

ΕΛΕΓΧΟΣ



58

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΙΚΗΣ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ (Radio Frequency Identification).
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ RFID ΣΤΗΝ ΕΦΟΔΙΑΣΤΙΚΗ
ΑΛΥΣΙΔΑ**

Η εργασία υποβάλλεται για την μερική κάλυψη των απαιτήσεων με στόχο την απόκτηση του διπλώματος

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
"ΟΡΓΑΝΩΣΗ & ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ LOGISTICS (ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΑΝΟΜΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ) "**

από
**ΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ ΚΑΙ ΤΟ ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΒΑΣΙΛΗΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2007

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ	
ΑΡ. ΕΙΣ	54708 + CD
COMP	36629
ΤΑΞΗ	658.7/87 ΠΑΠ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ	



00154708

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εδώ και δεκαετίες η χρήση τεχνολογικών λύσεων έχει βοηθήσει τις εταιρείες που κινούνται στον χώρο των logistics, και όχι μόνο, να βελτιώσουν το επίπεδο των υπηρεσιών που προσφέρουν στους πελάτες τους, λειτουργώντας ταχύτερα, αποδοτικότερα, και με μεγαλύτερη αξιόπιστα. Η δυνατότητα αναγνώρισης αντικειμένων με ασύρματες ή οπτικές μεθόδους, αποτελούσε ανέκαθεν μια μεγάλη πρόκληση για τη σύγχρονη τεχνολογία. Οποιοσδήποτε χώρος όπου παράγονται κάθε είδους προϊόντα, ή όπου διακινούνται αντικείμενα σε μεγάλες ποσότητες, χρειάζεται ένα αξιόπιστο σύστημα ελέγχου, χωρίς χρονοβόρες διαδικασίες.

Μια από τις τελευταίες εξελίξεις και απάντηση στην πιο πάνω πρόκληση, αποτελεί η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification).

Το RFID αποτελεί μια μέθοδο άμεσης παρακολούθησης των ανθρώπων ή αντικειμένων με την ανάγνωση των δεδομένων που αποθηκεύονται σε συσκευές που λέγονται RFID tag (RFID ετικέτες). Τα tag αποτελούνται από ένα Chip και μια Antenna (κεραία) η οποία λαμβάνει και στέλνει πίσω τα ραδιοκύματα που αρχικά έχει στείλει ένας ειδικός RFID reader (RFID αναγνώστης).

Στα πλαίσια εφαρμογής ενός συστήματος RFID στις επιχειρηματικές διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας μια επιχείρησης, σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εισαγωγή στην ανάλυση της τεχνολογίας RFID και στην παρουσίαση των θεμελιωδών παραμέτρων και εξοπλισμού ενός ολοκληρωμένου συστήματος RFID, μέσω της παρουσίασης πετυχημένων εφαρμογών από διάφορους επιχειρηματικούς κλάδους.

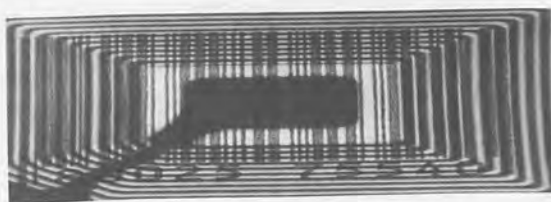
Λέξεις Κλειδιά: τεχνολογίες αυτόματης αναγνώρισης, τεχνολογία RFID, RFID tag, RFID reader, middleware, εφαρμογές RFID, Ηλεκτρονικός Κωδικός Προϊόντος (EPC).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	I
Ευρετήριο Εικόνων	III
Ευρετήριο Εικόνων	IV
Ευρετήριο Πινάκων	IV
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID	1
1.1 Εισαγωγικό Σημείωμα - Ιστορική αναδρομή RFID	1
1.1.1 Σκοπός – Δομή της εργασίας	2
1.2. Ορισμός και συστατικά μέρη του RFID	4
1.3. Αρχιτεκτονική διευρυμένου συστήματος RFID	5
1.4. Η λειτουργία ενός συστήματος RFID	6
2. RFID TAGS	7
2.1 Tag Chip	8
2.1.1 Κωδικός Αναγνώρισης - Identifier Format	10
2.1.2 Πηγή Ενέργειας - Power Source	11
2.1.2.1 Παθητικά RFID Tag	12
2.1.2.2 Ενεργητικά RFID Tag	14
2.1.2.3 Ημι-παθητικά RFID Tag	14
2.1.2.4 Ημι-ενεργητικά RFID Tag	15
2.1.2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Tag	15
2.1.3 Συχνότητες Λειτουργίας - Operating frequencies	18
2.1.4 Λειτουργικότητα - Functionality	21
2.2 Η κεραία του Tag	23
3. RFID READERS (Interrogators)	28
3.1 Δομή του Reader	29
3.1.1 Ανατομία του RFID Reader	29
3.1.2 Λειτουργίες του RFID Reader	31
3.1.2.1 Λήψη Σήματος - Receiving	31
3.1.2.2 Αποστολή Σήματος - Transmitting	32
3.1.2.3 Μέθοδοι Επικοινωνίας	32
3.1.2.4 Read και Write Range	32
3.1.2.5 Εντολές Reader	33
3.1.2.6 Κύκλος Λειτουργίας και Ενέργειας	33
3.1.2.7 Διεπαφή Υποσυστήματος - Enterprise subsystem interface	34
3.1.3 Είδη RFID Reader	35
3.2 Η κεραία του Reader	38
3.2.1 Σχεδιασμός Κεραίας Antenna Design	39
3.2.2 Πολικότητα Κεραίας - Antenna polarity	39
3.2.3 Υπολογισμοί τομέων λειτουργίας κεραίας	40
3.2.3.1 Κέρδος και απώλειες κεραίας - Antenna Gain and Loss	40
3.2.3.2 Αποδοτική Ενέργεια Εκπεμπόμενου Σήματος - Effective Radiated Power (ERP)	41
3.2.3.3 Αποδοτική Ενέργεια Εκπεμπόμενου Σήματος Ισοτροπικής κεραίας - Effective Isotropically Radiated Power (EIRP)	41
3.2.3.4 Εύρος Ραδιοκύματος - Beam Width	41
3.2.3.5 Σχέδιο Ακτινοβολίας - Radiation Pattern	41
3.2.3.6 Απώλεια ελεύθερου χώρου - Free Space Loss	42
3.2.3.7 Πυκνότητα Πεδίου - Field Density	42

3.3	Παράμετροι Υλοποίησης Εγκατάστασης RFID Reader & Antenna	44
3.3.1	Εγκατάσταση RFID Reader	44
3.3.1.1	Ασφάλεια Εξοπλισμού	44
3.3.1.2	Κανονική λειτουργία - Proper Functionality	44
3.3.1.3	Ασφάλεια Προσωπικού	44
3.3.1.4	Συνθήκες Περιβάλλοντος	45
3.3.2	Εγκατάσταση RFID Antenna	45
3.3.2.1	RFID Πύλη	45
3.3.2.2	RFID Τούνελ	47
3.3.2.3	Ατέλειες στην κάλυψη μιας κεραίας	47
3.3.3	Παράμετροι πεδίου λειτουργίας Reader	48
4.	MIDDLEWARE	50
4.1	Γενικά	50
4.2	RFID Middleware	52
4.2.1	Οι συνιστώσες του RFID Middleware	52
4.2.2	Η θέση του middleware στην αρχιτεκτονική ενός πληροφοριακού συστήματος	55
4.2.3	Χαρακτηριστικά ανάπτυξης	55
4.2.4	Τύποι του RFID Middleware	56
4.2.4.1	Software	56
4.2.4.2	Hardware	56
4.2.5	Η υποστήριξη από ERP συστήματα απειλεί το RFID Middleware	58
4.2.6	Πρότυπα και EPC	59
4.2.7	Savant και EPCglobal	60
4.2.8	RFID Middleware και τάσεις της αγοράς	60
5.	ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ RFID	62
5.1.	Τεχνολογική Προσέγγιση	62
5.1.1	Έναρξη επικοινωνίας	62
5.1.2	Μονοσήμαντη ταυτοποίηση / απομόνωση ("Singulation")	63
5.1.3	Απόσταση διάδοσης σήματος	64
5.2	Πρωτόκολλο επικοινωνίας - Communication Protocol	65
5.2.1	Προτυποποίηση	65
5.2.2	Ηλεκτρονικός Κωδικός Προϊόντος (EPC)	66
5.2.3	Οι διαδικασίες προτυποποίησης RFID της EPCglobal	67
6	BARCODE ΚΑΙ RFID	71
6.1	Barcode	71
6.1.1	Ιστορική αναδρομή	71
6.1.2	Ορισμός	71
6.1.3	Λειτουργία	71
6.1.4	Υπάρχοντα Συστήματα	71
6.2	Σύγκριση Τεχνολογίας Barcode και RFID	72
6.3	Τάσεις της τεχνολογίας RFID	74
6.3.1	Έξυπνες ετικέτες - Smart label	74
6.3.2	RuBee	76
7	ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ RFID	79
7.1	Εφοδιαστική Αλυσίδα και RFID	79
7.2	Εφαρμογές RFID	81
8.	ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID	82
8.1	Εφαρμογές σε κέντρα Αποθήκευσης	82
8.1.1	Η περίπτωση της METRO Group	85

8.1.2 Η περίπτωση της Beaver Street Fisheries	88
8.1.3 Η περίπτωση της UNILEVER	90
8.1.4 Η περίπτωση της Chevrolet Creative Services	90
8.1.5 Η περίπτωση της Steel services company Ryerson Inc.	92
8.1.6 Η περίπτωση της TNT Logistics N.A.	94
8.2 Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων	96
8.2.1 Η περίπτωση της INAL Ltda.	97
8.2.2 Η περίπτωση του NLIS της Αυστραλίας	100
8.2.3 Η περίπτωση εφαρμογής RFID σε αγροτικά προϊόντα	103
8.2.4 Η περίπτωση της επαρχίας Gyeongsangbuk-Do	110
8.3 Εφαρμογές στον κλάδο Υγείας	112
8.3.1. Η περίπτωση Νοσοκομείου του πολεμικού ναυτικού των USA στο Iraq	116
8.3.2 Η περίπτωση του Νοσοκομειακού Ιδρύματος Bon Secours, Richmond, USA	117
8.3.3. Η περίπτωση της Pfizer Inc	118
8.3.4 Η περίπτωση της GlaxoSmithKline	119
8.3.5. Η περίπτωση του Νοσοκομείου San Raffaele, Milan, Italy	120
8.4 Εφαρμογές στο κλάδο του αθλητισμού	122
8.4.1 Η περίπτωση του FIFA World Cup, Germany 2006	123
8.4.2 Η περίπτωση του Australian Ironman Marathon, Melbourne, Australia ..	125
9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	127
10. ΑΝΑΦΟΡΕΣ	132
11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	138
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'	145
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β'	154



Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική διευρυμένου συστήματος RFID.....	5
Εικόνα 2 Στοιχειώδες RF υποσύστημα	8
Εικόνα 3 Διάγραμμα Δομής του RFID chip	9
Εικόνα 4 Σχέδια κεραίων.....	26
Εικόνα 5 Κεραίες σε διάταξη tag.....	27
Εικόνα 6 Διαστάσεις των tag κεραίων	27
Εικόνα 7 Τυπική μορφή ενός Reader	29
Εικόνα 8 Απεικόνιση συνιστωσών του reader.....	30
Εικόνα 9 Η κεραία του reader και μια σειρά κεραίων με τα πεδία εμβέλειάς τους... 38	
Εικόνα 10 Γραφική απεικόνιση του κέρδους της κεραίας	40
Εικόνα 11 Μετρήσεις για την πυκνότητα πεδίου.....	43
Εικόνα 12 Πύλη κεραίας RFID	46
Εικόνα 13 Πύλη κεραίας RFID σε πόρτα αποβάθρας.....	46
Εικόνα 14 Οι συνιστώσες του RFID middleware	53
Εικόνα 15 Δίκτυο συστήματος προτύπων EPC	68
Εικόνα 16 Smart Label	75
Εικόνα 17 Εκτυπωτής smart RFID labels.....	75
Εικόνα 18 Διαδικασία επεξεργασίας/αποθήκευση/μεταφοράς σιταριού	104
Εικόνα 19 Δεδομένα που καταγράφονται στα RFID chip κατά τα 4 πρώτα στάδια επεξεργασίας του σιταριού.	106
Εικόνα 20 Διαστάσεις τυπικού RFID chip για γεωργικά προϊόντα.....	107
Εικόνα 21 RFID Grain Tracking Reader/Writer.....	107
Εικόνα 22 Διανομέας RFID chip μέσα στους κόκκους σιταριού	108
Εικόνα 23 Απομάκρυνση RFID chip από τους κόκκους σιταριού	109
Εικόνα 24 Διαδικασίες μετάγγισης και χρήσης του αίματος με τεχνολογία RFID... 120	
Εικόνα 25 Πρότυπα RFID κατά ISO για μονάδες Logistics	128
Εικόνα 26 Διαδικασία υλοποίησης εφαρμογής RFID	129

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ετικετών βάσει της ενέργειας λειτουργίας τους.....	16
Πίνακας 2 Διαφορές παθητικών - ενεργητικών tag	17
Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας συχνοτήτων	19
Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά απόδοσης συχνοτήτων	20
Πίνακας 5 Επίδραση των υλικών στη μετάδοση των ραδιοκυμάτων	20
Πίνακας 6 Τεχνικές προδιαγραφές RFID reader.....	37
Πίνακας 7 Οι 4 τύποι EPC βάσει χωρητικότητας δεδομένων	67
Πίνακας 8 Διαχωρισμός των RFID tag σε τάξεις	67
Πίνακας 9 Πολυεπιπεδική παράθεση (cascading) και σήμανση ISO	69
Πίνακας 10 ISO και EPCglobal πρότυπα	70
Πίνακας 11 Σύγκριση RFID με Barcode.....	73
Πίνακας 12 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα RFID στην Εφοδιαστική αλυσίδα.... 80	

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

1.1 Εισαγωγικό Σημείωμα - Ιστορική αναδρομή RFID



Ο όρος RFID (Radio Frequency Identification) ακούγεται ολοένα συχνότερα τα τελευταία χρόνια, γι' αυτό το λόγο οι περισσότεροι πιστεύουν ότι πρόκειται για μια νέα τεχνολογία. Στην πραγματικότητα η τεχνολογία RFID αναπτύχθηκε το Β' Παγκόσμιο πόλεμο και τα συστήματα RFID χαμηλής συχνότητας υπάρχουν από τη δεκαετία του '70. Η συγκεκριμένη τεχνολογία δεν εξαπλώθηκε όλα αυτά τα χρόνια εξαιτίας του υψηλού κόστους κατασκευής των μικροεπεξεργαστών και των αναγνώστων και της έλλειψης κοινών προτύπων που θα επέτρεπαν σε κάθε αναγνώστη RFID να αναγνωρίζει κάθε μικροεπεξεργαστή.

Στην αγορά, η τεχνολογία RFID, εμφανίστηκε τη δεκαετία του '80 και κατατάσσεται στις τεχνολογίες της αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής στοιχείων AIDC (Automatic Identification and Data Capture technology). [3]

Οι τεχνολογίες AIDC είναι:

- Radio Frequency Identification (RFID),
- Datacom (Radio Frequency Data Communications - RFDC)
- Bar code
- Direct Part Marking
- Card Technologies (Μαγνητική λωρίδα - Magnetic stripe, Έξυπνες κάρτες - smart card, Οπτική κάρτα - optical card),
- Electronic Article Surveillance (EAS)
- Real-Time Locating Systems (RTLS)
- Άλλες:
 - ο Βιομετρική αναγνώριση (Δακτυλικό αποτύπωμα - Fingerprint, Γεωμετρία παλάμης - Hand Geometry, Αναγνώστης ίριδος και αμφιβληστροειδούς ματιού - Retinal Scan, Αποτύπωμα φωνής - Voice Patterns)
 - ο Μνήμη Επαφής - Contact Memory,
 - ο Αναγνώριση Φωνής - Voice Recognition
 - ο Αναγνώριση χαρακτήρων με μαγνητικό μελάνι - Magnetic Ink Character Recognition (MICR),
 - ο Εικονική Αναγνώριση Σημαδιών - Optical Mark Recognition (OMR),
 - ο Εικονική Αναγνώριση Χαρακτήρων - Optical Character Recognitions (OCR),
 - ο Όραση μηχανής - Machine Vision

Σήμερα η πανεπιστημιακή και ερευνητική κοινότητα μιλάει για μια τεχνολογία που θα φέρει μακροχρόνιες αλλαγές όχι μόνο στο χώρο της οικονομίας και των επιχειρήσεων, αλλά και στην κοινωνία. Μια σχετική αναφορά του ITU (International Telecommunication Union) μιλάει για το «Δίκτυο των πραγμάτων» ("The internet of thing"), φανερώνοντας τον αντίκτυπο που θα επιφέρει η εξέλιξη της τεχνολογίας RFID.

Το «Δίκτυο των πραγμάτων», άρχισε να εμφανίζεται στο προσκήνιο καθώς από το 2000 περίπου, υλοποιήθηκαν οι πρώτες ουσιαστικές πιλοτικές εφαρμογές από τους πρώτους που εντόπισαν τα πλεονεκτήματα που θα μπορούσε να επιφέρει η τεχνολογία στις δραστηριότητές τους. Καθώς 'δυνατές' εταιρείες που καθορίζουν τις

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

εξελίξεις, εναρμόνισαν συστήματα RFID στις διαδικασίες τους, έδωσαν την κινητήρια δύναμη σε προμηθευτές και ανταγωνιστές να στραφούν στις νέες εφαρμογές της τεχνολογίας, συμπληρώνοντας με αυτό τον τρόπο το νέο δίκτυο. Αποτέλεσμα της εξέλιξης αυτής ήταν η δημιουργία μια νέας αγοράς και η ανάγκη για απόκτηση της απαραίτητης γνώσης από τα στελέχη.

1.1.1 Σκοπός – Δομή της εργασίας.

Οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία και τις εφαρμογές της, αποτελεί ένα μεγάλο ρίσκο και μια αρκετά υψηλή επένδυση για τις επιχειρήσεις, κάνοντας ακόμα πιο απαιτητική την ανάγκη για την οριοθέτηση προδιαγραφών και προτύπων για μια επιτυχημένη εφαρμογή.

Προκειμένου να προσδιοριστεί η δυνατότητα υιοθέτησης της τεχνολογίας RFID στις διαδικασίες logistics και γενικότερα στην εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain) μιας επιχείρησης, η παρούσα μελέτη αναλύει το τεχνολογικό υπόβαθρο, τις προδιαγραφές και τα διεθνή πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Σκοπός της εργασίας, είναι να αναλυθούν όλες οι παράμετροι και οι περιορισμοί της τεχνολογίας RFID που απαιτούνται προκειμένου να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί με επιτυχία μια εφαρμογή RFID. Επιπλέον, η αναφορά σε πετυχημένες περιπτώσεις, όπως αυτές παρουσιάζονται στο δεύτερο σκέλος της μελέτης, ολοκληρώνουν την εικόνα για την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας RFID και τις προοπτικές της.

Η παρούσα μελέτη στηρίζεται σε εμπειριστατωμένη έρευνα της διεθνούς βιβλιογραφίας σε πάνω από 3000 ηλεκτρονικά άρθρα και χωρίζεται σε δυο βασικά μέρη. Στο πρώτο μέρος, γίνεται αναφορά στην τεχνολογία και τις παραμέτρους της, ενώ στο δεύτερο αναπτύσσονται επιχειρηματικές εφαρμογές της τεχνολογίας RFID σε διάφορους κλάδους.

Στο πρώτο μέρος, αναπτύσσονται οι ορισμοί ενός στοιχειώδους συστήματος RFID στα συστατικά του μέρη και τις παραμέτρους που επηρεάζουν τη λειτουργία του (§ 1.2). Στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται η δομή της τεχνολογίας, τα είδη και οι κατηγορίες για το πιο σημαντικό εξάρτημα του συστήματος RFID, το RFID tag. Στη συνέχεια, στο κεφάλαιο 3, περιγράφεται και μελετάται η δομή και ο τρόπος λειτουργίας των RFID reader. Στο ίδιο κεφάλαιο αναλύεται και η κεραία του συστήματος που λαμβάνει τα ραδιοκύματα (Radio Frequency, RF). Έπειτα προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα στο κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται οι βασικές αρχές και τα διάφορα είδη του middleware, ένα ειδικευμένο λειτουργικό που επιτρέπει στους χρήστες να λάβουν, να επικοινωνήσουν και να επεξεργαστούν ένα RFID tag, ενώ ταυτόχρονα είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ της εφαρμογής και του υπόλοιπου πληροφοριακού συστήματος μιας εταιρείας.

Προκειμένου να τεθεί σε λειτουργία ένα σύστημα RFID, χρειάζεται τη λειτουργία των πιο πάνω βασικών εξαρτημάτων. Ωστόσο, η εφαρμογή δεν θα μπορούσε να αποδώσει στο απαιτητικό επιχειρηματικό περιβάλλον αν δεν είχε κάποια πρωτόκολλα επικοινωνίας και ελέγχου. Έτσι, το κεφάλαιο 5 αφιερώνεται στην ανάπτυξη του τρόπου με τον οποίο επικοινωνούν τα συστατικά μέρη του συστήματος RFID, τόσο μεταξύ τους (§ 5.1) όσο και με τα υπόλοιπα συστήματα, μέσω των προτύπων που έχουν αναπτυχθεί από διεθνείς οργανισμούς (§ 5.2).

Τέλος, στο κεφάλαιο 6, συγκρίνεται, η κυρίαρχη μέχρι στιγμής τεχνολογία του Barcode με αυτή του RFID. Γίνεται ανασκόπηση εν συντομία στην τεχνολογία του Barcode και συγκρίνεται με αυτή της τεχνολογίας RFID. Τέλος, το κεφάλαιο

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

ολοκληρώνεται με αναφορά στις μελλοντικές τεχνολογικές τάσεις στον τομέα του RFID (§ 6.3).

Στο δεύτερο μέρος, παρουσιάζεται ένα σύνολο από διαφορετικές περιπτώσεις εφαρμογής και υλοποίησης συστημάτων RFID στις επιχειρηματικές διαδικασίες των εταιρειών. Τα κέντρα διανομής και οι αποθήκες μιας εταιρείας αναπτύσσουν συστήματα RFID, για να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους και για να μειώσουν τα λάθη στις διαδικασίες (§ 8.1). Από την άλλη, η βιομηχανία των τροφίμων χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID σε ευρεία κλίμακα προκειμένου να εξασφαλίσει την επιθυμητή ποιότητα και ιχνηλασιμότητα, στα γεωργικά και ζωικά προϊόντα της (§ 8.2).

Τα νοσοκομειακά ιδρύματα επενδύουν τα τελευταία χρόνια στην τεχνολογία RFID προσδοκώντας να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα στην ασφάλεια των διαδικασιών. (§ 8.3). Επίσης η βιομηχανία των φαρμάκων και προσωπικής υγιεινής αναζητούν στην τεχνολογία RFID την εξασφάλιση της γνησιότητας των προϊόντων τους (§ 8.3). Ενδιαφέρουσες εφαρμογές της τεχνολογίας RFID συναντάμε και στον χώρο του αθλητισμού, όπου και αποτελεί ένα ακόμα παράδειγμα της προσαρμοστικότητας της τεχνολογίας σε μια μεγάλη ποικιλία περιπτώσεων. Η παρακολούθηση και η ασφάλεια του κόσμου, σε μεγάλα αθλητικά γεγονότα είναι μια από τις εφαρμογές που απασχόλησαν την παρούσα μελέτη, καθώς και η παρακολούθηση των αθλητών σε αγωνίσματα ανοιχτού χώρου (§ 8.4).

Η μελέτη κλείνει με μερικά συμπεράσματα για την τεχνολογία RFID και την εφαρμογή της στην supply chain των εταιρειών (§ 9) καθώς και με την παρουσίαση των σημαντικότερων διεθνών προμηθευτών και εταιριών που δραστηριοποιούνται με την ανάπτυξη και έρευνα της τεχνολογίας RFID είτε ως κατασκευαστές είτε ως προμηθευτές (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α'). Τέλος, αναφέρονται μερικά χρήσιμα links στο web για περαιτέρω ενημέρωση σε θέματα RFID (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β').

Κλείνοντας, όπως αναφέρθηκε, στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε έρευνα σε πάνω από 3500 website links και μελετήθηκαν σχεδόν 3000 ηλεκτρονικά άρθρα παρέχοντας μια πλήρη και εμπειριστωμένη εικόνα για την τεχνολογία RFID. Επίσης, στη μελέτη γίνεται αυτολεξεί χρήση διεθνώς αναγνωρισμένων όρων της τεχνολογίας και της πληροφορικής, για την καλύτερη και πληρέστερη ερμηνεία των παραμέτρων και λειτουργιών της τεχνολογίας RFID.

1.2. Ορισμός και συστατικά μέρη του RFID



Ο ορισμός που δίνει η Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων (Ε.Ε.Τ.Τ.) για την ραδιοσυχνική αναγνώριση είναι [91]:

«*Ραδιοσυχνική αναγνώριση*» (*Radio Frequency Identification*): Εφαρμογή που χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό και την ταυτοποίηση αντικειμένων με χρήση ραδιοκυμάτων, αποτελούμενη από παθητικές συσκευές (ετικέτες, tags) που είναι τοποθετημένες στα εν λόγω αντικείμενα και πομποδέκτες (αναγνώστες, readers) που ενεργοποιούν τις ετικέτες και λαμβάνουν τα δεδομένα που περιέχουν αυτές.

Η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification) ή ραδιοσυχνικής αναγνώρισης αποτελεί μια σύγχρονη μέθοδο ηλεκτρονικής ταυτοποίησης αντικειμένων (προϊόντων) και σε ορισμένες περιπτώσεις και ανθρώπων. Βασίζεται στη χρήση ραδιοκυμάτων και το βασικό σύστημα (RFID basic operation) όπου απαιτείται για την εφαρμογή της μεθόδου αυτής είναι [82],[80]:

1. Μία ηλεκτρονική συσκευή που καλείται ετικέτα ασύρματης ανίχνευσης (RFID tag). Το RFID tag αποτελείται από μία κεραία (antenna), ένα chip από θραύσμα πυριτίου (silicon chip) και το υπόστρωμα ή συμπλκνωμα ύλης (substrate ή encapsulation material), ενώ η μετάδοση των δεδομένων γίνεται μέσω ενός ασύρματου δικτύου. Η ενσωμάτωση του chip και της κεραίας μπορεί να γίνει σε διάφορα υλικά (π.χ. πλαστικό) και εξαρτάται από τη χρήση του. Το ολοκληρωμένο RFID tag τοποθετείται (ενσωματώνεται είτε επισυνάπτεται) στα αντικείμενα που επιθυμούμε να έχουμε τα ίχνη τους. Στην βιβλιογραφία το RFID tag συναντάτε ως αναμεταδότης (transponder), smart tag, smart label ή radio barcode. [87]
2. Ένας (σταθερός ή φορητός) αναγνώστης ή προγραμματιστής των ραδιοκυμάτων (RFID reader ή interrogator ή scanner), που ενεργοποιεί την κεραία ενός RFID tag που βρίσκεται στο εύρος λειτουργίας του. Δεν απαιτείται οπτική επαφή με το RFID tag και το εύρος λειτουργίας τους καθορίζεται από την ισχύ του και την συχνότητα λειτουργίας του. Χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την ικανότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων και την συχνότητα λειτουργίας τους.
3. Δύο ή περισσότερες κεραίες (access points)
4. Ένας ή περισσότεροι εκτυπωτές (label printers/tag encoders)
5. Ένας υπολογιστής ή ένα ολοκληρωμένο υπολογιστικό σύστημα αποτελούμενο από τον κατάλληλο εξοπλισμό και το κατάλληλο λογισμικό

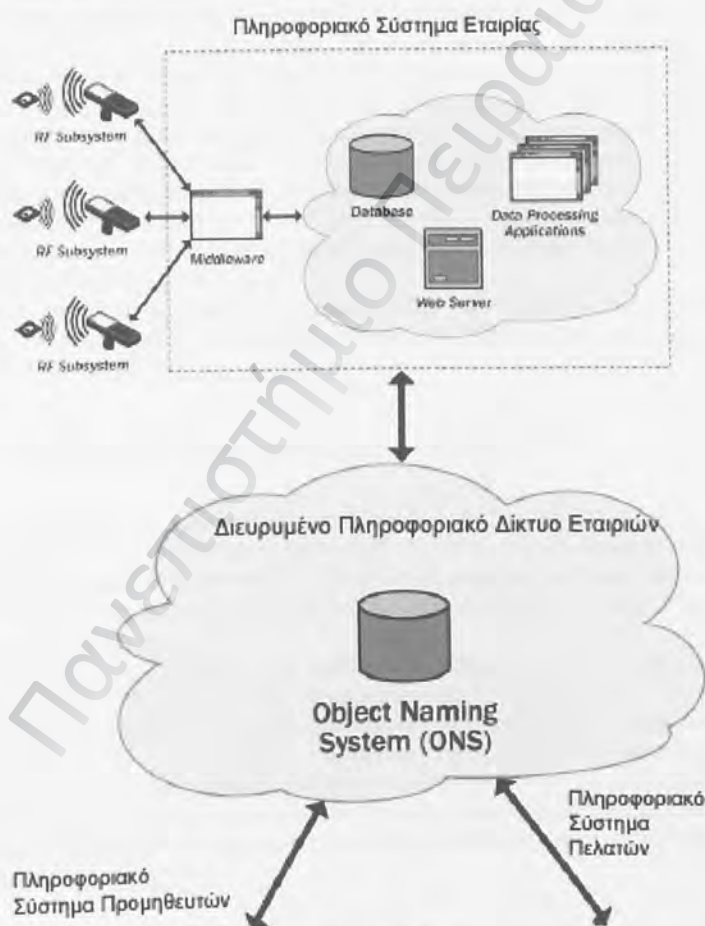
RFID Basic Operation



1.3. Αρχιτεκτονική διευρυμένου συστήματος RFID

Στην προηγούμενη ενότητα αναφερθήκαν τα συστατικά μέρη του βασικού συστήματος RFID. Αυτό με την σειρά του μέσω του middleware ενώνεται με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα της εταιρίας προκειμένου να είναι εφικτή η μεταφορά και η επεξεργασία των δεδομένων που συλλέγονται από τα RFID tag.

Το εσωτερικό σύστημα της εταιρίας μπορεί να αποτελείται από ένα εσωτερικό ERP και κάποιο λειτουργικό διαχείρισης της αποθήκης (WMS), ανάλογα με την εκάστοτε εταιρεία. Σύμφωνα, ωστόσο, με την διεθνή βιβλιογραφία για τα RFID συστήματα, ένα εσωτερικό πληροφοριακό σύστημα θα πρέπει να παρέχει μια βάση δεδομένων (database), την δυνατότητα επεξεργασίας αυτών (Data Processing Application), και την διασύνδεση με εξωτερικά δίκτυα (web Server).



Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική διευρυμένου συστήματος RFID

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

Οι πληροφορίες που συλλέγονται από τα RFID tag δεν είναι μόνο χρήσιμες για την εταιρία αλλά και για τα υπόλοιπα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι δημιουργείται μια ακόμα πιο ευρεία εικόνα του συστήματος RFID.

Σε αυτό το πιο ευρύ δίκτυο θα πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας και μεταφοράς των δεδομένων μεταξύ των διαφόρων εταιριών.

Προκειμένου να είναι εφικτή αυτή η επικοινωνία μεταξύ των διαφόρων εσωτερικών πληροφοριακών συστημάτων δημιουργείται ένα διευρυμένο δίκτυο, το οποίο προϋποθέτει την ύπαρξη ενός λειτουργικού που να διαχειρίζεται και να ενώνει τα επιμέρους συστήματα.

Έτσι λοιπόν, όταν μια εφοδιαστική αλυσίδα είναι σε εξέλιξη, οι πληροφορίες που ακολουθούν τα RFID tag βρίσκονται τοποθετημένες στα διάφορα εσωτερικά πληροφοριακά συστήματα των προμηθευτών. Επομένως, όταν κάποιος θα χρειαστεί να αναζητήσει αυτήν την πληροφορία θα πρέπει να είναι σε θέση να έχει πρόσβαση στο αντίστοιχο πληροφοριακό σύστημα του εκάστοτε προμηθευτή. Για να είναι εφικτό αυτό χρειάζεται η μεσολάβηση ενός λειτουργικού που να ενώνει τα διάφορα συστήματα σε ένα πιο διευρυμένο. Την λύση σε αυτό το πρόβλημα έδωσε ο EPCglobal δημιουργώντας το Object Naming Service (ONS), το οποίο αποτελεί ένα καθολικό λειτουργικό καταμερισμού των βάσεων δεδομένων αναγνώρισης των EPC tag μεταξύ των διαφορών πληροφοριακών συστημάτων. Χρησιμοποιώντας τους EPC των tag (βλέπε § 5.2.2) το ONS παρέχει στον χρήστη την διεύθυνση στην οποία είναι τοποθετημένη η πληροφορία που αναζητά. Έτσι κάνει εφικτή την δημιουργία, μιας παγκόσμιας βάσης δεδομένων για τα RFID tag, και ενός διευρυμένου πληροφοριακού δικτύου μέσα στο οποίο η πληροφορία μπορεί να μεταφερθεί άμεσα προς κάθε ενδιαφερόμενο. [41] [ΕΙΚΟΝΑ 1]

Στην παρούσα εργασία θα περιοριστούμε στην μελέτη και ανάπτυξη των συστατικών μερών μόνο του βασικού συστήματος RFID όπως αυτό παρουσιάστηκε στην ενότητα 1.2 (§ 1.2)

1.4. Η λειτουργία ενός συστήματος RFID

Η διαδικασία ταυτοποίησης των μονάδων προς ανίχνευση έχει ως εξής:

Η μονάδα / το αντικείμενο που φέρει το RFID tag εισέρχεται στην περιοχή εμβέλειας του εκάστοτε reader (Για μεγαλύτερη ακρίβεια θα μπορούσαμε να πούμε ότι εισέρχεται στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που δημιουργεί ο reader εκπέμποντας ηλεκτρομαγνητικά κύματα).

Η κεραία ενεργοποιείται και αποστέλλει μέσω του ασύρματου δικτύου με ραδιοκύματα τις πληροφορίες που έχει αποθηκευμένες το RFID tag.

Ο reader τις λαμβάνει, τις επεξεργάζεται και τις μετατρέπει σε δεδομένα, τα οποία αποστέλλονται σε έναν τοπικό υπολογιστή και ίσως στη συνέχεια σε ένα απομακρυσμένο πληροφοριακό σύστημα. Ο στόχος είναι τα δεδομένα αυτά να επεξεργαστούν περαιτέρω –με την βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού– για την καλύτερη διαχείριση των προς παρακολούθηση μονάδων και την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων [82],[80].

2. RFID TAGS

Οι ετικέτες ασύρματης ανάγνωσης (RFID tags) είναι συσκευές που ενσωματώνουν τσιπ (chip) και κεραία (antenna) και μπορούν να ανιχνευθούν αυτόματα από σταθερούς ή φορητούς αναγνώστες (readers) RF, χωρίς να είναι απαραίτητη η σάρωση του κάθε μεμονωμένου αντικειμένου. Η κεραία επιτρέπει στο chip να μεταφέρει τις πληροφορίες αναγνώρισης του υλικού στον reader, ο οποίος με τη σειρά του μετατρέπει τα ραδιοκύματα που "αντανακλώνται" από το tag RFID σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν στη συνέχεια να "περάσουν" σε υπολογιστές για περαιτέρω χρήση.[70],[73] [EIKONA 2]

Τα RFID tags διακρίνονται σε πολλούς τύπους, ανάλογα με την κατασκευή, τη χωρητικότητά και τη δυνατότητα επεξεργασίας και μετάδοσης των δεδομένων που περιέχουν. Στην απλή μορφή των RFID tag, το chip περιλαμβάνει έναν μοναδιαίο κωδικό αναγνώρισης ή έναν αριθμό συσκευής, με το οποίο κάνει μοναδικό και το προϊόν στο οποίο είναι τοποθετημένο κατά την αναγνώριση του από τους readers, παρόμοια με τον τρόπο που λειτουργεί το barcode. Ωστόσο η βασική διαφορά των tag είναι η κατά πολύ μεγαλύτερη χωρητικότητα που έχουν για την αποθήκευση των πληροφοριών απ' ότι το barcode. Κατά αυτό τον τρόπο, διευρύνονται οι επιλογές των προς αποθήκευση κωδικοποιημένων πληροφοριών σε ένα tag, που ξεπερνούν πλέον τον μοναδιαίο αριθμό παρτίδας του κατασκευαστή και μπορούν να περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά ιδιοκτησίας, βάρους, προορισμού καθώς και ιστορικά στοιχεία, όπως θερμοκρασία, και ημερομηνίες λήξης. Έτσι δημιουργείται ένας μεγάλος κατάλογος στοιχείων που μπορούν να αποθηκευτούν στα RFID tag, αναλόγως των απαιτήσεων και των αναγκών της εκάστοτε εφαρμογής. Ένα RFID tag μπορεί να τοποθετηθεί σε μεμονωμένα προϊόντα, στις συσκευασίες ή παλέτες για λόγους προσδιορισμού, καθώς και στον πάγιο εξοπλισμό, όπως τα ρυμουλκά, τα containers, κ.λπ. [31]

Η αγορά για τα tag RFID περιλαμβάνει πάνω από 500 διαφορετικούς τύπους ετικετών, οι οποίοι διαφέρουν πολύ στο κόστος, το μέγεθος, την απόδοσή τους και τους μηχανισμούς ασφαλείας. Ακόμα και όταν σχεδιάζονται tag για να συμμορφωθούν με ιδιαίτερα πρότυπα, απαιτείται περαιτέρω σχεδιασμός για να προσαρμοστούν στις απαιτήσεις των συγκεκριμένων εφαρμογών. Η κατανόηση των σημαντικότερων χαρακτηριστικών των ετικετών μπορεί να βοηθήσει στο σωστό σχεδιασμό των συστημάτων RFID, καθώς αυτά προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά των ετικετών που απαιτούνται στο συγκεκριμένο περιβάλλον και στις απαιτήσεις τους. Τα σημαντικά συστατικά μέρη ενός tag αποτελούνται από:[41],[73]

1. Το chip
2. Την Antenna του tag

Το chip και η antenna συνήθως είναι χαραγμένα ή τυπωμένα σε διάφορα δυνατά υποστρώματα, όπως σε πολυαμίδιο, πολυεστέρα ή χαρτί. Επίσης μια σημαντική συνιστώσα είναι το ASIC, το οποίο είναι τοποθετημένο μεταξύ της εσωτερικής πλευράς της antenna. Για την τοποθέτησή του χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως, η σύνδεση καλωδίων, η τεχνική του μονταρίσματος της επιφάνειας, και η τεχνική του Flip-chip.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά ενός tag προσδιορίζονται από:

- ◆ Τον τύπο Αναγνωριστικού (Identifier format),
- ◆ Τη Πηγή Ενέργειας (Power source),
- ◆ Τη Συχνότητα Λειτουργίας (Operating frequencies),
- ◆ Την Λειτουργικότητα (Functionality),
- ◆ Το Σχήμα (Form factor),
- ◆ Το Πρωτόκολλο επικοινωνίας (Communication protocol).



Εικόνα 2 Στοιχειώδες RF υποσύστημα

2.1 Tag Chip

Ένα από τα βασικά συστατικά μέρη των RFID tag είναι το chip. Η χαρακτηριστική δομή ενός RFID chip περιλαμβάνει [ΕΙΚΟΝΑ 3]:

- ◆ Power Supply
- ◆ Modulator section
- ◆ Demodulator section
- ◆ Control Logic chip
- ◆ Memory Cells (EEPROM, FEROM)

Τα παραπάνω μέρη του chip αποτελούνται κυρίως από πυκνωτές, κρυσταλλολοχνίες, διόδους, κρυσταλλικούς αντιστάτες, κυκλώματα χρονομέτρησης, διόδους ανιχνευτών, και μπαταρίες. [58],[52]

Τα διάφορα είδη μνήμης που περιέχονται μέσα στο chip διαφέρουν σύμφωνα με τον τύπο του tag και διαχωρίζονται ως εξής [24]:

- ◆ EEPROMs (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)
- ◆ FRAMs (Ferromagnetic Random Access Memory)
- ◆ SRAMs (Static Random Access Memory)

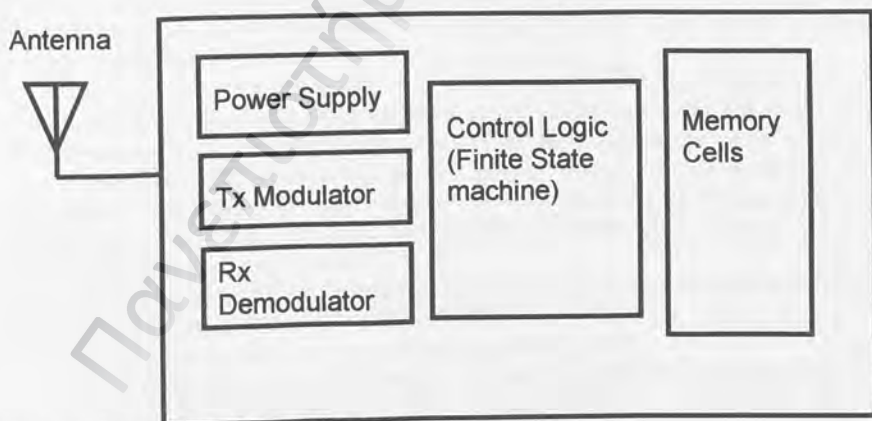
Οι μνήμες αυτές χρησιμοποιούνται σε διαφορετικά είδη tag λόγω των διαφορετικών ιδιοτήτων που τα χαρακτηρίζουν. Κατά αυτό τον τρόπο ο τύπος μνήμης EEPROM είναι ο πιο κοινός για τα επαγωγικά συστήματα RFID, ωστόσο μειονεκτούν ως προς την μεγάλη ενεργειακή τους κατανάλωση κατά την διάρκεια της εγγραφής και τον περιορισμένο αριθμό κύκλου εγγραφής των δεδομένων.

Ο τύπος μνήμης FRAM έχει πρόσφατα χρησιμοποιηθεί σε περιορισμένο αριθμό περιπτώσεων. Παρόλο τις μικρότερες δυνατότητες εγγραφής και ανάγνωσης των δεδομένων απ' ότι η μνήμη EEPROM, η μνήμη FRAM αποτελεί μια εναλλακτική λύση για τα RFID tag. Τέλος, η μνήμη SRAM, είναι ιδανική για την εγγραφή δεδομένων σε εφαρμογές συστημάτων με μικροκύματα, και αυτό γιατί μπορεί να αποδώσει γρηγορότερα στην εγγραφή των δεδομένων. Ωστόσο χρειάζεται επιπλέον παροχή ενέργειας για να μπορέσει να διατηρήσει τα δεδομένα. [24]

Η πολυπλοκότητα και η ποικιλία των εξαρτημάτων που αποτελούν το βασικό chip των RFID tags ήταν ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι κατασκευάστριες βιομηχανίες, καθώς τα συστατικά αυτά είναι που προσδίδουν και το μεγαλύτερο κόστος στην τελική αξία του tag και διαμορφώνουν το μέγεθος του. Τα παραπάνω προβλήματα ξεπεραστήκαν με την τεχνολογία των τυπωμένων κυκλωμάτων και την ενοποίηση όλων των πιο πάνω στοιχείων σε ένα ενιαίο chip, απλοποιώντας κατά αυτό τον τρόπο το tag, παρέχοντας αξιοπιστία και ευκολία εγκατάστασης, καθώς και την οικονομικότερη παραγωγή τους. Επίσης η κατασκευή των chip από υλικό σιλικόνης συμβάλει στην περαιτέρω μείωση του κόστους.

Μια τυπική μορφή των χαρακτηριστικών λειτουργίας του ολοκληρωμένου κυκλώματος είναι η εξής: [58]

1. Power Supply: 5-15mWatt για λειτουργία εγγραφής και 80-120 mWatts για λειτουργία.
2. EEPROM συνολικού μεγέθους 128 bytes
 - a. Μνήμη συστήματος 8 bytes
 - b. Tag identifier 8 bytes
 - c. Ελεύθερη μνήμη 112 bytes
3. θερμοκρασία λειτουργίας από -40 έως 175° C



Εικόνα 3 Διάγραμμα Δομής του RFID chip

2.1.1 Κωδικός Αναγνώρισης - Identifier Format

Ένα από τα πρώτα χαρακτηριστικά ενός tag είναι ο κωδικός αναγνώρισης (Identifier ή ID) που χρησιμοποιεί. Συνήθως, αυτό αναφέρεται σε έναν εργοστασιακό μοναδιαίο αριθμό που διαφοροποιεί κάθε tag. Υπάρχουν διάφορα διαθέσιμα μοντέλα κωδικοποίησης του tag ωστόσο οι σχεδιαστές επιλέγουν να χρησιμοποιούν αυτά που έχουν μια τυποποιημένη δομή. Μια από τις πιο διαδεδομένες μορφές είναι αυτή του EPC (Electronic product Code), η οποία θα αναπτυχθεί περαιτέρω σε επόμενο κεφάλαιο.

Η χρησιμοποίηση μιας τυποποιημένης δομής για το ID διευκολύνει τις επιχειρήσεις να το αποκωδικοποιήσουν και να διαβάσουν τις πληροφορίες που αυτό περιέχει. Όταν μια μηχανή διαβάζει ένα τυποποιημένο ID, μπορεί να το αναλύσει και να αποκωδικοποιήσει τα δεδομένα του. Τα τυποποιημένα ID είναι σχεδόν απαραίτητα να χρησιμοποιηθούν, όταν ένα σύστημα RFID πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από διάφορες εταιρείες. Κατά αυτό τον τρόπο, όταν η μηχανή αναγνώρισης χρειαστεί να συλλέξει πληροφορίες από μια απομακρυσμένη βάση δεδομένων, διαφορετικής επιχείρησης, για να διαβάσει το ID του tag, ένα τυποποιημένο μοντέλο ID με προκαθορισμένα μέρη, διευκολύνει περισσότερο την παρακολούθηση της όλης διαδικασίας.

Από την άλλη, αν μια εταιρεία δεν επιθυμεί να έχει ένα ID αναγνωρίσιμο από δεύτερες εταιρείες, μπορεί να αναπτύξει τον δικό της τύπο ID, ο οποίος θα αναγνωρίζεται μόνο από την βάση δεδομένων της. Εξελίσσοντας περισσότερο αυτή τη δυνατότητα, στη μνήμη των RFID tag μπορούν να αποθηκευτούν διάφοροι τύποι αναγνωριστικών, οι οποίοι να είναι κάθε ένας τους αναγνωρίσιμος από συγκεκριμένα πρωτόκολλα και επιχειρήσεις [41]

Στην επιλογή του κατάλληλου τύπου ID, που θα χρησιμοποιήσει μια επιχείρηση, θα πρέπει τα επιλεγμένα στοιχεία του να είναι επαρκή για ολόκληρο τον κύκλο ζωής ενός RFID συστήματος.

Τέλος, για τον σχεδιασμό και την επιλογή ενός ID, είναι σημαντικό να προσδιοριστούν τα επίπεδα προσβασιμότητας σε πληροφορίες του tag που επιθυμεί η εταιρεία να έχουν οι υπόλοιπες επιχειρήσεις. Αυτό είναι ένα από τα σημαντικότερα θέματα ασφαλείας. Για παράδειγμα, με την χρησιμοποίηση του πρωτοκόλλου του EPC, ένας ανταγωνιστής, εύκολα μπορεί να αποκωδικοποιήσει τις πληροφορίες που περιέχει ένα προϊόν και επομένως να συλλέξει τα απαραίτητα στοιχεία για τις εμπορικές δραστηριότητες του αντιπάλου της.

Συγκεντρωτικά, ένα RFID σύστημα θα πρέπει να μπορεί να αναγνωρίσει διάφορα είδη τύπων αναγνωριστικών, όπως αυτό του EPC.

Τα σημαντικότερα είδη αναγνωριστικών είναι τα εξής [62]:

- Το ID των chip (Chip ID), τοποθετημένο κατευθείαν από την παραγωγή του Chip, χρησιμοποιείται για ανίχνευση του chip και μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την διαχείριση των tag μέσα στη ζώνη ανίχνευσης.
- Το ID των Tag (Tag ID), συνήθως είναι καθορισμένο από το χρήστη με σκοπό να προσδιορίσει τα συγκεκριμένα tag σε αντίθεση και ανεξάρτητα από το Chip ID.
- Το Μοναδικό ID του τεμαχίου (UIDs), που διευκρινίζεται για να προσδιορίσει μεμονωμένα το τεμάχιο στο οποίο το tag είναι συνδεδεμένο.
- Το ID αντικειμένου (OIDs), χρησιμεύει για να προσδιορίσει τα ιδιαίτερα αντικείμενα μέσα στις κωδικοποιημένες δομές δεδομένων και να επιτρέψει έτσι την επιλεκτική πρόσβαση στα στοιχεία αυτών.

2.1.2 Πηγή Ενέργειας - Power Source

Ένας κοινός τρόπος διάκρισης των tag είναι με βάση την ενέργεια λειτουργίας τους. Αυτό είναι επίσης ένας από τους κύριους καθοριστικούς παράγοντες για το κόστος και τη μακροζωία ενός tag. Τα παθητικά tag λαμβάνουν όλη την ενέργειά τους με κάποια μέθοδο μετάδοσης από τον reader. Τα ενεργά tag χρησιμοποιούν μια ενσωματωμένη μπαταρία για την επικοινωνία, έναν επεξεργαστή, μια μνήμη, και ενδεχομένως τους αισθητήρες. Παραδοσιακά, τα tag που χρησιμοποιούν μπαταρία για μερικές από τις λειτουργίες και από την άλλη επιτρέπουν στον reader τη δυναμική επικοινωνία μπορούν να χαρακτηριστούν ως ενεργητικά, αλλά στη βιβλιογραφία χρησιμοποιείται μια πιο πρόσφατη ορολογία που χαρακτηρίζει αυτού του τύπου τα tag ως ημι-παθητικά.

Ένας νέος πρόσθετος τύπος tag, που συναντάτε στη βιομηχανία, είναι όχι μόνο σε θέση να τροφοδοτείται με μπαταρία αλλά, επίσης, είναι ικανό να επικοινωνεί με άλλα tag του είδους του χωρίς την ενίσχυση ενός reader. Αυτά τα tag καλούνται διπλής κατεύθυνσης (two-way tag). [29]

Όπως είναι αναμενόμενο, η ύπαρξη μιας μπαταρίας κάνει ένα tag ακριβότερο, αλλά τα ημι-παθητικά και ενεργητικά tag έχουν διάφορα πλεονεκτήματα πέρα από τα παθητικά. Στην περίπτωση των ημι-παθητικών tag, η περιοχή αναγνώρισης μπορεί να είναι πιο μεγάλη επειδή η παθητική επικοινωνία μπορεί να χρησιμοποιήσει όλη την ενέργεια που προβλέπεται από τον reader για την επικοινωνία παρά να μοιράζεται μέρος της ενέργειας με το chip. Ένα ενεργητικό tag μπορεί να έχει μια εξαιρετικά μεγάλη περιοχή ανάγνωσης και μπορεί να εκτελέσει μερικές λειτουργίες ελλείψει ενός reader χρησιμοποιώντας τη ενέργεια της μπαταρίας για τους εξωτερικούς αισθητήρες. [29]

Τα tag χρειάζονται ενέργεια για να επικοινωνήσουν με τις συσκευές αναγνώρισης. Πολλά tag χρειάζονται επίσης ενέργεια για να αποθηκεύσουν τα δεδομένα, να τα ανακτήσουν, ή για να ενεργοποιήσουν τους υπολογιστές. Η ενεργειακή απαίτηση ενός tag εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου της απόστασης λειτουργίας μεταξύ του tag και του Reader, την ραδιοσυχνότητα που χρησιμοποιεί, και την λειτουργία του tag). Γενικά, όσο πιο περίπλοκες είναι οι λειτουργίες ενός tag, τόσο περισσότερες απαιτήσεις έχει σε ενέργεια. Παραδείγματος χάριν, τα tag που υποστηρίζουν σύστημα κρυπτογράφησης ή σύστημα επικύρωσης, απαιτούν περισσότερη ενέργεια από τα tag που περιορίζονται στη διαβίβαση ενός προσδιοριστικού. [41]

Τα tag είναι ταξινομημένα σε τέσσερις τύπους σύμφωνα με την πηγή ενέργειας που χρησιμοποιούν για την επικοινωνία και λειτουργία:

- Παθητικά (Passive),
- Ενεργητικά (Active),
- Ημι-παθητικά (Semi-passive),
- Ημι-ενεργητικά (Semi-active).

2.1.2.1 Παθητικά RFID Tag



Πρόκειται για tag που δεν έχουν εσωτερική πηγή ενέργειας (μπαταρία) και η μετάδοση των δεδομένων τους γίνεται μόνο όταν ενεργοποιηθεί η κεραία που περιέχουν από τους υποψήφιους reader. Γι' αυτό και αποτελούν την απλούστερη, μικρότερη, ελαφρότερη και φθηνότερη έκδοση των RFID tag.

Η απουσία μιας εσωτερικής πηγής ενέργειας (μπαταρία) σημαίνει ότι το RFID tag μπορεί να είναι

αρκετά μικρό. Τέτοιου είδους tag χρησιμοποιούνται είτε για να ενσωματωθούν σε ένα sticker είτε κάτω από το δέρμα.

Ο reader εκπέμπει ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα και δημιουργεί ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Μόλις εισέρχεται σε αυτό ο φορέας του tag, η ενέργεια των κυμάτων με τη σειρά της δημιουργεί ένα στιγμιαίο ηλεκτρικό σήμα που επάγεται στην κεραία του παθητικού tag. Έτσι παρέχεται η απαραίτητη ισχύς στο chip του tag για να επανεκπέμψει ένα σήμα (backscattering)

Επειδή η δύναμη του σήματος είναι πεπερασμένη, περιορίζονται σημαντικά οι λειτουργίες του tag. Δεδομένου ότι τα παθητικά tag είναι συσκευές χαμηλής ενέργειας, μπορούν να υποστηρίξουν την επεξεργασία δεδομένων με περιορισμένη πολυπλοκότητα.

Τα χαρακτηριστικά των παθητικών tag είναι τα παρακάτω:

- Μην έχοντας ηλεκτρική τροφοδοσία, το tag είναι μικρό ώστε να μπορεί να μπαίνει ακόμα και κάτω από την επιδερμίδα (ζώων ή και ανθρώπων). Η εταιρία Hitachi Ltd ανέπτυξε το μικρότερο παθητικό RFID tag, το μ-Chip, διαστάσεων 0,15mm x 0,15mm και είναι λεπτότερο από ένα φύλλο χαρτί (7.5 μm). Το Hitachi μ-Chip μπορεί να εκπέμψει ασύρματα στα 128 bit (10^{38}) έναν μοναδικό αριθμό. Από το 2006 παράγονται τέτοιες μικροσκοπικές συσκευές και έχουν πάχος μικρότερο από ένα φύλλο χαρτιού.



- Τα παθητικά tag διαβάζονται από αποστάσεις 2mm (ISO 14443) έως μερικά μέτρα (ISO 18000 – 6) ανάλογα με την κατασκευή και το μέγεθος της κεραίας τους και την χρησιμοποιούμενη συχνότητα. Έχουν μέγεθος από ένα γραμματόσημο μέχρι και μία καρτποστάλ.
- Έχουν θεωρητικά άπειρο χρόνο ζωής αφού δεν χρειάζονται μπαταρία.
- Εξαιτίας του απλού σχεδιασμού τους διευκολύνουν τους χρήστες να τυπώσουν πάνω στην κεραία.

Τα περισσότερα tag σήμερα είναι παθητικού τύπου λόγω ευκολίας κατασκευής, μη ανάγκης για μπαταρία και σχετικά μικρού κόστους. Πρέπει να σημειωθεί ότι το 2005 για ποσότητες περίπου 10 εκατομμυρίων τεμαχίων το κόστος ήταν κάτω από 0,072€ / τεμάχιο. Τα RFID tags με το χαμηλότερο κόστος είναι αυτά που έχουν επιλέξει οι Wal-Mart, DOD, Target, Tesco στην Μεγάλη Βρετανία και Metro AG στη Γερμανία και διατίθενται σήμερα στη τιμή των 5 σέντ το καθένα.

Καθημερινά, διεξάγονται έρευνες διεθνώς για την παραγωγή tags με ημιαγωγό από πολυμερές υλικό και όχι πυρίτιο. Τέτοιου είδους tag από πολυμερές που λειτουργούν στα 13.56 MHz παρουσιάστηκαν το 2005 από την PolyIC (Γερμανία) και την Philips (Ολλανδία). Εάν συνεχιστούν οι έρευνες θα δημιουργηθεί ένα προϊόν πιο εύχρηστο και πιο φθηνό από το κλασικό tag. Παρ' ολ' αυτά η συνολική επένδυση που έχει γίνει στα tag με ημιαγωγούς από πυρίτιο (silicon tag) στοχεύει σε ένα μελλοντικό κόστος/tag πολύ χαμηλό.
[82],[80]

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

2.1.2.2 Ενεργητικά RFID Tag



Τα ενεργά tag διαθέτουν ένα πομπό και τη δική τους πηγή ενέργειας (συνήθως μια μπαταρία) που χρησιμοποιείται για τη λειτουργία του chip και τη μετάδοση του σήματος στον reader. Εξαιτίας της ενεργειακής αυτονομίας τους, έχουν μεγαλύτερο εύρος λειτουργίας, μπορούν να μεταδίδουν αυτόνομα τα δεδομένα που περιέχουν από απόσταση 30 ή και 40 μέτρων. Είναι πολύ πιο αξιόπιστα συγκριτικά με τα παθητικά tag (π.χ. λιγότερα λάθη) λόγω της «επαφής» που έχουν με τον reader. [41]

Αυτά τα tag προτιμώνται να τοποθετούνται σε «δύσκολα» υλικά που είτε απορροφούν τα ραδιοκύματα, είτε τα ανακλούν, είτε τα παραμορφώνουν, π.χ. σε υλικά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νερού, καθώς και σε μεταλλικά αντικείμενα. Η εκτιμώμενη διάρκεια ζωής είναι τα 10 χρόνια. Μερικά ενεργητικά RFID tag περιέχουν αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, κραδασμών, φωτός, ακτινοβολίας και στοιχείων της ατμόσφαιρας.

Εκτός από το μεγάλο εύρος λειτουργίας, διαθέτουν και μεγάλη μνήμη μέσω της οποίας έχουν την ικανότητα να αποθηκεύουν δεδομένα που αποστέλλονται από τον εκάστοτε μεταδότη πληροφοριών. Παρά την κατοχή απλά ενός μοναδικού αύξοντος αριθμού στο tag, όπως ένα παθητικό tag, τα ενεργητικά tag φέρνουν συχνά πληροφορίες όπως το πλήρες περιεχόμενο ενός container, τον τόπο προορισμού και προέλευσής του. Με τη μεταφορά όλων αυτών των πληροφοριών μέσω του tag η ανάκτησή τους γίνεται πιο άμεσα. Παράδειγμα αποτελεί μια στρατιωτική εφαρμογή, όπου δεν ήταν εφικτή από τους στρατιώτες η αναφορά σε ένα αρχείο, το οποίο συνδέοταν με ένα tag μέσω του διαδικτύου, και λύση αποτέλεσε η χρήση των ενεργητικών tag. Έτσι για να ανακαλυφθεί τι περιέχει ένα container, χρησιμοποιούνται οι φορητές μονάδες για την ανίχνευση των tag και των πληροφοριών που αυτές περιέχουν. Σε αρκετά από αυτά τα tag υπάρχει η δυνατότητα διαγραφής, επανεγγραφής ή τροποποίησης δεδομένων τους [82],[80].

2.1.2.3 Ημι-παθητικά RFID Tag

Τα ημι-παθητικά tag (semi-passive tag) χρησιμοποιούν μπαταρία για να ενεργοποιήσουν την μνήμη του chip τους αλλά επικοινωνούν απορροφώντας ενέργεια από τα ραδιοκύματα του reader κατά την διαδικασία της λήψης και αποστολής των δεδομένων. Επομένως, τα ημι-παθητικά tag χρησιμοποιούν την εσωτερική πηγή ενέργειας για να ελέγξουν τις συνθήκες στο περιβάλλον τους, όμως χρειάζονται την ενέργεια των ραδιοκυμάτων για να απαντήσουν στους reader. [41]

Τα ημι-παθητικά tag χρησιμοποιούν διαδικασίες επικοινωνίας ίδιες με αυτές των παθητικών tag, διαφέρουν όμως, στο γεγονός ότι τα ημι-παθητικά tag με την χρήση της εσωτερικής μπαταρίας μπορούν να εκτελέσουν επιπλέον λειτουργίες, όπως για παράδειγμα τον έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. θερμοκρασίας). Αυτή η βασικότερη διαφορά κάνει τα ημι-παθητικά tag να είναι μεγαλύτερα και ακριβότερα από τα παθητικά, καθώς και να έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια επικοινωνίας. Για το λόγω αυτό προτιμώνται να χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση αγαθών υψηλής αξίας που πρέπει να παρακολουθούνται σε μεγάλες αποστάσεις (π.χ. αυτοκίνητα που μεταφέρονται από φορτηγά). [72],[27],[82],[80].

2.1.2.4 Ημι-ενεργητικά RFID Tag

Τα ημι-ενεργητικά tag είναι ένα ενεργητικό tag που παραμένει αδρανοποιημένο μέχρι να λαμβάνει ένα σήμα από τον reader. Το tag αυτό, στην συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιήσει την μπαταρία του για να επικοινωνήσει με τον reader.

Τα ημι-ενεργητικά tag, όπως και τα ενεργητικά, μπορούν να επικοινωνήσουν σε απόσταση μεγαλύτερη αυτής των απλών παθητικών. Το κύριο πλεονέκτημά τους σχετικά με τα ενεργητικά tag είναι ότι η μπαταρία τους διαρκεί περισσότερο. Από την άλλη, όμως, κατά την διαδικασία ενεργοποίησης, παρατηρείται χρονική καθυστέρηση στην όλη διαδικασία, όταν τα tag περάσουν με μεγάλη ταχύτητα από την περιοχή των αναγνωστών (reader), ή όταν πολλά tag πρέπει να διαβαστούν εντός μιας πολύ μικρής χρονικής περιόδου από τους readers. [41]

2.1.2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Tag.

Στις πιο πάνω παραγράφους είδαμε τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων tag, έτσι όπως διακρίνονται λόγω των ενεργειακών τους απαιτήσεων. Διακρίναμε τις διάφορες κατηγορίες και αναπτύξαμε τις βασικές τους ιδιότητες και ιδιομορφίες. Στην συνέχεια αυτής της παραγράφου επικεντρωθήκαμε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα tag και προβαίνουμε σε μια τυπική σύγκριση των δυο πιο δημοφιλών ως προς τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα παθητικά tag είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εφαρμογές και επιλέγονται από τα περισσότερα tag. Η κύρια αιτία της κυριαρχίας τους είναι ότι αποτελούν την πλέον οικονομική και απλούστερη σε εξοπλισμό επιλογή για τις επιχειρήσεις, ενώ η μεγάλη ποικιλία των πεδίων εφαρμογής τους έχει ξαναφέρει στο προσκήνιο την χρήση των RFID συστημάτων. Τα ενεργητικά tag από την άλλη χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε logistics εφαρμογές για τον εντοπισμό τρένων, φορτηγών, βιομηχανικού εξοπλισμού κ.α.

Τέλος, τα ημι-παθητικά tag βρίσκουν πεδίο εφαρμογής σε προϊόντα υψηλής αξίας και σε συστήματα πραγματικού χρόνου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποδίδουν καλύτερα σε μεγαλύτερη απόσταση απ' ό,τι οι παθητικές και είναι πιο οικονομικές απ' ό,τι οι ενεργητικές. Επίσης, τα ημι-ενεργητικά tag χρησιμοποιούνται στην θέση των ενεργητικών προσφέροντας μεγαλύτερη διάρκεια λειτουργίας, ενώ και αυτές τοποθετούνται κυρίως σε προϊόντα μεγάλης αξίας.

2.1.2.4 Ημι-ενεργητικά RFID Tag

Τα ημι-ενεργητικά tag είναι ένα ενεργητικό tag που παραμένει αδρανοποιημένο μέχρι να λαμβάνει ένα σήμα από τον reader. Το tag αυτό, στην συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιήσει την μπαταρία του για να επικοινωνήσει με τον reader.

Τα ημι-ενεργητικά tag, όπως και τα ενεργητικά, μπορούν να επικοινωνήσουν σε απόσταση μεγαλύτερη αυτής των απλών παθητικών. Το κύριο πλεονέκτημά τους σχετικά με τα ενεργητικά tag είναι ότι η μπαταρία τους διαρκεί περισσότερο. Από την άλλη, όμως, κατά την διαδικασία ενεργοποίησης, παρατηρείται χρονική καθυστέρηση στην όλη διαδικασία, όταν τα tag περάσουν με μεγάλη ταχύτητα από την περιοχή των αναγνωστών (reader), ή όταν πολλά tag πρέπει να διαβαστούν εντός μιας πολύ μικρής χρονικής περιόδου από τους readers. [41]

2.1.2.5 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Tag.

Στις πιο πάνω παραγράφους είδαμε τα χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων tag, έτσι όπως διακρίνονται λόγω των ενεργειακών τους απαιτήσεων. Διακρίναμε τις διάφορες κατηγορίες και αναπτύξαμε τις βασικές τους ιδιότητες και ιδιομορφίες. Στην συνέχεια αυτής της παραγράφου επικεντρωθήκαμε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που παρουσιάζουν τα tag και προβαίνουμε σε μια τυπική σύγκριση των δυο πιο δημοφιλών ως προς τα χαρακτηριστικά λειτουργίας τους.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα παθητικά tag είναι αυτά που χρησιμοποιούνται στις περισσότερες εφαρμογές και επιλέγονται από τα περισσότερα tag. Η κύρια αιτία της κυριαρχίας τους είναι ότι αποτελούν την πλέον οικονομική και απλούστερη σε εξοπλισμό επιλογή για τις επιχειρήσεις, ενώ η μεγάλη ποικιλία των πεδίων εφαρμογής τους έχει ξαναφέρει στο προσκήνιο την χρήση των RFID συστημάτων. Τα ενεργητικά tag από την άλλη χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον σε logistics εφαρμογές για τον εντοπισμό τρένων, φορτηγών, βιομηχανικού εξοπλισμού κ.α.

Τέλος, τα ημι-παθητικά tag βρίσκουν πεδίο εφαρμογής σε προϊόντα υψηλής αξίας και σε συστήματα πραγματικού χρόνου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αποδίδουν καλύτερα σε μεγαλύτερη απόσταση απ' ότι οι παθητικές και είναι πιο οικονομικές απ' ότι οι ενεργητικές. Επίσης, τα ημι-ενεργητικά tag χρησιμοποιούνται στην θέση των ενεργητικών προσφέροντας μεγαλύτερη διάρκεια λειτουργίας, ενώ και αυτές τοποθετούνται κυρίως σε προϊόντα μεγάλης αξίας.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα βασικότερα και σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των tag που περιγράψαμε πιο πάνω. [Πίνακας 1] [92]

ΤΥΠΟΣ TAG	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Παθητικά Tag	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερος χρόνος ζωής • Χαμηλό κόστος • Χαμηλό βάρος • Απεριόριστη διάρκεια λειτουργίας 	<ul style="list-style-type: none"> • Περιορισμένη απόσταση 4-5 μέτρα • Αυστηρά ελεγχόμενες από τοπικούς κανονισμούς • Απαιτούν την ύπαρξη μιας συσκευής ανάγνωσης
Ενεργά Tag	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν υπάρχουν αυστηροί κανονισμοί όπως στα «παθητικά» tag • Έχουν μεγαλύτερο εύρος ανάγνωσης σε σχέση με τα «παθητικά» tag 	<ul style="list-style-type: none"> • Η ύπαρξη πολλών «ενεργών» αναμεταδοτών παρουσιάζει περιβαλλοντικό κίνδυνο, λόγω των τοξικών που υπάρχουν στις μπαταρίες • Μεγάλο μέγεθος • Μεγάλο κόστος • Χαμηλός μέσος όρος ζωής
Ημι-παθητικά Tag	<ul style="list-style-type: none"> • Καλύτερη απόσταση επικοινωνίας • Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στη διαχείριση άλλων συσκευών όπως οι αισθητήρες (sensors) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ακριβό εξαιτίας της μπαταρίας • Δυσκολία προσδιορισμού εάν μια μπαταρία είναι καλή ή όχι, ειδικά σε περιβάλλον που υπάρχουν πολλοί αναμεταδότες
Ημι-ενεργητικά Tag	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερη διάρκεια μπαταρίας. 	<ul style="list-style-type: none"> • Δημιουργία χρονικών καθυστερήσεων κατά την αναγνώριση τους σε μεγάλες ταχύτητες. • Αδυναμία γρήγορης αναγνώρισης πολλών tag σε λίγο χρόνο

Πίνακας 1 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα ετικετών βάσει της ενέργειας λειτουργίας τους.

Από τα παραπάνω είδη tag, όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, τα παθητικά και ενεργητικά είναι αυτά που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στις περισσότερες εφαρμογές. Για το λόγο αυτό, αξίζει να αναφερθούμε στις βασικές τεχνολογικές διαφορές που τις χαρακτηρίζουν.

Συγκρίνοντας τις απαιτήσεις και τα κυρία χαρακτηριστικά μεταξύ των παθητικών και ενεργητικών tag εύκολα διακρίνουμε τις διαφορετικές τεχνολογικές προσεγγίσεις που έχει η κάθε μια. Επίσης από την σύγκριση στα βασικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά εύκολα διακρίνονται τα διαφορετικά πεδία εφαρμογών που έχει η κάθε μια, ενώ επίσης εύκολα μπορεί να αναγνωριστούν οι επιπλέον απαιτήσεις που χρειάζονται από τον συνοδευτικό εξοπλισμό για να αποδώσουν σε ένα RFID σύστημα. Στον πίνακα 2 διακρίνονται οι βασικότερες τεχνολογικές διαφορές μεταξύ των παθητικών και ενεργητικών tag. [Πίνακας 2] [65]

	Παθητικά Tag	Ενεργητικά Tag
Πηγή ενέργειας του tag	Από τους Readers μέσω των RF σημάτων.	Εσωτερικά του tag
Μπαταρία	Δεν περιλαμβάνει	Περιλαμβάνει
Διαθεσιμότητα ενέργειας	Μόνο κατά τον εντοπισμό του tag από τον reader	Συνεχόμενη
Ένταση σήματος από reader προς tag	Υψηλή (αρκετή για να ενεργοποιηθεί το tag)	Χαμηλή
Ένταση σήματος από tag προς reader	Χαμηλή	Υψηλή
Εμβέλεια περιοχής επικοινωνίας	Μικρή εμβέλεια έως πολύ μικρή (< 3 μέτρα)	Μεγάλη εμβέλεια (>100 μέτρα)
Πολλαπλή αναγνώριση tag	<ul style="list-style-type: none"> Δυνατότητα αναγνώρισης >100 tag από απόσταση έως 3 μέτρα. Αναγνώριση 20 tag κινούμενα με ταχύτητα < 4,83 km/h 	<ul style="list-style-type: none"> Δυνατότητα αναγνώρισης 1000 tag σε 28 στρέμματα από έναν reader Αναγνώριση 20 tag κινούμενα με ταχύτητα >160,93 km/h
Επικοινωνία με αισθητήρες	<ul style="list-style-type: none"> Δυνατότητα να διαβαστούν και να μεταφέρουν τα δεδομένα των αισθητήρων μόνο όταν είναι ενεργοποιημένες από τους readers Δεν καταγράφονται δεδομένα ημερομηνίας και ώρας 	<ul style="list-style-type: none"> Δυνατότητα συνεχούς ελέγχου και εγγραφής των εισερχομένων σημάτων από τους αισθητήρες. Καταγραφή ημερομηνίας και ώρας των γεγονότων.
Αποθήκευση δεδομένων	Μικρή δυνατότητα αποθήκευσης, εγγραφής και αναγνώρισης δεδομένων (128 bytes)	<ul style="list-style-type: none"> Μεγάλη δυνατότητα αποθήκευσης, εγγραφής και αναγνώρισης δεδομένων (128 KB) Δυνατότητα περίπλοκης αναζήτησης δεδομένων Διαθέσιμη δυνατότητα πρόσβασης

Πίνακας 2 Διαφορές παθητικών - ενεργητικών tag

2.1.3 Συχνότητες Λειτουργίας - Operating frequencies



κυματομορφής του σήματος) στη μονάδα του χρόνου. Η συχνότητα μετρείται σε Hertz (Hz). [53]

Για τα tag, η συχνότητα λειτουργίας είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες για την ταχύτητα και την εμβέλεια μετάδοσης των σημάτων. Τα RFID tag έχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν και να αποδώσουν σε μια μεγάλη ποικιλία συχνοτήτων. Εντούτοις, δεν είναι όλες οι συχνότητες διαθέσιμες για την λειτουργία των tag, καθώς αυτές ελέγχονται από τους διεθνείς και τοπικούς οργανισμούς τηλεπικοινωνιών σε κάθε χώρα. Το θέμα των διαφορετικών συχνοτήτων και προτύπων, θα αναφερθεί σε επόμενες ενότητες. Παρόλ' αυτά υπάρχουν μερικές κοινές συχνότητες που εμφανίζονται να χρησιμοποιούνται στα περισσότερα RFID συστήματα και κατά επέκταση να επηρεάζουν και το είδος των RFID tag.

Τα ραδιοκύματα συμπεριφέρονται διαφορετικά σε διαφορετικές συχνότητες λειτουργίας, και επομένως, πρέπει να γίνεται σωστή επιλογή της συχνότητας για κάθε εφαρμογή. [31]

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που προσδιορίζουν το πιο είδος tag και συχνότητας θα πρέπει να επιλέγεται για κάθε μια εφαρμογή, είναι η απόσταση στην οποία η συχνότητα θα είναι διαθέσιμη για αναγνώριση. Έτσι, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα λειτουργίας, τόσο πιο κοντινό είναι το μήκος κύματος για την μετάδοση του σήματος. Το μικρό μήκος κύματος επηρεάζει το μέγεθος της κεραίας του tag. Οπότε, σε μικρό μήκος κύματος, αποδίδει καλύτερα η κεραία που συναντάται στα RFID tag, τόσο για τη λήψη όσο και αποστολή του σήματος σε μεγαλύτερη απόσταση. Επομένως, όσο χαμηλότερη είναι η συχνότητα λειτουργίας, τόσο μικρότερη είναι η περιοχή ανάγνωσης για ένα ίδιου μεγέθους tag.

Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει την επιλογή της συχνότητας λειτουργίας έχει να κάνει με την απόδοση της συχνότητας σε σχέση με τα υλικά, στα οποία είναι τοποθετημένα τα RFID tag. Τα υλικά που περιβάλλουν το χώρο λειτουργίας των tag επηρεάζουν την απόδοση της συχνότητας των ραδιοκυμάτων. Επομένως, για την σωστή λειτουργία και τη βέλτιστη απόδοση της περιοχής αναγνώρισης μιας συχνότητας είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπ' όψιν και τα υλικά που θα έρχονται σε επαφή με τα ραδιοκύματα. [53] [31]

Στον παρακάτω πίνακα [ΠΙΝΑΚΑΣ 5] παρουσιάζεται η δυνατότητα των ραδιοκυμάτων να μεταφέρονται διαμέσου διαφορών υλικών (στον πίνακα παρουσιάζονται τα πιο κοινά και πολυχρησιμοποιημένα υλικά) σε σχέση με την συχνότητά τους. Ως «Διαφανές» χαρακτηρίζεται το υλικό που επιτρέπει στο σήμα να μεταφερθεί και ως «Αδιαφανές» αυτό που το απαγορεύει. Τέλος υπάρχουν και τα υλικά («Απορροφητικά») που απορροφούν τα μεταδιδόμενα σήματα. [41]

Οι συχνότητες των RFID tag, διακρίνονται σε τρεις κύριες ζώνες σύμφωνα με το εύρος συχνοτήτων στο οποίο λειτουργούν. Έτσι έχουμε της χαμηλές συχνότητες

(Low Frequency), της υψηλής συχνότητας (High Frequency), και της πολύ υψηλής συχνότητας (Ultra High Frequency), ενώ υπάρχουν και τα μικροκύματα (Microwave), τα οποία χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους και τα πεδία στα οποία μπορούν να λειτουργήσουν. [16],[44]

Χαμηλές Συχνότητες – Low Frequency (LF)(125-134KHz)

Κυρίως χρησιμοποιούνται σε κάρτες ασφαλείας για την πρόσβαση σε χώρους ελεγχόμενης εισόδου, διαχείριση περιουσιακών στοιχείων (π.χ. κάρτες τραπεζικών συναλλαγών), ιχνηλασία ζώων και παγίων. Επίσης θεωρούνται ιδανικές για αναγνώριση αντικειμένων με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, όπως τα φρούτα, και έχουν ακτίνα ανάγνωσης περίπου 0,3m.

Υψηλές Συχνότητες - High Frequency (HF) (13.56 MHz)

Χρησιμοποιούνται όπου επιτρέπεται ένα μικρό ποσοστό δεδομένων και το εύρος ανάγνωσης είναι μεγαλύτερο του 1,5m. Αυτή η συχνότητα έχει το πλεονέκτημα ότι δεν επηρεάζεται από την παρουσία νερού ή μετάλλου. Γι' αυτό και προτιμώνται για μεταλλικά αντικείμενα, με ακτίνα ανάγνωσης ενός μέτρου.

Πολύ Υψηλές Συχνότητες - Ultra High Frequency (UHF) (850 MHz to 950 MHz)

Προσφέρουν το μεγαλύτερο εύρος λειτουργίας, περίπου πάνω από 3m και υψηλή ταχύτητα ανάγνωσης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για αναγνώριση παλετών σε αποθήκες με ακτίνα ανάγνωσης από 3,3m έως 6,6m. Σε αυτή την κατηγορία η ακτίνα ανάγνωσης μπορεί (με κάποιους περιορισμούς) να ξεπεράσει και τα 30m.

Μικροκυματική συχνότητα – Microwave (2.45GHz to 5.8 GHz)

Μερικά RFID tag είναι σχεδιασμένα να αποδίδουν στη ζώνη εύρους των μικροκυμάτων, τυπικά στα 2.45GHz έως 5.8GHz. Η συχνότητα αυτή έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με αυτά των UHF αλλά αποδίδουν με μεγαλύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, ενώ από την άλλη είναι πιο ακριβά και απαιτούν περισσότερη ενέργεια για να λειτουργήσουν. Είναι κατάλληλες κυρίως για ειδικές εφαρμογές.

Συγκεντρωτικά έχουμε τους παρακάτω πίνακες:

Συχνότητα	Σύντομη Περιγραφή	Εύρος ανάγνωσης (m)	Ταχύτητα δεδομένων (tag /δευτερόλεπτο)
125-134KHz	LH	0.45	1-10
13.56MHz	HF	<1	10-40
850 - 950 MHz	UHF	2-5	10-50
2.4 - 5GHz	Microwave	> 1	

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας συχνότητων

	LF 125 KHz	HF 13.56 MHz	UHF 868 - 915 MHz	Microwave 2.45 GHz & 5.8 GHz
Ρυθμός μετάδοσης δεδομένων	αργή	←	→	γρήγορη
Δυνατότητα αναγνώρισης κοντά σε μέταλλο ή σε υγρές επιφάνειες	καλύτερη	←	→	χειρότερη
Μέγεθος tag	μεγάλο	←	→	μικρό

Πίνακας 4 Χαρακτηριστικά απόδοσης συχνοτήτων

ΥΛΙΚΟ	LF 125 KHz	HF 13.56 MHz	UHF 868 - 915 MHz	Microwave 2.45 GHz & 5.8 GHz
Ρούχα	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές
Ξηρό ξύλο	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές	Απορροφητικό
Γραφίτης	Διαφανές	Διαφανές	Αδιαφανές	Αδιαφανές
Μέταλλο	Διαφανές	Διαφανές	Αδιαφανές	Αδιαφανές
Καύσιμο πετρέλαιο	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές
Προϊόντα χαρτιού	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές
πλαστικό	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές	Διαφανές
νερό	Διαφανές	Διαφανές	Απορροφητικό	Απορροφητικό
Υγρό ξύλο	Διαφανές	Διαφανές	Απορροφητικό	Απορροφητικό

Πίνακας 5 Επίδραση των υλικών στη μετάδοση των ραδιοκυμάτων

2.1.4 Λειτουργικότητα - Functionality

Η βασική λειτουργία ενός RFID tag είναι να παρέχει το ID του στον reader, ωστόσο όπως είδαμε πολλά είδη tag υποστηρίζουν επιπλέον λειτουργίες που είναι χρήσιμες σε πολλές εφαρμογές.

Ορισμένα tag έχουν την δυνατότητα να επικοινωνούν με περιβαλλοντικούς αισθητήρες και να συλλέγουν από αυτά επιπλέον πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την υγρασία, αλλά και για τους κραδασμούς που ασκούνται επάνω στο προϊόν που είναι τοποθετημένα τα tag. Η επικοινωνία με τους αισθητήρες αυξάνει σημαντικά το κόστος και κάνει πιο περίπλοκα τα tag. Επιπλέον δεν μπορεί να γίνει χρήση της ενέργειας που μεταφέρεται μέσω των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, και για αυτό θα πρέπει να ενσωματώνεται μπαταρία στα tag.[41]

Τα tag που έχουν ενσωματωμένη μνήμη συνήθως περιέχουν μηχανισμούς ασφαλείας για να προστατεύσουν την υποκλοπή των δεδομένων από την μνήμη τους. Υπάρχουν διάφορα tag, τα οποία έχουν ενσωματωμένη μια εντολή κλειδώματος έτσι ώστε να αποτρέπει η πρόσβαση στα δεδομένα του tag αλλά και η επιπλέον τροποποίησή τους. Ο κωδικός αυτός μπορεί να είναι μόνιμος ή να επιτρέπει στον reader να το ξεκλειδώσει ανάλογα με την περίπτωση. Η εξέλιξη της παραπάνω λειτουργίας είναι η χρήση κρυπτογραφημένων αλγόριθμων για την πρόσβαση στα δεδομένα. Ωστόσο η λειτουργία αυτή εμφανίζεται περισσότερο στις έξυπνες κάρτες (smart card) και λιγότερο στα κοινά RFID tag.[41]

Για να μπορέσουν να εφαρμοστούν οι παραπάνω λειτουργίες στα tag, θα πρέπει η μνήμη τους να είναι διαθέσιμη να μπορεί να τροποποιηθεί. Έτσι προκύπτει μια νέα κατάταξη των διαφόρων tag σύμφωνα με την δυνατότητα επεξεργασίας της μνήμης τους. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- **Tag «απλής ανάγνωσης» ("read-only")**

Στα tag αυτά εμπεριέχονται δεδομένα που έχουν εισαχθεί από τον κατασκευαστή ή το διανομέα και τα οποία είναι αδύνατον να τροποποιηθούν, συνήθως είναι παθητικά και έχουν περιορισμένη χωρητικότητα (128 bits). Στη βιβλιογραφία συνήθως παρομοιάζονται με τα bar code, λόγω του ότι περιέχουν μόνο την πληροφορία του κωδικού αναγνώρισης. Επιπλέον η κατηγορία αυτή προσφέρει έναν υψηλό βαθμό ασφάλειας, δεδομένου ότι οι πληροφορίες δεν μπορούν να αλλάξουν από τρίτους. Τα συστήματα που στηρίζονται σε tag "read-only" χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου ο κεντρικός υπολογιστής του συστήματος περιλαμβάνει και διαχειρίζεται όλες τις πληροφορίες που συνδέονται με τα προϊόντα. [16],[43],[89],[82]

- **Tag «ανάγνωσης – εγγραφής» ("read-write")**

Σε αυτήν την περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα εγγραφής και διαγραφής των δεδομένων, έτσι ώστε να μπορούν να προστεθούν νέες πληροφορίες ή και να διορθωθούν οι ήδη υπάρχουσες. Τα tag αυτά έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα μνήμης και μπορούν να λειτουργήσουν ως φορητές βάσεις δεδομένων. Συνήθως τα tag αυτά έχουν ένα σειριακό αριθμό που δεν μπορούμε να διαγράψουμε, ενώ μπορούμε να "κλειδώσουμε" και κάποια δεδομένα, έτσι ώστε να μην διαγραφούν. Τα read-write tag είναι πιο ακριβά από τις read-only, αλλά είναι σχεδόν απαραίτητα για τις εφαρμογές εκείνες που η πληροφορία πρέπει να ακολουθεί το προϊόν σε όλο τον κύκλο ζωής του και συγχρόνως να μπορεί να επεξεργάζεται. [16],[43],[89],[82]

- **Tag «μιας εγγραφής» ["write once, read many" (WORM)]**

Σε αυτά ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισαγάγει πληροφορίες (συνήθως έναν σειριακό αριθμό) μόνο μία φορά, είτε κατά την παραγωγή είτε κατά τη διαδικασία διανομής του υλικού και η συγκεκριμένη πληροφορία δεν μπορεί στη συνέχεια να διαγραφεί. Σαν αποτέλεσμα του τρόπου εγγραφής και αναγνώρισης που παρέχει αυτού του τύπου η μνήμη είναι να εξασφαλίζει την ασφάλεια της read-only μνήμης με την ενσωμάτωση μερικών λειτουργιών που έχει η read/write μνήμη.[43],[89],[82]

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

2.2 Η κεραία του Tag

Η κεραία (antenna) του tag είναι συνδεδεμένη με το chip του tag και σκοπός του είναι να απορροφήσει τα εισερχόμενα σήματα και εν συνεχεία να τα διαβιβάσει προς τα έξω με μια μικρή τροποποίηση, ενώ έχει μέγεθος μερικών εκατοστών. Οι κεραίες ενεργούν ως αγωγοί μεταξύ του tag και του reader και μπορούν να λειτουργήσουν συνεχώς ή μετά από απαίτηση, διαβάζουν τα στοιχεία που μεταδίδονται από ένα tag ή ένα reader, και σε μερικές περιπτώσεις, γράφουν τα στοιχεία επάνω σε ένα tag.

Οι κεραίες ενεργοποιούν το tag με τη συλλογή της ενέργειας από τα RF σήματα και τη διέγερση των εγκατεστημένων chip. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως «σζενξη» επειδή η κεραία του tag πρέπει "να συνδέσει" τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που ο reader RFID εκπέμπει. Η ένωση αυτή περιγράφει το βαθμό, στον οποίο η δύναμη μεταφέρεται από το ένα τμήμα στο άλλο. Όλες οι tag κεραίες έχουν ένα «χωρητικό» στοιχείο για την αποθήκευση της μαγνητικής ενέργειας και ένα «επαγωγικό» στοιχείο για την αποθήκευση της ηλεκτρικής ενέργειας. Μια κεραία μπορεί να συντονιστεί σε μια ιδιαίτερη συχνότητα για να εργαστεί καλύτερα όταν αυτή επισυνάπτεται σε ένα προϊόν.

Το μέγεθος της κεραίας είναι κρίσιμο χαρακτηριστικό για την απόδοση του tag. Και αυτό, επειδή το μέγεθος της κεραίας καθορίζει την εμβέλεια που διαβάζει το tag. Κατά αυτό τον τρόπο μια μεγαλύτερη κεραία μπορεί να συλλέξει περισσότερη ενέργεια και επομένως να μεταδώσει ραδιοφωνικά περισσότερη ενέργεια προς τα έξω.[53]

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των κεραίων που τους επιτρέπει να στέλνουν και να λαμβάνουν τα σήματα είναι η μορφή τους. Για τις χαμηλής (LF) και υψηλής συχνότητας κεραίες (HF) χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο οι σπείρες, επειδή αυτές οι συχνότητες είναι κυρίως μαγνητικής φύσης. Οι υπερβολικά υψηλής συχνότητας (UHF) κεραίες μοιάζουν περισσότερο με τις ράδιο ή παλιές τηλεοπτικές κεραίες επειδή οι συχνότητες UHF είναι πιο ηλεκτρικής φύσης.

Ακόμα ένα κύριο χαρακτηριστικό της μορφολογίας των tag κεραίων είναι το σχέδιό τους (design). Καθορίζοντας κατά πολύ την απόδοση του tag, η κεραία κατασκευάζεται σε διαφορά μεγέθη και σχέδια και από μια μεγάλη ποικιλία υλικών.

Ένα κείμενο θέμα των RFID είναι η απαραίτητη ποσότητα ενέργειας που πρέπει να μεταφερθεί στο tag chip προκειμένου να μπορέσει αποτελεσματικά αυτό με τη σειρά του να χρησιμοποιηθεί για να αποδώσει τις απαραίτητες πληροφορίες όσο είναι τοποθετημένο σε ένα αντικείμενο.

Μια από τις βασικότερες αρχές που διέπουν την τεχνολογία του RFID, και επηρεάζουν στον τρόπο με τον οποίο θα σχεδιαστεί ένα tag και η κεραία του είναι ο γνωστός από τη φυσική νόμος του Gauss. Σύμφωνα με αυτό ένα RF κύμα θα πρέπει να 'χτυπήσει' την κεραία του tag κάθετα προκειμένου να τροφοδοτηθεί αποτελεσματικά το chip με την κατάλληλη ποσότητα ενέργειας. Η προϋπόθεση αυτή είναι που επηρεάζει κατά κύριο λόγο το σχεδιασμό και τη μορφή που θα έχει ένα tag. Επίσης μια ακόμα ιδιότητα των κεραίων είναι η δυνατότητα που έχουν να αναγνωρίζονται από πολλές ή μία μόνο κατεύθυνση. Κατά συνέπεια υπάρχουν διάφορα σχήματα κεραίων που επηρεάζουν τον τρόπο εφαρμογής και τον τομέα χρήσης των ετικετών. Για παράδειγμα, οι κεραίες που είναι σε διάταξη πολλών στροφών γύρω από το κέντρο του chip αποδίδουν καλύτερα για την αναγνώριση ενός tag όταν αυτό περνάει μέσα από μια πόρτα. Από την άλλη μια μακριά ευθεία διάταξη κεραίας είναι καλύτερη για τις περιπτώσεις εκείνες όπου το σήμα που στέλνει ο reader είναι σταθερής και προκαθορισμένης κατεύθυνσης. Επίσης μια κεραία που έχει

κυρτές άκρες σε πολλά σημεία της, μόνο ένα μέρος της κάθε φορά είναι κάθετα τοποθετημένο στο RF σήμα. Στην εικόνα 4 παρουσιάζονται μερικά χαρακτηριστικά σχέδια κεραίας που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των tag καθώς και στην εικόνα 5 παρουσιάζονται μερικές κεραίες τοποθετημένες σε διαφορά σχήματα ετικετών.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω από τα πιο σημαντικά μέρη του RFID tag είναι η εσωτερική του κεραία. Πιο πάνω παρουσιάστηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της κεραίας και κατά επέκταση του tag. Εν συνεχεία θα παρουσιαστούν περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τον σχεδιασμό και τον τρόπο λειτουργίας της tag κεραίας.

Η κεραία των tag διέπεται από μερικές θεωρητικές αρχές που προέρχονται από τον χώρο της ηλεκτρομαγνητικής επιστήμης. Οι βασικές αυτές αρχές προσδιορίζουν τον τρόπο λειτουργίας και τον τρόπο σχεδιασμού μιας κεραίας. Οι πιο βασικές από αυτές παρουσιάζονται εν συντομία παρακάτω.

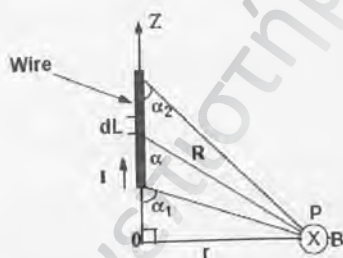
Η πρώτη θεμελιώδης αρχή για τις κεραίες των tag είναι ο νόμος του αμπέρ, ο οποίος αναφέρει ότι: «η τρέχουσα ροή σε έναν αγωγό παράγει ένα μαγνητικό πεδίο γύρω από τον αγωγό». Το μαγνητικό πεδίο που παράγεται από το ρεύμα σε έναν στρογγυλό αγωγό (καλώδιο) με ένα πεπερασμένο μήκος, σύμφωνα με την θεωρία υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο[49]:

$$B_{\phi} = \frac{\mu_0 I}{4\pi r} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) \quad (\text{Weber/m}^2)$$

I = ρεύμα

r = απόσταση από το κέντρο του καλωδίου

μ_0 = διαπερατότητα (permeability) ελεύθερου χώρου



Η εμβέλεια του μαγνητικού πεδίου εξαρτάται άμεσα από το πλήθος των σπειρωμάτων της κεραίας. Η μαγνητική εμβέλεια της κεραίας αποτελεί έναν από τους περιοριστικούς παράγοντες για τις συσκευές αναγνώρισης των RFID tag.

Μια ακόμα αρχή που επηρεάζει τη μορφολογία και την απόδοση της κεραίας ενός tag είναι η αρχή του νόμου του Faraday. Σύμφωνα με αυτόν τον νόμο στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται σε μια οριακή περιοχή γύρω από έναν κλειστό βρόχο δημιουργείται ηλεκτρική τάση. Αυτή η θεμελιώδης αρχή επηρεάζει σημαντικά την λειτουργία των tag.

Η προκληθείσα τάση της σπείρας μιας κεραίας tag υπολογίζεται από τον ρυθμό μεταβολής του χρόνου συναρτήσει της μαγνητικής ροής, όπως φαίνεται στον παρακάτω τύπο.

$$V = -N \frac{d\Psi}{dt}$$

N = αριθμός στροφών της σπείρας της κεραίας

Ψ = μαγνητική ροή μέσα σε κάθε σπείρα

Το αρνητικό πρόσημο δείχνει ότι η προκληθείσα τάση ενεργεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αντιταχθεί στη μαγνητική ροή που το παράγει. Αυτό είναι γνωστό ως νόμος του Lenz και υπογραμμίζει το γεγονός ότι η κατεύθυνση της τρέχουσας ροής στο κύκλωμα είναι τέτοια που το προκληθέν μαγνητικό πεδίο που παράγεται από το προκληθέν ρεύμα θα αντισταθεί το αρχικό μαγνητικό πεδίο.[49]

Από την παραπάνω αρχή προκύπτει μια από τις θεμελιώδεις προϋποθέσεις για την πιο αποτελεσματική απόδοση της κεραίας. Αυτό που απορρέει είναι ότι η συνολική μαγνητική ροή που περνά μέσω της σπείρας των κεραίων επηρεάζεται από τον προσανατολισμό των σπειρών της κεραίας. Έτσι, η μαγνητική ροή που περνά μέσω της κεραίας των tag μεγιστοποιείται όταν οι δύο κεραίες (σπείρα reader και σπείρα tag) τοποθετούνται παράλληλα η μια στην άλλη.

Η επαγωγική ενέργεια και η διάμετρος της σπείρας της κεραίας είναι ακόμα δυο από της πιο κρίσιμες παραμέτρους που καθορίζουν την απόδοση της κεραίας.

Η διάμετρος των σπειρών που αποτελούν την κεραία επηρεάζουν την αντίσταση της. Από την θεωρία είναι γνωστό ότι ένα καλώδιο με μικρή διάμετρο παρουσιάζει μεγαλύτερη συνεχή αντίσταση (R_{DC}). Η συνεχή αντίσταση για ένα καλώδιο με ομοιόμορφη διατομή υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο[49]:

$$R_{DC} = \frac{l}{\sigma S}, (\Omega)$$

l = Συνολικό μήκος καλωδίου

σ = αγωγιμότητα

S = εμβαδόν διατομής

Η ηλεκτρική ροή ενός αγωγού παράγει ένα μαγνητικό πεδίο. Αυτό το χρονικά κυμαινόμενο μαγνητικό πεδίο είναι σε θέση να παράγει μια ροή ρεύματος μέσω ενός άλλου αγωγού. Το παραπάνω φαινόμενο είναι γνωστό ως επαγωγή. Η επαγωγή L εξαρτάται από τα φυσικά χαρακτηριστικά του αγωγού. Μια σπείρα έχει περισσότερη επαγωγή από ένα ευθύ καλώδιο του ίδιου υλικού, και μια σπείρα με περισσότερες στροφές, έχει περισσότερη επαγωγή από μια σπείρα με λιγότερες. Η επαγωγή L του πηνίου ορίζεται ως η αναλογία της μαγνητικής ροής συναρτήσει του ρεύματος μέσω του πηνίου, και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο[49]:

$$L = \frac{N\Psi}{I}, (\text{Henry})$$

I = τρέχων ρεύμα

N = αριθμός σπειρών

Ψ = Μαγνητική ροή

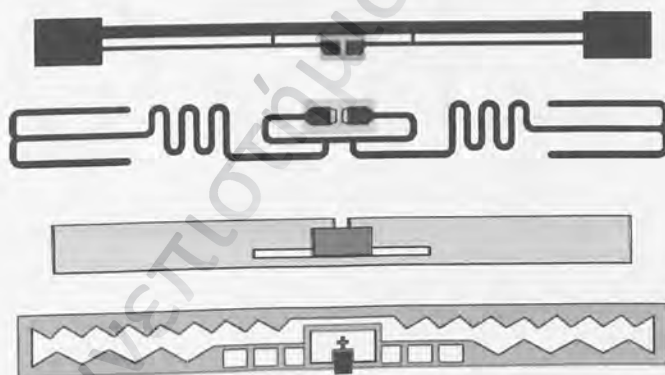
Σε μια χαρακτηριστική σπείρα κεραίων RFID π.χ. για τα 125 kHz, η επαγωγή είναι μερικά mH για ένα tag και από μερικές εκατοντάδες σε μερικές χιλιάδες (μH) για έναν reader. Για μια σπειροειδή κεραία με πολλαπλό αριθμό σπειρών, η επαγωγή έχει καλύτερη απόδοση για πιο στενές μεταξύ τους σπείρες. Επομένως για το σχεδιασμό ενός tag με περιορισμένο χώρο για την κεραία προτιμάται η μείωση του αριθμού των σπειρών με την χρήση ενός πολυστρωματικού τρόπου τυλίγματος.

Η κεραία για ένα RFID tag μπορεί να διαμορφωθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με το σκοπό της εφαρμογής και των διαστασιακών περιορισμών. Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται διάφορες μορφές των σπειρών του tag. Η σπείρα αποτελείται χαρακτηριστικά από ένα λεπτό καλώδιο.

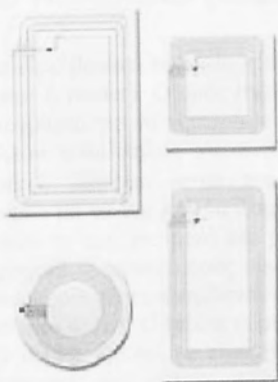
Για κεραίες με μεγαλύτερη εμβέλεια αναγνώρισης, η σπείρα της κεραίας πρέπει να συντονιστεί κατάλληλα στη συχνότητα ενδιαφέροντος. Η πτώση τάσης πέρα από τη σπείρα μεγιστοποιείται με τη διαμόρφωση ενός παράλληλου κυκλώματος. Ο συντονισμός ολοκληρώνεται με έναν πυκνωτή που συνδέεται παράλληλα με τη σπείρα όπως φαίνεται και στην εικόνα 6.

Τα σχέδια των tag κεραίων αποτελούν ένα συνδυασμό τέχνης και επιστήμης. Πολλές κεραίες tag σχεδιάζονται μέσα από περίπλοκα προγράμματα σχεδιασμού, και άλλα σχεδιάζονται από μηχανικούς, χρησιμοποιώντας τις ήδη γνωστές μορφές και τα σχέδια από άλλες εφαρμογές.

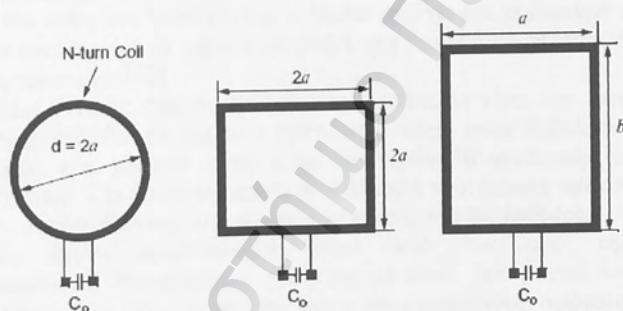
Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι πολλοί κατασκευαστές έχουν αναπτύξει τα tag με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να χρησιμοποιούν το ίδιο το προϊόν, στο οποίο είναι τοποθετημένα ως κεραίες, μια εφαρμογή που είναι σύνηθες να εμφανίζεται στους DVD δίσκους.[53]



Εικόνα 4 Σχέδια κεραίων



Εικόνα 5 Κεραίες σε διάταξη tag



Εικόνα 6 Διαστάσεις των tag κεραίων

3. RFID READERS (Interrogators)

Το δεύτερο βασικό στοιχείο του βασικού συστήματος RFID είναι ο αναγνώστης (interrogator ή reader). Ο όρος reader είναι αυτός που χρησιμοποιείται περισσότερο στη βιβλιογραφία για να περιγράψει τον αναγνώστη (interrogator), ωστόσο δεν είναι και ο πλέον κατάλληλος χαρακτηρισμός. Τεχνικά οι reader είναι πομποδέκτες (transceivers). Ωστόσο λόγω του ότι ο συνθέστερος ρόλος τους, είναι να επικοινωνούν με τα tag και να λαμβάνουν τα δεδομένα από αυτά, φαίνεται σαν να «διαβάζουν» τα tag, για αυτό και χρησιμοποιείται ο όρος “Reader”. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιείται ο όρος reader για να περιγράψει τον όρο RFID interrogator. Οι Reader μπορεί να περιλαμβάνουν ενσωματωμένη κεραία ή να είναι τοποθετημένοι ξεχωριστά από αυτόν. Ο reader κύρια λειτουργία έχει να ανακτά τις πληροφορίες από τα tag. Ο reader μπορεί να είναι ανεξάρτητος και να καταγράφει τις πληροφορίες στην εσωτερική του μνήμη. Αλλά, μπορεί να είναι και μέρος ενός ευρύτερου συστήματος π.χ. ενός τοπικού δικτύου (LAN) ή ενός ασύρματου (WAN). Ενώ λειτουργούν σε ένα εύρος συχνοτήτων από 100 KHz μέχρι τα 5.8 GHz. [73] [4]

Οι reader διαβάζουν και αναγνωρίζουν τα tag. Όταν ο reader διαβάζει ένα ενεργό (active) tag, ένα συνεχές σήμα από το tag αποστέλλεται κατά τη διαδικασία αναγνώρισης, στην συνέχεια ο reader στέλνει ένα σήμα πίσω στο tag και το «ακούει». Για ένα παθητικό (passive) tag, ο reader στέλνει ένα ραδιοκύμα προς αυτό. Το σήμα αυτό ενεργοποιεί το tag και το βάζει στη διαδικασία broadcasting των δεδομένων προς τον reader.[53]

Μια από τις σπουδαιές ιδιότητες των reader είναι ότι μπορούν να διαβάσουν ταυτόχρονα όλα τα tag που βρίσκονται μέσα στην εμβέλεια του σήματος τους, γεγονός που μειώνει κατά πολύ τον χρόνο αναγνώρισης και ανάκτησης των δεδομένων. Για να είναι εφικτή η πολλαπλή ταυτόχρονη αναγνώριση των tag μέσα στην ακτίνα δράσης του reader έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές. Οι τεχνικές αυτές έχουν ομαδοποιηθεί κάτω από τον όρο της “Μονοσήμαντης ταυτοποίησης”(Singulation), σύμφωνα με αυτό, δεν γίνεται αναγνώριση του κάθε ενός tag αλλά μόνο αυτά που έχουν συγκεκριμένους σειριακούς αριθμούς (serial number) ανταποκρίνονται στο κάλεσμα. Μερικές ακόμα τεχνικές επικοινωνίας που έχουν αναπτυχθεί είναι η τεχνική «reader talks first» και η «tag talk first» που διαφοροποιούνται στον τύπο των tag που χρησιμοποιούνται και από την εφαρμογή στην οποία αυτά χρησιμοποιούνται. Στο κεφάλαιο 5 γίνεται πληρέστερη αναφορά στις παραπάνω τεχνικές επικοινωνίας.[73]

Οι reader, έχουν διάφορες μορφές, από πολύ μεγάλα τετράγωνα πλαίσια που καλύπτουν ολόκληρη την πύλη μιας αποθήκης, μέχρι και μικρούς reader που έχουν το μέγεθος μιας παλάμης. Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα αναλυθούν τα διάφορα είδη reader που χρησιμοποιούνται από τις επιχειρήσεις.

Μια ακόμα ιδιότητα των reader είναι η δυνατότητα τους να μπορούν να γράφουν κατευθείαν στην μνήμη των tag. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα read/write tag μπορεί να αλλάξουν τα δεδομένα που αυτό περιέχει και να προστεθούν νέα τη στιγμή της αναγνώρισης από τον reader. Η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες η άμεση αλλαγή των παραμέτρων επηρεάζει την συνοχή και λειτουργία του συστήματος. [73]

Τέλος, σημαντικό είναι, για την δυνατότητα ενοποίησης σε επίπεδο λογισμικού, και την διαμόρφωση του συστήματος, οι readers να περιλαμβάνουν κατάλληλα interfaces, π.χ. WLAN, Internet (μέσω Ethernet και TCP/IP), Point-to-point συνδέσεις: RS422 / RS232 και ασύρματης επικοινωνίας: GSM, GPRS, UMTS. [53]

3.1 Δομή του Reader

3.1.1 Ανατομία του RFID Reader

Οι reader αποτελούνται, στη δομή τους, από δυο βασικά συστατικά μέρη: Το σύστημα ελέγχου (control system) και τη διεπαφή HF (HF interface), το οποίο αποτελείται από τον αναμεταδότη (transmitter) και το δέκτη (receiver). Το HF σύστημα συνηθίζεται να καλύπτεται από λευκοσίδηρο (tinplate) για να προστατεύεται από τις ανεπιθύμητες εκπομπές σημάτων, ενώ το σύστημα ελέγχου είναι τοποθετημένο επάνω σε ηλεκτρολογική πλακέτα. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται μια τυπική μορφή ενός reader, στην οποία εύκολα διακρίνονται τα δυο συστατικά μέρη του. [24]



Εικόνα 7 Τυπική μορφή ενός Reader

Οι βασικές λειτουργίες που εκτελούνται από έναν reader είναι να αποδιαμορφώνει (demodulating) τα δεδομένα που ανακτώνται από το tag, να αποκωδικοποιεί τα λαμβανόμενα στοιχεία (decoding), και να ενεργοποιεί τα tag (energizing), στην περίπτωση των παθητικών και ημι-παθητικών tag. Οι παραπάνω λειτουργίες πραγματοποιούνται κυρίως από την HF διεπαφή, η οποία αποτελείται από τα εξής στοιχεία: [64]

- Τον Αναμεταδότη (transmitter): το κύριο έργο του είναι να μεταδίδει ενέργεια και να συντονίσει το ρολόι (clock cycle) του tag
- Το Δέκτη (receiver): το κύριο έργο του στοιχείου αυτού είναι να λαμβάνει το σήμα από το tag μέσω της κεραίας. Στην συνέχεια να στέλνει το σήμα στον επεξεργαστή, όπου και εξάγεται η πληροφορία.
- Την πηγή ενέργειας (Power): το κομμάτι αυτό της HF διεπαφής τροφοδοτεί ολόκληρο τον reader με την απαραίτητη ενέργεια.

Στο control system διενεργούνται οι εξής λειτουργίες: [24]

- Επικοινωνεί με τις εφαρμογές software και εκτελεί τις εντολές από αυτά.
- Ελέγχει την επικοινωνία με τον transmitter
- Βοηθάει στην κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση των σημάτων
- Εκτελεί αλγορίθμους αποτροπής συγκρούσεων. (anti-collision algorithm).
- Κρυπτογραφεί και αποκρυπτογραφεί τα στοιχεία που μεταφέρονται μεταξύ του tag και του reader και πραγματοποιεί έλεγχο λαθών (error checking).
- Αποδίδει την επικύρωση μεταξύ του tag και του reader.

Προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι παραπάνω λειτουργίες, μια ομάδα ηλεκτρονικών εξαρτημάτων χρειάζεται να λειτουργήσει και να αποτελέσει το control system. Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που αποτελούν το control system είναι τα εξής: [64]

- **Επεξεργαστής (microprocessor)**

Ο επεξεργαστής, αφού λάβει τα αποσταλμένα δεδομένα, και ανάλογα με το πρωτόκολλο που χρησιμοποιεί, σύμφωνα με συγκεκριμένες προδιαγραφές (π.χ. ALOHA για τις συχνότητες HF, 'tree walking' για τις UHF συχνότητες) ψάχνει στην μνήμη του για τον αντίστοιχο πρόγραμμα και το χρησιμοποιεί για να επεξεργαστεί τα δεδομένα. Στο σημείο αυτό της διαδικασίας γίνεται και ο έλεγχος λαθών (error check).

- **Ελεγκτής (controller)**

Ο ελεγκτής είναι απαραίτητος προκειμένου να επιτευχθεί μια κοινή λειτουργία με τα εξωτερικά συστήματα. Ο ελεγκτής είναι αρμόδιος για την μετατροπή των λαμβανόμενων δεδομένων σε δυαδικό κώδικα προκειμένου να είναι αναγνωρίσιμα από τον επεξεργαστή. Ο ελεγκτής διατίθεται και σε μορφή software και σε επίπεδο hardware.

- **Διεπαφή επικοινωνίας (Communication Interface)**

Η «Διεπαφή επικοινωνίας» χρησιμοποιείται προκειμένου να μπορεί ο reader να επικοινωνεί με ένα εξωτερικό σύστημα μεταφέροντας δεδομένα, μεταβιβάζοντας ή απαντώντας στις οδηγίες. Η διεπαφή μπορεί να είναι μέρος του ελεγκτή ή ανεξάρτητο, ανάλογα με τις απαιτήσεις σε επίπεδο ολοκλήρωσης ή στην απαιτούμενη ταχύτητα επικοινωνίας.

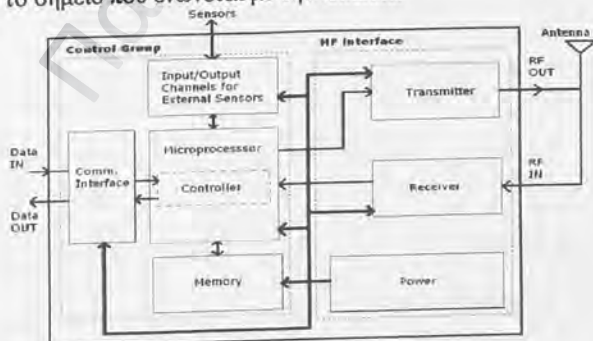
- **Μνήμη (memory)**

Η μνήμη είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση των δεδομένων από τα tag, ενώ επιτρέπει την πρόσβαση, όταν αυτή απαιτείται, στα δεδομένα αυτά προκειμένου να αποσταλούν σε ένα εξωτερικό σύστημα.

- **Κανάλια εισαγωγής/εξαγωγής για εξωτερικούς αισθητήρες. (Input/Output Channels for External Sensors)**

Είναι σύνηθες φαινόμενο τα tag να βρίσκονται εκτός της εμβέλειας αναγνώρισης των reader, φαινόμενο που οδηγεί στην άσκοπη κατανάλωση ενέργειας για να αναγνωριστούν. Η λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι η χρήση εξωτερικών αισθητήρων, που επιτρέπουν να ανιχνεύσουν ένα αντικείμενο κοντά τους. Με τις θύρες που έχει ο reader για τους sensors είναι εφικτή η επικοινωνία αυτών.

Στην εικόνα 8 παρουσιάζονται διαγραμματικά τα διάφορα στοιχεία που αποτελούν ένα τυπικό reader όπου διακρίνονται όλα τα προηγούμενα μέλη καθώς και το σημείο που ενώνεται με την antenna.



Εικόνα 8 Απεικόνιση συνιστωσών του reader

3.1.2 Λειτουργίες του RFID Reader



Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζεται μια πιο λεπτομερή ανάλυση των λειτουργιών που λαμβάνουν χώρα στον reader. Γίνεται προσέγγιση στις βασικές λειτουργίες και σε μερικά ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που εμφανίζουν οι reader. Αρχικά, θα γίνει μια σύντομη περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του reader με το tag.

Προσπαθώντας να γίνει κατανοητός ο κύκλος ζωής ενός RFID Reader, προκύπτουν τα του, που εμφανίζονται κοινά στην διεθνή βιβλιογραφία, για ένα απλό βασικό σύστημα RFID, όπως έχει περιγραφεί πιο πάνω. Τα στάδια αυτά είναι:[53]

1. Η απαραίτητη ενέργεια, που θα μεταφέρει (transmit) το σήμα. Μπορεί να προέρχεται από μια εσωτερική μπαταρία ή από εξωτερική πηγή. Η εξασφάλιση της απαραίτητης ενέργειας είναι το πρώτο στάδιο που ενεργοποιεί την όλη διαδικασία λειτουργίας του reader.

2. Εσωτερικά του reader ο επεξεργαστής και το control system, ελέγχουν με πολύ συγκεκριμένη μέθοδο την ροή του ηλεκτρικού φορτίου, προσαρμόζουν την συχνότητα – modulate και το εύρος κύματος του σήματος που δημιουργεί ο reader στην εμβέλεια του.

3. Το ηλεκτρικό φορτίο μεταφέρεται μέσω καλωδιώσεων στην antenna, ενώ η διαδικασία της μεταφοράς ελέγχεται από τον επεξεργαστή μέσω ενός ενσωματωμένου κυκλώματος. Ο επεξεργαστής, επίσης, προσδιορίζει και προς ποια κατεύθυνση, και κατά επέκταση antenna, θα μεταφερθεί το ηλεκτρικό φορτίο.

4. Στη συνέχεια η antenna στέλνει το RF σήμα προς τα tag, όπου περιλαμβάνει τα δεδομένα αυτών. Η διαδικασία ολοκληρώνεται μέσα από την εφαρμογή της διαμόρφωσης (modulation). Κύρια λειτουργία της διαμόρφωσης είναι η εισαγωγή μικρών αποκλίσεων στο ηλεκτρικό σήμα προκειμένου να μεταφερθεί η πληροφορία.

5. Έπειτα, η antenna λαμβάνει πίσω το σήμα από το tag. Ο reader, στη συνέχεια μεταφέρει το σήμα στα ηλεκτρικά του στοιχεία.

6. Εκεί ο επεξεργαστής με την βοήθεια των υπόλοιπων κυκλωμάτων αναγνωρίζουν τις όποιες διαφορές παρουσιάζει το κύμα του σήματος και το αποκωδικοποιούν σε χρήσιμη πληροφορία.

Η παραπάνω περιγραφόμενη διαδικασία λειτουργίας του reader προσδίδει σε αυτόν μια σειρά από βασικές παραμέτρους και ιδιότητες που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν προκειμένου να γίνει καλύτερα κατανοητός ο τρόπος λειτουργίας του reader. Οι σπουδαιότεροι παράμετροι και ιδιότητες παρουσιάζονται στη συνέχεια

3.1.2.1 Λήψη Σήματος - Receiving

Μια βασική ιδιότητα του reader είναι η διαδικασία Receiving. Η διαδικασία της λήψης ενός σήματος από τον reader ξεκινάει από την ενίσχυση του σήματος, που στέλνεται από το tag, μέσα από την κεραία του reader ενώ στη συνέχεια προχωράει στην επεξεργασία του και στην αποδιαμόρφωση μέρους της πληροφορίας που περιέχεται στο σήμα. Επίσης ο ελεγκτής/επεξεργαστής εκτελεί τις λειτουργίες επεξεργασίας των δεδομένων και διαχείρισης της επικοινωνίας του reader με εξωτερικά δίκτυα [39]

3.1.2.2 Αποστολή Σήματος - Transmitting

Όταν δεδομένα πρέπει να σταλούν πίσω στα tag, το σήμα περνάει από την διαδικασία της διαμόρφωσης (modulation), ενώ ένα μέρος του σήματος περνάει από το κύκλωμα αποδιαμόρφωσης (demodulator). Κατά την διαμόρφωση του σήματος προστίθενται επιπλέον πληροφορίες στο προς αποστολή σήμα. Έπειτα το σήμα ενισχύεται από τον ενισχυτή και εν τέλει καθοδηγείται στην κεραία και από εκεί στο tag. Η πιο πάνω λειτουργία αναφέρεται στην ιδιότητα που έχει ένας reader να στέλνει (transmit) πληροφορίες και δεδομένα πίσω στα tag [39]

3.1.2.3 Μέθοδοι Επικοινωνίας

Η επικοινωνία του reader με το tag εξαρτάται άμεσα από τον τύπο του RFID συστήματος, καθώς διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται για τα active ή passive. Για τα passive και semi-passive συστήματα χρησιμοποιείται η μέθοδος backscatter για να επικοινωνούν με τον reader. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή το σήμα, που δημιουργείται από τον reader εκπέμπεται προς το tag μέσα από την κεραία. Το σήμα στη συνέχεια αποδιαμορφώνεται προκειμένου να αποκωδικοποιηθούν οι εντολές που στέλνει ο reader. Ενώ τα δεδομένα από το tag μεταφέρονται μέσα από το διαμορφωμένο σήμα (modulated signal). Εν αντιθέσει, τα active tag επικοινωνούν διαφορετικά. Δεν χρειάζεται να αντανακλάσουν το σήμα που στέλνει ο reader, καθώς τα active tag έχουν τη δική τους πηγή ενέργειας και τον δικό τους αναμεταδότη. Έτσι τα tag δεν χρειάζεται να περιμένουν τον reader προκειμένου να στείλουν το σήμα πίσω σε αυτόν, λειτουργούν ανεξάρτητα. Τα active tag μπορούν να στείλουν το σήμα τους ή και το ID τους σε συγκεκριμένα διαστήματα όπως αυτό ορίζεται από την λειτουργία του συστήματος. [39]

3.1.2.4 Read και Write Range

Η επικοινωνία του reader με τα tag διαφοροποιείται, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στον τύπο του RFID συστήματος. Ωστόσο για να είναι όσο το δυνατό πιο επιτυχής η επικοινωνία αυτή, εξαρτάται από δυο βασικές παραμέτρους, που πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν κατά τον σχεδιασμό του συστήματος RFID. Αυτές είναι:

- Η απόσταση μεταξύ του reader με τα tag
- Ο χρόνος παραμονής ενός tag ή των tags. "dwell time"

Ο χρόνος παραμονής "dwell time" ενός tag είναι ο χρόνος κατά τον οποίο ένα ή πολλά tag βρίσκονται στο πεδίο RF του reader.

Ως **Read range**, ορίζεται η απόσταση μεταξύ του reader και του RFID tag, στην οποία το σήμα από το tag μπορεί πλήρως να διαβαστεί.

Παρομοίως, η **Write range** του reader, ορίζεται ως η μέγιστη απόσταση στην οποία οι πληροφορίες μαζί με το RF σήμα, του reader, μπορούν να ληφθούν από το tag και να αποθηκευτούν στην μνήμη του. Όπως είναι λογικό χρειάζεται περισσότερη ενέργεια προκειμένου να γίνει μια εγγραφή στο tag παρά για να αναγνωριστεί. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ένα tag να χρειάζεται να είναι πιο κοντά σε μια antenna για να εγγραφεί η πληροφορία, απ' ότι απλά για να αναγνωριστεί. Ένας γενικός κανόνας που φαίνεται να ισχύει λέει ότι η write range είναι το 50-70% της read range για μια συγκεκριμένη ζώνη κάλυψης του reader.

Λόγω των διαφορετικών διαδικασιών που λαμβάνουν μέρος, μεταξύ της εγγραφής και αναγνώρισης σε ένα tag, η εγγραφή χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ολοκληρωθεί απ' ότι απλά για να γίνει η αναγνώριση του tag. Ως εκ τούτου για

την εγγραφή απαιτείται και περισσότερος χρόνος παραμονής (dwell time) στο πεδίο του reader. [39]

3.1.2.5 Εντολές Reader

Σε ένα RFID σύστημα, όταν ο reader επικοινωνεί με τα διάφορα tag χρησιμοποιεί ορισμένες εντολές προκειμένου να είναι σε θέση να διαχειριστεί το σύνολο των διαφορετικών tag. Οι βασικότερες εντολές που χρησιμοποιεί ο reader είναι οι ακόλουθες:

- ⊗ **Select:** Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται προκειμένου να καθορίσει ποιο σύνολο των tag θα ανταποκριθούν στον reader. Πριν από οποιαδήποτε διαδικασία απογραφής των διαφόρων tag, η εντολή Select, έχει την δυνατότητα να διαχωρίζει υπό συγκεκριμένους όρους, εκείνη την ομάδα της οποίας τα tag περιέχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, όπως συγκεκριμένη ημερομηνία, ID, ή κωδικό κατασκευής. Με την εντολή αυτή ο reader έχει τη δυνατότητα να στοχεύει σε συγκεκριμένα τμήματα του EPC κώδικα. Κατά αυτό τον τρόπο μπορεί πιο εύκολα να ομαδοποιήσει τα tag, και να διαχειριστεί μόνο αυτά που περιέχουν τις κατάλληλες πληροφορίες και βρίσκονται μέσα στο πεδίο του.
- ⊗ **Inventory:** Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται προκειμένου να επιτρέψει στον reader να προχωρήσει στην Μονοσήμαντη Ταυτοποίηση (Singulation) συγκεκριμένων tag από ένα σύνολο.
- ⊗ **Access:** η εντολή αυτή χρησιμοποιείται προκειμένου να είναι δυνατή η καταχώριση εντολών στα tag που έχουν επιλεγεί έπειτα από την προηγούμενη εντολή (inventory). Με την εντολή Access, ο reader μπορεί πλέον να προχωρήσει στην καταχώριση επιπλέον εντολών, όπως για παράδειγμα τις εντολές kill ή lock.
- ⊗ **Lock:** η εντολή αυτή χρησιμοποιείται προκειμένου να μπορεί ο reader να κλειδώσει τους κωδικούς πρόσβασης σε ένα συγκεκριμένο tag, να μπορεί να εμποδίσει τον επερχόμενο reader να γράψει ή και να αναγνωρίσει το tag, καθώς, επίσης, και να κλειδώσει τη μνήμη του tag αποτρέποντας κατά αυτό τον τρόπο την περαιτέρω εγγραφή σε αυτήν.
- ⊗ **Kill:** η εντολή αυτή θέτει εκτός λειτουργίας ένα tag από την επικοινωνία με τον reader, μετατρέποντας το σε ανενεργό. Το χαρακτηριστικό της εντολής αυτής μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διατήρηση της ασφάλειας του tag. Ωστόσο η εντολή Kill μπορεί να έχει και καταστροφικές συνέπειες για το tag. Προκειμένου να αποτραπουν αναπάντεχες θανατώσεις, η εντολή Kill συνοδεύεται από ένα κωδικό πρόσβασης καθώς οι προδιαγραφές για την θανάτωση του tag ορίζονται. [39]

3.1.2.6 Κύκλος Λειτουργίας και Ενέργειας

Ο καθορισμός της επιτρεπόμενης ενέργειας και του κύκλου λειτουργίας ενός reader, ορίζονται από τις προδιαγραφές και τους κανονισμούς του εκάστοτε κατασκευαστή του συστήματος RFID.

Ως κύκλος λειτουργίας (Duty cycle) ορίζεται το ποσοστό του χρόνου στο οποίο η συσκευή εκπέμπει ενέργεια κατά τη διάρκεια συγκεκριμένης περιόδου. Για παράδειγμα αν ένας reader επικοινωνεί για 30 δευτερόλεπτα, έχει 50% duty cycle για κάθε λεπτό.

Η διαφορά στην τεχνολογία, ανάμεσα στα active και passive συστήματα RFID, επηρεάζει και τα επίπεδα ενέργειας που ένας reader χρειάζεται. Έτσι ένας reader, χρειάζεται περισσότερη ενέργεια για να επικοινωνήσει με ένα passive tag απ' ότι με ένα active. Ο λόγος βρίσκεται στο γεγονός ότι το σήμα που χρειάζεται να φτάσει σε

ένα passive tag πρέπει να είναι αρκετά δυνατό προκειμένου να μπορέσει στη συνέχεια να επιστρέψει πίσω στον reader (διαδικασία backscatter). Ένας γενικός κανόνας που φαίνεται να ισχύει λέει ότι ο reader με μεγαλύτερη ενέργεια επικοινωνίας και μεγάλο κύκλο λειτουργίας μπορεί να διαβάσει άμεσα περισσότερα tag, πιο γρήγορα και για μεγαλύτερη απόσταση. Ωστόσο ένα τέτοιου τύπου reader έχει ως μειονέκτημα, ότι αυξάνει τον κίνδυνο να κατασκοπευτεί (eavesdropping) πιο εύκολα από ένα ανεπιθύμητο reader. [41]

3.1.2.7 Διεπαφή Υποσυστήματος - Enterprise subsystem interface

Όπως μελετήθηκε στη παράγραφο 3.1.1, όλοι οι reader έχουν ένα υποσύστημα προκειμένου να επικοινωνούν με τα tag που είναι γνωστό ως HF interface. Ωστόσο κάθε reader έχει και ένα δεύτερο interface, με το οποίο επιτυγχάνεται η επικοινωνία με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα. Η δεύτερη αυτή διασύνδεση είναι γνωστή ως Enterprise Subsystem Interface (ESI). Το ESI υποστηρίζει την μεταφορά των δεδομένων RFID, από την μνήμη του reader στο πληροφοριακό σύστημα του συστήματος για περαιτέρω ανάλυση και επεξεργασία. Στους περισσότερους reader, σε επίπεδο hardware, χρησιμοποιείται το Communication Interface (§ 3.1.1). Το εν λόγω interface μπορεί να χρησιμοποιεί σύνδεση καλωδίου (π.χ. Ethernet) ή ασύρματη (π.χ. Wi-Fi). Ενώ διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας και διαχείρισης χρησιμοποιούνται προκειμένου η κεντρική μονάδα του συστήματος να ελέγχει την κατάσταση της διαδικασίας. [41]

3.1.3 Είδη RFID Reader

Υπάρχουν διάφορα είδη και κατηγορίες readers που ομαδοποιούνται σύμφωνα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Στη βιβλιογραφία συναντάμε τους διάφορους reader να ομαδοποιούνται σε τρεις βασικές κατηγορίες με βάση τη φορητότητα τους. Αυτές οι ομάδες είναι: [39]

- ✚ Σταθεροί readers (Fixed reader)
- ✚ Φορητοί readers (Hand-held reader)
- ✚ Κινητοί readers (Mobile reader)

Fixed readers



Η κατηγορία αυτή χαρακτηρίζεται από τη δυνατότητα που έχουν να γράφουν και να διαβάζουν στα διάφορα tag ανάλογα με το τύπο των τελευταίων. Επίσης ο τύπος των fixed reader μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορες περιοχές, όπως σε τοίχους, ανάμεσα σε πόρτες ή σε άλλες δομές ενός κτηρίου. Επίσης οι reader αυτοί μπορούν να ενσωματωθούν στις γραμμές παραγωγής όπως στις μεταφορικές ταινίες, στις

πύλες των πορτών και αλλού.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των fixed reader έχει να κάνει με την εξωτερική πηγή ενέργειας που χρειάζονται προκειμένου να λειτουργήσουν, γεγονός που περιορίζει την φορητότητα αυτών. Ενώ μπορούν να συνδεθούν με πολλές κεραίες ασύρματα ή και μέσω καλωδίων.

Hand-held reader



Οι Hand-held reader είναι σχετικά πιο μικροί απ' ό τι η προηγούμενη κατηγορία ενώ συνήθως έχουν σχήμα που παραπέμπει σε όπλο ή πλακέτα. Επίσης, οι hand-held reader μπορούν να είναι ασύρματοι (wireless) ή με καλώδιο (Ethernet). Οι ιδιότητες τους δεν διαφέρουν από αυτές των fixed παρά μόνο στο ότι έχουν μικρότερο μέγεθος. Έτσι, όπως και οι προηγούμενοι reader, έτσι και οι hand-held μπορούν πέρα από το να διαβάσουν, και να γράφουν στα tag. Παρόλα αυτά υπάρχουν πολλά μοντέλα που περιορίζονται μόνο στην αναγνώριση των tag. Η

antenna, είναι τοποθετημένη επάνω στη συσκευή του reader.

Ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα που προσφέρουν οι Hand-held reader είναι η δυνατότητα χρήσης τους σε οποιοδήποτε περιβάλλον και σε εξωτερικούς χώρους λόγω της φορητότητας τους. Ενώ είναι ιδανικοί για χαμηλού προϋπολογισμού συστήματα RFID και για την επαλήθευση των δεδομένων των tag που είναι τοποθετημένα σε παλέτες ή κιβώτια. Τέλος συνηθίζεται οι hand-held reader να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για Barcode συστήματα και συγχρόνως και για RFID.

Όπως αναφέρθηκε, οι Hand-held reader διακρίνονται σε ενσύρματους και ασύρματους. Οι ενσύρματοι (Ethernet) είναι άμεσα συνδεδεμένοι με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα, ενώ δεν χρειάζονται επιπλέον ενέργεια καθώς την

εξασφαλίζουν μέσα από τον κεντρικό υπολογιστή. Από την άλλη, όμως, περιορίζεται αρκετά η δυνατότητα μετακίνησης τους σε μεγάλες αποστάσεις.

Από την άλλη οι wireless Hand-held reader συνδέονται με το υπόλοιπο δίκτυο ασύρματα μέσα από την χρήση LAN πρωτοκόλλων (σε αντίθετη περίπτωση μέσω ειδικού πρωτοκόλλου). Συνήθως οι reader αυτοί συνοδεύονται από εξωτερική πηγή ενέργειας, όπως μπαταρία, που τοποθετείται επάνω τους. Κύριο πλεονέκτημά τους είναι η μεγάλη φορητότητα που προσφέρουν.

Mobile reader



Οι mobile reader έχουν διάφορες μορφές, μπορεί να είναι από κινητά τηλέφωνα, PDA ή συσκευές τοποθετημένες σε οχήματα. Συνήθως έχουν μια θύρα PCMCIA για να μπορούν να συνδεθούν με κάποιο υπολογιστή. Έχοντας διαφορετικό μέγεθος και σχήμα από τα head-held reader, οι mobile reader έχουν τη δική τους πηγή ενέργειας, μπαταρία, και χρησιμοποιούν ασύρματη τεχνολογία για να επικοινωνούν με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα.

Τα κινητά τηλέφωνα και τα PDAs είναι πολύ πιο μικρά σε μέγεθος και προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα με την τεχνολογία που χρησιμοποιούν. Ενώ προσαρμόζονται πιο εύκολα σε βιομηχανικές εφαρμογές.

Κάθε εφαρμογή RFID είναι διαφορετική. Ο σκοπός, το περιβάλλον και η ποικιλία των παραμέτρων που λαμβάνουν μέρος στην εφαρμογή, ορίζουν διαφορετικές ανάγκες και προδιαγραφές ως προς τον τύπο του reader που πρέπει να χρησιμοποιηθεί. Η επιλογή της ενσύρματης και ασύρματης τεχνολογίας στους reader είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες. Ωστόσο η επιλογή της μεγαλύτερης φορητότητας, όπως η ασύρματη τεχνολογία, αντισταθμίζεται από την ενεργειακή κατανάλωση.

Όπως παρουσιάστηκε πιο πάνω οι διάφοροι τύποι των reader μπορούν να ομαδοποιηθούν με βάση τη φορητότητά τους. Ένας ακόμα τρόπος ομαδοποίησης είναι με βάση τον τύπο της **διεπαφής επικοινωνίας** που χρησιμοποιούν. [64]

Προκύπτουν δυο κυρίες κατηγορίες με βάση την **διεπαφή επικοινωνίας** που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές. Αυτές είναι:

Serial Reader

Στους reader αυτούς χρησιμοποιείται η διεπαφή RS-232 (Recommended Standard 232) και RS-485 – συριακές θύρες για την επικοινωνία με το κεντρικό υπολογιστή. Αυτού του τύπου οι reader έχουν μικρό ρυθμό μεταφοράς δεδομένων, συγκριτικά με άλλους τύπους, όπως τους ενσύρματους με δίκτυο reader. Επίσης, έχουν περιορισμό στο μήκος του καλωδίου που χρησιμοποιούν. Παρόλα αυτά οι serial reader εμφανίζουν μεγαλύτερη αξιοπιστία από οποιοδήποτε άλλο τύπο.

Network Reader

Κύριο χαρακτηριστικό αυτής της κατηγορίας είναι η ενσύρματη και ασύρματη δυνατότητα σύνδεσης που έχουν με τον κεντρικό υπολογιστή, και επομένως χαρακτηρίζονται ως συσκευές δικτύου. Έτσι δεν έχουν περιορισμό στο μήκος του καλωδίου, από την άλλη όμως, υστερούν ως προς την αξιοπιστία τους κατά την μεταφορά των δεδομένων.

Σε κάθε εφαρμογή RFID, η επιλογή του τύπου reader που θα χρησιμοποιηθεί επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες. Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύξαμε τα χαρακτηριστικά εκείνα που προσδιορίζουν τους περισσότερους reader. Προσεγγίστηκε, ο τρόπος λειτουργίας τους, οι ιδιότητες που έχουν, τα στοιχεία που αποτελούν έναν τυπικό reader. Στην συνέχεια αυτού του κεφαλαίου θα αναπτυχθεί μια ακόμα παράμετρος προκειμένου να παρουσιαστεί μια πληρέστερη εικόνα για τους reader. Έτσι ενώ μέχρι στιγμής έχουν παρουσιαστεί οι συνιστώσες του reader, δεν έχει γίνει καμία αναφορά στα χαρακτηριστικά της κεραίας του. Θέμα που αναπτύσσεται στο επόμενο μέρος αυτού του κεφαλαίου.

Στον πίνακα 6 έχουν συγκεντρωθεί τα βασικότερα τεχνικά χαρακτηριστικά που εμφανίζονται στους περισσότερους reader. Ωστόσο δεν γίνεται αναφορά στη συχνότητα λειτουργίας τους, καθώς αυτή προσδιορίζεται από τον τύπο της εφαρμογής για την οποία προορίζεται. Τα στοιχεία ομαδοποιούνται σε τρεις διαφορετικούς τύπους, με κάθε έναν να περιγράφει διαφορετικά χαρακτηριστικά. [24]

Τροφοδοσία	12V	24V	6V / 9V battery
Τύπος Κεραίας	External	External	Internal
Σύνδεση Κεραίας	BNC box, terminal screw	BNC box, terminal screw	-
Communication interface	RS232,RS485	RS485, RS422	Optional RS232
Communication protocol	X-ON/X-OFF, 3964, ASCII	3964, InterBus-S, Profibus,	-
Θερμοκρασία περιβάλλοντος	0-50 °C	-25-+80 °C	0-50 °C
Protection types, tests	-	IP 54, IP 67, VDE	IP 54
Input/output elements	-	-	LCD display, keypad

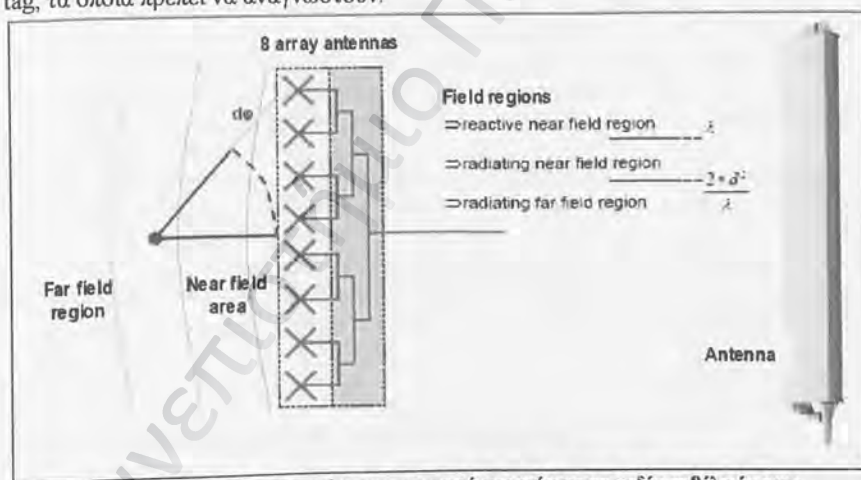
Πίνακας 6 Τεχνικές προδιαγραφές RFID reader

3.2 Η κεραία του Reader

Η κεραία (antenna) ενός συστήματος RFID είναι πάντα συνδεδεμένη (wireless ή Ethernet) σε έναν reader. Έτσι επιτρέπεται η μετάδοση δεδομένων από και προς ένα tag. [39]

Η κεραία του αναγνώστη (reader antenna) αποκαθιστά τη σύνδεση μεταξύ του ηλεκτρονικού μέρους του και του ηλεκτρομαγνητικού σήματος που υπάρχει στον αέρα. Στη ζώνη συχνοτήτων HF, η κεραία του reader είναι σε μορφή σπείρας (όπως και η κεραία του RFID). Είναι σχεδιασμένη για να παράγει μία όσο το δυνατόν πιο δυνατή σύζευξη με την κεραία του RFID tag. Στη ζώνη συχνοτήτων UHF, η κεραία του reader μπορεί να σχεδιαστεί με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους. Κεραίες με υψηλό κατευθυντικό και υψηλό κέρδος (Highly directional, high-gain) χρησιμοποιούνται για μεγάλες αποστάσεις. Ρυθμιστικές αρχές συνήθως οριοθετούν την μέγιστη ισχύ που μπορεί να εκπέμπεται σε μια δοσμένη κατεύθυνση (την ισχύ μετάδοσης συν την απολαβή της κεραίας). [7]

Ως αποτέλεσμα, η δύναμη μετάδοσης που εκπέμπεται από τον reader στην κεραία πρέπει επίσης να ρυθμίζεται αναλόγως. Ένα πλεονέκτημα που έχουν οι κεραίες με υψηλό κατευθυντικό (highly directional antennas) είναι ότι η δύναμη του reader συχνά πρέπει να εκπέμπεται μόνο στο χώρο, στον οποίο έχουν καθοριστεί τα tag, τα οποία πρέπει να αναγνωστούν.



Εικόνα 9 Η κεραία του reader και μια σειρά κεραίων με τα πεδία εμβέλειάς τους

Γενικά μιλώντας, η ύπαρξη φυσικών αλληλεξαρτήσεων σημαίνει ότι το κέρδος της κεραίας συνδέεται με το μέγεθός της. Όσο υψηλότερο είναι το κέρδος (ή όσο μικρότερη είναι η σταθερή γωνία, υπό την οποία εκπέμπει η κεραία), τόσο μεγαλύτερη θα σχεδιαστεί η κεραία στο στάδιο του τεχνικού σχεδιασμού. Παρ' όλα αυτά, κυριαρχεί η άποψη, ότι οι κεραίες με υψηλό κατευθυντικό (highly directional antennas) δεν χρησιμοποιούνται για φορητούς reader. Οι κεραίες που τυπικά χρησιμοποιούνται για φορητούς αναγνώστες περιλαμβάνουν κεραία σε μορφή πίνακα (patch antennas), half-wave dipoles, και κεραίες ελικοειδούς μορφής (helix antennas). [7]

Δομές μεγάλης κεραίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για σταθερούς reader. Στη ζώνη συχνοτήτων UHF, συνήθως παίρνουν τη μορφή σειράς [ΕΙΚΟΝΑ 9]. Σε

αυτή την περίπτωση, πολλαπλά, μικρά εκπεμπόμενα στοιχεία είναι διασυνδεδεμένα, έτσι ώστε τα επιμέρους μέρη του σήματος συνολικά να έχουν τη σωστή κατεύθυνση. Το μέγεθος προσδιορίζει το μακρινό τομέα (far field) μιας τέτοιας κεραίας. Ο μακρινός τομέας δεν συμμετέχει ενεργά στην όλη διαδικασία μέχρι η απόσταση στην κεραία να είναι τόσο μεγάλη που οι διαφορές στις διαδρομές από τις μεμονωμένες εκπομπές να είναι αμελητέες σε σύγκριση με το μήκος κύματος. [7]

Κοντά στην κεραία, το πεδίο δεν είναι πλέον ομογενές και θα μπορούσε να μεταβεί στην κατάσταση όπου κάποιο tag δεν έχει διαβαστεί, διότι είναι σε ένα πεδίο με πολύ χαμηλή δύναμη. Κεραίες με υψηλή διευθυνσιοδότηση δεν είναι κατάλληλες για όλα τα σενάρια, κυρίως όχι στη περίπτωση των θυρών αποθήκης που έχουν εξοπλιστεί με κεραίες reader. Μια καλύτερη επιλογή θα ήταν να χρησιμοποιηθεί μια ειδικά προσαρμοσμένη κεραία, η οποία παράγει ένα πεδίο μέτρησης όσο το δυνατόν πιο ομογενές γίνεται. [7]

3.2.1 Σχεδιασμός Κεραίας Antenna Design

Οι κεραίες μπορεί να είναι είτε μονοστατικές (mono-static) είτε αμφιστατικές (bi-static), γεγονός που εξαρτάται από το σχεδιασμό.

- Οι μονοστατικές κεραίες (Mono-static antennas) είναι βασισμένες στην αρχή όπου μία μόνο κεραία μεταδίδει ένα σήμα, το οποίο έρχεται από τον reader και ομοίως λαμβάνει ένα σήμα που έρχεται από τα tag και αυτές οι λειτουργίες πραγματοποιούνται σε κλάσματα δευτερολέπτου. Αυτό απαιτεί έναν κυκλοφορητή (circulator) σε έναν reader, ο οποίος διαχειρίζεται τα λαμβανόμενα και προς αποστολή σήματα μέσα από μια και μόνο πύλη. Εξαιτίας της χρήσης του κυκλοφορητή, υπάρχουν απώλειες και παραμορφώσεις φάσης.
- Οι αμφιστατικές κεραίες (Bi-static antennas) περιλαμβάνουν δύο κεραίες, όπου η μια έχει καθοριστεί για να στέλνει σήματα, και η άλλη έχει καθοριστεί για να λαμβάνει σήματα.

Και οι δύο κεραίες μπορούν να βρίσκονται στο ίδιο περιβλημά αλλά δεν είναι απαραίτητο να συμβεί κάτι τέτοιο. Στην αμφιστατική κεραία, δεν απαιτείται ο κυκλοφορητής, ο οποίος βελτιώνει την απόδοση και την ευαισθησία της κεραίας. [39]

3.2.2 Πολικότητα Κεραίας - Antenna polarity

Η πολικότητα της κεραίας (Antenna polarity) είναι πολύ σημαντική, διότι επηρεάζει την ποιότητα της επικοινωνίας μεταξύ του reader και του tag. Η κεραία του reader και η κεραία του tag πρέπει να έχουν την ίδια πολικότητα. Εάν η πολικότητα δεν δημιουργηθεί, μπορεί ένα σήμα να υποστεί μία δεινή απώλεια, συγχρόνως με μία δραστηκή μείωση του πεδίου ανάγνωσης, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μια ανεπιτυχή επικοινωνία με το tag. Η πολικότητα μπορεί να είναι είτε κυκλική (circular) είτε γραμμική (linear). Η γραμμική πολικότητα (Linear polarization) είναι σχετική της επιφάνειας της γης και μπορεί να είναι είτε οριζόντια είτε κάθετη.

- Τα σήματα με οριζόντια πολικότητα διαδίδονται παράλληλα στη γη.
- Τα σήματα με κάθετη πολικότητα διαδίδονται κατακόρυφα στη γη.

Η κεραία με κυκλική πολικότητα μπορεί να λάβει σήματα και από τις δύο επιφάνειες (οριζόντια και κάθετη) εισάγοντάς τα σε δύο σημεία της κεραίας ενώ διαχέονται ελαφρά εκτός της φάσης (out of phase) δημιουργώντας μια

αυτή την περίπτωση, πολλαπλά, μικρά εκπεμπόμενα στοιχεία είναι διασυνδεδεμένα, έτσι ώστε τα επιμέρους μέρη του σήματος συνολικά να έχουν τη σωστή κατεύθυνση. Το μέγεθος προσδιορίζει το μακρινό τομέα (far field) μιας τέτοιας κεραίας. Ο μακρινός τομέας δεν συμμετέχει ενεργά στην όλη διαδικασία μέχρι η απόσταση στην κεραία να είναι τόσο μεγάλη που οι διαφορές στις διαδρομές από τις μεμονωμένες εκπομπές να είναι αμελητέες σε σύγκριση με το μήκος κύματος. [7]

Κοντά στην κεραία, το πεδίο δεν είναι πλέον ομογενές και θα μπορούσε να μεταβεί στην κατάσταση όπου κάποιο tag δεν έχει διαβαστεί, διότι είναι σε ένα πεδίο με πολύ χαμηλή δύναμη. Κεραίες με υψηλή διευθυνσιοδότηση δεν είναι κατάλληλες για όλα τα σενάρια, κυρίως όχι στη περίπτωση των θυρών αποθήκης που έχουν εξοπλιστεί με κεραίες reader. Μια καλύτερη επιλογή θα ήταν να χρησιμοποιηθεί μια ειδικά προσαρμοσμένη κεραία, η οποία παράγει ένα πεδίο μέτρησης όσο το δυνατόν πιο ομογενές γίνεται. [7]

3.2.1 Σχεδιασμός Κεραίας Antenna Design

Οι κεραίες μπορεί να είναι είτε μονοστατικές (mono-static) είτε αμφιστατικές (bi-static), γεγονός που εξαρτάται από το σχεδιασμό.

- Οι μονοστατικές κεραίες (Mono-static antennas) είναι βασισμένες στην αρχή όπου μία μόνο κεραία μεταδίδει ένα σήμα, το οποίο έρχεται από τον reader και ομοίως λαμβάνει ένα σήμα που έρχεται από τα tag και αυτές οι λειτουργίες πραγματοποιούνται σε κλάσματα δευτερολέπτου. Αυτό απαιτεί έναν κυκλοφορητή (circulator) σε έναν reader, ο οποίος διαχειρίζεται τα λαμβανόμενα και προς αποστολή σήματα μέσα από μια και μόνο πύλη. Εξαιτίας της χρήσης του κυκλοφορητή, υπάρχουν απώλειες και παραμορφώσεις φάσης.
- Οι αμφιστατικές κεραίες (Bi-static antennas) περιλαμβάνουν δύο κεραίες, όπου η μια έχει καθοριστεί για να στέλνει σήματα, και η άλλη έχει καθοριστεί για να λαμβάνει σήματα.

Και οι δύο κεραίες μπορούν να βρίσκονται στο ίδιο περιβλήμα αλλά δεν είναι απαραίτητο να συμβεί κάτι τέτοιο. Στην αμφιστατική κεραία, δεν απαιτείται ο κυκλοφορητής, ο οποίος βελτιώνει την απόδοση και την ευαισθησία της κεραίας. [39]

3.2.2 Πολικότητα Κεραίας - Antenna polarity

Η πολικότητα της κεραίας (Antenna polarity) είναι πολύ σημαντική, διότι επηρεάζει την ποιότητα της επικοινωνίας μεταξύ του reader και του tag. Η κεραία του reader και η κεραία του tag πρέπει να έχουν την ίδια πολικότητα. Εάν η πολικότητα δεν δημιουργηθεί, μπορεί ένα σήμα να υποστεί μία δεινή απώλεια, συγχρόνως με μία δραστηκή μείωση του πεδίου ανάγνωσης, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα μια ανεπιτυχή επικοινωνία με το tag. Η πολικότητα μπορεί να είναι είτε κυκλική (circular) είτε γραμμική (linear). Η γραμμική πολικότητα (Linear polarization) είναι σχετική της επιφάνειας της γης και μπορεί να είναι είτε οριζόντια είτε κάθετη.

- Τα σήματα με οριζόντια πολικότητα διαδίδονται παράλληλα στη γη.
- Τα σήματα με κάθετη πολικότητα διαδίδονται κατακόρυφα στη γη.

Η κεραία με κυκλική πολικότητα μπορεί να λάβει σήματα και από τις δύο επιφάνειες (οριζόντια και κάθετη) εισάγοντάς τα σε δύο σημεία της κεραίας ενώ διαχέονται ελαφρά εκτός της φάσης (out of phase) δημιουργώντας μια

περιστροφόμενη επίδρασης το πεδίο. Παρ' όλα αυτά, υπάρχει μια ελαφριά απώλεια της δύναμης του σήματος, εξαιτίας της εποικοδομητικής και μη εποικοδομητικής επίδρασης του πεδίου που βρίσκεται ελαφρά εκτός φάσης.

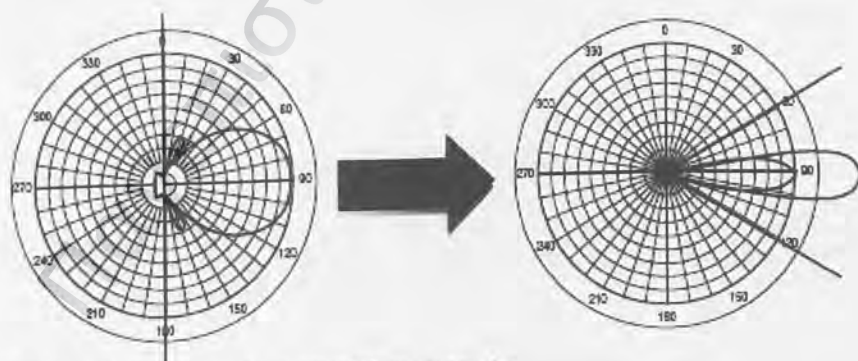
Όπου ο προσανατολισμός του tag μπορεί να επιβεβαιωθεί, συστήνεται η χρησιμοποίηση μιας γραμμικής πολωμένης κεραίας, επειδή το συνεπές κύμα (coherent wave) του σήματος και της έλλειψης διαστρέβλωσης φάσης αυξάνει την πιθανότητα της επικοινωνίας με το tag. [39]

3.2.3 Υπολογισμοί τομέων λειτουργίας κεραίας

Για να γίνει αντιληπτή η απόδοση της λειτουργίας της κεραίας, της απορρόφησης ενέργειας και άλλων παραμέτρων, θα πρέπει να υπολογιστούν μεγέθη όπως το κέρδος (antenna gain) και οι απώλειες (loss calculations) της κεραίας, οι απώλειες ελεύθερου χώρου (free space loss), η αποδοτική ενέργεια του εκπεμπόμενου σήματος (effective radiated power), και η πυκνότητα του πεδίου (field density calculations). Αυτά τα μεγέθη όπως και μερικά ακόμη αναπτύσσονται παρακάτω. [39]

3.2.3.1 Κέρδος και απώλειες κεραίας - Antenna Gain and Loss

Το κέρδος της κεραίας (antenna gain) επιτυγχάνεται συγκεντρώνοντας την ραδιοακτινοβολία RF σε μικρότερο χώρο και έτσι διοχετεύεται περισσότερη ενέργεια από την κεραία στην ζητούμενη κάθε φορά κατεύθυνση. Στην εικόνα 10 βλέπουμε ότι η χρήση των διευθυνσιοδοτών δημιουργεί μικρότερες γωνίες και μεγαλύτερο κέρδος. Με τη χρήση ενός κατόπτρου συγκεντρώνεται η ενέργεια σε ένα και μόνο ημισφαίριο και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να διπλασιαστεί η εκπεμπόμενη ενέργεια σε αυτή την κατεύθυνση ή 3dB σε μέγεθος κέρδους. [39]



Εικόνα 10 Γραφική απεικόνιση του κέρδους της κεραίας

Το κέρδος της κεραίας είναι η σχετική αύξηση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας στο μέγιστο δυνατό και αποδίδεται σε decibel (dB).

Θεωρώντας ως βάση αναφοράς μια κεραία τύπου “half-wave dipole” με 0 dBd (μηδέν decibel που αναφέρονται στη διπολική συσκευή), το κέρδος της κεραίας υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{dBd} = 10 \cdot \log (\text{Power output/Power input})$$

Επίσης χρησιμοποιείται το μέγεθος dBi, το οποίο αντιπροσωπεύει το κέρδος της κεραίας μέσω της αποτίμησης μιας ιστροπικής κεραίας. [39]

Ισχύει η σχέση: $\text{Antenna gain in dBi} = \text{antenna gain in dBd} + 2.14$

3.2.3.2 Αποδοτική Ενέργεια Εκπεμπόμενου Σήματος - Effective Radiated Power (ERP)

Υπάρχουν διάφοροι ορισμοί της αποδοτικής ενέργειας του εκπεμπόμενου σήματος μιας κεραίας.

Ο πιο κοινός ορισμός παρουσιάζει αυτό το μέγεθος ως την ενέργεια που διοχετεύεται στην κεραία πολλαπλασιασμένη από το κέρδος της κεραίας σε δεδομένη κατεύθυνση ή ως το αποτέλεσμα που διοχετεύεται στην κεραία και του κέρδους της κεραίας αναφορικά με μια κεραία τύπου “half-wave dipole” σε δεδομένη κατεύθυνση.

Μπορεί να υπολογιστεί ως εξής: [39]

$\text{ERP (dBm)} = \text{Power of transmitter (dBm)} - \text{loss in transmission line (dB)} + \text{Antenna gain in dBd}$

Το μέγεθος ERP συχνά μετριέται σε Watts.

3.2.3.3 Αποδοτική Ενέργεια Εκπεμπόμενου Σήματος Ιστροπικής κεραίας - Effective Isotropically Radiated Power (EIRP)

Αποδοτική ενέργεια εκπεμπόμενου σήματος ιστροπικής κεραίας (Effective isotropically radiated power) είναι η ενέργεια που διοχετεύεται σε μια κεραία και το κέρδος της αναφορικά με μια ιστροπική πηγή: [39]

$\text{EIRP (dBm)} = \text{Power of transmitter (dBm)} - \text{loss in transmission line (dB)} + \text{Antenna gain in dBi}$

$\text{dBm} = 10 * \log(\text{power out} / 1\text{mW})$

3.2.3.4 Εύρος Ραδιοκύματος - Beam Width

Ο γενικά αποδεκτός όρος του εύρους ραδιοκύματος είναι η γωνία μεταξύ δύο σημείων στο ίδιο επίπεδο, όπου η ακτινοβολία μειώνεται στο μισό, περίπου 3dB κάτω από το σημείο της μέγιστης ακτινοβολίας. [39]

3.2.3.5 Σχέδιο Ακτινοβολίας - Radiation Pattern

Πρόκειται για την γραφική απεικόνιση της έντασης της ακτινοβολίας προς τη γωνία του κάθετου επιπέδου. Η απεικόνιση είναι συνήθως κυκλική και η ένταση προσδιορίζεται από την απόσταση από το κέντρο της γωνίας προς ανταπόκριση. [39]

3.2.3.6 Απώλεια ελεύθερου χώρου - Free Space Loss

Η απώλεια του ελεύθερου χώρου (Free space loss) είναι η ενεργειακή απώλεια του ραδιοκύματος όπως μεταφέρεται από το tag στον reader, μέσω του ελεύθερου χώρου, χωρίς άλλες απώλειες όπως αντανάκλασεις και απώλειες καλωδίων ή μονάδων σύνδεσης. Στην περίπτωση ενός συστήματος RFID, η απώλεια του ελεύθερου χώρου θα ήταν η απώλεια ενέργειας ενός ραδιοκύματος όπως μεταφέρεται από το tag στον reader. Το κέρδος δεν εκτιμάται από συγκεκριμένη κεραία. Η απώλεια προκαλείται από αποκλίσεις στο ραδιοκύμα, που είναι ενέργεια η οποία διαδίδεται σε μεγαλύτερες επιφάνειες σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή. Μονάδα μέτρησης είναι το dB και εκφράζεται ως εξής:

$$FSL(\text{dB}) = 20 * \log(d) + 20 * \log(f) + K,$$

Όπου d είναι η απόσταση, f είναι η συχνότητα, log είναι με βάση το 10, και K είναι μια σταθερά που εξαρτάται από την μονάδα που χρησιμοποιείται και σχετίζεται με τα ραδιοκύμα. [39]

3.2.3.7 Πυκνότητα Πεδίου - Field Density

Πυκνότητα πεδίου ή ενέργειας (Field density ή power density) ορίζεται μέσω της παρακάτω μαθηματικής συνάρτησης

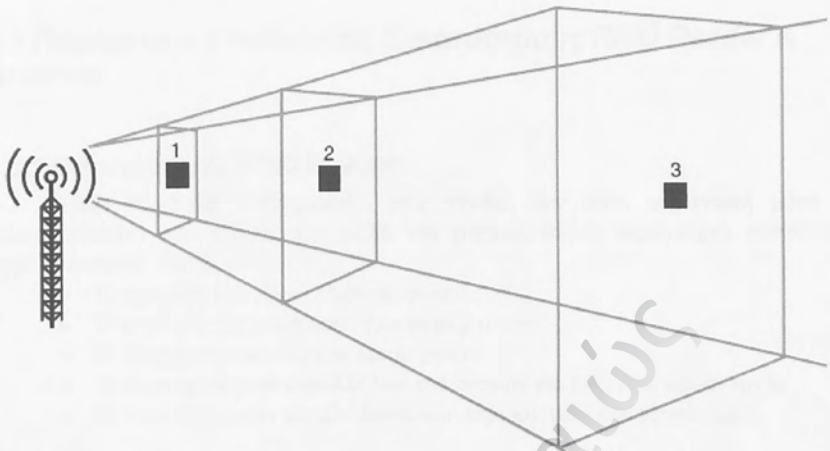
$$P_D = \frac{P_t}{4\pi R^2}$$

όπου P_D είναι η πυκνότητα της ενέργειας, P_t είναι η εκπεμπόμενη ή εισερχόμενη ενέργεια από ή προς την κεραία (είτε η μέση είτε η πιο υψηλή ενέργεια, σε σχέση πάντα με την προσέγγιση) και R είναι η απόσταση προς το κέντρο της ακτινοβολίας. Η πυκνότητα μιας διευθυνοδοτούμενης κεραίας είναι:

$$P_D = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}$$

όπου G_t είναι το κέρδος της κεραίας.

Τυπικά, δεν είναι απαραίτητο να γίνουν οι παραπάνω υπολογισμοί σε τακτά χρονικά διαστήματα. Απλά χρειάζεται να είναι σαφής η πυκνότητα του πεδίου και πώς σχετίζεται με το πεδίο λειτουργίας του reader. Στην εικόνα 11 βλέπουμε μια κεραία και τις περιοχές όπου έχουν γίνει μετρήσεις. Όσο πιο κοντά στην κεραία λαμβάνεται η μέτρηση, τόσο υψηλότερη είναι η ενέργεια που συλλέγεται, διότι το πεδίο RF είναι πυκνότερο σε αυτό το σημείο. [39]



Εικόνα 11 Μετρήσεις για την πυκνότητα πεδίου

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

3.3 Παράμετροι Υλοποίησης Εγκατάστασης RFID Reader & Antenna

3.3.1 Εγκατάσταση RFID Reader

Όταν είναι να εγκατασταθεί ένας reader, δεν είναι σημαντική μόνο η βελτιστοποίηση του πεδίου του, αλλά και μερικές άλλες παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη. Αυτές είναι: [39]

- Η εγγύηση του εξοπλισμού ασφαλείας
- Η εγγύηση της ασφάλειας των εργαζομένων
- Η διατήρηση των κύριων λειτουργιών
- Η δημιουργία των κατάλληλων συνδέσεων για ενέργεια και στοιχεία
- Η κατανόηση των περιβαλλοντικών περιορισμών του εξοπλισμού

3.3.1.1 Ασφάλεια Εξοπλισμού

Μια από τις πιο σημαντικές αποφάσεις που πρέπει να πάρει κανείς είναι το που θα τοποθετηθεί ο reader έτσι ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος βλάβης ή πρόκλησης ατυχημάτων. Στην περίπτωση ενός reader αποβάθρας, για παράδειγμα, γνωρίζοντας ότι ένα μηχάνημα συλλογής προϊόντων, όπως το περονοφόρο, μπορεί να «χάσει» την πόρτα από στιγμή σε στιγμή, μας βοηθάει να επιλέξουμε την καταλληλότερη θέση για να επιβεβαιώσουμε ότι ο reader είναι σε διαδρομή που δεν θα προκαλέσει κάποιο πρόβλημα. Όμως ένας reader μπορεί να μην τοποθετηθεί χαμηλά στην αποβάθρα, αλλά στον τοίχο πίσω από το στήριγμα της κεραίας ή ψηλά από το στήριγμα της κεραίας. Αυτή η τοποθεσία βοηθάει να αποφευχθεί κάποια καταστροφή από το κινούμενο μηχάνημα.

Οι αρχικές προσπάθειες από σημαντικούς κατασκευαστές RFID να χτιστούν προκατασκευασμένες πύλες πορτών, έδειξαν ότι αυτοί οι κατασκευαστές δεν είχαν λάβει υπ' όψιν τους τις πραγματικές συνθήκες λειτουργίας τους. Οι αναγνώστες σε αυτές τις πρόωρες λύσεις τοποθετήθηκαν περίπου 15,24 εκατοστά από το πάτωμα, και ήταν όχι μόνο δύσκολο να είναι προσβάσιμοι για την ανίχνευση μηχανικών βλαβών, αλλά επίσης η κίνηση οχημάτων όπως τα forklifts, έβλαψαν τις συσκευές και τις συνδέσεις τους. Οι κατασκευαστές διδάχθηκαν από αυτό και άλλα παρόμοια λάθη και πλέον εγκαθιστούν πιο «έξυπνες» εφαρμογές. [39]

3.3.1.2 Κανονική λειτουργία - Proper Functionality

Η ιδανική τοποθέτηση για το πεδίο λειτουργίας του reader είναι ζωτικής σημασίας σχετικά με την κανονική λειτουργία του. Για να προσδιοριστεί αυτό το πεδίο, η επιδιωκόμενη κανονική λειτουργία θα πρέπει πρώτα να καθοριστεί. Μόνο τότε μπορεί να αποφασιστεί πού θα πρέπει να τοποθετηθούν ο reader και η κεραία, έτσι ώστε και ο προσανατολισμός της να την οδηγήσει στο να επιτελέσει πιο ακριβείς αναγνώσεις. Διαβεβαιώνοντας ότι η προσδοκώμενη ανάγνωση που πραγματοποιείται, είναι κρίσιμη για την επιτυχή λειτουργία του. [39]

3.3.1.3 Ασφάλεια Προσωπικού

Θα πρέπει να δοθούν στους εργαζόμενους προσεκτικές οδηγίες, κυρίως όσον αφορά την ασφάλειά τους, όταν καθοριστεί το σημείο τοποθέτησης του reader. Οι

μονάδες δεν θα πρέπει να τοποθετηθούν σε σημεία όπου μπορεί να αποτελέσουν εμπόδιο. Εάν ο reader τοποθετηθούν πάνω σε όχημα, ούτε ο reader ούτε η κεραία θα επηρεάσουν την ορατότητα ή τους ελιγμούς (maneuverability) του χειριστή κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του οχήματος. [39]

3.3.1.4 Συνθήκες Περιβάλλοντος

Οδηγίες θα πρέπει να δοθούν όσον αφορά τις συνθήκες του φυσικού περιβάλλοντος, όπου θα τοποθετηθεί ο reader. Οι παράγοντες που θα πρέπει να αξιολογηθούν σχετικά με αυτό το θέμα, είναι:

- Θερμοκρασία ελάχιστη / μέγιστη
- Υγρασία
- Shock
- Κραδασμοί
- Έκθεση σε χημικές ουσίες
- Συνθήκες εκτόξευσης υγρών (Splash conditions)
- Σκόνη

Δεν μπορούν να επιβιώσουν πολλοί reader ραφιών σε αυτές τις συνθήκες. Επιλέγοντας τον κατάλληλο reader για το κάθε περιβάλλον, είναι κρίσιμης σημασίας.

- Η μείωση του κόστους που επέρχεται από την αντικατάσταση του συχνά κατεστραμμένου εξοπλισμού και
- Η μείωση του χρόνου που σταματάει να δουλεύει σε συνδυασμό με την αποτυχία λειτουργίας του hardware μέρους.

Μία εκτενής μελέτη περιβάλλοντος συστήνεται πάντα ακόμη και εάν οι συνθήκες είναι φαινομενικά σε ετοιμότητα (seem to be readily apparent). [39]

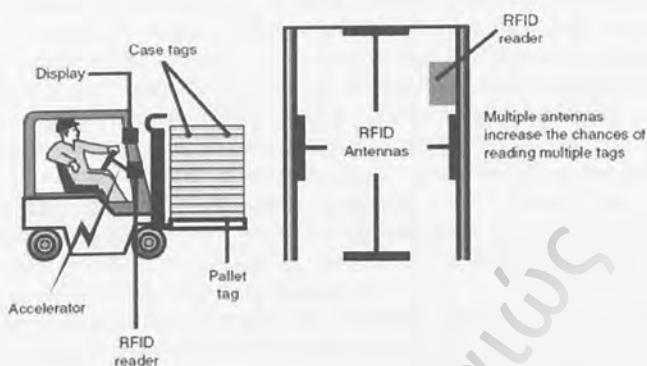
3.3.2 Εγκατάσταση RFID Antenna

Επειδή τα RFID tag παρουσιάζουν RF ανωμαλίες και θέματα προσανατολισμού, είναι συχνά επιθυμητό να γίνει χρήση ορισμένων κεραίων τοποθετημένων μαζί, αλλά που να ελέγχονται από έναν reader.

Σε εφαρμογές εφοδιαστικής αλυσίδας, οι πύλες και τα τούνελ αποτελούν τη δομή που χρησιμοποιείται ευρύτερα. Η ενεργοποίηση και η ανάγνωση των RFID tag πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο που να αυξάνεται η πιθανότητα ότι θα βρίσκεται στο πεδίο του σήματος του reader για τόσο χρόνο όσο είναι απαραίτητο για να αναγνωστεί. [39]

3.3.2.1 RFID Πύλη

Ο καλύτερος τρόπος για να γίνει κατανοητή η λειτουργία μιας RFID πύλης, είναι μέσω μιας τυπικής εφαρμογής – για παράδειγμα, σε μια αποθήκη όπου ένα περονοφόρο μεταφέρει αποθέματα μέσα από μια πόρτα αποβάθρας (dock door). Όπως το περονοφόρο αφαιρεί μια παλέτα αγαθών από ένα φορτηγό σε μια αποβάθρα παραλαβής, οι κεραίες της πύλης τοποθετούνται έτσι ώστε τα RFID tags στην παλέτα να περάσουν μέσα από το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο του reader. Οι κεραίες της πύλης μπορεί να είναι συνδεδεμένες σε έναν και μόνο reader ή κάθε μια κεραία να είναι συνδεδεμένη στο δικό της μεμονωμένο reader. Είναι εξαρτώμενες από την εκάστοτε εφαρμογή. Ένα παράδειγμα μιας πύλης κεραίας φαίνεται στην εικόνα 12.

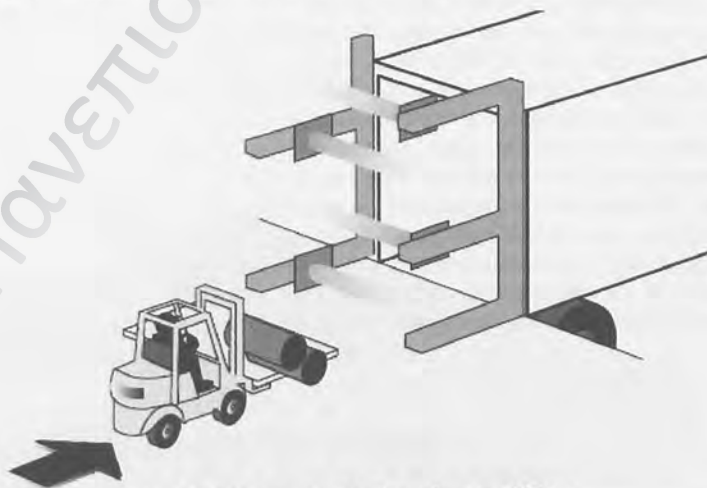


Εικόνα 12 Πύλη κεραίας RFID

Στην εικόνα 13 μπορεί να δει κάποιος τις 4 κεραίες. Εκεί υπάρχουν διάκενα στην κάλυψη.

Αυτά τα διάκενα μπορεί να είναι αποδεκτά εάν τοποθετηθούν τα tag σε σχέση με την πύλη της κεραίας – για παράδειγμα, εάν όλα τα tag σε όλα τα προϊόντα που περνάνε μέσα από την πύλη έχουν το ίδιο ύψος και θέση κάθε φορά που περνάνε από εκεί.

Όταν οι κεραίες RFID τοποθετούνται, πρέπει να επιδιωχθεί να δημιουργηθεί ένα “sweet spot”. “Sweet spot” είναι ένας όγκος χώρου όπου η πιθανότητα της επικοινωνίας με ένα RFID tag μεγιστοποιείται. Κατά τον αρχικό σχεδιασμό της πύλης πρέπει να βεβαιωθούμε ότι σχεδιάζουμε μία “sweet spot” πύλη.



Εικόνα 13 Πύλη κεραίας RFID σε πόρτα αποβάθρας

Ένα RFID tag, μόλις ενεργοποιηθεί, απαιτεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα για να ανταποκριθεί. Είναι σημαντικό η RF ενέργεια, η οποία ενεργοποιεί το tag, να παραμένει σε ένα επίπεδο επαρκές να συντηρήσει την λειτουργικότητα του tag μέχρι να ανακτήσει πλήρως όλα του τα στοιχεία ή να υποθηκεύσει στοιχεία στη μνήμη του. Επειδή το tag μπορεί να ενεργοποιηθεί μόνο αν βρίσκεται στη δέσμη ενός ραδιοκύματος (beam) μιας RFID κεραίας, το tag πρέπει να παραμένει στη δέσμη αυτή για τόσο χρόνο όσο απαιτείται για να εκτελεστούν οι απαιτούμενες λειτουργίες. Αυτό το χρονικό διάστημα είναι γνωστό και ως “dwell time” ή “time in beam”. Εάν το διάστημα αυτό “dwell time” είναι τόσο μικρό, το tag μπορεί να μην λειτουργήσει προσωρινά και έτσι οι λειτουργίες εγγραφής και επανεγγραφής να μην ξαναλειτουργήσουν. Ένας τρόπος για να μεγιστοποιηθεί ο χρόνος παραμονής ενός tag στη δέσμη του ραδιοκύματος, είναι να τοποθετηθεί η κεραία έτσι ώστε το “sweet spot” να είναι τόσο μεγάλο όσο είναι απαραίτητο.

Το χρονικό διάστημα “Dwell time” διαφέρει, ανάλογα με την λειτουργία που πραγματοποιείται. Η ανάγνωση είναι μία λειτουργία που πραγματοποιείται γρήγορα, αλλά η εγγραφή στα tag μπορεί να διαρκέσει περισσότερο. Ο χρόνος που απαιτείται για την εγγραφή σε σχέση με το χρόνο που χρειάζεται για την ανάγνωση μπορεί να είναι και 5 φορές μεγαλύτερος. [39]

3.3.2.2 RFID Τούνελ

Τα RFID τούνελ ποικίλουν αναφορικά με το θέμα της πύλης και τυπικά χρησιμοποιούνται σε συστήματα που περιέχουν ταινιόδρομους. Τα τούνελ εσωκλείονται συχνά σε υλικά που απορροφούν ραδιοκύματα, όπως ένα υλικό χωρίς ήχο (“anechoic material”). Αυτό καλείται “Faraday cage”. Εσωκλείοντας το τούνελ με αυτό τον τρόπο, βοηθάται το RF σήμα που έχει όλη την απαιτούμενη ενέργεια να εισέλθει και να παραμένει.

Ένα τούνελ μειώνει την απαίτηση παραγωγής ενέργειας από τον reader. Εντούτοις, μπορεί τυχαία να ενεργοποιήσει ένα tag σε ένα στοιχείο που βρίσκεται σε έναν διαφορετικό ταινιόδρομο κατά λάθος. Επομένως, πρέπει να γίνει με προσοχή ο προγραμματισμός και η κατασκευή μιας σήραγγας. Όταν εγκαθίστανται οι ζώνες λειτουργίας του reader, είναι σημαντικό να εξεταστούν όλοι οι παράγοντες που αναμειγνύονται στην λειτουργία ενός συστήματος RFID, έτσι ώστε η καλύτερη επιλογή των σειρών κεραίων μπορεί να γίνει για να μεγιστοποιηθεί ο αριθμός των tag που ανιχνεύονται επιτυχώς όταν εισέρχονται στο πεδίο ανάγνωσης του reader.

Όπως με τις πύλες, οι πολλές κεραίες μαζί, αυξάνουν την πιθανότητα ανάγνωσης σε μια σήραγγα. Το γεγονός ότι εσωκλείονται σε υλικά που απορροφούν ραδιοκύματα, βοηθάει στο να εισέλθει και να συγκεντρωθεί η ενέργεια RF. Επίσης, εάν η κατασκευή που εσωκλείεται ένα τούνελ είναι η κατάλληλη, τότε αποτρέπεται η παρεμπόδιση της λειτουργίας του reader ενός ταινιόδρομου από τη λειτουργία ενός reader από άλλο ταινιόδρομο. Εάν επιλεγεί να μην χρησιμοποιηθεί ένα τούνελ, η κατάλληλη τοποθέτηση της κεραίας και η εξασθένηση από κοινού με έναν μεταφορά μπορούν να φέρουν παρόμοια αποτελέσματα. [39]

3.3.2.3 Ατέλειες στην κάλυψη μιας κεραίας

Οι τρύπες μπορούν να προκληθούν από διάφορους παράγοντες :

- Αντανακλάσεις της ενέργειας RF που παρεμβαίνουν στο εκπεμπόμενο πεδίο ραδιοκυμάτων (πολλαπλών διαδρομών)
- Ατέλειες στον ανακλαστήρα της κεραίας

- Παρεμβολές από εξωτερικές πηγές

Χρησιμοποιώντας αλληλεπικαλυπτόμενα πεδία ραδιοκυμάτων, μπορούν να αντιμετωπιστούν οι παρεμβάσεις με οποιοδήποτε κύμα, οι οποίες καλούνται παρεμβάσεις πολλαπλών διαδρομών.

Αυτό μπορεί να προκαλέσει τα μηδενικά σημεία (τρύπες) καθώς επίσης και τα σημεία με το πολύ ισχυρό σήμα ή το θόρυβο RF. Μετακινώντας το αντικείμενο που φέρει το tag μέσα στο πεδίο των ραδιοκυμάτων, εξασφαλίζεται ότι το tag δεν θα παραμείνει σε μια τρύπα για πολύ καιρό. [39]

3.3.3 Παράμετροι πεδίου λειτουργίας Reader

Όταν εγκαθίσταται ένα σύστημα με πολλαπλούς reader, οι οποίοι ενδεχομένως να έχουν αλληλεπικαλυπτόμενο εύρος λειτουργίας, θα πρέπει να ληφθούν σοβαρά συγκεκριμένοι παράμετροι. Ο έλεγχος τέτοιου είδους καταστάσεων μπορεί να γίνει μέσω της εφαρμογής[39]:

- **Πυκνής (Dense) κατάσταση reader**

Προσδίδει σε κάθε reader την ικανότητα να λειτουργήσει σε μια ελαφρώς διαφορετική συχνότητα και κατ' επέκταση να μειωθούν οι παρεμβολές μεταξύ των reader. Τεχνικές με παρόμοια αποτελέσματα είναι: "Listen Before Talk" (LBT) και "Frequency hopping", ή συνδυασμός τους.

- **Συγχρονισμός reader**

Το επίπεδο της παρεμβολής του σήματος της κεραίας ενός reader στο πεδίο λειτουργίας ενός άλλου reader εξαρτάται από παράγοντες όπως:

- Το μέγεθος και τον τύπο της κεραίας
- Την έξοδο της ενέργειας της κεραίας
- Την απόσταση μεταξύ των κεραίων
- Την παρουσία ή την απουσία του "shielding"

Η ποικιλομορφία των τοπικών συνθηκών μπορεί να επηρεάσει το γενικό υπόβαθρο θορύβου.

Για παράδειγμα, η παρεμβολή ενός σήματος RF και ο ηλεκτρικός θόρυβος μπορεί να ταξιδέψουν από το πεδίο λειτουργίας ενός reader στο πεδίο λειτουργίας ενός άλλου μέσω μεταλλικών δομών. Αυτές οι μεταλλικές δομές μπορεί να συμπεριλαμβάνουν τα πλαίσια των μεταλλικών κτηρίων, ενισχυμένες μπάρες σε συμπαγή δάπεδα, και καλώδια ηλεκτρικά ή δεδομένων.

Οι τρεις κύριες λειτουργίες συγχρονισμού είναι:

- Συγχρονισμός Software synchronization
Χρησιμοποιείται όταν πολλοί reader συνδέονται στον ίδιο διάλογο επικοινωνίας. Οπότε ο υπολογιστής που ελέγχει τη λειτουργία τους (host computer) δίνει εντολή σε κάθε reader να εκπέμψει σε διαφορετικό χρόνο με σκοπό να μην συμπέσουν όλοι μαζί.
- Multiplexing
Σε αυτή τη μέθοδο ένας reader συνδέεται σε ένα κουτί "switching box" (MUX) με πολλές κεραίες και το σήμα που εκπέμπει κατευθύνεται σε κάθε κεραία διαδοχικά, εξασφαλίζοντας ότι μόνο μια κεραία εκπέμπει κάθε φορά.
Η μέθοδος "Multiplexing" διαχωρίζει το χρόνο που είναι διαθέσιμος για να αναγνωστεί ένα tag με τον αριθμό των καναλιών στον "multiplexer". Γι' αυτό το λόγο απαιτείται επιπρόσθετος

χρόνος που θα εξασφαλίσει ότι η ανάγνωση έχει ολοκληρωθεί, ειδικά εάν τα tag κινούνται γρήγορα μέσα από το εύρος του reader.

○ **Shielding**

Προτρέπει τις παρεμβολές μεταξύ αναγνωστών και την ανίχνευση των tag από παρακείμενη κεραία που δεν είχε την εντολή αυτή.

Επίσης λειτουργεί προστατευτικά, όσον αφορά την απόδοση των reader και των tag όταν μεταλλικά φύλλα ή άλλα αντικείμενα βρίσκονται δίπλα στη κεραία. Εξαιτίας του σχήματος του πεδίου RF, το μεταλλικό πλέγμα ή φύλλο που χρησιμοποιείται για το “shielding” πρέπει να είναι περίπου δύο φορές ψηλότερο από την κεραία.

● **«Διαιτησία» (Arbitration)**

Μέθοδος που προσδιορίζει όλα τα tag στο πεδίο του reader και εξασφαλίζει ότι θα ανιχνευτούν μόνο τα tag που πρέπει. Προηγείται των μηχανισμών σύγκρουσης (anticollision mechanism). Η λειτουργία της διαφέρει ως προς τα πρωτόκολλα Generation 1 και Generation 2.

● **Πρωτόκολλα αποτροπής «συγκρούσεων» (Anti-collision protocols).**

Η κατάσταση, όπου δύο ή περισσότερα tag ανταποκρίνονται ταυτοχρόνως, καλείται “Collision”. Η κατάσταση, όπου ο reader διαχωρίζει ένα tag από τα άλλα, έτσι ώστε μόνο ένα tag να επεξεργάζεται κάθε φορά, καλείται “Anticollision”.

Ο αλγόριθμος του “Anticollision” ταξινομείται σε πιθανολογικό (probabilistic) και ντετερμινιστικό (“deterministic”). Επίσης υπάρχει ο αλγόριθμος “FM0” που χρησιμοποιείται από στα ISO πρότυπα και ο “Miller Subcarrier” που χρησιμοποιείται σε reader που υποστηρίζονται από το πρότυπο Generation 2.

4. MIDDLEWARE

4.1 Γενικά

Ο όρος middleware πρωτοεμφανίστηκε στο τέλος του 1980 για να περιγράψει το λογισμικό διαχείρισης των συνδέσεων σε ένα δίκτυο, όμως δεν απέκτησε ευρεία αποδοχή μέχρι τα μέσα του 1990, όπου και η τεχνολογία δικτύων ωρίμασε και αναπτύχθηκε. Έως τότε το middleware είχε αποκτήσει ένα πιο βοηθητικό ρόλο στην εγκατάσταση των εφαρμογών. Στην αρχή της δεκαετίας του 90 ο όρος συνδέθηκε με τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων (relational databases), από τα μέσα της δεκαετίας και μετά ο ρόλος του, όμως, άλλαξε. Όπως και σήμερα, το middleware έχει τοποθετηθεί κυρίως κάτω από τις έννοιες των δικτυακών συστημάτων λειτουργίας (network operating systems), κατανεμημένων λειτουργικών συστημάτων (distributed operating systems) και του κατανεμημένου υπολογιστικού περιβάλλοντος (distributed computing environment).

Πολλά προγράμματα middleware έχουν χρησιμοποιηθεί κατά διαστήματα κυρίως στον τομέα των δικτύων. Από τα πιο ιστορικά είναι το Cronus, το Ede, το Apollo, ενώ στις μέρες μας η βασική δομή των middleware προγραμμάτων στηρίζεται στο HTTP. [5]

Το middleware είναι ένα λογισμικό σχεδιασμένο ειδικά για να βοηθάει στην διαχείριση των περίπλοκων και ετερογενών κατανεμημένων συστημάτων. Ορίζεται ως ένα επίπεδο λογισμικού που τοποθετείται πίσω από το βασικό λειτουργικό σύστημα και της εφαρμογές, για να παρέχει μια κοινή προγραμματιστική γλώσσα επικοινωνίας των διαφόρων συστημάτων και εφαρμογών. Κατά αυτό το τρόπο απαλλάσσει σημαντικά τις εφαρμογές από τις επίμονες και πολλές φορές υψηλού κινδύνου λειτουργίες προγραμματισμού.

Το middleware έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ενώνει τα διάφορα ετερογενή επίπεδα του λειτουργικού συστήματος και των εφαρμογών μέσα σε ένα δίκτυο υπολογιστών, ενώ πολλά σύγχρονα middleware προχωράνε σε ομαλοποίηση και σε επίπεδο hardware.

Στην βιβλιογραφία συναντούνται μερικές κατηγορίες middleware να έχουν αναπτυχθεί κατά διαστήματα και να παρέχουν προγραμματιστική ενοποίηση και επικοινωνία των ετερογενών δικτύων και του εξοπλισμού. Τα πιο σημαντικά από αυτά περιγράφονται στη συνέχεια. [5]

Distributed Tuples

Τα distributed tuples προσφέρουν μια πιο αφαιρετική (abstraction) μορφή, αυτή των Κατανεμημένων Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων (Distributed Relational Database), που αποτελούν το πιο ευρέως διαδεδομένο είδος middleware. Βασισμένο σε SQL (Structured Query language) γλώσσα προγραμματισμού, επιτρέπει την διαχείριση πολλών διαφορετικών συνόλων δεδομένων μέσα από μια δομημένη μορφή και κάτω από την χρήση αυστηρών μαθηματικών δομών βασισμένα σε μαθηματική ανάλυση. Μια ακόμα απλοποίηση στις λειτουργίες, που προσφέρουν αυτού του είδους τα προγράμματα, είναι στην συναλλαγή (transaction) των διαφόρων προγραμματιστικών γλωσσών.

Remote Procedure Call

Η Μέθοδος Απομακρυσμένης Επικοινωνίας (Remote Procedure Call) είναι ένα middleware που επεκτείνει την μέθοδο διεπαφής επιτρέποντας ουσιαστικά στους προγραμματιστές να απλοποιήσουν τη διαδικασία επιλογής μιας διαδικασίας που είναι αποθηκευμένη μέσα σε ένα δίκτυο. Ένα RPC σύστημα είναι ένα ενεργό πρόγραμμα που παραμετροποιείται συνέχεια, αυτό έχει ως συνέπεια να μην προσφέρεται για ενδεχόμενη αντιστοίχιση χωρίς την χρήση πολλαπλών ενεργών συνδέσεων, ενώ ακόμα, έχει περιορισμένη επέκταση σε λειτουργίες διαχείρισης.

Message-Oriented Middleware

Τα Message-oriented middleware εξυπηρετούν στην καλύτερη διαχείριση των διαφόρων μηνυμάτων που βρίσκονται σε ουρά αναμονής ενός δικτύου. Η κατηγορία αυτή αποτελεί μια πιο γενική δομή των λειτουργικών προγραμμάτων του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (mailbox). Τα προγράμματα αυτά παρέχουν ευελιξία στον τρόπο με τον οποίο διαχειρίζονται τα διάφορα μηνύματα που στέλνονται και λαμβάνονται σε μια ουρά αναμονής. Προσφέρουν σταθερότητα, αντίγραφα ασφαλείας και σε πραγματικό χρόνο δεδομένα της απόδοσης της ουράς αναμονής των μηνυμάτων.

Distributed Object Middleware

Το distributed Object Middleware παρέχει την δυνατότητα σε ένα απομακρυσμένο αντικείμενο να τεθεί σε λειτουργία με τον ίδιο τρόπο όπως αυτά που βρίσκονται στο ίδιο σημείο από όπου και γίνεται η κλήση. Το middleware αυτού του τύπου προσφέρει όλα τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας των λογισμικών που είναι προσανατολισμένα στα αντικείμενα.

Για τον προγραμματισμό ενός λογισμικού middleware δεν χρειάζεται να αναπτυχθεί ξεχωριστή γλώσσα προγραμματισμού, καθώς οι ήδη υπάρχουσες καλύπτουν επαρκώς τις απαιτήσεις. Έτσι γλώσσες όπως η C++ και η JAVA χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των middleware προγραμμάτων.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τρόποι για τον προγραμματισμό των middleware προγραμμάτων με τις υπάρχουσες γλώσσες προγραμματισμού. Στον πρώτο τρόπο, ένα middleware σύστημα παρέχει μια βιβλιοθήκη με τις διάφορες λειτουργίες που επιλέγονται για να αξιοποιηθούν το middleware. Από τις πιο πάνω κατηγορίες αυτή του distributed tuples είναι δομημένη κατά αυτό τον τρόπο. Ο δεύτερος τρόπος προγραμματισμού έρχεται μέσα από μια εξωτερική γλώσσα ορισμού της διεπαφής (Interface Definition Language). Σε αυτή την προσέγγιση ένα IDL αρχείο περιγράφει την διεπαφή για τα απομακρυσμένα συστατικά, και τα αντιστοιχεί μέσω του IDL με τη γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση. Τέλος, ο τρίτος τρόπος περιγράφει την υποστήριξη του κατανεμημένου συστήματος μέσα από την εκάστοτε γλώσσα προγραμματισμού και τον χρόνο λειτουργίας του συστήματος εξ αρχής. Παράδειγμα αποτελεί η μέθοδος Remote Method Invocation (RMI) για τη γλώσσα Java.

Η χρήση των middleware προγραμμάτων, εκτός από την ενοποίηση των διαφόρων δικτυακών εφαρμογών και λογισμικών, έχει επεκταθεί και σε άλλες εφαρμογές. Η δυνατότητα του middleware, στο να ενοποιεί και να μεταφέρει τις πληροφορίες μεταξύ των διαφόρων λειτουργικών συστημάτων, βρίσκει εφαρμογή στη χρήση της τεχνολογίας RFID, καλύπτοντας το κενό μεταξύ του RFID συστήματος και του υπόλοιπου πληροφοριακού συστήματος.[5]

4.2 RFID Middleware

4.2.1 Οι συνιστώσες του RFID Middleware

Το RFID Middleware βοηθάει στο να γίνουν κατανοητά τα δεδομένα που είναι εγγεγραμμένα σε ένα RFID tag, αλλά αυτή δεν είναι η ακριβής ερμηνεία του τι κάνει ένα RFID middleware. Οι πωλητές και οι αναλυτές διαφωνούν όσον αφορά: το τι είναι ακριβώς το "RFID middleware" (π.χ. Αν είναι edgware, software, ή hardware), το τι κάνει (Φιλτράρισμα δεδομένων, εκτέλεση εφαρμογών, παρακολούθηση και έλεγχος συσκευών) και τη μελλοντική του θέση. [11]

Σύμφωνα με ένα πιο ελεύθερο ορισμό ένα RFID middleware, φιλτράρει, τυποποιεί ή δίνει λογική μορφή στα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από έναν reader, έτσι ώστε να υποστούν επεξεργασία από ένα πληροφοριακό σύστημα. Αλλά ένας τέτοιος ευρύς ορισμός δεν είναι απόλυτα σωστός, διότι, για παράδειγμα, μερικές φορές τρίτα software (third-party software) που διενεργούν τις προαναφερόμενες λειτουργίες μπορεί να εγκατασταθούν απευθείας στους RFID reader. Συνεπώς δεν υπάρχει κάτι άλλο μεταξύ του reader και του πληροφοριακού συστήματος. [11]

Το RFID middleware αποτελείται από hardware και software επεξεργασίας δεδομένων, το οποίο συνδέει τον reader και τα δεδομένα που συλλέγει με τα πληροφοριακά συστήματα και τις αποθήκες δεδομένων (data repositories). Μετατρέπει δεδομένα από tag σε πληροφορίες ιχνηλασιμότητας (tracking) και εξακριβώσης στοιχείων. Επίσης μπορεί να βοηθήσει να φιλτραριστούν πιο αποτελεσματικά τα δεδομένα και να παρακολουθούνται, να ελέγχονται και να συνητηρούνται οι reader. Κύρια ζητήματα που σχετίζονται με το middleware είναι η διαλειτουργικότητα (interoperability) και η προσβασιμότητα, ο προσδιορισμός των δικτυακών προτύπων και οι υπηρεσίες που συνδέουν τις πληροφορίες του tag στα συστήματα εφαρμογών.[80]

Ειδικότερα, το RFID middleware είναι υπεύθυνο για την προετοιμασία των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από τους reader του RF υποσυστήματος για ένα πιο διευρυμένο πληροφοριακό σύστημα που υποστηρίζει απευθείας τις επιχειρηματικές διαδικασίες. Το middleware δεν εμφανίζει την πολυπλοκότητα και τις λεπτομέρειες εγκατάστασης του RF υποσυστήματος στο διευρυμένο πληροφοριακό σύστημα. Αυτό επιτρέπει σε όσους συμβάλουν στην ανάπτυξη του διευρυμένου πληροφοριακού συστήματος και στους χρήστες του να επικεντρωθούν στην συμβολή των στοιχείων που συλλέγονται μέσω της τεχνολογίας RFID παρά να ασχολούνται με την πολυπλοκότητα της ασύρματης επικοινωνίας. Για παράδειγμα, το middleware φιλτράρει τα διπλοεγγεγραμμένα, ανολοκλήρωτα και μεγάλου όγκου δεδομένα που λαμβάνει από τους reader. Ειδικά το φιλτράρισμα μέσω του middleware είναι πολύ χρήσιμο για εφαρμογές, στις οποίες μεγάλος αριθμός tag είναι σε κοντινή περιοχή και όταν σε ένα περιβάλλον RF περιέχονται υλικά που αντανακλούν. Το middleware μπορεί άμεσα να μεταφέρει τα φιλτραρισμένα δεδομένα στο διευρυμένο πληροφοριακό σύστημα ή να τα συναθροίσει (aggregate) και να τα φυλάξει για μετέπειτα ανάκτηση. [41]

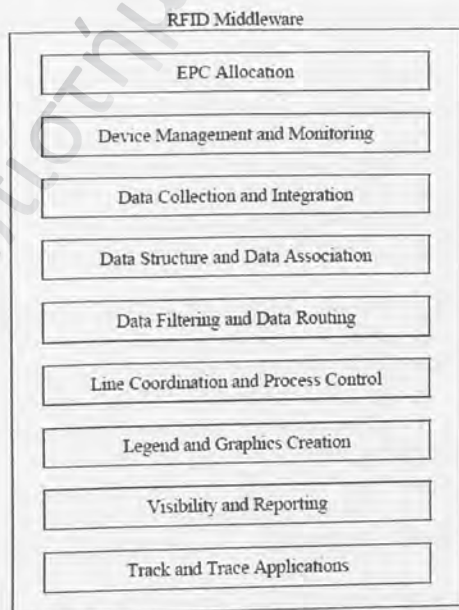
Το φιλτράρισμα και η επεξεργασία δεδομένων είναι αντιπροσωπευτικές της λειτουργίας του middleware ως software. Επίσης συστήματα διαχείρισης αποθηκών (WMS) και άλλες έτοιμες εφαρμογές ίσως να έχουν διεπαφές που να δέχονται την εισαγωγή δεδομένων μέσω RFID και αντιστρόφως middleware προϊόντα που έχουν προσανατολισμό την RFID τεχνολογία ίσως να πραγματοποιούν σε αυξημένο βαθμό

λειτουργίες όπως διακρίβωση στοιχείων κατά την παραλαβή ή την φόρτωση προϊόντων. [11]

Οι διαχειριστές συστημάτων επίσης χρησιμοποιούν το middleware για να παρακολουθήσουν και να διαχειριστούν τους reader. Για παράδειγμα, χρησιμοποιούν το middleware για να προσαρμόσουν την εξαγόμενη ενέργεια και το κύκλο λειτουργίας (duty cycle) με σκοπό να μειώσουν τον αριθμό των λαθών που έχουν εκτελεστεί. Πολλά προϊόντα middleware επίσης ενεργοποιούνται βασισμένα σε γεγονότα (event-based triggers) που πραγματοποιούν ενέργειες αυτόματα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Πολλά προϊόντα middleware επίσης παρέχουν επιπρόσθετα χαρακτηριστικά, όπως το να τυπώνουν ετικέτες RFID, τα οποία παρέχουν πολύ περισσότερα προνόμια από τη διαχείριση δεδομένων και συσκευών. [41]

Παρακάτω αναπτύσσονται συγκεντρωτικά [Εικόνα 14] οι συνιστώσες του RFID middleware, οι οποίες είναι:

- EPC Allocation - Κατανομή EPC
- Device Management and Monitoring - Διαχείριση και παρακολούθηση συσκευών
- Data Collection and Integration - Συλλογή δεδομένων και Ενσωμάτωση
- Data Structure and Data Association - Δόμηση και συσχέτιση δεδομένων
- Data Filtering and Data Routing - Φιλτράρισμα και δρομολόγηση στοιχείων
- Line Coordination and Process Control - Συντονισμός γραμμών και Έλεγχος διαδικασιών
- Legend and Graphics Creation - Δημιουργία λεζάντας και γραφικού
- Visibility and Reporting - Ορατότητα και διαφάνεια
- Track and Trace Applications - Εφαρμογές Παρακολούθησης και ιχνηλασιμότητας



Εικόνα 14 Οι συνιστώσες του RFID middleware

Αναλυτικότερα έχουμε:

- **EPC Allocation - Κατανομή EPC**
Οι κωδικοί EPC πρέπει να διαχειρίζονται από τους προμηθευτές και να διατίθενται στους πόρους παραγωγής τους σε ευρύτερο, τοπικό ή και ακόμη επίπεδο γραμμών παραγωγής.
- **Device Management and Monitoring – Διαχείριση και παρακολούθηση συσκευών**
Η εφαρμογή των RFID tag σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει ως συνέπεια τη χρήση συσκευών όπως ζυγαριές, εκτυπωτές, σταθμούς επικύρωσης και άλλες, οι οποίες πιθανώς να μην στηρίζονται σε κοινά πρότυπα. Ως εκ τούτου αυξάνεται ο βαθμός πολυπλοκότητας στην εφαρμογή τους και γίνεται δυσκολότερη η διαχείρισή τους, η οποία έχει στόχο την ομαλή ενσωμάτωσή τους σε όλο το σύστημα.
- **Data Collection and Integration – Συλλογή δεδομένων και Ενσωμάτωση**
Αυτό είναι το κύριο μέρος του RFID middleware. Εδώ συλλέγονται στοιχεία από πολλές ανόμιες συσκευές και τα οποία έπειτα πρέπει να ενσωματωθούν σε άλλα συστήματα.
- **Data Structure and Data Association – Δόμηση και συσχέτιση δεδομένων**
Η πολυπλοκότητα εντοπίζεται όταν επιχειρήσει κάποιος να ενσωματώσει τα δεδομένα στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα. Είναι κρίσιμης σημασίας η συσχέτιση, η ιεράρχηση και η επιλογή των δεδομένων.
- **Data Filtering and Data Routing – Φιλτράρισμα και δρομολόγηση στοιχείων**
Απαιτείται οι όγκοι των δεδομένων που παράγονται από μια υποδομή EPC/RFID να φιλτράρονται για να εξάγονται οι σημαντικότερες πληροφορίες. Το επόμενο βήμα είναι οι πληροφορίες να διανέμονται στο σωστό πρόσωπο, στη σωστή θέση, στο σωστό σύστημα ή στο σωστό χρόνο.
- **Line Coordination and Process Control – Συντονισμός γραμμών και Έλεγχος διαδικασιών**
Η διοχέτευση των ποικίλων πληροφοριών στη γραμμή παραγωγής σε πραγματικό χρόνο, απαιτεί αυτόνομο και ολοκληρωμένο συντονισμό γραμμών, καθώς και έλεγχο διεργασιών. Τα μοναδικά προγραμματισμένα tag εξασφαλίζεται ότι θα μπουν στα μεμονωμένα κουτιά και παλέτες, μέσω ελέγχου των ταινιόδρομων, από τους PLC, από τους αισθητήρες, από τους μηχανισμούς απόρριψης, των σειρών αναμονής και άλλα εργαλεία. Κάθε γραμμή πρέπει να τρέξει αυτόνομα ενώ όντας δικτυωμένη μέσα σε ένα μεγαλύτερο σύστημα για να εξασφαλίσει ακεραιότητα στοιχείων.
- **Legend and Graphics Creation – Δημιουργία λεζάντας και γραφικού**
Είναι απαραίτητο να τοποθετηθεί στα κουτιά και στις παλέτες μία έκδοση του EPC, η οποία να είναι δυνατόν να αναγνωστεί από ανθρώπους, για το ενδεχόμενο να καταστραφεί ή να αφαιρεθεί. Πιθανώς σε μορφή barcode.
- **Visibility and Reporting – Ορατότητα και διαφάνεια**
Η ανάγκη για τη διαφάνεια και την ορατότητα αυξάνεται σημαντικά. Αυτό συμπεριλαμβάνει τα στοιχεία για την ποσοτική και ποιοτική ανάλυση, καθώς επίσης και για τον έλεγχο της υγείας των συστημάτων.
- **Track and Trace Applications – Εφαρμογές Παρακολούθησης και ιχνηλασιμότητας**
Σκοπός αυτής της εφαρμογής είναι να διατίθενται περισσότερες πληροφορίες όσον αφορά την παρακολούθηση και τον εντοπισμό θέσης των διακινούμενων αγαθών μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα. Με αυτό τον τρόπο κινείται και η

λειτουργία ενός ακόμα πλήθους νέων εφαρμογών που ενισχύουν τις επιχειρησιακές διαδικασίες και αποτελέσματα.

Άμεσος αντίκτυπος εντοπίζεται σε: [66]

- Πιο ακριβείς φορτώσεις,
- Στον εγκλωβισμό προϊόντων για λόγους ποιότητας,
- Και στην αποδοτική ανάκληση προϊόντων

4.2.2 Η θέση του middleware στην αρχιτεκτονική ενός πληροφοριακού συστήματος

Ένας βασικός διαχωρισμός μεταξύ των διαφόρων middleware γίνεται βάσει της θέσης τους στην αρχιτεκτονική ενός πληροφοριακού συστήματος. Παραδοσιακά τοποθετούνται είτε μεταξύ των server software είτε στους reader με σκοπό να μεταφέρουν τη γνώση σε όλο το σύστημα, οπότε μπορεί να ευρωθεί ότι πρόκειται για reader με νοημοσύνη στους οποίους έχει ενσωματωθεί το middleware. Υπάρχουν readers που διατίθενται στην αγορά από επιχειρήσεις ηγέτες του χώρου όπως οι “Alien Technology”, “Intermec Technologies” και “Symbol Technologies” και οι οποίοι έχουν προεγκατεστημένο το “WebSphere RFID Device Infrastructure” της IBM, το οποίο παρέχει την δυνατότητα επεξεργασίας, εκλογίκευσης, και διασύνδεσης των στοιχείων. Το να εξαγονται δεδομένα από ένα reader έτοιμα προς ενσωμάτωση στις διάφορες εφαρμογές, είναι πολύ θετικό. Οι διαφωνίες που μπορεί να υφίστανται έχουν να κάνουν με το ποια είναι η καταλληλότερη προσέγγιση. Επιχειρήσεις με εμπειρία στο χώρο υποστηρίζουν ότι η καταλληλότερη προσέγγιση κάθε φορά έχει να κάνει με την ιδιαιτερότητα και κατ’ επέκταση τις απαιτήσεις της εκάστοτε επιχείρησης. Παραδείγματος χάριν, ένας λιανοπωλητής έχει ανάγκη να αποθηκεύει και μετά να προωθεί τα στοιχεία στα καταστήματα, ενώ τα καταστήματα στη συνέχεια απαιτούν την επεξεργασία των δεδομένων. Οπότε και απαιτείται σχετική ευελιξία από όλα τα συμβαλλόμενα μέρη. [11]

4.2.3 Χαρακτηριστικά ανάπτυξης

Το middleware, εν αντιθέσει με τις διεργασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι κεντροποιημένο. Πρέπει να βασίζεται σε πρότυπα στοιχεία (modular), εύκολο να επεκταθεί και ικανό να τεθεί σε ισχύ σε πολλά μέρη, διότι οι διεργασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας λαμβάνουν χώρα σε πολλά σημεία. Επίσης όμως πρέπει να συσχετίζει τα εισερχόμενα δεδομένα από όλους τους reader βάσει επιχειρησιακών κανονισμών που ισχύουν σε ανώτερα ιεραρχικά επίπεδα. Το RFID σύστημα θα πρέπει να επιτρέψει στο ERP σύστημα να γνωρίζει για κάποιο γεγονός αλλά δεν θα πρέπει να διαχειριστεί το γεγονός. Δηλαδή σε καμία περίπτωση δεν υποκαθιστά το ERP σύστημα. Τίθεται όμως το ερώτημα αν ένα ERP σύστημα ή άλλα πληροφοριακά συστήματα, μπορούν να υποκαταστήσουν ένα RFID σύστημα. Ήδη υφίστανται πληροφοριακά συστήματα που υποστηρίζουν τη συλλογή δεδομένων RFID. Εάν αυτού του είδους οι εφαρμογές διαδοθούν όλο και περισσότερο, τότε θα μειωθεί το ενδιαφέρον για τα middleware.

Όλες οι εταιρείες δεν λειτουργούν ένα επίσημο, κεντροποιημένο ERP σύστημα και επίσης δεν υπάρχουν πολλά πακέτα εφαρμογών RFID. Αυτό το κενό καλύπτεται από RFID middleware, το οποίο πραγματοποιεί την επεξεργασία των δεδομένων και τις λειτουργίες διεπαφής με το εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα, καθώς επίσης προσφέρει εφαρμογές και εργαλεία ανάπτυξης. Σε αυτούς τους πάροχους περιλαμβάνονται οι “GlobeRanger” και “OATSystems”. Το “RFID middleware” ίσως είναι πιο ακριβές να κατατάσσεται στην κατηγορία των software διότι, εάν

αναπτυχθεί σωστά, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί σε πολλές τεχνολογίες και συσκευές. Το Edgware της GlobeRanger “iMotion” μπορεί να επεξεργαστεί δεδομένα RFID, bar code, αισθητήρες και ενεργοποιητές (actuators). Έχει τοποθετηθεί πάνω στο “Microsoft .NET Framework” και περιλαμβάνει ένα kit ανάπτυξης software που βοηθάει τους χρήστες να δημιουργήσουν τις δικές τους εφαρμογές. Υποστηρίζεται ότι τα νέα πρότυπα από την EPCglobal και οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί από τη βιομηχανία της πληροφορικής έχουν δημιουργήσει μια ασάφεια ως προς το τι είναι το RFID Middleware και που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. [11]

4.2.4 Τύποι του RFID Middleware

4.2.4.1 Software

Το RFID middleware είναι περισσότερο διαδεδομένο ως software που επικοινωνεί άμεσα με συσκευές RFID (reader, εκτυπωτές/κωδικοποιητές), φίλτρα και εφαρμογές που διαβάζουν τα στοιχεία και τα μεταφέρουν σε μια άλλη εφαρμογή λογισμικού που τα χρησιμοποιεί για να εξάγει μια απόφαση ή να ολοκληρώσει μια συναλλαγή. Γνωστοί προμηθευτές σε αυτήν την κατηγορία είναι οι Acsis, GlobeRanger, IDVelocity, OATSystems, και SkandSoft. Αυτά τα προϊόντα διατίθενται συχνά στην αγορά ως δομημένα λογισμικά (frameworks) και μπορούν επίσης να υποστηρίξουν barcode, αισθητήρες και άλλους τύπους δεδομένων προς εισαγωγή. Επίσης, το συνηθισμένο RFID middleware συχνά προσφέρει κάποιο βαθμό διαχείρισης συσκευών, όπως ο μακρινός έλεγχος ή η διαμόρφωση.

Υπάρχουν software και middleware ενοποιημένα σε πληροφοριακά συστήματα που μπορούν επίσης να επεξεργαστούν RFID δεδομένα. Το πιο διαδεδομένο είναι η οικογένεια προϊόντων WebSphere της IBM, την οποία οι κατασκευαστές RFID reader, όπως οι Alien, Intermec και Symbol, προσφέρουν μαζί με τη συσκευή του reader. Άλλοι προμηθευτές που είναι ιδιαίτερα γνωστοί για τα πληροφοριακά τους συστήματα και εμπορεύονται και RFID middleware είναι οι BEA Systems, Sun Microsystems, TIBCO, VeriSign και webMethods. [12]

4.2.4.2 Hardware

Οι συσκευές RFID middleware έχουν προκύψει ως εναλλακτική λύση στο παραδοσιακό RFID middleware, το οποίο τοποθετείται σε έναν server ή εγκαθίσταται στον ίδιο τον αναγνώστη. Οι συσκευές είναι υβρίδια software-hardware που φιλτράρουν τα εισαγόμενα RFID δεδομένα, δρομολογούν και συγχρονίζουν τα στοιχεία προς τις διάφορες εφαρμογές και παρέχουν τον έλεγχο των reader. Εγκαθίστανται μεταξύ των συστημάτων reader και επιχειρησιακών πληροφοριακών συστημάτων. Ανάλογα με τον προμηθευτή, οι συσκευές μπορούν να είναι στην άκρη του δικτύου ή και πιο πίσω. Στη μια περίπτωση, η συσκευή είναι μέρος της ίδιας της υποδομής του τοπικού δικτύου LAN. Η κατηγορία των συσκευών RFID middleware είναι μικρή, αλλά περιλαμβάνει μεγάλα ονόματα. Παρακάτω μπορούμε να δούμε αυτούς τους προμηθευτές και τα προϊόντα τους. [12]

- **Blue Vector Systems** δημιουργεί «ενσωματωμένους σταθμούς αισθητήρων» που επεξεργάζονται RFID και άλλα δεδομένα και τα δρομολογούν στις κατάλληλες επιχειρησιακές και B2B εφαρμογές. Οι Edge Manager μπορούν να δεχτούν την εισαγωγή δεδομένων από reader RFID και barcode,

ηλεκτρονικές κλίμακες και ποικιλία αισθητήρων, συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων θερμοκρασίας, εγγύτητας και κίνησης. Κάθε Edge Manager μπορεί να δεχτεί την εισαγωγή δεδομένων από 12 συσκευές και πάνω, και διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών συλλογής δεδομένων και των προϊόντων δικτύου Blue Vector. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεξεργαστεί στοιχεία από μια και μόνο θέση ή από όλη την επιχείρηση. [12]

- **Cisco Systems** δημιούργησε ένα συγκεκριμένο προϊόν RFID και το προς ενίσχυση software για την τεχνολογία δικτύων "Application Oriented Network" (AON) που έχει δημιουργήσει. Το AON είναι μια σημαντική πρωτοβουλία της Cisco με στόχο την καλύτερη σύνδεση των εφαρμογών και δικτύων. Το AON για την τεχνολογία RFID ενσωματώνει τη λειτουργία του RFID middleware στα κέντρα μεταφοράς δεδομένων Cisco (Cisco data center switches) και τους δρομολογητές κλάδων γραφείων. Οι ενότητες μπορούν να εγκατασταθούν στην άκρη δικτύων RFID ή κεντρικότερα στα κέντρα δεδομένων. Η Cisco επίσης εξετάζει τη διαχείριση συσκευών με την υπηρεσία "Wireless Location Service", η οποία μπορεί να παρακολουθήσει τις θέσεις και τη κατάσταση χιλιάδων RFID tag, συσκευών και άλλων ασύρματων συσκευών βάσει του προτύπου 802.11 για ασύρματο τοπικό δίκτυο LAN. [12]
- **Omnitrol Networks** συνδυάζει το middleware, τη διαχείριση συσκευών και τις λειτουργίες δικτύωσης σε μία ενιαία συσκευή. Κάθε συσκευή "Edge Server" της Omnitrol μπορεί να επεξεργαστεί την εισαγωγή δεδομένων από τους RFID reader, τα ειδικά scanner για barcode και τους αισθητήρες, και παρέχει την παρακολούθηση και τη διαχείριση για αυτές τις συσκευές. Επίσης μπορεί κάποιος να εξάγει δεδομένα (Raw data) φιλτραρισμένα και τροποποιημένα σε μορφή XML ή SOAP για να χρησιμοποιηθούν από το εκάστοτε επιχειρησιακό πληροφοριακό σύστημα. Η Omnitrol επίσης προσφέρει το δικό της λογισμικό εφαρμογών και υπηρεσιών που μπορούν να φορτωθούν στη συσκευή. Η συσκευή έχει συνδέσεις δικτύων Ethernet και μπορεί να χρησιμεύσει ως ένα σημείο πρόσβασης Wi-Fi (IEEE 802.11b/g). [12]
- **Reva Systems** προσφέρει τον επεξεργαστή "Tag Acquisition Processor" (TAP), ο οποίος συνδέεται με έναν διακόπτη Ethernet ή ένα ασύρματο σημείο πρόσβασης και εισάγει φιλτραρισμένα δεδομένα από RFID tag στο εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα. Οι RFID reader δικτύου (ή αλλιώς



"Tag Acquisition Network" στην ορολογία της εταιρίας Reva) στέλνουν τα ακατέργαστα δεδομένα τους στο σημείο πρόσβασης, το οποίο τα εισάγει στο TAP για να επεξεργαστούν. Το σύστημα μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να επεξεργαστεί στοιχεία RFID που παρέχονται από έναν εμπορικό εταίρο μέσω ενός VPN ή άλλης πύλης. Ο TAP μπορεί να εξάγει δεδομένα σε ποικίλα πρωτόκολλα, συμπεριλαμβανομένων των EPC ALE, Java Message Service (JMS), την υποδομή Auto-ID του SAP (AII) και την γλώσσα SQL. Συγκεντρωτικά το προϊόν της Reva "Tag Acquisition Processor" (TAP) είναι μια συσκευή που μπορεί να συνδυάσει σε πραγματικό χρόνο τον έλεγχο των reader, την διαχείριση συσκευών και αισθητήρων, την επεξεργασία των δεδομένων από tag που γνωρίζει τη θέση τους και την παροχή υπηρεσιών σε εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα δεδομένα RFID, βασιζόμενες σε συγκεκριμένα πρότυπα. Τέλος να σημειωθεί ότι πρόκειται για μια συσκευή Plug-and-Play. [12] [60]

- Arcom Control Systems Inc. διαθέτει στην αγορά “RFID Edge Controller” που ενσωματώνουν software από την οικογένεια προϊόντων WebSphere της IBM. Οι “RFID Edge Controller” διαχωρίζονται στους “Compact Industrial Enclosures” και στους “1U rack mount enclosure”.



Συσκευές όπως RFID reader, RFID label printer, ελεγκτές παλετών και ελεγκτές ταινιόδρομων μπορούν να ενσωματωθούν σε αυτές τις συσκευές εάν διαθέτουν την απαραίτητη διεπαφή με τον server που θα έχει εγκατεστημένο ένα από τα προϊόντα WebSphere της IBM. [35]

4.2.5 Η υποστήριξη από ERP συστήματα απειλεί το RFID Middleware

Τα επιχειρησιακά πληροφοριακά συστήματα δεν υποστηρίζουν τη δυνατότητα επεξεργασίας των πληροφοριών που εξάγονται από το εκάστοτε RFID σύστημα. Το middleware έρχεται να διαχειριστεί τις πληροφορίες έτσι ώστε να μπορούν να επεξεργαστούν από το εκάστοτε πληροφοριακό σύστημα.

Παρ’ όλα αυτά υπάρχει μια σαφής τάση στην αγορά που θέλει τα πληροφοριακά συστήματα να μπορούν να επεξεργαστούν RFID δεδομένα άμεσα, εφαρμόζοντας την δική τους λογική όπου θα αποφασίζουν ποια δεδομένα θα λαμβάνουν υπ’ όψιν τους και ποια θα αγνοούν. Οι υπολογιστικές υποδομές και υποδομές δικτύων που επικρατούν γίνονται όλο και πιο φιλικές στην τεχνολογία RFID. Αυτή η εξέλιξη πιθανώς να μην αλλάξει την ανάγκη και το ρόλο του RFID middleware σε βάθος, όμως αναμφισβήτητα θα επηρεάσει την αξία του. [13]

Οι παρακάτω εξελίξεις συντελούν αναμφίβολα στην αλλαγή της χρήσης ή καλύτερα του ρόλου του RFID middleware.

- Τον Ιούλιο του 2006 η IBM επιτυχώς υλοποίησε το νέο πιλοτικό πρότυπο για το Electronic Product Code Information Services (EPCIS) software, το οποίο διευκολύνει τα δεδομένα EPC RFID να ενσωματωθούν ευκολότερα μεταξύ των επιχειρήσεων και των εφαρμογών τους.
- Η EPCglobal δημιουργεί τα ανοιχτά, διαλειτουργικά πρότυπα για software συμπεριλαμβανοντας τα Electronic Product Code Information Service (EPCIS), τα Application Level Events (ALE) και το πρωτόκολλο Low Level Reader Protocol (LLRP). Το καθένα απαλείφει τους δικούς του φραγμούς για διαλειτουργικότητα και αποδοτική επεξεργασία των δεδομένων RFID.
- Η εταιρία Cisco Systems, παρουσιάζει την τεχνολογία “Application Oriented Networking” (AON) για την υποστήριξη της τεχνολογίας RFID. Η Cisco ενσωματώνει λειτουργίες middleware στα δίκτυα όμοιες με αυτές που παρέχονται από τις εξολοκλήρου λύσεις middleware.
- Η εταιρία SAP έχει εγκαταστήσει το δικό της ERP software σε κατασκευαστές και λιανοπωλητές καταναλωτικών προϊόντων, οι οποίοι ευθύνονται για την διάχυση και υιοθέτηση της τεχνολογίας RFID. Τώρα υποστηρίζει την ενσωμάτωση και την ανάπτυξη εφαρμογών RFID μέσω της εφαρμογής πλατφόρμας ολοκλήρωσης “NetWeaver” καθώς και της υποδομής “Auto-ID Infrastructure” (AII).
- Η εταιρία Oracle έχει server με αισθητήρες (sensor servers) και software για να βοηθήσουν να ενσωματώσουν τα RFID δεδομένα στα επιχειρησιακά

συστήματα. Η επιχείρηση συνεργάζεται επίσης με τη Intel με στόχο να επικρατήσει η τεχνολογία RFID.

- Η Microsoft, της οποίας πλαίσιο ενσωμάτωσης επιχειρησιακών διαδικασιών μπορεί να εφαρμοστεί παντού, είναι δεσμευμένη να υποστηρίζει την τεχνολογία RFID σε μια επερχόμενη απελευθέρωση των BizTalk server. Μεταξύ των πολλών πόρων και των εργαλείων η Microsoft προγραμματίζει να απελευθερώσει διεπαφές προγραμματισμού εφαρμογών (APIs) που θα βοηθήσουν την διευρυμένη αναπτυσσόμενη κοινότητα να δημιουργήσει και να ενσωματώσει τις εφαρμογές RFID.
- Ηγέτες στον κλάδο των πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης αποθηκών “warehouse management systems” (WMS) και των πληροφοριακών συστημάτων διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας ξεκίνησαν να υποστηρίζουν την τεχνολογία RFID πριν από τους προμηθευτές ERP συστημάτων, έτσι πακέτα εφαρμογών με ενσωματωμένες διεπαφές RFID και επιχειρησιακές είναι ήδη στην αγορά.

Οι τρεις κορυφαίες επιχειρήσεις στο χώρο των επιχειρησιακών εφαρμογών έχουν τον ίδιο στόχο— καθιστούν πιο εύκολη τη χρήση της τεχνολογίας RFID. Οπότε και οι προμηθευτές middleware αντιμετωπίζουν έντονες πιέσεις ανταγωνισμού. Η εφαρμογή BizTalk που υποστηρίζει την τεχνολογία RFID τοποθετεί τη Microsoft ως ανταγωνιστή στις παραδοσιακές εταιρίες RFID middleware, οι οποίες για να αντιμετωπίσουν τον ανταγωνισμό θα πρέπει να διαφοροποιήσουν τις εφαρμογές τους με προστιθέμενα χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Αυτές οι εξελίξεις θα απλοποιήσουν την ενσωμάτωση της τεχνολογίας RFID αλλά δεν θα την καταστήσουν άμεσα έτοιμη προς χρήση. Η υποστήριξη της τεχνολογίας RFID από τους επικρατέστερους προμηθευτές πληροφοριακών εφαρμογών, αφήνει ακόμα περιθώρια ανάπτυξης για το middleware. Σε τελική ανάλυση, πολλές επιχειρήσεις που έχουν πακέτα συστήματα ERP ενσωματώνουν ακόμα προγράμματα τρίτων και παραμετροποιημένες εφαρμογές για να έχουν την καλύτερη απόδοση. [13]

4.2.6 Πρότυπα και EPC

Οι προσπάθειες της EPCglobal μπορεί να έχουν ακόμη πιο εκτεταμένα αποτελέσματα στον τρόπο με τον οποίο το RFID middleware αναπτύσσεται και χρησιμοποιείται. Τα πρότυπα LLRP στην ανάπτυξη θα διευκολύνουν το λογισμικό να αλληλεπιδράσει με τους reader για να λάβουν συγκεκριμένα στοιχεία. Τα πρότυπα στοιχείων από tag θα βοηθήσουν το software να έχει πρόσβαση στις συγκεκριμένες πληροφορίες που χρειάζεται κάθε φορά από τα tag και να αγνοεί τις υπόλοιπες, κάτι σαν τις εφαρμογές αναγνώρισης “Application Identifiers” και τα δεδομένα αναγνώρισης “Data Identifiers” που βοήθησαν τις εφαρμογές barcode να αναπτυχθούν. Το ALE, πρότυπο της EPCglobal, παρέχει μια διεπαφή για πρόσβαση σε φίλτραρισμένα στοιχεία από tag. Τα EPCIS απλοποιούν την ανταλλαγή στοιχείων μεταξύ των επιχειρήσεων και παρέχουν κάποια διαλειτουργικότητα μεταξύ των εφαρμογών λογισμικού.

Υποστηρίζεται ότι με το να αντικατασταθούν οι χειροκίνητες εντακτικές συναλλαγές στοιχείων με τις αυτοματοποιημένες διαδικασίες, είναι διαθέσιμος περισσότερος χρόνος για τη δημιουργία ανάλυσης και αξίας. Η Unilever προγραμματίζει να χρησιμοποιήσει EPCIS για να έχει πρόσβαση και να μπορεί να αναλύσει στοιχεία RFID από πελάτες της λιανικής. Ο Pete Roorman της GlobeRanger, ο οποίος προέδρευσε από κοινού με την επιτροπή EPCglobal ALE, υποστηρίζει ότι τα πρότυπα EPC standards θα είναι επιταχυντές της αγοράς για το

RFID χωρίς απαραίτητα να εξασθενήσει η αγορά για το RFID middleware. Το πρότυπο παρέχει μια ενίσχυση αλλά δεν επιλύει όλες τις αλλαγές που είναι συγκεκριμένες για κάθε χρήστη RFID, όσον αφορά την ενσωμάτωση, τη διαχείριση συσκευών και την ανάπτυξη εφαρμογών. Επίσης διευκρινίζει ότι το middleware θα συνεχίσει να είναι μέρος της λειτουργίας RFID, αλλά απλά δεν θα αποτελεί ένα φλέγον ζήτημα. Υπάρχουν σχέδια για να αυτοματοποιηθούν τα software ακόμη περισσότερο, αλλά οι άνθρωποι ακόμη μαθαίνουν σχετικά με τη χρήση και τη διαχείριση του RFID. [13]

4.2.7 Savant και EPCglobal

“Savant” είναι ένα software που ανέπτυξε το κέντρο “Auto-ID” και που ο ορισμός που έδωσε μιλούσε για ένα router δεδομένων που εκτελούσε λειτουργίες όπως συλλογή, παρακολούθηση και αποστολή δεδομένων. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα middleware, διότι μεγάλο μέρος της δουλειάς που έγινε από το κέντρο Auto-ID όσον αφορά τη δομή του και τα πρότυπα που τον στηρίζουν ενσωματώθηκε μετέπειτα σε αυτό που γνωρίζουμε σήμερα ως RFID middleware.

Όταν το κέντρο Auto-ID έκλεισε τον Οκτώβριο του 2003, η έρευνα για το “savant” περιήλθε στην EPCglobal, οπότε και αποτέλεσε πολύ σημαντικό υλικό στήριξης των προσπαθειών του Software Action Group της EPCglobal. Το Software Action Group από τον Φεβρουάριο του 2005 έχει στόχο να ορίσει πρότυπα αναφορικά με τις λειτουργίες του RFID middleware. Το “savant” είχε μελετηθεί να γίνει ένα open-source software, τελικά η EPCglobal όμως επικεντρώθηκε στην δημιουργία προτύπων σχετικά με την διεπαφή μεταξύ του RFID middleware και των software εφαρμογών, παρά στο να παρέχει ένα software ως βάσει αναφοράς καθώς και προδιαγραφές σχετικά με αυτό. Τα πρότυπα που αναπτύχθηκαν έχουν να κάνουν με:

- Τη συλλογή, ασφάλιση και πρόσβαση σε δεδομένα σχετικά με τον EPC
- Την εξασφάλιση φιλτραρισμένων δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από διάφορες πηγές (Αυτό το πρότυπο μερικές φορές αναφέρεται ως το πρότυπο ALE).
- Την ανταλλαγή δεδομένων και εντολών μεταξύ των κεντρικών υπολογιστών και των reader με σκοπό να εκτελέσουν ενέργειες όπως ανάγνωση tag, εγγραφή σε tag και καταγραφή tag.
- Τον σχηματισμό (Configuring), διάταξη (provisioning) και παρακολούθηση μεμονωμένων reader.

Πλέον η EPCglobal δεν χρησιμοποιεί επίσημα τον όρο Savant, αλλά επειδή δεν έχει εκδώσει επισήμως νέα πρότυπα για όλες αυτές τις λειτουργίες συχνά ο όρος αυτός χρησιμοποιείται εναλλακτικά με τον όρο middleware. [53]

4.2.8 RFID Middleware και τάσεις της αγοράς

Το middleware γενικά και συγκεκριμένα το RFID middleware θεωρούνται συχνά μια προσωρινή τεχνολογία. Αυτό που ενδεχομένως προκύπτει μέσα από την παρατήρηση των γεγονότων είναι ότι όσο οι τεχνολογίες, τα πρότυπα και οι αγορές γίνονται όλο και ωριμότερα, η ανάγκη να συνδέει το middleware τα ανάμοια συστήματα θα εξαφανιστεί. Αυτό αφήνει τους αρμόδιους για το σχεδιασμό συστημάτων να αναρωτιούνται εάν πρέπει να επενδύσουν στο RFID middleware ή στις αρχιτεκτονικές που το απαιτούν.

Ακόμη δεν διαφαίνεται ο κίνδυνος να εξαφανιστεί το middleware. Γενικά ο χώρος της πληροφορικής υποστηρίζεται από πολύ περισσότερα πρότυπα και ανοιχτά πρωτόκολλα, απ' ό τι ο τομέας του RFID, αλλά το middleware γίνεται όλο και πιο αναγκαίο. «Έξυπνοι» RFID readers με ενσωματωμένο software μπορούν να εξάγουν δεδομένα που θα είναι καθαρά και έτοιμα προς χρήση από εφαρμογές. Η Cisco μπορεί να καταστήσει δυνατά τα δίκτυα να φιλτράρουν τα RFID δεδομένα, η EPCglobal αναπτύσσει πολλαπλά πρότυπα για software; WMS, ERP και άλλοι πάροχοι ολοκληρωμένων εφαρμογών ενισχύουν τις εφαρμογές τους έτσι ώστε να υποστηρίζουν ακατέργαστα RFID δεδομένα, ενώ η Microsoft κάνει μεγάλα βήματα με το να υποστηρίζει ευρέως την τεχνολογία RFID. Αυτή την περίοδο όμως, κάθε μελέτη αγοράς για το RFID middleware προβλέπει μεγάλη ανάπτυξη.

Αυτή η αντίθεση μπορεί να εξηγηθεί με την άποψη που έχει διατυπωθεί, ότι το middleware θα είναι μέρος του μέλλοντος του RFID, αλλά τα προϊόντα middleware θα είναι πιθανώς διαφορετικά από ότι είναι τώρα. Ο Dave Macias της Omnitrol Networks, κατασκευάστρια εταιρεία συσκευών middleware, υποστηρίζει ότι το middleware είναι ιδανικό σαν μία πρώτη γενιάς λύση με σκοπό να βοηθήσει τους ανθρώπους να μάθουν για την τεχνολογία RFID και προσθέτει ότι είναι θέμα χρόνου να εξελιχθεί σε κάτι που είναι αποδοτικότερο. [14]

5. ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ RFID

5.1. Τεχνολογική Προσέγγιση

Τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας μεταξύ του RFID Tag και του reader που επηρεάζουν την απόδοση και την ασφάλεια αφορούν το:

- Πώς τίθεται σε λειτουργία η επικοινωνία μεταξύ του RFID Tag και του reader.
- Πώς ένας reader κατευθύνει τα μηνύματα σε συγκεκριμένα tag
- Πόσο μακριά μπορεί το σήμα ενός tag ή ενός reader αξιόπιστα να ανιχνευθεί και να μεταφραστεί. [41]

5.1.1 Έναρξη επικοινωνίας

Υπάρχουν δύο τύποι έναρξης της επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των Tag και του reader:

Ο reader «μιλάει» πρώτος (Interrogator Talks First – ITF).

Σε μια ανταλλαγή πληροφοριών τύπου ITF, ο reader εκπέμπει ένα σήμα, το οποίο λαμβάνεται από το tag στην περιοχή εμβέλειας του reader.

Αυτά τα tag μπορεί να έχουν προγραμματισθεί έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στον reader και στη συνέχεια να συνεχίζουν την ανταλλαγή πληροφοριών μαζί του.

Το tag «μιλάει» πρώτο (Tag Talks First (TTF)).

Σε μια ανταλλαγή πληροφοριών τύπου TTF, το tag «κάνει αισθητή την παρουσία του» στον reader όταν αυτό βρίσκεται στο πεδίο RF του reader. Εάν το tag είναι παθητικό, τότε ξεκινάει τη μετάδοση των δεδομένων μόλις πάρει ενέργεια από το σήμα του reader.

Εάν το tag είναι ενεργητικό, τότε ξεκινάει τη μετάδοση των δεδομένων του περιοδικά έως ότου διαρκέσει η μπαταρία του. Τέτοιου τύπου ανταλλαγές δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθούν όταν είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν αντικείμενα που προσπερνάνε έναν reader, όπως αντικείμενα σε μια ζώνη μεταφορών.

Συνήθως το RFID σύστημα του tag και του reader λειτουργεί χρησιμοποιώντας είτε τον τύπο επικοινωνίας ITF είτε τον τύπο TTF μόνο και όχι και τους δύο μαζί. Η λειτουργία του TTF μπορεί να είναι πιο εύκολη για έναν αντίπαλο να ανιχνεύσει ή να υποκλέψει στοιχεία, επειδή τα tag στέλνουν καθοδηγούμενα σήματα ακόμη και όταν δεν είναι στην παρουσία ενός reader. [41]

5.1.2 Μονοσήμαντη ταυτοποίηση / απομόνωση (“Singulation”)

Μονοσήμαντη ταυτοποίηση ή “Singulation” είναι η διαδικασία κατά την οποία ένας reader αναγνωρίζει ένα συγκεκριμένο tag. Αυτή η ικανότητα είναι κρίσιμη οποτεδήποτε πολλά tag βρίσκονται στην ίδια περιοχή εμβέλειας. Σε περίπτωση που ένας reader εκδίδει μια εντολή μετατροπής της μνήμης ενός tag, τα γειτονικά tag δεν θα πρέπει τυχαία να εκτελέσουν την ίδια εντολή. Ομοίως, όταν ένας reader στέλνει ένα ερώτημα στο tag, δεν θα πρέπει να λαμβάνει την «απόκριση» από πολλά tag.

Στο πρότυπο EPCglobal Class-1 Generation-2, το πρωτόκολλο της διαδικασίας “Singulation” απαιτεί ο reader να στέλνει εντολές σε κάθε tag που είναι εντός του εύρους λειτουργίας του. Ο reader «αναζητάει» tag «προς ανταπόκριση» που έχουν συγκεκριμένο περιεχόμενο μνήμης. Όταν ανταποκρίνεται το tag, παρέχει το μοναδικό κωδικό αναγνώρισης (ID) που έχει και ένα τυχαίο αριθμό, τον οποίο χρησιμοποιεί ο reader για να προσδιορίσει το tag σε επόμενη επικοινωνία. Ο τυχαίος αριθμός έχει σημαντικά λιγότερα bit από τον κωδικό αναγνώρισης, γεγονός που απλοποιεί τις επόμενες ανταλλαγές πληροφοριών. Υπάρχει μια πιθανότητα δύο tag να ανταποκριθούν με τον ίδιο τυχαίο αριθμό, αλλά η πιθανότητα αυτού του ενδεχομένου μπορεί να ελαχιστοποιηθεί μέσω του σχεδιασμού, ακόμη και κατά την παρουσία ενός μεγάλου αριθμού από tag.

Ένας τρόπος να ανατραπεί η επικοινωνία μεταξύ ενός reader και ενός tag είναι να παρεμποδιστούν οι προσπάθειες του reader να αναγνωρίσει το tag.

Για παράδειγμα, όταν ο reader βρίσκεται στη διαδικασία της μονοσήμαντης ταυτοποίησης ενός tag (“Singulation”), ένα tag τύπου “blocker” ανταποκρίνεται σαν να ήταν παρόντα όλα τα tag με τους μοναδικούς τους κωδικούς αναγνώρισης (ID). Ως αποτέλεσμα, ο reader δεν μπορεί να αναγνωρίσει επιτυχώς κανένα από αυτά τα tag. Τα tag τύπου “blocker” που ταξινομούνται με αντικείμενα που ήδη φέρουν κάποιο tag, μπορεί να αποτρέψουν την παράνομη ανάγνωση των tag. Τα tag τύπου “blocker” διαχωρίζονται από τα αντικείμενα όταν βρίσκονται παρουσία ενός νόμιμου reader. Παρ’ όλα’ αυτά, ένας αντίπαλος μπορεί επίσης να χρησιμοποιήσει tag τύπου “blocker” για να αποτρέψει νόμιμες ανταλλαγές πληροφοριών. Η τεχνολογία των “blocker” tag είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και δεν αποτελεί αποδεδειγμένη τεχνολογία. Η έρευνα επίσης κατευθύνεται σε μεθόδους αντιμετώπισης των “blocker” tag.

Κάποιες τεχνολογίες RFID δεν υποστηρίζουν την μονοσήμαντη ταυτοποίηση (“Singulation”). Παραδείγματος χάριν, το πρότυπο ISO 11785/11784 που χρησιμοποιείται σε tag για την ανίχνευση ζώων, δεν έχει μηχανισμό ανίχνευσης σύγκρουσης ή αποφυγής επειδή πολλά μαζί tag συνήθως δεν διαβάζονται σε περιοχή μικρής εμβέλειας για τέτοιου είδους εφαρμογές. [41]

5.1.3 Απόσταση διάδοσης σήματος

Ο σύνδεσμος επικοινωνίας μεταξύ ενός tag και ενός reader είναι αμφίδρομος.

Ο reader μεταδίδει ένα σήμα σε ένα tag πάντα από το πρωτεύον κανάλι ("forward channel"). Το tag ανταποκρίνεται στο κανάλι επιστροφής του σήματος ("back channel"), το οποίο καλείται και αντίστροφο κανάλι ("reverse channel") ή "backscatter". Όταν τα συστήματα RFID χρησιμοποιούν παθητικά tags, τα σήματα στο πρωτεύον κανάλι τυπικά είναι ισχυρότερα από εκείνα που έχει το κανάλι επιστροφής. Παρ' όλα αυτά, τα σήματα στο πρωτεύον κανάλι μπορούν να εντοπιστούν ή να ληφθούν κατάλληλα σε μακρύτερες αποστάσεις. Η διαφορά αυτή έχει ενδιαφέρουσες επιπτώσεις στην ασφάλεια της επικοινωνίας μέσω RFID, περιλαμβάνοντας και την ευπάθεια της «κυκλοφορίας» του συστήματος RF και τον μηχανισμό που χρησιμοποιείται για την προστασία του. Παρακάτω δίνονται ορισμένα λειτουργικά πεδία σχετικά με διάφορους στόχους επικοινωνίας. [41]

- **Ονομαστικό Εύρος λειτουργίας (Nominal operating range):** είναι η απόσταση, που συχνά προσδιορίζεται από πρότυπα, βάσει των οποίων αναμένονται να πραγματοποιηθούν οι εξουσιοδοτημένες ανταλλαγές πληροφοριών.
- **Εύρος υποκλοπής επιστρεφόμενου σήματος (Back channel eavesdropping range):** είναι η απόσταση στην οποία ένας παράνομος δέκτης μπορεί αξιόπιστα να ερμηνεύσει μία απόκριση ενός tag σε έναν νόμιμο reader.
- **Εύρος σάρωσης υποκλοπής (ή παρεμβολής) [Rogue skimming (or scanning) range]:** είναι η απόσταση στην οποία ένας παράνομος reader λειτουργώντας με ρυθμισμένα όρια δύναμης μπορεί αξιόπιστα να επικοινωνήσει με ένα tag.
- **Εύρος «ψεύτικων» εντολών (Rogue command range):** είναι η απόσταση στην οποία ένας παράνομος reader μπορεί να εκτελέσει μια εντολή των tag, για την οποία δεν απαιτείται ο reader να λάβει επιτυχώς τις πληροφορίες της εντολής.
- **Εύρος υποκλοπής πρωτεύοντος σήματος (Forward channel eavesdropping range):** είναι η απόσταση στην οποία ένας παράνομος reader μπορεί αξιόπιστα να «ακούσει» την μετάδοση ενός νόμιμου reader.
- **Εύρος ανάλυσης «κυκλοφορίας» πρωτεύοντος σήματος (Forward channel traffic analysis range):** είναι η απόσταση στην οποία ένας παράνομος reader μπορεί να ανιχνεύσει την παρουσία του σήματος ενός reader χωρίς να πρέπει αξιόπιστα να ερμηνεύσει το περιεχόμενό του.

5.2 Πρωτόκολλο επικοινωνίας - *Communication Protocol*

5.2.1 Προτυποποίηση

Η διαδικασία προτυποποίησης είναι σημαντικός και εν εξελίξει παράγοντας για την τεχνολογία RFID. Ήδη υπάρχουν διεθνή πρότυπα για μερικές εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως η ανίχνευση ζώων και οι «έξυπνες κάρτες» που απαιτούν κρυπτογράφηση για την ασφάλεια των δεδομένων. Ο πιο γνωστός διεθνής οργανισμός προτυποποίησης (ISO) δουλεύει πάνω σε πρότυπα για την παρακολούθηση προϊόντων καθ' όλη τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας χρησιμοποιώντας tag υψηλής (ISO 18000-3) και υπερ-υψηλής συχνότητας (ISO 18000-6).

Τα πρότυπα έχουν δημιουργηθεί για να καλύψουν κάποιες περιοχές «κλειδιά» των εφαρμογών RFID και χρησιμοποιούν:

- Πρότυπα “air interface” (για την βασική tag-to-reader data επικοινωνία),
- Δεδομένα και κωδικοποίηση [data content and encoding (numbering schemes)],
- Επιβεβαίωση – συμφωνία [Conformance (testing of RFID systems)] and
- Διαλειτουργικότητα μεταξύ των εφαρμογών και του συστήματος RFID. [Interoperability between applications and RFID systems (RFID Journal, 2006)].

Κάποιοι σημαντικοί φορείς που είναι αναμεμιγμένοι στην ανάπτυξη και τον καθορισμό της τεχνολογίας RFID είναι [42] [81]:

- International Organisation of Standardisation (ISO)
- EPCglobal Inc
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI)
- Federal Communications Commission (FCC)
- European Committee for Standardization (CEN)

Η EPCglobal², διαθέτει τη δική της διαδικασία προτυποποίησης που χρησιμοποιήθηκε και στα πρότυπα των barcodes. Σκοπός της EPCglobal είναι να υποβάλλει τα πρωτόκολλα EPC στον ISO, έτσι ώστε να αποτελέσουν διεθνή πρότυπα. Τα τεχνολογικά πρότυπα περιγράφουν τη βάση του εκάστοτε συστήματος RFID. Προσδιορίζουν τις συχνότητες, την ταχύτητα εκπομπής, τους κωδικούς, τα πρωτόκολλα αποτροπής συγκρούσεων (anti-collision) και άλλους παράγοντες. Ο ISO (International Organization for Standardization - Διεθνής Οργανισμός Προτυποποίησης) στοχεύει στην έκδοση αναγνωρισμένων προτύπων όπως και ο EPCglobal και τα εργαστήρια Auto-ID. Επειδή το ιδανικό ήταν τα EPC πρότυπα να είναι αναγνωρισμένα από τον ISO, η EPCglobal υπέβαλλε το 2005 τα πρότυπα δεύτερης γενιάς Generation 2 (Gen 2) στον ISO.

Ο EPC ξεκίνησε να αναπτύσσεται στο κέντρο Auto-ID του MIT (Massachusetts Institute of Technology - Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης) σχεδόν από το 1999, οπότε ξεκίνησε και να χρηματοδοτείται από το Uniform Code Council (UCC), την EAN International και κάποιες εταιρείες όπως η Gillette και η Procter & Gamble, με στόχο την ανάπτυξη ετικετών EPC μαζικής παραγωγής και χαμηλού κόστους. Αυτό το έργο έδωσε την ώθηση για την ανάπτυξη ενός δικτύου εργαστηρίων Auto-

² Η EPCglobal Inc είναι μια μη κερδοσκοπική κοινοπραξία του EAN International και του UCC και στόχο έχει την εμπορευματοποίηση των τεχνολογιών των EPC κωδικών.

ID, μία ένωση εργαστηρίων πανεπιστημιακών ιδρυμάτων ανά τον κόσμο, όπως το πανεπιστήμιο “St. Gallen” στην Ελβετία και το “Cambridge” στη Μεγάλη Βρετανία. Αφότου διεξήχθει μεγάλο μέρος της έρευνας, το MIT παρέδωσε την ευθύνη για το έργο “EPCglobal” και την προώθησή του στην EPCglobal Inc. Το Σεπτέμβριο του 2003 η EPCglobal Inc παρουσίασε το προϊόν στο συνεδριακό κέντρο McCormick Place στο Μίσιγκαν. Έτσι πλέον η διαχείριση των κωδικών EPC γίνεται πλέον από την EPC Global Inc., θυγατρική του GS1³ (πρώην EAN Int'l). [7]

Σκοπός του GS1 είναι η ανάπτυξη και καθιέρωση ενός Συστήματος για την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας στο παγκόσμιο εμπορικό περιβάλλον. Το σύστημα αποτελείται από διεθνή και ανοικτά πρότυπα και περιλαμβάνει πρότυπα κωδικοποίησης, σήμανσης, ηλεκτρονικού εμπορίου και κατηγοριοποίησης προϊόντων. Μια από τις βασικές αρχές του Συστήματος (GS1) είναι ότι οποιοδήποτε προϊόν ή υπηρεσία, ανεξάρτητα από την προέλευση και τον προορισμό του, φέρει ένα μοναδικό κωδικό αναγνώρισης, επιτρέποντας έτσι την πρόσβαση σε σχετικές πληροφορίες, σε οποιοδήποτε σημείο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι συνηθέστερες εφαρμογές κωδικοποίησης GS1 αφορούν στις περιπτώσεις :

- των Μονάδων Εμπορίας (GTIN – Global Trade Item Number)
- των Μονάδων Logistics (SSCC – Serial Shipping Container Code)
- των θέσεων (GLN – Global Location Number)

Στην Ελλάδα μοναδικός φορέας και διαχειριστής αυτού του συστήματος είναι ο GS1 Ελλάς. [28]

5.2.2 Ηλεκτρονικός Κωδικός Προϊόντος (EPC)

Μιλώντας για τις πληροφορίες που έχει αποθηκευμένες ένα RFID tag ουσιαστικά εννοούμε τον Ηλεκτρονικό Κωδικό Προϊόντος ή EPC (Electronic Product Code). Είναι ο κωδικός που παίζει τον αντίστοιχο ρόλο του οικείου πλέον σε εμάς EAN κωδικού στις ετικέτες Bar code και η διαχείριση των κωδικών EPC γίνεται από την EPC Global Inc. Σύμφωνα με τον GS1 ο EPC είναι ένας αριθμός που αποτελείται από τον Διεθνή Κωδικό Μονάδας Εμπορίας GTIN (Global Trade Item Number) και έναν αύξοντα αριθμό για το συγκεκριμένο κάθε φορά προϊόν. [7]

Με πιο απλά λόγια μπορούμε να πούμε ότι αποτελείται από:

- Τον αριθμό έκδοσης (version number) που καθορίζει την πιθανή δομή του κωδικού,
- Τον αριθμό που αντιστοιχεί στην ταυτότητα του υπεύθυνου, για την ανάθεση του αριθμού του προϊόντος και του μοναδικού σειριακού αριθμού, ο οποίος συνήθως είναι ο κατασκευαστής του προϊόντος (domain manager number)
- Τον αριθμό του προϊόντος (object class)
- Τον μοναδικό σειριακό αριθμό (serial number)

Υπάρχουν μέχρι τώρα 4 τύποι EPC, και ανάλογα με τον αριθμό έκδοσης μπορεί να είναι 64 ή 96 bit. [7] [89] [87]

Ο πίνακας 7 παρουσιάζει για αυτούς τους 4 τύπους EPC, το μέγεθος των δεδομένων που μπορεί να δεχθεί κάθε πεδίο. [50]

³ Ο GS1 είναι ένας Διεθνής μη κερδοσκοπικός Οργανισμός, ιδρύθηκε το 1977 ως EAN και εδρεύει στις Βρυξέλλες.

EPC TYPE	HEADER SIZE	FIRST BITS	DOMAIN MANAGER	OBJECT CLASS	SERIAL NUMBER	TOTAL
64 bit type I	2	01	21	17	24	64
64 bit type II	2	10	15	13	34	64
64 bit type III	2	11	26	13	23	64
96 bit +	8	00	28	24	36	96

Πίνακας 7 Οι 4 τύποι EPC βάσει χωρητικότητας δεδομένων

Η ποσότητα της πληροφορίας που μπορεί να αποθηκευτεί σε μια πινακίδα RFID εξαρτάται από τον προμηθευτή και την εφαρμογή, αλλά τυπικά δεν υπερβαίνει τα 2KB δεδομένων, αρκετά για να αποθηκεύσουν βασικές πληροφορίες για το αντικείμενο που τη φέρει.

Τα tag μπορούν να φέρουν από απλές πληροφορίες, όπως τα στοιχεία του κατόχου ενός κατοικίδιου ή τις οδηγίες καθαρισμού ενός ρούχου, έως πιο σύνθετες, όπως οδηγίες συναρμολόγησης ενός αυτοκινήτου. Μερικοί κατασκευαστές αυτοκινήτων χρησιμοποιούν συστήματα RFID στη γραμμή παραγωγής, όπου σε κάθε στάδιο η πινακίδα "πληροφορεί" τους υπολογιστές για το επόμενο στάδιο συναρμολόγησης.

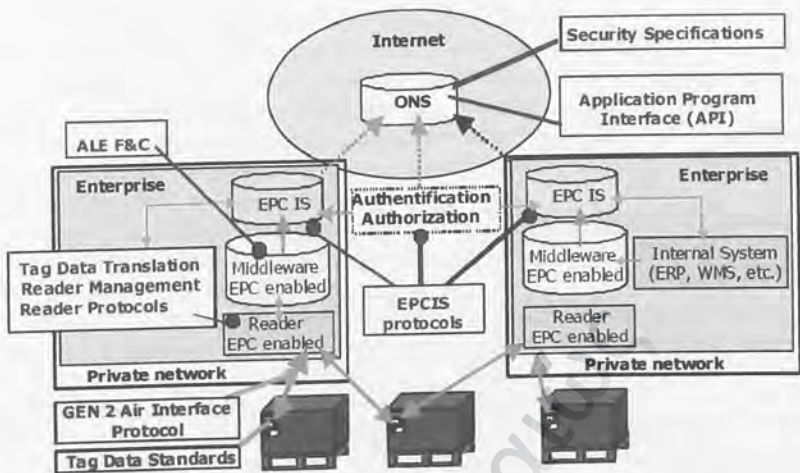
Επίσης το Auto-ID Center και αργότερα η EPC Global κατέταξαν τα RFID tags ανάλογα με τη λειτουργικότητα τους σε κάποιες τάξεις (Class), οι οποίες έχουν απλοποιηθεί και ανανεωθεί. Η βασική κατηγοριοποίηση περιλαμβάνει 5 κατηγορίες που παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 8. [42]

Class	Όνομασία	Λειτουργικότητα
0	Identity Tags	Καθαρά παθητικά tag
1	Higher Functionality Tags	Καθαρά παθητικά tag + και μια επιπρόσθετη λειτουργία (π.χ. read/write memory)
2	Semi-Passive Tags	Με επιπρόσθετη ενσωματωμένη μπαταρία
3	Active 'ad hoc' Tags	Επικοινωνούν με άλλα ενεργά tag
4	Reader Tags	Είναι ικανά να παρέχουν ενέργεια για να επικοινωνήσουν με άλλα tag. π.χ. μπορεί να λειτουργήσει σαν reader, μεταδίδοντας και λαμβάνοντας ραδιοκύματα.

Πίνακας 8 Διαχωρισμός των RFID tag σε τάξεις

5.2.3 Οι διαδικασίες προτυποποίησης RFID της EPCglobal

Η δομή των προτύπων που αναπτύσσονται από την EPCglobal για την στήριξη της επιχειρηματικότητας σε ένα διεθνές και ταχύτατα αναπτυσσόμενο περιβάλλον, αναλύεται παρακάτω και αποδίδεται σχηματικά στην εικόνα 15.



Εικόνα 15 Δίκτυο συστήματος προτύπων EPC

- EPC Tag Data Standard**
 Αυτό το πρότυπο καθορίζει πως κωδικοποιούνται και αποκωδικοποιούνται οι πληροφορίες EPC ενός tag. Εφαρμόζεται μόνο σε τύπους tag κοινής χρήσης την στιγμή της δημιουργίας τους και δεν παρέχει συγκεκριμένες οδηγίες για tag τύπου "Gen 2". Περιλαμβάνει συγκεκριμένες δομές κωδικοποίησης που αφορούν:
 GTIN: Τον EAN.UCC αριθμό "Global Trade Item Number"
 SSCC: Τον EAN.UCC κωδικό "Serial Shipping Container Code"
 GLN: Τον EAN.UCC αριθμό "Global Location Number"
 GRAI: Τον EAN.UCC αριθμό "Global Returnable Asset Identifier"
 GIAI: Τον EAN.UCC αριθμό "Global Individual Asset Identifier"
 GID: Τον "General Identifier"
- Class 1 Generation 2 UHF Air Interface Protocol Standard Version 1.0.9: "Gen 2"**
 Το πρωτόκολλο επικοινωνίας "air interface"/"Gen 2", ρυθμίζει την επικοινωνία μεταξύ ενός reader και ενός παθητικού tag, όπου ο reader ανταποκρίνεται πρώτος (ITF) και λειτουργούν σε εύρος συχνοτήτων 860 MHz - 960 MHz.
- Πρωτόκολλο reader**
 (Low Level Reader Protocol (LLRP), Version 1.0, Reader Protocol (RP) Standard, Version 1.1)
 Περιγράφει την ανταλλαγή δεδομένων και την δομή των εντολών μεταξύ του "EPC-capable middleware" και του reader.
- Reader Management (RM) Standard, Version 1.0**
 Τυπικές λειτουργίες για την ανεξάρτητη πιστοποίηση ενός «EPC-capable reader» και τον έλεγχο ενός πολύπλευρου περιβάλλοντος reader.
- EPC Tag Data Translation Standard**
 Η μετατροπή της πληροφορίας του κωδικού EPC από το tag σε μια μορφή συμβατή με τη μετάδοσή της μέσω διαδικτύου.
- Filter and collection ALE (F&C ALE)**

(Application Level Events (ALE) Standard, Version 1.0)

Ο τρόπος που γίνεται η ανάγνωση των πληροφοριών του EPC στο περιβάλλον ενός reader και επεξεργάζονται σύμφωνα με ποικίλα κριτήρια.

- Object Naming Service (ONS) Standard, Version 1.0
Παρέχει πληροφορίες όσον αφορά την τοποθεσία μέσα στο Παγκόσμιο Δίκτυο EPC για έναν συγκεκριμένο κωδικό EPC.
- EPCIS - EPC Information Services
Περιγράφει πώς η πληροφορία του κωδικού EPC μπορεί να αποθηκευτεί και να προσπελαστεί μέσω του δικτύου της EPCglobal.
- EPCglobal Certificate Profile Standard
Πρόκειται για προδιαγραφές ασφαλούς ανταλλαγής δεδομένων και την διαβεβαίωση για ευρεία διαλειτουργικότητα και ταχεία ανάπτυξη (profile X.509).
- Πρότυπο προέλευσης φαρμάκων (Drug Pedigree Standard)
Το συγκεκριμένο πρότυπο καθορίζει το πως θα διατηρηθούν και θα μπορούν να ανταλλαχθούν ηλεκτρονικά έγγραφα προέλευσης για να χρησιμοποιηθούν από τους συμμετέχοντες της παραφαρμακευτικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Η δομή αυτή αφορά σε συνδυασμό με τη χρήση της σχετικής νομοθεσίας.[7], [21]

Στον πίνακα 9 παρατίθεται η πολυεπιπεδική παράθεση (cascading) των μονάδων μεταφοράς και η αντίστοιχη σήμανση κατά ISO. Ενώ στον πίνακα 10 παρατίθενται τα κυριότερα πρότυπα ISO και EPCglobal που ισχύουν διεθνώς. [7],[83],[90]

ΣΤΑΔΙΟ	ΕΠΙΠΕΔΟ	ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	ΠΡΟΤΥΠΟ ISO
Τεμάχιο	0	860 – 960 Mhz και 13,56 Mhz	ISO 17367
Συσκευασία προϊόντος	1	860 – 960 Mhz	ISO 17366
Μονάδα μεταφοράς	2	860 – 960 Mhz	ISO 17365
Μονάδα φορτώσεως σε παλέτα	3	860 – 960 Mhz	ISO 17364
Εμπορευματοκιβώτιο	4	433 Mhz	ISO 17363
Μεταφορά σε κινούμενο όχημα (φορηγό- αεροπλάνο- πλοίο-τρένο)	5	-	ISO 17362

Πίνακας 9 Πολυεπιπεδική παράθεση (cascading) και σήμανση ISO

Πρότυπο	Αντικείμενο	Συχνότητα
Auto-ID Class 0	Παράμετροι για την “air interface” επικοινωνία	860-930 MHz
Auto-ID Class 1	Παράμετροι για την “air interface” επικοινωνία	860-930 MHz
ISO 14443	Κανονισμοί για contacless / proximity ID cards, με απόσταση ανάγνωσης 7-15cm.	13.56 MHz
ISO 15693	Κανονισμοί για χωρίς επαφή/ σε μεγάλο πλήθος κάρτες (contactless / vicinity cards), με απόσταση ανάγνωσης μεγαλύτερη του 1m	13.56 MHz
ISO 18000	Οικογένεια προτύπων για το “Air interface”. Παραδείγματα:	
ISO 18000 – 1	Γενικές παράμετροι προτύπων για το “Air interface”, αναφορικά με τις παγκοσμίως αποδεκτές συχνότητες.	
ISO 18000 – 2	Παράμετροι προτύπων για το “Air interface”	125, 134.2 KHz
ISO 18000 – 3	Μέγιστη απόσταση ανάγνωσης 1.5m, διάδοχος του προτύπου ISO 15693	13.56 MHz
ISO 18000 – 4	Παράμετροι προτύπων για το “Air interface”	2.45 GHz
ISO 18000 – 5	Έχει αποσυρθεί	5.8 GHz
ISO 18000 – 6	EPCglobal Generation 2 Tags	860 – 960 MHz
ISO 18000 – 6C	Παράμετροι για την “Air Interface” επικοινωνία, ως σε αντικατάσταση των “Class 0” και “Class 1”. Κατατέθηκε στον ISO στις αρχές του 2005 ως “EPCglobal Gen 2 Class 1 UHF”. Εγκρίθηκε στις 11 Ιουλίου 2006.	860-930 MHz
ISO 18000 – 7	Παράμετροι προτύπων για το “Air interface”	433,92 MHz

Πίνακας 10 ISO και EPCglobal πρότυπα

6 BARCODE ΚΑΙ RFID

6.1 Barcode

6.1.1 Ιστορική αναδρομή

Η εμπορική εφαρμογή του Barcode (γραμμωτός κώδικας) έγινε πριν από 30 χρόνια και η επίδρασή του στο λιανεμπόριο ήταν ταχεία και ευεργετική. Πρόκειται για μια ευρεσιτεχνία των Αμερικανών μεταπτυχιακών φοιτητών Woodland και Silver στο Drexel Institute of Technology. Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τους δόθηκε το 1952, αλλά χρειάστηκαν 25 χρόνια από τη δημοσίευση της ευρεσιτεχνίας έως την ολοκληρωμένη κωδικοποίηση του Barcode για μια παγκόσμια εφαρμογή. Οι οργανισμοί EAN International και UCC συνεργάστηκαν για να φθάσουν από τον αρχικό οκταψήφιο κωδικό στον Global Trade Item Number που άρχισε να εφαρμόζεται τον Ιανουάριο του 2005.

6.1.2 Ορισμός

Ο γραμμωτός κώδικας ανήκει σε ένα τύπο τεχνολογίας που είναι γνωστότερος σαν "οπτική ανάγνωση" ή "καταχώρηση στοιχείων χωρίς πληκτρολόγιο". Το barcode χρησιμοποιεί για την απεικόνιση των χαρακτήρων μία σειρά από παράλληλες γραμμές άσπρες και μαύρες διαφορετικού πάχους σε διαφορετικούς συνδυασμούς. Οι χαρακτήρες τυπώνονται με κάποια συγκεκριμένη μεθοδολογία στο χαρτί. Από εκεί μπορούμε να τους διαβάσουμε με τον κατάλληλο ανιχνευτή και να τους μεταφέρουμε αμέσως στον υπολογιστή. [82]

6.1.3 Λειτουργία

Ο συμβολισμός με barcode όπως προαναφέρθηκε είναι ένα σύνολο ανοιχτόχρωμων και σκουρόχρωμων γραμμών. Οι γραμμές αυτές ανιχνεύονται με την βοήθεια ενός φωτεινού σημείου, αφού το φως απορροφάται από τις σκούρες γραμμές, ενώ οι ανοιχτόχρωμες γραμμές αντανακλούν μέρος του φωτός. Το barcode δεν έχει κανένα στοιχείο ούτε πληροφορία. Το μόνο που κάνει είναι να δώσει την ευκαιρία να τροφοδοτηθεί ο υπολογιστής με ένα κωδικό αριθμό, με ταχύτητα πολύ μεγαλύτερη από εκείνη της πληκτρολόγησης.

Στον υπολογιστή υπάρχουν καταχωρημένα όλα τα στοιχεία που ενδιαφέρουν το συγκεκριμένο προϊόν (συσκευασία, διαστάσεις, τιμές, κ.α.). Οι τομείς, στους οποίους ήδη εφαρμόζεται το barcode είναι η παραγωγή, ο ποιοτικός έλεγχος ή αποθήκη και διανομή, η παραγγελιοληψία, η μισθολογία, αλλά κυρίως το λιανεμπόριο (super market). [82]

6.1.4 Υπάρχοντα Συστήματα

Υπάρχουν 3 τύποι γραμμωτού κώδικα που χρησιμοποιούνται ευρέως σήμερα [82].

- για προϊόντα ευρείας κατανάλωσης: E.A.N. και U.P.C.
- για τα φαρμακευτικά προϊόντα: CIP
- για τα βιομηχανικά προϊόντα: κώδικες αλφαριθμητικοί

6.2 Σύγκριση Τεχνολογίας Barcode και RFID

Σε επίπεδο τεχνολογίας, τα barcode είναι μια "line-of-sight" τεχνολογία, που σημαίνει ότι ο scanner θα πρέπει να "βλέπει" το γραμμωτό κώδικα για να τον διαβάσει. Αντίθετα, τα RFID tag δεν απαιτούν από τον reader κάτι τέτοιο και μπορούν να διαβαστούν όσο βρίσκονται μέσα στην ακτίνα ανάγνωσής του. Επίσης, ένα RFID tag μπορεί να μεταφέρει αρκετές πιο χρήσιμες πληροφορίες από ένα barcode, όπως για παράδειγμα την ημερομηνία λήξης, στοιχείο ιδιαίτερα χρήσιμο για πολλά ευπαθή προϊόντα όπως π.χ. το γάλα. Παρ' όλα αυτά, λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής των RFID tag, αν και μπορούν να αντικαταστήσουν πλήρως τα Barcode, για το άμεσο τουλάχιστον μέλλον θα συνυπάρχουν. [82]

Σε επίπεδο οικονομίας και ανάπτυξης, μπορεί κάποιος άμεσα να αντιληφθεί και να συγκρίνει τον βαθμό επίδρασης των δύο τεχνολογιών στη ζωή μας, αν λάβει υπ' όψιν του ότι το Barcode έχει αποκαλεστεί «το δακτυλικό αποτύπωμα ενός προϊόντος» ενώ η τεχνολογία RFID θα μας οδηγήσει στο «Δίκτυο των πραγμάτων» ("The internet of thing").

Για μια πιο αντικειμενική σύγκριση των δύο τεχνολογιών παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά τους. [ΠΙΝΑΚΑΣ 11] [87]

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

	Υπέρ	Κατά
Barcode	<ul style="list-style-type: none"> • Ωριμη τεχνολογία. • Καθιερωμένα πρότυπα. • Χαμηλό Κόστος υλοποίησης. • Διαβάζεται από ανθρώπους. • Διάρκεια (όπως κάθε τυπωμένο χαρτί). • Ιχνηλασιμότητα 	<ul style="list-style-type: none"> • Χρειάζεται καθαρή γραμμή ανάγνωσης • Ευαισθησία στη γραμμή ανάγνωσης • Απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση • Ετικέτες ευαίσθητες σε εκτύπωση / τριβή • Στατική καταχώρηση δεδομένων • Μηδενική ικανότητα αποθήκευσης δεδομένων • Αντιπροσωπεύουν μόνο μια σειρά προϊόντων και όχι μεμονωμένα αντικείμενα • Η αναγνώριση γίνεται μεμονωμένα για κάθε μονάδα • Ιχνηλασιμότητα σε επίπεδο batch / lot number
RFID	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν χρειάζεται καθαρή γραμμή ανάγνωσης. • Ταυτόχρονη ανάγνωση πολλών ετικετών • Δεν απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση • Δεν επηρεάζεται από το περιβάλλον • Στατική και Δυναμική καταχώρηση δεδομένων. (Δυνατότητα εγγραφής και τροποποίησης) • Δυνατότητα αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών • Ιχνηλασιμότητα σε επίπεδο αντικειμένου 	<ul style="list-style-type: none"> • Τεχνολογία που βρίσκεται στη φάση της ανάπτυξης • Όχι πλήρως καθιερωμένα διεθνή πρότυπα (τεχνικά και συχνοτήτων) • Μέτριο προς υψηλό κόστος υλοποίησης (εξοπλισμός και tag) • Επηρεασμός της ευαισθησίας των αναγνωστών από πολλαπλά αντικρουόμενα σήματα • Παραμόρφωση ή παρεμπόδιση των ηλεκτρονικών σημάτων από διάφορα υλικά • Κωδικοί που να διαβάζονται είναι επιπρόσθετοι

Πίνακας 11 Σύγκριση RFID με Barcode

6.3 Τάσεις της τεχνολογίας RFID

Η χρήση της τεχνολογίας RFID, τα τελευταία χρόνια συγκεντρώνει την προσοχή των προμηθευτών καταναλωτικών προϊόντων (consumer packaged goods (CPG)), λόγω κυρίως της απαίτησης που είχε η εταιρία Wal-Mart Stores Inc από τους βασικούς της προμηθευτές να εξοπλιστούν σε αυτήν την τεχνολογία προκειμένου να συνεχίσουν την συνεργασία τους. Αποτέλεσμα αυτής της απαίτησης ήταν να αυξηθεί η ζήτηση και η δημιουργία RFID εφαρμογών.

Έτσι, λουπόν, οι CPG προμηθευτές άρχισαν να ψάχνουν για εφαρμογές RFID που να μην απαιτούν μεγάλες επενδύσεις, ενώ να παρέχει τη διασύνδεση με μελλοντικές εξελίξεις. Καθώς διευρύνεται η χρήση του RFID, οι προμηθευτές αναζητούν καλύτερη ενοποίηση με τις διάφορες σύγχρονες διαδικασίες.

Μερικοί CRG προμηθευτές προσεγγίζουν στρατηγικά την υλοποίηση της τεχνολογίας RFID προκειμένου να αποκομίσουν τα πλεονεκτήματα που αυτή προσφέρει. Επίσης στοχεύουν να αυξήσουν τη διαφάνεια στην παρακολούθηση των πληροφοριών προκειμένου να προβούν σε καλύτερο ανασχεδιασμό των λειτουργιών τους σύμφωνα με τις σύγχρονες απαιτήσεις.

Άλλοι προμηθευτές, υποχρεώνονται να εφαρμόσουν τη νέα τεχνολογία, όχι για κάποιο άλλο λόγο, αλλά για να διαφοροποιηθούν από τον ανταγωνισμό και να είναι σε θέση να συνεργαστούν με πελάτες που προϋποθέτουν τα εμπορεύματα να συνοδεύονται από RFID tag.

Από την ανάγκη πλέον της εφαρμογής της τεχνολογίας RFID τόσο από τους προμηθευτές όσο και από τους εμπόρους, νέες τεχνολογικές προσεγγίσεις έρχονται στο προσκήνιο, καθώς απαιτείται μια πιο οικονομική προσέγγιση που να προσφέρει όμοια και τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας RFID. Προς αυτήν την κατεύθυνση τα ερευνητικά εργαστήρια και οι κατασκευάστριες εταιρείες RFID εφαρμογών, φέρνουν στο προσκήνιο νέες τεχνολογικές προσεγγίσεις που συμπληρώνουν και βελτιώνουν την τεχνολογία RFID, εξαλείφοντας πολλά από τα μειονεκτήματά της.

Δυο πολύ σημαντικές εξελίξεις που έχουν προκύψει από την παραπάνω προσπάθεια, αναπτύσσονται εν συντομία στη συνέχεια. [46]

6.3.1 Έξυπνες ετικέτες - Smart label

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω οι προμηθευτές των εμπορικών εταιρειών ψάχνουν για μια γρήγορη λύση που να την εφαρμόσουν στις λειτουργίες τους, χωρίς όμως να χρειάζεται μεγάλη ή μεγαλύτερη επένδυση από αυτή που έχουν ήδη κάνει τα τελευταία χρόνια προκειμένου να εφαρμόσουν άλλες τεχνολογίες, ενώ ταυτόχρονα να επωφελούνται από τα πλεονεκτήματα του RFID.

Πέρα από την τυπική προσέγγιση της τοποθέτησης ενός RFID tag στο προϊόν, στην παλέτα ή στο κιβώτιο, έχει αναπτυχθεί μια εναλλακτική εφαρμογή που έρχεται να ενοποιήσει το barcode με το RFID. Η τεχνολογία αυτή έχει κερδίσει πολλούς προμηθευτές, ενώ πολλές κατασκευάστριες εταιρείες σχεδιάζουν πλέον τέτοιες εφαρμογές. Η τεχνολογία για την οποία γίνεται λόγος είναι γνωστή ως «έξυπνες ετικέτες» (smart labels) [46]

Στις πρώτες εφαρμογές RFID οι εταιρείες συνήθιζαν να τοποθετούν την κλασική ετικέτα του barcode και στη συνέχεια τοποθετούσαν την RFID tag. Αυτό είχε ως συνέπεια να χρειάζεται, πρώτα απ' όλα, να εγκατασταθεί ξεχωριστός εξοπλισμός που να παρέχει τα RFID tag, δίπλα σε αυτόν του barcode. Δεύτερον, είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους από την εργασία και την ετικέτα. Ενώ λίγοι ήταν εκείνοι που

χρησιμοποιούσαν πραγματικά τις ετικέτες RFID, καθώς εξυπηρετούνταν με αυτή του barcode, γεγονός που οδήγησε στην ύπαρξη μιας ετικέτας που στην ουσία παρέμενε ανενεργή αυξάνοντας μόνο το κόστος. Έτσι μια νέα μέθοδος έκανε την εμφάνισή της. [46]

Ένα smart label αποτελείται από το κλασικό RFID tag μαζί με το chip και την κεραία, όπου στο πάνω μέρος της έχει ένα δεύτερο στρώμα (αυτοκόλλητο χαρτί), στο οποίο μπορεί να τυπωθεί κείμενο ή και το barcode του προϊόντος. [Εικόνα 16] [44]



Εικόνα 16 Smart Label

Η χρήση των smart labels εξασφαλίζει τη χρήση του RFID μαζί με τις πληροφορίες εκείνες που άμεσα χρησιμοποιούνται σε κατάσταση εξακρίβωσης και απώλειας των δεδομένων του συστήματος. Ενώ διασφαλίζεται η πιο πλήρης πληροφόρηση σε όλο το μήκος της αλυσίδας τροφοδοσίας, ανεξάρτητα από τον εξοπλισμό που οι ενδιαμέσοι συνεργάτες χρησιμοποιούν.

Τα smart labels είναι μια καινοτόμος εξέλιξη των RFID tag και λειτουργούν με παραπλήσιο τρόπο, ωστόσο τα smart labels περιλαμβάνουν την read range και την ανεμπόδιστη λειτουργία των RFID tag με την ευκολία και την ευελιξία των προεκτυπωμένων ετικετών και του barcode. Συνδυάζουν τόσο τον EPC κωδικό του RFID, όσο και τον UPC του barcode μαζί με λοιπές χρήσιμες πληροφορίες. Τα smart labels μπορούν να τοποθετηθούν στο ίδιο σημείο που τοποθετείται η ετικέτα του barcode, επομένως είναι ιδανική για την χρήση τόσο σε καταναλωτικά προϊόντα όσο και σε κιβώτια και παλέτες. Ενώ, επίσης, ένα smart labels μπορεί να είναι προεκτυπωμένο αλλά και προκωδικοποιημένο. [74]

Μια από τις βασικότερες τεχνολογικές εξελίξεις που βοήθησε στην εκτεταμένη χρήση των smart labels και κατά επέκταση των RFID tag, είναι η εξέλιξη των εκτυπωτών barcode που εξελίχθηκαν, έτσι ώστε να μπορούν να εκτυπώνουν επάνω στα RFID tag. Επόμενο ήταν να δημιουργηθούν μια νέα γενιά εκτυπωτών που ονομάστηκαν smart printer. Οι εκτυπωτές αυτού του τύπου, δίνουν την δυνατότητα για άμεση εκτύπωση και προγραμματισμό των tag και των στοιχείων εκείνων που ο εκάστοτε αγοραστής επιθυμεί. [Εικόνα 17]



Εικόνα 17 Εκτυπωτής smart RFID labels

6.3.2. RuBee



Το Ιουνίου του 2006 το Ίδρυμα IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) ανακοίνωσε ότι βρήκε ένα νέο πρότυπο πρωτοκόλλου αναγνώρισης. Το νέο πρωτόκολλο είναι γνωστό ως IEEE P1902.1, και αναφέρεται στην υλοποίηση μιας νέας τεχνολογίας, στην οποία δόθηκε και ένα πιο ελκυστικό όνομα και επομένως είναι πλέον γνωστή ως RuBee. Η επίσημη ορολογία του RuBee είναι η «μεγάλου μήκους κύματος αναγνώριση ID» LWID (Long Wavelength ID). Η τεχνολογία RuBee είναι η πιο συναρπαστική ανάπτυξη στον τομέα της αυτόματης αναγνώρισης, ενώ πολύ είναι αυτοί που

πλέον θεωρούν την τεχνολογία αυτή ως “RFID 2.0,” αν και είναι διαμετρικά αντίθετη τεχνολογία από αυτή του RFID. [67]

Η τεχνολογία RuBee, χρησιμοποιεί αποκλειστικά μαγνητική ενέργεια, σε αντίθεση με την RFID τεχνολογία που χρησιμοποιεί ηλεκτρική ενέργεια ή ράδιο συχνότητες. Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται από την RuBee τεχνολογία είναι αρκετά χαμηλές, κάτω από τα 450kHz, με προτιμότερο πεδίο λειτουργίας στα 132kHz. Η συχνότητα αυτή είναι πολύ πιο μικρή από αυτές που χρησιμοποιούνται ακόμα και στη ζώνη AM του ραδιοφώνου. Η RuBee χρησιμοποιεί μικρο-watt μαγνητικής ενέργειας για να επικοινωνήσει μεταξύ του tag και του reader. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε ένα RuBee σύστημα οι reader είναι πιο κοντά στην έννοια του router τόσο από πλευράς σχήματος και κόστους απ’ ό τι οι reader του RFID συστήματος.

Το RuBee απαλείφει πολλές από της ανησυχίες που παρουσιάζει το RFID. Λόγω της χαμηλής συχνότητας που χρησιμοποιεί το RuBee, μπορεί να μεταδώσει μέσα από το νερό και το μέταλλο. Έτσι περιβάλλον με ψηλά επίπεδα υγρασίας ή και περιτριγυρισμένα από μέταλλο δεν είναι πρόβλημα για την επικοινωνία μέσω των RuBee tag. Ενώ παρουσιάζει πολύ καλύτερη απόδοση από τα παραδοσιακά RFID tag. Επίσης, τα RuBee έχουν αποδειχθεί ικανά να επικοινωνούν και να είναι αναγνωρίσιμα ακόμα και όταν είναι τοποθετημένα κάτω από το έδαφος.

Βασισμένη, σε εντελώς διαφορετική τεχνολογία από αυτή του RFID, η read range του RuBee είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτή των UHF και HF των RFID. Κάνοντας χρήση σπειροειδής κεραίας, τα RuBee tag δείχνουν να έχουν μεγαλύτερη περιοχή αναγνώρισης απ’ ό τι τα passive RFID tag. Η read range για το RuBee κυμαίνεται να αποδίδει σε μια περιοχή ακτίνας από 2-6 μέτρα έως και 30 μέτρα, που σημαίνει μια περιοχή αναγνώρισης της τάξης του 1 τετραγωνικού μέτρου.

Μέχρι στιγμής έχουν αναπτυχθεί και κατασκευαστεί active RuBee tag, τα οποία τροφοδοτούνται από μπαταρία σε μέγεθος νομίσματος που είναι λιγότερο δαπανηρή και προσφέρει χρόνο ζωής από 10 με 15 χρόνια. Στο πρωτόκολλο IEEE P1902.1 γίνεται αναφορά στα πρότυπα για την κατασκευή passive RuBee tag, ωστόσο θα χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια και θα ανταποκρίνονται στο μαγνητικό σήμα με τον ίδιο τρόπο που γίνεται και τώρα από τα passive RFID tag.

Παρ’ όλη την μεγάλη εμβέλεια αναγνώρισης που προσφέρει η τεχνολογία RuBee, μειονεκτεί έναντι των RFID συστημάτων στην ταχύτητα αναγνώρισης. Τα RuBee συστήματα έχουν μικρότερη ταχύτητα από αυτά των RFID. Ενώ ένα HF RFID tag μπορεί να διαβαστεί 100 φορές το δευτερόλεπτο και ένα UHF tag, από 150 με 200 φορές το δευτερόλεπτο, εν’ αντιθέσει με ένα RuBee tag που έχει ταχύτητα

αναγνώρισης μόλις, περίπου 6-10 φορές το δευτερόλεπτο. Η χαμηλή ταχύτητα των RuBee tag, δεν τα κατατάσσει στην πρώτη επιλογή για τις περισσότερες αλυσίδες διανομής. Ωστόσο η νέα αυτή τεχνολογία κάλλιστα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εφαρμογές όπως στην αναγνώριση των ζώων, για την αναγνώριση της αυθεντικότητας των προϊόντων, και στον τομέα των ιατρικών εφαρμογών. Τέλος μπορεί η τεχνολογία RuBee να μειονεκτεί ως προς την ταχύτητα αναγνώρισης, από την άλλη όμως, σύμφωνα με τα μέχρι στιγμής αποτελέσματα από τις δοκιμαστικές εφαρμογές και ελέγχους που έχει υποστεί, φαίνεται να παρέχει μεγαλύτερη ακρίβεια και ορθότητα απ' ότι τα EPC-RFID tags, και με μικρότερη ευαισθησία και εξωτερικό «θόρυβο» από άλλα RF σήματα.

Μπορεί η ταχύτητα να περιορίζει την εφαρμογή της τεχνολογία RuBee, από την άλλη, ωστόσο, δεν διαδραματίζει και τον μοναδικό παράγοντα. Η τεχνολογία RuBee προσφέρει μοναδικά τεχνολογικά πλεονεκτήματα και εννοιολογικές διαφορές στον σχεδιασμό τους από τα παραδοσιακά EPC-RFID μοντέλα.

Ο σχεδιασμός της τεχνολογίας RuBee επιτρέπει την απευθείας επικοινωνία μεταξύ των συστημάτων (peer-to-peer), τόσο ανάμεσα στα tags και στους router, αλλά και μεταξύ των tags των ίδιων. Μια ενδιαφέρουσα εφαρμογή της πιο πάνω ικανότητας των RuBee tag είναι, η δυνατότητα να προγραμματιστούν κατάλληλα έτσι ώστε να προειδοποιούν, με συναγερμό, σε περίπτωση που ένα αντικείμενο με tag μετακινηθεί παράνομα από την θέση του στα ράφια του καταστήματος, ή από μια μη εξουσιοδοτημένη μετακίνηση του, ή σε προϊόντα υψηλής αξίας.

Επίσης, σύμφωνα με το πρότυπο IEEE P1902.1, τα RuBee tag, θα έχουν την δυνατότητα του πραγματικού χρόνου διερεύνησης των tag, ενώ προβλέπεται και η σύνδεσή τους μέσω URLs με το internet, γεγονός που αυξάνει την δυνατότητα διερεύνησής τους μέσω του internet. [67]

Σε αντίθεση με το μοντέλο του EPC, όπου η μήμη του tag περιορίζεται στο ελάχιστο δυνατό ποσοστό χρησιμοποίησης, τα tag είναι ένα μέσο σύνδεσης με τα βασικά αρχεία και τις πληροφορίες του προϊόντος που αντιπροσωπεύουν. Τα RuBee tag πρόκειται να σχεδιαστούν με χωρητικότητα μνήμης ικανή να μεταφέρει πληροφορίες για το προϊόν επάνω στο προϊόν. Έτσι θα είναι πιο εύκολη η αναζήτηση του ιστορικού ενός προϊόντος που θα είναι αποθηκευμένο μέσα σε μια αποθήκη, ενώ το κόστος αυτού του tag προβλέπεται να είναι πολύ πιο χαμηλό από το αντίστοιχο του active RFID tag, προκειμένου να πραγματοποιήσει την ίδια διαδικασία.

Όπως επισημαίνουν στελέχη βιομηχανιών και μελετητές της τεχνολογίας RFID, ένα σημαντικό ερώτημα που προκύπτει από την νέα τεχνολογία RuBee είναι αν η εν' λόγω τεχνολογία είναι ένα εργαλείο διαφάνειας (visibility) ενώ η τεχνολογία RFID είναι εργαλείο ιχνηλασιμότητας (tracking). Το RuBee οραματίζεται να αποτελέσει ένα σύστημα διαφάνειας παρέχοντας περισσότερες πληροφορίες από την απλή ανίχνευση του αντικειμένου ή προϊόντος μέσα σε μια γραμμή παραγωγής ή σε μια αποθήκη. Ενώ ένα σύστημα ανίχνευσης συλλέγει δεδομένα για το που βρίσκεται ένα αντικείμενο, τα συστήματα διαφάνειας (visibility) μπορούν να παρέχουν πληροφορίες, σε πραγματικό χρόνο, για την κατάσταση των αντικειμένων, καθώς, επίσης και ιστορικά στοιχεία για το προϊόν και την διαδρομή αυτού.

Όπως διατυπώνεται και από αναλυτές του κλάδου, η νέα αυτή τεχνολογία των RuBee tag θα έρθει και θα καλύψει το κενό της αγοράς του RFID. Κατά αυτό τον τρόπο τα RuBee είναι ιδανικά για εφαρμογές στο επίπεδο του λιανεμπορίου, σε ιατρικές εφαρμογές και φαρμακευτικά είδη, στην αναγνώριση των ζώων, καθώς και σε όλες της εφαρμογές στις οποίες η χρήση της τεχνολογίας RFID είναι τεχνολογικά μη εφαρμόσιμη ή και υψηλού κόστους.

Στο λιανεμπόριο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία RuBee μαζί με την RFID για τα υψηλής αξίας εμπορεύματα. Τέλος, μια ακόμα δυνατότητα, που υπόσχεται να προσφέρει η τεχνολογία RuBee, έχει να κάνει στη βοήθεια της έξυπνης διαχείρισης των πόρων (smart asset management).

Σύμφωνα με τον οργανισμό IEEE το νέο πρότυπο, που ορίζει την υλοποίηση της τεχνολογίας RuBee θα είναι ολοκληρωμένο στα μέσα του 2007.

Συνοψίζοντας, τα βασικότερα πλεονεκτήματα που απορρέουν από την εφαρμογή της τεχνολογίας RuBee παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω: [78] [67]

- ☆ Δυνατότητα αναγνώρισης μέσα από μη ενδεδειγμένες επιφάνειες (νερό, μέταλλα)
- ☆ Μεγαλύτερη επιφάνεια αναγνώρισης (read rage)
- ☆ Μεγαλύτερη διάρκεια της μπαταρίας
- ☆ Δυνατότητα επικοινωνίας ανάμεσα στα διάφορα tag
- ☆ Οικονομικά αποδοτικότερα από τα active RFID tag
- ☆ Η μεταφορά της πληροφορίας για κάθε αντικείμενο πραγματοποιείται μέσω της μνήμης των Chip
- ☆ Μεγαλύτερη αξιοπιστία στην αναγνώριση με μικρότερη ευαισθησία (susceptibility) από άλλα RF σήματα.

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

7 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ RFID

7.1 Εφοδιαστική Αλυσίδα και RFID

Η τεχνολογία RFID προσφέρει περισσότερα και πιο ευδιάκριτα πλεονεκτήματα απ' ό,τι η τεχνολογία του barcode, στις εφαρμογές αυτοματοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας (supply chain), αν και με μια πρώτη προσέγγιση θα μπορούσε να ειπωθεί, ότι παρέχει τις ίδιες λειτουργίες με αυτές του Barcode.

Ωστόσο, μια από τις βασικότερες και σπουδαιότερες διαφορές στις δυο αυτές τεχνολογίες έχει να κάνει με τον τρόπο μεταφοράς των δεδομένων. Έτσι στην προσέγγιση του RFID τα δεδομένα μεταδίδονται αυτόματα μέσω ραδιοκυμάτων, και επομένως δεν χρειάζεται η επιτόπου ανίχνευση, με ειδικό εξοπλισμό, όπως προαπαιτεί η τεχνολογία του barcode.

Η τεχνολογία του RFID προσφέρει μεγάλη ευελιξία στην τοποθέτηση για την αναγνώριση των προϊόντων, και αυτό, λόγω του ότι αναγνωρίζει ένα tag από απόσταση. Έτσι, ένα RFID σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει δεδομένα μέσα από περισσότερα κιβώτια και υλικά. Για παράδειγμα, τα RFID tag που είναι τοποθετημένα μέσα στα κιβώτια σε μια παλέτα, αυτόματα αναγνωρίζονται από τον RFID reader του συστήματος χωρίς να χρειάζεται να αποσυσκευαστούν τα προϊόντα της παλέτας.

Τέλος, ένα ακόμα πλεονέκτημα της τεχνολογίας RFID, έχει να κάνει με τη δυνατότητα να αποθηκεύει περισσότερες πληροφορίες και δεδομένα απ' ό,τι είναι εφικτό να υπάρχουν σε ένα barcode. Επιπλέον η δύναμη αναβάθμισης που επιδέχεται η μνήμη του RFID tag προσφέρει μια ακόμα πιο ολοκληρωμένη πληροφόρηση.

Μια από τις πιο σπουδαίες δυνατότητες της τεχνολογίας RFID είναι αυτή της ανίχνευσης και της on-line ενημέρωσης της θέσης και του σημείου που βρίσκεται ένα προϊόν μέσα στην αποθήκη ή στο φορτηγό σε όλο το μήκος της αλυσίδας αξίας, αυξάνοντας κατά πολύ την αποτελεσματικότητα της αλυσίδας και της διαχείρισης των αποθεμάτων και μειώνοντας τα διάφορα λάθη. [46]

Συμπερασματικά, η εφαρμογή της τεχνολογίας RFID επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο λειτουργίας της εφοδιαστικής αλυσίδας, βελτιώνοντας την απόδοση και την αποτελεσματικότητά της, μέσω της καλύτερης και πληρέστερης παρακολούθησης όλων των απαραίτητων στοιχείων που καλύπτουν τις ανάγκες του τελικού καταναλωτή. Επίσης, θα ήταν παράληψη να μην αναφερθούν οι θετικές κοινωνικές αλλαγές που συνεπάγονται από τη χρήση της τεχνολογίας RFID, βελτιώνοντας και απλοποιώντας πολλές από τις καθημερινές συνήθειες.

Παρακάτω παρατίθενται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της τεχνολογίας RFID στην εφοδιαστική αλυσίδα [88] [93]

	Υπέρ	Κατά
RFID	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ιχνηλασιμότητα σε επίπεδο αντικειμένου – Αύξηση βαθμού ιχνηλασιμότητας ◆ Αυτοματοποίηση παραλαβών στις κεντρικές αποθήκες και στα καταστήματα. ◆ Οικονομίες από τη διαχείριση των αποθεμάτων – Αύξηση των turnovers και μείωση αποθεμάτων ◆ Παρακολούθηση αποθεμάτων ραφιών και αποθήκης σε πραγματικό χρόνο. ◆ Μείωση των ελλειμμάτων (out-of stock) ◆ Βελτίωση επιπέδων πληρότητας και διαθεσιμότητας προϊόντων στα ράφια (Η αμερικανική εταιρία Seattle's Best Coffee αύξησε το fill rate των παραγγελιών της από 95% σε 99,5% με τη χρήση RFID) ◆ Μείωση χρόνου φόρτωσης εμπορευμάτων ◆ Ταχύτερη εξυπηρέτηση πελατών ◆ Εξοικονόμηση καυσίμων ◆ Μείωση κόστους ◆ Ταχύτερες και ακριβέστερες απογραφές στις κεντρικές αποθήκες και στα καταστήματα (10.000 items/hour) ◆ Μείωση απωλειών μεταφοράς από αποθήκη σε καταστήματα (Shrinkage) ◆ Τακτοποίηση τομέων καταστημάτων ◆ Μείωση προσωπικού καταστημάτων. ◆ Δραστικός περιορισμός των κλεμμένων ή απολεσθέντων αντικειμένων ◆ Βελτίωση της «ορατότητας» της πληροφορίας για κάθε προϊόν ◆ Ταχύτητα μετάδοσης των πληροφοριών. ◆ Αυτοματοποίηση εσωτερικών διαδικασιών ◆ Βελτίωση αυτοματισμού ανάγνωσης. ◆ Βελτίωση της ποιότητας και της αξιοπιστίας των δεδομένων (Εξάλειψη λαθών) ◆ Προβλέψεις για τη δραστική μείωση του κόστους των ετικετών ◆ Μείωση λειτουργικού κόστους σε όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας ◆ Συντονισμός κινήσεων σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας (Supply Chain Visibility) 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Ανάγκη ανασχεδιασμού και επέκτασης της υπολογιστικής υποδομής. ◆ Υψηλό κόστος εξοπλισμού του καταστήματος.

Πίνακας 12 Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα RFID στην Εφοδιαστική αλυσίδα

7.2 Εφαρμογές RFID

Τα RFID tag αποθηκεύουν πληροφορίες σχετικές με τους ανθρώπους ή τα αντικείμενα που τις φέρουν και μπορούν να βρουν εφαρμογή σε πληθώρα τομέων. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συσκευασία των προϊόντων, σε βιβλιοθήκες, σε πιστωτικές κάρτες, ή ακόμα και σε ένα σήμα ή έγγραφο ταυτοποίησης όπως η ταυτότητα, το διαβατήριο, ή το δίπλωμα οδήγησης. Επίσης χρησιμοποιούνται στην ιχνηλασιμότητα των ζώων (είτε πρόκειται για κατοικίδια ζώα, είτε για ζώα σε κτηνοτροφικές μονάδες) καθώς και στην ιχνηλασιμότητα ανθρώπων π.χ. σε βραχιόλια που φορούν ασθενείς που πάσχουν από τη νόσο του Αλτσχάιμερ, τρόφιμοι σφραγιστικών ή άλλων ιδρυμάτων ή παιδιά που νοσηλεύονται για την αποφυγή απαγωγών.

Ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω πεδία και κατηγορίες εφαρμογών:

Έλεγχος Εισόδου για ανθρώπους:

- Ασφαλής είσοδος σε χώρους εργασίας
- Ασφαλής πρόσβαση σε επικίνδυνο εξοπλισμό ή εξοπλισμό ασφαλείας
- Πρόσβαση σε υπολογιστή ή μέσο μεταφοράς
- Πρόσβαση σε τρένα ή λεωφορεία
- Πρόσβαση σε εγκαταστάσεις ψυχαγωγίας

Έλεγχος Εισόδου για μέσα μεταφοράς:

- Ασφαλής πρόσβαση στο μέσο
- Συλλογή διοδίων
- Στιγμαία πληρωμή για καύσιμα

Αυτοματοποίηση Παραγωγής:

Έλεγχος ευέλικτων διαδικασιών παραγωγής αναγνωρίζοντας τα μέρη που κατασκευάζονται σε κάθε γραμμή παραγωγής (διευκόλυνση της μαζικής παραγωγής)

Σήμανση σημαντικών μερών για την μετέπειτα ανακύκλωσή τους.

Logistics και διανομή:

- Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας
- Ιχνηλασία των αγαθών από την παραγωγή στην κατανάλωση
- Ιχνηλασία των προϊόντων από τη φόρτωση μέχρι και τον πελάτη
- Έλεγχος αποθεμάτων
- Διαθεσιμότητα προϊόντος
- Αντίστροφη εφοδιαστική αλυσίδα

Συντήρηση:

- Εγκαταστάσεων και εξοπλισμού
- Πάγια περιουσιακά στοιχεία
- Ασθενών

Ασφάλεια προϊόντων:

- Ενδείξεις πλαστογράφησης
- Γνησιότητα προϊόντος

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

8.1 Εφαρμογές σε κέντρα Αποθήκευσης

Καθώς οι διάφορες βιομηχανίες της αλυσίδας τροφοδοσίας (supply chain), συνεχίζουν να δουλεύουν προς τη συνεχή βελτίωση της ροής των δεδομένων μέσα στις γραμμές παραγωγής τους, όλο και περισσότερο αναπτύσσονται διάφορες εφαρμογές, προσφέροντας πολλά τεχνολογικά πλεονεκτήματα. Έτσι και η τεχνολογία RFID, λόγω του ότι προσφέρει περισσότερη διαφάνεια (visibility) και αποτελεσματικότερη διαχείριση των δαπανών, θεωρείται μια από τις πλέον ενδιαφέρουσες επιλογές για την συλλογή δεδομένων και αναγνώριση των προϊόντων στη supply chain. [36]

Η τεχνολογία RFID, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές διαφορετικές αποθήκες (warehouse) και κέντρα διανομής (Distribution Center, DC) στις διάφορες λειτουργίες διαχείρισης αποθεμάτων (inventory control), συμπεριλαμβανομένων της παραλαβής (Receives) και τοποθέτησης (Putway) των εμπορευμάτων, της συλλογής (Picking) και αποστολής (Shipping) των προϊόντων. Η τεχνολογία RFID παρέχει προοπτικές υψηλής αποεπένδυσης, εφ' όσον εφαρμογή της προσφέρει πλεονεκτήματα στα αναγνωρισμένα προβλήματα και περιορισμούς των προηγούμενων τεχνικών και προσδίδει τη δυνατότητα εφαρμογής νέων επιχειρηματικών διεργασιών.

Με τη χρήση της τεχνολογίας RFID, τα προϊόντα μπορούν να παρακολουθούνται και να αναγνωρίζονται σε όλες τις φάσεις των διαδικασιών μέσα στην αποθήκη, εκεί που άλλες εφαρμογές αδυνατούν λόγω περιβαλλοντικών ή και κόστους περιορισμών. Προσφέροντας τη δυνατότητα κωδικοποίησης και χρήσης ασφαλών σειριακών αριθμών στα tag, αρχίζει να γίνεται εμφανής ο τρόπος με τον οποίο η τεχνολογία RFID μπορεί να οδηγήσει σε νέα επίπεδα διαφάνειας στη διαχείριση των αποθεμάτων και των λειτουργιών της Supply chain. Μειώνοντας τόσο τα επίπεδα των αποθεμάτων, το χρόνο αποθήκευσης, τις δαπάνες διαχείριση και το κόστος logistics. [44] (§ 8.1.5)

Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο η τεχνολογία RFID μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία κοινών διαδικασιών που εμφανίζονται τόσο στις αποθήκες όσο και στα κέντρα διανομής. [44]

Παραλαβή - Receiving

Η μείωση της εργασίας κατά την παραλαβή είναι αποδεδειγμένα μια πολύ μεγάλη κινητήρια δύναμη για τις επιχειρήσεις που αναζητούν ή και απαιτούν στην εφαρμογή των RFID tag από τους προμηθευτές τους κατά την αποστολή των εμπορευμάτων. Οι παλέτες και τα κιβώτια αναγνωρίζονται αυτόματα καθώς αυτά ξεφορτώνονται από το φορτηγό, είτε μέσω Fixed RFID Readers τοποθετημένους στην πόρτα παραλαβής (dock door), είτε μέσω mobile RFID Readers τοποθετημένα στα διάφορα παλετοφόρα. Τα δεδομένα που διαβάζονται από το tag στην παλέτα ή στο κουτί, μεταφέρονται στο πληροφοριακό σύστημα της αποθήκης (WMS) και αναβαθμίζουν τη βάση δεδομένων. Το σύστημα στη συνέχεια ρυθμίζει την παραγγελία και στέλνει προς το Reader τις απαραίτητες πληροφορίες που θα επιτρέψουν σε μερικά εμπορεύματα να μεταφορτωθούν άμεσα σε άλλη παραγγελία, ενώ σε άλλα να

αποθηκευτούν. Μέσω της εφαρμογής της τεχνολογίας RFID σε αυτή τη διαδικασία η εργασία αυτή είναι λιγότερο επώδυνη για τους εργαζάτες απ' ό,τι με την χρήση του barcode συστήματος.

Τοποθέτηση – Putaway

Μέσω της αυτόματης σύνδεσης των προς αποθήκευση εμπορευμάτων και της πραγματικής τους θέσης τοποθέτησης, η τεχνολογία RFID, μπορεί να βελτιώσει την ακρίβεια της διαδικασίας τοποθέτησης των εμπορευμάτων μέσα στην αποθήκη χωρίς, μάλιστα, την απαίτηση για περαιτέρω καταχώριση δεδομένων ή την ανίχνευση του barcode. Όταν ένα κιβώτιο ή μια παλέτα πραγματικά τοποθετείται σε μια θέση, ο reader του παλετοφόρου, αυτόματα καταγράφει την κίνηση και αντιστοιχίζει τη θέση αποθήκευσης με το ID του κιβωτίου ή της παλέτας, μέσω ενός προεγκατεστημένου tag στη θέση αποθήκευσης. Κατά αυτό τον τρόπο, οι χειριστές μειώνουν το χρόνο τοποθέτησης των εμπορευμάτων καθώς δεν απαιτείται στόχευση και ανίχνευση του barcode, ενώ επίσης, εξαλείφεται η πιθανότητα λάθους αντιστοίχισης του κωδικού της θέσης τοποθέτησης με το εμπόρευμα. (§ 8.1.3)

Ασφάλιση περιοχής - Security/Documentation

Η αρχή της αυτόματης τοποθέτησης, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, μπορεί να τροποποιηθεί κατά τέτοιο τρόπο προκειμένου να παρέχει τον έλεγχο αφύλακτων θέσεων. Σε αυτή την εφαρμογή γίνεται χρήση κυρίως fixed reader για να παρακολουθείται μια συγκεκριμένη τοποθεσία, όπως μια πύλη ή μια ξεχωριστή περιοχή αποθήκευσης. Η εφαρμογή αυτή είναι χρήσιμη για καταστάσεις όπου η περιοχή αποθήκευσης χρησιμοποιείται για ασφάλεια ή και για φύλαξη σημαντικών εγγράφων. Για παράδειγμα, σε μια περιοχή όπου τοποθετούνται προϊόντα υψηλής αξίας, η χρήση της τεχνολογίας RFID για συνεχή παρακολούθηση ασφαλίζει την εν λόγω περιοχή από πιθανές κλοπές.

Συλλογή προϊόντων - Picking

Η χρήση της τεχνολογίας RFID στη διαδικασία της συλλογής των εμπορευμάτων από μια θέση της αποθήκης, όπως και στην περίπτωση της τοποθέτησης, ελαχιστοποιεί τις λάθος εντολές. Τα εμπορεύματα αυτόματα αναγνωρίζονται, από ένα fixed reader ή κάποιο άλλο mobile reader, καθώς αυτά συλλέγονται, ενώ τα δεδομένα αυτόματα μεταφέρονται και ελέγχονται από το WMS ή από ένα σύστημα διαχείρισης παραγγελιών προκειμένου να επιβεβαιωθεί ότι το συγκεκριμένο εμπόρευμα που συλλέγεται ανήκει στην παραγγελία που εκτελείται. Επίσης, στην περίπτωση της χρήσης παλετών, τα tag των εμπορευμάτων μπορούν ταυτόχρονα να συνδέονται και να ενημερώνουν και τα δεδομένα του tag της παλέτας στην οποία είναι τοποθετημένα, εξασφαλίζοντας έτσι μείωση στο χρόνο της καταχώρισης δεδομένων σε ένα σύστημα βασισμένο σε επίπεδο παλέτας.

Φόρτωση - Shipping

Με τη χρήση της τεχνολογίας RFID, στο στάδιο της αποστολής των εμπορευμάτων, επικυρώνονται οι παλέτες που φορτώνονται και βελτιώνεται η ακρίβεια της φόρτωσης, ακόμα και αν μια παλέτα δεν έχει περάσει από τη διαδικασία της συλλογής (picking). Μια παλέτα με κιβώτια που έχουν RFID tag μπορεί να

αναγνωριστεί είτε από ένα reader που βρίσκεται σε μια πύλη, ή από ένα Handheld reader. Στη συνέχεια το WMS ή και το σύστημα διαχείρισης των παραγγελιών μπορεί να αντιστοιχήσει τα διαβασμένα δεδομένα με αυτά της παραγγελίας του πελάτη, προκειμένου να επαβεβαιωθεί ότι κανένα κιβώτιο δεν έχει χαθεί και ότι οι ποσότητες είναι σωστές. Μια τελευταία αναγνώριση των tag στην πόρτα εκφόρτωσης προσφέρει μια αναβάθμιση στη βάση δεδομένων και καταγράφει την αφαίρεση των εμπορευμάτων από το σύστημα αποθέματος.

Παρακολούθηση πάγιου εξοπλισμού - Asset Tracking

Η τοποθέτηση ενός RFID tag σε ένα container ή μια παλέτα που συνοδεύει μια παραγγελία προς τον πελάτη, εξυπηρετεί την ιχνηλάτευση του εν λόγω εξοπλισμού όταν πρόκειται για πάγιο εξοπλισμό που επιστρέφεται και ξαναχρησιμοποιείται. Κατά αυτό τον τρόπο δημιουργείται μια ακριβής διαδρομή από πληροφορίες για την ανάκτηση του παγίου εξοπλισμού και τη διαχείριση τους πιο αποτελεσματικά. Παράδειγμα της χρήσης των RFID tag στην παρακολούθηση της θέσης του παγίου εξοπλισμού, αποτελεί η εφαρμογή της εταιρείας Marks & Spencer. Η εταιρεία χρησιμοποιεί handheld reader για να αναγνωρίζει τα RFID tag που έχουν τοποθετηθεί στον εξοπλισμό και διακινούνται μεταξύ των 6 διαφορετικών DC. Η εταιρεία χρησιμοποιεί πάνω από 4,5 εκατομμύρια, τοποθετημένα με RFID tag κιβώτια, κλουβιά και άλλου είδους container για της διαδικασίες διακίνησης των φρέσκων προϊόντων. Με την ακριβή ιχνηλάτευση του εξοπλισμού καθώς αυτά κινούνται μέσα στις εγκαταστάσεις και τη supply chain της, η εταιρεία βελτιώνει το σχεδιασμό της αυξάνοντας τη χρησιμοποίηση του εξοπλισμού και μειώνοντας το κόστος διαχείρισης.

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνολογία RFID στην παρακολούθηση του παγίου εξοπλισμού μέσα στις διαδικασίες logistics, ο εξοπλισμός της αποθήκης όπως τα παλετοφόρα, τα εργαλεία και λοιπές μηχανές μπορούν να επωφεληθούν από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των RFID tag βελτιώνοντας τη διαφάνεια και τη διαθεσιμότητα, μειώνοντας τις απώλειες και παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες για τη διαχείριση του εξοπλισμού. (§ 8.1.4)

Όπως είδαμε στις παραπάνω αναφορές, υπάρχει πληθώρα εφαρμογών και χρήσεων της τεχνολογίας RFID στις λειτουργίες της αποθήκης και ενός κέντρου διανομής (DC). Προς την προσαρμογή και υλοποίηση της τεχνολογίας RFID στην αποθήκη, πολλοί προμηθευτές hardware και software εξοπλισμού ερευνούν τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να προσαρμόσουν τη RFID τεχνολογία στα διάφορα πληροφοριακά συστήματα για να παρέχουν πιο αποτελεσματική απόδοση στις λειτουργίες της αποθήκης. Έτσι πολλά σύγχρονα WMS πλέον υποστηρίζουν και την RFID εισαγωγή δεδομένων στο λογισμικό τους.[36]

Καθώς η τεχνολογία του RFID είναι ακόμα σε στάδιο ανάπτυξης και ελέγχου, πολὺς λόγος γίνεται για τα πεδία εφαρμογής στα οποία θα μπορούσε κάλλιστα να χρησιμοποιηθεί. Το κέντρο Auto-ID, σε εκθέσεις της, περιγράφει τις πολλές προοπτικές που υπάρχουν στην εφαρμογή της τεχνολογίας RFID σε μια αποθήκη από την εφαρμογή σε παλέτες, κιβώτια και εμπορεύματα.

Πολλοί αναλυτές προσδιορίζουν τα επιχειρηματικά πλεονεκτήματα από την εφαρμογή των RFID tag σε επίπεδο παλέτας και κιβωτίου. Ωστόσο, αρκετοί είναι εκείνοι που υποστηρίζουν ότι η χρήση της τεχνολογίας σε επίπεδο εμπορευμάτων RFID δεν θα πραγματοποιηθεί σε λιγότερα από 10 χρόνια. [36]

8.1.1 Η περίπτωση της METRO Group



Η METRO Group, ένας από τους μεγαλύτερους λιανοπωλητές του κόσμου, με εμπορικά και επαγγελματικά καταστήματα και εγκαταστάσεις σε περισσότερες από 30 χώρες σε Ευρώπη και Ασία, αποφάσισε, το 2002 να σχεδιάσει την εφαρμογή συστήματος RFID στη Supply chain της και στο υποκατάστημά της στο Rheinberg, της Γερμανίας. Πρόκειται για ένα σύγχρονο μελλοντικό κατάστημα που θα αναπτύσσει και θα εφαρμόζει νέες μορφές διαδικασιών σε όλες τις πτυχές της supply chain, από τις διαδικασίες logistics έως και τα ράφια του καταστήματος, ευελπιστώντας να αποκομίσει μερικά από τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας RFID στη μείωση του χρόνου των διαδικασιών, της εργασίας και των αποθεμάτων. [48] [47] [32]

Επειτα από μια πιλοτική εφαρμογή, η εταιρεία ενθαρρύνθηκε από την απόδοση του συστήματος και του εξοπλισμού της Intermec Technologies Corp, και προχώρησε σε περαιτέρω εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στις καθημερινές διαδικασίες της supply chain. Όπως τονίζει και ο CIO της METRO Group Zygmunt Mierdorf, πλέον ξοδεύεται λιγότερος χρόνος στη διαδικασία της αποστολής εμπορευμάτων, ενώ έχει ήδη διαπιστωθεί μια ουσιαστική βελτίωση στις καθημερινές τους διαδικασίες χάρη στην τεχνολογία RFID. Επιπλέον, βοηθήθηκαν στην αναγνώριση και τη μείωση των αδυνάτων σημείων των χειρονακτικών διαδικασιών στην αποθήκη, βελτιώνοντας περισσότερο την απόδοσή τους και εξαλείφοντας τα φαινόμενα έλλειψης αποθέματος.

Επειτα από μια περίοδο πιλοτικής εφαρμογής του συστήματος RFID, η METRO Group, προχώρησε το Νοέμβριο του 2004, στην εγκατάσταση της τεχνολογίας στην παραγωγική γραμμή για την παρακολούθηση των παλετών. Έτσι, τον Ιανουάριο του 2005, η METRO Group ανακοίνωσε ότι είχε καταφέρει να αναγνωρίσει και να ελέγξει περισσότερα από 50.000 παλέτες, μετρώντας, μείωση της τάξης του 14% στις εργασίες της αποθήκης, 11% βελτίωση στην διαθεσιμότητα του αποθέματος και 18% μείωση στην απώλεια των εμπορευμάτων μέσα σε διάστημα 100 ημερών από την έναρξη λειτουργίας του συστήματος RFID. Τα αποτελέσματα των παραπάνω αποδόσεων παρότρυναν την METRO Group στην επέκταση της τεχνολογίας.



Έτσι τον Μάρτιο του 2005, η METRO Group, σε συνεργασία με τους προμηθευτές εξοπλισμού RFID, Intermec και Royal Philips Electronics, σχεδίασε την πρώτη εμπορική χρήση του προτύπου EPC Gen 2 RFID για την εφαρμογή σε μια παγκόσμια supply chain. Επειτα από τα επιτυχημένα πιλοτικά προγράμματα, η METRO αποφάσισε να εγκαταστήσει, σε πλήρη κλίμακα, το σύστημα ανίχνευσης παλετών μέσω RFID tag, σε ένα από τα πιο φορτωμένα κέντρα διανομής (distribution center, DC), αυτό στην Unna της Γερμανίας. Εκεί έκανε χρήση πολλαπλών εφαρμογών της τεχνολογίας RFID, όπως αυτή της αναγνώρισης των ρούχων μέσα στα υπόστεγά της. Σύμφωνα με την METRO, με αυτή την εφαρμογή είναι σε θέση να ταξινομήσει πάνω από 8000 διαφορετικά ρούχα την ώρα.

Για την υλοποίηση της εγκατάστασης του συστήματος RFID στο DC της Ύπνα, χρησιμοποιήθηκαν περισσότεροι από 40 fixed, handheld reader και καινοτομικοί RFID reader τοποθετημένοι στα παλετοφόρα.

Την κεντρική δομή της εφαρμογής RFID στο DC αποτελεί το σύστημα παρακολούθησης των παλετών. Περίπου 100 προμηθευτές της METRO τοποθετηθούν RFID tag στα κιβώτια και τις παλέτες που στέλνουν στο DC της Ύπνα. Οι εισερχόμενες παλέτες περνάνε διαμέσου μια πύλης πορτών και αναγνωρίζονται από τον reader IF5 της Intermec. Ο fixed reader εντοπίζει τον σειριακό κωδικό φόρτωσης του container (Serial Shipment Container Code, SSCC), αναγνωρίζει τις κωδικοποιημένες πληροφορίες στο tag της παλέτας και επεξεργάζεται τα στοιχεία των tag που είναι τοποθετημένα στα κιβώτια της παλέτας. Στη συνέχεια, αυτόματα ο SSCC κωδικός καταγράφεται από το πληροφοριακό σύστημα της METRO, όπου και διασταυρώνεται με τα αντίστοιχα έγγραφα αποστολής (Advance Ship Notice, ASN) που έχουν μεταβιβαστεί μέσω ενός EDI πληροφοριακού συστήματος.

Οι παλέτες που αντιστοιχούν σε μια εντολή του METRO συστήματος αποδεσμεύονται για να οδηγηθούν προς τοποθέτηση. Το περιεχόμενο της παλέτας καταγράφεται αυτόματα στη βάση δεδομένων και ανάλογα ενημερώνεται το επίπεδο του αποθέματος. Η επιτυχία του συστήματος RFID στηρίζεται στα «έξυπνα» χαρακτηριστικά του reader που χρησιμοποιείται. Έτσι ο reader που χρησιμοποιεί η METRO, ενσωματώνει ένα software που επεξεργάζεται τα διαβασμένα δεδομένα από τα διάφορα tag πριν αυτά περάσουν στο κεντρικό πληροφοριακό σύστημα. Η δυνατότητα να εξάγονται, από το reader, επεξεργασμένα τα δεδομένα των tag αυξάνει την ταχύτητα επικοινωνίας και καταχώρησης αυτών στο κεντρικό software.

Η METRO, πέρα από τους RFID reader, προκειμένου να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του συστήματος, χρησιμοποιεί και αισθητήρες κίνησης, που επικοινωνούν με τους κεντρικούς reader. Έτσι, όταν ένας αισθητήρας ανιχνεύει μια παλέτα, αμέσως ενεργοποιείται ο reader και στέλνει το απαραίτητο σήμα ανάγνωσης. Με αυτό τον τρόπο, δεν χρειάζεται εξωτερική επέμβαση προκειμένου να αποσταλεί το σήμα ανάγνωσης, και μόνο όταν είναι απαραίτητο ενεργοποιείται αυτόματα ο reader. Αυτό δίνει το πλεονέκτημα στην METRO να μπορεί να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς εκπομπής ραδιοκυμάτων.

Ένα σύστημα ελέγχου με φώτα καθορίζει εάν η παλέτα έχει αναγνωριστεί με επιτυχία ή όχι. Συγκεκριμένα, ανάβει πράσινο φως όταν η παλέτα είναι σωστή και κόκκινο όταν υπάρχει κάποιου είδους πρόβλημα. Έπειτα το σύστημα δρομολογεί την παλέτα για τοποθέτηση. Ένα παλετοφόρο παίρνει την εντολή και τις οδηγίες στην οθόνη του ασυρμάτου τερματικού που υπάρχει τοποθετημένο σε αυτό, να μεταφέρει την παλέτα προς τοποθέτηση στη σωστή θέση. Στην εφαρμογή της METRO, χρησιμοποιείται ένα ασύρματο LAN με πρωτόκολλο 802.11d ενώ το τερματικό του παλετοφόρου είναι το CV60 της Intermec. Προκειμένου να είναι ο χρήστης του παλετοφόρου σίγουρος ότι μεταφέρει τη σωστή παλέτα, ένας fixed reader ξαναδιαβάζει τον SSCC κωδικό από το RFID tag.

Ένα από τα προβλήματα που αντιμετώπισε η METRO ήταν στο γεγονός ότι τα παλετοφόρα της μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν μόνο παλέτες τύπου EUROπαλέτας, ενώ μπορούσαν να τις πιάσουν μόνο από τις δυο πλευρές, κάτι που απαιτεί από τον reader να διαβάσει τα tag που είναι τοποθετημένα στις πλάγιες πλευρές της παλέτας. Η METRO, σε συνεργασία με τους προμηθευτές των reader, έλυσαν το πρόβλημα αυτό δοκιμάζοντας διάφορου τύπου tag και reader με σκοπό να αυξήσουν την ταχύτητα των διαδικασιών παραλαβής των εμπορευμάτων.

Ο οδηγός του παλετοφόρου, μαζί με τον ενσωματωμένο reader, φτάνει στο σημείο τοποθέτησης και διαβάζει μια RFID tag που είναι τοποθετημένη σε σταθερό

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές σε κέντρα Αποθήκευσης

σημείο. Το σύστημα επιβεβαιώνει την τοποθεσία και τις οδηγίες που έχουν προηγουμένως αποσταλεί στον οδηγό προκειμένου να αποφευχθούν πιθανά λάθη. Στη συνέχεια, ο οδηγός λαμβάνει εκ' νέου το επόμενο σημείο τοποθέτησης ή παραλαβής μέσω του ασυρμάτου LAN.

Συνεχίζοντας ο οδηγός του παλετοφόρου τη διαδικασία συγκέντρωσης των εμπορευμάτων και αφού έχει ενημερωθεί μέσω του τερματικού του για το σε πια θέση θα μεταφερθεί, μεταβαίνει στο σημείο και ο reader του παλετοφόρου αναγνωρίζει τη θέση μέσου του σταθερού tag. Στη συνέχεια, ο οδηγός επιβεβαιώνει τα κιβώτια που θα συγκεντρώσει, διαβάζοντας τα RFID tag. Έπειτα τα κιβώτια μεταφέρονται στη θέση παραλαβής και τοποθετούνται σε παλέτες έτοιμα για αποστολή στα καταστήματα.

Μια παλέτα που αποτελείται από διαφόρων τύπων κιβώτια και εμπορεύματα (mixed pallets) είναι από τις πιο σύνηθες παραγγελίες που έχουν να στείλουν στα καταστήματα. Γι' αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να υπάρχει ακριβής επιβεβαίωση για το που είναι τοποθετημένο κάθε εμπόρευμα στην παλέτα. Έτσι, τα εμπορεύματα ανιχνεύονται και τα δεδομένα τους συγκρίνονται με αυτά της παραγγελίας που έχει το σύστημα. Όταν ολοκληρωθεί η παραγγελία και τα εμπορεύματα έχουν συγκεντρωθεί και τοποθετηθεί, τότε η παλέτα είναι έτοιμη για αποστολή. Στη συνέχεια, τα δεδομένα των κιβωτίων μεταφέρονται στο RFID tag της παλέτας και η παραγγελία αντιστοιχίζεται με το ID που και αυτό με την σειρά του αντιστοιχίζεται με τη βάση δεδομένων της METRO. Στη συνέχεια, η παλέτα αποστέλλεται στο κατάστημα όπου και εκεί ένα παρόμοιο σύστημα με αυτό του DC αναγνωρίζει και διαβάζει τα δεδομένα των tag, επιβεβαιώνοντας την παραγγελία. Σύμφωνα με την METRO Group, σε επόμενο βήμα σχεδιάζουν να επεκτείνουν το πρόγραμμα RFID και σε άλλες διαδικασίες πέρα από αυτές της αποθήκης.

Τα πρώτα αποτελέσματα για την METRO από την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στην αποθήκη και στο DC, έδειξαν μείωση του χρόνου ελέγχου και εκφόρτωσης των φορτηγών της τάξης των 15 με 20 λεπτών. Η εγκατάσταση του συστήματος RFID στις διαδικασίες αναγνώρισης των παλετών, παραλαβής και αποστολής των παραγγελιών, αλλά και της τοποθέτησης αυτών, μείωσε το χρόνο των εργασιών αυξάνοντας την παραγωγικότητα των εργατών. Οι ελλείψεις αποστολές αναγνωρίζονται άμεσα, γεγονός που βελτίωσε την ακρίβεια των αποθεμάτων και οδήγησε την METRO να μειώσει τα επίπεδα έλλειψης αποθεμάτων στα καταστήματα της κατά 11%. [44]

8.1.2 Η περίπτωση της Beaver Street Fisheries

Η πρόκληση για την Beaver Street Fisheries (B.S.F), προκειμένου να εφαρμόσει την τεχνολογία RFID στις δραστηριότητές της, ήρθε τον Ιούνιο του 2005, όταν η Wal-Mart ανακοίνωσε την υιοθέτηση του συστήματος RFID και επέβαλλε στους 100 πρώτους προμηθευτές της να το ακολουθήσουν και αυτοί. Ωστόσο, η B.S.F. δεν ανήκει στους 100 πρώτους προμηθευτές και επομένως δεν ήταν υποχρεωμένη να ακολουθήσει άμεσα την αλλαγή, μέχρι το επόμενο στάδιο της Wal-Mart που την υποχρέωνε να προσαρμοστεί μετά το 2006. Παρόλα αυτά, αμέσως η εταιρεία διέκρινε τα πλεονεκτήματα που θα είχε από την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID και το μεγάλο προβάδισμα που θα είχε έναντι των ανταγωνιστών. Έτσι και αποφάσισε να εφαρμόσει την τεχνολογία RFID ένα χρόνο νωρίτερα απ' ό τι όριζε η Wal-Mart και να είναι καλύτερα προσαρμοσμένη στις νέες τάσεις και προοπτικές.

Η B.S.F. δραστηριοποιείται στην εισαγωγή και διανομή κατεψυγμένων ψαριών και θαλασσινών ειδών από περισσότερες από 50 χώρες και προμηθεύει την Wal-Mart, και άλλους λιανοπωλητές, τόσο με ψάρια όσο και με κατεψυγμένο κρέας και προμαγειρεμένα φαγητά.

Σύμφωνα με τον CIO της B.S.F, αποφάσισαν να επενδύσουν στην τεχνολογία RFID προκειμένου να αυξήσουν την αποτελεσματικότητά τους, καθώς η εταιρεία αναπτύσσεται.

Το πρώτο βήμα της B.S.F. προκειμένου να εκμεταλλευτεί την πρόκληση, ήταν να προσδιορίσει το καλύτερο τύπο RFID tag και RFID εξοπλισμό για τα προϊόντα της και να κατανοήσει τον τρόπο λειτουργίας του συστήματος στις παλέτες και τα κιβώτια της. Λόγω έλλειψης προηγούμενης εμπειρίας στην εφαρμογή και εγκατάστασης υψηλής τεχνολογίας λύσεων, η B.S.F. απευθύνθηκε στην εταιρεία Zebra Technologies, της οποίας χρησιμοποιούσε ήδη τον εξοπλισμό του barcode. Με τη σειρά της, η Zebra Technologies παρέπεμψε τη B.S.F., στη συνεργάτιδα εταιρεία Danby Group, που εξειδικεύεται στο σχεδιασμό και υλοποίηση συστημάτων RFID, για να υλοποιήσει τις προσδοκίες της B.S.F.

Η συνεργασία με την Danby Group, οδήγησε στην εγκατάσταση ενός δοκιμαστικού εργαστηρίου στην αποθήκη της B.S.F. και στη δημιουργία τριών πιλοτικών εφαρμογών. Η Danby Group πρότεινε τη χρήση των smart label και ενοποίησε τον εξοπλισμό RFID με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα της B.S.F., χρησιμοποιώντας το λογισμικό gfid>Genesis της Franwell Inc, ενώ χρειάστηκε ένας μεγάλος αριθμός δοκιμών τοποθέτησης διαφόρων tag και του τύπου EPC. Η B.S.F. χρησιμοποίησε ένα φορητό reader εκτυπωτή/κωδικοποίησης smart label για την τοποθέτηση αυτών στα κιβώτια και στις παλέτες και με τον απαραίτητο EPC κωδικό να κωδικοποιηθούν. Αν συναντήσει ένα δυσανάγνωστο tag, ο εκτυπωτής αυτόματα εκτυπώνει ένα καινούριο κωδικοποιημένο και ενεργό tag. Στη συνέχεια, τα επικολημένα με tag κιβώτια διέρχονται από την πύλη που είναι εγκατεστημένος ένας fixed reader και επιβεβαιώνει τα ενεργοποιημένα tag.

Ένα από τα βασικά προβλήματα που αντιμετώπισε η B.S.F., έχει να κάνει με την ίδια την φύση των προϊόντων της. Η πυκνότητα και η υγρασία που δημιουργείται μέσα στα κιβώτια εξαιτίας των καταψυγμένων προϊόντων δεν είναι και οι πλέον ιδανικές για τη λειτουργία της RFID τεχνολογίας. Αποτέλεσμα της ιδιομορφίας αυτής, είναι η δημιουργία αστάθειας στον reader και η μειωμένη απόδοση ανάγνωσης των tag.

Παρόλα αυτά η B.S.F. και η Danby Group, ξεπέρασαν το πρόβλημα αυτό και ανέπτυξαν ένα σύστημα βασισμένο στις απαιτήσεις των παραγγελιών, όπου τα

δεδομένα από τον reader συγκρίνονται με αυτά των παραγγελιών μέσω μια δομημένης με SQL βάσης δεδομένων. Το σύστημα RFID που δομήθηκε στηρίχθηκε στα πρότυπα UHF Class 0+ και Class 1 EPC, ενώ ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε αναβαθμίζεται εύκολα στο νέο πρότυπο EPC Class 1 Generation 2 (Gen 2) με την χρήση ενός μόνο λογισμικού αναβάθμισης.

Η B.S.F. κατάφερε να ενσωματώσει και να ολοκληρώσει την εγκατάσταση της τεχνολογίας RFID στην αποθήκη και στις διαδικασίες της, πολύ πιο μπροστά από την ημερομηνία που θα της ζητούσε ο μεγαλύτερος πελάτης της. Παράλληλα είχε το περιθώριο να δοκιμάσει την ενσωμάτωση των RFID tag και στις υπόλοιπες δραστηριότητες και προϊόντα της εταιρείας. Έτσι, χάρη στον εξοπλισμό που επέλεξε μπορεί να μεταβεί στα νέα πρότυπα χωρίς περαιτέρω επένδυση.

Στις προσδοκίες της εταιρείας είναι να καταφέρει να είναι η πρώτη εταιρεία στον κλάδο που χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID με σκοπό να βελτιώσει τις επιχειρηματικές τις δραστηριότητες.

Μια ενδεχόμενη επέκταση της εφαρμογής RFID, έχει να κάνει με την αυτόματη συγκέντρωση των δεδομένων και την αυτόματη δημιουργία και αποστολή του δελτίου αποστολής και των συμπληρωματικών εγγράφων, μέσω ενός συστήματος ανταλλαγής ηλεκτρονικών δεδομένων (EDI). Μια ακόμα φιλοδοξία της B.S.F. είναι να μπορέσει να προωθήσει την υιοθέτηση της τεχνολογίας RFID από τους δικούς της προμηθευτές και να τους πείσει να εγκαταστήσουν RFID tag στα προϊόντα που αποστέλλουν. Προς αυτήν την κατεύθυνση, όπως δηλώνει και ο CIO της B.S.F., έχουν καταφέρει, σε πρώτη φάση, να πείσουν τη θυγατρική τους εταιρεία στις Bahamas να στέλνει τα προϊόντα με ήδη τοποθετημένα τα RFID tag, ενώ σταδιακά θα απαιτήσουν και τη υιοθέτηση της τεχνολογίας και από τους υπόλοιπους συνεργάτες τους.

Όπως δηλώνει και ο CIO της B.S.F., Howard Stockdale, «οραματιζόμαστε να κάνουνε πολλά πράγματα με την τεχνολογία RFID. Είναι δυνατά τα πλεονεκτήματα που προσφέρει, αν και απαιτεί αρκετές αλλαγές τόσο στις επιχειρηματικές διαδικασίες όσο και στον ανασχεδιασμό του πληροφοριακού συστήματος.» [34]

8.1.3 Η περίπτωση της UNILEVER.

Μια από τις μεγαλύτερες εταιρείες στον κόσμο, η Unilever, έχει δομήσει το σύστημα έξυπνης διαχείρισης των παλετών της, με την τεχνολογία RFID. Αποτέλεσμα της εφαρμογής αυτής, ήταν να προκαλέσει μια μικρή επανάσταση στον τρόπο διακίνησης των καταναλωτικών προϊόντων, και στη διαχείριση και ιχνηλάτιση των παλετών μέσα στους αποθηκευτικούς της χώρους. Με την υιοθέτηση ενός συστήματος βασισμένο στην τεχνολογία RFID, η εταιρεία κατάφερε να λύσει το πρόβλημα της διαχείρισης των πληροφοριών που συνδέονται με τα προϊόντα.

Η δομή του συστήματος RFID στην αποθήκη της Unilever, αποτελείται από fixed reader τοποθετημένους στην κορυφή των πυλών, κάθε τομέα της αποθήκης, από τις οποίες διέρχονται οι παλέτες, ενώ όλες οι παλέτες και τα ρυμουλκά έχουν τοποθετημένα RFID tag. Έτσι, όταν μια παλέτα φτάνει προς φόρτωση, ο reader ενημερώνει τον κεντρικό υπολογιστή ποιο ρυμουλκό είναι διαθέσιμο για χρήση. Όταν το ρυμουλκό γεμίσει, τότε ο υπολογιστής υπολογίζει αυτόματα το συνολικό βάρος του φορτίου από το μοναδιαίο βάρος της κάθε παλέτας που έχει στη μνήμη του, ενώ το σύστημα προειδοποιεί και για τις πιθανές αποκλίσεις. Επομένως, εύκολα ο χειριστής γνωρίζει πόσες παλέτες έχει ακόμα να τοποθετήσει στο ρυμουλκό.

Με το RFID σύστημα, η Unilever, κατάφερε να αυξήσει την παραγωγικότητά της από τη μείωση του αριθμού των παλετών που διαχειρίζονται καθημερινά και από την εξασφάλιση της άμεσης διαθεσιμότητας των απαραίτητων πληροφοριών για τον εξοπλισμό της [63]

8.1.4 Η περίπτωση της Chevrolet Creative Services.



Η Chevrolet Creative Services (C.C.S) πρόσφατα εγκατέστησε στην αποθήκη της στο Wixom του Michigan, ένα νέο “Red Light, Green Light” σύστημα βασισμένο στην τεχνολογία RFID προκειμένου να μπορεί να παρακολουθεί την πορεία των πάνω από 3.500 κλουβιών με εξοπλισμό για τις πάνω από 180 εξειδικευμένες εμπορικές συναλλαγές που πραγματοποιούνται κάθε χρόνο. Τα κλουβιά περιέχουν υλικά που χρειάζονται για τις πολύ εξειδικευμένες παραγγελίες. Με την χρήση της τεχνολογίας RFID, η C.C.S, βίωσε μια πρωτοφανή αύξηση της αποδοτικότητας στην παρακολούθηση των εμπορευμάτων της, στην συμπλήρωση των παραγγελιών, στη μείωση των απολεσθέντων κλουβιών και στη βελτίωση της κερδοφορίας της.

Το σύστημα της C.C.S αποτελείται από low-frequency, read only RFID tag, με ένα μοναδικό ID, τοποθετημένα στην εξωτερική πλευρά κάθε κλουβιού. Στην αποθήκη, οι reader είναι εγκατεστημένοι στις δυο κυρίες πύλες, ενώ μια ειδικά κατασκευασμένη διπολική κεραία είναι εγκαταστημένη στο πάτωμα.

Η διαδικασία λειτουργίας του συστήματος έχει ως εξής. Όταν ένα κλουβί φεύγει από την αποθήκη και περνάει μέσα από την κεραία, το ID του tag μεταβιβάζεται αυτόματα στη βάση δεδομένων του κεντρικού υπολογιστή και την ενημερώνει με το

ID για τα εμπορεύματα που περιλαμβάνει. Στη συνέχεια γίνεται σύγκριση του ID με αυτό που θα έπρεπε να αντιστοιχεί στην παραγγελία. Εάν το ID και οι πληροφορίες του tag επιβεβαιωθούν από τον υπολογιστή, τότε ένα πράσινο φως ανάβει και το κλουβί είναι έτοιμο για να φορτωθεί. Στην αντίθετη περίπτωση, ένα κόκκινο φως προειδοποιεί και το κλουβί επιστρέφει στην αποθήκη. Επίσης, κατά τη διάρκεια της αναγνώρισης, στα προς φόρτωση κλουβιά, γίνεται ταυτόχρονη ενημέρωση στη μνήμη του tag της ημερομηνίας της και ώρας. Όλα τα κλουβιά που επιστρέφονται στην αποθήκη αναγνωρίζονται και κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την ώρα άφιξης τους.

Για την C.C.S το σύστημα RFID αντικατέστησε με επιτυχία το παλιό χειροκίνητο σύστημα που στηριζόταν στην ικανότητα του ανθρώπου. Όπως δηλώνουν και τα στελέχη της εταιρείας, το παλιό σύστημα στηριζόταν στην χειρόγραφη καταγραφή και είχε αποδειχθεί χρονοβόρο και αναποτελεσματικό. Κάθε στιγμή που μια παλέτα με προϊόντα μετακινούνταν από ένα σημείο στο άλλο, θα έπρεπε ο χειριστής να την σταματάει για να ξανά ελέγξει αν τα προϊόντα που έχουν τοποθετηθεί είναι τα σωστά. Πλέον, με το σύστημα RFID, οι πληροφορίες διαβάζονται άμεσα και αυτόματα από τους reader, χωρίς να χρειάζεται να σταματάει κάθε τόσο η παλέτα.

Με τα RFID tag το προσωπικό μπορεί πλέον να μειώσει τα λάθη ακόμα και να τα εξαλείψει. Επίσης, με τα tag, η εταιρεία μπορεί να παρακολουθήσει καλύτερα την πηγή του λάθους, να ελέγχει τις απαιτήσεις σε υλικά και στην περίπτωση ανάκληση των προϊόντων να μειώνει το ρίσκο από τους πελάτες της.

Από την στιγμή που η C.C.S εγκατέστησε το RFID σύστημα διαπίστωσε μεγαλύτερη ακρίβεια στη συμπλήρωση των παραγγελιών και ουσιαστική μείωση του κόστους που προερχόταν από τις, εκτός προγράμματος, αλλαγές στις παραγγελίες.

Συγκεντρωτικά η C.C.S αναγνώρισε τα εξής πλεονεκτήματα από τη χρήση της τεχνολογίας RFID στην αποθήκη και στις διεργασίες της.

- Μείωση του εμφύτου ανθρώπινου λάθους από το παλιό χειροκίνητο σύστημα.
- Μείωση των έκτατων αλλαγών στην διαδικασία φόρτωσης.
- Αύξηση της ταχύτητας και της απόδοσης των διαδικασιών
- Καλύτερος έλεγχος και καλύτερα ενημερωμένα αρχεία.

Λόγω της άμεσης βελτίωσης που επέφερε η τεχνολογία RFID στην C.C.S, σκέπτονται να επεκτείνουν το “Red Light, Green Light” σύστημα και σε άλλες διαδικασίες στο σύνολο της μητρικής εταιρείας της General Motors. [63] [68]

8.1.5 Η περίπτωση της Steel services company Ryerson Inc.

Η Steel services company Ryerson Inc, αποτελεί την ηγέτιδα εταιρεία στο χώρο του μετάλλου στη Βόρεια Αμερική, ενώ το 2005 είχε πάνω από \$ 5.8 δισεκατομμύρια πωλήσεις. Διακινεί και επεξεργάζεται μέταλλα, πρωταρχικής μορφής ανοξείδωτο χάλυβα, κοινό χάλυβα και αλουμίνιο στα περισσότερα από 110 κέντρα παραγωγής που έχει στην USA, Canada, Mexico και India.

Η Ryerson εμπορεύεται προϊόντα αλουμινίου, κράματα ανθρακονημάτων, κράματα νικελίου, ορείχαλκου, χαλκού, πλαστικού, καθώς και μεταλλικές σκεπές. Επίσης προσφέρει τη δυνατότητα πλήρης επεξεργασίας και παραγωγής προϊόντων απλής έως σύνθετης μορφής, ενώ μπορεί να παρέχει ακατέργαστα υλικά για την ολοκλήρωση ενός σύνθετου έργου από διάφορες πρώτες ύλες.

Σύμφωνα με τα στελέχη της Ryerson, έχουν καταφέρει να δημιουργήσουν μια παράδοση στη διαθεσιμότητα των προϊόντων της και στην έγκαιρη παράδοση, ενώ η άμεση ανταπόκριση, οι ανταγωνιστικές τιμές και τα ποιοτικά προϊόντα αποτελούν τα βασικά πλεονεκτήματα για την εταιρεία.

Η Ryerson διαχειρίζεται και διακινεί τα προϊόντα της από τις αποθήκες προς τα πάνω από 1000 κέντρα διανομής στον Canada και USA και τα 100 παραγωγικά κέντρα. Κατά αυτό τον τρόπο η Ryerson, θέλοντας να βελτιώσει την παρακολούθηση του αποθέματος στα κέντρα διανομής, ξεκίνησε να συνεργάζεται με την Ship2save προκειμένου να αναπτύξουν εφαρμογές RFID για την αναγνώριση και παρακολούθηση της θέσης του αποθέματος.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος RFID στις εγκαταστάσεις της Ryerson δεν αποτελεί μια εύκολη λύση λόγω κυρίως της φύσης των υλικών που διαχειρίζεται. Από τις πρώτες προκλήσεις που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης της τεχνολογίας RFID, ήταν το γεγονός ότι τα περισσότερα προϊόντα, με μια πρώτη ματιά, είναι πανομοιότυπα, αλλά στην ουσία διαφοροποιούνται ως προς την πυκνότητα και την σκληρότητά τους. Έτσι λάθος φόρτωση προϊόντων με διαφορετική ποιότητα σε λάθος πελάτες είναι αρκετά δαπανηρό και καθόλου αποδεκτό στο περιβάλλον της εταιρείας, και επομένως αποτέλεσε τον κύριο παράγοντα κατά τον σχεδιασμό της εφαρμογής RFID από την Ship2save για την παρακολούθηση των παραγγελιών και του αποθέματος.

Οι προκλήσεις για την εγκατάσταση ενός συστήματος RFID, αποτελούμενο από τα RFID tag και τους RFID reader στις αποθήκες της Ryerson, μεγάλωναν καθώς η Ship2Save ξεκίνησε να δοκιμάζει το πρωτόκολλο του Gen1 στα RFID tag.

Οι δυσκολίες είχαν να κάνουν με την ίδια την τεχνολογία του πρωτοκόλλου και τα προβλήματα επικοινωνίας που εμφανίζει όταν έρχεται σε επαφή με διάφορα μεταλλικά αντικείμενα ή με ανακλαστικά υλικά. Έτσι, για να μπορέσει να δουλέψει επιτυχώς ένα RFID tag μέσα σε ένα τέτοιο περιβάλλον, χρειάστηκε να ξαναρυθμιστεί έτσι ώστε να μειωθεί η εξωτερική παρεμβολή και να αυξηθεί η αναγνωσιμότητά (readability) του. Το παραπάνω πρόβλημα δεν μπόρεσε να αντιμετωπιστεί επιτυχώς από το πρωτόκολλο Gen1, καθώς η Ryerson καταμέτρησε 15% λάθος αναγνώρισεις στην πιλοτική εφαρμογή στην αποθήκη του Montreal, ενώ η read range έφτανε μόλις στο 1-1,50 μέτρα, απόδοση που ήταν ανεπαρκής για την εταιρεία.

Τη λύση στο παραπάνω πρόβλημα, η εταιρεία αναζήτησε στο πρωτόκολλο Gen2 RFID. Εγκατέστησαν πιλοτικά τη νέα τεχνολογία στην απομακρυσμένη αποθήκη του Montreal, προκειμένου να παρακολουθούν τα επίπεδα αποθέματος. Παράλληλα δοκίμασε διάφορα RFID tag συμβατά με το Gen2, από διάφορους προμηθευτές, που

να επηρεάζονται όσο το δυνατό λιγότερο από την ιδιότητα των υλικών των εμπορευμάτων.

Από την παραπάνω διαδικασία προσδιορίστηκε ο τελικός προμηθευτής των RFID tag και του υπόλοιπου εξοπλισμού. Συγκεκριμένα, επελέγη για την εφαρμογή η εταιρεία Texas Instruments (TI). Η επιλογή στηρίχθηκε στα καινοτομικά στοιχεία που προσέφερε η εταιρεία στο σχεδιασμό της κεραίας για την καλύτερη απόδοση σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Τα Gen2 προϊόντα της TI, βασίζονται στο EPCglobal Generation 2 προκαθορισμένης μήμης στα 96 bits για προγραμματισμό απευθείας από τους Reader. Επίσης, τα tag, έχουν τη δυνατότητα αναγνώρισης, εγγραφής, και κλειδώματος των εντολών σε αυτά.

Έπειτα από δοκιμαστικές εφαρμογές και τροποποιήσεις στα πρότυπα και στα tag της TI, προκειμένου να μειώσουν την RF παρεμβολή με τα μέταλλα, κατέληξαν στο ότι χρησιμοποιώντας ένα στρώμα αφρού, μεταξύ της ετικέτας και του μετάλλου στο οποίο έρχεται σε επαφή, ενισχύεται κατά πολύ η ένταση του σήματος.

Μετά τις τελικές τροποποιήσεις στο τελικό σύστημα RFID από τους προμηθευτές, ο εξοπλισμός της Ryerson, μπορεί να διαβάσει περίπου 200 tag το δευτερόλεπτο, μειώθηκαν οι λάθος αναγνώρισεις στο 1%, ενώ η read rage αυξήθηκε στα 4,5 μέτρα.

Αποτέλεσμα του νέου RFID συστήματος στην αποθήκη του Montreal, ήταν η αύξηση της ταχύτητας στις διαδικασίες παράδοσης από την εγκατάσταση των RFID reader στις πύλες φόρτωσης. Έτσι, ο ελεγκτής μπορεί να ελέγξει αν ένα προϊόν είναι σε απόθεμα και ποτέ έφυνγε με μια παραγγελία. Επίσης, είναι σε θέση να καθορίζει την ώρα άφιξης των εμπορευμάτων στον πελάτη, ενώ ένα web site πληροφορεί, τους πελάτες, σε πραγματικό χρόνο για τις φορτώσεις και αποστολές των παραγγελιών.

Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα που προσέφερε η τεχνολογία RFID στην εταιρεία Ryerson, σύμφωνα με τα στελέχη της, έχει να κάνει με την αναγνώριση των σωστών προϊόντων για τη σωστή εφαρμογή, τη διαφάνεια στην έλλειψη αποθέματος και στη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της ταχύτητας των παραδόσεων. [71]

8.1.6 Η περίπτωση της TNT Logistics N.A.

Η TNT Logistics N.A. παρέχει υπηρεσίες ως 3PL σε όσους επιθυμούν να της αναθέσουν τη διαχείριση ολόκληρης της Supply Chain τους. Η εταιρεία έχει εγκαταστήσει τις κεντρικές κτηριακές μονάδες στο Jacksonville, Fla., όπου μπορεί να διαχειριστεί τα logistics για σχεδόν όλους του τύπους διεργασιών, όπως για την αποθήκη, τις μεταφορές, τον βιομηχανικό σχεδιασμό, την επιλογή τοποθεσίας κ.τ.λ.

Οι πελάτες της TNT είναι από λιανοπωλητές, κατασκευαστικές εταιρείες, εταιρείες παροχής ρεύματος αλλά και αυτοκινητοβιομηχανίες. Οι τελευταίοι, μάλιστα, αποτελούν και τους κύριους και στρατηγικούς της πελάτες.

Όταν η TNT αποφάσισε να μεταβεί στην υλοποίηση εφαρμογών τεχνολογίας RFID στις διαδικασίες και εγκατάστασης της. Σε πρώτη φάση, απευθύνθηκε στις αυτοκινητοβιομηχανίες, προκειμένου να βρει συνεργάτες στην υλοποίηση της φιλόδοξης εφαρμογής RFID στην αποθήκη της. Έτσι μια εταιρεία κατασκευής αυτοκινήτων αποφάσισε να συμμετάσχει στο πιλοτικό πρόγραμμα εγκατάστασης ενός RFID συστήματος.

Αρχικά, η TNT, εγκατέστησε ένα πιλοτικό σύστημα RFID στο κέντρο προμήθειας του Detroit, προκειμένου να επικυρώσει τις αποστολές των υλικών προς τη γραμμή παραγωγής της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Η πρώτη φάση της πιλοτικής εφαρμογής του συστήματος RFID, αφορούσε την επικύρωση μικρής αξίας προϊόντων, όπως υαλοκαθαριστήρες αυτοκινήτου, ζώνες ασφαλείας, παξιμάδια, βίδες και άλλα παρόμοια αντικείμενα που έρχονται μέσα σε κιβώτια και δεν απαιτούν να τοποθετούνται με διαδοχικά κομμάτια, όπως για παράδειγμα χρειάζεται ο άξονας του αυτοκινήτου. Τα κιβώτια αυτά φτάνουν στις εγκαταστάσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας, και ανά πασά στιγμή ένας εργάτης μπορεί να πάρει από ένα κιβώτιο μερικά παξιμάδια και να είναι σίγουρος ότι όλα έχουν το ίδιο μέγεθος με αυτό που περιγράφεται στη συσκευασία.

Ωστόσο, τα αντικείμενα αυτά δεν είναι και τα πιο κρίσιμα στην κατασκευή ενός αυτοκινήτου. Ένα από τα μεγαλύτερα λάθη που μπορεί να γίνει και έχουν παρατηρήσει οι άνθρωποι της TNT, είναι η παράδοση ενός τετρακινήτου άξονα τη στιγμή που απαιτείται ένας δυκινήτος άξονας, γεγονός που μπορεί να καταστρέψει ολόκληρη τη γραμμή παραγωγής, ενώ το κόστος επιβαρύνει τόσο την κατασκευάστρια εταιρεία όσο και την TNT. Έτσι και η πρώτη φάση επεκτάθηκε στην διοίκηση αυτών των αντικειμένων.

Λόγω της μεγάλης επιτυχίας που είχε η πρώτη φάση της εφαρμογής, η TNT προχώρησε στη δεύτερη φάση. Η δεύτερη φάση επέκτεινε τη χρήση της τεχνολογίας RFID στην ιχνηλάτηση των εμπορευμάτων της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Η διαδικασία που ακολουθείται πλέον, με τη χρήση της τεχνολογίας RFID στα κιβώτια που περιέχουν τα παξιμάδια και τις βίδες, έχει ως εξής. Στο κέντρο υποστήριξης υλικών της TNT, οι εργάτες φορτώνουν τα κιβώτια μέσω ενός παλετοφόρου στο φορτηγό. Πριν από κάθε φόρτωση, ο οδηγός του παλετοφόρου συμβουλευείται την οθόνη του υπολογιστή, που είναι εγκατεστημένος στο όχημα, για να φορτώσει τις απαραίτητες οδηγίες. Ενώ, μηνύματα σε real-time στέλνονται από το παλετοφόρο, μέσω του δικτύου της TNT, στο WMS, που βρίσκεται στις κεντρικές εγκαταστάσεις στο Manhattan. Το σύστημα αποστέλλει τις οδηγίες στον οδηγό για από πιο τομέα θα μεταφέρει τα κιβώτια, καθώς και πόσα διαθέσιμα ράφια θα πρέπει να βρει στο χώρο αποθήκευσης στις εγκαταστάσεις της αυτοκινητοβιομηχανίας. Συνήθως, το όχημα μεταφέρει κιβώτια που αντιστοιχούν σε δύο ράφια τη φορά, όπου ο οδηγός τα μεταφέρει μέσα από μια πύλη όπου έχει τοποθετηθεί ένας RFID reader.

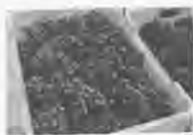
Ένας δεύτερος reader χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη εφαρμογή, και αναγνωρίζει τα παθητικά RFID tag, που είναι τοποθετημένα σε κάθε ράφι του τομέα, με σήμα στα 915 MHz και αποστέλλει τις πληροφορίες τους πίσω στο σύστημα. Εκεί γίνεται επιβεβαίωση των δεδομένων. Στη συνέχεια, αν τα στοιχεία ταιριάζουν με αυτά που το σύστημα χρειάζεται, αποστέλλεται πίσω στο όχημα η εντολή για να γίνει η τοποθέτηση των κιβωτίων. Στην περίπτωση που δεν δοθεί επιβεβαίωση από το σύστημα, ένα μήνυμα λάθους ενημερώνει τον οδηγό και εκείνος με τη σειρά προσπαθεί να μεταφέρει τα λάθος κιβώτια μέσα από την σωστή πύλη. Για ένα ρυμουλκό 16-15 μέτρων, με προϊόντα της αυτοκινητοβιομηχανίας χρειάζονται 24 ράφια στην αποθήκη και περίπου μια ώρα για να ολοκληρωθεί η διαδικασία. Η TNT χωρίζει το ξεφόρτωμα των ρυμουλκών σε 8 διαδρομές και σε κάθε διαδρομή το παλετοφόρο μεταφέρει κιβώτια για 3 ράφια. Τέλος, μετά από κάθε διαδρομή ο οδηγός επιστέφει στο κέντρο της TNT για να πάρει άλλο φορτίο.

Ένα από τα μεγαλύτερα ωφέλει που προσφέρει το νέο σύστημα RFID έχει να κάνει με τη μείωση του κενού χρόνου που υπάρχει κατά τη διάρκεια της φόρτωσης ενός ρυμουλκού. Πριν το σύστημα RFID, η φόρτωση του φορτηγού γινόταν αφού πρώτα 8 παλετοφόρα έφερναν στο χώρο φόρτωση όλα τα κιβώτια από τα ράφια. Με το RFID πλέον, η φόρτωση γίνεται ταυτόχρονα με την διαδικασία της συλλογής.

Όπως αναφέρουν και τα στελέχη της TNT, έχουν παρατηρήσει μια πραγματική βελτίωση στην ακρίβεια ολοκλήρωσης των παραγγελιών, καθώς και στην αποτελεσματικότητά τους. Η ακρίβεια της επικύρωσης των παραγγελιών με το νέο σύστημα ολοκληρώνεται με σχεδόν κανένα λάθος, γεγονός που κάνει τους ανθρώπους της TNT να δηλώνουν ότι δουλεύουν χωρίς λάθη. [37]

Πανεπιστήμιο

8.2 Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων



Η βιομηχανία των τροφίμων αποτελεί ένα τομέα στον οποίο η τεχνολογία RFID έχει να προσφέρει στην εξέλιξη των διαδικασιών. Αρχικά η τεχνολογία RFID χρησιμοποιήθηκε για την αναγνώριση της ιστορικότητας των υλικών, ενώ στην συνέχεια επεκτάθηκε στην καταγραφή των διαδικασιών και την παρακολούθηση της κατάστασης του εξοπλισμού.

Λόγω της καλύτερης εικόνας των ευρύτερων λειτουργιών, το δίκτυο που δημιουργείται μπορεί να διοικηθεί καλύτερα και αποτελεσματικότερα, δημιουργώντας μια σχέση «win-win» μεταξύ των διαφόρων συντελεστών, παρέχοντας τρόφιμα ποιο ποιοτικά και με μεγαλύτερη ασφάλεια. Ενώ, συστήματα που στηρίζονται σε παθητικά UHF RFID tag αποτελούν την καλύτερη επιλογή για την αυτόματη συλλογή των δεδομένων στο δύσκολο και απαιτητικό περιβάλλον της βιομηχανίας των τροφίμων (§ 8.2.2).



Η βιομηχανία των τροφίμων αποτελείται από μια πολύπλοκη supply chain με διάφορα επίπεδα και είδη τεχνολογίας, προκειμένου τα τρόφιμα να φτάσουν από τον παραγωγό στον καταναλωτή. Σε ένα απαιτητικό περιβάλλον όπως αυτό των τροφίμων, η εφαρμογή της τεχνολογίας RFID αυξάνει την επεκτασιμότητα και βιωσιμότητα του όλου συστήματος. Έτσι ένα σύστημα RFID, με tag τοποθετημένα απευθείας στα γεωργικά ή και βιομηχανικά τρόφιμα, όπως για παράδειγμα τα καταψυγμένα κρέατα, θα πρέπει να παρέχει όλες εκείνες τις πληροφορίες που βοηθάνε τους εργαζομένους να ολοκληρώσουν σωστά τις διαδικασίες που ορίζονται όχι μόνο από τους ίδιους τους παραγωγούς αλλά και από κυβερνητικούς και μη (π.χ. σύστημα HACCP) κανονισμούς (§ 8.2.1).

Οι πολλαπλές διαδικασίες που λαμβάνουν μέρος στην supply chain των τροφίμων κάνει απαιτητική τη χρήση όλων των ειδών τεχνολογίας που έχει αναπτυχθεί για τα RFID συστήματα. Έτσι, fixed και handheld reader εγκαθίστανται στις εγκαταστάσεις των βιομηχανιών τροφίμου, προσαρμοσμένα κάθε φορά στην εκάστοτε εφαρμογή, προκειμένου να συλλέγουν τα δεδομένα από διαφορετικά σημεία. Ενώ η επεκτασιμότητα του συστήματος RFID από τον αρχικό σχεδιασμό αποτελεί προϋπόθεση για τους παραγωγούς και εμπόρους τροφίμων, καθώς χρόνο με το χρόνο θα επεκτείνεται η χρήση της τεχνολογίας RFID. [59]

Συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα που επιφέρει η τεχνολογία RFID στο κλάδο των τροφίμων συνοψίζονται στα εξής:

- ◆ Ασφαλέστερα τρόφιμα.
- ◆ Ιχνυλασιμότητα τροφίμων.
- ◆ Καλύτερη εξυπηρέτηση – παροχή επιλογών, έλεγχος ποιότητας.
- ◆ 'έξυπνη' ανάκληση.
- ◆ Διοίκηση επαναχρησιμοποιημένων πόρων – container, κιβώτια, σακούλες.
- ◆ Βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής, αποθέματος, παραγγελιών.

8.2.1 Η περίπτωση της INAL Ltda.

Η παγκόσμια αντίληψη για την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων έχει επιβάλλει αυστηρότερους κανονισμούς στη βιομηχανία των τροφίμων, ενώ οι απειλές από την παγκόσμια διατροφική συνήθεια έχουν επηρεάσει τις βιομηχανίες στην υιοθέτηση νέων μέτρων και κανονισμών υγιεινής, κάνοντας όλα τα στάδια της supply chain το ίδιο σημαντικά για τη διατήρηση της αυξημένης ποιότητας.

Οργανισμοί όπως η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας Τροφίμων, αποτελούν την κινητήρια δύναμη, για την υιοθέτηση συστημάτων ανίχνευσης και ιχνηλάτευσης στις διαδικασίες παραγωγής τροφίμων. Για το σκοπό αυτό χρειάζεται να αναπτυχθούν τα κατάλληλα πληροφοριακά συστήματα διαχείρισης των πληροφοριών, καθώς, και συστήματα συλλογής αυτών από τις παραγωγικές διαδικασίες.

Το πιο κοινό σύστημα παρακολούθησης και ιχνηλάτευσης που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία των τροφίμων είναι αυτό που έχει προσαρμοστεί σύμφωνα με τις αρχές του HACCP (Hazard Critical Control Points). Σύμφωνα με το σύστημα HACCP, η βιομηχανία υποχρεώνεται να καταγράφει και να κρατάει ένα αρκετά μεγάλο αρχείο δεδομένων για την παρακολούθηση της κατάστασης των προϊόντων, ενώ είναι σχεδόν απαραίτητη η χρήση ενός αντίστοιχου πληροφοριακού συστήματος για την καταγραφή και υποστήριξη του συστήματος. Παρόλο την αποτελεσματικότητα του συστήματος HACCP στην υιοθέτηση ενός σταθερού επιπέδου ποιότητας στα τρόφιμα, η αδυναμία που έχει το σύστημα στην παρακολούθηση της ιχνηλασιμότητας των προϊόντων όταν αυτά έχουν παλετοποιηθεί σε μια πολλαπλή παλέτα (mixed pallet) και η αδυναμία διαμερισμού των δεδομένων που συλλέγονται στα υπόλοιπα μέλη της supply chain, παραγωγούς, λιανοπωλητές, αποτελούν μερικά από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίζει το σύστημα HACCP. Για τους λόγους αυτούς θεωρείται απαραίτητη η ανάπτυξη και εγκατάσταση ενός πιο σύγχρονου τεχνολογικά εξελιγμένου συστήματος που να επιλύει τα βασικά προβλήματα του HACCP. Προς αυτήν την κατεύθυνση φαίνεται η χρήση της τεχνολογίας RFID να προσφέρει μια σειρά από σημαντικά πλεονεκτήματα. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται μια εταιρεία που δραστηριοποιείται στη διακίνηση εμφιαλωμένου νερού να προσαρμόζει την τεχνολογία RFID στις διαδικασίες της προκειμένου να αποκτήσει καλύτερη ιχνηλάτευση των εμπορευμάτων της.

Η εταιρία INAL Ltda που ιδρύθηκε το 1986, αρχικά δραστηριοποιήθηκε στην παραγωγή και διακίνηση παγωτού στην περιοχή της La Paz στην Bolivia. Στην συνέχεια επικεντρώθηκε στην παραγωγή γιαουρτιού και ζελέ, ενώ πιο πρόσφατα επεκτάθηκε και στην εμφιάλωση νερού σε μπουκάλια από τις πηγές της El Alto. Το νερό του El Alto έχει μια μοναδική απαλότητα και ευαισθησία, ενώ διακινείται στις επτά από τις εννιά επαρχίες της Bolivia. Ως εκ τούτου, η διατήρηση της απαλότητας του νερού μέχρι τον τελικό καταναλωτή αποτελεί το μεγάλο στοιχείο της INAL Ltda, όπου θα πρέπει να εγγυάται την ακεραιότητα των προϊόντων της, μιας και όπως όλα τα άλλα προϊόντα νερού στην Bolivia παλούνται μέσω μικροπωλητών του δρόμου.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετώπισε η INAL, ήταν η απαίτηση για αλλαγή του μπουκαλιού που μέχρι τώρα χρησιμοποιούσε καθώς ήταν πολλές οι επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού από την έκθεσή του στον ήλιο. Η μέχρι στιγμής συσκευασία από Polyethylene Terephthalate (PET) αντιδρούσε αρνητικά με το νερό κατά την έκθεσή του με τον ήλιο, αναπτύσσοντας χημικές μολύνσεις στο νερό.

Η INLA Ltda, παρόλο που είχε υιοθετήσει το σύστημα HACCP, δεν είχε αρκετή διαφάνεια στο πρόβλημα κατά την παρακολούθηση των μπουκαλιών, ενώ

παρατηρήθηκε ότι η μόλυνση από την έκθεση στον ήλιο δεν εμφανίζονταν μόνο στον δρόμο, όπου και τα πουλούσαν οι μικροπωλητές, αλλά και στο χώρο της αποθήκης κατά τη διάρκεια που τα φορτηγά περίμεναν φορτωμένα για να αναχωρήσουν. Επίσης παρατηρήθηκε και η ανάπτυξη των μικροβίων λόγω της μη τήρησης κάποιων κανόνων χειρισμού και αποθήκευσης των προϊόντων.

Σε ένα πιλοτικό πρόγραμμα, η εταιρεία επέλεξε μια από τις πιο οικονομικά ζημιογόνες περιοχές, όπου παρατηρείται αύξηση στην εμφάνιση των μικροβίων κατά 45% περισσότερο από άλλες περιοχές. Αφού εντόπισε ότι το πρόβλημα έγκειται στην έκθεση των μπουκαλιών στον ήλιο, προχώρησε σε αλλαγές και σε μια νέα προσέγγιση. Αρχικά, άλλαξαν τον τρόπο διακίνησης, μεταφέροντας τα προϊόντα κατά το νυχτερινό ωράριο. Παρόλο που η λύση αυτή αρχικά φάνηκε να επιφέρει αποτελέσματα, δεν αύξησε καθόλου την ικανότητα της εταιρείας για καλύτερο έλεγχο και παρακολούθηση της ιχνιλασημότητας των προϊόντων της. Έτσι το 2006 αποφάσισαν να αναπτύξουν μια δοκιμαστική εφαρμογή RFID. Χρησιμοποιώντας active RFID tag, τοποθετημένα στα μπουκάλια των πιο προβληματικών διαδρομών αλλά και την τοποθέτηση τους σε επιλεγμένα ψυγεία κατά μήκος των εν λόγω διαδρομών σύμφωνα με την ιστορικότητα των πωλήσεων ανά σημείο πώλησης, η εταιρεία δημιούργησε έναν καλύτερο χάρτη για το που βρισκόταν ανά πάσα στιγμή τα προϊόντα της και στην καλύτερη καταγραφή της έντασης του προβλήματος. Έχοντας υιοθετήσει και ανασχεδιάσει, η INLA Ltda, τις διαδικασίες αποθήκευσης και μεταφοράς των μπουκαλιών και κάνοντας χρήση του RFID συστήματος κατάφερε να δημιουργήσει μείωση της τάξης του 99% στα κατεστραμμένα προϊόντα των προβληματικών διαδρομών.

Η εταιρεία έμαθε από την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στην διαδικασία διακίνησης του νερού και αποφάσισε να επεκτείνει το νέο της σύστημα και σε μια νέα κατηγορία, στα προς εξαγωγή καρύδια τύπου Brazil. Τα καρύδια αυτά παρά το όνομα τους, καλλιεργούνται στα δάση της Bolivia, και αποτελούν προϊόντα υψηλής μέσης αξίας, καθώς είναι πλούσια σε συστατικά στοιχεία όπως το Selenium, το Magnesium και στη βιταμίνη B1 (Thiamine) ενώ έχουν υψηλή ζήτηση από «υγιεινούς» καταναλωτές. Εντούτοις, εκτός των άλλων, τα καρύδια αυτού του τύπου έχουν μεγάλη συγκέντρωση σε λάδι, σχεδόν 67% σε λίπος, γεγονός που τα καθιστά να έχουν έναν αρκετά σύντομο κύκλο ζωής. Σε περίπτωση καθυστερημένης κατανάλωσης των καρυδιών, το λάδι αλλοιώνει την γεύση τους και τα καθιστά ακατάλληλα για χρήση από τους καταναλωτές, επιτρέποντας την ανάπτυξη διαφόρων μυκήτων. Επίσης, στην Bolivia, έπειτα από έρευνα καταγράφηκε ότι, οι οικονομικά κατώτερες οικογένειες συλλέγουν και πουλούν τα καρύδια κάτω από αδιευκρίνιστες συνθήκες. Όπως γίνεται επομένως αντιληπτό το ευπαθές αυτό προϊόν χρειάζεται μια ιδιαίτερη διαχείριση προκειμένου να διατηρηθεί σε ένα σταθερό επίπεδο ποιότητας. Αξίζει να σημειωθεί ότι διεθνείς οργανισμοί τροφίμων έχουν προσδιορίσει συγκεκριμένες αυστηρές προδιαγραφές συγκέντρωσης μυκήτων στο Brazilian καρύδι, ενώ πολλές είναι οι χώρες που τις ακολουθούν προκειμένου να επιτρέψουν την εισαγωγή του στις αγορές τους.

Η Supply chain του καρυδιού Brazil έχει την τυπική μορφή ενός γεωργικού προϊόντος. Συλλέγεται από τα δάση και μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις όπου διαχωρίζεται και αποθηκεύεται, χωρίς ωστόσο να είναι βέβαιες οι διαδικασίες και τα μέσα που χρησιμοποιούνται.

Το πρόβλημα της διατήρησης μιας συγκεκριμένης συγκέντρωσης μυκήτων στο καρύδι ήταν έντονο καθώς διέπονται από αυστηρές προδιαγραφές για την εξαγωγή του. Η INLA έχοντας αντιμετωπίσει παρόμοιο πρόβλημα με τα μπουκάλια νερού, και βλέποντας τη μεγάλη βελτίωση που είχε στην supply chain της από την συνεχή

καταγραφή της θερμοκρασίας μέσω της τεχνολογία RFID, όταν αποφάσισε να κάνει εξαγωγές του καρυδιού προς τη Χιλή αμέσως κατάλαβε ότι έπρεπε να ακολουθήσει μια πολύ προσεκτική προσέγγιση.

Η διαδικασία εξαγωγής που ακολουθείται με την υιοθέτηση του συστήματος RFID έχει ως εξής. Τα καρύδια τοποθετούνται μέσα σε σακιά και εξάγονται μέσω φορτηγών. Ενώ θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σφραγισμένα container, όπου υπάρχει καλύτερη μόνωση από στους μύκητες, η χρήση φορτηγών με ενσωματωμένα active RFID tag οδήγησε την INLA στην ανάπτυξη καλύτερων πρακτικών που της επέτρεψαν να αποκτήσει καλύτερο έλεγχο στη διαχείριση του αποθέματός της, αλλά και στην καλύτερη ανταπόκριση στις ανάγκες των πελατών της, κρατώντας σταθερά τα όρια των μυκήτων και της ποιότητας. Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη ισχυρών συνεργασιών με τους Χιλιανούς εμπόρους για την συλλογή και ανταλλαγή των σημαντικών δεδομένων. Έτσι η τεχνολογία RFID, ωφέλησε και τις δυο πλευρές δημιουργώντας σημαντικά ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα.

Το μεγαλύτερο όφελος για την INLA Lida από την χρήση ενός εξελιγμένου συστήματος παρακολούθησης και ιχνιλάτευσης, ήταν ο συντονισμός των διαφόρων Supply chain, με συνέπεια τη μείωση των ελαττωματικών παρτίδων και τη μείωση του κόστους, αυξάνοντας παράλληλα την παραγωγικότητα και εξασφαλίζοντας υψηλότερα επίπεδα ποιότητας. Μέχρι την υιοθέτηση του συστήματος RFID, το μεγαλύτερο πρόβλημα προερχόταν από το χρονικό κενό που μεσολαβούσε από τη στιγμή της συλλογής των δεδομένων στον τόπο κατανάλωσης και την εισαγωγή αυτών στη βάση δεδομένων της εταιρείας προκειμένου να επεξεργαστούν και να αναλυθούν. Το πρόβλημα οξυνόταν μια και το προηγούμενο σύστημα στηριζόταν σε μια μη αυτόματη συλλογή των στοιχείων. Με την χρήση όμως του συστήματος RFID η συλλογή και επεξεργασία των απαραίτητων στοιχείων αυτοματοποιήθηκε. Αν και η εφαρμογή ενός συστήματος RFID αποτελεί μια ακριβή επένδυση, λόγω της φύσης των διαδικασιών στις οποίες χρησιμοποιείται, η αποεπένδυσή του είναι αρκετά μεγάλη για να καλύψει το κόστος επένδυσης. Το αποτέλεσμα από τον συντονισμό των supply chain και τη διατήρηση των επιθυμητών επιπέδων ποιότητας, που εντόπισε η INLA, μπορούν να επεκταθούν σε ολόκληρο τον κλάδο τροφίμων.

Τα πλεονεκτήματα που επέφερε η τεχνολογία RFID στην περίπτωση της παρακολούθησης του εμφιαλωμένου νερού είναι εμφανή. Καθώς επίσης μια επέκταση του συστήματος με την χρήση passive RFID tag σαν αισθητήρες θα επέφερε ακόμα καλύτερη εικόνα στην INLA για τη θερμοκρασία και την ποιότητα του νερού. Στην περίπτωση της εξαγωγής των καρυδιών τύπου Brazil προς τη Χιλή χρειάζεται πιο βαθιά και προσεκτική ανάλυση για να προσδιοριστούν τα πλεονεκτήματα που απορρέουν από τη χρήση της τεχνολογίας RFID.

Για τις αναπτυσσόμενες χώρες που προσπαθούν να υιοθετήσουν νέες μορφές τεχνολογίας, όπως αυτή του RFID, χρειάζεται προσεκτική μελέτη και κατά περίπτωση προσέγγιση των πλεονεκτημάτων. Ωστόσο από την παγκόσμια βιβλιογραφία και τις εφαρμογές στον κλάδο των τροφίμων, με σιγουριά μπορούν να προσδιοριστούν τα σημαντικά πλεονεκτήματα που φέρει η τεχνολογία RFID σε εφαρμογές φρούτων και λαχανικών. Τα πλεονέκτημα από την αυτόματη συλλογή δεδομένων για κάθε ένα προϊόν βελτιώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος παρακολούθησης και ιχνιλάτευσης, ενώ τα οφέλη αυτά επεκτείνονται και στις υπόλοιπες επιχειρηματικές διαδικασίες μέσα σε μια εταιρεία. [10]

8.2.2 Η περίπτωση του NLIS της Αυστραλίας.



Η Αυστραλία είναι παγκοσμίως γνωστή για την εξααιρετική ποιότητα των εκτρεφόμενων ζώων και ιδιαίτερα για το καθαρό βοδινό κρέας. Το 70% των εξαγωγών της είναι προϊόντα από ζώα εκτροφείου, ενώ είναι η κύρια εξαγωγική χώρα για τις περισσότερες μεγάλες αγορές του κόσμου.

Τα τελευταία χρόνια, χώρες που στηρίζονται στην εισαγωγή βοδινού κρέατος, από χώρες όπως η Αυστραλία, έχουν αυξήσει τα όρια ανοχής στις προδιαγραφές και έχουν υιοθετήσει πιο αυστηρούς κανονισμούς, για την ποιότητα και εξασφάλιση της ακεραιότητας της supply chain των κρεάτων που εισάγουν. Αιτία της αλλαγής αυτής είναι η αύξηση της ευαισθησίας των καταναλωτών στην ποιότητα και στην υγεία των προϊόντων από τα ζώα, έπειτα και από τα κρούσματα σε όλο το κόσμο από αρρώστιες όπως η « αρρώστια των τρελών αγελάδων» ή «Bovine Spongiform Encephalopathy, BSE», καθώς και από την αύξηση του επιπέδου των χημικών υπολειμμάτων που εντοπίζονται τα τελευταία χρόνια.

Αποτέλεσμα των παραπάνω μέτρων για τις παρτίδες κρέατος και προϊόντων που δεν περνάνε τους ελέγχους, είναι ο αποκλεισμός τόσο των προμηθευτών από την προμήθεια κρεάτων αλλά και η δυσπιστία ως προς την ποιότητα των κρεάτων στο σύνολο της προς εξαγόμενης χώρας. Το γεγονός που ανησυχεί ιδιαίτερα την Αυστραλία, λόγω της μεγάλης εξάρτησης που έχει η οικονομία της από τις εν λόγω εξαγωγές, ενώ ενδεχόμενος αποκλεισμός από μεγάλες αγορές θα ήταν ένα μεγάλο πλήγμα.

Προκειμένου η Αυστραλία να διατηρήσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της ποιότητας και της καθαρότητας των κρεάτων της και σε συνδυασμό με την παγκόσμια απαίτηση για ολοκληρωμένη παρακολούθηση και έλεγχο των ζώων σε όλα τα στάδια της ζωής τους, αποφάσισε την υιοθέτηση ενός συστήματος αναγνώρισης και ιχνηλάτευσης των εκτρεφόμενων ζώων βασισμένο στην τεχνολογία RFID, γνωστό ως National Livestock Identification Scheme (NLIS).

Αρχικά το NLIS σύστημα εγκαταστάθηκε το 1999 στην πολιτεία Victoria όπου το υπουργείο βιομηχανίας πρωτοτύπησε και εφάρμοσε μια δομή του συστήματος προκειμένου να μπορέσει αργότερα να το επεκτείνει σε εθνική κλίμακα. Το 2003, όλες οι πολιτείες της Αυστραλίας και οι κυβερνητικές περιοχές συμφώνησαν να εφαρμόσουν το σύστημα NLIS σε εθνικό επίπεδο μέσα σε μια περίοδο 4 χρόνων προκειμένου να αποκτήσουν ένα υψηλό επίπεδο ιχνηλάτευσης των ζώων. Κατά αυτό το τρόπο η Αυστραλία απέκτησε ένα εκλεπτυσμένο σύστημα διαχείρισης της ασφάλειας των τροφίμων. Μερικά από τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του NLIS, όπως αυτά παρουσιάστηκαν από τον Rick Beasley, διευθυντή του NLIS, είναι:

- ◆ Το 1999 εγκαταστάθηκε το σύστημα NLIS στην Victoria της Αυστραλίας
- ◆ Το NLIS είναι ένα εθνικό πρότυπο που υιοθετήθηκε για την ιχνηλασιμότητα των βοοειδών και επιβάλλεται με νομοθεσία σε όλες της πολιτείες της Αυστραλίας.
- ◆ Πάνω από 10 εκατομμύρια ζώα παρακολουθούνται από το NLIS σε όλα τα στάδια της παραγωγής.
- ◆ Το σύστημα NLIS αποτελεί τη μεγαλύτερη εφαρμογή RFID στην Αυστραλία.

- ♦ Όλες οι συναλλαγές και οι πράξεις καταγράφονται σε μια βάση δεδομένων όπου διαχειρίζεται από το κέντρο Meat & Livestock Australia (MLA).

Η αναγνώριση των ζωντανών βοοειδών από τα εκτροφεία ξεκινάει από το κτήμα όπου αυτά γεννιούνται με την τοποθέτηση ενός LF passive RFID tag που ενσωματώνει μια μοναδική, αναλλοίωτη, με 16ψηφία πινακίδα.



Τα tag έχουν τη μορφή ετικέτας αυτιών ή σε κάψουλες στομαχιού (ειδικά tag που καταπίνονται από τα ζώα και παραμένουν στο στομάχι), ενώ τοποθετούνται σε συνδυασμό τόσο στα αυτιά όσο και στο στομάχι.

Όλες οι πληροφορίες, για την ιστορία κάθε ενός ζώου, όπως οι αλλαγές στην ιδιοκτησία και τα κτήματα καθώς και τα στοιχεία εκείνα που μπορούν να επηρεάσουν την καταλληλότητα του ζώου για τον άνθρωπο αποστέλλονται στην κεντρική βάση δεδομένων του NLIS συστήματος και

στην συνέχεια περνάνε στο κέντρο MLA.

Καθώς ένα βοοειδές προχωράει μέσα στα διάφορα στάδια και μέρη της supply chain, αναγνωρίζεται από τους reader του NLIS και αυτόματα οι πληροφορίες αποθηκεύονται και αναβαθμίζουν τη βάση δεδομένων του NLIS, μέσω του internet, με στοιχεία για τον παραγωγό, το κτήμα, τον πράκτορα, την αγορά πώλησης και τη βιομηχανία επεξεργασίας.

Μόλις ολοκληρωθεί η καταγραφή της μετακίνησης του ζώου από το ένα μέρος στο άλλο, δημιουργείται ένα αρχείο ζωής της αρμοστείας του ζώου καθώς και μια δεύτερη λίστα με την ιστορικότητα των άλλων ζώων που αλληλεπιδρούσαν με αυτό στο ίδιο κτήμα και μέρος. Η αυτόματη ηλεκτρονική καταγραφή της ιστορικότητας του ζώου μέσω του αρχείου, επιτρέπει την πιο άμεση και ακριβή ανταπόκριση της ιχνυλασιμότητας του.

Το NLIS σύστημα στηρίζεται σε δυο βασικά πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί για την ηλεκτρονική αναγνώριση των ζώων. Το ISO 11784 που αναφέρεται στην ανάπτυξη της δομής ενός RFID κώδικα για τα ζώα, και το ISO 11785 που περιγράφει τις τεχνικές λεπτομέρειες για την εφαρμογή του RFID στα ζώα.

Το NLIS σύστημα της Αυστραλίας χρησιμοποιεί τα παραπάνω δυο πρότυπα με επιτυχία αρκετά χρόνια τώρα ενώ από το 2006 έχουν επεκτείνει την υιοθέτηση τους για την αναγνώριση και παρακολούθηση των προβάτων. Από το 2006 ένας νέος νόμος στη New Zealand ορίζει την τοποθέτηση σε κάθε νεογέννητο σκυλί ενός RFID chip προσαρμοσμένο στα δυο πρότυπα.

Συγκεντρωτικά τα πλεονεκτήματα για τη βιομηχανία βοοειδών της Αυστραλίας συνολικά αλλά και σε ατομικό επίπεδο από τη χρήση του NLIS περιγράφονται παρακάτω:

- Λόγω της άμεσης αναγνώρισης και γρήγορης ανιχνευσιμότητας που παρέχει το NLIS επέρχεται τόσο οικονομική όσο και κοινωνική μείωση από τις επιπτώσεις των εκτροφείων ζώων, όπως οι επιδημίες ασθενειών και τα υπολείμματα των ζώων. Σύμφωνα με τις μελέτες των κυβερνητικών αρχών, η οικονομική επίπτωση από μια επιδημία στα βοοειδή ανέρχεται από 2\$ έως 13\$ δισεκατομμύρια
- Προπαρασκευή των αρχείων για τις διεθνείς εξαγωγές με τις πληροφορίες παρακολούθηση όλης της ζωής του ζώου και των εξελίξεών του. Πληροφορίες που όλο και περισσότερο και απαιτούνται από τους πελάτες όλου του κόσμου για μεγαλύτερη ασφάλεια και ιχνυλάτευση των προϊόντων.

- Το σύστημα NLIS βοήθησε την Αυστραλία να έχει πρόσβαση και να αναπτυχθεί σε κλειστές αγορές, όπως αυτή της ΕU που απαιτεί υψηλά επίπεδα ιχνηλασιμότητας από τους προμηθευτές της.
- Η ενοποιημένη δομή του NLIS βελτίωσε την εντός της φάρμας παραγωγικότητα μέσω της διασύνδεση με τις διαδικασίες παραγωγής άλλων εκτροφείων.

Εκτός από τα πλεονεκτήματα που έχουν από το σύστημα NLIS οι εκτραφείς των βοοειδών, σημαντικά οφέλη αποκτούν και τα υπόλοιπα μέλη της Supply Chain στο επίπεδο που κάθε ένα μέλος εκμεταλλεύεται την τεχνολογία στις επιχειρηματικές διαδικασίες τις. Μερικά από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα είναι:

- ◆ Βελτιωμένη διαχείριση και λήψη αποφάσεων με τη χρησιμοποίηση των στοιχείων απόδοσης του ζώου, που το συνοδεύει από το εκτροφείο, καθώς και ανατροφοδότηση των στοιχείων για τον καλύτερο συντονισμό με τις προδιαγραφές των πελατών.
- ◆ Εξοικονόμηση χρόνου και ακριβέστερα στοιχεία για κάθε ζώο μέσω της αυτόματης καταγραφής των απαραίτητων δεδομένων.
- ◆ Παροχή άμεσης καταγραφής και πρόσβασης στους καταλόγους του κτήματος.
- ◆ Παρακολούθηση της απόδοσης των παράγωγων προϊόντων από τα εκτροφεία.

Το σύστημα NLIS μπορεί να καλύπτει την ιχνηλάτευση των βοοειδών και να πληροφορεί για την ανά πάσα στιγμή θέση τους, καθώς και την αρχική τους προέλευση. Δεν μπορεί, εντούτοις, να παρέχει πληροφορίας για την κατάσταση της υγείας τους ή πληροφορίες από τη διάρκεια της μεταφοράς τους μέσα στα container. Η αδυναμία του συστήματος στην παροχή περισσότερων στοιχείων οφείλεται στη χρήση Read only RFID Tag γεγονός που επιδέχεται βελτίωση με την εφαρμογή διαφορετικού τύπου tag εξασφαλίζοντας περισσότερη και καλύτερη ενημέρωση, ενώ θα ενισχύσει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα της Αυστραλίας καλύπτοντας και παρέχοντας στοιχεία που δεν απαιτούνται από τις διεθνείς προδιαγραφές μέχρι στιγμής.[76]



Η εξασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων είναι παγκόσμιο ζήτημα και ένα από τα βασικότερα θέματα που απασχολούν τις κυβερνήσεις του κόσμου τα τελευταία χρόνια. Έτσι και για την Αυστραλία η απόλυτη ακεραιότητα και ασφάλεια της υγιεινής των προϊόντων της από το κόκκινο κρέας είναι ένα μη διαπραγματεύσιμο θέμα. Κάτω από αυτό το πρίσμα, το 1999, αναπτύχθηκε και εγκαταστάθηκε ένα αυτοματοποιημένο σύστημα καταγραφής και παρακολούθησης των βοοειδών. Το NLIS ενίσχυσε τη φήμη της Αυστραλίας ως προμηθευτή ποιοτικού και θρεπτικού βοϊδινού κρέατος. Στις προοπτικές της χώρας είναι να καταφέρει να οδηγήσει και άλλες χώρες στην υιοθέτηση παρόμοιου συστήματος βασισμένο στην τεχνολογία RFID προκειμένου να δημιουργηθεί ένα ευρύτερο δίκτυο για την παρακολούθηση και ιχνηλάτευση του βοϊδινού κρέατος και των παραγώγων του προκειμένου να φτάνουν στα πάτα των καταναλωτών πιο ασφαλή από ασθένειες προϊόντα.

Το σύστημα NLIS είναι ένα μοναδικό στον τομέα του σύστημα, που δομείται στην τεχνολογία RFID, χρησιμοποιώντας πάνω από 1 εκατομμύριο RFID tag σε ένα ευρύ φυσικό περιβάλλον με μεγάλη ποικιλία διαφορετικών κτημάτων και ιδιοκτητών που όλοι ενώνονται κάτω από την νομοθεσία της μεγαλύτερης βιομηχανίας της Αυστραλίας, χρησιμοποιώντας μια κοινή βάση δεδομένων.[61]

8.2.3 Η περίπτωση εφαρμογής RFID σε αγροτικά προϊόντα.

Αγροτικά προϊόντα, όπως το σιτάρι, το καλαμπόκι ή και η σόγια, επωφελούνται από την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID. Συστήματα που παρακολουθούν και καταγράφουν τη θέση και την ποιότητα του σιταριού στηρίζονται στην τεχνολογία των RFID chip, καθώς και αυτήν του GPS. Ένα τέτοιο σύστημα είναι σε θέση να ακολουθεί τη θέση του σιταριού μέσα στα αγροκτήματα. Ένα πλήθος από ιδιότητες συνδέονται με την παρτίδα που παρακολουθείται, για παράδειγμα, η αρχική προέλευση της ποικιλίας του σπόρου, την χρήση φυτοφαρμάκων και χημικών, της ασθένειες και άλλες ιδιότητες ποιότητας.

Το σύστημα στηρίζεται σε passive RFID chip σε σχήμα κόκκου που τοποθετούνται μέσα σε container με τις απαραίτητες πληροφορίες στην μνήμη τους, όπως το μέγεθος, το βάρος και τη σύσταση του σιταριού ή οποιουδήποτε άλλου γεωργικού προϊόντος. Παράλληλα, στα διάφορα στάδια της παραγωγικής και supply chain διαδικασίας μέσω των RFID Reader υπάρχει η δυνατότητα αναγνώρισης και εγγραφής δεδομένων από το RFID chip, καθώς επίσης και η εισαγωγή και εξαγωγή νέων RFID chip στις παρτίδες του σιταριού.

Οικονομικοί και λόγοι ασφάλειας των τροφίμων αποτελούν το βασικό σκοπό ανάπτυξης ενός συστήματος φυσικής παρακολούθησης των παρτίδων σιταριού από τα πρώτα στάδια συγκομιδής μέχρι τα τελευταία στάδια της supply chain.

Οι διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα στα διάφορα στάδια επεξεργασίας αυξάνουν τη λειτουργική απόδοση και την αξία, μέσω της βελτίωσης και έγκαιρης πληροφόρησης των χαρακτηριστικών της παρτίδας σιταριού τόσο για το διαθέσιμο απόθεμα όσο και την άφιξη τους στις εγκατάστασης επεξεργασίας. Επίσης, τόσο οι τελικοί όσο και οι καταναλωτές δέχονται να πληρώσουν περισσότερο για προϊόντα που συνοδεύονται από τεκμηρίωση για την προέλευσή τους και απόδειξη για τον καθαρισμό τους από επιβλαβή και ανεπιθύμητα συστατικά. Επιπλέον, μέσω ενός συστήματος on line παρακολούθησης και ιχνηλάτευσης, βελτιώνεται η διαδικασία ανάκλησης παρτίδων σιταριού από την διαδικασία παραγωγής και μεταφοράς.

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται η δομή και οι παράμετροι ενός συστήματος παρακολούθησης των γεωργικών προϊόντων, όπως το καλαμπόκι, η σόγια, και το σιτάρι κ.τ.λ., από τα πρώιμα στάδια της συγκομιδής μέχρι τα τελικά στάδια της διαδικασίας supply chain. Τυπικά το σύστημα αποτελείται από:

- RFID chip που τοποθετούνται μαζί με τους κόκκους κατά το θερισμό.
- Την τεχνολογία για την συστηματική τοποθέτηση των chip μέσα στο δοχείο της θεριζοαλωνιστικής μηχανής.
- Την τεχνολογία απομάκρυνσης των chip από τους κόκκους σε κάθε στάδιο της supply chain
- Τον εξοπλισμό σε επίπεδο hardware και software για την εγγραφή και αναγνώριση των RFID chip σε όλα τα στάδια επεξεργασίας της supply chain, καθώς και τα πρωτόκολλα δημιουργίας βάσης δεδομένων.
- Reader τύπου handheld για τις λειτουργίες εγγραφής και αναγνώρισης
- Το κατάλληλο software για τη δημιουργία της βάσης δεδομένων προκειμένου να καταγραφούν τα ιστορικά δεδομένα της παρτίδας σιταριού.

Από τα βασικότερα συστατικά μέρη του συστήματος είναι τα RFID tag. Ένα RFID tag, που χρησιμοποιείται στο σύστημα παρακολούθησης των γεωργικών προϊόντων, έχει μέγεθος όσο και ένας κόκκος ή παρόμοιας διάστασης και τοποθετείται στο container του σιταριού κατά την συγκομιδή. Σε κάθε στάδιο

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων

επεξεργασίας της παρτίδας σιταριού τα RFID chip αναπρογραμματίζονται ως προς την ώρα, την τοποθεσία καθώς και άλλες πληροφορίες που σχετίζονται με την διαδικασία συγκομιδής του σιταριού, όπως τους σειριακούς αριθμούς των μηχανημάτων. Κατά συνέπεια, ολόκληρη η ιστορία των κόκκων από την διαδικασία συγκομιδής και παραγωγής καταγράφεται και αποθηκεύεται στα RFID chip που συνοδεύουν τις παρτίδες, ενώ νέα RFID chip μπορούν να τοποθετηθούν ανά πασά στιγμή κατά τα στάδια της παραγωγής.

Προκειμένου να αναπτυχθεί η δομή ενός συστήματος παρακολούθησης με την τεχνολογία RFID παρατίθεται ένα απλό παράδειγμα με τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας που λαμβάνουν μέρος για μια παρτίδα σιταριού. Η διαδικασία περιλαμβάνει 11 βήματα. [ΕΙΚΟΝΑ 18] [33]



1. Θερσίμος



2. Μεταφορά στο τρακτέρ



3. Μεταφορά στο φορηγό



4-6 Αποθήκευση στο αγροκτήμα



4. Ξεφόρτωμα από το φορηγό



5-6 Εξωτερικές μεταφορτώσεις



7. Μεταφορά στο φορηγό



8a. Αγροτικά σιλό



8b. Εγκαταστάσεις αγροκτημάτων



9. Μεταφορά στο φορηγό



10. Επεξεργασία σε εμπορικό λιμάνι



11. Εξαγωγή μέσω πλοίων

Εικόνα 18 Διαδικασία επεξεργασίας/αποθήκευση/μεταφοράς σιταριού

Η διαδικασία των 11 βημάτων ξεκινάει από την συγκομιδή μέχρι την τελική εξαγωγή των προϊόντων προς τους καταναλωτές/πελάτες. Σε κάθε ένα από τα διαδοχικά στάδια υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθεί ένα καινούργιο RFID chip, να γίνει εγγραφή και ανάγνωση των δεδομένων από ήδη υπάρχον RFID chip, και να

αφαιρεθούν τα διάφορα RFID chip από τις παρτίδες σιταριού. Προκειμένου να απλοποιηθεί το παράδειγμα εφαρμογής του συστήματος στη supply chain του σιταριού γίνεται η υπόθεση ότι όλα τα RFID chip τοποθετούνται στο 1^ο στάδιο.

Έτσι στο 1^ο στάδιο γίνεται η λεπτομερής καταγραφή των στοιχείων ταυτότητας και ιχνιλάτευσης στη μνήμη του κάθε RFID chip. Κάθε RFID chip έχει τα δικά του μοναδικά στοιχεία, όπως το ID. Στη συνέχεια, τα RFID chip τοποθετούνται μέσα στην καρότσα του τρακτέρ κατά τη διαδικασία του θερισμού. Ταυτόχρονα με την τοποθέτηση, ένας RFID reader αναγνωρίζει τα στοιχεία των RFID chip και συνδέει το σήμα τους με ένα σύστημα GPS, που καταγράφονται οι συντεταγμένες τους, η ώρα, η ημερομηνία και το ID τους.

Στη συνέχεια, στα στάδια 2-3 γίνεται αναπρογραμματισμός των δεδομένων και στοιχείων καθενός RFID chip, ενώ ανανεώνονται και οι νέες συντεταγμένες τους από το GPS σύστημα.

Στα στάδια 4-6, όπου το σιτάρι αποθηκεύεται και επεξεργάζεται στις εγκαταστάσεις των αγροκτημάτων, τα RFID chip αναπρογραμματίζονται με τη νέα ημερομηνία, ώρα και συντεταγμένες. Η αναγνώριση των RFID chip από τους reader γίνεται κατά τη διάρκεια του 4^{ου} σταδίου, προτού το σιτάρι αποθηκευτεί μέσα στα σιλό. Κατά τα στάδια 5,6 τα RFID chip ακολουθούν το σιτάρι σε κάθε ένα από τα σιλό ενώ κατά τη μετακίνησή του από ένα σιλό στο άλλο υπάρχει η δυνατότητα ανανέωσης των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στα RFID chip. Η ίδια διαδικασία με το στάδια 3 ακολουθείται και στο στάδιο 7, ενώ στο στάδιο 8a-b γίνεται αναγνώριση και εγγραφή παρόμοια με αυτή των σταδίων 4-6 με τη μόνη διαφορά ότι στο στάδιο 8b εκτός των άλλων καταγράφεται η ώρα άφιξης της παρτίδας. Τέλος, ακολουθούν ακόμα τρεις αναγνωρίσεις και έγγραφες νέων δεδομένων στα RFID chip κατά τα στάδια 9-11, ενώ στο στάδιο 11 ολοκληρώνεται η διαδικασία και συγκεντρώνονται όλα τα δεδομένα και οι πληροφορίες που θα ακολουθούν την παρτίδα σιταριού προς τον τελικό πελάτη.

Σε κάθε στάδιο της supply chain του σιταριού, τα RFID chip που συνοδεύουν τις παρτίδες σιταριού έχουν καταχωρημένη όλη την ιστορία της παρτίδας, τις μετακινήσεις από στάδιο σε στάδιο, την αποθήκευση, την επεξεργασία καθώς και τους αντιστοίχους χρόνους και τοποθεσίες που μεταφερθήκαν καθώς και το ID της παρτίδας και των μηχανημάτων που τα επεξεργάστηκαν. Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα για πρόσθετη καταγραφή πληροφοριών κατά τη διάρκεια των σταδίων, όπως η συχνότητα τοποθέτησης των RFID chip, η υγρασία που υπάρχει στην παρτίδα σιταριού, κ.τ.λ.

Συγκεκριμένα μερικές από τις πληροφορίες που καταγράφονται και αποθηκεύονται στη μνήμη του RFID chip σε κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια είναι τα εξής:

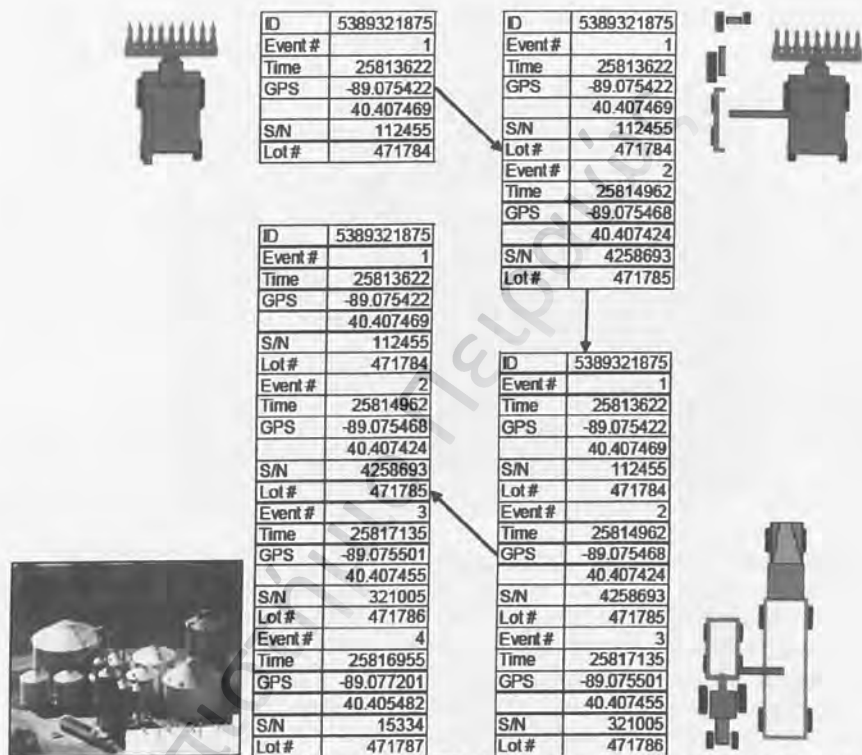
- Ο μοναδικός ID του RFID chip.
- Η ακολουθία των σταδίων που λαμβάνουν μέρος.
- Η ώρα που πραγματοποιείται κάθε στάδιο (τοποθέτηση, μεταφορά, αναγνώριση).
- Οι συντεταγμένες GPS σε κάθε στιγμή εξέλιξης των διαδικασιών.
- Οι serial number κάθε μηχανήματος από κάθε στάδιο.
- Οι μοναδικοί αριθμοί παρτίδας για κάθε παρτίδα σιταριού που μεταφέρεται σε κάθε στάδιο.

Στην εικόνα 2 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα των δεδομένων που καταγράφονται και αποθηκεύονται σε ένα μεμονωμένο RFID chip κατά την εξέλιξη των 4 πρώτων σταδίων. Η καταγραφή των δεδομένων αυτών και η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με ιστορικά στοιχεία των παρτίδων σιταριού που έχουν επεξεργαστεί και

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων

μεταφερθεί, με την συνεισφορά του συστήματος RFID, επιτρέπει και την αμεσότερη και πιο ολοκληρωμένη παρακολούθηση και ανάκληση προβληματικών παρτίδων από την αγορά, ενώ με την ιστορική συνοχή που δημιουργείται, εντοπίζεται άμεσα το στάδιο εκείνο που δημιούργησε την προβληματική παρτίδα. Επίσης, δίνεται η δυνατότητα ελέγχου παραμέτρων που ορίζουν και προδιαγράφουν την ποιότητα στους κόκκους του σιταριού. [ΕΙΚΟΝΑ 19] [33]



Εικόνα 19 Δεδομένα που καταγράφονται στα RFID chip κατά τα 4 πρώτα στάδια επεξεργασίας του σιταριού.

Επομένως, στα πλαίσια της ασφάλειας των τροφίμων και της οικονομικής αξίας, το σύστημα παρακολούθησης με την τεχνολογία RFID επωφελεί με τα εξής:

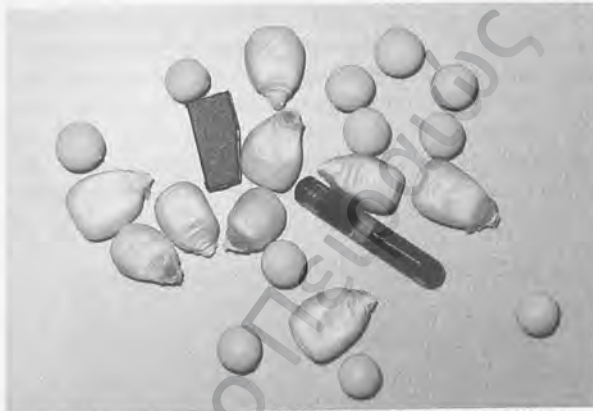
- ↳ Πλήρης προς τα πίσω ιχνηλάτηση. Με τα εργαλεία απεικόνισης ολόκληρης της διαδρομής που ακολούθησε μια παρτίδα σιταριού, εντοπίζονται όλες οι διαδικασίες, από τον τελικό πελάτη μέχρι την στιγμή της πρώτης συγκομιδής από το χωράφι, ακόμα και μέχρι την αρχική αποθήκευση των σπορών του σιταριού.
- ↳ Δυνατότητα εξαγωγής πληροφοριών από την βάση δεδομένων για την αναγνώριση και τοποθεσία συγκεκριμένης παρτίδας σιταριού με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά.
- ↳ Δυνατότητα διασύνδεσης με άλλες βάσεις δεδομένων για την ενημέρωση επιπλέον πληροφοριών για συγκεκριμένες παρτίδες σιταριού.

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων

☞ Άμεσος εντοπισμός εναλλακτικών πηγών εξαγωγής σιταριού όταν υπάρξει πρόβλημα μόλυνσης.

Τα RFID chip ή (RFID Grain Tracking Tag) που χρησιμοποιούνται στο σύστημα παρακολούθησης γεωργικών προϊόντων με την τεχνολογία RFID, τοποθετούνται και ταξιδεύουν μαζί με τους κόκκους σιταριού και αρχίζουν να λειτουργούν άμεσα με την τοποθέτησή τους. Το μέγεθος, το σχήμα και το βάρος των RFID chip είναι παραπλήσια με τους κόκκους σιταριού έτσι ώστε να μπορούν να περνούν από τις μηχανές και να ακολουθούν την παρτίδα σιταριού από το χωράφι μέχρι τις τελικές εγκαταστάσεις παραγωγής. [ΕΙΚΟΝΑ 20] [33]

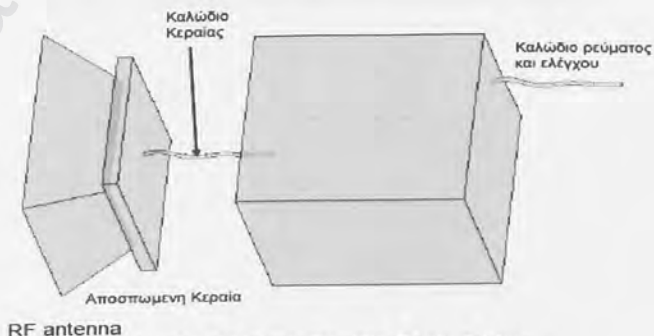


Εικόνα 20 Διαστάσεις τυπικού RFID chip για γεωργικά προϊόντα

Τα RFID chip που χρησιμοποιούνται στο εν λόγω σύστημα, είναι τύπου passive RFID tag, χωρίς ενσωματωμένη μπαταρία και με απευθείας ενεργοποίηση από ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγονται από του αντιστοιχούς RFID reader.

Η δομή και η φύση ενός passive RFID tag θεωρούνται ιδανικά για την τοποθέτηση και τη λειτουργία τους μαζί με τους κόκκους σιταριού. Λόγω του εξωτερικού ανθεκτικού καλύμματος που έχουν και τα μη τοξικά υλικά κατασκευής, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εκατοντάδες διαφορετικές παρτίδες χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα των κόκκων σιταριού.

Εκτός από τα RFID chip, ιδιαίτερο σχήμα έχουν και οι RFID reader (ή RFID Grain Tracking Reader/Writer). [ΕΙΚΟΝΑ 21] [33]



Εικόνα 21 RFID Grain Tracking Reader/Writer

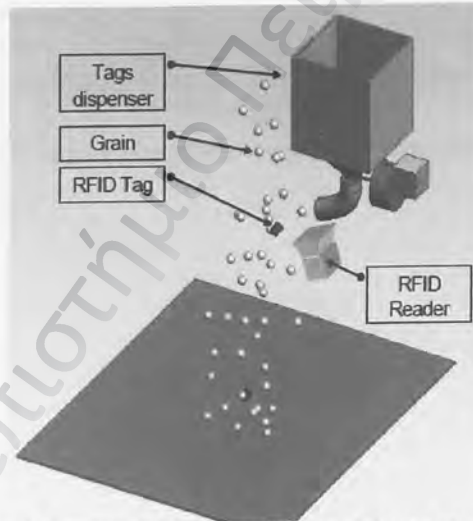
8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων

Όταν μια παρτίδα σιταριού περνάει μέσα από την κεραία, αυτόματα τα δεδομένα διαβάζονται από το RFID chip, όπως οι συντεταγμένες (μέσω του ενσωματωμένου κυκλώματος GPS στον RFID reader) και τα ID, και όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων του κεντρικού συστήματος. Στη συνέχεια, μέσω ενός δικτύου, τα δεδομένα μπορούν να μεταφερθούν προς οποιοδήποτε σύστημα για περαιτέρω ανάλυση. Τέλος ο RFID reader μπορεί να αποθηκεύσει επιπλέον στοιχεία και δεδομένα στη μνήμη του RFID chip, καθώς και να ενημερώσει τα υπάρχοντα στοιχεία.

Ο τρόπος κατασκευής των RFID reader, τους επιτρέπει να χρησιμοποιούνται σε εξωτερικό περιβάλλον και να λειτουργούν χωρίς προβλήματα. Για την τροφοδοσία τους αρκεί ρεύμα εντάσεως 120VAC, ενώ υπάρχει και η δυνατότητα να τροφοδοτούνται ακόμα και από εξωτερική μπαταρία.

Κατά τη διάρκεια της συγκομιδής του σιταριού από το χωράφι χρησιμοποιείται ειδικός εξοπλισμός για την ταυτόχρονη τοποθέτηση των RFID chip μαζί με την παρτίδα σιταριού. Έχοντας ως προδιαγραφές την τοποθέτηση ενός RFID chip για κάθε 36 λίτρα (50 bushels) σιταριού, ένας ειδικός διανομέας (tag dispenser) αφήνει ελεύθερο να 'πέσει' ένα RFID chip μέσα στο φορτηγό μαζί με την παρτίδα σιταριού. [ΕΙΚΟΝΑ 22] [33]

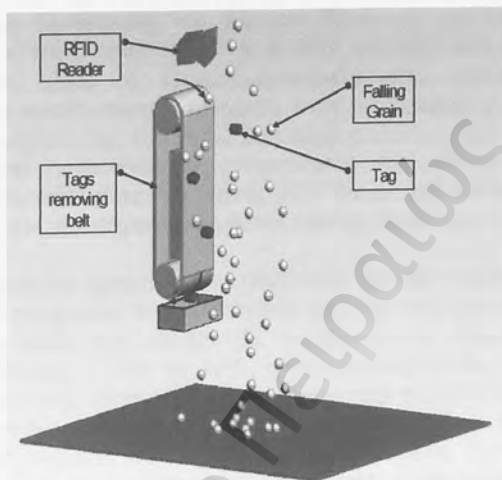


Εικόνα 22 Διανομέας RFID chip μέσα στους κόκκους σιταριού

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στη βιομηχανία Τροφίμων

Τέλος, ξεχωριστός εξοπλισμός χρησιμοποιείται για να αφαιρεθούν τα RFID chip από την παρτίδα σιταριού. Κατά την διάρκεια που ελεύθερα 'πέφτει' το σιτάρι προς κάποιο φορτηγό, ένας μόνιμος μαγνήτης μέσα από τον ειδικό εξοπλισμό αφαιρεί τα RFID chip και τα συγκεντρώνει σε ένα ξεχωριστό κιβώτιο. Συνήθως, ο αυτόματος remover τοποθετείται μετά από τους RFID reader και ενεργοποιείται ανάλογα με την εντολή που λαμβάνει από το κέντρο ελέγχου. [ΕΙΚΟΝΑ 23][33]



Εικόνα 23 Απομάκρυνση RFID chip από τους κόκκους σιταριού

8.2.4 Η περίπτωση της επαρχίας Gyeongsangbuk-Do

Μια από τις πιο ενδιαφέρουσες εφαρμογές της τεχνολογίας RFID σε αγροτικά προϊόντα και σε επίπεδο παλέτας, αποτελεί η περίπτωση της επαρχίας Gyeongsangbuk-Do. Μια επαρχία στα ανατολικά της νότιας Κορέας, η Gyeongsangbuk-Do (Βόρεια Gyeongsang) ιδρύθηκε το 1896 στο βόρειο τμήμα της ευρύτερης επαρχίας Gyeongsang και χαρακτηρίζεται ως μια καθαρά αγροτική περιοχή, που παράγει κατά κύριο λόγο μήλα, κριθάρι, φασόλια, πατάτες και ρύζι.

Οι κυβερνητικές αρχές της Gyeongsangbuk-Do, στην προσπάθειά τους να δημιουργήσουν πιο ανταγωνιστικά προϊόντα στην παγκόσμια αγορά, από νωρίς επένδυσαν στη διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων τους, επενδύοντας αρκετό χρόνο και χρήμα στην εγκατάσταση νέας τεχνολογίας, νέων πρακτικών καλλιέργειας και υψηλού επιπέδου συστημάτων διοίκησης. Στα πλαίσια της πολιτικής αυτής είναι και η υιοθέτηση ενός συστήματος παρακολούθησης βασισμένο στην τεχνολογία RFID.

Η Gyeongsangbuk-Do, αποφάσισε να υιοθετήσει ένα πιο εντατικό έλεγχο στην supply chain των προϊόντων της, καθιερώνοντας ένα end-to-end Control στην τροφική αλυσίδα, μέσω του οποίου θα ανταποκρίνεται άμεσα σε έκτακτες προβληματικές περιπτώσεις. Έτσι το 2005, η Gyeongsangbuk-Do, παρουσίασε ένα νέο σύστημα ιχνηλάτευσης των προϊόντων βασισμένο στην τεχνολογία RFID.

Το σύστημα ιχνηλάτευσης των προϊόντων που εγκαταστάθηκε έχει ως εξής. Τα RFID tag τοποθετούνται στις παλέτες των προϊόντων καθώς αυτές φτάνουν στα κέντρα παραγωγής. Στις εγκαταστάσεις, το προσωπικό, χρησιμοποιώντας handheld reader, διαβάζει, λαμβάνει και γράφει τις απαραίτητες πληροφορίες. Τα δεδομένα, στη συνέχεια, αποθηκεύονται και συγκεντρώνονται σε μια κεντρική βάση δεδομένων.

Το σύστημα RFID, επιτρέπει στις αρχές της Gyeongsangbuk-Do, να συγκεντρώνει όλες τις πληροφορίες από τα τρόφιμα σε πραγματικό χρόνο, να παρακολουθεί την προέλευση των προϊόντων και να ελέγχει τις διαδικασίες φόρτωσης καθώς και οποιουδήποτε άλλου σημείου της supply chain. Έτσι, είναι ευκολότερη η διοίκηση της παραγωγικότητας, της διακίνησης, και των πωλήσεων των εξαγομένων αγροτικών προϊόντων στη διεθνή αγορά. Από την άλλη, οι αγρότες εκμεταλλεύονται τις πληροφορίες από το σύστημα ιχνηλατώντας τα προϊόντα τους και ελέγχοντας την ποιότητα της συγκομιδής τους. Έτσι, οι τελικοί πελάτες, όπως για παράδειγμα οι αγροτικοί συνεταιρισμοί, μπορούν να εντοπίσουν ολόκληρη τη διαδρομή που έχει ακολουθήσει μια συγκεκριμένη παρτίδα αναλύοντας τις πληροφορίες που υπάρχουν υποθηκευμένες στα RFID tag, αυξάνοντας κατά αυτό τον τρόπο την εμπιστοσύνη τους για την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων το οποίο έχει ως συνέπεια τη μεγιστοποίηση της αξίας των προϊόντων που προμηθεύονται από την επαρχία.

Κατά τον σχεδιασμό του συστήματος RFID, η αρμόδια αρχή της Gyeongsangbuk-Do, όρισε τρεις βασικές προϋποθέσεις που θα έπρεπε να καλύπτει η οποιαδήποτε πρόταση των εταιριών παροχής συστημάτων RFID.

Η πρώτη βασική προϋπόθεση αφορά τη δυνατότητα της τεχνολογίας να αντέχει και να υποστηρίζει το πολύπλοκο δίκτυο διανομής που έχουν τα αγροτικά προϊόντα. Το δεύτερο κριτήριο, αφορά την ικανότητα του συστήματος να συλλέγει και να ενοποιεί το μεγάλο εύρος πληροφοριών που συλλέγονται από διάσπαρτες πηγές και συγκεντρώνονται σε μια αποθήκη. Τέλος, το software του συστήματος πρέπει να είναι ευέλικτο και εύκολο να ενοποιείται με τον υπόλοιπο hardware εξοπλισμό του συστήματος.

Με βάση τις τρεις αυτές βασικές προϋποθέσεις, οι Gyeongsangbuk-Do, επέλεξε τη λύση που τις πρότεινε η εταιρεία Oracle. Ο λόγος ήταν κυρίως στο ότι το software της Oracle μπορούσε να επεξεργαστεί και να ενοποιήσει τις πληροφορίες. Επιπλέον, το middleware που προσφέρει η Oracle, παρέχει υψηλή εξελιξιμότητα και διαθεσιμότητα κάτω από τις έντονες μεταβαλλόμενες ανάγκες της supply chain των τροφίμων. Επίσης, το software είναι δομημένο σε ανοικτό κώδικα και επομένως είναι ευκολότερη η ενοποίησή του με το υπόλοιπο πληροφοριακό σύστημα που χρησιμοποιείται από την Gyeongsangbuk-Do.

Τέλος, η επαρχία Gyeongsangbuk-Do επέλεξε την εταιρεία Fujitsu Korea, για την ανάπτυξη και σχεδιασμό του εξοπλισμού του συστήματος ιχνηλάτευσης με RFID. Η Gyeongsangbuk-Do, στηρίχτηκε στην εμπειρία της εταιρείας στο να σχεδιάζει και να υλοποιεί συστήματα RFID, καθώς και στην πεποίθηση ότι η Fujitsu έχει την εμπειρία και τη γνώση να ολοκληρώσει το έργο στον χρόνο και προϋπολογισμό που όρισε η Gyeongsangbuk-Do.

Αποτέλεσμα του όλου έργου, ήταν η εγκατάσταση και η εφαρμογή του συστήματος RFID για την ιχνηλάτευση των γεωργικών προϊόντων σε 9 αγροτικά προϊόντα από 11 αγροκτήματα. Το έργο εγκατάστασης και εφαρμογής, στα παραπάνω αγροκτήματα ξεκίνησε τον Ιούλιο του 2005 και ολοκληρώθηκε τον Φεβρουάριο του 2006. Τέλος, η ευελιξία και η πληροφόρηση που έδωσε το σύστημα RFID, καθώς και η βελτίωση της ποιότητας με αντίστοιχη αύξηση των εξαγωγών από την επαρχία Gyeongsangbuk-Do, παροτρύνει τις κυβερνητικές αρχές να επεκτείνουν το εύρος των προϊόντων και αγροκτημάτων που ελέγχονται από την τεχνολογία RFID. [51]

8.3 Εφαρμογές στον κλάδο Υγείας



Βιομηχανίες φαρμάκων και τα νοσοκομειακά ιδρύματα άρχισαν να ασχολούνται με την τεχνολογία RFID από τις αρχές του 2002. Μια νέα τεχνολογία που υπόσχεται αποτελεσματικότερη παρακολούθηση των προμηθειών ενός νοσοκομείου, του ιατρικού εξοπλισμού, των φαρμάκων, του προσωπικού, καθώς και των ασθενών. [40]

Η βιομηχανία φαρμάκων, οι διανομείς αυτών και οι έμποροι κάθε χρόνο αντιμετωπίζουν μια από τις πιο απαιτητικές supply chain. Πάνω από το 7% όλων των φαρμάκων, που διακινούνται στην παγκόσμια αγορά είναι πλαστά ή με ληγμένη ημερομηνία κατανάλωσης (counterfeit) γεγονός που αναγκάζει τόσο τους εμπόρους και την αγορά των φαρμάκων να έχει απώλεια πάνω από 2 δισεκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο, από τις επιστροφές και τη λήξη της ημερομηνίας των φαρμάκων. Χαρακτηριστικά, το 2001 στην αγορά της USA υπήρξαν πάνω από 1300 ανακλήσεις παρτίδων.

Τόσο οι αρμόδιοι φορείς όσο και οι βιομηχανίες φαρμάκων, αναπτύσσουν μεθόδους και πρακτικές προκειμένου να βελτιώσουν και να αντιμετωπίσουν τα βασικά προβλήματα που εμφανίζονται στη διεθνή supply chain των φαρμακευτικών προϊόντων. Μια από τις τεχνολογίες που κερδίζει έδαφος είναι η εφαρμογή της τεχνολογίας RFID σαν μια πρώτης τάξης λύση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει ο κλάδος των φαρμάκων.

Η τεχνολογία RFID εξασφαλίζει την εγκυρότητα των δεδομένων παρέχοντας στις βιομηχανίες φαρμάκων μια σειρά από νέα πλεονεκτήματα για μείωση του κόστους, βελτίωση της ποιότητας και ασφάλειας των φαρμάκων. Σύμφωνα με το υπουργείο τροφίμων και φαρμάκων της USA (United States Food and Drug Administration (FDA)), η τεχνολογία RFID αποτελεί την πιο ελπιδοφόρα προσέγγιση για την ιχνηλάτευση, παρακολούθηση και επικύρωση των φαρμακευτικών προϊόντων. [55],[6]

Εκτός από τις βιομηχανίες φαρμάκων, ένας ακόμα κρίκος της supply chain που αντιμετωπίζει μια σειρά από παρόμοιες προκλήσεις είναι τα νοσοκομειακά ιδρύματα. Ένα νοσοκομείο καθημερινά έχει να αντιμετωπίσει τον έλεγχο και τη διοίκηση τόσο των φαρμάκων, των ασθενών όσο και του ιατρικού εξοπλισμού. Έχοντας να διαχειριστούν τη σωστή αντιστοιχία των φαρμάκων και των ασθενών, αλλά και την σωστή διοίκηση προσωπικού και εξοπλισμού, πολλά είναι τα νοσοκομεία, τόσο στην USA αλλά και στον υπόλοιπο κόσμο, που αναζητούν και αυτά, με την σειρά τους τεχνολογικές λύσεις, όπως αυτής της τεχνολογίας RFID.

Συνολικά, όλοι οι εμπλεκόμενοι στην supply chain, βιομηχανίες φαρμακευτικών προϊόντων και νοσοκομεία, επωφελούνται από την τεχνολογία RFID, προσφέροντας πλεονεκτήματα τόσο στους πελάτες όσο και στους ασθενείς. Μερικοί τομείς που βρίσκει εφαρμογή η τεχνολογία RFID είναι: [75],[55]

Φαρμακευτικά Προϊόντα.

Σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό φαρμάκων υπολογίζεται ότι 5% με 8% των φαρμάκων που διακινούνται παγκοσμίως δεν τηρούν τις προδιαγραφές και χαρακτηρίζονται ως 'πλαστά' (counterfeit) ενώ σε μερικές χώρες το ποσοστό αυτό ανέρχεται στο 25 έως 40%. Επομένως, οι βιομηχανίες, οι μεταφορικές εταιρίες και τα νοσοκομεία χρειάζονται νέες τεχνολογίες προκειμένου να αποτρέψουν την παραγωγή

και κατανάλωση τέτοιων φαρμάκων, μιας και δημιουργείται έλλειμμα πάνω από \$2 δισεκατομμύρια το χρόνο από τα 'πλαστά' φάρμακα.

Τα 'πλαστά' φάρμακα επηρεάζουν την υγεία των ασθενών και για αυτό το λόγο είναι πιο απαιτητική η χρήση ενός συστήματος διασφάλισης της ποιότητας των φαρμάκων. Ευτυχώς, με τη χρήση της τεχνολογίας RFID, επιτυγχάνεται άμεσος εντοπισμός των προϊόντων που είναι είτε 'πλαστά' είτε έχουν υποκαταταθεί είτε έχουν ανακληθεί. (§ 8.3.3), (§ 8.3.4)

Κλινικές δοκιμές.

Κατά τη διάρκεια δοκιμής ενός νέου φαρμακευτικού προϊόντος, απαιτείται αυστηρός έλεγχος και ακριβέστατη τεκμηρίωση. Προκειμένου ένα φάρμακο να προκριθεί από τις εργαστηριακές δοκιμές, απαιτείται η ύπαρξη ενός αυστηρού συστήματος ιχνηλάτευσης και ενημέρωσης. Η τεχνολογία RFID μπορεί να στηρίζει την παρακολούθηση των φαρμάκων μέσα στα διάφορα στάδια των κλινικών δοκιμών, καθώς και να βελτιώσει και να αυξήσει την ταχύτητα των προς επεξεργασία φαρμάκων.

Έλεγχος αποθεμάτων.

Ένα σύνηθες φαινόμενο της supply chain των φαρμακευτικών προϊόντων έχει να κάνει με τα επίπεδα αποθέματος που το κάθε μέλος της αλυσίδας διατηρεί. Λόγω της μεγάλης αβεβαιότητας στη ζήτηση, οι λιανοπωλητές και οι διανομείς, κρατάνε μεγαλύτερα αποθέματα ασφαλείας απ' ό,τι χρειάζονται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται και το συνολικό κόστος αποθέματος. Επομένως, τόσο οι κατασκευαστές όσο και οι διανομείς χρειάζονται την ύπαρξη ενός συστήματος που να βελτιώνει την παρακολούθηση των αποθεμάτων και της ζήτησης. Για καλύτερο έλεγχο και παρακολούθηση των αποθεματικών επιπέδων στα φαρμακευτικά προϊόντα, τη λύση φαίνεται να δίνουν οι εφαρμογές της τεχνολογίας RFID.

Διαχείριση νοσοκομειακού εξοπλισμού.

Μερικές από τις πιο ενδιαφέρουσες εφαρμογές της τεχνολογίας RFID, αφορά την παρακολούθηση του ιατρικού και νοσοκομειακού εξοπλισμού (§ 8.3.2). Οι κατασκευαστές ιατρικών οργάνων, ακολουθώντας τις απαιτήσεις των ιατρικών οργανισμών, για τη χρήση serial number στα ιατρικά μηχανήματα και την παρακολούθηση του εξοπλισμού, στρέφονται στην υιοθέτηση συστημάτων διαχείρισης του εξοπλισμού με βάση την τεχνολογία RFID. Μέσω των πλεονεκτημάτων ενός συστήματος RFID, οι εταιρείες προμήθειας ιατρικού εξοπλισμού καταφέρνουν να διαχειριστούν αποτελεσματικότερα τις επιστροφές των μηχανημάτων, αυξάνοντας την ανταπόκρισή τους στη συντήρηση και επισκευή των μηχανών, μέσω της πιο γρήγορης ενημέρωσης και γνώσης για την κατάσταση των μηχανών.

Μέσα σε ένα νοσοκομείο, τα χειρουργικά και άλλα όργανα, μετά από κάθε χρήση πρέπει να πλένονται και να συσκευάζονται. Ο χρόνος αποθήκευσης και το μέρος που αυτά θα τοποθετηθούν είναι κρίσιμα χαρακτηριστικά για την ασφάλεια και την υγιεινή. Έτσι η τοποθέτηση ενός RFID tag επάνω στα όργανα, καθώς και ένα RFID reader στους φούρνους αποστείρωσης και στα ράφια αποθήκευσης, επιτρέπει τον σωστό καθαρισμό και την πιο γρήγορη τοποθέτησή τους στο σωστό μέρος με λιγότερα ποσοστά λάθους, ελαχιστοποιώντας τις απώλειες και καταστροφές των εργαλείων.

Τέλος, ένα νοσοκομείο χρησιμοποιεί και μεταφέρει ραδιενεργά ισότοπα τόσο για χρήση όσο και για αποθήκευση. Τα ισότοπα αυτά μεταφέρονται από στις κεντρικές αποθήκες του προμηθευτή στις εγκαταστάσεις του νοσοκομείου. Έτσι, για αυτή την κατηγορία εξοπλισμού, η χρήση της τεχνολογίας RFID εξοικονομεί χρόνο και μειώνει τον αριθμό των προς παραγγελία ποσοτήτων. Επίσης, λόγω της

σπουδαιότητας αυτού του προϊόντος, η χρήση active read/writer RFID tag προσφέρει περισσότερες πληροφορίες που καταγράφονται από τα πρώτα στάδια της διακίνησης τους.

Παρακολούθηση ασθενών.

Η τοποθέτηση σε ασθενή μιας RFID tag, επιτρέπει στους νοσηλευτές να παρακολουθούν και να ελέγχουν την υγεία του κατά τη διάρκεια της νοσηλείας του, προσφέροντας πιο άμεση ανταπόκριση σε έκτακτες περιπτώσεις. (§ 8.3.1)

Μετάγγιση αίματος.

Από τα σημαντικότερα προβλήματα σε ένα νοσοκομείο είναι η παρακολούθηση και ταυτοποίηση των δοχείων αίματος που χρησιμοποιούνται στους ασθενείς. Μια διαδικασία που δεν επιτρέπει κανένα λάθος λόγω τις σπουδαιότητας και της μοναδικότητας του προϊόντος. Εφαρμογές RFID χρησιμοποιούνται για να παρέχουν πλήρη ιχνηλάτευση του μεταγγισμένου αίματος και απόλυτη ταυτοποίηση με τον ασθενή, μειώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο τα ποσοστά λάθους και αυξάνοντας την ταχύτητα θεραπείας. Συνήθως τέτοιες εφαρμογές συνδυάζονται με εφαρμογές RFID στους ασθενείς. [18]. (§ 8.3.5)

Ο κλάδος των φαρμάκων ωφελείται από την τεχνολογία RFID, περισσότερο από την απλή διασφάλιση τις γνησιότητας των φαρμάκων. Η ενοποίηση των πληροφοριών σε όλα τα στάδια της supply chain, είναι ένα ακόμα στοιχείο της εφαρμογής της τεχνολογίας RFID. Τόσο η απόδοση, η αποτελεσματικότητα και η διαφάνεια (Visibility) της supply chain των φαρμακευτικών προϊόντων, βελτιώνεται από την τεχνολογία RFID σε επίπεδο τεμαχίου χωρίς να απαιτείται η επεξεργασία κάθε ενός κομματιού ξεχωριστά, προκειμένου να καταγραφεί και αναγνωριστεί η πληροφορία που υπάρχει αποθηκευμένη. Κατά αυτόν τον τρόπο, μια εφαρμογή RFID σε επίπεδο τεμαχίου, μπορεί να βελτιώσει κατά 100% την αποτελεσματικότητα στον έλεγχο των αποθεμάτων ανεξάρτητα από το σε ποιο στάδιο της supply chain γίνεται ο έλεγχος επιφέροντας ευκολότερη και γρηγορότερη μετακίνηση εμπορευμάτων στα σημεία όπου απαιτείται μέσα στα διάφορα κανάλια της supply chain. Επιπλέον πλεονεκτήματα που επιφέρει στον κλάδο των φαρμάκων, η εφαρμογή της RFID τεχνολογίας έχουν να κάνουν με: [55],[23]

- Την βελτίωση της παραγωγικότητας στα στάδια αποστολής και λήψης παραγγελιών.
- Την μείωση των χειρονακτικών εργασιών.
- Την αύξηση της βεβαιότητας και ορθότητας ολοκλήρωσης και διανομής των παραγγελιών.
- Επέκταση των ορίων διαθεσιμότητας των προϊόντων στους τελικούς εμπόρους.
- Μείωση των φαινομένων απώλειας αποθεμάτων και διαγραφής προϊόντων λόγω απαξίωσης.
- Μείωση των ποσοστών απώλειας προϊόντων.
- Την αποτροπή και απαγόρευση της διχέτευσης φαρμακευτικών προϊόντων στις λεγόμενες ‘μαύρες αγορές’
- Μείωση του χρόνου αναγνώρισης και ανάκλησης των προϊόντων, μέσω της δημιουργίας ‘γενεαλογικών’ δέντρων με τις απαραίτητες πληροφορίες από κάθε στάδιο.

Από την άλλη, όπως και στις προηγούμενες εφαρμογές που μελετήθηκαν, έτσι και οι εφαρμογές στα φαρμακευτικά είδη και τα νοσοκομεία, έχουν τους ίδιους περιορισμούς και μειονεκτήματα. Μερικά από τα πιο κοινά μειονεκτήματα της τεχνολογίας RFID που συναντιόνται και εδώ, είναι: [75],[55]

- ◆ Το υψηλό κόστος του τεχνολογικού εξοπλισμού.

- ◆ Η μεγάλη περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης.
- ◆ Η απαίτηση για αλλαγές στις επιχειρηματικές διεργασίες.
- ◆ Η έλλειψη κοινών προτύπων από τους διάφορους οργανισμούς, (EPC, ISO).

Οι παραπάνω απαιτήσεις της τεχνολογίας RFID αποθαρρύνουν τις εταιρείες του κλάδου και τα νοσοκομεία, να επενδύσουν σε αυτή, παρόλο τα σημαντικά πλεονεκτήματα που επιφέρει η χρήση της νέας τεχνολογίας στο χρόνο προετοιμασίας των ασθενών και στη διαχείριση του εξοπλισμού και των αποθεμάτων. Για παράδειγμα, η ετικετοκόλληση RFID tag στα ιατρικά εργαλεία και η τοποθέτηση RFID reader στις πόρτες ενός νοσοκομείου, μειώνουν τα λάθη και το χρόνο ενασχόλησης του προσωπικού με τα εργαλεία. Από την άλλη όμως, για να μπορέσει να αποδώσει ένα τέτοιο σύστημα, απαιτείται ανασχεδιασμός των διαδικασιών και τροποποίηση των πρωτοκόλλων χρήσης και αποθήκευσης των εργαλείων και των μηχανημάτων. Ωστόσο, η ανάπτυξη νέων προτύπων EPC, η μείωση του κόστους του εξοπλισμού και η ανάπτυξη επιτυχημένων εφαρμογών, ενθαρρύνουν όλο και περισσότερους κλάδους να επιλέγουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογικών προσεγγίσεων για να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους. [23]

Στη συνέχεια, μελετώνται διάφορες περιπτώσεις εφαρμογής της τεχνολογίας RFID από εταιρείες και νοσοκομεία. Η βιομηχανία των φαρμάκων χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID για να αυξήσει την ασφάλεια των φαρμάκων και να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της διαχείρισης των αποθεμάτων, ενώ νοσοκομειακά ιδρύματα χρησιμοποιούν συστήματα RFID για να ελαττώσουν χειρονακτικές εργασίες και να παρακολουθούν την πορεία των ασθενών κατά τη νοσηλεία τους. [75],[18]

Πανεπιστήμιο

8.3.1. Η περίπτωση Νοσοκομείου του πολεμικού ναυτικού των USA στο Iraq



Το Πολεμικό Ναυτικό των USA, σε συνεργασία με την εταιρεία ανάπτυξης συστημάτων RFID, ScenPro Inc. Richardson, Texas, τις προμηθεύτριες εταιρείες RFID τεχνολογίας, Precision Dynamics Corporation (PDC) και Texas Instruments, έχει σχεδιάσει και αναπτύξει ένα σύστημα RFID προκειμένου να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της παρακολούθησης και ελέγχου των τραυματισμένων στρατιωτών, των αιχμαλώτων πολέμου, των προσφύγων, και οποιοδήποτε άλλου ασθενή εισάγεται στο στρατιωτικό νοσοκομείο που κατασκευάστηκε στο Iraq. Οι εγκαταστάσεις του νοσοκομείου αποτελούν ένα χώρο έκτασης 36,5μ² ενώ διαθέτει 116 κρεβάτια και είναι τοποθετημένο στα Νότια της χώρας.

Το Ιατρικό Σύστημα Συντονισμού της ScenPro Inc [ScenPro's Tactical Medical Coordination System (TacMedCS)], επιτρέπει στους γιατρούς να χρησιμοποιούν τα RFID PDA για να αναγνωρίσουν τα ειδικά RFID βραχιόλια που είναι τοποθετημένα στους ασθενείς, να αναβαθμίσουν την κατάσταση των δεδομένων, και να ενημερώσουν τη νέα θέση και τη νέα ιατρική κατάσταση του ασθενή αυτόματα στο κεντρικό ασύρματο ηλεκτρονικό σύστημα.

Το Πολεμικό Ναυτικό προχώρησε στην εγκατάσταση του συστήματος TacMedCS, προκειμένου να αντικαταστήσει το προηγούμενο χειροκίνητο σύστημα που στηριζόταν στο χαρτί και το μολύβι. Επίσης, με το νέο σύστημα αντικατέστησε πολλές από τις χειρονακτικές εργασίες όπως τους λευκούς πίνακες με τις χάρτινες καρτέλες που έδειχναν την πορεία του ασθενή μέσα στο νοσοκομείο. Με το νέο ηλεκτρονικό RFID σύστημα, κάθε ασθενής μέσα στο νοσοκομείο λαμβάνει ένα RFID βραχιόλι που ενσωματώνει όλες τις πληροφορίες σε ένα RFID tag μαζί με μια smart label ετικέτα ενώ το ιατρικό προσωπικό είναι εξοπλισμένο με handheld RFID reader για να διαβάσουν τις μοναδικές πληροφορίες, να προσθέσουν ή και να αλλάξουν τα δεδομένα, να δημιουργήσουν ψηφιακά αρχεία που ακολουθούν τους ασθενείς σε όλα τα στάδια της νοσηλείας τους. Η ύπαρξη ενός WAN δικτύου επιτρέπει την μεταφορά των πληροφοριών σε ένα κεντρικό πληροφοριακό σύστημα διαχείρισης των ασθενών. [56], [55]



Το Ιατρικό Σύστημα Συντονισμού, [Tactical Medical Coordination System (TacMedCS)], χρησιμοποιεί την RFID τεχνολογία για να δημιουργήσει ένα ψηφιακό αρχείο του ασθενή. Στο αρχείο καταγράφονται όλες οι τελευταίες πληροφορίες που ακολουθούν τον ασθενή σε όλα τα στάδια της νοσηλείας.

Το TacMedCS αποτελείται, όπως και κάθε ένα σύστημα RFID, από τα δυο βασικά εξαρτήματα. Ένα passive RFID tag ή RFID chip και τους handheld RFID PDA reader. Το RFID tag μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα βραχιόλι χεριού ή σε ένα ιατρικό ρούχο. Οι RFID reader, μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν πάνω στη μνήμη των tag ενώ μπορούν να ενσωματώσουν και το αντίστοιχο κύκλωμα για να λειτουργήσουν σαν GPS κεραίες. Επίσης διαθέτουν κάρτα WAN και θύρες RS-232 για μεγαλύτερη συμβατότητα επικοινωνίας με τον υπόλοιπο εξοπλισμό. [69]

8.3.2 Η περίπτωση του Νοσοκομειακού Ιδρύματος Bon Secours, Richmond, USA.

Το Ίδρυμα Bon Secours, στο Richmond των USA, αποτελεί μέλος του συστήματος υγείας της Bon Secours Health System, Inc κοινωνίας. Το Bon Secours Health System αποτελεί το γενικό επιτελείο του εθνικού καθολικού συστήματος υγείας και ελέγχει 15 διαφορετικά ιδρύματα σε 9 πολιτείες των USA. Το ίδρυμα Bon Secours, στο Richmond, περιλαμβάνει τρεις επιμέρους νοσοκομειακές εγκαταστάσεις, διαγνωστικά κέντρα, παθολογικά ιατρεία και ένα κέντρο εκπαίδευσης νοσηλευτών [8], [9]

Το 2004, το νοσοκομειακό ίδρυμα Bon Secours στο Richmond, προχώρησε στην εγκατάσταση ενός συστήματος RFID προκειμένου να παρακολουθείται ο ιατρικός εξοπλισμός του, περίπου 12.000 μηχανήματα, που χρησιμοποιείται στις τρεις νοσοκομειακές εγκαταστάσεις.

Τοποθετώντας RFID tag στον εξοπλισμό, τους αντίστοιχους RFID reader στα σημεία ελέγχου (πόρτες αποθηκών, χειρουργεία, ιατρικούς θαλάμους) και εξοπλίζοντας με τερματικές μονάδες το νοσηλευτικό προσωπικό, το ίδρυμα, μέσα σε λιγότερο από ένα χρόνο διαπίστωσε και κατέγραψε τα οφέλη από την εφαρμογή της τεχνολογίας RFID. Μερικά από αυτά είναι:

- ✓ Ο εντοπισμός και χρήση εξοπλισμού που ήταν σε αδράνεια.
- ✓ Αποδοτικότερη χρησιμοποίηση των μηχανημάτων.
- ✓ Καλύτερη διανομή του εξοπλισμού στις διάφορες εγκαταστάσεις.
- ✓ μείωση του χρόνου εργασίας του προσωπικού, περίπου 30 λεπτά, για την εύρεση του μη άμεσα διαθέσιμου εξοπλισμού.

Το Ίδρυμα υπολόγισε ότι από τη χρήση του συστήματος RFID απέκτησε ένα κέρδος της τάξης των 200.000\$ το χρόνο επιπλέον του κόστους απόσβεσης του συστήματος RFID και του κόστους συντήρησης αυτού. Δεν γίνεται καν λόγος για το κέρδος από τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και αποδοτικότητας του προσωπικού.

Στα σχέδια επέκτασης του συστήματος είναι η ενσωμάτωση ενός ασύρματου δικτύου στο ήδη υπάρχον εξοπλισμό του RFID, γεγονός που επικροτείται από την κοινή χρήση τεχνολογίας και πρωτοκόλλων από τις δυο αυτές τεχνολογίες.

Τέλος, στα άμεσα σχέδια του Ιδρύματος είναι η επέκταση της εφαρμογής RFID και σε άλλες δραστηριότητες, πέρα από τη διαχείριση του εξοπλισμού, στην παρακολούθηση ασθενών και ατόμων με προβλήματα προσανατολισμού, στα μαιευτήρια και στην άμεση εξασφάλιση του ότι η σωστή διαδικασία/θεραπεία ακολουθείται από τον σωστό ασθενή τη σωστή στιγμή. [79]

8.3.3. Η περίπτωση της Pfizer Inc



Η Pfizer Inc, αποτελεί τη μεγαλύτερη εταιρεία φαρμακευτικών προϊόντων στον κόσμο και επομένως είναι από τις πρώτες που αντιλαμβάνεται τη σπουδαιότητα της προμήθειας ασφαλέστερων προϊόντων σε όλο τον κόσμο.

Ακόμα και σε χώρες, που θεωρούνται 'ασφαλείς', όπως οι αγορές των USA, CANADA, E.U., παρατηρείται η διοχέτευση στην supply chain πλαστογραφημένων φαρμάκων (counterfeit). Σύμφωνα με μελέτες της εταιρείας, μόνο το 2006, πάνω από 8.1 εκατομμύρια πλαστογραφημένα (counterfeit) φάρμακά της κατασχέθηκαν από τις πιο πάνω αγορές. Μερικά από τα πιο γνωστά προϊόντα που διαπιστώθηκαν ότι πλαστογραφούνται είναι τα Lipitor®, Norvasc®, Viagra®, Celebrex®.

Η παραπάνω κατάσταση είναι που οδήγησε την Pfizer Inc, να αποτελέσει τον πρωτοπόρο στην προσθήκη της τεχνολογίας RFID ως μέσο ασφάλισης των προϊόντων της, αρχικά, στην αγορά της USA.

Αναγνωρίζοντας ότι δεν υπάρχει καμιά λύση που να εξαλείφει το πρόβλημα, η Pfizer Inc, συνεργάζεται με οργανισμούς φαρμάκων, π.χ. FDA, προκειμένου να διασφαλίσει την απαιτούμενη ποιότητα στις πρώτες ύλες, καθώς και την υιοθέτηση κανονισμών και τεχνολογιών απαγόρευσης 'πλαστών' προϊόντων (anti-counterfeiting). Συνεργάζεται επίσης στενά με χονδρέμπορους, φαρμακοποιούς και νοσοκομεία σε όλο τον κόσμο, προκειμένου να αυξηθούν τα επίπεδα ελέγχου στα κανάλια διανομής και μεταπώλησης.

Έτσι τον Ιανουάριο του 2006, η Pfizer Inc αποφάσισε να συνδέσει το προϊόν Viagra με RFID tag. Όλα τα φάρμακα Viagra που πωλούνται στην USA έχουν στη συσκευασία τους ένα RFID tag, επιτρέποντας κατά αυτόν τον τρόπο, στους χονδρέμπορους και τους φαρμακοποιούς να αναγνωρίσουν τα δεδομένα ασφαλείας (π.χ.EPC) που υπάρχουν καταχωρημένα στη μνήμη του tag. Η επιλογή της συγκεκριμένης κατηγορίας φαρμάκων έγινε έπειτα από στατιστικές μελέτες καταγραφής της συχνότητας πλαστογράφησης των φαρμάκων. Σύμφωνα με αυτό, το φάρμακο Viagra αποτελεί έναν από τους κύριους στόχους πλαστογράφησης.

Με τη χρήση της τεχνολογίας RFID, η Pfizer Inc προσδοκεί να μειώσει την πλαστογράφηση των φαρμάκων της, καθώς είναι τεχνικά περίπλοκο και ακριβό να αντιγραφούν τα δεδομένα από τα RFID tag που περιέχει κάθε συσκευασία, κάθε κουτί και κάθε παλέτα.

Εφαρμόζοντας, η Pfizer Inc, ένα σύστημα RFID σχεδιασμένο για την ενσωμάτωση των RFID tag σε επίπεδο προϊόντων, κουτιού και παλέτας, χρησιμοποίησε τον κώδικα EPC για να διασφαλίσει τη μοναδικότητα κάθε τεμαχίου. Ενώ μέσα από μια δικτυακή βάση δεδομένων παρέχει τη δυνατότητα στους πελάτες της να προσκομίσουν τις απαραίτητες πληροφορίες αναγνώρισης μέσα από ειδικά σχεδιασμένα scanner και μέσω του website της εταιρείας.

Η RFID εφαρμογή της εταιρείας δεν παρέχει, προς το παρόν, τη δυνατότητα για παρακολούθηση και ιχνιλάτευση των εμπορευμάτων της κατά τη διακίνησή τους. Ο λόγος έγκειται, στην απαίτηση μιας τέτοιας εφαρμογής, για πλήρη συνεργασία από όλους τους παράγοντες της supply chain, γεγονός που αναγκάζει τα μέλη της αλυσίδας να πρέπει να επενδύσουν σε αυτή την τεχνολογία και να συμφωνήσουν να μοιραστούν κοινές πληροφορίες. Η πιο σημαντική δυσκολία εφαρμογής, είναι στο γεγονός ότι, εν τέλει, η βιομηχανία διανομής φαρμακευτικών προϊόντων θα πρέπει να ανασχεδιάσει τις επιχειρηματικές της διαδικασίες. [54], [79]

8.3.4 Η περίπτωση της GlaxoSmithKline

Η GlaxoSmithKline (GSK), είναι μια από τις παγκόσμιες ηγέτιδες στο χώρο της έρευνας των φαρμακευτικών και προϊόντων προσωπικής φροντίδας. Δέσμευσή της είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου παρέχοντάς του τη δυνατότητα να ζει περισσότερο, με υγεία και καλή διάθεση.

Το Νοέμβριο του 2004, η GlaxoSmithKline, ανακοίνωσε το σχεδιασμό ενός συστήματος RFID σε επίπεδο προϊόντος, στην πιο ευαίσθητη για πλαστογραφία κατηγορία φαρμάκων της, προκειμένου να αυξήσει την αποτελεσματικότητα του ελέγχου της γνησιότητας των προϊόντων της που διακινούνται απευθείας στον καταναλωτή.

Σε συνεργασία με τον οργανισμό φαρμάκων FDA της USA, η GSK σχεδίασε ένα πιλοτικό πρόγραμμα εγκατάστασης RFID tag στη συσκευασία των φαρμάκων. Στην αρχική φάση τα υποψήφια φάρμακα ήταν τα, Retrovir®, Combivir®, Epirivir®, Trizivir®, Ziagen® and Zofran®, όπου και εμφάνιζαν τα μεγαλύτερα ποσοστά πλαστογράφησης και επομένως απαιτούσαν άμεση αντιμετώπιση. [26]

Ωστόσο, για την GSK, δεν ήταν η πρώτη εφαρμογή RFID τεχνολογίας. Από πλευράς εταιρείας, είχε ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία η τοποθέτηση RFID tag σε προϊόντα προσωπικής φροντίδας για λογαριασμό της METRO GROUP. Σύμφωνα με τη διαδικασία, η GSK, τοποθετούσε RFID tag στη συσκευασία των προϊόντων της, στη συνέχεια αυτά μεταφέρονταν από την METRO, σε κιβώτια και παλέτες με RFID tag της Wal-Mart's Texas. Μέσα από αυτήν την εφαρμογή, η GSK ανέπτυξε καινοτόμες εφαρμογές της τεχνολογίας προκειμένου να είναι σε θέση να έχει πληρέστερη ιχνιλάτευση και επαλήθευση των παραγγελιών της, πριν από τη διανομή στους πελάτες.

Τον Απρίλιο του 2006, η GSK, ξεκίνησε να διανέμει στην αγορά των USA, φάρμακα που είχαν στη συσκευασία τους RFID tag. Το αποτέλεσμα του πιλοτικού προγράμματος που ξεκίνησε από το 2004 ήταν η επιλογή και τοποθέτηση των tag στη συσκευασία του φαρμάκου Trizivir (φάρμακο κατά του HIV ιού). Η επιλογή του φαρμάκου, και σε αυτήν την περίπτωση, έγινε σύμφωνα με την συχνότητα πλαστογράφησης που είχε καταγραφεί. Έτσι το φάρμακο Trizivir, ήταν από τις πρώτες επιλογές για πλαστογράφηση. [25]

Σύμφωνα με την εφαρμογή, το φάρμακο που ενσωμάτωνε ένα RFID tag, περιείχε κωδικούς ασφαλείας, όπως κάποιο ID ή ένα EPC αριθμό και πληροφορίες σχετικές μόνο με το φάρμακο. Η αναγνώρισή του από τους RRFID reader γίνονταν είτε από τον φαρμακοποιό ή ακόμα και από τον ίδιο τον ασθενή. Βασικός σκοπός της εφαρμογής είναι να διασφαλίσει τον ασθενή που αγοράζει το φάρμακο, ότι αυτό είναι πραγματικά το φάρμακο με τα συστατικά που ο γιατρός του έχει ορίσει.

Η GSK συνεργάστηκε με την εταιρία IBM, πάροχο RFID middleware λογισμικού, για την υλοποίηση του πιλοτικού της σχεδίου. Στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν RFID tag που ήταν συμβατά με το πρωτόκολλο ISO 15693.

Κατά την παραγωγική διαδικασία, τοποθετούνται στα μπουκαλάκια του προϊόντος RFID tag, τα οποία ήδη είναι προγραμματισμένα με δεδομένα όπως τον μοναδικό ID αριθμό, ένα EPC κωδικό, καθώς και μια αλληλουχία τυχαίων αριθμών. Στη συνέχεια, ένας RFID reader διαβάζει το tag επιβεβαιώνοντας τη λειτουργία του και τα δεδομένα σε αυτό. Το κάθε μπουκάλι τοποθετείται μέσα σε ένα κιβώτιο των 48 τεμαχίων, ενώ τοποθετείται ένα UHF RFID tag σε αυτό. Έπειτα, το κιβώτιο διέρχεται από έναν Fixed reader, όπου και διαβάζονται τα tag στα μπουκάλια και στο κιβώτιο, διασταυρώνοντας τις πληροφορίες που αυτά περιέχουν. [17]

8.3.5. Η περίπτωση του Νοσοκομείου San Raffaele, Milan, Italy

Το Νοσοκομείο του San Raffaele, Milan, Italy, συνεργάστηκε με τις εταιρείες Intel, Autentica, και Cisco, προκειμένου να αναπτύξει ένα πιλοτικό πρόγραμμα RFID τεχνολογίας για την μετάγχιση και συγκομιδή αίματος από τους ασθενείς της. Το νοσοκομείο έχει 1.100 κλίνες και κάθε χρόνο πραγματοποιούνται περισσότερες από 15.000 μεταγγίσεις. [19]

Οι εταιρείες ανέπτυξαν μια πιλοτική εφαρμογή προκειμένου να μειώσουν τα λάθη στη διαδικασία μετάγχισης και ταυτοποίησης του αίματος. Η εφαρμογή στηρίχθηκε σε ένα WAN δίκτυο εγκατεστημένο σε όλη την έκταση του νοσοκομείου και στην RFID τεχνολογία για αυτόματη ταυτοποίηση του αίματος. Στη βάση του συστήματος είναι η χρησιμοποίηση RFID tag με συχνότητα 13,56 MHz, ενώ κάθε μια tag συνδέεται με τον ασθενή της και τοποθετείται στη φιάλη του αίματος. Το νοσοκομείο καλύπτεται από ένα WAN δίκτυο που δομήθηκε από την Cisco System, ενώ το middleware software αναπτύχθηκε από την Autentica, και είναι εγκατεστημένο σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές (PC's), Laptop PC's και PDAs (personal digital assistants).

Ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος RFID στη διαδικασία μετάγχισης και χρήσης του αίματος σύμφωνα με τις προδιαγραφές του νοσοκομείου San Raffaele παρουσιάζεται στην εικόνα παρακάτω. [ΕΙΚΟΝΑ 24]



Εικόνα 24 Διαδικασίας μετάγχισης και χρήσης του αίματος με τεχνολογία RFID

Το πιλοτικό πρόγραμμα ολοκληρώθηκε στα μέσα του 2004. Στη συνέχεια, το νοσοκομείο προχώρησε στην επέκταση του συστήματος σε πλήρη εφαρμογή σε ολόκληρο το νοσοκομείο. Τους πρώτους 6 μήνες πλήρους λειτουργίας του συστήματος RFID σε όλα τα τμήματα, δεν καταμετρήθηκε ούτε ένα λάθος κατά τη διαδικασία μετάγχισης. Επίσης, η βάση δεδομένων του middleware συνδέθηκε με αυτή του κεντρικού πληροφοριακού συστήματος του νοσοκομείου, επιτρέποντας την πρόσβαση σε όλες τις απαραίτητες πληροφορίες για τον ασθενή που έχουν καταχωρηθεί από οποιοδήποτε σημείο του νοσοκομείου.

Η εφαρμογή της τεχνολογίας και του συστήματος RFID στο νοσοκομείο San Raffaele, επέφερε σημαντικά πλεονεκτήματα στη λειτουργία και αποτελεσματικότητα των διαδικασιών. Σύμφωνα με μελέτη που έγινε από την εταιρεία Cisco, μερικά αποτελέσματα και βελτιώσεις από την εφαρμογή είναι:

- ↳ Βελτίωση της συνολικής παραγωγικότητας κατά 27%.
- ↳ Μείωση κατά σχεδόν 90 λεπτά την μέρα ολοκλήρωσης των διαδικασιών από την εφαρμογή του WAN συστήματος και τη δυνατότητα των εργαζομένων για πρόσβαση από οποιοδήποτε σημείο του νοσοκομείου.
- ↳ Καλύτερη επικοινωνία μεταξύ του προσωπικού και βελτίωση της αποδοτικότητάς τους.
- ↳ Βελτίωση χρήσης των πληροφοριών μέσω της ενιαίας βάσης δεδομένων και της πρόσβασης σε αυτή από οποιοδήποτε σημείο.
- ↳ Δραματική μείωση των λαθών κατά την διαδικασία μετάγγισης και ταυτοποίησης του αίματος.
- ↳ Συνολική βελτίωση της εικόνας του νοσοκομείου.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

8.4 Εφαρμογές στο κλάδο του αθλητισμού



Οι εφαρμογές της τεχνολογίας RFID στον κλάδο του αθλητισμού προσφέρουν νέους τρόπους προσέγγισης προς την βελτίωση των αγωνισμάτων και του θεάματος που προσφέρουν. Λόγω των συγκριμένων και ιδιαίτερων συνθηκών που επικρατούν κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού γεγονότος, η χρήση μιας νέας τεχνολογίας θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταποκρίνεται στο πλέον ανταγωνιστικό περιβάλλον.

Από τις πρώτες εφαρμογές RFID στον κλάδο, αποτέλεσε ο έλεγχος του πλήθους κατά τη διάρκεια ενός αθλητικού γεγονότος. Λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει η τεχνολογία στην ταυτοποίηση κάθε ατόμου και στη σύνδεση χρησίμων πληροφοριών με αυτό, οι εφαρμογές RFID βρήκαν έφορο έδαφος στην παρακολούθηση του πλήθους και στον εντοπισμό ανεπιθύμητων οπαδών. Επίσης, λόγω της δυσκολίας πλαστογράφησης που προσφέρει ένα RFID tag, αποτέλεσε την ιδανική λύση για τον εντοπισμό των πλαστών εισιτηρίων.

Οι αθλητικές ομοσπονδίες των ομαδικών αθλημάτων ανέκαθεν αντιμετώπιζαν το πρόβλημα του χουλγκανισμού και της διαχείρισης των φιλάθλων. Έτσι άμεσα αναζητήσαν τη λύση σε εφαρμογές της τεχνολογίας RFID.

Αναπτύχθηκαν εφαρμογές διοίκησης του σταδίου κατά τη διάρκεια μεγάλων διοργανώσεων, ελέγχων των οπαδών και διασφάλισης της ασφάλειας των θεατών, ενώ ο παράγοντας χρόνος ολοκλήρωσης των διαδικασιών αποτελεί πάντα τον πρωταρχικό στόχο. Διεθνή αθλητικά γεγονότα πως αυτό του FIFA World Cup 2006 (§ 8.4.1) και του ICC Champions Trophy ή the 'Mini Cricket World Cup 2007' [2] αποτέλεσαν αφετηρία στην υιοθέτηση συστημάτων διασφάλισης της ανεμπόδιστης διαχείρισης του πλήθους με την τεχνολογία RFID.



Αθλήματα στα οποία η ακρίβεια των μετρήσεων και των αποτελεσμάτων κρίνουν το νικητή, όπως στα αθλήματα του κλασικού αθλητισμού, αποτέλεσαν το επόμενο πεδίο εφαρμογής της τεχνολογίας RFID. Οι αγώνες μεγάλων αποστάσεων ήταν τα πρώτα αθλήματα που υιοθέτησαν RFID chip προκειμένου να πετύχουν ακριβέστερα αποτελέσματα. (§ 8.4.2).



Μια ακόμα από τις πιο εντυπωσιακές εφαρμογές RFID σε ένα από τα πιο 'αργά' αθλήματα και με τις μεγαλύτερες απώλειες σε εξοπλισμό, αποτελεί αυτή της τοποθέτησης RFID chip στον εξοπλισμό του Golf. Από τα σημαντικότερα προβλήματα που έρχεται να αντιμετωπίσει το RFID chip, είναι αυτό της συνεχούς απώλειας της μπάλας, από αρχαίους κυρίως παίχτες. Έχοντας για γήπεδο μια τεράστια έκταση ο εντοπισμός μιας μικρής μπάλας αποτελεί για αρκετά χρονοβόρα και δύσκολη διαδικασία. Με τη τοποθέτηση RFID chip μέσα στην μπάλα, προϊόντα που εμπορεύεται η εταιρεία RadarGolf [57], ο εντοπισμός της γίνεται πολύ πιο εύκολη μέσω της χρήσης σταθερών και φορητών RFID reader. [30]

8.4.1 Η περίπτωση του FIFA World Cup, Germany 2006



Η διαχείριση των ανθρωπίνων logistics θα πρέπει να προηγείται χρονικά από οποιαδήποτε άλλη διαδικασία logistics κατά τη διάρκεια μεγάλων συγκεντρώσεων σε, ψυχαγωγικά και όχι μόνο, γεγονότα. Παρόλο που δεν υπάρχει σαφής αναφορά στο ποιος καθιέρωσε την ουρά αναμονής (Waiting Line), η διέλευση του πλήθους μέσα από πύλες ανέκαθεν αποτελούσε μέτρο ελέγχου της ανθρώπινης συμπεριφοράς μέσα σε ένα μετακινούμενο πλήθος. [45]

Όταν, το καλοκαίρι του 2006, κατά την διάρκεια του FIFA World Cup, πάνω από 3 εκατομμύρια άνθρωποι κατέκλεισαν τα ποδοσφαιρικά στάδια της Germany, η πιθανότητα απώλειας της σωστής θέσης, ανάπτυξης παράνομων εμπορικών δραστηριοτήτων και εμφάνισης πλαστών εισιτηρίων ήταν πάρα πολύ μεγάλη. Συμπεριλαμβανομένης και της δυσκολίας ασφάλισης και ελέγχου του ένθερμου πλήθους, η πιθανότητα δημιουργίας μια χαοτικής κατάστασης εκτός ελέγχου ήταν ακόμα πιο έντονη. [22]

Στην προσπάθειά της, η οργανωτική επιτροπή της FIFA, αποφάσισε στο FIFA World Cup 2006, να ενσωματώσει στα 3 εκατομμύρια εισιτήρια, την τεχνολογία RFID, καθιερώνοντας ένα τύπου smart tag ως εισιτήριο ελέγχου στις εγκαταστάσεις των γηπέδων χρησιμοποιώντας για πρώτη φορά μια τόσο σύγχρονη τεχνολογία, όπως αυτή των RFID tag στα μεγάλα αθλητικά γεγονότα. Προσδοκία του οργανισμού ήταν να καταφέρει να εξασφαλίσει όσο το δυνατό μεγαλύτερη ασφάλεια στις πύλες εισόδου και να αποτρέψει την εισαγωγή πλαστών εισιτηρίων. [15]

Ως ένας από τους κύριους χορηγούς, η Royal Philips Electronics, συνεργάστηκε με την οργανωτική επιτροπή του FIFA World Cup προκειμένου να αναπτύξει ένα σύστημα διοίκησης σταδίων βασισμένων στην τεχνολογία RFID.

Όντας, πρωτοπόρος στην υλοποίηση συστημάτων smart card στην USA, για την Philips, δεν ήταν το πρώτο σύστημα που εγκατέστησε στην Germany, μιας και είναι αυτή που ανέπτυξε ένα παρόμοιο σύστημα στην China, για την πρόσβαση στο εθνικό μνημείο του Great Wall.



Η βασική φιλοσοφία του συστήματος στηρίχθηκε στη χρήση ενός εισιτηρίου με ενσωματωμένο RFID tag, που θα χρειάζονταν τον ελάχιστο χρόνο για να ελέγξει τις πύλες εισόδου. Έτσι η είσοδος θα επιτρεπόταν μόνο στους κατόχους των οποίων τα εισιτήρια περνούσαν τον έλεγχο.

Με την τεχνολογία αυτή, σκοπός ήταν να αποτραπεί η είσοδος σε όσους δεν έχουν εισιτήρια με το RFID tag, στοχεύοντας στο να μειωθούν τα κρούσματα πλαστών εισιτηρίων καθώς επίσης και κρουσμάτων χουλιγκανισμού. [45]

Η δομή του συστήματος αποτελείται από:

- Τα εισιτήρια του αγώνα, τα οποία έχουν ενσωματωμένα UHF RFID tag σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ISO 14443.
- Το middleware software, κατασκευασμένο από την CTS EvenTim.
- Τις πύλες ελέγχου, αποτελούμενες από Fixed RFID Reader.
- Ειδικούς RFID reader στο εξωτερικό μέρος του σταδίου.

Το κόστος κατασκευής του ειδικού εισιτηρίου για την Phillips ήταν της τάξης του 0,10 € για κάθε εισιτήριο. Οι διάφοροι RFID reader ήταν τοποθετημένοι στις

εισόδους και εξωτερικά των γηπέδων, ενώ κανένας reader δεν έκανε ελέγχους μέσα στο γήπεδο. [32]

Οι πληροφορίες και τα δεδομένα που περιείχε το RFID tag ήταν προσωπικά στοιχεία του ιδιοκτήτη όπως, όνομα διεύθυνση, εθνικότητα, φύλο, ημερομηνία γέννησης, και σε ειδικές περιπτώσεις, το όνομα του ποδοσφαιρικού συλλόγου. Επίσης, στοιχεία που αφορούσαν την ασφάλεια του εισιτηρίου όπως, ένα μοναδικό ID αριθμό που ήταν αποθηκευμένος στην κεντρική βάση του συστήματος. [32]

Τέλος τα RFID εισιτήρια που χρησιμοποιήθηκαν για την είσοδο στα γήπεδα ποδοσφαίρου, παρείχαν μια ακόμα χρήση που μάλιστα προσέθετε αξία στα Logistics των αγώνων. Έτσι, εκτός από ένα απλό εισιτήριο, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ως κάρτα στάθμευσης, κάρτα πρόσβασης σε ντουλάπια, ως εισιτήριο στα μέσα μαζικής μεταφοράς, ακόμα και για τη χρήση τους ως μέσω αγοράς προϊόντων με πίστωση. Με αυτές τις επιπλέον λειτουργίες, το εισιτήριο διευκόλυνε τη μαζική μεταφορά, ελαχιστοποιούσε το χρόνο αναμονής, την πλαστογράφιση και τα φαινόμενα κλοπών, δίνοντας τη δυνατότητα στους χορηγούς για καλύτερη αξιοποίηση των εμπορικών τους εκστρατειών και προσφορών. [32]

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

8.4.2 Η περίπτωση του Australian Ironman Marathon, Melbourne, Australia



Τον Απρίλιο του 2006 πάνω από 1500 αθλητές πήραν μέρος στον μαραθώνιο αγώνα Ironman στην Australia. Έναν αγώνα αντοχής που διαρκεί περισσότερες από 17 συνεχόμενες ώρες και περιλαμβάνει 3.8 km κολύμπι, 180 km ποδηλασία και 42 km αγώνα δρόμου.

Οι διοργανωτές, προκειμένου να αντιμετωπίσουν την πρόκληση της άμεσης και online ενημέρωσης των αποτελεσμάτων ανά πάσα στιγμή του αγώνα, ακόμα και μέσω του internet, συνεργάστηκαν με την Texas Instruments, κατασκευάστρια εταιρεία RFID εξοπλισμού. Αποτέλεσμα της συνεργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης των αθλητών και του χρόνου τους. [20]



Το σύστημα παρακολούθησης του χρόνου βασισμένο στην τεχνολογία RFID (RFID Race Timing Systems) στηρίζεται στην τοποθέτηση ειδικού RFID βραχιολιού στον αστράγαλο των αθλητών, που έχει την δυνατότητα καταγραφής και αποθήκευσης του χρόνου από τον ενσωματωμένο μετρητή. Ο μετρητής του βραχιολιού ενεργοποιείται όταν ο αθλητής περάσει από τον reader της

γραμμής εκκίνησης και ολοκληρώνει την καταμέτρηση όταν περάσει από τον αντίστοιχο reader στη γραμμή τερματισμού.



Το βραχιόλι είναι ειδικά κατασκευασμένο και περιλαμβάνει ένα μικρό γυάλινο RFID chip διαστάσεων 32 mm μέσα σε ένα ειδικά σχεδιασμένο πλαστικό κάλυμμα/ βραχιόλι, ενώ έχει μόνιμα αποθηκευμένο στη μνήμη του ένα μοναδικό ID, καθώς επίσης, περιλαμβάνει και έναν μετρητή. Το βραχιόλι είναι αδιάβροχο και περιέχει μαζί με το RFID chip και μια μικρή κεραία. Δεν χρησιμοποιεί μπαταρία ενώ παραμένει ανενεργό

μέχρι να περάσει από την περιοχή που είναι τοποθετημένος ο RFID reader. Οι περιοχές αυτές αποτελούν τα σημεία κίνησης και τερματισμού, καθώς και σημεία ελέγχου σε όλο το μήκος της διαδρομής. Όταν το βραχιόλι περάσει το μαγνητικό πεδίο του reader, εκπέμπει το ID του στον RFID reader. Ο τελευταίος με την σειρά του ενεργοποιεί τον μετρητή. Η όλη διαδικασία ολοκληρώνεται σε περίπου 60 χιλιοστά του δευτερολέπτου. Από εκεί και έπειτα γίνεται συνεχής καταγραφή του χρόνου μέσα από τα σημεία ελέγχου, έτσι ώστε να υπάρχει η άμεση ενημέρωση του πού και σε τι χρόνο βρίσκεται ο αθλητής. Τέλος, μέσω της σύνδεσης με τη βάση δεδομένων του κεντρικού πληροφοριακού συστήματος, οι ομάδες μπορούν να λαμβάνουν περαιτέρω στοιχεία της απόδοσης του αθλητή.

Τα σπουδαία πλεονεκτήματα από το σύστημα συγκεντρώνονται στα εξής:

- ◆ Άμεση δυνατότητα παρακολούθησης ξεχωριστά του χρόνου κάθε αθλητή.
- ◆ Δυνατότητα καταγραφής και ενημέρωσης της αγωνιστικής κατάστασης ανά πάσα στιγμή. Χρήσιμη πληροφορία για αθλήματα μεγάλων αποστάσεων.
- ◆ Προστασία των αθλητών από φαινόμενα εξαπάτησης.
- ◆ Το RFID βραχιόλι δεν έχει καιρικούς περιορισμούς.

8. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ RFID

Εφαρμογές στο κλάδο του αθλητισμού

- ◆ Τα δεδομένα του αγώνα ενημερώνουν απευθείας τη βάση δεδομένων και στη συνέχεια το website.

Τέλος, η παραπάνω εφαρμογή μπορεί να επεκταθεί και στον μηχανοκίνητο αθλητισμό (motor-bike) καθώς και σε πιο κλασικά αθλήματα, όπως το τρίαθλο, τον μαραθώνιο αγώνα, αλλά ακόμα και στο σκι.[20]

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η τεχνολογία RFID, όπως έχει διατυπωθεί από πολλούς αναλυτές, είναι η βιομηχανία του μέλλοντος για την αυτόματη συλλογή και καταγραφή δεδομένων. Από τους κλάδους στους οποίους μπορεί να προσφέρει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, είναι η εφοδιαστική αλυσίδα (supply chain) των καταναλωτικών προϊόντων. Σε αυτά, ένα RFID tag μπορεί να τοποθετηθεί και να δώσει τη δυνατότητα για παρακολούθηση του προϊόντος από τις εγκαταστάσεις παραγωγής και τα εμπορικά καταστήματα μέχρι και το σπίτι του τελικού καταναλωτή.

Από το 2000 και μετά, για πρώτη φορά μεγάλες εταιρίες, κυρίως από την USA, στράφηκαν στην εφαρμογή και υλοποίηση της τεχνολογίας RFID στις εφοδιαστικές τους αλυσίδες (§ 7.1), ωθούμενοι από τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τεχνολογία όπως:

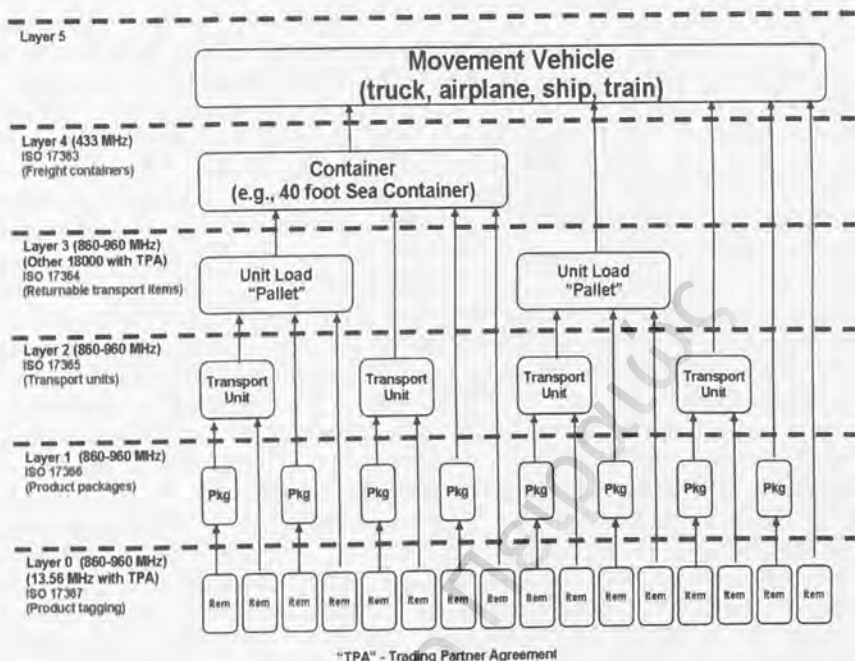
- ✓ Ορατότητα & διαφάνεια της εφοδιαστικής αλυσίδας.
- ✓ Ανάπτυξη αυτόματων συνεργατικών μοντέλων μεταξύ των επιχειρήσεων.
- ✓ Αυτοματοποίηση εσωτερικών διαδικασιών, βελτίωση των λαθών στις διαδικασίες.
- ✓ Ελαχιστοποίηση των απωλειών.

Ενώ στην Αμερική η εισαγωγή της τεχνολογίας στις παραγωγικές διαδικασίες των εταιρειών είναι εντονότερη, στην Ευρώπη, οι άξονες δραστηριοποίησης των εταιρειών περιορίζονται στην υλοποίηση πληθώρας βιομηχανικών, και όχι μόνο, εφαρμογών RFID χαμηλών, κυρίως, συχνοτήτων (LF, HF) και στην εκτέλεση πλοτικών εφαρμογών UHF RFID συστημάτων. Ο λόγος καθυστέρησης που παρατηρείται στην Ευρώπη, έναντι της αντίπερα όχθης του Ατλαντικού, οφείλεται κυρίως στην αργή υιοθέτηση των κανονισμών λειτουργίας συστημάτων RFID, και ειδικότερα των UHF RFID. Μόλις το 2005 τέθηκε σε ισχύ το ETSI EN 302 208, με το οποίο επιτρέπεται η χρήση RFID Reader σχεδόν τόσο ισχυρών όσο και αυτών που λειτουργούν στην Αμερική. Ωστόσο η Ευρωπαϊκή Ένωση, δείχνει τη διάθεσή της προς την ανάπτυξη της τεχνολογίας, μέσω της πολιτικής που ακολουθεί για την απελευθέρωση σχετικών ραδιοσυχνοτήτων σε κάθε κράτος μέλους της, κάτω από την ομπρέλα της οδηγίας ERC/REC 70-03.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο οργανισμός ISO δραστηριοποιείται στην τυποποίηση κοινών προτύπων σχετικά με θέματα RFID αλλά και με logistics. Σχετικά με την τεχνολογία RFID υπάρχει το ISO/IEC 18000 (RFID for Item Management Air Interface), στο οποίο περιέχονται οι προδιαγραφές για την ασύρματη επικοινωνία των RFID tags. Σε αυτό το πρότυπο έχει συμπεριληφθεί νέα προδιαγραφή του EPC Gen 2, με τη μορφή του ISO18000-6C. Επιπλέον έχουν ξεκινήσει να ολοκληρώνονται τα ISO standards με τα οποία τυποποιούνται οι χρήσεις και η συμβατότητα των μονάδων logistics ως προς την σήμανση με RFID.[1] (βλέπε § 5.2)

Σχετικά με τις εφαρμογές logistics, έχουν αναπτυχθεί πρότυπα που ορίζουν και τυποποιούν σε όλα τα επίπεδα διεργασιών logistics, την τεχνολογία και τον τρόπο υλοποίησής της. [EIKONA 25] [95]

Όπως παρουσιάζεται και στην εικόνα υπάρχουν διαφορετικά πρότυπα για κάθε στάδιο των διαδικασιών μιας supply chain. Ξεκινώντας από την τοποθέτηση ενός RFID tag στο επίπεδο του προϊόντος και φτάνοντας μέχρι το container, καθορίζονται διαφορετικές συχνότητες και προδιαγραφές που πρέπει να τηρεί μια εφαρμογή RFID.



Εικόνα 25 Πρότυπα RIFD κατά ISO για μονάδες Logistics

Ωστόσο, τα πρότυπα δέχονται βελτιώσεις και προσαρμογές σύμφωνα με τις νέες συνθήκες, τόσο λόγω της τεχνολογικής όσο και της επιχειρηματικής εξέλιξης. Σύμφωνα μάλιστα με τον οργανισμό ISO, τα παραπάνω πρότυπα έχουν αντικατασταθεί από νέα πιο ολοκληρωμένα, όπως την ομάδα ISO 15459 -1 έως 6 και το ISO 17363:2007. [38]

Μέσα από αυτή την προσπάθεια της ISO, στόχος είναι η δημιουργία παγκοσμίων αποδεκτών πρότυπων SCM RFID (Supply Chain Management), που θα δώσουν τη δυνατότητα στους προμηθευτές της τεχνολογίας RFID να κατασκευάσουν συστήματα που θα είναι τεχνολογικά συμβατά μεταξύ τους. Οι εταιρείες που θα χρησιμοποιήσουν τα τυποποιημένα πλέον συστήματα θα έχουν τη δυνατότητα να παραλαμβάνουν και να αποστέλλουν εμπορεύματα με RFID tags σε παγκόσμιο επίπεδο. [77]

Όπως παρουσιάστηκε (§ 8) και πιο πάνω υπάρχουν πολλές εταιρείες που έχουν ξεκινήσει εδώ και μια οκταετία να χρησιμοποιούν την τεχνολογία RFID σε μία προσπάθεια να διαφοροποιηθούν στην αγορά. Η διαφοροποίηση γίνεται εφικτή κυρίως από τις δυνατότητες αυτοματοποίησης και μη ανθρώπινης παρέμβασης που δίνει η τεχνολογία RFID κατά την αναγνώριση των προϊόντων, σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας

Η εφαρμογή της τεχνολογίας και τα οφέλη της έχουν εφαρμοστεί από μια πληθώρα διαφορετικών κλάδων και εταιρειών, από τις αποθήκες και τα κέντρα διανομής, τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις μέχρι και τα ράφια των εμπορικών καταστημάτων. Ενώ εκατοντάδες είναι οι εφαρμογές σε όλο το κόσμο και σε τομείς

πέρα από κάθε φαντασία, πχ εφαρμογή RFID σε ζώα, στον αθλητισμό κ.τ.λ. Παραδείγματα όπως αυτά που παρουσιάστηκαν πιο πάνω (§ 8) αποδεικνύουν την προσπάθεια των εταιριών για αναζήτηση ανταγωνιστικών πλεονεκτημάτων στην τεχνολογία αλλά και την σοβαρότητα με την οποία αντιμετωπίζουν τις σύγχρονες απαιτήσεις της παγκόσμιας αγοράς. Μια από τις πιο πρόσφατες και καινοτόμες εφαρμογές, ολοκληρώθηκε από την Pfizer (§ 8.3.3), στην φαρμακευτική αλυσίδα, σημαίνοντας με μοναδικά και κρυπτογραφημένα RFID tags σε επίπεδο λιανικής συσκευασίας (HF), συσκευασίας κιβωτίου (UHF) και συσκευασίας παλέτας (UHF) τα αυθεντικά προϊόντα της. Έτσι ο διανομέας / φαρμακοποιός / καταναλωτής θα έχει τη δυνατότητα πιστοποίησης της αυθεντικότητας του προϊόντος που θα παραλαμβάνει, ενώ η εταιρεία θα έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει ένα διάφανο κανάλι διανομής, μειώνοντας τις απώλειες στις πωλήσεις της.

Όπως η εταιρεία Pfizer, έτσι και οι περισσότερες εταιρείες που παρουσιάστηκαν στην εργασία, ακολούθησαν συγκεκριμένα προσεκτικά βήματα για την υλοποίηση της τεχνολογίας RFID στις διαδικασίες τους. Σε πολλές περιπτώσεις, αν όχι σε όλες, χρειάστηκε να ξαναπροσεγγίσουν τον τρόπο με τον οποίο ολοκλήρωναν τις διαδικασίες τους, προχωρώντας σε ανασχεδιασμό και τροποποιήσεις.

Όλες οι εφαρμογές RFID, δομήθηκαν πάνω στα κλασικά βήματα ανάπτυξης ενός νέου συστήματος. Αυτό που διαφοροποιείται για την περίπτωση της εφαρμογής ενός συστήματος RFID, είναι η τεχνολογική αβεβαιότητα που απορρέει από την ίδια τη φύση της τεχνολογίας (§ 2, § 3). Έτσι ένας ακόμα παράγοντας που θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψιν στην περίπτωση ενός συστήματος RFID έχει να κάνει με την εξάλειψη της αβεβαιότητας. Προσεκτική μελέτη της καταλληλότητας όλου του εξοπλισμού (RFID tag, RFID reader, middleware) στο περιβάλλον της εταιρείας και στις διαδικασίες της θα πρέπει να πραγματοποιείται από τα πρώτα στάδια του πιλοτικού έργου. Συνέπεια των παραπάνω είναι, κατά τις φάσεις ανάπτυξης του πιλοτικού προγράμματος να γίνεται και έλεγχος καταλληλότητας (proof of technology) καθώς και απόδειξη αποτελεσματικότητας της εφαρμογής (proof of concept). [ΕΙΚΟΝΑ 26]



Εικόνα 26 Διαδικασία υλοποίησης εφαρμογής RFID

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια εμπειριστατωμένη εισαγωγή στην τεχνολογία RFID και τις συνιστώσες της. Στα Κεφάλαια 2 έως 5 (§ 2 - §5), προσεγγίστηκαν τα συστατικά μέρη του RFID συστήματος αναλύοντας όλες εκείνες τις παραμέτρους που επηρεάζουν την επιλογή και τον τρόπο λειτουργίας του. Πιο αναλυτικά, αναπτύχθηκε η τεχνολογία του RFID tag, η δομή του και οι διάφοροι τύποι του που απαντώνται στη διεθνή βιβλιογραφία, ενώ έγινε και αναφορά στους RFID Reader, το δεύτερο συστατικό μέρος ενός RFID συστήματος, καθώς και στις παραμέτρους υλοποίησης ενός τέτοιου συστήματος. Ένα βασικό συμπέρασμα αυτής της ανάλυσης είναι ότι η επιλογή και εγκατάσταση της κεραίας του tag αλλά και του reader αποτελούν καίριο παράγοντα για την υλοποίηση του συστήματος και γι' αυτό το λόγο αναπτύχθηκαν εκτενώς στις αντίστοιχες παραγράφους. (§2.2. και §3.2)

Στη συνέχεια του βασικού συστήματος (subsystem) τοποθετήθηκε το Enterprise σύστημα που αντιπροσωπεύεται από το Middleware, το οποίο και αναλύθηκε επαρκώς αφού διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο στη διαχείριση των πληροφοριών από μια επιχείρηση (§ 4.2). Το ίδιο ουσιαστική είναι και η επικοινωνία του RFID συστήματος, των προτύπων που υποστηρίζουν αυτή την επικοινωνία και των παραμέτρων τους, οπότε και αναπτύχθηκαν σε αντίστοιχη ενότητα (§ 5). Τέλος έγινε μια ανασκόπηση της τεχνολογίας RFID συγκριτικά με τη τεχνολογία του Barcode, (§ 6.2) ως πρόδρομός της, αλλά και συγκριτικά με την τάση διαδοχής της από νέες εφαρμογές (π.χ. Rubee). (§ 6.3)

Ένα κύριο συμπέρασμα από όλα τα παραπάνω είναι ότι αυτή η τεχνολογία αιχμής επιφέρει μοναδικές βελτιώσεις στη λειτουργία και την απόδοση ενός οργανισμού, αλλά απαιτεί πολλές παραμετροποιήσεις τόσο σε τεχνολογικό όσο και σε λειτουργικό επίπεδο. Όσον αφορά σε τεχνολογικό επίπεδο πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν παράγοντες όπως η ποικιλία των RFID tag, η ποικιλία των RFID reader, ο χώρος που θα εγκατασταθεί το σύστημα και το υλικό που θα φέρει το tag, το αν η κεραία θα είναι ενσωματωμένη ή εξωτερική, τα πρότυπα επικοινωνίας και η απαραίτητη υποστήριξη λογισμικού. Σε λειτουργικό επίπεδο απαιτεί αποδοχή της τεχνολογίας από το προσωπικό και εξοικείωση με αυτή. Επίσης λόγω των δυνατοτήτων που προσφέρει η εν λόγω τεχνολογία, ενδεχομένως μια επιχείρηση να καταφέρει ακόμη και σε ανασχεδιασμό των επιχειρησιακών διεργασιών της. Ως εκ τούτου η τεχνολογία RFID αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη λύση για τις επιχειρήσεις αλλά απαιτεί μια πολύ προσεκτική εφαρμογή.

Για μια πιο ουσιαστική εμβάθυνση στην τεχνολογία αυτή συμπληρωματικό και αναπόσπαστο κομμάτι είναι οι επιπτώσεις της στην λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας. Έτσι λοιπόν, το δεύτερο κομμάτι της έρευνας αφιερώθηκε στην ανάπτυξη και μελέτη περιπτώσεων εφαρμογής RFID συστημάτων στις εφοδιαστικές αλυσίδες διαφόρων κλάδων. (§ 8)

Από τους πρώτους κλάδους και τομείς ανάπτυξης συστημάτων RFID αποτέλεσαν τα κέντρα αποθήκευσης και διανομής εμπορικών, βιομηχανικών και logistics επιχειρήσεων. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την κατηγορία δεν περιορίζονται σε συγκεκριμένα είδη εμπορευμάτων και έτσι επιτρέπουν την εφαρμογή τους σχεδόν σε όλα τα είδη που διακινούνται ανεξαρτήτως τύπου εταιρείας και προϊόντος. Οι εφαρμογές αυτές αποτελούν τις πιο ελκυστικές περιπτώσεις στο χώρο της εφοδιαστικής αλυσίδας, ενώ ανάπτυξη επιτυχημένων εφαρμογών από μεγάλες εταιρείες (§ 8.1.1) παροτρύνουν όλο και περισσότερους στην υιοθέτηση παρόμοιων συστημάτων, με αποτέλεσμα να οδηγούν στη μείωση του υψηλού κόστους υλοποίησής τους και τη δημιουργία κοινών προτύπων και κανονισμών.

Από τις πιο σημαντικές περιπτώσεις, είναι οι εφαρμογές των RFID συστημάτων στο κλάδο της υγείας. Από τη μια οι φαρμακευτικές εταιρείες, που προσπαθούν να διασφαλίσουν τη γνησιότητα των προϊόντων τους και από την άλλη τα νοσοκομειακά ιδρύματα που αναζητούν, στην τεχνολογία RFID, τα πλεονεκτήματα εκείνα που θα τους προσφέρουν περισσότερη ασφάλεια και μείωση των λαθών στις διαδικασίες τους (§ 8.3). Επιπλέον, σε ένα τελειώς διαφορετικό κλάδο, ενδιαφέρουσες εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί για την παρακολούθηση ζώων και γεωργικών προϊόντων, προσφέροντας νέα επίπεδα ελέγχου και διασφάλισης της ποιότητας. (§ 8.2).

Τέλος, παρουσιάστηκε ένας διαφορετικός τρόπος εφαρμογής της τεχνολογίας RFID σε έναν κλάδο που ανέκαθεν αναζητούσε τη βελτίωση μέσα από την τεχνολογία. Η βιομηχανία του αθλητισμού (§ 8.4), δείχνει μια διαφορετική προσέγγιση στις εφαρμογές της τεχνολογίας και τα πλεονεκτήματα που ωφελούν τη βελτίωση διεξαγωγής των αθλητικών γεγονότων. Συμπερασματικά, ο σκοπός παρουσίασης των παραπάνω εφαρμογών έχει να κάνει με τη διασαφήνιση των λόγων για τους οποίους αυτή η τεχνολογία αναπτύχθηκε και συνεχίζει να αναπτύσσεται καθώς και ο προσδιορισμός των παραγόντων που λαμβάνονται υπ' όψιν στην υλοποίησή τους.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, η τεχνολογία RFID αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη τεχνολογία αυτόματης καταγραφής δεδομένων που προσφέρει μια νέα πραγματικότητα στον τρόπο διεξαγωγής των διεργασιών και καταγραφής της πληροφορίας. Ανοίγει νέους ορίζοντες στην ιχνηλάτηση και την παρακολούθηση, ενώ φαίνεται να εναρμονίζεται με τις σύγχρονες απαιτήσεις του ανταγωνισμού, παρέχοντας μοναδικά πλεονεκτήματα. Από την άλλη όμως όπως κάθε τεχνολογική προσέγγιση αποτελεί μια σοβαρή επένδυση που το μέλλον της πλάθεται μέσα από τις τεχνολογικές ανακαλύψεις. Στο σημείο αυτό συμφωνούμε με την άποψη ότι προκειμένου να καθιερωθεί η τεχνολογία RFID ως μια βασική τεχνολογία της εφοδιαστικής αλυσίδας, και όχι μόνο, θα πρέπει κάποιοι τολμηροί να ρισκάρουν και να δημιουργήσουν πετυχημένες εφαρμογές που θα αποτελέσουν παράδειγμα προς μίμηση από τους υπόλοιπους. Συμπληρώνοντας την πιο πάνω άποψη, η τεχνολογία RFID αδυνατεί, τουλάχιστον αυτή τη στιγμή, να εκμηδενίσει τους ενδοιασμούς και τις ανησυχίες του επιχειρηματικού κόσμου για το υψηλό ρίσκο που έχει μια τέτοια επένδυση. Για το λόγο και μόνο ότι, η τεχνολογία αυτή, στην ιδεατή της εφαρμογή, δεν μπορεί να υποστηρίξει κάποιες ασφαλιστικές δικλίδες σε ενδεχόμενη αστοχία του συστήματος, είναι επόμενο να δημιουργηθεί η ανάγκη για την υποστήριξη της τεχνολογίας RFID από εναλλακτικές ασφαλέστερες τεχνολογίες (π.χ ετικέτες barcode).

Ωστόσο, το μέλλον της τεχνολογίας φαίνεται να είναι με το μέρος της, καθώς τόσο οι επιχειρήσεις όσο και διεθνείς οργανισμοί σε συνεργασία με τις κορυφαίες κατασκευάστριες εταιρείες υψηλής τεχνολογίας, αναπτύσσουν και προοδεύουν τα επίπεδα της τεχνολογίας και δημιουργούν το υπόβαθρο πάνω στο οποίο θα δομούνται και θα επικοινωνούν τα επιμέρους συστήματα, δημιουργώντας μια κοινή πλατφόρμα επικοινωνίας και συνεργασίας.

Τέλος, όπως συμβαίνει με κάθε νέα τεχνολογία που εφαρμόζεται στο απαιτητικό περιβάλλον του ανταγωνισμού, η κύρια δύναμη που θα καθορίσει ή όχι, την ευρεία υιοθέτησή της, είναι οι ίδιοι οι χρήστες της. Μέχρι τότε, το πιο σίγουρο είναι ότι θα αναπτυχθούν τεχνολογικές προσεγγίσεις πιο συμβατές και με τα υπάρχοντα συστήματα που θα συνδυάζουν δυο ή και περισσότερες διαφορετικές τεχνολογίες μαζί, όπως για παράδειγμα οι εφαρμογές των smart label (§ 6.3.1)

10. ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. A Summary of RFID Standards, 2007, RFID Journal, Inc [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1335/-/1/1>
2. After Soccer, Now It's the Turn of RFID to Get Associated with the Game of Cricket, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid-weblog.com/50226711/after_soccer_now_its_the_turn_of_rfid_to_get_associated_with_the_game_of_cricket.php
3. AIM Global, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.aimglobal.org/technologies/general_aids_resources.asp
4. Asif, Z. & Munir, M. 2005, INTEGRATING THE SUPPLY CHAIN WITH RFID: A TECHNICAL AND BUSINESS ANALYSIS, School of Business and Management Temple University, London. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://ibit.temple.edu/programs/RFID/RFIDSupplyChain.pdf>
5. Bakken D. E. 2002 'MIDDLEWARE', Washington State University, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.eecs.wsu.edu/~bakken/middleware-article-bakken.pdf>
6. Bielas, W. 2007, 'Pharma IT: RFID, An End-to-End Approach', [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rsiiid.com/NewsArticlesSolutions/RFIDPharmaEnd-to-EndApproach.pdf>
7. BITKOM, German Association for Information Technology, Telecommunications and New Media e.V. 2005, RFID White Paper Technology, Systems, and Applications: An overview for companies seeking to use RFID technology to connect their IT systems directly to the "real" world, BITKOM Publishers, Germany. [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/White_Paper_RFID_english_12_12_2005_final.pdf
8. Bon Secours Richmond Health System, 2007, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.bonsecours.com/default.asp>
9. Bon Secours Richmond, 2007, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.bonsecours.com/bsrichmond/hospitals.asp>
10. Brofman, E. F. & Aguiar, L. K., 2007, 'Tracking and Tracing Food Products with RFID technology: an application for agricultural commodities?' 17th Annual Forum and Symposium IAMA Conference, Parma, Italy, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ifama.org/conferences/2007Conference/SymposiumPapers_files/1074_Poster.pdf
11. Burnell, J. 2006, "What Is RFID Middleware and Where Is It Needed?" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1176>
12. Burnell, J. 2006., "A Primer on Types of RFID Middleware" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1177>
13. Burnell, J. 2006., "ERP Support Squeezes RFID Middleware" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1183>
14. Burnell, J. 2006., "RFID Middleware Change is Certain, Direction is Not" [Online] Διαθέσιμο σε <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1190>
15. CBRonline.com, 2005, '2006 World Cup sports RFID technology', [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.cbronline.com/article_news.asp?guid=FCC79E8B-A602-48A0-9F40-9655F42E91C9

16. Chiesa, M. Genz, R. Heubler, F. Mingo, K. Noessel, C. Sopiava, N. Slocombe, D. & Tester, J. 2002, 'RFID, a week long survey on the technology and its potential', Harnessing Technology Project Phase I – Research Interaction Design Institute Ivrea, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.interaction-ivrea.it>
17. Collins, J., 2007, 'FDA Clears Way for RFID Tagging', RFID Journal LLC., [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1238/1/1/>
18. Crayton, J., 2004, 'Incorporating Radio Frequency Identification Technology Into the Health Care Sector', INFOHEALTH Management Corp, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.infohealth.net/downloads/RFID_Infohealth.pdf
19. Dalton, J. Ippolito C. Poncet I. & Rossini S., 2005, 'Using RFID Technologies to Reduce Blood Transfusion Errors', Intel Corporation, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.cisco.com/global/IT/local_offices/case_history/rfid_in_blood_transfusions_final.pdf
20. Electro-Com, 2004, 'Electro-Com RFID solutions of SPORTS TIMING', Texas Instruments TI-RFID, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid.com.au/rfid_sportstiming1.htm
21. EPCglobal Inc, 2007, 'EPCglobal Standards Overview', <http://www.epcglobalinc.org/standards>
22. Ermert, M., 2005, 'World Cup 2006 'abused for mega-surveillance project', Situation Publishing Ltd., UK, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.theregister.co.uk/2005/02/08/world_cup_2006_big_brother_charges/
23. European Commission Information Society and Media, 2006, 'Consultation initiatives on radio frequency identification (rfid) workshop on rfid application domains and emerging trends', Policy Framework Paper, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/Framework_paper_applications_final_version_sw.pdf
24. Finkenzeller. & Klaus. 2003, 'RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification (2nd Edition)', John Wiley & Sons, Knovel Corporation. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.knovel.com/knovel2/Toc.jsp?BookID=1106>
25. GlaxoSmithKline Research, 2006, 'GlaxoSmithKline begins testing new technology', GSK US, USA [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.gsk.com/ControllerServlet?appId=4&pageId=402&newsId=771>
26. GlaxoSmithKline, 2004, 'GlaxoSmithKline announces drug tracking effort to support FDA battle against counterfeit drugs', GSK US, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.gsk.com/ControllerServlet?appId=4&pageId=402&newsId=374>
27. Global Commerce Initiative/IBM Cop., 2003, 'Global Commerce Initiative EPC Roadmap', IBM, Germany
28. Global Commerce Initiative's (GCI) ΕΛΛΑΣ, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: www.gslgr.org
29. Glover, B. Bhatt, H. 2006, 'RFID Essentials', O'Reilly Media, Inc, English
30. Golf Made Easier With RFID, 2004, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid-weblog.com/50226711/golf_made_easier_with_rfid.php

31. HighJump Software Company. 2003, 'The True Cost of Radio Frequency Identification (RFID)' [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.highjumpsoftware.com/FinalDocsLibrary/Special%20Reports/ISCG/True%20Cost%20RFID.pdf>
32. Hof van 't C. & Cornelissen J. 2006, 'RFID and identity management in everyday life: case studies on the frontline of developments towards ambient intelligence.' European Technology Assessment Group, Netherland. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.itas.fzk.de/eng/etag/document/hoco06a.pdf>
33. Hornbaker, R. Kindratenko V. & Pointer D., 'An RFID Agricultural Product and Food Security Tracking System Using GPS and Wireless Technologies' [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.ncsa.uiuc.edu/~kindr/papers/icpa04_paper1.pdf
34. Zebra Technologies, 2005, 'Beaver Street Fisheries Case Study', [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.aimglobal.org/members/news/templates/casestudies.asp?articleid=487&zoneid=25>
35. Acrom Control Systems Ltd, 2007, 'RFID Edge Controller', UK, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.arcom.co.uk/ibm/rfid_edge_controller_datasheet.pdf
36. RFID Technology for Warehouse and Distribution Operations, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.logisticsit.com/index_files/master.css
37. Intermec Technologies Corporation, 2007, 'TNT Logistics N.A. initiates an Intermec RFID pilot with error-free load validation', Intermec Technologies, USA, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_cs/TNT_cs_web.pdf
38. International Standards for Business, Government and Society (ISO), 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.iso.org>
39. Interrogation Zone Basics. [Online] Διαθέσιμο σε:
www.examcram2.com/content/images/9780789735041/samplechapter/0789735040_CH03.pdf
40. Kanyuk, P. & Young, J, 2004, 'RFID in healthcare' Datamonitor Corp, USA, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.sap.com/belux/industries/healthcare/pdf/datamonitor_RFID_in_healthcare.pdf
41. Karygiannis, T. Eydt, B. Barber, G. Bunn, L. & Phillips, T. 2006 'Guidance for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems (Draft)' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-98/Draft-SP800-98.pdf>
42. Kranenburg van R. & Ward, M. 2006, RFID: Frequency, standards, adoption and innovation, JISC Technology and Standards Watch, London. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/TSW0602.pdf>
43. Limbach, A. M. & Read, R. W. 2003, 'Supply Chain Technology: RFID To Get Boost, But Investment Options Remain Limited', Robert W. Baird & Co. Incorporated, USA.
44. LXE Inc., 2007, 'RFID Technology for Warehouse and Distribution Operations: AN RFID PRIMER', LXE International, Belgium.
45. Malone, R., 2006, 'The World Cup Meets RFID' Forbes.com LLC, USA [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.forbes.com/logistics/2006/06/16/world-cup-rfid-technology-cx_0616rfid.html

46. Manias, G. 2007, 'A Flexible and Cost-Effective Alternative for Slap-and-Ship RFID', [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.automation.com/sitepages/pid2011.php>
47. METRO AG, 2007, 'FUTURE STORE' [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.future-store.org>
48. Metro Opens 'Store of the Future', 2007, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.rfidjournal.com/article/articleview/399/1/1/>
49. Microchip Technology Inc 1998, 'RFID Coil Design', Microchip Technology Incorporated, USA. [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00678b.pdf>
50. MIT Auto-ID Center, 2003. 'Protocol Specification for 900 MHz RFID Tag' Auto-ID Center, USA. [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.epcglobalinc.org/standards/specs/900_MHz_Class_0_RFIDTag_Specification.pdf
51. Oracle Public Sector, 2007, 'Gyeongsangbuk-Do Improves Supply Chain Management with Advanced RFID Solution', Oracle Corporation, Korea, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.oracle.com/customers/snapshots/gyeongsangbuk-do-case-study.pdf>
52. Pappu, R., 2006, 'The physics of RFID', ThingMagic LLC.
53. Patrick J. Sweeney II. 2005, 'RFID For Dummies', Wiley Publishing Inc, Hoboken, New Jersey. [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.vetec.com.cn/images/RFID%E5%82%BB%E7%93%9C%E4%B9%A6.pdf>
54. Pfizer Inc, 2007, 'Counterfeiting medicines is on the rise in the United States and around the globe putting patients at risk', New York, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.pfizer.com/products/counterfeit_importation.jsp
55. Philips Semiconductors, TAGSYS & Texas Instruments Inc, 2004, 'item-level visibility in the pharmaceutical supply chain: a comparison of hf and uhf rfid technologies', White Paper, USA, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.tagsysrfid.com/modules/tagsys/upload/news/TAGSYS-TI-Philips-White-Paper.pdf>
56. Precision Dynamics Corporation, 2003, 'RFID Solutions in Action', USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.pdc-media.com/crowd-control/brochures/SB_IraqFlyer.pdf
57. RadarGolf Inc., 2004, 'RadarGolf's Ball Positioning System' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.radargolf.com/home.asp>
58. Rao, K.V.S. 1999, 'An overview of backscattered radio frequency identification system(RFID)' Microwave Conference, Volume 3, Issue , 1999 Page(s):746 - 749 vol.3 [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/6678/18000/00833700.pdf>
59. Reva Systems corp, 2007, 'Reva Solution, Food Processing', Reva Systems corp, Germany, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.revasystems.com/html/solutions/food_processing.html
60. Reva Systems corp, 2007, παρουσίαση προϊόντων, Reva Systems corp, Germany, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.revasystems.com/html/products/tap/overview.html>
61. RFID Association of Australia, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.rfidaa.org>

62. RFID Technical Basics [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.aimuk.org/pdfs/Comp04-4.pdf>
63. Rumitag S.L, 2007, 'Logistics Case Studies', Centro de soporte técnico y distribución para España y Portugal, Barcelona, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.rumitag.com/archivos/industrial/aplicaciones/ru_logistics_web_TI.pdf
64. Sabri Serkan Basat. 2006, design and characterization of rfid modules in multilayer configurations, Georgia Institute of Technology, USA. [Online] Διαθέσιμο σε: http://etd.gatech.edu/theses/available/etd-11202006-124610/unrestricted/basat_sabri_s_200612_mast.pdf
65. Savi Technology Corporation, 2002, 'Active and Passive RFID: Two Distinct, But Complementary, Technologies for Real-Time Supply Chain Visibility' [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://logmgt.nkmu.edu.tw/news/articles/White%20Paper-Active%20and%20Passive%20RFID.pdf>
66. Šešlija, D. & Tešić, Z. 2006, 'RFID middleware as a connection between manufacturing processes and enterprise level information system'. Mechanical Engineering Vol. 4, No 1, 2006, pp. 63 – 74. [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://facta.junis.ni.ac.yu/facta/me/me2006/me2006-08.pdf>
67. Stevens, J. K. 2006, 'IEEE begins wireless, long-wavelength standard for healthcare, retail and livestock visibility networks' [Online] Διαθέσιμο σε:
http://standards.ieee.org/announcements/pr_p19021Rubee.html
68. Susy d'Hont, 1998, 'On the Way to Becoming the Standard for Automatic Retail Fueling', International Newsletter of the Tiris Group, Issue no:18, [Online] Διαθέσιμο σε:
http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/RFIDNews/Tiris_NL18.pdf
69. Tactical Medical Coordination System (TacMedCS), 2006, ScenPro, Inc.Texas, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.scenpro.com/p_tacmed_cs.html
70. Tan, J, Soon. & Chng K, Wei. 2006, 'The Overview of Certification in the Telecommunications Industry and the NOL RFID Performance Test Centre in Singapore' [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.itsc.org.sg/pdf/2_RFID.pdf
71. Texas Instruments Rfid Systems, 2007, 'Case Study: Metal Distributor Leverages RFID; Streamlines Operations and Delivers Superior Customer Service' Texas Instruments Incorporated, USA, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.ti.com/rfid/shtml/news-casestudies-11-13-06.shtml>
72. Texas Instruments, 2004, 'Texas Instruments RFID Products- Series 2000 LF Micro RFID Evaluation Kit', USA, [Online] Διαθέσιμο σε:
<http://www.ti.com/corp/docs/home.htm>
73. Thornton, F. Haines, B. Das Anand, M. Bhargava, H. & Campbell, A. 2006. 'RFID Security: Protect the Supply Chain', Syngress Publishing Inc, Rockland, New York.
74. Transponder, smart label, Tag. What's the difference?, 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.morerfid.com/index.php?do=faq&topic=Tag-12&display=RFID>
75. United Parcel Service of America, Inc, 2005, 'RFID in Healthcare –A panacea for the regulations and issues affecting the industry?' UPS Supply Chain Solutions White Paper, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ups-scs.com/solutions/white_papers/wp_RFID_in_healthcare.pdf
76. Warrnambool Livestock Exchange, tracking cattle, animals Australia, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε:

- [http://rfid.idtechex.com/knowledgebase/en/company.asp?companyid=1558&title=Company,+Warrnambool Livestock Exchange](http://rfid.idtechex.com/knowledgebase/en/company.asp?companyid=1558&title=Company,+Warrnambool+Livestock+Exchange)
77. Way to Smart SCM - RFID, 2007, Buzzle.com [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.buzzle.com/editorials/5-17-2004-54214.asp>
 78. Wyld, D. 2007, Is RuBee the next generation of RFID? [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidnews.org/library/2007/03/15/is-rubee-the-next-generation-of-rfid/>
 79. Zhang T., 2006, 'RFID in hospital', Ucla,
 80. Άρθρο 'About RFID / Technical Basics' 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/menu/1/30.html>
 81. Άρθρο 'Standards', 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/menu/28>
 82. Άρθρο «13 απαντήσεις αποκωδικοποιούν τον όρο RFID». [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.go-online.gr/ebusiness/legislation/article.html?article_id=1591
 83. Άρθρο «RFID: Αυτοματοποιεί τα logistics», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 46, Μάιος 2006, σελ. 108-110.
 84. Άρθρο «Ζωντανές ετικέτες στην καρδιά της αποθήκης», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 41, Δεκέμβριος 2005, σελ. 78-79.
 85. Άρθρο «Πιλοτικό πρόγραμμα RFID», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 41, Δεκέμβριος 2005, σελ. 16.
 86. Άρθρο «Συσκευασία / Εφαρμογές για διαχείριση φορτίων», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 48, Ιούλιος - Αύγουστος 2006, σελ. 82-86.
 87. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Από τους γραμμωτούς κώδικες στην RFID», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 29, Σεπτέμβρης - Οκτώβρης 2004, σελ. 40-42.
 88. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Εξυπνο Σούπερ Μάρκετ», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 29, Σεπτέμβρης - Οκτώβρης 2004, σελ. 44-46.
 89. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Η αλυσίδα παραγωγής σε «χάρτη» ακριβείας», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 29, Σεπτέμβρης - Οκτώβρης 2004, σελ. 34-36.
 90. Δελτίο Τύπου «Το πρωτόκολλο RFID Gen 2 EPC έγινε αποδεκτό ως ISO 18000-6C», Τετάρτη, 26 Ιουλίου 2006 [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.presspoint.gr/release.asp?id=93176>
 91. Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.eett.gr/EETT>
 92. Κουρουθανάσης, Π. & Ζεϊμπέκης, Β. 2004, 'Τεχνολογίες αυτόματης αναγνώρισης προϊόντων για την ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας', EbusinessForum, Αθήνα.
 93. Πατσιλινάκος, Τ., 2006, 'Πληροφοριακά Συστήματα Supply Chain Management & Supply Ολικής Ιχνηλασιμότητας', NANTIS corp.
 94. Σημειώσεις του διδάσκοντα κ. Ι. Γ. Κονταράτου, στα πλαίσια του μαθήματος «Logistics Διανομών», στο 3ο εξάμηνο σπουδών του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στη «Διοίκηση και Οργάνωση Βιομηχανικών Συστημάτων, με ειδίκευση Logistics»
 95. Σμπυράκης Σ., 2006, 'Τεχνολογίες RFID στην Ελληνική Πραγματικότητα' [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.sbyrakis.net/_articles/rfid_article_gr.htm

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ηλεκτρονική Βιβλιογραφία.

1. A Summary of RFID Standards, 2007, RFID Journal, Inc [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidjournal.com/article/articleprint/1335/-/1/1>
2. Acrom Control Systems Ltd, 2007, 'RFID Edge Controller', UK, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.arcom.co.uk/ibm/rfid_edge_controller_datasheet.pdf
3. After Soccer, Now It's the Turn of RFID to Get Associated with the Game of Cricket, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid-weblog.com/50226711/after_soccer_now_its_the_turn_of_rfid_to_get_associated_with_the_game_of_cricket.php
4. AIM Global, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.aimglobal.org/technologies/general_aide_resources.asp
5. Asif, Z. & Munir, M. 2005, INTEGRATING THE SUPPLY CHAIN WITH RFID: A TECHNICAL AND BUSINESS ANALYSIS, School of Business and Management Temple University, London. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://ibit.temple.edu/programs/RFID/RFIDSupplyChain.pdf>
6. Bakken D. E. 2002 'MIDDLEWARE', Washington State University, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.eecs.wsu.edu/~bakken/middleware-article-bakken.pdf>
7. Bielas, W. 2007, 'Pharma IT: RFID, An End-to-End Approach', [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rsiid.com/NewsArticlesSolutions/RFIDPharmaEnd-to-EndApproach.pdf>
8. BITKOM, German Association for Information Technology, Telecommunications and New Media e.V. 2005, RFID White Paper Technology, Systems, and Applications: An overview for companies seeking to use RFID technology to connect their IT systems directly to the "real" world, BITKOM Publishers, Germany. [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/White_Paper_RFID_english_12_12_2005_final.pdf
9. Bon Secours Richmond Health System, 2007, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.bonsecours.com/default.asp>
10. Bon Secours Richmond, 2007, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.bonsecours.com/bsrichmond/hospitals.asp>
11. Brofman, E. F. & Aguiar, L. K., 2007, 'Tracking and Tracing Food Products with RFID technology: an application for agricultural commodities?' 17th Annual Forum and Symposium IAMA Conference, Parma, Italy, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ifama.org/conferences/2007Conference/SymposiumPapers_files/1074_Poster.pdf
12. Burnell, J. 2006, "What Is RFID Middleware and Where Is It Needed?" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1176>
13. Burnell, J. 2006., "A Primer on Types of RFID Middleware" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1177>
14. Burnell, J. 2006., "ERP Support Squeezes RFID Middleware" [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1183>

15. Burnell, J. 2006., "RFID Middleware Change is Certain, Direction is Not"
[Online] Διαθέσιμο σε <http://www.rfidupdate.com/articles/index.php?id=1190>
16. CBRonline.com, 2005, '2006 World Cup sports RFID technology', [Online]
Διαθέσιμο σε: http://www.cbronline.com/article_news.asp?guid=FCC79E8B-A602-48A0-9F40-9655F42E91C9
17. Chiesa, M. Genz, R. Heubler, F. Mingo, K. Noessel, C. Sopierva, N. Slocombe, D. & Tester, J. 2002, 'RFID, a week long survey on the technology and its potential', Harnessing Technology Project Phase I – Research Interaction Design Institute Ivrea, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.interaction-ivrea.it>
18. Collins, J., 2007, 'FDA Clears Way for RFID Tagging', RFID Journal LLC., [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1238/1/1/>
19. Crayton, J., 2004, 'Incorporating Radio Frequency Identification Technology Into the Health Care Sector', INFOHEALTH Management Corp, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.infohealth.net/downloads/RFID_Infohealth.pdf
20. Dalton, J. Ippolito C. Poncet I. & Rossini S., 2005, 'Using RFID Technologies to Reduce Blood Transfusion Errors', Intel Corporation, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.cisco.com/global/IT/local_offices/case_history/rfid_in_blood_transfusions_final.pdf
21. Electro-Com, 2004, 'Electro-Com RFID solutions of SPORTS TIMING', Texas Instruments TI-RFID, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid.com.au/rfid_sportstiming1.htm
22. EPCglobal Inc, 2007, 'EPCglobal Standards Overview', <http://www.epcglobalinc.org/standards>
23. Ermert, M., 2005, 'World Cup 2006 'abused for mega-surveillance project', Situation Publishing Ltd., UK, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.theregister.co.uk/2005/02/08/world_cup_2006_big_brother_charges/
24. European Commission Information Society and Media, 2006, 'Consultation initiatives on radio frequency identification (rfid) workshop on rfid application domains and emerging trends', Policy Framework Paper, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/Framework_paper_applications_final_version_sw.pdf
25. Finkenzeller. & Klaus. 2003, 'RFID Handbook - Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification (2nd Edition)', John Wiley & Sons, Knovel Corporation. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.knovel.com/knovel2/Toc.jsp?BookID=1106>
26. GlaxoSmithKline Research, 2006, 'GlaxoSmithKline begins testing new technology', GSK US, USA [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.gsk.com/ControllerServlet?appId=4&pageId=402&newsid=771>
27. GlaxoSmithKline, 2004, 'GlaxoSmithKline announces drug tracking effort to support FDA battle against counterfeit drugs', GSK US, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.gsk.com/ControllerServlet?appId=4&pageId=402&newsid=374>
28. Global Commerce Initiative's (GCI) ΕΛΛΑΣ, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: www.gslgr.org

29. Golf Made Easier With RFID, 2004, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rfid-weblog.com/50226711/golf_made_easier_with_rfid.php
30. HighJump Software Company. 2003, 'The True Cost of Radio Frequency Identification (RFID)' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.highjumpsoftware.com/FinalDocsLibrary/Special%20Reports/ISCG/True%20Cost%20RFID.pdf>
31. Hof van't C. & Cornelissen J. 2006, 'RFID and identity management in everyday life: case studies on the frontline of developments towards ambient intelligence.' European Technology Assessment Group, Netherland. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.itas.fzk.de/eng/etag/document/hoco06a.pdf>
32. Hornbaker, R. Kindratenko V. & Pointer D., 'An RFID Agricultural Product and Food Security Tracking System Using GPS and Wireless Technologies' [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ncsa.uiuc.edu/~kindr/papers/icpa04_paper1.pdf
33. Intermec Technologies Corporation, 2007, 'TNT Logistics N.A. initiates an Intermec RFID pilot with error-free load validation', Intermec Technologies, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://epsfiles.intermec.com/eps_files/eps_cs/TNT_cs_web.pdf
34. International Standards for Business, Government and Society (ISO), 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.iso.org>
35. Interrogation Zone Basics. [Online] Διαθέσιμο σε: www.examcram2.com/content/images/9780789735041/samplechapter/0789735040_CH03.pdf
36. Kanyuk, P. & Young, J, 2004, 'RFID in healthcare' Datamonitor Corp, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.sap.com/belux/industries/healthcare/pdf/datamonitor_RFID_in_healthcare.pdf
37. Karygiannis, T. Eydt, B. Barber, G. Bunn, L. & Phillips, T. 2006 'Guidance for Securing Radio Frequency Identification (RFID) Systems (Draft)' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://csrc.nist.gov/publications/drafts/800-98/Draft-SP800-98.pdf>
38. Kranenburg van R. & Ward, M. 2006, RFID: Frequency, standards, adoption and innovation, JISC Technology and Standards Watch, London. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/TSW0602.pdf>
39. Malone, R., 2006, 'The World Cup Meets RFID' Forbes.com LLC, USA [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.forbes.com/logistics/2006/06/16/world-cup-rfid-technology-cx_0616rfid.html
40. Manias, G. 2007, 'A Flexible and Cost-Effective Alternative for Slap-and-SHIP RFID', [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.automation.com/sitepages/pid2011.php>
41. METRO AG, 2007, 'FUTURE STORE' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.future-store.org>
42. Metro Opens 'Store of the Future', 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/399/1/1/>
43. Microchip Technology Inc 1998, 'RFID Coil Design', Microchip Technology Incorporated, USA. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00678b.pdf>
44. MIT Auto-ID Center, 2003. 'Protocol Specification for 900 MHz RFID Tag' Auto-ID Center, USA. [Online] Διαθέσιμο σε:

- [http://www.epcglobalinc.org/standards/specs/900 MHz Class 0 RFIDTag Specification.pdf](http://www.epcglobalinc.org/standards/specs/900_MHz_Class_0_RFIDTag_Specification.pdf)
45. Oracle Public Sector, 2007, 'Gyeongsangbuk-Do Improves Supply Chain Management with Advanced RFID Solution', Oracle Corporation, Korea, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.oracle.com/customers/snapshots/gyeongsangbuk-do-case-study.pdf>
 46. Patrick J. Sweeney II. 2005, 'RFID For Dummies', Wiley Publishing Inc, Hoboken, New Jersey. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.vetec.com.cn/images/RFID%E5%82%BB%E7%93%9C%E4%B9%A6.pdf>
 47. Pfizer Inc, 2007, 'Counterfeiting medicines is on the rise in the United States and around the globe putting patients at risk', New York, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.pfizer.com/products/counterfeit_importation.jsp
 48. Philips Semiconductors, TAGSYS & Texas Instruments Inc, 2004, 'item-level visibility in the pharmaceutical supply chain: a comparison of hf and uhf rfid technologies', White Paper, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.tagsysrfid.com/modules/tagsys/upload/news/TAGSYS-TI-Philips-White-Paper.pdf>
 49. Precision Dynamics Corporation, 2003, 'RFID Solutions in Action', USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.pdc-media.com/crowd-control/brochures/SB_IraqFlyer.pdf
 50. RadarGolf Inc., 2004, 'RadarGolf's Ball Positioning System' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.radargolf.com/home.asp>
 51. Rao, K.V.S. 1999, 'An overview of backscattered radio frequency identification system(RFID)' Microwave Conference, Volume 3, Issue , 1999 Page(s):746 - 749 vol.3 [Online] Διαθέσιμο σε: <http://ieeexplore.ieee.org/Xplore/login.jsp?url=/iel5/6678/18000/00833700.pdf>
 52. Reva Systems corp, 2007, 'Reva Solution, Food Processing', Reva Systems corp, Germany, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.revasystems.com/html/solutions/food_processing.html
 53. Reva Systems corp, 2007, παρουσίαση προϊόντων, Reva Systems corp, Germany, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.revasystems.com/html/products/tap/overview.html>
 54. RFID Association of Australia, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidaa.org>
 55. RFID Technical Basics [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.aimuk.org/pdfs/Comp04-4.pdf>
 56. RFID Technology for Warehouse and Distribution Operations, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.logisticsit.com/index_files/master.css
 57. Rumitag S.L, 2007, 'Logistics Case Studies', Centro de soporte técnico y distribución para España y Portugal, Barcelona, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.rumitag.com/archivos/industrial/aplicaciones/ru_logistics_web_TI.pdf
 58. Sabri Serkan Basat. 2006, design and characterization of rfid modules in multilayer configurations, Georgia Institute of Technology, USA. [Online] Διαθέσιμο σε: http://etd.gatech.edu/theses/available/etd-11202006-124610/unrestricted/basat_sabri_s_200612_mast.pdf

59. Savi Technology Corporation, 2002, 'Active and Passive RFID: Two Distinct, But Complementary, Technologies for Real-Time Supply Chain Visibility' [Online] Διαθέσιμο σε: <http://logmgt.nkmu.edu.tw/news/articles/White%20Paper-Active%20and%20Passive%20RFID.pdf>
60. Šešlija, D. & Tešić, Z. 2006, 'RFID middleware as a connection between manufacturing processes and enterprise level information system'. Mechanical Engineering Vol. 4, No 1, 2006, pp. 63 – 74. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://facta.junis.ni.ac.yu/facta/me/me2006/me2006-08.pdf>
61. Stevens, J. K. 2006, 'IEEE begins wireless, long-wavelength standard for healthcare, retail and livestock visibility networks' [Online] Διαθέσιμο σε: http://standards.ieee.org/announcements/pr_p19021Rubee.html
62. Susy d'Hont, 1998, 'On the Way to Becoming the Standard for Automatic Retail Fueling', International Newsletter of the Tiris Group, Issue no:18, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ti.com/rfid/docs/manuals/RFIDNews/Tiris_NL18.pdf
63. Tactical Medical Coordination System (TacMedCS), 2006, ScenPro, Inc.Texas, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.scenpro.com/p_tacmed_cs.html
64. Tan, J, Soon. & Chng K, Wei. 2006, 'The Overview of Certification in the Telecommunications Industry and the NOL RFID Performance Test Centre in Singapore' [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.itsc.org.sg/pdf/2_RFID.pdf
65. Texas Instruments Rfid Systems, 2007, 'Case Study: Metal Distributor Leverages RFID; Streamlines Operations and Delivers Superior Customer Service' Texas Instruments Incorporated, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.ti.com/rfid/shtml/news-casestudies-11-13-06.shtml>
66. Texas Instruments, 2004, 'Texas Instruments RFID Products- Series 2000 LF Micro RFID Evaluation Kit', USA, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.ti.com/corp/docs/home.htm>
67. Transponder, smart label, Tag. What's the difference?, 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.morerfid.com/index.php?do=faq&topic=Tag-12&display=RFID>
68. United Parcel Service of America, Inc, 2005, 'RFID in Healthcare –A panacea for the regulations and issues affecting the industry?' UPS Supply Chain Solutions White Paper, USA, [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.ups-scs.com/solutions/white_papers/wp_RFID_in_healthcare.pdf
69. Warrnambool Livestock Exchange, tracking cattle, animals Australia, 2006, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://rfid.idtechex.com/knowledgebase/en/company.asp?companyid=1558&title=Company.+Warrnambool+Livestock+Exchange>
70. Way to Smart SCM - RFID, 2007, Buzzle.com [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.buzzle.com/editorials/5-17-2004-54214.asp>
71. Wyld, D. 2007, Is RuBee the next generation of RFID? [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidnews.org/library/2007/03/15/is-rubee-the-next-generation-of-rfid/>
72. Zebra Technologies, 2005, 'Beaver Street Fisheries Case Study', [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.aimglobal.org/members/news/templates/casestudies.asp?articleid=487&zoneid=25>
73. Άρθρο 'About RFID / Technical Basics' 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/menu/1/30.html>

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

74. Άρθρο 'Standards', 2007. [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.rfidconsultation.eu/menu/28>
75. Άρθρο «13 απαντήσεις αποκωδικοποιούν τον όρο RFID». [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.go-online.gr/ebusiness/legislation/article.html?article_id=1591
76. Δελτίο Τύπου «Το πρωτόκολλο RFID Gen 2 EPC έγινε αποδεκτό ως ISO 18000-6C», Τετάρτη, 26 Ιουλίου 2006 [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.presspoint.gr/release.asp?id=93176>
77. Εθνική Επιτροπή Τηλεπικοινωνιών και Ταχυδρομείων, 2007, [Online] Διαθέσιμο σε: <http://www.eett.gr/EETT>
78. Σμπυράκης Σ., 2006, 'Τεχνολογίες RFID στην Ελληνική Πραγματικότητα' [Online] Διαθέσιμο σε: http://www.sbyrakis.net/articles/rfid_article_gr.htm

Έντυπη Βιβλιογραφία.

1. Glover, B. Bhatt, H. 2006, 'RFID Essentials', O'Reilly Media, Inc, English
2. Global Commerce Initiative/IBM Cop., 2003, 'Global Commerce Initiative EPC Roadmap', IBM, Germany
3. Limbach, A. M. & Read, R. W. 2003, 'Supply Chain Technology: RFID To Get Boost, But Investment Options Remain Limited', Robert W. Baird & Co. Incorporated, USA.
4. LXE Inc., 2007, 'RFID Technology for Warehouse and Distribution Operations: AN RFID PRIMER', LXE International, Belgium.
5. Pappu, R., 2006, 'The physics of RFID', ThingMagic LLC.
6. Thornton, F. Haines, B. Das Anand, M. Bhargava, H. & Campbell, A. 2006. 'RFID Security: Protect the Supply Chain', Syngress Publishing Inc, Rockland, New York.
7. Zhang T., 2006, 'RFID in hospital', Ucla,
8. Κουρουθανάσης, Π. & Ζειμπέκης, Β. 2004, 'Τεχνολογίες αυτόματης αναγνώρισης προϊόντων για την ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας', EbusinessForum, Αθήνα.
9. Πατσυλινάκος, Τ., 2006, 'Πληροφοριακά Συστήματα Supply Chain Management & Supply Ολικής Ιχνηλασιμότητας', NANTIS corp.
10. Σημειώσεις του διδάσκοντα κ. Ι. Γ. Κονταράτου, στα πλαίσια του μαθήματος «Logistics Διανομών», στο 3ο εξάμηνο σπουδών του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών στη «Διοίκηση και Οργάνωση Βιομηχανικών Συστημάτων, με ειδικευση Logistics»

Άρθρα περιοδικών.

1. Άρθρο «RFID: Αυτοματοποιεί τα logistics», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 46, Μάιος 2006, σελ. 108-110.
2. Άρθρο «Ζωντανές ετικέτες στην καρδιά της αποθήκης», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 41, Δεκέμβριος 2005, σελ. 78-79.
3. Άρθρο «Πιλοτικό πρόγραμμα RFID», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 41, Δεκέμβριος 2005, σελ. 16.
4. Άρθρο «Συσκευασία / Εφαρμογές για διαχείριση φορτίων», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 48, Ιούλιος-Αύγουστος 2006, σελ. 82-86.
5. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Από τους γραμμωτούς κώδικες στην RFID», Περιοδικό "Logistics & Management", τεύχος 29, Σεπτέμβρης - Οκτώβρης 2004, σελ. 40-42.

11. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Έξυπνο Σούπερ Μάρκετ», Περιοδικό “Logistics & Management”, τεύχος 29, Σεπτέμβρης – Οκτώβρης 2004, σελ. 44-46.
7. Αφιέρωμα «EXTRA / Ιχνηλασιμότητα Προϊόντων», Άρθρο «Η αλυσίδα παραγωγής σε «χάρτη» ακριβείας», Περιοδικό “Logistics & Management”, τεύχος 29, Σεπτέμβρης – Οκτώβρης 2004, σελ. 34-36.

Πανεπιστήμιο Πειραιώς

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α΄

Λίστα διεθνών προμηθευτών hardware εξοπλισμού RFID.

Όνομα προμηθευτή	Κύρια Προϊόντα	Τοποθεσία
<u>AAID Security Solutions, Inc.</u>	Συστήματα παρακολούθησης εξοπλισμού	USA
<u>ACG Identification Technologies GmbH</u>	Fixed και handheld reader	Germany
<u>Advanced ID Corporation</u>	Tag παρακολούθησης ζώων	Canada
<u>AdvantaPure</u>	RFID tags	USA
<u>Aethon</u>	Ρομποτικά συστήματα	USA
<u>Alien Technology</u>	RFID microchips, tag, reader	USA
<u>Applied Wireless Identification Systems (AWID)</u>	Fixed και handheld reader	USA
<u>Arcontia AB</u>	smart card readers και τερματικά	Sweden
<u>ASK</u>	Tag,	France
<u>Atmel Corporation</u>	Εξαρτήματα RFID και αισθητήρες	
<u>AVANTE International Technology, Inc.</u>	RFID συστήματα ανάκλησης προϊόντων	
<u>Avery Dennison</u>	Tag, Printed RFID ετικετών	USA
<u>Avnet</u>	RFID tag	USA
<u>Berkeley Varitronics Systems</u>		United States
<u>BROOKS RFID Division</u>	LF και HF fixed και handheld reader	Germany
<u>Bulldog Technologies</u>	Ασύρματα συστήματα ασφαλείας	Canada
<u>Bundesdruckerei GmbH Berlin</u>	RFID ID, συστήματα ασφαλείας	Germany
<u>BuyRFID.com</u>	Reader, tags, antennas, printers	USA
<u>CAEN</u>	Fixed reader	Europe
<u>Card System Technologies, Inc</u>	RFID reader / tag	
<u>Cathexis</u>	Mobile RFID reader	Canada
<u>CCL Label</u>	Ετικέτες	Canada
<u>Checkpoint Systems</u>	Εφαρμογές εφοδιαστικής αλυσίδας	USA
<u>Clyde Technologies</u>	Readers, tags, cards,	South Africa
<u>Control</u>	Εξοπλισμός δικτύων	
<u>Confidex</u>	Σχεδιασμός RFID συστημάτων	Finland
<u>CopyTag</u>	Tags, Readers	UK
<u>DAG Systems</u>	Βιομηχανία αθλητικών συστημάτων παρακολούθησης	France
<u>Datamax</u>	Printer	USA
<u>Elektrobit Plc.</u>		Finland
<u>Escort Memory Systems (EMS)</u>	Fixed reader	USA

Feig Electronic	Reader	
FKI Logistex	Integration	USA
G2 Microsystems	Συστήματα ενεργής παρακολούθησης εξοπλισμού, ασύρματα δίκτυα	USA
GAO RFID Inc.	RFID hardware	Canada
GAO Tek Inc.	RFID hardware	Canada
George Schmitt & Co. Inc.	Προγραμματισμός RFID chip, RFID ετικέτες	USA
Hanita Coatings RCA Ltd	UHF και HF Antennas για RFID tags	Israel
IDENTEC SOLUTIONS	active reader και tag	Canada
Impinj	tag	USA
Indala Corporation	Καρτέ ασφαλείας και RFID Readers	USA
InkSure Technologies Inc.	Συστήματα ασφαλείας	USA
InnerWireless, Inc.	Πραγματικού χρόνου συστήματα ιχνηλάτευσης	USA
Innovision Research & Technology plc	NFC chips	United Kingdom
Intel	RFID chip για reader	USA
Intelleflex	tags, readers	USA
Intermec Technologies	Reader, tag, integration	USA
Intuitek	Tags	USA
iPico Identification	Fixed reader	South Africa
KSW Microtec AG	RFID chip	Germany
Label Printers Barcode and Scales	Readers, Tags	USA
LXE	RFID hardware	USA
Magellan Technology	RFID chips,	Australia
Metalcraft, Inc.	RFID ετικέτες	USA
metraTec RFID Solutions	Readers,	Germany
Microchip	Reader	
MIKOH Corporation	RFID tags	Australia
MIKOH Corporation Limited	RFID tags	Australia
MPI Label Systems	Ετικέτες	USA
Multispectral Solutions, Inc.	Συστήματα RFID	USA
Nordic ID	RFID handheld reader	FINLAND
NovaCentrix		USA
NXP Semiconductors	ημιαγωγοί	
OEM Group Ltd.	Συστήματα ασφαλείας	UK
Omnia Technologies Pvt. Ltd.	Tags – LF, HF & UHF	INDIA
OMNIKEY GmbH	RFID reader / tag	Germany
OMRON Electronics	Fixed reader	USA
Orizin Technologies Pvt Ltd	HF readers, antennas, UHF readers - antennas	India
Paxar	Printer	USA
Philips Semiconductors	RFID tag	The Netherlands
Plastic Logic Limited	Τερματικά συστήματα	U.K.

Power Paper	Ετικέτες, active tag	ISRAEL
PowerID Ltd.	passive UHF RFID chip	ISRAEL
Precision Dynamics Corporation (PDC)	Ετικέτες	USA
Printronix	Printer	USA
PSC Inc.	Reader, integrated	USA
Psion Teklogix	Handheld reader	Canada
QI Systems Inc.	Συστήματα παρακολούθησης	USA
Quatech, Inc.	Δικτυακά συστήματα	USA
R and V Group	RFID tag	USA
R. Moroz Ltd. - RFID Canada	RFID Tags, Readers, Antennas, και Integration	Canada
RapidRadio Solutions Private Limited	RFID Hardware	India
RCD Technology	RFID tag	USA
Remote Identity, LLC	RFID ετικέτες, Cards, tag, Printing	USA
Repacorp Label Products	RFID label	USA
RF IDEas	readers	USA
RF Ident Sdn Bhd.	reader	Malaysia
RFID Inc.	RFID hardware	USA
RFID Indonesia, PT	Reader, antenna, tag, ERP/CRM/WMS,	Indonesia
RFID Sources Corporation	Smart cards	Taiwan
RFTechnics	RFID antenna	UK
RightTag	Handheld reader	USA
SAG - Securitag Assembly Group Co., Ltd.	RFID tag	Taiwan, R.O.C.
SAMsys Technologies Inc.	Fixed reader	Canada
SATO America Inc.	Printer	Global
Secura key	Smart cards	USA
SICK AG	RFID hardware	Germany
Siemens	Integration	
SkyeTek	Reader Technology	United States
Smartcode Corporation	Συστήματα παρακολούθησης ζώων.	USA
Socket Communications, Inc.	Handheld reader	USA
Sokymat	RFID tags	Global
Specialty Labels, Inc	Ετικέτες ασφαλείας.	USA
STid	Reader	France
STMICROELECTRONICS	Reader	Switzerland
Symbol Technologies	Fixed / handheld Reader, tag, integration	USA
Tagsys	tags, readers, antennas	USA
TECTUS Transponder Technology GmbH	RFID Tags and Readers	Germany
Texas Instruments RFID Systems	Tag, reader, integration	USA
ThingMagic	Fixed reader	USA
Tracient Technologies	HF / UHF Readers	New Zealand

Trolley Scan (pty) Ltd.	Readers, Tags	South Africa
Two Technologies, Inc.	Handheld reader	USA
Ubisense	RTLS / UWB προϊόντα	
Unified Transponder Concepts	Συστήματα RFID	Canada
UPM Rafsec	Tag	Finland
VendingData Corporation	RFID chips	USA
VeriChip Corporation	RFID microchip	USA
Wavetrend Technologies	Reader	UK
WhereNet Corp.	Active solution	USA
Wireless Dynamics	SDiD 2010	Canada
Wireless Facilities, Inc.	Handheld reader	USA
WJ Communications	RFID reader	USA
Wontec International Co., Ltd.	RFID OEM tag	Taiwan
Worldlabel.com	RFID label	USA
Zebra Technologies	Printer	USA

Λίστα διεθνών προμηθευτών software- middleware RFID εξοπλισμού.

Όνομα προμηθευτή	Κόρια Προϊόντα	Τοποθεσία
3RFID CWS – 3RFID MWS	3 RFID mobile εφαρμογές	Italia
Accellos Inc	3PL, εφαρμογες logistics	USA
Accu-Sort Systems, Inc.	Σχεδιασμός και εγκατάσταση RFID software	USA
Alanco Technologies	RFID tracking	USA
Alvin Systems	RFID software	Turkey
BEA Systems	RFID Middleware	USA
Blackbay	Mobile RFID Solution	New Zealand
Catalyst International	RFID solution	USA
Cisco Systems, Inc.	Middleware	USA
Core Projects & Technologies	Εφαρμογές RFID	India
Ekahau	real-time location system, asset tracking	USA
Fluensee, Inc.	RFID παρακολούθηση εξοπλισμού	USA
Globeranger	Middleware	USA
HighJump Software	Εφαρμογές ενοποίηση Supply chain	USA
i-Konect	RFID middleware ανοιχτού κώδικα	USA
InfoLogix	RFID, Wireless, συστήματα παρακολούθηση νοσοκομείων	USA
inLogic, Inc.	RFConnect.NET	USA
Integrated Business Systems and Services, Inc. IBSS	RFID middleware	USA
IntelliTrack, Inc.	RFID software	USA
Library Automation Technologies Inc. (LAT)	Συστήματα αυτόματης εξυπηρέτησης σε βιβλιοθήκες	USA

logicAlloy, Inc.	RFID middleware ανοιχτού κώδικα	USA
Mobile Aspects	Συστήματα για νοσοκομειακά ιδρύματα	USA
MyDealerLot	RFID/RTLS για αυτοκινητοβιομηχανίες	USA
Narian Technologies	Λύσεις NFC	USA
OATSystems	OAT πλατφόρμες.	USA
ODIN technologies	Σχεδιασμός και εγκατάσταση RFID software	USA
Optio Software, Inc.	RFID εφαρμογές για νοσοκομειακά ιδρύματα	USA
Oracle	Βάσεις δεδομένων και αισθητήρες	USA
PanGo Networks, Inc.	Σύστημα ασυρμάτων δικτύων	USA
Panorama Software	RFID Integration	Canada
Patient Care Technology Systems	Συστήματα παρακολούθησης ασθενών	USA
PINC Solutions	Πλατφόρμες RFID	USA
Progress Software Corporation	SOA RFID integration	USA
Retalix	RFID software	Israel
Reva Systems	Middleware	USA
SAP AG	middleware	Germany
Shipcom Wireless	Middleware	USA
SkandSoft Technologies	Middleware	India
SSA Global	Software	USA
Starthis, inc.	RFID Integration	USA
SUN Microsystems	Middleware	USA
Supply Insight Inc	Middleware	USA
Sybase iAnywhere	RFID λύσεις	USA
Synergex Corporation	RFID NFC λύσεις	Canada
SYSTECH International	RFID συστήματα παρακολούθησης	USA
TrueDemand, Inc.	Middleware	USA
Verisign	Παροχές EPC	USA
Visonic Technologies Ltd.	Tags, Readers, Software	Israel
Vue Technology, Inc.	Εφαρμογές RFID σε επίπεδο προϊόντος	USA
Wtek AS	Απαιτητικές Εφαρμογές RFID	Norway

Λίστα διεθνών προμηθευτών integration- reader εξοπλισμού RFID.

Όνομα προμηθευτή	Κύρια Προϊόντα	Τοποθεσία
3M Library Systems	Συστήματα διαχείρισης σε βιβλιοθήκες	USA
AC Corporation	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	Philippines
Accenture	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	
Acsis, Inc	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	USA
ActiveWave	προϊόντα Software	USA
Actvalue Consulting & Solutions	RFid Middleware.	ITALY

<u>Advanced Applied Radio Frequency Identification (AARFID)</u>	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	USA
<u>AeroScout</u>	Συστήματα πραγματικού χρόνου τοποθέτησης	USA
<u>Airgate Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	USA
<u>Aladdin Knowledge Systems</u>	Software ψηφιακής διαχείρισης	USA
<u>Alexander Resources</u>	συμβουλευτικά προγράμματα για RFID εφαρμογές	USA
<u>Apriso</u>	Δικτυακά πληροφοριακά συστήματα	
<u>Avante</u>	Smart card	USA
<u>AXCESS Inc.</u>	Συστήματα διαχείρισης πάγιου εξοπλισμού	USA
<u>Bearing Point</u>	προϊόντα ενοποίησης εξοπλισμού	USA
<u>BearingPoint, Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Blackroc Technology Ltd.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	UK
<u>Blue Vector Systems</u>		USA
<u>BlueBean LLC.</u>	συμβουλευτικές υπηρεσίες για RFID	USA
<u>BlueStar</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	United States
<u>Cactus Commerce Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Canada
<u>CAPE Systems</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>CDO Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>ChemSW, Inc.</u>	RFID mobile εφαρμογές	USA
<u>Communications Intelligence</u>	Πλατφόρμα SignatureOne	USA
<u>ConnecTerra</u>	Middleware	USA
<u>CSC</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>CYBRA Corporation</u>	IBM προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Data Systems International</u>	software λύσεις	USA
<u>Databac Group</u>		
<u>Datastrip Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>DC Logistics</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>DETECON, Inc.</u>	συμβουλευτικές υπηρεσίες	USA
<u>Digital Angel Corporation</u>	Παρακολούθηση πάγιου εξοπλισμού	USA
<u>Domino Integrated Solutions Group</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	UK
<u>enLabel Global Services</u>	Ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης	USA

<u>Epic Data International Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Canada
<u>FileTrail, Inc.</u>	UHF RFID συστήματα παρακολούθησης	USA
<u>Franwell, Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Frequency Ware inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Canada
<u>GrowSafe Systems</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Canada
<u>GT Nexus</u>	Συστήματα ενοποίησης supply chain	Global
<u>GXS</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>HP</u>	Δικτυακά συστήματα	USA
<u>Hypercom</u>		USA
<u>i-Emanate System Consulting</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>IBM</u>	Ενοποίηση πληροφοριακών συστημάτων	Global
<u>IDentiTRAK Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>IDmicro, Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Global
<u>IDVelocity</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>iGPS Company, LLC</u>	RFID-tagged	USA
<u>Indigo Information Systems Pvt. Ltd.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	INDIA
<u>Infosys Technologies Ltd.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Integral RFID</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Global
<u>Intellident Ltd.</u>	RFID λύσης	UK
<u>Intelligent Systems</u>		USA
<u>IntelliMark</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>ISR Solutions</u>	Διαχείριση πάγιου εξοπλισμού	USA
<u>KeyTone Technologies Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού για προϊόντα υγείας	
<u>Lowry Computer Products</u>	Ετικέτες	USA
<u>Manhattan Associates</u>	Συστήματα ενοποίησης supply chain	USA
<u>MD SOLUCIONES DE IDENTIFICACIÓN</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	
<u>Miles Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>NCR Corporation</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>NextPoint Solutions</u>	RFID εφαρμογές	Spain - España

<u>NJE Consulting Inc.</u>	Ενοποιημένα συστήματα RFID	Canada
<u>Northern Apex -RFID</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>One Network Enterprises</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Ozburn-Hessey Logistics</u>	RFID και Supply Chain Management εφαρμογές	USA
<u>Patni Computer Systems Limited</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	India
<u>Primary Tracking, LLC</u>	Συστήματα παρακολούθησης αποθεμάτων	USA
<u>Provia Software</u>	Συστήματα διαχείριση αποθηκών	USA
<u>Red Prairie</u>	Συστήματα ενοποίησης supply chain	USA
<u>RF Code</u>	Fixed reader, software	USA
<u>RFID Consultores</u>	Σχεδιασμός software RFID εφαρμογών	Colombia, South América
<u>RFID Global Solution</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>RFID Logic</u>	RFID Middleware	USA
<u>RFID LTD</u>		USA
<u>RSI ID Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Rush Tracking Systems</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Savi Technologies</u>	Reader,	USA
<u>ScoringSystem</u>		USA
<u>ScoringSystem, Inc.</u>	Συστήματα RFID παρακολούθησης ζώνων	USA
<u>SecureRF</u>	Συστήματα ασφαλείας	USA
<u>Seeburger</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Germany
<u>Ship2Save.com</u>	Operation Management System	Canada
<u>Sirit Technologies</u>	Reader,	Canada
<u>Store Kraft</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	
<u>SupplyScape</u>	Εφαρμογές RFID	USA
<u>Syscan International</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Global
<u>Tagmaster</u>	Παρακολούθηση πάγιου εξοπλισμού	Sweden
<u>Tagstone</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	
<u>TATA CONSULTANCY SERVICES</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	Global
<u>Terso Solutions, Inc.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Torry Harris Business Solutions</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>TR3 Solutions</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA

<u>TransCore</u>	Συστήματα παρακολούθησης οχημάτων	USA
<u>Transpond Global Solutions</u>	Συστήματα παρακολούθησης αποθεμάτων	USA
<u>Traxus Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>TrenStar, Inc.</u>	outsourcing	USA
<u>Tyco Sensormatic</u>	Reader, software	
<u>Unified Barcode & RFID</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Unisys Corporate</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Universal Guardian Holdings, Inc.</u>	Συστήματα ασφαλείας	USA
<u>Vestige Technologies Pvt. Ltd.</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	INDIA
<u>vps ID Systeme GmbH</u>	RFID tracking	
<u>WaveMark, Inc.</u>	RFID tracking	USA
<u>Xterprise</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού	USA
<u>Yash Technologies</u>	προϊόντα ενοποίησης RFID εξοπλισμού και outsourcing	USA

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β΄

Χρήσιμα Links στο Internet σχετικά με θέματα της τεχνολογίας RFID και του κλάδου γενικότερα.

- ✎ <http://www.rfidjournal.com/>
- ✎ <http://www.epcglobalinc.org/>
- ✎ <http://www.aimglobal.org/technologies/rfid/>
- ✎ http://www.pfizer.com/pfizer/subsites/counterfeit_importation/
- ✎ <http://www-1.ibm.com/businesscenter/smb/us/en/solutionsrfid>
- ✎ <http://www.sap.com/community/pub/innovation/rfid/>
- ✎ <http://www.oracle.com/technologies/rfid/>
- ✎ <http://www.sun.com/software/solutions/rfid/>
- ✎ <http://www.intel.com/business/bss/technologies/rfid/>
- ✎ <http://msdn.microsoft.com/canada/rfid/>
- ✎ <http://www.morerfid.com>
- ✎ <http://www.abiresearch.com/>
- ✎ <http://www.easypepc.com>
- ✎ <http://www.proquirecapital.com>
- ✎ <http://www.rfidtribe.com>
- ✎ <http://www.vandagraf.com>
- ✎ <http://www.vdc-corp.com/>
- ✎ www.intermec.com
- ✎ <http://www.lxe.com/us/>
- ✎ <http://www.rfidconsultation.eu>