



Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΠΜΣ Πληροφοριακά Συστήματα
Μάθημα Δίκτυα Υπολογιστών
Κάθηγητής Α.Α. Οικονομίδης

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



REAL CASES OF SENSOR NETWORKS FOR INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM (Ships, Boats, Harbors)

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ (Πλοία, Σκάφη, Λιμάνια)

Προμκυρίδης Ραφαήλ (mis 18002)
Παππάς Χρηστάκης (mis 18022)

Θεσσαλονίκη 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε μία εποχή όπου η εξέλιξη της τεχνολογίας είναι ακατάπαυστη, είναι επόμενο να δημιουργούνται καινούργιες τεχνολογίες και εφαρμογές, αποσκοπώντας στην αναβάθμιση του βιοτικού επιπέδου. Η ανάγκη για συνεχή και αξιόπιστη παρακολούθηση διαφόρων καταστάσεων, αλλά και επέμβαση σε αυτές, έφερε στην επιφάνεια το Internet of Things (IoT). Με αυτή την τεχνολογία, πληροφορίες για την λειτουργία μιας διαδικασίας γίνονται ευκολότερα προσβάσιμες από τον άνθρωπο.

Τα IoT, συνδυάζοντας ηλεκτρονικές συσκευές και λογισμικό μέσω ενός προεπιλεγμένου πρωτοκόλλου επικοινωνίας, δημιουργεί ένα ασύρματο, ολικώς ή μερικώς, δίκτυο. Δεδομένα από το πεδίο που μας ενδιαφέρουν, καταγράφονται μέσω των αισθητήρων των συσκευών και σειριακά, βάσει του πρωτοκόλλου επικοινωνίας, προωθούνται στο δίκτυο μέχρι να φτάσουν στο στάδιο του λογισμικού. Στο λογισμικό η διαχείριση τους διαφέρει σε κάθε περίπτωση. Επεξεργασία, πληροφόρηση, ανάλυση και αποθήκευση είναι μερικές από τις ενέργειες που δύνανται να ακολουθήσουν είτε αυτοματοποιημένα δρώντας το σύστημα, είτε επεμβαίνοντας ο χρήστης.

Η αξιοποίηση τους ποικίλλει σε κάθε περίπτωση εφαρμογής ανάλογα με την ανάγκη που εξυπηρετεί. Το πλεονέκτημα της γνώσης των εκάστοτε πληροφοριών που μας παρέχουν είτε σε πραγματικό χρόνο, είτε ετεροχρονισμένα, τα καθιστά χρήσιμο εργαλείο σε διαφόρους τομείς. Η ανάπτυξη τους δεν έχει αυστηρές προϋποθέσεις, για αυτό άλλωστε χρησιμοποιούνται για εξυπηρέτηση διαφόρων λειτουργιών.

Αυτή η εργασία συντάχθηκε με σκοπό την εισαγωγή στην έννοια των IoT και την χρησιμότητα που βρίσκουν σήμερα. Το φάσμα που μελετήθηκε αφορά τις θαλάσσιες μεταφορές και διάφορες εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί για την βελτίωση τους. Συνεπώς πλοία και λιμάνια είναι οι κύριοι αποδέκτες τέτοιων εφαρμογών. Λήψη αποφάσεων ως προς την λειτουργία τους, παρακολούθηση φαινομένων, αυτοματοποιημένη αντίδραση του συστήματος σε ενδείξεις που καταγράφονται, είναι μερικές μόνο δράσεις αξιοποίησης από τις περιπτώσεις που διερευνήθηκαν. Η κάθε εφαρμογή που μελετήθηκε προσδίδει διαφορετικά οφέλη στο πλαίσιο λειτουργίας που αναπτύχθηκε, αναμφισβήτητα όμως υπάρχουν και άλλες εφαρμογές απαραίτητες να δημιουργηθούν, για να εξυπηρετήσουν νέες ανάγκες στον τομέα των θαλάσσιων μεταφορών.

ABSTRACT

At a time when technology is unstable, new technologies and applications need to be created to upgrade living standards. The need for continuous and reliable monitoring and response to various situations has brought to light the Internet of Things (IoT). By this technology, information about the operation of a process is easier to be accessed by humans.

IoT, combining electronic devices and software via a default communication protocol, creates a wireless, total or partial network. Data from the field of interest is recorded through the device sensors and sequentially, based on the communication protocol, forwarded to the network until they reach the software stage. In software, their management varies in any case. Processing, information, analysis and storage are some of the actions that can be taken either automatically by operating the system or by interfering with the user.

Their utilization varies in each case depending on the need they serve. The advantage of knowing the information we are provided either in real time or in future time, makes them a useful tool in various areas. Their development is not strict, and this is the reason they are used to serve different functions.

This work was drafted in order to introduce the meaning of IoT and how useful they are found nowadays. The spectrum studied relates to maritime transport and various applications developed to improve them. Therefore, shipowners and ports are the main recipients of such applications. Decision-making on their operation, monitoring of phenomena, automated reaction of the system to recorded data, are only some of the exploitation of the cases which have been investigated.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ABSTRACT	3
1) Παρουσίαση του θέματος	5
2) Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN)	7
2.1) Αρχιτεκτονική ενός κόμβου σε WSN	8
3) Εφαρμογές ασύρματων δικτύων στις θαλάσσιες μεταφορές και στα λιμάνια	9
3.1) Τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification)	9
3.2) Έξυπνο κοντέινερ	10
3.3) Αυτόνομη πλοήγηση πλοίου για αποφυγή ατυχήματος	11
3.4) Ανίχνευση απειλητικών σκαφών	12
3.5) Σύστημα συναγερμού συνόρων και μείωσης ταχύτητας.....	13
3.6) Σύστημα σε WSN για την ανίχνευση ανθρώπου στη θάλασσα	14
3.7) Οπτική ανάλυση των υδρολογικών δεδομένων του λιμένα	15
3.8) Σύστημα μέτρησης της υδροελαστικής συμπεριφοράς ενός πλοίου	16
3.9) Τα WSN ως μέσο παρακολούθησης θαλάσσιων παγωμένων περιοχών	17
3.10) Ενσύρματο και ασύρματο σύστημα παρακολούθησης με WSN	19
4) Σύνοψη περιπτώσεων	21
5) Συμπεράσματα – Προτάσεις	23
7) Βιβλιογραφία	25

1) Παρουσίαση του θέματος

Το Internet of Things (IoT) αποτελεί μία έννοια η οποία αφορά πράγματα από την καθημερινότητα μας και ουσιαστικά αναφέρεται στη σύνδεση πολλών και διαφόρων συσκευών που διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες, λογισμικό και συνδεσιμότητα στο δίκτυο, ώστε να συνδέονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα. Ο όρος Internet of Things αποδόθηκε από τον Kevin Ashton στα τέλη της δεκαετίας του 1990.(Wikipedia)



Εικόνα 1¹ IOT

Ένα σύστημα Iot (Internet of things) αποτελείται από τέσσερα στοιχεία:

- Αισθητήρες/Συσκευές
- Συνδεσιμότητα
- Επεξεργασία δεδομένων
- Περιβάλλον εργασίας χρήστη

Παρακάτω εξηγείται εν συντομία τι είναι το κάθε στοιχείο από αυτά και ποια η λειτουργία του.

i) Αισθητήρες/Συσκευές

Οι αισθητήρες ή συσκευές χρησιμοποιούνται για την συλλογή πληροφοριών από το περιβάλλον στο οποίο έχουν τοποθετηθεί. Μπορεί είτε να είναι ένας αισθητήρας μόνος του, είτε ένα σύνολο αισθητήρων που απαρτίζουν μία συσκευή, όπως για παράδειγμα ένα κινητό τηλέφωνο.

ii) Συνδεσιμότητα

Οι αισθητήρες, πέρα από την συλλογή των δεδομένων, θα πρέπει να είναι ικανοί και να τα μεταβιβάζουν. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτό, συνδέονται στο δίκτυο με διάφορους τρόπους, όπως WiFi, Bluetooth, Ethernet κ.ά. Κάθε ένας από τους οποίους παρουσιάζει διαφορετικά χαρακτηριστικά θετικά και αρνητικά, ως προς την κατανάλωση ενέργειας, την

1 Εικόνα 1 από: <https://www.wirelesslogic.com>

εμβέλεια και πολλά άλλα τα οποία διαφέρουν από περίπτωση σε περίπτωση αναλόγως με τις ανάγκες και τον σκοπό που εξυπηρετεί.

iii) Επεξεργασία δεδομένων

Από τη στιγμή που τα δεδομένα αποσταλούν από το δίκτυο των κόμβων και φτάσουν στο σύστημα, υπάγονται σε προδιαγεγραμμένες μορφές επεξεργασίας και ανάλυσης. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση προγραμμάτων και αλγορίθμων π.χ. έλεγχος θερμοκρασίας και σύγκριση με τα επιτρεπτά όρια.

iv) Περιβάλλον εργασίας χρήστη

Τέλος, η χρήσιμη πληροφορία που φτάνει στον χρήστη τον οδηγεί να δράσει είτε με κάποια αυτοματοποιημένη εργασία που έχει ορίσει είτε δρώντας με κάποιο τρόπο ο ίδιος, όπως για παράδειγμα αν η θερμοκρασία που ανιχνεύτηκε είναι πολύ υψηλή και πρέπει να επέμβει ώστε να κατέβει.



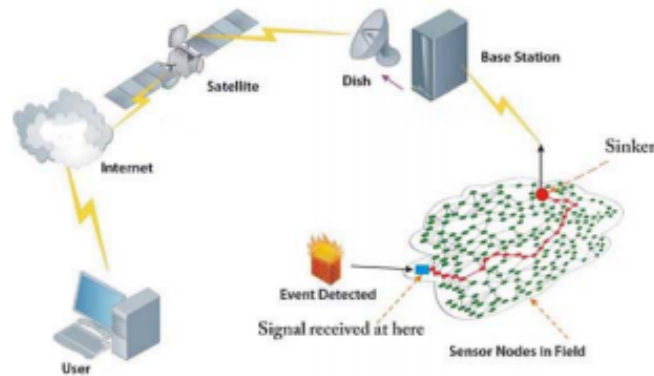
Εικόνα 2² ITS

Το IoT έχει επηρεάσει αρκετούς κλάδους και βρίσκει εφαρμογή σε πολλούς τομείς διαδραματίζοντας πολύ σημαντικό ρόλο, λόγω του ότι επιφέρει μεγάλη βελτίωση στις λειτουργίες τους. Ένας τομέας στον οποίο έχει γίνει πιο αισθητή η εμφάνισή του είναι τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών – Intelligent Transportation Systems (ITS). Με τον όρο ITS εννοούμε την χρήση της πληροφοριακής τεχνολογίας η οποία στοχεύει στην παροχή καινοτόμων υπηρεσιών που σχετίζονται με διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς και διαχείρισης της κυκλοφορίας και επιτρέπει στους χρήστες να είναι καλύτερα ενημερωμένοι, ασφαλέστεροι και περισσότερο συντονισμένοι.

2 Εικόνα 2 από: <http://slideplayer.com/slide/9088269/#>

2) Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN)

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, η κατηγορία ασύρματων δικτύων που συναντάται όλο και περισσότερο σε περιπτώσεις αισθητήρων είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων ή αλλιώς Wireless Sensor Network (WSN).



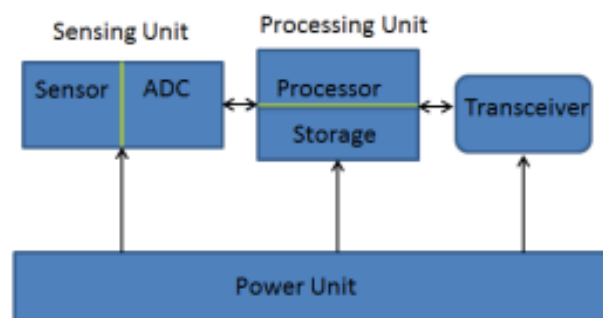
Εικόνα 3³ Ένα τυπικό WSN

Με τον όρο WSN εννοούμε ένα σύστημα αυτόνομων διασκορπισμένων κόμβων, οι οποίοι συλλέγουν πληροφορίες και τις μεταδίδουν μέσω του δικτύου σε διάφορες συσκευές που έχει επιλέξει ο χρήστης. Όλοι αυτοί οι κόμβοι, όπως μεταδίδουν πληροφορίες στην τοποθεσία που έχει επιλεγεί, έτσι μπορούν να επικοινωνήσουν και μεταξύ τους ανταλλάσσοντας χρήσιμα για αυτούς δεδομένα. Κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά και πλεονεκτήματα των συγκεκριμένων δικτύων είναι το χαμηλό κόστος, καθώς είναι ασύρματα και δεν χρειάζονται καλώδια. Το γεγονός ότι οι κόμβοι μπορούν να λειτουργούν αυτόνομα, δηλαδή χωρίς την παρουσία ανθρώπου, αφού ο καθένας έχει προγραμματιστεί να εκτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες, είναι επίσης ένα σημαντικό όφελος. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς ο κάθε κόμβος συνήθως λειτουργεί με την βοήθεια μπαταρίας που τροφοδοτεί ένα σύνολο αισθητήρων. Είναι έτσι άρρηκτα συνδεδεμένο με το επόμενο πλεονέκτημα που παρατηρείται. Στον κάθε κόμβο μπορούμε να έχουμε πολλούς αισθητήρες, οι οποίοι έχουν προγραμματιστεί ο καθένας να συλλέγει διαφορετικές πληροφορίες, με αποτέλεσμα ο κάθε κόμβος να προσφέρει μεγάλο όγκο δεδομένων χρήσιμα για τον χρήστη. Εκτός από όλα αυτά που αναφέρθηκαν όμως, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να δημιουργηθούν εύκολα και γρήγορα, όπως επίσης το ίδιο εύκολα προσαρμόζονται και σε καινούριες καταστάσεις καθιστώντας τα έτσι μία πολύ καλή επιλογή.(Wikipedia)

3 Εικόνα 3 από (Muhammad, Xu, Dharmandra, Hongyan, 2012)

2.1) Αρχιτεκτονική ενός κόμβου σε WSN

Σε αυτό το κεφάλαιο αναλύεται το πως δομείται ένας κόμβος. Η κατασκευή ενός κόμβου αισθητήρα εστιάζει στη μείωση του κόστους, στην αύξηση της ευελιξίας, στην παροχή ανοχής των σφαλμάτων, στην βελτίωση της διαδικασίας ανάπτυξης και στην εξοικονόμηση ενέργειας. Ένας κόμβος αποτελείται από το «Sensing unit», που περιέχει τον αισθητήρα και τον μετατροπέα από αναλογικό σε ψηφιακό, το «Processing Unit» που αποτελείται από τον επεξεργαστή και την αποθηκευτική μονάδα, τη μονάδα επικοινωνίας «transceiver» και την μονάδα που τροφοδοτεί με ενέργεια το σύστημα «power supply unit». (Ahmed, κ.ά., 2012)



Εικόνα 4⁴ Δομή ενός κόμβου

Sensing unit: Αποτελείται από μία συλλογή από διαφορετικούς τύπους αισθητήρων οι οποίοι χρησιμοποιούνται για διάφορες μετρήσεις του φυσικού περιβάλλοντος τους. Οι αισθητήρες στη συνέχεια δίνουν ένα ηλεκτρικό σήμα το οποίο είναι αναλογικό. Το σήμα αυτό μετατρέπεται από τον Analog-to-Digital-Converter (ADC) σε ψηφιακό για να μπορέσει να το υποδεχτεί ο επεξεργαστής και να ξεκινήσει η επεξεργασία.

Processing unit: Αποτελείται από έναν επεξεργαστή και μία μνήμη (RAM). Επίσης έχει λειτουργικό σύστημα και ρολόι. Η ευθύνη του είναι να συλλέγει τα δεδομένα που έρχονται από διάφορες πηγές, να τα επεξεργάζεται και να τα αποθηκεύει.

Communication unit: Χρησιμοποιεί έναν αναμεταδότη (transceiver) ο οποίος αποτελείται από έναν δέκτη και έναν πομπό. Με βάση την εφαρμογή, η επικοινωνία μπορεί να γίνει με ραδιοκύματα, υπέρυθρα ή οπτικά.

Power unit: Η δουλειά της μονάδας ενέργειας είναι να τροφοδοτεί με ενέργεια τον κόμβο με χαμηλό κόστος και για λιγότερο χρόνο, ώστε να εξοικονομεί ζωή στην μπαταρία, αφού αυτό είναι υπεύθυνο για τη χρήση της μπαταρίας και κατ' επέκταση για το χρονικό διάστημα που θα αντέξει η μπαταρία. (Ahmed, κ.ά., 2012)

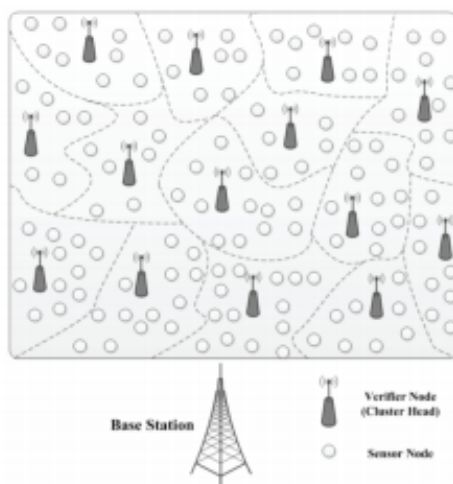
4 Εικόνα 4 από: Ahmed, M. R., Huang, X., Sharma, D., & Cui, H. (2012). Wireless Sensor Network: Characteristics and Architectures, 6(12), 1398–1401.

3) Εφαρμογές ασύρματων δικτύων στις θαλάσσιες μεταφορές και στα λιμάνια

3.1) Τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification)

Η τεχνολογία αυτή ανήκει στις Auto-Identification (Auto-ID) τεχνολογίες. Με τον όρο Auto-ID εννοούμε τεχνολογίες αναγνώρισης αντικειμένων και συλλογής πληροφοριών από αυτά και με τον όρο Radio-Frequency Identification εννοούμε «ασύρματα συστήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων για να μεταφέρουν πληροφορίες από το ένα αντικείμενο στο άλλο με σκοπό την αναγνώριση, την κατηγοριοποίηση ή την παρακολούθηση του σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον». Ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από έναν αναγνώστη (transceiver ή reader), μία ετικέτα (transponder ή tag) και κεραίες που μεσολαβούν μεταξύ των τάσεων στα σύρματα και των κυμάτων στον αέρα, τις reader antennas και tag antennas, αντίστοιχα.(Σινάτκας, Τσιχλάκης, 2015)

Η τεχνολογία αυτή χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές ασύρματης δικτύωσης αισθητήρων σε πολλούς τομείς. Ένας από αυτούς είναι και τα ITS. Πιο συγκεκριμένα, βλέπουμε την χρήση αυτής της τεχνολογίας στην ανίχνευση κοντέινερ στα λιμάνια αλλά και στα πλοία. Για να επιτευχθεί αυτό τοποθετούνται στα κοντέινερ κόμβοι αισθητήρων οι οποίοι διαβάζουν τα απαραίτητα δεδομένα και τα στέλνουν στα cluster heads. Στην συνέχεια εκεί γίνεται η επεξεργασία των δεδομένων που λήφθηκαν από την περιοχή που είναι υπεύθυνα και τα στέλνουν στον σταθμό βάσης όπως φαίνεται στην εικόνα 5. Η ανίχνευση αυτή μπορεί να γίνει τόσο στο λιμάνι όσο και στο κατάστρωμα του πλοίου, αρκεί να βρίσκεται σε περιοχή που καλύπτεται από κάποιο cluster head. (Rezapour, Atani, Abolghasemi, 2014)

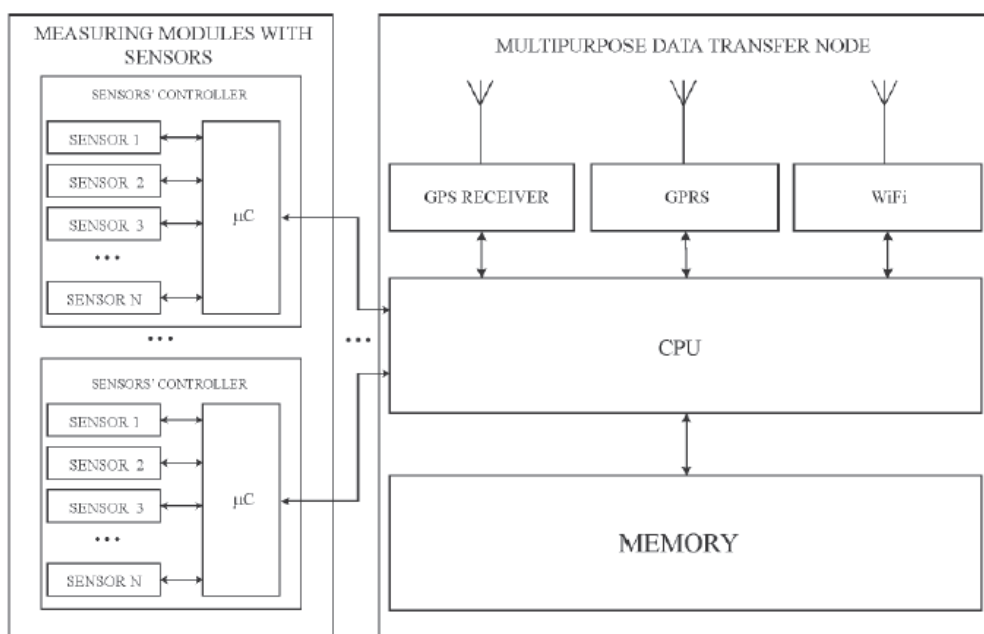


Εικόνα 5⁵ Δομή επικοινωνίας συστήματος

5 Εικόνα 5 από: Secure Positioning for Shipping Containers in Ports and Terminals Using WSN (Taha Yasin Rezapour, Reza Ebrahimi Atani, Meer Sohei Abolghasemi),2014

3.2) Έξυπνο κοντέινερ

Εκτός από την τοποθεσία ενός κοντέινερ χρειάζεται να έχουμε πληροφορίες και για την κατάσταση που επικρατεί στο εσωτερικό του. Αυτές τις πληροφορίες τις χρειαζόμαστε για να μπορούμε να εξασφαλίζουμε την ασφάλεια τόσο του φορτίου όσο και του περιβάλλοντος στο οποίο είναι αποθηκευμένο το συγκεκριμένο κοντέινερ. Για παράδειγμα, θα ήταν πολύ χρήσιμη η πληροφορία για την θερμοκρασία που επικρατεί μέσα στο κοντέινερ ή για τα επίπεδα τοξικών αερίων στο εσωτερικό του ή ακόμη και η οποιαδήποτε κίνηση. Για να καταστεί αυτό δυνατό, εφοδιάζονται τα κοντέινερ με αισθητήρες οι οποίοι μετρούν και παρακολουθούν την κατάσταση στο εσωτερικό τους. Οι αισθητήρες συλλέγουν αυτές τις πληροφορίες και αν χρειαστεί, τις στέλνουν στον κεντρικό σταθμό για να ενημερωθούν οι αρμόδιοι και να αποφευχθεί κάποια δυσάρεστη κατάσταση. Σημαντικό όμως είναι ότι σε περίπτωση που δεν μπορέσει να επιτευχθεί επικοινωνία μεταξύ του κόμβου αισθητήρων με του κεντρικού σταθμού, τα δεδομένα αυτά αποθηκεύονται ώστε να αναγνωστούν όταν γίνει εφικτό. Στην εικόνα 6 βλέπουμε την δομή που έχει ένα τέτοιο σύστημα.



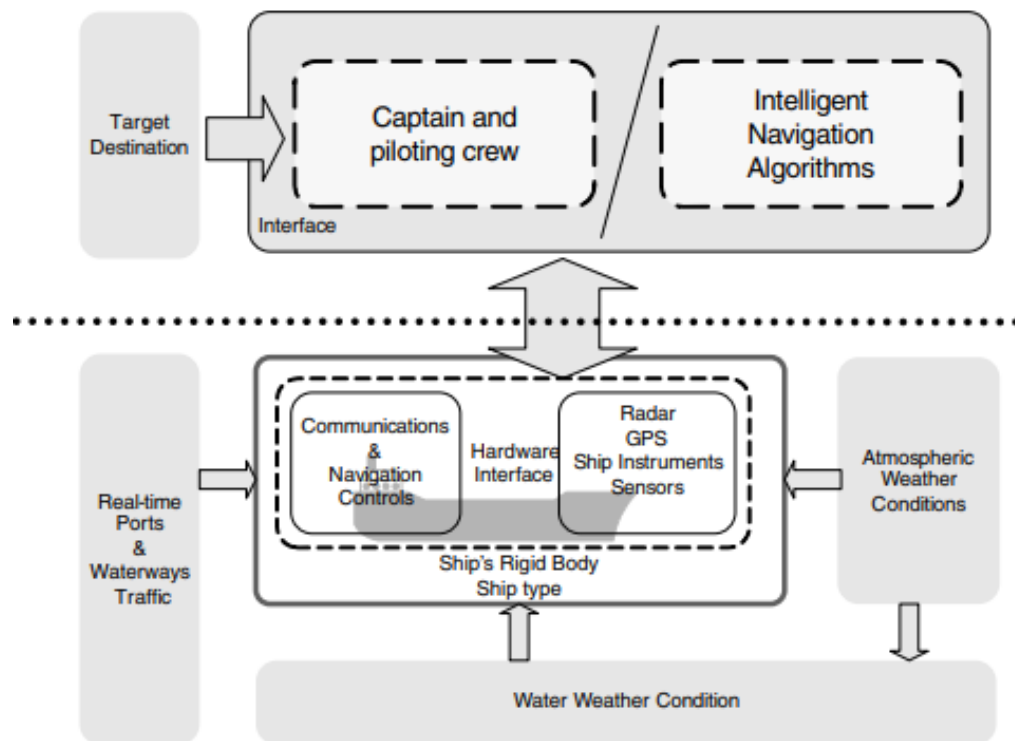
Εικόνα 6⁶ Λειτουργικό διάγραμμα του Smart Container module

Για να επιτύχει και να λειτουργήσει σωστά το σύστημα αυτό θα πρέπει αρχικά να έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας για να μπορεί να διατηρηθεί μακροχρόνια, αν χρειαστεί, χωρίς αλλαγή, όπως επίσης να είναι συμπαγές και μικρό για να καταστεί μικρότερη η πιθανότητα ζημιάς που μπορεί να του προκληθεί κατά τις μετακινήσεις. Προϋποθέτει ακόμα να έχει μεγάλη αντοχή σε διάφορες συνθήκες, όπως για παράδειγμα νερό και θερμοκρασία καθώς επίσης και να είναι καλά ασφαλισμένο για να μην μπορεί να αφαιρεθεί, έχοντας κάποιου είδους συναγερμό σε περιπτώσεις που μπορεί να χρειαστεί.(Katulski, κ.ά., 2009)

6 ⁶ Εικόνα 6 από: Self-organizing wireless monitoring system for cargo containers, Ryszard J. Katulski, Jarosław Sadowski, Jacek Stefański, Sławomir J. Ambroziak, Bożena Miszewska, 2009

3.3) Αυτόνομη πλοήγηση πλοίου για αποφυγή ατυχήματος

Το σύστημα αυτό αποσκοπεί στην πλοήγηση ενός πλοίου χωρίς ανθρώπινη επέμβαση. Δηλαδή εισάγονται οι συντεταγμένες του προορισμού και στην συνέχεια, αυτόνομοι μαθηματικοί αλγόριθμοι αναλαμβάνουν να πάνε το πλοίο στον προορισμό του αποφεύγοντας τυχόν ατυχήματα που θα μπορούσαν να συμβούν εξαιτίας της απροσεξίας ανθρώπων. Το σύστημα αυτό συνδυάζει το Collision Avoidance System (CAS) και το Track-Keeping system (TK).



Εικόνα 7⁷ Παράγοντες που επηρεάζουν την αποφυγή σύγκρουσης στην πλοήγηση

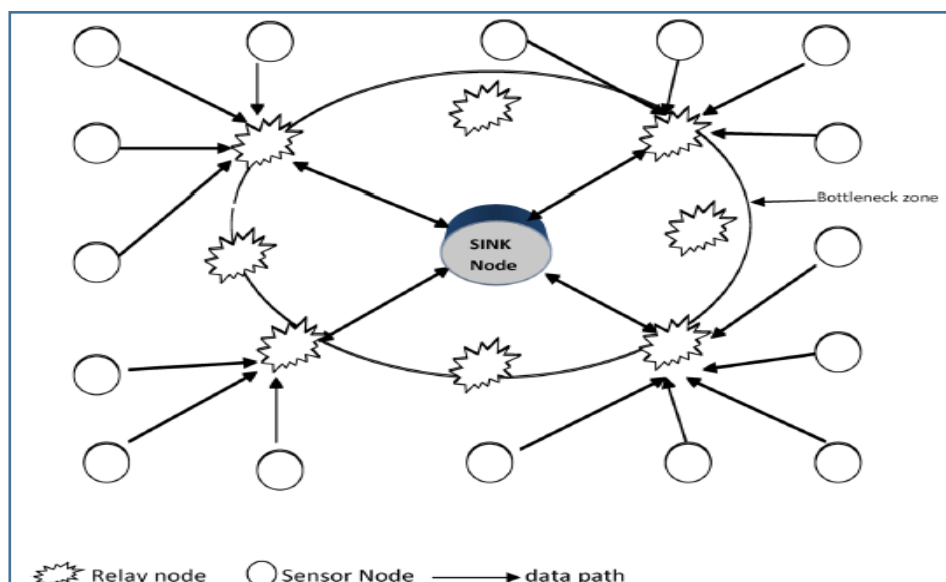
Στην εικόνα 7, παρουσιάζονται παράγοντες που λαμβάνει υπόψη του αυτό το σύστημα για την αποφυγή σύγκρουσης. Έτσι, με την χρήση κατάλληλων αισθητήρων παίρνει πληροφορίες για τον καιρό, την κατάσταση του νερού, την πιθανή κίνηση που υπάρχει κοντά στο πλοίο, ενδείξεις από τα όργανα λειτουργίας του πλοίου, πληροφορίες για την θέση του πλοίου κ.ά. Στην συνέχεια τα στέλνει όλα σε έναν κεντρικό σταθμό εντός του πλοίου, δηλαδή μία μονάδα επεξεργασίας δεδομένων, όπου εκεί επεξεργάζονται και διαμορφώνουν ανάλογα τους αλγόριθμους που τρέχουν συνέχεια και καθορίζουν την πορεία του πλοίου. (Statheros, Howells, McDonald-Maier, 2008)

7 Εικόνα 7 από: Autonomous Ship Collision Avoidance Navigation Concepts, Technologies and Techniques, Thomas Statheros, Gareth Howells and Klaus McDonald-Maier, 2008.

3.4) Ανίχνευση απειλητικών σκαφών

Οι Rao και Kamila, αναγνωρίζοντας το πρόβλημα της αυξημένης θαλάσσιας εγκληματικότητας λόγω πειρατών, λαθρεμπόρων κ.ά., αποπειράθηκαν να δώσουν λύση αναπτύσσοντας ένα WSN για παρακολούθηση πλοίων-εισβολέων. Αξιοποιώντας το γεγονός πως τα χαρακτηριστικά ενός κύματος που προξενεί κάποιο αντικείμενο οφείλονται αμιγώς στο μέγεθος, το σχήμα και την συμπεριφορά του αντικειμένου, δημιούργησαν αλγόριθμο όπου αναλύοντας την μορφή του παραχθέντος κύματος, προσδιορίζουν το αντικείμενο.

Πιο συγκεκριμένα, εφαρμόζοντας μία WSN τοπολογία στη μορφή πλέγματος στην επιφάνεια της θάλασσας, έγινε εφικτή η αναγνώριση και ταξινόμηση του τύπου του αντικειμένου. Το πλέγμα απαρτίζεται από κόμβους με ενσωματωμένους αισθητήρες. Ο κάθε κόμβος έχει τριαξονικό μετρητή επιτάχυνσης (3 axis accelerometer) για να ανιχνεύει το επίπεδο του εύρους των κυμάτων και μέσω των αναμεταδοτών μεταφέρει την πληροφορία στον κεντρικό κόμβο, ο οποίος χωροθετείται στο κέντρο του πλέγματος (Εικόνα 8). Τα διάφορα αντικείμενα που πιθανώς βρεθούν στην θάλασσα (ψάρια, φίδια, βάρκες κτλ.) και εντός του πλέγματος, προκαλούν διαφορετικά είδη κυμάτων αναγνωριζόμενα σαν πρότυπα από τους αισθητήρες. Ο κάθε κόμβος στέλνει τις μετρήσεις του στον κεντρικό κόμβο αδιάκοπα σε δεδομένες χρονικές στιγμές. Ο κεντρικός κόμβος συσχετίζοντας χωρικά και χρονικά τις εισερχόμενες από τους κόμβους πληροφορίες, αναζητά κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο αντικειμένου ή δράσης στις τιμές που του μεταδόθηκαν. Στην περίπτωση που αναγνωρισθεί κάποιο αντικείμενο και θεωρηθεί εισβολέας, δύναται η ενεργοποίηση της σήμανσης συναγερμού. Για αυτό το λόγο απαιτείται να μαθαίνει και να θυμάται μία μεγάλη λίστα από πρότυπα κυμάτων.



Εικόνα 8⁸ Δομή δικτύου

Καθώς κάθε εργασία σε ασύρματο δίκτυο απαιτεί ενέργεια που είναι περιορισμένη, αξίζει να αναφερθεί ότι στον εν λόγω αλγόριθμο των Rao και Kamila επιτυγχάνεται

8 Εικόνα 8 από: Rao and Kamila *Hum. Cent. Comput. Inf. Sci.* (2017) 7:14 DOI 10.1186/s13673-017-0095-4

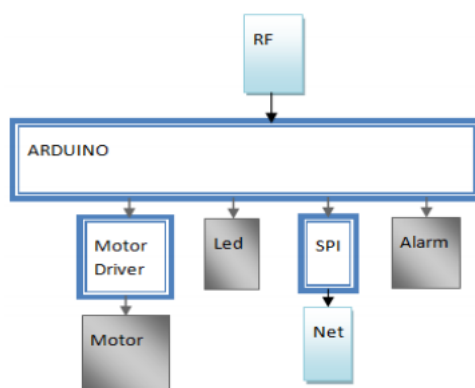
εξοικονόμηση ενέργειας και παράτασης της ζωής του δικτύου. Οι αναμεταδότες που δέχονται τις πληροφορίες από τους γειτονικούς κόμβους, χωροθετούνται γύρω από τον κεντρικό κόμβο δημιουργώντας έτσι έναν δακτύλιο (Εικόνα 8). Ο κεντρικός κόμβος δίνει εντολή στους αναμεταδότες να λειτουργούν σε 2 ομάδες εναλλάξ ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώστε να αποφευχθεί η συμφόρηση του δικτύου και να γίνει αρτιότερος διαμοιρασμός του φορτίου.

Η εφαρμογή αυτή θεωρείται αρκετά αξιόπιστη καθώς αναγνωρίζει κύματα που μπορεί να παρήχθησαν με την συμπλοκή κυμάτων δύο πλοίων και ανεξαρτήτου κατεύθυνσης. Επίσης εκτελεί την αναγνώριση προτύπων λαμβάνοντας υπόψιν τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν. Ενδεικτικά, έπειτα από δοκιμές που έγιναν, αποδείχθηκε ότι η αναγνώριση αντικειμένων υποβαθμίζεται κρίσιμα όταν περισσότερους από τους μισούς κόμβους έχουν αλλοιωθεί ή καταστραφεί. Οι μετρήσεις ελέγχονται από τον κεντρικό κόμβο αναπτύσσοντας AND και OR πράξεις, ώστε να ψηφίσει είτε κάποιες λάθος μετρήσεις είτε κάποιο δυσλειτουργικό κόμβο. Συνεπώς ο αλγόριθμος δείχνει μία ικανοποιητική ανοχή σφάλματος. Σαν μειονέκτημα λογίζεται ότι το σύστημα είναι ανεπαρκές για να ανιχνεύσει και να μάθει νέα αντικείμενα και πρότυπα για να τα εφαρμόσει σε γενικότερο πλαίσιο.

(Rao, Kamila, 2017)

3.5) Σύστημα συναγερμού συνόρων και μείωσης ταχύτητας

Στην σύγχρονη εποχή η διαφύλαξη των εθνικών συνόρων είναι ένα πολύπλοκο ζήτημα το οποίο εμπεριέχει την χρήση πολλών προχωρημένων τεχνολογιών. Πολλές χώρες χωρίζονται από υδάτινα σύνορα τα οποία δεν είναι ορατά, οπότε είναι χρήσιμη η ανάπτυξη ενός συστήματος το οποίο προειδοποιεί το πλοίο όταν πλησιάζει τα σύνορα. Αυτό το σύστημα βέβαια μπορεί να χρησιμοποιηθεί και από χώρες που θέλουν να προστατέψουν τα σύνορα τους και το αντίστοιχο λιμενικό να ειδοποιείται όταν κάποιο πλοίο τα παραβιάζει. Και στα λιμάνια όμως θα μπορούσε να φανεί πολύ χρήσιμο αφού η ασφάλεια του λιμανιού θα μπορεί να ειδοποιηθεί έγκαιρα με τον συναγερμό σε περίπτωση που κάποιο πλοίο ή βάρκα μπει χωρίς άδεια στο λιμάνι.



Εικόνα 9⁹ Δομή συστήματος βάρκας

9 Εικόνα 9 από: DEVELOPMENT OF FISHERMEN BORDER ALERT AND SPEED REDUCTION SYSTEM USING RFID WITH GSM ALERT P Raaj Vignesh, M Vasantha Kumar, Mary Joseph, 2018.

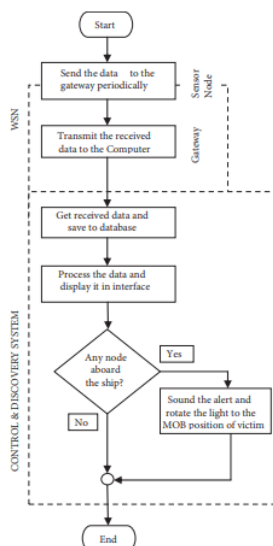
Πιο συγκεκριμένα, ο κάθε χρήστης κάνει είσοδο στο σύστημα και αφού δώσει κάποιο id στην βάρκα του συνδέεται στον server. Από αυτή την στιγμή και έπειτα αρχίζει η μεταφορά δεδομένων από και προς το arduino του συστήματος της βάρκας. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία του RFID που αναλύθηκε προηγουμένως, όταν η θέση ενός πλοίου ή μιας βάρκας πλησιάζει τα σύνορα είτε μιας χώρας είτε ενός λιμανιού, οι αισθητήρες βλέπουν ότι κάτι πλησιάζει. Το σύστημα αισθητήρων που έχει τοποθετηθεί στην βάρκα προσδιορίζει την θέση της ως προς τα σύνορα και τροφοδοτεί με τις πληροφορίες αυτές το arduino, το οποίο ξεκινάει μία σειρά διαδικασιών ανάλογα με το σενάριο που προκύπτει. Καθώς η βάρκα προσεγγίζει τα σύνορα, αυτόματα ενεργοποιείται ένα φωτάκι το οποίο προειδοποιεί τον οδηγό ότι πλησιάζει τα νοητά όρια και σταδιακά σταματάει και ακινητοποιεί την βάρκα στην περίπτωση που ο οδηγός συνεχίσει την πορεία του. Στο σενάριο που οι αισθητήρες των συνόρων αντιληφθούν ότι η βάρκα έχει περάσει τα σύνορα, τότε μέσω του συναγερμού ειδοποιείται ο οδηγός και η αρμόδια ασφάλεια, ανάλογα για το εάν πρόκειται για χώρα ή λιμάνι. Το σύστημα αυτό φαίνεται στην εικόνα 9. (Vignesh, Kumar, Joseph, 2018)

3.6) Σύστημα σε WSN για την ανίχνευση ανθρώπου στη θάλασσα

Στις μέρες μας πολλοί θάνατοι στη θάλασσα οφείλονται σε ατυχήματα που οδήγησαν στην πτώση ενός ανθρώπου στην θάλασσα πάνω από το πλοίο, που είτε εργαζόταν είτε επέβαινε σε αυτό. Για να μειωθεί αυτό το ποσοστό έπρεπε να δημιουργηθεί μία διαδικασία η οποία θα ενεργοποιούταν σε περίπτωση που συνέβαινε κάτι τέτοιο. Το εν λόγω σύστημα αποτελείται από δύο μέρη. Το ένα μέρος είναι ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων και το άλλο είναι ένας αλγόριθμος που λειτουργεί σαν σύστημα ανίχνευσης και ελέγχου. Το δίκτυο αισθητήρων στο υπό μελέτη σενάριο αποτελείται από: κόμβους αισθητήρων, ραδιοεπεξεργαστή που χρησιμοποιείται για να επεξεργάζεται τα δεδομένα που στέλνουν οι αισθητήρες, μία κεραία και μία πλακέτα με αισθητήρες που τροφοδοτείται από δύο μπαταρίες AA. Η πλακέτα περιέχει έναν αισθητήρα (dual-axis accelerometer) ο οποίος ανιχνεύει την κίνηση σε δύο άξονες, επίσης περιέχει αισθητήρες που μετράνε την βαρομετρική πίεση, την θερμοκρασία, το φως του περιβάλλοντος και την υγρασία.

Το πως λειτουργεί αυτό το σύστημα είναι σχετικά απλό. Σε κάθε σωσίβιο υπάρχουν ειδικοί κινητοί αισθητήρες που προσδιορίζουν την θέση του σωσιβίου σε σχέση με το πλοίο την θερμοκρασία του περιβάλλοντος τους, την υγρασία κ.ά. Πάνω στο πλοίο υπάρχουν πολλοί σταθεροί αισθητήρες σε διάφορα σημεία, έτσι ώστε να έχουν εμβέλεια σε όλη την περιοχή γύρω από το πλοίο. Αυτοί οι αισθητήρες συλλέγουν τα δεδομένα που αναφέρθηκαν, τα στέλνουν στο κεντρικό σύστημα, το οποίο τα επεξεργάζεται και τρέχει τον αλγόριθμο. Στην περίπτωση που συμβεί ένα ατύχημα, ο αλγόριθμος ενεργοποιεί τον συναγερμό και δίνει πληροφορίες στον προβολέα ο οποίος βρίσκεται στο πιο ψηλό μέρος του πλοίου και στρέφεται στο σημείο που βρίσκεται ο άνθρωπος μέσα στην θάλασσα. Ο αλγόριθμος φαίνεται στην εικόνα 10 και ένα παράδειγμα εφαρμογής του σεναρίου στην εικόνα 11¹⁰. (Sevin, κ.ά., 2016)

10 Εικόνα 10 και 11 από: Design and implementation of a man-overboard emergency discovery system based on wireless sensor networks, Abdullah Sevin, Cuneyt Baylomis, Ismail Erturk, Huseyin Ekiz, Ahmet Karaca, 2016.



Εικόνα 10 Αλγόριθμος λειτουργιών συστήματος

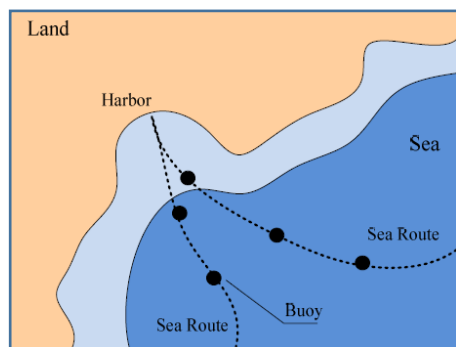


Εικόνα 11 Εφαρμογή του σεναρίου

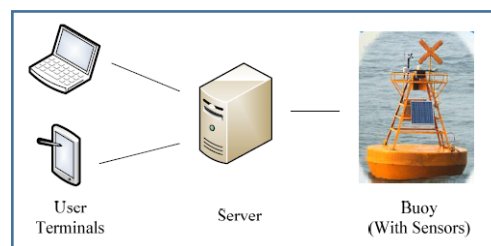
3.7) Οπτική ανάλυση των υδρολογικών δεδομένων του λιμένα

Από την αρχή των χρόνων η ναυσιπλοΐα είχε ζωτική σημασία στην μεταφορά εμπορευμάτων ανά τον κόσμο. Αυτό παραμένει μέχρι και σήμερα καθώς βάσει των στατιστικών δεδομένων, προκύπτει ότι περισσότερο από τα δύο τρίτα του παγκόσμιου εμπορίου υποστηρίζεται με θαλάσσια μεταφορά. Όπως αναφέρουν και οι Gong, Huangfu κ.ά., το λιμάνι είναι το αρχικό και τελικό σημείο της θαλάσσιας μεταφοράς με τις συνδέσεις των λιμανιών να απαρτίζουν τις θαλάσσιες διαδρομές. Η πλειονότητα των ατυχημάτων που προκύπτουν στα λιμάνια, οφείλεται κυρίως σε άσχημες καιρικές συνθήκες, παλίρροιες ή δυνατά θαλάσσια ρεύματα. Συνεπώς, προσέγγισαν το ζήτημα αποσκοπώντας στην βελτιστοποίηση της ασφάλειας των πλοίων που πλοηγούνται εισερχόμενα και εξερχόμενα από τα λιμάνια. Επιπλέον, παρήχθησαν χρήσιμες πληροφορίες για την διεύθυνση των λιμανιών ως προς την λήψη αποφάσεων για αποδοτικότερη αξιοποίηση των θαλάσσιων διαδρομών και το όριο του ανεκτού για κάθε πλοίο φορτίο.

Αναπτύσσοντας ένα WSN στην περιοχή της θάλασσα γύρω από το λιμάνι, σηματοδότες με αισθητήρες εγκαταστάθηκαν κατά μήκος των θαλάσσιων διαδρομών που οδηγούν στο λιμάνι Qinhuangdao της Κίνας (Εικόνα 12). Οι ενσωματωμένοι στην σηματοδώρα αισθητήρες, συνοδεύονται από ασύρματες συσκευές επικοινωνίας, μηχανισμούς ελέγχου και μπαταρίες, ώστε να αποστέλλουν τα δεδομένα που καταγράφει στον server. Οι αισθητήρες συλλέγουν πληροφορίες κυρίως για την ορατότητα που επιτρέπει η ατμόσφαιρα, την ταχύτητα και την κατεύθυνση των ανέμων, όπως και την ταχύτητα και κατεύθυνση των ρευμάτων που επικρατούν σε διαφορετικά βάθη. Η αποστολή των δεδομένων στον server γίνεται σε πραγματικό χρόνο και στην συνέχεια ο server τα διαμοιράζει στους ενδιαφερόμενους (Εικόνα 13).



Εικόνα 12¹¹ Θαλάσσιες διαδρομές



Εικόνα 13 Τοπολογία συστήματος

Τα δεδομένα που αποστέλλονται αρχικά αποθηκεύονται σε μία βάση δεδομένων. Ο χρήστης αποκτά πρόσβαση στα δεδομένα είτε μέσω της ιστοσελίδας που δημοσιεύονται, είτε ευρισκόμενος σε κάποιο κοντινό πλοίο που δύνανται να μεταδοθούν. Καθώς όμως οι πληροφορίες αυτές είναι αρκετά ογκώδεις και περίπλοκες για άμεση αξιοποίηση από κάποιον χρήστη, εφαρμόζεται ένας αλγόριθμός που συσχετίζοντας πολλαπλές ιδιότητες των πληροφοριών αυτών, εξομαλύνει τα δεδομένα και τα παραδίδει σύμφωνα με το αίτημα του χρήστη. Η επεξεργασία αυτή γίνεται στο υπόβαθρο της ιστοσελίδας και στην συνέχεια προβάλλεται η ζητούμενη πληροφορία στον χρήστη σε πιο κατανοητή μορφή. Το αποτέλεσμα που θα προβληθεί στον χρήστη έπειτα από επεξεργασία, θα εξαρτηθεί σύμφωνα με την ώρα του αιτήματος αλλά και κάποια περιγραφικά στοιχεία του πλοίου που θα του ζητηθεί να εισάγει. Αυτό προσδίδει ένα δυναμικό βάρος στα δεδομένα τα οποία ερμηνεύονται διαφορετικά, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε πλοίου. (Gong, Huangfu, Zhang, 2015)

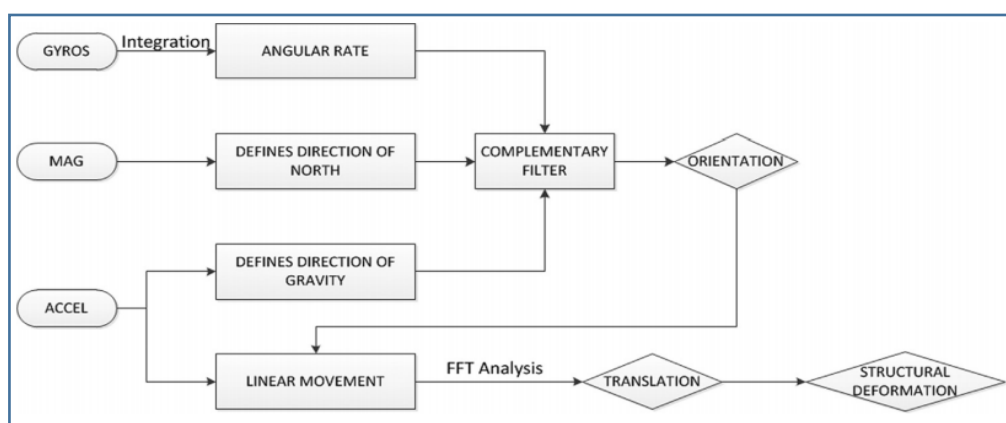
3.8) Σύστημα μέτρησης της υδροελαστικής συμπεριφοράς ενός πλοίου

Για την ασφαλή μετακίνηση του πλοίου στη θάλασσα θεωρείται προαπαιτούμενο η αντοχή του πλοίου στις κράσεις που αναμενόμενα προκύπτουν. Πέραν της σημασίας που δίνεται στην ανθεκτική κατασκευή του πλοίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές, η συντήρησή του έχει και αυτή ανάλογη σημαντικότητα. Η μηχανική του πλοίου όμως δεν παύει να απασχολεί ενώσω αυτό πλέει. Κατά την διάρκεια της μεταφοράς του δέχεται φορτία και καταπονήσεις σε όλη του την έκταση. Η παρακολούθηση οπότε των μηχανικών φθορών του πλοίου σε πραγματικό χρόνο κρίνεται απαραίτητη για την σφαιρική επίβλεψη της αντοχής του. Η ανάγκη αυτή βρίσκει απάντηση στα WSN.

Οι Bennett, Brooks κ.ά. αξιοποίησαν την τεχνολογία των WSN για επίβλεψη σε πραγματικό χρόνο των καταπονήσεων που δέχεται ένα πλοίο. Χρησιμοποιώντας 3 είδη αισθητήρων για την παρακολούθηση των δυνάμεων που ασκούνται σε κάποιο σημείο του πλοίου ανά πάσα στιγμή, ανέπτυξαν ένα ασύρματο δίκτυο. Οι 3 αισθητήρες απαρτίζουν τους

11 Εικόνα 12 και 13 από: CHENG GONG, WEI HUANGFU, ZHONGSHAN ZHANG SCHOOL OF COMPUTER & COMMUNICATION ENGINEERING, UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY BEIJING (USTB) BEIJING ENGINEERING AND TECHNOLOGY RESEARCH CENTER FOR CONVERGENCE NETWORKS AND UBIQUITOUS SERVICES BEIJING 100083, CHINA 2015

κόμβους του συστήματος, που μεταδίδουν στον κεντρικό κόμβο τις μετρήσεις τους και αυτός στον κεντρικό server όπου γίνεται η επεξεργασία. Οι κόμβοι είναι χωρισμένοι σε τριάδες και επικοινωνούν με τον αντίστοιχο κεντρικό κόμβο. Η κάθε τριάδα κόμβων έχει και 3 διαφορετικούς αισθητήρες, ένα τριαξονικό γυροσκόπιο, ένα τριαξονικό μαγνητόμετρο και ένα τριαξονικό επιταχυνσιόμετρο. Οι παραπάνω αισθητήρες καταγράφουν γεωμετρικά δεδομένα ως προς την μετατόπιση των αξόνων τους σύμφωνα με τις κινήσεις του πλοίου. Ο server δεχόμενος τα δεδομένα που έχει μεταβιβάσει ο κεντρικός κόμβος, εφαρμόζει αλγορίθμους συσχέτισης των μετρήσεων με γενικές σταθερές, όπως κατεύθυνση βαρύτητας, μαγνητικού πεδίου της γης κ.ά. Έτσι μπορεί να υπολογιστεί η γραμμική μετατόπιση στον άξονα του πλοίου και να ερμηνευθεί η κατάσταση των στατικών του, από την καταπόνηση που του επιφέρουν τα εκάστοτε φορτία που δέχεται. Η δομή του δικτύου φαίνεται αναλυτικά στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 14¹² Δομή δικτύου

Όπως και σε πλήθος άλλων ασύρματων δικτύων, έτσι και σε αυτό, αγκάθι είναι η ανεπάρκεια της ενέργειας που παρουσιάζει το σύστημα. Αυτό περιορίζει το σύστημα στο να λειτουργεί σε διαστήματα επιλεκτικά από τον χρήστη, καθώς η διάρκεια ζωής της μπαταρίας που ανέρχεται σε 13 περίπου ώρες, δεν αρκεί για συνεχή και τακτική παρακολούθηση. (Bennett, κ.ά., 2014)

3.9) Τα WSN ως μέσο παρακολούθησης θαλάσσιων παγωμένων περιοχών

Η ναυσιπλοΐα είναι από μόνη της ένα αρκετά απαιτητικό εγχείρημα, πόσο μάλλον όταν το περιβάλλον την καθιστά ακόμα πιο δύσκολη. Πλοία που αναγκάζονται να διασχίσουν θαλάσσιες διαδρομές που εμπλέκεται το στοιχείο του πάγου έχουν δυσκολότερο έργο. Πληροφορίες για τις πληγμένες από τον πάγο θαλάσσιες περιοχές βρίσκουν αρκετή χρησιμότητα. Τέτοιες προέρχονται κυρίως από δορυφορικές εικόνες, δεδομένα καιρού, μοντέλα πρόβλεψης του πάγου και χαρτογραφήσεις του. Η μακροπρόθεσμη αξιοπιστία των καταγραφών αυτών όμως χωλαίνει, κυρίως λόγω της αδιάκοπης μετάλλαξης των παγωμένων περιοχών, ενώ τα μοντέλα πρόβλεψης δύναται να αστοχήσουν. Την λύση σε αυτή την

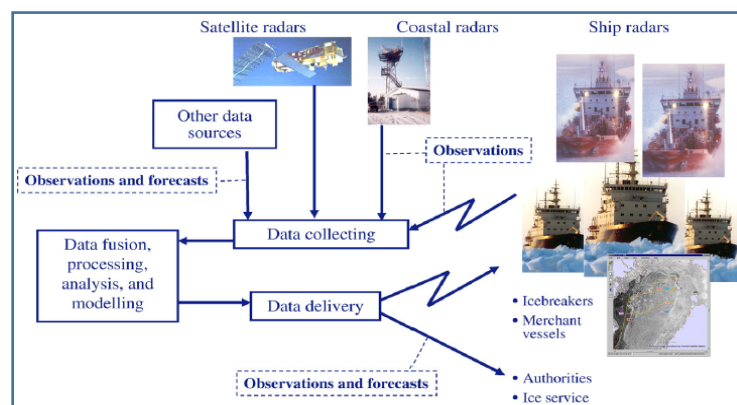
12 Εικόνα 14 από: Measurement of ship hydroelastic response using multiple wireless sensor nodes, S.S. Bennett , C.J. Brooks , B. Winden , D.J. Taunton , A.I.J. Forrester ,S.R. Turnock, D.A. Hudson, Ocean Engineering 79 (2014) 67–80

ανάγκη απόκτησης περισσότερων και συχνότερων δεδομένων προσπάθησαν να δώσουν οι Kotovirta, Karvonen κ.ά. με την αρχιτεκτονική των WSN.

Τα πλοία είναι οι κόμβοι του WSN έχοντας σαν δεδομένα τις καταγραφές των ραντάρ τους και την επίδοση του πλοίου στα νερά που πλέει. Τα ραντάρ καταγράφουν εικόνες από μία δεδομένη χρονική στιγμή, για την επικρατούσα κατάσταση τριγύρω από το πλοίο, σύμφωνα με την εμβέλεια τους. Συγκρινόμενη η ταχύτητα που πλέει με την ταχύτητα που θα ανέπτυξε το πλοίο σε φυσιολογικές συνθήκες, εκτιμάται το ποσοστό πάγου από τον κεντρικό server. Τα δεδομένα αυτά αποστέλλονται σχεδόν σε πραγματικό χρόνο στον κεντρικό server που βρίσκεται στην ακτή, για διαφορετικές χρονικές στιγμές και από διαφορετικά πλοία. Στον server οι εικόνες αυτές αναλύονται, ψηφιοποιούνται και εφαρμόζονται επικαλύψεις μεταξύ τους ώστε να οπτικοποιηθεί το αποτέλεσμα σε ένα μωσαϊκό εικόνων.

Αξιοποιώντας όμως και άλλες πηγές δεδομένων όπως δορυφορικές εικόνες, μετρήσεις καιρού και τα δεδομένα των παράκτιων σταθμών που απαρτίζουν κόμβους του συστήματος, επιτυγχάνουν μία πιο ολιστική προσέγγιση για την χαρτογράφηση του πάγου και την τάση μετατόπισής του, παράγοντας έτσι πιο αξιόπιστη και συνολική πληροφορία. Οι χάρτες αυτοί που παράγονται από την επεξεργασία των δεδομένων αποστέλλονται πίσω στα πλοία για να πληροφορηθούν για την προσβασιμότητα και να ληφθούν αποφάσεις δρομολόγησης, όπως επίσης και σε χρήστες που σχετίζονται άμεσα με το θέμα (ναυτικές αρχές κ.ά. υπηρεσίες).

Στόχος είναι η αξιοποίηση ολόκληρου του δικτύου αισθητήρων των ραντάρ, απαρτιζόμενο από τα παράκτια και τα ενσωματωμένα στα πλοία, για να αποκτηθούν πληροφορίες της περιοχής που καταλαμβάνει ο πάγος. Η αρχιτεκτονική του συστήματος φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. (Kotovirta κ.ά., 2011)



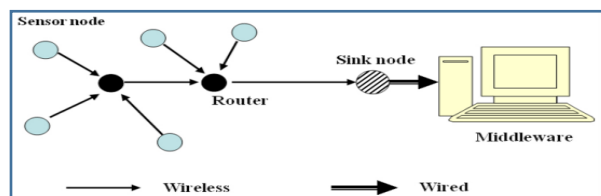
Εικόνα 15¹³ Αρχιτεκτονική συστήματος

13 Εικόνα 15 από: Ships as a sensor network to observe ice field properties, Ville Kotovirta , Juha Karvonen , Rüdiger von Bock und Polach ,Robin Berglund , Pentti Kujala, Cold Regions Science and Technology 65 (2011) 359–371

3.10) Ενσύρματο και ασύρματο σύστημα παρακολούθησης με WSN

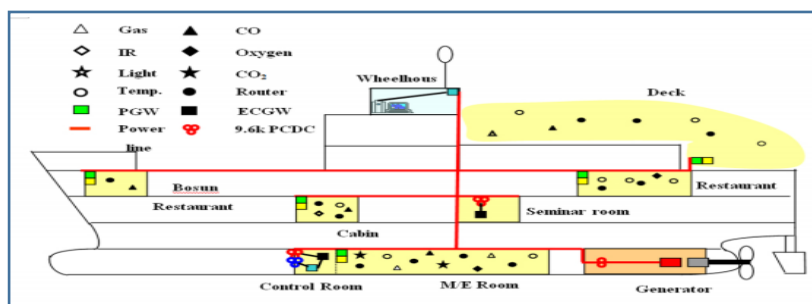
Κάθε πλοίο έχει διαφορετικές ανάγκες σύμφωνα με τον τύπο του και τον σκοπό του. Πλοία αναψυχής, εμπορικά, στρατιωτικά και άλλα είδη παρουσιάζουν διαφορετικές ανάγκες και προτεραιότητες. Καθότι το κάθε πλοίο παραμένει αρκετό καιρό στην θάλασσα ώσπου να εκπληρώσει τον σκοπό του, μεγάλη σημασία δίνεται στην άνεση του προσωπικού και των επιβατών για την διασφάλιση της ολοκλήρωσης της αποστολής που έχει το καθένα. Τέτοιες ανέσεις αναγνωρίζονται εύκολα και επιτυγχάνονται με τη βοήθεια των WSN. Η αναγνώριση αυτή έγινε από τους Paik, Cho κ.ά. με αποτέλεσμα την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων σε επιβατικό πλοίο ώστε να αναδείξουν την χρησιμότητά τους.

Σε ένα πλοίο, που οι τοίχοι του φτιαγμένοι από μέταλλο υπερβαίνουν τα 10 χιλιοστά σε πάχος, η άρτια ασύρματη επικοινωνία των κόμβων του δικτύου δυσχεραίνει σε ανησυχητικό βαθμό. Πέραν αυτού, η περίπλοκη δομή των καταστρωμάτων και των διαδρόμων του πλοίου μειώνουν τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων ενός WSN. Αυτό αντιμετωπίζεται με τον κατάλληλο συνδυασμό ασύρματου και ενσύρματου δικτύου. Οι αισθητήρες που είναι διαμοιρασμένοι στα σημεία ενδιαφέροντος μεταδίδουν τα δεδομένα τους στον δρομολογητή (router) ασύρματα, ο δρομολογητής στον κεντρικό κόμβο επίσης, αλλά η σύνδεση του κεντρικού κόμβου με τον διακομιστή (middle-ware) γίνεται με ηλεκτρικά καλώδια (Εικόνα 17). Οι δρομολογητές τοποθετήθηκαν σε σημεία εντός του εύρους που εκπέμπουν οι κόμβοι τις μετρήσεις των αισθητήρων και τα ηλεκτρικά καλώδια σε σημεία όπου καθίσταται αδύνατη η ασύρματη επικοινωνία.



Εικόνα 16 Δομή συστήματος

Αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας τοποθετήθηκαν στο μηχανοστάσιο, στο turbo της μηχανής και στον λέβητα. Για να υπάρχει μέτρο σύγκρισης και αξιοπιστία των δεδομένων αλλά και για μεγαλύτερη ασφάλεια και σιγουριά, εγκαταστάθηκαν θερμικοί αισθητήρες και στην καμπίνα του προσωπικού. Αισθητήρες φωτός, αισθητήρες μέτρησης του οξυγόνου, του CO καθώς και του CO₂ εγκαταστάθηκαν επίσης στο μηχανοστάσιο. Ο κάθε αισθητήρας μεταδίδει τα δεδομένα του στον δρομολογητή που επικοινωνεί ανά 13 δευτερόλεπτα και αυτά παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο. Η ενσύρματη σύνδεση του κεντρικού κόμβου γίνεται με τριφασικό καλώδιο και αυτό συνδέεται μέσω θύρας Ethernet με τον διακομιστή. Η συνολική επικοινωνία του πλοίου με το κέντρο ελέγχου φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 17¹⁴ Συνολική επικοινωνία του πλοίου

Αυτού του είδους παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και η άμεση αξιολόγηση της κατάστασης, παρέχει χρήσιμη πληροφόρηση για την αναγνώριση ανθρωπίνων λαθών ή κάποια αποτυχία του εξοπλισμού του πλοίου, συμβάλλοντας έτσι στην πρόληψη των χειρότερων καταστάσεων που ίσως ακολουθήσουν. Η εξίσου σημαντική συνεισφορά της παρακολούθησης αυτής παρουσιάζεται και στον σχεδιασμό της στρατηγικής εξαιρισμού, η οποία βασίζεται στα δεδομένα των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων που προκύπτουν σε περιβάλλοντα υψηλής θερμοκρασίας.

Η μεθοδολογία που αναπτύχθηκε παρουσίασε δύο προβλήματα. Η υψηλή κατανάλωση της μπαταρίας από τους αισθητήρες αλλά και τους δρομολογητές ήταν το ένα από αυτά. Με το διάστημα μετάδοσης να είναι 13 δευτερόλεπτα η μπαταρίας άντεξε για 2 ημέρες. Όταν αυξήθηκε το διάστημα στο 1 λεπτό η διάρκεια της μπαταρίας έφτασε τις 15 ημέρες. Το άλλο πρόβλημα που κρίζει διερεύνησης είναι ότι δεν υπήρχαν αρκετά δεδομένα για την αναγνώριση της διάθλασης των μικροκυμάτων. Αυτό επιφέρει αλλοίωση στο εύρος εκπομπής των δεδομένων και η στοιχειοθέτηση του είναι απαραίτητη για έναν πιο αποτελεσματικό WSN σχεδιασμό.(Paik κ.ά., 2010)

14 Εικόνα 16 και 17 από: Development of real-time monitoring system using wired and wireless network in a full-scale ship, Bu-Geun Paik, Seong-Rak Cho, Beom-Jin Park, Dongkon Lee and Byung-Dueg Bae, Inter J Nav Archit Oc Engng (2010) 2:132~138

4) Σύνοψη περιπτώσεων

	Εφαρμογή	Περιγραφή	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
1.	Τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification) στην αναζήτηση κοντέινερ	Αισθητήρες ανίχνευσης της θέσης του φορτίου	Ανίχνευση και πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο	Δεν παρακολουθείται η κατάσταση στο εσωτερικό του φορτίου
2.	Έξυπνο κοντέινερ	Αισθητήρες παρακολούθησης της κατάστασης του φορτίου	Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, δυνατότητα άμεσης επέμβασης	Η ικανότητα της μπαταρίας περιορίζεται σε μερικούς μήνες
3.	Αυτόνομη πλοήγηση πλοίου για αποφυγή ατυχήματος	Αισθητήρες ανίχνευσης συνθηκών γύρω από το πλοίο	Μείωση πιθανότητας ατυχήματος με την χρήση αισθητήρων και αλγορίθμων	Πιθανότητα σφάλματος στο λογισμικό με αποτέλεσμα την δημιουργία ατυχήματος
4.	Ανίχνευση απειλητικών σκαφών	Αισθητήρες στην επιφάνεια της θάλασσας ανίχνευσης της κίνησης των κυμάτων	Ανοχή στα σφάλματα και στην αναγνώριση προτύπων λαμβάνοντας υπόψη τα καιρικά φαινόμενα για αποφυγή σφάλματος	Μη ικανό το σύστημα να ανιχνεύσει και να μάθει νέα αντικείμενα και πρότυπα για να τα εφαρμόσει
5.	Οπτική ανάλυση των υδρολογικών δεδομένων του λιμένα	Αισθητήρες ανίχνευσης συνθηκών γύρω από τις σηματοδούρες	Παρακολούθηση και μαζική ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο	Ανάγκη χρήσης επιπρόσθετου λογισμικού για ανάλυση των δεδομένων εξαιτίας του όγκου και της πολυπλοκότητας τους
6.	Σύστημα συναγερμού συνόρων και μείωσης ταχύτητας	Αισθητήρες ανίχνευσης κίνησης και τοποθεσίας	Έγκαιρη πληροφόρηση για πρόληψη παραβίασης	Πρέπει οι χρήστες να χρησιμοποιούν μία εφαρμογή και να δίνουν οι ίδιοι κάποια στοιχεία τα οποία δεν ελέγχονται

7.	Σύστημα σε WSN για την ανίχνευση ανθρώπου στη θάλασσα	Αισθητήρες ανίχνευσης και παρακολούθησης	Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και άμεση απόκριση	Λειτουργεί μόνο στην περίπτωση που το άτομο φοράει σωσίβιο με αισθητήρες
8.	Σύστημα μέτρησης της υδροελαστικής συμπεριφοράς ενός πλοίου	Αισθητήρες παρακολούθησης της μηχανικής κατάστασης του πλοίου	Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και ειδοποίηση για τυχόν πρόβλημα	Λειτουργία σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα λόγω ανεπάρκειας μπαταρίας
9.	Τα WSN ως μέσο παρακολούθησης θαλάσσιων παγωμένων περιοχών	Αισθητήρες χαρτογράφησης του πάγου για διαμόρφωση πορείας	Παρακολούθηση της συμπεριφοράς του πάγου, για αποφυγή δύσβατων τοποθεσιών	Η χαρτογράφηση μίας περιοχής μπορεί να είναι λανθασμένη λόγω της ετεροχρονισμένης επικοινωνίας
10.	Ενσύρματο και ασύρματο σύστημα παρακολούθησης με WSN	Αισθητήρες παρακολούθησης των λειτουργιών του πλοίου	Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο δίνοντας δυνατότητα πρόληψης ανθρωπίνων λαθών ή αποτυχία του εξοπλισμού του πλοίου	Υψηλή κατανάλωση μπαταρίας και αλλοίωση εύρους εκπομπής δεδομένων λόγω της διάθλασης των μικροκυμάτων

5) Συμπεράσματα - Προτάσεις

Εν κατακλείδι, το IoT έχει φέρει επάξια σημαντικές αλλαγές στην ανθρώπινη καθημερινότητα. Αυτό συμβαίνει λόγω των πληροφοριών και των δυνατοτήτων επέμβασης που δύναται να μας παρέχει από περιβάλλον που δεν είναι εφικτό, ή πολυδάπανο δύσκολο, να παρακολουθήσει και να δράσει ο άνθρωπος. Πληροφορίες πολύτιμες από ένα WSN όπως η καταγραφή μετρήσεων φυσικών ή τεχνητών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο υπό μελέτη περιβάλλον λειτουργίας, θα ήταν αδύνατον να αποκτηθούν χωρίς την χρήση τέτοιων συστημάτων.

Στο πλαίσιο των θαλάσσιων μεταφορών, το IoT βρίσκει εφαρμογή σε πληθώρα περιπτώσεων. Οι σημαντικότερες εξ' αυτών όπως αναλύθηκαν παραπάνω, επιφέρουν βελτίωση στις συνηθισμένες λειτουργίες των θαλάσσιων μεταφορών, ανοίγοντας παράλληλα έναν νέο ορίζοντα εφαρμογών ικανές να αναπτυχθούν με την χρήση του IoT. Τα δεδομένα που αποκτάμε πρόσβαση μέσω των WSN, μετατρέπονται σε γνώση και αξιοποιούνται αναλόγως με την ανάγκη που εξυπηρετούν. Η ασύρματή τους φύση και η εξ' αποστάσεως δράση, καθιστά δυνατή την πρόσβαση στα στοιχεία και πόρους ενός δικτύου. Η ευέλικτη και άμεση εγκατάσταση επίσης είναι ακόμη ένας παράγοντας που έχει ωφελήσει τις θαλάσσιες μεταφορές. Συν τοις άλλοις, το χαμηλό τους κόστος παίζει θετικό ρόλο στην προοπτική ανάπτυξής τους.

Στην αντίπερα όχθη, το γεγονός πως λειτουργούν ασύρματα τα καθιστά ευπρόσβλητα σε παρεμβολές και κινδυνεύουν να απολέσουν την προκαθορισμένη διαδρομή τους. Η επάρκεια της μπαταρίας για την ομαλή λειτουργία ενός συστήματος είναι ακόμη ένα αγκάθι. Η συνεχής ενεργειακή τροφοδοσία του συστήματος δεν είναι πολλές φορές εφικτή και παραμένει αρκετά κοστοβόρα. Σημαντικό επίσης χαρακτηριστικό του IoT που επιδρά αρνητικά, όπως σε άλλες εφαρμογές του έτσι και στις θαλάσσιες μεταφορές, είναι ότι δεν μπορεί να υπάρξει απόλυτη ασφάλεια. Περιπτώσεις οποιασδήποτε δυσλειτουργίας ή και υποκλοπής του δικτύου, αποτρέπει την πλήρη εμπιστοσύνη στην προκαθορισμένη λειτουργία τους.

Επεκτάσεις στη χρήση του IoT, που πιθανώς να έρθουν στην επιφάνεια μελλοντικά, θα μπορούσε να είναι η ενεργειακή αυτονομία του δικτύου μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο βιώσιμης ανάπτυξης επιλεγθεί. Η διάρκεια ζωής του δικτύου θα ήταν συγκριτικά μεγαλύτερη, ενώ το κόστος θα μειωνόταν λόγω της εξοικονόμησης πόρων που επιτρέπει ένα τέτοιο αυτόνομο σύστημα. Μία πιθανή μελλοντική επέκταση ακόμη, είναι η δυνατότητα μετάλλαξης του δικτύου αυτόνομα. Οι πληροφορίες που καταγράφονται και αποθηκεύονται σε αυτό να χρησιμοποιηθούν δυναμικά σαν εισαγόμενα δεδομένα σε πρόγραμμα, που ορίζει την προσαρμογή του δικτύου στο υπό παρακολούθηση φαινόμενο αναλόγως. Να το καταστήσει δηλαδή ικανό να μαθαίνει και να εξελίσσεται.

Με την ολοκλήρωση της εργασίας, αυτό που αποκομίστηκε είναι μία αρχική επαφή με το αναδυόμενο πεδίο έρευνας του IoT. Η μελέτη των περιπτώσεων που τυγχάνει εφαρμογής

στο θαλάσσιες μεταφορές συνέβαλλε στην βαθύτερη κατανόηση των λειτουργιών και του τρόπου ανάπτυξής τους. Όλες οι διαφορετικές παράμετροι που διαμορφώνουν την λήψη αποφάσεων για την χρήση τους, όπως επίσης οι τεχνικές και μεθοδολογίες προσέγγισης για την επίλυση των εκάστοτε ζητημάτων, ήταν μία εποικοδομητική συμβολή στο ακαδημαϊκό υπόβαθρο των συντακτών.

5) Βιβλιογραφία

Ξένη βιβλιογραφία

Ahmed, M. R., Huang, X., Sharma, D., & Cui, H. (2012). Wireless Sensor Network: Characteristics and Architectures, *6*(12), 1398–1401.

Bae, D. (2013). Development of real-time monitoring system using wired and wireless networks in a full ip. *Inter J Nav Archit Oc Engng*, *2*(2010), 132–138. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.2478/IJNAOE-2013-0029>

Bennett, S. S., Brooks, C. J., Winden, B., Taunton, D. J., Forrester, A. I. J., Turnock, S. R., & Hudson, D. A. (2014). Measurement of ship hydroelastic response using multiple wireless sensor nodes. *Ocean Engineering*, *79*, 67–80. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2013.12.011>

Katulski, R., Sadowski, J., Stefański, J., Ambroziak, S., & Miszewska, B. (2009). Self-organizing wireless monitoring system for cargo containers. *Polish Maritime Research*, *16*(3), 45–50. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.2478/v10012-008-0033-5>

Kotovirta, V., Karvonen, J., von Bock und Polach, R., Berglund, R., & Kujala, P. (2011). Ships as a sensor network to observe ice field properties. *Cold Regions Science and Technology*, *65*(3), 359–371. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.1016/j.coldregions.2010.11.005>

McClelland, C. (2017). IoT Explained—How Does an IoT System Actually Work?. Ανακτήθηκε από: <https://medium.com/iotforall/iot-explained-how-does-an-iot-system-actually-work-e90e2c435fe7>

Rezapour, T. Y., Atani, R. E., & Abolghasemi, M. S. (2014). Secure positioning for shipping containers in ports and terminals using WSN. *2014 11th International ISC Conference on Information Security and Cryptology, ISCISC 2014*, 10–14. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.1109/ISCISC.2014.6994014>

Sevin, A., Bayilmis, C., Erturk, İ., Ekiz, H., & Karaca, A. (2016). Design and implementation of a man-overboard emergency discovery system based on wireless sensor networks. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, *24*, 762–773. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.3906/elk-1308-154>

Statheros, T., Howells, G., & McDonald-Maier, K. (2008). Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques. *Journal of Navigation*, *61*(1), 129–142. Ανακτήθηκε από: <http://doi.org/10.1017/S037346330700447X>

Vignesh, P. R., Kumar, M. V., & Joseph, M. (2018). DEVELOPMENT OF FISHERMEN BORDER ALERT AND SPEED REDUCTION SYSTEM USING RFID WITH GSM ALERT, 5–7.

Ελληνική βιβλιογραφία

Σινάτκας, Γ., & Τσιγλάκης, Ν. (2015). RFID Μελέτη παθητικού UHF RFID συστήματος και σχεδίαση κεραιών tag. Ανακτήθηκε από: http://brain.ee.auth.gr/dokuwiki/doku.php?id=rfids:rfids#τι_είναι_rfid

Τσατσαρώνης, Μ. (2015). Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Ανακτήθηκε από: https://www.teilar.gr/person_announce.php?pid=411&page=5

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

<https://www.wirelesslogic.com>

<http://slideplayer.com/slide/9088269/#>

https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things

https://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network

https://www.porttechnology.org/news/infographic_maersks_big_data_drive