυρίζονται ότι οι αισθητήρες τους έχουν μέχρι και 3 χρόνια ζωής αλλά πρακτικά αντέχουν μέχρι και 6 μήνες λόγω κυρίως των μεγάλων διαρροών ενέργειας προς το περιβάλλον.

Είναι προφανές ότι η επιλογή του λειτουργικού συστήματος που θα εγκατασταθεί σε μια τέτοια συσκευή είναι εξαιρετικά σημαντική. Πρέπει να παραμένει σχετικά απλό με μικρό μέγεθος κώδικα ενώ ταυτόχρονα με αρκετές ικανότητες. Πρέπει να διασφαλίζει πρόσβαση στους πόρους της συσκευής με εύχρηστο τρόπο, ενώ παράλληλα να προστατεύει τους πόρους αυτούς από ταυτόχρονη πρόσβαση (πρόβλημα ταυτοχρονίας).

Μετά από πολλές εισηγήσεις και δοκιμές επικράτησε η ιδέα της χρήσης ενός λειτουργικού συστήματος που εργάζεται με επί μέρους τμήματα (components), τα οποία διαφέρουν από τις κλασικές διεργασίες καθώς μοιράζονται τον ίδιο χώρο διευθύνσεων και δεν παρέχεται προστασία κατά την εκτέλεση μεταξύ τους. Τα τμήματα αυτά αλληλεπιδρούν με την ανταλλαγή ασύγχρονων γεγονότων (asynchronous events). Το λειτουργικό σύστημα που υιοθέτησε αυτά τα χαρακτηριστικά αναπτύχθηκε από το UC Berkeley ως run-time περιβάλλον για τους αισθητήρες του και του δόθηκε το όνομα TinyOS, το οποίο σήμερα είναι το πιο διαδεδομένο λειτουργικό σύστημα που χρησιμοποιείται.

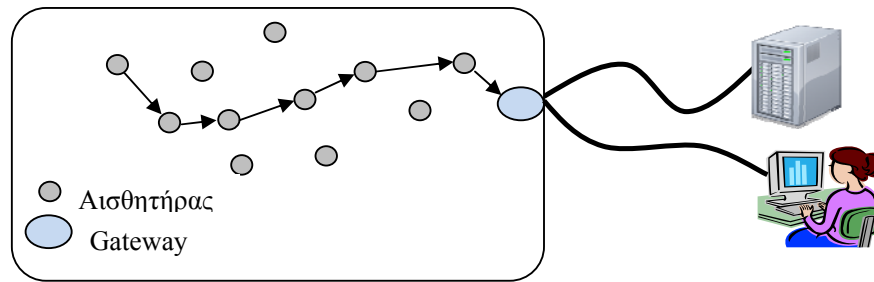
Το μέγεθος των αισθητήρων κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι και μεγέθους ενός κόκκου σκόνης. Οι αισθητήρες τόσο λόγω του μικρού τους μεγέθους καθώς και λόγω των περιορισμένων πηγών ενέργειας (αφού συνήθως χρησιμοποιούν μπαταρίες AA) έχουν περιορισμένες υπολογιστικές και αποθηκευτικές ικανότητες. Ως εκ τούτου η κατανάλωση ενέργειας για κάθε λειτουργία του αισθητήρα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή ώστε να μεγιστοποιείται η ζωή του.

2.1.2 Εισαγωγή στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Πριν εξετάσουμε το πώς τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στην πρόβλεψη και ανίχνευση των δασικών πυρκαγιών είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε περισσότερα όσο αφορά τη λειτουργία, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς τους. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα δίκτυο που αποτελείται από πολλές μικρές ανεξάρτητες μονάδες αισθητήρων, διανεμημένες στο χώρο. Συγχωνεύει όμως παράλληλα, ένα ευρύ φάσμα των τεχνολογιών της πληροφορικής όσο αφορά το υλικό (hardware), το λογισμικό (software), τις δικτυακές τεχνολογίες (networking) και τις μεθοδολογίες προγραμματισμού.

Η αρχική θέση των αισθητήρων μπορεί να μην είναι προκαθορισμένη. Κατ' επέκταση αυτό επιτρέπει την ανάπτυξη του ασύρματου δικτύου αισθητήρων με τυχαίες θέσεις σε απρόσιτα εδάφη.

Οι αισθητήρες αυτοδιοργανώνονται με τη χρήση κάποιου αλγορίθμου σε ασύρματα δίκτυα και τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται από αυτούς αναμεταδίδονται σε γειτονικούς αισθητήρες μέχρι να φτάσουν στον επιθυμητό προορισμό, όπως φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα.



Σχήμα 2.2 Παράδειγμα Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων

Τα δίκτυα αυτά έχουν την ικανότητα να επεκταθούν σε μια αφιλόξενη και ίσως δύσβατη περιοχή, όπου μπορούν να παραμείνουν για χρόνια, παρακολουθώντας και μετρώντας κάποιες συγκεκριμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές χωρίς την ανάγκη επαναφόρτισης/αντικατάστασης των πηγών ενέργειας των αισθητήρων. Κατ' επέκταση, μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά είδη εφαρμογών παρακολούθησης του «χώρου» όπως ο έλεγχος φυσικών ή περιβαλλοντικών συνθηκών δηλαδή της θερμοκρασίας, του ήχου, της δόνησης, της πίεσης, του φωτός, της κίνησης κ.τ.λ.

Όσο αφορά τη λειτουργία και επικοινωνία των αισθητήρων μεταξύ τους πολλά πρωτόκολλα και αλγόριθμοι έχουν αναπτυχθεί, ενώ πολλές τεχνολογίες και πλατφόρμες έχουν σχεδιαστεί για έλεγχο και δοκιμή των δικτύων αυτών. Οι αλγόριθμοι αυτοί στοχεύουν κυρίως στην μείωση της κατανάλωσης ενέργειας κατά την χρήση των αισθητήρων, καθώς και στην αποδοτική και αξιόπιστη δρομολόγηση των πακέτων στο δίκτυο αισθητήρων.

Κάθε αισθητήρας έχει περιορισμένους πόρους όσον αφορά την ταχύτητα επεξεργασίας, αποθήκευσης και ικανότητα επικοινωνίας. Επιπλέον, η διάρκεια ζωής τους εξαρτάται από την ικανότητά τους για εξοικονόμηση ενέργειας.

Οι περιορισμοί αυτοί των αισθητήρων οδηγούν στη διαμόρφωση χαρακτηριστικών των ασύρματων δικτύων αισθητήρων τα οποία μπορούν να θεωρηθούν και ως προκλήσεις.

Πιο κάτω παρατίθενται τα βασικότερα χαρακτηριστικά των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

- Περιορισμένοι πόροι: Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν περιορισμένους πόρους ενέργειας, υπολογιστικής δύναμης, μνήμης και εύρος ζώνης.

- Δυναμικά Δίκτυα: Λόγω της κινητικότητας (mobility) των κόμβων, των εμποδίων του περιβάλλοντος, των περιορισμένων πόρων και άλλων παραγόντων τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων παρουσιάζουν μια εξαιρετικά δυναμική τοπολογία δικτύου.
- Επεκτασιμότητα (Scalability): Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων πρέπει να μπορούν να υποστηρίζουν από μερικούς αισθητήρες μέχρι εκατοντάδες χιλιάδες.
- Ενσωμάτωση με τον πραγματικό κόσμο: Πολλές φορές τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων χρησιμοποιούνται για να παρακολουθούν διάφορα φυσικά φαινόμενα. Γι' αυτό το λόγο πολλές φορές είναι απαραίτητο να είναι δυνατή η ανίχνευση της ακριβούς τοποθεσίας των αισθητήρων.
- Ανακρίβεια των μετρήσεων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες: Οι μετρήσεις που λαμβάνουν οι αισθητήρες μπορεί να περιέχουν ανακρίβειες λόγω των προαναφερθέντων περιορισμών των αισθητήρων.

Οι περιορισμοί αυτοί παίζουν σημαντικό ρόλο κατά το σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων για μια συγκεκριμένη εφαρμογή και σε κάθε περίπτωση πρέπει να αντιμετωπίζονται με τη βέλτιστη δυνατή λύση.

Κεφάλαιο 3

Περιγραφή Προβλήματος

3.1 Αναλυτική Περιγραφή Προβλήματος	9
3.2 Υπάρχον συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών.....	12
3.2.1 Συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών χωρίς τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	12
3.2.2 Συστήματα ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών τα οποία κάνουν χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων.....	15
3.3 Σχετική βιβλιογραφία.....	16
3.4 Συμπεράσματα	18

3.1 Αναλυτική Περιγραφή Προβλήματος

Αφού παρουσιάσαμε αναλυτικά την γενική θεωρία πίσω από τα δίκτυα αισθητήρων και αφού εφοδιάσαμε τον αναγνώστη με το αναγκαίο γνωστικό υπόβαθρο ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή του προβλήματος που προσπαθούμε να λύσουμε. Επίσης θα αναλύσουμε ποιες τεχνικές θα χρησιμοποιηθούν και πως αυτό το δίκτυο μπορεί να υπερνικήσει τα μειονεκτήματα των υπάρχουσων εφαρμογών, την προσέγγιση που ακολουθούμε, μέσω ενός παραδειγματικού, δύσκολου περιβάλλοντος.

Θεωρούμε ως δεδομένη την ύπαρξη μιας μεγάλης γεωγραφικά περιοχής, πιθανόν δύσβατης με μεγάλες φυσικές ανωμαλίες. Μια τέτοια περιοχή είναι και αυτή που εμφανίζεται στο Σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1 Δύσβατο Περιβάλλον – Περιοχή από Δάσος της Πάφου

Στο περιβάλλον αυτό τοποθετούνται τυχαία (με ρίψη από αεροπλάνο ή με άλλο τρόπο) αισθητήρες, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να μετρούν περιβαλλοντικά φαινόμενα όπως θερμοκρασία, υγρασία, ένταση φωτός κ.α. Δεδομένου ότι κατανέμονται τυχαία στον χώρο, οι αισθητήρες διατηρούν μια τυχαία τοπολογία, καθιστώντας άγνωστο τον υπολογισμό εκ των προτέρων της αρχικής τους θέσης. Η ανάγκη γνώσης της ακριβούς τοποθεσίας των αισθητήρων προϋποθέτει την ύπαρξη GPS Module στους αισθητήρες, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα σχηματισμού της συνολικής «εικόνας» του ασύρματου δικτύου αισθητήρων στο χρήστη καθώς και της ανίχνευσης και αντιμετώπισης της πυρκαγιάς.

Στο σύνολο τους οι αισθητήρες αυτοί επικοινωνούν ασύρματα, έχοντας όμως περιορισμένη κάλυψη στην μετάδοση τους. Επίσης λειτουργούν με μπαταρία, έτσι έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής ο οποίος κυμαίνεται από κάποιους μήνες μέχρι και μερικά χρόνια. Ο χρόνος ζωής του δικτύου όσο αφορά την εφαρμογή μας είναι πολύ σημαντικός αφού για να θεωρηθεί η εφαρμογή εφαρμόσιμη και πρακτική θα πρέπει η διάρκεια ζωής του δικτύου να διαρκεί τουλάχιστον όσο η επικίνδυνη εποχή για πυρκαγιές δηλαδή περίπου πέντε μήνες (Μάιος-Σεπτέμβριος).

Το ασύρματο αυτό δίκτυο από αισθητήρες καλείται, σύμφωνα με τις απαιτήσεις μας, να σχηματιστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να καταγράφει τα διάφορα περιβαλλοντικά φαινόμενα, τα οποία μετρούν οι αισθητήρες. Στη συνέχεια ο κάθε αισθητήρας με τη συνεργασία των υπόλοιπων αισθητήρων θα προωθεί τα δεδομένα σε ένα κεντρικό σταθμό.

Στη διαδικασία σχηματισμού του ασύρματου δικτύου αισθητήρων θα συμμετέχουν όλοι οι αισθητήρες και στη συνέχεια θα λειτουργούν κάνοντας χρήση κάποιου δικτυακού πρωτοκόλλου για ασύρματα δίκτυα. Ασφαλώς, οι αισθητήρες αφενός θα εκτελούν τις απαραίτητες μετρήσεις και αφετέρου καθώς θα συνυπάρχουν στο χώρο θα ελέγχουν αν υπάρχει αναγκαιότητα να αντικαταστήσουν κάποιο γειτονικό αισθητήρα σε περίπτωση που κάποιος από αυτούς πεθάνει, επειδή έχει μείνει για παράδειγμα από μπαταρία, ανανεώνοντας την τοπολογία του δικτύου.

Το ζητούμενο είναι η τοπολογία του ασύρματου δικτύου να είναι η βέλτιστη για τη συγκεκριμένη εφαρμογή έτσι ώστε να προσφέρει σε αυτό χαρακτηριστικά όπως ευρωστία, χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ακεραιότητα δεδομένων.

Επίσης, τα δεδομένα που αποστέλλονται από τους αισθητήρες διαμέσου του δικτύου και που φθάνουν εν τέλει στο base node είναι σε καθαρά δυαδική μορφή. Κατ' επέκταση τα δεδομένα που φθάνουν στον κεντρικό σταθμό θα πρέπει να αναλύονται με τεχνικές ανάλυσης έτσι ώστε το κάθε πεδίο να μετατραπεί στην αντίστοιχη μονάδα μέτρησης, αναπαριστώντας έτσι υψηλού επιπέδου πληροφορίες. Στη βάση δεδομένων αποθηκεύονται τόσο τα ακατέργαστα δεδομένα, για σκοπούς που θα επεξηγηθούν αργότερα, καθώς και τα επεξεργασμένα δεδομένα.

Τέλος, με την ανάπτυξη ενός web-application είναι δυνατή η πρόσβαση και αναζήτηση των τρέχοντων αλλά και προηγούμενων πληροφοριών προσφέροντας στο χρήστη παρακολούθηση του περιβάλλοντος και των φυσικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, μέσω αυτού μπορούν να τεθούν και να αποθηκευτούν οι διάφοροι κανόνες καθώς να αποθηκευτούν και οι αρμόδιες αρχές που θα ειδοποιούνται σε περίπτωση κινδύνου. Κατά συνέπεια, κάθε φορά που κάποιος από αυτούς ικανοποιείται, το σύστημα ενεργοποιεί την υπηρεσία ενημέρωσης των καταχωρημένων αρμόδιων αρχών αποστέλλοντας μήνυμα στο ηλεκτρονικό ταχυδρομείο των αρμοδίων αρχών και μήνυμα στο κινητό τηλέφωνο που έχει καταχωρηθεί.

Σε γενικές γραμμές, το πρόβλημα συνοψίζεται στην ανάπτυξη του ασύρματου δικτύου αισθητήρων, τη δημιουργία βάσης δεδομένων όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα που χρειάζονται για τη σωστή λειτουργία του συστήματος, όπως για παράδειγμα τα δεδομένα τα οποία αποστέλλονται από τους αισθητήρες, τις αρμόδιες αρχές που πρέπει να ενημερώνονται σε περίπτωση ικανοποίησης κάποιων κανόνων κ.τ.λ. Τέλος, για τη διαχείριση του συστήματος θα πρέπει να υλοποιηθεί ένα web application μέσω του οποίου οι χρήστες θα μπορούν να διαχειρίζονται ολόκληρο το σύστημα.

3.2 Υπάρχον συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών

Πριν ξεκινήσει ο σχεδιασμός για την ανάπτυξη της εφαρμογής πρέπει να μελετήσουμε τις τρέχουσες τεχνικές ανίχνευσης πυρκαγιών για καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και με στόχο την εύρεση των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν έτσι ώστε να ληφθούν υπόψη κατά τη διαδικασία του σχεδιασμού.

Επίσης σημαντικό είναι να γίνει μελέτη των τρέχοντων ερευνητικών συστημάτων καθώς και της σχετικής βιβλιογραφίας που αφορά τα συστήματα για παρακολούθηση περιβαλλοντικών φαινομένων με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αλλά και τα συστήματα για πρόβλεψη και ανίχνευση πυρκαγιών.

3.2.1 Συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών χωρίς τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Στη συνέχεια παρατίθενται κάποιες τρέχουσες τεχνικές ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο αφορά τα μειονεκτήματα που αντιμετωπίζει η κάθε κατηγορία συστημάτων. Παρουσιάζεται κατηγοριοποίηση των τρέχων συστημάτων ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών και κάποια αντιπροσωπευτικά συστήματα των κατηγοριών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες χώρες του κόσμου.

Τα υπάρχοντα συστήματα για ανίχνευση και πρόβλεψη πυρκαγιών χωρίζονται στις πέντε πιο κάτω βασικές κατηγορίες βασισμένες στο υλικό που χρησιμοποιούν:

1. Συστήματα βασισμένα σε εικόνες που παίρνονται από δορυφόρους (Fire detection systems based on satellite imagery)

Με τη χρήση της προηγμένης τεχνολογίας των δορυφόρων εξετάζονται τα σύννεφα και η ακτινοβολία της επιφάνειας από το έδαφος. Οι εικόνες που λαμβάνονται χρησιμοποιούνται για να γίνει πρόβλεψη και εντοπισμός των πυρκαγιών.

Παραδείγματα συστημάτων κατηγορίας:

- MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer),
- CI's Fire Alert System

2. Πύργοι ελέγχου πυρκαγιάς (Fire lookout towers)

Μία άλλη κατηγορία ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών είναι οι πύργοι ελέγχου οι οποίοι τοποθετούνται σε ψηλά σημεία δασικών περιοχών. Η τεχνική αυτή

βασίζεται στην ανθρώπινη επιτήρηση των δασών με εξειδικευμένα μηχανήματα με τη χρήση τοπογραφικών χαρτών. Σε αυτή την περίπτωση είναι σημαντική η παρουσία ενός ατόμου με πείρα προκειμένου να ελέγχει ενδεχόμενους κινδύνους πρόκλησης πυρκαγιάς. Η τεχνική αυτή ονομάζεται και άμεση παρακολούθηση (direct monitoring) με τους παρατηρητές να βρίσκονται στα σημεία ελέγχου.

3. Συστήματα βασισμένα σε φωτογραφικές μηχανές/βιντεοκάμερες ή συνδυασμός των δύο (Automatic Video Surveillance Systems).

Η τεχνική αυτή βασίζεται στην ανθρώπινη επιτήρηση χωρίς όμως να προϋποθέτει την ύπαρξη του ανθρώπινου παράγοντα στην περιοχή που παρακολουθείται. Για το λόγο αυτό ονομάζεται και παρατήρηση από απόσταση (distant monitoring), η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση συστημάτων επιτήρησης με βίντεο. Σε αυτά τα συστήματα ο παρατηρητής βρίσκεται σε ένα κέντρο παρακολούθησης και είναι σε θέση να παρακολουθεί τις ευρύτερες περιοχές που καλύπτονται από τις λίγες μονάδες ελέγχου. Ο παρατηρητής δεν παρακολουθεί τι εμφανίζει η κάμερα όλη την ώρα, αλλά εποπτεύει όλο το σύστημα ώστε να αποφευχθεί ενδεχόμενος λάθος συναγερμός. Το υψηλό ποσοστό των εσφαλμένων συναγερμών που οφείλονται σε ατμοσφαιρικές συνθήκες, είναι και το πιο σημαντικό μειονέκτημα αυτών των συστημάτων. Επιπλέον εάν ο υπεύθυνος δεν είναι σίγουρος για ένα συναγερμό πυρκαγιάς έχει τη δυνατότητα να ελέγξει χειροκίνητα την ύπαρξη της πυρκαγιάς με τη χρήση των καμερών. Η τελική απόφαση του συστήματος λαμβάνεται από τον ίδιο. Η πλειοψηφία αυτού του είδους συστημάτων χρησιμοποιούν Charge-Coupled Devise (CCD) cameras και Infrared Radar (IR) Charge (CCD), τα οποία τοποθετούνται στην κορυφή πύργων παρακολούθησης.

Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται σήμερα σε πολλές χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο, όπως η Γερμανία, ΗΠΑ, Αγγλία, την Αυστραλία και τον Καναδά.

Παραδείγματα συστημάτων κατηγορίας:

- FireWatch (Γερμανία),
- το FireHawk (Νότια Αφρική),
- το ForestWatch (Καναδάς), το FireVu (Αγγλία) και το
- IR –RADAR (Αυστραλία).

4. Αεροπλάνα ελέγχου ύπαρξης πυρκαγιών (Fire spotting planes)

Αεροπλάνα με πλήρωμα πυροσβέστες. Χρησιμοποιούνται κατά τη διάρκεια περιόδων με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς για την επιτήρηση των δασών. Μερικές φορές χρησιμοποιείται ως συμπληρωματική μέθοδος, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνεργασία με ένα αυτόματο σύστημα ανίχνευσης πυρκαγιάς.

5. Κινητές επίγειες μονάδες των πυροσβεστών που επιτηρούν το δάσος (Mobile ground units of firemen patrolling the forest).

Οι κινητές επίγειες μονάδες είναι μια παραδοσιακή μέθοδος για την επίβλεψη των δασών. Παρόλο που είναι μια παλιά μέθοδος έχει αποδειχθεί ότι είναι πραγματικά αποτελεσματική ως προς την αποτροπή ή τον εντοπισμό επαρκή αριθμού πυρκαγιών ετησίως.

Στον Πίνακα 3.1 συνοψίζουμε τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται οι υπάρχουσες τεχνικές ανίχνευσης πυρκαγιών ανά κατηγορία όπως φαίνονται πιο κάτω.

Κατηγορία 1: Συστήματα βασισμένα σε εικόνες που παίρνονται από δορυφόρους (Fire detection systems based on satellite imagery)

Κατηγορία 2: Πύργοι ελέγχου πυρκαγιάς (Fire look out towers)

Κατηγορία 3: Φωτογραφικές μηχανές/βιντεοκάμερες ή συνδυασμός των δύο (Automatic Video Surveillance Systems).

Κατηγορία 4: Αεροπλάνα ελέγχου ύπαρξης πυρκαγιών (Fire spotting planes)

Κατηγορία 5: Κινητές επίγειες μονάδες των πυροσβεστών που επιτηρούν το δάσος

Κατηγορία Συστήματος/ Παράγοντας που επηρεάζεται	Ανίχνευση - Μεγάλο μέγεθος της φωτιάς	Ακρίβεια - Καιρικές συνθήκες.	Μεγάλο μέγεθος περιοχής ανίχνευσης ανά φορά	Ακρίβεια - μέρα ή νύχτα	Στηρίζονται κατά κύριο λόγο στον ανθρώπινο παράγοντα
Κατηγορία 1	✖		✖		✖
Κατηγορία 2				✖	✖
Κατηγορία 3		✖		✖	✖
Κατηγορία 4				✖	✖
Κατηγορία 5					✖

Πίνακας 3.1: Παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται η κάθε κατηγορία

3.2.2 Συστήματα ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών τα οποία κάνουν χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων αποτελούν μια πολύ ελπιδοφόρα νέα τεχνολογία και πολλοί ερευνητές άρχισαν να ασχολούνται με την ανάπτυξη συστημάτων για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος καθώς και για την ανίχνευση διάφορων φαινομένων μεταξύ άλλων και της ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών. Οι αισθητήρες μπορούν να «αισθάνονται» ένα ευρύ φάσμα φαινομένων, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία κάνοντας τα ικανά να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο ανίχνευση πυρκαγιάς.

Παραθέτουμε λοιπόν πιο κάτω μερικά τρέχων ερευνητικά συστήματα που κάνουν χρήση ασύρματα δίκτυα αισθητήρων για πρόβλεψη και ανίχνευση πυρκαγιών καθώς και σχετική ερευνητική βιβλιογραφία για την εφαρμογή αυτή.

Το Fire Bug Project¹ αναπτύσσεται από το Berkley University of California το οποίο στοχεύει στη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, έτσι ώστε να προβλέπεται και να ανιχνεύεται έγκαιρα η φωτιά καθώς και να είναι δυνατή η ανάλυση της συμπεριφοράς της φωτιάς.

Μικρού μεγέθους ασύρματοι αισθητήρες τοποθετούνται στο δάσος, οι οποίοι χρησιμοποιώντας το λειτουργικό σύστημα TinyOS αποδιοργανώνονται σε δίκτυα, με σκοπό τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα συνδυάζει ένα μεγάλο αριθμό state-of-the-art αισθητήρες με περιορισμένες υπολογιστικές δυνατότητες, οι οποίοι τρέχουν TinyOS, με off-the-shelf world wide web και τεχνολογίες βάσεων δεδομένων επιτρέποντας στους χρήστες να το αναπτύξουν γρήγορα και να μπορούν παρακολουθούν τη συμπεριφορά του δικτύου.

Συγκεκριμένα το σύστημα αποτελείται από το επίπεδο του δικτύου αισθητήρων, το επίπεδο ελέγχου και επεξεργασίας των δεδομένων και ένα επίπεδο αλληλεπίδρασης και επικοινωνίας με το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

Από το FireBug, χρησιμοποιείται το Surge, ένα πρόγραμμα το οποίο χρησιμοποιείται για multihop routing topology σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Με αυτό οι κόμβοι αισθητήρων αυτό-διοργανώνονται σε δίκτυο, ανιχνεύεται η ύπαρξη των γειτονικών κόμβων αισθητήρων και παρουσιάζονται πληροφορίες όσο αφορά την κατάσταση των αισθητήρων και την τοπολογία του δικτύου.

Κάθε firebug αποτελείται από ένα mote και ένα fireboard. Οι motes προσφέρουν ενέργεια, επικοινωνίας και ικανότητες επεξεργασίας των δεδομένων των οποίων συλλέγονται από το fireboard (Crossbow MTS420CA).

3.3 Σχετική βιβλιογραφία

Αφού μελετήσαμε τί υπάρχει σε υπάρχοντα συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης πυρκαγιών, επιβάλλεται να μελετήσουμε τι υπάρχει σε ερευνητικά γραπτά, έτσι ώστε να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα που θα μας βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση του προβλήματος και των απαιτήσεων του συστήματος. Στη συνέχεια περιγράφουμε κάποια στοιχεία από τα πιο αντιπροσωπευτικά γραπτά που μελετήθηκαν.

Όπως έχουμε πει τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να εφαρμοστούν σε πολλά είδη εφαρμογών παρακολούθησης του κλειστού ή ανοιχτού «χώρου». Μία προηγούμενη μελέτη όσο αφορά την παρακολούθηση περιβάλλοντος, παρουσιάζεται από [*Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring*]² όπου παρουσιάζεται μιας εις βάθος μελέτη για την εφαρμογή ασύρματων δικτύων αισθητήρων για παρακολούθηση χώρου (habitat monitoring) σε πραγματικές συνθήκες. Παρουσιάζονται ένα σύνολο από απαιτήσεις όσο αφορά το υλικό και τους αισθητήρες, το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, τις δυνατότητες για πρόσβαση και διαχείριση των δεδομένων εξ' αποστάσεως. Προτείνεται μια πιθανή αρχιτεκτονική του συστήματος για habitat monitoring γενικά, και παρουσιάζεται πιο συγκεκριμένα για την εφαρμογή παρακολούθησης ενός βιότοπου πουλιών.

Η εφαρμογή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων σε ερευνητικό – πειραματικό επίπεδο για ανίχνευση πυρκαγιάς, έδειξαν αρκετά καλά αποτελέσματα. Στο [*Wireless sensors for wildfire monitoring*]³ παρουσιάζεται η παρακολούθηση του περιβάλλοντος, η οποία επιτυγχάνεται με επιτυχία με τη χρήση αισθητήρων (με δυνατότητα εύρεσης της ακριβούς τους θέσης GPS). Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι αισθητήρες έπαιρναν μετρήσεις μόνον όσο αφορά τη θερμοκρασία, την υγρασία και τη βαρομετρική πίεση. Από τα πειράματα εξάχθηκαν συμπεράσματα υψηλής απόδοσης του δικτύου, καθώς ελάχιστα πακέτα δεν έφταναν εν τέλει στο κεντρικό σταθμό και ισχυρής ικανότητας των αισθητήρων να δίνουν αξιόπιστα δεδομένα στα σημεία που εμφανιζόταν φωτιά. Αξίζει λοιπόν να σημειώσουμε ότι το δίκτυο εκτελούσε απλά multi-hop δρομολόγηση. Επίσης, οι συγγραφείς εντόπισαν μία βασική ανάγκη στην περιοχή του ασύρματου δικτύου αισθητήρων που θα έπρεπε να ικανοποιούν τέτοιου είδους συστήματα. Ουσιαστικά,

προτείνουν να βρεθούν πιο εκλεπτυσμένοι αλγόριθμοι δειγματοληψίας από τους αισθητήρες, των οποίων η δειγματοληψία θα μπορούσε να εξαρτάται από την κατάσταση του περιβάλλοντος.

Ακόμη μία ερευνητική εφαρμογή παρουσιάζεται και στο [*Forest Fire Modeling and Early Detection using Wireless Sensor Networks*]⁴. Οι συγκεκριμένοι διαφοροποιούνται από το προηγούμενο σε δύο σημεία. Πρώτο η τοπολογία του δικτύου που χρησιμοποιούν είναι τύπου clustering και για την ανίχνευση πυρκαγιάς χρησιμοποιούν ένα μοντέλο πυρκαγιάς και συγκεκριμένα το FWI Index. Όσο αφορά την τοπολογία του δικτύου, επιτυγχάνουν την μειωμένη κατανάλωση ενέργειας, έχοντας τους αισθητήρες να είναι ενεργοί κατά περιοδικά διαστήματα και να λαμβάνουν δεδομένα εναλλάξ. Τα καλύτερα αποτελέσματα που είχαν, θεωρούν ότι οφείλονται κυρίως στη χρήση του FWI Index, το οποίο βέβαια βασίζεται στις ίδιες περιβαλλοντικές παραμέτρους που καταμετρούσαν και οι προηγούμενοι.

Στο άρθρο αυτό επικεντρώνονται στην δημιουργία κάποιου κατανεμημένο αλγόριθμο για πρόβλεψη της πυρκαγιάς και της εμβέλειας της.

Ακόμα ένα ερευνητικό γραπτό είναι το [*Wireless Sensor Network Based System For Fire Endangered Areas*]⁵ στο οποίο περιγράφεται ένα πρωτότυπο μιας τέτοιας εφαρμογής, με την οποία λαμβάνονταν μετρήσεις όσο αφορούσε τη θερμοκρασία και την υγρασία. Επικεντρώθηκαν στην υλοποίηση ενός πιο εξελιγμένου mesh net τοπολογίας, παρουσιάζοντας μια ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος και προσομοιωμένα αποτελέσματα του για τον τρόπο που διακινούνται τα αποτελέσματα στο δίκτυο.

Η οργάνωση του ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι πολύ σημαντική αφού η αποδοτική λειτουργία των αισθητήρων επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες και οι οποίοι αφορούν κυρίως το υλικό (hardware) των αισθητήρων του δικτύου λόγω των περιορισμένων πόρων και αποθηκευτικής χωρητικότητας. Για αυτό το λόγο πολλές αρχιτεκτονικές των ασύρματων δικτύων αισθητήρων έχουν αναπτυχθεί, καθώς και δικτυακά πρωτόκολλα. Κάθε είδος εφαρμογής των ασύρματων δικτύων αισθητήρων αντιμετωπίζει διαφορετικές απαιτήσεις και χαρακτηριστικά και κατά συνέπεια η επιλογή της αρχιτεκτονικής του ασύρματου δικτύου κάθε φορά είναι μία δύσκολη επιλογή για τους δημιουργούς της εφαρμογής. Μέσα από το [*Wireless Sensor Networks– Selection Of Routing Protocol For Applications*], παρουσιάζονται και προτείνονται αρχιτεκτονικές και δικτυακά πρωτόκολλα για κάποιες γενικές κατηγορίες

εφαρμογών των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Μέσα από το ερευνητικό γραπτό προδιαγράφεται ότι βέλτιστη αρχιτεκτονική για την κατηγορία εφαρμογών παρακολούθησης του περιβάλλοντος (όπου ανήκει και η δική μας) είναι αυτή που βασίζεται σε multi-hop δρομολόγηση. Καθώς επίσης, μιλώντας πάντα για εφαρμογές ανίχνευσης πυρκαγιών με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, clustering πρωτόκολλα γίνονταν χρήση κυρίως όταν τα μοντέλα ανίχνευσης πυρκαγιάς τους απαιτούσαν clustering αρχιτεκτονική του δικτύου. Ένα καλό παράδειγμα που έγινε χρήση clustering αρχιτεκτονικής είναι το [Real – time Forest Fire Detection with Wireless Sensor Networks]⁶.

3.4 Συμπεράσματα

Μελετώντας το τί υπάρχει μέχρι σήμερα όσο αφορά τεχνικές ανίχνευσης πυρκαγιών που δεν κάνουν χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων, αλλά και ερευνητικά προγράμματα και σχετική βιβλιογραφία τα οποία μελετούν την ανίχνευση πυρκαγιάς με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων καταλήξαμε σε κάποια συμπεράσματα.

Αρχικά συνοψίσαμε τους παράγοντες από τους οποίους επηρεάζονται οι τρέχουσες τεχνικές ανίχνευσης οι οποίες δεν κάνουν χρήση ασύρματου δικτύου αισθητήρων:

- Το μέγεθος της πυρκαγιάς (π.χ. μπορεί να επιβάλλεται να είναι πολύ μεγάλο)
- Οι καιρικές συνθήκες (η ακρίβεια του συστήματος εξαρτάται από αυτές).
- Μέγεθος εύρους περιοχής ανίχνευσης ανά φορά.
- Φωτεινότητα, αν είναι μέρα ή νύχτα.
- Κατά πόσο στηρίζονται στον ανθρώπινο παράγοντα.

Βλέπουμε ότι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μέχρι τώρα έρχονται να υπερνικήσουν τους περιορισμούς αυτούς επιβεβαιώνοντας το ισχυρισμό ότι και σε αυτή την περίπτωση αποτελούν μια υποσχόμενη και εφαρμόσιμη τεχνολογία.

Το σημαντικότερο κομμάτι όμως που έπρεπε να γίνει με το τέλος της έρευνας και της μελέτης της σχετικής βιβλιογραφίας, είναι τα σημεία στα οποία δόθηκε βαρύτητα μέσα από αυτά. Πιο κάτω παραθέτουμε τα σημεία αυτά:

- Αρχιτεκτονική δικτύου (multi-hop ή clustering)
- Διάρκεια ζωής του δικτύου.
- Ύπαρξη ενεργών αισθητήρων κατά περιοδικά διαστήματα
- Αλγόριθμοι συλλογής δεδομένων

- Καθορισμός πολιτικής για αποστολή μηνυμάτων (π.χ. αν ξεπεραστεί κάποιο κατώφλι το οποίο θα υποδεικνύει κίνδυνο)
- Η δειγματοληψία να γίνεται περιοδικά από τους αισθητήρες
- Η συχνότητα λήψης δειγμάτων να εξαρτάται από την κατάσταση του περιβάλλοντος (π.χ. ψηλή θερμοκρασία και χαμηλή υγρασία στη διάρκεια της ημέρας να αυξάνει το ρυθμό λήψης δειγμάτων)
- Μετρήσεις που λαμβάνονταν από τους αισθητήρες για να επιτυγχάνεται ανίχνευση της πυρκαγιάς όσο αφορά τα καιρικά χαρακτηριστικά ή κάποιο μοντέλο φωτιάς.

Κεφάλαιο 4

Αρχιτεκτονική συστήματος

4.1 Εισαγωγή	20
4.2 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής.....	20

4.1 Εισαγωγή

Δεδομένου ότι προσδιορίστηκε πλήρως το πρόβλημα που μελετούμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία, μπορούμε να πούμε ότι έχει σχηματίσει πλέον μια γενική αρχιτεκτονική του συστήματος. Βλέποντας με αφαιρετικό τρόπο το σύστημα ολόκληρο, είναι ξεκάθαρο ότι η αρχιτεκτονική μπορεί να διαχωριστεί σε διάφορα επίπεδα. Σε αυτό τμήμα περιγράφεται ο διαχωρισμός της αρχιτεκτονικής του συστήματος και επεξηγείται η λειτουργία του κάθε επίπεδου και σε γενικές γραμμές οι λειτουργίες για τις οποίες είναι υπεύθυνο το κάθε σύστημα.

4.2 Επισκόπηση αρχιτεκτονικής

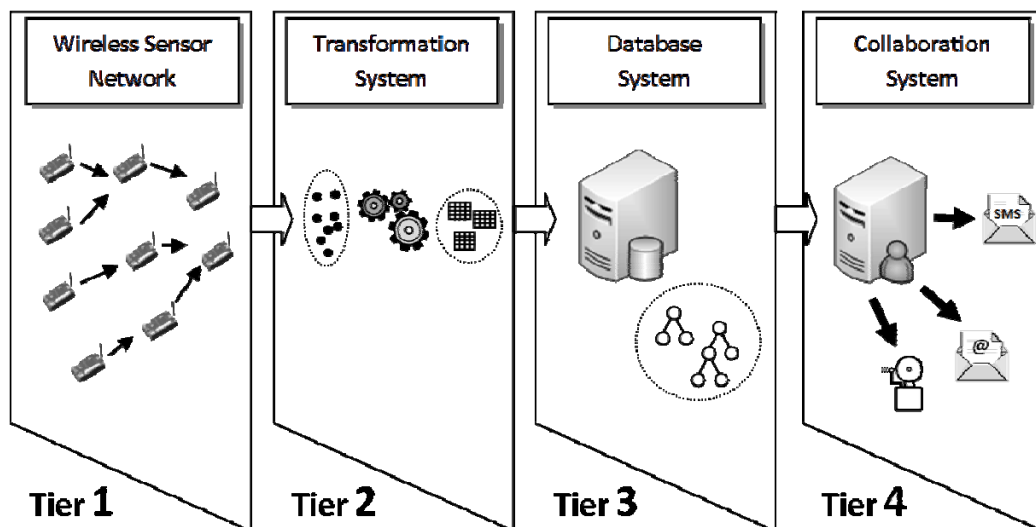
Κάνοντας μια αναδρομή στη γενική λειτουργία του συστήματος εύκολα διαφαίνεται ότι το βασικότερο τμήμα του συστήματος είναι το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, το οποίο αποτελείται από μικρούς ασύρματους αισθητήρες. Όπως έχουμε προαναφέρει οι αισθητήρες πρέπει να καταγράφουν σε τακτά χρονικά διαστήματα, περιβαλλοντικά φαινόμενα, τα οποία θα προωθούνται σε ένα κεντρικό σύστημα. Τα ακατέργαστα αυτά δεδομένα, θα επεξεργάζονται με κάποια τεχνική ανάλυσης δεδομένων, με σκοπό την παραγωγή υψηλής ποιότητας πληροφοριών και στη συνέχεια θα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Έτσι, το κεντρικό σύστημα θα δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να ελέγχουν την κατάσταση της επιλεγμένης περιοχής, με τη χρήση ενός web

application και με τη χρήση ενός collaboration server θα ενημερώνονται οι αρμόδιες αρχές για την ανίχνευση πιθανού κινδύνου πυρκαγιάς.

Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η αρχιτεκτονική του συστήματος μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερα επίπεδα. Αυτή η τεσσάρων επιπέδων (4-tier) αρχιτεκτονική, αποτελείται από τα εξής επίπεδα:

- i) Επίπεδο-1 (Tier-1): το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων,
- ii) Επίπεδο-2 (Tier-2): αποδέχεται τα ακατέργαστα δεδομένα από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, τα επεξεργάζεται, από τα οποία παράγονται υψηλού επιπέδου πληροφορίες και τα προωθεί στο κεντρικό σύστημα βάσης δεδομένων,
- iii) Επίπεδο-3 (Tier-3): η βάση δεδομένων όπου θα αποθηκεύονται τα δεδομένα που λήφθηκαν από τους αισθητήρες και με τη χρήση κάποιων τεχνικών ανάλυσης εξάγονται υψηλής ποιότητας πληροφορίες,
- iv) Επίπεδο-4 (Tier-4): το σύστημα συνεργασίας, το οποίο αναλύει τις υψηλής ποιότητας πληροφορίες που εξάχθηκαν από τη βάση και όταν υπάρχει ανάγκη ενεργοποιεί το «σήμα κινδύνου», ειδοποιώντας τις εμπλεκόμενες αρχές για τον πιθανό κίνδυνο.

Στο Σχήμα 4.1 βλέπουμε σχηματικά τα τέσσερα επίπεδα από τα οποία αποτελείται η αρχιτεκτονική του συστήματος.



Σχήμα 4.1: FireSense 4-επίπεδα (4-tier) Αρχιτεκτονική

Παρατηρούμε ότι το κάθε επίπεδο μπορεί να θεωρηθεί ως ανεξάρτητο και με την αποτελεσματική επικοινωνία του με το επόμενο επίπεδο επιτυγχάνεται η λειτουργία του συστήματος και κατ' επέκταση το επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 5

Απαιτήσεις συστήματος

5.1 Εισαγωγή	24
5.2 Γενικές απαιτήσεις.....	24
5.2.1 Σταθερή συμπεριφορά συστήματος	24
5.2.2 Χρόνος απόκρισης.....	25
5.2.3 Ανεξαρτησία πλατφόρμας	25
5.3 Απαιτήσεις Tier-1	25
5.3.1 Αισθητήρες	25
5.3.2 Sensor board.....	26
5.3.3 Θήκη αισθητήρων.....	27
5.3.4 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων	27
5.3.5 Ευρωστία και διατήρηση απόδοσης του δικτύου	28
5.3.6 Διάρκεια ζωής του δικτύου	28
5.3.7 Επεκτασιμότητα του δικτύου	28
5.4 Απαιτήσεις Tier-2	29
5.5 Απαιτήσεις Tier-3	29
5.5.1 Προσδιορισμός οντοτήτων αποθήκευσης δεδομένων.....	29
5.5.2 Αποθήκευση δεδομένων για δημιουργία ιστορικού αρχείου	29
5.5.3 Δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων	30
5.5.4 Αξιοπιστία παραγωγής συναγερμού.....	30
5.5.5 Ασφάλεια	30
5.6 Απαιτήσεις Tier-4	30
5.6.1 Ειδοποίηση αρμόδιων αρχών.....	31
5.7 Web application – Λειτουργικές απαιτήσεις.....	31

5.1 Εισαγωγή

Δεδομένου ότι προσδιορίστηκε πλήρως το πρόβλημα που μελετούμε σε αυτή τη διπλωματική εργασία, πρέπει να μελετήσουμε κάποιες γενικές απαιτήσεις που αντιμετωπίζουν γενικά τα δίκτυα αισθητήρων καθώς και άλλες τις οποίες καλείται να αντιμετωπίσει το σύστημα μας, όπως ευχρηστία και προσβασιμότητα του συστήματος. Μελετώντας τις απαιτήσεις του συστήματος μπορούμε να οδηγηθούμε σε καλύτερη κατεύθυνση κατά τη διάρκεια της υλοποίησης ώστε το σύστημα να εκτελεί τις απαραίτητες εργασίες στο βέλτιστο τους.

Στη συνέχεια μελετούμε και προσδιορίζουμε συγκεκριμένα τις απαιτήσεις που αντιστοιχούν στο πρόβλημα μας και τις οποίες θα συναντήσουμε στον δρόμο μας κατά την διάρκεια της απόπειρας μας να το υλοποιήσουμε. Είναι ασφαλώς αφελές να ισχυριστούμε ότι γνωρίζουμε από πριν κάθε δυσκολία που θα αντιμετωπίσουμε και κατ' επέκταση κατά λέξη τις προδιαγραφές του συστήματος. Επομένως το ενδεχόμενο να γίνει οποιαδήποτε αλλαγή παραμένει ανοιχτό. Περιγράφονται λοιπόν οι απαιτήσεις ξεχωριστά για κάθε ένα από τα προτεινόμενα επίπεδα του συστήματος που περιγράψαμε πιο πάνω (Wireless Sensor Networks, Transformation system, Database system, Collaborative System).

Επίσης, το τμήμα αυτό θα μας βοηθήσει έτσι ώστε μετά την υλοποίηση να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα σχετικά με το ποσοστό στο οποίο επιλύσαμε την κάθε επί μέρους απαίτηση. Με λίγα λόγια, η παράθεση των απαιτήσεων αυτών, σκοπό έχει να μας βοηθήσει αφενός στη διαδικασία του σχεδιασμού και της υλοποίησης και αφετέρου στην αντικειμενική αξιολόγηση του κατά πόσο επιλύσαμε τις προκλήσεις στο κάθε επιμέρους τμήμα.

5.2 Γενικές απαιτήσεις

Οι απαιτήσεις που δίνονται στο τμήμα αυτό αποτελούν γενικές απαιτήσεις του συστήματος καθώς αφορούν το σύστημα στην ολότητα του.

5.2.1 Σταθερή συμπεριφορά συστήματος

Το σύστημα στην ολότητα του (δηλ. και το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αλλά και η εφαρμογή για τη διαχείριση του συστήματος) είναι σημαντικό να έχει σταθερή και

προβλεπόμενη συμπεριφορά στις πλείστες των περιπτώσεων. Σε αντίθετη περίπτωση θα είναι δύσκολη όχι μόνον η διαχείριση και η συντήρηση του συστήματος αλλά και η διόρθωση του σε περίπτωση εντοπισμού λάθους.

5.2.2 Χρόνος απόκρισης

Ο χρόνος απόκρισης σε όλα τα επίπεδα του συστήματος πρέπει να είναι μικρός αφού η σημαντικότερη λειτουργία του συστήματος είναι η έγκαιρη πρόβλεψη και ανίχνευση της πυρκαγιάς. Το δίκτυο πρέπει να αναδιοργανώνεται όσο το δυνατό πιο γρήγορα σε περίπτωση αποτυχίας ή καταστροφής κόμβου, τα δεδομένα τα οποία φθάνουν στον κεντρικό σταθμό πρέπει να μετασχηματίζονται σε πληροφορίες κατανοητές προς το χρήστη και να παρουσιάζονται το συντομότερο δυνατό. Οποιαδήποτε καθυστέρηση ή χάσιμο των πληροφοριών μπορεί να καταστήσουν το σύστημα αναξιόπιστο και ασταθές.

5.2.3 Ανεξαρτησία πλατφόρμας

Η εφαρμογή που θα διαχειρίζεται το σύστημα στην ολότητα του, πρέπει να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί έτσι ώστε το σύστημα να είναι ανεξάρτητο από οποιαδήποτε συγκεκριμένη πλατφόρμα, δηλαδή να λειτουργεί με παρόμοιο τρόπο σε οποιαδήποτε από τις υποστηριζόμενες πλατφόρμες.

5.3 Απαιτήσεις Tier-1

Το πρώτο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του συστήματος αφορά τους κόμβους αισθητήρων που αποτελούν το ασύρματο δίκτυο καθώς και τη γενικότερη λειτουργία του δικτύου.

5.3.1 Αισθητήρες

Αρχίζοντας λοιπόν από το θέμα των κόμβων αισθητήρων, θα συνοψίσουμε τα γενικά στοιχεία και χαρακτηριστικά που θα πρέπει να υποστηρίζει το μοντέλο αισθητήρων που θα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια. Παραθέτοντας τα χαρακτηριστικά αυτά θα

διευκολύνουμε την διαδικασία επιλογής του μοντέλου αισθητήρα και sensor board κατά την επόμενη φάση του σχεδιασμού.

Σύμφωνα λοιπόν με τις προδιαγραφές που θέσαμε οι αισθητήρες πρέπει να πληρούν τις πιο κάτω γενικές προϋποθέσεις:

- Να επικοινωνούν με ασύρματη μετάδοση πληροφοριών.
- Να είναι συμβατά με το πρωτόκολλο μετάδοσης δεδομένων IEEE 802.15.4.
- Να διατηρούν ενσωματωμένη on-board αντένα, ακριβώς για την ασύρματη μετάδοση πληροφοριών που προαναφέραμε.
- Να λειτουργούν με ένα ανοικτής-πηγής (open-source) λειτουργικό σύστημα, κατά προτίμηση το TinyOS, το οποίο χρησιμοποιείται από μια μεγάλη μερίδα ερευνητών παγκόσμια.
- Να λειτουργούν με ένα επεξεργαστή χαμηλής ισχύος, με μνήμη τουλάχιστον μερικών δεκάδων KB.
- Να διαθέτουν το απαιτούμενο ποσό ενέργειας αποθηκευμένο σε μορφή μπαταριών, ώστε να έχουν αρκετά μεγάλο διάστημα ζωής, ικανό να αντεπεξέλθει στις απαιτήσεις της εφαρμογής μας, έτσι ώστε το δίκτυο να αποτελεί μια πρακτική και εφαρμόσιμη λύση στο πρόβλημα της ανίχνευσης πυρκαγιών.

5.3.2 Sensor board

Όσο αφορά τη λήψη μετρήσεων από τους αισθητήρες, κάθε κόμβος αισθητήρα του δικτύου μας πρέπει να έχει εγκατεστημένο επάνω του ένα sensor board έτσι ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή περιβαλλοντικών φαινομένων.

Συγκεκριμένα μελετώντας τις παραμέτρους που πρέπει να παρακολουθούμε έτσι ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση πυρκαγιάς από τα υπάρχοντα ερευνητικά συστήματα για ανίχνευση πυρκαγιών και τη σχετική βιβλιογραφία καταλήξαμε ότι οι περιβαλλοντικοί παράμετροι που πρέπει να καταγράφονται είναι οι εξής:

- θερμοκρασία,
- υγρασία (relative humidity),
- ένταση του φωτός
- βαρομετρικής πίεσης.

Επίσης, στην εφαρμογή αυτή εκτός από τις περιβαλλοντικές παραμέτρους είναι σημαντικό να γνωρίζεται όχι μόνο η ύπαρξη φωτιάς αλλά κυρίως η ακριβής τοποθεσία του κάθε αισθητήρα, καθώς η τοποθεσία της φωτιάς (ή της πιθανής φωτιάς) είναι το σημαντικότερο. Είναι αναγκαίο λοιπόν οι αισθητήρες να μπορούν να δώσουν την ακριβή τοποθεσία του κινδύνου στους τελικούς χρήστες πριν η φωτιά να ξεκινήσει ή να επεκταθεί και να γίνει μη ελεγχόμενη.

Οπότε μία επιπλέον δυνατότητα που πρέπει να έχει το sensor board πρέπει είναι:

- η δυνατότητα λήψης της γεωγραφικής θέσης του κάθε αισθητήρα σύμφωνα με το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων (GPS).

5.3.3 Θήκη αισθητήρων

Οι αισθητήρες επιβάλλεται να είναι τοποθετημένοι σε κάποιο είδος θήκης έτσι ώστε να προστατεύονται τόσο από καιρικές συνθήκες καθώς και από άλλους εξωγενείς παράγοντες.

Συγκεκριμένα πρέπει να προσφέρουν προστασία στις καταστροφές του υλικού και του μηχανισμού των αισθητήρων κάτω από δυσμενείς λειτουργικές συνθήκες όπως:

- βροχή
- σκόνη
- ακραίες θερμοκρασίες (περιβαλλοντική θερμοκρασία των 100 ° C)

Παρόλα αυτά καθώς θα προσφέρεται προστασία στους κόμβους αισθητήρων, ταυτόχρονα δεν πρέπει να εμποδίζεται η ικανότητα λήψης περιβαλλοντικών μετρήσεων ή ακόμη και να επηρεάζεται η ακρίβεια τους.

5.3.4 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Αφού έχουμε καθορίσει τις απαιτήσεις όσο αφορά τους κόμβους αισθητήρων, προχωράμε στο θέμα του ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Η εύρεση της βέλτιστης τοπολογίας, του πρωτόκολλου δρομολόγησης και γενικότερα η σωστή λειτουργία του, έχει καθοριστικό ρόλο στην επιτυχία του συστήματος μας.

Ακολούθως παρατίθενται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να έχει το δίκτυο μας.

5.3.5 Ευρωστία και διατήρηση απόδοσης του δικτύου

Ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και γενικότερο το δύσβατο περιβάλλον στο οποίο θα βρίσκονται τοποθετημένοι οι αισθητήρες θα πρέπει να διατηρείται το υψηλό επίπεδο απόδοσης τους και κατ' επέκταση η απόδοση του ασύρματου δικτύου το οποίο σχηματίζουν. Συγκεκριμένα, η απόδοση του ασύρματου δικτύου αισθητήρων μπορεί να επηρεαστεί λόγω καταστροφής ενός ή περισσότερων αισθητήρων. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, εφόσον οι αισθητήρες θα βρίσκονται σε ανοιχτό περιβάλλον, όπως είναι φυσικά οι δασικές περιοχές, ακόμη και αν γίνουν επιτυχώς όλες οι απαιτήσεις που καθορίσαμε για αυτούς, κινδυνεύουν να καταστραφούν είτε από κακόβουλες πράξεις τρίτων, είτε λόγω πυρκαγιάς ή ακόμη και από παρέμβαση κάποιου ζώου. Ακόμη η οποιαδήποτε καταστροφή κάποιου κόμβου αισθητήρα μπορεί να προκληθεί από αμέλεια των προμηθευτών των αισθητήρων ή των υπεύθυνων του συστήματος για συντήρηση των αισθητήρων. Θέλουμε να καταλήξουμε στο συμπέρασμα ότι η αρχιτεκτονική του δικτύου και το πρωτόκολλο δρομολόγησης που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι τέτοια έτσι ώστε να προσφέρει ευρωστία και ελαστικότητα σε αποτυχίες των αισθητήρων (network fault tolerance) έτσι ώστε να διατηρείται η υψηλή αποδοτικότητα του δικτύου.

5.3.6 Διάρκεια ζωής του δικτύου

Η διάρκεια ζωής του δικτύου είναι ένα κρίσιμο σημείο για την ανάπτυξη του συστήματος. Οι αισθητήρες θα πρέπει να «εργάζονται» διαρκώς για μήνες και συγκεκριμένα τουλάχιστον γύρω στους πέντε μήνες (καθώς τόσο είναι και η περίοδος υψηλού κινδύνου πυρκαγιάς). Αφού οι αισθητήρες παίρνουν ενέργεια από μη-επαναφορτιζόμενες πηγές (μπαταρίες), η κατανάλωση ενέργειας των αισθητήρων πρέπει να είναι όσο πιο χαμηλή γίνεται.

5.3.7 Επεκτασιμότητα του δικτύου

Η επεκτασιμότητα (scalability) του δικτύου είναι σημαντική, εφόσον το δίκτυο μπορεί να περιέχει εκατοντάδες αισθητήρες. Πρέπει λοιπόν το δίκτυο να μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά ακόμη και με ένα τόσο μεγάλο αριθμό αισθητήρων. Επίσης, η «πυκνότητα» των αισθητήρων στο δίκτυο μπορεί να είναι από μερικούς μόνον αισθητήρες μέχρι εκατοντάδες σε μια μόνο περιοχή.

5.4 Απαιτήσεις Tier-2

Τα δεδομένα τα οποία συλλέγονται θα πρέπει να παρουσιάζονται σε μορφή κατανοητή προς το χρήστη, γι' αυτό και πρέπει να γίνεται επεξεργασία των πακέτων των οποίων φθάνουν στο κεντρικό σταθμό και να παρουσιάζονται στο χρήστη σε κατανοητή μορφή.

5.5 Απαιτήσεις Tier-3

Το τρίτο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του συστήματος μας αφορά τη διαχείριση, επεξεργασία και αποθήκευση των δεδομένων στη βάση δεδομένων. Το σύστημα πρέπει να έχει μια καλά δομημένη βάση, όπου θα αποθηκεύονται τα απαραίτητα δεδομένα για τη σωστή λειτουργία του συστήματος.

5.5.1 Προσδιορισμός οντοτήτων αποθήκευσης δεδομένων

Στη βάση δεδομένων του συστήματος θα αποθηκεύονται τα δεδομένα τα οποία λαμβάνονται στον κεντρικό σταθμό, πληροφορίες για τους κόμβους αισθητήρων, την κατάσταση του δικτύου και άλλα δεδομένα που χρειάζονται για τη διαχείριση του συστήματος.

Συγκεκριμένα πρέπει να κρατούνται πληροφορίες για τις εξής οντότητες:

- Πακέτα αισθητήρων σε ακατέργαστη μορφή
- Πακέτα αισθητήρων με τις επεξεργασμένες μετρήσεις
- Πακέτα αισθητήρων τα οποία περιέχουν πληροφορίες όσο αφορά την κατάσταση τους (health packet)
- Αρμόδιες αρχές του συστήματος
- Κανόνες ενεργοποίησης συναγερμού
- Χρήστες συστήματος

5.5.2 Αποθήκευση δεδομένων για δημιουργία ιστορικού αρχείου

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους κόμβους αισθητήρων είναι επιθυμητό να αποθηκεύονται μόνιμα αφού μπορεί στο μέλλον να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των

περιβαλλοντικών παραμέτρων σε αντίστοιχες καταστάσεις. Επιπλέον δεδομένα τα οποία πάρθηκαν κατά τη διάδοση κάποιας πυρκαγιάς θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη των μοντέλων διάδοσης των πυρκαγιών συμβάλλοντας στην ανάπτυξη νέων τεχνικών για καλύτερη αντιμετώπιση τους.

5.5.3 Δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλης ποσότητας δεδομένων

Αναλογιζόμενοι ανά μικρά χρονικά διαστήματα (από δευτερόλεπτα μέχρι ελάχιστα λεπτά), οι αισθητήρες αποστέλλουν πακέτα στο κεντρικό σταθμό, συνειδητοποιούμε το μεγάλο αριθμό δεδομένων που καλείται να διαχειρίζεται η βάση δεδομένων του συστήματος μας.

Επίσης, καθώς επιθυμούμε τη δημιουργία ιστορικού αρχείου με τις μετρήσεις που λαμβάνονται για σκοπούς έρευνας, είναι αναγκαία η ύπαρξη κάποιου άλλου εξυπηρετητή όπου τα δεδομένα μετά από κάποιο χρόνο παραμονής τους (π.χ μια ημέρα ή μια βδομάδα) στη βάση δεδομένων όπου τρέχει το σύστημα θα αφαιρούνται και θα προωθούνται εκεί για να αποθηκευθούν.

5.5.4 Αξιοπιστία παραγωγής συναγερμού

Ένα ζήτημα το οποίο είναι σημαντικό για το σύστημα είναι η αξιοπιστία του όσο αφορά την παραγωγή συναγερμού για κίνδυνο. Το σύστημα πρέπει να έχει ψηλή επίδοση και αποτελεσματική ανίχνευση συναγερμού, με τους λανθασμένους συναγερμούς να περιορίζονται κάτω από το 10%.

5.5.5 Ασφάλεια

Επιβάλλεται η χρήση μηχανισμών ασφάλειας τόσο για την ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων υποκλοπής όσο και αλλοίωσης των πληροφοριών. Πρέπει να υπάρχει εφεδρικό σύστημα έτσι ώστε να διασφαλίζεται ότι σε περίπτωση προβλήματος στο σκληρό δίσκο, οι πληροφορίες θα είναι πάντα προσπελάσιμες.

5.6 Απαιτήσεις Tier-4

Το τελευταίο επίπεδο του συστήματος (Tier-4) είναι το επίπεδο που είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο ύπαρξης κινδύνου την ειδοποίηση των αρμοδίων αρχών.

5.6.1 Ειδοποίηση αρμόδιων αρχών

Για την ειδοποίηση των καταχωρημένων αρχών το ιδανικότερο θα ήταν να ειδοποιούνται με μήνυμα στο ηλεκτρονικό τους ταχυδρομείο, καθώς και με sms. Για τις λειτουργίες αυτές όμως είναι αναγκαία η ύπαρξη ISP (Internet Service Provider), email gateway εκεί που θα είναι εγκατεστημένο το web application του συστήματος. Επίσης, όσο αφορά την ειδοποίηση με sms πρέπει να υπάρχει Telecommunications Service Provider και συγκεκριμένα GSM/GPRS και πάλι στο σημείο που θα είναι εγκατεστημένο το σύστημα.

5.7 Web application – Λειτουργικές απαιτήσεις

Η διαχείριση του συστήματος και η πρόσβαση στις πληροφορίες που συλλέγονται από το δίκτυο από τους χρήστες, θα γίνεται μέσω ενός web application. Φυσικά για να έχει πρόσβαση ο χρήστης σε αυτό θα πρέπει να έχει πρόσβαση στο διαδίκτυο.

Μπορούμε να διαχωρίσουμε τις λειτουργικές απαιτήσεις της εφαρμογής στις γενικές απαιτήσεις και στις πιο συγκεκριμένες, οι οποίες μπορούν να διαχωριστούν βάση των οντοτήτων του συστήματος, δηλαδή βάση των πακέτων που αποστέλλονται, το δίκτυο αισθητήρων, τις αρμόδιες αρχές, του κανόνες ενεργοποίησης συναγερμού και τη γενική διαχείριση του συστήματος:

Κατ' επέκταση οι βασικές γενικές απαιτήσεις της εφαρμογής είναι οι εξής:

- Πρέπει να είναι απλή στο χρήστη και διαισθητική.
- Για σκοπούς ασφαλείας και προστασίας των δεδομένων, όλοι οι χρήστες πρέπει να χρησιμοποιούν κωδικό.
- Αξιοπιστία του συστήματος με συστηματικό έλεγχο καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας του. Απαιτείται λοιπόν έλεγχος των δεδομένων που εισάγονται στο σύστημα προτού καταχωρηθούν στη βάση δεδομένων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η αποθήκευση λανθασμένων στοιχείων στο σύστημα.

Όσο αφορά τις συγκεκριμένες απαιτήσεις τις παρουσιάζουμε πιο κάτω, διαχωρισμένες βάση των οντοτήτων που αναφέραμε πιο πάνω:

Για την οντότητα των πακέτων:

- Παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο των πακέτων με τις μετρήσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων που αποστέλλονται από τους αισθητήρες στον base node.
- Παρουσίαση σε πραγματικό χρόνο των πακέτων με την κατάσταση των αισθητήρων (health packets) που αποστέλλονται από τους αισθητήρες στον base node.

Για την οντότητα των αισθητήρων:

- Παρουσίαση όλων των αισθητήρων καθώς και του τρόπου διασύνδεσης τους (τοπολογία του δικτύου).
- Παρουσίαση του κάθε αισθητήρα με εικονίδιο το οποίο θα χαρακτηρίζει την κατάσταση του.
- Παρουσίαση όλων των αισθητήρων και δυνατότητα στον χρήστη πατώντας επάνω τους να δει περισσότερες πληροφορίες (όπως επίπεδο της μπαταρίας κτλ.)

Για την οντότητα των αρμόδιων αρχών:

- Δυνατότητα παρουσίασης των καταχωρημένων αρμόδιων αρχών
- Δυνατότητα εισαγωγής στοιχείων για καταχώρηση νέων αρμόδιων αρχών.

Για την οντότητα των κανόνων:

- Δυνατότητα παρουσίασης των καταχωρημένων κανόνων
- Δυνατότητα εισαγωγής στοιχείων για καταχώρηση νέων κανόνων.

Επίσης με την καταπάτηση κάποιου κανόνα καλό θα ήταν να γίνεται και εικονική ενημέρωση του συναγερμού στην εφαρμογή για ενημέρωση του χρήστη.

Κεφάλαιο 6

Σχεδιασμός

6.1 Εισαγωγή	34
6.2 Σχεδιασμός Tier-1	34
6.2.1 Συνιστώντα μέρη επιπέδου – Αφαιρετική αρχιτεκτονική επιπέδου	34
6.2.2 Επιλογή μοντέλου αισθητήρων.....	35
6.2.3 Επιλογή τοπολογίας ασύρματου δικτύου αισθητήρων.....	40
6.2.4 Περιγραφή XMesh (mesh networking protocol).....	43
6.2.5 Περιγραφή του XServe.....	44
6.2.6 Συνοπτική περιγραφή διασύνδεσης ασύρματου δικτύου αισθητήρων – gateway – εφαρμογής.....	45
6.2.7 Δομή πακέτου δικτύου κόμβου αισθητήρων	45
6.3 Σχεδιασμός Tier-2	47
6.3.1 Μετασχηματισμός πεδίων πακέτου σε παγκόσμιες μονάδες μέτρησης	48
6.4 Σχεδιασμός Tier-3	53
6.4.1 Οντότητες	53
6.4.2 Μεγέθη τύπων βάσης δεδομένων	54
6.4.3 Περιγραφή πινάκων βάσης δεδομένων	54
6.5 Σχεδιασμός Tier-4.....	60
6.5.1 Υπηρεσία Ενημέρωσης.....	60
6.6 Web application	62
6.6.1 Ασφάλεια	62
6.6.2 Παρουσίαση πακέτων	62
6.6.3 Αξιοπιστία του συστήματος.....	64
6.6.4 Πληροφορίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων και τοπολογία	64
6.6.5 Αρμόδιες Αρχές	64
6.6.6 Κανόνες	65

6.1 Εισαγωγή

Αφού καθορίσαμε τις γενικές απαιτήσεις του συστήματος, καθώς και τις απαιτήσεις για το κάθε επίπεδο της αρχιτεκτονικής ξεχωριστά, ήρθε η στιγμή να προχωρήσουμε στη σχεδίαση του συστήματος. Το τμήμα αυτό έχει σκοπό να παρουσιάσει την αναλυτική αρχιτεκτονική και σχεδίαση του κάθε επιπέδου καθώς και της κάθε διεργασίας - λειτουργίας του συστήματος, έτσι ώστε να προχωρήσουμε επιτυχώς στην υλοποίηση. Με βάση τις απαιτήσεις και προδιαγραφές που καθορίστηκαν για κάθε επίπεδο από το προηγούμενο τμήμα, καθορίζονται τα τμήματα και οι διεργασίες για τις οποίες είναι υπεύθυνα, από τα οποία θα απαρτίζεται.

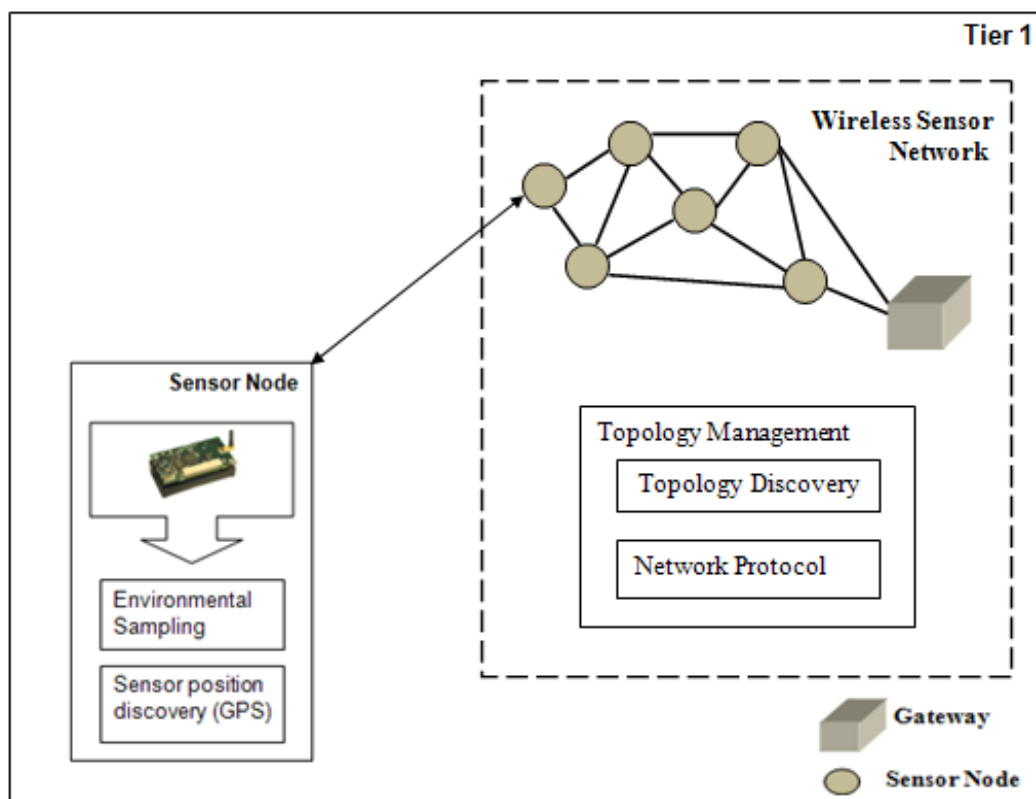
6.2 Σχεδιασμός Tier-1

Το πρώτο επίπεδο όπως έχουμε εξηγήσει προηγουμένως αφορά το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που θα κάνει χρήση το σύστημα. Κατ' επέκταση σε αυτό το τμήμα παρουσιάζονται με λεπτομέρεια όσα αφορούν την αρχιτεκτονική και λειτουργία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων.

6.2.1 Συνιστώντα μέρη επιπέδου – Αφαιρετική αρχιτεκτονική επιπέδου

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από κόμβους αισθητήρων οι οποίοι επικοινωνούν ασύρματα μεταξύ τους. Οι αισθητήρες «παίρνουν» σε τακτά χρονικά διαστήματα δεδομένα όσο αφορά φυσικές περιβαλλοντικές παραμέτρους. Για τη λειτουργία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων είναι υπεύθυνο κάποιο δικτυακό πρωτόκολλο με το οποίο επιτυγχάνεται η αρχική δημιουργία - οργάνωση του δικτύου, καθώς και η αναδιοργάνωση του κάθε φορά που τυχαίνει οποιαδήποτε αλλαγή σε αυτό.

Στο Σχήμα 6.1 βλέπουμε πως μπορεί να διαχωριστεί το επίπεδο αυτό καθώς και τις λειτουργίες για τις οποίες είναι υπεύθυνο το κάθε τμήμα.



Σχήμα 6.1: Συνιστώντα μέρη και λειτουργίες πρώτου επιπέδου

6.2.2 Επιλογή μοντέλου αισθητήρων

Στο σημείο αυτό, δεδομένου ότι έχουμε σχηματίσει πλήρως τις γενικές απαιτήσεις του συστήματος καθώς και αναλυτικά τις απαιτήσεις για κάθε επίπεδο (tier), έφτασε η στιγμή να επιλέξουμε τα μοντέλα αισθητήρων καθώς και τα μοντέλα των sensor board που θα χρησιμοποιήσουμε κατά την υλοποίηση και τον προγραμματισμό του συστήματος μας. Η διαδικασία επιλογής αισθητήρων δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, λαμβάνοντας υπόψη την πληθώρα που υπάρχουν στην αγορά, με τις διαφορετικές ικανότητες και χαρακτηριστικά του κάθε τύπου ξεχωριστά.

6.2.2.1 Αισθητήρες

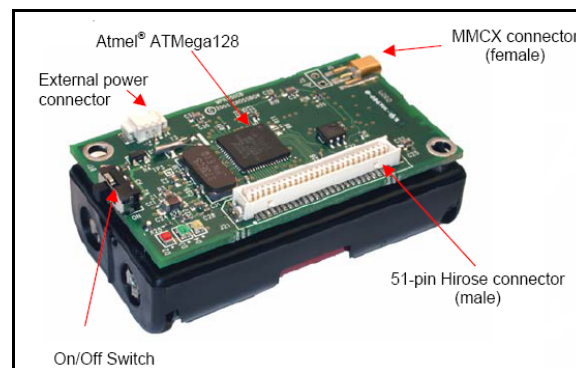
Σε προηγούμενο κεφάλαιο συνοψίσαμε τα γενικά στοιχεία που πρέπει να υποστηρίζει το μοντέλο ή τα μοντέλα αισθητήρων που θα επιλεγθούν.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές που θέσαμε η επιλογή αισθητήρων έγινε μια σχετικά εύκολη διαδικασία καθώς μειώθηκε αισθητά η λίστα με τα διαθέσιμα μοντέλα. Στόχος ήταν η επιλογή κάποιων αισθητήρων που να καλύπτουν τις βασικές απαιτήσεις του συστήματος καθώς και να βοηθούν την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων, που να αφορούν θέματα του ασύρματου δικτύου αισθητήρων όπως την κατανάλωση ενέργειας και άλλες χρήσιμες συγκρίσεις.

Η εταιρία κατασκευής αισθητήρων η οποία μας έπεισε για την τελική μας επιλογή ήταν τελικά η CrossBow technologies⁷, η οποία αποτελεί μια πολύ αξιόπιστη εταιρία στο χώρο. Με την έρευνα που διεξήγαμε όσο αφορά τους αισθητήρες, καταλήξαμε σε δύο δημοφιλής πλατφόρμες τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, τον Mica2⁸ και τον IRIS⁹.

Οι αισθητήρες Mica2 τρέχουν το TinyOS (TOS) Distributed Software Operating System, εκτελώντας προγράμματα γραμμένα στη γλώσσα προγραμματισμού NesC. Οι Mica2 έχουν πολλαπλά κανάλια (radio transceiver) και μπορούν να εκπέμπουν σε 325, 433 ή 868/916 MHz συχνότητες.

Στο Σχήμα 6.2 βλέπουμε ένα αισθητήρα Mica2 καθώς για ποιο πράγμα είναι υπεύθυνο το κάθε εξάρτημα.



Σχήμα 6.2: Αισθητήρας Mica2

Οι αισθητήρες Iris τρέχουν το TinyOS (TOS) Distributed Software Operating System, εκτελώντας προγράμματα γραμμένα στη γλώσσα προγραμματισμού NesC. Οι Iris προσφέρουν χαρακτηριστικά τα οποία προσφέρουν νέες δυνατότητες στη συνολική λειτουργία του δικτύου. Μερικά από τα επιπρόσθετα χαρακτηριστικά που έχουν και

μας ενδιαφέρουν είναι ότι προσφέρουν σχεδόν διπλή εμβέλεια της ακτίνας τους σε ανοιχτό χώρο (Mica2 150m , Iris 300m) και σχεδόν διπλή αποθηκευτική χωρητικότητα. Στο Σχήμα 6.3 βλέπουμε ένα αισθητήρα Iris



Σχήμα 6.3: Αισθητήρας IRIS

6.2.2.2 Αισθητήρας – Base Station

Για τη λειτουργία του ασύρματου δικτύου αισθητήρων γνωρίζουμε ότι πρέπει να έχουμε ένα gateway, ο οποίος παραλαμβάνει τα δεδομένα τα οποία λαμβάνουν οι αισθητήρες του δικτύου.

Οι αισθητήρες που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε μπορούν να προγραμματιστούν έτσι ώστε να λειτουργούν ως base node, ενώνοντας τους όμως με ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Γι αυτό το σκοπό στο σύστημα μας θα χρησιμοποιηθεί το MIB520 το οποίο βλέπουμε στο Σχήμα.



Σχήμα 6.3: MIB520 Mote Interface Board

6.2.2.3 Sensor board

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στην επιλογή του sensor board το οποίο θα ταίριαζε στις προδιαγραφές του συστήματός μας, καθώς όπως έχουμε προαναφέρει για την εφαρμογή

μας είναι πολύ σημαντικό να είναι δυνατή η λήψη διάφορων φυσικών περιβαλλοντικών φαινομένων, όπως η υγρασία.

Η Crossbow προσφέρει ένα πλήθος sensor και data acquisition boards για τους MICA2. Τα sensor boards ενώνονται με τους MICA2 μέσω ενός 51-pin expansion connector. Ενώνοντας τους λοιπόν με επιπλέον sensor board, οι αισθητήρες έχουν την δυνατότητα να παίρνουν διάφορες μετρήσεις όπως φως, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βαρομετρική πίεση, επιτάχυνση / σεισμική, ακουστική και το μαγνητικό αισθητήρα. Μελετώντας λοιπόν τα data acquisition boards για τους MICA2 της Crossbow, εντοπίσαμε το sensor board MTS420CC το οποίο παρέχει τις απαραίτητες λειτουργίες έτσι ώστε να γίνει χρήση του για εφαρμογές που αφορούν την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και ανίχνευση φαινομένων καθώς έχει τη δυνατότητα ύπαρξης GPS-module που επιτρέπει την γνώση της ακριβούς θέσης των αισθητήρων που είναι ιδιαίτερα σημαντική στην εφαρμογή μας.

Πιο κάτω στο Σχήμα 6.2, φαίνεται το sensor board MTS420CC που επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε.



Σχήμα 6.4: MTS420CC (with GPS Module)

Το sensor board MTS420CC προσφέρει πέντε βασικές αισθητήρες περιβαλλοντικών παραμέτρων (acceleration και στους δύο άξονες (x,y), βαρομετρική πίεση, έντασης φωτός, σχετική υγρασία, θερμοκρασία) και GPS module.

Θεωρήσαμε χρήσιμο να παραθέσουμε σε μορφή πινάκων τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μετρήσεων των αισθητήρων που κάνει χρήση το sensor board MTS420CC ¹⁰, έτσι ώστε να γνωρίζουμε σημαντικές λεπτομέρειες οι οποίες θα παίξουν σημαντικό ρόλο κατά την υλοποίηση του συστήματος.

Γίνεται χρήση του αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας Sensirion SHT11. Στον πίνακα 6.1 βλέπουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του Sensirion SHT11.

Sensor Type	Sensirion SHT11	
Channels	Humidity	Temperature
Range	0 to 100%	-40°C to 80°C
Accuracy	± 3.5% RH (typical)	± 2°C
Operating Range	3.6 to 2.4 volts	
Interface	Digital interface	

Πίνακας 6.1: Προδιαγραφές του Sensirion® SHT11

Γίνεται χρήση του αισθητήρα βαρομετρικής πίεσης και θερμοκρασίας Intersema MS55ER.

Στον πίνακα 6.2 βλέπουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του Intersema MS55ER.

Sensor Type	Intersema MS55ER	
Channels	Pressure & Temperature	
Range	300 to 110 mbar	-10°C to 60°C
Accuracy	± 3.5%	± 2°C
Operating Range	3.6 to 2.2 volts	
Interface	Digital interface	

Πίνακας 6.2: Προδιαγραφές του Intersema MS55ER

Για τον αισθητήρα φωτός γίνεται χρήση του ψηφιακού αισθητήρα Taos TSL2550. Ο οποίος συνδυάζει δύο φωτοδιόδους.

Στον πίνακα 6.3 βλέπουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του Taos TSL2550

Sensor Type	Taos TSL2550	
Channels	Light	
Range	400 – 1000 nm	
Operating Range	3.6 to 2.7 volts	
Interface	Digital interface	

Πίνακας 6.3: Προδιαγραφές του Taos TSL2550

Όσο αφορά το 2-Axis Accelerometer γίνεται χρήση του ADXL202JE's.

Στον πίνακα 6.4 βλέπουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά του ADXL202JE's.

Sensor Type	Analog Devices ADXL202JE
Channels	X (ADC1), Y (ADC2)
Range	± 2 G (1 G = 9.81 m/s ²)
Sensitivity	167 mV/G, ± 17 %
Resolution	2 mG (0.002 G) RMS
Offset	VBATTERY/2 ± 0.4 V
Operating Range	3.6 to 3.0 V
Interface	Digital interface

Πίνακας 6.4: Προδιαγραφές του ADXL202JE's

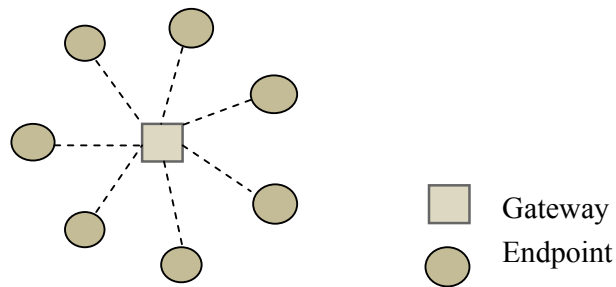
Αισιοδοξούμε ότι τα συγκεκριμένα μοντέλα που επιλέξαμε, είναι αρκετά αντιπροσωπευτικά και εφαρμόσιμα στα πλαίσια της εφαρμογής μας. Πρόκειται για πρόσφατες τεχνολογικές κατασκευές που ενσωματώνουν στην δομή τους όλα τα αναγκαία χαρακτηριστικά και ιδιότητες των σύγχρονων αισθητήρων. Κατ' επέκταση θεωρούμε ότι μπορούν να μας προσφέρουν όλες τις αναγκαίες υπολογιστικές ικανότητες που χρειαζόμαστε στο σύστημα μας καθώς και τις αναγκαίες μετρήσεις για τα φυσικά φαινόμενα που πρέπει να παρατηρούμε.

6.2.3 Επιλογή τοπολογίας ασύρματου δικτύου αισθητήρων

Υπάρχουν διάφορες αρχιτεκτονικές οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υλοποιηθούν εφαρμογές οι οποίες κάνουν χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Μεταξύ αυτών, οι πιο κοινές αρχιτεκτονικές είναι η star, η mesh και η star-mesh hybrid. Κάθε τοπολογία έχει το δικό της σύνολο προκλήσεων, πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων και κάθε τοπολογία είναι κατάλληλη σε κάποιες συνθήκες και ακατάλληλη σε άλλη. Στην συνέχεια επεξηγούμε εν συντομία τις τρεις πιο πάνω τοπολογίες που αναφέραμε.

6.2.3.1 Τοπολογία Star

Η τοπολογία star είναι ένα single-hop σύστημα στο οποίο όλοι οι αισθητήρες βρίσκονται απευθείας σε ένα εύρος επικοινωνίας από τον gateway. Όλοι οι αισθητήρες είναι πανομοιότυποι και τελικοί κόμβοι, δηλ. Ο gateway εξυπηρετεί απευθείας όλους τους κόμβους αισθητήρων. Κατ' επέκταση οι αισθητήρες δεν στέλνουν δεδομένα και εντολές στους άλλους αισθητήρες.



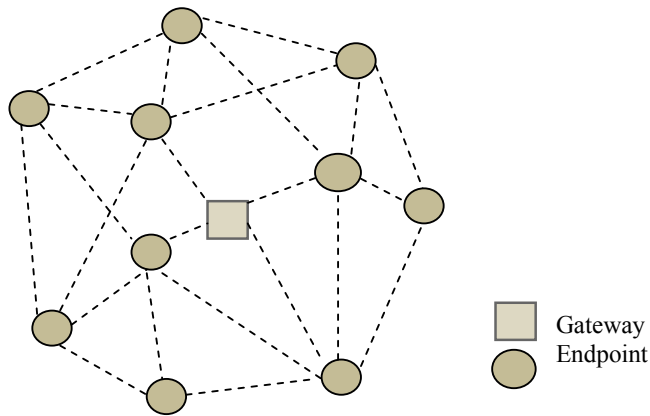
Σχήμα 6.5: Τοπολογία Star

Η τοπολογία star προσφέρει τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας αλλά περιορίζεται από το γεγονός ότι κάθε endpoint πρέπει να βρίσκεται σχετικά κοντά με τον gateway (περίπου 30-100m). Αν κάποιος από τους κόμβους πεθάνει, ή χαθεί για κάποιο λόγο το μονοπάτι προς αυτόν, το υπόλοιπο δίκτυο δεν επηρεάζεται.

Η τοπολογία αυτή στην δική μας περίπτωση δεν είναι κατάλληλη για το λόγο ότι όπως έχουμε προαναφέρει οι αισθητήρες θα αποδιοργανώνονται σε δίκτυο και αφού το δίκτυο θα πρέπει να καλύπτει μεγάλες δασικές περιοχές δεν είναι εγγυημένο ότι κάθε κόμβος θα απέχει από 30-100 μέτρα από τον gateway.

6.2.3.2 Τοπολογία Mesh

Η τοπολογία mesh είναι multi-hopping τοπολογία όπου όλοι οι αισθητήρες είναι πανομοιότυποι και μπορούν να επικοινωνήσουν με κάθε άλλο από τους αισθητήρες του δικτύου έτσι ώστε να προωθούν πακέτα από και προς τον gateway (δηλ. αντίθετα με την τοπολογία star). Όλοι οι αισθητήρες είναι και δρομολογητές, αφού προσφέρουν εναλλακτικά μονοπάτια σε περίπτωση συμφόρησης του δικτύου ή αποτυχίας κάποιου κόμβου αισθητήρα.



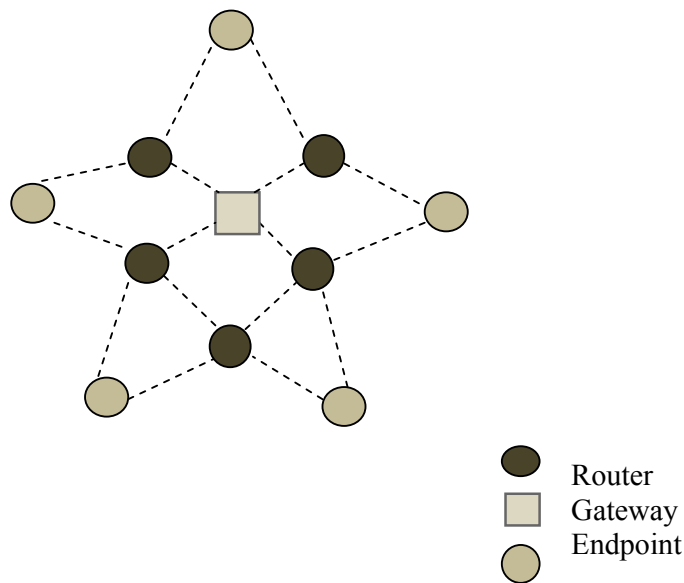
Σχήμα 6.6: Τοπολογία Mesh

Η προώθηση των δεδομένων διαμέσου του δικτύου του δίνει τη δυνατότητα να εκτείνεται σε ένα απεριόριστο εύρος. Τα δίκτυα mesh είναι πολύ ανθεκτικά σε αποτυχίες αφού κάθε κόμβος έχει εναλλακτικά μονοπάτια προς τον gateway και προς τους άλλους κόμβους. Αν ένας κόμβος αισθητήρα αποτύχει, το δίκτυο αυτόματα αναδιοργανώνεται σύμφωνα με τα νέα δεδομένα.

6.2.3.3 Τοπολογία Star Mesh

Η υβριδική τοπολογία star-mesh θέλει να εκμεταλλευτεί την μικρή κατανάλωση ενέργειας και την απλότητα της τοπολογίας star, καθώς και τη διευρυμένη έκταση του εύρους του mesh topology και γενικότερα τη φύση του.

Συγκεκριμένα οι κόμβοι αισθητήρων οργανώνονται γύρω από τους routers σε τοπολογία star, οι οποίοι στη συνέχεια σχηματίζονται σε δίκτυο mesh. Οι routers στοχεύουν να διευρύνουν το εύρος που καλύπτει το δίκτυο καθώς και να προσφέρουν ανθεκτικότητα σε αποτυχίες. Κατ' επέκταση αφού οι αισθητήρες μπορούν να επικοινωνήσουν με πολλαπλούς routers το δίκτυο αυτοδιοργανώνεται αυτόματα σε περίπτωση αποτυχίας είτε κόμβου αισθητήρα είτε μονοπατιού.



Σχήμα 6.7: Τοπολογία Star Mesh

6.2.4 Περιγραφή XMesh (mesh networking protocol)

Μελετώντας τις γνωστές κατηγορίες δικτυακών τοπολογιών και τα διάφορα πρωτόκολλα τα οποία βρίσκονται ήδη υλοποιημένα, εντοπίσαμε το XMesh¹¹ το οποίο είναι ένα multi-hop, δικτυακό πρωτόκολλο τύπου mesh το οποίο αναπτύχθηκε από την Crossbow ειδικά για ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Το XMesh είναι μια βιβλιοθήκη λογισμικού το οποίο χρησιμοποιεί το TinyOS λειτουργικό σύστημα και τρέχει επάνω σε κόμβους αισθητήρων.

Λειτουργεί ως ένα mesh δίκτυο, με όλα τα πλεονεκτήματα των mesh δικτύων. Συνήθως οι αισθητήρες τρέχουν σε χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, έτσι ώστε να επεκτείνεται η διάρκεια ζωής τους.

Ολόκληρο το XMesh αποτελείται από:

- Τους κόμβους αισθητήρων
- Τον base κόμβο αισθητήρα. Ο αισθητήρας αυτός είναι ακόμη ένας αισθητήρας όπως τους υπόλοιπους με τη διαφορά ότι ενώνεται με ένα Crossbow MIB510/520/600 interface board με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή. Επίσης ο αισθητήρας αυτός προγραμματίζεται έτσι ώστε να διαχειρίζεται το δίκτυο προωθώντας και λαμβάνοντας πακέτα από αυτό.

Το XMesh έχει πολλά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα μερικά εκ των οποίων είναι τα εξής:

- TrueMesh: Η ικανότητα των κόμβων αισθητήρων να ψάχνουν για νέα μονοπάτια όταν τμήματα του δικτύου αποκόπτονται λόγω παρεμβολών στο δίκτυο είτε λόγω έλλειψης ενέργειας. Οι κόμβοι ανακαλύπτουν ο ένας τον άλλο και χτίζουν ένα δέντρο δρομολόγησης βασισμένο στις εκτιμήσεις κόστους των μονοπατιών για το συγκεκριμένο περιβάλλον στο οποίο ανήκουν.
- Το XMesh προσφέρει πολλαπλές υπηρεσίες επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων αισθητήρων οι οποίες είναι:
 - Upstream: Προώθηση πακέτων από ένα κόμβο αισθητήρα στο base node.
 - Downstream: Προώθηση πακέτων από τον base node σ' ένα κόμβο αισθητήρα.
 - SingleHop: Προώθηση πακέτων μόνον σε άλλους γειτονικούς κόμβους.
- Πολλαπλά είδη Quality of Service
- Διαγνωστικά όσο αφορά την κατάσταση των κόμβων και του δικτύου: Μέσα στο XMesh δίκτυο, οι κόμβοι μπορούν αυτόματα να παράγουν και να αποστέλλουν πληροφορίες όσο αφορά την κατάσταση τους. Τα δεδομένα αυτά περιέχουν το πόσο καλά ένας κόμβος λειτουργά μέσα στο δίκτυο, όσο αφορά το traffic, το υπόλοιπο της μπαταρίας τους, το radio signal strength indicator (RSSI).

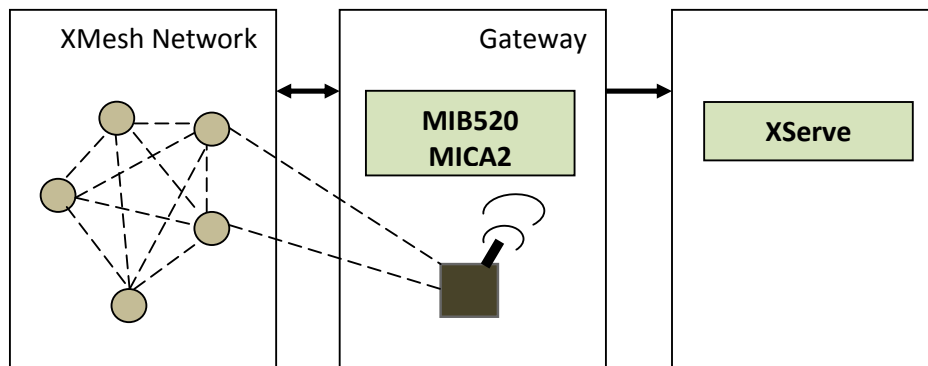
6.2.5 Περιγραφή του XServe

Το XServe λειτουργεί ως gateway μεταξύ των ασύρματων mesh δικτύων και των εφαρμογών που αλληλεπιδρούν με αυτό. Στη βάση του, το XServe παρέχει υπηρεσίες για δρομολόγηση δεδομένων από και προς το δίκτυο πλέγματος με υψηλότερου επίπεδου υπηρεσίες για επεξεργασία των δεδομένων.

Το XServe μπορεί να «ενωθεί» με ασύρματα δίκτυα αισθητήρων που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο XMesh μέσω ενός base station το οποίο τρέχει το XMeshBase που προσφέρει η Crossbow.

6.2.6 Συνοπτική περιγραφή διασύνδεσης ασύρματου δικτύου αισθητήρων – gateway – εφαρμογής

Αφού κάναμε την επιλογή των αισθητήρων και των sensor board που θα χρησιμοποιήσουμε, καθώς μελετήσαμε όσο αφορά την τοπολογία του δικτύου που θα κάνουμε χρήση καθώς και του δικτυακού πρωτοκόλλου καταλήξαμε σε μια πιο ξεκάθαρη εικόνα όσο αφορά το πρώτο επίπεδο της αρχιτεκτονικής του συστήματος μας. και λοιπόν όσο αφορά την τοπολογία του ασύρματου. Τέλος, κάνοντας χρήση του XServe επιτυγχάνουμε την επικοινωνία μεταξύ του ασύρματου δικτύου και της εφαρμογής διαχείρισης του συστήματος. Στο Σχήμα 6.8 αναπαρίσταται η επικοινωνία αν τη διαχωρίσουμε σε τρία επίπεδα, του ασύρματου δικτύου αισθητήρων, του gateway και της διασύνδεσης του δικτύου με την εφαρμογή.



Σχήμα 6.8: Αναπαράσταση της διασύνδεσης του δικτύου με την εφαρμογή - XServe

6.2.7 Δομή πακέτου δικτύου κόμβου αισθητήρων

Σε αυτό το τμήμα δίνουμε τη δομή του πακέτου το οποίο θα χρησιμοποιείται από το δίκτυο μας, με βάση το TinyOS, το πρωτόκολλο Xmesh και τη χρήση του sensor board MTS420CC που επιλέξαμε να κάνουμε χρήση.

Πακέτο				
Bytes: 5	0/7	4	34	2
TinyOS Header	XMesh Header	XSensor	Data Payload	CRC

Πακέτο				
Bytes: 2	1	1	1	Variable
Destination Address	AM Type	AM Group	Length	Data Payload
TinyOS Header				

Destination Address: Single hop destination address

AM Type: Active message type

AM Group: Active message group ID

Length: Length of entire message

Πακέτο					
Bytes: 5	2	2	2	1	Variable
TinyOS Header	Source Address	Origin Address	Sequence Number	Application ID	Data Payload
	XMesh Header				

Source Address: Single hop sender address

Origin Address: Node ID of originator of message

Sequence Number: Sequence number for link estimation

Application ID: Application ID

Πακέτο					
Bytes: 5	0/7	1	1	2	Variable
TinyOS Header	XMesh Header	Sensor Board ID	Sensor Packet ID	Parent	Data Payload
		XSensor Header			

Sensor Board ID: Προσδιορίζει μοναδικά το id του sensor board που παρήγαγε το πακέτο (Για το MTS420 που έχουμε επιλέξει το id hex = 0x86 id decimal=134)

Πακέτο							
Bytes: 5	0/7	4	2	2	2	28	2

TinyOS	XMesh	XSensor	Voltage	Thermistor	Light	...	CRC
Header	Header	Header	MTS420 Payload				

Πεδία του MTS420 Payload:

Voltage: Battery Reading

Humidity: Humidity Reading

Temp: Temperature Reading

Cal_word1: Pressure calibration word 1

Cal_word2: Pressure calibration word 2

Cal_word3: Pressure calibration word 3

Cal_word4: Pressure calibration word 4

Intersemapressure: Humidity and pressure sensor reading

Intersematemp: Barometric pressure and temperature sensor reading

Taosch0: info

Taosch1: info

Accel-x: Acceleration reading on axis-x

Accel-y: Acceleration reading on axis-y

Πεδία του MTS420 Payload τα οποία χρησιμοποιούνται για το GPS:

Hours: GPS time: hour

Minutes: GPS time: minutes

Lat_deg: GPS Latitude: degree

Long_deg: GPS Longitude: degree

Dec_sec: GPS Latitude: second

Lat_dec_min: GPS Latitude: minute

Long_dec_min GPS Longitude: minute

NSEWind: GPS Velocity

Fixed: GPS Fix Status

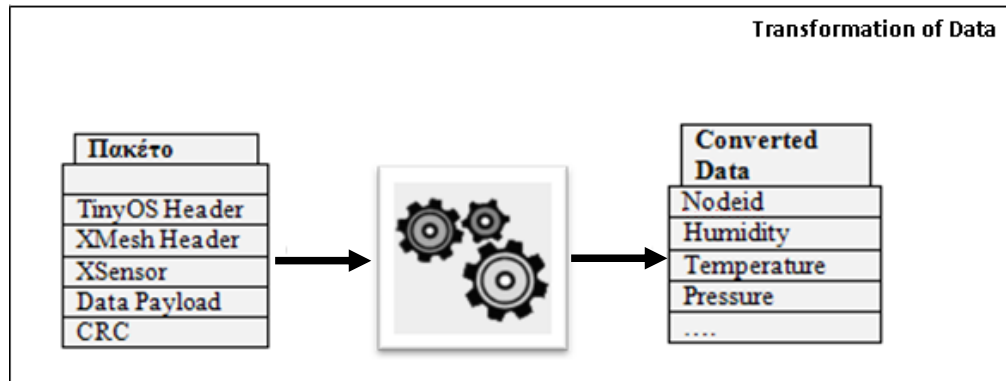
6.3 Σχεδιασμός Tier-2

Το δεύτερο επίπεδο όπως έχουμε εξηγήσει προηγουμένως την επεξεργασία των πακέτων που αποστέλλονται από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Κατ' επέκταση σε

αυτό το τμήμα παρουσιάζονται με λεπτομέρεια όσα αφορούν τη λειτουργία του επιπέδου αυτού.

6.3.1 Μετασχηματισμός πεδίων πακέτου σε παγκόσμιες μονάδες μέτρησης

Τα πακέτα δεδομένων τα οποία λαμβάνει ο gateway είναι στην μορφή που έχουμε δώσει στο προηγούμενο τμήμα. Όπως είναι αναμενόμενο τα πεδία του πακέτου, τα οποία αντιστοιχούν στις μετρήσεις που έγιναν από τους αισθητήρες είναι σε δυαδική μορφή ακέραιων αριθμών. Η γενική ιδέα της λειτουργίας αυτής φαίνεται στο σχήμα 6.9.



Σχήμα 6.9: Λειτουργία επεξεργασίας και μετασχηματισμού πακέτου

Όπως προδιαγράφηκε στο τμήμα των απαιτήσεων οι μετρήσεις πρέπει να μετασχηματίζονται προτού παρουσιάζονται στο χρήστη έτσι ώστε να παίρνουν μορφές που χρησιμοποιούνται παγκόσμια στις θετικές επιστήμες.

Μελετώντας λοιπόν και ψάχνοντας στο διαδίκτυο, βρήκαμε τις εξισώσεις ή την σειρά εξισώσεων που πρέπει να εκτελεσθούν για να πάρουν μορφή υψηλού επιπέδου πληροφορίες τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες, από το συγκεκριμένο sensor board που χρησιμοποιούμε, δηλ. το MTS420^{12, 13}.

Οι μετατροπές που πρέπει να γίνονται για κάθε πεδίο είναι οι εξής:

1. Μετατροπή του Battery Reading:

$$BV = RV \times ADC_FS \div data$$

όπου:

BV = Battery Voltage

ADC_FS = 1023

RV = Voltage Reference for mica2 (1223 volts)

Data = data from the adc measurement

$$BV(\text{volts}) = 1252.352 / \text{data BV (mv)} = 1252352/\text{data}$$

2. Μετατροπή του Humidityid:

$$fHumidity = -4 + 0.0405 \times humid - 0.0000028 \times humid \times humid$$

$$fHumidity = ((-38.4 + (0.0098 \times (humtemp)) - 25) \times (0.01 + (0.00008 \times (humid)))) + fHumidity$$

όπου:

humid: το πεδίο humid σε δυαδική μορφή από το πακέτο που φθάνει
από τον αισθητήρα

humtemp: το πεδίο humtemp σε δυαδική μορφή από το πακέτο που
φθάνει από τον αισθητήρα

3. Μετατροπή του Humiditytemp:

$$humtemp_c = -38.4 + 0.0098 \times humtemp$$

όπου:

humtemp: το πεδίο humtemp σε δυαδική μορφή από το πακέτο που
λαμβάνεται από τον αισθητήρα

4. Μετατροπή του PressureTemp:

$$C5 = ((cal_word1 \& 1) << 10) | (cal_word2 >> 6)$$

$$C6 = cal_word2 \& 63$$

$$UT1 = 8 \times C5 + 20224$$

$$dT = prtemp - UT1$$

$$prtemp_c = 200.0 + dT \times (C6 + 50.0) / 1024.0$$

$$prtemp_c = prtemp_c / 10.0$$

όπου:

C1-C6: Calibration Coefficients τα οποία εξάγονται από τις εξής τέσσερις
16 bit words cal_word1, cal_word2, cal_word3, cal_word4 από το
πακέτο που λαμβάνεται από τον αισθητήρα

5. Μετατροπή του Pressure:

$$\begin{aligned}
C1 &= cal_word1 \gg 1 \\
C2 &= ((cal_word3 \& 63) \ll 6) | cal_word2 \gg 6) \\
C3 &= cal_word4 \gg 6 \\
C4 &= cal_word3 \gg 6 \\
C5 &= ((cal_word1 \& 1) \ll 10) | (cal_word2 \gg 6) \\
UT1 &= 8 \times C5 + 20224 \\
dT &= prtemp - UT1 \\
OFF1 &= C2 \times 4 + ((C4 - 512.0) \times dT) / 1024 \\
SENS &= C1 + C3 * dT / 1024 + 24576 \\
X &= (SENS \times press - 7168) / 16384 - OFF1 \\
press_c &= X / 32 + 250
\end{aligned}$$

όπου:

C1-C6: Calibration Coefficients τα οποία εξάγονται από τις εξής τέσσερις
16 bit words cal_word1, cal_word2, cal_word3, cal_word4 από το
πακέτο που λαμβάνεται από τον αισθητήρα
press: το πεδίο press σε δυαδική μορφή από το πακέτο που
λαμβάνεται από τον αισθητήρα

6. Μετατροπή του Light:

$$\begin{aligned}
ChData &= taosch0 \& 255 \\
Av \ Chdata = 255 \text{ τότε } Light &= Invalid \\
ST1 &= ChData \& 15 \\
CH1 &= (ChData \& 112) \gg 4 \\
CV1 &= 1 \ll CH1 \\
CNT1 &= \text{int}(16.5 \times (CV1 - 1)) + ST1 \times CV1 \\
ACNT0 &= \text{int}(CNT1) \\
ChData &= taosch_1 \& 255 \\
Av \ Chdata = 255 \text{ τότε } Light &= Invalid \\
ST1 &= ChData \& 15 \\
CH1 &= (ChData \& 112) \gg 4
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
CV1 &= 1 \ll CH1 \\
CNT1 &= \text{int}(16.5 \times (CV1 - 1)) + ST1 \times CV1 \\
ACNT1 &= \text{int}(CNT1) \\
R &= ACNT1 / ACNT0 \\
Light &= ACNT0 \times 0.46 / \exp(3.13 \times R)
\end{aligned}$$

όπου:

taosch0, taosch: πεδία που παίρνονται σε δυαδική μορφή από το πακέτο που λαμβάνεται από τον αισθητήρα

7. Μετατροπή του Acceleration στον άξονα x

$$accel_x_c = (1 - (500 - accel_x)) / ((500 - 400) / 2)$$

όπου:

accel_x: πεδίο accel_x που παίρνεται σε δυαδική μορφή από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

8. Μετατροπή του Acceleration στον άξονα y

$$accel_y_c = (1 - (500 - accel_y)) / ((500 - 400) / 2)$$

όπου:

accel_y: πεδίο accel_y που παίρνεται σε δυαδική μορφή από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

9. Μετατροπή του GPS latitude

$$latitude_min_ute_c = (latitude_min_ute / 10000.0)$$

$$nsewind_int_c = nsewind \gg 4$$

$$\text{Αν } nsewind_int_c = 0 \text{ τότε}$$

$$nsewind_c = S$$

Αλλιώς

$$nsewind_int_c = N$$

$$latitude = latitude_degree \parallel 'deg' \parallel latitude_min_ute_c \parallel nsewind_c$$

όπου:

latitudedegree: πεδίο latitudedegree που παίρνεται σε δυαδική μορφή

από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 latitudeminute: πεδίο latitudeminute που παίρνεται σε δυαδική μορφή
 από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 nsewind: πεδίο nsewind που παίρνεται σε δυαδική μορφή
 από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

10. Μετατροπή του GPS latitude

$$longitude \text{ min } ute_c = (longitude \text{ min } ute / 10000.0)$$

$$nsewind_int_c = nsewind \gg 4$$

Αν $(nsewind_int_c \& 15) = 0$ τότε

$$nsewind_c = S$$

Αλλιώς

$$nsewind_int_c = N$$

$$longitude = longitude \text{ deg } ree || 'deg' || longitude \text{ min } ute_c || nsewind_c$$

όπου:

longitudedegree: πεδίο longitudedegree που παίρνεται σε δυαδική
 μορφή από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 latitudeminute: πεδίο latitudeminute που παίρνεται σε δυαδική μορφή
 από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 nsewind: πεδίο nsewind που παίρνεται σε δυαδική μορφή
 από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

11. Μετατροπή του GPS time

$$gps_sec \text{ onds} = sec \text{ onds} / 1000$$

$$gps_time = hours || : || minutes || gps_seconds$$

όπου:

seconds: πεδίο seconds που παίρνεται σε δυαδική
 μορφή από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 minutes: πεδίο minutes που παίρνεται σε δυαδική μορφή
 από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα
 hours: πεδίο hours που παίρνεται σε δυαδική μορφή

από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

12. Μετατροπή του GPS fixed

Αν $fixed = 0$ τότε

$gps_fixed = Invalid$

Αλλιώς

$gps_fixed = Valid$

όπου:

fixed: πεδίο fixed που παίρνεται σε δυαδική μορφή από το πακέτο όπως λαμβάνεται από τον αισθητήρα

6.4 Σχεδιασμός Tier-3

Το τρίτο επίπεδο όπως έχουμε εξηγήσει προηγουμένως αφορά τη βάση δεδομένων όπου θα αποθηκεύονται όλα τα δεδομένα που λήφθηκαν από τους αισθητήρες και με τη χρήση κάποιων τεχνικών ανάλυσης εξάγονται υψηλής ποιότητας πληροφορίες που θα κάνει χρήση το σύστημα. Κατ' επέκταση σε αυτό το τμήμα παρουσιάζονται με λεπτομέρεια όσα αφορούν τη βάση δεδομένων του συστήματος.

6.4.1 Οντότητες

Όπως καθορίσαμε στη φάση των απαιτήσεων στη βάση δεδομένων πρέπει να κρατούνται πληροφορίες για τις εξής οντότητες:

- Πακέτα αισθητήρων σε ακατέργαστη μορφή
- Πακέτα αισθητήρων με τις επεξεργασμένες μετρήσεις
- Πακέτα αισθητήρων τα οποία περιέχουν πληροφορίες όσο αφορά την κατάσταση τους (health packet)
- Αρμόδιες αρχές του συστήματος
- Κανόνες ενεργοποίησης συναγερμού
- Χρήστες συστήματος

6.4.2 Μεγέθη τύπων βάσης δεδομένων

Επιβάλλεται να αναφέρουμε ότι η βάση δεδομένων που θα χρησιμοποιηθεί είναι PostgreSQL. Στον Πίνακα 6.5 πιο κάτω δείχνουμε τα μεγέθη των τύπων δεδομένων που θα χρησιμοποιήσουμε¹⁴.

Τύπος Δεδομένων	Απαιτούμενη Μνήμη (bytes)	Περιγραφή
int4	4	Ακέραιος αριθμός
serial	4	Μοναδικός αριθμός οντότητας (Identifier or cross-reference)
float4	4	Δεκαδικός αριθμός
character varying(n)	(4 + n)	Μεταβλητό μήκος με όριο
timestamp	4	Ημερομηνία & Ώρα
text	(4 + x)	Μεταβλητό μήκος
int8	8	Ακέραιος αριθμός, μεγάλου μήκους

Πίνακας 6.5: Μεγέθη των τύπων δεδομένων της PostgreSQL

6.4.3 Περιγραφή πινάκων βάσης δεδομένων

Οι πίνακες που θα αποτελούν την βάση δεδομένων περιγράφονται πιο κάτω μαζί με τις ακόλουθες πληροφορίες:

- Το όνομα του πίνακα
- Και τα records μέχρι το επίπεδο των fields.

Πίνακας mts420_results

Ο πίνακας mts420_results είναι ο προκαθορισμένος (default) πίνακας όπου αποθηκεύονται τα πακέτα τα οποία λαμβάνονται από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.

Πίνακας mts420_results				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
result_time	timestamp without time zone	8 bytes	Yes	Χρόνος αποθήκευσης του πακέτου στη βάση
nodeid	integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός αισθητήρα
parent	integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός πατέρα – αισθητήρα
voltage	integer	4 bytes	Yes	Υπόλοιπο μπαταρίας αισθητήρα
humid	integer	4 bytes	Yes	Σχετικό ποσοστό Υγρασίας (Relative Humidity)
humtemp	integer	4 bytes	Yes	Θερμοκρασία (από Sensirion SHT11 sensor)
prtemp	integer	4 bytes	Yes	Θερμοκρασία (από Intersema MS55ER)
press	integer	4 bytes	Yes	Βαρομετρική πίεση
taosch0	integer	4 bytes	Yes	Μετρήσεις για ένταση του φωτός
taosch1	integer	4 bytes	Yes	Μετρήσεις για ένταση του φωτός
accel_x	integer	4 bytes	Yes	Επιτάχυνση στο άξονα x (Acceleration axis-x)
accel_y	integer	4 bytes	Yes	Επιτάχυνση στο άξονα y (Acceleration axis-y)
hours	integer	4 bytes	Yes	GPS: Ώρα
minutes	integer	4 bytes	Yes	GPS: Λεπτά
seconds	integer	4 bytes	Yes	GPS: Δευτερόλεπτα
latitudedegree	integer	4 bytes	Yes	GPS: latitude degrees
latitudeminutes	bigint	8 bytes	Yes	GPS: latitude fraction of degrees
longitudedegree	integer	4 bytes	Yes	GPS: longitude degrees
longitudeminute	bigint	8 bytes	Yes	GPS: longitude fraction of degrees
nsewind	integer	4 bytes	Yes	GPS: NSEwind
fixed	integer	4 bytes	Yes	GPS: Invalid ή Valid

Πίνακας 6.6: Πίνακας mts420_results

Πίνακας converted_results

Ο πίνακας converted_results είναι ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκεύονται τα πακέτα τα οποία λαμβάνονται από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων, αφού όμως έχουν επεξεργαστούν τα δεδομένα και μετατραπούν σε μονάδες μετρήσεις σε μορφή κατανοητή προς το χρήστη.

Πίνακας converted_results				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
result_time	timestamp without time zone	8 bytes	Yes	Χρόνος αποθήκευσης του πακέτου στη βάση
id	Integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός αισθητήρα
parented	Integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός πατέρα – αισθητήρα
voltage_c	Real	4 bytes	Yes	Υπόλοιπο μπαταρίας αισθητήρα
humid_c	Real	4 bytes	Yes	Σχετικό ποσοστό Υγρασίας (Relative Humidity)
humtemp_c	Real	4 bytes	Yes	Θερμοκρασία (από Sensirion SHT11 sensor)
prtemp_c	Real	4 bytes	Yes	Θερμοκρασία (από Intersema MS55ER)
press	Real	4 bytes	Yes	Βαρομετρική πίεση
lightc	Double precision	4 bytes	Yes	Υπολογιζόμενη ένταση φωτός
accel_x_c	Double precision	4 bytes	Yes	Επιτάχυνση στο άξονα x (Acceleration axis-x)
accel_y_c	Double precision	4 bytes	Yes	Επιτάχυνση στο άξονα y (Acceleration axis-y)
gps_time	Text	10 bytes	Yes	GPS: Χρόνος
latitude	Text	10 bytes	Yes	GPS: latitude
longitude	Text	10 bytes	Yes	GPS: longitude
fixed	character(7)	7 bytes	Yes	GPS: GPS: Invalid ή Valid

Πίνακας 6.7: Πίνακας converted_results

Πίνακας node_health

Ο πίνακας node_health είναι ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκεύονται τα πακέτα τα οποία λαμβάνονται από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και αφορούν την κατάσταση των αισθητήρων και του δικτύου.

Πίνακας node_health				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
result_time	timestamp without time zone	8 bytes	Yes	Χρόνος αποθήκευσης του πακέτου στη βάση
nodeid	integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός αισθητήρα
health_pkts	integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αριθμός πατέρα – αισθητήρα
node_pkts	integer	4 bytes	Yes	Υπόλοιπο μπαταρίας αισθητήρα
forwarded	integer	4 bytes	Yes	Αρ. προωθημένων πακέτων
dropped	integer	4 bytes	Yes	Αρ. χαμένων πακέτων
retries	integer	4 bytes	Yes	Αρ. Επαναπροσπαθειών αποστολής πακέτων
battery	integer	4 bytes	Yes	Υπόλοιπο μπαταρίας
power_sum	integer	4 bytes	Yes	Πάντα 0. Σύμφωνα με την Crossbow δεν υποστηρίζεται από το XMesh
boarded	integer	4 bytes	Yes	Μοναδικός αρ. Board
parent	integer	4 bytes	Yes	ID πατέρα
quality_tx	integer	4 bytes	Yes	Εκτίμηση της ποιότητας link – level. Λαμβάνονται υπόψη τα packet collisions $Quality = 1 / \text{Number of transmissions}$ Εκφράζεται σε 0-15 και αντιστοιχεί σε 0 – 100%. Quality_tx είναι η ποιότητα του link-level από τον κόμβο στον πατέρα.
quality_rx	integer	4 bytes	Yes	Εκτίμηση της ποιότητας link – level. Λαμβάνονται υπόψη τα packet collisions

				Quality = 1 / Number of transmissions Εκφράζεται σε 0-15 και αντιστοιχεί σε 0 – 100%. Quality_rx είναι η ποιότητα του link-level από τον πατέρα στον κόμβο.
path_cost	integer	4 bytes	Yes	Εκτίμηση του αριθμού των αναγκών μεταδόσεων για αποστολή πακέτου από τον κόμβο στο base κόμβο. Path Cost = 4 * Estimated Transmission Number (ETX) $\text{Path Cost} = 2^{10} / (\text{quality_tx} * \text{quality_rx})$ Η πιο χαμηλή πιθανή τιμή είναι 4: απαιτείται τουλάχιστον μία μετάδοση για αποστολή πακέτου από το node στο base station.
parent_rssi	integer	4 bytes	Yes	Received Signal Strength Indicator πατέρα

Πίνακας 6.8: Πίνακας node_health

Πίνακας authorities

Ο πίνακας authorities είναι ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκεύονται οι αρμόδιες αρχές που πρέπει να ενημερώνονται από το σύστημα όταν ισχύσει κάποιος από τους καταχωρημένους κανόνες.

Πίνακας authorities				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
seq_num	serial	4 bytes	Yes	Αύξων αριθμός. (primary key)
auth_name	character varying(50)	50 bytes	Yes	Όνομα αρμόδιας αρχής. (unique)
email	character varying(50)	50 bytes	Yes	Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου
mobile_num	character(8)	8 bytes	Yes	Αριθμός κινητού τηλεφώνου

Πίνακας 6.9: Πίνακας authorities

Πίνακας attributes

Ο πίνακας attributes είναι ο πίνακας στον οποίο θα αποθηκευθούν τα ονόματα των πεδίων για τα οποία παίρνονται μετρήσεις από τους αισθητήρες.

Πίνακας attributes				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
attribute_id	serial	4 bytes	Yes	Αύξων αριθμός (primary key)
attribute_name	character varying(40)	40 bytes	Yes	Όνομα χαρακτηριστικού που αντιστοιχεί σε κάποια από τις στήλες του converted_results
attribute_converted_name	character varying(40)	40 bytes	Yes	Όνομα χαρακτηριστικού που αντιστοιχεί σε κάποια από τις στήλες του converted_results, σε μορφή παρουσιάσιμη προς το χρήστη. Χρησιμοποιείται στο web application.

Πίνακας operators

Ο πίνακας operators είναι ο πίνακας στον οποίο θα βρίσκονται αποθηκευμένοι όλοι οι πιθανοί τελεστές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην δημιουργία κανόνων.

Πίνακας operators				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
id	serial	4 bytes	Yes	Αύξων αριθμός (primary key)
symbol	character varying(3)	3 bytes	Yes	Σύμβολο πράξης (operator)

Πίνακας complex_rules

Ο πίνακας complex_rules είναι ο πίνακας στον οποίο θα βρίσκονται αποθηκευμένοι, οι κανόνες που δημιούργησε ο χρήστης.

Πίνακας complex_rules				
Όνομα Στήλης	Τύπος Πεδίου	Μήκος	Allow NULL	Περιγραφή
complex_rule_id	serial	4 bytes	No	Αύξων αριθμός (primary key)
complex_rule_name	character varying(100)	100 bytes	Yes	Όνομα κανόνα
complex_the_rule	text	10 bytes	Yes	Ο κανόνας σε μορφή κειμένου

6.5 Σχεδιασμός Tier-4

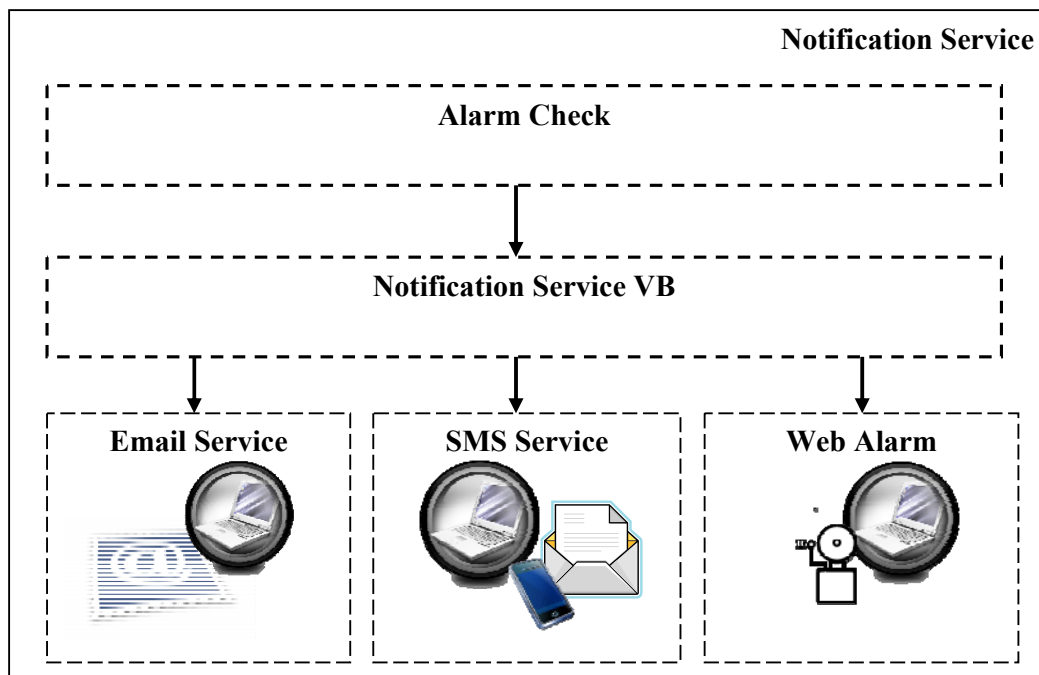
Το τελευταίο επίπεδο του συστήματος αφορά το σύστημα συνεργασίας, το οποίο βάσει των πληροφοριών που εξάχθηκαν από τη βάση και σε περίπτωση ανίχνευσης κινδύνου, δηλαδή επαλήθευσης καταχωρημένου κανόνα ενεργοποιεί το «σήμα κινδύνου», ειδοποιώντας τις εμπλεκόμενες αρχές για τον πιθανό κίνδυνο.

6.5.1 Υπηρεσία Ενημέρωσης

Για τη δημιουργία του συστήματος ειδοποίησης, πρέπει να δημιουργηθούν τα επιμέρους κομμάτια, τα οποία θα είναι το κάθε ένα υπεύθυνο για την ειδοποίηση των αρχών με διαφορετικό τρόπο.

Πιο σωστός τρόπος υλοποίησης του συστήματος ειδοποίησης, είναι με καλά δομημένα κομμάτια τα οποία επικοινωνώντας τα μεταξύ τους θα ανταλλάζουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την ειδοποίηση των καταχωρημένων αρχών.

Στο Σχήμα 6.10 βλέπουμε τα κομμάτια από τα οποία απαρτίζεται η ολοκληρωμένη υπηρεσία ενημέρωσης των χρηστών.



Σχήμα 6.10: Δομή και επικοινωνία των συνιστώμενων μερών της Υπηρεσίας Ενημέρωσης (Notification Service)

Όπως βλέπουμε από το σχήμα υλοποιώντας το component Alarm Check, θα γίνεται έλεγχος των πακέτων που παραλήφθηκαν πιο πρόσφατα από το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Σε περίπτωση εντοπισμού κινδύνου θα καλείται το component το οποίο με τη σειρά του είναι υπεύθυνο για την ενεργοποίηση των components (και συγκεκριμένα το Email Service, το SMS Service, και το Web Alarm) τα οποία θα ειδοποιήσουν τις καταχωρημένες αρμόδιες αρχές.

6.5.1.1 Αναλυτική επεξήγηση των components:

Alarm Check: Το component θα ελέγχει όλα τα τελευταία πακέτα που παραλήφθηκαν και αν ικανοποιούν κάποιο κανόνα θα καλεί το notification service vb component.

Notification Service VB: Το component ουσιαστικά θα υπάρχει καθαρά για λόγους οργάνωσης της λειτουργίας, αφού θα καλεί απλά τα άλλα components για εκτέλεση της ενημέρωσης της κατάρριψης κανόνα. Φυσικά θα παρέχει στα παρακάτω components τις

απαραίτητες πληροφορίες (authority email & phone number, πληροφορίες κανόνα που καταρρίφθηκε)

Email Service: Μέσω του component αυτού θα ειδοποιείται μια συγκεκριμένη αρμόδια αρχή με email για την κατάρριψη του κανόνα. Επίσης, θα στέλνει πληροφορίες όσο αφορά τον κανόνα που καταρρίφθηκε καθώς και από ποιό κόμβο αισθητήρα καταρρίφθηκε.

SMS Service: Μέσω του component αυτού θα ειδοποιείται μια συγκεκριμένη αρμόδια αρχή με sms για την κατάρριψη του κανόνα. Επίσης, θα στέλνει το όνομα του κανόνα που καταρρίφθηκε και θα ενημερώνει ότι μπορεί να βρει περαιτέρω πληροφορίες στο email που έχει καταχωρημένο.

Web Alarm: Μέσω του component αυτού θα εμφανίζεται στο web application ότι καταρρίφθηκε κάποιος κανόνας και πληροφορίες όσο αφορά την κατάρριψη του κανόνα.

6.6 Web application

Όσο αφορά το web application με το οποίο θα γίνεται η διαχείριση του συστήματος και θα δώσουμε το σχεδιασμό για κάθε μία από τις απαιτήσεις που δώσαμε πιο πάνω στο τμήμα των απαιτήσεων 5.7 .

Έτσι, πιο κάτω, παίρνοντας μία - μία τις απαιτήσεις προτείνουμε τρόπους υλοποιήσεις τους και πιθανές λύσεις προβλημάτων που θεωρούμε ότι μπορεί να υπάρξουν.

6.6.1 Ασφάλεια

Η είσοδος στο σύστημα πρέπει να γίνεται με την καταχώρηση του username και password του χρήστη, για να εξασφαλίζεται η ασφάλεια των δεδομένων. Πρέπει όμως να προσέξουμε καθώς η ύπαρξη του login πρέπει να βρίσκεται σε κάθε σελίδα έτσι ώστε μετά από κάποιο χρονικό διάστημα (login session expired), ο χρήστης σε οποιαδήποτε σημείο του συστήματος σταμάτησε να πρέπει να ξανακάνει login. Αυτό είναι αναγκαίο γιατί ο χρήστης μπορεί να αφήσει ανοιχτό το σύστημα και στη συνέχεια κάποιος τρίτος να εισέλθει σε αυτός.

6.6.2 Παρουσίαση πακέτων

Τα πακέτα που θα παρουσιάζονται στο χρήστη, χωρίζονται στα δύο πιο κάτω είδη:

- Τα πακέτα με τις μετρήσεις των περιβαλλοντικών παραμέτρων που αποστέλλονται από τους αισθητήρες στον base node.
- Τα πακέτα με την κατάσταση των αισθητήρων (health packets) που αποστέλλονται από τους αισθητήρες στον base node.

Παρουσίαση τελευταίων πακέτων που παραλήφθηκαν:

Για την παρουσίαση τους είναι αναγκαία η δημιουργία μιας σελίδας η οποία θα δείχνει τα τελευταία πακέτα (και για τα δύο είδη) που έφθασαν από τους αισθητήρες στον base node.

Παρουσίαση παλαιότερων πακέτων από τη βάση δεδομένων:

Επίσης εφόσον θέλουμε να προσφέρουμε στο χρήστη πρόσβαση σε παλαιότερα δεδομένα, θα πρέπει να υπάρχουν οι σελίδες οι οποίες θα παρουσιάζουν όλα τα πακέτα που καταχωρήθηκαν στη βάση, για κάθε είδος πακέτου.

Παρουσίαση πακέτων περιγραφής κατάστασης αισθητήρων και ασύρματου δικτύου αισθητήρων:

Για τη λειτουργία αυτή, ισχύουν τα ίδια με τα δύο πιο πάνω στοιχεία.

Πρόβλημα μεγάλου αριθμού δεδομένων:

Αν λάβουμε υπόψη ότι περίπου κάθε 30 δευτερόλεπτα παραλαμβάνουμε νέα πακέτα, καταλαβαίνουμε τον μεγάλο αριθμό πακέτων των οποίων θα πρέπει να είναι σε θέση το σύστημα να παρουσιάσει. Έτσι θέλοντας να βρούμε ένα τρόπο παρουσίασης τους, με τον οποίο θα διατηρούμε την απλότητα και την ευχρηστία του συστήματος εντοπίσαμε τρία σημεία που μπορούμε να εφαρμόσουμε.

Λύσεις:

1. Μπορούμε να θέσουμε ένα μέγιστο σταθερό αριθμό πακέτων που μπορούν να παρουσιαστούν ανά σελίδα και προσθέτοντας ένα εύχρηστο τρόπο διακίνησης στις σελίδες όπως βλέπουμε πιο κάτω στο Σχήμα ??

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11...20	21...30	31...40	41...50	51...60	61...62	Next >>
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Σχήμα 6.11: Πιθανός τρόπος πλοήγησης στη σελίδα παρουσίασης όλων των αποθηκευμένων πακέτων

2. Επίσης θα μπορούσε να δημιουργηθεί κάποιο είδος ταξινόμησης των δεδομένων. Δηλαδή, να ταξινομούνται με αύξουσα ή φθίνουσα σειρά τα πακέτα βάση ενός από τα πεδία του συγκεκριμένου είδους του πακέτου.
3. Τέλος, θα ήταν ιδιαίτερο εύχρηστο η ύπαρξη μηχανής αναζήτησης (search) ανάμεσα στα πακέτα βάση κριτηρίων που θα θέτει ο χρήστης.

6.6.3 Αξιοπιστία του συστήματος

Η αξιοπιστία των δεδομένων του συστήματος, δηλαδή η εγκυρότητα των δεδομένων που καταχωρούνται στη βάση δεδομένων του συστήματος, θα εξασφαλίζεται με δύο τρόπους.

Όσο αφορά τα πακέτα που παρουσιάζονται στη σελίδα και τα μετατρεμμένα πακέτα, δεν υπάρχει περίπτωση να περιέχεται οποιοδήποτε λάθος, εφόσον καθώς τα πακέτα φθάνουν στον base node, αποθηκεύονται αυτόματα στη βάση.

Επίσης, όσο αφορά τις σελίδες εισαγωγής νέου κανόνα καθώς και νέας αρμόδιας αρχής, τα στοιχεία τα οποία καταχωρεί ο χρήστης θα ελέγχονται προτού γίνει εισαγωγή στη βάση δεδομένων, έτσι ώστε να αποφεύγεται η αποθήκευση λανθασμένων στοιχείων. Οι έλεγχοι αυτοί θα γίνονται από τα web application βάση του τι ορίζεται από το σχεδιασμό της βάσης για τα διάφορα πεδία, όπως θα περιγραφούν και σε μετέπειτα τμήματα του κεφαλαίου.

6.6.4 Πληροφορίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων και τοπολογία

Παρουσίαση όλων των αισθητήρων καθώς και του τρόπου διασύνδεσης τους (τοπολογία του δικτύου).

Θα πρέπει να παρουσιάζονται πληροφορίες, όσο αφορά τους αισθητήρες και την τοπολογία του δικτύου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί παίρνοντας δεδομένα από τα πακέτα τα οποία αποστέλλονται από τους αισθητήρες. Συγκεκριμένα, είναι δυνατή η δημιουργία της τοπολογίας παίρνοντας τον πατέρα του κάθε κόμβου βάση των τελευταίων πακέτων που έστειλαν στον base node.

6.6.5 Αρμόδιες Αρχές

Παρουσίαση πληροφοριών αρμοδίων αρχών - Εισαγωγή νέας αρμόδιας αρχής

Ύπαρξη σελίδας παρουσίασης όλων των καταχωρημένων αρμόδιων αρχών, καθώς και ύπαρξη σελίδας για εισαγωγή στοιχείων για καταχώρηση νέων αρμόδιων αρχών. Στην περίπτωση καταχώρησης νέας αρμόδιας αρχής θα γίνονται οι εξής έλεγχοι όσο αφορά τα πεδία:

- Όνομα: Έλεγχος αν η αρμόδια αρχή είναι ήδη καταχωρημένη.
- Email: Έλεγχος το πεδίο που καταχωρήθηκε να είναι email (δηλ. τύπου example@example.com)
- Mobile number: Έλεγχος να μην γίνει εισαγωγή άλλου συμβόλου εκτός από αριθμού.
- Τέλος, με την εντολή του χρήστη για καταχώρηση στη βάση δεδομένων θα γίνεται έλεγχος για αν άφησε κάποιο κενό πεδίο. Αν ναι, θα ενημερώνεται με αντίστοιχο μήνυμα.

6.6.6 Κανόνες

Παρουσίαση πληροφοριών κανόνων - Εισαγωγή νέου κανόνα

Ύπαρξη σελίδας παρουσίασης όλων των κανόνων, καθώς και ύπαρξη σελίδας για εισαγωγή στοιχείων για καταχώρηση νέων κανόνων. Στην περίπτωση καταχώρησης νέου κανόνα θα γίνονται οι εξής έλεγχοι όσο αφορά τα πεδία:

- Όνομα: Έλεγχος αν ο κανόνας είναι ήδη καταχωρημένος.
- Τέλος, με την εντολή του χρήστη για καταχώρηση στη βάση δεδομένων θα γίνεται έλεγχος για αν άφησε κάποιο κενό πεδίο. Αν ναι, θα ενημερώνεται με αντίστοιχο μήνυμα.

6.6.7 Σελίδα λειτουργιών ελέγχου

Ύπαρξη σελίδας με την οποία ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να εκτελέσει διάφορες λειτουργίες σε σχέση με το σύστημα.

Ο χρήστης μέσω αυτής της σελίδας θα έχει τη δυνατότητα:

- Να εκκινήσει ή να σταματήσει το XServe.
- Να επαναρχικοποιήσει τους πίνακες της βάσης.
- Να επαναρχικοποιήσει τους πίνακες της βάσης για μια συγκεκριμένη λειτουργία

Κεφάλαιο 7

Υλοποίηση

7.1 Εισαγωγή	66
7.2 Περιορισμοί και Υποθέσεις	67
7.3 Εργαλεία υλοποίησης	68
7.3.1 Προγραμματισμός αισθητήρων – ασύρματου δικτύου αισθητήρων	68
7.3.2 Βάση δεδομένων και εργαλείο διαχείρισης της βάσης	69
7.3.3 Web Application	70
7.4 Μεθοδολογία και περιγραφή βημάτων ανάπτυξης	70
7.4.1 Προγραμματισμός αισθητήρων	71
7.4.2 Βάση Δεδομένων	72
7.4.3 Μετασχηματισμός δεδομένων πακέτων	73
7.4.4 Υπηρεσία Ενημέρωσης (Notification Service)	74
7.4.5 Web application	77

7.1 Εισαγωγή

Τελειώνοντας με τις απαιτήσεις και το σχεδιασμό τους συστήματος, έχουμε όλα τα απαραίτητα στοιχεία για να συνεχίσουμε με την υλοποίηση του συστήματος. Στο τμήμα αυτό αποφασίσαμε να παραθέσουμε κάποιες πληροφορίες σχετικά με την υλοποίηση του συστήματος καθώς και της συνολικής μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε.

Η ενδεδειγμένη υλοποίηση του συστήματος είναι καίριας σημασίας έτσι ώστε να επιτύχουμε την υλοποίηση όλων των απαιτήσεων που θέσαμε στο Κεφάλαιο 5 και κατ' επέκταση μια επιτυχή λύση του προβλήματος που προσπαθούμε να επιλύσουμε. Στην περίπτωση που η συνολική υλοποίηση του συστήματος κρίνεται ιδανική και λαμβάνονται όλες οι παράμετροι υπόψη, διασφαλίζεται η επιτυχία της διπλωματικής αυτής εργασίας. Θα προσπαθήσουμε για τον λόγο αυτό να είμαστε ακριβείς όσον

αφορά την περιγραφή αυτή και να αιτιολογήσουμε κάθε πτυχή της προγραμματιστικής μας δομής.

Πρώτου όμως προχωρήσουμε στην φάση αυτή, θα παραθέσουμε τους όποιους περιορισμούς και υποθέσεις κάναμε όσο αφορά την υλοποίηση του συστήματος.

7.2 Περιορισμοί και Υποθέσεις

Αφού μελετήσαμε διεξοδικά τις γενικές απαιτήσεις του συστήματος που θα συναντήσουμε στην περιοχή των αισθητήρων, των ασύρματων δικτύων αισθητήρων, και την εφαρμογή που θα υλοποιήσουμε, καθώς και το σχεδιασμό του συστήματος, θα δώσουμε τις όποιες υποθέσεις θα κάνουμε και τους όποιους περιορισμούς-προβλήματα θα συναντήσουμε κατά την ανάπτυξη του συστήματος.

Αρχικά, συλλογιζόμενοι ότι θα αναπτύξουμε ένα μοντέλο του συστήματος στα πλαίσια αυτής της διπλωματικής εργασίας, καθίσταται αδύνατο να ασχοληθούμε με μερικά σημεία που αναφέραμε προηγουμένως. Θα προσπαθήσουμε όμως να αναπτύξουμε ένα εφαρμόσιμο και υλοποιήσιμο μοντέλο του συστήματος, το οποίο θα πλησιάζει όσο πιο πολύ στην ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου και έτοιμου για εφαρμογή συστήματος για την ανίχνευση δασικών πυρκαγιών.

Πιο συγκεκριμένα αφού έχουμε κάνει την επιλογή των αισθητήρων και sensor board που θα χρησιμοποιήσουμε στο σύστημα μας, είμαστε στην ευχάριστη θέση να δηλώσουμε ότι στο πανεπιστήμιο μας έχουμε αισθητήρες και sensor board του τύπου που επιλέξαμε. Αν και από τα δύο είδη αισθητήρων που επιλέξαμε, το βέλτιστο θα ήταν να κάνουμε χρήση αισθητήρες μοντέλου iris, λόγω κάποιων προβλημάτων θα γίνει χρήση αισθητήρων μοντέλου mica2. Ταυτόχρονα όμως καθώς έχουμε ένα περιορισμένο αριθμό, ιδιαίτερα όσο αφορά το sensor board, αυτό μας περιορίζει όχι τόσο στη δημιουργία του δικτύου και της λειτουργίας του, αλλά στην πειραματική αξιολόγηση του με μεγάλο αριθμό πραγματικών δεδομένων.

Το επόμενο σημαντικό πρόβλημα το οποίο θα συναντήσουμε είναι ότι δεν έχουμε κάποιο μοντέλο το οποίο να αναδεικνύει την ύπαρξη φωτιάς. Κατ' επέκταση δεν μπορούμε να ενσωματώσουμε την ανίχνευση πυρκαγιάς από την αρχή στο σύστημα. Η λύση που προτιθέμαστε να δώσουμε, εφόσον έχουμε ήδη σκεφτεί τον περιορισμό αυτό, είναι η υλοποίηση ενός επιμέρους κομματιού του συστήματος, καταχώρησης κανόνων. Έτσι, γενικεύσαμε το πρόβλημα και η ανίχνευση βασίζεται στους κανόνες τους οποίους

θα καταχωρήσουν οι χρήστες. Αυτό μας βοηθά και στην μετέπειτα φάση, της πειραματικής αξιολόγησης, αφού θα είναι δυνατή η δοκιμή του συστήματος όσο αφορά την ανίχνευση της αλλαγής του περιβάλλοντος, την ενημέρωση του συστήματος για αυτή και τέλος την επιτυχής ενεργοποίηση «συναγερμού».

Είναι ασφαλώς αφελές να ισχυριστούμε ότι γνωρίζουμε από πριν κάθε δυσκολία που θα αντιμετωπίσουμε, αφήνοντας έτσι ανοιχτό το ενδεχόμενο να γίνει οποιαδήποτε αλλαγή.

7.3 Εργαλεία υλοποίησης

Πριν να ξεκινήσει η φάση της υλοποίησης επιβαλλόταν να γίνει κάποια έρευνα εκ μέρους μας, όσο αφορά τα εργαλεία που θα κάναμε χρήση, για όλα τα επίπεδα του συστήματος μας.

Αφού μελετήσαμε πολλές διαφορετικές επιλογές καταλήξαμε ότι τα εργαλεία Mote Works, MoteView (για τον προγραμματισμό των αισθητήρων και γενικότερα το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων), το εργαλείο διαχείρισης βάσεων δεδομένων Gamin III (για τη διαχείριση και αποθήκευση των πακέτων που παραλαμβάνονται) και το Microsoft Visual Studio 2008 (για την ανάπτυξη του web application), ήταν τα ιδανικά για την ανάπτυξη του συστήματος μας. Όλα τα πιο πάνω αποτελούν ολοκληρωμένα προγραμματιστικά περιβάλλοντα και εργαλεία διαχείρισης πληροφοριών που κυκλοφορούν αυτή τη στιγμή και για το λόγο αυτό τυγχάνουν ευρείας χρήσης.

Πιο κάτω δίνουμε μια σύντομη περιγραφή των εργαλείων υλοποίησης με στόχο να προσφέρουμε στον αναγνώστη μια περιληπτική περιγραφή τους έτσι ώστε να γίνει πιο εύκολη η κατανόηση του πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος. Για πιο δομημένη περιγραφή των εργαλείων τα διαχωρίζουμε ανά επίπεδο όπου θα γίνουν χρήση.

7.3.1 Προγραμματισμός αισθητήρων – ασύρματου δικτύου αισθητήρων

Αρχικά όσο αφορά τον προγραμματισμό των αισθητήρων και τη λειτουργία τους ως επιμέρους τμήματα του ασύρματου δικτύου αισθητήρων χρησιμοποιήθηκαν τα πιο κάτω εργαλεία:

- **MoteWorks:**

Το εργαλείο αυτό δημιουργήθηκε από την εταιρία Crossbow (την εταιρεία παραγωγής και των αισθητήρων που επιλέξαμε) και επιτρέπει την ανάπτυξη

εφαρμογών με κόμβους αισθητήρων και είναι ειδικά βελτιστοποιημένο για δίκτυα τα οποία λειτουργούν με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κάνοντας χρήση μπαταριών.

Βασίζεται στο open-source λειτουργικό σύστημα TinyOS και προσφέρει αξιόπιστο ad-hoc δίκτυο τύπου mesh, over-the-air programming δυνατότητες και εργαλεία ανάπτυξης λογισμικών εφαρμογών.

- **MoteView:**

Το εργαλείο αυτό δημιουργήθηκε επίσης από την εταιρία Crossbow και είναι σχεδιασμένο για να προσφέρει στο χρήστη μια απλότητα όσο αφορά την υλοποίηση και την παρακολούθηση ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Εμείς το χρησιμοποιήσαμε συγκεκριμένα για τον προγραμματισμό των αισθητήρων, ο οποίος γίνεται κάνοντας χρήση του MoteConfig το οποίο περιγράφουμε πιο κάτω.

MoteConfig: Αποτελεί ένα βοηθητικό πρόγραμμα το οποίο εγκαθίσταται ταυτόχρονα με την εγκατάσταση του MoteView. Είναι ένα Windows-based GUI το οποίο χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό των αισθητήρων. Παρέχει ένα μέσο για τη ρύθμιση και εγκατάσταση υλοποιημένων XMesh/TinyOS εφαρμογών επάνω στους αισθητήρες. Επίσης με την εγκατάσταση του υπάρχουν διαθέσιμες XMesh εφαρμογές για κάθε sensor board και πλατφόρμα η οποία κατασκευάζεται από την Crossbow.

7.3.2 Βάση δεδομένων και εργαλείο διαχείρισης της βάσης

Όσο αφορά τη βάση δεδομένων και τη διαχείριση των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε τη PostgreSQL για βάση και για εργαλείο διαχείρισης το PgAdmin III.

Η **PostgreSQL** είναι ένα open source, object-relational database system. Μετά από δεκαπέντε χρόνια ύπαρξης της και πολλών βελτιώσεων που έτυχε, απέκτησε ισχυρή φήμη για την αξιοπιστία, την ακεραιότητα των δεδομένων, και την ορθότητα της. Τρέχει στα πλείστα γνωστά λειτουργικά συστήματα, μεταξύ των οποίων τα Linux, UNIX (AIX, BSD, HP-UX, SGI IRIX, Mac OS X, Solaris, Tru64), και τα Windows. Υποστηρίζει πλήρως την ύπαρξη primary keys, foreign keys, joins, views, triggers, functions και stored procedures.

Όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω για τη διαχείριση των δεδομένων και την αποθήκευση τους στη βάση δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πιο κάτω εργαλείο:

PgAdmin III: Είναι το πιο δημοφιλές εργαλείο διαχείρισης και ανάπτυξης για την PostgreSQL, την πλέον προηγμένη βάση δεδομένων ανοικτού κώδικα στον κόσμο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά λειτουργικά όπως Linux, FreeBSD, OpenSUSE, Solaris, Mac OSX και Windows πλατφόρμες για τη διαχείριση PostgreSQL 7.3 καθώς επίσης τρέχει πάνω σε οποιαδήποτε πλατφόρμα. Το PgAdmin III έχει σχεδιαστεί για να ανταποκρίνονται στις ανάγκες όλων των χρηστών, από την εκτέλεση απλών SQL queries, μέχρι την ανάπτυξη σύνθετων βάσεων δεδομένων. Η γραφική διεπαφή του εργαλείου υποστηρίζει όλα τα χαρακτηριστικά της PostgreSQL υποστηρίζει όλες τις λειτουργίες και καθιστά εύκολη τη διαχείριση της βάσης δεδομένων.

Επίσης, για το μετασχηματισμό των πακέτων που λαμβάνονταν από το δίκτυο, έγινε χρήση της **PL/pgSQL** η οποία είναι Procedural language και χρησιμοποιείται για τη δημιουργία function και triggers στη βάση δεδομένων postgresQL.

7.3.3 Web Application

Για την ανάπτυξη του web application, με το οποίο θα γίνεται η διαχείριση του συστήματος από τους χρήστες, χρησιμοποιήθηκε το πιο κάτω εργαλείο:

Microsoft Visual Studio 2008: το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο ολοκληρωμένα εργαλεία ανάπτυξης για web applications, κάνοντας χρήση τις γλώσσες προγραμματισμού ASP .net, JavaScript, ajax, cascading style sheets (CSS), html καθώς προσφέρει τη δυνατότητα server side κώδικα με τη χρήση γνωστών γλωσσών προγραμματισμού, όπως visual basic και c#.

7.4 Μεθοδολογία και περιγραφή βημάτων ανάπτυξης

Δεδομένου ότι αποφασίσαμε η υλοποίηση μας να γίνει σταδιακά και σε βήματα βάση των επιπέδων, δείχνουμε συνοπτικά την προγραμματιστική μας προσπάθεια, όπως αυτή έγινε μέσα από την χρονιά που πέρασε. Για κάποια επίπεδα παραγάγαμε διαφορετικές εκδόσεις σε κάθε μια από τις οποίες προσθέταμε επιπλέον πολυπλοκότητα και δυνατότητες. Η επιλογή σταδιακής υλοποίησης έγινε ασφαλώς για την μείωση της δυσκολίας επίλυσης των προβλημάτων που θα παρουσιάζονταν και για την ελαχιστοποίηση της ύπαρξης

σφαλμάτων. Σε κάθε ξεχωριστή έκδοση ουσιαστικά επιτυχάναμε και ένα συγκεκριμένο στόχο. Πιο κάτω περιγράφουμε τη μεθοδολογία ανάπτυξης και τις διάφορες εκδόσεις που υλοποιούσαμε για το κάθε επίπεδο. Με την υλοποίηση πολλών εκδόσεων καταφέραμε σιγά-σιγά να αναλύουμε εις βάθος το κάθε επίπεδο, να ανακαλύπτουμε προβλήματα που προέκυπταν και να τα αντιμετωπίζουμε αντίστοιχα.

7.4.1 Προγραμματισμός αισθητήρων

Ξεκινώντας την υλοποίηση του συστήματος, το πρώτο πράγμα με το οποίο έπρεπε να ασχοληθούμε ήταν ο προγραμματισμός των αισθητήρων. Όπως έχουμε αναλύσει στο Κεφάλαιο 5.3 , οι αισθητήρες πρέπει να λαμβάνουν σε τακτά μικρά χρονικά διαστήματα μετρήσεις όσον αφορούν φυσικά περιβαλλοντικά φαινόμενα. Επίσης, πρέπει να διοργανώνονται σε δίκτυο, αντιμετωπίζοντας όλες τις απαιτήσεις που έχουμε θέσει, όπως για παράδειγμα σε περίπτωση αποτυχίας να διατηρείται η επικοινωνία των υπόλοιπων κόμβων. Επίσης από τη φάση του σχεδιασμού, επιλέξαμε το XMesh να αποτελεί το δικτυακό μας πρωτόκολλο (Κεφάλαιο 6.2.4).

Διαχωρίσαμε σε δύο τμήματα τον προγραμματισμό των αισθητήρων βάση του mesh networking protocol – Xmesh, όπου οι αισθητήρες διαχωρίζονται σε δύο κατηγορίες, στους κόμβους αισθητήρων και στον base κόμβο αισθητήρα.

Έτσι, κάνοντας χρήση του MoteView και συγκεκριμένα του MoteConfig, προγραμματίσαμε τους αισθητήρες που θα αποτελούν το δίκτυο αισθητήρων με ένα από τα pre-compiled MICA2 XMesh Applications της Crossbow και συγκεκριμένα το *XMTS420_xxx_<mode>.exe*, το οποίο αντιστοιχεί στο sensor board που χρησιμοποιούμε δηλ. το MTS420. Στη συνέχεια, προγραμματίσαμε τον base node με επίσης ένα pre-compiled MICA2 XMesh Applications και συγκεκριμένα το *XMeshBase_xxx_<mode>.exe*. Πρέπει να σημειώσουμε ότι υπάρχει η επιλογή να εγκαταστήσουμε είτε το low power είτε το high power application στους αισθητήρες. Στον πιο κάτω Πίνακα 7.1 βλέπουμε βασικές παραμέτρους όσο αφορά την απόδοση του Xmesh¹⁵.

XMesh Πίνακας απόδοσης		
Παράμετρος	XMesh-HP	XMesh-LP
Χρονικό διάστημα ανανέωση μονοπατιών (Route Update Interval)	36 sec.	360 sec.
Συχνότητα αποστολής πακέτων δεδομένων	10 sec. (προκαθορισμένο)	180 sec. (προκαθορισμένο)
Χρόνος διοργάνωσης σε mesh δίκτυο	2-3 φορές ανανέωση των μονοπατιών με μέσο αριθμό hop 2.5	
Μέση κατανάλωση	20-30 mA	<250 μ A ή <400 μ A

Πίνακας 7.1: Πίνακας απόδοσης και σύγκρισης του XMesh–Hp (high performance) και του XMesh – Lp (low performance)

Αφού λοιπόν καταφέραμε να εγκαταστήσουμε και να προγραμματίσουμε τους αισθητήρες με αυτά τα applications, οι αισθητήρες μπορούν πλέον να αυτο-διοργανωθούν σε δίκτυο τύπου mesh, να λαμβάνουν μετρήσεις, να τις προωθούν στον base node και να διατηρούν την κατάσταση του δικτύου και κατ' επέκταση την επιτυχή διασύνδεση τους. Για να ξεκινήσει όμως η δικτύωση των αισθητήρων και γενικά η λειτουργία των αισθητήρων πρέπει να εκκινήσει το XServe, το οποίο περιγράψαμε στο τμήμα του Κεφαλαίο 6.2.5..

Ως πρώτο βήμα λοιπόν, τρέξαμε τα applications κάνοντας χρήση του MoteView, παρατηρώντας ότι οι αισθητήρες αυτο-διοργανώνονταν όντως σε δίκτυο, λάμβαναν μετρήσεις και αντιδρούσαν στις αλλαγές της τοπολογίας του δικτύου. Αυτό που θέλαμε να πετύχουμε στη συνέχεια είναι να εκκινούμε το XServe από το δικό μας σύστημα και να πετυχαίναμε την ίδια επιτυχή λειτουργία που επιτυγχάναμε κάνοντας χρήση του MoteView.

7.4.2 Βάση Δεδομένων

Με την εγκατάσταση του MoteWorks και MoteView απαιτείται και η εγκατάσταση της βάσης που χρησιμοποιείται, έτσι εγκαταστήσαμε την postgresSQL. Αφού όμως σύμφωνα με τις απαιτήσεις του συστήματος μας, χρειαζόμασταν επιπλέον πίνακες, δημιουργήσαμε τους δικούς μας πίνακες στη βάση δεδομένων. Συγκεκριμένα,

δημιουργήσαμε τους πιο κάτω πίνακες όπως είχαμε περιγράψει στο τμήμα 0.0 κατά το σχεδιασμό του συστήματος:

- converted_results
- node_health
- authorities
- attributes
- operators
- complex_rules
- και τον mts420_results ο οποίος δημιουργείται με την εγκατάσταση του MoteView και του XServe

7.4.3 Μετασχηματισμός δεδομένων πακέτων

Τα πακέτα, όπως αναφέραμε πιο πάνω, τα οποία παραλαμβάνονται στον base node, περιέχουν τις μετρήσεις για τις παραμέτρους του περιβάλλοντος αλλά σε μορφή μη κατανοητή προς το χρήστη. Εφαρμόζοντας τις εξισώσεις που δώσαμε στο τμήμα 0.0 τα δεδομένα των πακέτων μετατρέπονται σε πληροφορίες ψηλού επιπέδου.

Θέλοντας λοιπόν να βρούμε σχετικά με το μετασχηματισμό των πακέτων, έτσι ώστε να διατηρήσουμε τη υψηλή απόδοση του συστήματος και το γρήγορο χρόνο απόκρισης, καταλήξαμε ότι ο καλύτερος τρόπος θα είναι να γράψουμε τα δικά μας functions και triggers στη βάση.

Υλοποιήσαμε λοιπόν trigger στη βάση δεδομένων και συγκεκριμένα στον πίνακα mts420_results (πίνακας στον οποίο αποθηκεύονται τα πακέτα όπως ακριβώς φθάνουν στον base node), έτσι ώστε με την αποθήκευση του ακατέργαστου πακέτου να ενεργοποιείται το trigger, και να καλεί ένα stored procedure με το οποίο καλούνται όλες τις συναρτήσεις (functions) οι οποίες μετατρέπουν τα πεδία και στη συνέχεια να αποθηκεύεται το «νέο» πακέτο στον πίνακα converted_results.

Οι συναρτήσεις μετατροπών υλοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας τη διαδικαστική γλώσσα (procedural language) PL/pgSQL (Procedural Language/PostgreSQL Structured Query Language).

Συγκεκριμένα υλοποιήθηκε το εξής trigger function:

```
insertnewdatarow()
```

και οι εξής συναρτήσεις (functions):

```

compute_humid_c(integer, integer)
compute_humtemp_c(integer)
compute_accel_x_c(integer)
compute_accel_y_c(integer)
compute_lightc (integer, integer)
compute_gps_fixed(integer)
compute_gps_time (integer, integer, integer)
compute_latitude(integer, bigint, integer)
compute_longitude(integer, bigint, integer)
compute_press_c (integer, integer)
compute_prtemp_c (integer, integer)
compute_voltage _c (integer)

```

7.4.4 Υπηρεσία Ενημέρωσης (Notification Service)

Οι υπηρεσία ενημέρωσης αποτελείται από τέσσερα μέρη. Το Alarm Check, Notification Service VB, Email Service, SMS Service, Web Alarm.

Πιο κάτω δίνονται αναλυτικά στοιχεία για την υλοποίηση του κάθε κομματιού.

Alarm Check

Περιγραφή τρόπου λειτουργίας:

Ελέγχει τα τελευταία πακέτα που παραλήφθηκαν, αν ικανοποιούν κάποιο από τους καταχωρημένους κανόνες. Πριν να ελέγξει τον κάθε κανόνα τον μετασχηματίζει με τρόπο που να χρησιμοποιείται για τον έλεγχο στη βάση, σε μορφή queries. Δηλαδή, ο έλεγχος καταπάτησης κανόνων γίνεται στέλνοντας queries στη βάση. Σε περίπτωση καταπάτησης κανόνα καλείται το notification service vb component.

Περιγραφή πεδίων και συναρτήσεων/μεθόδων:

Function query(ByVal rule As String): Συνάρτηση η οποία δέχεται τον κανόνα όπως καταχωρήθηκε από το χρήστη και σχηματίζεται σε μορφή τέτοια, που να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να γίνονται τα queries από τη βάση.

Function isAttribute(ByVal tokenToTest): Συνάρτηση η οποία ελέγχει κατά πόσο είναι το πεδίο (string) που δέχεται αποτελεί κάποιο από τα πεδία των πακέτων του δικτύου.

Function convertedAttribute(ByVal attribute As String): Συνάρτηση η οποία παίρνει το όνομα του πεδίου (string), όπως καταχωρήθηκε από το χρήστη και το μετατρέπει έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχηματισμό του query.

Public Sub checkData(): Συνάρτηση η οποία παίρνει όλους τους καταχωρημένους κανόνες από τη βάση δεδομένων και βάσει αυτών στέλνει queries στη βάση έτσι ώστε να επιστραφούν τα τελευταία πακέτα που παραλήφθηκαν και καταπατούν κάποιο κανόνα. Σε περίπτωση καταπάτησης κανόνα, παίρνονται από τη βάση όλες οι καταχωρημένες αρμόδιες αρχές και καλούνται οι αντίστοιχες συναρτήσεις/υπηρεσίες ενημέρωσης με email και sms.

Sub handleAlarms(): Επαναλαμβάνει τη διαδικασία κάθε ένα χρονικό διάστημα, καλώντας την checkData().

7.4.4.1 Email Service

Για την υπηρεσία ενημέρωσης με email δημιουργήθηκε η εξής κλάση:

FireEmail

Πεδία:

username As [String]: Το username του αποστολέα (στην περίπτωση μας το username του email που δημιουργήθηκε για το σύστημα)

password As [String]: Το password του αποστολέα (στην περίπτωση μας το password του email που δημιουργήθηκε για το σύστημα)

body As [String]: Το κείμενο που θα σταλεί με email

subject As [String]: Το θέμα του email που θα σταλεί (προκαθορισμένο ως FireSense ALARM)

receiver As [String]: Η διεύθυνση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου του παραλήπτη.

smtpServer As [String]: Προκαθορισμένο ως smtp.gmail.com

message As System.Net.Mail.MailMessage: Το μήνυμα σε μορφή αποστολής

smtp As System.Net.Mail.SmtpClient: Smtp Client

Κατασκευαστής:

New(): Αρχικοποιήσεις.

Μεθόδοι:

```
Sub sendEmail(ByVal receiver As String, ByVal emailbody As String):
```

Μέθοδος η οποία δέχεται τον παραλήπτη και το περιεχόμενο του email, και αφού σχηματίσει το ηλεκτρονικό μήνυμα, το αποστέλλει.

7.4.4.2 SMS Service

Για την υπηρεσία ενημέρωσης με sms δημιουργήθηκε η εξής κλάση:

FireSms

Εξαρτώμενο από (Reference): mCoreLib.dll

Πεδία:

objSMS As mCore.SMS: Το αντικείμενο όπου περιέχεται το μήνυμα sms και οι σχετικές πληροφορίες.

strMyAppName As String: Το όνομα της εφαρμογής μας. Γίνεται χρήση του για σκοπούς αποσφαλμάτωσης. Προκαθορισμένο με «FireSense SMS ALERT».

message As String: Το μήνυμα το οποίο θα σταλεί. Προκαθορισμένο με «FireSense ALARM» και στη συνέχεια προστίθονται επάνω του.

port As String: Το port στο οποίο είναι συνδεδεμένο το gsm modem. Προκαθορισμένο με «COM11». ΠΡΟΣΟΧΗ: Κάθε φορά που γίνεται επανεκκίνηση της εφαρμογής, ή επανασύνδεση με το gsm modem πρέπει να αρχικοποιείται με το σωστό port. Σε διαφορετική περίπτωση η υπηρεσία ενημέρωσης με sms δε θα λειτουργεί.

Κατασκευαστής:

New() : Αρχικοποιήσεις και αρχικοποίηση σύνδεσης με port.

Μέθοδοι:

sendSms(ByVal mob As String, ByVal smsbody As String): Μέθοδος η οποία δέχεται τον αριθμό τηλεφώνου στον οποίο θα αποσταλεί το μήνυμα, καθώς και το κείμενο το οποίο θα σταλεί. Αφού σχηματιστεί εντελώς το sms μήνυμα, αποστέλλεται.

objSMS_QueueSMSSent(ByVal sender As Object, ByVal e As mCore.QueueSMSSentEventArgs): Μέθοδος η οποία κάνει τις απαραίτητες αρχικοποιήσεις ότι το μήνυμα έχει σταλεί.

objSMS_QueueSMSSending(ByVal sender As Object, ByVal e As mCore.QueueSMSSendingEventArgs): Μέθοδος η οποία κάνει τις απαραίτητες αρχικοποιήσεις έτσι ώστε να φαίνεται ότι το μήνυμα είναι σε εξέλιξη αποστολής.

`SetCommParameters()`: Ρυθμίζει τις παραμέτρους επικοινωνίας (communication parameters)

`cmdConnect()`: Ενώνεται με το com.

7.4.4.3 Web Alarm

Πεδία:

`body As [String]`: Πεδίο που κρατεί το περιεχόμενο του μηνύματος.

Κατασκευαστής:

`Sub New()`: Αρχικοποίηση του μηνύματος.

Μέθοδοι:

`showWebAlarm(ByVal webbody As String)`: Μέθοδος η οποία δέχεται το περιεχόμενο του μηνύματος και εμφανίζει το παράθυρο ενημέρωσης του χρήστη για τον κανόνα που καταπατείται.

7.4.5 Web application

7.4.5.1 Ενεργοποίηση XServe

Για την εφαρμογή μας επιβαλλόταν να παίρνουμε τα πακέτα που φθάνουν στον base node έτσι ώστε να μπορούν να γίνονται χρήση. Για να το επιτύχουμε αυτό έπρεπε να ενεργοποιήσουμε το XServe.

Πρώτο στάδιο

Αρχικά, για να μπορέσουμε να προχωρήσουμε με την ανάπτυξη της εφαρμογής μας, χρησιμοποιώντας το MoteView, ξεκινούσαμε το XServe και η εφαρμογή μας επικοινωνώντας με τη βάση έπαιρνε τα πακέτα που αποθηκεύονταν σε αυτή.

Δεύτερο στάδιο

Το γεγονός ότι έπρεπε να εκκινήσουμε το XServe μέσω του MoteView, δεν ήταν αυτό που θέλαμε, αφού στόχος μας ήταν η εφαρμογή να λειτουργεί ανεξάρτητα από οποιοδήποτε άλλο εργαλείο. Για το λόγο αυτό βρήκαμε τη λύση έτσι ώστε να εκκινήσουμε το XServe μέσα από την εφαρμογή μας.

Μέσα στο .NET Framework Class Library υπάρχει η κλάση `Process`, η οποία προσφέρει πρόσβαση σε τοπικές και μη τοπικές διεργασίες καθώς δίνει τη δυνατότητα εκκίνησης και τερματισμού των διεργασιών.

Ορίζοντας λοιπόν ένα αντικείμενο της κλάσης αυτής προσπαθήσαμε να εκκινήσουμε το XServe δίνοντας το απόλυτο μονοπάτι όπου βρίσκεται το XServe.exe. Αντιμετωπίσαμε

όμως κάποιο πρόβλημα το οποίο μάλλον οφείλεται σε πρόβλημα που έγινε κατά την εγκατάσταση του XServe.

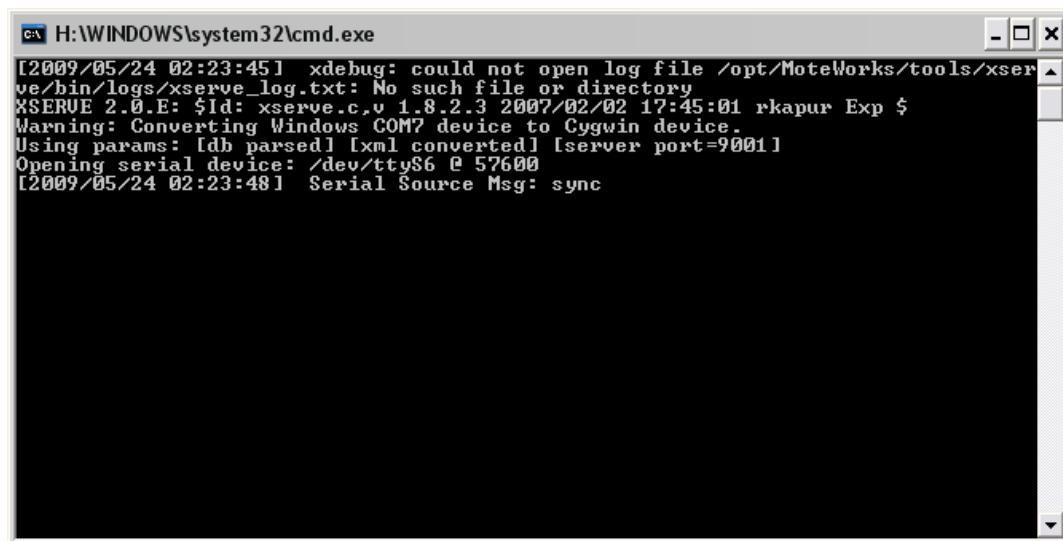
Τρίτο στάδιο

Ψάξαμε λοιπόν για εναλλακτικές λύσεις και βρήκαμε ότι το XServe, μπορεί να εκκινήσει μέσω του cygwin. Αποφασίσαμε λοιπόν και δηλώσαμε ένα αντικείμενο τύπου Process εκκινώντας το cygwin και για να μην χρειάζεται να εισάγεται η εντολή η οποία ενεργοποιεί το XServe στο παράθυρο του cygwin, προσθέσαμε στο αρχείο bash.bashrc του cygwin (το οποίο βρίσκεται κάτω\cygwin\etc) το οποίο εκτελείται κάθε φορά που τρέχει το shell του cygwin την πιο κάτω εντολή:

```
xserve -s=COM7 -b=57600 -l -xmlfile=XmlStreamTest.xml -xmlc -xmlport=9005
```

Με την εντολή αυτή εκκινείτε το XServe μέσα από το cygwin.

Στην Εικόνα 7.1 πιο κάτω βλέπουμε το παράθυρο που ανοίγει κατά την εκκίνηση της διεργασίας που δηλώσαμε και κατ' επέκταση του XServe.



Εικόνα 7.1: Παράθυρο cygwin για την εκκίνηση του XServe

Τελικό στάδιο

Η κλάση Process, προσφέρει τη δυνατότητα να εκκινήσουμε μια διεργασία ως hidden. Έτσι θέσαμε το ProcessProperties.WindowStyle = ProcessWindowStyle.Hidden και το XServe ξεκινάει να τρέχει χωρίς να ανοίγει οποιοδήποτε παράθυρο.

Είναι σημαντικό να αναφέρουμε ότι υπό κανονικές συνθήκες το XServe θα τρέξει μόνο μία φορά στον web server, κάνοντας βέβαια χρήση της εντολής που δώσαμε πιο πάνω.

7.4.5.2 Ασφάλεια

Υλοποιήσαμε το login το οποίο πρέπει να βρίσκεται σε κάθε σελίδα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η απαίτηση της ασφάλειας του συστήματος, καθώς ο χρήστης όχι μόνο κατά την είσοδο του συστήματος θα πρέπει να κάνει login αλλά και μετά από κάποιο χρονικό διάστημα (login session expired), ο χρήστης θα πρέπει να ξανακάνει login. Στην Εικόνα 7.2 βλέπουμε την σελίδα του login.



Εικόνα 7.2: Σελίδα login

7.5.4.3 Παρουσίαση πακέτων

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στη σελίδα με την οποία ο χρήστης θα έχει βλέπει τα πακέτα με τις μετρήσεις καθώς και τα πακέτα της κατάστασης των αισθητήρων και του δικτύου (health packets).

Παρουσίαση τελευταίων πακέτων που παραλήφθηκαν:

Για την παρουσίαση των τελευταίων πακέτων, και για τα δύο είδη (πακέτα μετρήσεων και πακέτα κατάστασης αισθητήρων), που έφθασαν από τους αισθητήρες στον base node. Κάνοντας χρήση του πεδίου timestamp του πίνακα converted_results, βρίσκουμε το τελευταίο πακέτο που έφθασε από κάθε κόμβο αισθητήρα στον base node και εμφανίζουμε τις πληροφορίες που περιέχει. Συγκεκριμένα εκτελώντας το πιο κάτω query:

```
select * from ( SELECT MAX(timestamp) as timestamp,id
FROM converted_results Group by id ) as current,
converted_results
where current.id=converted_results.id and
current.timestamp=converted_results.timestamp)
```

Στην Εικόνα 7.3 βλέπουμε την σελίδα του που δημιουργήσαμε για την παρουσίαση των τελευταίων πακέτων που παραλήφθηκαν.

The screenshot shows the FireSense web application interface. At the top, there's a green header with the text 'FireSense REAL TIME FOREST FIRE DETECTION' and a '[Logout]' link. Below the header is a navigation bar with tabs: HOME, System Home, All Data From Nodes, Authorities, Rules Engine, Control Page, and Network Topology. The main content area displays two tables.

Current Nodes Data

Timestamp	Node id	Parent	Voltage (V)	Humid (%)	Humtemp (C)	PrtTemp (C)	Press (mba)	Light (Lux)	Accel_x (g)	Accel_y (g)	GPS_time (UTC)	Latitude	Longitude	GPS_fixed
21/5/2009 5:26:40 μμ	1	0	24,32	41,41	28,48	53,38	801,33	772,8	0,26	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 5:26:56 μμ	4	0	26,76	40,33	29,24	64,34	710,48	684,48	0,32	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 5:26:56 μμ	2	0	24,04	-1,61	-21,59	53,77	804,92	802,24	0,060000000000000001	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
24/5/2009 2:27:13 πμ	3	0	21,63	59,35	24,85	-14,70	582,83	625,6	-0,04	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid

Current Health Data

nodeid	result_time	health_pkts	node_pkts	forwarded	dropped	retries	battery	power_sum	board_id	parent	quality_tx	quality_rx	path_cost	parent_rssi
4	21/5/2009 5:25:47 μμ	93	3170	83	49	618	26	0	134	0	15	14	0	207
1	21/5/2009 5:25:58 μμ	93	658	98	111	917	24	0	134	0	15	15	0	54
2	24/5/2009 2:25:33 πμ	2	3	5	0	0	24	0	134	0	15	15	0	167

Εικόνα 7.3 σελίδα παρουσίασης των τελευταίων πακέτων που παραλήφθηκαν

Παρουσίαση παλαιότερων πακέτων από τη βάση δεδομένων:

Επόμενη σελίδα που έπρεπε να υλοποιηθεί ήταν η σελίδα πρόσβασης σε όλα τα παλαιότερα δεδομένα και για τα δύο είδη πακέτων.

Πρώτο στάδιο:

Αρχικά υλοποιήσαμε την σελίδα στην οποία εμφανίζονταν όλα τα πακέτα.

Δεύτερο στάδιο:

Στη συνέχεια θέσαμε ένα μέγιστο αριθμό πακέτων που μπορούν να παρουσιαστούν ανά σελίδα και προσθέσαμε μια μπάρα με σελίδες, με την οποία ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί στα πακέτα.

Τρίτο στάδιο:

Προσθέσαμε ακόμα μία λειτουργικότητα σε αυτή τη σελίδα, με την οποία ο χρήστης μπορεί να ταξινομήσει τα πακέτα, επιλέγοντας κάποιο από τα πεδία.

Τέταρτο στάδιο:

Αρχικά, μία από τις βασικές απαιτήσεις που θέσαμε ήταν ο χρήστης να μπορεί να ταξινομήσει με διάφορους τρόπους τα πακέτα για περαιτέρω ανάλυση τους. Έτσι, υλοποιήσαμε ακόμη μία λειτουργικότητα στη σελίδα, με την οποία ο χρήστης μπορεί

να καταχωρήσει λέξεις βάση των οποίων να γίνει αναζήτηση και να εμφανίζονται τα πακέτα που ικανοποιούν τις λέξεις αυτές. Προσφέρουμε επίσης στο χρήστη τη δυνατότητα επιλογής του πεδίου που θα γίνει αναζήτηση.

Στην Εικόνα 7.4 βλέπουμε την τελική μορφή της σελίδας παρουσίασης παλαιότερων πακέτων - δεδομένων.

[Logout]

FireSense

REAL TIME FOREST FIRE DETECTION

HOME

System Home

All Data From Nodes

Authorities

Rules Engine

Control Page

Network Topology

Table: node_historic_data_converted

Records shown 1 - 30 of 1857

Custom Filter

All Fields

☐

Whole words only

Apply Filter

Reset Filter

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11..20

21..30

31..40

41..50

51..60

61..62

Next >>

timestamp	id	parentid	voltage_c	humid_c	humtemp_c	ptemp_c	press	lightc	accel_x_c	accel_y_c	gps_time	latitude	longitude	gps_fix
21/5/2009 4:25:33 μμ	3	0	21,63	45,71	26,45	46,49	781,63	964,16	-0,62	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:35 μμ	4	3	26,87	43,36	29,22	63,75	837,76	772,8	0,34	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:36 μμ	2	0	24,22	-1,65	-21,41	53,94	805,42	802,24	0,04	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:37 μμ	3	0	21,63	45,71	26,46	46,49	781,61	1023,04	-0,62	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:38 μμ	4	3	26,93	43,01	29,16	63,71	837,65	831,68	0,34	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:39 μμ	2	0	24,22	-1,65	-21,42	53,94	877,35	831,68	0,04	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:40 μμ	3	0	21,63	45,61	26,46	46,47	781,57	1023,04	-0,6	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid
21/5/2009 4:25:41 μμ	1	0	24,46	42,30	28,53	53,40	673,67	772,8	0,26	0	0:0:0	0 deg 0.00 S	0 deg 0.00 S	Invalid

View

View

View

View

View

View

View

Εικόνα 7.4: Τελική μορφή της σελίδας παρουσίασης παλαιότερων πακέτων – δεδομένων

7.4.5.4 Αξιοπιστία συστήματος

Για την αξιοπιστία του των δεδομένων του συστήματος, υλοποιήθηκαν σε όλες τις φόρμες εισαγωγής, οι απαραίτητοι έλεγχοι των πεδίων της, όπως τους θέσαμε στο τμήμα 6.6.30.0 της φάσης σχεδιασμού του συστήματος. Για τα όποια λάθη κάνει ο χρήστης κατά την εισαγωγή νέων δεδομένων στο σύστημα, τον ενημερώνουμε με τα αντίστοιχα μηνύματα.

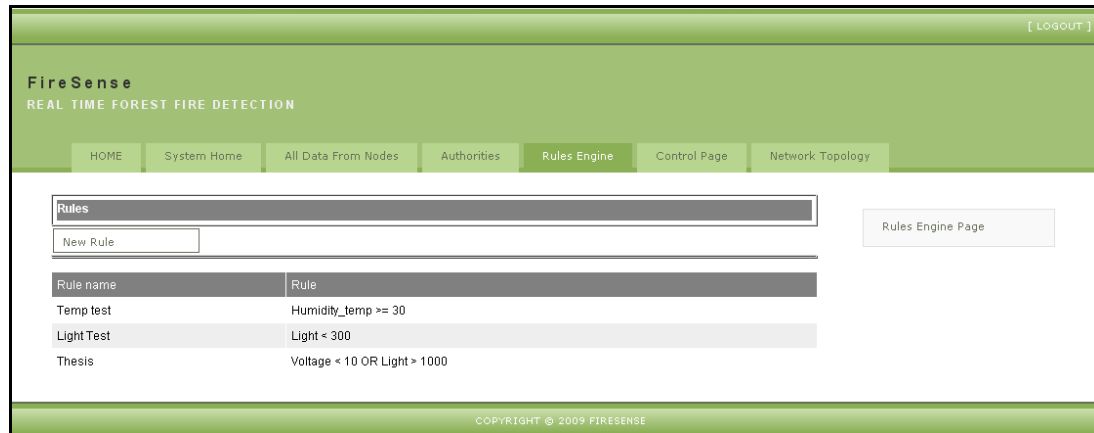
7.4.5.5 Κανόνες

Καθώς η εύρεση κάποιου μοντέλου με παραμέτρους για ανίχνευση πυρκαγιάς δεν ήταν δυνατή, όπως προαναφέραμε αποφασίσαμε να υλοποιήσουμε ένα rule engine, με το οποίο ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα καταχώρησης κανόνων.

Η υλοποίηση του rule engine διαχωρίστηκε ουσιαστικά σε δύο κομμάτια, στην παρουσίαση των καταχωρημένων κανόνων και στην εισαγωγή νέου.

7.4.5.5.1 Παρουσίαση καταχωρημένων κανόνων

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.5 οι κανόνες καθώς και οι πληροφορίες, παρουσιάζονται όπως φαίνεται πιο κάτω σε μορφή πίνακα.

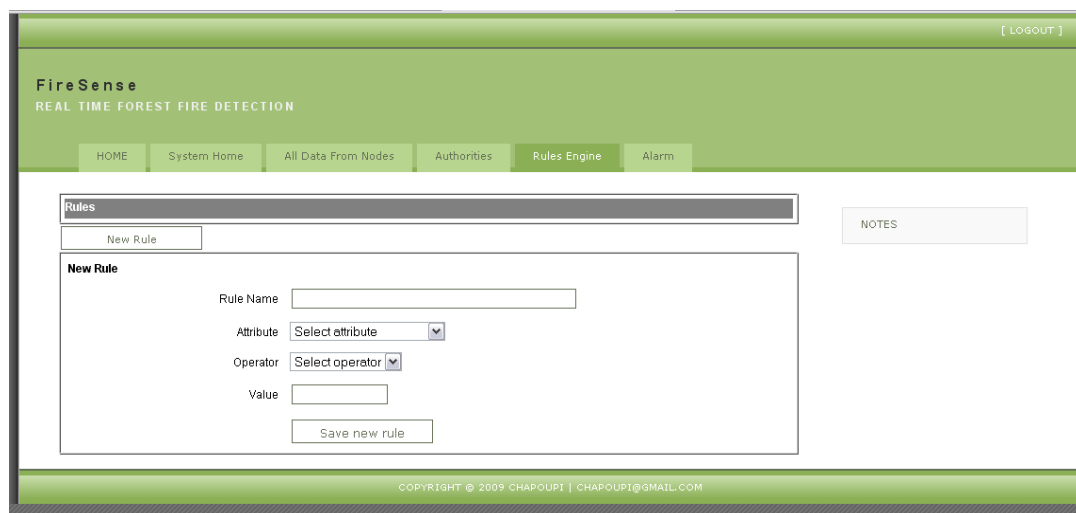


Εικόνα 7.5: Παρουσίαση καταχωρημένων κανόνων

7.4.5.5.2 Καταχώρηση νέου κανόνα

Στάδιο 1

Ως πρώτο στάδιο της υλοποίησης του rule engine, δημιουργήσαμε κανόνες απλής μορφής, δηλαδή χωρίς την ύπαρξη λογικών τελεστών, με μόνο μία παράμετρο να ελέγχεται κάθε φορά. Στην Εικόνα 7.6 βλέπουμε τη φόρμα εισαγωγής νέου κανόνα όπως την υλοποιήσαμε στο πρώτο στάδιο.



Εικόνα 7.6 Καταχώρηση νέου απλού κανόνα

Δεύτερο Στάδιο

Για την ανίχνευση πυρκαγιάς όμως, πρέπει να ελέγχονται περισσότερες της μίας παράμετροι. Συνεχίζοντας λοιπόν στη δημιουργίας φόρμα εισαγωγής σύνθετου κανόνα όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.7. Δίνουμε την δυνατότητα στο χρήστη να προσθέσει μεγάλο αριθμό απλών κανόνων από τους οποίους θα αποτελείται ο σύνθετος, καθώς του παρουσιάζουμε συνεχώς τον κανόνα μέχρι εκείνη τη συγκεκριμένη στιγμή.

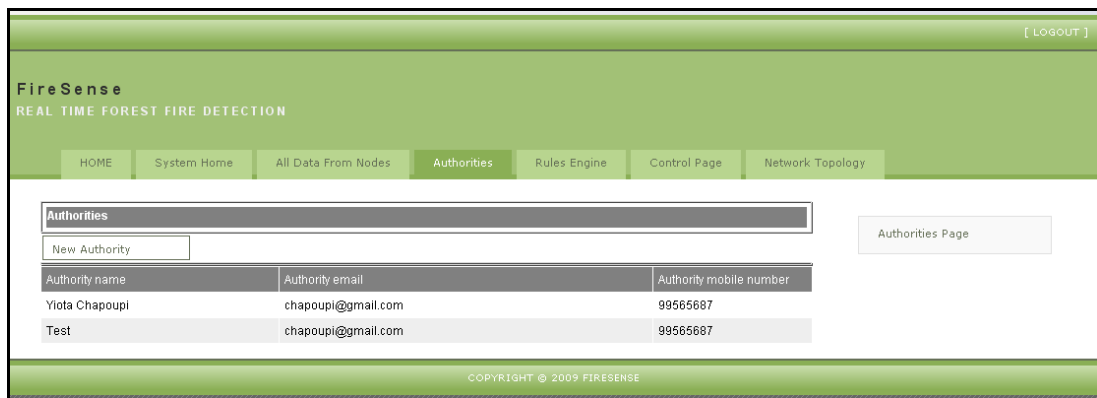
The screenshot displays the 'FireSense REAL TIME FOREST FIRE DETECTION' web application. The 'Rules Engine' tab is selected in the top navigation bar. The main content area is titled 'Rules' and contains a 'New Rule' button. Below this, a 'Rule until now' section shows a list of rules. The 'Rule Name' field is empty. The 'Attribute' dropdown is set to 'Select attribute', and the 'Operator' dropdown is set to 'Select operator'. The 'Value' field is empty. To the right of the 'Value' field is a 'Done with Subrule' button. Below the 'Rule Name' field, there are two buttons: 'Add AND Logical Operator' and 'Add OR Logical Operator'. At the bottom of the form, there is a 'Press button for saving the final rule' button and a 'Done with rule' button. The footer of the application shows 'COPYRIGHT © 2009 FIRESENSE'.

Εικόνα 7.7 Καταχώρηση νέου σύνθετου κανόνα

7.4.5.6 Αρμόδιες Αρχές

7.4.5.6.1 Παρουσίαση καταχωρημένων αρμοδίων αρχών

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.8 οι καταχωρημένες αρμόδιες αρχές καθώς και οι πληροφορίες, παρουσιάζονται όπως φαίνεται πιο κάτω σε μορφή πίνακα.



Εικόνα 7.8: Παρουσίαση καταχωρημένων αρμοδίων αρχών

7.4.5.6.2 Καταχώρηση νέας αρμόδιας αρχής

Στην Εικόνα 7.9 βλέπουμε τη φόρμα εισαγωγής νέας αρμόδιας αρχής. Κατά την εισαγωγή νέων δεδομένων γίνονται οι έλεγχοι για συμπλήρωση όλων των πεδίων και του σωστού τύπου δεδομένων. Ο χρήστης ενημερώνεται ότι είναι απαραίτητο να εισάγει όλα πεδία που του εμφανίζονται και γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι εισαγωγής τους.

New Authority

* Required Fields

Name

Email

Mobile num.

Save new authority

Εικόνα 7.9 Καταχώρηση νέας αρμόδιας αρχής

7.4.5.7 Πληροφορίες ασύρματου δικτύου αισθητήρων και τοπολογία

Μέσω της εφαρμογής ο χρήστης έχει τη δυνατότητα πρόσβασης σε πληροφορίες σχετικά με το δίκτυο και την τοπολογία του. Συγκεκριμένα, μπορεί να δει από πόσους

αισθητήρες αποτελείται το δίκτυο, τους μοναδικούς αριθμούς των αισθητήρων (ids) και τέλος την τοπολογία του δικτύου.

Τοπολογία δικτύου

Όσο αφορά την τοπολογία του δικτύου έγιναν δύο στάδια υλοποίησης του.

Πρώτο στάδιο

Αρχικά υλοποιήσαμε μια σελίδα η οποία παρουσίαζε λεκτικά ένα - ένα τους κόμβους αισθητήρων και τα παιδιά τους. Στην Εικόνα 7.10 βλέπουμε ένα παράδειγμα παρουσίασης της τοπολογίας με τον τρόπο αυτό.

General information about the network

Total Number of nodes: Base Node + 4

Options for network

Display all Nodes

Display Network Topology

Results

Network Topology

Parent = Base Node Childs : Node id : 1,Node id : 4

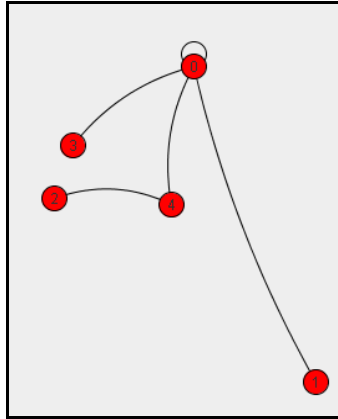
Parent = Node id : 3 Childs : Node id : 2

Parent = Base Node Childs : Node id : 3

Εικόνα 7.10: Σελίδα λεκτικής παρουσίασης τοπολογίας του δικτύου

Δεύτερο στάδιο

Καθώς θεωρούσαμε απαραίτητη την εύρεση μιας πιο εύχρηστης λύσης για την παρουσίαση της τοπολογίας υλοποιήσαμε ένα java applet για την εικονική παρουσίαση τους. Στην Εικόνα 7.11 βλέπουμε ένα παράδειγμα παρουσίασης της τοπολογίας με τον τρόπο αυτό.



Εικόνα 7.11: Εικονική παρουσίαση της τοπολογίας του δικτύου με τη χρήση

7.4.5.8 Σελίδα λειτουργιών ελέγχου

Δημιουργήσαμε μία σελίδα ελέγχου, η οποία δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να εκτελέσει βασικές λειτουργίες όσο αφορά τη λειτουργία του συστήματος. Όπως βλέπουμε στην Εικόνα 7.10, για σκοπούς ευχρηστίας και ευκολίας του χρήστη τις διαχωρίσαμε στις δύο πιο κάτω κατηγορίες:

- Λειτουργίες XServe
 - Εκκίνηση του XServe
 - Τερματισμός του XServe
- Λειτουργίες Βάσης Δεδομένων
 - Διαγραφή όλων των καταχωρημένων δεδομένων της βάσης
 - Διαγραφή όλων των καταχωρημένων κανόνων
 - Διαγραφή όλων των καταχωρημένων πακέτων
 - Διαγραφή όλων των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών



7.4.5.9 Απροσδόκητο Πρόβλημα Εφαρμογής και Υπηρεσίας Ενημέρωσης

Αφού είχαν αναπτυχθεί επιτυχώς τα επιμέρους τμήματα του Notification Service κατά την προσπάθεια ενσωμάτωσης του με το web application παρουσιάστηκε ένα πρόβλημα το οποίο δεν είχαμε προβλέψει. Συγκεκριμένα, όπως είναι λογικό η λειτουργία του Notification Service, ανάλογα με τον αριθμό των καταχωρημένων κανόνων, τον αριθμό των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών και τον αριθμό των κανόνων που καταρρίφθηκαν κάθε φορά, παίρνει από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι μερικά λεπτά για να ολοκληρωθεί. Η άμεση εξάρτηση όμως του web application με το Notification Service προκαλούσε τη καθυστέρηση του χρόνου απόκρισης της εφαρμογής μέχρι ότου ολοκληρωθεί η λειτουργία της ενημέρωσης των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών. Αυτό φυσικά αποτελούσε ένα σημαντικό πρόβλημα το οποίο η άμεση αντιμετώπιση του ήταν επιβεβλημένη. Για το σκοπό αυτό σκεφτήκαμε ότι το ιδανικό θα ήταν ο έλεγχος κατάρριψης των κανόνων να γίνεται παράλληλα με τη λειτουργία της εφαρμογής έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από αυτή. Κάτι τέτοιο φυσικά μπορεί να γίνει με την υλοποίηση thread στην εφαρμογή μας, το οποίο θα είναι υπεύθυνο για το Notification Service και η εκκίνηση του θα γίνεται με την εκκίνηση του web application.

Κεφάλαιο 8

Πειραματική Αξιολόγηση

8.1 Εισαγωγή	88
8.2 Σενάριο Πραγματικών Δεδομένων	89
8.2.1 Απλό σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων	89
8.2.2 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, αποτυχία κόμβου.....	91
8.2.3 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων, κατάρριψη κανόνα	93

8.1 Εισαγωγή

Για τη δοκιμή του συστήματος μας και την εξαγωγή των συμπερασμάτων στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια σειρά πειραματικών σεναρίων με πραγματικά δεδομένα. Λόγω του περιορισμένου αριθμού αισθητήρων που είχαμε στη διάθεση μας φυσικά, ο αριθμός των πειραμάτων και των σεναρίων που μπορούσαμε να εφαρμόσουμε δεν ήταν ικανοποιητικός. Κατά τα άλλα, η διαδικασία των πειραμάτων ήταν χρονοβόρα καθώς απαιτήσε πολλές εκτελέσεις του συστήματος ολόκληρου ή της διαδικτυακής εφαρμογής που υλοποιήσαμε. Σε τελική φάση το σύστημα λειτούργησε επιτυχώς και τα αποτελέσματα τα οποία εξάχθηκαν θεωρήθηκαν ως τελικά χωρίς οποιαδήποτε λάθη.

Στα επόμενα τμήματα, παρουσιάζουμε πληροφορίες όσο αφορά μερικά αντιπροσωπευτικά πειράματα που διεξαγάγαμε. Να αναφέρουμε ότι για την εμφάνιση της τοπολογίας του δικτύου που παρουσιάζουμε πιο κάτω έγινε χρήση του java applet που υλοποιήσαμε.

8.2 Σενάριο Πραγματικών Δεδομένων

Τα πειραματικά σενάρια που ακολουθήθηκαν για τη δοκιμή και εξαγωγή συμπερασμάτων παρουσιάζονται πιο κάτω.

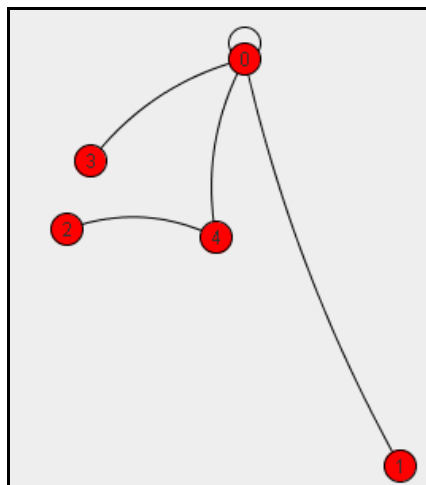
8.2.1 Απλό σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων

Στοιχεία πειράματος:

Αριθμός αισθητήρων: 4 αισθητήρες και ο base node

Χώρος πειράματος: Κλειστό δωμάτιο περίπου 8 μέτρα * 6 μέτρα (Εργαστήριο Ασύρματου και Κινητού Υπολογισμού του Πανεπιστημίου Κύπρου)

Οι αισθητήρες διοργανώνονται επιτυχώς σε δίκτυο όπως φαίνεται πιο κάτω στην Εικόνα 8.1.



Εικόνα 8.1: Παρουσίαση της τοπολογίας του δικτύου στο πείραμα με απλό σενάριο, λειτουργίας δικτύου, παραλαβής και παρουσίασης πακέτων

Την τοπολογία του δικτύου που εμφανίζεται πιο πάνω στην Εικόνα 8.1 την επαληθεύουμε και από τις πληροφορίες των πακέτων όπως εμφανίζονται και από την εφαρμογή μας και συγκεκριμένα από τις στήλες Node id και Parent. Τις πληροφορίες αυτές βλέπουμε πιο κάτω στην Εικόνα 8.2.

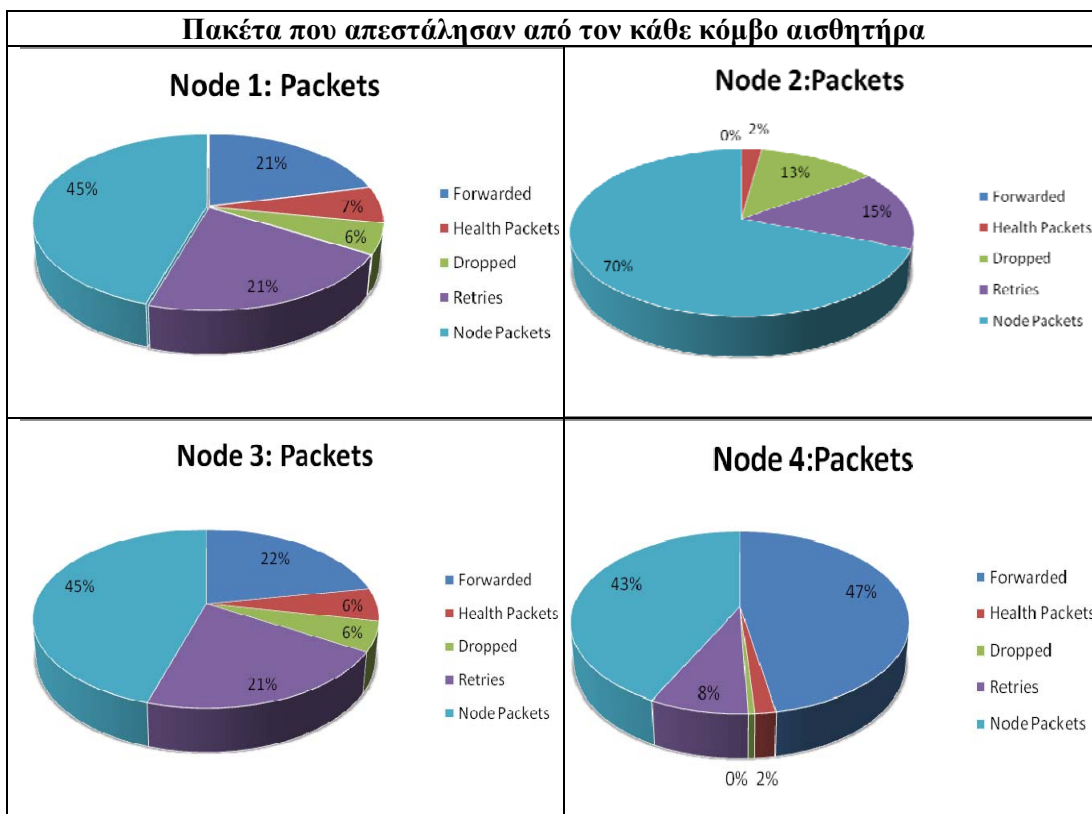
Timestamp	Node id	Parent	Voltage (V)	Humid (%)	Humtemp (C)	PrTemp (C)	Press (mba)	Light (Lux)	Accel_x (g)	Accel_y (g)
25/5/2009 11:31:30 πμ	1	0	25,15	34,27	28,21	53,04	674,01	743,36	-0,28	0
25/5/2009 11:31:46 πμ	2	4	23,81	-1,95	-22,02	52,49	675,68	1081,92	0,02	0
25/5/2009 11:31:53 πμ	3	0	21,48	34,73	27,15	42,54	634,16	1847,36	0,64	0
25/5/2009 11:31:53 πμ	4	0	25,98	38,02	26,06	61,23	706,96	1140,8	-0,02	0

Εικόνα 8.2: Παρουσίαση πληροφοριών πακέτων. Σύνδεση πληροφοριών Node id και Parent για σχηματισμό της τοπολογίας του δικτύου.

Αποτελέσματα πειράματος

Τα πακέτα παραλαμβάνονταν και εμφανίζονταν επιτυχώς στην εφαρμογή μας. Κάθε μισό λεπτό η εφαρμογή μας ανανέωνε τις πληροφορίες που παρουσιάζονταν βάσει των νέων πακέτων που καταχωρήθηκαν στη βάση δεδομένων.

Ακόμη, παίρνοντας πληροφορίες από τον πίνακα της βάσης δεδομένων ο οποίος περιέχει τις πληροφορίες σχετικά με τη λειτουργικότητα των αισθητήρων κατά το πείραμα, εξάγαμε τις πιο κάτω γραφικές στον Πίνακα 8.1:



Πίνακας 8.1: Πακέτα που απεστάλησαν από τον κάθε κόμβο αισθητήρα

Όπως βλέπουμε οι κόμβοι αισθητήρων με ids 1 και 3, έχουν πάρα πολύ παρόμοια λειτουργία. Αυτό είναι λογικό, αφού όπως παρατηρούμε από την τοπολογία του δικτύου που δώσαμε πιο πάνω και οι δύο κόμβοι είναι απευθείας συνδεδεμένοι με τον base station. Επίσης, παρατηρούμε ότι όσο αφορά τον κόμβο αισθητήρα με id 4, το ποσοστό των πακέτων των οποίων προωθεί είναι περίπου ίδιο με το ποσοστό των δικών του πακέτων που αποστέλλει. Κάτι το οποίο δικαιολογείται και πάλι, παρατηρώντας την τοπολογία του δικτύου, αφού ο 4 καλείται να προωθεί στον base node τα πακέτα του 2.

8.2.2 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, αποτυχία κόμβου

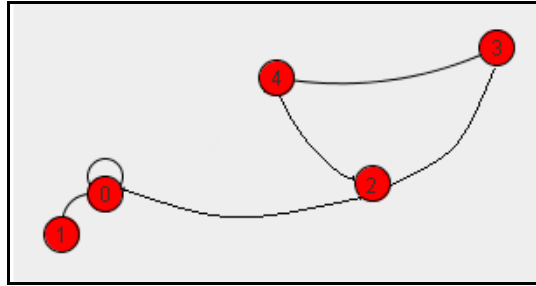
Στη συνέχεια δοκιμάσαμε ένα πιο σύνθετο σενάριο, σύμφωνα με το οποίο επιθυμούσαμε να δούμε πώς και αν θα αναδιοργανωθεί το δίκτυο σε περίπτωση αποτυχίας κάποιου κόμβου.

Στοιχεία πειράματος:

Αριθμός αισθητήρων: 4 αισθητήρες και ο base node

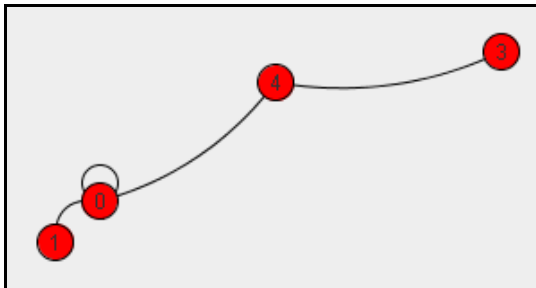
Χώρος πειράματος: Κλειστό δωμάτιο περίπου 8 μέτρα * 6 μέτρα (Εργαστήριο Ασύρματου και Κινητού Υπολογισμού του Πανεπιστημίου Κύπρου)

Οι αισθητήρες αρχικά διοργανώνοντα επιτυχώς σε δίκτυο όπως φαίνεται πιο κάτω στην Εικόνα 8.3.



Εικόνα 8.3: Παρουσίαση της αρχικής τοπολογίας του δικτύου στο πείραμα με σύνθετο σενάριο, λειτουργίας δικτύου και αποτυχίας κόμβου.

Στη συνέχεια αφού στόχος του πειράματος ήταν να δούμε πως θα αντιδράσει το δίκτυο σε περίπτωση αποτυχίας κάποιου κόμβου ή αλλαγής τοπολογίας, απενεργοποιήσαμε το κόμβο με id 2 και η τοπολογία του δικτύου μετατράπηκε όπως φαίνεται πιο κάτω στην Εικόνα 8.4.



Εικόνα 8.4: Παρουσίαση της τοπολογίας του δικτύου στο πείραμα με σύνθετο σενάριο, λειτουργίας δικτύου και αποτυχίας κόμβου, μετά την απενεργοποίηση του κόμβου 2.

Αποτελέσματα

Από το πείραμα αυτό γίνεται ξεκάθαρη η δυνατότητα του πρωτοκόλλου XMesh, όσο αφορά την προσαρμοστικότητα στις αλλαγές της τοπολογίας του δικτύου (TrueMesh).

8.2.3 Σύνθετο σενάριο: Λειτουργία δικτύου, παραλαβή και παρουσίαση πακέτων, κατάρριψη κανόνα

Στη συνέχεια θέλαμε να τρέξουμε ένα πείραμα, με το οποίο θα μας εμφανιζόταν κατά πόσο κάποιος αισθητήρας αισθάνεται την αύξηση θερμοκρασίας. Αφού καταπατηθεί κάποιος καταχωρημένος κανόνας της θερμοκρασίας, θα πρέπει να ειδοποιηθούν οι καταχωρημένες αρμόδιες αρχές.

Στοιχεία πειράματος:

Αριθμός αισθητήρων: 2 αισθητήρες και ο base node

Χώρος πειράματος: Κλειστό δωμάτιο περίπου 8 μέτρα * 6 μέτρα (Εργαστήριο Ασύρματου και Κινητού Υπολογισμού του Πανεπιστημίου Κύπρου)

Για τον σκοπό του πειράματος καταχωρήσαμε ένα νέο κανόνα, με τον οποίο θέτουμε ως τιμή κατωφλίου για τη θερμοκρασία τους 30 βαθμούς κελσίου όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.5.

Rule name	Rule
Temp test	Humidity_temp >= 30

Εικόνα 8.5: Κανόνας ελέγχου θερμοκρασίας.

Στη συνέχεια ξεκινήσαμε την εφαρμογή μας και οι αισθητήρες ξεκίνησαν να λαμβάνουν μετρήσεις όπως φαίνεται πιο κάτω στην Εικόνα 8.6.

Timestamp	Node id	Parent	Voltage (V)	Humid (%)	Humtemp (C)	PrTemp (C)	Press (mba)	Light (Lux)	Accel_x (g)	Accel_y (g)
25/5/2009 8:50:43 μμ	1	0	24,51	57,71	25,81	51,35	670,70	596,16	0,04	0
25/5/2009 8:51:13 μμ	4	0	25,93	56,37	24,87	60,43	705,30	566,72	0	0

Εικόνα 8.6: Αρχική παρουσίαση πληροφοριών πακέτων σύνθετου σεναρίου λειτουργίας δικτύου, παραλαβής και παρουσίασης πακέτων, κατάρριψης κανόνα.

Στη συνέχεια θέλοντας να πετύχουμε την αύξηση της θερμοκρασίας του αισθητήρα κρατήσαμε ένα αναπτήρα αναμμένο κοντά στον κόμβο αισθητήρα με id 4 όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.7.



Εικόνα 8.7: Αύξηση κόμβου αισθητήρα με id 4

Όπως βλέπουμε πιο κάτω στην Εικόνα 8.8 η θερμοκρασία του κόμβου αισθητήρα με id 4 ανέβηκε πάνω από 30, άρα καταπατήθηκε ο κανόνας που καταχωρήσαμε στην αρχή του πειράματος.

Timestamp	Node id	Parent	Voltage (V)	Humid (%)	Humtemp (C)	PrTemp (C)	Press (mba)	Light (Lux)	Accel_x (g)	Accel_y (g)
25/5/2009 8:57:22 μμ	1	0	24,32	58,76	26,01	51,87	799,61	566,72	0,04	0
25/5/2009 8:57:26 μμ	4	0	26,37	49,10	30,18	64,16	838,87	0,92	0,28	0

Εικόνα 8.6: Παρουσίαση πληροφοριών πακέτων σύνθετου σεναρίου λειτουργίας δικτύου, παραλαβής και παρουσίασης πακέτων, κατάρριψης κανόνα.

Αποτελέσματα

Με την αύξηση της θερμοκρασίας του κόμβου αισθητήρα, η λειτουργία ενημέρωσης των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών, ενεργοποιήθηκε επιτυχώς καθώς ενημερώθηκαν με μήνυμα sms και email.

Κεφάλαιο 9

Γενικά συμπεράσματα και μελλοντική εργασία

9.1 Γενικά Συμπεράσματα.....	95
9.2 Μελλοντική Εργασία	97
9.3 Επίλογος.....	98

9.1 Γενικά Συμπεράσματα

Μετά το πέρας της εκπόνησης αυτής της διπλωματικής εργασίας, αφού έγινε μια εις βάθος ανάλυση του προβλήματος και εκτιμήθηκαν οι δυνατότητες των ασύρματων δικτύων αισθητήρων για αυτού του είδους εφαρμογές, το σχηματισμό απαιτήσεων, του σχεδιασμού και της υλοποίησης, ήρθε η στιγμή να εξάγουμε τα συμπεράσματα μας όπως απορρέουν από τις παρατηρήσεις μας σε όλη τη διάρκεια της διαδικασίας.

Αφού εντοπίσαμε ότι στην αγορά υπάρχουν αισθητήρες ικανοί να χρησιμοποιηθούν για περιβαλλοντική παρακολούθηση, καταγράφοντας τόσο μετρήσεις φυσικών περιβαλλοντικών παραμέτρων καθώς δίνοντας και την ακριβή θέση τοποθεσίας τους, το σημαντικότερο ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι αν όντως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να αποτελέσουν εφαρμόσιμη λύση και στο πρόβλημα της ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών. Εάν και εφόσον δηλαδή, το δίκτυο αισθητήρων είναι ικανό να τόσο να παίρνει μετρήσεις για περιβαλλοντικά φαινόμενα, να τις προωθεί σε ένα κεντρικό σταθμό και με το χαρακτηριστικό της προσαρμοστικότητας, να συνεχίζει να λειτουργεί επιτυχώς και με τις όποιες αλλαγές συμβαίνουν στην τοπολογία του δικτύου. Πιστεύουμε ότι το ερώτημα αυτό απαντά με αποτελεσματικό τρόπο το δικτυακό πρωτόκολλο που χρησιμοποιήσαμε (XMesh), καθώς σε περίπτωση αποτυχίας, επιλέγεται επιτυχώς ο επόμενος πλησιέστερος κόμβος αισθητήρα με το μικρότερο κόστος δρομολόγησης. Κρατώντας το χρόνο απόκρισης του συστήματος σε όλα τα επίπεδα χαμηλό επιτυγχάνοντας την υψηλή επίδοση και αξιοπιστία του συστήματος.

Επίσης, με το μετασχηματισμό των πακέτων στο επίπεδο της βάσης δεδομένων αποφορτίσαμε το web application μας από επιπλέον υπολογισμούς, επιτυγχάνοντας έτσι τη γρήγορη φόρτωση του και κατ' επέκταση του χρόνου απόκρισης. Ακόμη, το χαμηλό χρόνο απόκρισης του web application επιτύχαμε με την χρήση των thread έτσι ώστε η διαδικασία ελέγχου ύπαρξης συναγερμού και ενημέρωσης των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών να μην επηρεάζει τις λειτουργίες του χρήστη στο application layer του συστήματος.

Η αποθήκευση των μετρήσεων από τους αισθητήρες προσφέρει τη δυνατότητα περιβαλλοντικών παραμέτρων σε τέτοιου είδους κρίσιμες καταστάσεις και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ερευνητικό επίπεδο τόσο για την ανάπτυξη μοντέλων για την γρήγορη ανίχνευση δασικών πυρκαγιών, όσο και για τη μελέτη των μοντέλων διάδοσης των πυρκαγιών συμβάλλοντας στην ανάπτυξη νέων τεχνικών για καλύτερη αντιμετώπιση τους.

Η εφαρμογή διαχείρισης του συστήματος μπορεί να τρέξει ανεξαρτήτως πλατφόρμας προσφέροντας στους χρήστες πρόσβαση σε ολόκληρο το σύστημα χωρίς τις οποιεσδήποτε ιδιαίτερες απαιτήσεις καθιστώντας το ακόμη περισσότερο εύχρηστο και εφαρμόσιμο για το πρόβλημα.

Ακόμη καθώς με τη χρήση των τεχνολογιών ISP (Internet Service Provider), Telecommunications Service Provider και συγκεκριμένα GSM/GPRS, επιτυγχάνεται η ειδοποίηση των καταχωρημένων αρμοδίων αρχών μέσα σε μόλις μερικά λεπτά, χρόνος ο οποίος κρίνεται μηδαμινός σε σχέση με το μέχρι τώρα χρόνο ανίχνευσης και εντοπισμού των δασικών πυρκαγιών από τις αρμόδιες αρχές. Τέτοιου είδους τεχνολογίες είναι εξαιρετικής σημασίας να χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές με τέτοιου είδους κρισιμότητα, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η ελαχιστοποίηση των υλικών και όχι μόνον καταστροφών.

Εμφανές μειονέκτημα στη διπλωματική αυτή εργασία αποτελεί το γεγονός ότι δε χρησιμοποιήσαμε κάποιο μοντέλο ανίχνευσης ύπαρξης πυρκαγιάς αφού δε καθίστατο δυνατή η εξερεύνηση ενός, κάτι βέβαια το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν ανήκει στα εν του οίκου του κλάδου της επιστήμης της πληροφορικής, και μπορεί να θεωρηθεί ότι ξεφεύγει από τους στόχους αυτής της διπλωματικής εργασίας. Καταλήγουμε όμως στο γεγονός ότι η ανάπτυξη του συστήματος δεν αντιμετώπισε οποιοδήποτε εμπόδιο λόγω του πιο πάνω σημείου, αφού πολύ απλά γενικεύοντας λίγο τα γεγονότα και τις

απαιτήσεις υλοποιήθηκε επιτυχώς εναλλακτική λύση, βάση συγκεκριμένων επιλογών και αποφάσεων τις οποίες λάβαμε.

Συνοψίζοντας, δεδομένου ότι το σύστημα υλοποιήθηκε επιτυχώς, δίνοντας θετικά αποτελέσματα σε όλα τα επίπεδα της αρχιτεκτονικής του, αποτελεί αν όχι απόδειξη, ισχυρή ένδειξη ότι η παρούσα διπλωματική εργασία είναι επιτυχής και ότι όντως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να αποτελέσουν πραγματική και εφαρμόσιμη λύση για παρακολούθηση του περιβάλλοντος και με τη «συνεργασία» και χρήση άλλων τεχνικών να χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση δασικών πυρκαγιών.

9.2 Μελλοντική Εργασία

Ασφαλώς, η επιτυχία της διπλωματικής αυτής εργασίας, δεν συνεπάγει και σίγουρα δε διασφαλίζει ότι το σύστημα μπορεί να τύχει των οποιοδήποτε αλλαγών και βελτιώσεων. Αφενός αποδείχθηκε ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λύση στο πρόβλημα καθώς αφετέρου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως έναυσμα περισσότερης ερευνητικής μελέτης και κυρίως στο επίπεδο του ασύρματου δικτύου αισθητήρων με στόχο πάντα τη βελτίωση της απόδοσης του συνολικού συστήματος και την εφικτή εφαρμογή του σε τέτοιου είδους περιβάλλοντα.

Η διπλωματική αυτή εργασία, αν και κρίνεται πλήρης όσον αφορά την κάλυψη του θέματος από την συγγραφέα, εν τούτοις υπάρχουν κάποιοι παράγοντες και κάποιες πρακτικές που δεν ενσωματώθηκαν στην ανάπτυξη του συστήματος ίσως χρήζουν έρευνας από μελλοντικούς πιθανούς συνεχιστές του έργου που ξεκινήσαμε.

Όπως φαίνεται ξεκάθαρα στην εργασία αυτή, αναγκαστήκαμε να δεχτούμε κάποιες υποθέσεις και περιορισμούς όσον αφορά κυρίως το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Αυτές οι υποθέσεις και περιορισμοί ενδείκνυται στο μέλλον να εξαλειφθούν ώστε να προσομοιωθεί το μοντέλο μας κάτω από εντελώς ρεαλιστικές συνθήκες περιβάλλοντος για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Η πιθανή μελλοντική εργασία, επικεντρώνεται κατά κύριο λόγο στη λειτουργία του επιπέδου του ασύρματου δικτύου αισθητήρων. Αρχικά, καθώς δεν ήταν δυνατή η εκτέλεση πραγματικών πειραματικών πειραμάτων με τη χρήση πολλών κόμβων αισθητήρων δε μπορέσαμε να εξάγουμε περαιτέρω συμπεράσματα όσο αφορά τη λειτουργία και την τοπολογία του δικτύου. Χωρίς να αμφισβητούμε την επιτυχής λειτουργία του δικτυακού πρωτοκόλλου XMesh, η εκτέλεση πειραμάτων με

πραγματικά δεδομένα θα μπορούσε να οδηγήσει τον ερευνητή σε συμπεράσματα σχετικά με το αν το συγκεκριμένο δικτυακό πρωτόκολλο μπορεί να αποτελέσει ιδανική λύση για το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Επίσης, θα μπορούσε να χρησιμοποιείτο και κάποιο άλλο δικτυακό πρωτόκολλο, για σύγκριση τους καθώς θα με το οποίο θα μπορούσε να επιτευχθεί μεγαλύτερη διάρκεια ζωής ή ευρωστίας του δικτύου.

Όσο αφορά τους αισθητήρες ως ξεχωριστές οντότητες οι οποίες ανήκουν στο σύνολο του ασύρματου δικτύου, θα μπορούσε ο κύκλος λειτουργίας τους να γίνει λίγο πιο περίπλοκος, προσθέτοντας ουσιαστικά μία νέα κατάσταση σε αυτόν. Έτσι, σύμφωνα με αυτήν, οι αισθητήρες θα εκτελούν κάποια τοπική επεξεργασία έτσι ώστε να αυξάνουν ή να μειώνουν τον ρυθμό λήψης μετρήσεων ανάλογα με την κατάσταση του περιβάλλοντος. Κρατώντας τις επιφυλάξεις μας όμως, κατά πόσο κάτι τέτοιο θα οδηγούσε στη αύξηση της διάρκειας ζωής του δικτύου ή θα οδηγούσε στην περισσότερη κατανάλωση ενέργειας των αισθητήρων και κατά συνέπεια θα οδηγούσε στη μικρότερη διάρκεια ζωής του δικτύου. Πρέπει να σημειώσουμε βέβαια, ότι κάτι τέτοιο δεν ήταν δυνατό να το εφαρμόσουμε εμείς καθώς δε μπορούσαμε να τροποποιήσουμε την λειτουργία του δικτυακού πρωτοκόλλου XMesh. Κατ' επέκταση, ίσως να μην είναι εφικτό να γίνει και στο μέλλον, έστω και αν χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο δικτυακό πρωτόκολλο.

Επίσης, μεταφέροντας την σημαντικότητα μελέτης των υψηλότερων επίπεδων της αρχιτεκτονικής του συστήματος, θα μπορούσε να προστεθεί ένα επίπεδο στην αρχιτεκτονική του συστήματος το οποίο θα ήταν υπεύθυνο για την λειτουργία υποστήριξης αποφάσεων του συστήματος όσο αφορά την ενεργοποίηση ύπαρξης κινδύνου. Μέσω αυτής της λειτουργίας θα γενικεύει τους κανόνες του χρήστη, θα λαμβάνει υπόψη το ποσοστό λάθους των μετρήσεων των αισθητήρων με αποτέλεσμα ο συναγερμός ο οποίος θα παράγεται να είναι πιο ακριβής και χωρίς πιθανότητα λάθους.

9.3 Επίλογος

Το φυσικό περιβάλλον είναι ο ζείδωρος χώρος του ανθρώπου και αξίζει της απαραίτητης προστασίας για να διατηρήσει την υπέρ της ζωής του ανθρώπου λειτουργία του. Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένας από τους πλέον σημαντικούς παράγοντες καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος.

Με το πέρας της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, διαφάνηκε ότι, η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών, όπως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, στο φυσικό μας περιβάλλον για την πρόληψη των τεράστιων καταστροφών που μπορεί να επιφέρουν οι δασικές πυρκαγιές αποτελεί μια επιτυχημένη προσέγγιση. Συνδυάζοντας αυτήν την υποσχόμενη τεχνολογία, με τις ήδη υπάρχουσες δυνατότητες της περιοχής των ηλεκτρονικών υπολογιστών καθώς και με τις ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες GSM/GPRS η γρήγορη αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών είναι πλέον εγγυημένη.

Σημαντικός αριθμός επιστημόνων εξετάζει τις δυνατότητες της τεχνολογίας των ασύρματων δικτύων αισθητήρων με στόχο την εύρεση της βέλτιστης λύσης όσο αφορά τη λειτουργία τους για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Η τελειοποίηση ενός τέτοιου συστήματος, όχι μόνο όσο αφορά το επίπεδο του ασύρματου δικτύου αισθητήρων θα αποτελέσει προστάτη της ασφάλειας των δασικών περιοχών.

Βιβλιογραφία

- [1] “FIREBUG: Design and Construction of a Wildfire Instrumentation System Using Networked Sensors”,30/09/2004,<<http://firebug.sourceforge.net>>
- [2] Alan Mainwairng, et. al.,Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring
- [3] Doolin, Sitar,Wireless sensors for wildfire monitoring, 2005
- [4] Mohamed Hefeeda, Forest Fire Modeling and Early Detection using Wireless Sensor Networks
- [5] Chaczko Zenon, Fady Ahmad, Wireless sensor network based system for fire endangered areas
- [6] Liyang Yu, et. al., Real – time Forest Fire Detection with Wireless Sensor Networks
- [7] “Crossbow Technology”,2009,Crossbow Technology, 15/01/2009, <www.xbow.com>
- [8] “MICA2: Wireless measurement system”,Crossbow Technology, <www.xbow.com/products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/MICA2_Datasheet.pdf>
- [9] “IRIS: Wireless measurement system” ,Crossbow Technology, <www.xbow.com/Products/Product_pdf_files/Wireless_pdf/IRIS_Datasheet.pdf>
- [10] “MTS/MDA Sensor Board Users Manual”,CrossbowTechnology, <www.xbow.com/support/Support_pdf_files/MTS-MDA_Series_Users_Manual.pdf>
- [11]“Crossbow:Wireless sensor networking protocol from Crossbow”, Crossbow Technology, <<http://www.xbow.com/Technology/MeshNetworking.aspx>>
- [12] “XServe User Manual”, Crossbow Technology, <www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/XServe_Users_Manual.pdf>
- [13] Martin Turon,“TinyOS Commits”,21/07/2004,TinyOS, <www.millennium.berkeley.edu/pipermail/tinyos-commits/2004-July/004462.html>
- [14] “PostgreSQL: Chapter 3 Data types”, PostgreSQL, <www.postgresql.org/docs/6.5/static/datatype.htm>

[15] “XMesh User Manual”, Crossbow Technology,
<www.xbow.com/Support/Support_pdf_files/XMesh_Users_Manual.pdf>