



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

**Sensor Networks for Intelligent
Transportation Systems (Trains, Metro, Railways)**

**Δίκτυα Αισθητήρων Έξυπνων Μέσων Μεταφοράς (Τρένα, Μετρό,
Σιδηρόδρομοι)**

Μάθημα : Δίκτυα υπολογιστών

**Υπεύθυνος Καθηγητής:
Οικονομίδης Αναστάσιος**

**Φοιτητές : Ζώλης Κωνσταντίνος
 Κώτσης Διονύσιος
 Τέγος Μιχαήλ**

Θεσσαλονίκη 2016

Περίληψη

Για την καλύτερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία των σιδηροδρομικών μεταφορών, τα περισσότερα κράτη, αλλά και εταιρίες κατασκευής και συντήρησης σιδηροδρόμων, κατευθύνονται στη χρήση νέων τεχνολογιών. Στη συγκεκριμένη εργασία αναλύονται μερικές από αυτές τις τεχνολογίες, κυρίως αυτές που αφορούν την ασφάλεια των μεταφορών και των εργαζομένων με τη χρήση δικτύων αισθητήρων. Εφαρμογές αφορούν την εγκατάσταση αισθητήρων στους συρμούς, στις ράγες, σε διασταυρώσεις, σε γέφυρες κ.α. αλλά και η έγκαιρη και αποτελεσματική ενημέρωση και προειδοποίηση των οδηγών. Βασιζόμενοι στο Ευρωπαϊκό Σύστημα της Σιδηροδρομικής Κυκλοφορίας(ERTMS), το οποίο είναι ένα πρότυπο για το αυτόματο σύστημα προστασίας των συρμών(ATP), όπου ήδη έχει εγκατασταθεί σε πάνω από 5.000 χλμ. σε όλη την Ευρώπη, με στόχο τα 56.000χλμ μέχρι το 2030. Το συγκεκριμένο πρότυπο έχει ήδη αρχίσει να υιοθετείται και από άλλες χώρες εκτός ΕΕ.(European Commission/mobility and transport)

For better and more efficient rail operation, most countries and railway construction and maintenance companies are starting to use new technologies. In this paper, some of these technologies are analyzed, mostly those relating to the safety of the transporting and the wellbeing of the employees with the use of sensor networks. Applications relating to the installation of sensors in trains, on rails, in intersections, on bridges etc. but also the effective and on time updating the coach drivers. Based on the European Rail Traffic Management System, that is a standard for the Automatic Train Protection and has been installed on over 5.000km in all of Europe, with the goal of reaching 56.000km until 2030. This standard has already been adopted by other countries outside of the EU.

Παρουσίαση του Θέματος

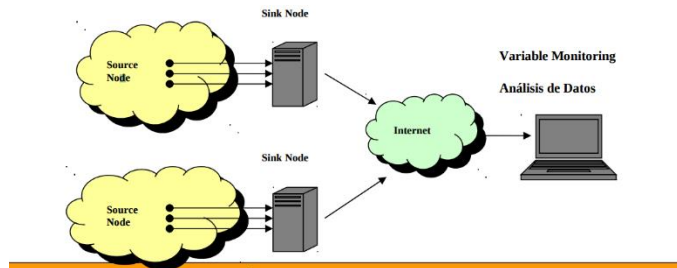
Τα μέσα μαζικής μεταφοράς είναι συνδεδεμένα με τη ζωή του ανθρώπου σε μεγάλο βαθμό. Ειδικότερα ο τομέας των μέσων μεταφοράς που χρησιμοποιούν σιδηρογραμμές όπως τρένα και μετρό αναπτύσσεται ραγδαία λόγω του αυξανόμενου όγκου μεταφοράς επιβατών και προϊόντων. Παρουσιάζονται όμως σημαντικά προβλήματα τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν για τη βελτίωση της ποιότητάς των μεταφορών. Αυτά είναι ατυχήματα, τραυματισμοί, καταστροφές των υποδομών και κόστη συντήρησης τα οποία προκαλούνται από παράγοντες όπως ανθρώπινα λάθη, μηχανικές βλάβες, καιρικές συνθήκες, κατασκευαστικά ελαττώματα και φθορά των υποδομών. Σύμφωνα με τη Eurostat σκοτώθηκαν ή τραυματίστηκαν σοβαρά 1928 άτομα σε ατυχήματα σιδηροδρόμων το 2014 στα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Έτσι με βάση τα παραπάνω δεδομένα και τον οικονομικό αντίκτυπο που έχει η μεταφορά εμπορευμάτων στην ανάπτυξη του εμπορίου, πολλές κυβερνήσεις και κατασκευαστικές εταιρίες εστιάζουν την προσοχή τους στην ανάπτυξη Intelligent Transportation Systems (ITS) στο τομέα των σιδηροδρόμων . ITS είναι προηγμένες εφαρμογές που έχουν ως στόχο την παροχή καινοτόμων υπηρεσιών που σχετίζονται με τη διαχείριση της κυκλοφορίας και επιτρέπουν στους χρήστες να κάνουν πιο ασφαλή και εξυπνότερη χρήση των δικτύων μεταφοράς. Η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 210/40 ΕΕ (7 Ιουλίου 2010) ορίζει ως ITS τα συστήματα στα οποία οι τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνίας εφαρμόζονται στο τομέα των μεταφορών συμπεριλαμβανομένης της υποδομής, των οχημάτων, των χρηστών, τη διαχείριση της κυκλοφορίας και τη διασύνδεση με άλλους τρόπους μεταφοράς. Εμείς θα εστιάσουμε στα ITS που χρησιμοποιούν δίκτυο με τεχνολογία αισθητήρων. Οι τρόποι δικτύωσης που χρησιμοποιούν, εφαρμόζουν δορυφορική σύνδεση, ραδιοσυχνότητες, οπτικές ίνες και ασύρματο δίκτυο αισθητήρων. Σκοπός των αισθητήρων είναι να καταγράψουν μετρήσεις και να συλλέξουν δεδομένα τα οποία θα μεταφερθούν μέσω του δικτύου για περαιτέρω επεξεργασία ή για να εκτελεστούν κάποιες εντολές. Στοχεύοντας στη βελτίωση της επικοινωνίας, ασφάλειας, παραγωγικότητας και στον καλύτερο έλεγχο και παρακολούθηση των υποδομών. Η συγκεκριμένη τεχνολογία εστιάζει σε διάφορους τομείς, όπως είναι τα εργατικά ατυχήματα, η καταστροφή των υποδομών, τα ατυχήματα με άλλα μέσα μεταφοράς και πεζούς, αποφυγή συγκρούσεων αμαξοστάσιων και βελτίωση της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε πραγματικές περιπτώσεις εφαρμογής δικτύου αισθητήρων και τα προβλήματα που επιλύουν .

Κεφάλαιο 1 Είδη δικτύωσης

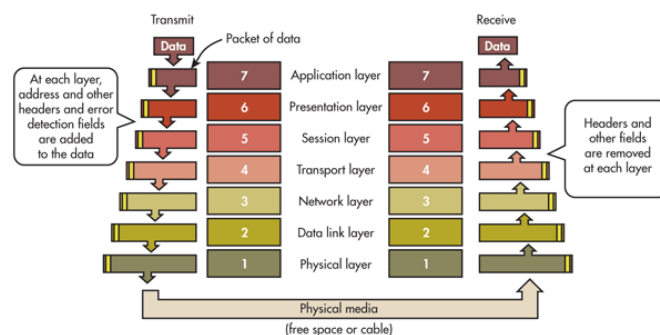
1. Wireless Sensor Networks

Τα WSN είναι δίκτυα τα οποία αποτελούνται από διάσπαρτους αυτόνομους αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν συγκεκριμένες περιβαλλοντολογικές συνθήκες, όπως θερμοκρασία, ήχο, πίεση κ.α. και στέλνουν μαζικά τα δεδομένα σε μία κεντρική μονάδα. Τα πιο σύγχρονα δίκτυα είναι αμφίδρομα, όπου επιτρέπουν τον έλεγχο των αισθητήρων. Τα δίκτυα συχνά αποτελούνται από κόμβους, οι οποίοι περιλαμβάνουν έναν ή και περισσότερους αισθητήρες. Ο κάθε κόμβος έχει συνήθως ένα ραδιοπομπό, ένα μικροεπεξεργαστή για να διαχειρίζεται τους αισθητήρες και μια παροχή ενέργειας. Τα πρότυπα που χρησιμοποιούν περιλαμβάνουν συχνότητες στα 2.4 GHz που βασίζονται είτε στο IEEE 802.15.4 είτε στο 802.11(Wi-Fi).(<http://www.ni.com>, 2016)



1.1.1 IEEE 802.15.4

Το IEEE 802.15.4 είναι ένα πρότυπο WSN. Προσφέρει τα θεμελιώδη χαμηλότερα ενός

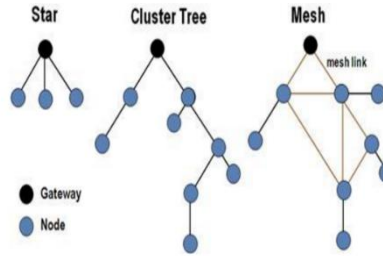
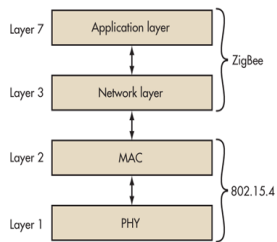


ασύρματου δικτύου personal area (WPAN), η οποία επικεντρώνεται σε χαμηλού κόστους, χαμηλής ταχύτητας συνεχομένη επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Μπορεί να συγκριθεί με το Wi - Fi, το οποίο προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης όμως απαιτεί περισσότερη ισχύ. Η έμφαση αυτού του προτύπου είναι η πολύ χαμηλού κόστους επικοινωνία κοντινών συσκευών

με μικρή υποδομή. Το πρότυπο χρησιμοποιεί direct sequence spread spectrum (DSSS) και είναι εξαιρετικά ανθεκτικό στο θόρυβο και στις παρεμβολές. Ορίζει το physical layer(PHY) το οποίο καθορίζει τη συχνότητα, την ισχύ και τη διαμόρφωση του σήματος, όπως και το media access control(MAC) το οποίο καθορίζει τον τύπο των δεδομένων που διαχειρίζεται.(Lou Frenzel, 2013)

ZigBee Protocol

Το πρωτόκολλο ZigBee είναι ένα φθινό και μικρής κατανάλωσης πρότυπο ασύρματων δικτύων που χρησιμοποιείται σε ευρεία ανάπτυξη συσκευών παρακολούθησης. Είναι βασισμένο στο IEEE 802.15.4 και κατασκευάστηκε από τη ZigBee Alliance. Λόγω της μικρής κατανάλωσης ρεύματος η απόσταση επικοινωνίας περιορίζεται από 0-100 μέτρα σε ευθεία γραμμή, ανάλογα



με τα χαρακτηριστικά της περιοχής. Υποστηρίζει τοπολογίες τύπου star, tree και mesh. Στην πρώτη περίπτωση, το δίκτυο ονομάζεται

ελέγχεται από μια συσκευή που συντονιστής ZigBee και είναι υπεύθυνη για την έναρξη και τη διατήρηση των συσκευών του δικτύου. Οι υπόλοιπες συσκευές (end devices) επικοινωνούν απευθείας με τον συντονιστή. Στις άλλες δυο περιπτώσεις, ο συντονιστής ZigBee είναι υπεύθυνος για την εκκίνηση και την επιλογή ορισμένων παραμέτρων του δικτύου αλλά το δίκτυο μπορεί να επεκταθεί με τη χρήση δρομολογητών(routers). (Lucas Iacono, 2011)

Radio Frequency Identification (RFID)

Η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων είναι μια τεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά πεδία για να εντοπίζει αυτόματα τις ετικέτες που είναι προσαρμοσμένες στα αντικείμενα που παρακολουθούνται. Οι ετικέτες περιέχουν ηλεκτρονικά αποθηκευμένες πληροφορίες και χωρίζονται σε παθητικές και ενεργητικές. Οι παθητικές συλλέγουν ενέργεια από τα ραδιοκύματα του κοντινού αναγνώστη, ενώ οι ενεργητικές έχουν δική τους παροχή ενέργειας, όπως μπαταρία και μπορούν να επικοινωνούν με τον αναγνώστη (reader) ο οποίος βρίσκεται εκατοντάδες μέτρα μακριά. Η επικοινωνία μεταξύ του αναγνώστη και της ετικέτας γίνεται με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τη ζώνη συχνοτήτων που χρησιμοποιείται από την ετικέτα. Οι ετικέτες που λειτουργούν σε LF και HF πάντως πρέπει να είναι, από την άποψη του ραδιοφωνικού κύματος, πολύ κοντά στην κεραία-αναγνώστη. Έτσι, η ετικέτα είναι συζευγμένη ηλεκτρικά με τον πομπό στον αναγνώστη. Η ετικέτα μπορεί να ρυθμίζει το πεδίο που παράγεται από τον αναγνώστη με την αλλαγή του ηλεκτρικού φορτίου που αντιπροσωπεύει. Με την εναλλαγή μεταξύ ανώτερων και κατώτερων φορτίων, η ετικέτα παράγει μια αλλαγή που ο αναγνώστης μπορεί να ανιχνεύσει. Σε UHF και υψηλότερες συχνότητες, η ετικέτα είναι κάτι περισσότερο από ένα ραδιοφωνικό μήκος κύματος μακριά από τον αναγνώστη, κάτι που απαιτεί μια διαφορετική προσέγγιση. (Dobkin, 2008)

Ultra-wideband(UWB)

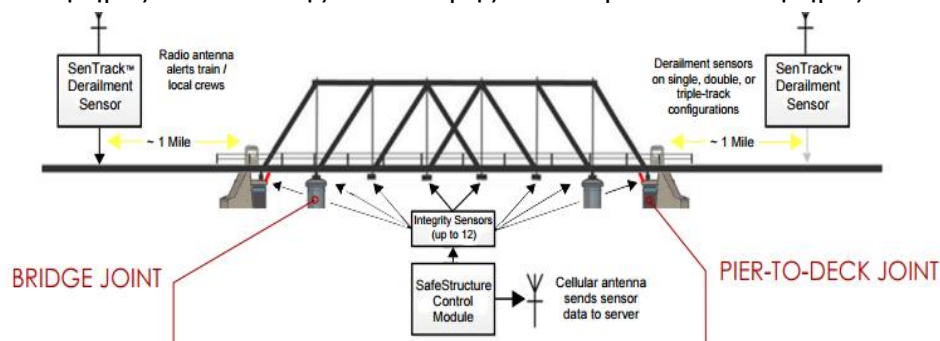
Είναι μία ραδιοτεχνολογία η οποία χρησιμοποιεί χαμηλής ενέργειας με υψηλό εύρος ζώνης(bandwidth) για επικοινωνία σε κοντινές αποστάσεις σε μεγάλο μέρος του φάσματος (>500 MHz). Το UWB έχει διάφορες εφαρμογές κυρίως στη συλλογή δεδομένων και στον ακριβή εντοπισμό.(Ian Poole, www.Radio-Electronics.com)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Ασφάλεια υποδομών

2.1 Σύστημα παρακολούθησης γεφυρών

Στη βόρεια Αμερική, λόγω της μεγάλης έκτασης του σιδηροδρομικού δικτύου, η επιθεώρηση των υποδομών είναι αρκετά χρονοβόρα και πολυέξοδη. Επιπλέον ο όγκος μεταφοράς ανθρώπων και προϊόντων αυξάνεται ενώ οι υποδομές στις γέφυρες δεν εκσυγχρονίζονται. Μια τεχνολογία αισθητήρων σε γέφυρες και άλλες οικοδομικές κατασκευές όπου περνούν σιδηροδρομικές γραμμές, αναπτύχθηκε από τη Metromrail, με σκοπό τη παρακολούθηση σημαντικών παραμέτρων και τη πρόγνωση βλαβών. Όταν ο αισθητήρας μετρήσει πως το βάρος, η πίεση, η ταχύτητα ή η ταλάντωση περάσουν ένα συγκεκριμένο όριο τότε μεταδίδεται ένα σήμα κινδύνου είτε μέσω ενός ασύρματου δικτύου ραδιοεπικοινωνίας είτε μέσω δορυφορικής σύνδεσης. Οι πληροφορίες μπορούν να μεταδοθούν και ως γραπτό μήνυμα και να αποθηκευτούν και να αναλυθούν σε μια βάση δεδομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται, συγκεντρώνονται στο κέντρο ελέγχου και από εκεί με μία κυψελοειδή κεραία μεταφέρονται σε ένα server, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο μέλλον με σκοπό να σχεδιαστούν χρονοδιαγράμματα επισκευών. Οι συνηθισμένες βλάβες που εντοπίζονται είναι σπασμένα τμήματα γεφυρών, σαπισμένα ξύλα, ρωγμές λόγω παλαιότητας και παραμορφώσεις που προκαλούνται από τμήματα που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του νερού.

Το σύστημα χρησιμοποιεί αισθητήρες εκτροχιασμού, αισθητήρες ανίχνευσης στις ρόδες, αισθητήρες κατεύθυνσης και δύναμης του ανέμου και αισθητήρες εντοπισμού της στάθμης του



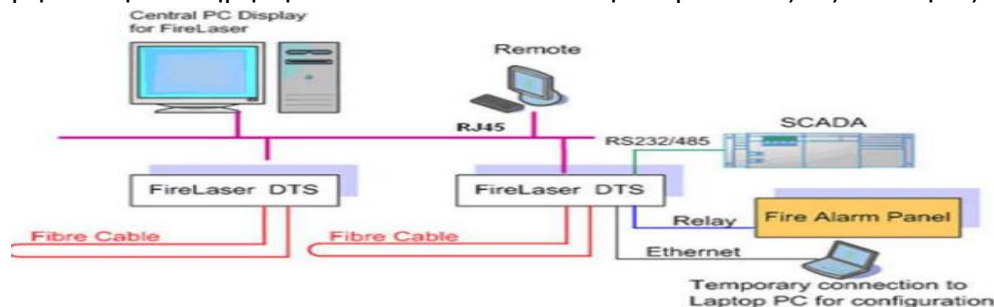
νερού. Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι η μέτρηση των παραμέτρων γίνεται σε πραγματικό χρόνο και έτσι οι πληροφορίες είναι ακριβείς και η σχέση

κόστους ωφέλειας του συστήματος έχει θετικό πρόσημο. Αλλά υπάρχει το μειονέκτημα ότι οι μέθοδοι ελέγχου μεταβάλλονται ανάλογα με το τύπο κατασκευής της γέφυρας (π.χ. ξύλο, τσιμέντο, σίδηρο).

2.2 Ανίχνευση πυρκαγιάς – ασφάλεια σιδηροδρόμων

Στην κεντρική Μάλαγα της Ισπανίας, ο σταθμός Maria Zambrano πρόσφατα ανακατασκευάστηκε με σκοπό να δεχθεί τρένα υψηλών ταχυτήτων. Για αυτό χρειάστηκε ένα σύστημα ώστε να παρακολουθεί τη θερμοκρασία κατά μήκος της σιδηροδρομικής γραμμής των 1600 μέτρων για δυο λόγους, τον εντοπισμό φωτιάς και την ανίχνευση των υπερθεμενόμενων κομματιών από

επερχόμενα τρένα και ο άλλος η συνεχής ενημέρωση του SCADA system με τη θερμοκρασία της σήραγγας, με στόχο τη βελτιστοποίηση του συστήματος εξαερισμού. Η εταιρία Bandwear χρησιμοποίησε Distributed Temperature Sensing Systems (DTS) και αισθητήρες οπτικών ινών για τη λύση του προβλήματος. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες είναι ιδανικοί γιατί απαιτούν μηδενική συντήρηση και έτσι είναι κατάλληλοι για αντίξοες συνθήκες. Τοποθετούνται στη



κορυφή της σήραγγας και συνδέονται με το DTS με σκοπό τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Το DTS διασυνδέεται με

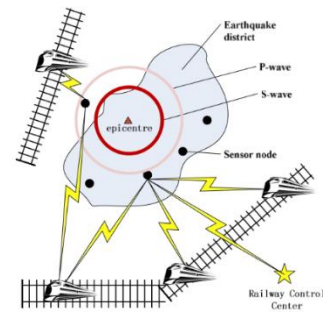
το σύστημα ελέγχου του συναγερμού και δίνει ακριβή δεδομένα στο σύστημα SCADA. Η σύνδεση του δικτύου γίνεται με Ethernet και καλώδια οπτικών ινών.

Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι οι μετρήσεις του συγκεκριμένου είδους αισθητήρα δεν επηρεάζεται από ηλεκτρομαγνητικά πεδία και έχει εξαιρετική ακρίβεια στην ανάλυση και στη θέση της θερμοκρασίας στο χώρο σε σχέση με τα συμβατικά μέσα μέτρησης. Αρνητικό είναι το υψηλό κόστος απόκτησης του συστήματος, το οποίο όμως αντισταθμίζεται από το μηδαμινό κόστος συντήρησης.

2.3 Εντοπισμός σεισμικών δονήσεων στις ράγες

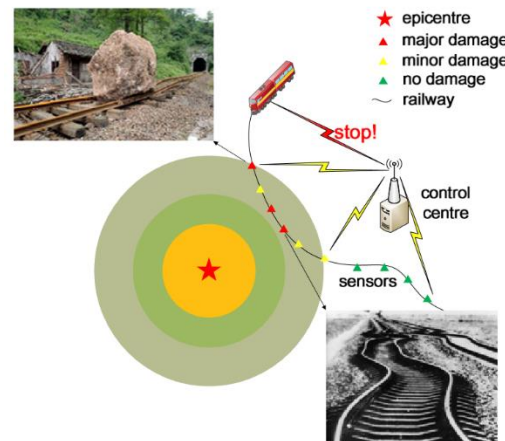
Η Κίνα είναι θερμός υποστηρικτής των τρένων υψηλών ταχυτήτων, έχει το μεγαλύτερο δίκτυο High Speed Rail (HSR) στον κόσμο με 8,358 χλμ. διαδρομών σε λειτουργία, συμπεριλαμβανομένων των 2,197χλμ γραμμών με μέγιστη ταχύτητα τα 350χλμ/ώρα. Η μεγάλη ταχύτητα έχει ως αποτέλεσμα τα τρένα να έχουν πολύ αυστηρούς κανόνες ασφαλείας, όπως για παράδειγμα πρόληψη σεισμών. Είναι προφανές ότι ένα εξελιγμένο σύστημα πρόληψης σεισμών είναι απαραίτητο στις γραμμές υψηλών ταχυτήτων. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks) είναι φθηνότερα, εύκολα στη συντήρηση και έχουν αρκετή υπολογιστική ικανότητα που τα καθιστά ιδανικά για αυτή την εφαρμογή. (Dan Wang, Yiqing Ni, 2012)

Υπάρχουν αρκετά συστήματα έγκαιρης ενημέρωσης σεισμών τα οποία βασίζονται σε διαφορετικά συστήματα αισθητήρων. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η αναφορά ανά συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και η συνεργασία τους με το HSM σύστημα(Health Monitoring System), ώστε να ελέγχεται η εγκυρότητα της αναφοράς. Παρατηρήθηκε ότι η ταχύτητα μετάδοσης του σήματος του WSN($3 \times 10^5 \text{ km/s}$) είναι ταχύτερη από το καταστροφικό κύμα του σεισμού S-wave ($3-5 \text{ km/s}$) όπως και του ηπιότερου P-wave($6-7 \text{ km/s}$). Με αυτή την παρατήρηση αυξάνεται η απόσταση μεταξύ των αισθητήρων και μειώνεται το κόστος.



Το σύστημα χρησιμοποιεί έναν απ' τους πιο συνηθισμένους κόμβους αισθητήρων που είναι ο Imote2, ο οποίος είναι κατασκευασμένος πάνω στον επεξεργαστή PXA271 Xscale($13-416 \text{ Mhz}$) και χρησιμοποιεί 256Kb SRam και ταχύτητα 250Kbps+ μέσω ZigBee (IEEE 802.15.4) Radio σε απόσταση 100 μέτρων ασύρματα.

Αν συμβεί ένας σεισμός, πρέπει να παρθούν αποφάσεις ώστε τα τρένα είτε να ελαττώσουν ταχύτητα είτε να σταματήσουν εντελώς. Εφόσον το μέγεθος του σεισμού είναι μικρό ή το επίκεντρο του είναι μακριά απ' την παρακολουθούμενη περιοχή, δεν είναι απαραίτητο να σταματήσουν όλες οι διαδρομές. Στο επόμενο σχήμα φαίνονται οι διάφορες ζημιές που μπορεί να προκληθούν στις ράγες.Γι' αυτό απαιτείται ακριβής εκτίμηση ζημιών και αναφορά από το EEW αλλά και από το SHM. Οι αισθητήρες καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο και στέλνουν αναφορά στο κέντρο ελέγχου.



2.4 Σαρωτές laser προειδοποιούν για κατολισθήσεις και συντρίμια στις σιδηροδρομικές ράγες

Το κινεζικό σιδηροδρομικό δίκτυο μεταφέρει κατά μέσο όρο 42 εκατομμύρια επιβάτες κάθε χρόνο, καθιστώντας το την πιο δημοφιλή υπηρεσία μεταφοράς στον κόσμο. Στο παρελθόν, οι κατολισθήσεις και τα συντρίμια που πέφτουν πάνω στις ράγες ήταν ένας σημαντικός κίνδυνος για την κατάσταση του προσωπικού και των επιβατών. Σήμερα, οι σαρωτές λέιζερ LMS111 2D παρακολουθούν αξιόπιστα τις ράγες, ειδικά στις εξόδους σηράγγων και σε στροφές, και προειδοποιούν εάν οι ράγες καλύπτονται από συντρίμια.

Η Baoding Galaxy Electronic Technology Co. LTD. είναι μια εταιρία που εργάζεται για την κινεζική εταιρία σιδηροδρόμων. Λόγω του ότι οι



κατολισθήσεις μπορεί να συμβούν ανά πάσα στιγμή, ήταν πολύ δύσκολο για τους εργαζόμενους να επιθεωρούν την καλή κατάσταση των ραγών. Μια προσπάθεια για την παρακολούθηση των τμημάτων του δικτύου με κάμερες απέτυχε, δεδομένου ότι τα συστήματα ήταν εξαιρετικά ευαίσθητα σε δυνατή βροχή και άλλες κακές καιρικές συνθήκες και κατέληγαν συχνά σε ψευδείς συναγερμούς. Τότε η Baoding Galaxy ανακάλυψε τους σαρωτές λέιζερ LMS111 2D από τη SICK. Αυτός ο εξωτερικός αισθητήρας ανιχνεύει αξιόπιστα τα αντικείμενα που πέφτουν πάνω στις ράγες. Ένα σύστημα LMS111 μπορεί να παρακολουθεί έως και 20 μέτρα, με την παραλλαγή υψηλής απόδοσης LMS151 προσφέροντας μια εκτεταμένη εμβέλεια έως και 50 μέτρα. Οι τομείς στους οποίους υπάρχει υψηλότερος κίνδυνος κατολισθήσεων είναι εξοπλισμένοι με πολλαπλούς αισθητήρες, για παράδειγμα, όπου η διαδρομή κατευθύνεται παράλληλα με την πλαγιά ενός βουνού.



Οι συγκεκριμένοι σαρωτές λέιζερ χρησιμοποιούν ανέπαφες ακτίνες για να σαρώσουν τα περίχωρά τους σε δύο διαστάσεων πολικές συντεταγμένες. Αν μια ακτίνα λέιζερ χτυπήσει σε ένα αντικείμενο, η θέση του αντικειμένου προσδιορίζεται με την μορφή απόστασης και κατεύθυνσης. Αν το LMS ανιχνεύσει ένα αντικείμενο πάνω στις γραμμές, ειδοποιεί ασύρματα την κεντρική μονάδα ελέγχου, η οποία στη συνέχεια ενημερώνει αμέσως τον οδηγό για τον κίνδυνο.

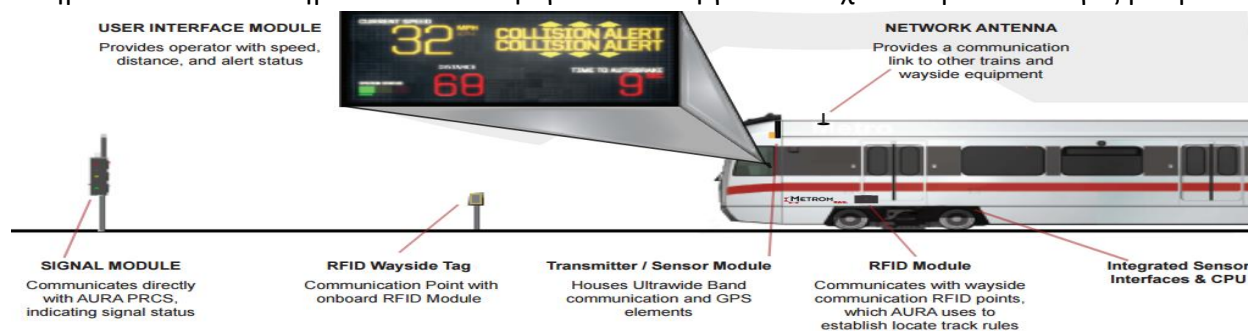
Κεφάλαιο 3 Αποφυγή συγκρούσεων και εργατικών ατυχημάτων

3.1 Σύστημα ελέγχου σιδηροδρόμων

Η εταιρία Metrom Rail κατασκευάζει το AURA® Passenger Rail Control System. Το συγκεκριμένο σύστημα ελέγχου σιδηροδρόμων ενισχύει την ασφάλεια της γραμμής με τη παροχή σήματος σε πραγματικό χρόνο, τη μέτρηση της ταχύτητας και την ανίχνευση εμποδίων για την αποφυγή της σύγκρουσης βαγονιών. Αξιοποιεί δοκιμασμένες τεχνολογίες όπως η Ultra - Wide Band, RFID και WAAS - Enhanced GPS και δημιουργεί ένα ευέλικτο σύστημα που εφαρμόζεται τόσο σε μεταφορικές υποδομές στην επιφάνεια του εδάφους όσο και κάτω από αυτή (π.χ. υπόγεια τούνελ). Υπάρχει άμεση και ταχύτατη επικοινωνία μεταξύ των αμαξοστοιχιών η οποία επιτυγχάνεται με τη συγκέντρωση μέσα από αισθητήρες ειδικών στοιχείων όπως η θέση του τρένου, η ταχύτητά, κατεύθυνση, οι τοπικές καιρικές συνθήκες, η απόσταση από άλλα βαγόνια και η τήρηση ειδικών κανόνων. Τα στοιχεία που συλλέγονται από τους αισθητήρες μεταφέρονται στο RFID module, εκεί ο αναγνώστης όταν βρει στην εμβέλεια του τις ετικέτες που βρίσκονται στη μονάδα κρασπέδου μεταδίδει τα δεδομένα. Ταυτόχρονα

επικοινωνεί και με τις κεραίες σε άλλα τρένα για να βρει τη θέση τους. Η ακριβής θέση του τρένου προσδιορίζεται από το GPS και μεταδίδεται μέσω Ultrawide Band στο κέντρο διαχείρισης. Σε περίπτωση σύγκρουσης θα στείλει μήνυμα μέσω του ασύρματου δικτύου ραδιοεπικοινωνίας από κανάλια, που χρησιμοποιούν ασφαλή πρωτόκολλα κρυπτογράφησης δεδομένων, στο τρένο ότι υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης. Αν αγνοηθεί το σήμα το σύστημα θα επιβραδύνει την αμαξοστοιχία για αποφευχθεί η σύγκρουση.

Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ότι η εγκατάσταση γίνεται ταχύτατα μέσα σε λίγες βδομάδες



και δε χρειάζονται χρόνια .Επίσης το κόστος ανάπτυξης είναι πολύ μικρότερο από τα παραδοσιακά συστήματα και μπορεί να προσαρμοστεί άμεσα στις παραμέτρους και συνθήκες λειτουργίας του προηγούμενου συστήματος. Ακόμα ένα θετικό είναι η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και ό,τι τροποποιεί τη παροχή ρεύματος ανάλογα με τις ανάγκες του τρένου. Τέλος σημαντικό είναι να αναφέρουμε ό,τι σε περίπτωση μελλοντικής επέκτασης δεν απαιτείται αναβάθμιση του hardware .

3.2 Κάμερα με χρήση θερμικών αισθητήρων

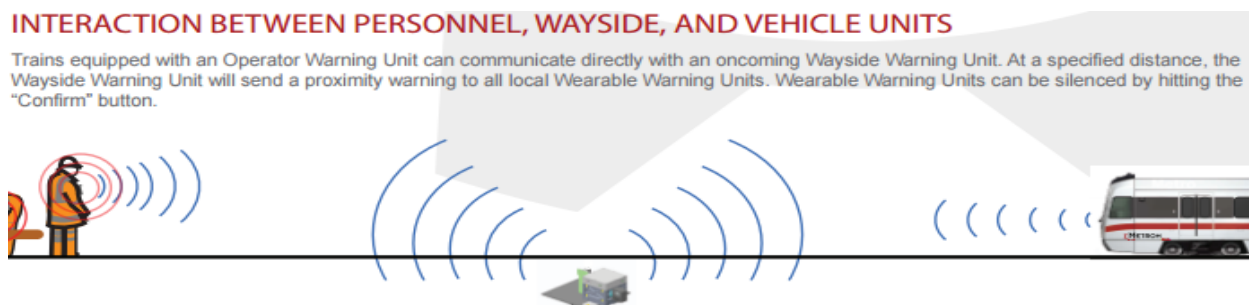
Η ThermiCam είναι πρώτη παγκοσμίως κάμερα που χρησιμοποιεί θερμικούς αισθητήρες τεχνολογικής ευφυίας και παράγεται από την εταιρία Flir. Σκοπός της λειτουργίας της είναι να αποτρέπει επικίνδυνα ατυχήματα και καταστροφές των υποδομών των μέσων μαζικής μεταφοράς , εντοπίζοντας οχήματα και ανθρώπους που βρίσκονται πάνω σε ράγες τρένων, τραμ και μετρό. Οι αισθητήρες ανιχνεύουν οχήματα κ ανθρώπους κοντά σε διασταυρώσεις δρόμων και σιδηροδρομικών γραμμών και ανάλογα με τη θέση τους, μέσα από σύνδεση Ethernet μεταδίδουν τις πληροφορίες που συγκέντρωσαν στην IP του συστήματος που διαχειρίζεται τους φωτεινούς σηματοδότες. Το σύστημα δίνει τις εντολές έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ένας πιο δυναμικός έλεγχος της κυκλοφορίας και αποδοτικότερη ροή των μέσων μεταφοράς .

Η ThermiCam εντοπίζει τη θέση του οχήματος η αντικειμένου μέσα από την ανίχνευση της θερμότητας του κινούμενου αντικειμένου. Η κάμερα δε χρειάζεται ενέργεια για να λειτουργήσει αλλά χρησιμοποιεί την ενέργεια που εκπέμπεται από οχήματα και ποδήλατα. Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ό,τι μπορεί να εντοπίζει τα αντικείμενα ακόμα και τη νύχτα. Έχει ικανοποιητική εμβέλεια και λειτουργεί αξιόπιστα κάτω από αντίξοες καιρικές συνθήκες. Επίσης η εγκατάσταση είναι γρήγορη και απλή, έχει αποδεδειγμένη υψηλή ανιχνευτική απόδοση και

όλο το σύστημα αισθητήρες, κάμερα και ανιχνευτής βρίσκονται στην ίδια μονάδα. Μειονεκτήματα είναι η χαμηλή ανάλυση και η δυσκολία εστίασης σε μακρινές αποστάσεις. Τεχνικά χαρακτηριστικά : Camera Resolution QVGA (336 x 256), Focal distance 7.5 mm - 13 mm, Distance (vehicle presence) 0- 90 m.

3.3 Σύστημα αποφυγής εργατικών ατυχημάτων σε σιδηροδρόμους (Railway Worker Protection System)

Το σύστημα προστασίας εργαζομένων πάνω σε σιδηροδρομικές γραμμές είναι ένα πρωτοποριακό σύστημα που εφαρμόζεται στη ασφάλεια των εργαζομένων με σκοπό να αποφευχθούν εργατικά ατυχήματα. Αποτελείται από μια ατομική συσκευή ειδοποίησης που είναι τοποθετημένη στον εργαζόμενο, από τη συσκευή του οχήματος και από μια συσκευή στο έδαφος οι οποίες επικοινωνούν μέσα από ένα ασύρματο δίκτυο. Μόλις η συσκευή του τρένου εντοπίσει τη συσκευή εδάφους επικοινωνεί μαζί της και αυτή με τη σειρά της στέλνει ειδοποίηση ότι έρχεται τρένο στις ατομικές συσκευές εργατών. Στις ατομικές συσκευές αναβοσβήνει μια κόκκινη λυχνία για να ενημερωθεί ο χρήστης, ο οποίος πατώντας την επιβεβαίωση γνωστοποιεί ότι έχει ενημερωθεί για τον κίνδυνο. Ταυτόχρονα στη συσκευή που είναι εγκατεστημένη μέσα στο τρένο εμφανίζονται πόσοι εργαζόμενοι υπάρχουν κοντά στις ράγες και σε τι απόσταση. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει συσκευή εδάφους το τρένο επικοινωνεί απευθείας με τις συσκευές των εργαζομένων. Οι συσκευές χρησιμοποιούν ένα ασύρματο δίκτυο καθώς έχουν κεραίες που εκπέμπουν ραδιοκύματα. Ο εντοπισμός των



συσκευών των εργατών γίνεται μέσω GPS, καθώς περιέχουν πομποδέκτες και εσωτερική δορυφορική κεραία που λαμβάνει σήμα από τους δορυφόρους και προσδιορίζει το ζητούμενο γεωγραφικό πλάτος και μήκος.

Η συσκευή εργάτη είναι φορητή εφαρμόζεται πάνω σε γιλέκα και προσαρμόζεται στις απαιτήσεις του εκάστοτε οργανισμού. Η συσκευή εδάφους χρησιμοποιεί ραντάρ μικροκυμάτων για την ανίχνευση οχημάτων και μπορεί να τοποθετηθεί σε κάθε τύπο εδάφους.

Σημαντικά πλεονεκτήματα είναι ό,τι η συσκευή εδάφους διαρκεί με μια φόρτιση μέχρι μια βδομάδα συνεχούς χρήσης. Επίσης η συσκευή αναφέρει σε πραγματικό χρόνο πολύ ακριβείς πληροφορίες.

Κεφάλαιο 4 Συντήρηση

4.1 Αισθητήρες οπτικών ινών

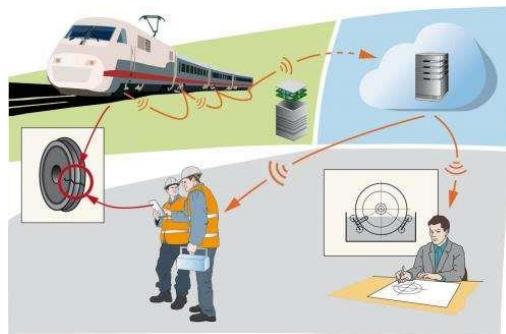
Η Πολυτεχνική Σχολή του Hong Kong ανέπτυξε έναν αλγόριθμο μέσω του οποίου δημιουργείται ένας δείκτης δονήσεων με σκοπό την παρακολούθηση και ανίχνευση επικίνδυνων καταστάσεων. Η τεχνολογία αυτή εφαρμόστηκε με επιτυχία στο προαστιακό σιδηρόδρομο του Χονγκ Κονγκ. Μια πλειάδα αισθητήρων οπτικών ινών τοποθετήθηκε κατά μήκος των γραμμών υψηλών ταχυτήτων που συνδέουν το Χονγκ Κονγκ με την ενδοχώρα της Κίνας με πάνω από ένα εκατομμύριο μετρήσεις βοηθώντας στην αποφυγή ατυχημάτων. Οι αισθητήρες μπορούν να εντοπίσουν έντονες δονήσεις, μηχανικά ελαττώματα και ανωμαλίες πάνω στη θερμοκρασία και στη ταχύτητα του τρένου. Αυτά μεταφέρονται σαν ψηφιακά δεδομένα υπό μορφή φωτός μέσα από πολύ λεπτά νήματα από πλαστικό ή γυαλί, τις οπτικές ίνες. Το σύστημα ειδοποιεί αμέσως το προσωπικό ασφαλείας του τρένου για να αποφευχθούν ατυχήματα. Τουλάχιστον τριάντα φορές που το σύστημα εντόπισε ασυνήθιστες δονήσεις, αυτές θα μπορούσαν να εξελιχθούν σε περιπτώσεις εκτροχιασμού των βαγονιών. Η βάση για το νέο σύστημα αισθητήρων είναι μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε και είναι γνωστή ως Fiber Bragg Grating. Είναι ένας τύπος αισθητήρα που αντανακλά ένα στενό φάσμα φωτός του οποίου τα μήκη κύματος μετατοπίζονται λόγω της αλλαγής της θερμοκρασίας. Το Fiber Bragg Grating συνεργάζεται με μια άλλη συσκευή γνωστή ως “μηχανικός μετατροπέας” που επιτρέπει τη μέτρηση της πίεσης, της επιτάχυνσης και της ταχύτητας. Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε διάφορα τμήματα του τρένου και στις ράγες και αν εντοπίσουν μια βλάβη μεταβάλλουν την αντανάκλαση του φάσματος του φωτός σε ένα ανιχνεύσιμο τρόπο. Οι αισθητήρες είναι όλοι οπτικοί και έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν όλη τη διαδρομή του τρένου χωρίς να χρησιμοποιούν ηλεκτρομαγνητική ενέργεια.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι αισθητήρες οπτικών ινών μειώνουν τα κόστη συντήρησης κατά 250.000 \$ σε ένα χρόνο. Ενώ το κόστος του είναι το ένα τρίτο από τα άλλα συστήματα παρακολούθησης και ασφάλειας. Ένα μειονέκτημα μπορεί να θεωρηθεί ότι η τεχνολογία οπτικών ινών δεν έχει αναπτυχθεί ακόμα σε μεγάλο βαθμό στο τομέα των σιδηροδρόμων.

4.2 Φορητά συστήματα αισθητήρων για τη συντήρηση των σιδηροδρόμων

Ένα νέο είδος επικοινωνίας ανθρώπου-μηχανής είναι ικανό να εντοπίσει εύκολα τη βλάβη σε σιδηροδρομικά οχήματα πριν να είναι πολύ αργά και να ειδοποιήσει για τη συντήρηση των τρένων μόνο όταν τη χρειάζονται, όλα αυτά χάρη σε cloud-supported, wireless network sensors. Κάθε άξονας και υποσύστημα του βαγονιού σε ένα τρένο είναι εξοπλισμένο με μικρούς αισθητήρες ραδιοφωνικών συχνοτήτων (RFID) οι οποίοι συλλέγουν στοιχεία για την κατάσταση της φθοράς των εξαρτημάτων. Αυτά τα δεδομένα στη συνέχεια μεταφέρονται στο cloud, όπου τα δεδομένα μέτρησης και ανάλυσης κρυπτογραφούνται και αποθηκεύονται ώστε να είναι έτοιμα για χρήση. Η υποδομή cloud για τη διαχείριση των αισθητήρων που είναι διάσπαρτοι σε

όλο το δίκτυο ασύρματων αισθητήρων (WSNs) είναι η εκτεταμένη μορφή του cloud computing. Οι αισθητήρες μπορούν να ανιχνεύσουν ακόμη και τη παραμικρή αμυχή σε ένα ρουλεμάν. Ακόμη, οι κόμβοι αισθητήρων (sensor nodes) μπορούν να συλλάβουν και την παραμικρή διακύμανση της δόνησης. Ως αποτέλεσμα, οι επισκευές μπορούν να γίνουν πριν υπάρξει χαλάρωση των μηχανικών τμημάτων και οδηγήσει σε βλάβη. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ενσύρματοι αισθητήρες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξετάσουν το σασί του οχήματος για τυχόν φθορές, δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα υψηλά πρότυπα ποιότητας των διαγνώσεων του Mobile Sensor Systems. Για τα επόμενα δύο χρόνια θα αναπτυχθεί ένα πρωτότυπο μοντέλο που θα δοκιμαστεί σε ένα τραμ στη γερμανική πόλη του Brandenburg an der Havel.



Κάποια από τα πλεονεκτήματα της υπηρεσίας είναι ότι συμβάλει σε μεγάλο βαθμό στην εξοικονόμηση των εξόδων συντήρησης της εταιρίας. Ακόμη οι ασύρματοι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν εύκολα. Επίσης το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί στις διαφορετικές ταχύτητες περιστροφής των τμημάτων που εξετάζονται όπως οι τροχοί σε ένα τρένο. Τέλος, το σύστημα προορίζεται να λειτουργεί χωρίς μπαταρίες χρησιμοποιώντας την ενέργεια από τις δονήσεις και την θερμότητα που παράγεται καθώς τα τμήματα περιστρέφονται.

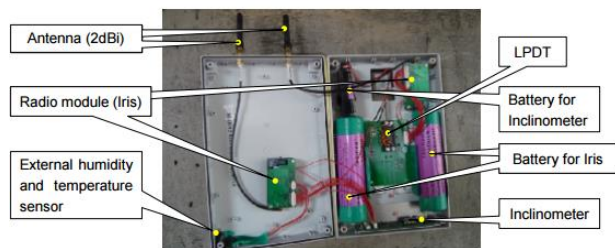
4.3 Παρακολούθηση των σιδηροδρομικών υποδομών

Ένα δίκτυο ασύρματων αισθητήρων μεγάλης κλίμακας είναι εγκατεστημένο στη στάση Hammersmith στο μετρό του Λονδίνου για την παρακολούθηση της φθοράς λόγω της παλαιότητας των υποδομών. Τα δεδομένα από αυτούς αισθητήρες μεταφέρονται στην κεντρική πύλη (κόμβοι αισθητήρων) που έχει αναπτυχθεί στην πλατφόρμα του σταθμού Hammersmith. Όπως φαίνεται στην εικόνα, η αριστερή φωτογραφία δείχνει τους αισθητήρες (κλίσης) που είναι τοποθετημένα κάτω από τη πλατφόρμα, στη κεντρική φωτογραφία, οι αισθητήρες και τα όργανα μέτρησης της πίεσης των υποδομών έχουν τοποθετηθεί στις βάσεις της γέφυρας, και στη δεξιά φωτογραφία, τα όργανα μέτρησης της πίεσης και μετατόπισης είναι τοποθετημένα στο υπόγειο μέρος του σταθμού.



Σχετικά με τη σύσταση του κόμβου αισθητήρα (sensor node), ο αισθητήρας πίεσης αποτελείται από ένα LPDT (linear potentiometric displacement transducer) και δυο περιβαλλοντικούς αισθητήρες για τη συλλογή δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας σχετικά με το εσωτερικό και το εξωτερικό του κουτιού του αισθητήρα. Ο κόμβος των αισθητήρων κλίσης αποτελείται από ένα MEMS (micro-electro-mechanical systems) και δύο περιβαλλοντικούς αισθητήρες. Η παρακάτω εικόνα δείχνει έναν κόμβο αισθητήρων τοποθετημένο στις βάσεις γέφυρας του

σταθμού Hammersmith. Η τοπολογία του δικτύου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το περιβάλλον της εγκατάστασης. Επομένως κατά τη διάρκεια διέλευσης ενός τρένου το ασύρματο δίκτυο μπορεί να επηρεασθεί γιατί βρίσκεται κατά μήκος της σιδηροδρομικής γραμμής. Για το λόγο αυτό οι κόμβοι που στέλνουν πακέτα με μεγαλύτερα ποσοστά απώλειας μπορούν να ενισχυθούν με αναμεταδότες ή αυξάνοντας το επίπεδο ισχύος



μετάδοσης. Τα δεδομένα από το εγκατεστημένο ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μεταδίδονται σε ένα σέρβερ στο Πανεπιστήμιο του Cambridge όπου στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά μπορούν να προβληθούν σε μια web-based εφαρμογή. Η εφαρμογή μπορεί να ειδοποιεί μέσω email τους χρήστες για τα ελαττώματα που ορίζονται από τις οριακές τιμές για κάθε τύπο δεδομένου που ανιχνεύτηκε. Επομένως, οι εργαζόμενοι συντήρησης το μόνο που πρέπει να κάνουν είναι να εισάγουν τον τύπο δεδομένων που χρήζει παρακολούθησης και την οριακή τιμή του στο σύστημα και στη συνέχεια θα λάβουν ειδοποίηση μέσω e-mail όταν το σύστημα εντοπίσει μια ασυνήθιστη κατάσταση. Αυτό επιτρέπει τους συντηρητές να επιβεβαιώσουν μια ασυνήθιστη κατάσταση εγκαίρως και να την επισκευάσουν γρήγορα. Επομένως, μειώνεται ο κίνδυνος έκθεσης των υποδομών σε ασυνήθιστη κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα καθώς επίσης και το κόστος συντήρησης. (Kenichi Soga, 2015)

Πλεονέκτημα είναι ότι το δίκτυο ασύρματων αισθητήρων παρακολουθεί τις υποδομές σε πραγματικό χρόνο και ανιχνεύει τα συμπτώματα φθοράς στις υποδομές λόγω της παλαιότητας της κατασκευής, κάτι που ήταν μη εφικτό δεδομένου ότι ο όγκος των δεδομένων από την περιοδική επιθεώρηση δεν είναι αρκετά μεγάλος ώστε να εκτιμηθούν με ακρίβεια οι υποδομές.

5 Μελλοντική έρευνα

5.1 Τεχνολογία ραντάρ στα 79Ghz

Οι ανάγκες της κοινωνίας και της αγοράς δείχνουν ότι χρειάζονται εξίσου πιο αποτελεσματικά ITS (Intelligent Transportation Systems) και ADAS (Advanced Driver Assistance Systems).

Εταιρίες όπως η Denso, Qamcom, Amparo Solutions and Acreo Swedish ICT εργάζονται από κοινού για να αναπτύξουν τη νέα γενιά ραντάρ αισθητήρων υψηλής συχνότητας για καλύτερη οδική ασφάλεια. Ήδη το πρώτο σύστημα ραντάρ 77GHz για την παρακολούθηση των ισόπεδων διαβάσεων πρόκειται να υιοθετηθεί από τη Σουηδική Υπηρεσία Μεταφορών.

Συγκεκριμένα τα νέα συστήματα προλαμβάνουν τον εκτροχιασμό τρένων που προκαλείται από τις συγκρούσεις μεταξύ τρένων και οχημάτων και αυξάνουν το επίπεδο ασφαλείας των πεζών. Ο στόχος της βιομηχανίας είναι το νέο R&D project “79 GHz UWB Imaging Radar Sensor” με σκοπό τη βελτίωση της ραντάρ τεχνολογίας σε σχέση με τα παλιά συστήματα που έχουν περιορισμό στο εύρος ζώνης. Επιπλέον, η χρήση υψηλότερων συχνοτήτων επιτρέπει τη μείωση των μικροκυμάτων και των κεραιών κάτι το οποίο συντελεί στο χαμηλότερο κόστος σε σχέση με την σημερινή τεχνολογία. (<https://www.acreo.se>)

5.2 Ασφάλεια των τρένων από μελλοντικές τρομοκρατικές επιθέσεις

Πριν 11 χρόνια οι βομβιστικές επιθέσεις τρένων στη Μαδρίτη απέδειξαν πόσο πολύ χρειάζεται ακόμη να βελτιωθεί η ευρωπαϊκή ασφάλεια των σιδηροδρόμων. Με την εξέλιξη του Internet of Things όλο και περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές είναι συνδεδεμένες πάνω στη γη με έναν αριθμό της τάξεως των 5 δισεκατομμυρίων ο οποίος αναμένεται να φτάσει τα 25 δισεκατομμύρια μέχρι το 2020. Οι σιδηροδρομικοί εξοπλισμοί όπως και οι υπόλοιπες βιομηχανικές εφαρμογές γίνονται όλο και περισσότερο τυποποιημένες και συνδεδεμένες μεταξύ τους, με αποτέλεσμα να υπάρχει ο κίνδυνος ηλεκτρομαγνητικής επίθεσης προς αυτά τα συστήματα. Ο ορισμός μιας επίθεσης EMP συνεπάγεται με την πληθώρα των εφαρμογών που βασίζονται σε τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας. Ηλεκτρομαγνητικοί παλμοί ή υψηλής ισχύος μικροκύματα μπορούν να διακόψουν ή να βλάψουν τον ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Για το λόγο αυτό ένα ευρωπαϊκό χρηματοδοτούμενο έργο έχει ανακαλύψει τεχνολογίες ανίχνευσης οι οποίες μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτή τη νέα απειλή. Το έργο “SECRET (Security of Railways against Electromagnetic Attacks) έχει αναπτύξει ένα σύνολο από αισθητήρες εντοπισμού ικανούς να ανιχνεύουν ηλεκτρομαγνητικές απειλές όταν πρόκειται να συμβούν. Έτσι οι χείριστες του εξοπλισμού των σιδηροδρομικών δικτύων μπορούν να μεταβάλουν το δίκτυο σε “ασφαλή λειτουργία” ώστε να θωρακίσουν το δίκτυο από τέτοιου είδους απειλές. Η Virginie Deniau, συντονιστής του έργου SECRET τονίζει ότι είναι απαραίτητο να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα του σιδηροδρομικού δικτύου απέναντι σ αυτή την απειλή. Ωστόσο, οι ασύρματες επικοινωνίες είναι υψηλής σημασίας για τη λειτουργία και ασφάλεια στο σιδηροδρομικό δίκτυο. Με αποτέλεσμα μια ηλεκτρομαγνητική απειλή να έχει δραματικές συνεπείς στο συνολικό κόστος των σιδηροδρομικών δικτύων. Το συγκεκριμένο έργο έχει πολλές δυνατότητες ανάπτυξης στο μέλλον. (*Homeland Security News Wire, 2015*)

Συμπεράσματα

Τα Intelligent Transportation System με τη χρήση δικτύου αισθητήρων έχει βελτιώσει κατακόρυφα το επίπεδο ασφαλείας και ελέγχου στο δίκτυο σιδηροδρόμων .Τα νέα συστήματα ασφαλείας που εφαρμόζονται κυρίως σε τρένα και μετρό έχουν ως σκοπό να αντιμετωπίσουν τους παράγοντες που προκαλούν ατυχήματα εργαζομένων ,συγκρούσεις ή εκτροχιασμούς βαγονιών, καταστροφή ή φθορά των υποδομών και μηχανικές βλάβες . Το δίκτυο αισθητήρων με την οπτική παρακολούθηση του εδάφους ή μηχανικών τμημάτων και μετρήσεις σημαντικών παραμέτρων όπως η θερμοκρασία ,η ταχύτητα ,το βάρος και η τριβή σε πραγματικό χρόνο ,μπορεί να εντοπίσει μία βλάβη στο εσωτερικό των υποδομών ή των μηχανημάτων και να αποσοβήσει ατυχήματα ,ενισχύοντας έτσι τη διαδικασία συντήρησης και ελέγχου .Παρακάτω θα παρατεθούν πίνακες με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της χρήσης δικτύου αισθητήρων , καθώς και ποιες είναι οι στρατηγικές αντιμετώπισης των προβλημάτων που παρουσιάζονται .

Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα	Στρατηγικές αντιμετώπισης προβλημάτων
- Μετρήσεις γίνονται σε πραγματικό χρόνο και καθιστούν έτσι τις πληροφορίες ακριβείς . - Η εγκατάσταση του συστήματος είναι εύκολη και γρήγορη σε σχέση με τα άλλα συστήματα που εφαρμόζονται στο κλάδο. - Τα κόστη συντήρησης των συστημάτων είναι πολύ χαμηλά . - Μέσα από την αποφυγή ατυχημάτων και καταστροφών μειώνονται τα ετήσια κόστη λειτουργίας . - Μικρότερη συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα στη διαδικασία μειώνει και τα λάθη στις μετρήσεις των μεγεθών .	- Συνήθως το κόστος απόκτησης είναι σχετικά υψηλό . - Λόγω των εξειδικευμένων λειτουργιών του εκάστοτε συστήματος είναι δύσκολη η εφαρμογή του σε οποιαδήποτε τοποθεσία .	Οι μέθοδοι αντιμετώπισης είναι η πρόληψη ατυχημάτων και η ενημέρωση για τη κατάσταση μετά το ατύχημα . Στη περίπτωση της πρόληψης τα δεδομένα που συλλέγονται μέσα από μετρήσεις οδηγούν είτε σε άμεση ενέργεια είτε σε ενέργεια κατόπιν επεξεργασίας .Στη πρώτη περίπτωση γίνεται αποστολή προειδοποιητικού μηνύματος ή και άμεση ενέργεια όπως για παράδειγμα η επιβράδυνση της ταχύτητας ενός τρένου .Στη δεύτερη περίπτωση τα δεδομένα που συλλέγονται αποστέλλονται σε μία βάση δεδομένων για περαιτέρω επεξεργασία και κατόπιν πραγματοποιείται ενέργεια όπως για παράδειγμα μελλοντικές συντηρήσεις .

Βιβλιογραφία

Lucas Lacono (2011). Wireless Sensor Network Protocols retrieved from
<http://www.sase.com.ar>

Lou Frenzel (2013, March 22). What's The Difference Between IEEE 802.15.4 And ZigBee Wireless? Electronic Design

What Is a Wireless Sensor Network? (2016 May 05). Retrieved from
<http://www.ni.com>

Daniel M. Dobkin (2008). The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice. Newnes, chapter 8

Y.-Q. Ni and X.-W. Ye. (2012). Wireless Sensor Networks for Earthquake Early Warning Systems of Railway Lines. Proceedings of the 1st IWHIR, Vol. 2, pp. 417–426. springerlink.com

Laser scanners warn about rockfalls and debris avalanches on the tracks of the Chinese railroad network (2014) retrieved from
<http://www.sickinsight-online.com>

Optical sensor technology – revolutionizing train monitoring (2014). Retrieved from
[HTTP://WWW.RAILWAY-TECHNOLOGY.COM/](http://WWW.RAILWAY-TECHNOLOGY.COM/)

Kenichi Soga (2015). Condition Monitoring System for Railway Structures in Hammersmith. Retrieved from
[HTTP://WWW.CAMBRIDGEWIRELESS.CO.UK/](http://WWW.CAMBRIDGEWIRELESS.CO.UK/)

Sensors that improve rail transport safety (2014). Retrieved from
<http://phys.org/news/2014-07-sensors-rail-safety.html>

Increasing Traffic Safety with new 79GHz Radar Technology (2015 October 9). Retrieved from
<https://www.acreo.se/media/news/increasing-traffic-safety-with-new-79ghz-radar-technology>

Sensors can help railways detect, cope with electromagnetic attacks (2015 July 15). Retrieved From <http://www.homelandsecuritynewswire.com/dr20150715-sensors-can-help-railways-detect-cope-with-electromagnetic-attacks>

Security of Railways Against Electromagnetic Attacks (2012 August 1) Retrieved from
<http://www.secret-project.eu/About>

AURA® Passenger Rail Control System (2016) Retrieved from <http://metrom-rail.com/AURA-PRCS>

Wikipedia (2016). Retrieved from

https://en.wikipedia.org/wiki/Radio-frequency_identification

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

<https://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-wideband>

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

Bridge Monitoring System (2016). Retrieved from
<http://metrom-rail.com/bridge-monitoring-system>

Public Transportation Avoid accidents & infrastructure damage (2016). Retrieved from
<http://www.flir.eu/traffic/display/?id=67430>

Ross Davies (2014 March 24). Optical sensor technology – revolutionizing train monitoring
Retrieved from <http://www.railway-technology.com/features/featureoptical-sensor-technology-revolutionising-train-monitoring-4192849>

Roadway Worker Protection System. Retrieved from
<http://metrom-rail.com/worker-protection-system>

Fire detection case study. Retrieved from
http://www.bandweaver.co.uk/manage/upload/file/Bandweaver_Fire_Detection_Case_study_at_ADIF_Malaga_Electrified_Railway_Tunnels_v1.1.pdf

Dong Chen, Zhen-Jiang Zhang and Yun Liu(2014). The Design of an Information Monitoring Platform Based on a WSN for a Metro Station . Lecture Notes in Electrical Engineering 260, DOI: 10.1007/978-94-007-7262-5_12

Xiaoqiang Zhang and Manos Tentzeris (2011). Applications of Fast-Moving RFID Tags in High speed Railway Systems, International Journal of Engineering Business Management, Wai Hung Ip (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/45676.

Velmurugan .K , Rajesh.T (2016 February). Advanced Railway Safety Monitoring System based on Wireless Sensor Networks. IJCSET(www.ijcset.net) Vol 6, Issue 2, 89-94

ERTMS - European Rail Traffic Management System. Retrieved from
http://ec.europa.eu/transport/modes/rail/ertms/index_en.htm