

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

Τμήμα Διδακτικής της Τεχνολογίας και Ψηφιακών Συστημάτων



**" Μελέτη τεχνολογιών για το Μελλοντικό
internet(Future Internet/Internet of Things)"**

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Σταυρουλάκη Βέρα

Συντάκτης:

Όνομ/μο: Γεωργίου Δήμητρα,

ΜΕ/07081,

e-mail: dimitrageorgiou84@hotmail.com

ΑΘΗΝΑ 2009

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πρόλογος	7
Συνοπτομογραφίες	8
1. Εισαγωγή	9
1.1 Ορισμός του Μελλοντικού Διαδικτύου (Future Internet/Internet of Things)	10
1.2 Ήδη υπάρχουσες εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου.....	12
1.3 Σκοπός (Aim) της και Αντικείμενο (Objective) της Έρευνας	16
1.4 Επισκόπηση Εργασίας.....	14
2. Απαιτήσεις του Μελλοντικού Διαδικτύου.....	18
2.1 Εισαγωγή.....	19
2.2 Εξέλιξη Τεχνολογικών Μέσων	20
2.2.1 Μεγάλος Όγκος Δεδομένων.....	20
2.2.2 Μέγεθος των διασυνδεδεμένων συσκευών	21
2.2.3 Αυτονομία των διασυνδεδεμένων συσκευών	22
2.3 Ενέργεια	22
2.4 Δυνατότητες Ενσωμάτωσης (Συσκευών και Τεχνολογιών)	23
2.5 Καθορισμός Προτύπων (Standardization)	24
2.6 Ταυτοποίηση των Αντικειμένων	25
2.7 Διακυβέρνηση (Governance) του Μελλοντικού Διαδικτύου.....	26
2.8 Θέματα Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας.....	28
2.9 Θέματα Περιβάλλοντος και Οικολογίας.....	31
2.10 Θέματα εξατομίκευσης	32

2.11 Υποστήριξη των καινοτομιών των χρηστών.....	33
3. Τεχνολογίες που καθιστούν δυνατό το Μελλοντικό Διαδίκτυο	35
3.1 Εισαγωγή.....	36
3.2 Ταυτοποίηση Μέσω Ραδιοσυχνότητων (RFID).....	37
3.2.1 Ορισμός	37
3.2.2 Ιστορική Αναδρομή	38
3.2.3 Τρόπος Λειτουργίας	38
3.2.4 Πρότυπα για το RFID	42
3.2.5 Θέματα Ασφάλειας.....	43
3.3 IPv6	44
3.3.1 Ορισμός	44
3.3.2 Λόγοι που οδήγησαν στην δημιουργία του IPv6.....	45
3.3.3 Ο χώρος διευθύνσεων του IPv6.....	46
3.3.4 Η δομή των διευθύνσεων του IPv6	46
3.3.5 Mobile IPv6	48
3.4 Επικοινωνία Μεταξύ Μηχανών (M2M).....	49
3.5 Ασύρματες Επικοινωνίες	50
3.5.1 Εισαγωγή	50
3.5.2 Ευρυζωνικότητα (Broadband).....	51
3.5.3 Πλεονεκτήματα Ασύρματης Ευρυζωνικότητας	51
3.5.4 Ασύρματη Επικοινωνία Κοντινού Εύρους (Near Field Communication)...	52
3.5.5 Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks).....	54

3.6 Τεχνολογίες Προσδιορισμού Θέσης (Location Technology – Positioning Systems)	56
3.6.1 GPS	56
3.6.2 Geotagging	57
3.7 Αισθητές Διεπαφές Χρηστών (Tangible User Interfaces)	58
3.8 Βιομετρικές Τεχνολογίες.....	60
3.9 Τεχνολογίες Συγκομιδής Ενέργειας	62
3.10 Λογισμικό.....	62
4. Πλατφόρμες για το Μελλοντικό Διαδίκτυο.....	66
4.1 Εισαγωγή.....	66
4.2 Ορισμός.....	67
4.3 Χαρακτηριστικά της κάθε πλατφόρμας	68
4.4 Παραδείγματα πλατφορμών του Μελλοντικού Διαδικτύου	71
4.4.1 Εισαγωγή	71
4.4.2 Χαρακτηριστικά παραδείγματα πλατφορμών του Μελλοντικού Διαδικτύου	72
4.4.3 Μελέτη πραγματικής περίπτωσης (NEXOF – EzWeb).....	74
4.5 Αντίκτυπο των πλατφορμών στην Οικονομία και στην Κοινωνία	76
5. Εφαρμογές – Σενάρια	77
5.1 Εισαγωγή.....	77
5.2 Επιχειρηματικός Τομέας	78
5.2.1 Εισαγωγή	78
5.2.2 Εφαρμογές στην παραγωγή και στην πώληση προϊόντων	78

5.2.3 Διάδοση του Μελλοντικού Διαδικτύου μέσω των επιχειρήσεων	80
5.3 Εφαρμογές στην Υγειονομική Περίθαλψη	81
5.3.1 Εισαγωγή	81
5.3.2 Εφαρμογές στη Νοσοκομειακή Περίθαλψη	81
5.3.3 Εφαρμογές στην λήψη φαρμάκων	84
5.4 Εφαρμογές στην Εκπαίδευση	86
5.4.1 Εισαγωγή	86
5.4.2 Προστασία και ασφάλεια μαθητών	86
5.4.3 Βιβλιοθήκες	87
5.5 Προστασία των Ζώων	89
5.6 Μεταφορές (Transportation)	91
5.7 Ταυτοποίηση πολιτών	94
5.8 Συμβολή στην ανάπτυξη του αναπτυσσόμενου κόσμου	97
5.9 Διαδικτυακές κοινότητες και προσωπική διασκέδαση	98
5.10 Παραμετροποίηση των προϊόντων	98
6. Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα	100
6.1 Ανακεφαλαίωση	103
6.2 Χρονοδιάγραμμα	104
Πηγές – Αναφορές	107
Βιβλιογραφία	110

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: εκδόσεις φορτιστών για το προϊόν iPod της Apple. Οι διαστάσεις κάθε νέας έκδοσης σταδιακά μειώνονται.	20
Εικόνα 2: εμφύτευμα αναγνώρισης στο χέρι ενός ατόμου.	29
Εικόνα 3: ετικέτες (tags) RFID.	36
Εικόνα 4: μέγεθος RFID passive tags σε σχέση με το μέγεθος ενός μυρμηγκιού.	38
Εικόνα 5: δομή δικτύου επικοινωνίας μεταξύ μηχανών.	48
Εικόνα 6: τυπική τοπολογία ενός WSN.	54
Εικόνα 7: εικόνα με Geotagging μετα-δεδομένα, καταχωρημένη στην υπηρεσία Google Maps.	56
Εικόνα 8: συστατικά στοιχεία της I/O Brush.	58
Εικόνα 9: η δομή ενός βιομετρικού συστήματος.	60
Εικόνα 10: πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών στην αρχιτεκτονική του Μελλοντικού Διαδικτύου.	65
Εικόνα 11: παράδειγμα χρήσης του EzWeb.	74
Εικόνα 12: η γενική δομή ενός νοσοκομειακού συστήματος, το οποίο χρησιμοποιεί ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (WSN).	82
Εικόνα 13: παράδειγμα χρήσης της NFC για την επιβεβαίωση ενός σκεύασματος.	84
Εικόνα 14: εμφύτευμα RFID στον λαιμό μιας γάτας.	89
Εικόνα 15: RFID ετικέτα τοποθετημένη σε αυτοκίνητο, για την αυτόματη καταβολή φόρων σε ιδιωτικούς αυτοκινητόδρομους.	91
Εικόνα 16: RFID συσκευές ανάγνωσης για την αυτόματη καταβολή φόρων σε αυτοκινητόδρομο.	92
Εικόνα 17: ελληνικό διαβατήριο με βιομετρικές πληροφορίες.	94
Εικόνα 18: χρονοδιάγραμμα για την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου.	105

Πρόλογος

Την σημερινή εποχή το Διαδίκτυο αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της καθημερινής ζωής, ιδιαίτερα στον δυτικό κόσμο. Η διάδοσή του είναι τόσο μεγάλη, ώστε εκείνοι οι οποίοι δεν έχουν πρόσβαση σε αυτό τείνουν να θεωρούνται ότι βρίσκονται σε μειονεκτική θέση σε σχέση με τους υπόλοιπους. Το βάθος στο οποίο έχει εισχωρήσει το Διαδίκτυο στην σημερινή κοινωνία, μας κάνει να καταλάβουμε, ότι δεν είναι δυνατό να συζητήσουμε για αυτό, εάν δεν αναφερθούμε στον ρόλο που διαδραματίζει πλέον σε αυτήν η τεχνολογία.

Η τεχνολογική ανάπτυξη του Διαδικτύου από την δημιουργία του έως σήμερα, επιτεύχθηκε μέσα από μια διαδικασία έρευνας και συνεχόμενων καινοτομιών. Πάρα πολλοί από τους φορείς που δημιούργησαν πρότυπα σημαντικά για την εξέλιξη του Διαδικτύου, αποτελούν μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς, τα μέλη των οποίων πολλές φορές δεν έχουν κανένα οικονομικό όφελος. Το αποτέλεσμα όλων αυτών είναι το Διαδίκτυο με την μορφή που το γνωρίζουμε σήμερα, αποτελώντας μια παγκόσμια κοινωνική και οικονομική κοινότητα.

Το παρόν έγγραφο στοχεύει στην μελέτη της μελλοντικής εξέλιξης κι ανάπτυξης του Διαδικτύου, σε αυτό που ονομάζουμε **Μελλοντικό Διαδίκτυο (Future Internet)**. Σύμφωνα με τις παρούσες προσδοκίες, η εξέλιξη αυτή θα επεκταθεί σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής διασυνδέοντας, όχι μόνο υπολογιστές αλλά πολλών ειδών φυσικά αντικείμενα, δημιουργώντας έτσι ένα **Διαδίκτυο Αντικειμένων (Internet of Things)**. Δεν επικεντρώνεται όμως μόνο στα τεχνολογικά μέσα που θα οδηγήσουν στην εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου, αλλά προσπαθεί να εμβαθύνει στο θέμα από περισσότερες σκοπιές, δίνοντας έμφαση στις εφαρμογές που μπορεί να έχει ένα τέτοιο νέο Διαδίκτυο, αλλά και στις κοινωνικές επιπτώσεις της χρήσης του. Όλα τα παραπάνω ζητήματα λοιπόν, θα αναλυθούν περαιτέρω στα παρακάτω κεφάλαια, δίνοντας πάντα έμφαση στην μελέτη του Μελλοντικού Διαδικτύου ως μια νέας κοινωνικής πραγματικότητας, κι όχι απλά ως ενός νέου κοινωνικού επιτεύγματος.

Συντομογραφίες

Συντομογραφία	Πλήρης Παράθεση Όρου	Μετάφραση
IoT	Internet of Things	Διαδίκτυο των Αντικειμένων
IP	Internet Protocol	Πρωτόκολλο Διαδικτύου
RFID	Radio Frequency Identification	Ταυτοποίηση Μέσω Ραδιοσυχνοτήτων
WSN	Wireless Sensor Networks	Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων
EPC	Electronic Product Code	Ηλεκτρονικός Κωδικός Προϊόντος
CASPIAN	Consumers against Supermarket Privacy Invasion and Numbering	Ένωση Καταναλωτών ενάντια στην επίθεση των Υπερ-Αγορών στην Ιδιωτικότητα
NFC	Near Field Communication	Επικοινωνία Κοντινού Εύρους
GPS	Global Positioning System	Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας
F-O-T Platforms	Federated-Open-Trusted Platforms	Συνεργατικές-Ανοιχτές-Αξιόπιστες Πλατφόρμες
M2M Communication	Machine-to-Machine Communication	Επικοινωνία Μηχανής-με-Μηχανή
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	Παγκόσμια Συμβατότητα για Πρόσβαση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων
TUIs	Tangible User Interfaces	Αισθητές Διεπαφές Χρηστών
PDA	Personal Digital Assistant	Προσωπικός Ψηφιακός Βοηθός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. 1. Εισαγωγή

1.1 Ορισμός του Μελλοντικού Διαδικτύου (Future Internet/Internet of Things)

Η επέκταση του Διαδικτύου είναι μία όλο και πιο πολύ συνεχιζόμενη διαδικασία. Μόλις 25 χρόνια πριν, στην τότε μορφή του Διαδικτύου, ήταν συνδεδεμένοι περίπου 1000 υπολογιστές. Από τότε έως σήμερα, το Διαδίκτυο έχει εξελιχθεί κι έχει επεκταθεί, συνδέοντας δισεκατομμύρια ανθρώπους μέσω υπολογιστών και κινητών συσκευών. Επόμενο βήμα της εξέλιξης αυτής αποτελεί η προοδευτική διαμόρφωσή του από ένα μεγάλο δίκτυο που διασυνδέει υπολογιστές σε ένα δίκτυο που διασυνδέει πολλών ειδών *διαφορετικά αντικείμενα (interconnected objects)*, από βιβλία έως αυτοκίνητα κι από ηλεκτρικές συσκευές έως ήδη ευρείας κατανάλωσης, δημιουργώντας έτσι το **Μελλοντικό Διαδίκτυο (Internet Of Things)**.

Τα αντικείμενα τα οποία θα διασυνδέονται μεταξύ τους, πολλές φορές μπορεί να έχουν τις δικές τους διευθύνσεις IP (IP addresses) και να λειτουργούν αυτόνομα, άλλες φορές μπορεί να αποτελούν συστατικά μέρη περισσότερο πολύπλοκων συστημάτων και μπορεί ακόμα να χρησιμοποιούν αισθητήρες (sensors) για την συλλογή πληροφοριών σχετικές με το περιβάλλον τους. Για παράδειγμα καλάθια τροφίμων μπορεί να διαθέτουν αισθητήρες που καταγράφουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, οι οποίοι με την σειρά τους να ενεργοποιούν το κλιματιστικό του χώρου έτσι ώστε να διατηρούνται όσο το δυνατόν καλύτερα.

Η χρήση των εφαρμογών του Μελλοντικού Διαδικτύου αναμένεται να βελτιώσει όσο το δυνατόν περισσότερο τις σημερινές συνθήκες της καθημερινής ζωής. Διασυνδεδεμένα συστήματα που ελέγχουν την κατάσταση υγείας ασθενών μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα σε μία κοινωνία όπου η μέση ηλικία συνεχώς

αυξάνεται¹. Επίσης Διασυνδεδεμένα μεταξύ τους δέντρα μπορούν να βοηθήσουν στην καταπολέμηση του φαινομένου της *αποψίλωσης (deforestation)*².

Μια άλλη εφαρμογή θα μπορούσε να είναι και η διασύνδεση οχημάτων, κάτι το οποίο μπορεί να βελτιώσει την κίνηση σε μεγάλα αστικά κέντρα, καθώς και την ελάττωση των ρυπογόνων ουσιών (αφού περισσότερος συνωστισμός από αυτοκίνητα οδηγεί στην απελευθέρωση περισσότερων ρύπων). Παρατηρούμε λοιπόν, με βάση τα παραπάνω παραδείγματα, ότι η εν λόγω διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ των παραπάνω φυσικών αντικειμένων, μπορεί να βελτιώσει κατά πολύ το βιοτικό επίπεδο μιας κοινωνίας αλλά και να βρει πάμπολλες εφαρμογές.

Για ολοκληρώσουμε τον ορισμό του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα πρέπει επίσης να επικεντρώσουμε την προσοχή μας σε τρία σημεία που αναδεικνύουν την περίπλοκη φύση του. Αρχικά, δεν θα πρέπει να θεωρήσουμε το Μελλοντικό Διαδίκτυο καθαρά ως μία παραπάνω επέκταση του σημερινού Διαδικτύου αλλά καλύτερα ως ένα νέο Διαδίκτυο, στο οποίο ένας αριθμός από ανεξάρτητα μεταξύ τους συστήματα, τα οποία λειτουργούν το καθένα αυτόνομα, χρησιμοποιούν τις δομές και τις τεχνολογίες του, έτσι ώστε να ανταλλάσσουν πληροφορίες. Κατά δεύτερον, θα πρέπει οι τεχνολογίες που θα υποστηρίζουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο, να είναι διαμορφωμένες με τρόπο τέτοιο ώστε να μπορούν να «συμβιώσουν» με τις ήδη υπάρχοντες αλλά κι αυτές που θα αναπτυχθούν στο μέλλον. Τέλος, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι πολύ περισσότερα από αυτά του σημερινού Διαδικτύου (το οποίο χρησιμοποιεί κατά κόρον το πρωτόκολλο TCP/IP), αφού οι διασυνδεδεμένες συσκευές δεν περιορίζονται μόνο σε υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα. Για τον λόγο αυτό έχουν ήδη αναπτυχθεί πολλά *πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών μηχανών (Machine-to-Machine Communication – M2M)*. Όπως και στην σημερινή μορφή του Διαδικτύου, οι διασυνδεδεμένες συσκευές μπορεί να βρίσκονται συνδεδεμένες μόνο τοπικά ('intranet of things') αλλά και σε καθολικό επίπεδο ('Internet of Things').

Η διάδοση του μελλοντικού Διαδικτύου εξαρτάται όπως είναι φυσικό και από πολλούς παράγοντες³. Ένας από τους κυριότερους είναι ο παράγοντας της «έκτασης»

¹ www.aal-europe.eu/about-aal

² www.planetaryskin.org/

³ <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0594:FIN:EL:HTML>

που έχει πάρει το σημερινό Διαδίκτυο καθώς και η ραγδαία τεχνολογική εξέλιξη των διασυνδεδεμένων συσκευών. Είναι γεγονός ότι ο αριθμός των συσκευών που είναι ήδη διασυνδεδεμένες αυξάνεται καθημερινώς, ενώ το μέγεθός τους μειώνεται δραματικά, πολλές φορές τόσο πολύ, που δεν γίνονται ορατές από το ανθρώπινο μάτι. Η διασύνδεση τέτοιων συσκευών και η επικοινωνία μεταξύ τους, η οποία θα πρέπει να καθοδηγείται από συγκεκριμένα πρωτόκολλα, δεν είναι εύκολο πολλές φορές να καθοριστεί πλήρως. Ένα άλλο θέμα είναι κι αυτό της «κινητικότητας» (*mobility*). Με τον όρο κινητικότητα εννοούμε ότι οι διασυνδεδεμένες συσκευές χρησιμοποιούν ασύρματα μέσα επικοινωνίας (*wireless communication*) και βρίσκονται συνήθως σε κίνηση (για παράδειγμα κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, κτλ.). Το πρόβλημα με τις συσκευές αυτές είναι ότι αφού είναι δύσκολο κάθε φορά να εντοπιστεί πλήρως η θέση τους, πρέπει να καθοριστούν ειδικά διαμορφωμένα πρωτόκολλα για την ασφαλή αποστολή και λήψη δεδομένων μεταξύ τους. Για παράδειγμα, ένα τέτοιο πρωτόκολλο, το οποίο δημιουργήθηκε για να εξυπηρετήσει σκοπούς ευρυζωνικότητας (*broadband*) μεταξύ ασύρματα συνδεδεμένων συσκευών, είναι το WiMAX. Τέλος, έναν επίσης σημαντικό παράγοντα είναι και αυτός της «ετερογενούς φύσης και πολυπλοκότητας» των διασυνδεδεμένων συσκευών, ο οποίος αναφέρθηκε και παραπάνω. Το Μελλοντικό Διαδίκτυο σχεδιάζεται με τρόπο που να επιτρέπει την διασύνδεση πολλών διαφορετικών μεταξύ τους συσκευών. Το γεγονός και μόνο αυτό δημιουργεί μία πρόκληση για τους δημιουργούς του, οι οποίοι θα πρέπει επικεντρωθούν σε θέματα συμβατότητας αλλά και να απαντήσουν σε ερωτήματα, όπως π.χ. στο ποιές συσκευές έχει νόημα να συνδεθούν μεταξύ τους.

Τα παραπάνω παραδείγματα μας δείχνουν ότι το Μελλοντικό Διαδίκτυο, με το πλήθος των εφαρμογών του, μπορεί να βελτιώσει το επίπεδο ζωής των πολιτών μιας κοινωνίας που αποτελεί μέρος του, αφού πολλές διαδικασίες πλέον αυτοματοποιούνται και το κόστος τους με τον τρόπο αυτό μειώνεται. Στα παρακάτω κεφάλαια θα αναφερθούμε αναλυτικά στα επιμέρους θέματα που το αφορούν και θα δούμε πιο πολλές ενδεικτικές εφαρμογές.

1.2 Ήδη υπάρχουσες εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου

Στην ενότητα αυτή αναφέρονται μερικές υπάρχουσες εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου, οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα.

- Τα κινητά τηλέφωνα που προσφέρουν σύνδεση με το Διαδίκτυο έχουν γίνει ιδιαίτερος δημοφιλή τα τελευταία χρόνια. Τα πιο πολλά από αυτά διαθέτουν τεχνολογίες επικοινωνίας μικρού εύρους (π.χ. Bluetooth) ή τεχνολογίες επικοινωνίας κοντινού πεδίου (*Near-Field Communication*)⁴. Ο συγκεκριμένος τρόπος επικοινωνίας, είναι ένας από τους πολλούς που οραματίζονται οι σχεδιαστές και οι αναλυτές του Μελλοντικού Διαδικτύου.
- Πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης έχουν συμφωνήσει για την τοποθέτηση κωδικών με την μορφή barcode σε όλα τα φαρμακευτικά προϊόντα που παράγονται σε αυτές. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατή η εξακρίβωση του κάθε προϊόντος πριν αυτό φτάσει στον ασθενή. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να προληφθούν προβλήματα όπως λάθος χορήγηση φαρμάκων αλλά δίνεται και η δυνατότητα σε προσωπικό υγείας ή ακόμα και στον ίδιο τον ασθενή για την πλήρη πληροφόρηση σχετικά με το φάρμακο που πρόκειται να λάβει⁵.
- Πολλές εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον τομέα της παροχής ηλεκτρικής ενέργειας, έχουν αναπτύξει συστήματα που μετρούν σε πραγματικό χρόνο (real time) την κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος από τον κάθε πελάτη και παρέχουν τις ανάλογες πληροφορίες σε αυτόν αλλά και στην ίδια την εταιρεία. Ακόμη πολλά από τα συστήματα αυτά επιτρέπουν και την εξ' αποστάσεως αλλαγές ακόμη και επιδιορθώσεις στο όλο σύστημα παροχής ηλεκτρικού ρεύματος⁶.
- Μέσα σε παραδοσιακές επιχειρησιακές διαδικασίες (όπως π.χ. τα λογιστικά, η μηχανογράφηση), αυτοματοποιημένα και διασυνδεδεμένα μεταξύ τους αντικείμενα μπορούν να απλοποιήσουν την ανταλλαγή πληροφοριών και να αυξήσουν την αποδοτικότητα του κύκλου παραγωγής.

⁴ www.nfc-forum.org/home

⁵ www.efpia.eu/Content/Default.asp?PageID=566

⁶ www.esma-home.eu/default.asp

Όπως είναι φυσικό, όλες οι παραπάνω εφαρμογές προϋποθέτουν την εφαρμογή μιας μεγάλης γκάμας επιστημών, οι οποίες δεν μένουν μόνο στα όρια παραδοσιακών τεχνολογικών κλάδων (όπως π.χ. η Πληροφορική, η Ηλεκτρονική, τα Ψηφιακά Συστήματα, κτλ.) αλλά αφορούν επίσης θέματα οικονομίας αλλά και θέματα κοινωνικά. Όλα αυτά και ιδιαίτερα ο τεχνολογικός τομέας θα αναλυθούν περισσότερο στις παρακάτω ενότητες.

1.3 Σκοπός (Aim) της και Αντικείμενο (Objectives) της Έρευνας

Σε αντίθεση με το σημερινό Διαδίκτυο, όπου η ανάπτυξη του ξεκίνησε από ένα μικρό ερευνητικό δίκτυο, σε τοπικό επίπεδο, το Μελλοντικό Διαδίκτυο φαίνεται ότι θα ακολουθήσει διαφορετική πορεία, ακολουθώντας την εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων τεχνολογιών. Επίσης, η διαδικασία αυτή όπως είναι φυσικό θα είναι σταδιακή κι όχι ακαριαία.

Τίθενται λοιπόν τα ερώτημα, αφού είναι δεδομένη η ανάπτυξη του υπάρχοντος Διαδικτύου στο Μελλοντικό Διαδίκτυο, γιατί είναι απαραίτητη η έρευνα πάνω στην εξέλιξη αυτή και κατά πόσο αυτή είναι εφικτή. Πλέον, η εμβέλεια του Διαδικτύου δεν είναι πλέον τοπική, αλλά παγκόσμια και συνεπώς η όλη διαδικασία της εξέλιξης είναι αρκετά πιο περίπλοκη. Οι σχεδιαστές του Μελλοντικού Διαδικτύου δεν περιορίζονται στα στενά όρια ενός εργαστηρίου ή ενός ερευνητικού κέντρου αλλά θα πρέπει να δώσουν έμφαση σε αρχιτεκτονικές ανθεκτικές στον χρόνο αλλά και συνεχώς μεταβαλλόμενες και δεκτικές προς την ενσωμάτωση (integration) όλο και περισσότερων νέων τεχνολογιών. Η δομή, το μέγεθος και η δυναμική του Μελλοντικού Διαδικτύου θα είναι τέτοια, έτσι ώστε πιθανά αρχιτεκτονικά προβλήματα που δεν ήταν εμφανή στην αρχή, ίσως να αποδειχθούν καταστροφικά με την πάροδο του χρόνου. Επίσης, όπως υποστηρίζουν πολλοί σήμερα, είναι πολλά εκείνα τα χαρακτηριστικά του σημερινού Διαδικτύου, τα οποία θα ήταν πολύ καλύτερα εάν είχε γίνει πιο σωστός σχεδιασμός αρχικά. Συνεπώς η έρευνα για το Μελλοντικό Διαδίκτυο είναι εκτός των άλλων ένας τρόπος για να εντοπίσουμε εκ των προτέρων σημαντικά ζητήματα τα οποία ίσως περνούσαν εξ'αρχής απαρατήρητα.

Επίσης, όπως ήδη αναφέρθηκε, θα πρέπει να καθορίσουμε και το είδος της έρευνας αυτής, δηλαδή την επιστημονική σκοπιά από την οποία θα πρέπει να

εξετάσουμε το όλο ζήτημα. Εκτός φυσικά από την τεχνολογική σκοπιά, η έρευνα θα πρέπει να εστιάσει και σε κοινωνικά και οικονομικά ζητήματα. Εν ολίγοις θα πρέπει να εξεταστούν οι τρόποι με τους οποίους θα γίνει η διαχείριση του Μελλοντικού Διαδικτύου, δίνοντας έμφαση σε ζητήματα ιδιοκτησίας, νομοθεσίας, ασφάλειας και ιδιωτικότητας. Επίσης σημαντικός θα πρέπει να είναι και ο ρόλος του στην περαιτέρω ανάπτυξη των ήδη αναπτυσσόμενων κοινωνιών, απλοποιώντας διαδικασίες (π.χ. γραφειοκρατικές διαδικασίες) και μειώνοντας παράλληλα το κόστος. Για παράδειγμα στην Ινδία, η οποία αποτελεί μία αναπτυσσόμενη χώρα, έχει χρηματοδοτηθεί από την κυβέρνηση το πρόγραμμα *Sakshat*⁷, το οποίο προσφέρει μία μικρή υπολογιστική συσκευή, η οποία έχει δυνατότητες ασύρματης δικτύωσης (Wi-Fi), σε κάθε πολίτη με τιμή περίπου τα 10 δολάρια.

Με βάση τα παραπάνω λοιπόν, μπορούμε να καθορίσουμε συγκεκριμένα τα επιμέρους αντικείμενα της παρούσας έρευνας, τα οποία θα αναλυθούν στα παρακάτω κεφάλαια:

Αντικείμενο-Στόχος-1:

Μελέτη της βιβλιογραφίας που αφορά το Μελλοντικό Διαδίκτυο και περαιτέρω ανάλυση των βασικών του στοιχείων. Θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα σημεία τα οποία το διαφοροποιούν από το Διαδίκτυο στην σημερινή του μορφή καθώς και στις νέες εφαρμογές του.

Αντικείμενο-Στόχος-2:

Ανάλυση των απαραίτητων απαιτήσεων για την δημιουργία (ή καλύτερα μετάβαση) του Μελλοντικού Διαδικτύου. Δίνεται έμφαση τόσο σε ζητήματα τεχνολογίας όσο και σε ζητήματα οικονομικής και κοινωνικής φύσεως.

Αντικείμενο-Στόχος-3:

Λεπτομερής αναφορά των κυριότερων τεχνολογιών πάνω στις οποίες θα βασιστεί το Μελλοντικό Διαδίκτυο και ανάλυση των χαρακτηριστικών της λειτουργίας τους. Εδώ θα πρέπει να δοθεί έμφαση στις τεχνολογίες οι οποίες εξελίχθηκαν τα τελευταία χρόνια καθώς και σε αυτές που βρίσκονται σε στάδιο έρευνας κι εξέλιξης.

⁷ <http://www.sakshat.ac.in/>

Αντικείμενο-Στόχος-4:

Παρουσίαση των εφαρμογών που έχουν οι παραπάνω τεχνολογίες δίνοντας έμφαση στο πως αυτές μπορούν να βελτιώσουν ήδη υπάρχοντες. Παρουσίαση επίσης κάποιων ήδη διαθέσιμων εφαρμογών, οι οποίες έχουν βασιστεί στην φιλοσοφία του Μελλοντικού Διαδικτύου.

Αντικείμενο-Στόχος-5:

Ανάλυση και σχολιασμός των δεδομένων που προέκυψαν από την έρευνα κι εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων.

1.4 Επισκόπηση Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια, τα θεματικά αντικείμενα των οποίων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω.

Στο κεφάλαιο 1 γίνεται μια εισαγωγή στο θεματικό αντικείμενο της μελέτης και παρουσιάζεται η δομή της, ο σκοπός της έρευνας και οι προσδοκώμενοι στόχοι αυτής. Δίνεται επίσης ένας πλήρης ορισμός για τον όρο του Μελλοντικού Διαδικτύου και αναφέρονται ενδεικτικά κάποιες εφαρμογές του.

Στο κεφάλαιο 2 αναφέρονται όλα εκείνα τα στοιχεία τα οποία είναι απαραίτητα έτσι ώστε το Μελλοντικό Διαδίκτυο να μπορεί καταρχάς να γίνει πραγματικότητα και στην συνέχεια να επεκταθεί και να εξελιχθεί. Μελετάται κυρίως η κοινωνική σκοπιά του θέματος και αναλύονται ζητήματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας.

Στο κεφάλαιο 3 γίνεται μια περιγραφή των πιο βασικών τεχνολογιών που είναι απαραίτητες και θα παίξουν σημαντικό ρόλο για την εγκαθίδρυση του Μελλοντικού Διαδικτύου. Έγινε προσπάθεια έτσι ώστε μελέτη να επικεντρωθεί στις πιο πρόσφατες τεχνολογίες και εξελίξεις χωρίς όμως να παραγκωνίζει και τις υπόλοιπες.

Στο κεφάλαιο 4 γίνεται μια αναφορά στις πλατφόρμες του Μελλοντικού Διαδικτύου, πάνω στις οποίες θα γίνει ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εκτέλεση όλων εκείνων των «έξυπνων» εφαρμογών που οραματίζονται οι σχεδιαστές του.

Στο κεφάλαιο 5 περιγράφονται οι πιο σημαντικές από τις εφαρμογές που μπορούν να έχουν οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου, δίνοντας έμφαση κυρίως στους τομείς της οικονομίας και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής.

Στο κεφάλαιο 6 γίνεται μια ανασκόπηση των παραπάνω κεφαλαίων και παρουσιάζονται τα συμπεράσματα από την συνολική μελέτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

2. Απαιτήσεις του Μελλοντικού Διαδικτύου

2.1 Εισαγωγή

Για την επιτυχή μετάβαση και εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα πρέπει εξ'αρχής να γίνει λεπτομερής έρευνα πάνω σε πολλούς τομείς του, έτσι ώστε να καταγραφούν οι απαιτήσεις που θα πρέπει να πληρούνται. Επειδή, όπως αναφέρθηκε η δομή του Μελλοντικού Διαδικτύου θα είναι πλήρως δυναμική και γιγαντιαία σε μέγεθος και σε εξάπλωση, και θα έχει ιδιαίτερη σημασία η αρχική αρχιτεκτονική σχεδίαση αυτού. Το Μελλοντικό Διαδίκτυο θα πρέπει να ικανοποιεί κάποιες απαιτήσεις, οι οποίες αποτελούν τα πρώτα στοιχεία που θα πρέπει να λάβουν υπ' όψιν οι σχεδιαστές του. Οι τομείς τους οποίους θα εξετάσουμε, όσον αφορά τις απαιτήσεις που θα πρέπει να ικανοποιούνται σε κάθε έναν από αυτούς, είναι οι παρακάτω:

- Εξέλιξη Τεχνολογικών Μέσων
- Ενέργεια
- Δυνατότητες Ενσωμάτωσης (Συσκευών και Τεχνολογιών)
- Καθορισμός Προτύπων (Standardization)
- Ταυτοποίηση των Αντικειμένων
- Διακυβέρνηση (Governance) του Μελλοντικού Διαδικτύου
- Θέματα Ασφαλείας και Ιδιωτικότητας
- Θέματα Περιβάλλοντος και Οικολογίας

Στις παρακάτω ενότητες θα αναλύσουμε τους τομείς αυτούς και θα αναφερθούμε στα σημαντικότερα χαρακτηριστικά τους.

2.2 Εξέλιξη Τεχνολογικών Μέσων

2.2.1 Μεγάλος Όγκος Δεδομένων

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει γνωστός ο όρος της *πλημμύρας δεδομένων (exaflood)*. Ο όρος αυτός αναφέρεται στον μεγάλο όγκο δεδομένων (ψηφιακών δεδομένων) τα οποία αποθηκεύονται και ανταλλάσσονται μέσω του Διαδικτύου. Ενδεικτικά και μόνο, πολλοί αναλυτές προβλέπουν¹ ότι περίπου το έτος 2015, περισσότερα από 220 Exabyte's (2 εις την 60^η bytes) δεδομένων θα βρίσκονται αποθηκευμένα. Ο μεγάλος όγκος δεδομένων όμως δεν αφορά μόνο τα αποθηκευτικά μέσα, αλλά και τα μέσα μεταφοράς τους. Η ανάγκη για ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων σχεδόν σε συνθήκες πραγματικού χρόνου (οι χρήστες πλέον δεν είναι συνηθισμένοι στο να περιμένουν για να παρακολουθήσουν ένα video) κάνει τον παράγοντα των φυσικών μέσων μεταφοράς εξίσου σημαντικό. Ένας τέτοιος αριθμός δεν είναι δυνατό να υποστηριχθεί από τις σημερινές δυνατότητες των δικτύων (ρυθμοί μεταφορές, χρόνοι καθυστέρησης, κτλ.) και των αποθηκευτικών μέσων. Συνεπώς, υπάρχει μία ανάγκη επανασχεδιασμού από όλους τους εμπλεκόμενους, της αρχιτεκτονικής των δικτύων και των σημερινών αποθηκευτικών μέσων, έτσι ώστε αυτά να έχουν την δυνατότητα υποστήριξης του γιγαντιαίου αυτού πλήθους πληροφορίας.

Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, θα ήταν προτιμότερο να δημιουργηθούν νέοι τρόποι αναζήτησης, αποθήκευσης και μετάδοσης δεδομένων, παρά εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων, αφού ο αριθμός των δεδομένων αναμένεται να αυξηθεί ακόμη περισσότερο με εκθετικούς ρυθμούς. Ένας προφανής λόγος για τον κατακλυσμό αυτόν από ψηφιακά δεδομένα είναι, ο όλο και μεγαλύτερος αριθμός συσκευών που ανταλλάσσουν πληροφορίες με το Διαδίκτυο. Όταν λοιπόν, το Διαδίκτυο Αντικειμένων θα γίνει πλέον πραγματικότητα ο αριθμός των διασυνδεδεμένων αντικειμένων θα αυξηθεί ακόμη πιο πολύ, αυξάνοντας με την σειρά του τον αριθμό των δεδομένων. Συνεπώς η εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων για την διαχείρισή τους είναι ζωτικής σημασίας για το Μελλοντικό Διαδίκτυο.

¹ <http://www.discovery.org/scripts/viewDB/index.php?command=view&id=3869>

2.2.2 Μέγεθος των διασυνδεδεμένων συσκευών

Το όλο και μεγαλύτερο αυξανόμενο πλήθος των συσκευών που προσφέρουν σύνδεση με το Διαδίκτυο, αλλά κυρίως οι ανάγκες των χρηστών, έχουν αναγκάσει πολλές εταιρείες να προχωρήσουν σε σταδιακή μείωση των διαστάσεων των προϊόντων τους (miniaturization).



Εικόνα 1: εκδόσεις φορτιστών για το προϊόν iPod² της Apple. Οι διαστάσεις κάθε νέας έκδοσης σταδιακά μειώνονται.

(Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:4_iPod_Chargers.JPG)

Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις, οι εταιρείες προσπαθούν να διατηρήσουν τα προϊόντα τους σε ένα συγκεκριμένο μέγεθος, προσφέροντας όμως κάθε φορά παραπάνω χαρακτηριστικά (για παράδειγμα το φαινόμενο με τους επεξεργαστές των υπολογιστών). Οι Intel και η AMD προσπαθούν να δημιουργήσουν επεξεργαστές υπολογιστών με το ίδιο πάντα μέγεθος, αλλά με περισσότερη υπολογιστική ικανότητα.

² <http://www.apple.com/ipodnano/>

Το μέγεθος των συσκευών είναι ιδιαίτερα σημαντικό για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, αφού η διασύνδεση των αντικειμένων προϋποθέτει την ύπαρξη εξοπλισμού ιδιαίτερα μικρού σε μέγεθος, ευέλικτου και φθηνού σε κόστος. Συνεπώς η κατεύθυνση αυτή (της όλο και περισσότερης σμίκρυνσης των συσκευών με δυνατότητες δικτύωσης) είναι ιδιαίτερα σημαντική και απαραίτητη.

2.2.3 Αυτονομία των διασυνδεδεμένων συσκευών

Ένα επίσης σημαντικό κι απαραίτητο χαρακτηριστικό των διασυνδεδεμένων συσκευών, θα πρέπει να είναι και η όσο το δυνατόν περισσότερη αυτονομία της λειτουργίας τους. Ο μεγάλος αριθμός συσκευών με δυνατότητες διασύνδεσης, καθώς και η όλο και περισσότερο αυξανόμενη πολυπλοκότητα των μηχανισμών τους, καθιστά δύσκολη την διαχείρισή τους. Συνεπώς είναι αναγκαίο, όλες οι μελλοντικές συσκευές, οι οποίες θα αποτελέσουν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων, να έχουν ενσωματωμένες, έστω και στοιχειωδώς, δυνατότητες αυτό-διαχείρισης, αυτονομίας και αυτό-διάταξης (self-configuration).

2.3 Ενέργεια

Όπως είναι φυσικό, η απαιτούμενη ενέργεια για την λειτουργία των συσκευών που θα αποτελέσουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο θα αυξηθεί δραματικά (αφού θα αυξηθεί δραματικά και ο αριθμός τους). Ήδη σήμερα, πολλά συστήματα του Διαδικτύου (π.χ. Server rooms ή data centers εταιρειών) έχουν φτάσει σε μεγάλα επίπεδα κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και η απόκτηση νέων συσκευών πρέπει αναγκαστικά να ακολουθήσει την απόσυρση κάποιων άλλων.

Η παρούσα τεχνολογία φαίνεται να είναι ανεπαρκής για να υποστηρίξει την υπολογιστική ικανότητα και τις ενεργειακές ανάγκες του προσεχούς μέλλοντος. Επειδή επίσης η αυτονομία των συσκευών είναι κι αυτή ένας σημαντικός παράγοντας, η όλη έρευνα πάνω στον τομέα της ενέργειας θα πρέπει να κινηθεί

περισσότερο σε συστήματα αποθηκευμένης ενέργειας, δηλαδή σε μπαταρίες. Τεχνολογίες που μπορούν να βοηθήσουν προς την κατεύθυνση αυτή είναι οι *κυψέλες καυσίμων*³ (*fuel cells*), οι μπαταρίες ιόντων λιθίου, οι *μπαταρίες πολυμερών λιθίου* (*Lithium Polymer batteries*)⁴ και η εξαγωγή ενέργειας από εναλλακτικές πηγές.

2.4 Δυνατότητες Ενσωμάτωσης (Συσκευών και Τεχνολογιών)

Η λειτουργία του Διαδικτύου Αντικειμένων έχει ως κύριο λόγο τα αντικείμενα κάθε αυτά. Το Μελλοντικό Διαδίκτυο οραματίζεται την διασύνδεση πάρα πολλών αντικειμένων, ετερογενών μεταξύ τους, με την χρήση κατάλληλων συσκευών. Οι συσκευές αυτές, θα πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε η ενσωμάτωσή τους πάνω στα διάφορα αντικείμενα, τα οποία θα μπορεί να είναι μη ηλεκτρονικής φύσεως (π.χ. χαρτί, ξύλο) να είναι εύκολη και χωρίς προβλήματα. Ένα ακόμη θέμα είναι κι αυτό της ανθεκτικότητας των υλικών. Οι συσκευές πολλές φορές, ίσως πρέπει να λειτουργούν σε συνθήκες δύσκολες με βάση τα σημερινά δεδομένα. Για παράδειγμα οι αισθητήρες που παρακολουθούν τα δέντρα ενός δάσους, θα πρέπει να είναι ανθεκτικοί σε ακραίες καιρικές συνθήκες. Τέλος, οι συσκευές εκτός από ευκολίες ενσωμάτωσης θα πρέπει να είναι και οικολογικά ασφαλείς, έτσι ώστε η αλληλεπίδρασή τους με διαφόρων ειδών φυσικά αντικείμενα, να μην αποτελεί κίνδυνο για το περιβάλλον.

Η ενσωμάτωση δεν αφορά όμως μόνο τις συσκευές, αλλά και όλες τις νέες τεχνολογίες και υπηρεσίες που θα δημιουργηθούν στο μέλλον, μετά την εγκαθίδρυση του Μελλοντικού Διαδικτύου. Η συνολική αρχιτεκτονική θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να είναι πάντα δεκτική σε νέες τεχνολογίες, οι οποίες προσθέτουν υπηρεσίες ή εξελίσσουν ήδη υπάρχοντες. Ένα παράδειγμα τέτοιας λογικής είναι και η *SOA* (*Service Oriented Architecture*)⁵. Η SOA αποτελεί μία επιχειρησιακή τεχνική σύμφωνα με την οποία διαφορετικές υπηρεσίες ή διαδικασίες, μπορούν να συνυπάρξουν και να χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία πιο πολύπλοκων

³ <http://tee-milou.kyk.sch.gr/daidalos2005/Fuelcell.htm>

⁴ <http://el.tech-faq.com/lithium-polymer-batteries.shtml>

⁵ <http://opengroup.org/projects/soa/doc.tpl?gdid=10632>

συστημάτων, με την μόνη προϋπόθεση ότι όλες είναι αυτόνομες, δηλαδή καμία δεν χρειάζεται καμία άλλη για να λειτουργήσει σωστά. Το συγκεκριμένο στοιχείο ονομάζεται *loose coupling* και είναι ζωτικής σημασίας για την τεχνική αυτή. Ο τρόπος με τον οποίο οι διαδικασίες αυτές χρησιμοποιούνται για την δημιουργία νέων συστημάτων και εφαρμογών, γίνεται μέσω της διαδικασίας της *ενορχήστρωσης* (*enorchestration*), η οποία ορίζει τους κανόνες και τους τρόπους με τους οποίους οι αρχικές αυτόνομες υπηρεσίες επικοινωνούν και συνυπάρχουν. Παρόμοιες τεχνικές θα αποβούν ιδιαίτερα χρήσιμες για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, όπου το πλήθος των τεχνολογιών θα αυξάνει συνεχώς.

2.5 Καθορισμός Προτύπων (Standardization)

Ο καθορισμός προτύπων επικοινωνίας και οργάνωσης του Μελλοντικού Διαδικτύου (*Standardization*) θα παίξει ένα σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και στην εξάπλωσή του. Πολλά από τα πρότυπα θα είναι εντελώς καινούρια, ενώ κάποια άλλα θα αποτελούν εξέλιξη των ήδη υπαρχόντων. Τα οφέλη τα οποία δημιουργούνται από τον λεπτομερή καθορισμό προτύπων, είναι μεταξύ άλλων τα παρακάτω:

- **Αύξηση της αυτονομίας και των δυνατοτήτων ενσωμάτωσης των συσκευών.** Καλά ορισμένα πρότυπα δεν θα αφήνουν περιθώρια για την δημιουργία προβλημάτων συμβατότητας μεταξύ των διασυνδεδεμένων συσκευών.
- **Μείωση του κόστους από πλευράς των κατασκευαστών.** Κάθε πρότυπο έχει την σημασία των ελάχιστων εκείνων προδιαγραφών που θα πρέπει να πληρεί ένα σύστημα. Συνεπώς, ένας κατασκευαστής μπορεί να επιλέξει την δημιουργία μιας συσκευής, η οποία πληρώντας τις ελάχιστες απαραίτητες προδιαγραφές, να έχει μικρότερο κόστος παραγωγής από μία άλλη με παραπάνω δυνατότητες. Το γεγονός αυτό, δίνει και την απαραίτητη ελευθερία στον καταναλωτή, να επιλέξει το προϊόν που καλύπτει καλύτερα τις ανάγκες του.

- **Δημιουργία συνθηκών υγιούς ανταγωνισμού και πιθανότητες εξέλιξης νέων τεχνολογιών.** Από την στιγμή που όλες οι συσκευές πρέπει να πληρούν κάποιο ή κάποια πρότυπα, η αξιολόγησή τους έγκειται στις παραπάνω δυνατότητες που προσφέρει η κάθε μία. Συνεπώς κάθε κατασκευαστής θα οδηγηθεί σε έρευνα για την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών, οι οποίες θα προσθέτουν νέα ή/και περισσότερα χαρακτηριστικά στα ήδη υπάρχοντα.

Μέσα στην πληθώρα νέων προτύπων που προτείνονται καθημερινά, ίσως το πιο σημαντικό από αυτά είναι το IPv6. Το συγκεκριμένο πρότυπο δίνει την δυνατότητα κατοχύρωσης περισσότερων διευθύνσεων IP από ότι δίνει το παρών πρότυπο IPv4. Η συγκεκριμένη δυνατότητα είναι πολύ σημαντική για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, λόγω του μεγάλου αριθμού διασυνδεδεμένων συσκευών που θα πρέπει να υποστηρίξει. Η λειτουργία του και οι νέες δυνατότητες που προσφέρει το IPv6 θα αναφερθούν αναλυτικά σε παρακάτω κεφάλαιο.

2.6 Ταυτοποίηση των Αντικειμένων

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα για την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου είναι αυτό της *ταυτοποίησης (identification)* των διάφορων αντικειμένων τα οποία πρόκειται να είναι διασυνδεδεμένα μεταξύ τους. Πέρα από την χρήση του πρωτοκόλλου IPv6, το οποίο προσφέρει έναν μεγάλο αριθμό από διευθύνσεις IP, η απόδοση μοναδικών αναγνωριστικών και διευθύνσεων σε αντικείμενα αποτελεί μία δύσκολη διαδικασία. Όποιος και αν είναι ο τρόπος ταυτοποίησης, για να μπορέσει να υποστηρίξει το Μελλοντικό Διαδίκτυο, θα πρέπει να υλοποιεί τουλάχιστον τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Η ταυτοποίηση πρέπει να μπορεί να γίνει από απόσταση μιας και οι περισσότερες συνδέσεις στο Μελλοντικό Διαδίκτυο θα είναι ασύρματες.
- Δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων δεδομένων σε σχέση με πιο παλιές τεχνολογίες (π.χ. Bar Codes).
- Πρέπει να μπορούν να μην είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι, για λόγους κυρίως εργονομίας, αφού θα χρησιμοποιηθούν σε πάρα πολλά αντικείμενα.

- Δυνατότητα προγραμματισμού και διαχείρισης εξ' αποστάσεως
- Επιπρόσθετες λειτουργίες (π.χ. παρακολούθηση και καταγραφή της θερμοκρασίας μέσω αισθητήρων)

Η πιο πολλά υποσχόμενη τεχνολογία είναι αυτής της *RFID (Radio Frequency Identification – Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων)*⁶, η οποία θα αναλυθεί εκτενώς σε παρακάτω κεφάλαια. Η τεχνολογία αυτή υποστηρίζει τα περισσότερα από τα παραπάνω χαρακτηριστικά τα οποία αναφέρθηκαν.

2.7 Διακυβέρνηση (Governance) του Μελλοντικού Διαδικτύου

Οι τεχνολογικές καινοτομίες που θα καταστήσουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο μία πραγματικότητα, θα διαδραματιστούν σταδιακά, ακολουθώντας απλά την ροή των νέων ερευνών και εφαρμογών της επιστημονικής κοινότητας. Παρόλο που το Μελλοντικό Διαδίκτυο έρχεται για να καλύψει υπάρχουσες ανάγκες και να δώσει νέες λύσεις κι εφαρμογές, φέρνει αναπόφευκτα μαζί του κι έναν κύκλο προκλήσεων, που αφορούν ζητήματα διαχείρισης και ασφάλειας. Για παράδειγμα κάποια διασυνδεδεμένα αντικείμενα μπορεί να είναι συνδεδεμένα με εγκαταστάσεις παροχής ενέργειας, με ιατρικά μηχανήματα ή με βάσεις δεδομένων που αποθηκεύουν ευαίσθητα προσωπικά στοιχεία. Πρέπει λοιπόν να διασφαλιστεί, ότι η ανταλλαγή πληροφοριών με τέτοιες συσκευές θα είναι ασφαλής και αξιόπιστη.

Η θέσπιση κανόνων και προτύπων για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, αποτελεί αντικείμενο αυτού που ονομάζεται *Διακυβέρνηση (ή διαχείριση) του Μελλοντικού Διαδικτύου (Governance of Internet of Things)*. Η ανάγκη διακυβέρνησης είναι υπαρκτή λόγω ενός μεγάλου αριθμού ζητημάτων που προκύπτουν από την όλη φιλοσοφία του Διαδικτύου Αντικειμένων. Τα πιο σημαντικά από τα ζητήματα αυτά θα αναφερθούν συνοπτικά παρακάτω.

Από την στιγμή που είναι απαραίτητη η ταυτοποίηση των αντικειμένων μέσω ενός καθολικού και κοινώς αποδεκτού τρόπου ταυτοποίησης και αναγνώρισης (π.χ.

⁶ <http://www.rfidjournal.com/>

RFID), είναι επίσης αναγκαία και η ύπαρξη ενός οργανισμού που θα είναι υπεύθυνος για τα πρότυπα διευθυνσιοδότησης και τους ελέγχους εγκυρότητας. Η απουσία ενός τέτοιου οργανισμού μπορεί να έχει δυσάρεστα αποτελέσματα για το Μελλοντικό Διαδίκτυο. Για παράδειγμα, εάν το ίδιο αντικείμενο έχει την δυνατότητα να φέρει διαφορετικά αναγνωριστικά σε διαφορετικά πλαίσια λειτουργίας, που όμως έχουν κάποια συσχέτιση (έστω και μικρή) μεταξύ τους, τα αποτελέσματα μπορεί να είναι καταστροφικά.

Εκτός από την κεντροποιημένη απόδοση των διευθύνσεων, υπάρχει και η ανάγκη της διαχείρισης των διευθύνσεων αυτών. Για παράδειγμα, υπάρχει η περίπτωση να είναι αναγκαία η απόκρυψη της αναγνώρισης και της ταυτοποίησης κάποιων σημαντικών αντικειμένων (π.χ. συσκευές που διαχειρίζονται το δίκτυο ύδρευσης μίας πόλης) πλην από συσκευές που ανήκουν σε αρμόδιους φορείς. Η διαχείριση της δυνατότητας αυτής, θα πρέπει να γίνεται από μία κεντρική διαχείριση της όλης αρχιτεκτονικής του Μελλοντικού Διαδικτύου, η οποία θα διασφαλίζει την ασφαλή λειτουργία του.

Με δεδομένο επίσης, ότι οι επικοινωνίες του Μελλοντικού Διαδικτύου θα είναι κυρίως ασύρματες, θα πρέπει να υπάρξει ένας μηχανισμός ανάθεσης κι ελέγχου των ραδιοσυχνοτήτων, αφού από ένα σημείο και μετά ο αριθμός τους θα περιορίζεται όλο και περισσότερο. Ήδη προσφέρεται από πολλές εταιρείες παροχής Internet (ISPs) ευρυζωνική ασύρματη συνδρομή στο Διαδίκτυο (*wireless broadband Internet access*) χάρη στο πρωτόκολλο *WiMAX*. Το γεγονός αυτό (της ευρυζωνικής πλέον ασύρματης δικτύωσης) καθιστά απαραίτητη την διακρατική δημιουργία μίας τέτοιας επιτροπής ανάθεσης συχνοτήτων, αφού το εύρος εκπομπής των πομπών αυξάνεται συνεχώς.

Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να διευκρινίσουμε το εύρος της δικαιοδοσίας που θα έπρεπε να έχει μία τέτοια κεντρική διαχείριση του Μελλοντικού Διαδικτύου. Η διαχείριση στην οποία αναφερόμαστε, θα πρέπει να έχει την έννοια της θέσπισης των βασικών κανόνων λειτουργίας και ασφάλειας του Διαδικτύου Αντικειμένων, έτσι ώστε αυτό να μπορεί να λειτουργεί και να εξελίσσεται. Περαιτέρω περιορισμοί ή κανόνες θα αποδίδονται από τις νομικές αρχές κάθε χώρας. Για παράδειγμα σε πολλές χώρες του κόσμου σήμερα^{7 8}, ισχύουν διαφορετικά νομικά πλαίσια για την

⁷ <http://strangemaps.wordpress.com/2007/08/31/170-a-map-of-the-internets-black-holes/>

χρήση του Διαδικτύου, επιτρέποντας περισσότερη ή πιο περιορισμένη πρόσβαση σε κάποιους διαδικτυακούς τόπους. Η δυνατότητα αυτή παρέχεται ακριβώς λόγω της αρχιτεκτονικής του παρόντος Διαδικτύου. Οι πάροχοι υπηρεσιών Internet μπορούν ανά πάσα στιγμή να «φιλτράρουν» το περιεχόμενο των δεδομένων που ανταλλάσσονται μέσω των πελατών τους. Η αρχιτεκτονική λοιπόν, του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να συνεχίζει να υποστηρίζει την δυνατότητα αυτή.

Συνοψίζοντας λοιπόν βλέπουμε, ότι η ανάγκη μιας κεντρικής διαχείρισης του Μελλοντικού Διαδικτύου είναι επιτακτική. Η εφαρμογή της όμως θα πρέπει να διαμορφωθεί λαμβάνοντας υπόψη τουλάχιστον τα παραπάνω βασικά ζητήματα και δίνοντας έμφαση στην δυναμική και στην ευελιξία του Διαδικτύου Αντικειμένων.

2.8 Θέματα Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας

Η προστασία της ιδιωτικότητας και η ασφάλεια των χρηστών (και όχι μόνο), αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό θέμα του Διαδικτύου σήμερα.. Όσο το Μελλοντικό Διαδίκτυο γίνεται σταδιακά πραγματικότητα, υπάρχει ένας αριθμός θεμάτων που αφορούν την ασφάλεια, τα οποία δεν έχουν ακόμη επιλυθεί. Κάθε ένα από αυτά μπορεί να αποτελέσει εν δυνάμει μία σημαντική πρόκληση για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, με δυσάρεστα ίσως αποτελέσματα. Τα εν λόγω ζητήματα περιγράφονται πιο αναλυτικά παρακάτω.

Η κοινωνική αποδοχή του Διαδικτύου Αντικειμένων είναι απόλυτα συνδεδεμένη με τον σεβασμό για την ιδιωτικότητα και την προστασία των προσωπικών δεδομένων, δύο θεμελιώδη δικαιώματα των χρηστών του. Η κατοχύρωση των δικαιωμάτων αυτών θα επηρεάσει πολύ τον τρόπο με τον οποίο το Μελλοντικό Διαδίκτυο ενσωματωθεί στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, ένα σπίτι το οποίο είναι εφοδιασμένο με ένα σύστημα παρακολούθησης υγείας (health monitoring system), μοιραία θα καταγράψει και ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα των κατοίκων. Η δυνατότητα επιλογής της καταγραφής αυτής, η διασφάλιση ότι τα

⁸ <http://www.rferl.org/content/article/1068959.html>

δεδομένα αυτά δεν θα δημοσιοποιηθούν, καθώς και ότι η ασφάλεια του συστήματος δεν θα παρακαμφθεί εύκολα από τρίτους είναι ζωτικής σημασίας για την αποδοχή του συστήματος από τους κατοίκους. Πιο σημαντικό από τα παραπάνω χαρακτηριστικά, ίσως είναι αυτό της δυνατότητας επιλογής της καταγραφής αυτής και γενικότερα της δυνατότητας ελέγχου και παραμετροποίησης του συστήματος. Έρευνες⁹ έχουν δείξει, ότι η παροχή διεπαφής ενός συστήματος με τους χρήστες και η δυνατότητα μερικού ή ολικού ελέγχου του αυξάνουν την εμπιστοσύνη τους προς αυτό κι εν τέλει συντελούν στην αποδοχή του.

Όσον αφορά τον επιχειρηματικό τομέα, η ασφάλεια μεταφράζεται σε διαθεσιμότητα, αξιοπιστία, ακεραιότητα και εμπιστευτικότητα των επιχειρηματικών δεδομένων. Για μία εταιρεία είναι σημαντικό το, ποια άτομα έχουν πρόσβαση στα δεδομένα της και το πως η πρόσβαση αυτή μπορεί να περιοριστεί, έτσι ώστε να μην υπάρξουν διαρροές. Παρόλο που κάτι τέτοιο φαίνεται αρχικά απλό, η φύση και η πολυπλοκότητα μερικών επιχειρηματικών διαδικασιών κάνουν πολλά από τα δεδομένα ευάλωτα (vulnerable) σε επιθέσεις. Η χρήση τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου σε επιχειρήσεις (π.χ. η χρήση αισθητήρων ή άλλων συσκευών που θα αυτοματοποιούν την επικοινωνία ή ακόμα και μερικές επιχειρησιακές διαδικασίες), θα πρέπει να διασφαλίζουν την ασφάλεια των δεδομένων ώστε εν δυνάμει να γίνουν αποδεκτές και χρηστικές.

Τα τελευταία χρόνια αντιδράσεις έχει προκαλέσει και το θέμα της εισαγωγής μικρο-συσκευών ανίχνευσης (*microchip implants*) σε ανθρώπους, τα οποία χρησιμοποιούν την τεχνολογία RFID. Η χρήση συσκευών ανίχνευσης, όπου συνήθως ελέγχονται από δορυφόρο, έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε ζώα¹⁰, για την προστασία ειδών που απειλούνται. Με τον τρόπο αυτό, είναι εύκολος ο εντοπισμός τους και η καταγραφή τους ανα πάσα χρονική στιγμή. Το δυσάρεστο είναι, ότι τα συγκεκριμένα εμφυτεύματα έχουν κατηγορηθεί ότι προκαλούν προβλήματα υγείας^{11 12} σε πολλά από τα ζώα στα οποία εφαρμόστηκαν.

⁹ www.isi.fraunhofer.de/t/projekte/e-fri-swami.htm

¹⁰ http://www.animal-id.com.au/biobond_report.php

¹¹ <http://boingboing.net/2007/09/09/rfid-implants-linked.html>

¹² <http://www.dancewithshadows.com/business/pharma/rfid-tumor.asp>

Όσον αφορά την περίπτωση των ανθρώπων, τα εμφυτεύματα ανίχνευσης έχουν αποτελέσει αντικείμενο διαμάχης μεταξύ πολλών πλευρών. Η εισαγωγή του εμφυτεύματος είναι μία σχετικά εύκολη υπόθεση και γίνεται μέσω μίας σύντομης μικρό-επέμβασης, η οποία το τοποθετεί συνήθως στο χέρι ενός ατόμου (εικόνα 2).



Εικόνα 2: εμφύτευμα αναγνώρισης στο χέρι ενός ατόμου.

(Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:RFID_hand_1.jpg)

Η πιο συνήθης χρήση των εμφυτευμάτων αυτών είναι σε εφαρμογές που αφορούν την υγεία ασθενών. Η εμφύτευση μιας τέτοιας συσκευής σε έναν ασθενή μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση προβλημάτων υγείας, ιδιαίτερα σε ασθενείς με χρόνια προβλήματα. Ήδη, από το 2002 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, προσφέρεται στους πολίτες τέτοια δυνατότητα και περίπου 80 νοσοκομεία την εφαρμόζουν¹³. Σε τέτοιου είδους εμφυτεύματα είναι αποθηκευμένες πληροφορίες που αφορούν το ιστορικό των ασθενών και είναι άμεσα διαθέσιμες στο ιατρικό προσωπικό σε μία πιθανή επείγουσα επίσκεψή του σε ένα νοσοκομείο.

Όπως είναι φυσικό, εκτός από τα πλεονεκτήματά της, η παραπάνω τεχνολογία εγκυμονεί και πολλούς κινδύνους. Οι πληροφορίες οι οποίες αποθηκεύονται σε μία τέτοια συσκευή ανίχνευσης, αποτελούν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα, τα οποία ίσως είναι ευάλωτα σε υποκλοπές από τρίτους. Για παράδειγμα, δεν είναι και τόσο

¹³ <http://www.physorg.com/news69341086.html>

απίθανο, κάποιος που διαθέτει μία συσκευή ανάγνωσης των μικρό-συσκευών, να διαβάσει τις αποθηκευμένες πληροφορίες και στην συνέχεια να δημιουργήσει μία δεύτερη, όμοια συσκευή, την οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει για να υποκλέψει υπηρεσίες της ασφάλειας υγείας του θύματος. Τέτοιες περιπτώσεις οδηγούν στην ανάγκη της ύπαρξης κάποιας μεθόδου κρυπτογράφησης για την ανάγνωση των δεδομένων από τέτοιου είδους συσκευές.

Πιο σημαντικά όμως, είναι τα προβλήματα τα οποία μπορούν να δημιουργήσουν οι μικρο-συσκευές αναγνώρισης στην υγεία του ατόμου που τις φέρει. Άτομα τα οποία έχουν τέτοιου είδους εμφύτευμα, δεν θα πρέπει να χρησιμοποιούν *μηχανήματα Μαγνητικής Τομογραφίας (Magnetic Resonance Imagers – MRIs)*, τα οποία λόγω του ισχυρού μαγνητικού πεδίου που εκπέμπουν μπορεί να καταστρέψουν την συσκευή και να προκαλέσουν προβλήματα υγείας στον φορέα. Τα εμφυτεύματα επίσης έχουν κατηγορηθεί και για την πρόκληση σοβαρών προβλημάτων υγείας¹⁴, όμως κάτι τέτοιο δεν έχει αποδειχθεί επιστημονικά.

Κλείνοντας, θα πρέπει να γίνει σαφές, ότι το πιο σημαντικό σημείο στο συγκεκριμένο ζήτημα, είναι αυτό της προαιρετικής κι όχι υποχρεωτικής χρήσης του εμφυτεύματος από τους πολίτες: τα εμφυτεύματα δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να χρησιμοποιηθούν ως επίσημο μέσο ταυτοποίησης των ανθρώπων στο μέλλον.

2.9 Θέματα Περιβάλλοντος και Οικολογίας

Ένα επίσης σημαντικό θέμα, για το οποίο έχει αρχίσει ήδη να πραγματοποιείται έρευνα [1], είναι κι αυτό που αφορά τα προβλήματα που θα προκαλέσουν στο περιβάλλον οι εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου. Το εν λόγω θέμα αφορά κυρίως τις συσκευές αναγνώρισης (*RFID tags* όπως ονομάζονται) που θα τοποθετηθούν πάνω σε διάφορα αντικείμενα, ώστε να είναι δυνατή η ταυτοποίησή τους. Τα RFID tags είναι συνήθως φτιαγμένα από μεταλλικά υλικά, των οποίων η παρουσία πάνω σε αντικείμενα φτιαγμένα από ανακυκλώσιμα υλικά (γυαλί, πλαστικό, αλουμίνιο, κτλ.) μπορεί να δημιουργήσει δυσκολίες στην ανακύκλωσή

¹⁴ <http://www.naturalnews.com/022467.html>

τους. Πολλοί οργανισμοί και οργανώσεις έχουν αρχίσει ήδη να ασχολούνται με το θέμα αυτό. Πιο συγκεκριμένα, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει αρχίσει την χρηματοδότηση ερευνών [2] που μελετούν την παρουσία των RFID σε αντικείμενα προς ανακύκλωση ως προς τα μειονεκτήματα και τα οφέλη τους. Από την άλλη πλευρά όμως, τα RFID tags μπορούν να γίνουν χρήσιμα κατά την διαδικασία της ανακύκλωσης, αφού είναι δυνατή η πλήρης ταυτοποίηση των αντικειμένων πάνω στα οποία είναι τοποθετημένα και συνεπώς μπορούν να ανακυκλωθούν πιο αποδοτικά.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθούμε και στο θέμα των *ηλεκτρονικών σκουπιδιών (electronic waste)*. Η δημιουργία όλο και περισσότερων ηλεκτρονικών συσκευών, ιδιαίτερα τα επόμενα χρόνια, δημιουργεί ένα μεγάλο πλήθος από ηλεκτρονικά σκουπίδια, τα οποία μπορεί να αποβούν ιδιαίτερα επιβλαβή για την υγεία των ανθρώπων αλλά και για το περιβάλλον [3]. Πολλές είναι οι χώρες που ήδη λαμβάνουν μέτρα για το φαινόμενο αυτό, που κυρίως αφορούν την πληροφόρηση των πολιτών και την δημιουργία ειδικών χώρων για τα ηλεκτρονικά σκουπίδια και απόβλητα.

2.10 Θέματα εξατομίκευσης

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που αναμένεται να απασχολήσει το Μελλοντικό Διαδίκτυο, είναι αυτό της *εξατομίκευσης των υπηρεσιών (personalization of services)*. Με τον όρο εξατομίκευση υπηρεσιών, εννοούμε την προσαρμογή των υπηρεσιών με τρόπο τέτοιο, έτσι ώστε να ικανοποιούν τις ιδιαίτερες ανάγκες και προτιμήσεις του κάθε χρήστη τους. Ο όρος είναι ήδη ευρύτατα γνωστός και χρησιμοποιείται ήδη σε διαδικτυακές εφαρμογές, σε προφίλ διαδικτυακών κοινοτήτων κι άλλων ιστοσελίδων, σε γραφικά περιβάλλοντα χρηστών (GUIs, κτλ.), σε μηχανές αναζήτησης, κτλ.

Η εξατομίκευση που αφορά τις υπηρεσίες του Μελλοντικού Διαδικτύου αναμένεται να είναι διαφορετική σε σχέση με την σημερινή της έννοια. Η πολυπλοκότητα και η ευελιξία των εφαρμογών του Διαδικτύου των Αντικειμένων απαιτεί μια διαφορετική προσέγγιση στο όλο θέμα. Για παράδειγμα, αναμένεται η πρόσβαση στο Διαδίκτυο να είναι διαθέσιμη από μια πληθώρα συσκευών, των οποίων η πρωταρχική χρήση είναι διαφορετική, όπως για παράδειγμα τηλεοράσεις,

ηχητικά συστήματα, κτλ. Η χρήση μιας τέτοιας συσκευής από κάποιον χρήστη για την πρόσβαση στα μηνύματα του ηλεκτρονικού του ταχυδρομείου, απαιτεί και την πρόσβαση σε όλες εκείνες τις ρυθμίσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στο περιβάλλον χρήσης αυτού. Η υποστήριξη των εξατομικευμένων αυτών ρυθμίσεων θα πρέπει να υποστηρίζεται από όλες τις συσκευές. Συνεπώς, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί έρευνα στην κατάλληλη αρχιτεκτονική για τέτοιου είδους δυνατότητες, με κυρίαρχη, αυτήν της SOA, σύμφωνα με την οποία μια εφαρμογή είναι εντελώς αυτόνομη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποια άλλη με βάση κάποιους κοινούς κανόνες επικοινωνίας.

Ένα μεγάλο επίσης θέμα προς συζήτηση, είναι κι ο κίνδυνος της εξέλιξης της εξατομίκευσης των υπηρεσιών σε δημιουργία υπηρεσιών επικεντρωμένων μόνο σε άτομα κι όχι στο σύνολο γενικότερα. Η “αγορά του ενός”, μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερες και πιο εξειδικευμένες υπηρεσίες, αλλά εγκυμονεί τον κίνδυνο της πλήρους απομόνωσης του κάθε ατόμου και της απώλειας κοινών αξιών και πολιτισμικών αγαθών.

2.11 Υποστήριξη των καινοτομιών των χρηστών

Η εξέλιξη του σημερινού Διαδικτύου έχει δώσει την δυνατότητα σε εκατομμύρια ανθρώπους στο να εμπνευστούν, να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν καινοτόμες ιδέες. Ένα από τα στοιχεία τα οποία αναμένεται να αποτελέσει κινητήρια δύναμη για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, θα είναι και η δημιουργία και η εξέλιξη τεχνολογιών και μεθόδων εμπνευσμένων από τους κοινούς χρήστες του (user-driver innovation).

Ήδη, στην σημερινή μορφή του Διαδικτύου (Διαδίκτυο 2.0) οι χρήστες διαδραματίζουν έναν μεγαλύτερο δραστικό ρόλο, από αυτόν που διαδραμάτιζαν τα προηγούμενα χρόνια. Τα ιστολόγια (blogs), τα wikis και οι Διαδικτυακές κοινότητες (online communities) αποτελούν τα βασικότερα ίσως στοιχεία του σημερινού Διαδικτύου και μέσα σε αυτά νέες τεχνολογίες και ιδέες εμφανίζονται διαρκώς.

Το Μελλοντικό Διαδίκτυο θα πρέπει να είναι δομημένο με τρόπο τέτοιο, ώστε να δίνει την δυνατότητα στους χρήστες του να συμμετάσχουν ενεργά στην εξέλιξή

του. Η δυνατότητα αυτή απαιτεί την ύπαρξη κατάλληλων πλατφορμών (Future Internet Platforms) οι οποίες θα παρέχουν στον χρήστη τα κατάλληλα εργαλεία για την ανάπτυξη όλων αυτών που οραματίζεται, ανάλογα βέβαια με τις γνώσεις και τις δεξιότητες που διαθέτει. Με τον τρόπο αυτό, ίσως τα σημαντικότερα τεχνολογικά επιτεύγματα του μέλλοντος να προέλθουν από τις καινοτόμες ιδέες των καθημερινών πολιτών κι όχι εξολοκλήρου από τις έρευνες επιχειρήσεων κι οργανισμών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΚΑΘΙΣΤΟΥΝ ΔΥΝΑΤΟ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

3. Τεχνολογίες που καθιστούν δυνατό το Μελλοντικό Διαδίκτυο

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει τις πιο βασικές εκείνες τεχνολογίες, οι οποίες θα οδηγήσουν στην σταδιακή εγκαθίδρυση του Μελλοντικού Διαδικτύου. Είναι σαφές ότι κάθε τομέας που θα μελετηθεί παρακάτω εξελίσσεται συνεχώς με την πάροδο του χρόνου και νέες πληροφορίες είναι συνεχώς διαθέσιμες. Συνεπώς έγινε προσπάθεια, έτσι ώστε να καλυφθούν περισσότερο τα ζητήματα τα οποία είναι επίκαιρα και σχετικά καινούρια, χωρίς όμως να παραγκωνιστούν αυτά που είναι ζωτικής σημασίας (π.χ. RFID).

Μπορεί κάποιος να θεωρήσει, ότι οι τεχνολογίες στις οποίες θα αναφερθούμε, χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία είναι οι τεχνολογίες αυτές, που είναι άκρως απαραίτητες για τον σχεδιασμό και την φιλοσοφία του Μελλοντικού Διαδικτύου. Οι κυριότερες από αυτές είναι η αναγνώριση μέσω RFID, το πρωτόκολλο IPv6, οι ασύρματες επικοινωνίες και κυρίως αυτές που προσφέρουν ευρυζωνικότητα, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ μηχανών, καθώς και οι τεχνολογίες που αφορούν συστήματα που χρησιμοποιούν αισθητήρες.

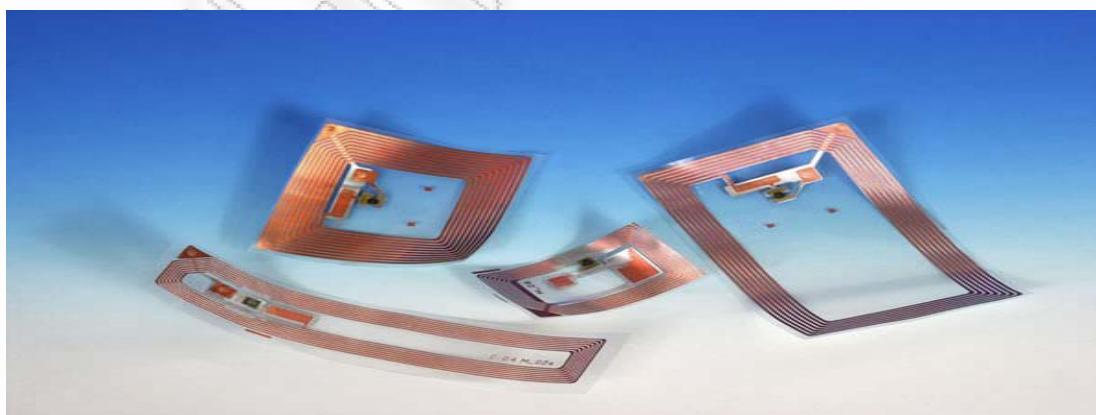
Η δεύτερη κατηγορία αφορά κυρίως τεχνολογίες που ενώ μεν δεν είναι μείζονος σημασίας και δεν αποτελούν προϋπόθεση για την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου, μπορούν να αυξήσουν κατά πολύ τις δυνατότητες και τις εφαρμογές του. Παραδείγματα τέτοιων τεχνολογιών είναι η τεχνολογία του Geotagging, οι βιομετρικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται κυρίως σε συστήματα ασφαλείας αλλά και στην παρακολούθηση των ζωτικών λειτουργιών ασθενών, ο κλάδος της ρομποτικής, τα συστήματα διεπαφής με μηχανισμούς αφής, κτλ. Όπως θα παρατηρήσει κανείς και στα παρακάτω κεφάλαια, κάποιες από αυτές τις τεχνολογίες αποτελούν μία παραπάνω εξέλιξη των παραπάνω βασικών τεχνολογιών.

Όπως γίνεται αντιληπτό, η μελέτη θα επικεντρωθεί κυρίως στις τεχνολογίες που είναι βασικές κι απαραίτητες για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, χωρίς όμως να επισκιάσει και τις υπόλοιπες.

3.2 Ταυτοποίηση Μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (RFID).

3.2.1 Ορισμός

Η Ταυτοποίηση Μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (**Radio Frequency Identification**) ή απλά **RFID** αποτελεί την πλέον σύγχρονη, όσον αφορά στην εφαρμογή της, τεχνολογία ηλεκτρονικής ταυτοποίησης. Στηρίζεται στη χρήση ραδιοκυμάτων και επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση ανθρώπων ή, κατά κύριο λόγο, αντικειμένων (προϊόντων) τα οποία φέρουν **RFID ετικέτες** (ή tags όπως αλλιώς ονομάζονται) που ενσωματώνουν μικροεπεξεργαστή και κεραία και μπορούν να ανιχνευθούν αυτόματα από σταθερούς ή φορητούς αναγνώστες (readers) RFID, χωρίς να είναι απαραίτητη η σάρωση του κάθε μεμονωμένου αντικειμένου. Παραδείγματα τέτοιων ετικετών μπορούμε να δούμε στην εικόνα 3. Η κεραία επιτρέπει στο μικροεπεξεργαστή να μεταφέρει τις πληροφορίες αναγνώρισης στον αναγνώστη, ο οποίος με τη σειρά του μετατρέπει τα ραδιοκύματα που «αντανακλώνται» από την ετικέτα RFID σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν στη συνέχεια να μεταδοθούν σε υπολογιστικά συστήματα για περαιτέρω χρήση.



Εικόνα 1: ετικέτες (tags) RFID

(Πηγή: www.itu.int/ITU-T/techwatch/rfid.pdf, σελ. 4)

3.2.2 Ιστορική Αναδρομή

Παρά το γεγονός ότι η συγκεκριμένη τεχνολογία διαδόθηκε τα τελευταία χρόνια, η έννοια του RFID δεν είναι καινούρια. Η αρχική του χρήση ήταν για στρατιωτικούς σκοπούς, κατά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο, ώστε να μπορούν να αναγνωριστούν τα εχθρικά αεροπλάνα από τα συμμαχικά¹ (το συγκεκριμένο σύστημα ονομάστηκε IFF). Λίγο αργότερα, το 1948, δημοσιεύθηκε μία έρευνα με τον τίτλο «Επικοινωνία με Μέσα Ανακλώμενης Ενέργειας» (“*Communication by Means of Reflected Power*”) [4], η οποία περιγράφει τις βασικές αρχές λειτουργίας του RFID. Το γεγονός όμως το οποίο οδήγησε στην σημερινή χρήση και δημοσιότητα του RFID, είναι η συνεχής μείωση του μεγέθους και του κόστους των στοιχείων του (tags και readers), με τρόπο τέτοιο έτσι ώστε η τεχνολογία να χρησιμοποιείται σε πάρα πολλές εφαρμογές της καθημερινής ζωής αρχίζοντας να αντικαθιστά χρήσεις των γνωστών μας *bar codes*.

3.2.3 Τρόπος Λειτουργίας

Όπως αναφέρθηκε, ένα RFID σύστημα αποτελείται από δύο κύρια στοιχεία: τις **ετικέτες (tags)** και τους **αναγνώστες (readers)**.

Μία ετικέτα (εκτός από τον χαρακτηρισμό tag, πολλές φορές χρησιμοποιούνται οι όροι *transponder* ή *transceiver*²) είναι μία μικρή συσκευή, η οποία είναι εφοδιασμένη με ένα κύκλωμα, το οποίο μπορεί να αποθηκεύει δεδομένα και το οποίο επίσης διαθέτει και μία κεραία. Υπάρχουν δύο ειδών RFID ετικέτες: οι **παθητικές (passive tags)** και οι ενεργητικές (**active tags**).

Από τα δύο παραπάνω είδη, οι παθητικές ετικέτες είναι οι πιο διαδεδομένες, αφού λειτουργία τους δεν απαιτεί την χρήση συνεχούς παρεχόμενης ενέργειας. Τα εισερχόμενα ραδιοκύματα προκαλούν την δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος στην κεραία, με ένταση τέτοια έτσι ώστε να τροφοδοτήσει το κύκλωμα της ετικέτας και να

¹ <http://jproc.ca/sari/sariff.html>

² http://www.autoid.org/SC31/2004/oct/31nXXXX_SC31_Glossary_20041002.doc

στείλει μία απάντηση. Λόγω των περιορισμών αυτών όμως (της μη ύπαρξης πηγής τροφοδοσίας), οι παθητικές ετικέτες έχουν ένα σχετικά μικρό πεδίο δράσης (από περίπου 10 χιλιοστά έως περίπου 5 μέτρα, παρ' όλα αυτά οι περισσότερες χρήσεις των ετικετών αφορούν αποστάσεις μερικών εκατοστών) και ο αριθμός των δεδομένων που μπορούν να μεταδώσουν είναι περιορισμένος. Παρά το γεγονός αυτό, η έλλειψη κυκλώματος τροφοδοσίας τους δίνει ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα: το μέγεθός τους μπορεί να είναι αρκετά μικρό. Μία από τις πιο μικρές σε μέγεθος RFID ετικέτες, είναι η “μ-chip”³ της Hitachi, αφού έχει μέγεθος μόλις 0.4mm x 0.4mm και είναι δύσκολα ορατή με γυμνό μάτι. Περιέχει έναν μοναδικό αριθμό αναγνώρισης, μήκους 128-bit, ο οποίος της προσδίδεται κατά την διαδικασία της κατασκευής και ο οποίος δεν μπορεί να αλλάξει. Για να γίνουν κατανοητά τα μεγέθη στα οποία αναφερόμαστε, στην εικόνα 4 παρουσιάζονται μερικές παθητικές RFID ετικέτες σε σχέση με το μέγεθος ενός μυρμηγκιού.



Εικόνα 2: μέγεθος RFID passive tags σε σχέση με το μέγεθος ενός μυρμηγκιού

(Πηγή: <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/Ecommerce/rfid/image1.jpg>)

³ <http://www.hitachi.co.jp/Prod/mu-chip/>

Από την άλλη, οι ενεργές ετικέτες λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο με τις παθητικές, με την μόνη διαφορά ότι έχουν δική τους τροφοδοσία και συνεπώς μεγαλύτερο πεδίο δράσης (αρκετές δεκάδες από μέτρα) και περισσότερη μνήμη. Λόγω της ύπαρξης κυκλώματος τροφοδοσίας, οι ενεργές ετικέτες σήμερα είναι μεγαλύτερες σε μέγεθος και κοστίζουν περισσότερο από τις παθητικές. Η δημιουργία ενεργών ετικετών μικρότερων σε μέγεθος και πιο φθηνών σε κόστος ίσως τις κάνουν πιο ελκυστικές στο μέλλον. Για παράδειγμα, μία νέα γενιά ενεργών ετικετών, οι οποίες ονομάζονται “Dice”, παρουσιάστηκαν από την YRP Ubiquitous Networking Labs, τον Απρίλιο του 2005⁴. Το μέγεθός τους είναι 15mm x 15mm x 15mm και σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η μπαταρία που διαθέτουν θα μπορεί να διαρκέσει για περίπου 2 χρόνια και 3 μήνες, με την προϋπόθεση ότι η ετικέτα θα επικοινωνεί περίπου κάθε 5 λεπτά.

Υπάρχουν τέλος και οι ημι-παθητικές ετικέτες που χρησιμοποιούν μπαταρία για την λειτουργία του κυκλώματός τους, αλλά επικοινωνούν απορροφώντας ενέργεια από το σύστημα του αναγνώστη. Οι ενεργές και ημι-παθητικές ετικέτες χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση αγαθών υψηλής αξίας που πρέπει να παρακολουθούνται σε μεγάλες κλίμακες (π.χ. αυτοκίνητα που μεταφέρονται από φορτηγό), ενώ οι παθητικές χρησιμοποιούνται συχνότερα σε προϊόντα χαμηλής αξίας.

Τα κυκλώματα στις RFID ετικέτες μπορεί να είναι “*read-write*”, “*read-only*”, ή “*write once, read many*” (*WORM*). Στους επεξεργαστές *read-write* μπορούμε να προσθέσουμε πληροφορίες στην ετικέτα ή να γράψουμε πάνω σε υπάρχουσες πληροφορίες όταν η ετικέτα βρίσκεται στην ακτίνα ενός αναγνώστη. Συνήθως οι ετικέτες αυτές έχουν ένα σειριακό αριθμό που δεν μπορεί να διαγραφεί ενώ ορισμένες δίνουν και την δυνατότητα προστασίας κάποιων δεδομένων, έτσι ώστε να μην παραγραφούν. Οι επεξεργαστές *read-only* ενσωματώνουν πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί σε αυτούς κατά τη διάρκεια της κατασκευής τους και οι οποίες δεν μπορούν ποτέ να τροποποιηθούν. Στις ετικέτες *WORM* μπορούμε να γράψουμε ένα σειριακό αριθμό μία φορά, και η συγκεκριμένη πληροφορία δεν μπορεί στη συνέχεια να διαγραφεί.

⁴ <http://ubiks.net/local/blog/jmt/archives3/003710.html>

Η ποσότητα της αποθηκευμένης πληροφορίας σε μία ετικέτα διαφέρει από το εάν η ετικέτα είναι παθητική ή ενεργή. Οι παθητικές ετικέτες αποθηκεύουν συνήθως δεδομένα από 64 bits μέχρι 1 KB, ενώ οι ενεργές μπορούν να αποθηκεύσουν ακόμα και 128 KBs πληροφορίας⁵. Οι ετικέτες μπορούν να αποθηκεύουν από απλές πληροφορίες, όπως τα στοιχεία του κατόχου ενός κατοικίδιου ή τις οδηγίες καθαρισμού ενός ρούχου, έως πιο σύνθετες, όπως οδηγίες συναρμολόγησης ενός αυτοκινήτου.

Όσον αφορά το σύστημα ανάγνωσης (reader), αυτό επικοινωνεί με τις ετικέτες με σκοπό να λάβει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε αυτές. Ο αναγνώστης συνήθως στέλνει ένα ραδιοκύμα το οποίο ενεργοποιεί την ετικέτα και στην συνέχεια λαμβάνει τα δεδομένα που αυτή του αποστέλε. Τα περισσότερα συστήματα ανάγνωσης (όπως άλλωστε μαρτυρά το όνομά τους) έχουν την δυνατότητα μόνο ανάγνωσης δεδομένων, αλλά υπάρχουν και αρκετοί, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, που μπορούν να γράψουν δεδομένα στις RFID ετικέτες. Συγκριτικά με τις ετικέτες, τα συστήματα ανάγνωσης απαιτούν την κατανάλωση περισσότερης ενέργειας για την λειτουργία τους, είναι μεγαλύτερα σε μέγεθος καθώς και πιο ακριβά.

Τα RFID συστήματα χρησιμοποιούν ραδιοκύματα για την επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων τους, αλλά μόνο ορισμένα πεδία συχνοτήτων είναι διαθέσιμα για ελεύθερη χρήση (license-free use). Τα πεδία αυτά είναι διαφορετικά για κάθε χώρα και συνεπώς ένα RFID σύστημα το οποίο λειτουργεί σε μία χώρα ενδέχεται να μην λειτουργεί σε κάποια άλλη⁶. Ως τώρα 4 διαφορετικά είδη συχνοτήτων χρησιμοποιούνται⁷: χαμηλής συχνότητας (125-134 kHz), υψηλής συχνότητα (13.56 MHz), πολύ υψηλής συχνότητας (868-956 MHz) και Μικροκύματα (2.45 GHz). Οι κύριες διαφορές μεταξύ των χωρών εντοπίζονται στις πολύ υψηλές συχνότητες, όπου για παράδειγμα στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης οι συχνότητες κυμαίνονται στις 856-868 MHz, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής στις 902-928 MHz, στη Νότιο Κορέα στις 908.5-914 MHz, στην Αυστραλία στις 918-926 MHz και στην Ιαπωνία στις 950-956 MHz. Επίσης διαφορές εντοπίζονται και στα συστήματα τροφοδοσίας,

⁵ http://www.zebra.com/id/zebra/na/en/index/rfid/faqs/rfid_tag_characteristics.html#FAQ_38251

⁶ <http://www.itu.int/ITU-T/techwatch/rfid.pdf>

⁷ "Demystifying RFID: Principles & Practicalities" από το Auto-ID Center (Οκτώβριος 2003), <http://www.autoidlabs.org/whitepapers/CAM-AUTOID-WH024.pdf>

δεδομένου ότι σε διαφορετικές χώρες, η τάση του ηλεκτρικού ρεύματος διαφέρει. Το συγκεκριμένο όμως πρόβλημα μπορεί εύκολα να επιλυθεί με την χρήση κυκλωμάτων μετασχηματιστών.

3.2.4 Πρότυπα για το RFID

Είναι δεδομένο, με βάση όσα αναφέρθηκαν στην ενότητα 2.5, ότι η χρήση οποιασδήποτε τεχνολογίας απαιτεί την ύπαρξη κάποιου είδους προτυποποίησης τόσο σε εθνικό όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα πρότυπα διασφαλίζουν την συμβατότητα και την συλλειτουργία μεταξύ προϊόντων διαφορετικών κατασκευαστών. Σε γενικές γραμμές, η προτυποποίηση του RFID είναι απαραίτητη στα παρακάτω:

- **Πρωτόκολλα επικοινωνίας:** τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ των ετικετών και των συστημάτων ανάγνωσης θα πρέπει να είναι συγκεκριμένα και καλά καθορισμένα.
- **Δομές Δεδομένων:** ο τρόπος οργάνωσης της πληροφορίας στις ετικέτες.
- **Αξιοπιστία:** συγκεκριμένοι έλεγχοι για την εξέταση ενός προϊόντος (εάν δηλαδή ακολουθεί τα καθορισμένα πρότυπα).
- **Εφαρμογές:** καθορισμός των εφαρμογών που μπορούν να έχουν τα προϊόντα, για την αποφυγή δυσλειτουργιών και ατυχημάτων.

Σήμερα, υπάρχουν ήδη αρκετά πρότυπα για το RFID, τα οποία επικεντρώνονται συνήθως σε ένα από τα παραπάνω θέματα. Ειδικοί στην ομάδα έρευνας “*ITU Workshop on Ubiquitous Network Societies*”⁸ έκαναν σαφές ότι υπάρχουν δύο βασικές περιοχές της τεχνολογίας, όπου υπάρχει έλλειψη προτύπων. Η πρώτη περιοχή αφορά τα αναγνωριστικά των ετικετών και η δεύτερη τους τρόπους αποθήκευσης των δεδομένων σε αυτές.

Πολλοί είναι οι οργανισμοί (ή οι εταιρείες) που προτείνουν συνεχώς νέα πρότυπα για το RFID. Ο πιο σημαντικός από αυτούς όμως, κατά πολλούς είναι ο

⁸ <http://www.itu.int/osg/spu/ni/ubiquitous/>

*EPCglobal*⁹, ο οποίος προωθεί το πρότυπο του *Ηλεκτρονικού Κωδικού Προϊόντος* ή αλλιώς *EPC (Electronic Product Code)*, το οποίο σχεδιάστηκε από τα *Auto-ID Labs*¹⁰. Το EPC είναι στην ουσία μία ομάδα από πρότυπα κωδικοποίησης για την αναγνώριση προϊόντων με βάση την RFID τεχνολογία. Έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες πολλών σύγχρονων εταιρειών, ενώ ισχυρίζεται συμβατότητα με όλες τις RFID ετικέτες που πληρούν τους κανόνες που ορίζει (EPC tags). Οι ετικέτες EPC σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να μπορούν να αναγνωρίζουν κάθε διαφορετικό προϊόν, σε αντίθεση με τα σημερινά bar codes, τα οποία αναγνωρίζουν μόνο τον κατασκευαστή και το είδος του προϊόντος. Η πιο πρόσφατη έκδοση του προτύπου EPC είναι η 1.3 και χρησιμοποιεί συχνότητες UHF. Ο κυριότερος στόχος του οργανισμού EPCglobal είναι να δημιουργήσει ένα παγκόσμιο πρότυπο για την αναγνώριση προϊόντων, το οποίο θα οδηγήσει στην εγκαθίδρυση και την μεγαλύτερη διάδοση της RFID τεχνολογίας.

3.2.5 Θέματα Ασφάλειας

Τα θέματα ασφαλείας τα οποία έχουν σχέση με την τεχνολογία RFID είναι πολλά και ποικίλα. Όσον αφορά τις επιχειρήσεις, εάν όλες υιοθετήσουν το πρότυπο EPC, τότε τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε μία ετικέτα θα είναι γνωστά σε όλους. Ο κωδικός EPC θα συνδέεται με δεδομένα, που βρίσκονται σε online βάσεις δεδομένων. Μερικές πληροφορίες σχετικές με το προϊόν μπορεί να είναι προσβάσιμες από τον καθένα (π.χ. η ταυτότητα του προϊόντος), αλλά κάποιες άλλες (όπως ο τόπος και ο χρόνος κατασκευής) θα είναι προσβάσιμες μόνο από αυτούς στους οποίους ο κατασκευαστής θέλει να διαθέσει την πληροφορία. Έτσι για παράδειγμα μια αλυσίδα τροφίμων δεν θα μπορεί να έχει πρόσβαση σε πληροφορίες προϊόντων που πωλεί μια ανταγωνιστική της εταιρία.

Ένα άλλο επίσης σημαντικό θέμα είναι αυτό της ιδιωτικότητας των καταναλωτών. Επειδή το μέγεθος των RFID ετικετών μικραίνει συνεχώς, είναι πλέον εύκολο να τοποθετηθούν σε μέρη ενός προϊόντος εν αγνοία των καταναλωτών. Αυτό

⁹ <http://www.epcglobalinc.org/>

¹⁰ <http://www.autoidlabs.org/>

θα μπορούσε να αποτελέσει μία ελκυστική επιλογή για της εταιρείες, όπου με τον τρόπο αυτό θα μπορούσαν να βγάλουν συμπεράσματα σχετικά με τις καταναλωτικές συνήθειες των καταναλωτών. Για τον λόγο αυτό έχουν δημιουργηθεί πολλές οργανώσεις, με σκοπό την υπεράσπιση των δικαιωμάτων των καταναλωτών, με πιο γνωστή την *Consumers against Supermarket Privacy Invasion and Numbering (CASPIAN)*^{11 12}.

Τέλος, ένα επίσης σημαντικό θέμα είναι κι αυτό της διασφάλισης της δημόσιας υγείας, αφού για την λειτουργία ενός RFID συστήματος εκπέμπονται ραδιοκύματα. Οι συχνότητες όμως, οι οποίες χρησιμοποιούνται ανήκουν στις χαμηλές συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος και συνεπώς τα συγκεκριμένα ηλεκτρομαγνητικά κύματα δεν είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο. Η εμφύτευση όμως RFID ετικετών στον ανθρώπινο οργανισμό αποτελεί μία διαφορετική περίπτωση, η οποία αναλύθηκε στην ενότητα 2.8.

3.3 IPv6

3.3.1 Ορισμός

Το πρωτόκολλο **IPv6 (Internet Protocol version 6)** είναι το πρωτόκολλο Διαδικτύου επόμενης γενιάς και σχεδιάστηκε ώστε να αντικαταστήσει την τωρινή έκδοση IPv4. Είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο ανήκει στο *επίπεδο του Διαδικτύου (Internet Layer Protocol)* και χρησιμοποιείται σε δίκτυα ανταλλαγής πακέτων, όπως είναι το Internet καθώς και για την απόδοση *IP διευθύνσεων* σε συσκευές που ανήκουν σε ένα δίκτυο υπολογιστών. Κάθε συσκευή που ανήκει στο δίκτυο (δρομολογητές (routers), υπολογιστές, time-servers, εκτυπωτές, μηχανές για fax μέσω Internet, και ορισμένα τηλέφωνα) πρέπει να έχει τη δική της μοναδική διεύθυνση. Μία διεύθυνση IP μπορεί να θεωρηθεί το αντίστοιχο μιας διεύθυνσης κατοικίας ή ενός αριθμού τηλεφώνου για

¹¹ <http://www.nocards.org/>

¹² <http://www.spsychips.com/>

έναν υπολογιστή ή άλλη συσκευή δικτύου στο Διαδίκτυο. Ο κύριος λόγος δημιουργίας του IPv6, είναι η εξάντληση των IP διευθύνσεων που μπορεί να υποστηρίξει το IPv4 στο προσεχές μέλλον. Το πρότυπο για τον σχεδιασμό του IPv6 δημιουργήθηκε τον Δεκέμβριο του 1998 από την *IETF (Internet Engineering Task Force)* και πιο συγκεκριμένα ορίζεται στο RFC 2460¹³.

Παρά το γεγονός ότι το IPv6 υποστηρίζεται από όλα τα διαδεδομένα σύγχρονα λειτουργικά συστήματα¹⁴, το ποσοστό χρήσης του δεν είναι το αναμενόμενο. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με σχετική έρευνα της Google [5], τον Οκτώβριο του 2008, το ποσοστό χρήσης του IPv6, σε σχέση με όλες τις διαθέσιμες διευθύνσεις παγκοσμίως δεν ξεπερνά το 1%. Η μεγαλύτερή του χρήση γίνεται στην Ρωσία (0.76%), στην Γαλλία (0.65%), στην Ουκρανία (0.64%), στη Νορβηγία (0.49%) και στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (0.45%). Το IPv6 έχει πολύ μεγαλύτερο χώρο διευθύνσεων από ότι το IPv4 και επίσης προσθέτει παραπάνω χαρακτηριστικά, τα οποία θα δούμε συνοπτικά παρακάτω.

3.3.2 Λόγοι που οδήγησαν στην δημιουργία του IPv6

Η πρώτη έκδοση του πρωτοκόλλου Διαδικτύου, η IPv4, προσφέρει μία δυνατότητα περίπου 4 δισεκατομμυρίων διευθύνσεων (2^{32}). Το γεγονός αυτό έδειχνε αποδοτικό, στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του Διαδικτύου, όταν η χρήση του από δισεκατομμύρια χρήστες παγκοσμίως φάνταζε μακρινή και απίθανη. Κατά την πρώτη δεκαετία ζωής του Διαδικτύου, στα τέλη του 1980, έγινε σαφές ότι έπρεπε να δημιουργηθούν μέθοδοι για την αποδοτική και οικονομική χρήση των IPv4 διευθύνσεων¹⁵. Η ανάγκη αυτή οδήγησε στην δημιουργία του IPv6 από την IETF το 1996, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Οι εκτιμήσεις για τον ακριβή χρόνο της εξάντλησης όλων των IPv4 διευθύνσεων διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους. Το 2003 οι εκτιμητές έκαναν μία πρόβλεψη που έδινε παράταση μίας με δύο δεκαετίες στην χρήση του IPv4¹⁶. Τον

¹³ <http://tools.ietf.org/html/rfc2460>

¹⁴ <http://arstechnica.com/news.ars/post/20081113-google-more-macs-mean-higher-ipv6-usage-in-us.html>

¹⁵ <http://tools.ietf.org/html/rfc1752>

¹⁶ http://news.zdnet.com/2100-1009_22-1020653.html

Σεπτέμβριο του 2005, μία έρευνα η οποία έγινε από την Cisco Systems¹⁷, μείωσε τον χρόνο αυτόν στα 4-5 χρόνια¹⁸. Τον Μάιο του 2009, οι εκτιμήσεις έδειχναν ότι η εξάντληση θα συντελεστεί μέχρι και τον Μάιο του 2012¹⁹. Άλλες, πιο δυσσιώνες προβλέψεις²⁰, εκτιμούν ότι η εξάντληση θα συντελεστεί μέσα στο 2011, ίσως ακόμη και στο 2010. Με βάση τα παραπάνω, βλέπουμε ότι είναι η επιτακτική η ανάγκη της χρήσης του IPv6, αφού η εξάντληση των IPv4 διευθύνσεων είναι πλέον γεγονός.

3.3.3 Ο χώρος διευθύνσεων του IPv6

Το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του IPv6, είναι φυσικά ο πολύ μεγαλύτερος χώρος διευθύνσεων που προσφέρει, σε σχέση με το IPv4. Οι διευθύνσεις στο IPv6 έχουν μήκος 128 bits, 4 φορές μεγαλύτερο από το μήκος των 32 bits του IPv4. Σε απόλυτους αριθμούς αυτό μεταφράζεται σε ένα σύνολο 2^{128} διαθέσιμων διευθύνσεων, δηλαδή σε περίπου 6.5 δισεκατομμύρια (6.5×10^9) διευθύνσεις για κάθε άνθρωπο στον πλανήτη²¹.

Παρά το γεγονός ότι οι αριθμοί αυτοί είναι εντυπωσιακοί, το κύριο μέλημα των σχεδιαστών του IPv6 δεν ήταν απλά η δημιουργία ενός τόσο μεγάλου χώρου διευθύνσεων. Οι μεγαλύτερες διευθύνσεις δίνουν την δυνατότητα μιας καλύτερης, πιο συστηματικής και πιο ιεραρχικής δέσμευσης και κατανομής των διευθύνσεων, η οποία διευκολύνει κατά πολύ την δρομολόγηση των πακέτων.

3.3.4 Η δομή των διευθύνσεων του IPv6

Οι διευθύνσεις στο IPv4, αποτελούνταν από ένα σύνολο 4 αριθμών των 8 bits, οι οποίοι ήταν χωρισμένοι μεταξύ τους με μία τελεία. Στο πρωτόκολλο IPv6, οι

¹⁷ <http://www.cisco.com/>

¹⁸ http://www.cisco.com/web/about/ac123/ac147/archived_issues/ipj_8-3/ipv4.html

¹⁹ <http://www.potaroo.net/tools/ipv4/>

²⁰ <http://www.ripe.net/ripe/policies/proposals/2008-03.html>

²¹ <http://www.census.gov/main/www/popclock.html>

διευθύνσεις αποτελούνται από ένα σύνολο 8 αριθμών, κάθε ένας από τους οποίους αποτελείται από 16 bits και είναι χωρισμένοι μαζί τους με μία άνω κάτω τελεία. Για παράδειγμα μία έγκυρη IPv6 διεύθυνση είναι η παρακάτω:

```
2001:cdba:0000:0000:0000:1451:3257:9652
```

Για την συντομότερη γραφή των διευθύνσεων, το πρότυπο επιτρέπει τις παρακάτω απλοποιήσεις:

i) Εάν ένας αριθμός από τους 8 αρχίζει με μηδενικά, τότε όλα μπορούν να αντικατασταθούν από ένα μηδενικό. Συνεπώς η παραπάνω διεύθυνση μπορεί να γραφεί ως:

```
2001:cdba:0:0:0:1451:3257:9652
```

ii) Ένα ή περισσότερα σύνολα από μηδενικά μπορούν να αντικατασταθούν με δύο άνω κάτω τελείες (::). Συνεπώς η παραπάνω διεύθυνση μπορεί να γραφεί ως:

```
2001:cdba::1451:3257:9652
```

Η αντικατάσταση αυτή επιτρέπεται μόνο μία φορά σε κάθε διεύθυνση, επειδή πολλές εμφανίσεις μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα. Για παράδειγμα η διεύθυνση 2001::cdba::9652 θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει οποιαδήποτε από τις παρακάτω:

```
2001:0:0:0:0:cdba:0:9652
```

```
2001:0:0:0:cdba:0:0:9652
```

```
2001:0:0:cdba:0:0:0:9652
```

```
2001:0:cdba:0:0:0:0:9652
```

Ο συγκεκριμένος εναλλακτικός συμβολισμός, σε μερικές περιπτώσεις παίζει σημαντικό ρόλο στην μείωση της διεύθυνσης. Για παράδειγμα, στο IPv6, το localhost (η IP διεύθυνση του ίδιου υπολογιστή) ορίζεται ως η

```
0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001
```

Η παραπάνω μπορεί απλά να γραφεί ως ::1.

iii) Η ακολουθία των 4 τελευταίων bytes σε μία IPv6 διεύθυνση, μπορεί να γραφεί εναλλακτικά σε μορφή διεύθυνσης IPv4 (κάθε byte χωρισμένο με μία τελεία (.)). Η μορφή αυτή είναι αποδοτική όταν χρησιμοποιείται σε ένα περιβάλλον με IP διευθύνσεις και των δύο πρωτοκόλλων IPv4 και IPv6. Η γενική μορφή μιας τέτοιας διεύθυνσης είναι η παρακάτω:

```
x:x:x:x:x:d.d.d.d
```

Τα σύμβολα “x” αναπαριστούν τα πρώτα 6 σύνολο των 16-bits αριθμών μιας IPv6 διεύθυνσης, ενώ τα σύμβολα “d” αναπαριστούν τα bytes μιας IPv4 διεύθυνσης, που αντιστοιχούν στους 2 τελευταίους 16-bits αριθμούς της IPv6 διεύθυνσης. Αν και αρκετά χρήσιμος, ο παραπάνω συμβολισμός ίσως να μην χρησιμοποιηθεί τόσο πολύ.

Η χρήση του συμβόλου ‘:’ στις διευθύνσεις IPv6, θα δημιουργούσε προβλήματα στην χρήση του μαζί με άλλα πρωτόκολλα (π.χ. το HTTP) για τα οποία το συγκεκριμένο σύμβολο έχει ειδική σημασία. Συνεπώς, για την αποφυγή προβλημάτων, αρκεί η IPv6 διεύθυνση να γραφεί ανάμεσα σε ‘[]’. Για παράδειγμα εάν η διεύθυνση 2001:0:cdba:0:0:0:0:9652 αποτελούσε διεύθυνση ενός web server, τότε το URL του θα ήταν:

```
http://[2001:0:cdba:0:0:0:0:9652]/
```

3.3.5 Mobile IPv6

Το Mobile IPv6, το οποίο περιγράφεται στο πρότυπο RFC 3775²² της IETF, είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο δίνει την δυνατότητα κινητής επικοινωνίας στους διασυνδεδεμένους κόμβους ενός δικτύου, το οποίο χρησιμοποιεί το IPv6. Το πρωτόκολλο δίνει στην ουσία την δυνατότητα σε έναν κόμβο να αλλάζει την γεωγραφική του θέση και να παραμένει συνδεδεμένος στο Διαδίκτυο, διατηρώντας σε κάθε χρονική στιγμή τις ενεργές συνδέσεις του. Όπως είναι φυσικό, το Mobile IPv6 απευθύνεται σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας, οι οποίες στο Μελλοντικό Διαδίκτυο θα παραμένουν online συνεχώς.

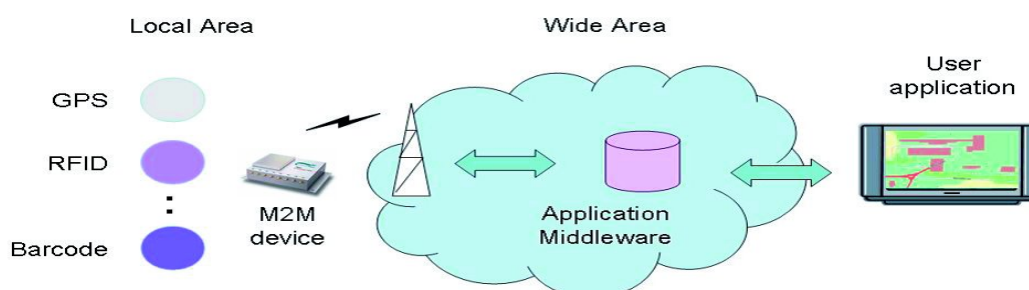
²² <http://www.ietf.org/rfc/rfc3775.txt>

3.4 Επικοινωνία Μεταξύ Μηχανών (M2M)

Ο όρος **M2M (Machine-to-Machine, Μηχανή-με-Μηχανή)** αναφέρεται στους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ μηχανών, δηλαδή στην ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους. Κατά πολλούς άλλους, ο όρος μεταφράζεται και ως εξής:

- Man-to-Machine
- Machine-to-Man
- Machine-to-Mobile
- Mobile-to-Machine

Με βάση τον ορισμό αυτόν, ο όρος M2M δεν περιορίζεται μόνο στην επικοινωνία μεταξύ μηχανών, αλλά επίσης στην επικοινωνία ανθρώπου με μηχανή καθώς και στην πιο ειδική περίπτωση επικοινωνίας κινητού τηλεφώνου με άλλου είδους μηχανές. Η συγκεκριμένη τεχνολογία βασίζεται κυρίως στην τηλεμετρία (απομακρυσμένη καταγραφή μετρήσεων και ασύρματη μετάδοση) και είναι κλάδος ο οποίος έχει αναδειχθεί κυρίως τα τελευταία χρόνια. Η έρευνα πάνω στην επικοινωνία μεταξύ των μηχανών είναι απολύτως απαραίτητη αφού ο αριθμός των υπολογιστών και γενικά των μηχανών αυξάνεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς παγκοσμίως και η ανάγκη αυτοματοποίησης της μεταξύ τους αλληλεπίδρασης είναι επιτακτική. Επειδή ο όρος είναι αρκετά γενικός, ας δούμε ένα παράδειγμα εφαρμογής της επικοινωνίας αυτής στην εικόνα 5.



Εικόνα 3: δομή δικτύου επικοινωνίας μεταξύ μηχανών

(Πηγή: http://www.eurescom.eu/message/messageNov2006/images/P1653_M2M_network.jpg)

Στην παραπάνω εικόνα, μία αυτοματοποιημένη συσκευή επικοινωνίας, περισυλλέγει δεδομένα από μία ή περισσότερες πηγές (π.χ. RFID tags, Barcode tags, κτλ.) και στην συνέχεια τα μεταδίδει σε ένα δίκτυο μεγάλης εμβέλειας (wide area network). Τα δεδομένα μπορεί να αποθηκεύονται και να αξιολογούνται σε κάποιον κόμβο του δικτύου και στην συνέχεια επαναμεταδίδονται σε μία συσκευή παρακολούθησης ή διαχείρισης, η οποία ελέγχεται από κάποιον άνθρωπο.

Σε γενικές γραμμές οι εφαρμογές της επικοινωνίας μεταξύ μηχανών είναι πάρα πολλές: συστήματα παρακολούθησης της κατάστασης ασθενών και άμεση ενημέρωση του νοσοκομείου σε περιπτώσεις ασθένειας, συστήματα αυτόματης καταβολής φόρων σε αυτοκινητόδρομους (σε συνδυασμό με την τεχνολογία RFID), επικοινωνία μεταξύ τμημάτων της γραμμής παραγωγής, κτλ. Ο κλάδος όπως είναι φυσικό εξελίσσεται συνεχώς, ακολουθώντας την μεγάλη αύξηση του αριθμού των μηχανών.

3.5 Ασύρματες Επικοινωνίες

3.5.1 Εισαγωγή

Οι ασύρματες επικοινωνίες θα αποτελέσουν τον βασικό τρόπο επικοινωνίας μεταξύ των διασυνδεδεμένων αντικειμένων

του Μελλοντικού Διαδικτύου. Πρωτόκολλα όπως το RFID (ασύρματη επικοινωνία μικρού εύρους), το Wi-Fi (ασύρματη επικοινωνία μεσαίου εύρους) και το WiMAX (ασύρματη επικοινωνία μεγάλου εύρους) αποτελούν τις πιο αντιπροσωπευτικές τεχνολογίες των ασύρματων επικοινωνιών του Διαδικτύου Αντικειμένων. Πιο σημαντικό από τα παραπάνω, όσον αφορά τις ευρυζωνικές υπηρεσίες που προσφέρονται, είναι το πρωτόκολλο WiMAX.

Το *WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access)* είναι μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας η οποία μπορεί να προσφέρει ευρυζωνικές υπηρεσίες μεγάλης ποιότητας σε ασύρματες συσκευές που μπορεί ακόμα να βρίσκονται και σε κίνηση. Η τεχνολογία μπορεί να προσφέρει ταχύτητες μεταφοράς

δεδομένων έως και 3 Mbit/s²³ ²⁴ ²⁵ χωρίς την χρήση ενσύρματου εξοπλισμού και βασίζεται πάνω στα πρότυπα της IEEE 802.16-2004²⁶ και 802.16e-2005²⁷

3.5.2 Ευρυζωνικότητα (Broadband)

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση των πλεονεκτημάτων των ασύρματων επικοινωνιών, είναι σημαντικό να εξηγήσουμε τον όρο της ευρυζωνικότητας, μιας έννοιας πολύ σημαντικής για το Μελλοντικό Διαδίκτυο. Με τον όρο *ευρυζωνικότητα (broadband)*, αναφερόμαστε σε ένα εύρυστο υπολογιστικό περιβάλλον, όσον αφορά τον τεχνολογικό τομέα, το οποίο μπορεί να προσφέρει γρήγορες σε ταχύτητες συνδέσεις με το Διαδίκτυο και τεχνικές υποδομές τέτοιες, ώστε να εξασφαλίζουν την ποιότητα των υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα για τα ασύρματα δίκτυα, τα τελευταία χρόνια έχει εξελιχθεί ο όρος της **Ασύρματης Ευρυζωνικότητας (Wireless Broadband)**.

3.5.3 Πλεονεκτήματα Ασύρματης Ευρυζωνικότητας

Τα πλεονεκτήματα των υπηρεσιών της ασύρματης ευρυζωνικότητας σε σχέση με τις ενσύρματες τεχνολογίες είναι πολλά στον αριθμό. Παρακάτω παρουσιάζονται τα πιο βασικά από αυτά:

- Η εγκατάσταση και χρήση του απαραίτητου εξοπλισμού αποτελεί μία εύκολη διαδικασία, εφόσον απουσιάζουν οι ενσύρματες συσκευές. Κάτι τέτοιο σημαίνει μείωση του κόστους από πλευράς παρόχου, αλλά κι από πλευράς καταναλωτή.

²³ <http://www.mobilinkinfinity.com/faqs/>

²⁴ <http://convergence.in/blog/2008/03/24/is-wimax-a-failure-tata-communications-acknowledges-shortcomings/>

²⁵ WIMAX Forum, Ιούνιος 2008,

http://www.wimaxforum.org/sites/wimaxforum.org/files/document_library/digital_bridge.pdf

²⁶ <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16-2004.pdf>

²⁷ <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16e-2005.pdf>

- Οι χρήστες και γενικότερα τα διασυνδεδεμένα αντικείμενα μπορούν να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο από οποιαδήποτε τοποθεσία η οποία υποστηρίζεται. Το πρωτόκολλο WiMAX, σε συνδυασμό με το IPv6 διασφαλίζει την σύνδεση καθώς και την ποιότητα των υπηρεσιών, κατά το δυνατό περισσότερο, ακόμα κι εάν ο κόμβος του δικτύου βρίσκεται σε κίνηση.
- Η μόνιμη αλλαγή της τοποθεσίας ενός παροχού μιας υπηρεσίας ή ενός χρήστη μπορεί να είναι ακόμη και ανεπαίσθητη, αφού η απουσία ενσύρματου εξοπλισμού δεν απαιτεί περαιτέρω εγκαταστάσεις.

3.5.4 Ασύρματη Επικοινωνία Κοντινού Εύρους (Near Field Communication)

Ο όρος της *Ασύρματης Επικοινωνίας Κοντινού Εύρους (Near Field Communication – NFC)* αναφέρεται σε μία τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας, η οποία επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συσκευών που βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση μεταξύ τους (η απόσταση αφορά τυπικά αποστάσεις της τάξης των 10 εκατοστών). Η NFC στοχεύει στην εφαρμογή της περισσότερο από τα κινητά τηλέφωνα και γενικά σε φορητές συσκευές. Η τεχνολογία, η οποία στηρίζεται στο πρότυπο *ISO/IEC 14443*²⁸ είναι στην ουσία μία διαφοροποίηση της τεχνολογίας RFID, η οποία συνδυάζει στην ίδια συσκευή τις δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων και διαβάσματος.

Η NFC στηρίζεται στο φαινόμενο της *επαγωγής μέσω του μαγνητικού πεδίου (magnetic field induction)* μεταξύ των δύο κεραιών, που βρίσκονται τοποθετημένες πάνω στις δύο συσκευές, σε σχετικά μικρή απόσταση μεταξύ τους. Η συχνότητα διαμόρφωσης των σημάτων που εκπέμπονται (η οποία είναι ελεύθερη και δεν απαιτεί άδεια χρήσης) είναι αυτή των 13.56 MHz. Οι ρυθμοί μεταφοράς των δεδομένων που υποστηρίζονται είναι πολύ μικροί, σε σχέση με τις υπόλοιπες τεχνολογίες ασύρματης επικοινωνίας (π.χ. Bluetooth, Wi-Fi, κτλ.) και πιο συγκεκριμένα είναι αυτοί των 106, 212, 424 και 848 kbit/s.

²⁸ ISO/IEC JTC1/SC17/WG8 14443 Contactless integrated circuit(s) cards (όλες οι εκδόσεις)
<http://wg8.de/sd1.html>

Μία συσκευή που διαθέτει NFC, μπορεί να επικοινωνήσει με μία άλλη με δύο τρόπους (modes). Ο πρώτος από αυτούς ονομάζεται *Παθητικός Τρόπος Επικοινωνίας (Passive Communication Mode)*. Κατά την διαδικασία αυτή, μία από τις δύο συσκευές (Initiator Device) στέλνει αρχικά ένα σήμα στην άλλη συσκευή (Target Device), επάγοντας . Η συσκευή-στόχος απαντά στο σήμα, χρησιμοποιώντας όμως το ηλεκτρικό ρεύμα από την επαγωγή του ήδη υπάρχοντος μαγνητικού πεδίου, την οποία πυροδότησε η αρχική συσκευή. Ο τρόπος αυτός λειτουργίας της συσκευής-στόχου είναι στην ουσία ίδιος με τον τρόπο λειτουργίας των RFID ετικετών.

Ο δεύτερος τρόπος ονομάζεται *Ενεργητικός Τρόπος Επικοινωνίας (Active Communication Mode)*. Κατά την διαδικασία αυτή και οι δύο συσκευές θα πρέπει να δημιουργήσουν κάθε φορά το δικό τους πεδίο για την αποστολή ενός σήματος. Κάθε συσκευή απενεργοποιεί το ηλεκτρομαγνητικό της πεδίο όσο περιμένει την αποστολή δεδομένων και το ενεργοποιεί κατά την αποστολή. Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, ο τρόπος αυτός επικοινωνίας απαιτεί την ύπαρξη κυκλώματος τροφοδοσίας και στις δύο συσκευές και παραπέμπει στον τρόπο λειτουργίας των RFID αναγνωστών.

Παρά το γεγονός ότι το εύρος της δυνατής επικοινωνίας μεταξύ δύο συσκευών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία NFC είναι της τάξης των μερικών εκατοστών, το πρότυπο πάνω στο οποίο αυτή στηρίζεται δεν διασφαλίζει την ασφαλή ανταλλαγή δεδομένων. Σε σχετική έρευνα των Ernst Haselsteiner and Klemens Breitfuß [6] αναφέρονται πολλοί από τους τρόπους που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα σε μία τέτοιου είδους επικοινωνία.

Ο πιο κοινός τρόπος επίθεσης είναι αυτός της υποκλοπής δεδομένων από μία μετάδοση, αφού κατά την ανταλλαγή των δεδομένων αυτών δεν χρησιμοποιείται καμία μέθοδος κρυπτογράφησης και το κανάλι μετάδοσης είναι διαθέσιμο στο ευρύτερο περιβάλλον. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα οποία μεταδίδονται μπορούν να υποκλαπούν από μία κεραία που βρίσκεται κοντά στην μετάδοση. Ο κακόβουλος χρήστης που χρησιμοποιεί μία τέτοια είδους τεχνική ονομάζεται *ωτακουστής (eavesdropper)*. Η απόσταση η οποία μπορεί να βρίσκεται η κεραία αυτή, ώστε να μπορέσει να υποκλέψει το σήμα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, αλλά συνήθως είναι της τάξης των μερικών μέτρων [7]. Η υποκλοπή των δεδομένων εξαρτάται όμως κι από τον τρόπο επικοινωνίας. Μία συσκευή η οποία χρησιμοποιεί τον παθητικό τρόπο επικοινωνίας και δεν δημιουργεί το δικό της ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι

πολύ πιο δύσκολο να πέσει θύμα υποκλοπής από μία άλλη που χρησιμοποιεί τον ενεργητικό τρόπο.

Ένας άλλος τρόπος επίθεσης είναι η αλλαγή των μεταδιδόμενων δεδομένων. Ο επιτιθέμενος μπορεί να καταστρέψει τα δεδομένα της μετάδοσης, αλλάζοντας τμήμα του μηνύματος. Η αλλαγή των δεδομένων με αποτέλεσμα την δημιουργία ενός έγκυρου μηνύματος είναι μια πιο δύσκολη διαδικασία, η οποία όμως δεν είναι απίθανη. Ο τρόπος επίθεσης εξαρτάται από τον κώδικα ανίχνευσης λαθών που χρησιμοποιείται κατά την μετάδοση και δεν είναι καθορισμένος.

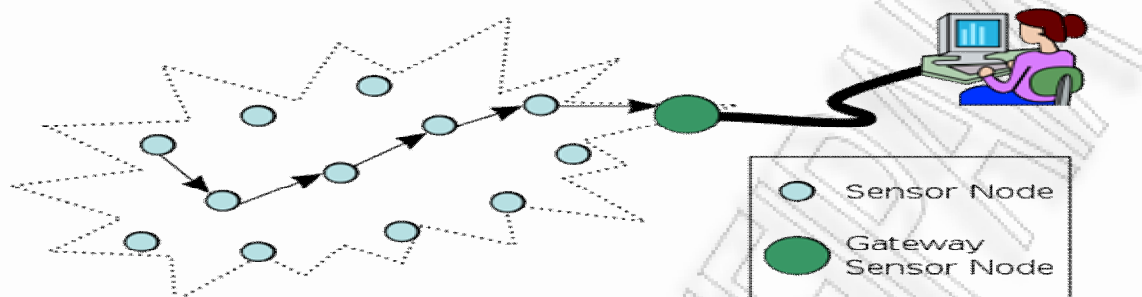
Παρά τα κενά ασφαλείας, τα οποία ενδεχομένως θα διορθωθούν στο μέλλον, η NFC αποτελεί μία σημαντική τεχνολογία για την εγκαθίδρυση του Μελλοντικού Διαδικτύου. Οι εφαρμογές της, όπως θα δούμε σε επόμενα κεφάλαια είναι πάρα πολλές και παρουσιάζουν μεγάλη ευελιξία.

3.5.5 Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (Wireless Sensor Networks)

Ένα *Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (Wireless Sensor Network – WSN)* είναι ένα δίκτυο ασύρματης επικοινωνίας, το οποίο συνδέει μεταξύ τους αυτόνομες συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούν *αισθητήρες (sensors)* για την παρακολούθηση και/ή την καταγραφή διάφορων δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά για παράδειγμα μπορεί να αφορούν μετρήσεις θερμοκρασίας, ήχου, πίεσης, κίνησης, επιπέδων μόλυνσης, κτλ. Επίσης, κάθε αισθητήρας στο δίκτυο βρίσκεται σε διαφορετική θέση από τους άλλους [8] [9]. Με τον όρο *αισθητήρα (sensor)* ορίζουμε μία συσκευή, η οποία καταγράφει ένα φυσικό μέγεθος και το μετατρέπει σε ένα σήμα, το οποίο μπορεί να διαβαστεί και να επεξεργαστεί, είτε από έναν παρατηρητή, είτε από μία άλλη συσκευή.

Η ανάπτυξη των WSN έγινε αρχικά για στρατιωτικούς σκοπούς, όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση ενός πεδίου μάχης. Με την πάροδο του χρόνου ο αρχικός σκοπός άλλαξε και σήμερα τα WSN χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Παραδείγματα τέτοιων εφαρμογών είναι η παρακολούθηση κι ο έλεγχος εταιρικών διαδικασιών (industrial process monitoring and control), η καταγραφή της κατάστασης άλλων μηχανών (machine health monitoring), η καταγραφή

περιβαλλοντικών φαινομένων (environment monitoring) καθώς και ο έλεγχος της κυκλοφορίας (traffic control) [10]. Μία τυπική τοπολογία ενός WSN δίνεται στην εικόνα 6.



Εικόνα 4: τυπική τοπολογία ενός WSN

(Πηγή: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:WSN.svg>)

Κάθε κόμβος του δικτύου είναι εφοδιασμένος συνήθως με έναν transceiver (αποστολέα και λήπτη ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων) ή κάποια άλλη συσκευή ασύρματης επικοινωνίας (π.χ. κύκλωμα NFC), ένα μικρό κύκλωμα (συνήθως μιας μνήμης για την αποθήκευση δεδομένων) και μία πηγή ενέργειας (συνήθως μπαταρία). Οι κόμβοι επικοινωνούν μεταξύ τους, μεταδίδοντας δεδομένα στους γειτονικούς τους με δυναμικό τρόπο. Τυπικά σε ένα WSN υπάρχουν ένας ή περισσότεροι κόμβοι εξόδου (*Gateway Sensors Nodes*), οι οποίοι μεταδίδουν τα δεδομένα των μετρήσεων σε άλλες συσκευές εκτός δικτύου.

Το μέγεθος κάθε αισθητήρα διαφέρει σημαντικά και συνεπώς μπορεί να έχουμε αισθητήρες τόσο μεγάλους όσο και το μέγεθος μιας τηλεόρασης, αλλά και αισθητήρες τόσο μικρούς που δεν είναι ορατοί στο ανθρώπινο μάτι. Όσον αφορά το κόστος τους, κι αυτό, όπως και το μέγεθος, ποικίλει ανάλογα με την χρησιμότητα του αισθητήρα, αλλά και την μέτρηση την οποία μπορεί να εκτελέσει. Οι περιορισμοί στο μέγεθος και στο κόστος των αισθητήρων, όπως είναι λογικό, έχουν ως αποτέλεσμα την ανάλογη ύπαρξη περιορισμών στην κατανάλωση ενέργειας, στο μέγεθος της μνήμης και στην ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων.

Σε ένα δίκτυο αισθητήρων, υπό κανονικές συνθήκες, κάθε κόμβος επιλέγει σε ποιον από τους γειτονικούς κόμβους θα προωθήσει τα δεδομένα του. Συνεπώς, η δρομολόγηση των δεδομένων και γενικότερα η επικοινωνία μεταξύ των κόμβων δε γίνεται, σε αντίθεση με τα περισσότερα ενσύρματα δίκτυα, μέσω κάποιου

δρομολογητή αλλά είναι δυναμική κι εξαρτάται ανά πάσα στιγμή από την τοπολογία του δικτύου. Τέτοιοι αλγόριθμοι δρομολόγησης ονομάζονται *Αλγόριθμοι Δρομολόγησης multi-hop (multi-hop routing algorithms)*.

Επειδή τυπικά ένα WSN αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό κόμβων-αισθητήρων, οι περισσότεροι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται είναι *κατανεμημένοι (distributed algorithms)*. Σε ένα τέτοιο δίκτυο, ο πιο κρίσιμος παράγοντας είναι αυτός της ενέργειας και δύο από τις διαδικασίες που καταναλώνουν αρκετή ενέργεια είναι αυτές της ανταλλαγής και της αναμονής για την λήψη δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, η έρευνα πάνω στα WSN επικεντρώνεται στην δημιουργία αλγορίθμων για την εξοικονόμηση ενέργειας και την μείωση του όγκου των δεδομένων που μεταφέρονται.

Τα WSN βρίσκουν πολλές εφαρμογές, η φύση των οποίων σχετίζεται με την λογική και την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου. Όπως θα δούμε και παρακάτω, πάρα πολλά συστήματα που αφορούν παρακολούθηση χώρων και καταγραφή λειτουργιών σε αυτούς, είναι στην ουσία αυτόνομα WSN, τα οποία επικοινωνούν στην συνέχεια με άλλες συσκευές εκτός του περιβάλλοντος στο οποίο είναι τοποθετημένα.

3.6 Τεχνολογίες Προσδιορισμού Θέσης (Location Technology – Positioning Systems)

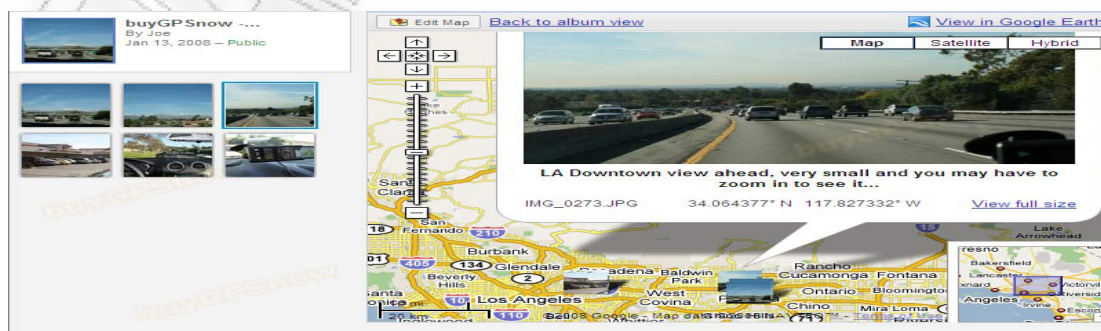
3.6.1 GPS

Οι τεχνολογίες προσδιορισμού θέσης βοηθά ανθρώπους και μηχανές να εντοπίσουν αντικείμενα και να προσδιορίσουν τα φυσικά τους χαρακτηριστικά. Ο όρος περιλαμβάνει μια ομάδα τεχνολογιών, από τις οποίες η πιο γνωστή και διαδεδομένη είναι το GPS. Το **GPS (Global Positioning System - Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας)** είναι ένα παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού με χρήση δορυφόρων (*GNSS – Global Navigation Satellite System*), το οποίο οποίο δημιουργήθηκε από το υπουργείο

άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Είναι το μόνο σύστημα παγκόσμιου εντοπισμού θέσης το οποίο έχει εμβέλεια σε όλον τον πλανήτη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ελεύθερα από οποιοδήποτε το επιθυμεί. Η πιο συνηθισμένη χρήση του είναι από πολίτες, κυρίως για παροχή οδηγιών κατεύθυνσης σχετικά με κάποιον προορισμό. Το GPS βασίζεται σε ένα πλέγμα 24 δορυφόρων γύρω από την Γη, οι οποίοι εκπέμποντας μικρο-κύματα στην επιφάνεια της Γης, βοηθούν τους «δέκτες GPS» (*GPS receivers*) να καθορίσουν την θέση και την ταχύτητά τους.

3.6.2 Geotagging

Με τον όρο *Geotagging* αναφερόμαστε στην διαδικασία της πρόσθεσης διάφορων γεωγραφικών μετα-δεδομένων (*geographical metadata*) σε διάφορα πολυμέσα ή ηλεκτρονικά έγγραφα, όπως φωτογραφίας, videos, ιστοσελίδες, κτλ., τα οποία έχουν κάποια σχέση με το περιεχόμενό τους. Τα μετα-δεδομένα αυτά αποτελούνται συνήθως από γεωγραφικές συντεταγμένες (γεωγραφικό μήκος και πλάτος) αλλά μπορεί να αφορούν και περαιτέρω πληροφορίες, όπως υψόμετρο, επίπεδα υγρασίας, κτλ. Η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες της ώστε να βρουν μία ευρείας γκάμας πληροφορίες που αφορούν γεωγραφικές θέσεις. Για παράδειγμα κάποιος μπορεί να αναζητήσει φωτογραφίες που έχουν σχέση με ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο ή σε κοντινή απόσταση από αυτό ή ιστοσελίδες που σχετίζονται με μία συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Ένα παράδειγμα τέτοιων μεταδεδομένων, μπορούμε να δούμε στην εικόνα 7, όπου η συγκεκριμένη εικόνα έχει καταχωρηθεί στην υπηρεσία Google Maps.



Εικόνα 5: εικόνα με Geotagging μετα-δεδομένα, καταχωρημένη στην υπηρεσία Google Maps

Η διαδικασία που μόλις αναφέρθηκε, δηλαδή της αναζήτησης εικόνων με βάση τις γεωγραφικές συντεταγμένες αλλά και το αντίστροφο (αναζήτηση γεωγραφικών συντεταγμένων με βάση μια εικόνα με πληροφορίες Geotagging) ονομάζεται *Geocoding*. Οι συσκευές αλλά και τα λογισμικά που υποστηρίζουν την τεχνολογία αυτή, ονομάζονται *Geocoders*. Για παράδειγμα, μια ψηφιακή φωτογραφική μηχανή η οποία φέρει πάνω της ένα δέκτη GPS, μπορεί να προσθέσει πληροφορίες Geotagging σε κάθε φωτογραφία της. Το μόνο αρνητικό στοιχείο που έχει αναφερθεί σχετικά με την συγκεκριμένη τεχνολογία αφορά των ιδιωτικότητα των χρηστών που την χρησιμοποιούν. Για παράδειγμα ένα άτομο μπορεί εν αγνοιά του να δημοσιεύσει στο Διαδίκτυο Geotagged εικόνες, οι οποίες φέρουν πληροφορίες για την γεωγραφική του θέση. Παρά το γεγονός αυτό, η συγκεκριμένη τεχνολογία εξελίσσεται και αποτελεί μία σημαντική προσθήκη σε αυτές που υποστηρίζουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο.

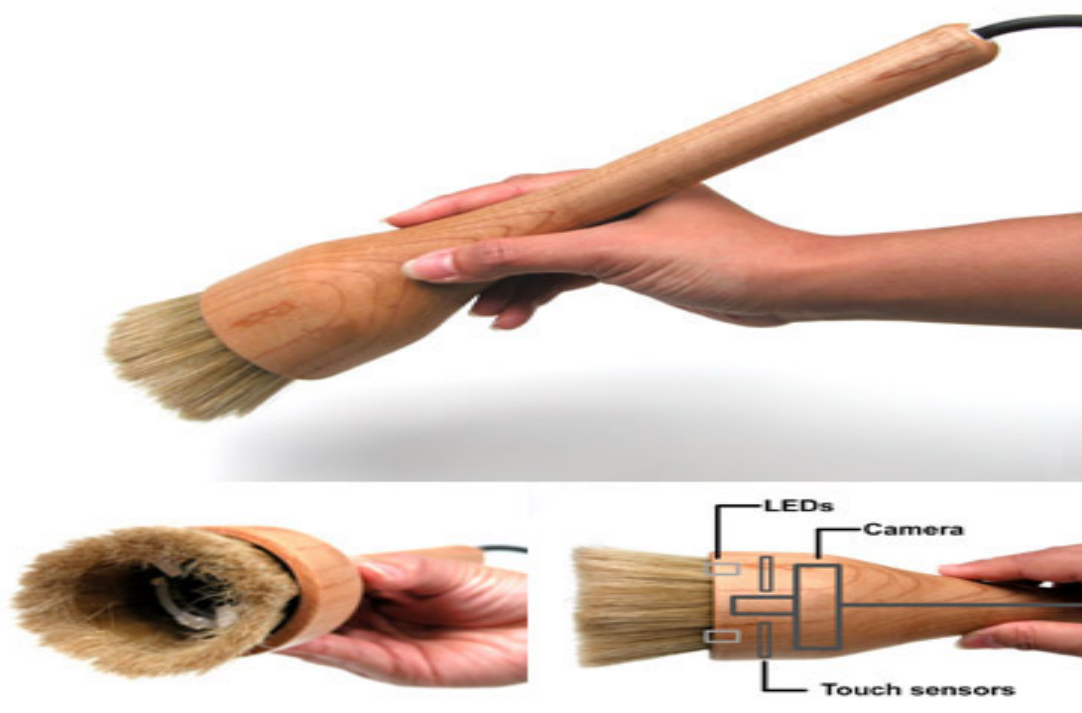
3.7 Αισθητές Διεπαφές Χρηστών (Tangible User Interfaces)

Ο όρος *Αισθητές Διεπαφές Χρηστών (Tangible User Interfaces – TUIs)* αναφέρεται στον χειρισμό υπολογιστών και γενικότερα συσκευών χρησιμοποιώντας αντικείμενα της καθημερινής ζωής. Ως τώρα, τα κύρια μέσα χειρισμού μιας υπολογιστικής συσκευής ήταν κυρίως το πληκτρολόγιο και το ηλεκτρονικό ποντίκι. Ο συγκεκριμένος τεχνολογικός κλάδος έχει ως στόχο την αλλαγή του τρόπου χειρισμού, κάνοντας τις ίδιες τις συσκευές να αλληλεπιδρούν με τα γύρω τους αντικείμενα. Τα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να έχει μία τέτοια συσκευή είναι τα ακόλουθα:

1. Η συσκευή μετατρέπει σε ψηφιακά δεδομένα οτιδήποτε αλληλεπιδρά με αυτή.
2. Η μετατροπή των φυσικών αντικειμένων στην ψηφιακή τους αναπαράσταση γίνεται μέσω της χρήσης μηχανισμών, που εκ πρώτης όψεως δεν είναι ορατοί πάνω στην συσκευή.
3. Η πρωταρχική χρήση της συσκευής θα πρέπει να παραμένει αναλλοίωτη, ανεξάρτητα με τα αντικείμενα τα οποία αλληλεπιδρούν με αυτή κι έχουν κάποια σημασία όσον αφορά τον χειρισμό της.

4. Η συσκευή θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται την φυσική κατάσταση των αντικειμένων με τα οποία αλληλεπιδρά και ανάλογα με αυτήν η ψηφιακή τους αναπαράσταση να είναι διαφορετική.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η συγκεκριμένη τεχνολογία, θα δώσουμε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα μιας τέτοιας συσκευής. Μία από τις πιο σημαντικές δημιουργίες του συγκεκριμένου κλάδου είναι η **I/O Brush**²⁹ [11] [12]. Η I/O Brush είναι ένα πινέλο ζωγραφικής, η οποία μπορεί να ζωγραφίσει χρώματα και υφές (textures) τα οποία αντλεί από αντικείμενα του φυσικού περιβάλλοντος. Για παράδειγμα ο χρήστης μπορεί να δείξει οποιοδήποτε αντικείμενο στην I/O Brush και αυτή αυτόματα θα μπορέσει να ζωγραφίσει, σε έναν ειδικά διαμορφωμένο καμβά, οτιδήποτε ο χρήστης επιθυμεί, αλλά με το χρώμα και την υφή του αντικειμένου αυτού. Το πινέλο, όπως φαίνεται και στην εικόνα 8, διαθέτει αισθητήρες κίνησης (για τον προσδιορισμό της υφής ενός αντικειμένου), μία κάμερα (για την αποτύπωση του χρώματος του αντικειμένου) και κάποιες φωτεινές ενδείξεις (για τον φωτισμό του αντικειμένου).



Εικόνα 6: συστατικά στοιχεία της I/O Brush

(Πηγή: <http://web.media.mit.edu/~kimiko/iobrush/>)

²⁹ <http://web.media.mit.edu/~kimiko/iobrush/>

Άλλα παραδείγματα τέτοιων συσκευών, τα οποία χρησιμοποιούν πολλές από τις τεχνολογίες που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, είναι ένα ηλεκτρονικό κλειδί, το οποίο όταν ανοίξει την κύρια πόρτα ενός σπιτιού θα απενεργοποιεί τον συναγερμό, ή ένα ψηφιακή ξυριστική μηχανή η οποία θα ενεργοποιεί την καφετιέρα, κτλ. Όπως μπορεί να αντιληφθεί κανείς, ο τρόπος αυτός της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αντικειμένων, με αυτοματοποιημένους τρόπους αποτελεί βασικό στοιχείο του Διαδικτύου Αντικειμένων και οι Αισθητές Διεπαφές Χρηστών την υποστηρίζουν απόλυτα.

3.8 Βιομετρικές Τεχνολογίες

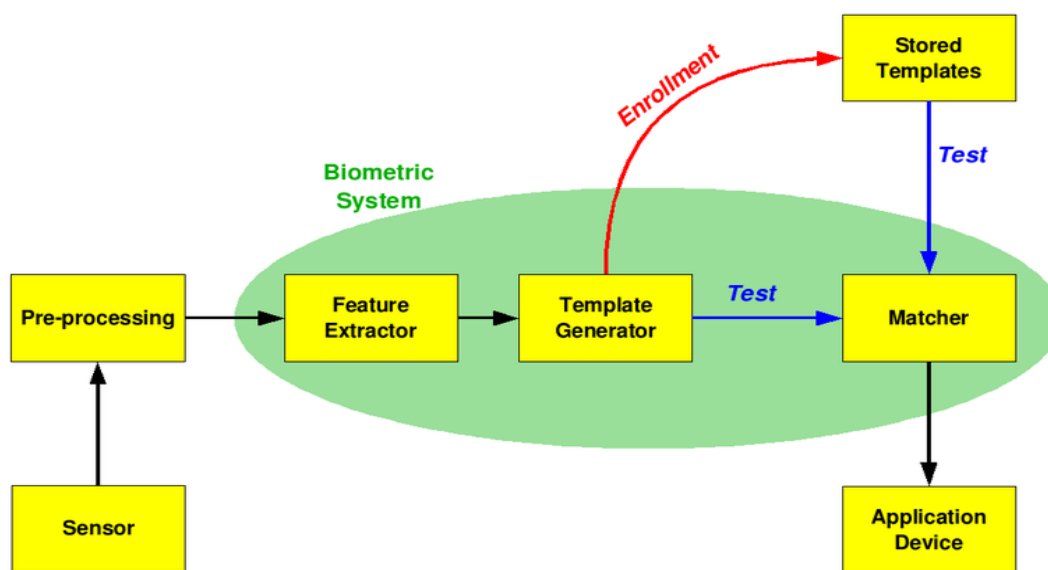
Ο όρος *Βιομετρία (Biometrics)* αναφέρεται σε μεθόδους αναγνώρισης ανθρώπων (μερικές φορές κι άλλων οργανισμών) με βάση ενός ή περισσότερων εγγενών φυσικών χαρακτηριστικών τους ή χαρακτηριστικών της συμπεριφοράς τους. Όσον αφορά τον κλάδο της Πληροφορικής, η βιομετρία χρησιμοποιείται σχεδόν εξολοκλήρου για την αυθεντικοποίηση μελών του προσωπικού και την παραχώρηση δικαιωμάτων ελέγχου (access control). Πολλές από τις εφαρμογές του Διαδικτύου Αντικειμένων θα στηρίζονται σε τεχνολογίες τέτοιου είδους, οι οποίες κάνουν πιο εύκολη, πιο ασφαλή και πιο ευέλικτη την επικοινωνία ενός ατόμου με συσκευές ασφαλείας. Τα βιομετρικά χαρακτηριστικά ενός ατόμου μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κατηγορίες:

- Τα **Φυσιολογικά Βιομετρικά Χαρακτηριστικά (Physiological Characteristics)**, τα οποία έχουν σχέση με το ανθρώπινο σώμα. Για παράδειγμα φυσιολογικά βιομετρικά χαρακτηριστικά είναι τα δακτυλικά αποτυπώματα, η ίριδα των ματιών, το DNA, κτλ.
- Τα **Βιομετρικά Χαρακτηριστικά της Συμπεριφοράς** ενός ατόμου, έχουν άμεση σχέση με την φυσική συμπεριφορά και την αλληλεπίδραση αυτού με το περιβάλλον. Για παράδειγμα κάποια από αυτά είναι ο γραφικός χαρακτήρας, η φωνή, ο ρυθμός με τον οποίο πληκτρολογεί στο πληκτρολόγιο ενός Η/Υ (typing rhythm), κτλ.

Ένα βιομετρικό σύστημα μπορεί να εκτελέσει τις παρακάτω δύο διαδικασίες:

- **Αυθεντικοποίηση** ενός ατόμου. Το σύστημα αποθηκεύει τα στοιχεία μόνο ενός ατόμου και κάθε φορά ελέγχει τα βιομετρικά του χαρακτηριστικά για επαλήθευση. Η επαλήθευση μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με κάποιο όνομα χρήστη, κάποια ηλεκτρονική κάρτα, κτλ.
- **Ταυτοποίηση** ενός ή περισσότερων ατόμων. Το σύστημα επικοινωνεί με μία βάση δεδομένων, στην οποία είναι αποθηκευμένα τα βιομετρικά χαρακτηριστικά πολλών ατόμων και κάθε φορά ταυτοποιεί το κάθε άτομο που το χρησιμοποιεί. Όπως γίνεται αντιληπτό, η αυθεντικοποίηση μπορεί να θεωρηθεί ως μία ειδική περίπτωση της ταυτοποίησης, για μία βάση δεδομένων με ένα μόνο άτομο.

Η δομή ενός βιομετρικού συστήματος απεικονίζεται στην εικόνα 9.



Εικόνα 7: η δομή ενός βιομετρικού συστήματος

Το Βιομετρικό σύστημα αρχικά επικοινωνεί με το εξωτερικό περιβάλλον με έναν αισθητήρα, ο οποίος μετατρέπει σε ψηφιακή μορφή τα σήματα τα οποία λαμβάνει από αυτό. Στην συνέχεια, μετά από κάποια προ-επεξεργασία των δεδομένων (π.χ. αφαίρεση θορύβου), ακολουθεί η διαδικασία της εξαγωγής των βιομετρικών χαρακτηριστικών, κατά την οποία από το αρχικό ψηφιακό σήμα εξάγονται τα

βιομετρικά χαρακτηριστικά του ατόμου. Η διαδικασία αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί τα σωστά χαρακτηριστικά θα πρέπει να εξαχθούν με τον βέλτιστο τρόπο. Τα βιομετρικά χαρακτηριστικά στην συνέχεια μετατρέπονται σε κάποιο πρότυπο (*template*) που στην ουσία είναι κάποια συγκεκριμένη δομή δεδομένων, η οποία χρησιμοποιείται για τον γρήγορο έλεγχο και την αποθήκευση στην βάση δεδομένων. Εάν το άτομο χρησιμοποιεί το βιομετρικό σύστημα για πρώτη φορά, τότε τα χαρακτηριστικά αποθηκεύονται στην *βάση δεδομένων (stored templates)* με την διαδικασία της *εγγραφής (enrollment)*. Στην συνέχεια, το *πρόγραμμα ελέγχου (matcher)* ελέγχει το πρότυπο εισόδου με τα αποθηκευμένα πρότυπα και στέλνει τα αποτελέσματα στην έξοδο. Ο έλεγχος γίνεται συνήθως με κάποιον αλγόριθμο υπολογισμού της απόστασης μεταξύ των δύο προτύπων (π.χ. απόσταση Hamming).

3.9 Τεχνολογίες Συγκομιδής Ενέργειας

Καθώς ο αριθμός των ηλεκτρονικών συσκευών αυξάνεται με μεγάλους ρυθμούς, η ανάγκη για πηγές ηλεκτρικής ενέργειας γίνεται ακόμη μεγαλύτερη. Στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, οι περισσότερες συσκευές, για να είναι αποδοτικές και βιώσιμες, θα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς συγκομιδής ενέργειας από το περιβάλλον (*energy harvesting mechanisms*). Η *συγκομιδή ενέργειας (energy harvesting)* είναι η διαδικασία με την οποία ηλεκτρική ενέργεια δημιουργείται και αποθηκεύεται από άλλες πηγές ενέργειας (π.χ. ηλιακή ενέργεια, θερμική ενέργεια, αιολική ενέργεια, κινητική ενέργεια, κτλ.). Τις περισσότερες των περιπτώσεων, ο συγκεκριμένος όρος χρησιμοποιείται για σχετικά μικρές, ασύρματες και αυτόνομα συσκευές, όπως για παράδειγμα αυτές που χρησιμοποιούνται στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων.

3.10 Λογισμικό

Η ετερογενής φύση των διάφορων συσκευών που θα αποτελέσουν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων, αποτελεί μία πρόκληση για τους μηχανικούς λογισμικού, οι οποίοι θα πρέπει να δομήσουν προγράμματα, τα οποία θα πρέπει να εκτελούνται σε εντελώς

διαφορετικά περιβάλλοντα ή θα πρέπει να χρησιμοποιούν συσκευές εντελώς ξένες μεταξύ τους. Πολλές τεχνικές προγραμματισμού, οι οποίες χρησιμοποιούνται σήμερα (π.χ. SOA), είναι πολύ πιθανό ότι θα αποτελέσουν την βάση για τις τεχνικές προγραμματισμού του αύριο. Σχετικές έρευνες [13] έχουν τονίσει ότι η αρχιτεκτονική του μελλοντικού λογισμικού θα αποτελείται κυρίως από την συνεργασία διάφορων, αυτόνομων μεταξύ τους υπηρεσιών, κάθε μία από τις οποίες θα εκτελεί μία πολύ συγκεκριμένη διαδικασία στο περιβάλλον το οποίο βρίσκεται. Η δουλειά του μηχανικού λογισμικού πλέον θα περιορίζεται στην δομή της συνεργασίας αυτής καθώς στους τρόπους επικοινωνίας μεταξύ των διάφορων υπηρεσιών.4. Πλατφόρμες για το Μελλοντικό Διαδίκτυο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

4. Πλατφόρμες για το Μελλοντικό Διαδίκτυο

4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό έχει ως θεματικό αντικείμενο την παρουσίαση των πλατφόρμων οι οποίες πρόκειται να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την εκτέλεση όλων εκείνων των «έξυπνων» εφαρμογών που οραματίζονται οι σχεδιαστές του Μελλοντικού Διαδικτύου. Το θέμα εξετάζεται από πολλές σκοπιές και δεν περιορίζεται μόνο σε τεχνικά ζητήματα.

Αρχικά ορίζεται η έννοια της πλατφόρμας και η έννοια των «έξυπνων» εφαρμογών και αναφέρεται η σημαντικότητά τους για την ανάπτυξη του Διαδικτύου των Αντικειμένων. Δίνεται έμφαση στο γεγονός ότι οι πλατφόρμες αυτές δεν θα περιορίζονται μόνο σε έναν τομέα εφαρμογής αλλά θα συνδυάζουν τις τεχνολογίες που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο για να προσφέρουν ποικίλες υπηρεσίες.

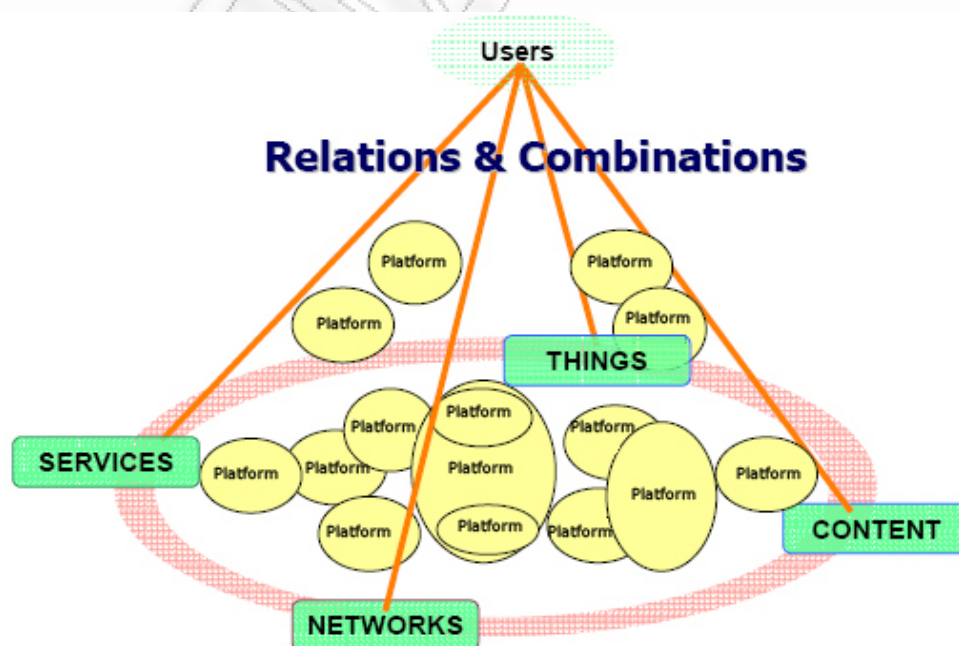
Στην συνέχεια αναφέρονται λεπτομερώς τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχουν οι πλατφόρμες του Μελλοντικού Διαδικτύου. Συνοπτικά, θα πρέπει να είναι *Συνεργατικές μεταξύ τους (Federated)*, *Ανοιχτές (Open)* και *Αξιόπιστες (Trusted)*, ώστε να μπορούν να γίνουν αποδοτικές. Οι παραπάνω όροι (F-O-T) εξηγούνται αναλυτικά παρακάτω και αναλύονται τα κυριότερα σημεία τους.

Ακολουθούν κάποια χειροπιαστά παραδείγματα τέτοιων πλατφόρμων, τα οποία τις διαχωρίζουν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με την αρχιτεκτονική και το εύρος του τομέα εφαρμογής στον οποίο εστιάζονται: σε «εστιασμένες» πλατφόρμες (“focused” platforms) και σε πλατφόρμες που στηρίζονται σε συνδυασμούς άλλων (federation of platforms). Επίσης γίνεται και μελέτη μιας πραγματικής περίπτωσης, αυτής της πλατφόρμας EzWeb, η αρχιτεκτονική της οποίας θα είναι παρόμοια με αυτών που πραγματεύεται η παρούσα έρευνα. Τέλος, εκτός των άλλων, γίνεται αναφορά και στο αντίκτυπο που θα έχουν οι πλατφόρμες του Μελλοντικού Διαδικτύου, τόσο στην οικονομία, όσο και στην κοινωνία γενικότερα.

4.2 Ορισμός

Ο όρος **πλατφόρμα (platform)** αναφέρεται στις μεθόδους και τις τεχνολογίες εκείνες, οι οποίες συνδυάζουν μία πληθώρα συστατικών τεχνολογιών (που έχουν σχέση με δίκτυα, υλικό, λογισμικό, υπηρεσίες, κ.α.) και επιτρέπουν την δημιουργία και την εκτέλεση εφαρμογών πάνω σε αυτές, με αποδεκτή *Ποιότητα Υπηρεσιών (Quality of Services)*. Ο όρος είναι αρκετά γενικός και τυπικά παραδείγματα αυτού είναι η αρχιτεκτονική ενός υπολογιστή, ένα λειτουργικό σύστημα, οι γλώσσες προγραμματισμού, οι βιβλιοθήκες κώδικα, κτλ.

Στην παρούσα έρευνα, ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι πλατφόρμες οι οποίες θα υποστηρίξουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο. Οι πλατφόρμες αυτές θα είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη και την εκτέλεση «έξυπνων» εφαρμογών (“smart” applications). Ο όρος «έξυπνες» εφαρμογές υποδηλώνει μία ευρεία γκάμα εφαρμογών, οι οποίες θα υποστηρίξουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο και οι οποίες θα έχουν σχέση με την παροχή υπηρεσιών σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής, όπως για παράδειγμα την διασκέδαση, την παροχή υπηρεσιών υγείας, την παροχή ενέργειας, κτλ. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 10, οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες θα στηριχθούν οι «έξυπνες» εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα αποτελέσουν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της αρχιτεκτονικής του.



Εικόνα 1: πλατφόρμες ανάπτυξης εφαρμογών στην αρχιτεκτονική του Μελλοντικού Διαδικτύου

4.3 Χαρακτηριστικά της κάθε πλατφόρμας

Οι πλατφόρμες για τις εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου θα πρέπει σε γενικές γραμμές να διαθέτουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά.

i) Θα πρέπει να είναι Συνεργατικές (Federated). Οι περισσότερες από τις εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου θα χρειαστεί να κάνουν χρήση ενός συνδυασμού από διάφορες πλατφόρμες για να υλοποιήσουν αυτό για το οποίο σχεδιάστηκαν. Η συνεργασία μεταξύ διαφορετικών πλατφορμών εκτείνεται σε δύο κυρίως άξονες:

1. Οι πλατφόρμες για τις εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορούν να συμβιώσουν και να επικοινωνήσουν κάτω από διαφορετικά λειτουργικά περιβάλλοντα. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούν να μοιράζονται και να ανταλλάσσουν δεδομένα ανεξαρτήτως της εφαρμογής την οποία πρόκειται να υποστηρίξουν.
2. Οι πλατφόρμες για τις εφαρμογές του Μελλοντικού Διαδικτύου θα πρέπει να είναι σχεδιασμένες με τρόπο τέτοιο, έτσι ώστε να μπορούν να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση μιας εφαρμογής, χωρίς να είναι απαραίτητο να διαθέτουν όλες εκείνες τις λειτουργίες ή τα δεδομένα που η εφαρμογή χρειάζεται. Κάθε φορά που κάποια λειτουργία ή κάποια δεδομένα είναι απαραίτητα, η πλατφόρμα θα πρέπει να είναι σε θέση να έχει πρόσβαση στους πόρους αυτούς μέσω της επικοινωνίας της με άλλες πλατφόρμες.

Όπως αντιλαμβάνεται κανείς, η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ανεξαρτησία μεταξύ των λειτουργιών σε διαφορετικές πλατφόρμες, τις κάνει περισσότερο δυναμικές και χρηστικές για διαφορετικούς σκοπούς. Ο βαθμός της ανεξαρτησίας των λειτουργιών της κάθε πλατφόρμας εξαρτάται κάθε φορά από τον σκοπό που αυτές είναι σχεδιασμένες, καθώς και από τα επιχειρηματικά μοντέλα στα οποία στηρίζονται. Για παράδειγμα, πλατφόρμες οι οποίες είναι εντελώς ανεξάρτητες μεταξύ τους, θα έχουν ενσωματωμένους απλούς μηχανισμούς επικοινωνίας, ενώ πλατφόρμες οι οποίες στηρίζονται μερικώς σε κάποιες άλλες, θα έχουν αναπτύξει πιο περίπλοκους, πιο ειδικούς και πιο αυτοματοποιημένους μηχανισμούς επικοινωνίας.

ii) **Θα πρέπει να είναι Ανοιχτές (Open).** Ο όρος αυτός μπορεί να αναλυθεί από 3 διαφορετικές σκοπιές: την *τεχνική σκοπιά* της ίδιας της πλατφόρμας, των *προτύπων επικοινωνίας* μεταξύ των πλατφορμών και το ποσοστό *προσβασιμότητας* (*accessibility*) της πλατφόρμας.

Όσον αφορά την *τεχνική σκοπιά* της πλατφόρμας, μια πλατφόρμα μπορεί να θεωρηθεί ανοιχτή (open), όταν διαθέτει όλες εκείνες τις *προγραμματιστικές διεπαφές* (*Application Programming Interfaces - APIs*) οι οποίες θα επιτρέψουν σε τρίτες εφαρμογές να χρησιμοποιήσουν τις λειτουργίες της και να την ενσωματώσουν στις δικές τους. Παρά το γεγονός ότι κάτι τέτοιο εξαρτάται κυρίως από διάφορα επιχειρηματικά μοντέλα αλλά και τις ανάγκες των χρηστών, οι πλατφόρμες θα πρέπει να ενθαρρύνονται για την δημιουργία προγραμματιστικών διεπαφών, τις οποίες θα διαθέτουν στο ευρύ κοινό, μαζί με υλικό για τις οδηγίες χρήσης τους.

Η δεύτερη σκοπιά αφορά τα *πρότυπα επικοινωνίας* μεταξύ των διάφορων πλατφορμών. Η συνεργασία μεταξύ αυτών, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, απαιτεί την ύπαρξη επικοινωνίας. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται πιο εύκολα, όταν οι πλατφόρμες μπορούν να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω κοινών μεθόδων, πρωτοκόλλων και δομών δεδομένων. Συνεπώς, οι πληροφορίες για τα πρότυπα και τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών πλατφορμών, θα πρέπει να είναι ανοιχτά, με την έννοια ότι θα είναι ελεύθερα διαθέσιμα στο ευρύ κοινό. Όπως είναι φυσικό, κάτι τέτοιο δίνει μεγαλύτερη ώθηση στον ανταγωνισμό μεταξύ των κατασκευαστών και εν δυνάμει στην ανάπτυξη νέων πλατφορμών με καλύτερες υπηρεσίες και περισσότερες καινοτομίες.

Η τρίτη σκοπιά έχει σχέση με το ποσοστό *προσβασιμότητας* μιας πλατφόρμας εφαρμογών. Στο Μελλοντικό Διαδίκτυο, οι πλατφόρμες που θα υποστηρίζουν τις εφαρμογές του, θα πρέπει να είναι προσβάσιμες σε ένα σύνολο χρηστών μέσα από μια πληθώρα διαφορετικών συσκευών. Για παράδειγμα, μια πλατφόρμα η οποία θα υποστηρίζει την ανάπτυξη 3D γραφικών μέσα από διαφορετικά προγραμματιστικά περιβάλλοντα, θα πρέπει να μπορεί να είναι διαθέσιμη και προσβάσιμη, κατά τον ίδιο τρόπο, είτε πρόκειται να χρησιμοποιηθεί από ηλεκτρονικό υπολογιστή, είτε από κινητό τηλέφωνο, είτε από μια άλλη, παρόμοια συσκευή. Η σκοπιά αυτή εφαρμόζεται ήδη από πάρα πολλά προγραμματιστικά περιβάλλοντα σήμερα.

iii) **Θα πρέπει να είναι Αξιόπιστες (Trusted).** Οι πλατφόρμες για την ανάπτυξη και την υποστήριξη των εφαρμογών του Μελλοντικού Διαδικτύου θα πρέπει να εμπνέουν εμπιστοσύνη για την ευρεία χρήση τους και για το λόγο αυτό οι πλατφόρμες θα πρέπει να προσφέρουν την *Ποιότητα των Υπηρεσιών (Quality of Services – QoS)* την οποία υπόσχονται. Η εμπιστοσύνη προς τις πλατφόρμες αυτές προϋποθέτει το ότι είναι ασφαλείς όσον αφορά τα προσωπικά δεδομένα και γενικότερα την ιδιωτικότητα των χρηστών τους. Επίσης προϋποθέτει την ύπαρξη *υπευθυνότητας (responsibility)* και *υποχρέωσης (liability)* απέναντι στις ανάγκες των χρηστών τους, διαφάνεια των εσωτερικών τους λειτουργιών και ιδιαίτερα αυτών που αφορούν την επεξεργασία δεδομένων καθώς και την παροχή κατάλληλης *χρησιμότητας (usability)*. Η εμπιστοσύνη θα είναι αναγκαία να δημιουργηθεί με διαφορετικούς τρόπους:

- Η αρχιτεκτονική πάνω στην οποία βασίζεται η πλατφόρμα (underlying architecture) θα πρέπει να προωθηθεί κατάλληλα.
- Τα πρωτόκολλα τα οποία χρησιμοποιεί η πλατφόρμα θα πρέπει να είναι αξιόπιστα τόσο από την πλευρά των παροχών υπηρεσιών όσο και από την πλευρά των χρηστών.
- Η υλοποίηση της εφαρμογής θα πρέπει να ελέγχεται όσον αφορά την ασφάλειά της. Ο έλεγχος αυτός θα πρέπει να γίνεται από *αρμόδιες αρχές (trusted authorities)*, οι οποίες θα είναι κοινά αποδεκτές από όλους.
- Η εμπιστοσύνη αφορά όχι μόνο την πλατφόρμα κάθε αυτή, αλλά και το νομικό πλαίσιο πάνω στο οποίο αυτή λειτουργεί και αναπτύσσεται.

Και οι τρεις παραπάνω προδιαγραφές αναφέρονται συνήθως με την χρήση του όρου **F-O-T Platforms (Federated, Open and Trusted Platforms)**. Ο όρος αυτός χρησιμοποιήθηκε πρώτα από την *ομάδα δράσης της Ευρωπαϊκής Ένωσης πάνω σε διεπιστημονικές δραστηριότητες που βρίσκουν εφαρμογή στο Μελλοντικό Διαδίκτυο (Task Force on Interdisciplinary Research Activities applicable to the Future Internet)* [14].

4.4 Παραδείγματα πλατφορμών του Μελλοντικού Διαδικτύου

4.4.1 Εισαγωγή

Οι πλατφόρμες του Μελλοντικού Διαδικτύου αποτελούν την βάση για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση πολλών νέων «έξυπνων» εφαρμογών και τεχνολογιών. Με την αλληλεπίδραση μεταξύ τους και επιτρέποντας σε συστήματα από δίκτυα/υπηρεσίες/αντικείμενα να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν δεδομένα, κάτω από συνεργατικές, ανοιχτές και αξιόπιστες διαδικασίες, θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την ασφαλή και αξιόπιστη δημιουργία και εκτέλεση εφαρμογών σε όλους τους πιθανούς τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας: σε κατοικίες, επιχειρήσεις, τον τομέα της υγείας, τα οικονομικά, την διοίκηση ανθρώπων ή επιχειρήσεων, τις μεταφορές, την ενέργεια, την καλλιέργεια, το περιβάλλον, κτλ.

Είναι σαφές ότι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά κάποιων τύπων εφαρμογών θα είναι αυτά τα οποία θα καθορίσουν, αρχικά τουλάχιστον, το ποιες θα είναι οι βέλτιστες αρχιτεκτονικές επιλογές των πλατφορμών. Για παράδειγμα, προσανατολισμένες στις υπηρεσίες αρχιτεκτονικές (SOA), μπορεί να είναι κατάλληλες για την ανάπτυξη εφαρμογών και υπηρεσιών βασισμένες σε ήδη υπάρχουσες εφαρμογές και υπηρεσίες. Η λογική της SOA όμως, ίσως να μην είναι η κατάλληλη για την διαχείριση ενός μεγάλου δικτύου αισθητήρων, όπου διαδικασίες συνάθροισης δεδομένων θα πρέπει να πραγματοποιηθούν και συνεπώς άλλες αρχιτεκτονικές να είναι προτιμότερες. Είναι, επομένως, ιδιαίτερα απίθανο ότι όλες οι πιθανές απαιτήσεις του μελλοντικού Διαδικτύου θα βασιστούν σε μια ενιαία αρχιτεκτονική.

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε κάποια αντιπροσωπευτικά παραδείγματα πλατφορμών κατάλληλων για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, τα οποία τεκμηριώνουν τους ορισμούς που δόθηκαν στις παραπάνω ενότητες. Επιπρόσθετα, τα παραδείγματα αυτά, θα βοηθήσουν στην καλύτερη κατανόηση του οικονομικού και του κοινωνικού αντίκτυπου, που οι πλατφόρμες αυτές φαίνεται ότι θα έχουν σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας.

4.4.2 Χαρακτηριστικά παραδείγματα πλατφορμών του Μελλοντικού Διαδικτύου

Παρατηρώντας την ανάπτυξη των «έξυπνων» εφαρμογών, οι οποίες θα υποστηρίξουν το Μελλοντικό Διαδίκτυο, μπορούμε να πούμε ότι αυτές στηρίζονται [15] είτε σε «Εστιασμένες» Πλατφόρμες (“Focused” Platforms), είτε σε έναν **Συνδυασμό από Πλατφόρμες (Combination of Platforms)**.

«Εστιασμένες» Πλατφόρμες

Είναι πολύ πιθανό, ότι στα αρχικά βήματα του Μελλοντικού Διαδικτύου, οι πλατφόρμες πάνω στις οποίες θα στηριχθεί ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη εφαρμογών, θα προσπαθήσουν να λύσουν θεμελιώδη ζητήματα και σχεδιαστικά προβλήματα, από μία μόνο σκοπιά η κάθε μία. Έτσι θα υπάρξουν πλατφόρμες οι οποίες θα ειδικεύονται σε έναν και μόνο τομέα, όπως για παράδειγμα την διαχείριση αντικειμένων, την ανάπτυξη υπηρεσιών, την διαχείριση ασύρματων δικτύων αισθητήρων και άλλα.. Τέτοιες πλατφόρμες θα χρησιμοποιήσουν πιθανώς τις αρχιτεκτονικές αρχές κάθε τομέα στον οποίο ειδικεύονται και απλά θα τον επεκτείνουν.

Παραδείγματα από τέτοιες «εστιασμένες» πλατφόρμες θα μπορούσαν να είναι τα παρακάτω:

- Μια πλατφόρμα η οποία θα παρέχει αρχιτεκτονικές για ένα «πάντοτε διαθέσιμο» δίκτυο (συμπεριλαμβανομένου οποιουδήποτε τύπου σταθερού ή δυναμικού δικτύου). Μια τέτοια πλατφόρμα θα μπορούσε να διασφαλίσει την Ποιότητα των Υπηρεσιών (QoS) για τον σχεδιασμό οποιουδήποτε δικτύου.
- Μια πλατφόρμα με τα σωστά χαρακτηριστικά, εργαλεία και λειτουργίες για την αποδοτική διαχείριση Ασύρματων Δικτύων Αισθητήρων (WSN).
- Μια πλατφόρμα για την μετάδοση σε πραγματικό χρόνο (real-time broadcasting) τηλεοπτικών προγραμμάτων μέσω του Διαδικτύου.
- Μια πλατφόρμα για την αποδοτική μετάδοση streaming δεδομένων σε μεγάλες ταχύτητες (πάνω σε αυτή την πλατφόρμα μπορούν να στηριχτούν

εφαρμογές όπως 3D παιχνίδια ή εφαρμογές μετάδοσης τηλεοπτικών προγραμμάτων).

- Μια πλατφόρμα για τον σχεδιασμό εφαρμογών διαχείρισης αντικειμένων στα οποία έχουν τοποθετηθεί RFID ετικέτες.
- Μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη Σημασιολογικών Μηχανών Αναζήτησης (Semantic Search Engines)
- Μια πλατφόρμα προσωπικής διασκέδασης σε οικιακό περιβάλλον.

Συνδυασμοί από Πλατφόρμες

Όπως φάνηκε παραπάνω, το αντικείμενο των εφαρμογών της κάθε πλατφόρμας μπορεί να διαφέρει σημαντικά. Παρόλα αυτά, η πραγματική αξία των πλατφορμών του Μελλοντικού Διαδικτύου για την ανάπτυξή του, έγκειται στον συνδυασμό από τέτοιες «εστιασμένες» πλατφόρμες. Οι πλατφόρμες μπορούν να συνδυαστούν με πολλούς τρόπους και πολλές δομές (π.χ. ιεραρχικές δομές, κτλ.). Όπως φαίνεται, ο συνδυασμός των διάφορων πλατφορμών θα ακολουθήσει πολύ πιθανώς δύο διαφορετικές πορείες.

Η πρώτη πορεία θα επικεντρωθεί σε συγκεκριμένους τομείς εφαρμογής (application areas), προσπαθώντας να συνδυάσει τις ήδη υπάρχουσες πλατφόρμες που υποστηρίζουν την ανάπτυξη εφαρμογών στην περιοχή αυτή. Ο συνδυασμός αυτός θα επιτρέψει την δημιουργία καλύτερων υπηρεσιών στους συγκεκριμένους αυτούς τομείς, όπως η ενέργεια, οι μεταφορές, η υγειονομική περίθαλψη, η εκπαίδευση, κτλ.

Μια δεύτερη πορεία, που είναι πιθανό να αρχίσει παράλληλα με την πρώτη, θα εκμεταλλευτεί τους διάφορους συνδυασμούς πλατφορμών για να προσφέρει νέες ευκαιρίες και λύσεις σε άτομα, στις επιχειρήσεις, και στην κοινωνία συνολικά, παρά να εστιάζει στους συγκεκριμένους τομείς εφαρμογής. Τέτοιες «σφαιρικές» πλατφόρμες θα μπορούσαν να είναι οι παρακάτω:

- Μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη διεπαφών χρήστη, η οποία χρησιμοποιεί πολλές διαφορετικές μεταξύ τους τεχνολογίες, όπως για παράδειγμα ολογράμματα, 3D διεπαφές, αισθητές διεπαφές, κτλ.)

- Μια πλατφόρμα για την ανάπτυξη ετερογενών μεταξύ τους Διαδικτυακών Κοινοτήτων (Internet Communities).
- Μια πλατφόρμα για την διαχείριση πολύ μεγάλων, ετερογενών βάσεων δεδομένων, πολύ διαφορετικού περιεχομένου μεταξύ τους.

Αυτή η δεύτερη πορεία θα πρέπει να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας, αφού οι δυνατότητές της είναι ποικίλες και πολλά υποσχόμενες. Είναι αυτή, που ανοίγει τον δρόμο προς τις πραγματικές καινοτόμες εφαρμογές και τις υπηρεσίες, τις οποίες υπόσχονται οι πλατφόρμες οι οποίες περιγράφηκαν παραπάνω και κατ' επέκταση το ίδιο το Μελλοντικό Διαδίκτυο.

4.4.3 Μελέτη πραγματικής περίπτωσης (NEXOF – EzWeb)

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε μία πραγματική πλατφόρμα για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, την **EzWeb**^{1 2 3}, η οποία αποτελεί βασικό στοιχείο ενός μεγαλύτερου συνδυασμού από πλατφόρμες, που ονομάζεται **NEFOX (NESSI Open Service Framework)**⁴. Το NEFOX αποτελεί αντικείμενο έρευνας και ανάπτυξης της *Πρωτοβουλίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης πάνω σε Δικτυακό Λογισμικό (NESSI – Networked European Software and Services Initiative)* και χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

Στόχος του NEFOX είναι η δημιουργία μιας πλατφόρμας η οποία θα έχει ως αντικείμενο τον σχεδιασμό, την υλοποίηση και την υποστήριξη υπηρεσιών για συστήματα, αλλά και για οικονομίες που βασίζονται σε υπηρεσίες (service-based systems και service-oriented economies). Επειδή ο όρος είναι πολύ γενικός, το

¹ <http://ezweb.morfeo-project.org/>

² <http://www.nessi-europe.eu/Nessi/Projects/StrategicProjects/EzWeb/tabid/444/Default.aspx>

³ <http://www.nessi-europe.eu/Nessi/LinkClick.aspx?fileticket=vo%2fYGzQn5LI%3d&tabid=444&mid=1444>

(Διαφημιστικό φυλλάδιο της πλατφόρμας EzWeb)

⁴ <http://www.nessi-europe.eu/Nessi/>

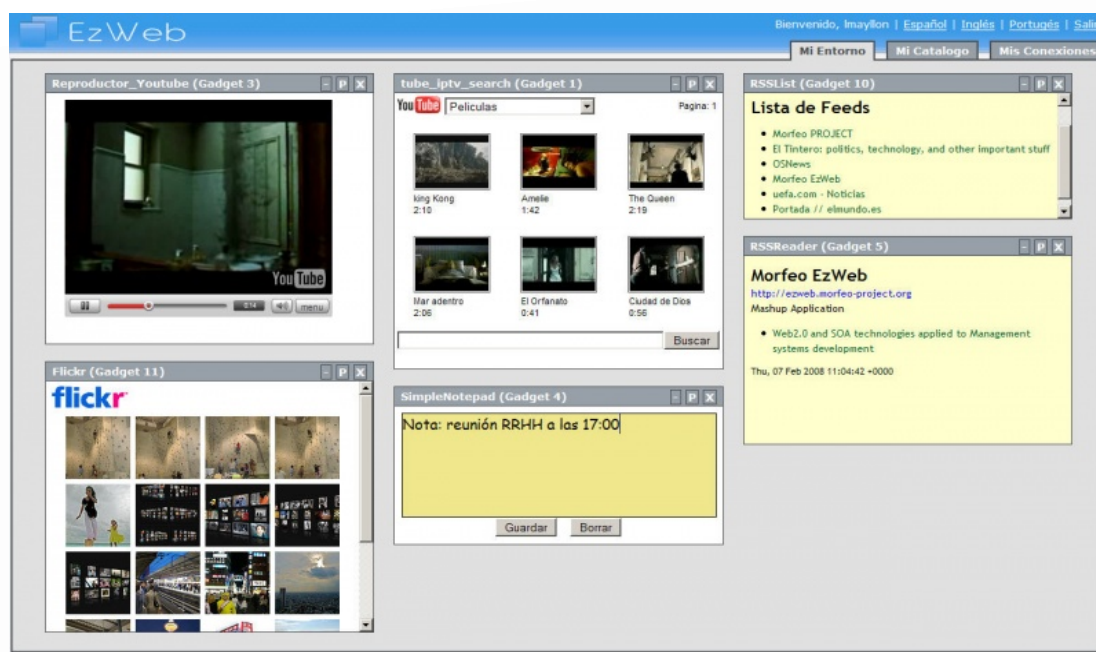
NEFOX περιλαμβάνει έναν μεγάλο συνδυασμό από επιμέρους πλατφόρμες⁵, κάθε μία από τις οποίες ειδικεύεται σε έναν συγκεκριμένο τομέα εφαρμογής.

Μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τις επιμέρους αυτές πλατφόρμες, παρουσιάζει αυτή της EzWeb. Η EzWeb αποτελεί στην ουσία μία πλατφόρμα ανάπτυξης Διαδικτυακών Εφαρμογών, οι οποίες ακολουθούν την αρχιτεκτονική SOA που περιγράφηκε παραπάνω, διαθέτοντας όμως τα εξής καινοτόμα χαρακτηριστικά:

- Η ανάπτυξη μιας βασικής διαδικτυακής εφαρμογής, θα στηρίζεται στην χρήση μια διεπαφής, η οποία δεν θα απαιτεί καμία προγραμματιστική γνώση από τους χρήστες της. Οι χρήστες θα μπορούν να δημιουργήσουν την δική τους διαδικτυακή εφαρμογή και να προσωποποιήσουν το γραφικό της περιβάλλον συνδυάζοντας ήδη υπάρχουσες κι ανεξάρτητες μεταξύ τους εφαρμογές.
- Οι χρήστες ήδη υπάρχοντων εφαρμογών μπορούν να αλλάξουν την δομή και την λειτουργικότητά τους, στα όρια που επιτρέπει η κάθε εφαρμογή, με την χρήση εργαλείων που επιτρέπουν την επικοινωνία και την αλληλεπίδραση με άλλες εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο.
- Για τον σχεδιασμό των εφαρμογών υποστηρίζονται πολλά επιχειρησιακά μοντέλα, τα οποία μοντελοποιούν και απλοποιούν τις επιχειρησιακές διαδικασίες.
- Ενθαρρύνεται η επικοινωνία μεταξύ των χρηστών, με την δυνατότητα εισαγωγής πληροφοριών στις επιμέρους εφαρμογές (tagging, profiling) και την δημοσίευση αυτών στο Διαδίκτυο σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτόν, γνώση και καινοτομίες μπορούν να γίνουν άμεσα διαθέσιμες σε οποιονδήποτε ο χρήστης το επιθυμεί.

Ένα παράδειγμα χρήσης του EzWeb, κατά το οποίο ο χρήστης έχει δομήσει μία εφαρμογή συνδυάζοντας κάποιες ήδη υπάρχουσες αλλά και κάποιες δικές του, μπορούμε να δούμε στην εικόνα 11.

⁵ <http://www.nessi-europe.eu/Nessi/Aboutus/MainLinks/tabid/504/Default.aspx>



Εικόνα 2: παράδειγμα χρήσης του EzWeb

(Πηγή: <http://ezweb.morfeo-project.org/EzWebInfo/Multimedia/170908/videos.htm?lng=en>)

4.5 Αντίκτυπο των πλατφορμών στην Οικονομία και στην Κοινωνία

Οι πλατφόρμες για την ανάπτυξη εφαρμογών του Μελλοντικού Διαδικτύου, προσφέρουν μία ευρεία γκάμα ευκαιριών και δυνατοτήτων σε πολλούς τομείς της οικονομίας. Το αντίκτυπό τους στην κοινωνία γενικότερα αναμένεται να είναι σημαντικό για διάφορους λόγους:

- Με την υποστήριξη των δραστηριοτήτων έρευνας, σχεδιασμού και ανάπτυξης πλατφορμών για το Μελλοντικό Διαδίκτυο, πολλές εταιρείες θα αναδειχθούν ηγέτες στις νέες αυτές τεχνολογίες. Το γεγονός αυτό μπορεί να αποτελέσει κίνητρο για την χρηματοδότηση τέτοιων προγραμμάτων από εταιρείες και οργανισμούς, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, στα πλαίσια του υγιούς ανταγωνισμού.
- Η αλληλεπίδραση διαφορετικών μεταξύ τους πλατφορμών, θα δώσει την δυνατότητα της αποδοτικής χρήσης αυτών από ένα μεγαλύτερο κομμάτι της κοινωνίας, το οποίο δεν θα πρέπει να έχει αναγκαστικά τις απαραίτητες

τεχνικές γνώσεις για την υλοποίηση έστω και των βασικών στοιχείων των «έξυπνων» εφαρμογών.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΡΑΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ - ΣΕΝΑΡΙΑ

5. Εφαρμογές – Σενάρια

5.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στις εφαρμογές που μπορούν να έχουν (μερικές έχουν ήδη στην σημερινή εποχή) οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου, οι κυριότερες από τις οποίες περιγράφηκαν στο κεφάλαιο 3 κι επίσης παρουσιάζονται διάφορα σενάρια χρήσης των συσκευών που τις υποστηρίζουν.

Πιο συγκεκριμένα, θα παρουσιάσουμε σε κάθε ενότητα έναν ξεχωριστό τομέα εφαρμογής (application area) και θα αναλύσουμε τις κυριότερες εφαρμογές που μπορούν να υπάρξουν σε αυτόν. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο δίνει περισσότερη έμφαση στους τομείς εφαρμογών που είναι περισσότεροι σημαντικοί για την ανάπτυξη της οικονομίας και την βελτίωση της ποιότητας ζωής της κοινωνίας. Για τον λόγο αυτό γίνεται ιδιαίτερη αναφορά σε εφαρμογές που μειώνουν το κόστος διαδικασιών, αυξάνουν τα επίπεδα ασφάλειας και μειώνουν την πιθανότητα ατυχημάτων.

Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω, θα αναλυθούν οι εξής τομείς εφαρμογής:

- Επιχειρηματικός τομέας
- Υγειονομική Περίθαλψη
- Εκπαίδευση (Εκπαιδευτικά Ιδρύματα και Βιβλιοθήκες)
- Προστασία των Ζώων
- Μεταφορές (Transportation)
- Ταυτοποίηση Πολιτών
- Συμβολή στην ανάπτυξη του αναπτυσσόμενου κόσμου

5.2 Επιχειρηματικός Τομέας

5.2.1 Εισαγωγή

Ένας μεγάλος κλάδος της οικονομίας και της κοινωνίας γενικότερα, στον οποίο θα βρουν άμεσες εφαρμογές οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου, είναι αυτός των επιχειρήσεων. Οι τομείς εφαρμογής των τεχνολογιών και της λογικής του Διαδικτύου των Αντικειμένων ποικίλουν, ανάλογα με το αντικείμενο της επιχείρησης και την δομή της και συνεπώς στην ενότητα αυτή θα προσεγγίσουμε τα περισσότερα σημαντικά από τα θέματα αυτά.

5.2.2 Εφαρμογές στην παραγωγή και στην πώληση προϊόντων

Μία άμεση εφαρμογή της τεχνολογίας RFID, θα είναι στις λιανικές πωλήσεις καθώς και στα λογιστικά συστήματα πολλών επιχειρήσεων (*Retail and Logistics*) και ιδιαίτερα σε εταιρείες που ασχολούνται με την αποστολή και την παραλαβή προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, οι λιανικοί πωλητές μπορούν να τοποθετήσουν ετικέτες σε κάθε ένα από τα προϊόντα τους, έτσι ώστε να κάνουν πιο αποδοτική την αντιμετώπιση ενός αριθμού ζητημάτων, όπως για παράδειγμα την ακριβή καταγραφή των προϊόντων και των χαρακτηριστικών τους σε καταλόγους, τον έλεγχο για την απώλεια ή την καταστροφή κάποιων προϊόντων, την δυνατότητα μεταφοράς των προϊόντων από την γραμμή παραγωγής προς τις θέσεις πώλησης μέσα στο ίδιο κατάστημα χωρίς την αναγκαία επιτήρηση της διαδικασίας για περίπτωση κλοπής (κάτι που μειώνει το κόστος, μειώνοντας τον κίνδυνο κλοπής αλλά και τα κόστη εργασίας), κτλ.

Επίσης, ένας σημαντικός τομέας εφαρμογής, είναι κι αυτός της παραγωγής ευαίσθητων προς τις συνθήκες του περιβάλλοντος προϊόντων, όπως για παράδειγμα τροφίμων και ιατρικώνσκευασμάτων. Πρέπει να διασφαλιστεί ότι τα προϊόντα αυτά θα παραμείνουν άθικτα από επικίνδυνες για αυτά συνθήκες, όπως θερμοκρασία,

ατμοσφαιρική πίεση, υγρασία, κτλ. Η τοποθέτηση RFID ετικετών πάνω σε αυτά θα βοηθήσει την επικοινωνία τους με άλλες συσκευές, οι οποίες θα τα προφυλάξουν από τον κίνδυνο αλλοίωσής τους. Για παράδειγμα, εάν οι αισθητήρες πάνω στα προϊόντα ανιχνεύσουν την έκθεσή τους σε εχθρικό προς αυτά περιβάλλον, μπορούν αν ειδοποιήσουν τα συστήματα κλιματισμού ή τους τεχνικούς της γραμμής παραγωγής, έτσι ώστε να αποτρέψουν την καταστροφή τους.

Όσον αφορά την διαχείριση της παραγωγής (product management), οι υπεύθυνοι για αυτήν μπορεί να βρουν τις νέες τεχνολογίες ιδιαίτερα ελκυστικές. Οι διαχειριστές της παραγωγής (product managers) συνήθως επικεντρώνουν την προσοχή τους στην προώθηση των προϊόντων τους στην αγορά (marketing) καθώς και στην διατήρηση της ήδη υπάρχουσας φήμης τους. Το Μελλοντικό Διαδίκτυο υπόσχεται να είναι ένα σημαντικό εργαλείο για τους όσους από αυτούς θέλουν να βγάλουν συμπεράσματα από τις πωλήσεις των προϊόντων, τα οποία θα είναι εφοδιασμένα με RFID ετικέτες και θα μπορούν να δίνουν πολύτιμες πληροφορίες, όσον αφορά την κατανάλωσή τους, κάθε φορά που αγοράζονται.

Μια άλλη, πολύ σημαντική εφαρμογή, θα μπορούσε να είναι και η ανίχνευση προϊόντων-απομιμήσεων των αυθεντικών. Τα αυθεντικά προϊόντα μπορούν να φέρουν RFID ετικέτες με πολύ συγκεκριμένους σειριακούς αριθμούς, οι οποίοι θα είναι διαφορετικοί από αυτούς των απομιμήσεων, εάν κι αυτές βέβαια φέρουν παρόμοιες ετικέτες. Επίσης, η τεχνολογία RFID αλλά κι άλλες ασύρματες συσκευές, μπορούν να βοηθήσουν στην αντιμετώπιση των κλοπών. Η τεχνολογία GPS για τον εντοπισμό αντικειμένων (κυρίως οχημάτων) χρησιμοποιείται ήδη σήμερα.

Το πιο σημαντικό ίσως αποτέλεσμα της χρήσης των τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου από τις επιχειρήσεις, είναι αυτό της μείωσης του κόστους παραγωγής και γενικώς διεκπεραίωσης πολλών επιχειρηματικών διαδικασιών. Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων για τον περιορισμό των λαθών στην γραμμή παραγωγής, συστήματα αυτόματου κλιματισμού χώρων, καθώς και συστήματα εξοικονόμησης και συγκομιδής ενέργειας (energy harvesting systems), είναι μερικές από τις πολλές εφαρμογές. Η μείωση του κόστους μέσω τέτοιων τεχνικών, είναι σημαντική κυρίως για τις μεγάλες σε μέγεθος επιχειρήσεις, όπου το κόστος λειτουργίας τους ανέρχεται σε μεγάλα ποσά.

5.2.3 Διάδοση του Μελλοντικού Διαδικτύου μέσω των επιχειρήσεων

Οι επιχειρήσεις αναμένεται να παίξουν σημαντικό ρόλο στην διάδοση των τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου στο ευρύτερο κοινό. Η τοποθέτηση RFID ετικετών σε προϊόντα με επιπλέον πληροφορίες για αυτά, όπως για παράδειγμα τρόφιμα με πληροφορίες για την ημερομηνία λήξης, τα συστατικά, τους τρόπους παρασκευής, σε βιβλία τα οποία είναι συνδεδεμένα με βιβλιοθήκες, κτλ., θα δώσουν ένα καλό κίνητρο στο καταναλωτικό κοινό για να προμηθευθεί συσκευές ανάγνωσης RFID και να μάθει περισσότερα για την τεχνολογία αυτή. Η παρουσίαση των πληροφοριών που αφορούν τα προϊόντα θα γίνεται με πιο ευέλικτο τρόπο, απ'ότι με την στείρα αναγραφή τους στις συσκευασίες, κάτι που επίσης μπορεί να μειώσει και το μέγεθός τους. Κάτι τέτοιο βέβαια απαιτεί τον ορισμό καλά ορισμένων προτύπων και την υιοθέτησή τους από όλες τις επιχειρήσεις, έτσι ώστε οι συσκευές ανάγνωσης να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για κάθε προϊόν.

Η σπουδαιότητα όμως των επιχειρήσεων για την διάδοση των τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου, δεν αποτελεί αυτόματα κι εγγύηση για την μεταξύ τους συνεργασία. Όπως γίνεται αντιληπτό, ένα βασικό στοιχείο για την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου θα είναι η δυνατότητα των επιχειρήσεων να συνεργαστούν μεταξύ τους. Ενώ το ανταγωνιστικό πνεύμα είναι βασικό στην καινοτομία και στην μείωση δαπανών, υπάρχουν πολλές περιπτώσεις όπου ο ανταγωνισμός εμποδίζει την δια-λειτουργικότητα των προϊόντων (interoperability), δεδομένου ότι μια επιχείρηση επιδιώκει να μονοπωλήσει σε μία αγορά, με την βοήθεια μιας ιδιόκτητης τεχνολογικής προσέγγισης. Τέτοιες ιδιόκτητες τεχνολογίες μπορούν να δημιουργήσουν νέες καινοτομίες αλλά τείνουν επίσης να καταρρίψουν μερικούς από τους όρους που ένα γερό Μελλοντικό Διαδίκτυο απαιτεί, όπως είναι οι επικοινωνίες μεταξύ αντικειμένων (thing-to-thing communication) και η συνδετικότητα μεταξύ τους. Εκκρεμή λοιπόν ζητήματα σχετικά με τα πρότυπα τα οποία χρησιμοποιηθούν στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, αποτελούν από μία άποψη μέρος στο μεγαλύτερο θέμα εάν οι αντίπαλοι προμηθευτές θα συνεργαστούν αρκετά έτσι ώστε να καθιερώσουν ένα εύρωστο, ευέλικτο και σταθερό Μελλοντικό Διαδίκτυο.

5.3 Εφαρμογές στην Υγειονομική Περίθαλψη

5.3.1 Εισαγωγή

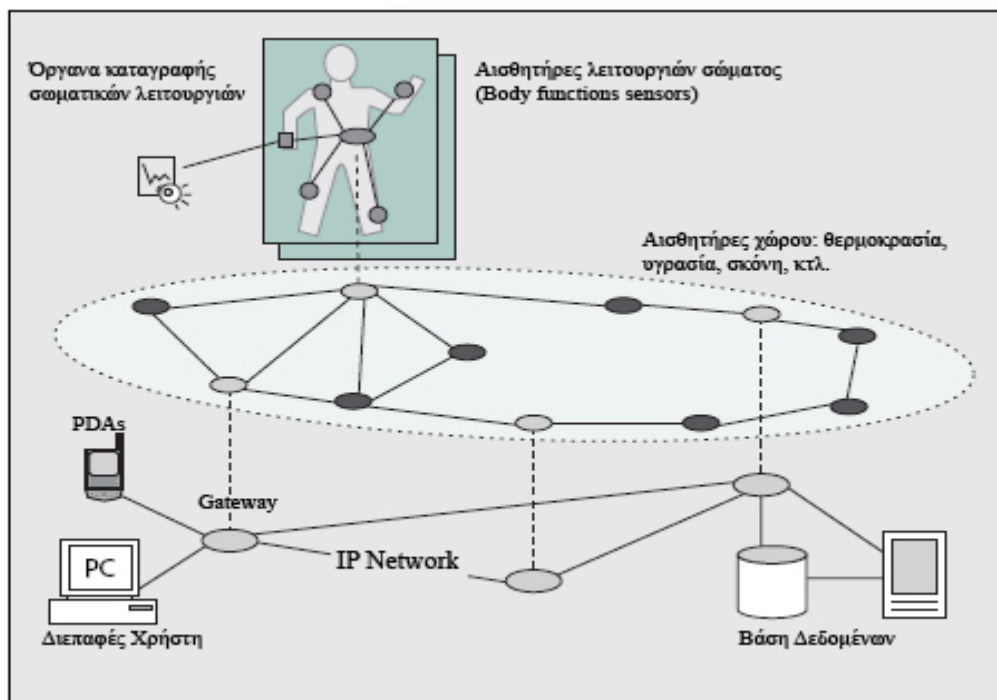
Στην ενότητα αυτή θα εξετάσουμε τις εφαρμογές που μπορούν να έχουν οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής αφορούν φυσικά την νοσοκομειακή περίθαλψη, καθώς και την χρήση φαρμάκων και γενικώς ιατρικών σκευασμάτων, θέματα στα οποία θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω. Η συζήτηση για τα RFID εμφυτεύματα σε ανθρώπινα σώματα και τις επιπτώσεις τους, έγινε στην ενότητα 2.8 και δεν αποτελεί αντικείμενο μελέτης της παρούσας ενότητας.

5.3.2 Εφαρμογές στη Νοσοκομειακή Περίθαλψη

Οι πιο αξιοσημείωτες εφαρμογές των τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου στη νοσοκομειακή περίθαλψη αφορούν κυρίως τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs). Ήδη πολλά συστήματα έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται σε νοσοκομεία, με πιο αξιοσημείωτο αυτό του *AlarmNet*¹ [16], το οποίο αναπτύχθηκε από το Πανεπιστήμιο της Virginia στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής.

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων μπορούν να εισαχθούν στις νοσοκομειακές εγκαταστάσεις χωρίς ιδιαίτερο κόστος, ακόμη κι εάν απουσιάζουν οι υπολογιστικές συσκευές. Οι συνήθεις χρήσεις των αισθητήρων είναι η παρακολούθηση των ζωτικών λειτουργιών των ασθενών και η καταγραφή μετρήσεων, παρακολούθηση των συνθηκών του περιβάλλοντος των χώρων του νοσοκομείου και η ειδοποίηση του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού σε περιπτώσεις ανάγκης. Η γενική δομή ενός τέτοιου συστήματος παρουσιάζεται στην εικόνα 12.

¹ <http://www.cs.virginia.edu/wsn/medical/>



Εικόνα 1: η γενική δομή ενός νοσοκομειακού συστήματος, το οποίο χρησιμοποιεί ένα Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων (WSN)

Στην παραπάνω εικόνα μπορούμε να διακρίνουμε τα εξής δομικά στοιχεία:

Αισθητήρες Λειτουργιών Σώματος. Οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται στα σώματα των ασθενών και καταγράφουν σωματικές λειτουργίες, όπως οι παλμοί της καρδιάς, επίπεδα οξυγόνου, επίπεδα γλυκόζης στο αίμα, κτλ. Επίσης τα δεδομένα αυτά μπορούν να τα λαμβάνουν από τα ήδη υπάρχοντα όργανα με τα οποία είναι συνδεδεμένος ο ασθενής. Ένα χαρακτηριστικό των συγκεκριμένων αισθητήρων είναι ότι μπορούν να προσαρμόζουν τις μετρήσεις τους ανάλογα με τις ανάγκες και την ασθένεια του ατόμου που περιθάλπεται. Έτσι για παράδειγμα μπορούν να ειδοποιούν το προσωπικό όταν μία μέτρηση είναι σημαντική για τον συγκεκριμένο ασθενή ή όταν πρέπει να λάβει κάποιο φάρμακο. Οι αισθητήρες είναι μέρος του συνολικού Ασύρματου Δικτύου Αισθητήρων και μπορούν να μεταφέρουν τα δεδομένα τους σε άλλες συσκευές ή δίκτυα μέσω ενός κόμβου-εξόδου (Gateway node). Έτσι τα δεδομένα σχετικά με τους ασθενείς μπορούν να αποσταλούν σε μέλη του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού μέσω κινητών τηλεφώνων ή PDAs, σε υπολογιστές και προγράμματα του εσωτερικού δικτύου του νοσοκομείου, σε βάσεις δεδομένων προς αποθήκευση των καταγραφών, κτλ.

Αισθητήρες περιβαλλοντικών συνθηκών. Οι αισθητήρες αυτοί τοποθετούνται κυρίως στα δωμάτια των ασθενών αλλά και γενικώς στους χώρους του νοσοκομείου και καταγράφουν μετρήσεις που αφορούν την θερμοκρασία, την σκόνη, τα επίπεδα φωτισμού, οξυγόνου, κτλ. Επίσης μπορεί να γίνει και χρήση αισθητήρων κίνησης, οι οποίοι θα ελέγχουν τις δραστηριότητες ασθενών με κινητικά ή άλλα παρόμοια προβλήματα. Λόγω του μικρού τους κόστους και μεγέθους, καθώς και της μικρής κατανάλωσης ενέργειας, οι αισθητήρες αυτοί αποτελούν μία αποδοτική λύση για την παρακολούθηση των χώρων του νοσοκομείου.

Βάσεις Δεδομένων και προγράμματα ανάλυσης. Τα δεδομένα από τις καταγραφές των αισθητήρων μεταφέρονται σε βάσεις δεδομένων, για την αποθήκευσή τους, αλλά και σε προγράμματα ανάλυσης, τα οποία μπορούν αυτόματα να κρατήσουν στατιστικά στοιχεία και χρήσιμες μετρήσεις. Κάτι τέτοιο μειώνει το κόστος λειτουργίας του νοσοκομείου, αφού πολλές, αν όχι όλες, από αυτές τις διαδικασίες γίνονται από μέλη του προσωπικού (π.χ. διαχείριση φακέλων ασθενών, δημιουργία ευρητηρίων, κτλ.).

Προγράμματα Διεπαφών Χρηστών. Τα προγράμματα αυτά προσφέρουν πληροφορίες με οπτικό τρόπο από τις καταγραφές των μετρήσεων σε γιατρούς, νοσηλευτές, ακόμη και στους συγγενείς του ασθενούς. Ανάλογα με τον βαθμό πρόσβασης στο σύστημα του κάθε χρήστη, αυτός μπορεί να αλληλεπιδράσει με το ιατρικό ιστορικό των ασθενών και με τα στοιχεία που βρίσκονται αποθηκευμένα στην βάση δεδομένων.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι η αρχιτεκτονική του παραπάνω συστήματος δίνει τις εξής δυνατότητες:

- Διασύνδεση διαφορετικών μεταξύ τους, ετερογενών συσκευών, από αισθητήρες μέχρι βάσεις δεδομένων.
- Διακίνηση πληροφοριών σχετικά με τους ασθενείς και το περιβάλλον του νοσοκομείου σε πραγματικό χρόνο.
- Ευκολία στην εγκατάσταση και στην συλλειτουργία περαιτέρω συσκευών, χωρίς να γίνει καμία αλλαγή στην δομή του ήδη υπάρχοντος συστήματος.

5.3.3 Εφαρμογές στην λήψη φαρμάκων

Οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου και ιδιαίτερα η *Επικοινωνία Κοντινού Εύρους (NFC)* μπορούν να φανούν χρήσιμες στην σωστή λήψη φαρμάκων από τους ασθενείς. Ένα σύννηθες πρόβλημα είναι η λήψη φαρμάκων για τα οποία απαιτείται ιατρική συνταγή, από λάθος άτομα. Ένα σύστημα το οποίο χρησιμοποιεί επικοινωνία NFC, επικοινωνία Μηχανής-με-Μηχανή και ασύρματη ευρυζωνικότητα, μπορεί εν δυνάμει να εξαλείψει το πρόβλημα αυτό. Ένα παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης απεικονίζεται στην εικόνα 13.



Εικόνα 2: παράδειγμα χρήσης της NFC για την επιβεβαίωση ενός σκευάσματος

Αρχικά, με την χρήση του κινητού τηλεφώνου, ο πιθανός χρήστης του σκευάσματος μπορεί να λάβει στο κινητό του πληροφορίες για το σκεύασμα, όπως ο κωδικός του, το όνομά του, κτλ. Στην συνέχεια η συσκευή, επικοινωνώντας με το Διαδίκτυο, μπορεί να στείλει σε ένα σύστημα με μία βάση δεδομένων, στην οποία έχουν αποθηκευτεί τα προσωπικά δεδομένα όλων εκείνων για τους οποίους έχει συνταγογραφηθεί τέτοιο σκεύασμα, τα προσωπικά δεδομένα του κατόχου του κινητού τηλεφώνου. Εάν ο χρήστης είναι νόμιμος, τότε στο κινητό τηλέφωνο

στέλνεται ένα πιστοποιητικό ασφαλείας καθώς κι άλλα δεδομένα, όπως για παράδειγμα περαιτέρω πληροφορίες για το φάρμακο και οδηγίες χρήσης. Στην συνέχεια η συσκευή αποστέλλει το πιστοποιητικό στο σκεύασμα, το οποίο διαθέτει έναν μηχανισμό ασφαλείας, που απενεργοποιείται μόνο όταν το πιστοποιητικό είναι έγκυρο.

Οι εφαρμογές των συγκεκριμένων τεχνολογιών είναι πολλές και δεν περιορίζονται μόνο στην παραπάνω. Άλλα παραδείγματα χρήσης είναι:

- η αποθήκευση στο σκεύασμα της δοσολογίας του φαρμάκου και η επικοινωνία με συσκευές κινητής τηλεφωνίας για την υπενθύμιση στους ασθενείς
- η παρουσία μηχανισμών ασφαλείας σε περίπτωση λήξης του φαρμάκου
- η αυτόματη επικοινωνία με νοσοκομεία σε περίπτωση αλόγιστης χρήσης του φαρμάκου (π.χ. εάν το βάρος του σκευάσματος μειωθεί αισθητά σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα, κάτι που θα σημαίνει επικίνδυνη χρήση του
- ενημέρωση με ιατρικό προσωπικό ή με την οικογένεια του ασθενή, αν αυτός κάνει όντως χρήση του φαρμάκου
- ανίχνευση των ιατρικών σκευασμάτων όπου κι αν αυτά βρίσκονταν (με την χρήση GPS) και καταπολέμηση του λαθρεμπορίου φαρμάκων

Τα οικονομικά οφέλη από τέτοια συστήματα είναι επίσης πολύ σημαντικά. Ο αριθμός των ασθενών από λάθος λήψη φαρμάκων στα νοσοκομεία αναμένεται να μειωθεί δραστικά, μετά την εφαρμογή τέτοιων συστημάτων ασφαλείας. Επίσης, το κόστος παραγωγής των σκευασμάτων από τις φαρμακευτικές εταιρείες θα μειωθεί αισθητά, αφού σε πολλά φάρμακα είναι αναγκασμένες να κάνουν έρευνα για τις συνέπειες της λάθος λήψης τους από ασθενείς. Τέλος, η δυνατότητα για την περαιτέρω ενημέρωση σχετικά με το σκεύασμα, μειώνει την δυνατότητα λαθών από τα μέλη του ιατρικού και νοσηλευτικού προσωπικού, καθώς και τα αντίστοιχα κόστη από τις ασφαλίσεις των ασθενών.

5.4 Εφαρμογές στην Εκπαίδευση

5.4.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα αναφερθούμε στις εφαρμογές που μπορούν να έχουν οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου στην εκπαίδευση. Οι κύριοι τομείς εφαρμογής αφορούν την προστασία των μαθητών σε σχολεία, καθώς και την πιο αποδοτική εκτέλεση εκπαιδευτικών διαδικασιών, όπως π.χ. ο δανεισμός βιβλίων από βιβλιοθήκες. Τα θέματα αυτά αναλύονται συνοπτικά παρακάτω.

5.4.2 Προστασία κι ασφάλεια μαθητών

Ήδη σε πολλά σχολεία του κόσμου, εφαρμόζονται τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου, για την προστασία και την ασφάλεια των μαθητών τους. Η πιο συνήθεις χρήση είναι η τοποθέτηση ετικετών RFID στα σχολικά ήδη των μαθητών, όπως στις σχολικές φόρμες, τις τσάντες καθώς και στις μαθητικές τους ταυτότητες. Ένα τέτοιο μέτρο έχει ήδη εφαρμοστεί στην Osaka της Ιαπωνίας, σε όλα τα δημοτικά σχολεία², ενώ στην Αγγλία πολλά σχολεία (π.χ. Whitcliffe Mount School in Cleckheaton)³ τοποθετούν RFID ετικέτες στις σχολικές φόρμες, έτσι ώστε να ανιχνεύουν τις πιθανές εξόδους των μαθητών από τις σχολικές εγκαταστάσεις.

Μέτρα σαν αυτά βέβαια έχουν προκαλέσει αντιδράσεις, που αφορούν την παραβίαση των προσωπικών δεδομένων και της ιδιωτικότητας των μαθητών. Παρά το γεγονός αυτό, οι συγκεκριμένες εφαρμογές έχουν βρει και πολλές θετικές αντιδράσεις, αφού η πρακτική τους χρήση στην ασφάλεια των μαθητών είναι πολύ μεγάλη και η παραβίαση των δικαιωμάτων τους θεωρείται από πολλούς αβάσιμη.

² <http://networks.silicon.com/lans/0,39024663,39122042,00.htm>

³ http://www.theregister.co.uk/2007/10/22/kid_chipping_doncaster_go/

5.4.3 Βιβλιοθήκες

Από τις πιο σημαντικές χρήσεις των τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου και ιδιαίτερα της τεχνολογίας RFID, είναι αυτής σε βιβλιοθήκες. Η τεχνολογία έχει αρχίσει ήδη να αντικαθιστά την χρήση των barcodes σε αντικείμενα των βιβλιοθηκών (βιβλία, CDs, DVDs, κτλ.) αλλά βρίσκει επίσης κι εφαρμογές και στις κάρτες των μελών της βιβλιοθήκης. Οι ετικέτες RFID που τοποθετούνται σε αυτά μπορούν να περιέχουν αναγνωριστικές πληροφορίες για το βιβλίο ή το αντικείμενο (όπως ο τίτλος του, η περιγραφή του, ο συγγραφέας του, το έτος έκδοσής του) χωρίς να είναι αναγκαία η επικοινωνία με μία βάση δεδομένων, όπως γίνεται με τα barcodes. Οι πληροφορίες αυτές ανακτώνται φυσικά με την χρήση μιας συσκευής ανάγνωσης RFID. Η τεχνολογία προσφέρει περισσότερες δυνατότητες διαχείρισης των αντικειμένων από τους εργαζόμενους στις βιβλιοθήκες αλλά και δυνατότητες αυτόματης εξυπηρέτησης από τα μέλη (self service). Μπορεί επίσης να εφαρμοστεί και σε συστήματα ασφαλείας, τα οποία θα ανιχνεύουν πιθανές κλοπές βιβλίων κατά την έξοδο ενός μέλους από την βιβλιοθήκη [17].

Η πιο πρακτική βέβαια χρήση του RFID είναι στην ταχύτητα ανάκτησης πληροφοριών από ένα βιβλίο, χωρίς να είναι απαραίτητη η μετακίνησή του από τον πάγκο. Η περίπτωση χρήσης αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στους βιβλιοθηκονόμους, αφού *περιορίζει τραυματισμούς και χρόνιες παθήσεις από συνεχόμενες κινήσεις (repetitive-motion injuries)*. Επίσης, εάν τα βιβλία διαθέτουν ήδη barcodes, η τεχνολογία RFID επίσης υπερτερεί, αφού δίνει την δυνατότητα του διαβάσματος των πληροφοριών από τις RFID ετικέτες συνεχόμενα κι εν κινήσει (με τα barcodes θα πρέπει να διαβαστεί ο κάθε κωδικός ξεχωριστά κι όχι εν κινήσει) και συνεπώς, πληροφορίες για ολόκληρα ράφια βιβλιοθηκών μπορούν να ανακτηθούν σε δευτερόλεπτα, χωρίς την μετακίνηση κανενός βιβλίου [18]. Επίσης διαδικασίες, όπως για παράδειγμα, η διαδικασία του ελέγχου για το εάν όλα τα δανεισμένα βιβλία έχουν επιστραφεί, θα μπορούσαν να γίνουν αυτόματα, με την χρήση ενός κυλιόμενου πάγκου κι ενός RFID αναγνώστη, διευκολύνοντας έτσι το προσωπικό.

Η τεχνολογία RFID μπορεί επίσης να βοηθήσει σημαντικά άτομα με ειδικές ανάγκες για την ευκολότερη εξυπηρέτησή τους στους χώρους μιας βιβλιοθήκης. Τέτοια παραδείγματα είναι η βιβλιοθήκη της Umeå στην Σουηδία, η οποία διαθέτει

σύστημα ηχητικής βοήθειας σε άτομα με οπτικά προβλήματα, έτσι ώστε να μπορούν να δανειστούν ηχητικά βιβλία⁴, καθώς και η βιβλιοθήκη Multimedia University Library στην Cyberjaya της Μαλαισία, όπου με την χρήση της RFID, ένα σύστημα (Smart Self) μπορεί να εντοπίσει και να κατευθύνει τον χρήστη για το που ακριβώς βρίσκεται ένα βιβλίο μέσα στην βιβλιοθήκη⁵.

Η διάδοση της τεχνολογίας στις βιβλιοθήκες είναι μεγάλη κι εκτιμάται ότι έχουν τοποθετηθεί RFID ετικέτες σε περίπου 30 εκατομμύρια είδη βιβλιοθηκών, ακόμη και την βιβλιοθήκη του Βατικανού στην Ρώμη [19]. Παρά την διάδοση που έχει ήδη γνωρίσει, η ενσωμάτωση της τεχνολογίας δεν παύει να είναι δαπανηρή, ιδιαίτερα για μικρές βιβλιοθήκες. Εάν υποθέσουμε ότι μία RFID ετικέτα κοστίζει 0.36 λεπτά του ευρώ, τότε για μια βιβλιοθήκη που έχει 100.000 βιβλία, το κόστος εγκατάστασης θα ήταν 36.000 ευρώ, χωρίς να υπολογίσουμε τα κόστη για τις συσκευές ανάγνωσης κι άλλες συσκευές, όπως αυτόματου δανεισμού κι επιστροφής βιβλίων.

Ένα σημαντικό τέλος θέμα, το οποίο έχει προκαλέσει την δημόσια προσοχή, είναι κι αυτό της προστασίας της ιδιωτικότητας. Λόγω του ότι πολλά συστήματα RFID, ανάλογα με την δομή τους, μπορούν να μεταφέρουν πληροφορίες εώς και μερικές δεκάδες μέτρα, τίθενται διάφορα θέματα ανίχνευσης των προτιμήσεων των αναγνωστών από τρίτους, που μπορεί να έχουν ως απώτερο σκοπό την στοχευόμενη διαφήμιση ή κάτι παρόμοιο. Συνήθως όμως, οι ετικέτες που χρησιμοποιούνται στις βιβλιοθήκες δεν είναι συγκεκριμένου κατασκευαστή και δεν χρησιμοποιούν τα ίδια πρωτόκολλα επικοινωνίας [20], οπότε η υποκλοπή γίνεται αρκετά πιο δύσκολη. Τέλος, έχουν τεθεί και θέματα ασφαλείας, αφού κάποιος που έχει δανειστεί ένα βιβλίο, θα μπορούσε να αλλάξει την RFID ετικέτα που αυτό φέρει, κάτι όμως που μπορεί να αντιμετωπιστεί με την χρήση μικρών σε μέγεθος, μη ορατών στο μάτι RFID ετικετών, τοποθετημένων σε τυχαίες σελίδες σε κάθε βιβλίο.

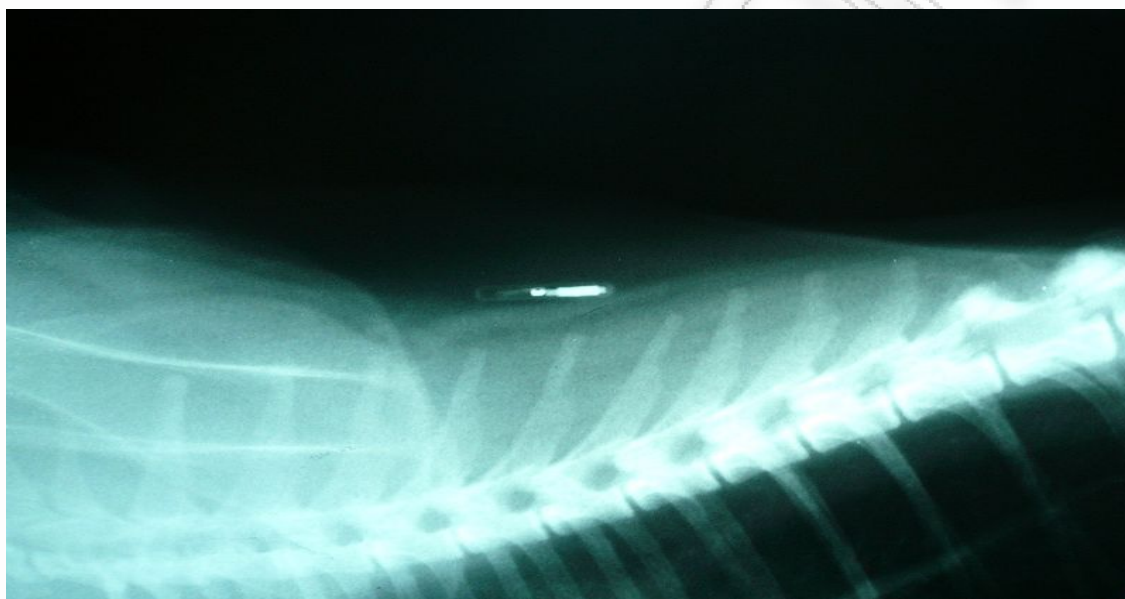
4

<http://www.umea.se/omkommunen/languages/inenglish/culturalactivitieslibraries/libraryservices/projects/library2007/audioindexthetalkinglibrary.4.64e618c10982eb6c427fff10897.html>

⁵ <http://www.rfid-asia.info/2007/07/case-study-malaysian-smart-shelf.htm>

5.5 Προστασία των Ζώων

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η τεχνολογία RFID μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των ζώων (κατοικίδιων και μη), με την χρήση εμφυτευμάτων αναγνώρισης, τα οποία τοποθετούνται μέσα στο σώμα των ζώων (εικόνα 14). Σε πολλές περιπτώσεις γίνεται χρήση και συσκευών αναγνώρισης RFID, οι οποίες δεν τοποθετούνται εσωτερικά στο σώμα του ζώου, αλλά εξωτερικά, σε κάποιο σημείο του σώματός του.



Εικόνα 3: εμφύτευμα RFID στον λαιμό μιας γάτας

(Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Feline_identifying_microchip.JPG)

Όσον αφορά την δομή τους, τα εμφυτεύματα έχουν συνήθως το μέγεθος ενός κόκκου ρυζιού και περιέχουν παθητικές RFID ετικέτες, οι οποίες δεν χρειάζονται την παρουσία ενσωματωμένου κυκλώματος τροφοδοσίας για την λειτουργία τους κι ενεργοποιούνται πάντα μέσω μιας συσκευής ανάγνωσης RFID. Στην ετικέτα αποθηκεύεται συνήθως ένας αριθμός ταυτοποίησης αλλά πιθανώς κι άλλες πληροφορίες που αφορούν το ζώο που φέρει το εμφύτευμα. Το όλο σύστημα είναι μονωμένο μέσα σε ένα ειδικό βιο-συμβατό γυαλί, ερμητικά κλειστό, έτσι ώστε να προστατέψει την υγεία του ζώου αλλά και το ίδιο το κύκλωμα. Εκτός σπάνιων περιπτώσεων, το εμφύτευμα το οποίο έχει τοποθετηθεί σε ένα ζώο, δεν επηρεάζει την κίνηση ή την συμπεριφορά του.

Τα RFID εμφυτεύματα χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα για την εύρεση και την επιστροφή χαμένων κατοικίδιων, ιδιαίτερα από καταφύγια ζώων και κέντρα ελέγχου, τα οποία με τον τρόπο αυτό μπορούν να εντοπίσουν τον ιδιοκτήτη ενός κατοικίδιου γρήγορα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να μειωθεί το κόστος που απαιτείται για την φιλοξενία ενός ζώου, αφού η ταυτοποίηση μπορεί να είναι θέμα μερικών ωρών. Τα εμφυτεύματα μπορούν επίσης να φανούν χρήσιμα σε περιπτώσεις όπου η ιδιοκτησία ενός κατοικίδιου βρίσκεται υπό αμφισβήτηση. Πολλές είναι οι χώρες που ήδη έχουν κάνει υποχρεωτική την εισαγωγή εμφυτευμάτων σε όλα τα κατοικίδια ζώα, κυρίως για την αποθήκευση πληροφοριών στην RFID ετικέτα που αφορούν τον εμβολιασμό του ζώου. Για παράδειγμα το μέτρο είναι υποχρεωτικό στη Νέα Ζηλανδία κι εφαρμόζεται ήδη από την 1^η Ιουλίου του 2006⁶, ενώ στην Αγγλία έχουν ήδη τοποθετηθεί εμφυτεύματα σε 3.7 εκατομμύρια κατοικίδια ζώα⁷.

Παράλληλα με τα RFID εμφυτεύματα, έχουν δημιουργηθεί κι εμφυτεύματα που περιέχουν δέκτες GPS. Η κύρια διαφορά τους με τα πρώτα, είναι ότι επιτρέπουν τον εντοπισμό της θέσης ενός ζώου ανά πάσα χρονική στιγμή. Πολλοί επιστήμονες χρησιμοποιούν τα εμφυτεύματα αυτά για την παρακολούθηση ολόκληρων ομάδων πληθυσμού άγριων ζώων, τα οποία βρίσκονται υπό την απειλή της εξαφάνισης.

Όσον αφορά τα κατοικίδια ζώα, η χρήση των εμφυτευμάτων με δέκτη GPS αποτελεί μια αποδοτικότερη και πιο ασφαλή λύση για τους ιδιοκτήτες του. Για παράδειγμα, έχουν προταθεί συστήματα⁸, στα οποία η συσκευή GPS που είναι τοποθετημένη στο ζώο στέλνει μια ειδοποίηση στον ιδιοκτήτη ή στο τοπικό κέντρο προστασίας ζώων, στην περίπτωση που το κατοικίδιο βγει έξω από μία συγκεκριμένη περιοχή ελέγχου.

Εκτός από τις δυνατότητες και τις ευκολίες τις οποίες προσφέρουν, τα εμφυτεύματα έχουν κατηγορηθεί για την δημιουργία προβλημάτων υγείας στα ζώα⁹. Παρά το γεγονός ότι κάτι τέτοιο δεν έχει επιβεβαιωθεί επίσημα, η μέθοδος χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο, αφού υποστηρίζεται από πολλούς κτηνιάτρους και υπεύθυνους προστασίας ζώων.

⁶ http://www.nzherald.co.nz/farming/news/article.cfm?c_id=195&objectid=10374370

⁷ <http://www.thekennelclub.org.uk/cgi-bin/item.cgi?id=2374>

⁸ <http://www.freshpatents.com/-dt20090108ptan20090009388.php>

⁹ http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2007/09/08/AR2007090800997_pf.html

5.6 Μεταφορές (Transportation)

Οι μεταφορές (*transportation*) αποτελούν έναν από τους περισσότερο υποσχόμενους τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας RFID αλλά και πολλών άλλων τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου. Οι εφαρμογές που μπορεί να βρει η RFID αφορούν κυρίως την αναγνώριση των αυτοκινήτων από σημεία ελέγχου και την καλύτερη λειτουργία συστημάτων που έχουν σχέση με τις αποσκευές των χρηστών (π.χ. διαχείριση αποσκευών στα αεροδρόμια).

Μια πολύ συνηθισμένη χρήση της τεχνολογίας, είναι η τοποθέτηση RFID ετικετών σε αυτοκίνητα (εικόνα 15), έτσι ώστε όταν χρησιμοποιούν ιδιωτικούς αυτοκινητόδρομους να χρεώνονται αυτόματα. Συνήθως η ανίχνευση πραγματοποιείται όταν ένα αυτοκίνητο περάσει από ένα σημείο ελέγχου. Το σημείο ελέγχου είναι εφοδιασμένο με έναν αναγνώστη RFID (εικόνα 16), ο οποίος διαβάζει την ετικέτα RFID και χρεώνει πιστωτικά τον ιδιοκτήτη του αυτοκινήτου. Λόγω της μεγάλης σχετικά απόστασης της ετικέτας από τον αναγνώστη, χρησιμοποιούνται συνήθως ενεργητικές ετικέτες RFID.



Εικόνα 4: RFID ετικέτα τοποθετημένη σε αυτοκίνητο, για την αυτόματη καταβολή φόρων σε ιδιωτικούς αυτοκινητόδρομους

(Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salik_Tag.jpg)

Τα οφέλη από την εφαρμογή αυτή αφορούν κυρίως την μείωση του χρόνου διόδου των αυτοκινήτων από τα σημεία ελέγχου και την μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, αφού πλέον η πληρωμή γίνεται αυτόματα.



Εικόνα 5: RFID συσκευές ανάγνωσης για την αυτόματη καταβολή φόρων σε αυτοκινητόδρομο

(Πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salik_Toll_Gate.jpg)

Η χρήση τέτοιων συστημάτων έχει εφαρμοστεί ήδη στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής¹⁰, σε μεταφορικά τρένα, για την ταυτοποίηση των πραγμάτων που μεταφέρουν αλλά επίσης και σε μεγάλο αυτοκινητόδρομο του Dubai, στα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα^{11 12} (το συγκεκριμένο σύστημα ονομάζεται Salik).

Εκτός από την αναγνώριση αυτοκινήτων, η τεχνολογία RFID έχει ήδη βρει εφαρμογές και στις αεροπορικές μεταφορές. Πιο συγκεκριμένα, σε κάθε αποσκευή ενός επιβάτη τοποθετείται μία RFID ετικέτα, με μοναδικό αναγνωριστικό αριθμό, έτσι ώστε να μην μπορεί να χαθεί η αποσκευή κατά τις μεταφορές στα διάφορα αεροδρόμια. Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται ως τώρα, αυτή των barcodes, έχει αρκετά πλεονεκτήματα, αφού δεν μπορεί να αναγνωρίσει τις αποσκευές εν κινήσει και πολλές φορές οι συσκευές ανάγνωσης παρουσιάζουν λάθη εάν το σκανάρισμα δεν γίνει υπό σωστή γωνία. Ενδεικτικό του προβλήματος, λόγω επίσης και του διαρκώς αυξανόμενου αριθμού επιβατών, είναι ότι το χρονικό διάστημα 2002-2007, ο αριθμός των χαμένων αποσκευών αυξήθηκε κατά 75% [21]. Το χάσιμο ή η καθυστέρηση των αποσκευών παρουσιάζει σημαντικά έξοδα στις αεροπορικές εταιρείες. Ενδεικτικά

¹⁰ <http://www.aeitag.com/aeirfidtec.html>

¹¹ <http://archive.gulfnews.com/indepth/salik/index.html>

¹² <http://www.arabianbusiness.com/salik/>

αναφέρεται ότι το 2008 χάθηκαν/καθυστέρησαν να φτάσουν στον προορισμό τους περίπου 32.8 εκατομμύρια αποσκευές, ενώ το κόστος για τις αεροπορικές εταιρείες ανερχόταν στα 2.96 δισεκατομμύρια δολάρια¹³. Το κόστος αυτό είναι λογικό, εάν αναλογιστεί κανείς ότι κατά μέσο όρο κάθε αποσκευή κοστίζει στην αεροπορική εταιρεία και στο αεροδρόμιο 21.90 δολάρια εάν καθυστερήσει, 92.77 δολάρια εάν έχει πάθει ζημιά και 348.70 εάν χαθεί¹⁴.

Η τεχνολογία RFID έχει βοηθήσει στην σημαντική μείωση του ποσοστού των χαμένων αποσκευών σε όσα αεροδρόμια έχει εφαρμοστεί. Για παράδειγμα, στο διεθνές αεροδρόμιο του Hong Kong τοποθετούνται RFID ετικέτες από το 2005, με αποτέλεσμα την αύξηση των επιτυχών παραδόσεων αποσκευών, από 85-90% σε 95%, περιορίζοντας τα κόστη από χαμένες αποσκευές κατά περίπου 3.8 εκατομμύρια δολάρια [22], τόσο στο αεροδρόμιο όσο και στις αεροπορικές εταιρείες που δρουν σε αυτό. Βέβαια, όπως γίνεται αντιληπτό, το μέτρο θα γίνει πιο αποδοτικό εάν εφαρμοστεί σε περισσότερα αεροδρόμια, παρά σε μεμονωμένα, αφού συνήθως οι αποσκευές χάνονται όταν πρόκειται για επιβάτες σε πτήσεις με ανταπόκριση.

Όσον αφορά το κόστος εφαρμογής σε ένα αεροδρόμιο, εάν συνυπολογίσει κανείς τα κόστη αγοράς των RFID ετικετών, των συσκευών ανάγνωσης και των πληροφοριακών συστημάτων ευρετηριοποίησης και αναζήτησης, τότε το κόστος υπολογίζεται σε [23]:

- 1 εκατομμύριο δολάρια (για αεροδρόμια μεγάλου μεγέθους)
- 350.000 δολάρια (για αεροδρόμια μεσαίου μεγέθους)

Τα κόστη αυτά μπορεί εκ πρώτης όψεως να φαντάζουν μεγάλα, αλλά πρέπει να αναλογιστεί κανείς την μείωση των εξόδων από τις χαμένες αποσκευές που θα προκαλέσει η εφαρμογή της τεχνολογίας, καθώς και το γεγονός ότι τα συστήματα αυτά μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα αεροδρόμιο σταδιακά, μέσα σε μία περίοδο χρόνου.

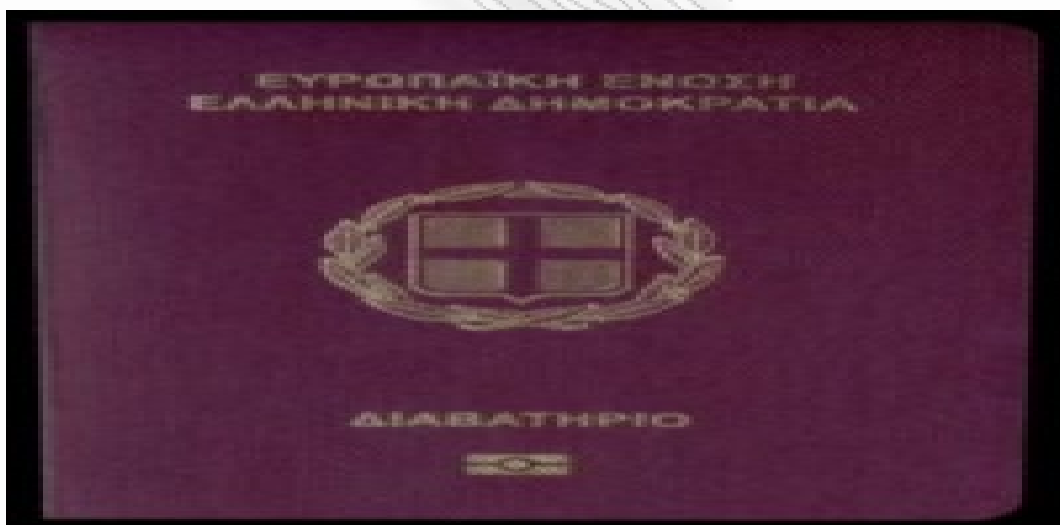
¹³ <http://eventplanning.about.com/od/transportation/a/airline-baggage-checked-baggage-lost-luggage.htm>

¹⁴ SITA World Tracer (2005), δείτε επίσης το "RFID Business case for baggage tagging", IATA, 2007

5.7 Ταυτοποίηση πολιτών

Η τεχνολογία RFID χρησιμοποιείται ήδη για την ταυτοποίηση πολιτών, τοποθετώντας ηλεκτρονικές RFID ετικέτες στα έγγρατά τους. Η πιο συνήθης και διαδεδομένη χρήση της παγκοσμίως, είναι στα βιομετρικά διαβατήρια (*biometric passport*).

Ένα βιομετρικό διαβατήριο (πολλές φορές αναφέρεται κι ως ηλεκτρονικό διαβατήριο – e-passport, ePassport) είναι ένα έγγραφο το οποίο χρησιμοποιεί βιομετρικές τεχνολογίες για την αυθεντικοποίηση του ατόμου που αναγράφεται σε αυτόν. Συνήθως το κύκλωμα που φέρει είναι μία RFID ετικέτα και τοποθετείται είτε στο εξώφυλλο, είτε στο οπισθόφυλλο, είτε στην κεντρική σελίδα ενός διαβατηρίου (εικόνα 17). Τα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να έχει η ετικέτα αυτή είναι ορισμένα από πρότυπα του Διεθνούς Οργανισμού Πολιτικής Αεροπορίας (*International Civil Aviation Organisation – ICAO, Doc 9303*^{15 16 17}).



Εικόνα 6: ελληνικό διαβατήριο με βιομετρικές πληροφορίες

Όπως είναι φυσικό, οι πληροφορίες του κατόχου του διαβατηρίου αναφέρονται κι εγγράφως, μέσα στο ταξιδιωτικό έγγραφο, με την μόνη διαφορά ότι στην RFID ετικέτα καταγράφονται και παραπάνω βιομετρικές πληροφορίες. Οι βιομετρικές πληροφορίες που μπορούν να καταγραφούν, σύμφωνα με τα πρότυπα της

¹⁵ <http://hasbrouck.org/documents/ICAO9303-pt1-vol1.pdf>

¹⁶ <http://hasbrouck.org/documents/ICAO9303-pt1-vol2.pdf>

¹⁷ <http://hasbrouck.org/documents/ICAO9303-pt3.pdf>

ICAO, είναι χαρακτηριστικά του προσώπου, δακτυλικά αποτυπώματα και χαρακτηριστικά της ίριδας του ματιού. Κάθε χώρα μπορεί να προσαρμόσει ανάλογα με τις ανάγκες τις ποια από τα παραπάνω βιομετρικά χαρακτηριστικά είναι απαραίτητα για την έκδοση ταξιδιωτικών εγγράφων.

Τα βιομετρικά διαβατήρια είναι εφοδιασμένα με μηχανισμούς ασφαλείας, οι οποίοι ορίζονται από τα πρότυπα της ICAO, για την αποφυγή ή/και τον εντοπισμό επιθέσεων σχετικών με την υποκλοπή δεδομένων αλλά και την πλαστοποίηση των ταξιδιωτικών εγγράφων. Οι κυριότεροι από τους μηχανισμούς αυτούς είναι οι παρακάτω:

- *Μη ύπαρξη σειριακού αριθμού στις ετικέτες.* Οι ετικέτες δεν φέρουν έναν συγκεκριμένο αναγνωριστικό αριθμό. Κάθε φορά απαντούν σε μία προσπάθεια ανάγνωσης από έναν αναγνώστη RFID με έναν διαφορετικό τυχαίο σειριακό αριθμό. Το χαρακτηριστικό αυτό ορίζεται από το πρότυπο ως προαιρετικό.
- *Βασικός Έλεγχος Πρόσβασης (Basic Access Control - BAC).* Ο επίσης προαιρετικός αυτός μηχανισμός ορίζει ότι τα δεδομένα, τα οποία μεταφέρονται από την RFID ετικέτα στην συσκευή ανάγνωσης, θα πρέπει να είναι κρυπτογραφημένα, έτσι ώστε να εξαιρεθεί ο κίνδυνος της πιθανής παρέμβασης κάποιου στην μετάδοση αυτή. Το κλειδί το οποίο χρησιμοποιείται στην κρυπτογράφηση δημιουργείται από την ημερομηνία γέννησης του κατόχου, την ημερομηνία παύσης της ισχύος του ταξιδιωτικού εγγράφου καθώς και τον αναγνωριστικό του αριθμό.
- *Παθητική Αυθεντικοποίηση (Passive Authentication – PA).* Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η εγγραφή δεδομένων, παρά μόνο η ανάγνωση (read-only). Επίσης, για την ανίχνευση ετικετών οι οποίες είναι πλαστές, το πρότυπο ορίζει ένα σύστημα ασφαλείας, το οποίο αφορά την αποθήκευση ενός αρχείου, που περιέχει διαφορετικά δεδομένα (κρυπτογραφημένα με την χρήση κατακερματισμού και ψηφιακών υπογραφών) για κάθε χώρα. Η υποστήριξη της προδιαγραφής αυτής είναι υποχρεωτική.
- *Ενεργητική Αυθεντικοποίηση.* Ο μηχανισμός αυτός αποτρέπει την δημιουργία πλαστών RFID ετικετών. Η ετικέτα περιέχει ένα ιδιωτικό κλειδί (private key),

το οποίο δεν μπορεί να διαβαστεί ή να αντιγραφεί, αλλά μπορεί να αποδείξει την ύπαρξή του με την χρήση κατάλληλου μηχανισμού. Η χρήση της προδιαγραφής αυτής είναι προαιρετική.

- *Επεκταμένος Έλεγχος Πρόσβασης (Extended Access Control – EAC)*. Ο μηχανισμός αυτός αυξάνει την αποδοτικότητα της διαδικασίας αυθεντικοποίησης μιας RFID ετικέτας, προσθέτοντας παραπάνω λειτουργίες στην ετικέτα αλλά και στην μηχανή ανάγνωσης. Επίσης χρησιμοποιεί ισχυρότερη μέθοδο κρυπτογράφησης απ'ότι ο Βασικός Έλεγχος Πρόσβασης. Η χρήση του μηχανισμού αυτού είναι προαιρετική, με μόνη εξαίρεση τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπου είναι υποχρεωτική από τις 28 Ιουνίου του 2009¹⁸.
- *Προφύλαξη της ετικέτας*. Μερικές χώρες (οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής τουλάχιστον¹⁹) χρησιμοποιούν έναν μηχανισμό, ο οποίος εμποδίζει την μεταφορά δεδομένων από την ετικέτα, στην περίπτωση που το εξώφυλλο του διαβατηρίου είναι κλειστό.

Παρά τους μηχανισμούς ασφαλείας, πολλοί ειδικοί έχουν βρει μεθόδους για να παρακάμψουν κάποιους από αυτούς. Για παράδειγμα, από το 2005 έχουν κυκλοφορήσει μέθοδοι²⁰ για την παράκαμψη των κλειδιών που χρησιμοποιούνται κατά τον Βασικό Έλεγχο Πρόσβασης, τα οποία όπως υποστηρίζεται είναι αρκετά προβλέψιμα.

Γενικώς η χρήση της RFID τεχνολογίας για την αποθήκευση των προσωπικών δεδομένων στα διαβατήρια έχει βρει πολλούς ειδικούς ασφαλείας αντίθετους, σε πολλές χώρες, οι οποίοι τονίζουν ότι η συγκεκριμένη μέθοδος δεν είναι αρκετά ασφαλής²¹. Εκτός αυτού, τέλος, πολλοί ακτιβιστές για την προστασία των προσωπικών δεδομένων, από διάφορες χώρες, διαφωνούν με την χρήση βιομετρικών

¹⁸ <http://www.blackhat.com/presentations/bh-europe-09/VanBeek/BlackHat-Europe-2009-VanBeek-ePassports-Mobile-slides.pdf>

¹⁹ <http://www.newscientist.com/article/dn8227-metal-shields-and-encryption-for-us-passports.html>

²⁰ Marc Witteman, Attacks on Digital Passports (online presentation – pdf)
<http://wiki.whatthehack.org/images/2/28/WTH-slides-Attacks-on-Digital-Passports-Marc-Witteman.pdf>

²¹ http://news.bbc.co.uk/2/hi/programmes/click_online/6182207.stm

πληροφοριών στα διαβητήρια, αφού, όπως υποστηρίζουν, δεν υπάρχει αρκετή πληροφόρηση σχετικά με τα ακριβή δεδομένα όπου η RFID ετικέτα θα αποθηκεύει.

5.8 Συμβολή στην ανάπτυξη του αναπτυσσόμενου κόσμου

Το Μελλοντικό Διαδίκτυο μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη των χωρών του αναπτυσσόμενου κόσμου. Οι τεχνολογίες που αναλύθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια, αφορούν κυρίως εφαρμογές σε χώρες του ήδη ανεπτυγμένου κόσμου, οι οποίες έχουν επενδύσει ένα μεγάλο μέρος της οικονομίας τους στο Διαδίκτυο και στην τεχνολογία γενικότερα. Παρά το γεγονός αυτό, οι τεχνολογίες αυτές έχουν πολλά να προσφέρουν στον αναπτυσσόμενο κόσμο, σε σημαντικούς για την καθημερινή ζωή τομείς εφαρμογής, όπως είναι η ύδρευση, οι υπηρεσίες υγείας, η παραγωγή ενέργειας και οι εξαγωγές αγαθών.

Ένα μεγάλο μέρος πολλών οικονομιών των αναπτυσσόμενων χωρών, στηρίζεται στις αγροτικές καλλιέργειες. Οι κυβερνήσεις των χωρών αυτών, μπορούν να βελτιώσουν την παραγωγή των πολιτών τους, εγκαθιστώντας Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων στις καλλιέργειές τους. Για παράδειγμα, μία χώρα που αντιμετωπίζει προβλήματα ξηρασίας και παροχής νερού στις καλλιέργειες των γεωργών της, είναι η Ινδία²². Σύμφωνα με κυβερνητικούς παράγοντες, το πρόβλημα οφείλεται κυρίως στην έλλειψη οικονομίας στην χρήση του νερού, λόγω κακών εγκαταστάσεων και μη γνώσης των γεωργών. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ένα δίκτυο αισθητήρων, του οποίου οι αισθητήρες πίεσης θα ελέγχουν την αποθηκευμένη ποσότητα νερού και θα ελέγχουν την ανάλογη δίοδο από τους σωλήνες μεταφοράς.

Ο τομέας της κτηνοτροφίας αποτελεί επίσης ένα σημαντικό μέρος της οικονομίας των αναπτυσσόμενων χωρών. Ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι οικονομίες των χωρών αυτών, είναι η παράνομη «μετονομασία» κτηνοτροφικών τους προϊόντων, από εταιρείες επώνυμων προϊόντων, οι οποίες αναφέρουν πάνω σε αυτά διαφορετικές χώρες προέλευσης. Με την χρήση της τεχνολογίας RFID, οι

²² <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/8197287.stm>

σφραγίδες που συνήθως τοποθετούνται πάνω στα εξαγόμενα προϊόντα, μπορούν να αντικατασταθούν με RFID ετικέτες, των οποίων η πλαστογράφηση θα είναι δύσκολη λόγω καλά ορισμένων προτύπων.

Οι τεχνολογίες του Μελλοντικού Διαδικτύου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών σε αναπτυσσόμενες χώρες. Για παράδειγμα αισθητήρες που θα καταγράφουν δεδομένα σχετικά με τα ποσοστά μόλυνσης μπορούν να τοποθετηθούν σε υδρευτικά συστήματα χωρών του τρίτου κόσμου. Επίσης πολλά συστήματα για την αποφυγή φυσικών καταστροφών, όπως για παράδειγμα συστήματα ειδοποιήσεων για κύματα-τσουνάμι^{23, 24}, στηρίζονται στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων, μειώνοντας έτσι το κόστος σε ανθρώπινες ζωές. Μία επίσης σημαντική εφαρμογή θα ήταν η χρήση των τεχνολογιών για την σωστή λήψη φαρμάκων, σε περιοχές του κόσμου με αρκετά προβλήματα υγείας (ενότητα 5.3.3) . Η εκπαίδευση των κατοίκων σε περιοχές τέτοιες, έτσι ώστε να χρησιμοποιούν τέτοια συστήματα αλλά και η ενσωματωμένη ασφάλεια που αυτά διαθέτουν, θα μπορούσε να μειώσει την ανάγκη για ανθρώπινο δυναμικό και να μειώσει τους θανάτους από λάθος λήψη φαρμάκων, ειδικά σε πληθυσμούς με μεγάλα ποσοστά αναλφαβητισμό

Οι αναπτυσσόμενες οικονομίες τέλος, μπορούν να αποτελέσουν εύκολα ένα σημαντικό παράγοντα της εξέλιξης του Μελλοντικού Διαδικτύου. Η ανάπτυξη συστημάτων RFID έχει μικρό κόστος, τόσο όσον αφορά τις RFID ετικέτες, όσο και τις RFID συσκευές ανάγνωσης. Συνεπώς, χώρες με μεγάλο εργατικό δυναμικό, όπως π.χ. η Κίνα ή η Ινδία, μπορούν να εξελιχθούν εν δυνάμει σε κάποιους από τους μεγαλύτερους προμηθευτές RFID συσκευών παγκοσμίως.

²³ <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1451820>

²⁴ http://www.isa.org/Content/ContentGroups/News/2006/July33/Sensors_key_for_new_tsunami_detection_tools.htm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6. Ανακεφαλαίωση – Συμπεράσματα

6.1 Ανακεφαλαίωση

Στα παραπάνω κεφάλαια ορίσαμε τον όρο του Μελλοντικού Διαδικτύου, περιγράψαμε τις βασικότερες τεχνολογίες του και τις πιο σημαντικές εφαρμογές τους. Είναι σημαντικό να τονίσουμε, ότι το Μελλοντικό Διαδίκτυο δεν θα στηριχτεί μόνο στις τεχνολογίες κάθε αυτές, αλλά και στην αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Η έννοια των διασυνδεδεμένων αντικειμένων, παντός είδους, με την χρήση «έξυπνων» συσκευών, υπονοεί την επικοινωνία μεταξύ πολύ διαφορετικών μεταξύ τους τεχνολογιών κι εφαρμογών.

Ένα άλλο σημείο το οποίο θα πρέπει να τονίσουμε, είναι ότι το Μελλοντικό Διαδίκτυο θα έχει πλέον παγκόσμια εμβέλεια, μεγαλύτερη της σημερινής. Συνεπώς, θέματα όπως αυτά της διακυβέρνησης και του καθορισμού προτύπων είναι σημαντικό να οριστούν, πριν την καθιέρωσή του. Χωρίς την προτυποποίηση διαδικασιών και την τήρησή τους από όλους τους εμπλεκόμενους, είναι σίγουρο ότι οι διάφορες αρχιτεκτονικές, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, οι συχνότητες που θα χρησιμοποιηθούν, κτλ., θα ακολουθήσουν πολλούς διαφορετικούς δρόμους και θα επικεντρωθούν σε συγκεκριμένους στόχους, παραμερίζοντας την ανάγκη της συμβατότητας. Το σενάριο αυτό θα αποτελέσει σίγουρα εμπόδιο στην εξέλιξη και στην διάδοση του Μελλοντικού Διαδικτύου.

Αλλά θέματα προς περαιτέρω μελέτη, τα οποία θα μπορούσαν να επεκτείνουν την λειτουργικότητα του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα ήταν η έρευνα πάνω όχι μόνο στην ενσωμάτωση ηλεκτρονικών συσκευών πάνω σε αντικείμενα, αλλά και η δημιουργία τέτοιων συσκευών από άλλα υλικά (όχι δηλαδή από σιλικόνη), των οποίων η ενσωμάτωση θα ήταν περισσότερο αποδοτική σε αντικείμενα όπως τρόφιμα (π.χ. RFID ετικέτες πάνω σε φρούτα, οι οποίες δεν θα δημιουργούσαν πρόβλημα εάν ένα παιδί τις καταναλώσει), είδη πρώτης ανάγκης, κτλ.

6.2 Χρονοδιάγραμμα

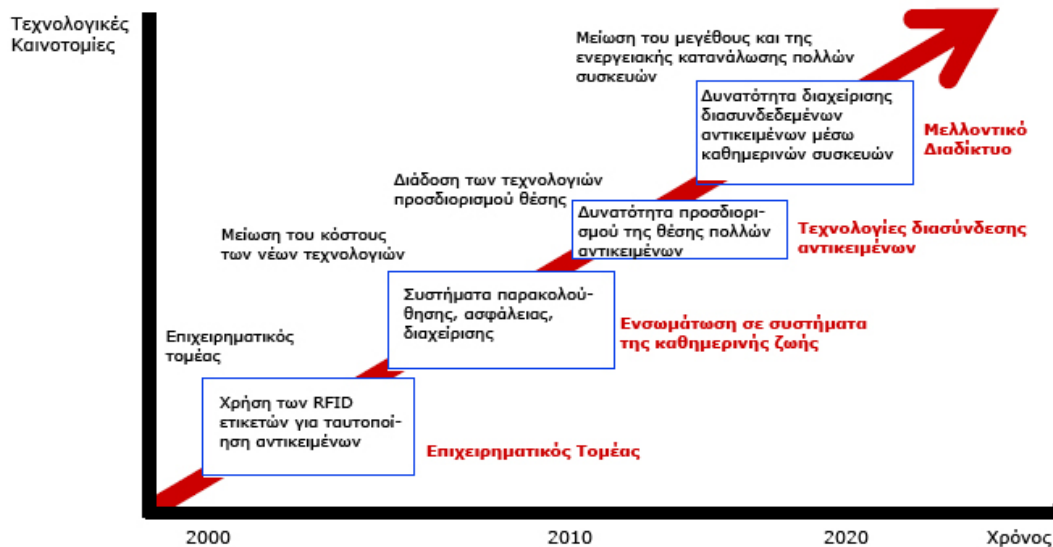
Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η μετάβαση από το σημερινό, στο Μελλοντικό Διαδίκτυο, δεν είναι κάτι το οποίο θα γίνει στιγμιαία, αλλά σταδιακά και σε κάποιο βάθος χρόνου. Ο εντοπισμός των κύριων ζητημάτων προς επίλυση, θα προσδιορίσει τον τρόπο με τον οποίο το Μελλοντικό Διαδίκτυο θα εξελιχθεί και θα αναπτυχθεί. Σύμφωνα με εκτιμήσεις [24], το χρονοδιάγραμμα εξέλιξης του Μελλοντικού Διαδικτύου, θα είναι το παρακάτω:

- 2004-2009: υιοθέτηση της τεχνολογίας RFID σε μαζικό επίπεδο, κυρίως από χώρες του δυτικού κόσμου και κυρίως στον τομέα της παραγωγής. Αντικατάσταση των barcodes με RFID ετικέτες ή συνύπαρξη με τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες.
- 2010: χρήση της RFID όλο και περισσότερο σε μεμονωμένα αντικείμενα, για την αυτοματοποίηση διαδικασιών. Οι τομείς εφαρμογής επεκτείνονται σε αυτούς των νοσοκομείων, μεγάλων οργανισμών κι επιχειρήσεων, κυβερνητικών οργανισμών, κτλ.
- 2011-2013: μαζική παραγωγή και κατανάλωση κινητών τηλεφωνικών συσκευών, τα οποία παρέχουν υποστήριξη για τις τεχνολογίες RFID και NFC. Το μέγεθος και το κόστος των συσκευών μικραίνει, ενώ η διάδοσή τους γίνεται όλο και μεγαλύτερη.
- 2011-2016: όλα τα αυτοκίνητα σταδιακά ενσωματώνουν ασύρματα συστήματα διάγνωσης κι επικοινωνίας με το περιβάλλον, αυξάνοντας την ασφάλεια των επιβατών, μειώνοντας το κόστος συντήρησης και έχοντας την δυνατότητα ενσωμάτωσης νέων λειτουργιών μέσω ανανεώσεων λογισμικού (software updates).
- 2017: οι εφαρμογές των τεχνολογιών προσδιορισμού θέσης γίνονται συνεχώς περισσότερες, το ίδιο και οι συσκευές που τις υποστηρίζουν.
- 2018-2019: οι κατασκευαστές προϊόντων προσφέρουν μεγαλύτερες εγγυήσεις για την ασφάλιση των προϊόντων τους σε περίπτωση κλοπής, αφού

ενσωματώνουν τεχνολογίες προσδιορισμού θέσης, με πολύ μικρό πλέον κόστος, σε όλα τους τα προϊόντα.

- 2020: οι επικοινωνίες μέσω της χρήσης των κινητών τηλεφώνων γίνονται πλέον ευρυζωνικές. Όλα τα κινητά τηλέφωνα πλέον παρέχουν συνδέσεις μεγάλων ταχυτήτων και υποστηρίζουν όλα τα πρωτόκολλα επικοινωνίας μηχανής-με-μηχανή, για την επικοινωνία με όλα τα διασυνδεδεμένα αντικείμενα του γύρω περιβάλλοντος.
- 2020-2025: ακολουθεί μια περίοδος καινοτομιών, ανάπτυξης κι ευκαιριών. Οι χρήστες και οι προμηθευτές βρίσκουν συνεχώς περισσότερες εφαρμογές, οι οποίες προκύπτουν από την διασύνδεση των αντικειμένων της καθημερινής ζωής, γεγονός που αυξάνει συνεχώς την αποδοτικότητα των υπηρεσιών και μειώνει όλο και περισσότερο το κόστος. Το Μελλοντικό Διαδίκτυο έχει πλέον καθιερωθεί ως μία κυρίαρχη τεχνολογία.

Σχεδιαγραμματικά, το παραπάνω χρονοδιάγραμμα αναπαρίσταται στην εικόνα 18.



Εικόνα 1: χρονοδιάγραμμα για την εξέλιξη του Μελλοντικού Διαδικτύου

Όπως μπορεί κανείς να αντιληφθεί, το παραπάνω χρονοδιάγραμμα μπορεί να μικρύνει ή να διευρυνθεί, ανάλογα με την επίδραση πολλών παραγόντων, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Το μέγεθος της ζήτησης για συστήματα που αυτοματοποιούν διαδικασίες, από επιχειρήσεις κι οργανισμούς.
- Η αποδοτικότητα των εφαρμογών του Μελλοντικού Διαδικτύου στην μείωση του κόστους στους τομείς που θα χρησιμοποιηθούν.
- Η δυνατότητα των οικιακών συσκευών να υποστηρίξουν τεχνολογίες προσδιορισμού θέσης κι επικοινωνίας μηχανής-με-μηχανή.
- Τον αποδοτικό καταμερισμό των συχνοτήτων, για την υποστήριξη των ασύρματων ευρυζωνικών τεχνολογιών του Μελλοντικού Διαδικτύου, τόσο σε δωρεάν όσο και σε συνδρομητικό επίπεδο.
- Έρευνα πάνω σε λογισμικό το οποίο μπορεί να αποκαταστήσει σε έναν βαθμό την ανθρώπινη διαχείριση και σε λογισμικό το οποίο μπορεί να αναλύσει αποδοτικά τα δεδομένα από αισθητήρες.
- Την ύπαρξη καλής θέλησης από επιχειρήσεις και οργανισμούς ώστε να ακολουθήσουν τις οδηγίες που ορίζουν τα πρότυπα που θα οριστούν.
- Η έρευνα και η εξέλιξη νέων τεχνολογιών για την μείωση του μεγέθους και της ενεργειακής κατανάλωσης ηλεκτρονικών συσκευών.

Πολλοί από τους παράγοντες αυτούς αναλύθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια, ενώ κάποιοι άλλοι αποτελούν αντικείμενο έρευνας και μελέτης την συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Πηγές – Αναφορές

- [1] <http://www.anec.org/attachments/ANEC-ICT-2008-G-062final.pdf>, Commission Staff Working Paper on Early Challenges regarding the “Internet of Things”, SEC(2008) 2516, σελ. 3
- [2] COM(2009) 278 final, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, "Internet of Things — An action plan for Europe", σελ. 10
- [3] Kaley, Karlyn Black; Carlisle, Jim; Siegel, David; Salinas, Julio (Οκτώβριος 2006) (PDF). Health Concerns and Environmental Issues with PVC-Containing Building Materials in Green Buildings. Integrated Waste Management Board, California Environmental Protection Agency, <http://www.ciwmb.ca.gov/publications/GreenBuilding/43106016.pdf>, σελ. 11
- [4] Stockman, Harry: "Communication by Means of Reflected Power" Proceedings of the IRE, σελ. 1196-1204, Οκτώβριος 1948
- [5] Global IPv6 Statistics – “Measuring the current state of IPv6 for ordinary users”, S.H. Gunderson (Google), RIPE 57 (Dubai, Οκτώβριος 2008), http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-57/presentations/Colitti-Global_IPv6_statistics_-_Measuring_the_current_state_of_IPv6_for_ordinary_users_.7gzD.pdf
- [6] Ernst Haselsteiner, Klemens Breitfuß: Security in near field communication (NFC) PDF, Philips Semiconductors, Συνέδριο RFIDSec '06 με αντικείμενο την ασφάλεια για το RFID, Ιο 2006 <http://events.iaik.tugraz.at/RFIDSec06/Program/papers/002%20-%20Security%20in%20NFC.pdf>
- [7] Gerhard P. Hancke, Eavesdropping Attacks on High-Frequency RFID Tokens. 4ο Συνέδριο πάνω στην ασφάλεια για το RFID (RFIDsec'08), σελ. 100--113, Ιούλιος 2008 <http://www.rfidblog.org.uk/Hancke-RFIDSec2008-Talk.pdf>

- [8] Romer, Kay; Friedemann Mattern (Δεκέμβριος 2004). "The Design Space of Wireless Sensor Networks". IEEE Wireless Communications 11 (6): σελ. 54–61. doi:10.1109/MWC.2004.1368897.
<http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/wsn-designspace.pdf>
- [9] Thomas Haenselmann (2006-04-05). Sensornetworks. GFDL Wireless Sensor Network textbook.
http://www.informatik.uni-mannheim.de/~haensel/sn_book.
- [10] Hadim, Salem; Nader Mohamed (2006). "Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks". IEEE Distributed Systems Online 7 (3): 1. doi:10.1109/MDSO.2006.19.
<http://dsonline.computer.org/portal/pages/dsonline/2006/03/o3001.html>.
- [11] Ryokai, K., Marti, S., Ishii, H. (2004) "I/O Brush: Drawing with Everyday Objects as Ink." Συνέδριο πάνω στην επίδραση του Ανθρώπινου Παράγοντα στα Υπολογιστικά Συστήματα (Conference on Human Factors in Computing Systems) (CHI '04), (Vienna, Austria, Απρίλιος 24 - Απρίλιος 29, 2004)
http://tangible.media.mit.edu/content/papers/pdf/IOBrush_CHI04.pdf
- [12] Ryokai, K., Marti, S., Ishii, H. (2005) "Designing the World as Your Palette." Συνέδριο πάνω στην επίδραση του Ανθρώπινου Παράγοντα στα Υπολογιστικά Συστήματα (Conference on Human Factors in Computing Systems) (CHI '05), (Portland, OR, Απρίλιος 2 - 7, 2005), Oregon Convention Center.
http://web.media.mit.edu/%7Ekimiko/publications/iobrush_chi2005.pdf
- [13] Jan S. Rellermeier, Michael Duller, Ken Gilmer, Δαμιανός Μαραγκός, Δημήτριος Παπαγεωργίου και Gustavo Alonso, "The Software Fabric for the Internet of Things", Proceedings of the International Conference on the Internet of Things, Zurich, Switzerland, Μάρτιος 26-28, 2008
<http://www.iks.inf.ethz.ch/publications/files/InternetOfThings08.pdf>
- [14] Draft Report of the Task Force on Interdisciplinary Research Activities applicable to the Future Internet, έκδοση 4.1, 13.07.2009, σελ. 10-13,
http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI-content/Report_on_the_Future_Internet_Content_v4.1.pdf

- [15] Draft Report of the Task Force on Interdisciplinary Research Activities applicable to the Future Internet, έκδοση 4.1, 13.07.2009, σελ. 25-26, http://www.future-internet.eu/fileadmin/documents/reports/FI-content/Report_on_the_Future_Internet_Content_v4.1.pdf
- [16] A. Wood, G. Virone, T. Doan, Q. Cao, L. Selavo, Y. Wu, L. Fang, Z. He, S. Lin, J. Stankovic, "ALARM-NET: Wireless Sensor Networks for Assisted-Living and Residential Monitoring," Technical Report CS-2006-11, Department of Computer Science, University of Virginia, 2006. <http://www.cs.virginia.edu/wsn/medical/pubs/tr06-alarmnet.pdf>
- [17] Radio Frequency Identification: An Introduction for Library Professionals. Alan Butters. Australasian Public Libraries v19.n4(2006) σελ.2164–2174.
- [18] "Radio Frequency Identification." Rachel Wadham. "Library Mosaics" v14 vo.5 (S/O 2003) σελ.22.
- [19] "The State of RFID Applications in Libraries" Jay Singh et al. Information Technology & Libraries, vo. 1 (Μάρτιος,2006) σελ. 24–32.
- [20] "RFID Poses No Problem for Patron Privacy." "American Libraries" v34 no11 (D 2003) σελ.86.
- [21] RFID for Transportation, Improve Airline Baggage Handling and Customer Experience with RFID (e-book - PDF), σελ. 1, <http://www.alientechnology.com/docs/applications/SBTransportation.pdf>
- [22] RFID in Aviation: airport luggage control (e-book - PDF), σελ. 5, Ιούνιος 2008, [http://www.aeroassist.pt/Papers/White%20paper%201%20AEROASSIST%20-%20RFID%20in%20Aviation%20\(airport%20luggage%20control\).pdf](http://www.aeroassist.pt/Papers/White%20paper%201%20AEROASSIST%20-%20RFID%20in%20Aviation%20(airport%20luggage%20control).pdf)
- [23] RFID in Aviation: airport luggage control (e-book - PDF), σελ. 8, Ιούνιος 2008, [http://www.aeroassist.pt/Papers/White%20paper%201%20AEROASSIST%20-%20RFID%20in%20Aviation%20\(airport%20luggage%20control\).pdf](http://www.aeroassist.pt/Papers/White%20paper%201%20AEROASSIST%20-%20RFID%20in%20Aviation%20(airport%20luggage%20control).pdf)
- [24] National Intelligence Council, Disruptive Technologies, Global Trends 2025, APPENDIX F (e-book - PDF), σελ. 17-18

Βιβλιογραφία

Christian Floerkemeier, Marc Langheinrich, Elgar Fleisch, Friedemann Mattern, Sanjay E. Sarma, "The Internet of Things: First International Conference, IOT 2008, Zurich, Switzerland, March 26-28, 2008, Proceedings", ISBN: 3540787305

Lu Yan, Yan Zhang, Laurence T. Yang, Huansheng Ning, "The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems (Wireless Networks and Mobile Communications)", ISBN: 1420052810

National Intelligence Council, Disruptive Technologies, Global Trends 2025, APPENDIX F (e-book - PDF),

http://www.dni.gov/nic/PDF_GIF_confreports/disruptivetech/appendix_F.pdf

Kay Romer and Friedemann Mattern, "The Design Space of Wireless Sensor Networks", Institute for Pervasive Computing, ETH Zurich,

<http://www.vs.inf.ethz.ch/publ/papers/wsn-designspace.pdf>

Christoph Seidler, Intern, "RFID: Opportunities for mobile, telecommunication services" (e-book, PDF),

<http://www.itu.int/ITU-T/techwatch/rfid.pdf>

COM(2009) 278 final, COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS, "Internet of Things — An action plan for Europe"