

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

Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ΔΠΜΣ Πληροφορικά Συστήματα
Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης



Supply chain meets RFID technology in real-world applications

Η εφοδιαστική αλυσίδα συναντά την
τεχνολογία RFID σε πραγματικές εφαρμογές

Mavromatidis Michail
Mavropoulos Themistoklis
Mpatzakas Dimitrios

Μαυροματίδης Μιχαήλ
Μαυρόπουλος Θεμιστοκλής
Μπατζάκας Δημήτριος

Thessaloniki, 2016

Abstract

This assignment refers to wireless sensor network applications and more specifically, presents RFID technology implementation in supply chain sector. The basic concepts of the technology used are being described in the beginning. The analysis goes on with the technical infrastructure, the operation and the cost of RFID sensor networks. The main part however, focuses on the presentation of real cases with RFID applications in the supply chain sector. The most important data and results obtained from the study of these cases are outlined. Concluding, all results of this research are presented along with the pros and cons of the use of RFID technology and future research proposals are made for this field.

Keywords: Supply Chain, RFID, Wireless Sensor Networks, Communication Architecture.

Περίληψη

Η εργασία αυτή αναφέρεται στη λειτουργία ασύρματων δικτύων αισθητήρων και κυρίως παρουσιάζει την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στις εφοδιαστικές αλυσίδες. Γίνεται αναφορά στις βασικές έννοιες της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται, της τεχνικής υποδομής, της λειτουργίας και του κόστους των RFID δικτύων αισθητήρων. Κυρίως όμως, επικεντρώνεται στην παράθεση πραγματικών περιπτώσεων εφαρμογής των δικτύων αυτών σε εφοδιαστικές αλυσίδες οργανισμών τα σημαντικότερα στοιχεία και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την μελέτη και επεξεργασία αυτών των περιπτώσεων. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε στο πλαίσιο της εργασίας αυτής με αναφορές στα θετικά και στα αρνητικά στοιχεία που εντοπίστηκαν από την εφαρμογή των RFID δικτύων αισθητήρων και προτεινόμενη μελλοντική έρευνα πάνω στον τομέα αυτόν.

Λέξεις κλειδιά: Εφοδιαστική Αλυσίδα, RFID, Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, Αρχιτεκτονική Επικοινωνίας.

Πίνακας περιεχομένων

Abstract	i
Περίληψη.....	i
Πίνακας περιεχομένων	ii
Κατάλογος σχημάτων.....	iii
Εισαγωγή	1
1. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	2
2. Radio Frequency Identification (RFID)	3
3. Επικοινωνία ετικετών RFID με αναγνώστη	4
3.1. Στενή σύζευξη (close coupling)	5
3.2. Επαγωγική σύζευξη (inductive coupling)	5
3.3. Ηλεκτρομαγνητική σύζευξη μέσω οπισθοσκέδασης (electromagnetic backscatter coupling).....	5
4. Πρότυπα τεχνολογίας RFID	6
5. Μια αρχιτεκτονική λύση για ένα σύστημα RFID από την Microsoft.....	6
6. Κόστος τεχνολογίας RFID.....	7
6.1. Κόστος RFID ετικετών	7
6.2. Κόστος RFID αναγνωστών.....	7
6.3. Το λειτουργικό κόστος του συστήματος RFID σε πλήρη λειτουργία	8
7. Μελέτες περιπτώσεων	8
8. Συμπεράσματα.....	13
9. Μελλοντική έρευνα	14
Βιβλιογραφία.....	15

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Τυπική αρχιτεκτονική ενός sensor node.....	2
Σχήμα 2. Τα κύρια μέρη ενός sensor node	2
Σχήμα 3. Απεικόνιση μιας εφαρμογής WSN σε αποθήκη φαρμακευτικού υλικού, στο σχήμα διακρίνονται οι αναγνώστες στην πύλη και τα sensor nodes.....	2
Σχήμα 4. Απεικόνιση της παραπάνω εφαρμογής WSN, στο συγκεκριμένο σχήμα διακρίνονται τα relay nodes και ο σταθμός βάσης.....	2
Σχήμα 5. Απεικόνιση ενός συστήματος RFID.....	3
Σχήμα 6. Τα RFID ως αισθητήρας στο πλαίσιο μιας συνολικής δομής λογισμικού.....	4
Σχήμα 7. Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δύο τύπων ετικετών RFID.....	4
Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση την επικοινωνίας με στενή σύζευξη.....	5
Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση επικοινωνίας με ηλεκτρομαγνητική σύζευξη.....	5
Σχήμα 10. Αρχιτεκτονική συστήματος RFID.....	6
Σχήμα 11α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID.....	8
Σχήμα 11β. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID.....	9
Σχήμα 12α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID της εταιρίας Texas Instruments.....	9
Σχήμα 12β. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID της εταιρίας Texas Instruments.....	10
Σχήμα 13α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID.....	11
Σχήμα 13β. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID.....	12
Σχήμα 13γ. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID.....	13
Σχήμα 14. Πρόβλεψη της εξέλιξης της τεχνολογίας RFID	14

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται η ανάγκη για πιο αποδοτικές εφοδιαστικές αλυσίδες. Η ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας και η συνεχής παρακολούθηση των προϊόντων σε όλα τα στάδια, βελτιώνει σημαντικά την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων (supply chains). Σε αυτό συμβάλλουν τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensors Networks) όπως τα RFID (Radio Frequency Identification) τα οποία, παρέχουν τεχνικές δυνατότητες και πλεονεκτήματα ελέγχου, συλλογής και αξιοποίησης των πληροφοριών. Τα δίκτυα αισθητήρων τείνουν να παίξουν πρωταγωνιστικό ρόλο καθώς η πλήρης και σωστή αξιοποίηση των πληροφοριών που συλλέγουν, οδηγεί σε σημαντικά οικονομικά λειτουργικά και ποιοτικά αποτελέσματα και προσδίδουν ανταγωνιστικό πλεονέκτημα.

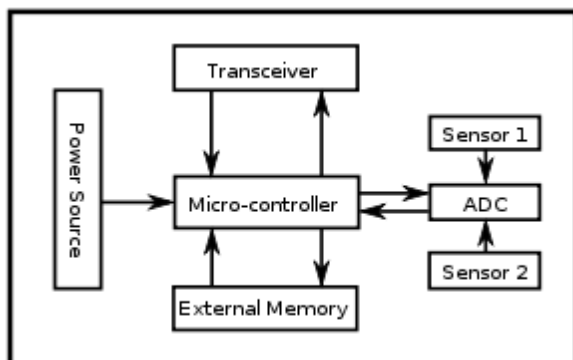
Παρόλο που μπορεί να θεωρούμε ότι η χρήση των αισθητήρων είναι σχετικά πρόσφατη, η έρευνα πάνω σε ασύρματα δίκτυα αισθητήρων ξεκίνησε ήδη από την δεκαετία του 1980, αλλά μόλις το 2001 υπήρξε αυξημένο ενδιαφέρον για τα δίκτυα αυτά από πλευράς επιχειρήσεων και ερευνητικό ενδιαφέρον. Αυτό ήταν επακόλουθο της πτώσης των τιμών, της χρήσης συστατικών μερών μικρού μεγέθους και χαμηλής κατανάλωσης, όπως επεξεργαστές, πομποδέκτες και αισθητήρες τα οποία συχνά συνδυάζονται σε ένα μόνο τσιπ.

Γενικότερα θα λέγαμε ότι η ιδέα του Internet of Things αναπτύχθηκε παράλληλα με τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Ο όρος Internet of Things επινοήθηκε από τον Kevin Ashton το 1999 (Ashton, 2009) και αναφέρεται σε μοναδικά αναγνωρίσιμα αντικείμενα και τις εικονικές τους αναπαραστάσεις σε μια δομή παρόμοια με αυτή του διαδικτύου (internet-like structure).

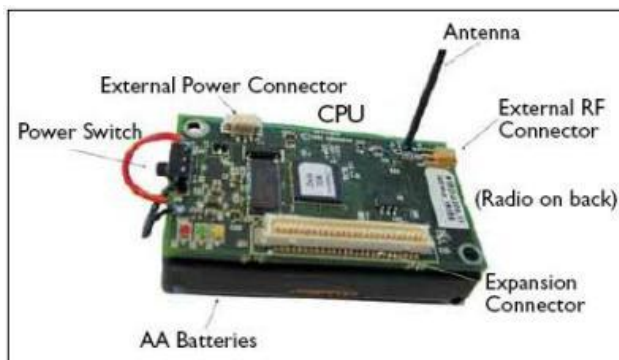
1. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων μπορεί να περιγραφεί, ως ένα δίκτυο κόμβων που συνεργάζονται, «αισθάνονται» και ελέγχουν ένα περιβάλλον και που επιτρέπουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των προσώπων, των υπολογιστών και των αντικειμένων του περιβάλλοντος. (Bröring et al., 2011).

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων περιλαμβάνουν συνήθως Sensor nodes, Actuator nodes, Gateways και Clients.



Σχήμα 1. Τυπική αρχιτεκτονική ενός sensor node ("Sensor node", Wikipedia)

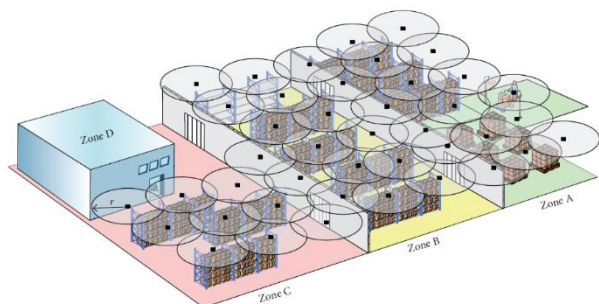


Σχήμα 2. Τα κύρια μέρη ενός sensor node (Stavrou, 2005)

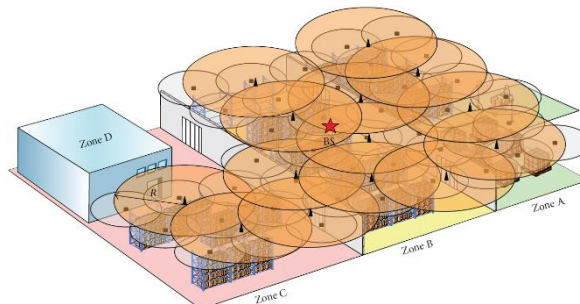
Τα μέρη ενός τυπικού Sensor node είναι η μονάδα διαχείρισης ενέργειας και ισχύος, ένας αισθητήρας, ένας μικροελεγκτής, και ένας ασύρματος πομποδέκτης.

Ο αισθητήρας είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και τη μετατροπή σημάτων, όπως το φως, οι κραδασμοί και χημικά σήματα, σε ηλεκτρικά σήματα και στη συνέχεια τη μεταφορά τους στο μικροελεγκτή. Ο μικροελεγκτής λαμβάνει τα δεδομένα και τα δρομολογεί αναλόγως. Ο ασύρματος πομποδέκτης (RF module) στη συνέχεια μεταφέρει τα δεδομένα, έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί η φυσική πραγματοποίηση της επικοινωνίας (International Electrotechnical Commission, 2014).

Οι πληροφορίες στέλνονται έπειτα είτε σε κόμβους αναμετάδοσης (relay nodes) είτε απ' ευθείας σε έναν σταθμό συλλογής δεδομένων (sink) ο οποίος είναι ένας κεντρικός κόμβος συνάθροισης πληροφοριών. Ο σταθμός συλλογής δεδομένων ορισμένες φορές ονομάζεται και σταθμός βάσης (base station) (International Electrotechnical Commission, 2014).



Σχήμα 3. Απεικόνιση μιας εφαρμογής WSN σε αποθήκη φαρμακευτικού υλικού, στο σχήμα διακρίνονται οι αναγνώστες στην πύλη και τα sensor nodes (Wu et al., 2015)



Σχήμα 4. Απεικόνιση της παραπάνω εφαρμογής WSN, στο συγκεκριμένο σχήμα διακρίνονται τα relay nodes και ο σταθμός βάσης (Wu et al., 2015)

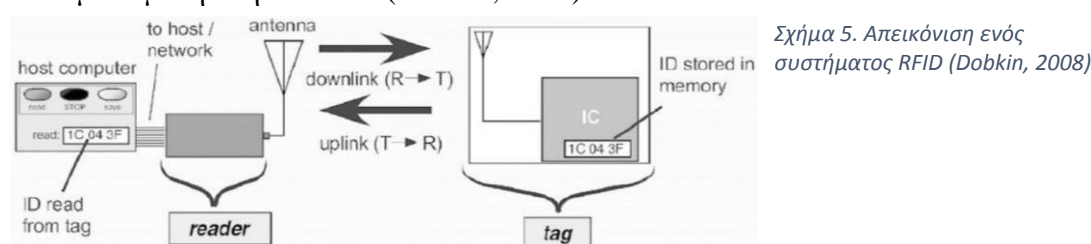
Μέσω του σταθμού συλλογής δεδομένων, τα δεδομένα μεταφέρονται και αποθηκεύονται σε έναν Server για την περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία τους.

2. Radio Frequency Identification (RFID)

Τα RFID και πιο συγκεκριμένα οι ετικέτες τεχνολογίας RFID είναι οι αισθητήρες που συναντώνται συχνότερα σήμερα στις εφοδιαστικές αλυσίδες ανεξαρτήτως των προϊόντων με τα οποία ασχολείται η αλυσίδα αυτή. Βέβαια λόγω του σχετικά υψηλού κόστους των ετικετών αλλά και της υλοποίησης του σε σχέση με τις παραδοσιακές πλέον ετικέτες που χρησιμοποιούν γραμμωτό κώδικα (barcode), οι ετικέτες RFID δεν χρησιμοποιούνται ακόμα για προϊόντα πολύ χαμηλής αξίας, είτε τοποθετούνται σε μεγάλες μονάδες αυτών όπως είναι η παλέτα ή το εμπορευματοκιβώτιο.

Τα RFID είναι μια τεχνολογία αυτόματης αναγνώρισης αντικειμένων που αναγνωρίζει αντικείμενα εντός ενός δεδομένου εύρους συχνοτήτων μέσω ραδιοκυμάτων χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση για εισαγωγή δεδομένων (Müller-Seitz, Dautzenberg, Creusen, & Stromereder, 2009).

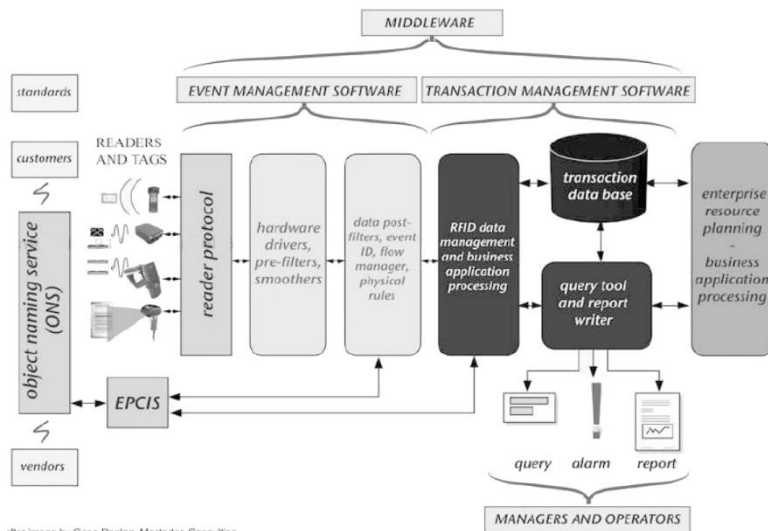
Ένα τυπικό RFID σύστημα αποτελείται από έναν αναγνώστη έναν αναμεταδότη ή ετικέτα, και κεραίες οι οποίες μετατρέπουν τις διακυμάνσεις των τάσεων των καλωδίων σε ραδιοκύματα. Η κεραία του αναγνώστη μπορεί να είναι ενσωματωμένη στον αναγνώστη ή ξεχωριστά και συνδεδεμένη με καλώδιο ενώ η κεραία της ετικέτας είναι συνήθως ενσωματωμένη στην ετικέτα (Dobkin, 2008).



Οι περισσότερες ετικέτες έχουν τουλάχιστον ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα (IC) το οποίο συνήθως αποτελείται από ένα chip πυριτίου το οποίο περιέχει την ταυτότητα (ID) της ετικέτας, και το λογικό κύκλωμα που απαιτείται για τη διαχείριση των πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ της ετικέτας και του αναγνώστη. Ο αναγνώστης μπορεί να περιέχει μια δική του διεπαφή (user interface), αλλά τις περισσότερες φορές είναι συνδεδεμένος με ένα δίκτυο ή ένα συγκεκριμένο κεντρικό υπολογιστή, το οποίο αλληλεπιδρά με το χρήστη για τον έλεγχο του αναγνώστη, την αποθήκευση και την προβολή των δεδομένων που συλλέγονται (Dobkin, 2008).

Μεταξύ της κεραίας και του πληροφοριακού συστήματος υπάρχει ένα ενδιάμεσο σύστημα (middleware) που ελέγχει και φιλτράρει τα δεδομένα για την αποφυγή της υπερφόρτωσης πληροφοριών (load balancing) και διασφαλίζει την εγκυρότητα των δεδομένων για την τροφοδοσία του συστήματος ERP (Lee & Lee, 2010).

Οι ετικέτες RFID κατηγοριοποιούνται σε δύο κύριες κατηγορίες με βάση την πηγή ενέργειάς τους ενώ, κάθε ένα είδος από αυτές χρησιμοποιείται σε διαφορετικές εφαρμογές, μιας και έχουν διαφορετικές ιδιότητες και λειτουργίες και έτσι καλύπτουν ποικίλες ανάγκες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι δύο αυτές κατηγορίες είναι οι παθητικές ετικέτες (passive tags) και οι ενεργές ετικέτες (active tags).



Σχήμα 6. Τα RFID ως αισθητήρας στο πλαίσιο μιας συνολικής δομής λογισμικού (Dobkin, 2008)

Οι πρώτες είναι πιο απλές στην λειτουργία τους και έχουν πιο περιορισμένες δυνατότητες. Οι παθητικές ετικέτες δεν ενσωματώνουν πηγή ενέργειας και χρησιμοποιούν ενέργεια προερχόμενη από τον αναγνώστη για να ενεργοποιηθούν για αυτό και λειτουργούν μόνο σε μικρή απόσταση από τη συσκευή ανάγνωσης.

Αντίθετα οι ενεργές ετικέτες έχουν δική τους παροχή ενέργειας κάτι που τους δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνούν με τον αναγνώστη σε μεγαλύτερες αποστάσεις από τις προηγούμενες. Επιπλέον οι ενεργές ετικέτες μπορούν να ενσωματώνουν επιπρόσθετους αισθητήρες για να παρέχουν αυξημένες λειτουργίες πληροφόρησης του συστήματος όπως για παράδειγμα η καταγραφή θερμοκρασιών ή ποσοστού υγρασίας σε κάποιο χώρο.

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά τα κύρια χαρακτηριστικά των δύο αυτών τύπων ετικετών RFID για ευκολότερη σύγκριση μεταξύ των τεχνολογιών.

Ιδιότητες ετικετών RFID		
	Ενεργές ετικέτες	Παθητικές ετικέτες
Πηγή ενέργειας ετικέτας	Εσωτερικά στην ετικέτα	Ενέργεια μεταφερόμενη από τον αναγνώστη μέσω ραδιοσυχνότητας
Υπαρξη μπαταρίας	Ναι	Όχι
Διαθεσιμότητα ενέργειας	Συνεχής	Μόνο εντός του πεδίου του αναγνώστη
Απαιτούμενη ισχύς σήματος στην ετικέτα	Πολύ χαμηλή	Πολύ υψηλή
Εύρος λειτουργίας / αναγνώρισης	Μέχρι 100μ.	Μέχρι 3-5μ., συνήθως λιγότερο
Ταυτόχρονη ανάγνωση ετικετών	Αναγνωρίζονται χιλιάδες ετικέτες	Μερικές εκατοντάδες εντός του εύρους του αναγνώστη
Αποθήκευση δεδομένων	Μέχρι 128Kbyte read/write	128 byte read/write

Σχήμα 7. Κύρια χαρακτηριστικά γνωρίσματα των δύο τύπων ετικετών RFID

3. Επικοινωνία ετικετών RFID με αναγνώστη

Βασικοί τρόποι σύνδεσης πριν την έναρξη μεταφοράς δεδομένων στο πλαίσιο της μεταξύ τους επικοινωνίας (Poole).

3.1. Στενή σύζευξη (close coupling)

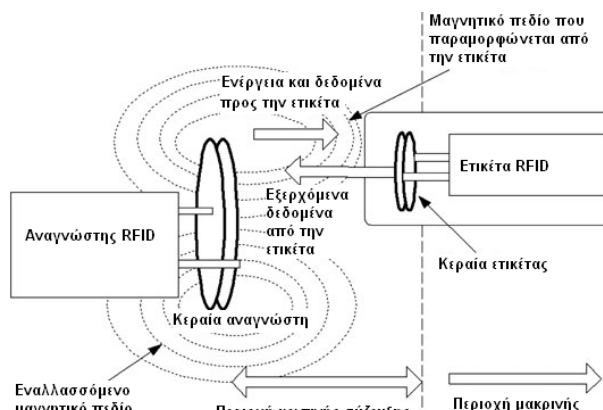
Στη στενή σύζευξη, η ετικέτα είτε εισέρχεται μέσα σε έναν αναγνώστη, είτε τοποθετείται σε επιφάνεια ανάγνωσης. Η επικοινωνία μεταξύ αναγνώστη και ετικέτας επιτυγχάνεται σε απόσταση από 0,1 έως 1cm, χρησιμοποιούνται συχνότητες εύρους 1- 10 MZ και δημιουργείται μετάδοση ενέργειας από τον αναγνώστη στην ετικέτα, μεγάλης αποδοτικότητας, διότι τα μικροσίπ που χρησιμοποιούνται απαιτούν μεγάλη κατανάλωση ενέργειας (η σύνδεση αυτή χρησιμοποιείται στις έξυπνες κάρτες) (Poole).

3.2. Επαγωγική σύζευξη (inductive coupling)

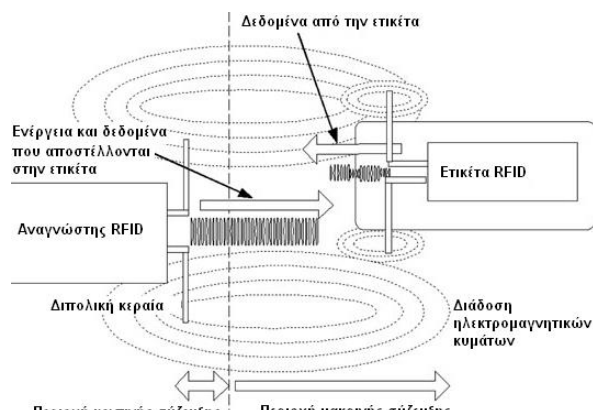
Κατά την επαγωγική σύνδεση η ετικέτα λαμβάνει ενέργεια από τον αναγνώστη για την ενεργοποίησή της. Η λειτουργία της ξεκινάει με την είσοδο της κεραίας στο μαγνητικό πεδίο του αναγνώστη. Πρόκειται για επικοινωνία κοντινών αποστάσεων με συχνότητες LF και HF από την οποία προκύπτει η απαραίτητη τάση με αμοιβαία επαγωγή μεταξύ των δύο κυκλωμάτων (Poole).

3.3. Ηλεκτρομαγνητική σύζευξη μέσω οπισθοσκέδασης (electromagnetic backscatter coupling)

Αυτού του είδους η σύνδεση χρησιμοποιεί τον πομπό ισχύος RF από τον αναγνώστη για να ενεργοποιήσει την ετικέτα. Ουσιαστικά αντανακλάται πίσω κάποια από την ενέργεια που μεταδίδεται από τον αναγνώστη, με αλλαγή μερικών ιδιοτήτων ώστε με αυτόν τον τρόπο να αποστέλλονται πληροφορίες στον αναγνώστη. Η απόσταση μεταξύ του αναγνώστη και της ετικέτας μπορεί να είναι μεγαλύτερη από 1 μέτρο, χρησιμοποιούνται δε μικρότερες κεραίες αλλά υψηλότερες συχνότητες (UHF) (Poole)



Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση την επικοινωνίας με στενή σύζευξη (Want, 2004)



Σχήμα 9. Σχηματική απεικόνιση επικοινωνίας με ηλεκτρομαγνητική σύζευξη (Want, 2004)

4. Πρότυπα τεχνολογίας RFID

Για να επιτυγχάνεται ο μέγιστος βαθμός συμβατότητας ανάμεσα στις τεχνολογίες RFID και τα συστήματα των οργανισμών, να μειωθεί το κόστος και να υπάρχει μία ενιαία προσέγγιση στην RFID τεχνολογία, αναπτύχθηκαν και ορίστηκαν διεθνή πρότυπα.

Ο φορέας International Organization for Standardization ISO ανέπτυξε το πρότυπο ISO 18000 Information Technology – Radio Frequency identification for item management που αφορά στην εφοδιαστική αλυσίδα. ("ISO/IEC 18000-1:2008", 2008)

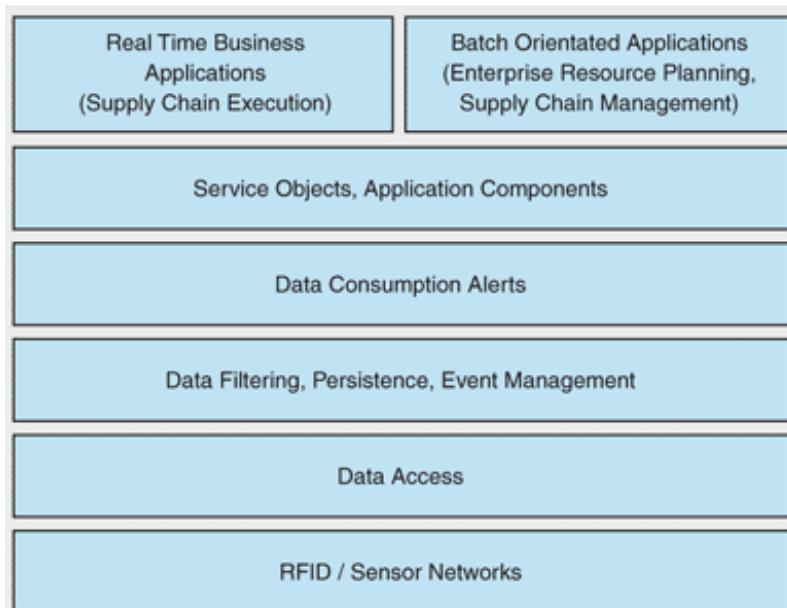
Άλλοι φορείς που ανέπτυξαν πρότυπα είναι: το «Παγκόσμιο Ηλεκτροτεχνικό Συμβούλιο IEC, International Electrotechnical Council», το «Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Προτύπων Τηλεπικοινωνιών ETSI, European Telecommunications Standards Institute » και ο EPC GLOBAL ο οποίος ανέπτυξε τον Ηλεκτρονικό Κωδικό Προϊόντος (Electronic Product Code – EPC), ως παγκόσμιο πρότυπο για τον ακριβή προσδιορισμό ενός αντικειμένου στην εφοδιαστική αλυσίδα, με στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας και τη μείωση των λαθών. (Σταματούδη, 2008)

5. Μια αρχιτεκτονική λύση για ένα σύστημα RFID από την Microsoft

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια σύντομη παρουσίαση της αρχιτεκτονικής επικοινωνίας ενός συστήματος που χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID. Αναλύονται σε σειρά από το χαμηλότερο προς το υψηλότερο οι λειτουργίες των επιπέδων (layers) (Κανάκης, 2013) ενώ στην συνέχεια παρουσιάζονται και σχηματικά σε έναν πίνακα (Sikander, 2005).

Το πρώτο επίπεδο ονομάζεται RFID/Sensor Networks και περιλαμβάνει όλες τις λειτουργίες που απαιτούνται για τη συλλογή δεδομένων από τα RFID καθώς και όλες τις συσκευές που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά των δεδομένων αυτών.

Ακριβώς από πάνω βρίσκεται το επίπεδο Data Access που είναι υπεύθυνο για το συντονισμό τη συγκέντρωση και τη μορφοποίηση δεδομένων από διαφορετικές συσκευές που βρίσκονται στο επίπεδο RFID/Sensor Networks. Το συγκεκριμένο επίπεδο χρησιμοποιεί ένα ενδιάμεσο λογισμικό το οποίο αναλαμβάνει να μεταφράζει κατάλληλα τα δεδομένα που προκύπτουν από τις διαφορετικές συσκευές.



Σχήμα 10. Αρχιτεκτονική συστήματος RFID (Sikander, 2005)

Το τρίτο επίπεδο περιλαμβάνει τα Data Filtering, Persistence και Event Management το οποίο είναι υπεύθυνο για την συγκέντρωση, ομαδοποίηση, αποθήκευση και μορφοποίηση των δεδομένων. Το επίπεδο αυτό είναι σε θέση να δέχεται ταυτόχρονα δεδομένα που ανακτώνται αλλά και να επεξεργάζεται τα δεδομένα που προκύπτουν μέσω φίλτρων. Η αποθήκευση των δεδομένων στο επίπεδο γίνονται τοπικά έτσι ώστε μετέπειτα να ξεκινήσει η διαδικασία επεξεργασίας χωρίς να υπάρχει κίνδυνος απώλειας των δεδομένων. Η τεχνολογία αυτή ονομάζεται Microsoft Message Queue (MSMQ).

Το επίπεδο Data Consumption Alerts είναι υπεύθυνο για την μείωση της καθυστέρησης επεξεργασίας με χρήση πολλαπλών ουρών αναμονής έτσι ώστε να αντιμετωπιστούν οι ταυτόχρονες ροές δεδομένων ανάγνωσης, μετάδοσης και επεξεργασίας.

Το πέμπτο επίπεδο είναι το Service Objects ή Application Components που αναλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων από το Data Consumption με σκοπό να φτάσουν στην εφαρμογή-πελάτη. Για την επίτευξη αυτού του στόχου χρησιμοποιούνται πληροφοριακά συστήματα τα οποία είναι υπεύθυνα ώστε να παρέχουν την πληροφορία στους χρήστες-πελάτες. Η μορφή της επικοινωνίας καθώς και η εξασφάλιση της ασφάλειας των δεδομένων όσο και των πληροφοριακών συστημάτων που χρησιμοποιούνται μπορούν να επιτευχθούν με τη χρήση της τεχνολογίας Web Services (WSs) που παρέχει ένα μηχανισμό για την μετάδοση και τον διαμοιρασμό δεδομένων μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.

Το τελευταίο επίπεδο αποτελείται από τις εφαρμογές της επιχείρησης που χρησιμοποιούν τα δεδομένα των RFID όπως τα συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (ERP).

6. Κόστος τεχνολογίας RFID

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται ορισμένα ενδεικτικά στοιχεία σχετικά με το κόστος εφαρμογής της τεχνολογίας RFID, παραθέτονται δεδομένα για το κόστος των ετικετών, των αναγνώστων και λειτουργικού κόστους ενός πλήρους συστήματος.

6.1. Κόστος RFID ετικετών

Οι περισσότερες εταιρείες που πωλούν RFID ετικέτες δεν αναφέρουν τιμές, διότι η τιμολόγηση γίνεται ανάλογα με τη ποσότητα της παραγγελίας, τη χωρητικότητα μνήμης της ετικέτας και τη συσκευασία (αν είναι σε πλαστικό περίβλημα ή ενσωματωμένο σε μια ετικέτα, για παράδειγμα), αν είναι ενεργητικό ή παθητικό και πολλά άλλα. Σε γενικές γραμμές, οι ενεργές ετικέτες κοστίζουν \$ 25 και πάνω. Οι ενεργές ετικέτες με ειδικό προστατευτικό περίβλημα, με μπαταρία μεγάλης διάρκειας ζωής, ή αισθητήρες, μπορεί να κοστίζουν \$ 100 ή περισσότερο. Μία παθητική EPC 96-bit ετικέτα (με chip και κεραία τοποθετημένη σε ένα υπόστρωμα) κοστίζει από 7 έως 15 σεντς στις ΗΠΑ. Αν η ετικέτα είναι ενσωματωμένη σε ένα θερμικό αυτοκόλλητο μεταφοράς στο οποίο οι εταιρείες μπορούν να εκτυπώσουν ένα γραμμωτό κώδικα, η τιμή ανεβαίνει στα 15 σεντς και πάνω. Ετικέτες χαμηλής και υψηλής συχνότητας κοστίζουν λίγο περισσότερο. ("How much does an RFID tag cost today?")

6.2. Κόστος RFID αναγνώστων

Το κόστος των αναγνώστων εξαρτάται από τον τύπο του αναγνώστη. Οι ενεργές αναγνώστες συνήθως αγοράζονται ως μέρος ενός πλήρους συστήματος, με ετικέτες και λογισμικό χαρτογράφησης που καθορίζει τη θέση τους. Οι περισσότεροι UHF αναγνώστες κοστίζουν από \$ 500 έως \$ 2000, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της συσκευής. Οι εταιρείες

μπορούν επίσης να αγοράσουν την κεραία ξεχωριστά, μαζί με τα καλώδια. Οι κεραίες κοστίζουν περίπου \$ 200 και πάνω. Η τιμή των αναγνώστων UHF έχει μειωθεί, λόγω της αυξανόμενης υιοθέτησης των συστημάτων. Οι αναγνώστες χαμηλής και υψηλής συχνότητας κυμαίνονται στην τιμή, ανάλογα με διάφορους παράγοντες. Ένα μοντέλο αναγνώστη χαμηλής συχνότητας (μια πλακέτα κυκλώματος που μπορεί να τοποθετηθεί σε άλλη συσκευή) μπορεί να κοστίζει κάτω από \$ 100, ενώ ένας πλήρως λειτουργικός αυτόνομος αναγνώστης μπορεί να κοστίζει \$ 750. Μονάδες αναγνώστη υψηλής συχνότητας κοστίζουν συνήθως \$ 200 έως \$ 300. Ένας αυτόνομος αναγνώστης (υψηλής συχνότητας) μπορεί να κοστίζει περίπου \$ 500. ("How much do RFID readers cost today?")

6.3. Το λειτουργικό κόστος του συστήματος RFID σε πλήρη λειτουργία

Το κόστος ενός συστήματος RFID σε πλήρη λειτουργία, εξαρτάται από την εφαρμογή, το μέγεθος της εγκατάστασης, τον τύπο του συστήματος και πολλούς άλλους παράγοντες, έτσι δεν είναι δυνατόν να δοθεί ένα εύρος κόστους. Εκτός από το κόστος της ετικέτας και του αναγνώστη, οι εταιρείες ίσως θα πρέπει να προμηθευτούν και λογισμικό middleware για το φιλτράρισμα των δεδομένων του RFID. Κατά πάσα πιθανότητα θα χρειαστεί αναβάθμιση επιχειρηματικών εφαρμογών, όπως τα συστήματα διαχείρισης αποθήκης. Επίσης μπορεί να χρειαστεί να αναβαθμιστούν τα δίκτυα εντός των εγκαταστάσεων και υπάρχει κόστος εγκατάστασης των αναγνώστων. Οι αναγνώστες εκτός από την εγκατάστασή τους, χρειάζονται ηλεκτρική ενέργεια και να συνδεθούν σε ένα εταιρικό δίκτυο. Όλοι αυτοί οι παράγοντες είναι διαφορετικοί για κάθε περίπτωση, ανάλογα με την εφαρμογή, το περιβάλλον και ούτω καθεξής. ("How much does a fully functional RFID system cost?")

7. Μελέτες περιπτώσεων

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρουσιαστούν ορισμένες πραγματικές περιπτώσεις χρήσης αισθητήρων και ασύρματων δικτύων αισθητήρων στον τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID
1 Wal Mart (Delen, Hardgrave, & Sharda, 2009)	Αλυσίδα λιανεμπορίου	Συντονισμός της διακίνησης των εμπορευμάτων σε 1400 καταστήματα, και η διαχείριση των ευπαθών προϊόντων	Τοποθέτηση RFID tags σε επίπεδο παλέτας και συσκευασίας και αναγνώστων στα κέντρα διανομής και καταστήματα λιανικής	Βελτιστοποίηση εφοδιαστικής αλυσίδας, μείωση διατηρούμενων αποθεμάτων, έλεγχος διαχείρισης ευπαθών προϊόντων, ελαχιστοποίηση περιττών διαδικασιών, αξιολόγηση απόδοσης των συνεργατών-προμηθευτών και βελτίωση των επιχειρησιακών διαδικασιών

Σχήμα 11α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID

Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID	
2	Hong Kong Containers (Ngai, Cheng, Au, & Lai, 2007)	Σταθμός Containers	Διαχείριση των εισερχόμενων και εξερχόμενων containers	Τοποθέτηση RFID αναγνωστών στα οχήματα μεταφοράς και στοίβαξης, και ετικέτες σε κάθε container	Αυτοματισμός διαδικασιών, συντονισμός του προσωπικού, μείωση χρόνου εκτέλεσης παραγγελιών, real time πληροφόρηση πελατών για τα containers
3	Volkswagen (Gaukler & Hausman, 2008)	Αυτοκινητοβιομηχανία	Πολύπλοκη διαδικασία συναρμολόγησης οχημάτων	Τοποθέτηση RFID ετικετών tags στο αμάξωμα και στην αποθήκη και RFID αναγνώστες δίπλα στο σασί και στους κάδους που περιέχουν τα μέρη του αμαξώματος	Βελτίωση του ελέγχου και διαδικασίας της συναρμολόγησης, 97% εξοικονόμηση κόστους ολικής ποιότητας (total quality cost)
4	GJ-GS4 (Kim, Yang, & Kim, 2008)	Παροχή υπηρεσιών Logistics	Καθυστέρηση διεκπεραίωσης παραγγελιών λόγω της χρήσης barcode	Αντικατάσταση barcode με RFID σύστημα ετικετών και τοποθέτηση RFID αναγνωστών στην είσοδο της αποθήκης	Διαφοροποίηση από τους ανταγωνιστές, μείωση των αρχικών διαδικασιών, μείωση του χρόνου διεκπεραίωσης των παραγγελιών, 70% πιο γρήγορη αναπλήρωση αποθεμάτων, 99,5% πιο γρήγορη έκδοση παραστατικών, 70% ταχύτερο picking, ακριβή δεδομένα και αναφορές για τις αποστολές προς τους πελάτες
5	TFT-LCD (Wang, Wang, & Liu, 2009)	Τομέας Βιομηχανίας TFT-LCD	Φαινόμενο Bullwhip	Τοποθέτηση RFID ετικετών σε κάθε monitor και RFID αναγνώστες σε όλες τις πύλες εισόδου-εξόδου προϊόντων των μελών της εφοδιαστικής αλυσίδας	Διαφάνεια πληροφοριών στην εφοδιαστική αλυσίδα, μείωση διατηρούμενων αποθεμάτων σε ποσοστό 2,7-6,6%, καλύτερη διαχείριση της διαδικασίας προμηθειών και αύξηση κύκλου εργασιών σε ποσοστό 6,9-10,8%

Σχήμα 11β. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID

Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID	
1	Unilever	Εταιρία καταναλωτικών προϊόντων	Τεράστιος όγκος καταναλωτικών προϊόντων, δυσκολία στην παρακολούθηση εντός των αποθηκών της	Αναγνώστες έχουν τοποθετηθεί στις ράμπες φορτοεκφόρτωσης των αποθηκών της, καταγραφή παλετών	Αύξηση του αριθμού παλετών που διαχειρίζεται η εταιρία, και αξιόπιστη ροή πληροφοριών για τις κινήσεις των φορτιών

Σχήμα 12α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID της εταιρίας Texas Instruments (Angeles, 2007)

Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID	
2	Chevrolet Creative Services	Διαχείριση υλικού για τον όμιλο Chevrolet	Ανάγκη βελτίωσης διαδικασιών, λάθη στις αποστολές	Τοποθέτηση ετικετών RFID στα διακινούμενα κιβώτια, οι αναγνώστες είναι τοποθετημένοι στις ράμπες φορτοεκφόρτωσης και στο πάτωμα	Αυτοματοποίηση διαδικασίας ελέγχου και αποφυγή καθυστερήσεων λόγω ανθρώπινης παρέμβασης, εξάλειψη επιπλέον εξόδων λόγω των λανθασμένων αποστολών
3	United Biscuits	Εταιρία παρασκευής τροφίμων	Ανάγκη βελτίωσης της αποδοτικότητας και εξασφάλιση ποιότητας των προϊόντων	Τοποθέτηση ετικετών RFID στους χώρους της αποθήκης (υγρασία - θερμοκρασία) και στους κάδους ανάμειξης των πρώτων υλών	Βελτίωση της απόδοσης της διαδικασίας παραγωγής, καλύτερος έλεγχος και παρακολούθηση των προϊόντων και μείωση συχνότητας εμφάνισης σφαλμάτων
4	Fluoroware	Βιομηχανία ημιαγωγών	Ανέπτυξε ένα σύστημα RFID (FluoroTrac) το οποίο χρησιμοποίησαν εταιρίες όπως Motorola, Thomson & Wacker	Το σύστημα αυτό επιβλέπει όλα τα στάδια παραγωγής των chips, με περίπου 800 σημεία ελέγχου	Βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας, αύξηση του χρόνου χρήσης των μηχανημάτων, εξάλειψη σφαλμάτων στην διαδικασία παραγωγής, εξάλειψη της συμφόρησης (bottleneck) μεταξύ των σταδίων παραγωγής
5	The Port of Singapore	Λιμάνι Σιγκαπούρης	Παρακολούθηση και εντοπισμός containers	Τοποθέτηση RFID ετικετών στα containers, τοποθέτηση χιλιάδων αναμεταδοτών τεχνολογίας RFID έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα πολυδιάστατο πλέγμα συντεταγμένων	Εντοπισμός containers με βάση τις συντεταγμένες, ελαχιστοποίηση πιθανότητας σφάλματος, μείωση χρόνου συλλογής και απόθεσης και μείωση του κόστους διαχείρισης των container
6	Ford Motor Company	Αυτοκινητο-βιομηχανία	Σωστή εφαρμογή της φιλοσοφίας just in time στην εφοδιαστική της αλυσίδα	Τεχνολογία RFID με πλήθος κεραιών κατά μήκος της γραμμής παραγωγής	Έγκυρη και αποδοτική δρομολόγηση και αναγνώριση των οχημάτων εντός της αυτοματοποιημένης γραμμής παραγωγής
7	Toyota	Αυτοκινητο-βιομηχανία	Ανάγκη αντικατάστασης παλιού συστήματος εργασιών	Χρησιμοποίησε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα παρακολούθησης της παραγωγικής διαδικασίας βασισμένο σε τεχνολογία RFID	Μείωση του χρόνου αδράνειας του εξοπλισμού στην γραμμή παραγωγής, αύξηση του χρόνου χρήσης των μηχανημάτων, αυτοματοποίηση και συντονισμός της παραγωγής

Σχήμα 128. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID της εταιρίας Texas Instruments (Angeles, 2007)

	Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID
1	Kuehne Nagel (Greengard, 2015)	Θαλάσσιες & αεροπορικές μεταφορές	Μη αποδεκτές θερμοκρασίες προϊόντων, απόκλιση από τις προδιαγραφές	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID στα κιβώτια για έλεγχο φαρμακευτικών υλικών και ειδών	Αυτοματοποίηση ελέγχου, διασφάλιση ποιότητας, έλεγχος θερμοκρασιών με βάση τις προδιαγραφές
2	South Metro (Violino, 2015)	Υπηρεσία διάσωσης στο Κολοράντο	Διαχείριση υλικών, που έληγαν και δεν μπορούσαν να τα παρακολουθήσουν	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID στις συσκευασίες των υλικών	Αυτοματοποίηση παρακολούθησης υλικών, μείωση ιατρικών αποβλήτων και ορθολογικότερη χρήση υλικών και διανομή
3	Northwestern Memorial Hospital Chicago (Lipton, 2015)	Νοσοκομείο	Τεράστιος όγκος υλικών που είχε να διαχειριστεί το νοσοκομείο, προμήθεια, μεταφορά	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID στα υλικά και στις συσκευασίες	Απαλλαγή γιατρών και προσωπικού από τον έλεγχο της προμήθειας των υλικών, αποτελεσματικότερη παρακολούθηση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε πραγματικό χρόνο, ελαχιστοποίηση απωλειών, μείωση κόστους για το νοσοκομείο καθώς και για τους πελάτες
4	Automated Identification and Movement Solution (Violino, 2014)	Διεύθυνση του Στρατού	Χειρωνακτική μέθοδος διαχείρισης εξοπλισμού (αλεξιπτωτα) και διάθεση προσωπικού	Τοποθετήθηκαν παθητικές ετικέτες RFID στις τσάντες των αλεξιπτωτων και αντιστοιχούσαν σε μοναδικό αριθμό ταυτότητας σε κάθε αλεξιπτωτο	Αυτοματισμός, παρακολούθηση προμήθειας, αποθήκευσης, διαχείρισης των αλεξιπτωτων και μείωση κόστους
5	Hy-Vee (Zaino, 2014)	Αλυσίδα Supermarket	Αλλοίωση προϊόντων	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID σε κάθε μεταφερόμενο φορτίο για τον έλεγχο θερμοκρασιών σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας	Αυτοματοποιημένος έλεγχος στις συνθήκες διακίνησης για τη διασφάλιση της ποιότητας των ευπαθών προϊόντων
6	Tenaris (Violino, 2014)	Προμηθευτής προϊόντων σωλήνων χάλυβα	Ασφάλειας, παραγωγικότητας, τροφοδοσία γραμμής παραγωγής	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID στις παλέτες και στις γραμμές παραγωγής	Αδιάλειπτη τροφοδοσία γραμμών παραγωγής, αποφυγή καθυστερήσεων και αύξηση παραγωγικότητας

Σχήμα 13α. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID

	Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID
7	Granada La Palma SCA (Violino, 2014)	Εταιρία παραγωγής τροφίμων (φρούτα, λαχανικά)	Υψηλό κόστος χρήσης barcode, έλλειψη εγκυρότητας, επιρρεπής σε ανθρώπινα λάθη στη διαχείριση αποθεμάτων και τον προγραμματισμό παραγωγής	Ετικέτες RFID τοποθετήθηκαν στις παλέτες για να παρακολουθούνται τα προϊόντα σε όλο το μήκος τις γραμμής παραγωγής	Μείωση κόστους, αύξηση αποδοτικότητας, αυτοματισμός και μείωση του λειτουργικού κόστους
8	Hanmi Pharmaceutical (Edwards, 2013)	Φαρμακο-βιομηχανία	Κατακερματισμένο και χαώδες δίκτυο διανομής	Ετικέτες RFID τοποθετήθηκαν σε όλη τη γραμμή παραγωγής και σε επίπεδο τεμαχίου	Αυτοματοποίηση στο picking και στην αποστολή εμπορευμάτων, καλύτερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις των πελατών της, πληροφορίες για τα αποθέματά της και των πελατών της
9	Parker Hannifin's O-Ring Division (Violino, 2013)	Κατασκευαστής συνθετικών ελαστικών φλαντζών	Πλαστά προϊόντα στην αγορά	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID εντός των προϊόντων - ελαστικών φλαντζών	Έλεγχος της αυθεντικότητας του προϊόντος στην αγορά, παρακολούθηση και συγχρονισμός
10	Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (Greengard, 2013)	Θυγατρική της αεροπορικής Lufthansa που είναι υπεύθυνη για την παροχή υπηρεσιών logistics και την παροχή υλικού για την εταιρία	Πρόβλημα στον έλεγχο και εντοπισμό των ημερομηνιών λήξεων των υλικών που διαχειρίζεται	Οι ετικέτες RFID τοποθετήθηκαν στις συσκευασίες των υλικών	Εξασφάλιση ελέγχου ημερομηνιών λήξης το οποίο έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση περιττών δαπανών και φιλικότητα προς το περιβάλλον
11	Purdue Pharma (EPC Technology, 2009)	Φαρμακο-βιομηχανία	Καταπολέμηση αντιγράφων των προϊόντων	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID σε κάθε συσκευασία προϊόντος	Έλεγχος διακίνησης, εξασφάλιση αυθεντικότητας των προϊόντων
12	ΟΛΘ ("Οργανισμός Λιμένας Θεσ/νίκης")	Οργανισμός Λιμένας Θεσσαλονίκης	Μεγάλος χρόνος στην εύρεση του εμπορευματοκιβωτίου για το οποίο δινόταν η εντολή μετακίνησης	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID στα container στο χώρο στοίβαξης, στους γερανούς μεταφόρτωσης και στα οχήματα μεταφοράς	Αυτοματοποίηση στην εύρεση της θέσης των container, ελαχιστοποίηση πιθανότητας σφάλματος, μείωση χρόνου συλλογής και απόθεσης, μείωση του κόστους διαχείρισης των container

Σχήμα 138. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID

	Περιπτώσεις	Οργανισμός	Πρόβλημα	RFID τεχνολογία	Αποτέλεσμα χρήσης της τεχνολογίας RFID
13	Delhaize Group ("Delhaize Group")	Λιανεμπόριο Τροφίμων	Διαχείριση αποθεμάτων, παρακολούθηση διακίνησης προϊόντων	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID σε επίπεδο τεμαχίου και συσκευασίας	Ορατότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, διαχείρισης αποθεμάτων, παρακολούθηση αγαθών
14	Assuta Medical Center ("Assuta Medical Center")	Ιατρικό κέντρο του Ισραήλ	Απογραφής και καταμέτρησης αποθεμάτων	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID σε επίπεδο τεμαχίου για τον έλεγχο εισαγωγής και εξόδου από την θέση αποθήκευσης από το ράφι	Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της διακίνησης του ιατρικού υλικού, ενημέρωση των προμηθευτών για τις ελλείψεις, τι έχει χρησιμοποιηθεί, ποιες προμήθειες έχουν λήξει, τι χρειάζεται τιμολόγηση, μείωση κόστους
15	Aston Martin ("Aston Martin")	Αυτοκινητοβιομηχανία	Θέσεις οχημάτων κατά την παραγωγή και στην προσωρινή απόθεση real time location	Τοποθετήθηκαν ετικέτες RFID της εταιρίας Ubisense στα παρμπρίζ των αυτοκινήτων	Αυτοματοποίηση της θέσης του κάθε αυτοκινήτου στον χώρο του εργοστασίου, ιστορικό διαδικασιών, αποκλίσεις από τις προδιαγραφές, αποφυγή καθυστερήσεων και άμεση πληροφόρηση σε πραγματικό χρόνο

Σχήμα 13γ. Μελέτες περιπτώσεων εφαρμογής τεχνολογίας RFID

8. Συμπεράσματα

Από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της συγγραφής της εργασίας αυτής και από την μελέτη των περιπτώσεων που παρατέθηκαν, προκύπτει ότι η χρήση ασύρματων δικτύων αισθητήρων τεχνολογίας RFID στο τομέα της εφοδιαστικής αλυσίδας επιτρέπει σε μέγιστο βαθμό την παρακολούθηση όλων των σταδίων της, από την προμήθεια πρώτων υλών, την επεξεργασία και παραγωγή, τη διακίνηση, έως και την παράδοση του προϊόντος στο τελικό σημείο διάθεσης.

Τα συστήματα RFID προσφέρουν έλεγχο και διαφάνεια στο σύνολο της εφοδιαστικής αλυσίδας, επιτυγχάνουν καλύτερους χρόνους διεκπεραίωσης παραγγελιών, καθιστώντας ταχύτερη τη συλλογή προϊόντων (picking) και βελτιώνουν τις προσφερόμενες υπηρεσίες σε πελάτες και προμηθευτές.

Με τη χρήση τους περιορίζεται στο ελάχιστο η εμφάνιση διαχειριστικών λαθών, διότι η διαδικασία είναι αυτοματοποιημένη και αποφεύγονται λάθη που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα. Επιτυγχάνεται εξοικονόμηση πόρων, λόγω της καλύτερης αξιοποίησης του αποθηκευτικού χώρου, του ανθρώπινου δυναμικού και της μείωσης των λειτουργικών εξόδων. Συμβάλλουν στην αύξηση της παραγωγικότητας, στην έγκαιρη και αξιόπιστη τροφοδοσία της γραμμής παραγωγής, στη μείωση των διατηρούμενων αποθεμάτων, στην just in time προμήθεια πρώτων υλών και στον εντοπισμό και την εξάλειψη πλεοναζόντων διεργασιών.

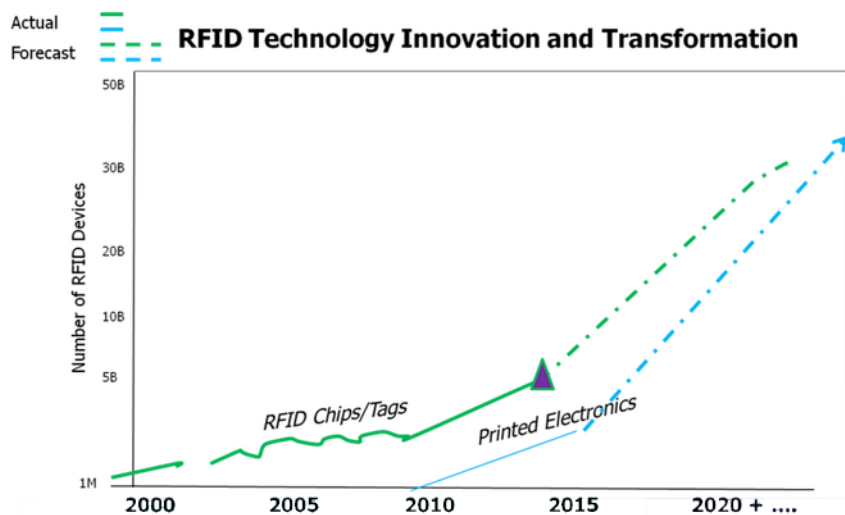
Η ακριβής ροή πληροφοριών προς τους πελάτες και τους προμηθευτές, παρέχει τις κατάλληλες γνώσεις για τις επιθυμίες και τις απαιτήσεις των καταναλωτών ανά είδος προϊόντος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να λαμβάνονται σημαντικές αποφάσεις από την διοίκηση της εφοδιαστικής αλυσίδας βάσει μιας ακριβέστερης πρόβλεψης της ζήτησης.

Η τεχνολογία αυτή όμως, απαιτεί σχετικά υψηλό κόστος επένδυσης, αλλαγές στα πληροφοριακά συστήματα ενδοεπιχειρησιακού σχεδιασμού (ERP) και εκπαίδευση προσωπικού.

Επίσης, δεν υπάρχει ομοιομορφία στα τεχνολογικά πρότυπα που χρησιμοποιεί κάθε κατασκευάστρια εταιρεία, (συχνότητες λειτουργίας), με αποτέλεσμα τη δυσκολία συνδυασμού τους και την προσαρμογή τους σε υπάρχοντα συστήματα και λογισμικό.

Μία ακόμη παράμετρος που πρέπει να αναφερθεί, είναι η μείωση των θέσεων εργασίας που πιθανόν θα προκύψει από την εφαρμογή των συστημάτων RFID σε έναν οργανισμό, ως αρνητική επίπτωση της αυτοματοποίησης διαδικασιών της εφοδιαστικής αλυσίδας.

9. Μελλοντική έρευνα



Σχήμα 14. Πρόβλεψη της εξέλιξης της τεχνολογίας RFID (Grackin, 2014)

Για την πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας RFID μελλοντικά είναι αναγκαία η μείωση του κόστους των συστημάτων αυτών όσον αφορά την προμήθεια του τεχνολογικού εξοπλισμού, και τον τομέα συμβατότητας με τα πληροφοριακά συστήματα που χρησιμοποιούν οι οργανισμοί.

Η δημιουργία συμβατών, ομοιογενών προτύπων λειτουργίας και επικοινωνίας των συστημάτων RFID, θα αποβεί προς όφελος μιας περαιτέρω ώθησης της εγκατάστασής τους από εταιρείες που είναι επιφυλακτικές ως προς την ενσωμάτωσή τους στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Επιπλέον, η ανάπτυξη cloud based δυνατοτήτων πάνω σε αυτά τα συστήματα, έχει μεγάλο πεδίο εφαρμογής με παράλληλη εξοικονόμηση πόρων.

Η τεχνολογική επανάσταση των τρισδιάστατων εκτυπώσεων, οδήγησε στη δημιουργία εκτυπώσεων κυκλωμάτων ημιαγωγών πάνω σε πλήθος υλικών, γεγονός που θα επιτρέψει την αλλαγή στη μορφή και το υλικό κατασκευής των ετικετών ανάλογα με τη χρήση τους.

Όσον αφορά στην παροχή ή και την καλύτερη επεξεργασία των πληροφοριών, μια αύξηση της χωρητικότητας της μνήμης των ετικετών θα οδηγήσει στη δημιουργία RFID smart tags με απεριόριστες δυνατότητες και συνεργασία με προηγμένες εφαρμογές στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Βιβλιογραφία

- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. *RFID Journal*, Retrieved May 11, 2016, from <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- Bröring, A., Echterhoff, J., Jirka, S., Simonis, I., Everding, T., Stasch, C., Liang, S., et al. (2011). New Generation Sensor Web Enablement. *Sensors*, 11(12), 2652–2699. MDPI AG. Retrieved April 10, 2016, from <http://dx.doi.org/10.3390/s110302652>
- Sensor node*. *Wikipedia*. Retrieved 4 May 2016, from https://en.wikipedia.org/wiki/Sensor_node
- Stavrou, S. (2005). *Wireless Sensor Networks pt 1: Introduction - Sensor Node Features*. *Webhosting.devshed.com*. Retrieved 25 April 2016, from <http://webhosting.devshed.com/c/a/Web-Hosting-Articles/Wireless-Sensor-Networks-pt-1-Introduction/1/>
- International Electrotechnical Commission, . (2014). *Internet of Things: Wireless Sensor Networks*. Retrieved from <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-internetofthings-LR-en.pdf>
- Wu, C., Ng, C., Wang, L., Ho, G., Ip, W., & Zhang, J. (2015). Design of a Wireless Sensor Network Monitoring System for Biological and Pharmaceutical Products. *International Journal Of Distributed Sensor Networks*, 2015, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/760242>
- Müller-Seitz, G., Dautzenberg, K., Creusen, U., & Stromereder, C. (2009). Customer acceptance of RFID technology: Evidence from the German electronic retail sector. *Journal Of Retailing And Consumer Services*, 16(1), 31-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jretconser.2008.08.002>
- Dobkin, D. (2008). *The RF in RFID*. Amsterdam: Elsevier / Newnes.
- Lee, I. & Lee, B. (2010). An investment evaluation of supply chain RFID technologies: A normative modeling approach. *International Journal Of Production Economics*, 125(2), 313-323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.02.006>
- Poole, I. *RFID coupling techniques - backscatter, capacitive, inductive*. *Radio-electronics.com*. Retrieved 10 May 2016, from <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/radio-frequency-identification-rfid/coupling-backscatter-inductive-capacitive.php>
- Want, R. (2004). The magic of RFID. *Queue*, 2(7), 40. <http://dx.doi.org/10.1145/1035594.1035619>
- ISO/IEC 18000-1:2008*. (2008). *iso.org*. Retrieved 24 April 2016, from http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=46145
- Σταματούδη, Α. (2008). *Τεχνολογία RFID και Έλεγχος Προσπέλασης με βάση το Πλαίσιο*. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής. Θεσσαλονίκη.
- Κανάκης, Δ. (2013). *Μελέτη τεχνολογίας RFID στο πλαίσιο της εφοδιαστικής αλυσίδας*. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων. Σάμος.

- Sikander, J. (2005). *RFID Enabled Retail Supply Chain*. *Msdn.microsoft.com*. Retrieved 22 April 2016, from <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms954628.aspx>
- How much does an RFID tag cost today?*.*Rfidjournal.com*. Retrieved 29 April 2016, from <http://www.rfidjournal.com/faq/show?85>
- How much do RFID readers cost today?*.*Rfidjournal.com*. Retrieved 29 April 2016, from <http://www.rfidjournal.com/faq/show?86>
- How much does a fully functional RFID system cost?*.*Rfidjournal.com*. Retrieved 29 April 2016, from <http://www.rfidjournal.com/faq/show?87>
- Delen, D., Hardgrave, B., & Sharda, R. (2009). RFID for Better Supply-Chain Management through Enhanced Information Visibility. *Production And Operations Management*, 16(5), 613-624. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1937-5956.2007.tb00284.x>
- Ngai, E., Cheng, T., Au, S., & Lai, K. (2007). Mobile commerce integrated with RFID technology in a container depot. *Decision Support Systems*, 43(1), 62-76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dss.2005.05.006>
- Gaukler, G. & Hausman, W. (2008). RFID in mixed-model automotive assembly operations: Process and quality cost savings. *IIE Transactions*, 40(11), 1083-1096. <http://dx.doi.org/10.1080/07408170802167654>
- Kim, C., Yang, K., & Kim, J. (2008). A strategy for third-party logistics systems: A case analysis using the blue ocean strategy. *Omega*, 36(4), 522-534. <http://dx.doi.org/10.1016/j.omega.2006.11.011>
- Wang, S., Wang, W., & Liu, S. (2009). The configuration of a multi-agent-based inventory replenishment simulation system for RFID-enabled TFT-LCD supply chain. *IJRFITA*, 2(3/4), 195. <http://dx.doi.org/10.1504/ijrfita.2009.025152>
- Angeles, R. (2007). RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementations Issues. *IEEE Engineering Management Review*, 35(2), 64-64. <http://dx.doi.org/10.1109/emr.2007.382639>
- Greengard, S. (2015). *Kuehne + Nagel Monitors Pharmaceuticals to Improve Customer Service*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 16 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=13231&r=%2Farticles%2Fview%3F13231>
- Violino, B. (2015). *RFID Saves an EMS With Inventory Challenges*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 20 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=13048&r=%2Farticles%2Fview%3F13048>
- Lipton, A. (2015). *Chicago Hospital Deployment Delivers a Healthy ROI*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 4 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=12728&r=%2Farticles%2Fview%3F12728>
- Violino, B. (2014). *U.S. Army Uses RFID to Track and Manage Parachutes*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 6 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=12046&r=%2Farticles%2Fview%3F12046>
- Zaino, J. (2014). *Hy-Vee Supermarkets Track Perishables to Ensure Freshness*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 2 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=11975&r=%2Farticles%2Fview%3F11975>

- Violino, B. (2014). *Italian Steel Pipe Manufacturer Tracks WIP Materials*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 15 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=11849&r=%2Farticles%2Fview%3F11849>
- Violino, B. (2014). *Agriculture Co-op Tracks Cherry Tomato Production*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 30 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=11468&r=%2Farticles%2Fview%3F11468>
- Edwards, J. (2013). *RFID Makes Order Out of Chaotic Distribution Chain*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 11 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=10827&r=%2Farticles%2Fview%3F10827>
- Violino, B. (2013). *Parker Hannifin Embeds RFID Tags in O-Rings*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 20 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=10750&r=%2Farticles%2Fview%3F10750>
- Greengard, S. (2013). *Lufthansa Technik Automates Supply Management*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 19 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=10650&r=%2Farticles%2Fview%3F10650>
- EPC Technology, E. (2009). *Purdue Pharma Uses RFID to Combat Counterfeiting*. *Rfidjournal.com*. Retrieved 21 April 2016, from <https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=4889&r=%2Farticles%2Fview%3F4889>
- Οργανισμός Λιμένος Θεσ/νίκης. *Rfidportal.gr*. Retrieved 3 May 2016, from <http://www.rfidportal.gr/Μελέτες-Περίπτωσης/Κλάδος-των-logistics-Μεταφορών/Οργανισμός-Λιμένος-Θεσνίκης/>
- Delhaize Group*. *Rfidportal.gr*. Retrieved 28 April 2016, from <http://www.rfidportal.gr/Μελέτες-Περίπτωσης/Κλάδος-Τροφίμων/delhaize-group/>
- Assuta Medical Center*. *Rfidportal.gr*. Retrieved 28 April 2016, from <http://www.rfidportal.gr/Μελέτες-Περίπτωσης/Κλάδος-Υγείας/assuta-medical-center/>
- Aston Martin*. *Rfidportal.gr*. Retrieved 28 April 2016, from <http://www.rfidportal.gr/Μελέτες-Περίπτωσης/Αυτοκινητοβιομηχανία/aston-martin/>
- Grackin, A. (2014). *ChainLinkResearch : Research :The Future of RFID*. *Clresearch.com*. Retrieved 3 April 2016, from <http://www.clresearch.com/research/detail.cfm?guid=B28189C8-3048-79ED-9940-3594856D6F93>