

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

ΔΠΣΜ Πληροφοριακά Συστήματα

Δίκτυα Υπολογιστών

Καθηγητής: Α.Α. Οικονομίδης

University of Macedonia

Master Information Systems

Computer Networks

Professor: A.A. Economides

**Ασύρματα Δίκτυα αισθητήρων και Ταυτοποίηση Μέσω Ραδιοσυχνότητων στις
Μεταφορές**

**Wireless Sensor Networks and Radio Frequency Identification to the field of
transportation**



Πλεύρη Γεωργία

Θεσσαλονίκη, Οκτώβριος 2012

Περίληψη

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας Radio Frequency Identification στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων παρουσιάζει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια στον τομέα των μεταφορών. Αν και στις δύο αυτές τεχνολογίες παρουσιάζονται σημαντικά ζητήματα-προκλήσεις, γίνεται συνεχώς προσπάθεια για την συμβολή τους σε θέματα διαχείρισης και ελέγχου μεταφορών. Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να παρουσιάσει συνοπτικά τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, την τεχνολογία Radio Frequency Identification, καθώς και την ενσωμάτωση τους στον τομέα των μεταφορών, κυρίως μέσα από προτάσεις εφαρμογής και προσεγγίσεις. Ακολουθούν τα συμπεράσματα και κάποιες αντίστοιχες προτάσεις.

Abstract

The integration of Radio Frequency Identification Technology in Wireless Sensor Networks appears promising in its application to the field of transportation. Although these two technologies face important issues-challenges, developers are always striving to improve their products as to contribute to the management and control of transportation. In this paper, the Wireless Sensor Networks technology, the Radio Frequency Identification technology, and their integration to the field of transportation is briefly presented. This presentation is performed through implementation proposals and approximations, followed by the conclusion and some proposals.

Εισαγωγή

Τα Wireless Sensor Networks (WSNs) ή αλλιώς ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι από τα πιο διαδεδομένα και εξελισσόμενα συστήματα στον τομέα της μικροηλεκτρονικής. Κάθε δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό κόμβο-αισθητήρων που μπορούν να αναπτυχθούν σε έδαφος, στον αέρα, σε κάποιο όχημα ή και μέσα σε ένα κτίριο. Με τις ικανότητες ανίχνευσης, επεξεργασίας, επικοινωνίας και παροχής ενέργειας των αισθητήρων, τα WSNs δίνουν απεριόριστες δυνατότητες στον τομέα των μεταφορών.

Η τεχνολογία Radio Frequency Identification (RFID) ή ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων, αφορά ηλεκτρονικές ετικέτες που ενσωματώνονται σε έμψυχα ή άψυχα αντικείμενα. Οι ετικέτες αυτές έχουν ικανότητα αναγνώρισης και αποθήκευσης δεδομένων που αφορούν τα αντικείμενα. Με τη βοήθεια ραδιοκυμάτων μπορούν να αναμεταδίδουν τα δεδομένα σε συσκευές ακρόασης σε μορφή κυμάτων και στη συνέχεια τα κύματα να μεταφράζονται σε σημαντικές πληροφορίες από κάποιον δέκτη - ακροατή. Οι πληροφορίες που εξάγονται αφορούν την ταυτότητα και την κατάσταση του αντικειμένου σε πραγματικό χρόνο.

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας RFID σε WSNs στις μεταφορές φαίνεται ιδιαίτερα χρήσιμη όταν απαιτείται ικανότητα συλλογής-αναγνώρισης-διαχείρισης πληροφοριών, ικανότητα ανίχνευσης αλλά και ακριβής προσδιορισμός θέσης κάποιου αντικειμένου που εξετάζεται και μεταφέρεται. Οι δύο αυτές τεχνολογίες αλληλοσυμπληρώνονται δίνοντας σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση, την ταυτότητα και τη θέση ενός αντικειμένου κατά την μεταφορά του, εξάγοντας χρήσιμες πληροφορίες.

Η εργασία αυτή αρχικά παρουσιάζει συνοπτικά τις δύο τεχνολογίες και την ενσωμάτωσή τους. Η ενσωμάτωση των δύο τεχνολογιών δεν έχει εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς μεταφορών ακόμα, υπόσχεται όμως περισσότερα στο μέλλον. Θα γίνει εστίαση σε τομείς μεταφορών όπως η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (logistics), διαχείριση στόλου

οχημάτων (vehicle fleet management) και διαχείριση αυτοκινητόδρομων (highway monitoring)

Μέθοδος

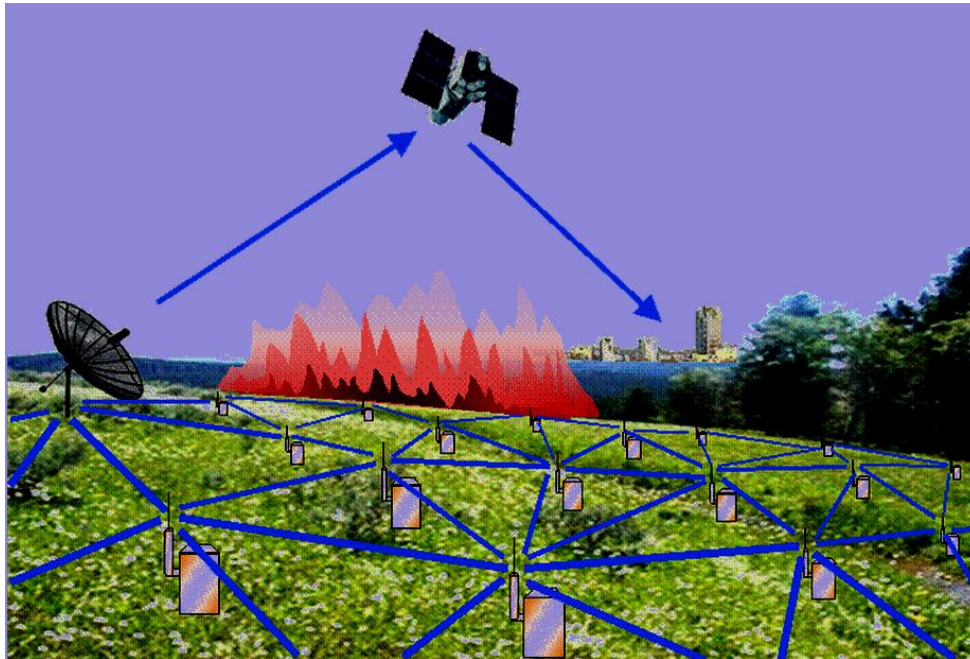
Η παρούσα εργασία χρησιμοποιεί το πρότυπο της Αμερικάνικης Ψυχολογικής Εταιρείας (American Psychological Association, APA) για την συγγραφή των βιβλιογραφικών αναφορών. Η επιλογή της βιβλιογραφίας έγινε με βάση την ανάγκη να συγκεντρωθούν στοιχεία που παρουσιάζουν την ενσωμάτωση των WSNs και RFID στον τομέα των μεταφορών. Η αναζήτηση της κατάλληλης βιβλιογραφίας για το θέμα της ενσωμάτωσης περιορίστηκε κυρίως σε προτάσεις και προσεγγίσεις. Εντοπίστηκαν αρκετοί περιορισμοί για την κάλυψη του θέματος. Για αυτό το λόγο γίνεται μια παρουσίαση των οφελών μιας τέτοιας ενσωμάτωσης σε συγκεκριμένους τομείς μεταφορών και ενδιάμεσα παραθέτονται ενδεικτικές προσεγγίσεις και προτάσεις εφαρμογής.

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Σε διάφορους τομείς μεταφορών όπως είναι η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας (logistics), ο έλεγχος και η διαχείριση αυτοκινητόδρομων (highway monitoring), η διαχείριση στόλου (fleet management) κρίνεται απαραίτητη η χρήση διαφόρων τεχνολογιών. Είναι κρίσιμο πολλές φορές σε κάποιον τομέα μεταφοράς να μπορεί να αναγνωρίζεται και να ελέγχεται το αντικείμενο που μεταφέρεται και να εξάγονται χρήσιμες πληροφορίες. Ένα τέτοιο αντικείμενο μπορεί να είναι ένα προϊόν που μεταφέρεται, ένα όχημα που κινείται κ.α. Σε αυτή την εργασία οι εξαγόμενες χρήσιμες πληροφορίες προσπαθούν να δοθούν μέσα από προσεγγίσεις και προτάσεις για την ενσωμάτωση και χρήση των WSNs με RFID. Για να αναλυθούν οι προσεγγίσεις και τα συμπεράσματα πρέπει πρώτα να αναλυθούν συνοπτικά οι δύο αυτές τεχνολογίες ανεξάρτητα από τον τομέα των μεταφορών.

1.2 Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων



Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ασύρματου δικτύου αισθητήρων (Πηγή: Akyildiz, Sankarasubramanian, & Cayirci 2002)

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία ad-hoc δικτύων που παρέχει αρκετά υψηλή ποιότητα παρακολούθησης μεγάλων γεωγραφικών εκτάσεων. Αποτελούν αναδυόμενα δίκτυα που συνδυάζουν τεχνολογία μικρό ηλεκτρομηχανικών συστημάτων, ασύρματες επικοινωνίες και ψηφιακή ηλεκτρονική. Πρόκειται για συστήματα με ικανότητα αυτό-ρύθμισης, αυτό-δικτύωσης, αυτό-διάγνωσης και αυτό-ίασης. (Akyildiz, Sankarasubramanian, & Cayirci 2002)

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα σύνολο κόμβων που οργανώνονται σε ένα ενιαίο δίκτυο και αποτελείται από καταναμημένους χωρικά αυτόνομους αισθητήρες οι οποίοι παρακολουθούν διάφορες φυσικές ή περιβαλλοντικές συνθήκες των αντικειμένων. Οι αισθητήρες κατανέμονται συνήθως τυχαία σε ένα χώρο με σκοπό την καταγραφή ορισμένων δεδομένων, όπως οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία, φωτισμός, πίεση, δόνηση κ.α.). Η τεχνολογία αυτή βρίσκει μεγάλο πεδίο εφαρμογής στις μεταφορές, με την

χρησιμοποίηση του δικτύου σε αυτοκινητόδρομους (για εποπτεία και έλεγχο), σε οχήματα, και στη διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας.

Τα συστατικά στοιχεία ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων:

Ένας αισθητήρας, ή κόμβος αισθητήρων ακριβέστερα, περιέχει έναν μικρο-επεξεργαστή, ένα πομποδέκτη ραδιοσυχνότητας RF (Stankovic, 2006), μία κεραία εσωτερική ή εξωτερική, έναν ή περισσότερους αισθητήρες, ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σύνδεσης των αισθητήρων και μια πηγή ενέργειας (Iacono, 2011), συνήθως μια κοινή μπαταρία.

Το μέγεθος ενός κόμβου ποικίλει ανάλογα με τον σκοπό και την πολυπλοκότητα της χρήσης. Η ευελιξία του μεγέθους, το μικρό κόστος κατασκευής και συντήρησης όπως επίσης και η ανθεκτικότητα και αντοχή, καθιστούν τους αισθητήρες μία ικανή τεχνολογία παρατήρησης και συλλογής δεδομένων.

Ένας κόμβος χρησιμοποιεί τα παραπάνω συστατικά για να λάβει δεδομένα, κατόπιν να τα επεξεργαστεί ώστε να διαβιβάσει στους γειτονικούς κόμβους μόνο τα απαραίτητα. Το δίκτυο δημιουργείται όταν κόμβοι αισθητήρων κατανεμημένοι στο χώρο συνεργάζονται στην ανταλλαγή δεδομένων με σκοπό την δρομολόγησή τους σε ένα τελικό κόμβο εκ του οποίου θα εξαχθούν τα τελικά συμπεράσματα. Τα κατάλληλα πρωτόκολλα και αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται στους κόμβους είναι εκείνα που εξασφαλίζουν τη συνεργατική λειτουργία μεταξύ των κόμβων αλλά και την διαρκή λειτουργία του δικτύου. (Arampatzis, & Lygeros 2005)

Πλεονεκτήματα των WSNs

Τα WSNs παρέχουν δυνατότητες παρατήρησης, ελέγχου και λήψης αποφάσεων ενός χώρου χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση. Παρέχουν μία εξαιρετικά ευέλικτη επικοινωνία και δυναμική επέκτασης. Τα WSNs κάποιες φορές μπορούν να συνεχίσουν να παρέχουν σωστές πληροφορίες ακόμα και αν κάποιος κόμβος αισθητήρα αποτύχει να συλλέξει δεδομένα. (Παπαγεωργακοπούλου, 2009) Αυτό αποτελεί ένα μεγάλο πλεονέκτημα

διότι επιτρέπει μεγάλη ανοχή σε πιθανά σφάλματα, αλλά δεν συμβαίνει πάντα. Μπορεί να υπάρξουν και απώλειες.

Μειονεκτήματα των WSNs

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα WSNs είναι η διάρκεια της ενέργειάς τους. Μία μεγάλη πρόκληση για το μέλλον είναι η επιμήκυνση του χρόνου ζωής της λειτουργίας ενός WSN.(Sohraby, Minoli, & Znati, 2007) Ένα ακόμη μειονέκτημα των WSNs είναι το κόστος του εξοπλισμού καθώς και η συντήρησή του σε πολλές περιπτώσεις. Επιπρόσθετα κατά την μεταφορά δεδομένων σε πακέτα μέσω WSNs, εγκυμονεί κίνδυνος για απώλεια κάποιων πακέτων. (Αργυρίου, 2010) Το τελευταίο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των εξαγωγήμιων αποτελεσμάτων.

1.3 Ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνότητων ή RFID

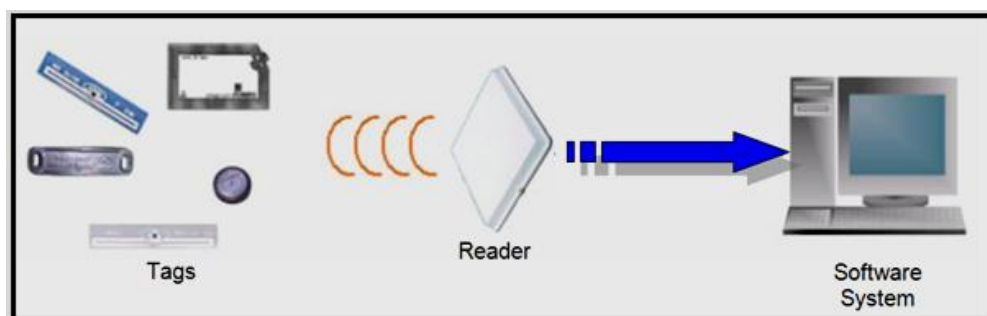
1.3.1 Η τεχνολογία RFID

Η τεχνολογία RFID είναι μία αυτόματη μέθοδος συλλογής πληροφοριών και ταυτοποίησης αντικειμένων με δυνατότητες εναποθήκευσης και ανάκτησης δεδομένων από απόσταση. (Zhang, & Wang, 2006)

Κύρια μέρη ενός συστήματος RFID

Ένα σύστημα RFID αποτελείται από δύο κυρίως μέρη, την ετικέτα (tag) και τον αναγνώστη (reader). Σε κάθε αντικείμενο που χρήζει ελέγχου και παρακολούθησης τοποθετείται μία ετικέτα. Η κάθε ετικέτα αποτελείται από μία κεραία και μία μνήμη. Η κεραία εκπέμπει συνεχώς ραδιοκύματα σε μια δεδομένη συχνότητα. (Lieshout, Grossi, & Spinelli, 2007) και χρησιμοποιείται για να στέλνονται και να λαμβάνονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα προς και από τον αναγνώστη. Στη μνήμη αποθηκεύεται ένας μοναδικός σειριακός αριθμός που αποτελεί τον κωδικό της ετικέτας καθώς και χρήσιμες πληροφορίες για το αντικείμενο στο οποίο τοποθετείται η ετικέτα.

Ο αναγνώστης είναι μία συσκευή που έχει την ικανότητα να αναγνωρίζει και να διαβάζει τον μοναδικό κωδικό κάθε ετικέτας μέσω της κεραίας με την χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας του αναγνώστη και της ετικέτας. (Τσίπας, 2009) Ο αναγνώστης μετατρέπει τα ραδιοκύματα τις ετικέτας σε ψηφιακές πληροφορίες, οι οποίες μεταφέρονται σε κάποιο υπολογιστή και έπειτα επιδέχονται περαιτέρω επεξεργασία και αξιοποίηση.



Εικόνα 2: Τα κυρίως μέρη ενός συστήματος RFID (Πηγή: BENT SYSTEMS, n.d.)

Πλεονεκτήματα ενός συστήματος RFID

Ένα σύστημα RFID έχει αρκετά πλεονεκτήματα συγκριτικά με άλλα συστήματα αναγνώρισης και ταυτοποίησης αντικειμένων. Στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα συγκαταλέγονται η δυνατότητα ανάγνωσης ενός αντικειμένου από τον αναγνώστη από απόσταση, χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση. Επιπλέον σε περιπτώσεις που πρέπει να ελεγχθούν ταυτόχρονα πολλές ετικέτες που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονης ανάγνωσης όλων των ετικετών από έναν και μόνο αναγνώστη. (Καλαμαράς, 2010) Επιπροσθέτως, ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα έγγραφης δεδομένων που δίνουν πολλές ετικέτες. Το γεγονός αυτό είναι σημαντικό διότι στην μνήμη των ετικετών μπορούν να καταγραφούν δεδομένα που να περιγράφουν όλο το ιστορικό της πορείας των αντικειμένων που έχουν τοποθετημένη μία ετικέτα.

Μειονεκτήματα ενός συστήματος RFID

Αξίζει να σημειωθεί πως η τεχνολογία RFID όπως και κάθε καινούργια τεχνολογία έχει ορισμένα σημαντικά μειονεκτήματα τα οποία όμως μπορούν να αντιμετωπισθούν με την πάροδο του χρόνου. Τα μειονεκτήματα έχουν να κάνουν με το υψηλό κόστος της τεχνολογίας λόγω χρήσης πολλών ετικετών που κοστίζουν, τον κίνδυνο για την υγεία λόγω ραδιοκυμάτων και το ζήτημα της ασφάλειας (της μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης) (Καλαμαράς, 2010). Σήμερα γίνονται συνεχώς έρευνες για την βελτίωση των χαρακτηριστικών ενός συστήματος RFID.

1.3.2 Κατηγορίες RFID

Ένα σύστημα RFID μπορεί να διακριθεί σε τρεις κατηγορίες. Τα ενεργά, τα παθητικά και ημιπαθητικά συστήματα RFID. Για τις μεταφορές προτιμώνται τα ενεργά RFID. Τα ενεργά RFID χρησιμοποιούν μπαταρία και δίνουν μεγαλύτερη ισχύ κατά την επικοινωνία των ετικετών με τον αναγνώστη, επιτυγχάνουν μεγαλύτερες αποστάσεις ανάγνωσης (Καλαμαράς, 2010), καθώς και οι κανονισμοί που τα διέπουν είναι πιο ελαστικοί.

1.4 Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας RFID στα WSNs

1.4.1 Η αλληλοσυμπλήρωση των δύο τεχνολογιών

Σήμερα, η τεχνολογία RFID έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς σε πολλές εφαρμογές, ωστόσο, αυτή η τεχνολογία έχει μικρή ικανότητα για ορισμένες εφαρμογές. Τα WSNs προσφέρουν μια σειρά από πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών εφαρμογών των RFID όπως η επικοινωνία πολλαπλών πηδημάτων (multi-hop), δυνατότητες ανίχνευσης και κόμβους αισθητήρων ικανούς να προγραμματιστούν. (Aung, Chang, & Won, 2012) Τα WSNs αποτελούνται από πολλές μικρές συσκευές με την ικανότητα επεξεργασίας, ανίχνευσης και ικανότητες που επιτρέπουν σημαντική βελτίωση στο σύνολο των χαρακτηριστικών της RFID τεχνολογίας.

Επιπροσθέτως, η RFID τεχνολογία δεν είναι αρκετά ικανή για να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τον φυσικό κόσμο ενώ δεν είναι αποτελεσματική και στην αναγνώριση και διαχείριση των πληροφοριών. Παρά το γεγονός ότι αρκετά RFID έχουν καλές δυνατότητες ανίχνευσης και μπορούν να προσδιορίσουν με ακρίβεια τα αντικείμενα υστερούν στον προσδιορισμό της θέσης. Ο συνδυασμός και των δύο μπορεί να αλληλοσυμπληρώσει τα κενά του ενός σε σύγκριση με το άλλο και να αποδώσουν στο συλλογικό αποτέλεσμα.

1.4.2 Η βασική ιδέα ενσωμάτωσης των δύο τεχνολογιών

Η βασική ιδέα της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας RFID με WSN είναι η σύνδεση ενός RFID αναγνώστη σε ένα RF πομποδέκτη ο οποίος δρομολογεί λειτουργίες και μπορεί να διαβιβάσει πληροφορίες από και σε άλλους αναγνώστες. (Jain, & Vijaygopalan, 2010, as cited in Want, R. 2004, Sanches, L.T. et al., 2008 & Englund, C. et al., 2004) μέσω ενός δικτύου (WSN).

Η ιδέα αναπτύσσεται ως εξής:

Γενικότερα ένα σύνολο ετικετών μπορεί να δημιουργεί ένα κόμβο. Κάθε κόμβος μπορεί να συνδεθεί με άλλους κόμβους σχηματίζοντας ένα δίκτυο κόμβων που επικοινωνούν μέσω WSN. Το δίκτυο αυτό είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται τη δραστηριότητα των ετικετών και είτε να επιβεβαιώνει την ασφάλειά τους, δηλαδή την ασφάλεια των αντικειμένων (όπου είναι ενσωματωμένες οι ετικέτες), είτε να προειδοποιεί μέσω σημάτων αφύπνισης για ενδεχόμενη αθέμιτη δραστηριότητα. (Jain, & Vijaygopalan, 2010 as cited in MICA, 2010) Μέσα από αυτή τη διαδικασία ενσωμάτωσης λαμβάνονται πολλαπλές πληροφορίες. Ο συνδυασμός ετικετών και κόμβων αισθητήρων αναπτύσσεται συνεχώς και έξυπνοι σταθμοί παρακολούθησης αυτού του συνδυασμού μπορούν να διαβιβάζουν σε έναν τοπικό ηλεκτρονικό υπολογιστή τις πληροφορίες που λαμβάνουν ώστε να εξάγουν σημαντικά συμπεράσματα για την κατάσταση και τις συνθήκες των αντικειμένων. (Zhang, & Wang, 2006)

Στον τομέα των μεταφορών ένα σύστημα ενσωμάτωσης βοηθά στην εποπτεία της θέσης ενός αντικειμένου, της κατάστασής του και των περιβαλλοντικών συνθηκών που το περικλείουν. Έτσι αποφεύγονται ή προλαμβάνονται απρόσμενες ή δυσμενείς καταστάσεις.

Κεφάλαιο 2

2.1 Εισαγωγή κεφαλαίου

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται προσπάθεια να συνοψιστούν τα οφέλη από ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας, διαχείρισης στόλου οχημάτων και διαχείρισης αυτοκινητόδρομων, που βασίζουν την λειτουργία τους στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και στην τεχνολογία RFID. Ενδιάμεσα παραθέτονται προσεγγίσεις και προτάσεις τέτοιων συστημάτων για την κατανόηση της λειτουργίας και των οφελών τους.

2.2 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας

Στον τομέα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας και ειδικότερα κατά τη διάρκεια των διαδικασιών μεταφοράς προϊόντων ή υπηρεσιών, είναι πολύ σημαντικό να ελέγχεται η κατάστασή τους και τα διάφορα γεγονότα που την επηρεάζουν. Για οποιοδήποτε αντικείμενο που μεταφέρεται εγκυμονεί ο κίνδυνος να μεταβληθεί η κατάστασή του λόγω διαφόρων δοκιμασιών που θα περάσει κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Η αυξημένη ζήτηση παγκοσμίως για εμπορικές μεταφορές αλλά και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες αυξάνουν συνεχώς την ανάγκη για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών που θα μπορούν να εγγυηθούν καλύτερη ασφάλεια και έλεγχο στις μεταφορές. Η διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας αφορά όλους τους κλάδους μεταφορών.

Η ενσωμάτωση των συστημάτων RFID και WSN έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς τα τελευταία χρόνια στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας για την παρακολούθηση, τον έλεγχο και την απογραφή των προϊόντων.

Τα WSNs έχουν μεγάλα πλεονεκτήματα στην αναγνώριση της τοποθεσίας ενός αντικειμένου, ενώ τα RFID στον ακριβή προσδιορισμό των αντικειμένων παρέχοντας και απαραίτητες πληροφορίες, που αφορούν αυτά τα αντικείμενα. Κάθε μεταφερόμενο αντικείμενο έχει τα δικά του σημαντικά χαρακτηριστικά, που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

κατά τη μεταφορά και η τεχνολογία RFID δίνει την δυνατότητα καταγραφής αυτών των χαρακτηριστικών ώστε να υπάρχει άμεση επαφή και έλεγχος με το αντικείμενο.

Ένα WSN είναι ικανό να παρακολουθεί την κατάσταση διαφόρων περιβαλλοντικών παραμέτρων και συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, το έδαφος, οι δονήσεις, η πίεση, η υγρασία, ο φωτισμός.(Zoller, Wachtel, & Siebenhaar, 2011) Παρακολουθεί επίσης την ταχεία αλλαγή παραμέτρων όπως είναι η επιτάχυνση και οι απότομες κινήσεις που απαιτούν συνεχή μέτρηση.

Από την άλλη πλευρά τα κρίσιμα στοιχεία που αφορούν τα αντικείμενα που μεταφέρονται μπορούν να αποθηκευτούν σε ετικέτες RFID και να έχουν ένα δικό τους μοναδικό κωδικό αναγνώρισης. Έτσι κάθε αντικείμενο που μεταφέρεται συνδέεται με μια ηλεκτρονική ετικέτα RFID. Μέσω ραδιοκυμάτων μεταφέρονται τα δεδομένα που έχουν καταγραφεί στην ετικέτα και μέσω ενός RFID αναγνώστη προσδιορίζεται το αντικείμενο.(Food traceability systems using RFID and WSN, 2012)

Κατά την μεταφορά, είτε οδικώς, είτε μέσω θαλάσσης, είτε αεροπορικώς η ενσωμάτωση των δύο τεχνολογιών με τις έξυπνες ετικέτες RFID και τους ασύρματους αισθητήρες μπορεί να είναι καταλυτική σε θέματα όπως:

- Αναγνώριση φορτίου και αντικειμένων που περιέχονται σε αυτό (τοποθεσία φορτίου και αντικειμένων)
- Αναγνώριση κατάστασης φορτίου και αντικειμένων (εάν βρίσκονται στην σωστή και προβλεπόμενη θέση)
- Αναγνώριση περιβαλλοντικών συνθηκών (όπως θερμοκρασία, ατμοσφαιρικός αέρας κ.α.)
- Καταγραφή και παρακολούθηση ειδικών χαρακτηριστικών των εμπορευμάτων (όπως ευθραυστότητα, απαραίτητη θερμοκρασία συντήρησης κ.α.)

- Έλεγχος και παρακολούθηση δυσμενών και απρόβλεπτων καταστάσεων από απόσταση

Η συνδυασμένη αυτή τεχνολογία είναι ικανή να εντοπίζει, να ταξινομεί και να διαχειρίζεται την ροή και την κατάσταση των αντικειμένων που μεταφέρονται, είτε αυτά είναι αγαθά, είτε εξοπλισμός, είτε οχήματα.

2.2.1 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας – Μια προσέγγιση για την ένταξη των RFID και WSN σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα

Υπάρχει ποικιλία πιθανών προσεγγίσεων για την ένταξη των RFID σε WSNs στην διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας. Στόχος είναι πάντα η παρακολούθηση των συνθηκών που επικρατούν τόσο στο μεταφορικό μέσο, όσο και στο εμπόρευμα-εξοπλισμό που μεταφέρεται μέσα σε αυτό.

Ένα ολοκληρωμένο σύστημα RFID και WSN για την αυτοματοποιημένη παρακολούθηση έχει προταθεί. Το προτεινόμενο σύστημα ενσωματώνει κόμβους αισθητήρων και συστήματα ανάγνωσης RFID. Ακριβέστερα ένας ασύρματος κόμβος αισθητήρα είναι συνδεδεμένος σε ένα ξενιστή στον οποίο έχουν καταγραφεί τα αντικείμενα μέσα σε μία βάση δεδομένων. Ένας άλλος ασύρματος κόμβος αισθητήρα είναι ενσωματωμένος σε έναν RFID αναγνώστη. Ένας χρήστης του κόμβου ξενιστή είναι σε θέση να εκτελεί ερωτήματα σχετικά με τη βάση δεδομένων που μεταδίδονται μέσω WSN. Στη συνέχεια τα ερωτήματα διαβιβάζονται στον RFID αναγνώστη και ανακτούνται τα απαιτούμενα δεδομένα. (Mitrokotsa, & Doulgeris, 2009) Η επικοινωνία είναι αμφίδρομη. Έτσι υπάρχει επικοινωνία για την κατάσταση των αντικειμένων σε όλο τον κύκλο μεταφοράς τους.

2.2.2 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας - Περίπτωση παρακολούθησης ψυγείων-φορητών που μεταφέρουν τρόφιμα

Τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί στα πλαίσια της Ευρωπαϊκής Ένωσης αύξηση της οδικής συμφόρησης από μεταφορές ψυγείων με τρόφιμα. Η αύξηση της ζήτησης για προϊόντα off-season ενισχύει την ανάγκη για μεγάλες αποστάσεις. Οι χονδρέμποροι προτιμούν τα φορητά μεταφοράς.

Πως μπορεί να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση:

Η τεχνολογία RFID έχει την ικανότητα να ανιχνεύει την παρουσία και θέση του εμπορεύματος και να μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ εμπορεύματος και αναγνωστών.

Γενικότερα τα συστήματα RFID έχουν την ικανότητα να διεισδύουν στα τρόφιμα και να προσδιορίζουν τα εμπορεύματα. Είναι σε θέση να παρέχουν δομημένα συστήματα ιχνηλασίας από τον παραγωγό μέχρι τον καταναλωτή. (Costa, Antonucci, & Pallottino, 2012) Η δυνατότητα ανανέωσης των πληροφοριών που αποθηκεύονται στις ετικέτες των εμπορευμάτων, επιτρέπουν την επίγνωση όλων των συνθηκών που επικρατούν κατά την διάρκεια διακίνησης των εμπορευμάτων. (Σαρλικιώτης και Χριστόδουλος, 2011)

Στη συνέχεια με την συμβολή των WSNs υπάρχει η δυνατότητα ανίχνευσης του περιβάλλοντος. Τα WSNs χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και με χρήση αισθητήρων ελέγχουν σημαντικές παραμέτρους όπως είναι η θερμοκρασία, ο ήχος, η δόνηση, η πίεση κ.α. τόσο του οχήματος όσο και του εμπορεύματος.

Οι απαραίτητες πληροφορίες που εξάγονται από την χρήση των δύο τεχνολογιών βοηθούν στον έλεγχο του εμπορεύματος και των φορητών μεταφοράς εις βάθος. Είναι σημαντικό ο καταναλωτής να παραλαμβάνει τα προϊόντα στην ποιότητα που τους αξίζει.

2.3 Διαχείριση στόλου οχημάτων

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας RFID σε WSN μπορεί να βοηθήσει σε σημαντικά ζητήματα που αφορούν την διαχείριση στόλου των οχημάτων. Από μία επιχειρηματική ματιά κάθε εταιρία, ιδιωτική ή δημόσια επιθυμεί να γνωρίζει, να ελέγχει και να αξιοποιεί την πορεία των δρομολογίων που πραγματοποιούν τα οχήματα της. Τα κύρια ζητήματα που απασχολούν τις εταιρίες συνήθως να είναι τα εξής:

- Ειδοποίηση για έκτακτο γεγονός κατά την πορεία του οχήματος και αντιμετώπιση
- Η βέλτιστη απόδοση του στόλου
- Το κόστος διαδρομής
- Το επίπεδο εξυπηρέτησης των πελατών που εξαρτώνται από τα δρομολόγια
- Ακριβή πορεία του οχήματος (στο χρόνο έναρξης/λήξης δρομολογίου), ακριβή ταχύτητα και αριθμός στάσεων που θα πραγματοποιήσει το όχημα
- Τήρηση κατάλληλων θερμοκρασιών (ιδιαίτερα για οχήματα που μεταφέρουν τρόφιμα και όχι μόνο)

Η τεχνολογία RFID ενσωματωμένη σε WSN μπορεί να προσφέρει ολοκληρωμένα συστήματα οργάνωσης και παρακολούθησης στόλου οχημάτων, λύνοντας όλα τα ζητήματα που αφορούν την πορεία διαδρομής τους και τις συνθήκες που επικρατούν.

Ένα τέτοιο συστήματα οργάνωσης και παρακολούθησης στόλου οχημάτων μπορεί να λειτουργεί με ετικέτες που είναι τοποθετημένες στο εσωτερικό κάθε οχήματος. Έτσι η τεχνολογία RFID επιτρέπει δεδομένα να διαβιβάζονται από ένα όχημα το οποίο περιέχει την ετικέτα RFID, και τα οποία διαβάζονται από έναν αναγνώστη RFID. (RFID Readers, n.d.) Τα δεδομένα που διαβιβάζονται μπορούν να παρέχουν πληροφορίες αναγνώρισης ή θέσης σχετικά με το όχημα, ή να διευκρινίζουν πληροφορίες, όπως ώρα έναρξης/λήξης

δρομολογίου, οι στάσεις που πραγματοποιήθηκαν, το κόστος κάθε διαδρομής, η κατανάλωση καυσίμων κ.α.

Στη συνέχεια με την συμβολή των WSNs, δίνεται η δυνατότητα στους αναγνώστες RFID (που είναι τοποθετημένοι σε επιλεγμένα σημεία και εντοπίζουν το όχημα με την ετικέτα όταν το όχημα φτάσει στην κατάλληλη απόστασης ανάγνωσης) να ενσωματωθούν με ασύρματες εγκαταστάσεις και αισθητήρες κίνησης για την βελτίωση της αποδοτικότητας τους και την προσθήκη περαιτέρω δυνατοτήτων ελέγχου.

Τα οφέλη που προκύπτουν από τέτοια συστήματα οργάνωσης και παρακολούθησης είναι σημαντικά για την διαχείριση του στόλου των οχημάτων. Παρέχονται δυνατότητες παρακολούθησης καθημερινών μετακινήσεων και εργασιών. Καταγράφονται συνθήκες εφοδιασμού, περιβαλλοντικές συνθήκες εντός των οχημάτων, διανυθέντα χιλιόμετρα, όρια ταχύτητας, εντοπισμός οχήματος σε πραγματικό χρόνο και πολλές άλλες σημαντικές πληροφορίες χωρίς να απαιτείται η ανθρώπινη παρέμβαση. Παρέχονται δυνατότητες για βελτίωση της συνολικής απόδοσης ενός στόλου.

2.3.1 Μια προσέγγιση εφαρμογής διαχείρισης στόλου λεωφορείων – Bus management system

Μια αξιόλογη προσέγγιση έχει παρουσιαστεί, μέσω της οποίας ένα σύστημα μπορεί να παρακολουθεί την κυκλοφορία των λεωφορείων, σε ένα σταθμό λεωφορείων. Η προσέγγιση αυτή βασίζεται σε ένα σύστημα ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο το οποίο ενημερώνει αν το λεωφορείο κινείται στην σωστή-προβλεπόμενη ώρα (μπροστά ή πίσω) σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα που έχει σχεδιαστεί. Η πληροφορία αυτή στη συνέχεια εμφανίζεται σε διάφορες οθόνες στους σταθμούς των λεωφορείων προσφέροντας έτσι καλύτερες υπηρεσίες στους επιβάτες. Το σύστημα αυτό βασίζεται στην ενσωμάτωση της τεχνολογίας RFID σε WSN.

Έχουν εφαρμοστεί δύο σενάρια ενσωμάτωσης-ολοκλήρωσης του συστήματος

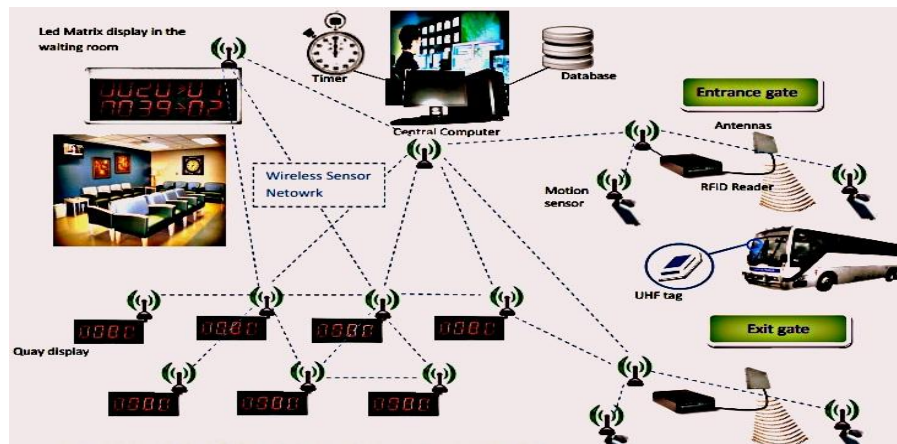
A) Το πρώτο σενάριο αναφέρει πως η πλήρης λειτουργία του συστήματος θα μπορούσε να επιτευχθεί με την ενσωμάτωση ασύρματων εγκαταστάσεων σε αναγνώστες RFID. Όταν ένας αναγνώστης RFID εξοπλιστεί με μία ασύρματη μονάδα μπορεί να λειτουργήσει ως κόμβος αισθητήρα με κυρίαρχο στόχο την ταυτοποίηση του οχήματος ή αντικειμένου και την αποστολή αυτής της ταυτοποίησης για εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω ενός ad-hoc δικτύου.

(Hatem, & Habib, 2010)

B) Η χρησιμοποίηση αναγνωστών RFID με την ικανότητα ανίχνευσης, όπου αισθητήρες κίνησης εγκαθίστανται σε κάθε αναγνώστη για την ανίχνευση της παρουσίας μιας ετικέτας και τον χειρισμό της δραστηριότητας του αναγνώστη (Hatem, & Habib, 2010), είναι το δεύτερο σενάριο ενσωμάτωσης.

Συνοπτικά η προσέγγιση σχεδιασμού

Κατά την προσέγγιση των Hatem και Habib (2010), για το σύστημα διαχείρισης λεωφορείων, οι πόρτες εισόδου και εξόδου των λεωφορείων είναι εξοπλισμένες με μία συσκευή ανάγνωσης RFID, κεραίες και αισθητήρες κίνησης. Κάθε λεωφορείο έχει μία UHF ετικέτα (τύπος ετικέτας RFID) η οποία εφαρμόζεται στο εσωτερικό του ανεμοθώρακα του λεωφορείου. Κάθε στιγμή που ένα λεωφορείο εισέρχεται ή εξέρχεται από το σταθμό, η συσκευή ανάγνωσης RFID στέλνει την αναγνώρισή του σε έναν κεντρικό υπολογιστή και αυτό το γεγονός καταγράφεται και εμφανίζεται σε ένα προσαρμοσμένο χάρτη. Κάθε αποβάθρα (στάση) είναι εξοπλισμένη με μια οθόνη που συνδέεται ασύρματα με ένα σταθμό ελέγχου. Μια εφαρμογή λογισμικού στο σταθμό ελέγχου παρακολουθεί την είσοδο και την έξοδο των λεωφορείων και ενημερώνει τις οθόνες με χρήσιμες πληροφορίες που αφορούν τα λεωφορεία. Τέτοιες χρήσιμες πληροφορίες όπως μπορεί να είναι ο χρόνος άφιξης του επόμενου λεωφορείου, αναρτώνται σε κάθε αποβάθρα-σταθμό λεωφορείων.



Εικόνα 3: Οι κύριες συνιστώσες του συστήματος διαχείρισης λεωφορείων

(Πηγή: Hatem, & Habib, 2010)

Σύμφωνα με τον παραπάνω σχεδιασμό του συστήματος, οι πληροφορίες που εξάγονται είναι σημαντικές τόσο για τους επιβάτες των λεωφορείων όσο και για τους διαχειριστές του συστήματος. Οι επιβάτες μπορούν μέσα από τις οθόνες που είναι τοποθετημένες σε κάθε σταθμό λεωφορείων να ενημερώνονται για το χρόνο άφιξης των λεωφορείων ώστε να κατανέμουν ορθολογικά τον χρόνο τους. Οι διαχειριστές του συστήματος μπορούν να επιβλέπουν εάν τα δρομολόγια πραγματοποιούνται στους σωστούς χρόνους, σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα που έχουν αρχικά ορίσει για την καλύτερη εξυπηρέτηση των επιβατών.

2.4 Διαχείριση αυτοκινητόδρομων

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που απασχολούν την ανθρωπότητα είναι η ασφάλεια και η βελτίωση της διαχείρισης των αυτοκινητόδρομων. Είναι σημαντικό να υπάρχουν συγκοινωνιακά συστήματα παρακολούθησης αυτοκινητόδρομων που να παρέχουν δυνατότητες μέτρησης σημαντικών παραμέτρων όπως η ταχύτητα, η θέση ενός οχήματος, η κατάσταση της οδικής επιφάνειας, η ορατότητα, οι καιρικές συνθήκες κ.α. (Ιακώβου, 2011)

Τα RFID ενσωματωμένα στα WSN μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση της κυκλοφοριακής κατάστασης με σκοπό την ασφάλεια σε χώρους και

μέσα μαζικής μεταφοράς. Η χρήση ετικετών RFID με αισθητήρες μπορούν να βοηθούν στη συνεχή μέτρηση των παραμέτρων που απαιτούνται για τον έλεγχο των αυτοκινητόδρομων.

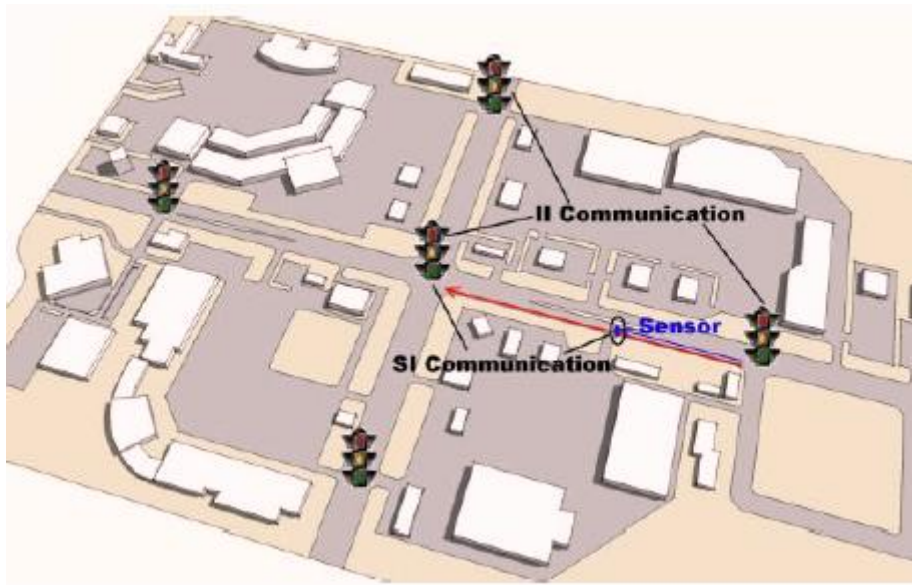
2.4.1 Μερικά προβλήματα που μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ενσωμάτωση των RFID και WSNs σύμφωνα με προσεγγίσεις που έχουν πραγματοποιηθεί

Αρκετές χώρες του βορρά αντιμετωπίζουν προβλήματα ψύξης και ολισθηρότητας στα οδοστρώματα λόγω χαμηλών θερμοκρασιών. Επιπλέον, λόγω των ακραίων καιρικών συνθηκών τα οδοστρώματα καταστρέφονται προκαλώντας σοβαρά ατυχήματα. Συνεπώς κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η παρακολούθηση της θερμοκρασίας και η περιεκτικότητα του νερού στο οδόστρωμα. (Körbe, Kuhi, & Koppel, 2012)

Ένα δεύτερο σημαντικό πρόβλημα που αφορά την διαχείριση των αυτοκινητόδρομων είναι η παραβίαση των φωτεινών σηματοδοτών. Οι φωτεινοί σηματοδότες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση της κυκλοφορίας. Με την αύξηση της αστικοποίησης αυξήθηκε αισθητά τόσο η κυκλοφοριακή συμφόρηση όσο και τα τροχαία ατυχήματα. Τα προβλήματα που αφορούν την ανίχνευση παραβίασης φωτεινών σηματοδοτών μπορούν να επιλυθούν με την ενσωμάτωση των WSN και RFID (Singh et al., 2012)

2.4.2 Το σύστημα WSITMN-Μία προσέγγιση συστήματος για διαχείριση αυτοκινητόδρομου

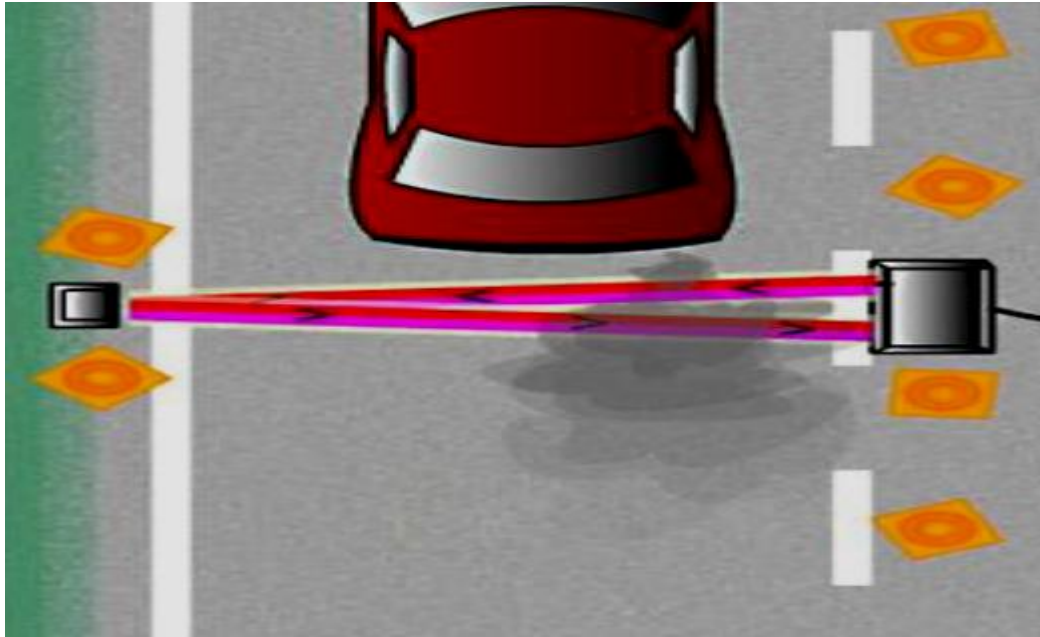
Το WSITMN (όπως ονομάστηκε) είναι ένα σύστημα παρακολούθησης της κυκλοφορίας που χρησιμοποιεί τεχνολογία RFID με ετικέτες και WSN (Goel, & Chandra 2012, as cited in Jianhou et al., 2009, p.4726-4731) Σε αυτό το σύστημα φωτεινοί σηματοδότες σε διασταυρώσεις μπορούν να επικοινωνούν με τους φωτεινούς σηματοδότες των επόμενων γειτονικών διασταυρώσεων (όπως φαίνεται στην εικόνα 4), ελέγχοντας την κυκλοφορία και δίνοντας προτεραιότητα σε ειδικά οχήματα με την βοήθεια αισθητήρων.



Εικόνα 4: Απεικόνιση της επικοινωνίας των γειτονικών φωτεινών σηματοδοτών μέσω αισθητήρα (Πηγή: Goel, & Chandra, 2012)

Λειτουργία του συστήματος:

Σε κάθε όχημα δίνεται μια ετικέτα RFID και όταν ένα όχημα με μια ετικέτα RFID εισέρχεται στη ζώνη παρακολούθησης (όπως φαίνεται στην εικόνα 5), ο RFID αναγνώστης διαβάζει τις πληροφορίες που αναγράφονται στην ετικέτα RFID και συγκεντρώνει πληροφορίες σχετικά με τη ροή της κυκλοφορίας. Όλα τα δεδομένα που συγκεντρώνονται επεξεργάζονται και αποστέλλονται προς κάποιο σταθμό βάσης. Ο σταθμός βάσης τότε συλλέγει τα δεδομένα, και τα μεταδίδει στο κέντρο παρακολούθησης όπου όλα τα δεδομένα που συλλέγονται αναλύονται ώστε να ληφθούν αποφάσεις. Το μειονέκτημα σε αυτό το σύστημα είναι ότι το κύριο κέντρο παρακολούθησης είναι ένα κεντρικό σύστημα που αν αποτύχει τότε όλο σύστημα γίνεται μη χρήσιμο. Επιπροσθέτως αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα και αποτελεί μεγάλη δυσκολία ο ορισμός ετικετών RFID σε όλα τα διερχόμενα οχήματα. (Goel, & Chandra 2012, as cited in Sharma et al., 2011, p. 53 – 57)



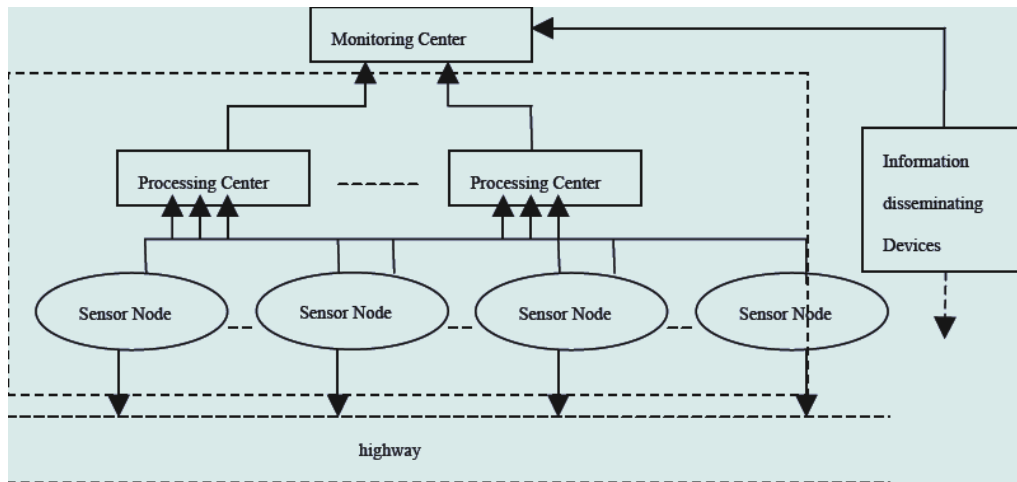
Εικόνα 5: Το όχημα στο οποίο έχει οριστεί ετικέτα RFID, διασχίζει την περιοχή όπου είναι τοποθετημένοι οι αισθητήρες αναγνώρισης (Πηγή: Goel, & Chandra, 2012)

2.4.3 Μία παρουσίαση συστήματος παρακολούθησης αυτοκινητόδρομων

Ένα σύστημα παρακολούθησης αυτοκινητόδρομων βασισμένο κυρίως σε WSN που αφήνει περιθώρια ενσωμάτωσης RFID τεχνολογίας, παρουσιάστηκε στο έβδομο διεθνές συνέδριο Electronic Measurement and Instruments(2005). Το σύστημα αυτό έχει ως στόχο την βελτίωση της διαχείρισης των αυτοκινητόδρομων για την πρόληψη των ατυχημάτων λαμβάνοντας υπόψη την ταχύτητα και την απόσταση μεταξύ των οχημάτων.

Αρχιτεκτονική του συστήματος:

Το συγκοινωνιακό σύστημα παρακολούθησης βασίζεται κυρίως σε WSN. Ηλεκτρομαγνητικοί αισθητήρες μετρούν την σχετική ταχύτητα και απόσταση μεταξύ των οχημάτων. Ένα κέντρο επεξεργασίας (Processing Center) επεξεργάζεται τα δεδομένα από τις μετρήσεις και ένα κέντρο παρακολούθησης (Monitoring Center) αναλύει όλες τις πληροφορίες που έχουν συσσωρευτεί ώστε να παραχθούν χρήσιμα συμπεράσματα. (Lingyun, Yunlong, & Licheng, 2005)



Εικόνα 6: Η αρχιτεκτονική του συστήματος παρακολούθησης αυτοκινητόδρομων

(Πηγή: Lingyun, Yunlong, & Licheng, 2005)

Μηχανισμός συστήματος:

Τα οχήματα που βρίσκονται υπό παρακολούθηση μπορούν να συνδέονται με μια συσκευή όπως οι ετικέτες RFID. Αυτές καταγράφουν όλες τις σχετικές παραμέτρους που εξετάζονται (σχετική ταχύτητα και απόσταση μεταξύ των οχημάτων). Επίσης τα οχήματα εξοπλίζονται με μία συσκευή προειδοποίησης και μία οθόνη, που συνδέονται με το κέντρο παρακολούθησης. Όταν ένα όχημα κινείται στον αυτοκινητόδρομο παρακολουθείται μέσω του δικτύου αισθητήρων και εφόσον η σχετική ταχύτητα ή η απόστασή του με άλλο όχημα βρίσκεται εκτός επιτρεπτών ορίων, το σύστημα θα ειδοποιήσει το όχημα για ανάγκη επιβράδυνσης. (Lingyun, Yunlong, & Licheng, 2005)

Στο σύστημα που περιγράφηκε παραπάνω το σημαντικότερο ρόλο τον διαδραματίζει το WSN. Παρόλα αυτά η συμβολή ετικετών RFID στα οχήματα δίνει επιπλέον δυνατότητες που αφορούν την ταυτοποίηση των οχημάτων που εξετάζονται και την ανάκτηση χρήσιμων δεδομένων που χρειάζονται παρακολούθηση και επεξεργασία.

2.5 Άλλες εφαρμογές στον τομέα των μεταφορών

➤ Η σιδηροδρομική βιομηχανία των ΗΠΑ και του Καναδά χρησιμοποιούν τεχνολογία RFID και WSN σε αυτοκινητάμαξες. Αυτό επιτρέπει την αυτόματη ηλεκτρονική ταυτοποίηση του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται στις σιδηροδρομικές μεταφορές, στις διατροφικές μεταφορές οχημάτων και στις συσκευές στο τέλος του τρένου. (Ruiz-Garcia et al., 2007, as cited in AAR, 2002; Transcore, 2003)

➤ Ένα αυτόνομο σύστημα αισθητήρων έχει προταθεί για ευφυή εμπορευματοκιβώτια που συνδυάζουν RFID και WSN. Η πρόταση περιλάμβανε μια υψηλής ανάλυσης μικρογραφία συσκευής αερίου για την μέτρηση του αιθυλενίου, τοποθετημένη μέσα στα εμπορευματοκιβώτια, κατά την μεταφορά τους. (Ruiz-Garcia et al., 2007, as cited in Jedermann *et al.* 2006)

➤ Ο φορέας παροχής υπηρεσιών Siemens IT Solutions and Services (Mitrokotsa, & Doulgeris, 2009, as cited in Wessel, R. 2008) έχει πραγματοποιήσει μια λεπτομερή έρευνα για την χρήση της ενσωμάτωσης της τεχνολογίας RFID και ολοκληρωμένων τεχνολογιών αισθητήρων δικτύου. Σκοπός της έρευνα ήταν η παρακολούθηση εμπορευματοκιβωτίων στον τομέα της ναυτιλίας. Με την ενσωμάτωση των δύο τεχνολογιών μπορεί να επιτευχθεί η συνεχής παρακολούθηση των εμπορευματοκιβωτίων μέχρι να φτάσουν στο τελικό τους προορισμό. Η προτεινόμενη προσέγγιση χρησιμοποιεί ενεργά συστήματα RFID και αισθητήρες. Οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν τις θερμοκρασίες και την θέση των εμπορευματοκιβωτίων. (Mitrokotsa, & Doulgeris, 2009)

Συμπεράσματα

Στον τομέα των μεταφορών οι προσδοκίες για συνεχή βελτίωση της διαχείρισης και της αποτελεσματικότητας αυξάνονται συνεχώς. Κυβερνήσεις και εταιρίες αναζητούν συνεχώς ολοκληρωμένα συστήματα που θα είναι οικονομικά, θα καταναλώνουν τη λιγότερη δυνατή ενέργεια και θα μπορούν ταυτόχρονα να παρέχουν υψηλό επίπεδο ασφάλειας και προστασίας. Η χρήση ημι-παθητικής ή ενεργητικής τεχνολογίας RFID σε συνδυασμό με WSNs αν και είναι ένας αναδυόμενος συνδυασμός, δίνει ελπιδοφόρο μέλλον στην ανίχνευση συνθηκών και καταστάσεων μεγάλου φάσματος. Η ενσωμάτωση των δύο τεχνολογιών στον τομέα των μεταφορών δίνει το πλεονέκτημα όχι μόνο να αποκαλύπτεται η θέση και η ταυτότητα ενός αντικειμένου, αλλά και η τρέχουσα κατάστασή του. Ωστόσο απαιτείται περισσότερη προσπάθεια για να επιτευχθεί η αποτελεσματική ενσωμάτωση των RFID και WSNs. Απαιτείται να λυθούν ορισμένα ζητήματα και προκλήσεις. Γι αυτό το λόγο στον τομέα των μεταφορών δεν υπάρχουν αρκετές υλοποιήσιμες εφαρμογές αλλά κυρίως προτάσεις και προσεγγίσεις.

Προτάσεις

Έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την ενσωμάτωση των τεχνολογιών WSN και RFID στον τομέα των μεταφορών, παρόλα αυτά οι περισσότερες μελέτες έχουν φτάσει στο στάδιο της προσέγγισης και των προτάσεων. Πρέπει να αξιολογηθούν οι υπάρχουσες μελέτες και να διερευνηθούν ώστε να εφαρμοστούν και στην πράξη. Απαιτούνται περισσότερες έρευνες ώστε να βελτιωθούν εκείνα τα χαρακτηριστικά και μειονεκτήματα που εμποδίζουν την υλοποίηση εφαρμογών. Πρέπει να γίνουν έρευνες για την χρήση ανανεώσιμων μορφών ενέργειας έναντι των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (χρήσιμο για την λειτουργία των WSNs) και έρευνες για την χρησιμοποίηση συγκεκριμένων και κατάλληλων πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την εξυπηρέτηση ανταλλαγής πληροφοριών και την παροχή αξιοπιστίας και ασφάλειας που απαιτούνται στις μεταφορές.

Βιβλιογραφία

- Agrinno Tech.Food. (2011). *Food traceability systems using RFID and WSN*. Retrieved November 20, 2012, from <http://www.agrinno.gr/en/archives/1168#iate.europa.eu/iatediff/SearchByQuery.do>
- Akyildiz, I. F., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002, December 12). A Survey on Sensor Network, *IEEE Communications Magazine*, Vol. 40, No.8, pp 393-422
- Arampatzis, Th.& Lygeros, J. (2005). *A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks*. Paper presented at the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation, Limassol, Cyprus. Retrieved from <http://www.cin.ufpe.br/~redis/intranet/bibliography/middleware/arampatzis-survey05>
- Aung, M. M., Chang, Y. S., & Won, J. (2012). Emerging rfid/usn applications and challenges. *International Journal of RFID Security and Cryptography*, 1(1/2), 3-8. Retrieved from IJRFIDSC database.
- Costa, C., & Antonucci, F., Pallottino, F., Aguzzi, J., Sarriá, D., & Menesatti, P.(2012). A Review on Agri-food Supply Chain Traceability by Means of RFID Technology. *Food Bioprocess Technol*. DOI: 10.1007/s11947-012-0958-7
- Goel, A., Ray, S., & Chandra, N. (2012). Intelligent traffic light system to prioritized emergency purpose vehicles based on wireless sensor network. *International Journal of Computer Applications*, 40(12). DOI: 10.5120/5019-7352
- Hatem, B. A., & Habib, H. (2010, April). *Bus Management System Using RFID In WSN*. Paper presented at European and mediterranean conference on information systems, Abu Dhabi, UAE.
- Iakono, L. (2011, March). *Wireless Sensor Network Protocols*. Paper presented at the Argentine Symposium of embedded systems, Argentina. Retrieved from

<http://www.sase.com.ar/2011/tutoriales/protocolos-para-redes-de-sensores-inalambricos-wsn/>

Jain, P.C., & Vijaygopalan K.P., (2010). RFID and Wireless Sensor Networks, *Paper presented at ASCNT*. Noida, India, CDAC: pp. 1 – 11. Retrieved from <http://www.cdacnoida.in/>

Kõrbe, K., Kuhi, K., & Koppel, O.(2012). Measuring Temperature and Water Content in Road Structures with Sensor Equipped RFID Tags. Paper presented at the 8th International DAAAM Baltic Conference "INDUSTRIAL ENGINEERING", Tallin, Estonia. Retrieved from <http://innomet.ttu.ee/daaam/>

Lieshout, M., Grossi, L., & Spinelli, G., (2007). RFID Technologies: Emerging Issues, Challenges and Policy Options. Luxembourg: European Communities.

Lingyun, Y., Yunlong, Z., & Licheng, Q. (2012). *Research on wireless sensor network applied in highway transportation monitoring system*. Paper presented at the 7th International Conference on Electronic Measurement and Instruments, Beijing, Vol 4, p.336-340. Retrieved from <http://210.72.131.170/handle/173321/8268>

RFIDPORTAL. (n.d). *RFID Readers*. Retrieved December 2, 2012, from <http://www.rfidportal.gr/index.php/joomla-license/100--rfid>

Ruiz-Garcia, L., Barreiro, P., Rodriguez-Bermejo, J., & Robla, J. I. (2007). Monitoring the intermodal, refrigerated transport of fruit using sensor networks. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 5(2), 142-156. Retrieved from <http://oa.upm.es/5003/>

Singh, H., Singh, S.J., & Singh, R.P. (2012). Red Light Violation Detection Using RFID. *International Journal of Computing & Business Research*. Paper Id: ISociety12/016. Retrieved from http://www.researchmanuscripts.com/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=76

- Sohraby, K., Minoli, D., & Znati, T. (2007). *Wireless sensor networks: Technology, protocols, and applications*. Hoboken, N.J.: Wiley Interscience.
- Stankovic, J.A. (2006). *Wireless Sensor Networks*. (Research, University of Virginia, Charlottesville, Virginia). Retrieved from <https://www.cs.virginia.edu/~stankovic/psfiles/>
- Zhang, L., & Wang, Z. (2006). *Integration of rfid into wireless sensor networks: Architectures, opportunities and challenging problems*. Paper presented at the Fifth international conference on grid and cooperative computing workshops, China. Retrieved from <http://di.ufpe.br>
- Zhang, Y., Yang, T.L., & Chen, J. (2009). Integrated rfid and sensor networks: Architectures and applications. In A. Mitrokotsa & C. Doulgeris (Eds.), *RFID and Sensor Networks: Architectures, Protocols, Security, and Integrations: Wireless Networks and Mobile Communications* (pp. 511-535). CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton
- Zoller, S., Wachtel, M., Siebenhaar, M., & Steinmetz, R. (2011). Efficient Real-Time Monitoring of Multimodal Transports with Wireless Sensor Networks. Paper presented at the 36th IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN), Bonn, Germany. Retrieved from <http://www.ieeelcn.org/prior/LCN36/index.html>
- Αργυρίου, Δ. (2010). *Επεξεργασία ερωτήσεων σε Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων με μνήμες στερεάς κατάστασης NAND*. (Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος). Αναρτήθηκε από http://www.inf.uth.gr/cced/?page_id=5391
- Ιακώβου, Χ.Ε. (2011). *Ανάπτυξη λειτουργικότητας για τη γνωσιακή διαχείριση αγροτεμάχιου με τη χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων*. (Διπλωματική Εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα). Αναρτήθηκε από <http://www.dit.hua.gr/index.php/el/undergraduate-studies/diploma-theses>

- Καλαμαράς, Η. (2010). *Σχεδίαση και υλοποίηση συστήματος έλεγχου πρόσβασης προσωπικού και παρακολούθησης υλικού με χρήση της τεχνολογίας RFID*. (Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη). Αναρτήθηκε από <http://vivliothmmy.ee.auth.gr/674/>
- Παπαγεωργακοπούλου, Α.Ε. (2009). *Έλεγχος Συνδεσιμότητας Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων*. (Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα). Αναρτήθηκε από <http://nemertes.lis.upatras.gr>
- Σαρλικιώτης, Β., & Χριστόδουλος, Ι. (2011). *Μελέτη και υλοποίηση αλγορίθμου εκτίμησης θέσης βασισμένου στην τεχνολογία RFID για την πλοήγηση ρομποτικού οχήματος*. (Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη). Αναρτήθηκε από <http://vivliothmmy.ee.auth.gr/1212/>
- Τσίπας, Ν. (2009). *Εντοπισμός θέσης μέσω RFID*. (Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη). Αναρτήθηκε από <http://vivliothmmy.ee.auth.gr/365/>

Εικόνες

Εικόνα 1. Akyildiz, I. F., Sankarasubramaniam, Y., & Cayirci, E. (2002, December 12). A

Survey on Sensor Network. Retrieved from <http://www.ece.ncsu.edu/wireless/wsn.html>

Εικόνα 2. BENT SYSTEMS. (n.d). *Technology Overview*. Retrieved from

<http://www.bentsystems.com/rfidapplications.shtml>

Εικόνα 3. Hatem, B. A., & Habib, H. (2010, April). *Bus Management System Using RFID In*

WSN. Retrieved from

<http://www.iseing.org/emcis/emcis2010/Proceedings/Accepted%20Refereed%20Papers/C57.pdf>

Εικόνα 4. Goel, A., Ray, S., & Chandra, N. (2012). *Intelligent Traffic Light System to Prioritized Emergency Purpose Vehicles based on Wireless Sensor Network*.

Εικόνα 5. Goel, A., Ray, S., & Chandra, N. (2012). *Intelligent Traffic Light System to Prioritized Emergency Purpose Vehicles based on Wireless Sensor Network*.

Εικόνα 6. Lingyun, Y., Yunlong, Z. & Licheng, Q. (2005). *Research on Wireless Sensor Network Applied in Highway Transportation Monitoring*. Retrieved from

<http://210.72.131.170/handle/173321/8268>

Εξώφυλλο

ASL GLOBAL LOGISTICS. Retrieved from <http://www.aslgl.com/>