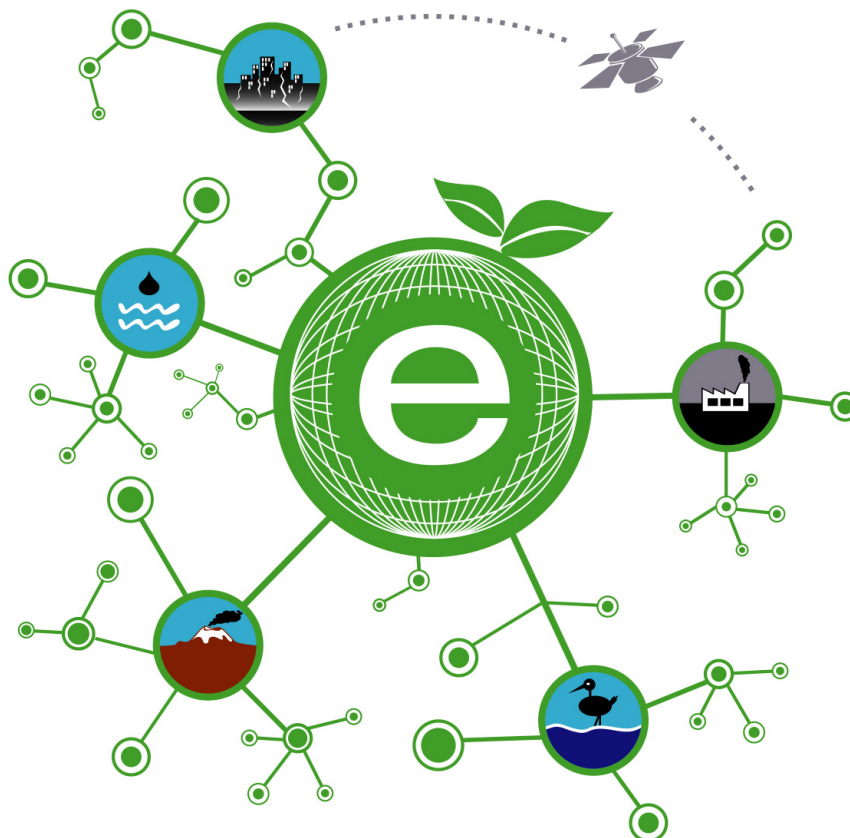


Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΗΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής: Α. Α. Οικονομίδης

University of Macedonia
Master Information Systems
Computer Networks
Professor: A. A. Economides



Εφαρμογές Δικτύων στο Περιβάλλον

Τεχνολογίες Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης &
Επιτήρησης Άγριας Πανίδας & Χλωρίδας
Η Ελληνική Πραγματικότητα

Networks Applications in Environment

Environmental Monitoring Technologies & Wildlife Surveillance
The Greek Implementation

Χουλέβας Νικόλαος / Choulevas Nikolaos

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2013 / Thessaloniki, January 2013

Εφαρμογές Δικτύων στο Περιβάλλον
Τεχνολογίες Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης &
Επιτήρησης Άγριας Πανίδας & Χλωρίδας
Η Ελληνική Πραγματικότητα

Networks Applications in Environment
Environmental Monitoring Technologies & Wildlife Surveillance
The Greek Implementation

Χουλέβας Νικόλαος / Choulevas Nikolaos

Μεταπτυχιακός Φοιτητής / Graduate Student

A.M. / Registration No:

22/12

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας / University of Macedonia

ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα / Master Information Systems
Δίκτυα Υπολογιστών / Computer Networks

Καθηγητής: Α. Α. Οικονομίδης / Professor: Α. Α. Economides

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο να παρουσιάσει τις τεχνολογίες των Δικτύων (Networks) μέσα από την υλοποίηση τους στην παρακολούθηση και επιτήρηση του Περιβάλλοντος (Environmental Monitoring) τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο όσο και στον Ελλαδικό χώρο.

Η εργασία επικεντρώνεται αρχικά στις επικρατέστερες Δικτυακές τεχνολογίες, παρουσιάζοντας τις κυριότερες εφαρμογές των Δικτύων σε τομείς περιβαλλοντικής παρακολούθησης όπως είναι η επιτήρηση Δασών, η έγκαιρη αναφορά Πυρκαγιών, η παρακολούθηση της Ατμοσφαιρικής και Υδατικής Μόλυνσης, η Σεισμική και Ηφαιστειακή Δραστηριότητα, της Άγριας Πανίδας & Χλωρίδας (Wildlife) και άλλες εφαρμογές τους.

Η έρευνα ολοκληρώνεται με την ενότητα των συμπερασμάτων και προτάσεων για το μέλλον των εφαρμογών των Δικτύων.

ABSTRACT

This paper aims to present the Network Technology implementation for the Environmental monitoring both worldwide and in Greece region.

The paper focuses primarily on the prevailing Network Technologies, presenting the main applications in areas such as Environmental Monitoring Surveillance in Forestry, Fire Timely Reporting, Monitoring of Air and Water contamination, Seismic and Volcanic activity, Wildlife surveillance and critical environmental applications.

This study is completed with the section of conclusions and proposals for the future of Network applications.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι δραστηριότητες του ανθρώπου είχαν ανέκαθεν επιπτώσεις στο περιβάλλον γύρω του. Στον τεχνολογικά ανεπτυγμένο δυτικό κόσμο, ο σύγχρονος τρόπος ζωής διαταράσσει και καταστρέφει τα οικοσυστήματα του πλανήτη, οδηγώντας τις φυσικές πρώτες ύλες σε εξάντληση (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, χ.χ.). Σήμερα ο άνθρωπος έχει αποκτήσει υψηλό τεχνικό και τεχνολογικό υπόβαθρο που του δίνει τη δυνατότητα να παρακολουθήσει την επίδραση που έχουν οι βασικότερες δραστηριότητές του στο περιβάλλον. Οι πολιτικές που εφαρμόζονται στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Οδηγία 96/61/ΕΚ), αλλά και παγκοσμίως, ενσωματώνουν δράσεις για την Περιβαλλοντική Παρακολούθηση.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται αρχικά στις βασικές αρχές λειτουργίας των τεχνολογικών μέσων που υπάρχουν διαθέσιμα για το σκοπό της Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης. Όπως μνημονεύεται στην πτυχιακή εργασία του Γεωργιάδη Γεωργίου (Βιοπαρακολούθηση - BIOMONITORING 2010), και περιγράφεται σε έρευνα του περιοδικού Computer Networks τ.38 (Wireless sensor networks: a survey, 2002) τα μέσα αυτά, βρίσκονται κυρίως στους τομείς της σύγχρονης τεχνολογίας των Δικτύων και συγκεκριμένα στον ανερχόμενο κλάδο των ασύρματων δικτύων αισθητήρων (Wireless Sensor Networks – WSNs), που συνδυάζουν τη δυνατότητα αίσθησης, υπολογισμού και επικοινωνίας σε μια μικρή συσκευή.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τομείς εφαρμογής της Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο, αλλά με ιδιαίτερη αναφορά στην Ελληνική πραγματικότητα. Οι μελλοντικές εφαρμογές των Δικτύων και στον τρόπο που αυτές θα μπορέσουν να βελτιώσουν την υπάρχουσα τεχνολογική υποδομή της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με το περιβάλλον γύρω του, αποτελούν την κατακλείδα της παρούσης εργασίας.

1. Τι εννοούμε με τον όρο Περιβαλλοντική Παρακολούθηση

Με τον όρο «περιβαλλοντική παρακολούθηση», νοείται η συλλογή, επεξεργασία και αξιολόγηση περιβαλλοντικών δεδομένων και στοιχείων, ποσοτικών και ποιοτικών, μέσα από διαδικασίες και δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα για να χαρακτηρίσουν την παρακολούθηση της ποιότητας του περιβάλλοντος (*Επιχειρησιακό Προγράμμα Διασυννοριακής Συνεργασίας Ελλάδα-Κύπρος 2007-2013*).

Ο όρος χρησιμοποιείται κυρίως για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε εκείνες τις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις (βιομηχανικές εκπομπές και απόβλητα) στο φυσικό περιβάλλον (*Environmental Monitoring and Field Surveillance Reference Guide*, 2009) αλλά και για τον έλεγχο και την παρακολούθηση φυσικών φαινομένων και τις επιπτώσεις τους, στο ανθρώπινο περιβάλλον (σεισμοί, ηφαιστειακές εκρήξεις, πλυμμήρες κλπ), όπως επίσης σε εκείνες τις επιπτώσεις που αποτελούν συνέπεια των κλιματικών αλλαγών στις οποίες εισέρχεται ο πλανήτης μας (*Environmental Monitoring and Field Surveillance Reference Guide*, 2009).

Σήμερα ο Περιβαλλοντικός έλεγχος είναι προαπαιτούμενος εκ του νόμου, (Ν.4014, ΦΕΚ 209 τεύχος Α' 2011) και εκδηλώνεται μέσα από την εκπόνηση ειδικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) για κάθε επιχειρηματική / βιοτεχνική / βιομηχανική δραστηριότητα. Για την απρόσκοπτη, ποιοτική και αντικειμενική λήψη των απαραίτητων δειγμάτων και τις μετατροπής τους σε μετρήσιμους δείκτες, υπεύθυνη είναι η σύγχρονη τεχνολογία των Δικτύων, κυρίως στην μορφή της ασύρματης υλοποίησής τους, τις εφαρμογές των οποίων θα εξετάσουμε αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο.

1α. Τομείς εφαρμογής Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης

Τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο (Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον, Στοκχόλμη 1972) όσο και σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.), θεσπίστηκαν Νόμοι και Οδηγίες¹, με σκοπό την προστασία του Περιβάλλοντος και της Χλωρίδας και Πανίδας (*Περιβάλλον για τους Ευρωπαίους, 2007*).

Οι ρυθμίσεις για το περιβάλλον (οδηγίες) που έχουν εκδοθεί στην διάρκεια των τριών τελευταίων δεκαετιών καλύπτουν μια ευρεία θεματολογία και περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, διατάξεις για: *την ποιότητα του αέρα και του νερού, τον θόρυβο, την διατήρηση της άγριας ζωής και των οικολογικών ενδιατημάτων, την διαχείριση των απορριμμάτων και την ανακύκλωση, την προστασία από τις επικίνδυνες ουσίες και τα βιομηχανικά ατυχήματα, την ρύθμιση θεμάτων βιοτεχνολογίας, καθώς και λοιπά γενικά θέματα, όπως η εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, η ελεύθερη πρόσβαση στις περιβαλλοντικές πληροφορίες, οι εθελοντικοί περιβαλλοντικοί έλεγχοι, η περιβαλλοντική ευθύνη, η οικολογική σήμανση των προϊόντων και τα περιβαλλοντικά πρότυπα* (Τσαντίλης & Χατζημπίρος, χ.χ.).

1β. Τομείς εφαρμογής Επιτήρησης Άγριας Πανίδας & Χλωρίδας

“Ο σημερινός κόσμος βρίσκεται αντιμέτωπος με έναν «Ηράκλειο άθλο», να προστατεύσει την πανίδα και τη χλωρίδα του πλανήτη από την κλιματική αλλαγή και τη ρύπανση.” Τη δήλωση αυτή έκανε ο υπουργός Περιβάλλοντος της Γερμανίας *Ζίγκμαρ Γκάμπριελ*, κατά την έναρξη της διάσκεψης του ΟΗΕ με θέμα την βιοποικιλότητα, στις 19 Μαΐου 2008, η οποία πραγματοποιήθηκε στη Βόννη, με τη συμμετοχή 200 περίπου χωρών, με σκοπό την αναζήτηση τρόπων επιβράδυνσης των αυξανόμενων ρυθμών εξαφάνισης των ειδών από τη

¹ νομοθετικά εργαλεία που διαθέτει η Ευρωπαϊκή Κοινότητα είναι οι οδηγίες που για να εκτελεστούν πρέπει πρώτα να μεταφερθούν στο εθνικό Δίκαιο των κρατών μελών, οι κανονισμοί που ισχύουν ως έχουν σε όλα τα κράτη μέλη και οι αποφάσεις που ισχύουν ως έχουν στα κράτη μέλη για τα οποία προορίζονται. Οι οδηγίες χρησιμοποιούνται για τις γενικές περιβαλλοντικές διατάξεις, οι κανονισμοί για τις περιβαλλοντικές διατάξεις που επηρεάζουν τον ανταγωνισμό και οι αποφάσεις για τις τροποποιήσεις των τεχνικών παραρτημάτων.

Γη (ΗΜΕΡΗΣΙΑ, 2008). Η σπουδαιότητα του ζητήματος της βιοποικιλότητας φαίνεται και από το γεγονός ότι ο ΟΗΕ έχει ανακηρύξει το έτος 2010 ως «Διεθνές Έτος Βιοποικιλότητας» (Emetris, 2010).

Παρακάτω γίνεται αναφορά στους κυριότερους τομείς εφαρμογής της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ της 21ης Μαΐου 1992, για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων και της άγριας πανίδας και χλωρίδας. Συγκεκριμένα αναφέρεται στα εθνικά πάρκα, στις προστατευόμενες περιοχές, στην βιοποικιλότητα – χλωρίδα – πανίδα και στην προστασία απειλούμενων ειδών.

Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι κυριότερες τεχνολογίες των δικτύων και πως αυτές εφαρμόζονται στους παραπάνω τομείς Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης και επιτήρησης της Πανίδας και Χλωρίδας.

2. Τα Δίκτυα και οι τεχνολογίες τους

Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (Internet Protocol, IP) έχει δημιουργήσει ένα παγκόσμιο δίκτυο ανάμεσα στην πληθώρα συστημάτων και μέσων μετάδοσης, μέσω του οποίου η ανταλλαγή μηνυμάτων ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (e-mail), το ξεφύλλισμα ιστοσελίδων (web browsing) η ανταλλαγή ψηφιακής πληροφορίας εικόνας και ήχου (multimedia) αποτελούν κομμάτι της καθημερινότητάς μας.

Ο κύριος λόγος στον οποίο οφείλει το IP την επιτυχία του, είναι η απλότητα του. Η θεμελιώδης σχεδιαστική του αρχή προκύπτει από το “άκρο-σε - άκρο επιχείρημα”, το οποίο τοποθετεί το “μυαλό” στα άκρα του δικτύου, ενώ αφήνει τον πυρήνα του “απλό”. Το IP σχεδιάστηκε με μεγάλη απλότητα, και η χρήση του γίνεται μέσα από μια υπηρεσία “best effort - βέλτιστης προσπάθειας” (Βενιέρης & Νικολούζος, 2000). Στην πορεία της εξέλιξης της τεχνολογίας δικτύων δημιουργήθηκαν πολλές εφαρμογές (Ad-Hoc, IEEE 802.11) και υλοποιήσεις τους.

Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, θα ασχοληθούμε με τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων - ΑΔΑ (WSNs) και τις εφαρμογές τους στους τομείς Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης.

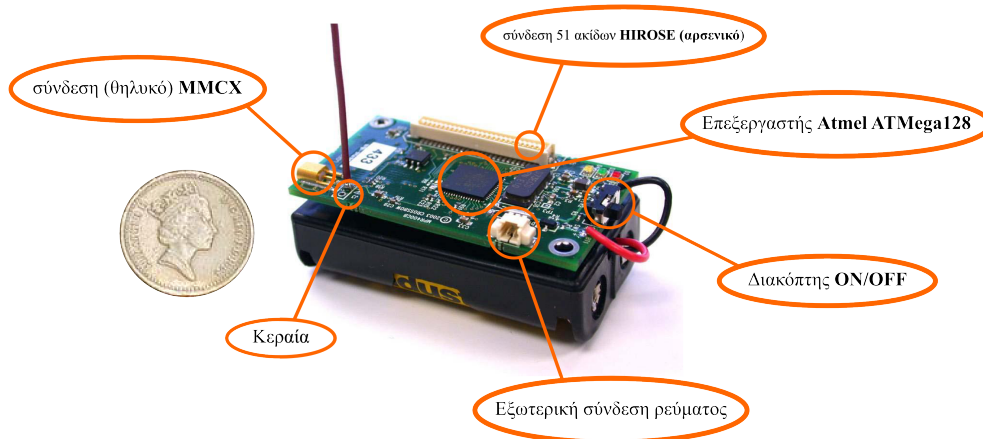
2α. Τεχνολογίες Δικτυακής Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης

Στην κατηγορία Δικτυακής Περιβαλλοντικής παρακολούθησης ανήκει και η τεχνολογία των κόμβων – αισθητήρων, οι οποίοι υλοποιούνται σε ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (WSNs), του οποίου την αρχιτεκτονική και λειτουργία θα εξετάσουμε για την εφαρμογή τους στην περιβαλλοντική επιτήρηση (Ζήση, 2011).

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs) είναι μια αναδυόμενη τεχνολογία. Έχουν αρχίσει εδώ και χρόνια να χρησιμοποιούνται σε μια ευρεία γκάμα εφαρμογών που περιλαμβάνουν συνήθως λειτουργίες όπως η ανίχνευση συμβάντων (event – driven) ή περιοδικές λήψεις μετρήσεων (time – driven). Συνήθως τα ΑΔΑ (WSNs) αποτελούνται από ένα μεγάλο αριθμό χαμηλού - κόστους, χαμηλής - ισχύος πολυ-λειτουργικών κόμβων που έχουν αναπτυχθεί σε μια περιοχή ενδιαφέροντος, άλλοτε με τρόπο αδόμητο (ad hoc), χωρίς προσεκτική μηχανική και προδιαγεγραμμένο πλάνο, και σε άλλες περιπτώσεις με στρατηγικής σημασίας τοποθέτηση στην περιοχή παρακολούθησης (Τζόκας & Φρόνιμος, 2008).

Αυτοί οι κόμβοι αισθητήρων ενώ είναι μικροί σε μέγεθος (βλ. Εικόνα 1) εξοπλίζονται με αισθητήρες, ενσωματωμένους μικροεπεξεργαστές και πομποδέκτες ραδιοφώνου. Ως εκ τούτου, δεν έχουν μόνο «αίσθηση», αλλά και την ικανότητα να επεξεργάζονται δεδομένα και να επικοινωνούν μεταξύ τους σε κοντινές αποστάσεις μέσω ενός ασύρματου μέσου και συνεργάζονται για να επιτευχθεί ένα κοινό έργο, όπως είναι η παρακολούθηση του περιβάλλοντος. Συνήθως οι κόμβοι αισθητήρων τροφοδοτούνται μέσω μπαταρίας και

πρέπει να λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση για σχετικά μεγάλες περιόδους καθώς σε



Εικόνα 1. Ασύρματος αισθητήρας τύπου Mica 2, εταιρίας Crossbow

κάποιες περιπτώσεις (επιτήρηση άγριων πουλιών/θαλάσσιων θηλαστικών) είναι πολύ δύσκολο ή και αδύνατο να αλλάξουν ή να επαναφορτιστούν οι μπαταρίες τους. Ανεξάρτητα από την τοπολογία και τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται, στόχος του δικτύου είναι η ροή δεδομένων από τον κεντρικό αποδέκτη (sink) προς τους κόμβους (sources) και το αντίστροφο.

2α.1 Χαρακτηριστικά στοιχεία των ΑΔΑ (WSNs)

Τα ΑΔΑ (WSNs), διακρίνονται από τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα WiFi, καθώς χαρακτηρίζονται από πυκνότερα επίπεδα ανάπτυξης των κόμβων, υψηλότερη αναξιοπιστία των κόμβων αισθητήρων και περιορισμούς στους υπολογισμούς της ισχύς και της μνήμης (Παπαγιαννάκης & Βραχασωτάκης, χ.χ.)

Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά τους για τις εφαρμογές περιβαλλοντικής επιτήρησης είναι τα παρακάτω:

Application Specific: Το δίκτυο σχεδιάζεται με βάση τις απαιτήσεις μιας συγκεκριμένης εφαρμογής επιτήρησης Περιβάλλοντος.

Κλίμακα μεγέθους: Κάποια WSNs αποτελούνται από εκατοντάδες κόμβους και απαιτούν η αρχιτεκτονική και τα πρωτόκολλα του δικτύου να διαχειρίζονται ένα τέτοιο μέγεθος.

Self – Configurability και Fault – Tolerance: Ο αλγόριθμος λειτουργίας είναι ικανός να ρυθμίσει την τοπολογία κατά την εγκατάσταση του δικτύου, αλλά και να διαχειρίζεται τις μεταβολές που μπορεί να προκύψουν κατά την λειτουργία (αστοχία υλικού κόμβου).

Χρόνος ζωής: Στις περισσότερες περιπτώσεις τοπολογίας WSNs, η λειτουργία των κόμβων εξαρτάται από μια περιορισμένη πηγή ενέργειας (μπαταρία), επομένως η προσεκτική διαχείριση ενέργειας κάθε κόμβου καθορίζει τον αναμενόμενο χρόνο ζωής του δικτύου.

Αυτονομία λειτουργίας και προγραμματισμός: Κάθε δικτυακός κόμβος πρέπει να αποφασίζει αυτόματα για την εξέλιξη της εφαρμογής ειδικά σε περιπτώσεις σημαντικών μεταβολών των μετρούμενων μεγεθών (π.χ. αύξηση συχνότητας δειγματοληψίας).

Simplicity: Λόγω του περιορισμού της ενεργειακής αυτονομίας των κόμβων, το λειτουργικό σύστημα και ο αλγόριθμος του πρέπει να μην είναι ιδιαίτερα πολύπλοκοι στη δομή τους.

Quality of Service: Σε ένα WSN πρωτεύοντα ρόλο δεν έχει η ταχύτητα και ο ρυθμός μετάδοσης της πληροφορίας, αλλά η αξιόπιστη μετάδοση όλων των μηνυμάτων χωρίς πολλές επανεκπομπές, από την πηγή στον αποδέκτη (Τζόκας & Φρόνιμος, 2008).

2.α.2 Τα κυριότερα πρότυπα επικοινωνιών στα WSNs για Περιβαλλοντική

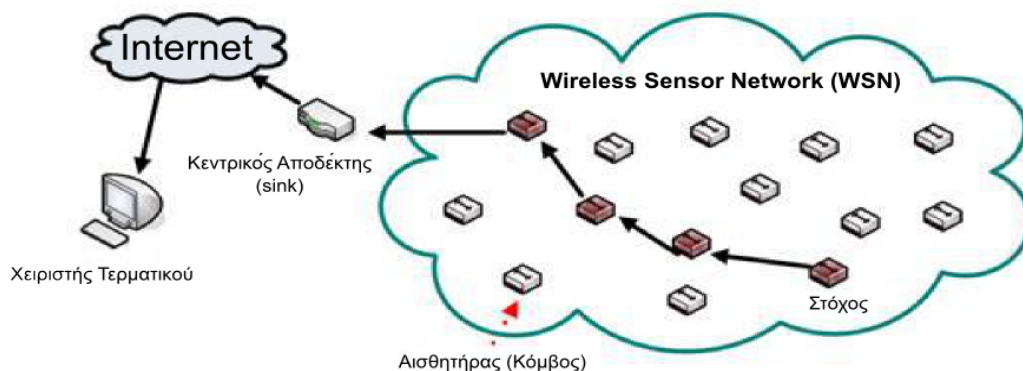
Παρακολούθηση

Από το 1997 μέχρι σήμερα έχουν υιοθετηθεί μια σειρά προτύπων, που καθορίζουν τα

πρωτόκολλα επικοινωνιών, δίνοντας ώθηση στην ανάπτυξη εφαρμογών ασύρματων δικτύων.

Οι αισθητήρες που είναι εγκατεστημένοι σε μια μεγάλη γεωγραφική έκταση μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα, σχηματίζοντας ένα κατακευματισμένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Distributed Wireless Sensor Network, DWSN).

Στη γενική του μορφή ένα τέτοιο δίκτυο αποτελείται από το δίκτυο συλλογής δεδομένων (data acquisition network) και το δίκτυο διανομής δεδομένων (data distribution network), τα οποία παρακολουθούνται και ελέγχονται από το κέντρο διαχείρισης (management center) (βλ. Σχήμα 1). Σε εφαρμογές τηλεμετρίας η ασύρματη μετάδοση των δεδομένων που



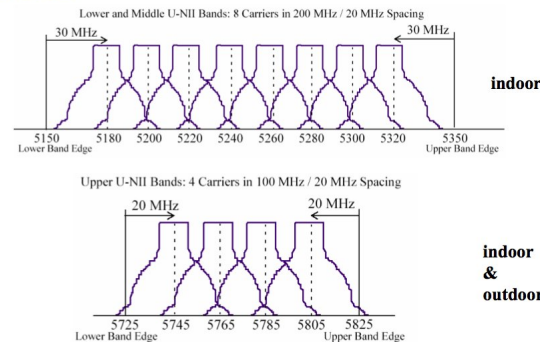
Σχήμα 1. Απεικόνιση Ασύρματου Δικτύου ΑΔΑ (WSN)

παρατρώνονται από τα συστήματα μετρήσεων μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω των δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communications) χρησιμοποιώντας GSM μόντεμ ή GPRS (General Packet Radio Service) μόντεμ (Ζήση, 2011). Οι ζώνες συχνοτήτων που είναι διαθέσιμες για βιομηχανικές, επιστημονικές και ιατρικές εφαρμογές (Industrial, Scientific and Medical bands, ISM) είναι ελεύθερες για χρήση χωρίς να απαιτείται κάποια ειδική άδεια και χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές WLAN (βλ. Πίνακας 1, Σχήμα 2 & 3).

Τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των σημαντικότερων τυποποιημένων προτύπων ασύρματης επικοινωνίας, περιγράφονται στη συνέχεια.

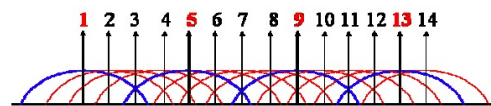
Κανάλι	Κεντρική Συχνότητα (Mhz)	Εύρος Καναλιού
1	2412	2401-2423
2	2417	2406-2428
3	2422	2411-2433
4	2427	2416-2438
5	2432	2421-2443
6	2437	2426-2448
7	2442	2431-2453
8	2447	2436-2458
9	2452	2441-2463
10	2457	2446-2468
11	2462	2451-2473
12	2467	2456-2478
13	2472	2461-2483
14	2477	2466-2488

ISM 5GHz



Σχήμα 2. Χρήση μπάντας ISM (5GHz)

ISM 2.4GHz



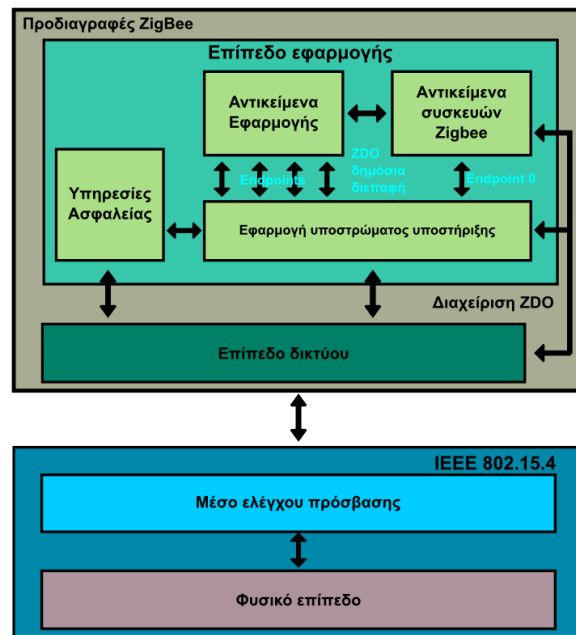
Σχήμα 3. Αλληλοκάλυψη καναλιών στο πρωτόκολλο 802.11b

Πίνακας 1. Industrial, Scientific and Medical bands ISM

Πρότυπο IEEE 802.11: Τα δίκτυα που βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11 χρησιμοποιούν την ζώνη συχνοτήτων UNII (Unlicensed National Information Infrastructure) των 5 GHz με μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων τα 54 Mbps και μέγιστη απόσταση επικοινωνίας 15m. Όσα βασίζονται στο πρότυπο IEEE 802.11 λειτουργούν στη ISM ζώνη 2.4 - 2.4835 GHz με μέγιστη ταχύτητα 11Mbps και μέγιστη απόσταση επικοινωνίας 45 m.

ZIGBEE: Το πρότυπο ZigBee (IEEE 802.15.4) επιτρέπει την ασύρματη, δικτυακή επικοινωνία συσκευών και χαρακτηρίζεται από το χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και το χαμηλό κόστος. Είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε οι κόμβοι του δικτύου να λειτουργούν με μπαταρία επειδή η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, η διάρκεια ζωής της μπαταρίας είναι αρκετά μεγάλη (1 με 2 χρόνια).

Η απόσταση μετάδοσης για κάθε κόμβο κυμαίνεται από 10m έως 75m, ανάλογα με την ισχύ του πομπού. Η RF επικοινωνία μεταξύ των κόμβων του δικτύου γίνεται στις ISM περιοχές των (2.45 GHz και 915MHz στις ΗΠΑ ή 869MHz στην Ευρώπη και στην Ιαπωνία). Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι 20 kbps για μετάδοση στα 2.45GHz, 40 kbps για μετάδοση στα 915MHz και 20kbps για μετάδοση στα 869MHz.



Σχήμα 4. Προδιαγραφές προτύπου ZigBee

Mono transparent Data communication: Σε ορισμένες εφαρμογές Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης² η μεταφορά των δεδομένων από τις πηγές λήψης – κόμβους, γίνεται με τη χρήση της τηλεματικής. Στις περιπτώσεις αυτές η μεταφορά των μετρήσεων ακολουθεί το πρότυπο της non transparent data GSM κινητής τηλεφωνίας ή GPRS τεχνολογίας με υψηλά ποσοστά σφάλματος. Η διεπαφή υπηρεσίας χρησιμοποιεί την ανατροφοδότηση της πληροφορίας στο φυσικό στρώμα ή ειδική φυσική ραδιο-σύνδεση ή πρωτόκολλο στρώματος ζεύξης δεδομένων, για το ποια δεδομένα έχουν ληφθεί καλώς και ποια απορρίφθηκαν (*GSM and Similar Architectures*, 2007).

2α.3 Δομή και αρχιτεκτονική του δικτύου

Οι συσκευές που απαρτίζουν ένα ΑΔΑ (WSN) χωρίζονται σε πηγές (sources) και αποδέκτες (sinks). Πηγή είναι κάθε δικτυακή οντότητα που παρέχει πληροφορίες, άρα κάθε

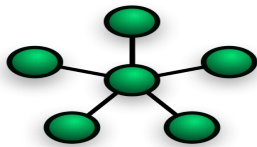
² βλ. Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος

κόμβος του δικτύου αποτελεί πηγή. Αποδέκτης είναι η οντότητα που ζητά πληροφορίες.

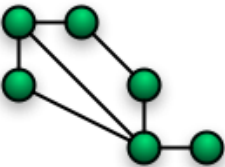
Υπάρχουν τρεις επιλογές όσον αφορά τον αποδέκτη:

- ◆ να είναι ένας κόμβος
- ◆ μια οντότητα που δεν ανήκει στο δίκτυο αισθητήρων
- ◆ αποδέκτης που παίζει το ρόλο ενός gateway που προωθεί τις πληροφορίες σε κάποιο μεγαλύτερο δίκτυο (π.χ. Internet), (Τζόκας & Φρόνιμος, 2008).

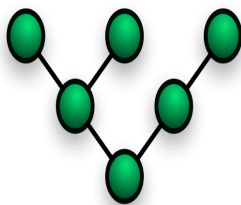
Οι πηγές και οι αποδέκτες με τη σειρά τους συνδυάζονται για το σχηματισμό τριών ειδών τοπολογίας (βλ. Σχήμα 2, 3, 4).



Σχήμα 5. Τοπολογία διασύνδεσης τύπου STAR



Σχήμα 6. Τοπολογία διασύνδεσης τύπου MESH



Σχήμα 7. Τοπολογία διασύνδεσης τύπου TREE

1. Star: Αποτελείται από ένα κεντρικό αποδέκτη και περιφερειακούς κόμβους – πηγές τοποθετημένους γύρω του. Οι περιφερειακοί κόμβοι επικοινωνούν μόνο με τον αποδέκτη και όχι μεταξύ τους.
2. Peer to Peer (Mesh): Στην τοπολογία mesh, ένας κόμβος – πηγή μπορεί να επικοινωνεί με οποιονδήποτε γείτονα του (router). Όλες οι οντότητες μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ακόμα κι αν δεν βρίσκονται εντός εμβέλειας, χρησιμοποιώντας multi – hop μηνύματα.
3. Cluster – Tree (Hybrid): Η τοπολογία cluster – tree είναι ειδική περίπτωση της peer to peer με σαφή ιεράρχηση κόμβων. Υπάρχει κεντρικός αποδέκτης, το

δίκτυο όμως εξαπλώνεται με τη μορφή δέντρου (tree). Τα κλαδιά είναι κόμβοι – πηγές τοπικών συντονιστών ενώ οι κόμβοι – φύλλα (endpoints), είναι πηγές που λειτουργούν όπως στην Star.

Όσον αφορά την αρχιτεκτονική του δικτύου, σε όλα τα WSNs απαιτείται η ύπαρξη – έστω και σε απλή μορφή – ενός φυσικού, ενός MAC και ενός Link Layer επιπέδου πρωτοκόλλων, ενώ κάποια πιο σύνθετα απαιτούν την υλοποίηση αλγόριθμων δρομολόγησης (Τζόκας & Φρόνιμος, 2008).

2.α.4 Φυσικό επίπεδο

Το φυσικό επίπεδο αναλαμβάνει την διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση του ψηφιακού σήματος, εργασία που εκτελείται από τον πομποδέκτη. Η διαδικασία πρέπει να είναι ιδιαίτερα απλή, έτσι ώστε να μπορεί να υλοποιηθεί από hardware χαμηλού κόστους και κατανάλωσης, επιτυγχάνοντας όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο αποτέλεσμα. Προτιμούνται για την μετάδοση οι τεχνικές εξάπλωσης φάσματος με πιο διαδεδομένες την Εξάπλωση Φάσματος Άμεσης Ακολουθίας ή DSSS³ και την Εξάπλωση Φάσματος με Συνεχή Αλλαγή Συχνότητας ή FHSS⁴

2.α.5 Επίπεδο MAC

Το MAC επίπεδο είναι υπεύθυνο για τον συγχρονισμό⁵ δυο ή περισσότερων συσκευών και για τον έλεγχο της πρόσβασης στο κανάλι, έτσι ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις κατά την μετάδοση. Στα ΑΔΑ (WSNs) η σημαντικότερη ιδιαιτερότητα στη σχεδίαση ενός MAC πρωτοκόλλου είναι η περιορισμένη ενέργεια των κόμβων. Υπάρχουν τέσσερις (4) παράγοντες που προκαλούν σπατάλη ενέργειας κατά την επικοινωνία, η ταυτόχρονη

³ Direct Sequence Spread Spectrum

⁴ Frequency – Hopping Spread Spectrum

⁵ Συγχρονισμός όσον αφορά τη χρονική στιγμή που θα γίνει η μετάδοση του πλαισίου. Δεν πρέπει να συγχέεται με τον συγχρονισμό στο φυσικό επίπεδο, που αφορά τη δειγματοληψία για την αποκωδικοποίηση του ψηφιακού σήματος σε επίπεδο bit.

αντιμετώπιση των οποίων είναι αδύνατη και επομένως τα περισσότερα MAC πρωτόκολλα για WSNs, επικεντρώνονται συνήθως στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων ενός ή δυο παραγόντων:

Συγκρούσεις: Οι συγκρούσεις πακέτων προκαλούν την αμοιβαία καταστροφή τους, αποτέλεσμα να δαπανάτε άσκοπα ενέργεια.

Overhearing: Λόγω της φύσης των ηλεκτρομαγνητικών σημάτων (πηγή – προορισμός οι κόμβοι λαμβάνουν μηνύματα που δεν τους αφορούν.

Overhead πρωτοκόλλου: Το overhead εισάγεται από πλαίσια ελέγχου, σχετικά με το MAC, όπως τα CTS και RTS, καθώς και από κεφαλίδες (headers) ή επίμετρα (trailers) που προστίθενται στα πακέτα.

Idle Listening: Ο κόμβος που βρίσκεται σε κατάσταση ετοιμότητας περιμένοντας την εμφάνιση μηνύματος, ξοδεύει άσκοπα ενέργεια κατά τη διάρκεια της αναμονής.

2.α.6 Αλγόριθμοι Δρομολόγησης

Ο πιο απλός τρόπος είναι κάθε κόμβος να μεταδίδει τις πληροφορίες σε όλους τους γείτονες και αυτοί με τη σειρά τους να επαναλαμβάνουν τη διαδικασία μέχρι οι πληροφορίες να φτάσουν στον τελικό προορισμό (flooding). Παρά την απλότητα του μειονεκτεί σοβαρά και αποφεύγεται.

Μια εναλλακτική λύση που έχει πλέον καθιερωθεί, είναι κάθε κόμβος να επεξεργάζεται πληροφορίες σχετικά με τις διάφορες διαδρομές προς ένα προορισμό και να κρατά στη μνήμη του τις καλύτερες δυνατές, με τη μορφή πινάκων (routing tables), (Τζόκας & Φρόνιμος, 2008).

Οι αλγόριθμοι δρομολόγησης μπορεί να κατηγοριοποιηθούν με βάση τον τρόπο με τον οποίο λαμβάνονται οι πληροφορίες για την δρομολόγηση:

Proactive ή αλλιώς table driven: Οι διαδρομές υπολογίζονται και αποθηκεύονται σε routing tables εκ των προτέρων και χρησιμοποιούνται κάθε φορά που γίνεται μετάδοση.

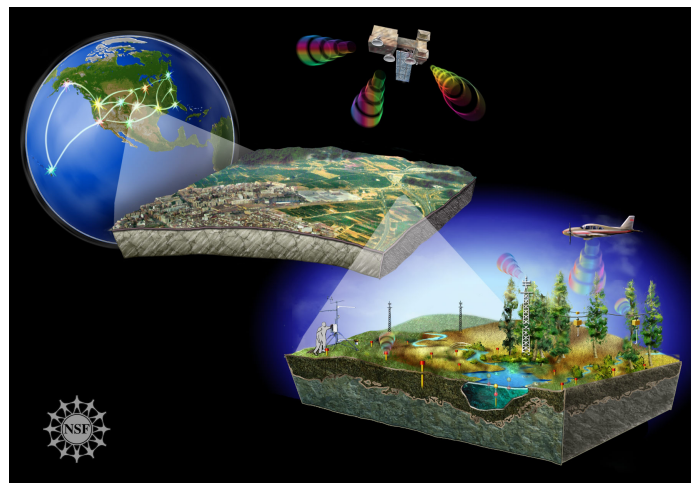
Reactive: Η αναζήτηση διαδρομής είναι δυναμική, καθώς γίνεται κάθε φορά που υπάρχει ανάγκη μετάδοσης. Είναι καταλληλότερη για δίκτυα με μεταβαλλόμενη τοπολογία.

Hybrid: που συνδυάζει στοιχεία των δυο παραπάνω αλγορίθμων.

3. Περιβαλλοντική Παρακολούθηση: Η Ελληνική πραγματικότητα

Στα προηγούμενα κεφάλαια της παρούσας εργασίας, αναλύσαμε τους όρους της Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης και περιγράψαμε τους τομείς εφαρμογής τους.

Εξετάσαμε από τεχνολογικής πλευράς τα δίκτυα, και συγκεκριμένα τα ασύρματα δίκτυα και τις συνηθέστερες τοπολογίες και αρχιτεκτονικές τους.



Εικόνα 2. Σχηματική Αναπαράσταση Ολοκληρωμένου Συστήματος Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης

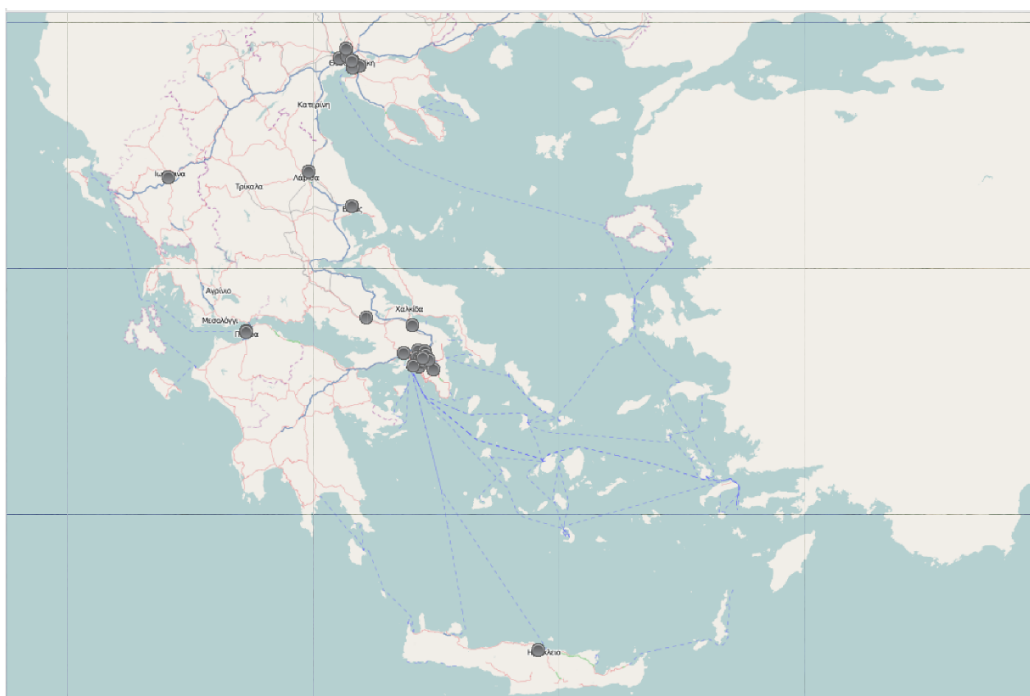
Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα δίκτυα Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης και πως αυτά εφαρμόζονται στην Ελληνική ύπαιθρο, αλλά και στα αστικά περιβάλλοντα για την

συγκέντρωση δεδομένων που θα οδηγήσουν στην ορθή εκτίμηση του ανθρώπινου αποτυπώματος στον πλανήτη μας.

3α. Δίκτυο παρακολούθησης της μόλυνσης Αέριων Σωμάτων

Με τον όρο ατμοσφαιρική ρύπανση εννοείται, η παρουσία στην ατμόσφαιρα κάθε είδους ουσιών, σε συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ) για την εκτίμηση και διαχείριση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και σε εφαρμογή των Κοινοτικών Οδηγιών, εγκατέστησε το 2001 το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ), επεκτείνοντας και αναβαθμίζοντας το προϋπάρχον δίκτυο του λεκανοπεδίου Αθηνών (ιστοσελίδα ΥΠΕΚΑ, χ.χ.)



Χάρτης 1. Σταθμοί Μέτρησης Ατμοσφαιρικών Δεδομένων

Στην σημερινή του μορφή, το ΕΔΠΑΡ αποτελείται από 36 σταθμούς, εκ των οποίων 18

είναι εγκατεστημένοι και λειτουργούν στην ευρύτερη περιοχή της Αθήνας, 8 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης και 20 στην υπόλοιπη χώρα (2004, βλ. Χάρτης 1)).

Όλοι οι σταθμοί είναι διασυνδεδεμένοι με σύστημα τηλεμετάδοσης με τον κεντρικό σταθμό που βρίσκεται στην έδρα κάθε περιφερειακής (ή τοπικής) αρχής υπεύθυνης για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, με βάση το Ν. 2647/1998⁶ και με την κεντρική έδρα του συστήματος (Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας – Δ/ση Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης & Θορύβου – ΥΠΕΧΩΔΕ). Επίσης όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με σύστημα αποθήκευσης δεδομένων (data logger), σύστημα τηλεμετάδοσης με χρήση modem και τηλεφωνικής γραμμής. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται επιτρέπει την λήψη τιμών σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και την διενέργεια διαδικασιών ποιοτικού ελέγχου από απόσταση.

3β Δίκτυο παρακολούθησης των Υδάτων

Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΕ⁷ η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων αποτελεί εργαλείο για την εξυπηρέτηση του βασικού στόχου της, που είναι η προστασία και αναβάθμιση του υδάτινου περιβάλλοντος. Βασικό εργαλείο της Οδηγίας Πλαίσιο, είναι τα Σχέδια Διαχείρισης και τα Προγράμματα Δράσεων, την ευθύνη κατάρτισης των οποίων έχει το ΥΠΕΚΑ σε συνεργασία με τις Διευθύνσεις Υδάτων⁸, της Αποκεντρωμένης Διοίκησης. Οι εκάστοτε αρμόδιες ή συναρμόδιες Περιφέρειες επωμίζονται το έργο εφαρμογής των μέτρων αυτών (Ανδρεαδάκης, χ.χ.).

Ως παράδειγμα τέτοιων δράσεων μπορούμε να δούμε την λειτουργία του Διαβαλκανικού Κέντρου Περιβάλλοντος, το οποίο έχει αναλάβει την επιστημονική υποστήριξη του δικτύου τηλεμετρικών σταθμών της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Μακεδονίας-Θράκης, Α.Δ.Μ.- Θ.

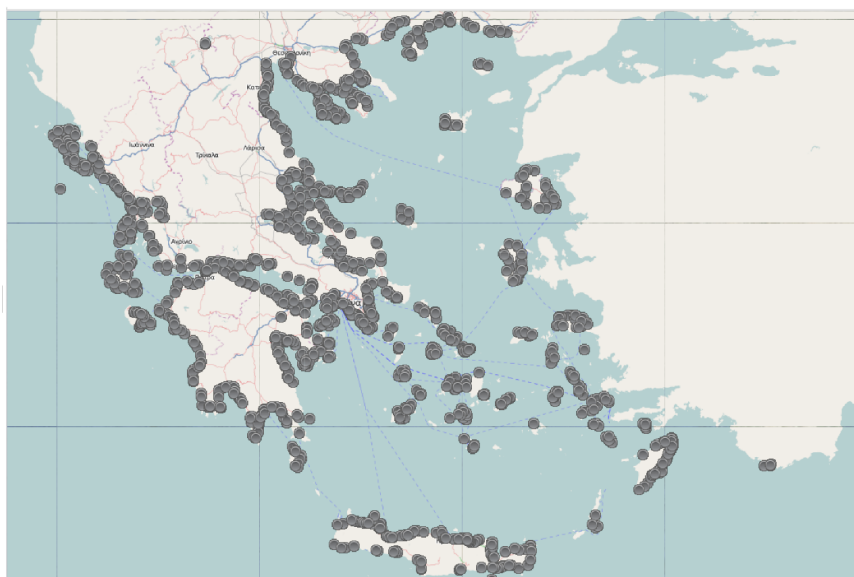
⁶ (ΦΕΚ 237/Α/22-10-1998) «Μεταβίβαση αρμοδιοτήτων στις Περιφέρειες και την Αυτοδιοίκηση και άλλες διατάξεις»

⁷ Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων L327, 22.12.2000

⁸ Ο συγγραφέας της παρούσης εργασίας, αποτελεί στέλεχος της Δ/σης Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας, της Α.Δ.Μ.- Θ.

(πρώην Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας) της Αιρετής Περιφέρειας, (πρώην Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Θεσσαλονίκης) και της Αποκεντρωμένης Διοίκησης Ανατολικής Μακεδονίας – Θράκης.

Το δίκτυο αποτελείται από σταθμούς μέτρησης ποιοτικών και ποσοτικών παραμέτρων νερού καθώς επίσης και από μετεωρολογικούς σταθμούς (βλ. Χάρτης 2, Εικόνα 3).



Χάρτης 2. Σταθμοί Μέτρησης Υδάτων



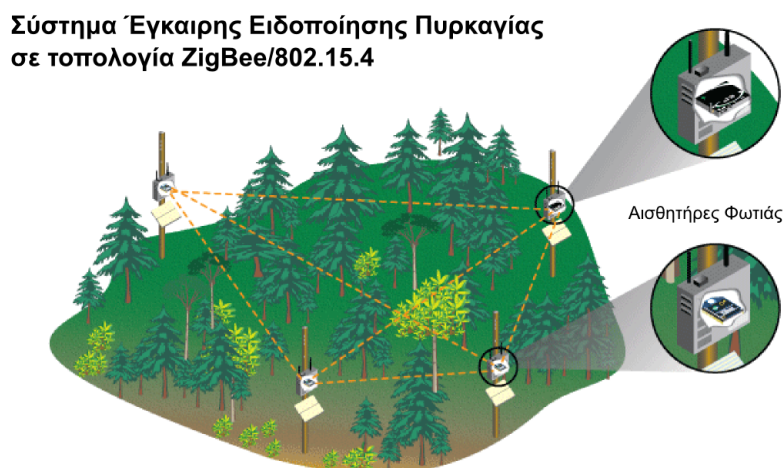
Εικόνα 3. Αυτοματοποιημένος Τηλεμετρικός Σταθμός

Οι τηλεμετρικοί σταθμοί μέτρησης ποιότητας και ποσότητας υδάτινων σωμάτων, είναι πολυαισθητήρες τοποθετημένοι σε σημεία στρατηγικής σημασίας στην περιοχή παρακολούθησης, οι οποίοι προσδιορίζουν τιμές φυσικοχημικών παραμέτρων (pH, αγωγιμότητα, θερμοκρασία, θολερότητα, διαλυμένο οξυγόνο). Η αποθήκευση και μετάδοση των τηλεμετρικών δεδομένων υλοποιείται από σύστημα το οποίο αποτελείται από Data logger, modem, φορτιστή συσσωρευτή, συσσωρευτή, Φ/Β πάνελ, GSM ασύρματη μετάδοση σήματος (συχνότητες 900/1800 MHz) ή GPRS συστήματα (Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, χ.χ.).

3γ. Δίκτυο παρακολούθησης Δασών – Πυρκαγιών

Οι πυρκαγιές και ιδιαίτερα οι δασικές, έχουν σοβαρές επιπτώσεις τόσο στη δημόσια ασφάλεια αλλά κυρίως στους φυσικούς πόρους και στην Χλωρίδα & Πανίδα της χώρας. Η έγκαιρη ανίχνευση δασικών πυρκαγιών σε πραγματικό χρόνο και με αυξημένη ακρίβεια, διασφαλίζει τη γρήγορη καταστολή τους.

Σήμερα στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα ανίχνευσης και πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών (βλ. Εικόνα 4), τόσο ασύρματης δικτυακής τεχνολογίας όσο και χωρίς τη χρήση αυτής.



Εικόνα 4. Απεικόνιση Ασύρματου Συστήματος Έγκαιρης Ειδοποίησης Πυρκαγιάς

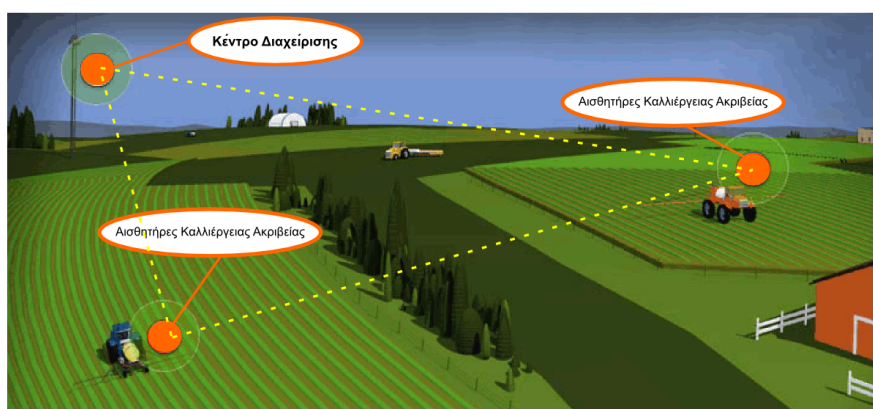
Τα σημαντικότερα συστήματα που έχουν υλοποιηθεί για αυτό το σκοπό σε πολλές χώρες σε ολόκληρο τον κόσμο (Χατούπη, 2009), είναι τα παρακάτω : FireWatch (Γερμανία), FireHawk (Ν. Αφρική), ForestWatch (Καναδάς), FireVu (Αγγλία), IR-Radar (Αυστραλία).

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται πιλοτικά από το Ινστιτούτο Αστρονομίας και Αστροφυσικής, Διαστημικών Εφαρμογών και Τηλεπισκόπησης του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ), η δυνατότητα δυναμικής λήψης και αξιοποίησης των δεδομένων του δορυφορικού σταθμού MSG SEVIRI (EUMETSAT). Η επιτήρηση γίνεται μέσω

ιστοσελίδας, τα στοιχεία λαμβάνονται με ρυθμό 5 λεπτών και επεξεργάζονται με τη χρήση ειδικά διαμορφωμένου αλγόριθμου, κατάλληλου για το γεωγραφικό ανάγλυφο της χώρας μας. Η ιστοσελίδα⁹ έχει τεθεί σε πιλοτική λειτουργία και φιλοδοξεί να διατεθεί πλέον με την βελτιωμένη της έκδοση σε επιχειρησιακή λειτουργία το καλοκαίρι του 2013.

3δ. Δίκτυο παρακολούθησης Χρήσεων Γης

Οι αυξημένες ανάγκες του σύγχρονου ανθρώπου για μεγάλες ποσότητες ποιοτικών γεωργικών προϊόντων με παράλληλη μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης και των λειτουργικών εξόδων, οδήγησε την παραδοσιακή γεωργία στην νέα της μορφή, αυτή της γεωργίας ακριβείας (Precision Agriculture). Το περιεχόμενο της, είναι η χρήση σύγχρονης τεχνολογίας και μεθοδολογίας που σχετίζεται με την καλλιέργεια της γης αλλά και με διεργασίες παροχής δεδομένων και πληροφοριών, μέσα από την παρατήρηση, την εκτίμηση της κατάστασης της καλλιέργειας και των έλεγχο όλων των παραμέτρων της (Τσέλες, Πυρομάλης, Δημογιαννόπουλος, Κάντζος, Σαρρή, 2011). Η βασική τεχνολογία στην οποία βασίζεται η γεωργία ακριβείας είναι τα ΑΔΑ (WSNs) στα οποία εφαρμόζεται η μέθοδος μετρήσεων από πολλά σημεία σε έναν χώρο καλλιέργειας (βλ. Εικόνα 5)



Εικόνα 5. Σχηματική Παράσταση Ασύρματου Δικτύου Καλλιέργειας Ακριβείας

Στις υλοποιήσεις ΑΔΑ (WSNs) γεωργίας ακριβείας, χρησιμοποιούνται κυρίως οι

⁹ Fire Monitoring Service based on MSG SEVIRI, http://papos.space.noa.gr/fend_static/

τοπολογίες δέντρου ή αστέρα και το πλέον σύγχρονο πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης για δίκτυα αισθητήρων και ελέγχου, το ZigBee. Διεθνώς υπάρχουν αρκετές υλοποιημένες εφαρμογές της καλλιέργειας ακριβείας. Επιγραμματικά μπορούμε να αναφερθούμε στις εξής:

- ◆ Επιτήρηση της καλλιέργειας για πρόωμη ανίχνευση ασθενειών στα φυτά (LOFAR 2005, Ολλανδία)
- ◆ Επιτήρηση κλιματικών συνθηκών για αποφυγή ζημίας παγετού σε καλλιέργειες φρούτων (Beckwith et al 2004, ΗΠΑ)
- ◆ Ανάπτυξη αεροφόρων πρακτικών καλλιέργειας (Panchard 2008, Ινδία)
- ◆ Εκτίμηση της κατάστασης σε βοσκοτόπια και φάρμες (Wark et al 2007, Αυστραλία)

Στην Ελλάδα σήμερα γίνονται προσπάθειες από διάφορους κρατικούς φορείς όπως το Πρόγραμμα της Γενικής Γραμματείας Νέας Γενιάς (Γ.Γ.Ν.Γ.) με τίτλο “Επιστημονική Υποστήριξη Νέων Αγροτών, Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης Μικροκλίματος Καλλιέργειας”, που υλοποιήθηκε από το ΤΕΙ Πειραιά το 2011, το πρόγραμμα “HYDROSENSE” του Ινστιτούτου Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας κ.α., με σημαντικά οφέλη στην αύξηση της απόδοσης της παραγωγής, στη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων στην ορθολογική και αποτελεσματικότερη χρήση των χημικών εισροών, στη μείωση κατανάλωσης ενέργειας, στην προστασία του εδάφους και των υπογείων υδάτων.

3ε. Δίκτυο παρακολούθησης Σεισμικής & Ηφαιστειακής Δραστηριότητας

Ο Ελληνικός χώρος παρουσιάζει από αρχαιότατων χρόνων έντονη σεισμική δραστηριότητα. Σήμερα η ελληνική πολιτεία μέσω διεπιστημονικής συνεργασίας (Εθνικό

Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) - Ιδρυμα Γεωλογικών Μελετών Ελλάδος (ΙΓΜΕ)), έχει προώθησει τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου δικτυακού συστήματος συλλογής, αξιολόγησης και αξιοποίησης πληροφοριών για τη σεισμικότητα, τη σεισμική επικινδυνότητα διαφόρων περιοχών, τη γεωλογία τους και τα γεωτεκτονικά χαρακτηριστικά του εδάφους τους και του γεωλογικού τους υποβάθρου.

Παράλληλα η σεισμολογική παρακολούθηση των ενεργών πρόβλεψης και άμεσης ειδοποίησης ενός επερχόμενου ηφαιστειακού κινδύνου και ελαχιστοποίησης των συνεπειών του στην τοπική κοινωνία και στο ευρύτερο περιβάλλον.

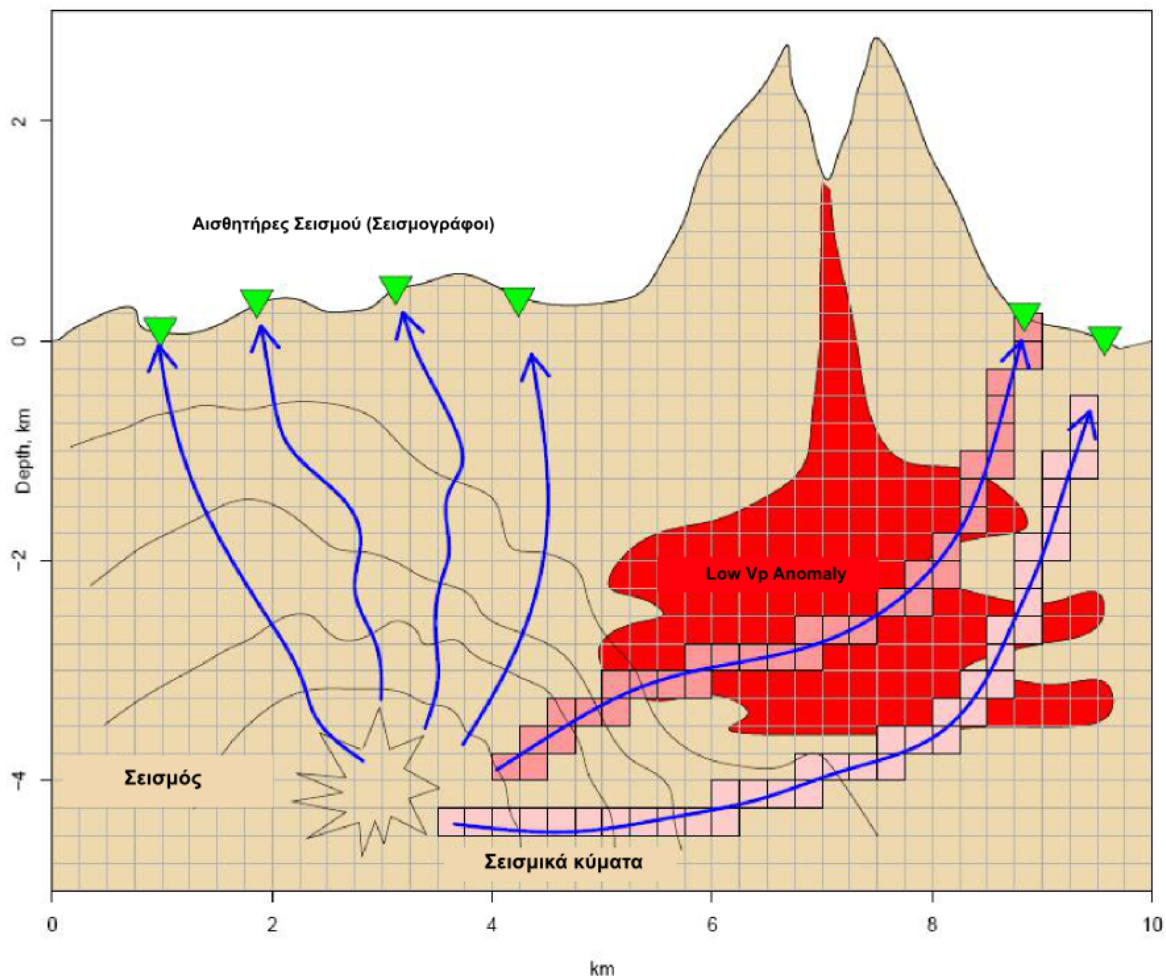
Από το 1994 λειτουργεί στο ηφαίστειο της Σαντορίνης, μόνιμο σεισμολογικό δίκτυο παρακολούθησης της σεισμικής δραστηριότητας υπό την εποπτεία του Ινστιτούτου Μελέτης και Παρακολούθησης του Ηφαιστείου της Σαντορίνης (Ι.Μ.Π.Η.Σ.) σε στενή συνεργασία με τον Τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου της Θεσσαλονίκης. Αντίστοιχο σεισμολογικό δίκτυο είναι και αυτό της Νισύρου (περιοχές Σταυρός, Νικιά, Σπηλιανή και ΒΑ Γυαλί), (Δημητριάδης, 2008).

Στα δύο αυτά σεισμολογικά δίκτυα, λειτουργούν ψηφιακοί σεισμογράφοι σε συνδυασμό με την χρήση σεισμομέτρων τριών συνιστωσών. Κάθε σεισμογράφος διαθέτει ηλιακό συλλέκτη για τη φόρτιση της μπαταρίας του και προσαρμοσμένο σύστημα τηλεμετρικής μετάδοσης του αναλογικού σήματος στον κεντρικό σταθμό (ο οποίος βρίσκεται στο Παρατηρητήριο, στο Εμπορείο) μέσω σχετικής κεραίας (βλ. Σχήμα 5)

Οι καταγραφές του σεισμολογικού δικτύου μεταδίδονται στη συνέχεια δορυφορικά στο Σεισμολογικό Σταθμό του Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, όπου υπάρχει συνεχής και σε 24ωρη βάση παρακολούθηση για το σύνολο των σημάτων του Πανελλαδικού σεισμολογικού δικτύου του Α.Π.Θ. Οι επεξεργασμένες καταγραφές του δικτύου (θέση και μέγεθος καταγραμμένων σεισμικών γεγονότων στο χώρο της Νισύρου) είναι διαθέσιμα μέσω του

διαδικτύου και στον δικτυακό τόπο <http://nisyros.igme.gr>

Αξίζει να αναφέρουμε ότι Έλληνες ερευνητές από το Πανεπιστήμιο της Αθήνας και το



Σχήμα 8: Αναπαράσταση δικτύου παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας

Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.), συνεργαζόμενοι με ξένους συναδέλφους τους χαρτογράφησαν τον πυθμένα του υποθαλάσσιου ηφαιστείου Κολούμπο έξω από τη Σαντορίνη, ευελπιστώντας πέραν των σημαντικών επιστημονικών δεδομένων που συγκεντρώθηκαν, στην δημιουργία "ενός πρότυπου υποθαλάσσιου παρατηρητηρίου στο πιο ενεργό υποθαλάσσιο ηφαίστειο της Μεσογείου, όπου θα γίνονται σε πραγματικό χρόνο μετρήσεις ώστε να παρακολουθείται το ηφαίστειο από τους επιστήμονες αλλά και απ' όλον τον κόσμο μέσω Διαδικτύου, όπως γίνεται με το υποθαλάσσιο παρατηρητήριο Neptune (το

μεγαλύτερο υποθαλάσσιο καλωδιωμένο παρατηρητήριο) στις ακτές του Καναδά” όπως πολύ χαρακτηριστικά αναφέρει η κυρία Παρασκευή Νομικού, λέκτορας Γεωλογικής Ωκεανογραφίας στο Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιστημίου Αθηνών (Γαλδαδάς, 2008).

3στ. Δίκτυο παρακολούθησης Υγροτόπων & Βιοτόπων (Wildlife & Wetlands)

Τα ΑΔΑ (WSNs) που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση οικοσυστημάτων δημιουργούν δυνητικά πολυάριθμα οφέλη για τη μελέτη της φύσης και την προστασία του περιβάλλοντος, επειδή μπορούν να παρέχουν πληροφορίες για διάφορες περιβαλλοντολογικές συνθήκες όπως είναι η σύνθεση του εδάφους και της γενικής συμπεριφοράς των διάφορων φυτικών και ζωικών οργανισμών. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα παρακολούθησης για τα διεθνή πρότυπα αποτελεί το Habitat Monitoring του Great Duck Island¹⁰.

Στον Ελλαδικό χώρο οι δράσεις που αναφέρονται στην περιβαλλοντική παρακολούθηση Υγροτόπων & Βιοτόπων αφορούν σε προγράμματα που υλοποιήθηκαν στα πλαίσια του δικτύου Natura 2000 το οποίο περιλαμβάνει 241 Τόπους Κοινοτικής Σημασίας σύμφωνα με την Οδηγία 92/43/ΕΟΚ και 202 Ζώνες Ειδικής Προστασίας της ορνιθοπανίδας σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ).

Συγκεκριμένα υλοποιήθηκε πρόγραμμα δορυφορικής τηλεπισκόπησης για την ευρύτερη περιοχή του δάσους Στροφυλιάς και της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου (Γεωργιάδης, 2010) και Τηλεματικό Δίκτυο παρακολούθησης των βιοτόπων Βιστονίδας και Ισμαρίδας.

3ζ. Δίκτυο παρακολούθησης Έγκαιρης Προειδοποίησης Φυσικών Καταστροφών

Οι φυσικοί Περιβαλλοντικοί Κίνδυνοι (πλημμύρες, ξηρασίες, απερίμωση, κατολισθήσεις,

¹⁰ http://citris-uc.org/research/projects/visualization_of_great_duck_island_sensor_network_data

παγετός, χαλάζι), έχουν ανυπολόγιστες κοινωνικο-οικονομικές επιπτώσεις αλλά και σοβαρές συνέπειες στη γεωργία και το περιβάλλον μιας χώρας.

Η διαχείριση του κινδύνου των πλημμυρών πρέπει να στηρίζεται σε μια ολοκληρωμένη μελέτη των λεκανών απορροής των ποταμών που σε ορισμένες περιπτώσεις περιλαμβάνει κατασκευαστικά και μη κατασκευαστικά μέτρα και διακρατική-διασυνοριακή συνεργασία¹¹

Μέχρι σήμερα έχουν υλοποιηθεί αρκετά προγράμματα προειδοποίησης Φυσικών Καταστροφών με την εγκατάσταση αυτοματοποιημένου τηλεμετρικού δικτύου παρακολούθησης βροχής – απορροής σε κρίσιμες θέσεις το οποίο υποβοηθείται από σύστημα πρόγνωσης και παρακολούθησης ισχυρών καταιγίδων και πλημμυρών σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση ραντάρ και δορυφόρων.

Με την ανάπτυξη λογισμικού συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων ο χρόνος έγκαιρης πρόγνωσης αγγίζει τουλάχιστον τις τρεις (3) ημέρες πριν αυτά εμφανιστούν (η πλημμύρα στον Βρούτε το Φεβρουάριο του 2005 είχε προβλεφθεί τέσσερις (4) ημέρες νωρίτερα).

Συμπεράσματα για το μέλλον των Δικτύων

Από την μέχρι τώρα ανάλυση της εργασίας, διαπιστώνουμε ότι οι Δικτυακές εφαρμογές και ιδιαίτερα τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs) αποτελούν μια από τις σημαντικότερες τεχνολογίες που έχει στη διάθεσή του ο σύγχρονος άνθρωπος. Αντιπροσωπεύουν μια εφαρμόσιμη και αξιόπιστη λύση για την παρακολούθηση, καταγραφή και έγκαιρη ειδοποίηση για τις αλλαγές που επιτελούνται στο περιβάλλον, συνέπεια των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων αλλά και εξωγενών αυτού παραγόντων, όπως είναι οι φυσικές καταστροφές, αλλά και η συντελούμενη κλιματική αλλαγή.

Τα ΑΔΑ (WSNs) χαρακτηρίζονται γενικά ως νεόκοπη τεχνολογία. Η εξέλιξή τους τα

¹¹ βλ. Προγράμματα ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΛΔΑΦΙΚΗΣ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ «ΕΛΛΑΔΑ – ΒΟΥΛΓΑΡΙΑ» JOINT EFFORTS FOR FLOOD RISK MANAGEMENT / JEFMAN» 2007-2013

τελευταία χρόνια όμως είναι ραγδαία και στο μέλλον οι χρήσεις τους θα βρίσκονται σε μεγαλύτερη αλληλοεξάρτηση με το περιβάλλον, αλλά και με τον ίδιο τον άνθρωπο. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Loren Schwiebert του Wayne State University / Department of Computer Science, στην παρουσίασή του με τίτλο “What does the Future hold for Wireless Sensor Networks?”, τα Δίκτυα αισθητήρων θα αυξηθούν σε μέγεθος λόγω χαμηλότερου κόστους κτήσης, χρήσης καλύτερων πρωτοκόλλων επικοινωνίας και γενικά λόγω των πλεονεκτημάτων τους η χρήση τους θα γενικευθεί.

Οι ίδιοι οι αισθητήρες θα εξελιχθούν σε μικρο-μηχανές (micromachines), οι οποίες μέσα από την υποστήριξη σερβομηχανών χαμηλής ενέργειας (low-Power Motors) θα αποκτήσουν κινητικότητα. Θα αποκτήσουν επίσης και εξειδίκευση, αφού θα αναπτύσσονται για συγκεκριμένες εφαρμογές, με διαφορετικές ιδιότητες, π.χ. αισθητήρες θερμοκρασίας για τον έλεγχο HVAC, διαφορετικής τεχνολογίας από αυτούς που εντοπίζουν την θέση εργαζομένων, αλλά με δυνατότητα αλληλοσυνδιασμένης χρήσης τους σε επιχειρήσεις διάσωσης από φωτιά.

Σύμφωνα με τον Andreas Timm-Giel του Πανεπιστημίου της Βρέμης (TZI-Adaptive Communication) οι ασύρματοι αισθητήρες έχουν την τάση να μικραίνουν σε μέγεθος και να αυξάνουν σε δυναμικότητα. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι από 2,5-4 cm³ το 2003 φτάσαμε στο 1-5 mm³ το 2012 με αντίστοιχη αύξηση της δυναμικής τους συχνότητας από < 3GHz το 2003 σε >50 GHz το 2012, για να φτάσουν εργαστηριακά σήμερα στο καταπληκτικό μέγεθος του 1 mm του Intelligent Seed και του SmartDust.

Παρότι η εργασία μας επικεντρώθηκε στις εφαρμογές των ΑΔΑ (WSNs) στο Περιβάλλον, αυτά χρησιμοποιούνται επίσης σε εφαρμογές όπως είναι το Έξυπνο Σπίτι, το Smart Office, οι Έξυπνες Γέφυρες και Δρόμοι, οι Ιατρική και Υγεία, η Επιτήρηση Κίνησης Οχημάτων κ.α..

Αξίζει εδώ να αναφερθούμε στο RUNES Project (Reconfigurable Ubiquitous Networked Embedded Systems) το οποίο αποτελεί την επόμενη γενιά ενσωματωμένων συστημάτων

(embedded systems). Συμμετέχοντες στο RUNES είναι μερικές από τις μεγαλύτερες εταιρίες παγκοσμίως ((ConnectBlue AB (Sweden), Ericsson AB (Sweden), Kodak Ltd (UK) κ.α.)) αλλά και διακεκριμένα Πανεπιστήμια ((University College London (UK), University of California - San Diego (USA), University of California – Berkeley (USA), University of Lancaster (UK)), μεταξύ των οποίων και Ελληνική συμμετοχή με το Πανεπιστήμιο Πατρών.

Η υλοποίησή του RUNES αποτελείται από μεγάλο αριθμό ετερογενών συσκευών αισθητήρων οι οποίοι είναι σε θέση να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες με βάση το πλαίσιο ευαισθητοποίησης τους. Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να αναπτυχθούν σε κινητό και / ή μορφής ad-hoc δίκτυο και ενώ είναι συνήθως περιορισμένων πόρων, χρησιμοποιώντας διαφορετικά λειτουργικά συστήματα μπορούν να συνδέονται μέσω διαφορετικών τύπων διεπαφών του δικτύου με το κέντρο διαχείρισης (management centre) αλλά και μεταξύ τους.

Από όσα προ-ειπώθηκαν στην παρούσα εργασία, συμπεραίνουμε ότι τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων έχουν ένα λαμπρό μέλλον, σε βαθμό που τους δίνεται η δυνατότητα να φέρουν επανάσταση στην αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή με το περιβάλλον του.

Βέβαια για να φτάσουμε στο σημείο ο άνθρωπος και το “άψυχο” γύρω του περιβάλλον να “αποκτήσουν” κοινή αίσθηση και συνείδηση αυτής της νέας πραγματικότητας, χρειάζεται να γίνουν πολλές ακόμη έρευνες, να ξεπεραστούν πολλά εμπόδια, αλλά πρωτίστως για να φτάσουμε στον “μαγικό” αυτό κόσμο του αύριο, “πρέπει ο ρεαλισμός να καθοδηγήσει τις όποιες ερευνητικές προσπάθειες” (Schwiebert L. χ.χ.).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Akyildiz, I.F., Su, W., Sankarasubramaniam, Y., Cayirci, E. (2002). *Wireless sensor networks: a survey*, Computer Networks 38, 393–422 από www.elsevier.com/locate/comnet
doi:10.1016/S1389-1286(01)00302-4
- Emetris Σύμβουλοι Ανάπτυξης Επιχειρήσεων ΕΠΕ, *Βιοποικιλότητα: Η νέα περιβαλλοντική πρόκληση αλλά και επιχειρηματική ευκαιρία*, 15/10/2010. Ανακτήθηκε από
<http://www.coastlearn.org/gr/bio-gr/monitoring.html>
- Marstijepović, S., Williams, St. (2009). Environmental Monitoring and Field Surveillance Reference Guide, *Strengthening capacities in the Western Balkans countries to address environmental problems through remediation of high priority hot spots, UNDP Montenegro*.
- Oxford University Press (2007), *GSM and Similar Architectures*.
- Ανδρεαδάκης, Α., Γ.Γ. Ειδικής Γραμματείας Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων.
- Βενιέρης, Ι.Σ., Νικολούζος, Ε.Γ. (2000). *Τεχνολογίες Διαδικτύου*, εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Γαλδαδάς, Α., (2012, 5 Αυγούστου). Ταξίδι στο κέντρο του ηφαιστείου, Εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ- Science. Ανακτήθηκε από <http://www.tovima.gr/PrintArticle/?aid=469665>
- Γεωργιάδης, Γ. (2010). *Βιοπαρακολούθηση (BIOMONITORING) των Προστατευόμενων Περιοχών του Δικτύου ΦΥΣΗ 2000 με σύγχρονες μεθόδους τηλεπισκόπησης και τηλεμετρίας* (Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, 2010). Ανακτήθηκε από
<http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/4251>

Δημητριάδης, Ι., *Συμβολή στη Μελέτη της Ενεργού Τεκτονικής και της δομής του*

Ηφαιστειακού Κέντρου της Σαντορίνης με Δεδομένα Τοπικού Δικτύου Ψηφιακών Σεισμογράφων (Διδακτορική Διατριβή, ΑΠΘ 2008). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας. Τομέας Γεωφυσικής, Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε από <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/18871?locale=el>

Δημοπούλου, Έ., Σπυρόπουλος, Χρ., Ζεντέλης, Π., *Ανάπτυξη Συστήματος Διαχείρισης Σεισμικής Επικινδυνότητας*, Τομέας Τοπογραφίας, Σχολή Αγρ. Τοπογράφων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Διαβαλκανικό Κέντρο Περιβάλλοντος, (χ.χ.) Ανακτήθηκε 21 Νοεμβρίου 2012, από <http://www.balcenv.gr/index.php?act=viewCat&catId=2>

Διαχειριστική Αρχή / Κοινή Τεχνική Γραμματεία, Επιχειρησιακού Προγράμματος Διασυνοριακής Συνεργασίας Ελλάδα-Κύπρος 2007-2013 (2011), *1η Ετήσια Έκθεση Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης Επιχειρησιακού Προγράμματος Ελλάδα-Κύπρος 2007-2013*, Θεσσαλονίκη.

Ευαγγέλου (Δρ) Ελ., Τσαντήλας, (Δρ) Χρ., *Γεωργία Ακριβείας: το μελλοντικό σύστημα παραγωγής αγροτικών προϊόντων - Πρόγραμμα HYDROSENSE μια ερευνητική προσπάθεια στον ελληνικό χώρο*, ΕΘΙΑΓΕ, χ.χ.

Ζήση, Θ., *Εξυπνοι Αισθητήρες*, (Πτυχιακή εργασία, Α.Ε.Υ.Κ., 2011). Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, Τμήμα Ηλεκτρολογίας, Ηράκλειο.

ΗΜΕΡΗΣΙΑ, Εφημερίδα, φύλλο της 20/5/2008.

Μιμίκου, Μ.Α., Το πλυμμηρικό καθεστώς στην Ελλάδα, Ε.Μ.Π. Τομέας ΥΠΗΘ, χ.χ.

Τζόκας, Δ., Φρόνιμος, Θ., *Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων για παρακολούθηση*

Περιβαλλοντικών Μεγεθών, (Πτυχιακή εργασία, Α.Π.Θ., 2008). Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Θεσσαλονίκη.

Τσελές, Δ., Πυρομάλης, Δ., Δημογιαννόπουλος, Δ., Κάντζος, Δ., Σαρρή, Α., *Πρόγραμμα ΓΓΝΓ- Επιστημονική Υποστήριξη Νέων Αγροτών – Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης Μικροκλίματος Καλλιέργειας(2011), Τ.Ε.Ι. Πειραιά.*

Οδηγία 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου της 24ης Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης. *Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 257 της 10/10/1996 σ.0026 – 0040 από*
<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.douri=CELEX:31996L0061:el:HTML>
doi:31996L0061

Πάνου, Ε., *Το πλημμυρικό καθεστώς στην Ελλάδα - διαχείριση πλημμυρών στα πλαίσια της οδηγίας πλαίσιο 2000/60: η περίπτωση του Πηνειού Θεσσαλίας.* Ανακτήθηκε από ιστοσελίδα <http://dspace.lib.ntua.gr/handle/123456789/1135?mode=full>

Παπαγιαννάκης, Ν., Βραχασωτάκης, Ι., *Υλοποίηση ασύρματου βρόγχου αυτοματισμού με αναμετάδοση, (Πτυχιακή εργασία, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, χ.η).*
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής & Πολυμέσων.

Περιοδικό της Γενικής Διεύθυνσης Περιβάλλοντος, *Περιβάλλον για τους Ευρωπαίους, Σεπτέμβριος 2007, Αρ.28.*

Σύμβαση για τη Βιοποικιλότητα, Ρίο Ντε Τζανέιρο (1992). *Ανακτήθηκε από*
http://europa.eu/legislation_summaries/development/sectoral_development_policies/l28102_el.htm

Τσαντίλης, Δ., Χατζημπίρος, Κ.,(χ.χ.). *Η Περιβαλλοντική Πολιτική*, ΙΤΙΑ, Ερευνητική Ομάδα.

Ανακτήθηκε από <http://itia.ntua.gr/>

Χατούπη, Π., *Πρόβλεψη και Ανίχνευση Δασικών Πυρκαγιών με τη χρήση Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων*. (Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Κύπρου, 2009) Τμήμα Πληροφορικής.

Εξώφυλλο

Το εξώφυλλο, αποτελεί πρωτότυπη εικαστική σύνθεση του Χουλέβα Νικολάου, Τεχνικού Γραφίστα (DTP) Ηλεκτρονικής Σχεδίασης Εντύπου, συγγραφέα της παρούσας εργασίας.

Εικόνες

Εικόνα 1, Ασύρματος αισθητήρας τύπου Mica 2, εταιρίας Crossbow, επεξεργασμένη εικόνα από το πρωτότυπο στην ιστοσελίδα

http://www.snm.ethz.ch_snmwiki_pub_uploads_Projects_mica2.jpg_mica2

Εικόνα 2, Σχηματική Αναπαράσταση Ολοκληρωμένου Συστήματος Περιβαλλοντικής Παρακολούθησης από ιστοσελίδα

http://www.nsf.gov_news_mmg_media_images_NEON_Rager_h.jpg_NEON_Rager_h

Εικόνα 3, Αυτοματοποιημένος Τηλεμετρικός Σταθμός, από ιστοσελίδα

<http://www.balcenv.gr/index.php?act=viewCat&catId=51>

Εικόνα 4, Απεικόνιση Ασύρματου Συστήματος Έγκαιρης Ειδοποίησης Πυρκαγιάς επεξεργασμένη εικόνα από το πρωτότυπο στην ιστοσελίδα

http://www.digi.com_learningcenter_images_appstories_as111wildfire-early-detection-

system.gif_as111wildfire-early-detection-system

Εικόνα 5, Σχηματική Παράσταση Ασύρματου Δικτύου Καλλιέργειας Ακριβείας
επεξεργασμένη εικόνα από το πρωτότυπο στην ιστοσελίδα

http://blog.primemeriandata.com/index.php/tag/precision-agriculture-data__RAVEN-SLINGSHOT-how-it-works1

Πίνακες

Πίνακας 1, Industrial, Scientific and Medical bands, στοιχειοθέτηση πίνακα, βάση
στοιχείων από ιστοσελίδα, http://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band

Σχήματα

Σχήμα 1, Απεικόνιση Ασύρματου Δικτύου ΑΔΑ (WSN), επεξεργασμένο σχήμα από το
πρωτότυπο στην ιστοσελίδα

<http://monet.postech.ac.kr/research.html>

Σχήμα 2, Χρήση μπάντας ISM (5GHz), από ιστοσελίδα

http://www.awmn.gr/wiki_images_b_b4_Ism_5GHz.jpg

Σχήμα 3, Αλληλοκάλυψη καναλιών στο πρωτόκολλο 802.11b

http://www.awmn.gr/wiki_index.php_%CE%91%CF%81%CF%87%CE%B5%CE%AF%CE%BF-Ism2.4GHz.jpg

Σχήμα 4, Προδιαγραφές προτύπου ZigBee, επεξεργασμένο σχήμα από το πρωτότυπο
στην ιστοσελίδα

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/ZigBee_protocol_stack.png

ocol_stack

Σχήμα 5, Τοπολογία διασύνδεσης τύπου STAR

http://en.wikipedia.org/wiki/Star_network

Σχήμα 6, Τοπολογία διασύνδεσης τύπου MESH

http://en.wikipedia.org/wiki/Mesh_networking

Σχήμα 7, Τοπολογία διασύνδεσης τύπου TREE,

http://en.wikipedia.org/wiki/Tree_network#Tree

Σχήμα 8, Αναπαράσταση δικτύου παρακολούθησης ηφαιστειακής δραστηριότητας, επεξεργασμένο σχήμα από το πρωτότυπο στην ιστοσελίδα

<http://sensorweb.cs.gsu.edu/sites/default/files/research/projects/VolcanoSRI/images/Tomography.jpg>

Χάρτες

Χάρτης 1, Σταθμοί Μέτρησης Ατμοσφαιρικών Δεδομένων

<http://www.geodata.gov.gr/maps/>

Χάρτης 2, Σταθμοί Μέτρησης Υδάτων

<http://www.geodata.gov.gr/maps/>

Ακρωνύμια

WSNs - Wireless Sensor Networks

Μ.Π.Ε. - Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων

Ε.Ε. - Ευρωπαϊκή Ένωση

ΟΗΕ - Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών

ΕΟΚ - Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα

IP - Internet Protocol

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

ΑΔΑ - Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων

WiFi - Wireless Fidelity

DWSN - Distributed Wireless Sensor Network

GSM - Global System for Mobile Communications

GPRS - General Packet Radio Service

ISM - Industrial, Scientific and Medical bands

WLAN - Wireless Local Area Network

ZIGBEE - Zonal Intercommunication Global-standard, where Battery life is long, which is Economical to deploy, and which exhibits Efficient use of resources

RF - Radio Frequency

MAC - Medium Access Control

DSSS - Direct Sequence Spread Spectrum

FHSS - Frequency – Hopping Spread Spectrum

CTS - Crash TimeSharing

RTS - Request To Send

ΥΠΕΚΑ - Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής

ΕΔΠΑΡ - Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

ΥΠΕΧΩΔΕ - Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων

Α.Δ.Μ.-Θ - Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης

pH - Potential of Hydrogen

Φ/B - Φωτοβολταϊκό

ΗΠΑ - Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής

Γ.Γ.Ν.Γ. - Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς

ΤΕΙ - Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα

ΕΑΑ - Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

ΙΓΜΕ - Ίδρυμα Γεωλογικών Μελετών Ελλάδος

Ι.Μ.Π.Η.Σ. - Ινστιτούτο Μελέτης και Παρακολούθησης του Ηφαιστείου της Σαντορίνης

ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. - Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών

HVAC - Heating, Ventilation, and Air Conditioning

MHz - Megahertz

GHz - Gigahertz

RUNES - Reconfigurable Ubiquitous Networked Embedded Systems