



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

**ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

Χρήστος Α. Κροτσέτης

Θεόδωρος Ν. Παναγούλιας

Επιβλέπων: Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2015

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

Χρήστος Α. Κροτσέτης

A.M.: 1115200900225

Θεόδωρος Ν. Παναγούλιας

A.M.: 1115200800127

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Ευστάθιος Χατζηευθυμιάδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την εργασία αυτή επιδιώκεται η παρουσίαση ενός μοντέλου, που αφορά στην πρόβλεψη της πυρκαγιάς, το οποίο περιλαμβάνει μια σειρά συστημάτων που λειτουργούν παράλληλα. Για την καλύτερη κατανόηση του μοντέλου αυτού, το να φανταστούμε μια δασική περιοχή οπουδήποτε στο χάρτη στην οποία έχουν τοποθετηθεί αισθητήρες, εξυπηρετεί περαιτέρω το σκοπό αυτό. Κάθε ένας από τους αισθητήρες αυτούς ενημερώνει ένα σταθμό βάσης (base station - πρόκειται συνήθως για έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή), στον οποίο στέλνει κάποιες πληροφορίες που έχουν να κάνουν με τη θερμοκρασία που καταμετρά ο αισθητήρας, τη φωτεινότητα και την κατάσταση του (αν είναι ενεργός ή όχι). μια ακόμα λειτουργία του συστήματος αυτού, είναι το πόσο συχνά στέλνει τις πληροφορίες αυτές (συχνότητα). Ο σταθμός βάσης, εφόσον λάβει αυτές τις πληροφορίες, φροντίζει να τις προωθήσει σε ένα ενδιάμεσο σύστημα αποτίμησης της τρέχουσας κατάστασης. Το σύστημα αυτό λαμβάνει επίσης μετρήσεις με τιμές που προσδιορίζουν την εκτιμώμενη πιθανότητα πυρκαγιάς σε μια περιοχή, καθώς και τις πραγματικές μετρήσεις θερμοκρασίας που δείχνει ο κάθε αισθητήρας την τρέχουσα χρονική στιγμή και αποφαινεται για το αν υπάρχει πιθανότητα ύπαρξης πυρκαγιάς. Οι μετρήσεις αυτές επηρεάζουν δραστικά την πορεία του συνολικού συστήματος. Πράγματι, συγκρίνοντας τη μέση τιμή της διαφοράς των μετρήσεων που αναφέραμε, το σύστημα καταλήγει σε κάποιες αποφάσεις για τους αισθητήρες. Αν οι μετρήσεις που αναφέραμε μας υποδεικνύουν ότι προβλέπεται κίνδυνος για πυρκαγιά, τότε φροντίζει ώστε οι αισθητήρες στην περιοχή που παρουσιάζεται ο κίνδυνος αυτός να μας δίνουν πιο συχνά πληροφορίες (η συχνότητα τους μεγαλώνει) ώστε να μπορούμε να παρατηρήσουμε και να χουμε μια πιο πλήρη εικόνα για την περιοχή αυτή. Αντίστροφα, να δίνουν πιο αραιά πληροφορίες (η συχνότητα μικραίνει) σε περίπτωση που δεν υπάρχει πλέον πιθανότητα για τυχόν πυρκαγιά στον χώρο αυτό. Μέσα από τη συνεχή εναλλαγή της κατάστασης των διαθέσιμων αισθητήρων, στόχος είναι η βελτίωση της λειτουργίας των διαφόρων υποσυστημάτων με συνέπεια την παραγωγή ενός αποτελέσματος πιο κοντά στο πραγματικό.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Παρακολούθηση Πυρκαγιάς

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αισθητήρας, δυναμικός έλεγχος αισθητήρων, πρόβλεψη πυρκαγιάς, βελτίωση απόδοσης συστήματος, συνεχής ανατροφοδότηση, SunSpot Node

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Χατζηευθυμιάδη για τη συνεργασία και τη καθοδήγησή του στην ολοκλήρωση της εργασίας. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαίτερω τον Γεώργιο Μπισμπίκη που με την συνεχή και πολύτιμη βοήθεια που μας παρείχε, συμβάλλοντας καθοριστικά στην εξέλιξη της εργασίας. Τέλος θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	11
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	12
1.1 Στόχος της Πτυχιακής.....	12
1.2 Dynamic Data Driven Application Systems	14
1.3 Γενική δομή Πτυχιακής	17
2. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΥΠΟΔΟΜΗ	19
2.1 Data Fusion Module (DFM)	20
2.2 Simulation Module (SM)	21
2.3 Message Oriented Middleware	22
2.3.1 Γενικά	23
2.3.2 Τεχνικές Πληροφορίες	23
2.3.3 Οργάνωση Ουρών Επικοινωνίας στο MOM	24
2.3.4 Apache ActiveMQ	26
2.4 SunSPOT Sensor	26
2.4.1 Γενικά	27
2.4.2 Τεχνικές Πληροφορίες	28
2.5 Εφαρμογή WSNnode	29
2.6 Εφαρμογή WSNProxy	30
2.6.1 Σταθμός Βάσης (Base station).....	31
2.6.2 Μεσολαβητής (Proxy)	32
2.6.3 Publisher	32
3. Η ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΗ	33
3.1 Εφαρμογή WSNController(Διαχειριστής).....	33
3.1.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων DFM και SM.....	34
3.1.2 Διαδικασία Λήψης Απόφασης	36
3.2 Βάση Δεδομένων (DataBase)	42
3.2.1 Περιγραφή Πινάκων της Βάσης Δεδομένων.....	42

3.2.2	Ενημέρωση της Βάσης Δεδομένων.....	48
3.3	Ενσωμάτωση Με Την Διαθέσιμη Υποδομή	49
3.3.1	Αποστολή Εντολών Στους Αισθητήρες.....	50
3.3.2	Μηνύματα Επιβεβαίωσης Εκτέλεσης Εντολών(acknowledgement)	50
3.3.3	Εισαγωγή/Διαγραφή Αισθητήρα	51
3.3.4	Μηνύματα πλεγμάτων-μετρήσεων DFM και SM.....	52
3.3.5	Μηνύματα μετρήσεων του αισθητήρα	53
4.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ	54
4.1	Αρχικοποίηση των Αισθητήρων.....	54
4.2	Ανάθεση Συντεταγμένων στους Αισθητήρες.....	55
4.3	Σύνδεση με την υποδομή του έργου SWeFS	57
5.	ΤΕΧΝΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	60
5.1	Netbeans IDE	60
5.2	SunSPOT Manager	61
5.2.1	Configuration File για τη δημιουργία πολλαπλών SunSPOTs.....	62
5.3	Εφαρμογή για την Δημοσιοποίηση των Μετρήσεων DFM και SM.....	63
5.4	Apache ActiveMQ	64
5.5	Raster Αρχεία.....	65
5.6	JavaDB	67
6.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	68
	ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	70
	ΑΝΑΦΟΡΕΣ	71

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Κύκλοι εκτέλεσης αποστολής-λήψης δεδομένων-εντολών	16
Σχήμα 2: Γενική δομή-αρχιτεκτονική του συνολικού συστήματος	19
Σχήμα 3: Αρχιτεκτονική του message oriented middleware.....	24

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Όρια συντεταγμένων ανά τεταρτημόριο	35
Πίνακας 2: Κλίμακα περιπτώσεων για αρνητική μέση διαφορά	38
Πίνακας 3: Κλίμακα περιπτώσεων για θετική μέση διαφορά.....	39
Πίνακας 4: Κλίμακα περιπτώσεων με βάση τη μέση τιμή DFM.....	40
Πίνακας 5: Γραμμογράφηση του αρχείου συντεταγμένων	56
Πίνακας 6: Παράδειγμα αρχείου ASCII Raster από το SM	66
Πίνακας 7: Παράδειγμα αρχείου ASCII Raster από το DFM.....	67

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Control panel μετά την δημιουργία-σύνδεση στις ουρές	26
Εικόνα 2: Η συσκευασία ενός SunSPOT	27
Εικόνα 3: Η διαμόρφωση ενός SPOT	29
Εικόνα 4: Αναπαράσταση πλέγματος εποπτευόμενης περιοχής	34
Εικόνα 5: Εμφάνιση των αισθητήρων στον πίνακα NODES	44
Εικόνα 6: Ο κωδικός ενός αισθητήρα του προσομοιωτή	44
Εικόνα 7: Εμφάνιση των αισθητήρων στο πίνακα NODES_VAR_VALUES	45
Εικόνα 8: Εμφάνιση των αισθητήρων στο πίνακα DATA_MESUREMENTS	47
Εικόνα 9: Σχήμα όλων των tables της βάσης στο workbench.....	48
Εικόνα 10: Εμφάνιση αισθητήρων στο χάρτη	58
Εικόνα 11: Εμφάνιση τελευταίων μετρήσεων των αισθητήρων	58
Εικόνα 12: SunSPOT Manager Tool.....	61
Εικόνα 13: Καρτέλα Solarium	62
Εικόνα 14: Παράθυρο Solarium.....	63
Εικόνα 15: Αρχική σελίδα διαχείρισης του Apache ActiveMQ.....	65

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το έργο που περιγράφεται στην παρούσα πτυχιακή εκπονήθηκε στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών. Αυτή η πτυχιακή υποβάλλεται για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του Πτυχίου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών. Είναι ένα μέρος της έρευνας που γίνεται στην ερευνητική ομάδα P-Comp στο Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, στο πλαίσιο του Εθνικού Προγράμματος «ΘΑΛΗΣ - Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ) - Πλέγμα Αισθητήρων για τη Θωράκιση από Περιβαλλοντικούς Κινδύνους – SWeFS».

Αυτή η πτυχιακή εργασία ασχολείται με την παρακολούθηση και την πρόρρηση φαινομένων πυρκαγιάς στα πλαίσια του έργου Sensor Web Fire Shield (SWeFS) [29]. Περιλαμβάνεται μια υποδομή αισθητήρων πάνω στην οποία γίνεται συνεχής και δυναμικός έλεγχος με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος, την καλύτερη διαχείριση ενέργειας και την παραγωγή ποιοτικότερων μετρήσεων των αισθητήρων σε σχέση με την παρακολούθηση του φαινομένου. Κατά τη διάρκεια αυτής της πτυχιακής είχαμε την ευκαιρία να ανακαλύψουμε νέες πτυχές και τεχνολογίες της επιστήμης των υπολογιστών μέσω της εκμετάλλευσης των διαθέσιμων υποδομών που παρέχονται από την ερευνητική ομάδα P-Comp [30].

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Στόχος της Πτυχιακής

Είναι ευρέως γνωστό ότι οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν την κύρια απειλή και ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τα δάση της Ελλάδας. Κάθε καλοκαίρι, οι πυρκαγιές προκαλούν τεράστιες καταστροφές στα δασικά οικοσυστήματα αφήνοντας στο πέρασμά τους μεγάλες ζημιές. Υπάρχει ένα ευρύ φάσμα παραγόντων που συμβάλει στην αύξηση του κινδύνου δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα όπως είναι οι ψηλές θερμοκρασίες και η παρατεταμένη ξηρασία, οι δυνατοί άνεμοι, οι μεγάλες κλίσεις των δασικών εδαφών και η εύφλεκτη ξηροφυτική βλάστηση.

Ένας άλλος επίσης σημαντικός παράγοντας είναι και η συσσώρευση βιομάζας, λόγω της εγκατάλειψης πολλών αγροτικών περιοχών.

Ο αυξανόμενος τουρισμός και η μαζική έξοδος των κατοίκων των πόλεων για αναψυχή στα δάση, συμβάλουν επίσης σημαντικά στην αύξηση του κινδύνου πρόκλησης πυρκαγιών.

Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία, 9 στις 10 δασικές πυρκαγιές προκαλούνται από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι κυριότερες αιτίες δασικών πυρκαγιών είναι:

- Οι διάφορες γεωργικές δραστηριότητες και κυρίως το καψάλισμα της αποκαλάμης και το κάψιμο ξηρών χόρτων
- Η απόρριψη αναμμένων τσιγάρων και σπύρτων
- Το άναμμα φωτιάς σε μη επιτρεπόμενους χώρους
- Το κάψιμο σκουπιδιών σε μη οργανωμένες χωματερές
- Οι στρατιωτικές ασκήσεις
- Οι δραστηριότητες κυνηγών κυρίως κατά τους θερινούς μήνες
- Οι διάφορες δραστηριότητες σε εξοχικές κατοικίες όπως η χρήση ηλεκτρικών εργαλείων και το κάψιμο σκουπιδιών
- Οι κακόβουλες ενέργειες (εμπρησμοί)
- Βραχυκύκλωμα ηλεκτροφόρων καλωδίων
- Οι κεραυνοί

Οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών είναι τεράστιες, αφού επηρεάζουν όχι μόνο το δάσος, αλλά επίσης την οικονομία, την κοινωνία και τον άνθρωπο.

Καταστρέφονται σπίτια και άλλες περιουσίες, υποβαθμίζεται το περιβάλλον, διαταράσσεται η ισορροπία του οικοσυστήματος, διαβρώνεται το έδαφος, δημιουργούνται χείμαρροι και πλημμύρες, επηρεάζεται το μικροκλίμα, καταστρέφεται η χλωρίδα και η πανίδα του τόπου και χάνεται η φυσική ομορφιά.

Με την πρόοδο των νέων τεχνολογιών υπάρχουν όλα τα διαθέσιμα μέσα και εργαλεία για μια σωστή πρόβλεψη πυρκαγιάς. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση ασύρματων αισθητήρων σε ένα ευρύ πλέγμα μας επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση μιας δασικής περιοχής. Αυτό αποτελεί ένα μεγάλο "όπλο" στην καταπολέμηση και πρόβλεψη πυρκαγιών.

Για το λόγο αυτό στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας έχουμε ως στόχο να συμβάλουμε στην κατασκευή ενός γενικού μοντέλου με σκοπό την πρόωρη αντιμετώπιση τέτοιων καταστάσεων. Σχεδιάστηκε ένα σύστημα που αξιοποιεί πραγματικές μετρήσεις θερμοκρασίας (από αισθητήρες και άλλα διαθέσιμα μέσα) και μετρήσεις που παράγονται από προσομοιωτή πυρκαγιάς. Συγκρίνοντας τη διαφορά ανάμεσα στο «σχεδόν» πραγματικό μέτωπο και το εκτιμώμενο όπως προκύπτει από τον προσομοιωτή, το προτεινόμενο μοντέλο λαμβάνει αποφάσεις και στέλνει εντολές στους αισθητήρες που είναι διαθέσιμοι και ελέγχονται από το σύστημα. Ο έλεγχος αυτός αφορά τη συχνότητα δειγματοληψίας των αισθητήρων η οποία θεωρήσαμε πως πρέπει να αλλάζει ανάλογα με την διαφορά μεταξύ των συγκρινόμενων μετώπων. Πιο συγκεκριμένα, όσο υπάρχει αύξηση της διαφοράς, η συχνότητα δειγματοληψίας μειώνεται (οι αισθητήρες δειγματοληπτούν ταχύτερα) ανάλογα ενώ αντίστοιχα στη μείωση της διαφοράς η συχνότητα δειγματοληψίας αυξάνεται (οι αισθητήρες δειγματοληπτούν βραδύτερα). Η όλη λογική της προτεινόμενης προσέγγισης βασίζεται στη χρήση της τρέχουσας εξόδου ενός συστήματος και τη ποιοτική αποτίμησή της με στόχο τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος στον επόμενο κύκλο εργασίας του. Στην προκειμένη περίπτωση ο στόχος είναι η όσο το δυνατόν καλύτερη παρακολούθηση της εξέλιξης ενός περιβαλλοντικού κινδύνου με βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων πόρων. Αυτό βασίζεται στη θεωρία του Dynamic Data Driven Application Systems (DDDAS) η οποία και θα αναλυθεί εκτενέστερα σε επόμενη υποενότητα του παρόντος κεφαλαίου.

Ένας ακόμα στόχος αυτής της εργασίας είναι η εξαντλητική πρόγνωση και παρακολούθηση φαινομένων πυρκαγιάς. Φαινόμενα τα οποία παρακολουθούνται με τη βοήθεια διαφόρων μέσων και συστημάτων, που συνδυάζοντάς τα και αναπτύσσοντάς τα περαιτέρω θα βοηθήσουν σημαντικά στην καταπολέμηση και τη σημαντική μείωση των πυρκαγιών στη χώρα μας. Στη δική μας περίπτωση, μπορούμε να φανταστούμε ένα κομμάτι του Υμηττού, στο οποίο έχουν τοποθετηθεί ασύρματοι αισθητήρες πεδίου που μας παρέχουν ανά μεταβλητά χρονικά διαστήματα πληροφορίες, όπως η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η φωτεινότητα. Με αυτό τον τρόπο, η παροχή πληροφορίας από τους αισθητήρες συμβάλει στη συνεχή βελτίωση και διόρθωση των συστημάτων που προαναφέρθηκαν για την καλύτερη πρόβλεψη και παρακολούθηση της πυρκαγιάς.

1.2 Dynamic Data Driven Application Systems

Σε συστήματα που γίνεται χρήση πολλών ετερογενών πηγών πληροφορίας (στην περίπτωσή μας αισθητήρες) δημιουργείται μια τεράστια συσσώρευση πληροφορίας και εμφανίζεται η ανάγκη για συλλογή και επεξεργασία όλου αυτού του όγκου πληροφορίας, με στόχο την καλύτερη αξιοποίηση της. Σε αυτό το σημείο είναι που εισάγεται ο όρος Dynamic Data Driven Application Systems (DDDAS).

Η έννοια του Dynamic Data Driven Application Systems (DDDAS) συνεπάγεται την δυνατότητα να ενσωματώνονται με δυναμικό τρόπο δεδομένα κατά την εκτέλεση προσομοίωσης εφαρμογής, αλλά και αντίστροφα, την δυνατότητα των εφαρμογών να καθοδηγούν δυναμικά τις διαδικασίες των μετρήσεων. Αυτό προσφέρει την ικανότητα της βελτίωσης των μεθόδων μοντελοποίησης, αυξάνοντας την ανάλυση και την πρόβλεψη των δυνατοτήτων των εφαρμογών των προσομοιώσεων και την αποτελεσματικότητα των συστημάτων μέτρησης. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην πολυπλοκότητα των εφαρμογών/προγραμμάτων, η έλευση των υπολογιστικών δικτύων και των ασυρμάτων αισθητήρων, είναι μερικές από τις τεχνολογίες που καθιστούν επίκαιρο να ξεκινήσει η περαιτέρω ανάπτυξη και η έρευνα πάνω στις δυνατότητες και ικανότητες του DDDAS. Η έρευνα και η ανάπτυξη των τεχνολογιών τέτοιου είδους απαιτεί τη διεπιστημονική συνεργασία ανάμεσα στις εφαρμογές, αλγόριθμους, συστήματα λογισμικού και στις περιοχές συστημάτων μετρήσεων καθώς και τη

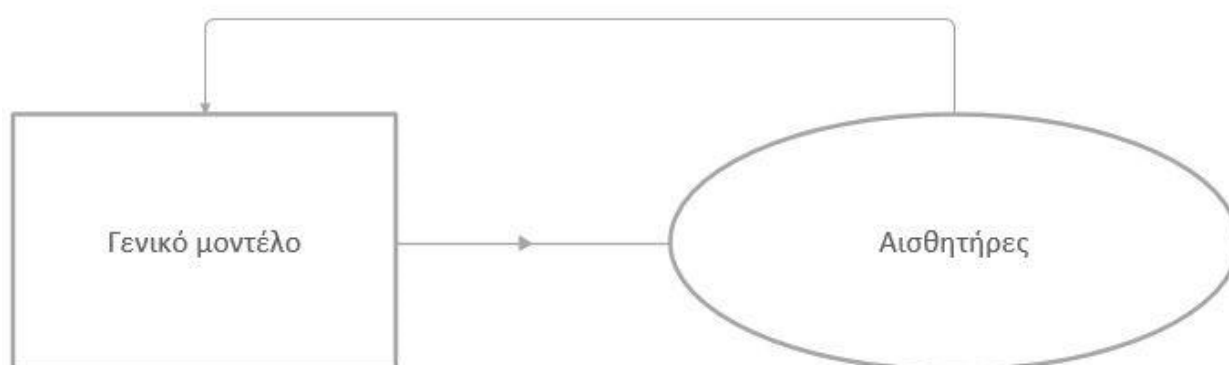
συμβολή-συνεργασία ερευνητών από βασικές επιστήμες όπως η μηχανική και η επιστήμη των υπολογιστών. Η ακριβής ανάλυση και πρόβλεψη της συμπεριφοράς ενός πολύπλοκου συστήματος είναι μια δύσκολη υπόθεση.

Το όραμα του DDDAS, πηγαίνει πέρα από τις τρέχουσες έννοιες του ελέγχου σε πραγματικό χρόνο, με την έννοια της αλληλεπίδρασης της εφαρμογής της προσομοίωσης με το σύστημα μέτρησης, το φάσμα των εφαρμογών, τα δεδομένα συνεχούς ροής εισόδου και το πεδίο εφαρμογής της συστηματικής προσέγγισης, για να αντιμετωπίσει τις επακόλουθες προκλήσεις που είναι:

- η αξιολόγηση της ποιότητας των δεδομένων
- η ενσωμάτωση της αβεβαιότητας
- η ικανότητα να συνδυάζει διαφορετικά είδη δεδομένων που λαμβάνονται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές
- αλγόριθμοι εφαρμογών με σταθερή απάντηση στα ρέοντα δεδομένα-καταναμημένα συστήματα (για sensing, για τον υπολογισμό και την απόδοση-παραγωγή καθώς και για την αποθήκευση δεδομένων)
- ανάπτυξη αποτελεσματικών διασυνδέσεων ανάμεσα στις εφαρμογές με διαδικασίες μέτρησης που υποστηρίζουν την εκτέλεση των εν λόγω εφαρμογών με δυναμικές απαιτήσεις πόρων

Το DDDAS βρήκε εφαρμογή σε μεγάλα projects και μεγάλες θεματικές περιοχές παίζοντας καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη και την βελτίωση τους. Για παράδειγμα σε ένα ερευνητικό project του MIT με την χρήση μιας ομάδας αισθητήρων μπορεί και αξιοποιεί το DDDAS για να βελτιώσει τις προβλέψεις του, μειώνοντας τα λάθη που προκύπτουν (Coordinated Control of Multiple Mobile Observing Platforms for Weather Forecast Improvement) [2]. Ένα ακόμα παράδειγμα είναι το πρωτότυπο σύστημα wiper (Wireless Phone-Based Emergency Response System) [3], όπου χρησιμοποιεί data streams από δίκτυα κινητών τηλεφώνων για την διαχείριση έκτακτων καταστάσεων και καταστροφών. Σαφώς υπάρχουν πολλά παραδείγματα και θα υπάρξουν ακόμα περισσότερα, αφού η θεματική ενότητα πάνω στην έρευνα του DDDAS βρίσκεται ακόμα υπό ανάπτυξη.

Όμως, πώς στη δική μας περίπτωση εφαρμόζεται το DDDAS μοντέλο; Η ικανότητα ενός συστήματος να λαμβάνει δυναμικά συνεχώς δεδομένα (μετρήσεις) από πολλαπλές ροές όπως και η δυνατότητα το σύστημα-εφαρμογή να μπορεί να επηρεάζει τις διαδικασίες των μετρήσεων είναι κάτι που μπορεί να βελτιώσει την απόδοση του συστήματος. Πιο συγκεκριμένα, στη δική μας περίπτωση οι αισθητήρες ξεκινούν να στέλνουν με μια σταθερή συχνότητα πληροφορίες μετρήσεων από το πεδίο στο σύστημα. Το σύστημα λαμβάνει τις πληροφορίες, αποτιμά τις μετρήσεις και με βάση τις μετρήσεις αυτές λαμβάνει αποφάσεις και στέλνει εντολές αλλαγής της συχνότητας δειγματοληψίας στους αισθητήρες. Οι αισθητήρες έχοντας λάβει τις εντολές πλέον πιθανότατα να δειγματοληπτούν με διαφορετική συχνότητα από αυτή που ξεκίνησαν αρχικά ή που βρίσκονταν στον προηγούμενο κύκλο εργασίας του συστήματος. Κάτι τέτοιο ενεργεί αποτελεσματικά καθώς στην περίπτωση που προβλέπεται πυρκαγιά οι αισθητήρες αυξάνουν το ρυθμό δειγματοληψίας τους με αποτέλεσμα να στέλνουν γρηγορότερα τις μετρήσεις ενώ στην περίπτωση που δεν υπάρχει πρόβλεψη για πυρκαγιά στην εποπτευόμενη περιοχή στέλνουν πιο αραιά μετρήσεις έτσι ώστε να μην καταναλώνεται άσκοπα και η ενέργεια της μπαταρίας τους. Μέσω αυτής της προσέγγισης οι μετρήσεις κατευθύνουν και επηρεάζουν το σύστημα συνεχώς ενώ ταυτόχρονα επηρεάζονται οι διαδικασίες των μετρήσεων από το ίδιο το σύστημα. Όσο πιο σωστή είναι η απόφαση του συστήματος για τη χρήση των διαθέσιμων πόρων, τόσο πιο ωφελημένο θα είναι με καλύτερη ποιότητα δεδομένων ενώ και οι αισθητήρες από τη μεριά τους θα έχουν τη βέλτιστη δυνατή απόδοση.



Σχήμα 1: Κύκλοι εκτέλεσης αποστολής-λήψης δεδομένων-εντολών

1.3 Γενική δομή Πτυχιακής

Στο κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται μια γενική επισκόπηση της διαθέσιμης υποδομής που χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της πτυχιακής αυτής. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στην Μηχανή Σύντηξης Δεδομένων(Data Fusion Module), στον προσομοιωτή πυρκαγιάς (Simulation Module) καθώς και στο υφιστάμενο μέσο για την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων (Message Oriented MiddleWare). Θα περιγράψουμε αναλυτικά τους αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν και πιο συγκεκριμένα τα SunSPOT sensors. Επίσης γίνεται αναφορά στα συστήματα που διαχειρίζονται τους αισθητήρες, τα WSNNode και WSNProxy.

Τα εν λόγω υποσυστήματα προέρχονται από υλοποιήσεις που έχουν γίνει στα πλαίσια του έργου ΘΑΛΗΣ με τίτλο «Πλέγμα Αισθητήρων για τη Θωράκιση από Περιβαλλοντικούς Κινδύνους – Sensor Web Fire Shield (SWeFS)» κάποια από τα οποία και επεκτάθηκαν μερικώς για να καλύψουμε τις ανάγκες της εργασίας μας.

Στο κεφάλαιο 3 πραγματοποιείται μια αναλυτική παρουσίαση της λύσης που προτείνεται καθώς και των τεχνολογιών που αξιοποιούνται. Παρουσιάζεται αναλυτικά το σύστημα του WSNController με όλα τα επιμέρους τμήματα του. Γίνεται μια πλήρης περιγραφή της βάσης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε, το πως αυτή λειτουργεί και πως ενημερώνεται. Εν συνεχεία, παρέχεται η σύνδεση και ενσωμάτωση του συστήματος αυτού με την ήδη υπάρχουσα διαθέσιμη υποδομή η οποία και περιγράφεται εκτενώς στο 2ο κεφάλαιο όπως προαναφέραμε.

Στο κεφάλαιο 4 πραγματοποιείται μια περιγραφή σχετικά με την αρχικοποίηση των μεταβλητών των αισθητήρων. Εν συνεχεία, παρέχεται η σύνδεση του συστήματος με την διαθέσιμη υποδομή του έργου SWeFS.

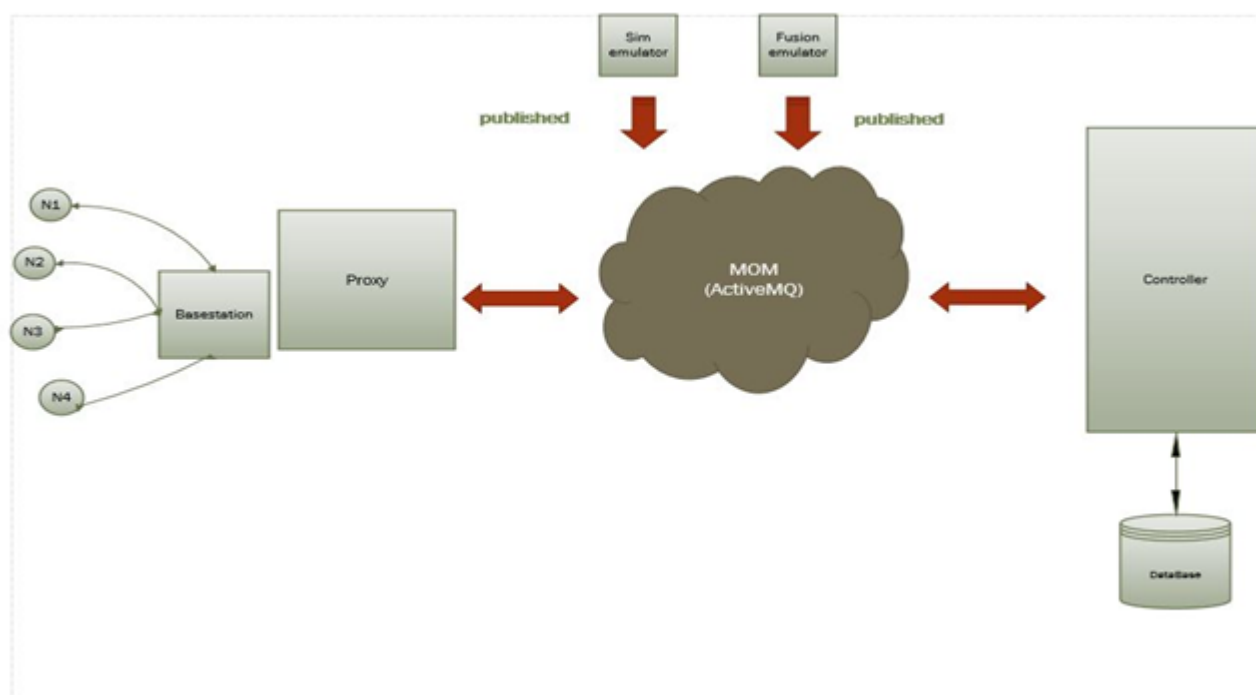
Το κεφάλαιο 5 πραγματεύεται τεχνικής φύσεως ζητήματα. Πιο αναλυτικά γίνεται λόγος για τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη και ολοκλήρωση του Project καθώς και ανάλυση των βοηθητικών εφαρμογών που αναπτύχθηκαν.

Τέλος, το κεφάλαιο με τα Συμπεράσματα καταλήγει με τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης ενώ παρουσιάζεται και μια σύνοψη της προσέγγισης που εξετάσαμε στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής εργασίας.

2. Υφιστάμενη Υποδομή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει μια επιμέρους παρουσίαση όλων των διαθέσιμων υποδομών, συστημάτων και πόρων που αξιοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση αυτής της εργασίας. Αναλυτικότερα θα γίνει μια πλήρης περιγραφή της μηχανής σύντηξης δεδομένων (Data Fusion Module), του προσομοιωτή πυρκαγιάς (Simulation Module), του υφιστάμενου Message Oriented Middleware για την επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων, των διαθέσιμων αισθητήρων (SunSPOT sensors), της εφαρμογής "WSNnode" που διαχειρίζεται τους αισθητήρες, της εφαρμογής "WSNproxy" που αφορά την αποστολή/παραλαβή μηνυμάτων από και προς τους αισθητήρες καθώς και την κοινοποίηση των μετρήσεων τους.

Στο σχήμα 2 φαίνεται η γενική δομή-αρχιτεκτονική του συνολικού συστήματος.



Σχήμα 2: Γενική δομή-αρχιτεκτονική του συνολικού συστήματος

Όλη αυτή η διαθέσιμη υποδομή χρησιμοποιήθηκε για να υλοποιηθεί το συνολικό σύστημα. Το συνολικό σύστημα, χρησιμοποιεί το MOM ως τον πυρήνα επικοινωνίας μεταξύ των διαφόρων υποσυστημάτων που το απαρτίζουν. Η μηχανή σύντηξης δεδομένων και ο προσομοιωτής πυρκαγιάς στέλνουν μέσω του MOM τις μετρήσεις

τους σε ένα άλλο υποσύστημα(Controller), το οποίο με τη σειρά του συλλέγει τις μετρήσεις, τις επεξεργάζεται και στέλνει συγκεκριμένες εντολές στον Μεσολαβητή(Proxy). Επίσης αναλαμβάνει την αλληλεπίδραση με τη Βάση Δεδομένων(Data Base). Ο Μεσολαβητής, αφού λάβει τις εντολές από το MOM, θα τις προωθήσει στο Σταθμό Βάσης(Basestation). Ο τελευταίος είναι που στέλνει τελικά τις εντολές στους Αισθητήρες(N1, N2, N3, N4).

2.1 Data Fusion Module (DFM)

Το Data Fusion Module (DFM) διευκολύνει την ενσωμάτωση και την ερμηνεία διαφορετικών τύπων δεδομένων των αισθητήρων.

Ο πιο θεμελιώδης μηχανισμός του DFM περιλαμβάνει: (i) την ανίχνευση προκαθορισμένων γεγονότων, (ii) την απόφαση ή συμπέρασμα σχετικά με τα χαρακτηριστικά της παρατηρούμενης οντότητας και (iii) την ερμηνεία της παρατηρούμενης οντότητας στο πλαίσιο ενός περιβάλλοντα χώρου και τις σχέσεις με άλλες οντότητες.

Το DFM επεξεργάζεται ροές δεδομένων που λαμβάνονται από τις διαθέσιμες υποδομές, προκειμένου να εντοπίσει πιθανές μεταβολές στην τυπική τους κατανομή. Όλοι οι τύποι εισόδων λαμβάνονται υπόψη για την καθιέρωση του πραγματικού μετώπου πυρκαγιάς.

Μέσα από την προσέγγιση του DDDAS και το ενεργό σύστημα ανίχνευσης, οι πληροφορίες από τις πηγές του αισθητήρα που θα πρέπει να συμμετέχουν σε κάθε

γύρο βελτιώνονται συνεχώς και κατά συνέπεια, τα σενάρια σύντηξης πληροφορίας βελτιώνονται και αυτά.

Αυτό οδηγεί σε πιο ακριβείς εκτιμήσεις σχετικά με την τρέχουσα κατάσταση του μετώπου φωτιάς που παρακολουθείται.

Η έξοδος του DFM παρέχεται με τη μορφή ASCII Raster αρχείων (θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο 5^ο κεφάλαιο) που περιγράφουν τον χάρτη εκτιμώμενης πιθανότητα (πιθανολογικά και δυαδικά) για την εποπτευόμενη περιοχή.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας δεν έγινε πραγματική χρήση του εν λόγω υποσυστήματος αλλά εκμεταλλευτήκαμε αρχεία αποτελεσμάτων από διάφορες δοκιμές που έχουν γίνει στα πλαίσια του έργου Sensor Web Fire Shield (SWeFS). Τα αρχεία αυτά αναπαράχθηκαν με τη βοήθεια σχετικής εφαρμογής για να δώσουν τη μια μορφή εισόδου του συστήματος που σχεδιάσαμε.

2.2 Simulation Module (SM)

Λόγω της δυναμικής φύσης του ανέμου, ο οποίος αποτελεί την παράμετρο με την μεγαλύτερη επιρροή σε προσομοιωτή πυρκαγιάς, το SM αναπτύχθηκε γύρω από την έννοια του Multiple Simulation Scenarios (MSS). Πολλαπλές κατευθύνσεις ανέμου και σενάρια ταχύτητας του παράγονται σαν διαταραχές γύρω από ένα αναμενόμενο μέσο σενάριο και εκτελούνται παράλληλα. Όταν συνδυαστούν αυτά τα δύο (κατεύθυνση και ταχύτητα), ο προσομοιωτής MSS έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή ενός χάρτη με πιθανότητες πυρκαγιάς που μπορούν να απεικονιστούν σαν ένας χάρτης κινδύνου πυρκαγιάς. Η δυνατότητα να προσομοιώνει παράλληλα πολλαπλά σενάρια είναι επίσης σημαντική από την μεριά της διαχείρισης, εφόσον επιτρέπει στους διαχειριστές να θέτουν ερωτήματα τύπου "τι αν" (what if) στο εμποτευόμενο πεδίο, και να παράγει τα χειρότερα δυνατά σενάρια πιο γρήγορα από ότι σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό τη δυναμική επιλογή αισθητήρων (active sensing) και την ακριβή προγνωστική μοντελοποίηση της πορείας της φωτιάς.

Το SM βασίζεται στο fireLib από τον Bevins (1996) και πηγάζει από μια προηγούμενη δουλειά στο Fire Logic Animator (FLogA), που αποτελεί διαδραστικό προσομοιωτή πυρκαγιάς από τον Bogdos (2013). Παρ' όλα αυτά, αντί να χρησιμοποιηθεί ο προεπιλεγμένος αλγόριθμος διάδοσης πυρκαγιάς του fireLib (που εκμεταλλεύεται μόνο 8 πιθανές κατευθύνσεις διάδοσης πυρκαγιάς) το SM χρησιμοποιεί ένα πιο ευέλικτο 16-

γειτονικό σχήμα. Συνεπώς η διάδοση του μετώπου της φωτιάς είναι λιγότερο προκατειλημμένη με αποτέλεσμα η καταληκτική παραμόρφωση της διάδοσης να μην είναι αισθητή υπό συνθήκες χωρικής ετερογένειας. Επίσης, το SM είναι σχεδιασμένο να

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

εκμεταλλεύεται επεξεργαστές με πολλαπλούς πυρήνες με στόχο να εκμεταλλευτεί τον παραλληλισμό, για να μειώσει τον χρόνο εκτέλεσης.

Το SM ενεργοποιείται κάθε φορά που το DFM παράγει εκτιμήσεις για την τρέχουσα κατάσταση μιας πυρκαγιάς που βρίσκεται σε εξέλιξη. Λίγο πριν την παραγωγή και εκτέλεση του MSS, το SM καταναλώνει τα πιο πρόσφατα καιρικά δεδομένα και χρησιμοποιεί τις τρέχουσες τιμές ανέμου για να καθορίσει το μέσο όρο των περιοχών δειγματοληψίας που θα χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή του MSS.

Το SM παράγει ένα MSS εκτελώντας μια δειγματοληψία με προκαθορισμένο ή τυχαίο τρόπο σε ένα ρυθμιζόμενο εύρος παραμετροποιήσιμης ταχύτητας και κατεύθυνσης ανέμου. Εν συνεχεία το SM προσομοιώνει τα παραγόμενα πολλαπλά σενάρια σαν ένα συνδυαστικό πείραμα, το οποίο σημαίνει ότι εκτελεί μια προσομοίωση πυρκαγιάς για κάθε πιθανό συνδυασμό τιμών των παραμέτρων. Τα αποτελέσματα συνδυάζονται για την παραγωγή ASCII Raster αρχείων, χρησιμοποιώντας εικόνες εδάφους που έχουν παραχθεί αυτόματα από το Gnuplot (2014), για το μήκος της φλόγας σε κάθε σενάριο αλλά και για τον συνολικό χάρτη επικινδυνότητας όλου του MSS.

Και σε αυτή την περίπτωση υποσυστήματος χρησιμοποιήθηκαν αρχεία αποτελεσμάτων από διάφορες προσομοιώσεις που έγιναν στα πλαίσια του SWeFS, οι οποίες και προήλθαν από συγκεκριμένες εξόδους του DFM. Επομένως, τα προσομοιούμενα αρχεία των DFM και SM είναι άμεσα συσχετισμένα.

2.3 Message Oriented Middleware

Οι πρόσφατες εξελίξεις στη δικτύωση και η ανάπτυξη του διαδικτύου έχουν δημιουργήσει νέες ευκαιρίες για έρευνα. Ωστόσο ανεξάρτητες εφαρμογές αρχίζουν να "ενσωματώνονται" η μια με την άλλη. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για την ανάπτυξη τεχνολογιών για τη "συγκόλληση" των εφαρμογών χωρίς να ανασχεδιάζουν τα

επιμέρους συστατικά τους. Το πρόβλημα αυτό λύθηκε με το Message-oriented Middleware (MOM). Πρόκειται για λογισμικό που υποστηρίζει την αποστολή και λήψη μηνυμάτων μεταξύ των κατανεμημένων συστημάτων. Το MOM επιτρέπει σε μονάδες της εφαρμογής που βοηθά στο να κατανεμηθούν οι ετερογενείς πλατφόρμες και μειώνει την πολυπλοκότητα της ανάπτυξης εφαρμογών που εκτείνονται σε πολλαπλά λειτουργικά συστήματα και πρωτόκολλα δικτύου.

Στη δική μας περίπτωση το MoM χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία (αποστολή-λήψη μηνυμάτων) μεταξύ διαφορετικών συστημάτων που θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο αναλυτικότερα.

2.3.1 Γενικά

Το MOM δημιουργεί ένα καταμεμημένο επίπεδο επικοινωνίας το οποίο απομονώνει την ανάπτυξη εφαρμογών από τις λεπτομέρειες των διαφόρων λειτουργικών συστημάτων και διεπαφές του δικτύου. Προγραμματιστικές διεπαφές εφαρμογών (Application programming Interfaces – APIs) οι οποίες επεκτείνονται σε διαφορετικές πλατφόρμες και δίκτυα πετυχαίνουν την επιτυχή και απρόσκοπτη επικοινωνία τους με τη βοήθεια του MOM.

2.3.2 Τεχνικές Πληροφορίες

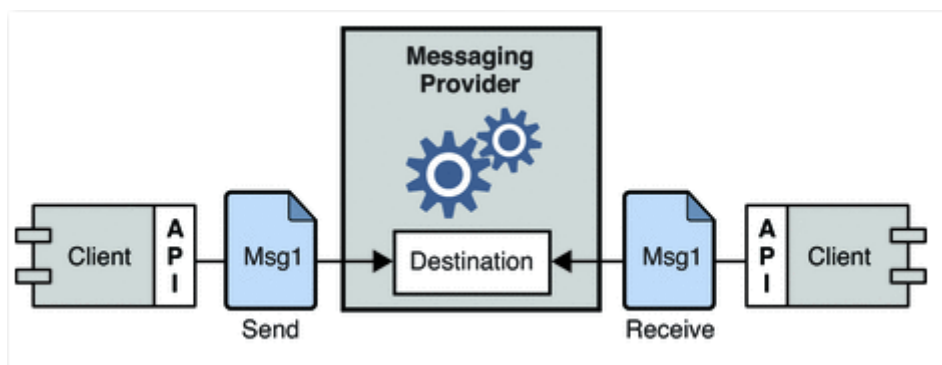
Το MOM παρέχει στοιχεία λογισμικού που υπάρχουν σε όλες τις συνιστώσες της επικοινωνίας της αρχιτεκτονικής πελάτη/διακομιστή και τυπικά παρέχει την υποστήριξη ασύγχρονης κλήσης μεταξύ πελάτη και του διακομιστή των εφαρμογών. Το MOM μειώνει την πολυπλοκότητα της master-slave μεθόδου του μηχανισμού πελάτη-διακομιστή.

Το MOM υποστηρίζει μια εφαρμογή λογισμικού επικοινωνίας που βασίζεται σε ασύγχρονη ανταλλαγή μηνυμάτων σε αντίθεση με την αρχιτεκτονική αίτημα-απάντηση (request-response). Στα σύγχρονα συστήματα οι ουρές μηνυμάτων παρέχουν

προσωρινή αποθήκευση ακόμα και όταν το πρόγραμμα προορισμού είναι απασχολημένο ή δεν έχει συνδεθεί. Επιπλέον τα περισσότερα ασύγχρονα συστήματα MOM παρέχουν "επίμονη" αποθήκευση για την δημιουργία αντιγράφων ασφαλείας στην ουρά μηνυμάτων. Αυτό σημαίνει ότι ο αποστολέας και ο παραλήπτης δεν χρειάζεται να είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο συγχρόνως. Επίσης ακόμα και αν η αίτηση του δέκτη αποτύχει για οποιοδήποτε λόγο οι αποστολείς μπορούν να συνεχίσουν ανεπηρέαστα

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

αφού τα μηνύματα που στέλνουν απλά θα υπάρχουν αποθηκευμένα στην ουρά μηνυμάτων για μετέπειτα επεξεργασία κατά την επανεκκίνηση του δέκτη.



Σχήμα 3: Αρχιτεκτονική του message oriented middleware

Η αναγκαιότητα για ασύγχρονη επικοινωνία στα πλαίσια του συστήματός μας γίνεται αντιληπτή εφόσον αναλογιστούμε πως δε μπορεί να «μπλοκάρεται» όλο το σύστημα στην περίπτωση που θέλουμε να στείλουμε μια εντολή ελέγχου σε έναν αισθητήρα αλλά αυτός αργεί να απαντήσει.

2.3.3 Οργάνωση Ουρών Επικοινωνίας στο MOM

Στο σημείο αυτό θα γίνει μια περιγραφή όλων των ουρών που χρησιμοποιούνται από το ευρύτερο σύστημα. Αρχικά θα γίνει επιγραμματικά μια αναφορά στις ουρές αυτές και σε επόμενο στάδιο θα γίνει μια αναλυτική περιγραφή για την κάθε μια ξεχωριστά (βασιζόμενοι και στο σχέδιο της αρχιτεκτονικής στο **Σχήμα 2**).

Επιγραμματικά οι ουρές που χρησιμοποιούνται στο σύστημα όπως φαίνονται στην εικόνα 1 είναι:

- GRIDS.SEND
- GRIDS.SEND.FUSION
- SWeFS.CONTROL.WSN.COMMAND
- SWeFS.CONTROL.WSN.REPLY
- DATA.STORE

- SWeFS.SOS.WSN.STORE

Αναλυτικά, η κάθε ουρά περιγράφεται παρακάτω.

GRIDS.SEND: Μέσω της ουράς αυτής επιτυγχάνεται επικοινωνία μεταξύ του συστήματος SM και του Διαχειριστή. Η μεριά του Διαχειριστή "ακούει" για τα πλέγματα-μετρήσεις που στέλνονται από το SM.

GRIDS.SEND.FUSION: Μέσω της ουράς αυτής επιτυγχάνεται επικοινωνία μεταξύ του συστήματος DFM και του Διαχειριστή. Η μεριά του Διαχειριστή "ακούει" για τα πλέγματα-μετρήσεις που στέλνονται από το DFM.

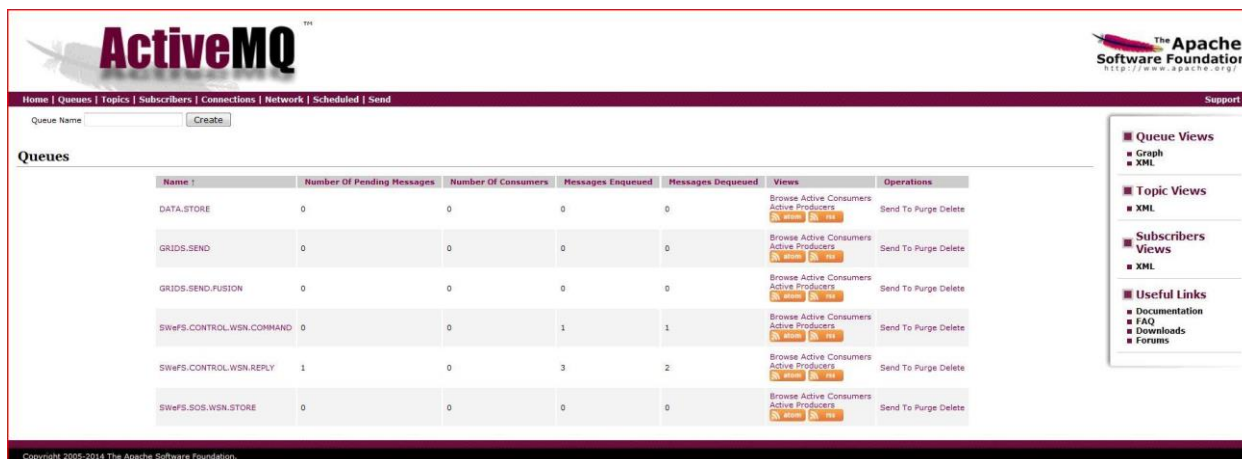
SWeFS.CONTROL.WSN.COMMAND: Μέσω της ουράς αυτής επιτυγχάνεται επικοινωνία μεταξύ του Μεσολαβητή και του Διαχειριστή. Η μεριά του Διαχειριστή προωθεί τα μηνύματα-εντολές προς τους αισθητήρες κάθε φορά που σε κάποιο αισθητήρα πρέπει να γίνει αλλαγή της τιμής συχνότητας δειγματοληψίας ή της κατάστασης ενέργειας.

SWeFS.CONTROL.WSN.REPLY: Μέσω της ουράς αυτής επιτυγχάνεται επικοινωνία μεταξύ του Μεσολαβητή (Proxy) και του Διαχειριστή. Η μεριά του Διαχειριστή "ακούει" για μηνύματα-απαντήσεις (acknowledgement) που στέλνονται από τους αισθητήρες. Ουσιαστικά οι αισθητήρες όποτε αλλάζουν τη συχνότητα δειγματοληψίας ή τη κατάσταση ενέργειας τους στέλνουν ένα μήνυμα επιβεβαίωσης (η μορφή των μηνυμάτων ack θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3).

DATA.STORE: Μέσω της ουράς αυτής επιτυγχάνεται επικοινωνία μεταξύ του Μεσολαβητή και του Διαχειριστή. Η μεριά του Μεσολαβητή προωθεί σε αυτή την ουρά τις μετρήσεις των αισθητήρων και ο Διαχειριστής περιμένει να λάβει τις μετρήσεις αυτές.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

SWeFS.SOS.WSN.STORE: Μέσω της ουράς αυτής ο Μεσολαβητής δημοσιεύει τις μετρήσεις των αισθητήρων.



Εικόνα 1: Control panel μετά την δημιουργία-σύνδεση στις ουρές

2.3.4 Apache ActiveMQ

Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε το ευρέως διαδεδομένο Apache ActiveMQ [19]. Κάποιοι από τους λόγους που επιλέχτηκε είναι για την εύχρηστη γραφική διεπαφή interface του, το πλήρες, καλά επεξηγημένο και εύκολο στην υλοποίηση API του, την εύκολη εγκατάσταση του καθώς και τα πολλά προηγμένα χαρακτηριστικά του. Το Apache ActiveMQ αποτελεί ένα πρόγραμμα ανοιχτού λογισμικού γραμμένο σε Java που υποστηρίζει πλήρως το Java Message Service(JMS) [20].

2.4 SunSPOT Sensor

Η συσκευή SunSPOT είναι μια μικρή, ασύρματη, πειραματική πλατφόρμα που λειτουργεί με μπαταρίες. Είναι προγραμματισμένη σε Java για να είναι εφικτή η δημιουργία

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

προγραμμάτων που απαιτούν εξειδικευμένες δεξιότητες προγραμματισμού για ενσωματωμένα συστήματα. Η πλατφόρμα υλικού περιλαμβάνει μια σειρά από ενσωματωμένους αισθητήρες καθώς και τη δυνατότητα εύκολης διεπαφής με εξωτερικές συσκευές.



Εικόνα 2: Η συσκευασία ενός SunSPOT

2.4.1 Γενικά

Κάθε SunSPOT kit περιέχει δύο πλήρεις, ελευθέρου βεληνεκούς (free-range) SunSPOTs (με επεξεργαστή, ραδιοσυχνότητα, πίνακα αισθητήρων και μπαταρία) και έναν SunSPOT σταθμό βάσης (base station) (με επεξεργαστή και ραδιοσυχνότητα), ένα USB καλώδιο για την σύνδεση των SPOTs/base station στον υπολογιστή και ένα cd με όλα τα εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού που απαιτούνται για να ξεκινήσει κανείς την ανάπτυξη εφαρμογών για SunSPOT.

Ο σταθμός βάσης (base station) συνδέεται με τον υπολογιστή (PC) και επιτρέπει να γράφουμε προγράμματα που μπορούν να τρέξουν στον υπολογιστή μας και να χρησιμοποιήσουμε τη ραδιοσυχνότητα του σταθμού βάσης για να επικοινωνήσουμε με απομακρυσμένα SunSPOTs.

2.4.2 Τεχνικές Πληροφορίες

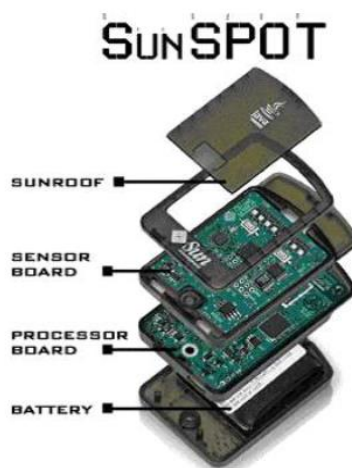
Τα SunSPOTs χρησιμοποιούν μια υλοποίηση της Java ME που λέγεται Squawk και υποστηρίζει CLDC 1.1 και MIDP 1.0. Τα SunSPOTs δεν έχουν κάποιο λειτουργικό σύστημα αλλά τρέχουν την Squawk VM απευθείας πάνω στον επεξεργαστή. Η συσκευή χρησιμοποιεί το IEEE 802.15.4 για τη δικτύωση της. Όσον αφορά το υλικό (hardware) του SunSPOT μια τέτοια συσκευή αποτελείται από έναν επεξεργαστή SunSPOT με έναν πίνακα αισθητήρων. Ο πίνακας αισθητήρων αποτελείται από:

- 2G/3G επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων
- Αισθητήρα θερμοκρασίας
- Αισθητήρα φωτός
- 8 τρίχρωμα leds
- 6 αναλογικές εισόδους
- 2 στιγμιαίους διακόπτες
- 5 I/O pins γενικού σκοπού και 4 υψηλού ρεύματος εξόδου pins

Για την ανάπτυξη λογισμικού για την πλατφόρμα SunSPOT, είναι χρήσιμο να γνωρίζει κανείς την αρχιτεκτονική τους η οποία αποτελείται από τα εξής:

- User MIDlets (ανώτερο επίπεδο, η εφαρμογή που έγραψε ο χρήστης για το SPOT)
- Transducerlib
- SPOTlib
- Multihoplib
- Squawk java ME JVM (κατώτερο επίπεδο)

Η τρέχουσα διαμόρφωση των SPOTs περιλαμβάνει το processor board και το sensor board που περιέχει αισθητήρες.



Εικόνα 3: Η διαμόρφωση ενός SPOT

2.5 Εφαρμογή WSNnode

Για το σύστημα μας, η εφαρμογή που έχει γραφτεί και θα χρησιμοποιηθεί από τα SunSPOT είναι το WSNNode. Κύριο μέλημα αυτής της εφαρμογής και πιο συγκεκριμένα του κάθε node, είναι η περιοδική συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες SunSPOT και η προώθηση τους στο σταθμό βάσης.

Το κάθε node, λοιπόν, αναπτύσσει δύο(2) κανάλια επικοινωνίας με το σταθμό βάσης στο οποίο είναι συνδεδεμένο. Ένα για να δέχεται μηνύματα/εντολές και ένα για να στέλνει εκείνο μηνύματα προς το σταθμό βάσης. Αναλύοντας τα μηνύματα που δέχεται/στέλνει ένα node από/προς το σταθμό βάσης του το 1ο σκέλος αφορά τον τύπο του μηνύματος, ο οποίος αναπαριστάται με ένα byte. Όλοι οι τύποι μηνυμάτων είναι δηλωμένοι στο αρχείο `swefs.wsnode.PacketTypes.java`. Το 2^ο σκέλος περιέχει τα δεδομένα του μηνύματος. Θα μπορούσε, για παράδειγμα, να αποτελείται από έναν `int` στην περίπτωση μηνύματος αλλαγής συχνότητας ή ακόμα από έναν `double` και έναν `int` στην περίπτωση της αποστολής μετρήσεων.

Μια ακόμα αρμοδιότητα του node είναι η αποστολή μηνύματος επιβεβαίωσης αλλαγής κατάστασης του προς το σταθμό βάσης. Όταν ένα node οδηγηθεί από μία κατάσταση σε μια άλλη, εκτελώντας σχετική εντολή, οφείλει να ενημερώσει το σταθμό βάσης για την αλλαγή αυτή. Για παράδειγμα, αν καταφτάσει στο node μήνυμα/εντολή για αλλαγή

της κατάστασης «energy mode» από sleep σε awake ή και το αντίστροφο, τότε εκείνο έχει την υποχρέωση αφού αλλάξει το energy mode του επιτυχώς, να στείλει μήνυμα επιβεβαίωσης (ack) αλλαγής κατάστασης.

Τι γίνεται όμως στην περίπτωση που ένας αισθητήρας τεθεί για κάποιο λόγο εκτός λειτουργίας (λόγω βλάβης, τελείωσε η μπαταρία του, κλπ); Θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός που να ενημερώνει το σταθμό βάσης ότι αυτός ο αισθητήρας είναι εκτός λειτουργίας και ως εκ τούτου ο σταθμός βάσης διακόπτει την επικοινωνία με αυτόν. Αυτό έρχεται να επιλύσει η λειτουργία του Heartbeat. Κάθε αισθητήρας έχει την ευθύνη ανά κάποιο χρονικό διάστημα (προκαθορισμένη τιμή 30sec) να εκπέμπει ένα μήνυμα που ουσιαστικά δηλώνει ότι λειτουργεί κανονικά χωρίς κάποιο πρόβλημα. Στέλνοντας, λοιπόν, περιοδικά ένα τέτοιο μήνυμα προς το σταθμό βάσης, εκείνο αποκτά μία εικόνα για το ποιοι αισθητήρες είναι ενεργοί, παρατηρώντας ποιοι του στέλνουν μηνύματα heartbeat. Έτσι, σε περίπτωση που κάποιος αισθητήρας δε στείλει "heartbeat", ο σταθμός βάσης μετρά αντίστροφα μέχρι ένα όριο (δηλ. περιμένει να ακούσει μέχρι κάποια επόμενα heartbeat), οπότε άμα ξεπεραστεί θεωρεί ότι ο αισθητήρας δεν είναι πια λειτουργικός, είτε λόγω του ότι το μέτωπο της φωτιάς μπορεί να έχει περάσει από εκεί και να το έχει καταστρέψει, είτε επειδή τα αποθέματα ενέργειας του έχουν πλέον πέσει σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

2.6 Εφαρμογή WSNProxy

Η εφαρμογή του WSNProxy περιλαμβάνει ουσιαστικά 3 λειτουργίες-εφαρμογές (entities), που για την συγκεκριμένη περίπτωση είναι άμεσα συνδεδεμένες αλλά θα μπορούσαν κάλλιστα να υπάρχουν και ως τρεις εντελώς ανεξάρτητες εφαρμογές. Οι δύο από αυτές τις λειτουργίες που έχει αυτό το υποσύστημα είναι αυτές του Σταθμού Βάσης καθώς και του Μεσολαβητή. Ο Μεσολαβητής είναι αυτός που επικοινωνεί με τον

"έξω" κόσμο και λαμβάνει μηνύματα για nodes, τα οποία προωθεί στο σταθμό βάσης, όπου αυτό με τη σειρά του τα προωθεί στα nodes. Το υποσύστημα αυτό λειτουργεί σαν ένας αντιπρόσωπος για τους αισθητήρες πεδίου τύπου SunSPOT. Λαμβάνει μηνύματα από το MOM και τα προωθεί με τη σειρά του στο σταθμό βάσης. Τέλος, η τρίτη

λειτουργία του είναι αυτή του Αποστολέα (Publisher), που σκοπός του είναι η κοινοποίηση των μετρήσεων των αισθητήρων στο υπόλοιπο υποσύστημα.

2.6.1 Σταθμός Βάσης (Base station)

Ο ρόλος του σταθμού βάσης είναι να επικοινωνεί και να αλληλεπιδρά με τα nodes. Δηλαδή, είναι ευθύνη του να αναπτύσσει γέφυρα επικοινωνίας με ένα node όταν αυτό συνδεθεί μαζί του, καθώς και να το καταχωρεί στη δομή που κρατάει όλα τα συνδεδεμένα και ενεργά nodes. Γίνεται λόγος για τον όρο 'ενεργά', διότι όπως αναφέρθηκε και στην περιγραφή του WSNNode, υπάρχει η λειτουργία του Heartbeat. Με αυτή τη λειτουργία, όσα nodes είναι συνδεδεμένα (ακόμα και σε sleep mode) και χωρίς κάποιο πρόβλημα (βλάβη, άδεια μπαταρία, κλείσιμο του αισθητήρα) εκπέμπουν ένα σήμα - σημείο ζωής. Ο σταθμός βάσης, λοιπόν, παρακολουθεί όλα αυτά τα σήματα ώστε να γνωρίζει και να σημειώνει ποια nodes είναι τελικά ενεργά, ώστε να επικοινωνεί μαζί τους ενώ σε αντίθετη περίπτωση να κλείνει το κανάλι επικοινωνίας και να τα αφαιρεί από κάθε διαθέσιμη δομή. Επίσης, είναι υπεύθυνος και για την προώθηση/παραλαβή μηνυμάτων προς/από τα nodes. Όταν δηλαδή καταφτάνει ένα μήνυμα από το Μεσολαβητή στο σταθμό βάσης, εκείνος θα πρέπει να ξε-πακετάρει το μήνυμα αυτό, να δει σε ποιο node απευθύνεται (με βάση το αναγνωριστικό nodeId), να δει τον τύπο του μηνύματος (για παράδειγμα αλλαγή κατάστασης frequency ή energy mode) και τελικά να συντάξει ένα νέο μήνυμα που θα στείλει στο node, σε μορφή (format) κατανοητή σε αυτό. Αντίστοιχα, ακούει κάθε μήνυμα που του στέλνει το κάθε συνδεδεμένο node, φροντίζει να το επεξεργαστεί και να το στείλει στον Μεσολαβητή.

Τέτοιου είδους μηνύματα από τα nodes προς το σταθμό βάσης μπορεί να είναι παραδείγματος χάρι, το heartbeat, το energy mode reply(που είναι η γνωστοποίηση του node ότι άλλαξε το energy mode του), κλπ.

2.6.2 Μεσολαβητής (Proxy)

Ο Μεσολαβητής αναλαμβάνει να συνδεθεί με τις ουρές που έχουν δημιουργηθεί στο MOM (ActiveMQ), από τις οποίες είτε στέλνει-προωθεί μηνύματα είτε "ακούει" για την παραλαβή μηνυμάτων. Πιο συγκεκριμένα, ο Μεσολαβητής "ακούει" στις ουρές :

- QUEUE_RECEIVE_COMMANDS
- QUEUE_SEND_DATA_REPLY

Ενώ λειτουργεί σαν Αποστολέας στις εξής ουρές:

- QUEUE_SEND_STORAGE
- QUEUE_SEND_DATA
- QUEUE_RECEIVE_COMMANDS_REPLY
- QUEUE_SEND_DATA_MEASUREMENTS

Έστω λοιπόν, ότι ο μεσολαβητής λαμβάνει ένα νέο μήνυμα. Δουλειά του είναι να το προωθήσει στο σταθμό βάσης ως έχει, ώστε εκείνος να το επεξεργαστεί με τον κατάλληλο τρόπο. Στην περίπτωση, τώρα, που ο σταθμός βάσης στείλει κάτι στο μεσολαβητή, εκείνος ανάλογα με το μήνυμα, θα το πακετάρει με τον κατάλληλο τρόπο (πχ μπορεί να δημιουργήσει ένα xml με διάφορες πληροφορίες, ανάλογα τον τύπο του μηνύματος πάντα) κάθε φορά και θα το κάνει αποστολή στην ουρά που πρέπει, ώστε να το λάβει στο άλλο άκρο ο/οι ενδιαφερόμενος/οι παραλήπτης/ες που ακούνε σε αυτή την ουρά.

2.6.3 Publisher

Ο Αποστολέας φροντίζει να δημοσιεύει τις μετρήσεις που στέλνονται από τα nodes προς άλλα υποσυστήματα. Όταν ένα node στείλει τις μετρήσεις του στο σταθμό βάσης, τότε ο Αποστολέας παίρνει αυτές τις μετρήσεις, κατασκευάζει ένα XML αρχείο και το προωθεί στις κατάλληλες ουρές του MOM, κάνοντας τις μετρήσεις των αισθητήρων διαθέσιμες προς άλλα υποσυστήματα που ενδιαφέρονται να τις αποκτήσουν.

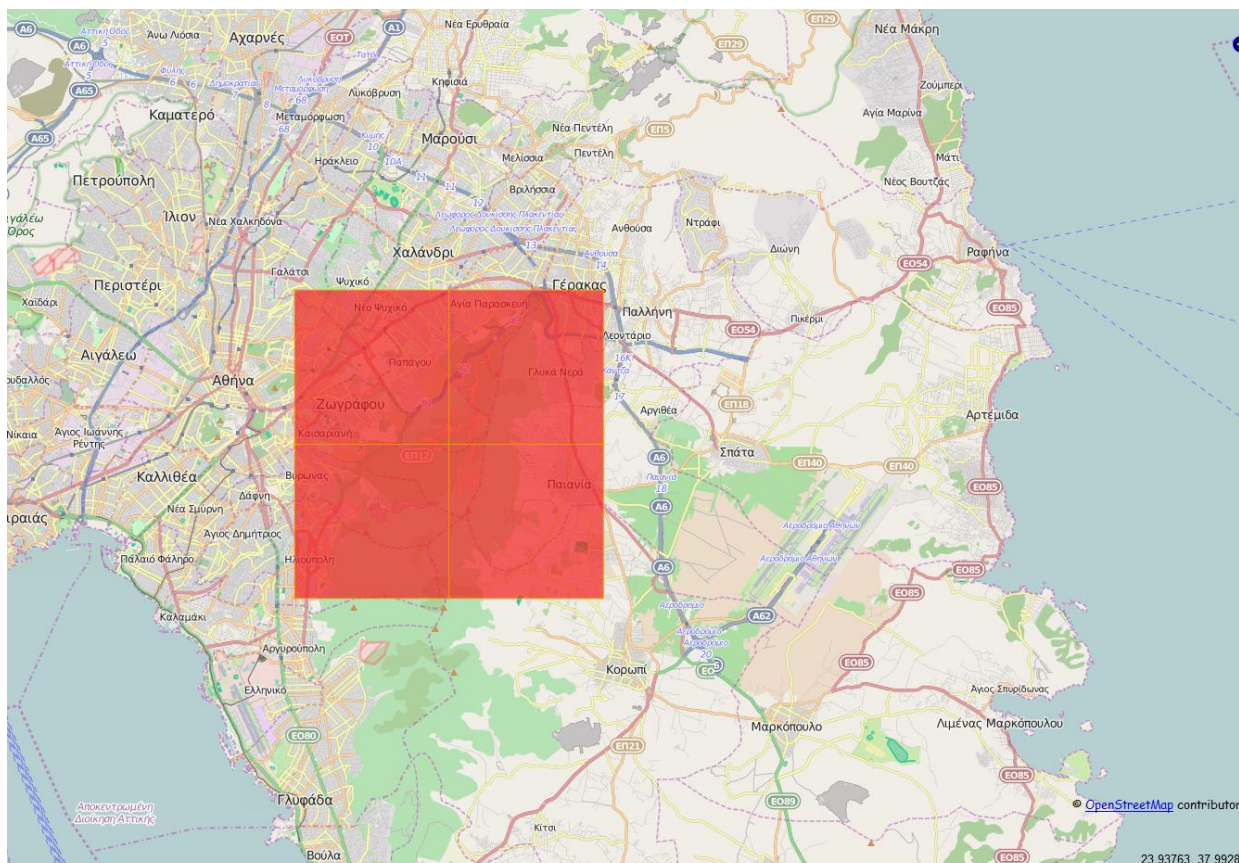
3. Η Εφαρμογή του Διαχειριστή

Στην μέχρι τώρα παρουσίαση του συνολικού συστήματος έχουμε περιγράψει την διαδικασία κατά την οποία οι αισθητήρες επικοινωνούν με έναν σταθμό βάσης αποστέλλοντας και λαμβάνοντας μηνύματα. Έγινε επίσης αναφορά στα συστήματα των DFM και SM όπου παρέχουν μια εικόνα για τη τρέχουσα αλλά και τη μελλοντική κατάσταση του μετώπου. Στο κεφάλαιο αυτό θα περιγραφεί αναλυτικά το υποσύστημα το οποίο υλοποιήθηκε και περιλαμβάνει το πως διαχειριζόμαστε και επεξεργαζόμαστε τα αποτελέσματα αυτά και το πως καθορίζουν την πορεία της συνολικής εφαρμογής. Θα εξηγήσουμε τη μεθοδολογία λήψης αποφάσεων βάσει των προαναφερθέντων αποτελεσμάτων καθώς και τη δομή των μηνυμάτων-εντολών που τελικά αποστέλλονται στους αισθητήρες για το δυναμικό έλεγχό τους. Μέρος αυτού του υποσυστήματος αποτελεί και μια τοπική βάση δεδομένων (database). Θα αναλυθούν οι λόγοι για τους οποίους αναπτύχθηκε, πως και πότε αυτή ενημερώνεται, τι δεδομένα περιλαμβάνει και αποθηκεύει. Επιπρόσθετα θα γίνει περιγραφή πώς όλο αυτό το υποσύστημα ενσωματώνεται και επικοινωνεί με την υπόλοιπη υποδομή μέσω του MOM.

3.1 Εφαρμογή WSNController(Διαχειριστής)

Η εφαρμογή του WSNController(Διαχειριστής) αποτελεί τον πυρήνα του συνολικού συστήματος που κληθήκαμε να υλοποιήσουμε, περιλαμβάνοντας μια σειρά από υπολειτουργίες. Αρχικά, η εφαρμογή αυτή περιμένει ως είσοδο τις μετρήσεις που προέρχονται από τα DFM και SM με τη μορφή ενός πλέγματος. Ως πλέγμα νοείται μια διακριτοποίηση της εποπτευόμενης περιοχής σε ιδεατά τετράγωνα τα οποία στο σύνολό τους σχηματίζουν ένα μεγαλύτερο τετράγωνο, το λεγόμενο «πλέγμα» (**Εικόνα 4**). Η χωρική ανάλυση κάθε μικρού τετραγώνου είναι 50m x 50m και συνολικά το πλέγμα έχει διάσταση 201x201 τετράγωνα. Οπότε από αυτό μπορεί να προκύψει και η έκταση της εποπτευόμενης περιοχής. Αφού λοιπόν λάβει τις αποτιμήσεις των DFM και SM, ο Διαχειριστής συγκρίνει τα πλέγματα αυτά μεταξύ τους και με βάση το αποτέλεσμα της σύγκρισης αυτής ακολουθείται η διαδικασία λήψης αποφάσεων για την αποστολή εντολών προς τους αισθητήρες.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς



Εικόνα 4: Αναπαράσταση πλέγματος εποπτευόμενης περιοχής

3.1.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων DFM και SM

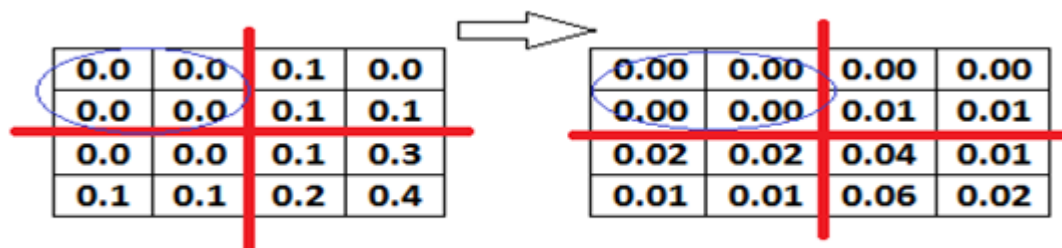
Για την σύγκριση των αποτελεσμάτων που δεχόμαστε από τα DFM και SM, αρχικά αυτό που χρειάζεται να υπολογιστεί είναι μια τιμή που θα υποδηλώνει την συνολική πιθανότητα πυρκαγιάς για την περιοχή. Οι εκτιμήσεις του DFM εκφράζονται σαν ένα πλέγμα που περιέχει τις πιθανότητες για πυρκαγιά (από 0 έως 1) κάθε περιοχής και αφορούν τη δεδομένη αυτή χρονική στιγμή, έστω t , βάσει των πραγματικό χρόνο λαμβανόμενων μετρήσεων από τους διαθέσιμους αισθητήρες. Αντίστοιχα οι εκτιμήσεις του SM εκφράζονται επίσης με ένα πλέγμα που περιέχει τις εκτιμώμενες πιθανότητες για πυρκαγιά. Όμως, σε αυτή την περίπτωση, αφορούν την εκτίμηση του SM, κατά τη χρονική στιγμή $t-1$ για το αν προβλέπεται πυρκαγιά ή όχι, στην ίδια περιοχή πυρκαγιάς κατά τη χρονική στιγμή t . Δηλαδή το DFM αποτιμά το πλέγμα με τις πιθανότητες πυρκαγιάς ως προς το τι μπορεί να συμβαίνει αυτή τη στιγμή και αυτό το πλέγμα συγκρίνεται με το πλέγμα του SM που έχει εκτιμήσει την κατάσταση μια χρονική στιγμή πριν.

Έτσι λοιπόν, επιζητούμε δύο αποτιμήσεις για την κατάσταση που επικρατεί στη περιοχή, μία από το DFM και μία από το SM. Όμως, για να είναι το αποτέλεσμα αυτό της αποτίμησης πιο ακριβές, αποφασίσαμε να χωρίσουμε τη περιοχή, η οποία απεικονίζεται με έναν 2-Διάστατο πίνακα, 4 τεταρτημόρια. Επομένως, όταν δεχόμαστε ως είσοδο ένα πλέγμα με μέγεθος διαστάσεων 201x201, το χωρίζουμε ως εξής (**Πίνακας 1**):

Τεταρτημόριο	X	Y
1 ^ο	0-100	0-100
2 ^ο	0-100	101-201
3 ^ο	101-201	0-100
4 ^ο	101-201	101-201

Πίνακας 1: Όρια συντεταγμένων ανά τεταρτημόριο

Εφόσον γίνει ο διαχωρισμός του πλέγματος(παραδείγματα Raster Ascii αρχείων **Πίνακας 6** και **Πίνακας 7**) σε τέσσερα τεταρτημόρια (**Εικόνα 4**: Αναπαράσταση πλέγματος εποπτευόμενης περιοχής), υπολογίζεται η μέση τιμή για κάθε τεταρτημόριο, ξεχωριστά για το DFM και για το SM. Για να υπολογιστεί η μέση τιμή κάθε τεταρτημορίου, αθροίζονται όλα τα κελιά-περιοχές και το αποτέλεσμα αυτό διαιρείται με το πλήθος των κελιών του τεταρτημορίου. Έτσι καταλήγουμε με τέσσερις τιμές για το DFM και άλλες τέσσερις για το SM. Έχουμε με αυτό το τρόπο τις αποτιμήσεις που επιζητούσαμε. Στη συνέχεια αφαιρούμε τη μέση τιμή του DFM για μία περιοχή/τεταρτημόριο με την αντίστοιχη του SM. Για παράδειγμα, θέλοντας να βρούμε τη διαφορά που έχουν τα αποτελέσματα των DFM και SM για το 1ο τεταρτημόριο, θα ανατρέξουμε στις δυο αποτιμήσεις που κάναμε για τις περιοχές αυτές στο 1ο τεταρτημόριο και θα αφαιρέσουμε τις τιμές. Με τον τρόπο αυτό καταλήγουμε στην εύρεση μιας τιμής που εκφράζει τη διαφορά ανάμεσα στα αποτελέσματα των συστημάτων DFM και SM. Η διαφορά που υπολογίζεται μεταξύ των τεταρτημορίων θα χρησιμεύσει στο επόμενο βήμα του κύκλου επεξεργασίας του συστήματος ώστε να πάρει μια ομαδική απόφαση για τους αισθητήρες που βρίσκονται στο εποπτευόμενο τεταρτημόριο.



Εικόνα 4: Κατάτμηση των πινάκων σε 4 τεταρτημόρια και σύγκριση των επιμέρους τεταρτημορίων

3.1.2 Διαδικασία Λήψης Απόφασης

Το επόμενο βήμα του συστήματος, έχοντας τις αποτιμήσεις των εξόδων από τα DFM και SM, είναι η λήψη απόφασης, βάσει των υπολογισθέντων διαφορών για το πως θα παρέμβει στην τρέχουσα κατάσταση των διαθέσιμων αισθητήρων. Αυτό, βάσει του ασύρματου δικτύου αισθητήρων που έχει παρουσιαστεί, μεταφράζεται στην τροποποίηση της συχνότητας με την οποία οι κόμβοι δειγματοληπτούν και στέλνουν πληροφορία θερμοκρασίας εντός του συστήματος. Σε περίπτωση που το δίκτυο αισθητήρων αποτελούταν και από διαφορετικά είδη, τότε θα υπήρχε η δυνατότητα ελέγχου και άλλων παραμέτρων, όπως για παράδειγμα η αλλαγή του τρέχοντος οπτικού πεδίου.

Η διαφορά στη μέση τιμή ενός τεταρτημορίου του DFM έναντι της αντίστοιχης στο SM υποδεικνύει το πόσο αποκλίνει η εκτίμηση για την εξέλιξη του φαινομένου από την πραγματικότητα. Επομένως, θα πρέπει το σύστημα να παρέμβει ώστε να αλλάξει την τρέχουσα κατάσταση των αισθητήρων και κατ' επέκταση και τη ροή της προσομοίωσης. Στην ουσία, αυτό αποτελεί και την εφαρμογή του DDDAS μοντέλου εντός του κύκλου επεξεργασίας του συστήματος.

Για τη μεθοδολογία λήψης απόφασης ως προς την αλλαγή της συχνότητας δειγματοληψίας των διαθέσιμων αισθητήρων σε ένα τεταρτημόριο εξετάστηκαν 2 διαφορετικές προσεγγίσεις εκ των οποίων εν τέλει εφαρμόστηκε η δεύτερη για λόγους που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Να σημειωθεί σε αυτό το σημείο, πως και στις δυο περιπτώσεις δίνεται περισσότερη βαρύτητα στα δεδομένα που προέρχονται από το DFM σε σχέση με αυτά του SM. Δηλαδή λαμβάνουμε σαν βάση γνώσης (ground truth)

τις αποτιμήσεις του DFM στο μηχανισμό λήψης απόφασης (χωρίς αυτό να σημαίνει πως οι μετρήσεις του SM δε λαμβάνονται υπ' όψιν).

1^η Προσέγγιση

Στην περίπτωση της πρώτης προσέγγισης για τη λήψη της απόφασης αλλαγής συχνότητας, στο πρώτο βήμα, χρειάζεται η σύγκριση των μέσων τιμών στα ίδια τεταρτημόρια ανάμεσα στις μετρήσεις του DFM και του SM. Για παράδειγμα, για την εξαγωγή συμπεράσματος για τους αισθητήρες του 1ου τεταρτημορίου, θα εκμεταλλευτούμε τη μέση τιμή του 1ου τεταρτημορίου από το πλέγμα του DFM και αντίστοιχα τη μέση τιμή του 1ου τεταρτημορίου του SM και θα τις αφαιρέσουμε. Το αποτέλεσμα αυτής της πράξης από εδώ και κάτω, για χάριν συντομίας, θα αναφέρεται ως *μέση διαφορά*. Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τη μέση διαφορά, ως 2ο βήμα θα πρέπει να ελεγχθεί εάν αυτή η τιμή είναι αρνητική ή θετική. Σε περίπτωση αρνητικής τιμής της μέσης διαφοράς, αυτό σημαίνει πως το DFM "δείχνει" μικρότερη πιθανότητα ύπαρξης πυρκαγιάς σε σχέση με την εκτίμηση του SM. Πρακτικά, αυτό προμηνύει πως δεν διατρέχεται κάποιος κίνδυνος πυρκαγιάς στο συγκεκριμένο τεταρτημόριο, οπότε θα πρέπει να μειωθεί ο ρυθμός δειγματοληψίας των αισθητήρων. Αντιθέτως, όταν η μέση διαφορά εμφανιστεί θετική, τότε το DFM "δείχνει" μεγαλύτερη πιθανότητα εμφάνισης πυρκαγιάς απ' ότι προέβλεπε το SM, οπότε η δειγματοληψία των αισθητήρων θα πρέπει να αυξηθεί με στόχο να παρατηρηθεί καλύτερα το φαινόμενο και να ανατροφοδοτηθεί το σύστημα με πιο ενημερωμένη πληροφορία. Το πόσο θα αυξηθούν ή θα μειωθούν οι δειγματοληψίες των αισθητήρων, αποτελεί κομμάτι του 3ου βήματος. Σε αυτό το βήμα, αν η μέση διαφορά έχει βγει αρνητική, κρατάμε την απόλυτη τιμή της. Με βάση αυτή την τιμή, ορίζεται μια σκάλα τιμών για τις συχνότητες που μπορούν να λάβουν οι αισθητήρες σε αυτή την περιοχή-τεταρτημόριο. Για παράδειγμα, για τιμές της απόλυτης τιμής της μέσης διαφοράς από 0.0 μέχρι 0.025 οι αισθητήρες θα αποκτήσουν συχνότητα δειγματοληψίας 5000ms, από 0.026 μέχρι 0.05 θα αποκτήσουν συχνότητα δειγματοληψίας 10000ms, και ούτω καθεξής. Δηλαδή παρατηρούμε ότι δημιουργείται μια σκάλα με πιθανές τιμές (τέσσερις στο σύνολο) συχνότητας που μπορούν να πάρουν οι αισθητήρες (**Πίνακας 2**).

Περίπτωση	Απόλυτη Τιμή	Απόλυτη Τιμή	Ρυθμός Δειγματοληψίας
-----------	--------------	--------------	-----------------------

	<i>μέσης διαφοράς</i> από	<i>μέσης διαφοράς</i> έως	Αισθητήρα
1	0.0	0.025	5.000 ms
2	0.026	0.05	10.000 ms
3	0.051	0.075	30.000 ms
4	0.076		60.000 ms

Πίνακας 2: Κλίμακα περιπτώσεων για αρνητική μέση διαφορά

Όσο όμως μεγαλώνει η απόλυτη τιμή της μέσης διαφοράς, τόσο η δειγματοληψία των αισθητήρων μειώνεται. Στην ουσία, η μείωση της συχνότητας δειγματοληψίας ενός αισθητήρα μεταφράζεται ως μείωση του ρυθμού με τον οποίο λαμβάνει μετρήσεις από το πεδίο. Αυτό συμβαίνει διότι η αύξηση της διαφοράς ανάμεσα στο DFM και SM, ερμηνεύεται ως περισσότερο λανθασμένη εκτίμηση του SM αναφορικά με την πρόβλεψη που έκανε, οπότε "χαλαρώνουμε" τη συχνότητα δειγματοληψίας των αισθητήρων σε αυτή τη περιοχή.

Εάν η μέση διαφορά βγει θετική, ουσιαστικά η διαδικασία θα είναι ανάλογη χωρίς να χρειάζεται να υπολογιστεί η απόλυτη τιμή. Πιο συγκεκριμένα, η μόνη διαφορά έγκειται στο ότι σε αυτή την περίπτωση η σκάλα τιμών που αναφέραμε θα είναι ανάποδα. Για παράδειγμα, από 0.0 μέχρι 0.025 οι αισθητήρες θα αποκτήσουν συχνότητα δειγματοληψίας 60000ms, από 0.026 μέχρι 0.05 θα αποκτήσουν συχνότητα δειγματοληψίας 30000ms, και ούτω καθεξής (**Πίνακας 3**).

Περίπτωση	Τιμή μέσης διαφοράς από	Τιμή μέσης διαφοράς έως	Ρυθμός Δειγματοληψίας Αισθητήρα
1	0.0	0.025	60.000 ms
2	0.026	0.05	30.000 ms
3	0.051	0.075	10.000 ms

4	0.076		5.000 ms
---	-------	--	----------

Πίνακας 3: Κλίμακα περιπτώσεων για θετική μέση διαφορά

Αυτό συμβαίνει (με την ίδια λογική όπως προηγουμένως) καθώς θεωρούμε πως για να έχει το DFM μεγαλύτερη μέση τιμή στο συγκεκριμένο τεταρτημόριο έναντι του SM, πιθανότατα το φαινόμενο είναι πιο έντονο από την αρχική εκτίμηση. Επομένως, μάλλον θα πρέπει να αυξηθεί η συχνότητα δειγματοληψίας των αισθητήρων όσο αυξάνεται η διαφορά ώστε να παρακολουθείται καλύτερα η ένταση του φαινομένου.

2^η Προσέγγιση

Η δεύτερη προσέγγιση η οποία εξετάστηκε έχει ακριβώς ίδια τα δυο πρώτα βήματα με την πρώτη. Αρχικά υπολογίζεται η μέση διαφορά και ελέγχονται δυο περιπτώσεις, μια για θετική μέση διαφορά και μία για αρνητική. Σε αυτή την περίπτωση όμως, σαν επόμενο βήμα, λαμβάνουμε υπόψη μας μόνο τη μέση τιμή των τιμών πιθανότητας πυρκαγιάς σε μια περιοχή-τεταρτημόριο οι οποίες προέρχονται από το DFM. Από δω και στο εξής, θα αναφερόμαστε σε αυτή την τιμή σαν *μέση τιμή DFM (mean value DFM - mnDFM)*. Έχοντας υπολογίσει τη μέση τιμή DFM, δημιουργούμε επτά περιπτώσεις για τις πιθανές τιμές του:

Περίπτωση	Τιμή <i>mnDFM</i> από ($\leq mnDFM$)	Τιμή <i>mnDFM</i> έως ($mnDFM <$)	Ρυθμός Δειγματοληψίας Αισθητήρα για αρνητική μέση διαφορά	Ρυθμός Δειγματοληψίας Αισθητήρα για θετική μέση διαφορά
1	0.0	0.02	+ 30.000 ms	- 1.000 ms
2	0.02	0.04	+ 25.000 ms	- 5.000 ms
3	0.04	0.06	+ 20.000 ms	- 10.000 ms

4	0.06	0.1	+ 15.000 ms	- 15.000 ms
5	0.1	0.5	+ 10.000 ms	- 20.000 ms
6	0.5	0.8	+ 5.000 ms	- 25.000 ms
7	0.8		+ 1.000 ms	- 30.000 ms

Πίνακας 4: Κλίμακα περιπτώσεων με βάση τη μέση τιμή DFM

Έστω ότι η μέση τιμή DFM είναι αρνητική (από το Βήμα 2). Όπως αναφέρθηκε και κατά την παρουσίαση της 2^{ης} προσέγγισης, αυτό σημαίνει για το σύστημα πως θα πρέπει να μειώσει τη συχνότητα δειγματοληψίας των αισθητήρων. Επομένως, αποτιμώντας τη μέση τιμή DFM πέφτουμε σε μία από τις παραπάνω κλίμακες. Όσο μικρότερη είναι η μέση τιμή DFM, αυτό σημαίνει πως τόσο μικρότερη είναι και η πιθανότητα ύπαρξης πυρκαγιάς στο συγκεκριμένο τεταρτημόριο, επομένως ανάλογα αυξάνεται και η περίοδος δειγματοληψίας ενός αισθητήρα που ανήκει σε αυτή την περιοχή. Παραδείγματος χάριν, αν η μέση τιμή DFM ισούται με 0.015 , τότε θα αυξηθεί η συχνότητα των αισθητήρων στην περιοχή κατά 30000ms ώστε να δειγματοληφτούν πιο αργά, αφού το DFM μας υποδεικνύει πως ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι αρκετά χαμηλός. Αντίστοιχα, αν η μέση τιμή DFM ισούται με 0.03 (περίπτωση 2 στο πίνακα **Πίνακας 4**) τότε γίνεται αύξηση κατά 25000ms. Για την περίπτωση 3 γίνεται αύξηση 20000ms στη συχνότητα του αισθητήρα, και ούτω καθεξής. Με αυτό τον τρόπο, ένας αισθητήρας μειώνει το ρυθμό δειγματοληψίας του αντιστρόφως ανάλογα με τη μέση τιμή DFM όπως αυτή προέκυψε από το Βήμα 3 της διαδικασίας. Δηλαδή για μεγάλες τιμές μέσης τιμής DFM, η μείωση της δειγματοληψίας πρέπει να είναι μικρή, ώστε τελικά η δειγματοληψία να μην επηρεάζεται ιδιαίτερα και ο αισθητήρας να δειγματοληφτεί συχνότερα (αφού το DFM μας υποδεικνύει πως υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πυρκαγιάς), ενώ για μικρή μέση τιμή DFM η μείωση της δειγματοληψίας μπορεί να γίνεται αρκετά μεγάλη, αφού δεν υπάρχει κίνδυνος σύμφωνα με το DFM.

Στην περίπτωση που η μέση διαφορά DMF βγει θετική, αυτό σημαίνει πως θα πρέπει να γίνει αύξηση της δειγματοληψίας των αισθητήρων καθώς η προσομοίωση βρίσκεται «πίσω» σε σχέση με την πραγματική εικόνα. Ανάλογα με τη μέση τιμή DFM, δηλαδή βάσει του σε ποια από τις 7 κατηγορίες κατατάσσεται, μειώνεται η τιμή της συχνότητας

δειγματοληψίας των αισθητήρων, ώστε να επιτευχθεί η αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας τους. Για παράδειγμα, στη περίπτωση που το mVDFM κατατάσσεται στη 1^η κατηγορία, όπως υποδεικνύεται και από τον πίνακα (**Πίνακας 4**) αφαιρούνται - 1000ms από τη συχνότητα των αισθητήρων, στη 2^η κατηγορία -5000ms, στη τρίτη -

10000ms, και ούτω καθεξής. Με τον τρόπο αυτό, ένας αισθητήρας αυξάνει το ρυθμό δειγματοληψίας ανάλογα με τη μέση τιμή DFM. Για εκτιμήσεις υψηλής μέσης τιμής DFM (όπου το DFM μας ενημερώνει πως διατρέχουμε μεγάλο κίνδυνο πυρκαγιάς), θα πρέπει να αυξηθεί η δειγματοληψία πολύ πιο γρήγορα και άμεσα, ενώ σε περίπτωση εκτίμησης χαμηλής μέσης τιμής DFM, η αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας δεν πρέπει να είναι μεγάλη.

Βέβαια, αυτή η αύξηση, ή μείωση αντίστοιχα, πρέπει να είναι φραγμένη ώστε να υπάρχει εκμετάλλευση των μετρήσεων. Ως χαμηλότερος ρυθμός δειγματοληψίας έχουν οριστεί τα 90000ms ενώ ο υψηλότερος ρυθμός είναι στα 5000ms.

Καταλήγοντας, έγινε προσπάθεια και στις δυο προσεγγίσεις να αξιοποιηθούν πλήρως και όσο καλύτερα γινόταν όλα τα δεδομένα που είχαμε στη διάθεσή μας, και πιο συγκεκριμένα τα αρχεία με τις εκτιμήσεις για την πιθανότητα πυρκαγιάς που έρχονται από τα συστήματα των DFM και SM. Όπως παρατηρείται, και στις δυο λύσεις που προτάθηκαν, τα δυο πρώτα βήματα είναι ίδια. Αξιοποιούνται και οι δυο είσοδοι, και η διαφορά ανάμεσα στις μέσες τιμές τους ανά τεταρτημόριο είναι που μας υποδεικνύει αν θα έχουμε αύξηση ή μείωση στο ρυθμό δειγματοληψίας των αισθητήρων σε μια περιοχή. Όμως, εκεί που η πρώτη προσέγγιση προσφέρει μόνο τέσσερις δυνατές τιμές δειγματοληψίας (5000ms,10000ms,30000ms,60000ms), η δεύτερη μπορεί να μεταβάλλει τη συχνότητα δειγματοληψίας πιο δυναμικά και ομοιόμορφα. Έτσι οι πληροφορίες που θα λαμβάνονται από τους αισθητήρες, θα μπορούν να έχουν περισσότερες κλίμακες και επομένως θα υπάρχει τελικά καλύτερη και πιο ποιοτική πληροφόρηση για το τι γίνεται στην εποπτευόμενη περιοχή. Επίσης, γίνεται και εν γένει καλύτερη διαχείριση ενέργειας για τους αισθητήρες, κάτι που ήταν από τα αρχικά ζητούμενα, μιας και οι αισθητήρες λειτουργούν αυτόνομα με ενσωματωμένες μπαταρίες. Η καλύτερη διαχείριση επιτυγχάνεται με την ύπαρξη πολλών επιλογών για τις τιμές συχνότητας δειγματοληψίας που μπορεί να λάβει ένας αισθητήρας. Για παράδειγμα, ενώ στη πρώτη προσέγγιση συγκρίνοντας πολλαπλές εκτιμήσεις του DFM με τις αντίστοιχες του SM η συχνότητα δειγματοληψίας ενός αισθητήρα μπορεί να γίνει και να παραμείνει 30.000 ms, με την δεύτερη προσέγγιση για τις ίδιες αποτιμήσεις η

συχνότητα δειγματοληψίας ενός αισθητήρα μπορεί να πάρει πιο δυναμικά τιμή, δειγματοληπτώντας αποδοτικότερα. Αυτά λοιπόν, μας οδήγησαν στην επιλογή της δεύτερης προσέγγισης έναντι της πρώτης.

3.2 Βάση Δεδομένων (DataBase)

Μια επιλογή που βοηθάει την εύρυθμη λειτουργία του WSNController αποτελεί η χρήση και διαχείριση μιας τοπικής βάσης δεδομένων. Δημιουργήθηκε μια βάση δεδομένων με τη χρήση του JavaDB (αναλυτικότερα στο κεφάλαιο 5). Η ανάγκη για συλλογή και αποθήκευση απαραίτητων πληροφοριών των αισθητήρων οδήγησε στην ενσωμάτωση μιας τέτοιας λύσης. Ο Διαχειριστής είναι αυτός που προσπελαύνει αποκλειστικά τη βάση δεδομένων, την επεξεργάζεται και την ενημερώνει. Μόνο μέσω του Διαχειριστή μπορεί ένα άλλο υποσύστημα να αποκτήσει πληροφορίες μέσα από τη βάση δεδομένων. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα χρησιμότητας της, είναι η ενημέρωση ενός εξωτερικού συστήματος για τη συχνότητα δειγματοληψίας ενός συγκεκριμένου αισθητήρα. Κατά το στάδιο της λήψης απόφασης ο Διαχειριστής θα μεταβάλλει την τιμή της συχνότητας δειγματοληψίας για τον εκάστοτε αισθητήρα και η ενημερωμένη τιμή, εφόσον υπάρξει και η κατάλληλη ενημέρωση από τον WSNProxy (για την επιτυχή εκτέλεση της εντολής), θα αποθηκευτεί εκ νέου στη βάση. Η βάση δεδομένων αποτελείται από τρεις πίνακες (tables) οι οποίοι και σχεδιάστηκαν με τέτοιες συσχετίσεις ώστε να βοηθηθεί η μοντελοποίηση που απαιτούνταν για την αποθήκευση τέτοιας μορφής πληροφορίας. Στις υποενότητες που ακολουθούν θα περιγραφούν με λεπτομέρεια αυτοί οι πίνακες ενώ θα εξηγηθεί ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η ενημέρωση-ανανέωση της βάσης, καθώς και το ποιες πληροφορίες ενημερώνονται και ποιες όχι κάθε φορά.

3.2.1 Περιγραφή Πινάκων της Βάσης Δεδομένων

Οι πίνακες που αποτελούν τη βάση δεδομένων του WSNController είναι τρεις. Οι NODES, DATA_MESUREMENTS και NODES_VAR_VALUES.

Πίνακας NODES

Ο πίνακας NODES περιλαμβάνει τις πληροφορίες των αισθητήρων που δεν μεταβάλλονται όπως το όνομα του αισθητήρα, οι συντεταγμένες του και ο αριθμός του τεταρτημορίου στο οποίο βρίσκεται (από 1 μέχρι 4). Ο πίνακας NODES συγκεκριμένα έχει:

- το ID, που αντιστοιχεί στον αριθμό της εγγραφής, όπως αυτός αποδίδεται αυτοματοποιημένα από τη βάση και είναι μοναδικό στο συγκεκριμένο πίνακα. Το ID είναι το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα (τύπος integer)
- το SPOT_ID, που αντιστοιχεί στο όνομα του αισθητήρα (τύπος varchar) που αποτελείται από το "SunSPOT_", ακολουθούμενο από τα 4 τελευταία ψηφία του δεκαεξαδικού αριθμού (**Εικόνα 6:** Ο κωδικός ενός αισθητήρα του προσομοιωτή) που έχει ο αισθητήρας
- το POSX, που αντιστοιχεί στη συντεταγμένη x του πλέγματος και αντιπροσωπεύει το κελί που βρίσκεται ο αισθητήρας (τύπος integer)
- το POSY, που αντιστοιχεί στη συντεταγμένη y του πλέγματος και αντιπροσωπεύει το κελί που βρίσκεται ο αισθητήρας (τύπος integer)
- το QUADRANT, που αντιπροσωπεύει το τεταρτημόριο στο οποίο βρίσκεται ο αισθητήρας (τύπος integer)

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

ID	SPOT_ID	POSX	POSY	QUADRANT	
1	SunSPOT_1001		75	91	1
2	SunSPOT_1003		94	72	1
3	SunSPOT_1004		95	78	1
4	SunSPOT_1005		90	90	1
5	SunSPOT_1006		93	98	1
6	SunSPOT_1007		97	94	1
7	SunSPOT_1008		86	87	1
8	SunSPOT_1009		90	74	1
9	SunSPOT_100a		75	77	1
10	SunSPOT_100b		60	104	2
11	SunSPOT_100c		73	107	2
12	SunSPOT_100d		83	110	2
13	SunSPOT_100e		87	121	2
14	SunSPOT_100f		82	137	2
15	SunSPOT_1010		70	132	2
16	SunSPOT_1011		67	152	2
17	SunSPOT_1012		53	151	2
18	SunSPOT_1013		55	134	2
19	SunSPOT_1014		34	143	2
20	SunSPOT_1015		105	53	3
21	SunSPOT_1016		120	52	3
22	SunSPOT_1002		79	87	1

Εικόνα 5: Εμφάνιση των αισθητήρων στον πίνακα NODES



Εικόνα 6: Ο κωδικός ενός αισθητήρα του προσομοιωτή

Πίνακας NODES_VAR_VALUES

Ο πίνακας NODES_VAR_VALUES περιέχει τις πληροφορίες των αισθητήρων που μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια λειτουργίας του Διαχειριστή. Περιλαμβάνει τη συχνότητα δειγματοληψίας, τη κατάσταση ενέργειας και τον αναγνωριστικό αριθμό του αισθητήρα.

Ο πίνακας NODES_VAR_VALUES έχει τις ακόλουθες πληροφορίες:

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

- Το ID, που αντιστοιχεί στον αριθμό της εγγραφής, όπως αυτός αποδίδεται αυτοματοποιημένα από τη βάση και είναι μοναδικό στο συγκεκριμένο πίνακα. Το ID είναι το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα (τύπος integer)
- Το NODE_ID, που αποτελεί ξένο κλειδί και αναφέρεται στο πρωτεύον κλειδί ID του πίνακα NODES (τύπος integer)
- Το FREQUENCY, που αντιπροσωπεύει την τρέχουσα συχνότητα δειγματοληψίας του αισθητήρα (τύπος integer)
- Το STATE, που αντιπροσωπεύει την τρέχουσα κατάσταση ενέργειας του αισθητήρα. Για ένδειξη true ο αισθητήρας είναι ενεργός και δειγματοληπτεί, ενώ για ένδειξη false ο αισθητήρας δεν είναι ενεργός (τύπος boolean)

ID	NODE_ID	FREQUENCY	STATE
1	1	18000	false
2	2	14000	false
3	3	11000	false
4	4	11000	false
5	5	19000	true
6	6	20000	false
7	7	15000	false
8	8	19000	true
9	9	18000	false
10	10	12000	false
11	11	12000	false
12	12	15000	false
13	13	10000	true
14	14	11000	false
15	15	11000	true
16	16	20000	false
17	17	10000	true
18	18	18000	false
19	19	13000	true
20	20	20000	false

Εικόνα 7: Εμφάνιση των αισθητήρων στο πίνακα NODES_VAR_VALUES

Πίνακας DATA_MESUREMENTS

Ο πίνακας DATA_MESUREMENTS κρατάει ένα ιστορικό όλων των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιήσει οι αισθητήρες. Αποτελεί δηλαδή κάτι σαν ένα αρχείο με όλες τις μετρήσεις των αισθητήρων, ώστε να μπορεί εύκολα ο Διαχειριστής να τις αναζητήσει. Πιο συγκεκριμένα, οι μετρήσεις αυτές αποτελούνται από τη φωτεινότητα και τη θερμοκρασία και εμπλουτίζονται από την ημερομηνία και ώρα αποστολής της μέτρησης.

Ο πίνακας DATA_MESUREMENTS έχει τις πληροφορίες:

- το ID, που αντιστοιχεί στον αριθμό της εγγραφής, όπως αυτός αποδίδεται αυτοματοποιημένα από τη βάση και είναι μοναδικό στο συγκεκριμένο πίνακα. Το ID είναι το πρωτεύον κλειδί αυτού του πίνακα (τύπος integer)
- Το NODE_ID, που αποτελεί ξένο κλειδί και αναφέρεται στο πρωτεύον κλειδί ID του πίνακα NODES ώστε να γνωρίζουμε ποιος αισθητήρας έστειλε αυτή τη μέτρηση (τύπος integer)
- Το TIMESTAMP, που αποτελεί την ώρα και ημερομηνία προώθησης των μετρήσεων από το σταθμό βάσης των αισθητήρων στον WSNController για αποθήκευση (τύπος varchar)
- Το LIGHT, που αντιπροσωπεύει τη μέτρηση για το φαινόμενο της φωτεινότητας του αισθητήρα (τύπος varchar)
- Το TEMPERATURE, που αντιπροσωπεύει τη μέτρηση θερμοκρασίας του (τύπος varchar)

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

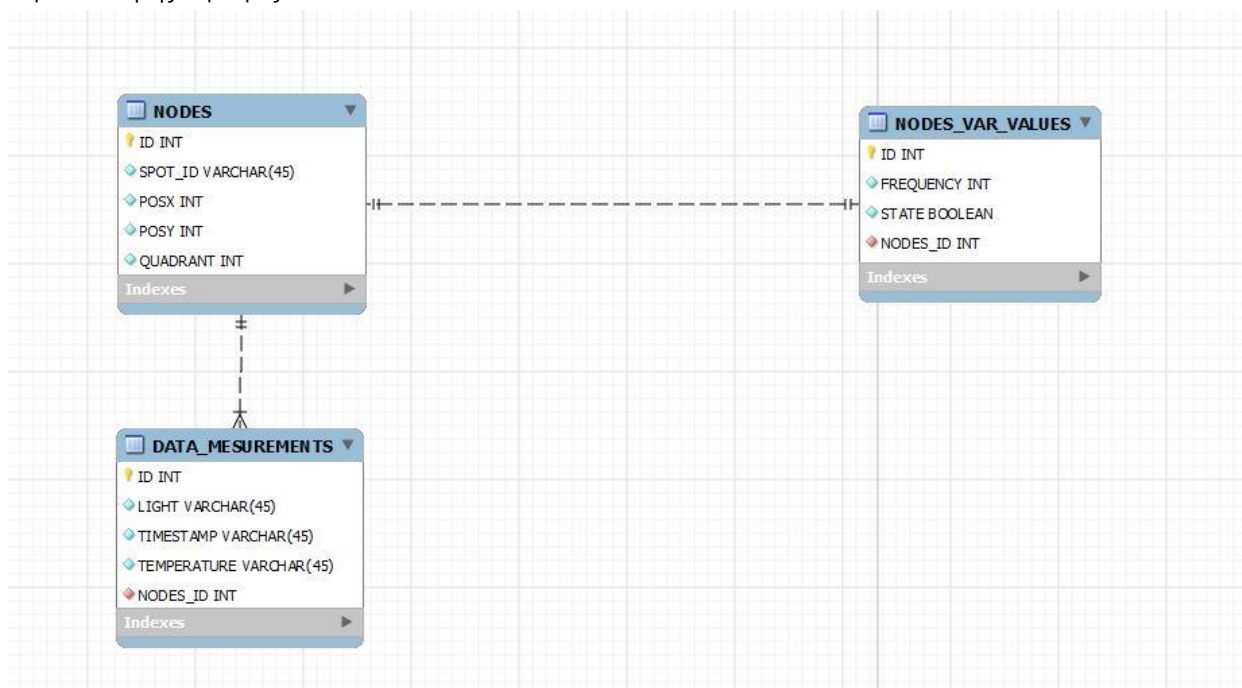
ID	NODE_ID	TIMESTAMP	LIGHT	TEMPERATURE
1	7	2015-09-21T20:54:53+0300	450.0	21.11111111111111
2	10	2015-09-21T20:55:00+0300	450.0	21.11111111111111
3	12	2015-09-21T20:55:06+0300	450.0	21.11111111111111
4	7	2015-09-21T20:55:12+0300	450.0	21.11111111111111
5	14	2015-09-21T20:55:13+0300	450.0	21.11111111111111
6	15	2015-09-21T20:55:16+0300	450.0	21.11111111111111
7	10	2015-09-21T20:55:17+0300	450.0	21.11111111111111
8	12	2015-09-21T20:55:17+0300	450.0	21.11111111111111
9	16	2015-09-21T20:55:20+0300	450.0	21.11111111111111
10	17	2015-09-21T20:55:24+0300	450.0	21.11111111111111
11	14	2015-09-21T20:55:27+0300	450.0	21.11111111111111
12	18	2015-09-21T20:55:28+0300	450.0	21.11111111111111
13	12	2015-09-21T20:55:28+0300	450.0	21.11111111111111
14	7	2015-09-21T20:55:31+0300	450.0	21.11111111111111
15	16	2015-09-21T20:55:31+0300	450.0	21.11111111111111
16	10	2015-09-21T20:55:33+0300	450.0	21.11111111111111
17	15	2015-09-21T20:55:36+0300	450.0	21.11111111111111
18	17	2015-09-21T20:55:37+0300	450.0	21.11111111111111
19	18	2015-09-21T20:55:39+0300	450.0	21.11111111111111
20	12	2015-09-21T20:55:39+0300	450.0	21.11111111111111
21	14	2015-09-21T20:55:41+0300	450.0	21.11111111111111
22	16	2015-09-21T20:55:42+0300	450.0	21.11111111111111
23	21	2015-09-21T20:55:42+0300	450.0	21.11111111111111
24	10	2015-09-21T20:55:49+0300	450.0	21.11111111111111
25	7	2015-09-21T20:55:50+0300	450.0	21.11111111111111
26	18	2015-09-21T20:55:50+0300	450.0	21.11111111111111

Εικόνα 8: Εμφάνιση των αισθητήρων στο πίνακα DATA_MEASUREMENTS

Ο τρόπος με τον οποίο είναι συνδεδεμένοι οι πίνακες της βάσης φαίνεται στην **Εικόνα 9**. Αναλυτικότερα, ο πίνακας NODES συνδέεται με τον πίνακα NODES_VAR_VALUES έχοντας μια σχέση 1:1, όπου ο NODES_VAR_VALUES έχει το πεδίο NODE_ID ως ξένο κλειδί που «δείχνει» στο πρωτεύον κλειδί ID του πίνακα NODES. Αντίστοιχα, ο πίνακας NODES συνδέεται με τον πίνακα DATA_MEASUREMENTS έχοντας μια σχέση 1:N, όπου επίσης ο DATA_MEASUREMENTS έχει το πεδίο NODE_ID ως ξένο κλειδί που «δείχνει» στο πρωτεύον κλειδί ID του πίνακα NODES. Ως σχέση 1:1 σημαίνει ότι μια

εγγραφή του πίνακα NODES αντιστοιχεί σε μόνο μια εγγραφή του πίνακα NODES_VAR_VALUES. Ενώ ως σχέση 1:N σημαίνει ότι μια εγγραφή του πίνακα NODES μπορεί να αντιστοιχεί σε μια ή και περισσότερες εγγραφές από τον πίνακα DATA_MEASUREMENTS, δηλαδή ένας αισθητήρας μπορεί να έχει πολλαπλές μετρήσεις, άρα και πολλαπλές εγγραφές στον πίνακα DATA_MEASUREMENTS, ενώ μια εγγραφή στον πίνακα DATA_MEASUREMENTS αντιστοιχεί μόνο σε μια εγγραφή του πίνακα NODES.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς



Εικόνα 9: Σχήμα όλων των tables της βάσης στο workbench

3.2.2 Ενημέρωση της Βάσης Δεδομένων

Η βάση δεδομένων επεξεργάζεται από το Διαχειριστή ο οποίος είναι υπεύθυνος για την ενημέρωση της. Αυτή ενημερώνεται σε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις:

- **Πρώτη περίπτωση:** Όταν ο Διαχειριστής λάβει μήνυμα εισαγωγής για έναν αισθητήρα, οφείλει να εισάγει στη βάση δεδομένων τις απαραίτητες πληροφορίες του αισθητήρα αυτού. Πιο συγκεκριμένα, εισάγονται οι εγγραφές που αφορούν αυτό τον αισθητήρα στον πίνακα NODES_VAR_VALUES
- **Δεύτερη περίπτωση:** Όταν ένας αισθητήρας έχει τεθεί εκτός λειτουργίας, ο Διαχειριστής θα λάβει ένα μήνυμα το οποίο τον ενημερώνει για την διαγραφή του αισθητήρα από τη βάση δεδομένων. Διαγράφονται δηλαδή όλες οι εγγραφές που αφορούν αυτό τον αισθητήρα από τον πίνακα NODES_VAR_VALUES
- **Τρίτη περίπτωση:** Όταν ο Διαχειριστής λάβει μήνυμα επιβεβαίωσης αλλαγής συχνότητας ή κατάστασης ενός αισθητήρα, θα ενημερώσει την εγγραφή του στον πίνακα NODES_VAR_VALUES
- **Τέταρτη περίπτωση:** Στον Διαχειριστή προωθούνται οι μετρήσεις των αισθητήρων, οι οποίες περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία και τη φωτεινότητα. Ο

Διαχειριστής εισάγει/αποθηκεύει τις μετρήσεις αυτές στον πίνακα DATA_MESUREMENTS, κρατώντας ένα ιστορικό με τις μετρήσεις όλων των αισθητήρων

3.3 Ενσωμάτωση Με Την Διαθέσιμη Υποδομή

Σε αυτό το σημείο θα περιγραφεί η διαδικασία και ο τρόπος κατά τον οποίο ο Διαχειριστής έρχεται σε επικοινωνία με τα υπόλοιπα διαθέσιμα υποσυστήματα που έχουν αναφερθεί. Πιο συγκεκριμένα ο Διαχειριστής δημιουργεί και χρησιμοποιεί πέντε ουρές του MOM για να ανταλλάξει μηνύματα με τα υποσυστήματα που έχει άμεση επικοινωνία. Αναφορικά, οι ουρές είναι οι

- GRIDS.SEND
- GRIDS.SEND.FUSION
- SWeFS.CONTROL.WSN.COMMAND
- SWeFS.CONTROL.WSN.REPLY
- DATA.STORE

για τις οποίες έχει γίνει εκτενής περιγραφή στο δεύτερο κεφάλαιο. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω μηνυμάτων για την αποστολή εντολών στους αισθητήρες καθώς και τη λήψη μηνυμάτων ώστε ο Διαχειριστής να ενημερωθεί για την επιτυχή ή όχι εκτέλεση της εντολής. Μέσω αυτών των απαντήσεων γίνεται η ενημέρωση της βάσης δεδομένων ως προς την τρέχουσα κατάσταση του εκάστοτε αισθητήρα. Επιπλέον, ο Διαχειριστής

λαμβάνει μηνύματα μετρήσεων από τους αισθητήρες (τα οποία προωθούνται μέσω του σταθμού βάσης στο υπόλοιπο σύστημα) για να αποθηκεύσει τις μετρήσεις αυτές στη βάση δεδομένων όπως επίσης και μηνύματα από τα DFM και SM με τις εκτιμήσεις των δυο συστημάτων για πιθανότητα ύπαρξης πυρκαγιάς με τη μορφή πλέγματος πιθανοτήτων.

3.3.1 Αποστολή Εντολών Στους Αισθητήρες

Όταν ο Διαχειριστή πρέπει να στείλει μήνυμα-εντολή σε έναν αισθητήρα, βάσει της απόφασης που έχει παρθεί από τη διαδικασία λήψης απόφασης, η δομή του μηνύματος που ακολουθείται είναι η εξής:

- Αλλαγή συχνότητας δειγματοληψίας:

Το μήνυμα είναι της μορφής:

SPOT_ID Sampling value

όπου value είναι η τιμή η οποία θα προστεθεί στη συχνότητα του αισθητήρα.

Παράδειγμα:

SunSPOT_1001 Sampling 8000

- Αλλαγή κατάστασης ενέργειας:

Το μήνυμα είναι της μορφής:

SPOT_ID Energy value

όπου value παίρνει τιμή Wake ώστε ο αισθητήρας να γίνει ενεργός και να δειγματοληπτεί, ενώ για οποιαδήποτε άλλη τιμή ο αισθητήρας δεν είναι ενεργός και θα εισέλθει σε κατάσταση ύπνου.

Παράδειγμα:

SunSPOT_1003 Energy Wake

3.3.2 Μηνύματα Επιβεβαίωσης Εκτέλεσης Εντολών(acknowledgement)

Παραπάνω περιγράφηκε πως ο Διαχειριστής στέλνει εντολές στους αισθητήρες. Μόλις ο αισθητήρας εκτελέσει επιτυχώς την εντολή που έλαβε, οφείλει να στείλει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης επιτυχούς εκτέλεσης της εντολής. Η δομή των μηνυμάτων αυτών είναι η εξής:

- Επιτυχής εκτέλεση εντολής αλλαγής συχνότητας του αισθητήρα:

Το μήνυμα είναι της μορφής:

SPOT_ID Frequency value

Παράδειγμα:

SunSPOT_1001 Frequency 8000

- Επιτυχής εκτέλεση εντολής αλλαγής κατάστασης του αισθητήρα:

Το μήνυμα είναι της μορφής:

SunSPOT EnergyMode value

Όπου όταν το value παίρνει την τιμή true ο αισθητήρας γίνεται ενεργός και δειγματοληπτεί, ενώ για τιμή false ο αισθητήρας δεν είναι ενεργός.

Παράδειγμα:

SunSPOT_1003 EnergyMode true

Ο λόγος που χρειάζεται η επιβεβαίωση εκτέλεσης των εντολών είναι για την ορθή ενημέρωση της βάσης δεδομένων από το Διαχειριστή. Η βάση πρέπει να ενημερώνεται μόνο σε περίπτωση επιτυχούς εκτέλεσης της εντολής από τον αισθητήρα ώστε η τιμή που θα περιλαμβάνει να αντιστοιχεί στην πραγματική τρέχουσα κατάσταση του αισθητήρα. Σε περίπτωση που δεν έρθει μήνυμα επιτυχούς εκτέλεσης της εντολής, η βάση δε θα ενημερωθεί με την νέα τιμή που ζήτησε ο Διαχειριστής να οριστεί στον αισθητήρα καθώς θεωρεί ότι έχει υπάρξει σφάλμα και ο αισθητήρας δεν έχει εκτελέσει ορθά την εντολή.

3.3.3 Εισαγωγή/Διαγραφή Αισθητήρα

Όταν ένα αισθητήρας ενσωματώνεται στο ευρύτερο σύστημα ή διαγράφεται από αυτό (πχ., καίγεται ή μηδενίζονται τα αποθέματα ενέργειάς του), ο Διαχειριστής λαμβάνει μηνύματα εισαγωγής ή διαγραφής έτσι ώστε να ενημερώσει την βάση δεδομένων. Η δομή των μηνυμάτων αυτών είναι η εξής:

- Μήνυμα εισαγωγής αισθητήρα:

Το μήνυμα είναι της μορφής:

```
SPOT_ID Insert value1 value2
```

όπου value1 είναι η συχνότητα δειγματοληψίας και value2 είναι η κατάσταση ενέργειας του αισθητήρα.

Παράδειγμα:

```
SunSPOT_1001 Insert 10000 false
```

- Μήνυμα Διαγραφής αισθητήρα.

Το μήνυμα είναι της μορφής:

```
SPOT_ID Delete
```

Παράδειγμα:

```
SunSPOT_1001 Delete
```

3.3.4 Μηνύματα πλεγμάτων-μετρήσεων DFM και SM

Τα μηνύματα που στέλνονται στον Διαχειριστή από τα συστήματα DFM και SM είναι της ίδιας μορφής και η δομή τους είναι:

```
id: value rows: x cols: y 0.0 0.0 0.1 0.5.....
```

Το value είναι ένα μοναδικό αναγνωριστικό που μπαίνει από τα συστήματα DFM και SM στην έξοδο που παράγουν.

Τα x και y αφορούν τις διαστάσεις του πλέγματος, τις γραμμές και τις στήλες αντίστοιχα. Για παράδειγμα, όσον αφορά την εποπτευόμενη περιοχή του Υμηττού το x ισούται με 201 και το y ομοίως με 201.

Τέλος, οι πιθανότητες που εμφανίζονται είναι η εκτίμηση του DFM ή του SM για το συγκεκριμένο κελί του πλέγματος.

3.3.5 Μηνύματα μετρήσεων του αισθητήρα

Οι μετρήσεις που λαμβάνει ο Διαχειριστής από τους αισθητήρες είναι σε μορφή xml αρχείου και ακολουθούν τη δομή που ορίζει το πρότυπο SOS [27] που ανήκει στο OGC [28]. Η διαδρομή που ακολουθείται είναι εξής: οι αισθητήρες στέλνουν στο σταθμό βάσης τους τις μετρήσεις τους. Εκείνος τις επεξεργάζεται και δημιουργεί ένα xml αρχείο (βασισμένο στη SensorML [25], [26]) το οποίο το προωθεί στο Μεσολαβητή. Ο Μεσολαβητής με τη σειρά του τα κοινοποιεί μέσω του MOM στην υπόλοιπη υποδομή.

4. Περιγραφή της Προσομοίωσης

Για τον έλεγχο της προτεινόμενης λύσης του WSNController, δημιουργήθηκε ένα σενάριο ελέγχου με τη χρήση πληροφορίας από τα υποσυστήματα DFM και SM του SWeFS. Παράλληλα, τοποθετήθηκαν τυχαία επάνω στην εποπτευόμενη περιοχή ένα πλήθος εικονικών αισθητήρων πεδίου τύπου SunSPOT. Στο κεφάλαιο αυτό επομένως θα περιγραφεί η λειτουργία του υποσυστήματος του WSNController, που φροντίζει για την αρχικοποίηση των μεταβλητών των αισθητήρων, όπως τη συχνότητα δειγματοληψίας και τη κατάσταση ενέργειάς του καθώς και για την ανάθεση συντεταγμένων στους αισθητήρες. Οι συντεταγμένες αυτές ανήκουν πάνω στο πλέγμα μεγέθους 201x201 της περιοχής που εποπτεύεται. Η περιοχή αυτή αντιστοιχίζεται στα πλαίσια αυτής της προσομοίωσης με κομμάτι του Υμηττού (όπως έχει γίνει αναφορά και σε προηγούμενο κεφάλαιο) όπως φαίνεται στην παρακάτω **Εικόνα 10**, με τους αισθητήρες διάσπαρτους σε τυχαίες θέσεις. Αυτές οι επιπρόσθετες λειτουργίες του Διαχειριστή προστέθηκαν για τις ανάγκες ελέγχου του συστήματος και δεν αποτελούν τμήμα της βασικής λειτουργίας που καλείται να φέρει εις πέρας.

4.1 Αρχικοποίηση των Αισθητήρων

Όπως έχει προαναφερθεί, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται «τρέχουν» την εφαρμογή WSNNode. Μέσω της εφαρμογής αυτής, προσδιορίζονται η συχνότητα δειγματοληψίας και η κατάσταση ενέργειάς τους. Ως συχνότητα δειγματοληψίας του αισθητήρα εκφράζεται η περιοδικότητα κατά την οποία ένας αισθητήρας δειγματοληπτεί και ενημερώνει το σταθμό βάσης, το οποίο εκφράζεται με έναν ακέραιο (integer). Ως κατάσταση ενέργειάς του αισθητήρα εκφράζεται ο έλεγχος του αν ένας αισθητήρας είναι ενεργός ή ανενεργός, δηλαδή αν δειγματοληπτεί ή όχι. Οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει η κατάσταση ενέργειάς είναι τύπου Boolean και για τιμή true ο αισθητήρας είναι ενεργός και δειγματοληπτεί, ενώ για τιμή false ο αισθητήρας δεν είναι ενεργός. Οι προκαθορισμένες αρχικές τιμές ενός αισθητήρα είναι 10000ms για τη συχνότητα δειγματοληψίας και false για τη κατάσταση ενέργειάς του. Η τιμή 10000ms σημαίνει ότι ο αισθητήρας θα δειγματοληπτεί ανά 10 second ενώ η τιμή false στην κατάσταση ενέργειάς σημαίνει πως ο αισθητήρας είναι ανενεργός. Στο σενάριο ελέγχου, λόγω του ότι επιθυμούσαμε να προσδώσουμε μια τυχαιότητα στην αρχική κατάσταση του συστήματος, αποφασίσαμε τα πεδία συχνότητας δειγματοληψίας και κατάστασης

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

ενέργειας να παίρνουν εντελώς τυχαίες τιμές. Οι τυχαίες αυτές τιμές ανατίθενται στους αισθητήρες εφόσον συνδεθούν επιτυχώς με το Διαχειριστή. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας αισθητήρας συνδεθεί με το σταθμό βάσης του, και μέσω του MOM ο Διαχειριστής λάβει μήνυμα εισαγωγής του αισθητήρα στη βάση δεδομένων, αφού υλοποιήσει την εισαγωγή, παράγει τυχαίες τιμές στα πεδία που προαναφέραμε και προωθεί τις νέες τιμές, με τη μορφή εντολών, στους αισθητήρες. Στόχος του Διαχειριστή είναι να εξομαλύνει την κατάσταση στην περιοχή ελέγχου με στόχο την καλύτερη παρακολούθηση του φαινομένου. Επομένως, αυτή η τυχαιότητα στην ανάθεση των τιμών βοηθάει στον έλεγχο της αποδοτικότητάς του.

4.2 Ανάθεση Συντεταγμένων στους Αισθητήρες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο Διαχειριστής λαμβάνει στην είσοδό του τα αποτελέσματα από τα DFM και SM. Αυτά έχουν τη μορφή πλεγμάτων και αναπαρίστανται από 2-Διάστατους πίνακες μεγέθους 201x201. Ένα κελί αυτού του πίνακα, όπου κάθε κελί αναπαριστά μία μικρή περιοχή χωρικής ανάλυσης 50m x 50m, μπορεί να περιέχει ή όχι έναν αισθητήρα. Για την ανάθεση συντεταγμένων (x,y) στους αισθητήρες, έχει δημιουργηθεί ένα αρχείο (coordinates.txt). Αυτό το αρχείο περιέχει σε κάθε σειρά τον αναγνωριστικό αριθμό (ID) ενός αισθητήρα ακολουθούμενο από 2 τιμές, μία για τη συντεταγμένη X και μια για την συντεταγμένη Y. Δηλαδή, η γραμμογράφηση του αρχείου μοιάζει ως εξής (**Πίνακας 5**):

Spot ID	Συντεταγμένη X	Συντεταγμένη Y
SunSPOT_1001	75	91
SunSPOT_1002	79	87
SunSPOT_1003	94	72
SunSPOT_1004	95	78
SunSPOT_1005	90	90

SunSPOT_1006	93	98
SunSPOT_1007	97	94
SunSPOT_1008	86	87
SunSPOT_1009	90	74
SunSPOT_100a	75	77
SunSPOT_100b	60	104
SunSPOT_100c	73	107
SunSPOT_100d	83	110
SunSPOT_100e	87	121
SunSPOT_100f	82	137
SunSPOT_1010	70	132
SunSPOT_1012	53	151
SunSPOT_1013	55	134
SunSPOT_1014	34	143
SunSPOT_1015	105	53

Πίνακας 5: Γραμμογράφηση του αρχείου συντεταγμένων

Επομένως, όταν συνδέεται και καταχωρείται ένας αισθητήρας στον Διαχειριστή, του αναθέτονται οι τιμές που του αναλογούν μέσα από το αρχείο αυτό. Οι τιμές για τα X,Y κυμαίνονται από 0 μέχρι 200 και αντιστοιχούν σε τιμές συντεταγμένων που λαμβάνουμε από τα πλέγματα των μετρήσεων των DFM και SM. Δηλαδή, υποθέτουμε ότι όλοι μας οι αισθητήρες βρίσκονται πάνω στο πλέγμα το οποίο εποπτεύουμε για πιθανότητα πυρκαγιάς. Ο λόγος για τον οποίο γίνεται αυτή η ανάθεση προκαθορισμένων συντεταγμένων στους αισθητήρες βάσει του πλέγματος 201x201 είναι γιατί η πτυχιακή

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

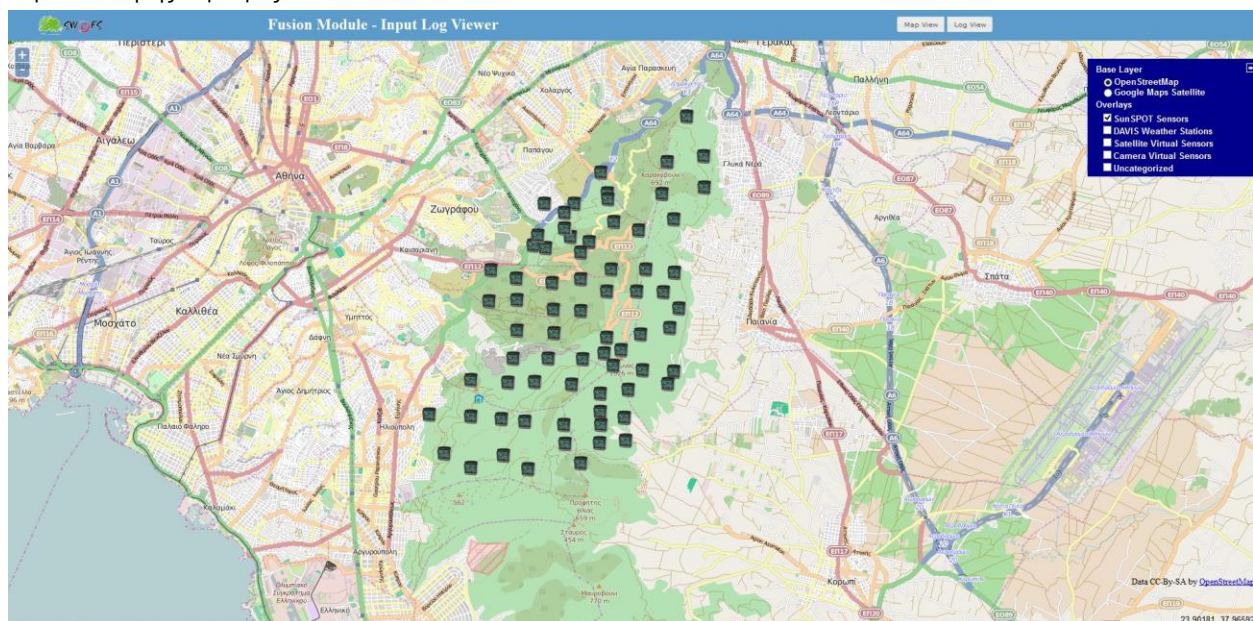
εκτελείται με βάση δεδομένα προσομοίωσης όπως έχουν προκύψει στο πλαίσιο δράσης του ερευνητικού προγράμματος πρόληψης και παρακολούθησης πυρκαγιάς με τίτλο «Πλέγμα Αισθητήρων για τη Θωράκιση από Περιβαλλοντικούς Κινδύνους» (Sensor Web Fire Shield - SWeFS). Λόγω του ότι στα πλαίσια του συγκεκριμένου προγράμματος έχει γίνει ανάλυση της καύσιμης ύλης σε μια μεγάλη έκταση του Υμηττού και έχει διαχωριστεί η περιοχή σε κελιά ανάλυσης 50m, επιθυμούμε οι συντεταγμένες των αισθητήρων μας να αντιστοιχούν σε πραγματικές συντεταγμένες και για το λόγο αυτό θεωρούμε την περιοχή που ελέγχουμε σαν ένα τετραγωνικό πλέγμα με Χ,Υ από 0 έως 200.

4.3 Σύνδεση με την υποδομή του έργου SWeFS

Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες παραγράφους, για τις ανάγκες ελέγχου της προσέγγισής μας δημιουργήθηκε ένας μηχανισμός τροφοδότησης του συστήματος με εικονικούς αισθητήρες. Θέλοντας όμως να μπορούμε αυτούς τους αισθητήρες να τους αποτυπώσουμε και σε μια γραφική διεπαφή, έτσι ώστε να δούμε πως τοποθετούνται στην πραγματική περιοχή παρακολούθησης, αποφασίσαμε να δημοσιοποιήσουμε τα εικονικά δεδομένα μας στην υποδομή του SWeFS.

Για να επιτευχθεί αυτό ήταν αρχικά απαραίτητο να δοθούν τα μεταδεδομένα που περιγράφουν τους αισθητήρες μας στην υποδομή με τη μορφοποίηση που προϋποθέτει η χρήση του SOS προτύπου. Για τη διαδικασία αυτή δεν αναπτύχθηκε κάποια εξωτερική εφαρμογή από εμάς απλά δόθηκε ένα αρχείο στην ερευνητική ομάδα του έργου. Τα αποτελέσματα με τη σύνδεση στη συγκεκριμένη υποδομή είναι ορατά στην **Εικόνα 10**.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς



Εικόνα 10: Εμφάνιση αισθητήρων στο χάρτη

Επίσης, εκτός από την απλή αρχικοποίηση των εικονικών αισθητήρων στην υποδομή του SWeFS, προχωρήσαμε και στη δημοσιοποίηση των εικονικών μετρήσεων από κάθε αισθητήρα όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 11**.

Timestamp	SensorID	Phenomenon	LastValue
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1039	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	375.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1039	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	10.555555555555555
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1033	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1033	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1040	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	525.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1040	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	31.111111111111114
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1036	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1036	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1034	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1034	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1038	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	375.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1038	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	11.111111111111111
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1035	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:30+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1035	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:06:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1031	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1031	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:06:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1032	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:06:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1032	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:05:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1030	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	375.0
2015-09-26 15:05:29+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1030	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	10.555555555555555
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1028	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1028	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1024	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1024	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1022	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1022	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1026	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1026	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:temperature	21.111111111111111
2015-09-26 15:05:28+0300	urn:ogc:object:feature:sensor:SWeFS:SunSPOT_1029	urn:ogc:def:phenomenon:OGC:1.0:30:light	450.0

Εικόνα 11: Εμφάνιση τελευταίων μετρήσεων των αισθητήρων

Για να γίνει εφικτό το παραπάνω, το μόνο που χρειάστηκε να γίνει είναι να αλλαχθεί η διεύθυνση του ActiveMQ endpoint που χρησιμοποιείται από το Μεσολαβητή

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

(WSNProxy) ώστε να δημοσιοποιεί τις μετρήσεις, εφόσον τις έχει μορφοποιήσει βάσει του SOS προτύπου, στην υποδομή του έργου SWeFS:

`tcp://light.di.uoa.gr:61616`

Τα εικονικά δεδομένα στα οποία αναφερόμαστε είναι διαθέσιμα μέσω της γραφικής διεπαφής του SWeFS στην ακόλουθη διεύθυνση:

`http://light.di.uoa.gr:9080/FBoxLogViewer`

5. Τεχνικό Υπόβαθρο

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια σύντομη περιγραφή όλων των διαφορετικών τεχνολογιών και εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση και την ανάπτυξη των εφαρμογών που αναφέρθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Αρχικά θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Έπειτα θα γίνει λόγος για το εργαλείο διαχείρισης των αισθητήρων. Ύστερα θα γίνει μια μικρή περιγραφή του υποσυστήματος που είναι υπεύθυνο για τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων των υποσυστημάτων DFM και SM, ενώ στη συνέχεια θα αναφερθεί η έκδοση του Apache ActiveMQ που χρησιμοποιήθηκε. Τέλος θα περιγραφούν τα Raster ASCII αρχεία.

5.1 Netbeans IDE

Το Netbeans IDE είναι ένα δωρεάν, ανοιχτού λογισμικού, ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης, που δίνει την δυνατότητα στην ανάπτυξη desktop, mobile και web εφαρμογών. Το Netbeans υποστηρίζει ανάπτυξη εφαρμογών σε διάφορες γλώσσες, συμπεριλαμβανομένων των Java, HTML5, PHP και C ++. Το Netbeans παρέχει ενσωματωμένη υποστήριξη για όλο τον κύκλο ανάπτυξης ενός project, από την δημιουργία του μέχρι την διόρθωση σφαλμάτων του και την εκτέλεση του. Το Netbeans "τρέχει" σε Windows, Linux, Mac OS X καθώς και σε άλλα συστήματα που βασίζονται σε UNIX. Το Netbeans παρέχει ολοκληρωμένη υποστήριξη για JDK (Java Development Kit) τεχνολογίες και τις πιο πρόσφατες Βελτιώσεις της Java. Το Netbeans υποστηρίζει πλήρως Java EE (Java Enterprise Edition), χρησιμοποιώντας τα πιο σύγχρονα πρότυπα για Java, XML, υπηρεσίες διαδικτύου, και SQL.

Ο κύριος λόγος που επιλέχθηκε το Netbeans ως πλατφόρμα ανάπτυξης είναι διότι έχει οριστεί ως το πλέον συνεργάσιμο εργαλείο για την ανάπτυξη εφαρμογών (MIDlets) που μπορούν να φορτωθούν σε SunSPOT συσκευές ενώ παρέχονται και οι ανάλογες βιβλιοθήκες συνδεσιμότητας. Επίσης, το Netbeans ως πλατφόρμα ανάπτυξης της

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

εφαρμογής μας επιλέχθηκε, για την ευκολία στη χρήση, τη πληρότητα των δυνατοτήτων του καθώς και την εύκολη διασύνδεση με μια βάση δεδομένων.

Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Netbeans 6.9.1. Ο λόγος που δεν χρησιμοποιήθηκε νεότερη έκδοση του Netbeans είναι ασυμβατότητα με το SunSPOT Manager, ένα επίσης απαραίτητο εργαλείο για τη φάση της ανάπτυξης της εφαρμογής.

5.2 SunSPOT Manager

Το εργαλείο SunSPOT Manager είναι υλοποιημένο σαν ένα αρχείο Java Network Launchable Program (JNLP) και βοηθάει στη διαχείριση του λογισμικού SunSPOT SDK. Ως κομμάτι του, μεταξύ άλλων, περιλαμβάνει έναν εξομοιωτή/προσομοιωτή που μπορεί να εκτελεί μια εφαρμογή SunSPOT αισθητήρα στον υπολογιστή. Αυτό επιτρέπει τον έλεγχο ενός προγράμματος πριν από την ανάπτυξη σε ένα πραγματικό SunSPOT αισθητήρα, ή αν ένα πραγματικό SunSPOT δεν είναι διαθέσιμο.



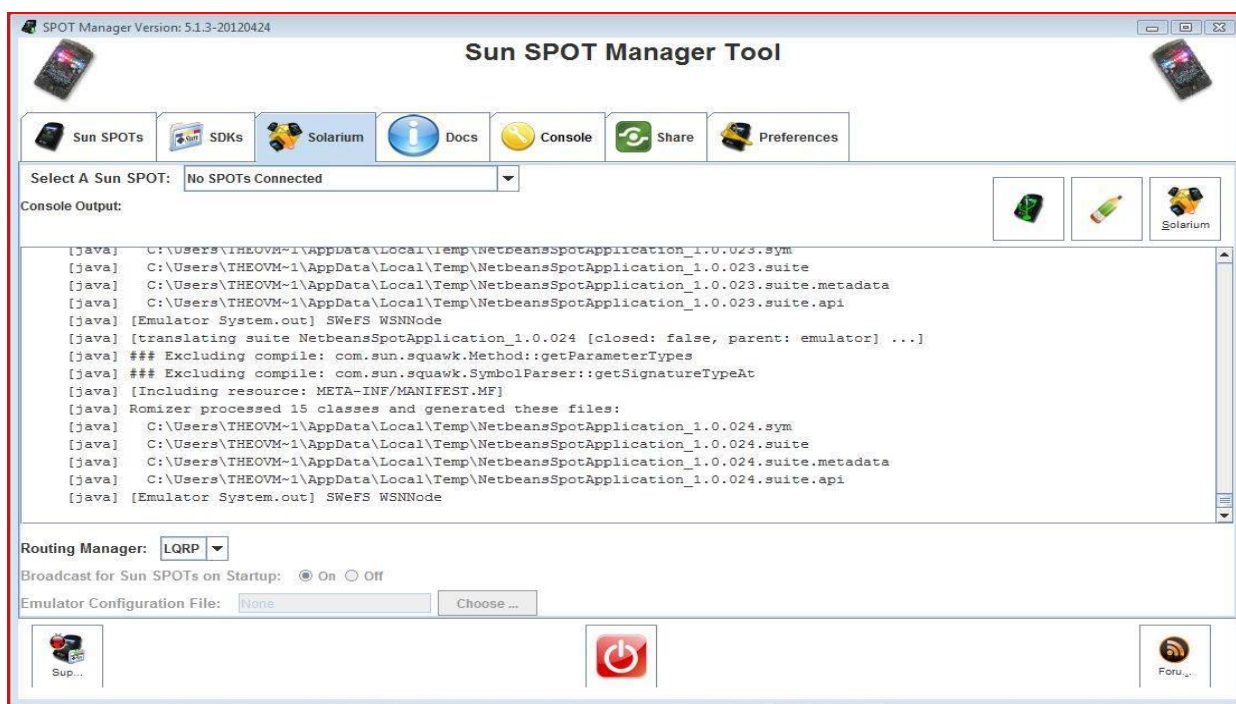
Εικόνα 12: SunSPOT Manager Tool

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

5.2.1 Configuration File για τη δημιουργία πολλαπλών SunSPOTS

Στα πλαίσια αυτής της πτυχιακής δεν είχαμε στη διάθεσή μας πραγματικούς SunSPOT αισθητήρες, οπότε έπρεπε να καταφύγουμε στη χρήση εικονικών (virtual) SunSPOTS. Για το λόγο αυτό, κάθε φορά που υπήρχε ανάγκη για τη χρήση ενός ή περισσότερων SunSPOT έπρεπε να δημιουργηθούν εικονικά SunSPOTS στα οποία έπρεπε να «φορτωθεί» το κατάλληλο MIDLet-εφαρμογή. Αυτή όμως η διαδικασία για πολλαπλά SunSPOTS είναι αρκετά χρονοβόρα. Έτσι εμφανίστηκε η ανάγκη της δημιουργίας ενός αρχείου παραμετροποίησης (configuration file) μέσω του SunSPOT Manager, όπου με τη βοήθεια του όλη αυτή η διαδικασία για τη δημιουργία και τη φόρτωση των SunSPOTS θα μπορεί γίνει μια φορά και όποτε ξαναχρειαστεί θα εκτελείται αυτό το αρχείο.

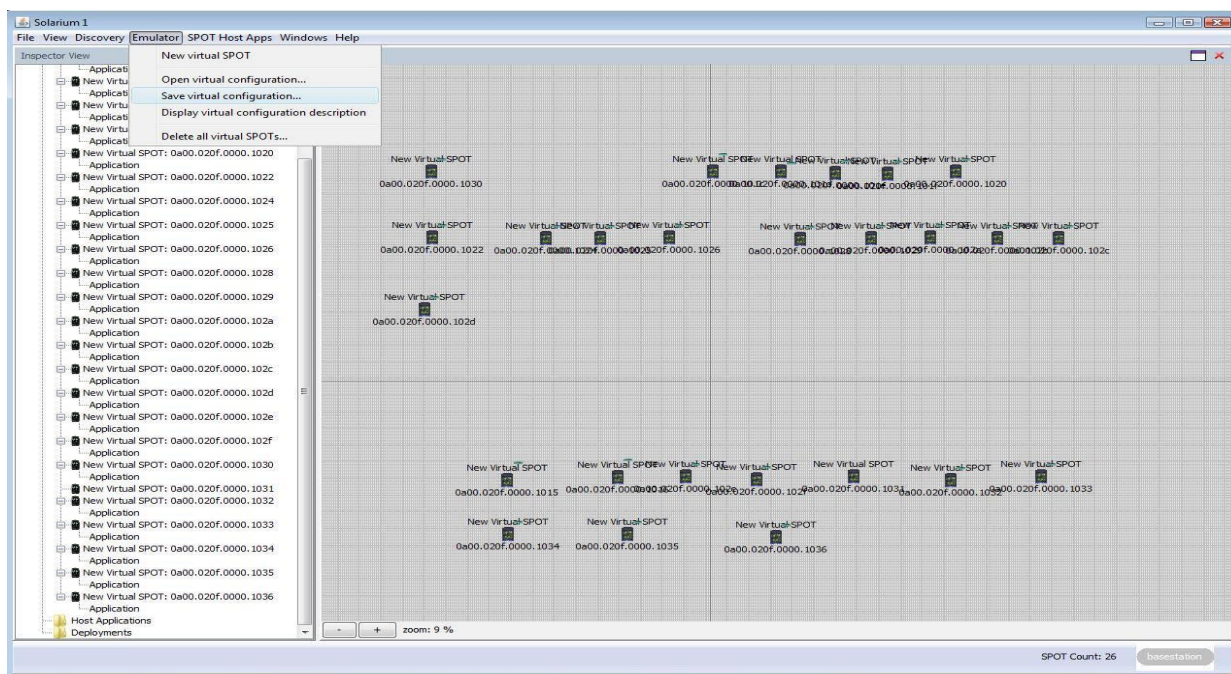
Για τη δημιουργία ενός τέτοιου αρχείου πρέπει να ακολουθήσουμε κάποια συγκεκριμένα βήματα εντός του SunSPOT Manager Suite. Κατευθυνόμαστε αρχικά στην καρτέλα(Tab) Solarium του SunSPOT Manager. Έπειτα, πρέπει να πατηθεί το κουμπί Solarium πάνω αριστερά (**Εικόνα 13**) ώστε να ξεκινήσει το Solarium, ο προσομοιωτής των SunSPOTS.



Εικόνα 13: Καρτέλα Solarium

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

Στο καινούριο παράθυρο που θα ανοίξει, αφού πρώτα δημιουργήσουμε, οργανώσουμε και φορτώσουμε τα SunSPOT, για να αποθηκεύσουμε τη διαμόρφωση που μόλις κάναμε, πατάμε στη καρτέλα Emulator και διαλέγουμε την επιλογή “Save virtual configuration” (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Παράθυρο Solarium

Με τη διαδικασία που περιγράφηκε, έχουμε πλέον τη δυνατότητα κάθε φορά που θέλουμε να αναπαράξουμε το σενάριο με τους ίδιους αισθητήρες να φορτώνουμε αυτό το αρχείο παραμετροποίησης από το να μπαίνουμε στη διαδικασία δημιουργίας από το μηδέν των αισθητήρων.

5.3 Εφαρμογή για την Δημοσιοποίηση των Μετρήσεων DFM και SM

Όσον αφορά τις μετρήσεις των DFM και SM έχουμε ήδη αναφέρει πως δεν έγινε πραγματική χρήση των υποσυστημάτων αυτών αλλά εκμεταλλευτήκαμε αρχεία από διάφορες προσομοιώσεις που έγιναν για τις ανάγκες του έργου SWeFS. Εντούτοις, οι μετρήσεις αυτές αποτελούν καθοριστικό παράγοντα για την επίτευξη του στόχου της προτεινόμενης λύσης μας. Για αυτό το λόγο σχεδιάστηκαν σχετικές εφαρμογές ώστε να

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

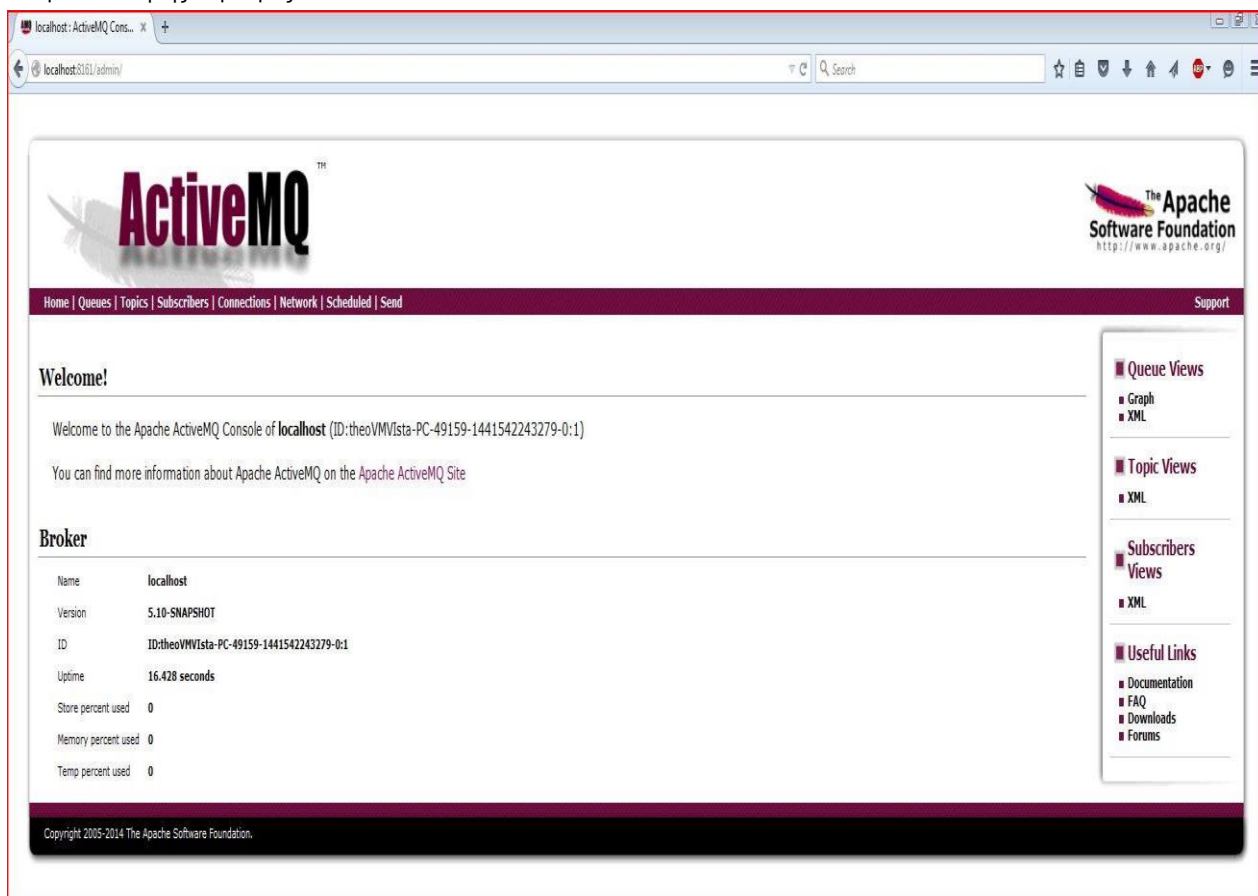
διαβάζουν τα αρχεία αυτά με τις εξόδους των συστημάτων (DFM και SM), και να δημοσιεύουν τα αποτελέσματά τους μέσω του MOM. Πιο συγκεκριμένα, οι δυο αυτές εφαρμογές λειτουργούν ανεξάρτητα η μια από την άλλη. Η πρώτη εφαρμογή διαβάζει τα αποτελέσματα του συστήματος DFM τα οποία δίνονται σε μορφή Raster αρχείων (θα αναλύσουμε τα Raster αρχεία σε επόμενη ενότητα). Διαβάζει τις τιμές μια προς μια, κατασκευάζοντας ένα συνεχόμενο μήνυμα χαρακτήρων το οποίο και δημοσιεύει στην κατάλληλη ουρά του MOM κάνοντας έτσι διαθέσιμες τις τιμές στη μεριά του Διαχειριστή. Η εφαρμογή αυτή διαβάζει περιοδικά ένα - ένα τα αρχεία και εκτελεί τα βήματα που περιγράφηκαν. Η δεύτερη εφαρμογή ακολουθεί τα ίδια βήματα ακριβώς έχοντας όμως ως είσοδο τα αποτελέσματα του SM συστήματος.

5.4 Apache ActiveMQ

Όπως αναφέρθηκε και στο δεύτερο κεφάλαιο, για την ενσωμάτωση στην αρχιτεκτονική του MOM επιλέχθηκε το Apache ActiveMQ. Πιο συγκεκριμένα, έγινε χρήση της έκδοσης 5.10 του Apache ActiveMQ, που αποτελεί μία από τις πρόσφατες εκδόσεις της εφαρμογής.

Οι λόγοι που μας οδήγησαν στην επιλογή του Apache ActiveMQ, αφορούν την πληρότητα των χαρακτηριστικών του, το εύχρηστο περιβάλλον διαχείρισής του, την εύκολη εγκατάσταση του καθώς και το εύκολο στην υλοποίηση API του.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς



Εικόνα 15: Αρχική σελίδα διαχείρισης του Apache ActiveMQ

5.5 Raster Αρχεία

Μία εικόνα γραφικών raster ή bitmap, είναι μία δομή δεδομένων που αντιπροσωπεύει ένα ορθογώνιο πλέγμα εικονοστοιχείων, ή σημείων χρώματος, που προβάλλονται μέσω μιας οθόνης, χαρτιού, ή οποιοδήποτε άλλο μέσο απεικόνισης. Οι Raster εικόνες αποθηκεύονται σε αρχεία εικόνων με διάφορες μορφές (format).

Η μορφή ASCII raster μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μεταφορά πληροφοριών προς ή από άλλα συστήματα που βασίζονται σε raster. Το αρχείο θα ξεκινήσει με πληροφορίες κεφαλίδας που καθορίζει τις ιδιότητες του raster, όπως το μέγεθος κελιού, ο αριθμός των σειρών και στηλών και τις συντεταγμένες της προέλευσης του raster. Οι πληροφορίες της κεφαλίδας ακολουθούνται από πληροφορίες με την τιμή του κελιού που διαχωρίζονται μεταξύ τους με κενά. Για να μετατραπεί ένα αρχείο ASCII σε ένα raster, τα δεδομένα πρέπει να είναι στην ίδια μορφή. Οι παράμετροι στο τμήμα κεφαλίδας του αρχείου πρέπει να ταιριάζουν σωστά με τη δομή των τιμών δεδομένων.

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

Στα πλαίσια του έργου SWeFS η εποπτευόμενη περιοχή διάστασης 201x201 κελιών αντιμετωπίστηκε ως μια εικόνα, γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση της χρήσης ASCII Raster αρχείων. Μέσω αυτής της επιλογής δίνεται η δυνατότητα να περιγραφεί η εκτίμηση ενός υποσυστήματος για την πιθανότητα ύπαρξης πυρκαγιάς σε κάθε ένα τα διαθέσιμα κελιά του εποπτευόμενου «τετραγώνου». Αυτός ο τρόπος μορφοποίησης της εξόδου χρησιμοποιείται από τα υποσυστήματα DFM και SM του SWeFS.

Ένα παράδειγμα Raster ASCII (υποσύνολο του πραγματικού) αρχείου που προέρχεται από SM φαίνεται στον πίνακα **Πίνακας 6**.

id: joint_prob0									
rows: 201									
cols: 201									
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	0.0	0.04	0.04	0.04	0.12	0.12	0.24	0.48	0.0
0.0	0.0	0.08	0.08	0.09	0.16	0.16	0.24	0.14	0.0
0.0	0.0	0.09	0.09	0.1	0.16	0.48	0.8	0.8	0.0
0.0	0.0	0.35	0.42	0.43	0.5	0.5	0.5	0.5	0.0
0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0

Πίνακας 6: Παράδειγμα αρχείου ASCII Raster από το SM

Ένα παράδειγμα Raster ASCII αρχείου (υποσύνολο του πραγματικού) που προέρχεται από DFM φαίνεται στον πίνακα **Πίνακας 7**.

```
id: FMRaster_0
rows: 201
cols: 201
0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00
0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00
0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00
0.00    0.00    0.00    0.00    0.10    0.48    0.12    0.12    0.46    0.38
0.00    0.00    0.00    0.00    0.17    0.00    0.00    0.00    0.00    0.00
0.00    0.00    0.04    0.04    0.04    0.12    0.12    0.24    0.48    0.00
0.00    0.00    0.08    0.08    0.09    0.16    0.16    0.24    0.14    0.00
0.00    0.00    0.09    0.09    0.10    0.16    0.48    0.82    0.81    0.00
0.00    0.00    0.35    0.42    0.43    0.31    0.29    0.30    0.52    0.00
0.00    0.00    0.10    0.17    0.17    0.12    0.11    0.12    0.21    0.00
```

Πίνακας 7: Παράδειγμα αρχείου ASCII Raster από το DFM

5.6 JavaDB

Η JavaDB αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων που βασίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού Java και SQL. Η JavaDB είναι η διανομή της Oracle για το project του Apache Derby [24]. Είναι ένας πλήρως συναλλακτικός, ασφαλής και βασισμένος στα πρότυπα (standards-based) διακομιστής βάσης δεδομένων, γραμμένος εξ ολοκλήρου σε Java και υποστηρίζει πλήρως SQL, JDBC API καθώς και την τεχνολογία Java EE.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ένα από τα προβλήματα των υπάρχοντων συστημάτων παρακολούθησης επικίνδυνων φαινομένων είναι πως δε δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στη βέλτιση εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων. Εκτός αυτού, τα περισσότερα από αυτά έχουν μόνο τη δυνατότητα ανίχνευσης ενώ η φάση παρακολούθησης επαφίεται κυρίως στη χρήση προσομοιωτών. Με αυτή μας τη προσπάθεια προσπαθήσαμε να προσεγγίσουμε λίγο διαφορετικά το πρόβλημα με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας της παρακολούθησης μέσω ενός σχήματος ενεργούς παρακολούθησης και την ενσωμάτωσης της DDDAS λογικής. Αυτό βοήθησε τόσο στη βελτίωση της ποιότητας των λαμβανόμενων μετρήσεων όσο και στην εξοικονόμηση ενέργειας για τους πόρους που εμφανίζουν πρόβλημα σε αυτό τον τομέα. Βάσει των εκτιμήσεων που γίνονται από άλλα υποσυστήματα του συστήματος παρακολούθησης (DFM και SM) υλοποιήθηκε ένα σχήμα το οποίο διαχωρίζει την περιοχή σε 4 μεγάλα τεταρτημόρια (**Εικόνα 4**). Βάσει της σύγκρισης των αποτελεσμάτων για την τρέχουσα κατάσταση του φαινομένου και την εκτιμώμενη από το προηγούμενο βήμα για την εποπτευόμενη περιοχή, ο Διαχειριστής λαμβάνει αποφάσεις και στέλνει τις κατάλληλες εντολές στους αισθητήρες της εποπτευόμενης περιοχής.

Το συνολικό μοντέλο του συστήματος είναι πλήρως υλοποιημένο. Λόγω του ότι όμως δεν υπάρχει διαθέσιμη τόσο μεγάλη υποδομή με SunSPOT αισθητήρες διαθέσιμους εντός της εποπτευόμενης περιοχής χρησιμοποιήσαμε τον εξομοιωτή του SunSPOT Manager με εικονικούς αισθητήρες ώστε να ελέγξουμε την ορθότητα της προσέγγισής μας. Επομένως, οι μετρήσεις που λαμβάνονται δεν είναι πραγματικές μιας και δεν υπάρχουν πραγματικοί αισθητήρες τοποθετημένοι στην εποπτευόμενη περιοχή. Στην εφαρμογή είναι υλοποιημένη η υποδομή όπου στέλνονται, δημοσιεύονται και γίνονται διαθέσιμες οι μετρήσεις από τους εικονικούς αισθητήρες προς τα υποσυστήματα που "ενδιαφέρονται" να τις ανακτήσουν, εντούτοις οι μετρήσεις αυτές δεν αποστέλλονται σαν είσοδος στο συστήματα DFM. Μελλοντικά θα μπορούσε να γίνει εφικτή η χρήση πραγματικών αισθητήρων και οι μετρήσεις αυτών να προωθούνται στο DFM για την παραγωγή εκτιμήσεων για το τρέχον μέτωπο. Δηλαδή, θα μπορούσε το σύστημα DFM να τροφοδοτείται με τις πραγματικές μετρήσεις των αισθητήρων, αυτό με τη σειρά του να τροφοδοτεί το SM και το δικό μας σύστημα να εκμεταλλεύεται τα παραγόμενα

Δυναμικός έλεγχος αισθητήρων πεδίου για τη βελτίωση της παρεχόμενης πληροφορίας σε σύστημα ανίχνευσης και παρακολούθησης πυρκαγιάς

αποτελέσματα για την εξαγωγή αποφάσεων όσον αφορά τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο. Με αυτή τη προσέγγιση θα ήταν εφικτή η πλήρης εφαρμογή του «active sensing in a closed loop approach» και θα είχαμε τη δυνατότητα να ελέγξουμε και την προσέγγισή μας με πραγματικά δεδομένα.

Ωστόσο κατά την υλοποίηση της εφαρμογής μας συναντήσαμε και ορισμένα προβλήματα. Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν η έλλειψη διαθέσιμων πόρων του υπολογιστή που χρησιμοποιήθηκε για το «στήσιμο» του Διαχειριστή όσον αφορά τη μνήμη RAM και την επεξεργαστική ισχύς. Λόγω της μη συμβαστότητας του SunSPOT manager με Linux περιβάλλοντα, αναγκαστήκαμε να εργαστούμε σε εικονικό μηχάνημα (Virtual Machine) για τη χρήση Windows λειτουργικού συστήματος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, η ποσότητα της μνήμης (Ram) να είναι περιορισμένη επομένως όταν δημιουργούσαμε σενάρια και τα "τρέχαμε" με πολλούς εικονικούς αισθητήρες (πχ., πλήθος μεγαλύτερο του 70) γέμιζε η μνήμη και δημιουργούταν πρόβλημα στην απόκριση του υπολογιστή. Για το λόγο αυτό αναγκαστήκαμε να «στήσουμε» σενάρια με αρκετά λιγότερους αισθητήρες έναντι αυτών που αρχικά υπολογίζαμε.

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ-ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

DDDAS	Dynamic Data Driven Application Systems
MSS	Multiple Simulation Scenarios
DFM	Data Fusion Module
SM	Simulation Module
MOM	Message Oriented Middleware
DB	Data Base
ack	Acknowledgement
SWeFS	Sensor Web Fire Shield

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Αναφορά Δασικών Πυρκαγιών,
http://www.moa.gov.cy/moa/fd/fd.nsf/DMLprotection_gr/DMLprotection_gr?OpenDocument [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [2] DDDAS Project at MIT, <http://projects.csail.mit.edu/dddas/> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [3] Enhanced Situational Awareness: Application of DDDAS Concepts to Emergency and Disaster Management, <http://www.dddas.org/iccs2007/papers/madey.pdf> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [4] Dynamic Data Driven Applications Systems: A New Paradigm for Application Simulations and Measurements,
<http://www.dddas.org/iccs2004/papers/darema.pdf> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [5] Apache ActiveMQ, https://en.wikipedia.org/wiki/Apache_ActiveMQ [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [6] ActiveMQ, <http://activemq.apache.org/> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [7] Message-oriented middleware, https://en.wikipedia.org/wiki/Message-oriented_middleware [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [8] Introducció a Apache ActiveMQ,
<http://www.adictosaltrabajo.com/tutoriales/active-mq/> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [9] ActiveMQ in Action, <http://home.scarlet.be/bernard.jorion5/it/books/activemq-in-action.pdf> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [10] ActiveMQ: Latest Releases, <http://activemq.apache.org/download.html> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [11] Sun SPOT, https://en.wikipedia.org/wiki/Sun_SPOT [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [12] Η ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ SunSPOT,
http://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/DI367/%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C/SunSPOT_Platform.pdf [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]

- [13] Sun™ SPOT Programmer's Manual,
<http://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/DI367/%CE%A5%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CF%8C/SunSPOT-Programmers-Manual.pdf> [τελευταία επίσκεψη Ιούλιος 2015]
- [14] ESRI ASCII Raster format,
http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisengine/java/GP_ToolRef/spatial_analyst_tools/esri_ascii_raster_format.htm [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [15] Raster and Grid Formats,
http://library.oceanteacher.org/OTMediawiki/index.php/Raster_and_Grid_Formats
[τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [16] Sun SPOT World, <http://www.sunspotdev.org/> [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [17] NetBeans IDE, <https://netbeans.org/> [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [18] NetBeans: Developing Applications with NetBeans IDE,
https://docs.oracle.com/cd/E40938_01/doc.74/e40142.pdf [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [19] Message broker, https://en.wikipedia.org/wiki/Message_broker [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [20] Java Message Service, https://en.wikipedia.org/wiki/Java_Message_Service
[τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [21] Java DB Technical Documentation, <http://docs.oracle.com/javadb/> [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [22] Working with the Java DB (Derby) Database,
<https://netbeans.org/kb/docs/ide/java-db.html> [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [23] Java DB, <http://www.oracle.com/technetwork/java/javadb/overview/index.html>
[τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [24] Apache Derby, <http://db.apache.org/derby/> [τελευταία επίσκεψη Αύγουστος 2015]
- [25] SensorML, <http://www.ogcnetwork.net/SensorML> [τελευταία επίσκεψη Σεπτέμβριος 2015]

- [26] Sensor Model Language (SensorML),
<http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml> [τελευταία επίσκεψη
Σεπτέμβριος 2015]
- [27] Sensor Observation Service (SOS),
<http://www.opengeospatial.org/standards/sos> [τελευταία επίσκεψη Σεπτέμβριος
2015]
- [28] OGC, <http://www.opengeospatial.org/> [τελευταία επίσκεψη Σεπτέμβριος
2015]
- [29] SWeFS, <http://thales-swefs.di.uoa.gr/> [τελευταία επίσκεψη Σεπτέμβριος
2015]
- [30] Pervasive Computing Research Group (P-Comp), <http://p-comp.di.uoa.gr/>
[τελευταία επίσκεψη Σεπτέμβριος 2015]