

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΤΣΟΜΠΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :
ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ**

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2017

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΟΣ
ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΗΧΑΝΟΣΤΑΣΙΟΥ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΤΣΟΜΠΙΑΝΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΑΜ : 4955**

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας
Ο καθηγητής

ΓΟΥΡΓΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Περίληψη

Στο παρών έγγραφο προτείνονται μέθοδοι ασύρματου ελέγχου του μηχανοστασίου ενός σύγχρονου πλοίου και βασικές έννοιες καθώς και η χρησιμότητα των δικτύων ασυρμάτων αισθητήρων. Περιγράφεται επίσης ο συνδιασμός μικροελεγκτών και επενεργητών με τα δίκτυα αυτά με σκοπό τον έλεγχο, την πρόληψη και την αντιμετώπιση αλλαγών στις συνθήκες του εξοπλισμού του μηχανοστασίου. Σκοπός δεν είναι η αντικατάσταση του ανθρώπινου παράγοντα αλλά η διευκόλυνσή του στο χώρο εργασίας.

Abstract

In this paper there are suggested a number of methods of wireless control of a ships machinery space and fundamental aspects and benefits of using wireless sensor networks. Furthermore the combined use of microcontrollers/actuators and wireless sensor networks is described in order to achieve control, prediction and rectification of various conditions of the machinery space equipment. The intended purpose is not to replace the human variable but to aid the personnel in the working space and improve working conditions.

Πρόλογος

Από την αρχαιότητα ο άνθρωπος προσπαθούσε να βελτιώσει την ποιότητα ζωής του εφευρίσκοντας εργαλεία και στη συνέχεια μηχανήματα. Παρόλα αυτά όμως, ανέκαθεν απαιτούνταν ένας χειριστής και ο όρος «αυτοματισμός» χρησιμοποιήθηκε με μεγάλη ευρύτητα μόλις από το 1947 και μετά, όταν ο Henry Ford δημιούργησε το πρώτο τμήμα αυτοματισμού. Η πρώτη προσπάθεια βελτίωσης έγινε, μερικώς, με την διοχέτευση στην αγορά, του πρώτου ηλεκτρικού θερμοστάτη το 1883 από τον Warren S. Johnson. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας μέχρι σήμερα, οι αυτοματισμοί υπάρχουν σε κάθε τομέα της ζωής μας. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν αυτοματισμοί και αισθητήρια σε κάθε ηλεκτρονική συσκευή. Μόνο τα κινητά τηλέφωνα που ανήκουν στην κατηγορία των smartphones, έχουν πάνω από δέκα αισθητήρια κατά μέσο όρο. Λογικό είναι λοιπόν να έπεται η εξέλιξη τους σε σύρματους αισθητήρες.

Η χρήση αυτοματισμών στη ναυτιλία γνώρισε μεγάλη άνθιση τα τελευταία χρόνια, από πνευματικό αρχικά και στη συνέχεια υδραυλικό και ηλεκτρονικό έλεγχο και συνδιασμό αυτών. Η χρήση τους μείωσε την εξάρτηση των πλοίων από τεράστιο αριθμό πληρώματος και ταυτόχρονα βελτίωσε τις συνθήκες εργασίας. Οι αυτοματισμοί χρησιμοποιούνται σχεδόν σε κάθε συσκευή και μηχανήμα εντός του μηχανοστασίου και είναι απαραίτητοι για τον μηχανικό. Συνεπώς με τον ασύρματο έλεγχο επιτυγχάνουμε καλύτερη και γρηγορότερη πρόσβαση στις λειτουργίες και τις ρυθμίσεις των μηχανημάτων και μπορούμε να ορίσουμε μερικώς ή και πλήρως συγκεκριμένες λειτουργίες από οποιοδήποτε μέρος του μηχανοστασίου ή και έξω από τον χώρο αυτού. Προς το παρόν λόγω τεχνικών δυσκολιών που θα παρουσιαστούν παρακάτω, η χρήση ασύρματου ελέγχου και δικτύων ασυρμάτων αισθητήρων (wireless sensor networks-WSN) σε πλοία είναι ακόμα σε στάδιο μελέτης και πειραμάτων, παρόλα αυτά εκτιμάται η ραγδαία εξέλιξη και χρήση τους στο προσεχές μέλλον όταν καμφθούν οι εν λόγω δυσκολίες.

Κεφάλαιο 1

Είδη αισθητήρων και δίκτυα ασυρμάτων αισθητήρων

1. Εισαγωγή

Παρά τις διαφορές μεταξύ ειδών WSN, όλα μοιράζονται μερικά θεμελιώδη κοινά στοιχεία. Το ποιο βασικό είναι ότι βρίσκονται ενσωματωμένα στον πραγματικό κόσμο. Οι αισθητήρες ανιχνεύουν τις διάφορες ποσότητες της φύσης όπως τη φωτεινότητα, την θερμοκρασία, τον ήχο, την απόσταση αντικειμένων κ.α. Οι επενεργητές, ομοίως, επηρεάζουν τον κόσμο με κάποιο τρόπο, όπως (απ)ενεργοποιώντας έναν διακόπτη, παράγοντας ένα θόρυβο ή ασκώντας μια δύναμη. Τέτοιου είδους σχέση αλληλεπίδρασης έρχεται αντιδιαμετρικά αντίθετη με το μεγαλύτερο τμήμα των παραδοσιακών υπολογιστών το οποίο ως επί το πλείστον υπάρχει σε ψηφιακό επίπεδο. Υπολογιστές του ψηφιακού «κόσμου», έρχονται σε επαφή αποκλειστικά με πληροφορία την οποία ευφύρει ο άνθρωπος, όπως το e-mail, υπόλοιπα τραπεζικών λογαριασμών, ηλεκτρονικά βιβλία και ψηφιακή μουσική. Αντίθετα, τα WSN μετρούν, καταγράφουν και διαχειρίζονται πληροφορία που λαμβάνουν μέσω αισθητήρων από το περιβάλλον, μετρώντας φυσικά μεγέθη.

1.1 Τύποι αισθητήρων

Γενικότερα υπάρχουν πολλά είδη αισθητήρων. Αφ' ενός κατηγοριοποιούνται όσον αφορά το τί «αισθάνονται», δηλαδή θερμότητα, πίεση, ρεύμα, τάση, μαγνητικά πεδία και την έντασή τους, υγρασία, διάφορα φάσματα ήχου και ακτινοβολιών, ροή, και ποιο σύνθετοι όπως αυτοί που μετρούν διαστάσεις ή αποστάσεις με κάμερες ή λέιζερ ή υπέρηχους, αισθάνονται κίνηση, θερμά αντικείμενα/όντα μέσω υπερύθρων κ.α. Αφ' ετέρου, αφορά τον τρόπο με τον οποίο αποδίδουν την μέτρηση, δηλαδή αναλογικά ή ψηφιακά.

Προφανώς τα πρώτα αισθητήρια που εφευρέθηκαν ήταν αναλογικά. Έπασχαν συνήθως από ανακρίβεια στις μετρήσεις ή και από χαμηλή ταχύτητα απόκρισης σε αλλαγές του μετρούμενου μεγέθους. Η συνεχής προσπάθεια για μεγαλύτερη ακρίβεια και ταχύτητα απόκρισης οδήγησε αρχικά σε πειραματισμούς με διαφορετικά υλικά και σχέδια κατασκευής. Με την εξέλιξη, όμως, των ηλεκτρονικών και της ψηφιακής τεχνολογίας, επιτεύχθηκαν ταχύτητες απόκρισης της τάξης των νανοδευτερολέπτων και ακρίβεια αρκετών δεκαδικών ψηφίων.

Με την πάροδο του χρόνου βελτιώθηκαν ή επανασχεδιάστηκαν τα υπάρχοντα αισθητήρια και εφευρέθηκαν καινούρια, που μετρούν μεγέθη που παλαιότερα δεν είχαν καν ανακαλυφθεί. Για παράδειγμα, πλέον ως αισθητήρας θεωρείτε και κατονομάζεται HVAC sensor (Heating, Ventilation, Air Conditioning) ολόκληρος ο αυτοματισμός που κρατά σταθερή τη θερμοκρασία ενός δωματίου σε μια επιθυμητή τιμή, ελέγχοντας ένα σύστημα οικιακής θέρμανσης. Παρά το γεγονός ότι αποτελείται από ένα σύνολο κυκλωμάτων και ουσιαστικά αποτελεί μέρος ενός Σ.Α.Ε., έχει γίνει τόσο κοινότοπη και συχνά χρησιμοποιούμενη συσκευή που θεωρείται ως ένας ενιαίος αισθητήρας.

Μπορούμε να πούμε ότι η ναυτιλία επωφελήθηκε από αισθητήρες από την εφεύρεση της μαγνητικής πυξίδας, αν θεωρήσουμε αυτήν ως αισθητήρα του γεωμαγνητικού πεδίου του πλανήτη μας. Το 1643 ο Torricelli εφήυρε το πρώτο βαρόμετρο και αργότερα αντίστοιχα όργανα χρησιμοποιήθηκαν και στη ναυτιλία, ιδιαίτερα καθώς η λειτουργία τους διευκολύνεται από την ουσιαστικά μηδαμινή αλλαγή στην υψόμετρική θέση του πλοίου. Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας η ναυτιλία κατέστη εξαρτημένη από αισθητήρες διαφόρων ειδών.



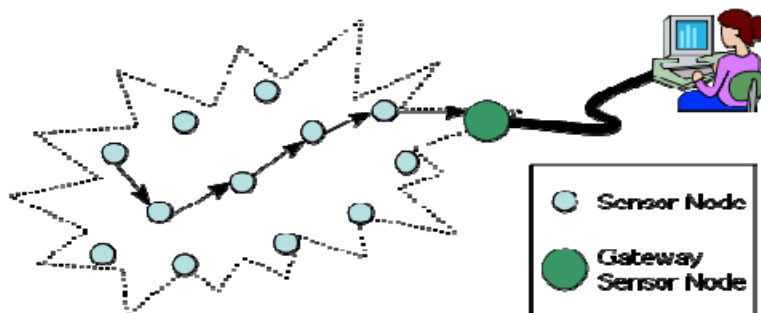
Εικόνα 1 Συνηθισμένα είδη αισθητηρίων

Τα κυριότερα είδη αισθητήρων που βρίσκει κανείς σε πλοία είναι θερμοκρασίας, πίεσης, στάθμης, καπνού, φλόγας και αερίων. Τα πρώτα δύο, θερμοκρασίας και πίεσης, χρησιμοποιούνται κατά κόρον στην κύρια και τις βοηθητικές μηχανές, στις ψυκτικές εγκαταστάσεις, στους φυγοκεντρικούς διαχωριστήρες, στον αποτεφρωτήρα, και γενικότερα σε πολλά μηχανήματα και σημεία στο πλοίο πχ. όπως στα όργανα καιρού της γέφυρας δίκτυα κλπ. Συγκεκριμένα στα δίκτυα, κατά γενικό κανόνα (όχι απόλυτα όμως) τοποθετούνται μανόμετρα πριν και μετά από κάθε αντλία, ψυγείο κ.α. και σε διάφορα σημεία των οποίων η θέση απαιτεί παρακολούθηση. Παρομοίως και με τα θερμομέτρα. Συνηθίζεται μάλιστα στα προαναφερθέντα σημεία να τοποθετούνται και ηλεκτρονικά ενσύρματα αισθητήρια για να μεταφέρεται η πληροφορία τους στο ζεύγος (συνήθως) κεντρικών υπολογιστών που βρίσκονται εγκατεστημένα στο Δωμάτιο Ελέγχου του Μηχανοστασίου (E.C.R. – Engine Control Room). Οι αισθητήρες στάθμης χρησιμοποιούνται, όπως είναι λογικό, στις διάφορες, πολυάριθμες δεξαμενές του πλοίου, τις περισσότερες φορές ηλεκτρονικού τύπου. Οι αισθητήρες καπνού, φλόγας και αερίων συναντώνται στον αποτεφρωτήρα, στο I.G.S (Inert Gas

System) και στους ατμοπαραγωγούς αλλά και στα συστήματα πυρανίχνευσης και πυροπροστασίας. Οι αισθητήρες αερίων και καπνού απαντώνται επίσης και στους αναλυτές οξυγόνου (oxygen analyser). Επίσης χρησιμοποιούνται αισθητήρια μαγνητικών πεδίων για παρακολούθηση κατάστασης θυρών ασφαλείας όπως οι θύρες πυρασφάλειας, καθώς και το αυτόματο κλείσιμό τους σε περίπτωση πυρκαγιάς.

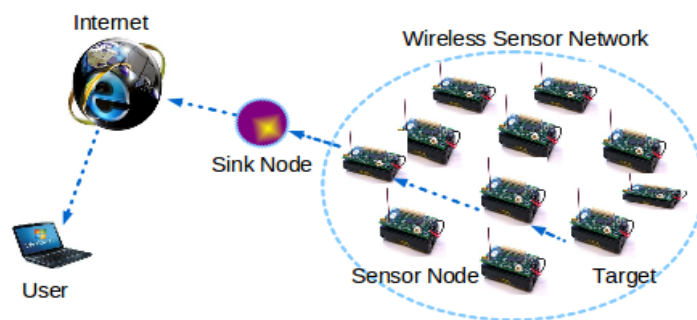
1.2 Δίκτυα Ασυρμάτων Αισθητήρων

Τα δίκτυα ασυρμάτων αισθητήρων-wireless sensor networks-WSN (στο εξής WSN) είναι ένα σύνολο κόμβων οργανωμένων σε ένα δίκτυο συνεργασίας που θυμίζει αρκετά βασικές δομές δικτύων Η/Υ. Κάθε κόμβος αποτελείται από στοιχείο επεξεργασίας πληροφορίας (έναν ή περισσότερους μικροελεγκτές, CPU ή DSP – Digital Signal Processor chip), πομποδέκτη ραδιοκυμάτων (συνήθως με μια παγκατευθυντική κεραία), μια πηγή ενέργειας (π.χ. μπαταρίες ή supercapacitors με ηλιακά κύτταρα κ.α.) και μπορούν να συνδιαστούν με μια πληθώρα αισθητηρίων. Οι κόμβοι επικοινωνούν ασύρματα και πολλές φορές οργανώνονται αυτόματα όταν αναπτυχθούν σε σχηματισμό ad-hoc.



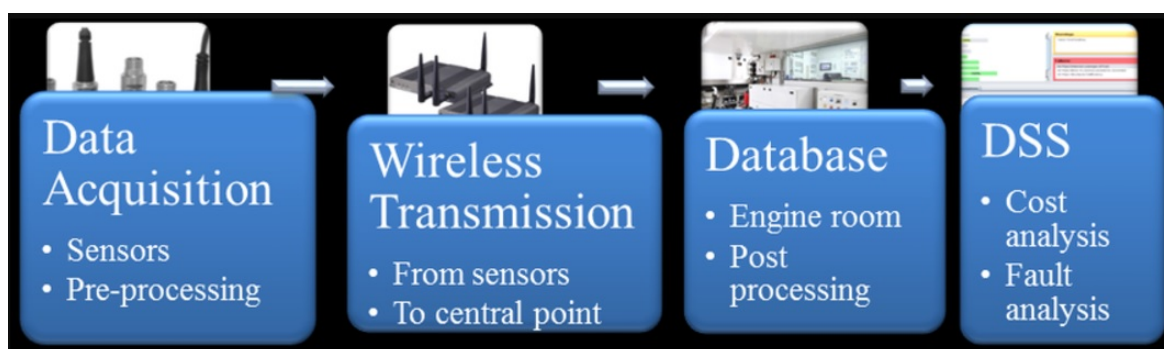
Εικόνα 2 Τυπική δομή WSN

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας ποικίλουν ανάλογα με το είδος του WSN (τοποθεσία, μετρούμενα μεγέθη, εμπόδια της περιοχής κάλυψης, κλπ), ανάλογα με το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας επικοινωνίας μεταξύ των κόμβων, ανάλογα με την επιθυμητή ταχύτητα απόκρισης του συστήματος και ανάλογα με την επιθυμητή διάρκεια ζωής των πηγών ενέργειας των κόμβων. Δυστυχώς δεν υπάρχει τρόπος να έχουμε τις καλύτερες συνθήκες δρομολόγησης της πληροφορίας σε όλους τους παραπάνω τομείς και απαιτείται προσεκτική μελέτη πριν την επιλογή του πρωτοκόλλου επικοινωνίας έτσι ώστε να καλύπτονται οι απαιτήσεις καλής λειτουργίας του WSN σε κάθε έναν από αυτούς – αρχή κλιμακωτής αρχιτεκτονικής (tiered architecture) που θα επεξηγηθεί παρακάτω.



Εικόνα 3 Τυπική δομή WSN

Μια παραπλήσια εκδοχή των WSN είναι τα λεγόμενα WSN ή Wireless Sensor and Actuator Networks, δηλαδή ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και επενεργητών. Οι διαφορές με τα WSN είναι ότι τα WSN επιπλέον, έχουν επενεργητές (actuators) για να επιδρούν και να ελέγχουν λειτουργίες και παραμέτρους διαφόρων εγκαταστάσεων. Ανάλογα με τις προδιαγραφές τους, μπορούν ακόμα και να δίνουν τη δυνατότητα τηλεχειρισμού και άμεσης παρέμβασης στις παραμέτρους των μηχανημάτων στα οποία επενεργούν. Φυσικά, ένα δίκτυο WSN μπορεί να αποτελείται μεικτά από απλούς κόμβους και κόμβους με επενεργητή, οπότε και στο εξής όπου αναφέρεται ο όρος WSN θα ισοδυναμεί και με WSN.



Εικόνα 4 Γενικευμένη φιλοσοφία λειτουργίας ενός WSN

1.3 Εφαρμογές WSN ως τώρα

Σύμφωνα με τον κανόνα που παρουσίασε το 1965 ο Gordon Moore, συνιδρυτής της Fairchild Semiconductor και της Intel, κάθε χρόνο ο αριθμός τρανζίστορ που χωράνε σε ένα μικροτσίπ θα διπλασιάζεται καθώς η τιμές θα πέφτουν και η επεξεργαστική ισχύς τους θα αυξάνεται. Μπορεί να μην είναι πολύ ακριβής αυτή η δήλωση τα τελευταία χρόνια αλλά παρά το γεγονός ότι εν μέρει ισχύει, πάντα θα υπάρχει το δίλημα στους λόγους ταχύτητα προς ενεργειακή απόδοση, μέγεθος προς επιδόσεις, κόστος προς συνολική αντοχή. Η επιλογή μιας μόνο πλατφόρμας

θα θέσει συμβιβασμούς, για αυτό οι ποικίλες ανάγκες ενός WSN μπορούν να ικανοποιηθούν με κλιμακωτή αρχιτεκτονική (tiered architecture), ένα σύνολο, δηλαδή, διαφορετικών λύσεων που θα κινούνται σε όλη την κλίμακα των αξόνων των προδιαγραφών, ενεργειακών απαιτήσεων, μεγεθών και τιμών.

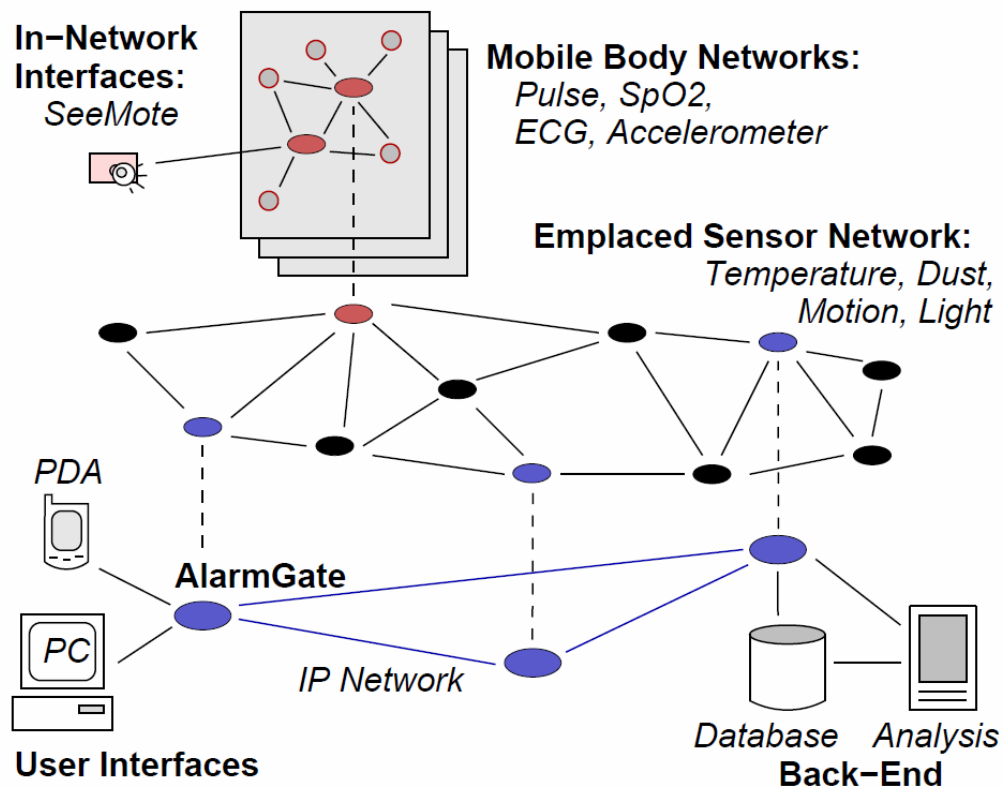
Τα μέρη που ήδη χρησιμοποιούνται WSN είναι πολλά. Ευρεία χρήση γίνεται στον τομέα της μετεωρολογίας εδώ και αρκετά χρόνια, αν και οι εγκαταστάσεις ξεκίνησαν με την ονοματολογία «υποσταθμός καιρού» και όχι «Μετεωρολογικό WSN» καθώς, αφενός η επικοινωνία γινόταν αρχικά με επίσκεψη στον υποσταθμό για λήψη των μετρήσεων, αργότερα με καλωδίωση ή Ιντερνετ με τελική μεταστροφή σε ασύρματα μέσα και αφετέρου ο όγκος και το σύνηθες μέγεθος ήταν αυτό ενός πολύ μικρού κτηρίου και όχι π.χ. ενός κινητού τηλεφώνου ή και πολύ πολύ μικρότερο όπως δύναται σήμερα. Σκοπός τους προς το παρόν είναι η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών αλλά μελλοντικά, πιθανόν, και η αντιμετώπιση επικίνδυνων καιρικών φαινομένων με συστήματα ελέγχου καιρού.

Πολύ σημαντική παρουσία επίσης, έχουν τα WSN στη βιομηχανία γενικότερα. Από την παρακολούθηση θερμοκηπίων μέχρι την επεξεργασία και παραγωγή τροφίμων και από την κατεργασία πρώτων υλών ως και την παραγωγή τελικών προϊόντων, π.χ. ηλεκτρονικών συσκευών, εργαλείων ή ενδυμάτων/υποδυμάτων και οχημάτων, παντού απαντώνται δίκτυα ασυρμάτων αισθητήρων. Αυτό αφορά από τον σχεδιασμό μέχρι και τον ποιοτικό έλεγχο του προϊόντος.

Άλλη εφαρμογή γίνεται σε πειραματικά γεωλογικά project ανίχνευσης τεκτονικών μετακινήσεων – σεισμών με σκοπό την πλήρη ανάπτυξη προληπτικών σεισμολογικών κατασκευών με δυνατότητες πρόληψης – αντιμετώπισης. Με την έγκαιρη ανίχνευση κίνησης του εδάφους και με την σωστή διαφοροποίηση της από π.χ. ελεγχόμενες κατεδαφίσεις, ελεγχόμενες εκρήξεις κλπ εκτιμάται σημαντική αύξηση στο χρόνο που θα μεσολαβεί από την έναρξη του σεισμού στο επίκεντρο ως το να φτάσει σε κατοικημένη περιοχή. Προς το παρόν δεν υπάρχει υποδομή αποσυντονισμού κτηρίων για να αντέχουν σεισμούς αλλά μια καλή αρχή είναι η έγκαιρη ανίχνευσή τους με διασκορπισμό ενεργειακά αυτόνομων αισθητήρων σε σχηματισμό WSN σε γνωστά σεισμογενή ρήγματα.

Ακόμη μια εφαρμογή είναι οι εγκαταστάσεις υποβοηθούμενης διαβίωσης. Εδώ έχουμε ένα σύνολο κόμβων μερικοί από τους οποίους τοποθετούνε στο σώμα του ηλικιωμένου/ασθενή/τραυματία και μερικοί στον χώρο γύρω του. Μαζί ενημερώνουν τον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης σχετικά με την κατάσταση υγείας του κατοίκου. Τα δεδομένα συλλέγονται, συγκεντρώνονται, προεπεξεργάζονται και αποθηκεύονται με τη χρήση ποικιλίας αισθητήρων και συσκευών (αισθητήρες δραστηριότητας, φυσιολογικοί αισθητήρες, αισθητήρες περιβάλλοντος, αισθητήρες πίεσης, ετικέτες RFID, αισθητήρες ρύπανσης, αισθητήρες δαπέδου και τα λοιπα). Οι αντιπρόσωποι του παρόχου υπηρεσιών υγείας μπορούν να συνδεθούν σε αυτό το

σύστημα και να αντλήσουν τις πληροφορίες για τον πελάτη τους και να δράσουν ανάλογα με τις περιστάσεις. Κάποια στοιχεία του δικτύου είναι σταθερά και κάποια φορητά, και αντιστοίχως ηλεκτροδοτούνται από την κύρια τροφοδοσία ή από μπαταρίες. Τα τμήματα του δικτύου φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (εικόνα 5) και χωρίζονται σε κατηγορίες. Το δίκτυο σώματος αποτελείται από αισθητήρες για τα ζωτικά στοιχεία του πελάτη και παρέχει πληροφορίες στον ίδιο σχετικά με παράγοντες της κατοικίας του (π.χ. πελάτης με αλτσαϊμερ, υπενθύμιση για τον φούρνο). Το σταθερό δίκτυο εποπτεύει όλη την κατοικία για περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία ενώ παρέχει πυρανίχνευση και πυροπροστασία. Τέλος οι βάσεις δεδομένων και οι διεπαφές των παρόχων προσφέρουν αποθήκευση και πρόσβαση στα υγειονομικά δεδομένα του πελάτη για να μπορούν οι αντιπρόσωποι να εκτελέσουν το έργο τους.



Εικόνα 5 AlarmNet

Η χρήση WSN, αν και είναι αρκετά ευρεία, ακόμη δεν έχει εφαρμοστεί σε αρκετούς τομείς που θα ήταν από χρήσιμη έως και απαραίτητη. Γίνονται μελέτες όμως για να καλυφθούν αρκετοί από αυτούς και να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που εμφανίζει ο καθένας. Ένας από αυτούς είναι και τα πλοία του εμπορικού ναυτικού, τομέας στον οποίο θα ήταν πολύ σημαντικές οι ευκολίες που παρέχουν τα WSN.

Με την πλήρη ανάπτυξή τους η βοήθεια που θα παρέχουν στους ναυτικούς σε όλο το φάσμα υποχρεώσεων και εργασίας προβλέπεται να είναι πολύτιμη και μεγάλη, τόσο σε θέματα ποιότητας διαβίωσης στο χώρο του επαγγέλματος όσο και στις συνθήκες εργασίας.

Κεφάλαιο 2

WSN στο χώρο του μηχανοστασίου εμπορικών πλοίων

2. Εισαγωγή

Το μηχανοστάσιο ενός εμπορικού πλοίου, ανεξαρτήτως τύπου, είναι ένας χώρος που αποτελείται από μεταλλικά δάπεδα, χωρίσματα, μηχανήματα και σωληνώσεις, στον οποίο υπάρχει μια μεγάλη μάζα καλωδίωσης, βάρους αρκετών τόνων που έχει μεγάλο κόστος. Σημαντικό μέρος της μπορεί να αντικατασταθεί με ασύρματα μέσα και αφορά την μετάδοση πληροφορίας από αισθητήρες προς το E.C.R. και από το E.C.R. προς διάφορα μηχανήματα και επενεργητές. Εξαιρείται προφανώς το τμήμα εκείνο που αφορά τη μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας. Συνεπώς κρίνεται απαραίτητη η μελέτη του χώρου του μηχανοστασίου κάθε πλοίου πριν την ανάπτυξη ενός WSN σε αυτόν, λόγω εμποδίων.

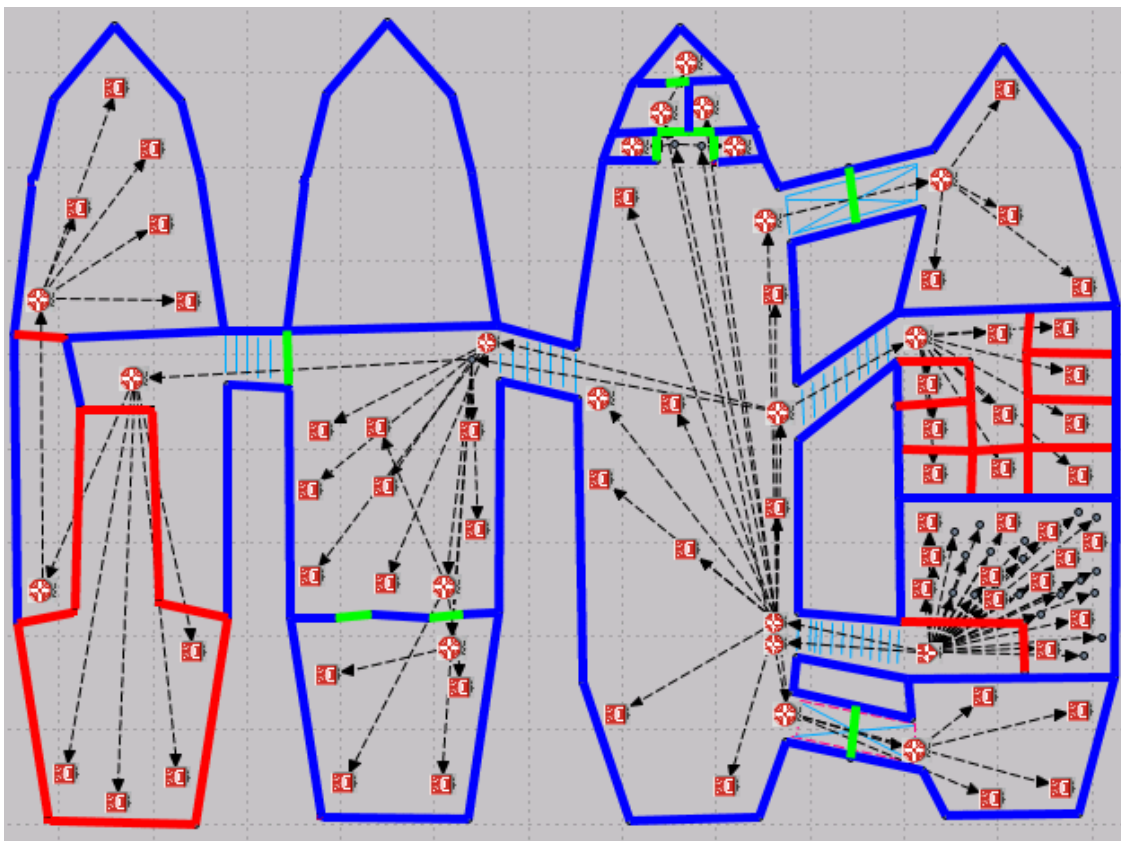
2.1 Προβλήματα εγκατάστασης WSN σε μηχανοστάσια πλοίων

Ένας λόγος για αυτό είναι οι παρεμβολές που δημιουργούνται από την μερική ή πλήρη απορρόφιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων από τις μεταλλικές επιφάνειες και την ανάκλαση-διασπορά τους πριν αυτά φτάσουν στον προορισμό τους κάτι που ελατώνει την εμβέλεια κάθε node και αυξάνει το packet loss. Ένας άλλος λόγος είναι οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές που δημιουργούνται είτε λόγω του ηλεκτρισμού που μεταφέρεται μέσω αγωγών στα διάφορα μηχανήματα, είτε από τα ίδια τα μηχανήματα κατά τη λειτουργία τους με τα ίδια αποτελέσματα. Εκτός από τους παράγοντες του περιβάλλοντος χώρου, υπάρχουν και εσωτερικά προβλήματα που πρέπει να λυθούν κατά το σχεδιασμό και την τοποθέτηση ενός WSN. Λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες :

- ❖ Θέση των κόμβων (μέσα ή έξω από μηχανήματα / δεξαμενές κλπ)
- ❖ Πηγή ενέργειας (μπαταρία, φωτοκύτταρο, πιεζοηλεκτρικό σύστημα φόρτισης από vibration κλπ)
- ❖ Μόνωση των nodes (θερμοκρασία, υγρασία, κλπ)

- ❖ Είδος εξοπλισμού ασύρματης επικοινωνίας
- ❖ Πρωτόκολο επικοινωνίας που θα χρησιμοποιηθεί

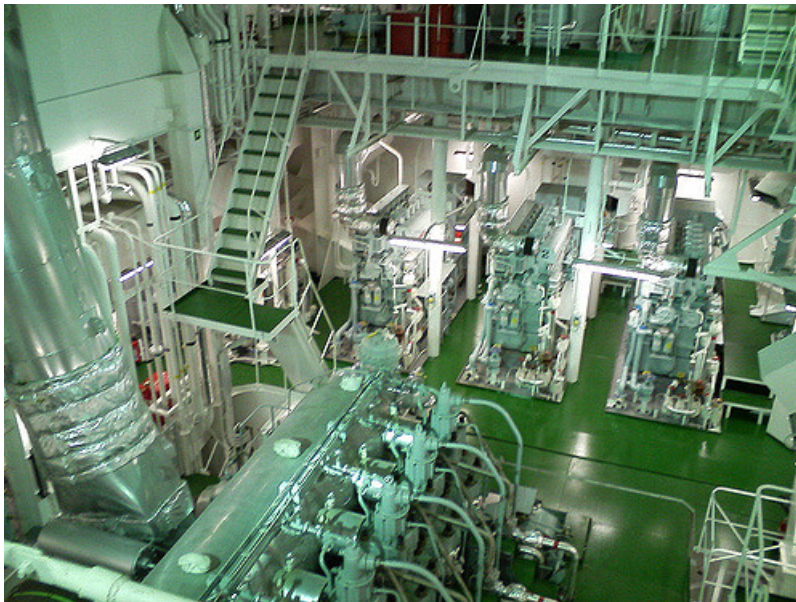
Η θέση των nodes έχει σημασία όχι μόνο όσον αφορά τα προβλήματα ασύρματης επικοινωνίας λόγω εξασθένησης σήματος. Κυρίως αφορά το πως θα προστατευτεί το node από υγρασία, υψηλές ή πολύ χαμηλές θερμοκρασίες στις οποίες τα ηλεκτρονικά κυκλώματα είναι ευπαθή, συνθήκες στις οποίες μπορεί να επηρεαστεί και η πηγή ενέργειας. Η πηγή, εάν είναι κάποιου είδους συσσωρευτής (μπαταρία, supercapacitor) θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα μέσο επαναφόρτισης. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με πιεζοηλεκτρικό κρύσταλλο που θα εκμεταλεύεται τις δονήσεις (vibrations) στο άμεσο περιβάλλον του node, είτε με φωτοκύτταρο εάν το node βρίσκεται σε επαφή με πηγή φωτός. Εναλλακτικά θα πρέπει να αντικαθίσταται κατά διαστήματα. Η μόνωση υπάρχει προαιρετικά σε περίπτωση που το node βρίσκεται σε «εχθρικό» περιβάλλον (νερό, λιπαντικά, καύσιμα, χημικά). Ο τρόπος με τον οποίο επικοινωνεί κάθε node με τα υπόλοιπα εξαρτάται από το πρωτόκολο επικοινωνίας του δικτύου καθώς και από τις παραμέτρους της κλιμακωτής αρχιτεκτονικής που χρησιμοποιούντε για το καθένα ξεχωριστά.



Εικόνα 6 Η συγκεκριμένη εικόνα αντιπροσωπεύει ένα θεωρητικό δίκτυο WSN που βρίσκεται ανεπτυγμένο σε όλα τα καταστρώματα του πλοίου. Τα κόκκινα τετράγωνα αντιπροσωπεύουν τους κόμβους χαμηλού κλιμακίου, οι κύκλοι τους αμέσως ανώτερους, που συνδέουν ομάδες κόμβων μεταξύ τους. Τα κόκκινα διαχωριστικά είναι τα σημεία στα οποία υπάρχει απόλεια πληροφορίας, λόγω ανάκλασης και διασποράς σήματος, ικανή να διακόψει την επικοινωνία κόμβων μεταξύ τους.

2.2 Θέση των κόμβων στο μηχανοστάσιο

Τα nodes ενός δικτύου που μπορεί να βρίσκεται στο μηχανοστάσιο ενός πλοίου, θα έχουν θεμελιώδεις και βασικές διαφορές με άλλα δίκτυα εκτός πλοίου. Οι θέσεις τους, οι μετρήσεις που πέρνουν και οι ενέργειες που επενεργούν στα μηχανήματα στα οποία περιέχοντε είναι πολύ συγκεκριμένες. Τα μετρούμενα μεγέθη που προαναφέρθηκαν για ένα πλοίο, συνήθως δεν μετρούντε όλα μαζί σε όλα τα σημεία που υπάρχουν αισθητήρια. Η ποιό κοινότυπη εφαρμογή αποτελείται από π.χ. έναν αισθητήρα θερμοκρασίας και έναν πίεσης, ή απο έναν αισθητήρα θερμοκρασίας και έναν φλόγας – καπνού. Απλούστατα, ένα WSN στο μηχανοστάσιο δεν έχει την γενίκευση που θα μπορούσε να έχει ένα WSN μετεωρολογίας με πολλά αισθητήρια ανα κόμβο και π.χ. την πολυτέλεια φωτοηλεκτρικού στοιχείου για αποθήκευση ενεργειας από την ήλιο.



Εικόνα 7 Κάθε μηχανήμα χρειάζεται συγκεκριμένους αισθητήρες. Τα συνηθέστερα μεγέθη που αφορούν το χώρο του μηχανοστασίου είναι (αλλά δεν περιορίζοντε σε) θερμοκρασία, πίεση, ροή και στάθμη.

Εδώ μπαίνει σε εφαρμογή η κλιμακωτή αρχιτεκτονική σύμφωνα με την οποία κάθε κόμβος έχει την κατασκευαστική ιδιομορφία του ανάλογα με την χρήση και την αναμενόμενη λειτουργία του, βάση παραμέτρων μερικές από τις οποίες είναι :

- ❖ Κόστος κατασκευής. Σε μια ναυτιλιακή εταιρία είτε με 10 είτε με 100 πλοία, ο αριθμός των κόμβων για ένα WSN καθιστά το κόστος ίσως και την σημαντικότερη και μεγαλύτερης βαρύτητας παράμετρο. Εξαρτάται από και επιρεάζει όλες τις υπόλοιπες.

- ❖ Ακρίβεια των μετρήσεων. Η διαφορά μιάς μέτρησης με ένα δεκαδικό ψηφίο από αυτήν με δύο δεκαδικά είναι ήδη κρίσιμη για την λειτουργία πολλών μηχανισμάτων. Εξαρτάται από το κόστος και την επιθυμητή ή χρειαζόμενη ακρίβεια των μετρήσεων και επιπλέον μπορεί να επιρεάσει, πιθανόν, την ενεργειακή αυτονομία του κόμβου.
- ❖ Εμπόδια επικοινωνίας με το υπόλοιπο δίκτυο. Προφανώς ένα node που μετρά τα στοιχεία μιας δεξαμενής θα πρέπει, είτε να βρίσκεται μερικώς έξω από αυτήν με μόνο τα αισθητήριά του στο εσωτερικό της είτε μέσα σε αυτήν με την κεραία του στο έξω μέρος της δεξαμενής, λόγω της απορρόφησης και της διασποράς που προκαλούν τα μεταλλικά τοιχώματα της. Το ίδιο ισχύει για αισθητήρια κόμβων που βρίσκοντε ενσωματωμένα π.χ. στο κέλυφος μιας Μ.Ε.Κ.

Η τοποθέτηση ενός κόμβου σε ένα μηχανήμα πρέπει να γίνει επίσης με βάση κάποιες παραμέτρους. Εάν το μηχανήμα διαθέτει δικό του «εγκέφαλο» όπως π.χ. έχουν όλοι οι σύγχρονοι φυγοκεντρικοί διαχωριστήρες ή διαυγαντήρες, δεν υπάρχει καν λόγος να τοποθετηθεί node σε αυτό καθιστώντας τα συγκεκριμένα μηχανήματα άκρο αυτής της σύγκρισης. Ένα απλούστερο μηχανήμα όμως, όπως ένας αεροσυμπιεστής, θα χρειαστεί έναν αριθμό αισθητηρίων για τις πιέσεις και θερμοκρασίες του αέρα που συμπιέζει. Παρόλα αυτά εάν η τοποθέτηση τους απαιτήσει σημαντικό μήκος καλωδίωσης, μπορεί κάλλιστα να θεωρηθεί το ολικό κόστος και τα πιθανά προβλήματα που γενικά παρουσιάζοντε σε ένα WSN αντιοικονομικά και να χρησιμοποιηθεί συμβατική ενσύρματη σύνδεση του μηχανήματος με το E.C.R. Αντίστοιχη περίπτωση μπορεί να απαντηθεί στο σώμα μιας Μ.Ε.Κ. ή στο εσωτερικό της.

2.3 Πηγή ενέργειας

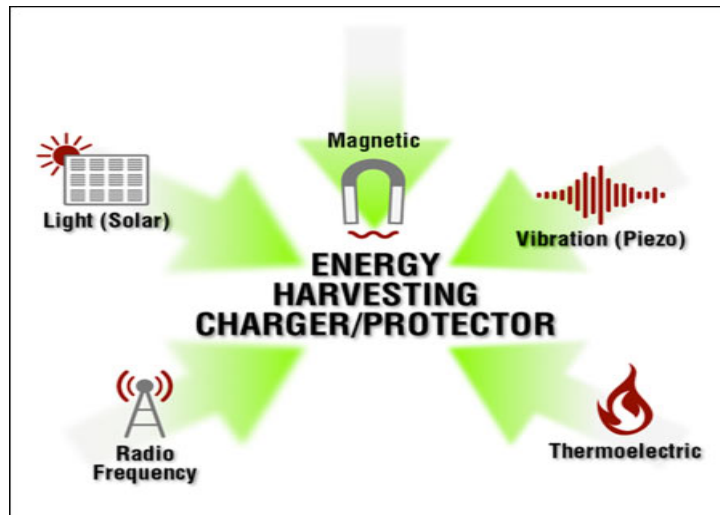
Η ενέργεια, ως ηλεκτροχημική ενέργεια μιας μπαταρίας, είναι ο συνηθέστερος τρόπος λειτουργίας των ασυρμάτων συσκευών στις μέρες μας. Παρόλα αυτά υπάρχουν αρκετές εναλλακτικές λύσεις. Άσχετα με τη μορφή της πηγής, η λειτουργία της συσκευής εξαρτάται από την περιορισμένη ποσότητα ενέργειας που περιέχεται σε αυτή. Οι ηλεκτροχημικές μπαταρίες είναι η ποιο ευέλικτη λύση καθώς παρέχουν σταθερή τάση και δεν απαιτούντε ενδιάμεσα ηλεκτρονικά ισχύος για τροφοδοσία της συσκευής. Μια πρόσφατη εναλλακτική που ακόμη βρίσκεται υπο έρευνα και ανάπτυξη είναι τα λεγόμενα supercaps ή supercapacitors, πυκνωτές με χωρητικότητες πολύ ανώτερες του 1F κάτι που μέχρι μερικά χρόνια πριν θεωρούνταν αδύνατο να συμβεί. Το ποιο απλό και αξιόπιστο, μακροπρόθεσμα, πλάνο είναι να χρησιμοποιηθεί μια επαναφορτιζόμενη πηγή

σε συνδιασμό με μέσο μετατροπής κάποιας ενέργειας από το περιβάλλον του κόμβου σε ηλεκτρική, προς επαναφόρτιση της.



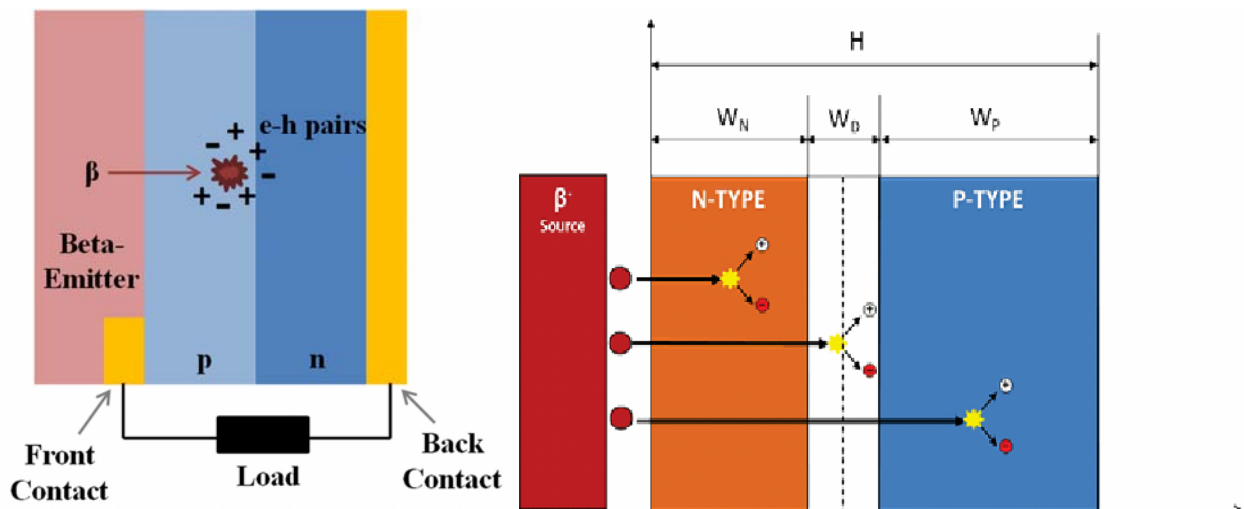
Εικόνα 8

Έχοντας αναφερθεί στο προφανές λοιπόν, ας κινηθούμε προς το ασυνήθιστο και πρωτότυπο. Ο αμέσως επόμενος τρόπος να φορτίσουμε μιά πηγή είναι να εκμεταλευτούμε κάποιο είδος ενέργειας που βρίσκεται στον άμεσο χώρο του node και να το μετατρέψουμε σε ηλεκτρική ενέργεια, η οποία μέσω ενός κυκλώματος φόρτισης θα «γεμίσει» την πηγή και η διαδικασία αυτή ονομάζεται power scavenging. Αυτό αμέσως σημαίνει ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιου είδους κύκλωμα ισχύος κάτι που θα προκαλέσει σίγουρα θερμικές απώλειες ενέργειας και θα είναι ένα ακόμα ευάλωτο σε φθορά εξάρτημα – μακροπρόθεσμα όμως. Ο «μετατροπέας» που αναζητούμε, συνήθως πέρνει τη μορφή φωτοηλεκτρικού (φωτοβολταϊκό) ή θερμοηλεκτρικού (peltier module) στοιχείου σε συνδιασμό με ένα voltage regulator και ένα κύκλωμα αποκοπής για να μην γίνεται φόρτιση και αποφόρτιση της πηγής ταυτόχρονα καθώς αυτό μειώνει τη διάρκεια ζωής της. Λίγο ποιο ασυνήθιστο αλλά ικανό είναι ένας πιεζοκρυστάλλος που θα εκμεταλλευτεί δονήσεις που συμβαίνουν κατά τη λειτουργία του μηχανήματος στο οποίο βρίσκεται ο κόμβος. Αυτό βέβαια απαιτεί να υπάρχει ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα λειτουργίας του εν λόγω μηχανήματος, που να είναι ικανό να διατηρήσει τη φόρτιση της πηγής. Μια ακόμη περίπτωση είναι η χρήση ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας (Radio Frequency radiation). Η χρήση της είναι πολύ διαδεδομένη με τη μορφή των RF-ID tags (π.χ. αντικλεπτικές ετικέτες προϊόντων σε supermarkets) και των smart cards. Η συγκεκριμένη τεχνολογία επιτρέπει τη λειτουργία μιας συσκευής με ασύρματη παροχή ενέργειας από μια αντίστοιχη πηγή ραδιοσυχνότητας ακόμη και χωρίς η συσκευή – δέκτης να έχει δική της πηγή ενέργειας. Η λύση αυτή όμως έχει μεγαλύτερο της αντίπαλο την ίδια αδυναμία που θα είχε ένας κόμβος να επικοινωνήσει με το υπόλοιπο δίκτυο στο οποίο ανοίκει, σε «μεταλλικό» περιβάλλον : οι μεταλλικές επιφάνειες απορροφούν και διασκορπίζουν τις ραδιοσυχνότητες. Επιπλέον, εάν το πρωτόκολλο επικοινωνίας υποστηρίζει αυτόματη ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών συχνοτήτων και δεν ρυθμιστεί σωστά, η πηγή ενέργειας που θα τροφοδοτεί τον κόμβο μπορεί πιθανόν να παρεμβάλεται στις επικοινωνίες του. Εδώ καταλήγουν οι διαδεδομένες μορφές τροφοδότησης ενέργειας κόμβων ενός WSN.



Εικόνα 9 Εφαρμογές Power Scavenging

Ένα τολμηρό βήμα προς το ασυνήθιστο και επικίνδυνο είναι η χρήση betavoltaic cells ή betacells, μιά μορφή μικρο-μπαταρίας που έχει εφευρεθεί πριν 60 χρόνια περίπου με ένα τεράστιο μειονέκτημα : χρήση ακτινοβολίας β. Η ιδέα που γέννησε τα betacells ήταν η δημιουργία μιας μακροχρόνιας πηγής ενέργειας για χρήση σε βηματοδότες. Παρόλα αυτά κατέληξε να χρησιμοποιείται και σε κατευθυνόμενους πυραύλους. Η υλοποίηση είναι η εκμετάλλευση της ακτινοβολίας β που εκπέμπει το στοιχείο Προμήθειο-61, (ένα τεχνητό, μέτρια ραδιενεργό χημικό στοιχείο με χρόνο ημιζωής 18 χρόνια το οποίο προκύπτει από την ακτινοβόλιση νεοδυμίου και πρασεοδυμίου με νετρόνια, δευτερόνια και α-σωματίδια) μετατρέποντας τα ζεύγη ηλεκτρονίων-οπών που παράγονται από το ίχνος ιονισμού σωματιδίων βήτα που διέρχονται από ημιαγωγό. Μειονεκτήματα της μπαταρίας αυτής είναι η χρήση ραδιενέργειας και ο πιθανός περιβαλλοντικός αντίκτυπος της, καθώς και το γεγονός ότι ο χρόνος ημιζωής των 12 ετών θα οδηγήσει σε πτώση της παρεχόμενης τάσης με την πάροδο του χρόνου. Η χρήση τέτοιων στοιχείων περιορίζεται σε χρήσεις στην ιατρική και στο διάστημα.



Εικόνα 10 Λειτουργία ενός betavoltaic power cell – μετατροπή της πυρηνικής ενέργειας σε ηλεκτρική χωρίς την ενδιάμεση μετατροπή της σε θερμική, αντίθετα δηλαδή από έναν θερμοπυρηνικό αντιδραστήρα



Εικόνα 11 Betavoltaic Cell για φορητό υπολογιστή

2.4 Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές

Παράγονται από μηχανήματα με περιστρεφόμενα μεταλλικά τμήματα, απο τους αγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και κυρίως από μηχανήματα που δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία ως μέρος της κανονικής λειτουργίας τους όπως π.χ. κινητήρες και γεννήτριες. Στον χώρο γύρω αλλά και πάνω σε αυτά, η λειτουργία οποιουδήποτε ασύρματου μέσου επικοινωνίας είναι σχεδόν αδύνατη και λαμβάνοντας υπόψη ότι ένα πλοίο έχει γεννήτριες ως κατεξοχήν μέσο ηλεκτροδότησης και κινητήρες για κίνηση αντλιών έως και κύριο μέσο πρόωσης ανάλογα με το είδος του, οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές είναι ένα ισχυρό πλήγμα για τη λειτουργία ενός WSN σε ένα πλοίο. Μπορεί η κατασκευή τέτοιων μηχανημάτων να είναι έτσι ώστε να διαφεύγει κατά το ελάχιστο το μαγνητικό πεδίο έξω από αυτό για λόγους απόδοσης αλλά οι απώλειες δεν είναι μηδενικές, ουτε μηδαμινές.

Καταρχάς τα ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη είναι από δύσκολο έως αδύνατο να έχουν αισθητήρια που να συμμετάσχουν στο WSN γιατί είναι πρακτικά στην καρδιά της πηγής των παρεμβολών. Υπάρχει δυνατότητα για θωράκιση του χώρου γύρω από τη γεννήτρια αλλά είναι οικονομικά ασύμφορη επιλογή. Η οικονομικότερη λύση για έναν εφοπλιστή είναι να ακολουθήσει την πεπατημένη τοποθετώντας ενσύρματη εγκατάσταση. Οι κινητήρες από την άλλη, δεν έχουν τόσο μεγάλο πρόβλημα λόγω μικρότερου μεγέθους, εκτός βέβαια αν μιλάμε για κινητήρες κύριας πρόωσης. Μια ενδιάμεση λύση θα μπορούσε να είναι η ενσύρματη μεταφορά των απαραίτητων στοιχείων μέχρι ένα σημείο μακριά από τις εντονότερες παρεμβολές και η μετέπειτα ασύρματη αποστολή τους από εκεί και πέρα αλλά αν μπει καλώδιο ως ένα σημείο, δεν έχει λόγο να μην συνεχίσει ως το τέλος.

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τέτοια μηχανήματα είναι τέτοια ώστε να μην προκαλεί προβλήματα υγείας σε έναν άνθρωπο. Σε κόμβους, όμως, ενός WSN, μπορεί να προκαλέσει μέχρι και μόνιμες βλάβες από feedback μέσω της κεραίας του, κάτι που εξαρτάται όμως και από τις προδιαγραφές του κόμβου, ο οποίος ίσως έχει κυκλώματα προστασίας. Αυτό μπορεί να συμβεί αν η ακτινοβολία είναι αρκετά ισχυρή που να προκαλέσει ΗΕΔ από επαγωγή στην κεραία ικανή να καταστρέψει μέρος του ή ολόκληρο τον κόμβο.

2.5 Πρωτόκολα επικοινωνίας κόμβων ενός WSN

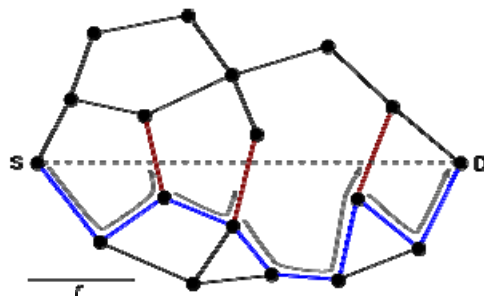
Το κυριότερο και σημαντικότερο τμήμα ενός WSN μετά την πηγή ενεργοδότησής του είναι ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί, ο τρόπος λήψης, επεξεργασίας και δρομολόγησης της πληροφορίας που διαχειρίζεται, δηλαδή, το WSN και το πως αυτό μπορεί να γίνει ενεργειακά αποδοτικότερα. Υπάρχει μια τεράστια γκάμα από αυτά και κάποια συνήθως πάνε πακέτο με συγκεκριμένα hardware αλλά οι εφαρμογές τους καλύπτουν κάθε ανάγκη. Εδώ πάλι παίζει ρόλο η tiered architecture του δικτύου, καλώντας για πολυμορφικότητα προς όφελος της ευελιξίας του δικτύου ως προς την ενεργειακή του απόδοση, την ταχύτητα απόκρισής του και τις δυνατότητες επεξεργασίας της πληροφορίας που μεταχειρίζεται. Τα κλιμάκια αυτής της αρχιτεκτονικής συνήθως είναι τρία. Το ανώτερο είναι είτε μια σύνδεση στο Ιντερνετ ή ένας server (στη περίπτωση μας οι 2 υπολογιστές του E.C.R.) για τελική καταχώρηση της πληροφορίας και ασύρματο έλεγχο. Το χαμηλότερο κλιμάκιο είναι οι κανονικοί κόμβοι του δικτύου με τους αισθητήρες και τους επενεργητές τους και το ενδιάμεσο είναι μικροεξυπηρετητές που επεξεργάζονται μερικώς ή πλήρως την πληροφορία και την δρομολογούν.

Medium Access Control (MAC). Είναι ένα πρωτόκολο επικοινωνίας που χρησιμοποιεί ένα κοινό κανάλι μεταξύ των κόμβων. Ο κόμβος που θέλει να στείλει ένα πακέτο εκπέμπει ένα test packet για να δει αν το κανάλι είναι ελεύθερο. Εάν είναι ξεκινάει να εκπέμπει. Εάν όχι, τότε περιμένει για ένα τυχαίο χρονικό διάστημα και προσπαθεί ξανά. Εάν δύο ή περισσότεροι κόμβοι κάνουν έλεγχο ταυτόχρονα, καταλαβαίνουν τη σύγκρουση των test packets και περιμένουν τυχαία ο καθένας πριν ξαναπροσπαθήσουν. Μια παραλλαγή του πρωτοκόλου, με πολλές υποκατηγορίες, είναι ο κόμβος να «κοιμάται», να μπαίνει σε sleep mode περίπου όπως ένας φορητός υπολογιστής, για εξοικονόμηση ενέργειας όταν δεν εκπέμπει. Στο μηχανοστάσιο του πλοίου συνήθως θέλουμε άμεσες μετρήσεις, παρόλα αυτά οι χρόνοι που διαρκούν αυτά τα sleep states μετρούντε σε νανοδευτερόλεπτα. Παρά το γεγονός αυτό όμως, η εξοικονόμηση ενέργειας είναι αισθητή, αν και εξαρτάται από τη συχνότητα που απαιτούμε από τον κάθε κόμβο να λάβει και να στείλει πληροφορίες.

Possible WSN Protocol Stack

<i>Upper layers</i>	<i>In-network applications, including application processing, data aggregation, external querying query processing, and external database</i>
<i>Layer 4</i>	<i>Transport, including data dissemination and accumulation, caching, and Storage</i>
<i>Layer 3</i>	<i>Networking, including adaptive topology management and topological Routing</i>
<i>Layer 2</i>	<i>Link layer (contention): channel sharing (MAC), timing, and locality</i>
<i>Layer 1</i>	<i>Physical medium: communication channel, sensing, actuation, and signal Processing</i>

Η σωστή δρομολόγηση είναι ακόμα ένας τρόπος να βελτιστοποιηθεί το δίκτυο. Σε ένα δίκτυο που έχει αναπτυχθεί με μορφή ad-hoc, κάθε κόμβος πρέπει να έχει γνώση της θέσης του γεωγραφικά και δημιουργεί έναν πίνακα στέλνοντας αναγνωριστικά πακέτα στους γειτονικούς κόμβους. Οι πίνακες περιέχουν τουλάχιστον την ταυτότητα και τη θέση των γειτονικών τους κόμβων. Άλλες πληροφορίες που μπορεί να περιέχονται σε έναν τέτοιο πίνακα είναι η ποιότητα του σήματος, η εναπομείνουσα ενέργεια και η καθυστέρηση που μπορεί να παρουσιάσει στην επικοινωνία ο κάθε κόμβος. Όταν δημιουργηθούν οι πίνακες οι περισσότεροι αλγόριθμοι δρομολόγησης διακίνηση πακέτων γίνεται βάση γεωγραφικής θέσης και όχι ταυτότητας κόμβου. Αυτό ονομάζεται GF (geographic forwarding). Εδώ κάθε κόμβος ξέρει τη θέση του και βάση της διεύθυνσης αποστολής κάθε πακέτου, μπορεί να υπολογίσει την βέλτιστη διαδρομή βάση γεωμετρίας και να στείλει το πακέτο στον επόμενο κόμβο. Σε μια ποιό εξειδικευμένη περίπτωση μπορούν να ληφθούν υπόψιν και οι καθυστερήσεις, η εναπομείνουσα ενέργεια του αποστολέα και του παραλήπτη όπως και η ποιότητα σύνδεσης.



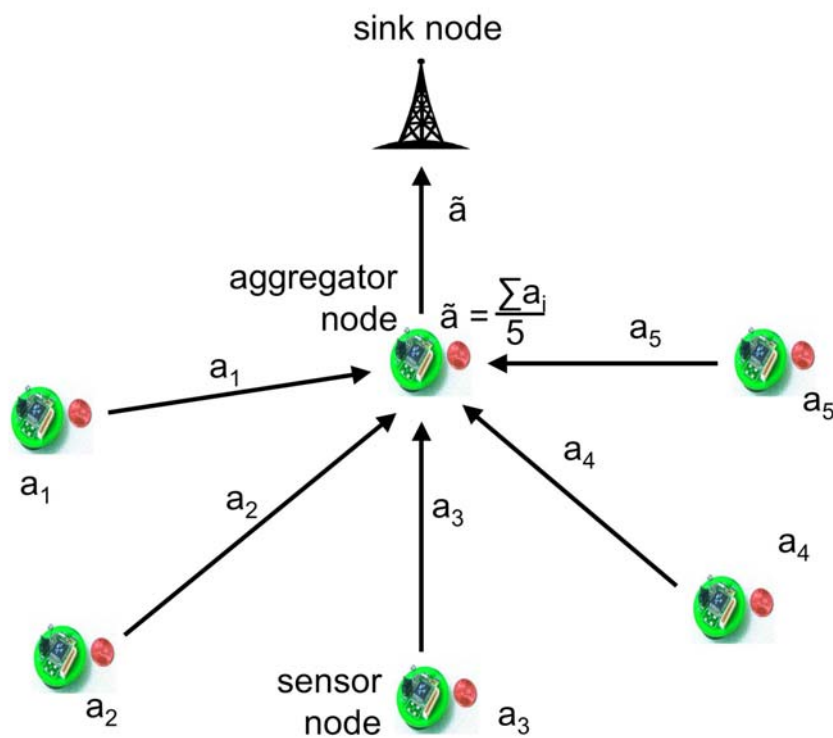
Εικόνα 13 Geographic Forwarding

Ένα ακόμα σημαντικό παράδειγμα είναι η κατευθυνόμενη διάχυση. Αυτή η λύση συνδιάζει δρομολόγηση, ερωτήσεις και διαχωρισμό περιττών δεδομένων. Εδώ γίνεται μια ερώτηση για λήψη δεδομένων από απομακρυσμένους κόμβους και ένας με τα κατάλληλα δεδομένα που αντιστοιχούν στην ερώτηση στέλνει καταφατικό πακέτο απάντησης. Μετά από αυτό η διαδικασία επαναλαμβάνεται όπως στην προηγούμενη παράγραφο με σταδιακή επεξεργασία της πληροφορίας στη διαδρομή και η διαφορά είναι ότι αντί για αποστολέα που ψάχνει παραλήπτη, συμβαίνει το αντίστροφο.

2.5.1 Δρομολόγηση και ενδοδικτυακή επεξεργασία δεδομένων

Η δρομολόγηση είναι ένα θέμα που εμφανίζεται αμέσως μόλις το δίκτυο είναι αρκετά μεγάλο ώστε δυο ή περισσότεροι κόμβοι δεν είναι άμεσα εντός εμβέλειας ο ένας από τον άλλο. Σε

WSN ο τρόπος δρομολόγησης διαφέρει σημαντικά από δίκτυα όπως το Internet. Στο Internet η προτεραιότητα είναι η παράδοση του κάθε πακέτου πληροφορίας το συντομότερο δυνατόν στον παραλήπτη. Σε ένα WSN αντιθέτως, η αποδοτικότητα απαιτεί να εκτελείται όσο το δυνατόν περισσότερη επεξεργασία της πληροφορίας σε κάθε αναμετάδοση από το ίδιο το δίκτυο, σε κάθε άλμα. Για παράδειγμα σε ένα WSN που ανιχνεύει συγκεκριμένους θορύβους και πρέπει να τους ξεχωρίζει από το γενικό θόρυβο του περιβάλλοντός, θα ήταν αποδοτικότερο να γίνει επεξεργασία του ληφθέντος ηχητικού σήματος πριν την δρομολόγηση του στο κέντρο του, από τους κόμβους, για το αν είναι ο επιθυμητός ήχος ή όχι από το να σταλεί ένα ολόκληρο ηχογραφημένο ασυμπιεστο ηχητικό κομμάτι στο κέντρο και να γίνει εκεί η επεξεργασία. Αυτό γιατί καταρχάς θα ξοδευτεί πολλή ενέργεια για την αποστολή του, πιθανόν από πολλαπλούς κόμβους, και θα καθυστερήσει το δίκτυο μέχρι να γίνει επεξεργασία και ληφθεί η απάντηση.



Εικόνα 14 Data Aggregation : Ενδιάμεση επεξεργασία της πληροφορίας πριν φτάσει στον τελικό προορισμό της για εξοικονόμηση χρόνου και ενέργειας

2.5.2 Αυτόματος συγχρονισμός

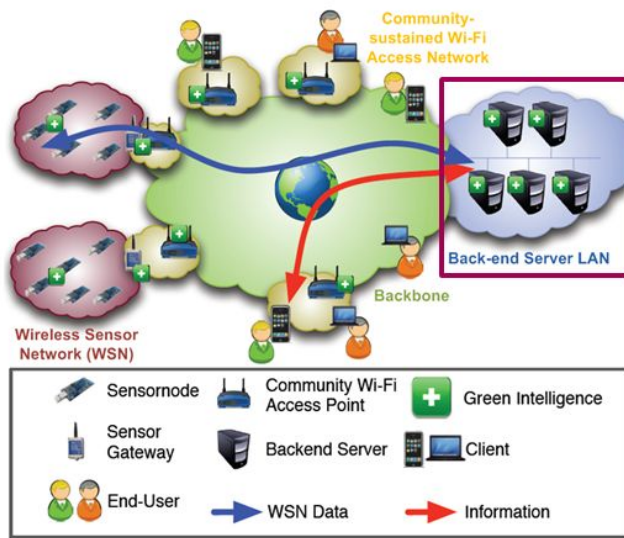
Σε ένα WSN πρέπει να υπάρχει χρονική συνοχή, δηλαδή όλοι οι κόμβοι να λειτουργούν με την ίδια ώρα. Αυτό είναι απαραίτητο για πολλούς λόγους. Καταρχάς σε ένα WSN η εκπομπή και λήψη πληροφορίας μεταξύ δύο κόμβων δεν μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με κάποιο άλλο ζεύγος

κόμβων που ήδη κάνει εκπομπή-λήψη, εκτός εάν το πρωτόκολλο επικοινωνίας και ο πομπός επιτρέπει χρήση πολλαπλών καναλιών ή/και συχνοτήτων, αν και κάτι τέτοιο έχει μεγάλο αρνητικό αντίκτυπο στις πηγές ενέργειας και των δύο κόμβων. Με το σωστό συγχρονισμό καλύπτουμε μέρος του προβλήματος του packet collision που θα συμβεί εάν γίνει ταυτόχρονη εκπομπή από 2 αποστολείς ταυτόχρονα. Το θέμα αυτό θα σχολιαστεί περετέρω, παρακάτω. Περαιτέρω, με τον συγχρονισμό πετυχαίνουμε σωστή λήψη πληροφοριών, έγκαιρα, με την σωστή χρονολογική σειρά και με σωστούς χρόνους αντίδρασης (σε WSN). Το πρόβλημα εντοπίζεται στο γεγονός ότι με την αυξομείωση της τάσης της μπαταρίας κάθε κόμβου καθώς αυτή αποφορτίζεται και επαναφορτίζεται, στο χρονικό στοιχείο (ρολόι) του κόμβου εμφανίζεται το λεγόμενο clock drift ή απώλεια διαφόρων κλασμάτων του δευτερολέπτου που σε βάθος χρόνου αθροίζονται και προκαλούν ανακρίβεια στα timestamps των δεδομένων που φεύγουν από τον κόμβο. Όταν δεν υπάρχει σωστός συγχρονισμός, το κέντρο του δικτύου θα αξιολογήσει την πληροφορία που θα πάρει, θα διαχειριστεί την πληροφορία ως άκυρη αν υπολογίσει ότι έχει λάθος timestamp (και ανάλογα με τις ρυθμίσεις του θα την κρατήσει ως αναφορικό σημείο ή θα την διαγράψει) και θα στείλει στο υπεύθυνο κόμβο εντολή συγχρονισμού. Μια εναλλακτική λύση που χρησιμοποιείται για την πρόληψη μιας τέτοιας κατάστασης είναι (επειδή το κέντρο θεωρείται ότι πάντα έχει τη σωστή ώρα) να αποστέλλονται πακέτα με εντολή συγχρονισμού από αυτό προς όλους τους κόμβους ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

2.5.3 Αποθήκευση, αναζήτηση και ανάκτηση πληροφορίας

Τα WSN μπορούν να παράγουν μια τεράστια ποσότητα δεδομένων, μια συνεχή χρονική σειρά από μετρήσεις όλων των σημείων που καλύπτει το δίκτυο. Σε ένα παραδοσιακό ενσύρματο δίκτυο η πληροφορία συγκεντρώνεται και αποθηκεύεται σε ένα κεντρικό server όπου λαμβάνει χώρα η επεξεργασία του. Εντελώς αντίθετα, σε ένα WSN, λόγω περιορισμών οικονομίας ενέργειας, η πληροφορία δεν μπορεί να συγκεντρωθεί με παρόμοιο τρόπο γιατί κάτι τέτοιο θα είχε τρομερά αρνητικές συνέπειες στο ενεργειακό απόθεμα του δικτύου. Θεωρητικά θα μπορούσαν οι ίδιοι οι κόμβοι να λειτουργήσουν σαν μια διεσπαρμένη βάση δεδομένων από την οποία ο χρήστης θα μπορούσε να αντλήσει τις πληροφορίες όποτε τις χρειαστεί αλλά και πάλι οι τεχνικοί περιορισμοί, το κόστος και η ανάγκη για μακροχρόνια λειτουργία μειώνουν τη διαθέσιμη χωρητικότητα κάθε κόμβου. Οι παραδοσιακές βάσεις δεδομένων δεν μπορούν αν ανταπεξέλθουν σε έναν χείμαρρο δεδομένων ειδικά εάν πρέπει να γίνει και επεξεργασία τους σε πραγματικό χρόνο γιατί οι καθυστερήσεις και της λήψης τους και της επεξεργασίας, θα έχει ολικό αντίκτυπο στη λειτουργία του δικτύου.

Architectural Design



- Back-end server LAN
 - Persistent storage of WSN observations
 - Centralized access to WSN data for authorized external parties
 - Via relational DB
 - Community manager and controllers for WLAN mobility solution

Εικόνα 15 Το παρόν μοντέλο είτε με τροποποιήσεις είτε χωρίς, δύναται να χρησιμοποιηθεί και σε τωρινά πλοία αλλά και στα λεγόμενα πλοία του μέλλοντος, τα Unmanned Sea Vessels

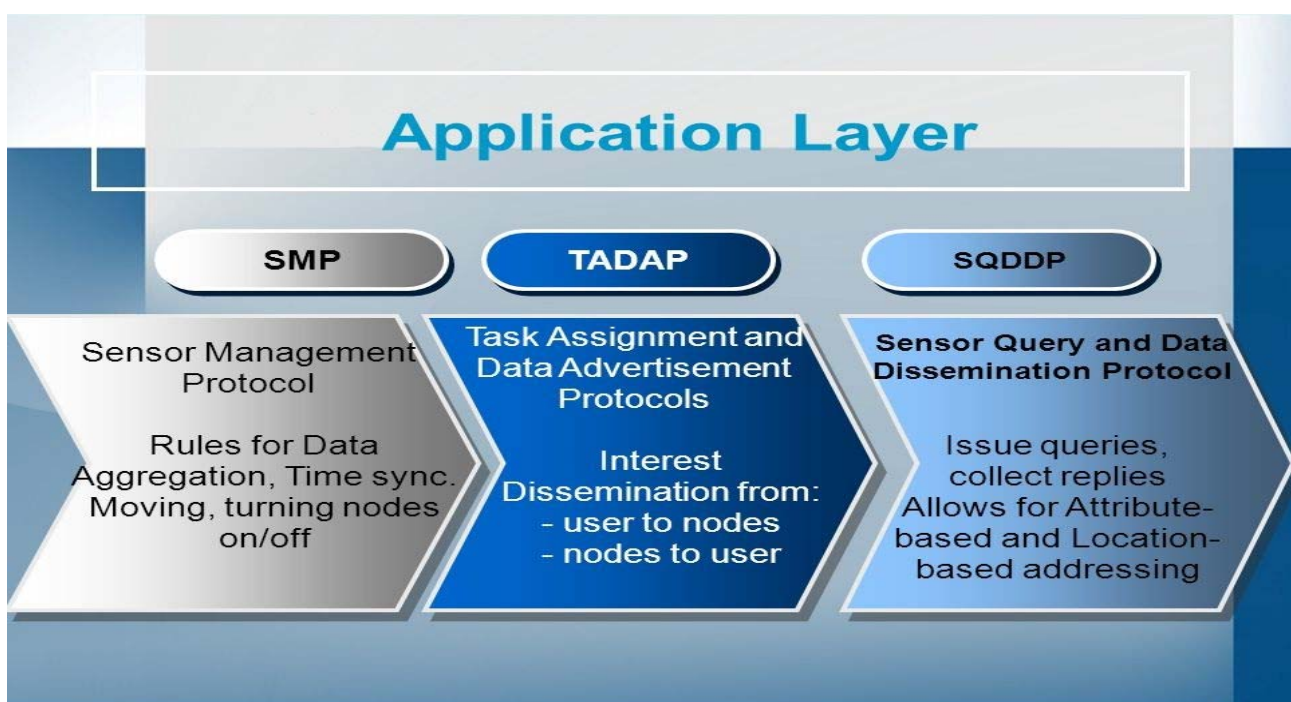
2.5.4 Ασφάλεια και προστασία

Στα WSN υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν την ασφάλεια των κόμβων και των δεδομένων που αυτοί συλλέγουν. Για παράδειγμα η θέση τους παρουσιάζει ένα πρόβλημα ασφαλείας : βρίσκονται σε κοινή θέα. Σε έναν αισθητήρα θερμοκρασίας μιά φωτιά από πυρκαγιά και ένα σπύρτο είναι ακριβώς το ίδιο. Σε κόμβους με πρόσβαση στο Ιντερνετ, με μια κυβερνοεπίθεση μπορεί να αλλάξει το πρόγραμμα του κόμβου με ιούς, με το να μην στέλνει σωστά δεδομένα κλπ. Περαιτέρω, οι περιορισμένες δυνατότητες ενός κόμβου καθιστούν το encryption κοστοβόρο σε ενέργεια και χρόνο. Επίσης η προστασία των δεδομένων από υποκλοπή κατά τη μεταφορά ή από MMA attack (man in the middle) – σημαντικά μειονεκτήματα ασύρματης επικοινωνίας, απαιτούν end-to end encryption. Κάτι τέτοιο σε μια κλειστή κοινότητα ενός πλοίου συνήθως δεν υφίσταται αλλά δεν αποκλείεται. Η κρυπτογράφηση των δεδομένων επίσης, επιβάλλει και το επιπρόσθετο βάρος κατανάλωσης ενέργειας για ενδιάμεση αποκρυπτογράφηση και ανακρυπτογράφηση για να γίνει ενδιάμεση επεξεργασία. Αυτό πρακτικά καθιστά την ασφάλεια του δικτύου ασύμφορη ενεργειακά, χρονικά και οικονομικά.

2.5.5 Application Layer Protocols για WSN

Τα πρωτόκολλα αυτά προσφέρουν στον διαχειριστή ενός WSN, τρόπους διάδρασης και ρύθμισης των παραμέτρων του δικτύου. Ο σχεδιασμός και η χρήση ενός πρωτοκόλλου διαχείρισης κόμβων έχει πολλά πλεονεκτήματα. Καταρχάς διευκολύνει και εξομαλύνει την επικοινωνία μεταξύ εφαρμογών διαχείρισης του δικτύου και των κόμβων. Παρακάτω παρουσιάζοντε ενδεικτικά μερικά από αυτά.

- ❖ **SMP (Sensor Management Protocol)** Ο διαχειριστής επικοινωνεί με το δίκτυο μέσω του πρωτοκόλλου αυτού και μπορεί να προβεί σε ενέργειες όπως ορισμός κανόνων διαχείρισης περιττών δεδομένων, ανάκτηση δεδομένων από τους κόμβους αν υπάρχει δυνατότητα, χειροκίνητος συγχρονισμός, ενεργοποίηση/απενεργοποίηση κόμβων, κλήση των μεταβλητών και των ρυθμίσεων των κόμβων, της κατάστασής τους, καλιμπράρισμα, έλεγχος αυθεντικότητας των κλειδιών ασφαλείας κ.α.
- ❖ **TADAP (Task Assignment and Data Advertisement Protocol)** Το πρωτόκολλο αυτό δίνει πρόσβαση στη ρύθμιση χαμηλού επιπέδου διαδικασιών σε κάθε κόμβο, όπως οι παράμετροι δρομολόγησης κλπ.
- ❖ **SQDDP (Sensor Query and Data Dissemination Protocol)** Το πρωτόκολλο αυτό επιτρέπει γενικευμένες «ερωτήσεις» προς το δίκτυο, όχι σε συγκεκριμένους κόμβους, που δίνουν αποτελέσματα για μια συγκεκριμένη ποσότητα, π.χ. τις θέσεις των κόμβων που μετράνε τρέχουσα θερμοκρασία άνω των 50 βαθμών κελσίου.



Σχόλια – Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, έχουμε καταλήξει στα εξής θετικά στοιχεία που φέρουν τα δίκτυα ασυρμάτων αισθητήρων :

- Με τη χρήση τους αποφεύγουμε μέρος της ήδη έντονης παρουσίας καλωδίωσης στα πλοία που είναι αφενός ισχυρός θετικός οικονομικός παράγοντας και αφετέρου συμβάλει στη μείωση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο χώρο βελτιώνοντας και τις συνθήκες διαβίωσης του πληρώματος στο χώρο εργασίας και την ίδια τη λειτουργία του WSN
- Είναι εύκολο να προστεθούν και να αφαιρεθούν κόμβοι στο σύστημα τόσο απλά όσο το να πατήσουμε το κουμπί ενεργοποίησης τους
- Παρέχουν εύκολη πρόσβαση για επεμβάσεις τόσο σε θέμα hardware για επισκευές βλαβών, όσο και σε θέμα software για ρυθμίσεις, ελέγχους, troubleshooting κλπ.
- Οι λειτουργίες και οι παράμετροί τους είναι προσβάσιμοι τόσο από το E.C.R. όσο και από ένα tablet ή κινητό τηλέφωνο που θα μπορεί να συνδεθεί στο ίδιο το WSN απευθείας
- Μπορούν να συνδιαστούν διαφόρων ειδών και δυνατοτήτων κόμβοι σε ένα δίκτυο με οικονομικό όφελος και αυξημένη ενεργειακή απόδοση

Τα αρνητικά που παρατηρούνται αν και σημαντικά, μπορούν να παρακαμφθούν αλλά με, προς το παρόν, κοστοβόρες διαδικασίες και εξοπλισμό και είναι τα εξής :

- Έχουν χαμηλές ταχύτητες επικοινωνίας λόγω περιορισμών που μπαίνουν για οικονομία ενέργειας
- Έχουν δυσκολίες στην ενεργοδότησή τους λόγω περιορισμένης τεχνολογίας πηγών συνεχούς ενέργειας
- Το μεταλλικό περιβάλλον του πλοίου προκαλεί περεταίρω δυσκολίες στην επικοινωνία με απορρόφιση και διασκορπισμό των ραδιοκυμάτων
- Η τοποθέτησή τους σε σημεία με υγρασία, χημικά και καύσιμα ή διαβρωτικά στοιχεία απαιτεί επιπλέον θωράκιση που ανεβάζει το κόστος των κόμβων
- Τα μηχανήματα του πλοίου που δημιουργούν ηλεκτρομαγνητικά πεδία ως μέρος της κανονικής λειτουργίας τους (π.χ. γεννήτριες), καθιστούν τον άμεσο χώρο τους και τους εαυτούς τους ανίκανους να επωφεληθούν από το δίκτυο λόγω έντονων παρεμβολών
- Η θωράκιση του χώρου από ηλεκτρομαγνητικά πεδία προς όφελος της λειτουργίας ενός WSN είναι οικονομικά ασύμφορη και πρακτικά αδύνατη

Βλέπουμε λοιπόν πως παρά τα αρκετά προτερήματα που παρουσιάζει η χρήση ενός WSN στη ναυτιλία και πως είναι ένα πολλά υποσχόμενο εργαλείο, διατηρεί πάραυτα, μια μεγάλη λίστα μειονεκτημάτων η οποία τη καθιστά προς το παρόν μη οικονομική, όχι πλήρως αξιοποιήσιμη λύση. Στο μέλλον όταν ξεπεραστούν τα ελατώματά τους, τα WSN θα γίνουν ισχυρό εργαλείο στη ναυτιλία. Εν όψη των ερευνών που γίνονται για τη δημιουργία πλήρως αυτόνομων εμπορικών πλοίων, ναι μεν τα WSN θα αποτελέσουν αναπόσπαστο κομμάτι τους εάν τελικά υλοποιηθεί κάτι τέτοιο, αλλά επειδή η ως τώρα εμπειρία γενικά με τους αυτοματισμούς κρίνει ότι έχουν ακόμη πολύ δρόμο για βελτίωση μέχρι το σημείο να λειτουργούν με πλήρη αυτονομία, είναι σχεδόν σίγουρο ότι για τα επόμενα πενήντα με εκατό χρόνια είναι λίγες οι πιθανότητες να δούμε πλήρως αυτόνομα, μη επανδρωμένα εμπορικά πλοία.

Βιβλιογραφία

1. Wireless Sensor Networks by C.S. Raghavendra, Krishna M. Sivalingam, Taieb Znati
2. Wireless Sensor Networks Deborah Estrin & Mani Srivastava destrin@cs.ucla.edu, mbs@ucla.edu UCLA, Akbar Sayeed akbar@engr.wisc.edu University of Wisconsin, Madison
3. Wireless Sensor Networks, John A. Stankovic, Department of Computer Science, University of Virginia Charlottesville, Virginia 22904 E-mail: stankovic@cs.virginia.edu
4. www.google.com – εικονογράφηση
5. Wireless Sensor Networks: Introduction, Advantages, Applications and Research Challenges Prashant Tiwari¹ , Varun Prakash Saxena² , Raj Gaurav Mishra³ , Devendra Bhavsar
6. https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network
7. Wireless Sensor Networks¹ F. L. LEWIS Associate Director for Research Head, Advanced Controls, Sensors, and MEMS Group Automation and Robotics Research Institute The University of Texas at Arlington 7300 Jack Newell Blvd. S Ft. Worth, Texas 76118-7115 email lewis@uta.edu, <http://arri.uta.edu/acs>

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract.....	4
Πρόλογος	5
Κεφάλαιο 1	6
1. Εισαγωγή	6
1.1 Τύποι αισθητήρων	6
1.2 Δίκτυα Ασυρμάτων Αισθητήρων.....	8
1.3 Εφαρμογές WSN ως τώρα.....	9
Κεφάλαιο 2	12
2. Εισαγωγή	12
2.1 Προβλήματα εγκατάστασης WSN σε μηχανοστάσια πλοίων	12
2.2 Θέση των κόμβων στο μηχανοστάσιο	14
2.3 Πηγή ενέργειας	15
2.4 Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές	19
2.5 Πρωτόκολα επικοινωνίας κόμβων ενός WSN	20
2.5.1 Δρομολόγηση και ενδοδικτυακή επεξεργασία δεδομένων.....	21
2.5.2 Αυτόματος συγχρονισμός.....	22
2.5.3 Αποθήκευση, αναζήτηση και ανάκτηση πληροφορίας.....	23
2.5.4 Ασφάλεια και προστασία.....	24
2.5.5 Application Layer Protocols για WSN	25
Σχόλια – Συμπεράσματα	26
Βιβλιογραφία	28
Περιεχόμενα.....	29