

~~ΑΝΩΤΑΤΟ~~ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΑΜΑΛΙΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ: ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΤΑΥΤΟΤΗΤΑΣ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ
ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID
DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN APPLICATION
FOR ENTITY IDENTIFICATION BY
USING RFID**

ΜΟΥΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ Α.Μ. 811
ΠΟΛΙΤΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ Α.Μ. 807

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
Δρ. Ι. Δ. ΖΑΧΑΡΑΚΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΜΑΛΙΑΔΑ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ιωάννη Ζαχαράκη για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, καθώς και για την υποστήριξη και καθοδήγησή του.

Επίσης ευχαριστούμε τον κ. Ιωάννη Καλέμη για τη συνεργασία και βοήθεια που μας προσέφερε.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	8
ΔΙΑΧΥΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ – ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ - ΠΕΡΙΡΡΕΟΥΣΑ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	8
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
2. ΔΙΑΧΥΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ - ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	9
3. ΠΕΡΙΡΡΕΟΥΣΑ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ.....	10
4.ΤΟ ΜΕΣΟΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	13
5. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	14
6. ΠΕΔΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ.....	15
6.1 Έξυπνη Σκόνη.....	16
6.2 Πληροφορικές Συσκευές.....	17
6.3 Φορητοί Υπολογιστές.....	17
7. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΥΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ.....	18
7.1 Διάδραση με Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού.....	18
7.2 Αξιοπιστία Συστημάτων Διάχυτου Υπολογισμού.....	18
7.3 Ασφάλεια-Προστασία Προσωπικών Δεδομένων.....	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ.....	20
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID.....	20
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	20
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	20
3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID.....	21
3.1 ΕΤΙΚΕΤΕΣ (TAGS).....	23
3.1.1 Παθητικές Ετικέτες (Passive Tags).....	23
3.1.2 Ημιπαθητικές Ετικέτες (Semi-Passive Tags).....	25
3.1.3 Ενεργές Ετικέτες (Active Tags).....	25
3.1.4 Αναγνώσιμες, μιας εγγραφής-πολλών αναγνώσεων και επανεγγραψιμες ετικέτες.....	26
3.1.5 Κατηγοριοποίηση ετικετών σύμφωνα με την κατασκευή και την εφαρμογή τους.....	27
4. ΑΝΑΓΝΩΣΤΕΣ (READERS).....	27
5. ΤΥΠΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ.....	28
6. ΚΕΡΑΙΕΣ.....	29
7. ΜΝΗΜΗ.....	30
8. ΜΕΣΟΛΟΓΙΣΜΙΚΟ.....	30
9. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ RFID.....	32

10. ΠΡΟΤΥΠΑ.....	33
11.ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ RFID.....	35
11.1 Έλεγχος Πρόσβασης.....	35
11.2 Πληρωμή Μεταφορών.....	36
11.3 Αυτοματοποιημένες Βιβλιοθήκες.....	36
11.4 RFID στην υγεία.....	36
11.5 Ταξί, Κινητά Τηλέφωνα και RFID.....	37
12. ΘΕΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ.....	37
13. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	40
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	40
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	40
2. ΧΡΗΣΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ.....	40
3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	45
4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ.....	59
5. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	61
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	64
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	66

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης συνενώνει το φυσικό κόσμο με τον ψηφιακό, η υπολογιστική ισχύς είναι διάχυτη και πανταχού παρούσα και ο άνθρωπος αλληλεπιδρά με αυτό, με φυσικότητα χωρίς να διαταράσσεται η καθημερινότητά του. Τα Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού παρέχουν υπηρεσίες στους ανθρώπους με ταχύτητα και ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών, μέσω εύχρηστων συσκευών που έχουν διαμορφωθεί κατάλληλα για να μεταφέρουν πληροφορίες του περιβάλλοντος σε ένα πληροφοριακό σύστημα. Ο άνθρωπος είναι στο επίκεντρο αυτών των συστημάτων απολαμβάνοντας τις διευκολύνσεις που του παρέχονται, διατηρώντας ταυτόχρονα την ιδιωτικότητά του και την ασφάλεια των προσωπικών του δεδομένων, προϋποθέσεις που πρέπει να ισχύουν σε ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης. Η τεχνολογία RFID προσφέρει υπηρεσίες σε πολλούς τομείς της ζωής των ανθρώπων χρησιμοποιώντας ασύρματη διάταξη. Μία κατηγορία τέτοιων υπηρεσιών είναι η αναγνώριση φυσικών αντικειμένων ή οντοτήτων σε ένα χώρο. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται σε αυτή την κατηγορία υπηρεσιών και παρουσιάζει πρακτικά αποτελέσματα με τη δημιουργία μίας εφαρμογής αναγνώρισης φυσικών προσώπων με χρήση RFID, αναπτύσσοντας προηγουμένως ένα θεωρητικό πλαίσιο, απαραίτητο για την πληρέστερη κατανόηση της δημιουργίας και λειτουργίας της εφαρμογής. Οι οντότητες αναγνωρίζονται αυτόματα και ένα πλήθος πληροφοριών γίνεται γνωστό. Μία δυναμική τεχνολογία με πολλές προοπτικές που πρέπει να αξιοποιηθεί κατάλληλα, με σεβασμό στον άνθρωπο.

ABSTRACT

An Ambient Intelligence environment brings together the physical and digital worlds, the computing power is pervasive and ubiquitous and people interact naturally with it, without disrupting their daily lives. The Ubiquitous and Pervasive Systems provide services to people with speed, depending on user requirements, through user-friendly devices which are configured properly to convey environmental information to system. The man is at the heart of these systems and enjoys the facilities provided to, while maintaining the privacy and security of personal data at the same time conditions to be applied in an environment of Ambient Intelligence. RFID technology offers services in many areas of life for people using a wireless device. A category of such services is the recognition of physical objects or entities in a space. The present task focuses in such category of services and presents practical results by creating an application for recognition of individuals by using RFID, having previously developed a theoretical framework, which is necessary to illustrate the creation and operation of the application. The entities are automatically recognized and a lot of information is known. A powerful technology with many perspectives that must be used properly, with respect to humans.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία μιας εφαρμογής διάχυτου υπολογισμού, η οποία θα αναγνωρίζει οντότητες σε ένα φυσικό χώρο και θα παρέχει υπηρεσίες στα πρόσωπα που χρησιμοποιούν το χώρο. Συγκεκριμένα οι οντότητες που θα αναγνωρίζονται από την εφαρμογή είναι οι φοιτητές που συμμετέχουν σε κάποιο εργαστηριακό μάθημα ενός εκπαιδευτικού ιδρύματος. Ταυτόχρονα θα έχει στη διάθεσή του ο διδάσκων ένα παρουσιολόγιο, που δημιουργείται με αυτόματο τρόπο στον υπολογιστή του.

Η προσέγγιση του θέματος ξεκινά με την αναφορά βασικών εννοιών που σχετίζονται με αυτό, όπως οι έννοιες της Περιρρέουσας Νοημοσύνης και του Διάχυτου Υπολογισμού οι οποίες αναλύονται στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην τεχνολογία RFID. Αναλύεται ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται, ο τρόπος λειτουργίας της και η χρήση της.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η υλοποίηση εφαρμογής με χρήση RFID, που αποτελεί και το στόχο της εργασίας. Αναπτύσσεται ένα σενάριο του πραγματικού κόσμου, βάσει του οποίου δημιουργείται η εφαρμογή, της οποίας ο σχεδιασμός βασίστηκε στη μεθοδολογία ανάπτυξης ICONIX. Μετά τη αναλυτική παρουσίαση της υλοποίησης της εφαρμογής παρουσιάζεται ο πειραματισμός και η αξιολόγησή της, καθώς και κάποιοι προβληματισμοί και προτάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΔΙΑΧΥΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ – ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

ΠΕΡΙΡΡΕΟΥΣΑ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η δραματική αύξηση της χρήσης των υπολογιστών, οι οποίοι ενσωματώνονται σε όλο και περισσότερες συσκευές, έχει οδηγήσει σε μία μεταμόρφωση, από έναν κόσμο υπολογιστών οι οποίοι φαίνονταν και χρησιμοποιούνταν από τους ανθρώπους ως ευδιάκριτες μηχανές, σε έναν κόσμο περίπλοκων, αυτοματοποιημένων, δικτυωμένων μηχανών οι οποίες δε θεωρούνται υπολογιστές ούτε χρησιμοποιούνται υπό αυτήν τη μορφή από τους ανθρώπους. Οι εκτιμήσεις δείχνουν ότι σήμερα οι περισσότεροι υπολογιστές είναι αυτού του τύπου. Βρίσκονται πλέον στα τηλέφωνα, τα αυτοκίνητα, τους φούρνους μικροκυμάτων και σε ένα πλήθος άλλων συσκευών και συστημάτων. Η αλλαγή αυτή, στην άποψη που έχουν οι άνθρωποι για τους υπολογιστές και για τη χρήση τους, αποτελεί το αντικείμενο του τομέα του «**διάχυτου υπολογισμού**» (pervasive computing).

Σύμφωνα με τον Mark Weiser τρία είναι τα "κύματα", που παρουσιάζουν το πώς σχετίζονται οι άνθρωποι και οι υπολογιστές στο πέρασμα των ετών. Το "πρώτο κύμα", έχει ως χαρακτηριστικό ότι ένας υπολογιστής μοιραζόταν σε πολλούς χρήστες, ενώ ήταν ιδιαίτερα ακριβός. Στο "δεύτερο κύμα" βασικό στοιχείο είναι ότι κάθε χρήστης έχει τον προσωπικό του υπολογιστή, είναι οικονομικός και εύχρηστος και χρησιμοποιείται εκτός των άλλων και για προσωπικούς σκοπούς. Το "τρίτο κύμα" χαρακτηρίζεται από το γεγονός ότι ο χρήστης έρχεται καθημερινά σε επαφή με πολλούς υπολογιστές και μάλιστα ταυτόχρονα και αρκετές φορές χωρίς καν να το γνωρίζει.

Στο άμεσο μέλλον με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών οι καθημερινές δραστηριότητες των ανθρώπων ενισχύονται από τους υπολογιστές με έναν αόρατο τρόπο, ενώ καθημερινά αντικείμενα ενσωματώνουν δυνατότητες που πριν δεν είχαν. Με τον τρόπο αυτό θα υλοποιηθεί το όραμα του Mark Weiser για "*ήρεμη τεχνολογία*", και θα επιβεβαιωθεί η ρήση του ότι "*οι περισσότερο επιδραστικές τεχνολογίες είναι αυτές που γίνονται απαρατήρητες*" [8].

Ο Mark Weiser εισήγαγε τον τομέα του **Ubiquitous Computing** (UbiComp-Πανταχού Παρών Υπολογισμός), αφού πρώτος "οραματίστηκε" ένα περιβάλλον με διάχυτη υπολογιστική ισχύ, το οποίο αλληλεπιδρά με τον άνθρωπο με τρόπο φυσικό, παρέχοντας πληροφορίες ανά πάσα στιγμή και σε οποιοδήποτε χώρο. Οι υπολογιστές είναι **πανταχού παρόντες**, σε εσωτερικούς ή εξωτερικούς χώρους, είναι ενσωματωμένοι στο περιβάλλον έχον-

τας ασύρματη επικοινωνία μεταξύ τους και μπορούν να είναι φορέσιμοι, δηλαδή να βρίσκονται πάνω στον άνθρωπο και να έχουν πρόσβαση σε προσωπικές πληροφορίες. Όλα αυτά συμβάλλουν στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος **Περιρρέουσας Νοημοσύνης** (Ambient Intelligence - AmI), το οποίο παρέχει διευκολύνσεις και υπηρεσίες “προλαβαίνοντας” πολλές φορές τις επιθυμίες των ανθρώπων ([1], [8], [17]).

2. ΔΙΑΧΥΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ - ΠΑΝΤΑΧΟΥ ΠΑΡΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ

Παρόλη την τεχνολογική πρόοδο η ενσωμάτωση τεχνολογικών εφαρμογών στις καθημερινές μας δραστηριότητες απέχει από το αρχικό πλάνο του Mark Weiser, αφού οι υπολογιστές αντιμετωπίζονται ακόμη ως μηχανήματα που εκτελούν κάποια εργασία, η οποία αφού ολοκληρωθεί εγκαταλείπονται. Σε ένα Ubiquitous and Pervasive περιβάλλον ο χρήστης μπορεί να εισέλθει σε ένα χώρο πληροφοριών, χρησιμοποιώντας κατάλληλα διαμορφωμένες συσκευές οι οποίες έχουν την ικανότητα να καταγράφουν τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται ο χρήστης τους. Στη συνέχεια οι συσκευές αυτές μπορούν να παρέχουν σε “ubiquitous and pervasive” συστήματα με τα οποία είναι συνδεδεμένες, τις πληροφορίες αυτές και ακολούθως τα συστήματα να τις αξιοποιούν με σκοπό την ομαλή αλληλεπίδραση με τους χρήστες καθώς και τις υπόλοιπες συσκευές που είναι συνδεδεμένες.

Ανάμεσα στους όρους **pervasive** και **ubiquitous computing** δεν υπάρχει ουσιαστική διαφορά. Ο πρώτος όρος μεταφράζεται ως **διάχυτος** ενώ ο δεύτερος ως **πανταχού παρών**. χρησιμοποιούνται και οι δύο μαζί προκειμένου να τονιστεί το γεγονός ότι τα πληροφοριακά συστήματα που χαρακτηρίζονται ως τέτοια θα είναι όχι μόνο διάχυτα (μη - ορατά) αλλά και πανταχού παρόντα.

Σύμφωνα με το Mark Weiser, οι όροι Ubiquitous Computing και Pervasive Computing σημαίνουν [1]:

Ubiquitous Computing

«Οι υπολογιστές βρίσκονται παντού. Πολλοί υπολογιστές είναι διαθέσιμοι σε κάθε φυσικό περιβάλλον καθώς γίνονται αόρατοι για το χρήστη. Οι πιο δυσνόητες τεχνολογίες είναι αυτές οι οποίες είναι εξαφανισμένες. Υφαίνονται στο ύφασμα της καθημερινής ζωής έως ότου γίνονται όμοιες με αυτό».

Pervasive Computing

*«Ο διάχυτος υπολογισμός υπόσχεται ένα υπολογιστικό περιβάλλον το οποίο υποστηρίζει τους χρήστες *seamlessly* και *ubiquitously* στην ολοκλήρωση των στόχων τους και καθιστά την τεχνολογία και τις συσκευές που χρησιμοποιεί, αόρατες κατά ένα μεγάλο μέρος».*

Ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού (ΣΔΥ) χαρακτηρίζεται από **διάχυση**, δηλαδή η αλληλεπίδραση με το σύστημα δε γίνεται μέσω ενός σταθμού εργασίας, αλλά η πρόσβαση στη δυνατότητα εκτέλεσης υπολογισμών είναι διάχυτη στο περιβάλλον. Ένα άλλο χαρακτηριστικό ενός ΣΔΥ είναι η **διαφάνεια**, δηλαδή η τεχνολογία είναι αόρατη και ενσωματωμένη στο υπάρχον περιβάλλον δραστηριοποίησης και δεν εισβάλλει στη ζωή του ανθρώπου ανατρέποντας τα μοντέλα εκτέλεσης διαδικασιών του. Ένα τρίτο χαρακτηριστικό είναι η **αποτελεσματική χρήση των έξυπνων χώρων**, όπου με την ενσωμάτωση της υπολογιστικής υποδομής σε ένα φυσικό χώρο, είναι δυνατό να έρθουν κοντά δύο κόσμοι, ο ψηφιακός και ο φυσικός, οι οποίοι δεν είχαν κανένα κοινό σημείο. Η συγχώνευση των δύο αυτών κόσμων, τους δίνει τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται και να ελέγχουν ο ένας τον άλλο. Ένα παράδειγμα αυτού είναι η αυτόματη ρύθμιση της θέρμανσης, της ψύξης και του φωτισμού σε ένα δωμάτιο το οποίο είναι βασισμένο σε ένα ηλεκτρονικό σχεδιάγραμμα.

Ένα τέτοιο σύστημα παρέχει υπηρεσίες στον άνθρωπο οι οποίες χαρακτηρίζονται από τη δυνατότητα πρόσβασης σε τεράστιο πλήθος δεδομένων, την ταχύτητα υλοποίησης, αλλά και τη δυνατότητα προσαρμογής τους στις απαιτήσεις, ιδιότητες, προτιμήσεις και ικανότητες του ανθρώπου και του περιβάλλοντος στο οποίο βρίσκεται κάθε φορά.

Η πολύπλοκη συμπεριφορά ενός Συστήματος Διάχυτου Υπολογισμού είναι συνήθως αποτέλεσμα του μεγάλου αριθμού συστατικών μερών που αλληλεπιδρούν για να παράσχουν μια υπηρεσία (η οποία μπορεί να είναι σχετικά απλή), αλλά και του γεγονότος ότι δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν εξ αρχής όλες οι απαιτήσεις των χρηστών και τα διαφορετικά περιβάλλοντα λειτουργίας του συστήματος ([1], [8], [17]).

3. ΠΕΡΙΡΡΕΟΥΣΑ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

“Στην πραγματικότητα, ο άνθρωπος, με την παρουσία του και μόνο σ’ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης, μετατρέπεται αυτόματα σε χρήστη των Συστημάτων Διάχυτου Υπολογισμού που λειτουργούν στο χώρο που βρίσκεται. Επιδίωξη της Περιρρέουσας Νοημοσύνης είναι να βοηθήσει τον άνθρωπο να γίνει δημιουργός και συνδιαμορφωτής του χώρου στον οποίο δραστηριοποιείται, δίνοντάς του τη δυνατότητα να προσαρμόζει τις υπάρχουσες υπηρεσίες και να συνθέτει νέες, οι οποίες δεν είχαν προβλεφθεί από τους κατασκευαστές του συστήματος, και οι οποίες ταιριάζουν καλύτερα στους σκοπούς του” [8].

Με τον όρο **Περιρρέουσα Νοημοσύνη** (PIN) γίνεται αναφορά σε ένα περιβάλλον στο οποίο οι άνθρωποι χρησιμοποιούν εφαρμογές και υπηρεσίες μέσω εξειδικευμένων διεπαφών,

χωρίς να είναι αντιληπτή η τεχνολογία με την οποία αλληλεπιδρούν και η οποία υπάρχει ως υποδομή.

Ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης είναι ένα υβριδικό περιβάλλον (φυσικό και ψηφιακό), το οποίο απαρτίζεται από ένα μεγάλο αριθμό επικοινωνούντων υλικών, αντικειμένων και εικονικών οντοτήτων. Ένας τέτοιος χώρος παρέχει την υποδομή για την υποστήριξη της σύνθεσης, της εγκατάστασης και της χρήσης των εφαρμογών και υπηρεσιών. Καθώς η υπολογιστική ισχύς διαχέεται στο καθημερινό μας ή εργασιακό μας περιβάλλον, και ο αριθμός των καθημερινών συσκευών που είναι σε θέση για ανίχνευση, επεξεργασία, και επικοινωνία, συνεχώς αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς, νέες απαιτήσεις θέτονται από την ανομοιογένεια των εμπλεκόμενων συσκευών, την πολυπλοκότητα των αλληλεπιδράσεων, καθώς και την ανάγκη για απλά μοντέλα χρήσης. Αν και τα συστατικά στοιχεία μπορούν να έχουν περιορισμένους πόρους, ο τεράστιος αριθμός των αλληλεπιδράσεων δημιουργεί αναδυόμενα φαινόμενα. Έτσι, νέα θέματα προκύπτουν σχετικά με την έρευνα:

- § της πολυπλοκότητας του συστήματος που προκύπτει από τις χιλιάδες των τοπικών αλληλεπιδράσεων και την επίδρασή τους στη σταθερότητα του συστήματος
- § της ανάγκης για ευέλικτη και δυναμική αρχιτεκτονική του συστήματος ικανού να εξελίσσεται και να προσαρμόζεται σε νέες καταστάσεις και διαμορφώσεις
- § του πλαισίου εξάρτησης του λειτουργικού συστήματος
- § της ανθρώπινης συμμετοχής, η οποία απαιτεί νέες, πιο φυσικές αλληλεπιδράσεις, μεταξύ ανθρώπου και μηχανής.

Η μελέτη της ανάδυσης αυτών των φαινομένων ως μόνιμη ιδιότητα των περιβαλλόντων Περιρρέουσας Νοημοσύνης, καθώς η πολυπλοκότητα των συστημάτων αυτών των περιβαλλόντων αυξάνεται, είναι υψίστης σημασίας, εάν κάποιος θέλει να είναι σε θέση να ρυθμίζει τη συμπεριφορά τους. Ο πολλαπλασιασμός των ενσωματωμένων ηλεκτρονικών υπολογιστών (πχ. σε κινητά τηλέφωνα, κυκλώματα τηλεόρασης, PDAs, έξυπνες συσκευές, κλπ.) και η τεράστια αύξηση του διαθέσιμου εύρους των δικτύων θα οδηγήσει στην ανάπτυξη μεγάλων υπολογιστικών πλατφόρμων (πχ. “global computers”) ικανών να υποστηρίζουν πολύπλοκες εφαρμογές. Η Τεχνητή Νοημοσύνη (AI- Artificial Intelligence) μπορεί να αποδειχτεί ο αποφασιστικός παράγοντας επιτυχίας, εισάγοντας τεχνικές που μας βοηθούν να διεκπεραιώσουμε ζητήματα έρευνας σε όλα τα επίπεδα, συμπεριλαμβάνοντας υπολογιστικά μοντέλα βιολογικής έμπνευσης, υπηρεσίες με στόχο τους τελικούς χρήστες, καθώς και υπηρεσίες μηχανής προς μηχανή, δυναμική σύνθεση και προσαρμοστικότητα, αυτονομία και σημασιολογική διαλειτουργικότητα [5].

Στην ορολογία της μηχανικής, ένα ενσωματωμένο σύστημα είναι οποιοδήποτε σύστημα ή καθημερινό αντικείμενο το οποίο έχει ενσωματωμένη επεξεργαστική ισχύ για σκοπούς άλλους από αυτούς των επεξεργαστών γενικού σκοπού. Τα Ubiquitous και Pervasive υπολογιστικά συστήματα μπορούν να καταταχθούν στα ενσωματωμένα συστήματα (embedded systems), με τους φορέσιμους υπολογιστές να είναι ένα εξειδικευμένο θέμα (των embedded systems) όπου το «αντικείμενο» στο οποίο ενσωματώνονται είναι ο χρήστης.

Σε ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης τα πληροφοριακά συστήματα θα είναι **πανταχού παρόντα (ubiquitous)** και ταυτόχρονα **μη ορατά (pervasive)**, ενώ κοινές συσκευές θα μπορούν να έχουν δυνατότητες υπολογιστικές και επικοινωνίας και οι άνθρωποι θα είναι σε θέση να απολαμβάνουν υπηρεσίες οποιαδήποτε στιγμή χωρίς να γίνεται αντιληπτή η χρήση υπολογιστών. Οι συσκευές αποκτούν τη δυνατότητα να αντιλαμβάνονται τις αλλαγές στο περιβάλλον να προσαρμόζονται σε αυτές και οι άνθρωποι να αλληλεπιδρούν μαζί τους με φυσικότητα σ' ένα ενισχυμένο περιβάλλον χωρίς εμφανείς υπολογιστές.

Ο Mark Weiser, περιέγραψε έναν κόσμο στον οποίο «κάθε άτομο θα είχε στη διάθεσή του χιλιάδες διάσπαρτους επικοινωνούντες υπολογιστές». Επισήμανε ότι «η υπολογιστική ισχύς θα αφομοιωνόταν στο υπόβαθρο, μένοντας κρυμμένη από τις αισθήσεις και την προσοχή των ανθρώπων» [8].

Τέτοιες εφαρμογές είναι το **GPS** (Global Positioning System) και το **RFID (Radio Frequency Identification)**. Οι RFID εφαρμογές έχουν εισαγάγει καινοτομίες όπου οτιδήποτε θα μπορούσε να συνδεθεί στο δίκτυο με το φέρει απλά μια ετικέτα (tag) και μάλιστα από οπουδήποτε και οποτεδήποτε.

Η έκθεση της επιτροπής ISTAG (Information Society Technologies Advisory Group) της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (ΕΕ) (ISTAG, 2001), περιγράφει πως, «ο δρόμος προς την επίτευξη του οράματος της **Περιρρέουσας Νοημοσύνης (PIN)** απαιτεί τη σύνθεση καινοτόμων ερευνητικών αποτελεσμάτων και την εξέλιξη μιας σειράς τεχνολογιών, όπως [8] :

- § "διακριτικό", σχεδόν αόρατο υλικό υπολογιστών
- § μια "αφανή" ασύρματη υποδομή που διασφαλίζει τη συνέχεια των επικοινωνιών, σταθερών και κινητών
- § δυναμικά και ισχυρά καταναεμημένα δίκτυα υπολογιστών και συσκευών
- § φυσικές (δηλαδή, κοντά στον ανθρώπινο τρόπο διάδρασης) διεπαφές χρήσης
- § αλληλοεξάρτηση των τεχνολογιών και ασφάλεια»

Η επιτροπή στην έκθεσή της αναφέρει ότι:

“η έννοια της **περιρρέουσας νοημοσύνης (PIN)** αναφέρεται στο όραμα της εξέλιξης της κοινωνίας της γνώσης: οι άνθρωποι περιβάλλονται από φυσικές ευφυείς διεπαφές χρήσης (intelligent

intuitive interfaces), που είναι ενσωματωμένες σε όλα τα καθημερινά αντικείμενα. Το περιβάλλον ΠΝ είναι σε θέση να αναγνωρίζει την παρουσία κάθε ανθρώπου, και να προσαρμόζεται σ' αυτήν. Και το πιο σημαντικό είναι ότι οι άνθρωποι δε συνειδητοποιούν ότι βρίσκονται σε ένα υπολογιστικό περιβάλλον - η ΠΝ είναι συνήθως 'αόρατη'. Η έμφαση δηλαδή είναι στην ευκολία χρήσης, και στην υποστήριξη και ενδυνάμωση της αλληλεπίδρασης των ανθρώπων με το περιβάλλον" (ISTAG, 2001) [8].

Μέχρι τώρα μόνο ο υπολογιστής έχει αποκτήσει ευρεία διάδοση ως προϊόν της επανάστασης της πληροφορικής, αλλά η ενσωμάτωση υπολογιστικής ισχύος σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης οδηγεί στη σχεδίαση και δημιουργία "έξυπνων τεχνουργημάτων" (smart artifacts), τα οποία μπορεί να αποτελούν "βελτιωμένα" καθημερινά αντικείμενα, ή να είναι εντελώς νέα (π.χ. ψηφιακοί βοηθοί). Αυτά τα τεχνουργήματα, ενσωματώνουν αισθητήρες, μικροσκοπικές πλακέτες με επεξεργαστή και μνήμη και κάρτες ασύρματων δικτύων. Έτσι εκτός από τη φυσική τους υπόσταση αποκτούν και μία ψηφιακή και επιτρέπουν στους ανθρώπους να πραγματοποιούν νέες δραστηριότητες ή παλιές, με νέους πιο αποτελεσματικούς ή πιο ευχάριστους τρόπους. Σε σύγκριση με τα κλασικά αντικείμενα, τα τεχνουργήματα φέρουν δύο νέες δυνατότητες, τη **δυνατότητα σύνθεσης**, σύμφωνα με την οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δομικά στοιχεία μεγαλύτερων και περισσότερο πολύπλοκων συστημάτων και τη **δυνατότητα μετατροπής**, όπου τα τεχνουργήματα έχουν τη δυνατότητα να τροποποιούν τις υπηρεσίες που παρέχουν μέσω του λογισμικού ([1], [8], [17]).

4. ΤΟ ΜΕΣΟΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Όπως αναφέρθηκε, σε ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού οι υπολογιστές και οι εσωτερικοί μηχανισμοί διαχείρισης των πόρων του συστήματος (επεξεργαστές, μνήμη, αισθητήρες, δίκτυο, ισχύς, εφαρμογές, δεδομένα, κλπ) δεν είναι εμφανείς στους χρήστες. Για την εξυπηρέτηση του σκοπού αυτού χρησιμοποιείται το **μεσολογισμικό** (middleware). Εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980, γνώρισε μεγάλη ανάπτυξη και βοηθά μια εφαρμογή να επικοινωνήσει με άλλες εφαρμογές, δίκτυα, υλικό και λειτουργικά συστήματα, ενώ απαλλάσσει τους προγραμματιστές από τη διαχείριση των πολύπλοκων διασυνδέσεων που περιλαμβάνει ένα ΣΔΥ. Τα συστατικά σε ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού είναι ετερογενή, αφού οι συσκευές κατασκευάζονται από διαφορετικές εταιρείες, τα πρωτόκολλα επικοινωνίας συνεχώς εξελίσσονται, τα πρότυπα υπόκεινται σε διαφορετική νομοθεσία ανά περιοχή, οι υπηρεσίες περιγράφονται διαφορετικά και οι χρήστες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Η ετερογένεια στα ΣΔΥ υποστηρίζεται και έτσι αυτά προσαρμόζονται, ενσωματώνουν νέες τεχνολογίες και

μπορούν να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις διαφορετικών χρηστών με διαφορετικές κουλτούρες. [8]

5. ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ

Το μεσολογισμικό συστημάτων διάχυτου υπολογιστού στηρίζεται στην ύπαρξη ασυρμάτων δικτύων. Τα κύρια πλεονεκτήματα των ασύρματων δικτύων είναι ([1], [8]):

- § **Ταχύτητα εγκατάστασης και απλότητα:** για την εγκατάσταση ενός δικτύου σε μία επιχείρηση δεν απαιτείται η διάνοιξη καναλιών μέσα στους τοίχους του κτιρίου για να περάσουν τα απαιτούμενα καλώδια για την ενσύρματη καλωδίωση.
- § **Μειωμένο κόστος συντήρησης:** ενώ η αρχική επένδυση που απαιτείται για την αγορά εξοπλισμού (hardware) ενός ασύρματου τοπικού δικτύου είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη μίας ενσύρματης σύνδεσης, το συνολικό κόστος λειτουργίας μπορεί να είναι σημαντικά χαμηλότερο.
- § **Δυνατότητα επέκτασης:** τα ασύρματα δίκτυα μπορούν να υποστηρίξουν μία μεγάλη ποικιλία από τοπολογίες προκειμένου να ανταποκριθούν στις ανάγκες συγκεκριμένων εφαρμογών.
- § **Δυνατότητα μεταφερσιμότητας του δικτύου:** στην περίπτωση που μία επιχείρηση αποφασίσει να αλλάξει κτιριακές εγκαταστάσεις, τα ασύρματα δίκτυα δεν αυξάνουν το κόστος της μεταφοράς, αφού δε χρειάζεται να γίνει κάποια ιδιαίτερη μελέτη για την εγκατάσταση του νέου δικτύου, τροποποιήσεις στο κτίριο, ούτε καν εξοπλισμός, που δε θα είναι δυνατό να αποσπαστεί από το παλαιό κτίριο.
- § **Ικανότητα δικτύου να έχει μεταβλητή διάταξη:** εδώ μπορούμε να διακρίνουμε δύο περιπτώσεις, την περίπτωση όπου το ασύρματο δίκτυο στηρίζεται, έστω και υποτυπωδώς, σε μία σταθερή δομή και την περίπτωση άνευ περιορισμών τοπολογίας.
- § **Δυνατότητα προσφοράς επικοινωνίας:** ακόμη και σε καταστάσεις όπου είτε δεν υπάρχει τηλεπικοινωνιακή υποδομή (τέτοιες περιπτώσεις είναι οι εξερευνήσεις, οι στρατιωτικές επιχειρήσεις σε μη φιλικό περιβάλλον, κλπ), είτε η υποδομή έχει καταστραφεί μερικώς ή ολικώς (π.χ. περιπτώσεις φωτιάς ή φυσικών καταστροφών που έχουν πλήξει το επικοινωνιακό υπόβαθρο μίας περιοχής, κλπ), είτε δεν είναι φερέγγυα η υποδομή λόγω ελλειπούς συντήρησης ή κακής ποιότητας.

Στην συνέχεια αναφέρονται τα κυριότερα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στις ασύρματες επικοινωνίες, όπως το πρωτόκολλο **802.11a** το οποίο αποτελεί βιομηχανικό πρό-

τυπο από τον Σεπτέμβριο του 1999. Έχει ταχύτητα επικοινωνίας 54Mbps και εμβέλεια 10 έως 50 μέτρα σε εσωτερικούς χώρους και 200 μέτρα σε εξωτερικούς χώρους. Εφαρμόζεται σε περιβάλλοντα όπου μπορεί να υπάρξει μία έστω και υποτυπώδης δομή πάνω στην οποία και θα στηριχθεί το ασύρματο δίκτυο αφού το 802.11a κάνει χρήση σταθερών σημείων τα οποία και αναλαμβάνουν την αναμετάδοση των πακέτων που στέλνει στο δίκτυο ο κάθε κόμβος. Επειδή λειτουργεί σε συχνότητα 5.2 GHz., έχει πλεονέκτημα αφού κανένα άλλο πρωτόκολλο ή συσκευή δεν έχει εκπομπές σε αυτήν τη μάντα συχνοτήτων. Έτσι σε αντίθεση με τα υπόλοιπα πρωτόκολλα δεν υπάρχουν παρεμβολές από λοιπές συσκευές όπως φούρνοι μικροκυμάτων και φορητά τηλεφωνα. Το πρωτόκολλο **802.11b** το οποίο σχεδιάστηκε και δημοσιεύτηκε ταυτόχρονα με το 802.11a το Σεπτέμβριο του 1999. Λειτουργεί με ταχύτητα επικοινωνίας 11Mbps με μέγιστη εμβέλεια σε εσωτερικούς χώρους από 25 έως 75 μέτρα και 500 μέτρα σε εξωτερικούς. Χρησιμοποιεί συχνότητες στην περιοχή από 2.4 έως 2.4835 GHz. Το **Bluetooth (802.15)** αποτελεί μία διαφορετική προσέγγιση στο χώρο των ασύρματων δικτύων. Βασικά σχεδιαστικά χαρακτηριστικά στην υλοποίηση του Bluetooth είναι το χαμηλό κόστος τόσο του εξοπλισμού που απαιτεί όσο και η ευκολία χρησιμοποίησης του σε εφαρμογές. Ακόμα έχει πάρα πολύ μικρή κατανάλωση ισχύος. Τα προβλήματα που παρουσιάζει είναι η πολύ μικρή του εμβέλεια, η οποία περιορίζεται μόλις στα 15 μέτρα και τα μόλις 721Kbps πραγματικής ταχύτητας μετάδοσης πληροφορίας, και τέλος το **WiMAX (802.16)** κάνει χρήση του φάσματος ραδιοσυχνοτήτων στα 3,5 GHz, παρέχει ταχύτητα έως και 70 Mbit/s και έχει εμβέλεια 50 Km με προϋπόθεση την ύπαρξη οπτικής επαφής. Ωστόσο σε πραγματικές συνθήκες αστικού περιβάλλοντος η σύνδεση είναι εφικτή σε αποστάσεις 5 ως 8 Km [8].

6. ΠΕΔΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

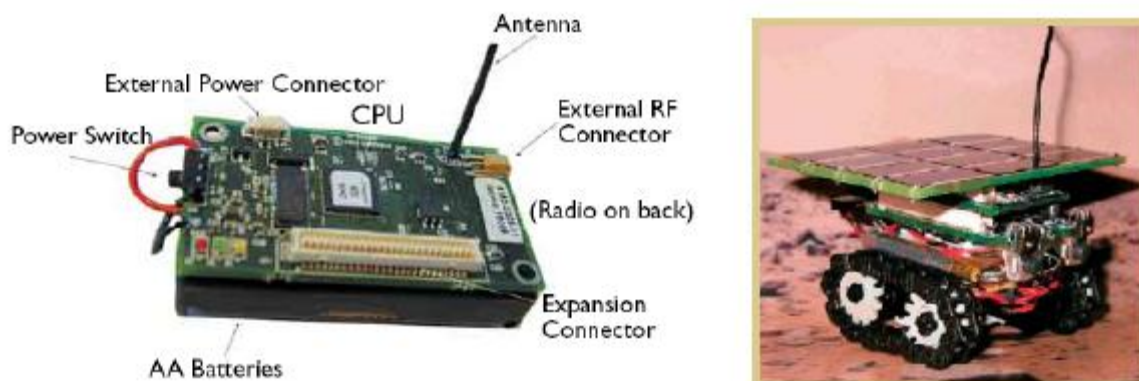
Τρία χαρακτηριστικά πεδία εφαρμογής της έρευνας που διεξάγεται στα Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού είναι η σχεδόν αόρατη "**έξυπνη σκόνη**", οι **πληροφορικές συσκευές** που αντικαθιστούν σταδιακά τα σημερινά αντικείμενα του χώρου γύρω μας, και οι **φορητοί υπολογιστές** που θα μπορούν να ενσωματώνονται στα ρούχα μας.

Η έρευνα και στα τρία πεδία περιστρέφεται γύρω από τα ίδια ζητήματα και αυτό που διαφέρει είναι οι εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν καθώς και οι τελικοί αποδέκτες. Τέτοια ζητήματα είναι η **επίγνωση του περιβάλλοντος**, δηλαδή ο εντοπισμός των αλλαγών που συμβαίνουν σε αυτό, με τη χρήση των κατάλληλων συσκευών, η **διάδοση μηνυμάτων και η επικοινωνία**, η **αλληλεπίδραση και η συνεργασία** όχι μόνο μεταξύ ανθρώπων και συσκευών αλλά και ανάμεσα στις συσκευές, η **ισχύς** που απαιτείται για όλες τις λειτουργίες

με όσο το δυνατόν χαμηλότερη κατανάλωση και η **αξιοπιστία** που μπορεί να έχουν τέτοιες εφαρμογές.

6.1 Έξυπνη Σκόνη

Οι τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις οδηγούν σε υπολογιστικές συσκευές με ιδιαίτερα μικρές διαστάσεις, χαμηλό κόστος αλλά εντυπωσιακές δυνατότητες. Αυτές οι συσκευές, έχουν δυνατότητες υπολογισμού, ασύρματης επικοινωνίας, περιορισμένες πηγές ενέργειας και ενσωματώνουν αισθητήρες για την ανίχνευση μεγάλης ποικιλίας τοπικών συνθηκών (θερμοκρασία, κίνηση, ραδιενέργεια, σεισμική δραστηριότητα, τοξικότητα κτλ.). Οι διαστάσεις τέτοιων συσκευών μειώνονται πλησιάζοντας την κλίμακα του χιλιοστού. Για αυτόν τον λόγο αποκαλούνται **κόκκοι έξυπνης σκόνης** (smart dust). Ένα Σύστημα Διάχυτου Υπολογισμού χαρακτηρίζεται ως έξυπνη σκόνη όταν αποτελείται από πολυάριθμες τέτοιες υπολογιστικές συσκευές, οι οποίες είναι αυτόνομες, μπορούν όμως να αυτό-οργανώνονται και να συνεργάζονται ώστε να αναγνωρίζουν τις αλλαγές του περιβάλλοντος. Σχηματίζουν ένα προσωρινό και αδόμητο επικοινωνιακό δίκτυο, δύσκολα αντιληπτό από κάποιον που δεν το γνωρίζει. Ο κάθε κόκκος σκόνης μπορεί τώρα να αντιληφθεί ένα σημαντικό τοπικό γεγονός τη στιγμή της δημιουργίας του. Αυτός ο κόκκος σκόνης επικοινωνεί με γειτονικούς κόκκους και τους μεταφέρει την πληροφορία πραγματοποίησης του γεγονότος. Ο εντοπισμός γειτονικών κόκκων γίνεται τη στιγμή που χρειάζεται, με τοπική αναζήτηση. Η πληροφορία έτσι διαδίδεται ταχύτατα προς ένα κέντρο ελέγχου. Η έξυπνη σκόνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έγκαιρο εντοπισμό πυρκαγιών ή πλημμυρών, ανίχνευση διαρροής ραδιενέργειας ή τοξικών ουσιών, παρακολούθηση σεισμικής δραστηριότητας σε δυσπρόσιτες για τον άνθρωπο περιοχές, στην υγεία, στην πρόγνωση καιρού ([8], [12]).



Εικόνα 1: Ένα μεγεθυμένο Smart Dust Mote, και η εφαρμογή της ιδέας σ' ένα μινι Ρομποτικό Όχημα [8]

6.2 Πληροφορικές Συσκευές

Οι πληροφορικές συσκευές απαιτούν τεχνολογίες, όπως οθόνες με ευελιξία, γρήγορα και αξιόπιστα δίκτυα και παροχή ισχύος χωρίς διακοπές, αλλά αυτές οι τεχνολογίες δεν έχουν ωριμάσει ακόμα τόσο και επίσης δεν έχουν διαδοθεί όσο χρειάζεται. Ο στόχος των πληροφορικών συσκευών είναι να προσφέρουν λύσεις στον καταναλωτή και να μην αντιμετωπίζονται ως ψηφιακά παιχνίδια. Πρέπει να θεωρούνται ως Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού όπου οι συσκευές ως αντικείμενα αποτελούν τους κόμβους ενός τέτοιου συστήματος, με στόχο ο τελικός χρήστης να δραστηριοποιείται σε αυτό με φυσικό τρόπο, ώστε να μη διαταράσσονται οι ισοροπίες του. Είναι γεγονός πως σήμερα χρησιμοποιούνται ήδη πολλές πληροφορικές συσκευές, χωρίς ίσως να το γνωρίζει ο χρήστης, όπως κατάλογοι διευθύνσεων και ψηφιακά ημερολόγια, ψηφιακοί βοηθοί, συστήματα πλοήγησης στα αυτοκίνητα, ψηφιακές κάμερες και κινητά τηλέφωνα, ψηφιακές ιατρικές συσκευές, πλατφόρμες δικτυακών παιχνιδιών, αλλά και ηλεκτρικές συσκευές, όπως τηλεοράσεις, ψυγεία και φούρνοι. Λίγες από αυτές τις συσκευές έχουν δυνατότητα δικτύωσης και ακόμη πιο λίγες είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον στο οποίο λειτουργούν και να προσαρμόζονται σε αυτό. Η διάδραση με το χρήστη είναι δύσκαμπτη, η προστασία ανύπαρκτη και η αξιοπιστία μικρή. Ο τελικός χρήστης σύντομα θα έχει πολλές επιλογές από ένα σύνολο πληροφορικών συσκευών που θα του προσφέρονται, αφού τα προβλήματα που οφείλονται στην ετερογένεια των συσκευών θα λυθούν ([1], [8]).

6.3 Φορέσιμοι Υπολογιστές

Οι φορέσιμοι υπολογιστές έχουν ως σκοπό να βελτιώσουν την ποιότητα της ζωής των ανθρώπων που τους χρησιμοποιούν. Βοηθούν τους χρήστες να εκτελέσουν κάποια λειτουργία, τους διευκολύνουν στην εύρεση κάποιων δεδομένων, τα οποία τους είναι χρήσιμα ανά πάσα στιγμή, χωρίς απαραίτητα να γίνονται ενοχλητικοί και να δυσχεραίνουν τις κινήσεις τους ή να τους διακόπτουν συνεχώς μόνο και μόνο για να τους ενημερώσουν για κάποιο γεγονός (π.χ. ότι έχουν λάβει ένα καινούριο e-mail). Σκοπός των φορέσιμων υπολογιστών είναι να δρουν για το χρήστη, κάνοντας τη ζωή του ευκολότερη. Οι φορέσιμοι υπολογιστές βρίσκονται πάντα «πάνω» στο χρήστη, είτε με τη μορφή κάποιου ενδύματος είτε με τη μορφή κάποιου αξεσουάρ. Οι φορέσιμοι υπολογιστές πρέπει να είναι εύκολα μεταφερόμενοι, να είναι διακριτικοί και κατά κάποιο τρόπο, πρέπει να θεωρούνται από το χρήστη επέκταση του σώματός του. Επιπλέον, πρέπει να είναι συμβατοί με όλα τα αισθητικά χαρακτηριστικά των ανθρώπων ώστε να μην περιορίζονται οι χρήστες αλλά να μπορούν να τους χρησιμοποιούν με άνεση. Συνεπώς, πρέπει να είναι σχεδιασμένοι με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιούνται από όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μερίδιο του πληθυσμού. Το στοιχείο που κάνει

τους φορέσιμους υπολογιστές να ξεχωρίζουν από άλλες συσκευές που χρησιμοποιούνται καθημερινά από τους ανθρώπους, όπως είναι τα κινητά τηλέφωνα, τα walkman, τα iPod και άλλα, είναι ότι οι φορέσιμοι υπολογιστές ενεργούν χωρίς να απαιτείται η προσοχή του χρήστη. Είναι ενήμεροι για το περιβάλλον μέσα στο οποίο δρουν και έτσι παρέχουν τις απαραίτητες για το χρήστη πληροφορίες. Ο φορετός υπολογιστής είναι πάντα διαθέσιμος. Πολύ σημαντικές είναι οι εφαρμογές σε άτομα με ειδικές ανάγκες, όπως για παράδειγμα η καθοδήγηση ατόμων με προβλήματα όρασης, καθώς και η συνεχής ιατρική παρακολούθηση από απόσταση ([1], [8]).

7. ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΙΤΥΧΙΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΔΙΑΧΥΤΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ

Ο τελικός χρήστης είναι αυτός που καθορίζει την επιτυχία και το ρόλο μιας τεχνολογικής εξέλιξης. Οι παράγοντες που επιδρούν στη διάδοση της ΠΝ στον τελικό χρήστη είναι τρεις ([1], [8], [17]): το πρόβλημα της **διάδρασης του χρήστη με το σύστημα**, το πρόβλημα της **αξιοπιστίας των συστημάτων** και το πρόβλημα της **ασφάλειας - προστασίας των προσωπικών δεδομένων** των χρηστών.

7.1 Διάδραση με Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού

Σύμφωνα με το όραμα της περιρρέουσας νοημοσύνης, ο άνθρωπος περιστοιχίζεται από έξυπνες και φιλικές διεπαφές μέσω των οποίων αλληλεπιδρά με συστήματα διάχυτου υπολογισμού. Σημαντικό είναι να μη διαταράσσονται τα ήδη διαμορφωμένα μοντέλα δραστηριοτήτων των χρηστών. Σ' ένα περιβάλλον περιρρέουσας νοημοσύνης ο άνθρωπος αναπτύσσει δραστηριότητες με σκοπό να εξυπηρετηθεί καλύτερα και γι' αυτό χρησιμοποιεί ειδικά εργαλεία των οποίων όμως πρέπει να μπορεί να αντιληφθεί τη λειτουργία. Τα εργαλεία αυτά δημιουργούνται συνδυάζοντας τη μορφή ενός τηλεχειριστήριου και τις δυνατότητες ενός έξυπνου ψηφιακού βοηθού ενώ η εκμάθηση και χρήση τους πρέπει να είναι απλή και γρήγορη. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον ο άνθρωπος πρέπει να αισθάνεται άνετα, να αλληλεπιδρά με τα αντικείμενα του χώρου με φυσικότητα και οι υπολογιστικές δυνατότητες των αντικειμένων να είναι «αόρατες» στο χώρο.

7.2 Αξιοπιστία Συστημάτων Διάχυτου Υπολογισμού

Καθώς οι άνθρωποι παραχωρούν ένα αυξανόμενο αριθμό "αρμοδιοτήτων" στο περιβάλλον ΠΝ, η αξιοπιστία των συστημάτων διάχυτου υπολογισμού γίνεται καθοριστικός παράγοντας για την αποδοχή τους.

Η αξιοπιστία ενός ΣΔΥ καθορίζεται από παράγοντες όπως η **παροχή ισχύος και η συνεχής λειτουργία**, η **αυτόνομη λειτουργία χωρίς απότομες διακοπές**, η **συνεχής πρόσ-**

βαση σε δίκτυο και δεδομένα και η ταυτοποίηση. Τα τεχνουργήματα πρέπει να είναι σε θέση να μεταβιβάζουν τις υπηρεσίες τους σε κάποια άλλη συσκευή όταν τελειώνει η ενέργειά τους, να λειτουργούν χωρίς την ανάγκη άλλων τεχνουργημάτων αλλά σε περίπτωση προβλήματος να μεταφέρονται οι σημαντικές υπηρεσίες τους και να επικοινωνούν αδιάκοπα για να μην καταρεύσει το Σύστημα Διάχυτου υπολογισμού. Απαραίτητο είναι βέβαια να αναγνωρίζεται ο χρήστης γρήγορα και με ακρίβεια και να του αποδίδονται τα δικαιώματα χρήσης στο Σύστημα Διάχυτου υπολογισμού που κατέχει.

7.3 Ασφάλεια - Προστασία Προσωπικών Δεδομένων

Η προστασία των προσωπικών δεδομένων είναι ένα ζήτημα που προϋπήρχε αλλά με την ανάπτυξη των τεχνολογιών επικοινωνίας και των υπολογιστών το πρόβλημα διογκώθηκε.

Παρατηρώντας οτιδήποτε κάνει ένας χρήστης, τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να διαρρεύσουν διάφορες πληροφορίες που αφορούν το χρήστη, όπως είναι οι ενέργειές του, οι προτιμήσεις του και οι τοποθεσίες που επισκέπτεται, σε άλλους άγνωστους προς αυτόν.

Τα ΣΔΥ δεν θα χρησιμοποιηθούν μόνο από ενδοεταιρικά LANs όπου υπάρχουν ενισχυμένα μέτρα ασφαλείας, αλλά επίσης από ISP (Internet Service Provider) συνδέσεις για οικιακή-ατομική χρήση, σε "always-on" PCs, από ασύρματα LANs (Local Area Networks) εμπορικών κέντρων, για ενημέρωση μέσω διαδικτύου και για δορυφορικές συνδέσεις του διαδικτύου. Επιπλέον όπως είναι γνωστό τα δίκτυα συνεχούς πρόσβασης παρουσιάζουν μεγάλο κίνδυνο ακαριαίας εξάπλωσης ιών. Τα ΣΔΥ αναπόφευκτα θα κληρονομήσουν αυτό το απειλητικό χαρακτηριστικό όσο οι always-on συνδέσεις είναι απαραίτητες. Η απόκτηση των δεδομένων μπορεί να γίνει χωρίς να υποψιαστεί τίποτε ο κάτοχός του, ο οποίος δεν έχει κανένα τρόπο να ελέγξει την "ακτίνα" διάδοσης των δεδομένων του, ή τους τρόπους επεξεργασίας. Η διάδοση της ΠΝ θα επιδεινώσει ακόμη περισσότερο την κατάσταση, καθώς οι αισθητήρες των ΣΔΥ θα καταγράφουν πληροφορίες για τους ανθρώπους που δραστηριοποιούνται σε περιβάλλοντα ΠΝ. Είναι πολύ δύσκολο να παρακολουθήσουμε και να ανακαλύψουμε τις απειλές που υπάρχουν και οι δρόμοι για πιθανά ρήγματα στην ασφάλεια είναι πολλοί. Για να καλυφθούν αυτά τα κενά πρέπει να δημιουργηθεί μια λογική γκάμα ελέγχων η οποία θα εξασφαλίζει την ομαλή λειτουργία των συστημάτων και πρέπει να ξεπεράστουν πολλά τεχνολογικά και διαχειριστικά εμπόδια. Στη πραγματικότητα οι πρώτοι χρήστες των ΣΔΥ θα τροφοδοτήσουν την διαδικασία ωρίμανσης και θα οδηγήσουν στην εγκαθίδρυση αυτών των συστημάτων ασφαλείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο υπάρχουν συσκευές που μπορούν να ενισχύσουν ένα περιβάλλον και να αντιλαμβάνονται τις αλλαγές που συμβαίνουν σε αυτό και μάλιστα με τέτοιο τρόπο ώστε οι άνθρωποι να μην αντιλαμβάνονται τη χρήση υπολογιστών και να αλληλεπιδρούν μαζί τους με φυσικότητα. Εφαρμογές τέτοιου είδους είναι και τα RFID με δυνατότητες σύνδεσης στο Internet οποιασδήποτε οντότητας, σε οποιοδήποτε μέρος και ανεξάρτητα από τη χρονική στιγμή. Τι είναι όμως η τεχνολογία RFID;

Η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification, RFID) είναι μια τεχνολογία που καθιστά δυνατή την αυτόματη αναγνώριση και καταγραφή δεδομένων. Το κύριο χαρακτηριστικό της τεχνολογίας αυτής είναι ότι επιτρέπει την προσάρτηση ενός αποκλειστικού αναγνωριστικού στοιχείου και άλλων πληροφοριών σε οποιοδήποτε αντικείμενο, ζώο ή και πρόσωπο και στη συνέχεια την ανάγνωση των πληροφοριών αυτών μέσω ασύρματης διάταξης. Θεωρείται ως πύλη εισόδου σε μια νέα φάση ανάπτυξης της κοινωνίας της πληροφορίας, που συχνά αναφέρεται ως «το internet των πραγμάτων», όπου το Διαδίκτυο δεν συνδέει μόνο υπολογιστές και τερματικά επικοινωνιών, αλλά δυναμικά οποιοδήποτε από τα καθημερινά αντικείμενα που μας περιβάλλουν - είτε πρόκειται για ρούχα, καταναλωτικά αγαθά κλπ. Τα συστήματα RFID είναι σε θέση να υλοποιήσουν εφαρμογές σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής, απλοποιώντας διαδικασίες και λύνοντας προβλήματα που παρουσιάζονται συνεχώς. Η τεχνολογία RFID παρουσιάζει αυξανόμενη χρήση σε τομείς όπως η παιδεία, η υγεία, το εμπόριο, οι μεταφορές, η ασφάλεια και άλλα. Η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων είναι σημαντική από άποψη πολιτικής, εξαιτίας του δυναμικού της, ώστε να αποβεί κινητήρια δύναμη ανάπτυξης και απασχόλησης, εφόσον καταστεί δυνατό να υπερνικηθούν οι υφιστάμενοι φραγμοί στην καινοτομία. Η ευρύτερη χρήση της τεχνολογίας προϋποθέτει ότι η υλοποίηση της θα πραγματοποιηθεί σε νομικό πλαίσιο που θα παρέχει στους πολίτες αποτελεσματικές διασφαλίσεις όσον αφορά την τήρηση των θεμελιωδών δικαιωμάτων, την υγεία, την προστασία των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής ([2], [9]).

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η έννοια του RFID δεν είναι καινούρια, ξεκινά λίγο μετά τον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο σαν μέθοδος αναγνώρισης και διαφοροποιείται σε πολλές μορφές, βρίσκοντας εφαρμογές σε στρατιωτικούς, βιομηχανικούς και εμπορικούς τομείς.

Κατά την διάρκεια του του Β' Παγκοσμίου πολέμου Γερμανοί, Ιάπωνες, Αμερικανοί και σύμμαχοι χρησιμοποιούσαν το ραντάρ για να ενημερώνονται για την προσέγγιση των αεροπλάνων. Οι Γερμανοί πρώτοι παρατήρησαν ότι το ραδιοσήμα άλλαζε, όταν οι πιλότοι τους έκαναν μανούβρες καθώς προσέγγιζαν στη βάση. Αυτή την παρατήρηση χρησιμοποίησαν για να αναγνωρίζουν τα δικά τους αεροπλάνα. Αυτό ήταν ουσιαστικά το πρώτο παθητικό σύστημα RFID. Κατά τις δεκαετίες του 1960 και 1970 σημειώθηκε αυξημένο ενδιαφέρον για τα RFID από την επιστημονική ερευνητική κοινότητα. Το 1975 οι Koelle, Depp και Freyman εισήγαγαν την διαμόρφωση επανασκέδασης (backscatter modulation) στις ετικέτες RFID, τεχνική που χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των σημερινών RFID ετικετών.

Η πρώτη εμπορική εφαρμογή αναπτύχθηκε στα τέλη του 1960, όμως η εμπορευματοποίηση ενισχύθηκε τις δεκαετίες 1980 και 1990 με ποικίλο ενδιαφέρον σε όλο τον κόσμο. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Προτύπων (ISO) και η Διεθνής Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) ανέπτυξαν πρότυπα για διάφορους τομείς. Η δημιουργία ενός παγκόσμιου προτύπου για τον προσδιορισμό προϊόντων ανατέθηκε στο Auto-ID Center του πανεπιστημίου MIT και ονομάστηκε Electronic Product Code (EPC). Σταθμός στην τεχνολογία RFID ήταν το 1999, όταν οι Uniform Code Council, EAN International, Procter & Gamble και Gillette χρηματοδότησαν το Κέντρο Αυτόματης Αναγνώρισης (Auto ID Center) στο MIT με σκοπό την δραματική μείωση του κόστους εφαρμογής της τεχνολογίας, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την Βιομηχανία και το Εμπόριο. Αργά αλλά σταδιακά οι πιλοτικές εφαρμογές αυξάνονταν για να φθάσουμε τελικά στο 2003, όταν η αλυσίδα supermarket Wal-Mart ανακοίνωνε την απαίτηση προς τους προμηθευτές της να ενσωματώσουν το συντομότερο στα προϊόντα τους RFID ετικέτες, προκειμένου να διευκολύνουν τις διαδικασίες παραλαβής και ελέγχου στα logistics της.

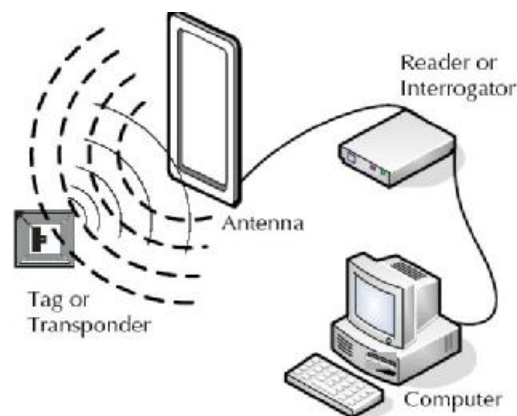
Τα τελευταία χρόνια, η τεχνολογία εμφανίζει ραγδαία ανάπτυξη με ταυτόχρονη μείωση του κόστους εξοπλισμού. Παράλληλα έχουν θεσπιστεί διεθνή πρότυπα και κανονισμοί, ώστε να εξασφαλίζεται η διαλειτουργικότητα του εξοπλισμού (αναγνώστες, ετικέτες κ.τ.λ.) και κατ' επέκταση η προστασία και βιωσιμότητα των επενδύσεων στη συγκεκριμένη τεχνολογία. ([15], [9]), [10]), [11], [16]).

3. Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID

Το **RFID** είναι τα αρχικά του όρου **Radio Frequency Identification** που η μετάφραση του όρου στα ελληνικά είναι «ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων». Η τεχνολογία ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων επιτρέπει την **ασύρματη και αυτόματη αναγνώριση ον-**

τοτήτων με τη χρησιμοποίηση συσκευών που ονομάζονται **ετικέτες** (tags ή transponders) και **αναγνώστες** (readers ή interrogators). Στηρίζεται στη χρήση ραδιοκυμάτων και επιτρέπει την αυτόματη αναγνώριση κατά κύριο λόγο αντικειμένων, ζώων αλλά και ανθρώπων, τα οποία φέρουν RFID tags (ετικέτες 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.

Ένα σύστημα RFID περιλαμβάνει τρία βασικά στοιχεία, την **ετικέτα** (tag), η οποία αναφέρεται και ως πομποδέκτης (transponder), τον **αναγνώστη** (reader), ο οποίος αποτελείται από την κεραία (antenna) και τη μονάδα ελέγχου (control unit) και το **ενδιάμεσο λογισμικό** (middleware), το οποίο λειτουργεί ως «γέφυρα» επικοινωνίας μεταξύ του αναγνώστη και του πληροφοριακού συστήματος. 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 "περάσουν" σε υπολογιστές για περαιτέρω χρήση.



Εικόνα 1 - Σύστημα RFID [9]

Επίσης τα συστήματα RFID (εικόνα 1) μπορούν να διακρίνουν πολλές διαφορετικές ετικέτες που βρίσκονται στην ίδια περιοχή χωρίς ανθρώπινη βοήθεια. Αυτά, καθώς και άλλα πλεονεκτήματα, καθιστούν την τεχνολογία RFID ικανή να υλοποιήσει υπάρχουσες και καινούριες εφαρμογές με ιδιαίτερη επιτυχία.

Το RFID μας δίνει τη δυνατότητα αυτόματης και μαζικής ανάγνωσης των πληροφοριών των ειδών μας βγάζοντας τον ανθρώπινο παράγοντα εκτός των διαδικασιών αναγνώρισης τους ([9], [11], [13]).

3.1 ΕΤΙΚΕΤΕΣ (TAGS)

Η ετικέτα RFID είναι μία συσκευή, μικρών διαστάσεων, που εφαρμόζεται ή ενσωματώνεται σε οντότητες όπως προϊόντα, ζώα, αλλά και ανθρώπους με σκοπό την αναγνώριση-ταυτοποίησή τους μέσω της χρήσης ραδιοκυμάτων.

Μία **ετικέτα** RFID αποτελείται από τουλάχιστον **δύο κυρίως μέρη**. Καταρχήν, ένα **ολοκληρωμένο κύκλωμα** υπεύθυνο για την αποθήκευση και επεξεργασία πληροφορίας, τη διαμόρφωση και αποδιαμόρφωση σημάτων, καθώς και για άλλες ειδικές λειτουργίες. Το δεύτερο στοιχείο της ετικέτας είναι μία **κεραία**, απαραίτητη για την εκπομπή και λήψη σημάτων. Συνήθως τα δύο αυτά μέρη, που συνιστούν την ετικέτα RFID, προστατεύονται από κάποιου είδους περίβλημα, το οποίο διατηρεί την ακεραιότητα της ετικέτας. Το περίβλημα μπορεί να είναι ένα μικρό γυάλινο φιαλίδιο ή ένα υπόστρωμα πλαστικής μεμβράνης, που προστατεύει το ολοκληρωμένο κύκλωμα και την κεραία από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες ή χημικές ουσίες που θα μπορούσαν να προκαλέσουν βλάβη σ' αυτά. Η αρχική κωδικοποίηση των tags περιλαμβάνει την αποθήκευση του είδους και του σειριακού αριθμού του προϊόντος (δηλ. ουσιαστικά την ταυτότητά του). Αυτό γίνεται μαζικά μέσω ειδικών εκτυπωτών/κωδικοποιητών RFID, με λειτουργίες αντίστοιχες των συνηθισμένων εκτυπωτών για ετικέτες bar-code. Στη συνέχεια, και σε όλο τον κύκλο ζωής του προϊόντος, νέες πληροφορίες μπορούν να εισάγονται (εφόσον παρέχεται τέτοια δυνατότητα) στα tags. Το είδος των δεδομένων που μπορούν να αποθηκευτούν είναι ανεξάντλητο και προσδιορίζεται από τις ανάγκες της επιχείρησης. Για παράδειγμα, στην περίπτωση ενός καταναλωτικού προϊόντος μπορεί να αποθηκεύεται η ημερομηνία και ώρα παραγωγής του (ή λήξης του για ευπαθή προϊόντα), η συγκεκριμένη γραμμή που το παρήγαγε, η θέση αποθήκευσής του, η επιχείρηση στην οποία πρέπει να αποσταλεί, η ημερομηνία και ώρα μεταφοράς/άφιξης στο κατάστημα λιανικής κ.ά. Οι ετικέτες RFID μπορεί να είναι αναγνώσιμες και σε δυσμενείς συνθήκες, όπως χαμηλές θερμοκρασίες, ενώ είναι δύσκολο να αλλοιωθούν ή να φθαρούν όπως μπορεί να συμβεί στις ετικέτες barcode ([9], [13], [16]).

Οι ετικέτες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την αρχή λειτουργίας τους: **παθητικές**, **ημιπαθητικές** και **ενεργές**. Επίσης ανάλογα με τη δυνατότητα επανεγγραφής τους κατηγοριοποιούνται σε **αναγνώσιμες**, **μίας εγγραφής-πολλών αναγνώσεων** και **επανεγγράψιμες**.

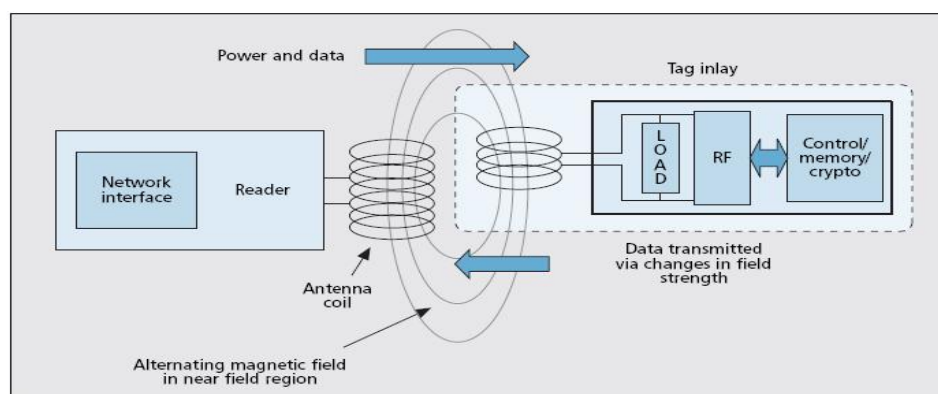
3.1.1 Παθητικές Ετικέτες (Passive Tags)

Οι παθητικές ετικέτες δεν έχουν μπαταρία και τροφοδοτούνται από τον αναγνώστη, ο οποίος εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα που δημιουργούν πεδίο στην κεραία της ετικέτας. Για την μετάδοση πληροφορίας προς τον αναγνώστη χρησιμοποιούν **επανασκέδαση**

(backscattering), δηλαδή ανάκλαση κυμάτων πίσω προς τον αναγνώστη, αφού δεν διαθέτουν πομπό. Με αυτές τις προδιαγραφές οι παθητικές ετικέτες αποτελούν τη λιγότερο περίπλοκη και ως εκ τούτου τη φθηνότερη κατασκευή. Χωρίς να χρειάζονται εσωτερική τροφοδοσία (μπαταρία) ή συντήρηση έχουν ανεξάντλητη διάρκεια ζωής, γεγονός που τις καθιστά συμφέρουσα επιλογή για τις εφαρμογές όπου χρησιμοποιούνται. Έχουν επίσης το πλεονέκτημα ότι είναι αρκετά μικρές για να εφαρμοστούν σε πρακτικές αυτοκόλλητες ταινίες. Το μειονέκτημα που προκύπτει για τις παθητικές ετικέτες έγκειται στο γεγονός ότι για να λειτουργήσουν είναι απαραίτητη η παρουσία του αναγνώστη σε αρκετά κοντινή απόσταση ούτως ώστε να είναι δυνατή η κατάλληλη φόρτισή τους. Επίσης, η ακτίνα επικοινωνίας ετικέτας-αναγνώστη περιορίζεται από την μικρή ποσότητα ενέργειας που μπορεί να σταλεί από την ετικέτα ώστε αυτή να ανταποκριθεί αξιόπιστα προς τον αναγνώστη. Ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη συχνότητα και την εκπεμπόμενη ενέργεια του αναγνώστη, η ακτίνα δράσης του πομποδέκτη κυμαίνεται από μερικά εκατοστά μέχρι μερικά μέτρα ([15], [6], [9]).

Οι παθητικές ετικέτες (tags) χρησιμοποιούν δύο διαφορετικές τεχνικές σύζευξης, του **κοντινού** και **μακρινού** πεδίου.

Στην πρώτη περίπτωση (σύζευξη κοντινού πεδίου), η σύζευξη μεταξύ του αναγνώστη (reader) και του πομποδέκτη-ετικέτα (tag) βασίζεται στη μαγνητική επαγωγή (εικόνα 2). Ρεύμα που ρέει στο πηνίο του αναγνώστη προκαλεί μαγνητικό πεδίο γύρω του και αυτό δημιουργεί ένα μικρό ρεύμα στο πηνίο του πομποδέκτη που βρίσκεται μέσα στο πεδίο. Το ρεύμα αυτό έχει ως αποτέλεσμα την φόρτιση ενός πυκνωτή ο οποίος μέσω μιας διόδου διέλευσης ενεργοποιεί το ολοκληρωμένο κύκλωμα της ετικέτας. Μόλις το ολοκληρωμένο κύκλωμα της ετικέτας ενεργοποιηθεί, τροφοδοτεί το πηνίο της ετικέτας με ψηφιακούς παλμούς (που αντιστοιχούν στον αποθηκευμένο κωδικό που φέρει η κάθε ετικέτα), με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός μεταβαλλόμενου μαγνητικού πεδίου στο πηνίο της ετικέτας.



Εικόνα 2 - Επικοινωνία κοντινού-πεδίου που χρησιμοποιεί την επαγωγική σύζευξη [9]

Αυτές οι μεταβολές του μαγνητικού πεδίου που παράγει η ετικέτα, αλληλεπιδρούν με το μαγνητικό πεδίο που συνεχίζει να παράγει ο αναγνώστης με αποτέλεσμα τη μεταβολή της τασης του πηνίου του αναγνώστη. Η μεταβολή αυτή είναι ακριβώς η ίδια ψηφιακή ακολουθία που έχει παράγει η ετικέτα. Κατά αυτόν τον τρόπο έχουμε τη μεταφορά των δεδομένων που είναι αποθηκευμένα στο ολοκληρωμένο κύκλωμα της ετικέτας, στον αναγνώστη.

Καθώς οι εφαρμογές απαιτούν όλο και περισσότερα bits ταυτοποίησης και διάκρισης πολλών ετικετών που τοποθετούνται στην ίδια περιοχή και σε σταθερό χρονικό διάστημα, κάθε πομποδέκτης πρέπει να στέλνει τα δεδομένα με υψηλότερο ρυθμό μετάδοσης και γι' αυτό απαιτείται υψηλότερη συχνότητα λειτουργίας. Το μειονέκτημα αυτό οδήγησε σε νέα σχέδια παθητικών συστημάτων RFID, βασισμένα στην επικοινωνία μακρινού πεδίου ([9], [13]).

Στη σύζευξη μακρινού πεδίου, η τεχνική που χρησιμοποιείται για τη μετάδοση δεδομένων από πομποδέκτες του μακρινού πεδίου είναι η backscattering.

Η εμβέλεια ενός συστήματος μακρινού πεδίου περιορίζεται από τη ποσότητα της ενέργειας η οποία φτάνει στον αναγνώστη από την ετικέτα και την ευαισθησία του ραδιοδέκτη του αναγνώστη στην ενέργεια αυτή. Το σήμα που φτάνει στο δέκτη του αναγνώστη είναι πολύ μικρό γιατί υφίσταται δύο εξασθενίσεις. Η πρώτη συμβαίνει καθώς τα ηλεκρομαγνητικά κύματα διαδίδονται από τον αναγνώστη προς την ετικέτα και η δεύτερη όταν τα ανακλώμενα κύματα από την ετικέτα διαδίδονται προς τον αναγνώστη.

Λόγω της μεγάλης εξέλιξης στην κατασκευή ημιαγωγών και τρανζίστορ, οι διαστάσεις των οποίων συνεχώς συρρικνώνονται, η ισχύς που απαιτείται για τη τροφοδότηση της ετικέτας σε μια δεδομένη συχνότητα συνεχώς μειώνεται. Έτσι με τους σύγχρονους ημιαγωγούς μπορούμε να σχεδιάζουμε ετικέτες που να διαβάζονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις απ' ό,τι πριν μερικά χρόνια. Επιπλέον έχουν κατασκευαστεί φτηνοί ραδιοδέκτες με μεγάλη ευαισθησία ([9], [13]).

3.1.2 Ημιπαθητικές Ετικέτες (Semi-Passive Tags)

Οι ημιπαθητικές ετικέτες σε αντίθεση με τις παθητικές έχουν δική τους πηγή ενέργειας αλλά όχι πομπό και επίσης χρησιμοποιούν τεχνική backscattering. Έχοντας λοιπόν τη δική τους μπαταρία είναι πιο αξιόπιστες και έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια ανάγνωσης απ' ό,τι οι παθητικές ετικέτες. Όμως έχουν μικρότερη διάρκεια λειτουργίας λόγω της μπαταρίας, είναι πιο εύθραστες και σε σημαντικό βαθμό πιο ακριβές [9].

3.1.3 Ενεργές Ετικέτες (Active Tags)

Οι ενεργές ετικέτες διαθέτουν πομπό ραδιοσυχνοτήτων και χρειάζονται κάποια πηγή τροφοδοσίας για τη λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος και την επικοινωνία με τον

αναγνώστη. Έτσι είναι συνδεδεμένες με κάποια υποδομή που τις τροφοδοτεί ή διαθέτουν μια εσωτερικά ενσωματωμένη μπαταρία. Στην δεύτερη περίπτωση που είναι και η πιο συνηθισμένη, η διάρκεια ζωής της ετικέτας είναι περιορισμένη από την αποθηκευμένη ενέργεια της μπαταρίας αλλά επίσης εξαρτάται από τις λειτουργίες ανάγνωσης στις οποίες υποβάλλεται. Η εμβέλεια ανάγνωσης είναι αυξημένη, η αξιοπιστία τους βελτιώνεται σημαντικά ενώ οι αναγνώστες είναι ικανοί να διαβάσουν μεγάλο αριθμό ενεργών ετικετών σε μικρό χρονικό διάστημα. Επίσης έχουν μεγαλύτερη μνήμη από τις παθητικές ετικέτες και λόγω του ότι οι ικανότητες επεξεργασίας τους είναι υψηλότερες είναι και πιο ασφαλείς. Παρόλα αυτά, οι μπαταρίες μεγαλώνουν το κόστος και το μέγεθος της ετικέτας, όπως επίσης περιορίζουν τον κύκλο ζωής της, με αποτέλεσμα να μην είναι πρακτικές για χρήση στο λιανικό εμπόριο.

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) και είναι πιο ακριβές από τις παθητικές, οι οποίες είναι και οι συνηθέστερες και χρησιμοποιούνται συχνότερα σε προϊόντα χαμηλής αξίας ([6], [9], [13]).

3.1.4 Αναγνώσιμες, μίας εγγραφής-πολλών αναγνώσεων και επανεγγράψιμες ετικέτες

Οι ετικέτες έχουν μνήμη, λόγω του ολοκληρωμένου κυκλώματος που περιέχουν και επομένως κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την δυνατότητα επανεγγραφής τους σε αναγνώσιμες, μίας εγγραφής-πολλών αναγνώσεων και επανεγγράψιμες. Οι **αναγνώσιμες ετικέτες** εγγράφονται μια φορά με τα κατάλληλα δεδομένα κατά την κατασκευή τους (συνήθως ένα σειριακό αριθμό) και οι αναγνώστες μπορούν μόνο να διαβάσουν τα δεδομένα και όχι να τα τροποποιήσουν. Οι **ετικέτες μίας εγγραφής-πολλών αναγνώσεων** εγγράφονται κατά την κατασκευή τους, μπορούν όμως να εγγραφούν και από τον χρήστη μόνο μια φορά ακόμα. Έπειτα μετατρέπονται σε αναγνώσιμες ετικέτες. Οι **επανεγγράψιμες ετικέτες** εγγράφονται κατά την κατασκευή τους, όμως οι αναγνώστες έχουν την δυνατότητα εκτός από το να διαβάζουν τα δεδομένα τους, να τα τροποποιούν (εισαγωγή, διαγραφή) απεριόριστα. Οι ετικέτες «μόνο ανάγνωσης» (read only) είναι συνήθως παθητικές και είναι προγραμματισμένες με ένα μοναδικό σύνολο στοιχείων που δεν μπορούν να αλλάξουν. Οι ενεργές ετικέτες RFID είναι κατά κύριο λόγο «ανάγνωσης-γραφής» (read/write), δηλαδή τα δεδομένα τους μπορούν να ξαναγραφούν ή να τροποποιηθούν. Επιπλέον, έχουν μεγαλύτερη χωρητικότητα σε πληροφορία και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Με τους αναμεταδότες «ανάγνωσης-γραφής» (read/write) ο χρήστης έχει τον έλεγχο της τεχνολογίας στην οποία επένδυσε. Όταν οι απαιτήσεις ενός πελάτη αλλάζουν, οι χρήστες μπορούν να τις ακολουθήσουν χωρίς να επενδύσουν σε νέα τεχνολογία ([6], [9], [13]).

3.1.5 Κατηγοριοποίηση ετικετών σύμφωνα με την κατασκευή και την εφαρμογή τους

Οι εφαρμογές των RFID συστημάτων ποικίλλουν μεταξύ τους ως προς τις απαιτήσεις που έχουν από τις ετικέτες. Για το λόγο αυτό η κατασκευή των ετικετών αλλάζει αναλόγως την εφαρμογή και τις ανάγκες της. Με τον όρο κατασκευή ετικετών αναφερόμαστε στην ενσωμάτωση της κεραίας και του ολοκληρωμένου κυκλώματος στην ετικέτα καθώς και τον τρόπο με τον οποίο αυτή τοποθετείται πάνω στο αντικείμενο που πρέπει να αναγνωριστεί. Σήμερα χρησιμοποιούνται πολλά είδη ετικετών. Οι **έξυπνες ετικέτες** (Smart Labels) που είναι κοινές χάρτινες ή πλαστικές ετικέτες στις οποίες εκτυπώνεται ο γραμμωτός κώδικας (bar code) και ενσωματώνεται μια ετικέτα RFID τύπου επιφανειακής τοποθέτησης (inlay). Οι ετικέτες αυτές χρησιμοποιούνται κυρίως στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και σε κάρτες που ονομάζονται **έξυπνες κάρτες μη επαφής** (contactless smart cards) και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές ελέγχου πρόσβασης. Ο **δίσκος** (disk) που είναι μια στρογγυλή θερμοπλαστικά διαμορφωμένη κατασκευή προκειμένου να λειτουργεί κάτω από ένα εύρος θερμοκρασιών. Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η μεγάλη τους αντοχή σε ακραίες θερμοκρασίες και χτυπήματα και για το λόγο αυτό τοποθετούνται κυρίως σε παλέτες τοποθετώντας μια βίδα στερέωσης στην οπή στο κέντρο της ετικέτας. Οι **γυάλινοι σωλήνες** (glass tubes) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό ζώων και ανθρώπων. Πρόκειται για συσκευές πολύ μικρές, 30mm μήκος περίπου, που προορίζονται να τοποθετηθούν κάτω από το δέρμα του ζώου ή του ανθρώπου με ένεση. Σκοπός της χρήσης τους είναι ο εντοπισμός (κυρίως στην περίπτωση των ζώων) και η ταυτοποίηση. Παρόμοιο με το παραπάνω είδος είναι η **ετικέτα ενωτίου** (ear tag) που προορίζεται για τον εντοπισμό ζώων κυρίως εκτροφείων, όπως βοοειδών και χοιρινών. Άλλες ετικέτες παρόμοιας χρήσης είναι οι **κεραμικές ετικέτες** (ceramic tags) τις οποίες καταπίνουν τα ζώα και παραμένουν μόνιμα στον προστόμαχό τους καθώς και οι **ετικέτες περιλαιμίου** (collar tags) ([6], [9], [13]).

4. ΑΝΑΓΝΩΣΤΕΣ (READERS)

Ο αναγνώστης RFID είναι η συσκευή που επικοινωνεί με τις ετικέτες που βρίσκονται εντός της εμβέλειάς του, τις αναγνωρίζει και συλλέγει πληροφορίες από αυτές. Επίσης είναι υπεύθυνος για την τροφοδότηση στην περίπτωση παθητικών ετικετών.

Υπάρχουν **δύο κύριοι τύποι αναγνώστη** RFID ανάλογα με τη δυνατότητα επεξεργασίας της ετικέτας. Στον **πρώτο** ο αναγνώστης κάνει **μόνο ανάγνωση** των δεδομένων της ετι-

κέτας ενώ στον **δεύτερο** έχει και τη **δυνατότητα εγγραφής** σε αυτή εφόσον η μνήμη της ετικέτας υποστηρίζει τέτοια λειτουργία.

Επίσης ανάλογα με την **ενέργεια εκπομπής** των σημάτων οι αναγνώστες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Τους αναγνώστες παθητικών ετικετών που εκπέμπουν σήματα **υψηλής ενέργειας** (έως 4W) για να μπορέσουν να ενεργοποιήσουν το κύκλωμα της ετικέτας, καταναλώνουν υψηλή ενέργεια και το σήμα τους έχει εμβέλεια μερικών μέτρων. Τους αναγνώστες ενεργών ετικετών που εκπέμπουν **χαμηλή ενέργεια** (10-20 mW) και παράλληλα καταναλώνουν χαμηλή ενέργεια, ενώ η εμβέλεια τους φτάνει και τα 100 μέτρα.

Ο αναγνώστης μπορεί να είναι σταθερή ή κινητή συσκευή ανάλογα με την εφαρμογή που υλοποιείται. Σταθεροί αναγνώστες εφαρμόζονται σε πόρτες, πύλες διοδίων ή ακόμη σε ταβάνια και τοίχους όπου είναι κρυμμένοι. Κινητά μοντέλα αναγνώστη χρησιμοποιούνται για παράδειγμα σε υπεραγορές ή είναι ειδικά κατασκευασμένα για κινητές συσκευές όπως PDA και κινητά τηλέφωνα. Η ραγδαία εξέλιξη των αναγνωστών επιτρέπει τη λειτουργία τους σαν πύλες προς κεντρικά δίκτυα συστημάτων επικοινωνιών αφού μπορούν να υποστηρίξουν διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνιών και τεχνολογίες δικτύων.

Ο αναγνώστης μπορεί να έχει ενσωματωμένη εσωτερική κεραία RFID ή να συνδέεται με εξωτερικές κεραίες ανάλογα με την εμβέλεια και το χώρο που πρέπει να καλύψει. Ο τρόπος επικοινωνίας με τον κεντρικό υπολογιστή εξαρτάται από την εκάστοτε εφαρμογή. Στην περίπτωση ενός σταθερού αναγνώστη, τοποθετημένου σε συγκεκριμένη θέση, η επικοινωνία μπορεί να είναι ενσύρματη ενώ σε περιπτώσεις όπου οι αναγνώστες κινούνται σε σχετικά μικρή ακτίνα, είναι προτιμότερη η επικοινωνία με σύγχρονες ασύρματες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας (WiFi, Bluetooth κλπ). Σε ειδικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα οι εγχώριες ή οι διεθνείς μεταφορές, προτιμώνται τα δίκτυα επικοινωνιών μεγάλης εμβέλειας (κινητή τηλεφωνία GSM/GPRS/3G). Στη συγκεκριμένη περίπτωση υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρονης χρήσης και του συστήματος εντοπισμού μέσω δορυφόρων (GPS), έτσι ώστε να καταγράφεται και το γεωγραφικό στίγμα κατά τη διακίνηση των εμπορευμάτων ([9], [13], [14], [16]).

5. ΤΥΠΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η τεχνολογία RFID είναι βασισμένη στην ασύρματη επικοινωνία κάνοντας χρήση ραδιοκυμάτων, που αποτελούν μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, δηλαδή χρησιμοποιεί συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ 30 kHz έως 3 GHz. Πιο συγκεκριμένα, οι συχνότητες λειτουργίας των συστημάτων RFID χωρίζονται γενικά σε τέσσερις κύριες ζώνες συχνοτήτων. Τη ζώνη **χαμηλών συχνοτήτων LF** (Low Frequency band) μεταξύ 30-300kHz,

υψηλών συχνοτήτων HF (High Frequency band) μεταξύ 3-30MHz, **υπερυψηλών συχνοτήτων UHF** (Ultra High Frequency) μεταξύ 300MHz-3GHz και **συχνότητες μικροκυμάτων** που κυμαίνονται μεταξύ 2-30GHz.

Οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται είναι 119-135kHz (LF Band), 13.56MHz (HF Band), 860-960MHz (UHF Band) και 2.45GHz (Microwave Band). Ανάλογα με τη ζώνη συχνοτήτων στην οποία λειτουργεί ένα σύστημα RFID υπάρχουν διαφορετικές δυνατότητες σε κάθε περίπτωση. Η εμβέλεια ανάγνωσης, ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας καθώς και οι εφαρμογές που μπορούν να υλοποιηθούν διαφέρουν αναλόγως της συχνότητας λειτουργίας που χρησιμοποιείται ([9], [14], [16]).

6. ΚΕΡΑΙΕΣ

Ο τύπος κεραίας που χρησιμοποιείται για μια ετικέτα RFID εξαρτάται και επηρεάζεται από τη συχνότητα λειτουργίας και την επιδιωκόμενη εφαρμογή στην οποία θα χρησιμοποιηθεί. Έτσι, αναλόγως της συχνότητας λειτουργίας, χρησιμοποιούνται οι κατάλληλοι τύποι κεραιών ούτως ώστε να επιτευχθεί η εύρυθμη λειτουργία της ετικέτας. Η κεραία μιας RFID ετικέτας είναι γενικά ένα αγωγίμο στοιχείο που επιτρέπει στην ετικέτα να ανταλλάσει πληροφορίες με τον αναγνώστη.

Στην περίπτωση παθητικών ετικετών χρησιμοποιείται κάποιας μορφής σπειροειδής κεραία, όπως ένα πηνίο, που είναι σε θέση να δημιουργήσει μαγνητικό πεδίο εκμεταλλευόμενη την ενέργεια που παρέχει το φέρον σήμα του αναγνώστη. Οι παθητικές ετικέτες χαμηλής συχνότητας (LF) απαιτούν πηνίο πολλών τυλιγμάτων, τα οποία είναι απαραίτητα ούτως ώστε να παραχθεί αρκετή ηλεκτρική τάση για τη λειτουργία του ολοκληρωμένου κυκλώματος. Κάποιες ετικέτες που χρησιμοποιούνται για εξειδικευμένες εφαρμογές διαθέτουν πηνίο πολλών στρωμάτων με πολλά τυλίγματα. Στην συχνότητα 13.56 MHz (HF) χρησιμοποιείται μία επίπεδη σπειροειδής κεραία λίγων τυλιγμάτων, κατασκευαστικά φθηνότερη από ένα πηνίο LF, που όμως επιπλέον χρειάζεται δύο μεταλλικά και ένα μονωτικό στρώμα για τη διασύνδεσή της με το ολοκληρωμένο κύκλωμα. Οι παθητικές ετικέτες UHF και μικροκυμάτων μπορούν να χρησιμοποιήσουν συνηθισμένες κεραίες μορφής διπόλου, που όμως λόγω του ότι είναι μεγάλες σε μέγεθος για πολλές εφαρμογές, χρησιμοποιούνται σε κυρτή ή ελικοειδή μορφή. Το κόστος κατασκευής τους είναι μειωμένο καθώς απαιτούν μόνο ένα μεταλλικό στρώμα ([6], [9], [13]).

7. ΜΝΗΜΗ

Οι σύγχρονες ετικέτες RFID μπορούν να περιέχουν πολύ περισσότερες πληροφορίες από έναν απλό αριθμό ταυτοποίησης (ID). Έχουν τη δυνατότητα να ενσωματώνουν επιπρόσθετη μνήμη, η οποία μπορεί να είναι μόνο αναγνώσιμη (read-only) ή για ανάγνωση και εγγραφή (read-write).

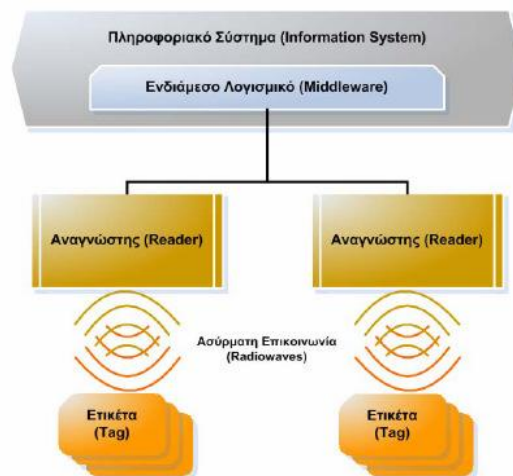
Η **μνήμη μόνο-ανάγνωσης** μπορεί να περιέχει συμπληρωματικές λεπτομέρειες για ένα προϊόν που θα είναι διαθέσιμες όταν αυτές ζητηθούν και δεν θα χρειάζεται να προσπελαστούν κάθε φορά που η ετικέτα ερωτάται από τον αναγνώστη. Για παράδειγμα μπορεί να περιέχει ένα κωδικό ομάδας προϊόντος, ώστε εάν βρεθούν κάποια ελαττωματικά προϊόντα ο κωδικός αυτός να βοηθήσει στην εύρεση και άλλων τεμαχίων με τις ίδιες ατέλειες. Επίσης η μνήμη ετικέτας μπορεί να χρησιμοποιείται για να δίνει τη δυνατότητα στην ετικέτα να αποθηκεύει πληροφορίες που θα την αυτοπεριγράφουν. Τέτοιου είδους πληροφορίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες όταν δεν υπάρχει η δυνατότητα άμεσης πρόσβασης σε κάποια βάση δεδομένων που να περιέχει όλες τις λεπτομέρειες της ετικέτας. Αν για παράδειγμα μια συσκευασία μεταφερθεί σε λάθος προορισμό τότε οι σωστές πληροφορίες προορισμού θα μπορούσαν να ανακτηθούν άμεσα από τη μνήμη της ετικέτας βοηθώντας την μεταφορά της συσκευασίας στον ορθό προορισμό χωρίς να χρειάζεται να προσπελαστούν τα αρχεία που αντιστοιχούν στην ετικέτα.

Οι ετικέτες με **μνήμη ανάγνωσης-εγγραφής** προσφέρουν περαιτέρω δυνατότητες επεξεργασίας στις εφαρμογές RFID που τις εκμεταλλεύονται. Παρόλο που το μέγεθος μιας τέτοιας μνήμης είναι επί του παρόντος μικρό, η δυνατότητα άμεσης εγγραφής σε αυτή από τον αναγνώστη βρίσκει πολλούς τρόπους αξιοποίησης. Για παράδειγμα, ετικέτες σε εμπορικά προϊόντα θα μπορούσαν να περιέχουν ένα ιστορικό ιδιοκτησίας ενός προϊόντος δεύτερης χρήσης. Ακόμη, σε μια εγγράψιμη μνήμη θα μπορούσε να αποθηκευτεί μαζί με ένα δεδομένο και η χρονική στιγμή στην οποία έχει εγγραφεί ([6], [9], [13], [14]).

8. ΜΕΣΟΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Το σημαντικότερο μέρος ενός συστήματος RFID είναι ωστόσο το εξειδικευμένο μεσολογισμικό (RFID middleware), το οποίο αναλαμβάνει την επεξεργασία όλων των δεδομένων που διακινούνται από κάθε tag, ώστε να μετατραπούν σε αξιόπιστη και, κυρίως, χρήσιμη πληροφορία για τις διαδικασίες της επιχείρησης ή του οργανισμού. Το μεσολογισμικό αναλαμβάνει να προωθήει τόσο προς τον αναγνώστη τα δεδομένα και τις εντολές που δέχεται από το πληροφοριακό σύστημα όσο και τα δεδομένα και τις εντολές που δέχεται από τον α-

ναγνώστη προς το πληροφοριακό σύστημα (εικόνα 3). Οι εντολές προς τον αναγνώστη αφορούν κυρίως πράξεις που πρέπει να γίνουν πάνω σε μια ετικέτα (εύρεση ετικέτας, ανάγνωση κωδικού ετικέτας, ανάγνωση δεδομένων ετικέτας, εγγραφή δεδομένων στην ετικέτα, καταστροφή ετικέτας κ.α.) αλλά και πράξεις που αφορούν τον ίδιο τον αναγνώστη (ανάγνωση κατάστασης αναγνώστη, αλλαγή ρυθμίσεων αναγνώστη, ανάγνωση κωδικού αναγνώστη κ.α.) και ονομάζονται ως εντολές αναγνώστη. Τα δεδομένα που μεταφέρονται εκατέρωθεν μεταξύ αναγνώστη και πληροφοριακού συστήματος αφορούν είτε τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε μια ετικέτα είτε δεδομένα που απαιτούνται για την επικοινωνία μεταξύ Π.Σ. και αναγνώστη.



Εικόνα 3 - Αρχιτεκτονική ετικετών και αναγνωστών και ο ρόλος του ενδιάμεσου λογισμικού [13]

Επιτυγχάνεται η συνεχής συλλογή και αποθήκευση των δεδομένων, ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι διαθέσιμο το ιστορικό όλων των διαδικασιών. Δίνεται επίσης η δυνατότητα εξαγωγής στατιστικών ή άλλων αναφορών με ακριβή στοιχεία που απεικονίζουν τον πραγματικό τρόπο λειτουργίας της επιχείρησης. Τα στοιχεία αυτά καθιστούν δυνατή την ανάδειξη αδύνατων σημείων ή ελλείψεων στις διαδικασίες και μπορούν να οδηγήσουν σε πιθανή βελτίωσή τους. Πραγματοποιείται φιλτράρισμα των δεδομένων που συλλέγουν οι αναγνώστες απορρίπτοντας για παράδειγμα τις διπλές αναγνώσεις. Το ίδιο λογισμικό επιτελεί και την απαραίτητη διασύνδεση του συστήματος RFID με άλλα πληροφοριακά συστήματα που ενδεχομένως λειτουργούν στην επιχείρηση (ERP, WMS ή άλλες λογιστικές εφαρμογές), οδηγώντας έτσι στην πλήρη αυτοματοποίηση των διαδικασιών της ([13], [14], [16]).

9. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ RFID

Σύμφωνα με τους περισσότερους αναλυτές του χώρου, η τεχνολογία RFID έχει πολλά πλεονεκτήματα, σε αντίθεση με τα μειονεκτήματα τα οποία είναι λίγα και σταδιακά ξεπερνιούνται. **Μειονεκτήματα** είναι οι διαφωνίες που αφορούν σε τεχνικές λεπτομέρειες, όπως για παράδειγμα στις συχνότητες λειτουργίας, κάτι που έχει ως αποτέλεσμα οι κατασκευαστές να προωθούν προϊόντα για διαφορετικές συχνότητες, γεγονός που με τη σειρά του δημιουργεί προβλήματα διαλειτουργικότητας. Ένα ακόμα πολυσυζητημένο πρόβλημα αφορά στην τοποθέτηση tags σε προϊόντα τα οποία βρίσκονται σε υγρή μορφή ή έχουν μεταλλική συσκευασία, οπότε εμφανίζονται προβλήματα δυσλειτουργίας, τουλάχιστον σε κάποιες συχνότητες. Να σημειωθεί πάντως ότι αρκετά από τα προβλήματα έχουν πλέον ξεπεραστεί, και η τεχνολογία εμφανίζεται στις βασικές παραμέτρους της αρκετά ώριμη και αξιόπιστη.

Τα **πλεονεκτήματα** είναι αρκετά, συγκριτικά με άλλες μεθόδους αναγνώρισης και ταυτοποίησης προϊόντων (για παράδειγμα τα bar-codes). Πρώτα απ' όλα δεν είναι απαραίτητη η οπτική επαφή μεταξύ του αναγνώστη και των ετικετών. Επιτυγχάνεται αξιόπιστη ασύρματη εκπομπή/λήψη δεδομένων ανεξάρτητα από τη θέση, προσανατολισμό ή φυσική κατάσταση του tag. Η απόσταση ανάγνωσης (εμβέλεια συστήματος) μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, ενώ η ανάγνωση των tags αποτελεί μια πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία, χωρίς να απαιτείται οποιαδήποτε ενέργεια κάποιου χειριστή. Είναι εφικτή η ανάγνωση & αυτόματη αναγνώριση πολλών tags ταυτόχρονα, χωρίς να απαιτείται ξεχωριστή διαδικασία για κάθε ετικέτα. Για παράδειγμα, δεν είναι αναγκαίο να ανοίξει μια συσκευασία και να αναγνωριστούν μεμονωμένα τα προϊόντα που περιέχει. Τα σύγχρονα tags διαθέτουν πλέον μνήμη μεγάλης χωρητικότητας για την αποθήκευση δεδομένων. Κατά την ανάγνωση κάθε ετικέτας, μπορεί να υπάρχει η δυνατότητα εγγραφής νέων στοιχείων στη μνήμη. Τα tags είναι πολύ ανθεκτικά και ανάλογα με το υλικό κατασκευής τους, μπορούν να λειτουργούν σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες ([15], [10], [16]).

Ειδικότερα για τις επιχειρήσεις που αποφασίζουν να επενδύσουν στον εκσυγχρονισμό των κομβικών λειτουργικών σημείων και διαδικασιών τους στα **πλεονεκτήματα** που προσφέρει η τεχνολογία RFID μπορούν να προστεθούν και η **αύξηση παραγωγικότητας**, η **αύξηση ανταγωνιστικότητας** και η **μείωση λειτουργικού κόστους** ([15], [6], [16]).

Σχετικά με την **αύξηση της παραγωγικότητας**, τα τεχνικά πλεονεκτήματα της τεχνολογίας RFID οδηγούν σε μεγάλη μείωση του χρόνου που απαιτείται για τη διεκπεραίωση των περισσότερων διαδικασιών εντός της επιχείρησης. Η απογραφή, η παραλαβή και προετοιμασία των παραγγελιών, η αποθήκευση και δρομολόγηση των προϊόντων είναι μερικά παραδε-

ίγματα λειτουργιών που μπορούν να εκτελεστούν ταχύτερα. Έτσι, το ίδιο ανθρώπινο δυναμικό μπορεί στον ίδιο χρόνο να ολοκληρώσει περισσότερες εργασίες, αυξάνοντας την παραγωγικότητα της επιχείρησης και τον αντίστοιχο κύκλο εργασιών της. Επιτυγχάνεται πιο ομαλή ροή διαδικασιών, οι οποίες εκτελούνται παράλληλα, χωρίς να δημιουργούνται κενά.

Η **ανταγωνιστικότητα** ενισχύεται με το διαρκή έλεγχο των διαδικασιών, τη γνώση του ιστορικού και την αξιόπιστη ιχνηλασιμότητα που παρέχει η τεχνολογία RFID, παράγοντες που διασφαλίζουν υψηλή ποιότητα τόσο στα προϊόντα όσο και στις παρεχόμενες υπηρεσίες. Η διαχείριση των επιστροφών, ή ακόμη και της ανάκλησης προϊόντων, γίνεται πολύ πιο εύκολα και αποδοτικά, εξασφαλίζοντας την ικανοποίηση των πελατών. Τέλος, η επιχείρηση με βάση τις λεπτομερείς πληροφορίες και τον όγκο δεδομένων που έχει στη διάθεσή της μέσω της υποδομής RFID, επιτυγχάνει ρεαλιστικές προβλέψεις και βέλτιστο προγραμματισμό διαδικασιών, αυξάνοντας την ανταγωνιστικότητά της.

Η **μείωση του λειτουργικού κόστους** επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους, όπως η αυτοματοποίηση, η υψηλή αξιοπιστία, οι λεπτομερείς πληροφορίες και ο διαρκής έλεγχος των διαδικασιών, που οδηγούν σε δραστική μείωση λαθών που οφείλονται συνήθως σε ανθρώπινο παράγοντα. Τέτοια παραδείγματα είναι η αποστολή ελλιπών ή λανθασμένων παραγγελιών, η ασυμφωνία μεταξύ των προϊόντων και των παραστατικών που τα συνοδεύουν κ.ά. Συνεπώς, ο χρόνος που απαιτείται για τη διόρθωση αυτών των σφαλμάτων μπορεί να περιοριστεί σημαντικά, αποδεδειγμένα παράλληλα προσωπικό και πόρους της επιχείρησης. Η γρήγορη, εύκολη και αξιόπιστη απογραφή μέσω RFID, καθώς επίσης και η γνώση του ιστορικού και του κύκλου ζωής των προϊόντων εντός της επιχείρησης μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση του υπερβολικού αποθέματος και στην εξοικονόμηση κεφαλαίων, δεσμευμένων σε αποθηκευμένα προϊόντα που στην πραγματικότητα διακινούνται με πολύ πιο αργούς ρυθμούς απ' ό,τι είχε αρχικά εκτιμηθεί. Έτσι, αποφεύγεται η εποχική απαξίωση εμπορευμάτων, ενώ παράλληλα αυξάνεται ο διαθέσιμος αποθηκευτικός χώρος, ο οποίος μπορεί να οργανωθεί και να αξιοποιηθεί καλύτερα. Η τεχνολογία RFID αυξάνει τη διαφάνεια στη διακίνηση των προϊόντων και στη διαχείριση των πόρων της επιχείρησης. Με τον τρόπο αυτό συμβάλλει στη δραστική μείωση των απωλειών και στον εντοπισμό αντικειμένων (προϊόντα, εξοπλισμός κ.τ.λ.) που, επειδή αποθηκεύονται σε λάθος μέρος, θα παρέμεναν αδιάθετα ή σε αχρησία.

10. ΠΡΟΤΥΠΑ

Ο ταχύς ρυθμός των εξελίξεων στην RFID επιβάλλει συνεχείς τροποποιήσεις και προσαρμογή τεχνολογιών, προϊόντων και υπηρεσιών. Τα πρότυπα και η διαδικασία εκπόνη-

σης τους πρέπει να συμβαδίζουν με αυτήν την ταχέως αναπτυσσόμενη αγορά. Επομένως, η ομαλή διαδικασία θέσπισης διεθνών προτύπων και η εναρμόνιση των περιφερειακών προτύπων είναι ουσιαστικής σημασίας για την ομαλή υιοθέτηση των υπηρεσιών, όπως η διαλειτουργικότητα σε συστήματα πληροφοριών που βασίζονται σε RFID. Ήδη υπάρχουν διεθνή πρότυπα για μερικές εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως η ανίχνευση ζώων και οι «έξυπνες κάρτες» που απαιτούν κρυπτογράφηση για την ασφάλεια των δεδομένων. Επίσης, σε εξέλιξη βρίσκονται πολλές πρωτοβουλίες για τη δημιουργία προτύπων.

Ο πιο γνωστός διεθνής οργανισμός προτυποποίησης, **International Organization for Standardization (ISO)**, σε συνεργασία με την International Electrotechnical Committee (IEC) δουλεύει πάνω σε πρότυπα για την παρακολούθηση προϊόντων καθ' όλη τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας χρησιμοποιώντας ετικέτες υψηλής (ISO 18000-3) και υπερ-υψηλής συχνότητας (ISO 18000-6).

Η **EPCglobal**, μια μη κερδοσκοπική κοινοπραξία που ιδρύθηκε από το Uniform Code Council με στόχο την εμπορευματοποίηση των τεχνολογιών των ηλεκτρονικών προϊόντικών κωδικών (Electronic Product Code - EPC), διαθέτει τη δική του διαδικασία προτυποποίησης που χρησιμοποιήθηκε και στα πρότυπα των barcodes. Σκοπός της EPCglobal είναι να υποβάλλει τα πρωτόκολλα EPC στον ISO, έτσι ώστε να αποτελέσουν διεθνή πρότυπα. Την τεχνολογία την οποία διαθέτει για την ανάπτυξη των προτύπων η EPC global, την απέκτησε από το Auto ID Center του Τεχνολογικού Πανεπιστημίου της Μασαχουσέτης, όταν αυτό διέκοψε την λειτουργία του τον Οκτώβριο του 2003. Την EPC global αποτελούν μέλη της εφοδιαστικής αλυσίδας, κρατικοί και μη οργανισμοί, καθώς και μερικές χιλιάδες ιδιώτες. Ενδεικτικά μερικοί από τους μετέχοντες είναι το Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο της Μασαχουσέτης (MIT), το Υπουργείο Αμύνης των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (US Department of Defense) και διάφορες επιχειρήσεις, όπως η Hewlett Packard, η Cisco Systems και η Sony από τον τεχνολογικό τομέα, η Gillette, η Johnson & Johnson και η Procter & Gamble σαν προμηθευτές προϊόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας, καθώς και αντιπρόσωποι του λιανικού εμπορίου, όπως η Wall - Mart και η Metro Ag.

Η **AIM global** (Automatic Identification and Mobility industry) είναι ένας οργανισμός στον οποίο συμμετέχουν πάνω από 900 μέλη σε 43 χώρες παγκοσμίως και στόχος του είναι η διάδοση τεχνολογίας που υποστηρίζει την χρήση της αυτόματης αναγνώρισης προϊόντων. Μία από αυτές τις τεχνολογίες είναι και η RFID, για την οποία έχει και η AIM global αναπτύξει κάποια πρότυπα ([2], [6], [14]).

11. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ RFID

Όπως αναφέρθηκε, οι ετικέτες RFID αποθηκεύουν πληροφορίες σχετικές με τα αντικείμενα ή και τα πρόσωπα που τις φέρουν. Έτσι, στην πράξη, μπορούν να βρουν εφαρμογή σε πληθώρα τομέων όπου η αναγνώριση αντικειμένων ή ανθρώπων είναι απαραίτητη. Για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συσκευασία των προϊόντων, σε βιβλιοθήκες, σε πιστωτικές κάρτες, ή ακόμα και σε ένα σήμα ή έγγραφο ταυτοποίησης όπως η ταυτότητα, το διαβατήριο, ή το δίπλωμα οδήγησης, στην ασφάλεια (π.χ. ιχνηλασιμότητα τροφίμων, υγειονομική περίθαλψη, καταπολέμηση της παραποίησης φαρμάκων), στην άνεση (π.χ. μικρότερες ουρές στα σουπερμάρκετ, ακριβέστερη και αξιόπιστη διεκπεραίωση των αποσκευών στα αεροδρόμια, αυτοματοποιημένες πληρωμές) και στην προσβασιμότητα. Ασφαλώς, μία από τις πλέον συνήθεις εφαρμογές τους είναι ο χώρος της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπου μπορούν να αναγνωρίζουν προϊόντα είτε κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους, είτε εντός βιομηχανικών μονάδων, είτε αυτά βρίσκονται σε παλέτες, αποθήκες ή στα ράφια των καταστημάτων. Στο εξωτερικό η χρήση τους έχει ήδη επεκταθεί σε πάρα πολλούς τομείς. Για παράδειγμα ενσωματώνονται σε κατοικίδια ζώα ή σε ζώα σε κτηνοτροφικές μονάδες, καθώς και σε βραχιόλια που φορούν ασθενείς που πάσχουν από τη νόσο του Αλτςχάιμερ, τρόφιμοι σωφρονιστικών ή άλλων ιδρυμάτων, ακόμη και σε παιδιά. Επίσης εφαρμογές της τεχνολογίας RFID μπορούν να υλοποιηθούν σε τομείς όπως: Λιανικό εμπόριο, Έλεγχος πρόσβασης οχημάτων & προσωπικού, Διαχείριση παγίων – εξοπλισμού, Διαχείριση έντυπων αρχείων, Συλλογή και διαχείριση απορριμμάτων, Υπηρεσίες διακίνησης δεμάτων – Ταχυμεταφορές, Αυτοματοποίηση γραμμής παραγωγής, Συντήρηση βιομηχανικών εγκαταστάσεων, Διαχείριση αποσκευών σε τερματικούς σταθμούς (αεροδρόμια, λιμάνια κλπ.) ([2], [6], [11], [16]).

Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικότερα μερικές εφαρμογές.

11.1 Έλεγχος Πρόσβασης

Ο έλεγχος πρόσβασης σε εγκαταστάσεις και άλλα μέρη όπου είναι απαραίτητη η εξουσιοδοτημένη άδεια εισόδου για λόγους ασφάλειας ή άλλους λόγους είναι ένας ακόμη τομέας στον οποίο η τεχνολογία RFID χρησιμοποιείται ευρέως. Τα συστήματα RFID βρίσκουν εφαρμογή ως ηλεκτρονικά κλειδιά για τον έλεγχο πρόσβασης σε κτιριακές εγκαταστάσεις όπως γραφεία, αεροδρόμια και άλλους χώρους όπου για κάποιο λόγο είναι αναγκαίος ο έλεγχος εισόδου μόνο σε εξουσιοδοτημένα πρόσωπα. Στα συστήματα ελέγχου πρόσβασης χρησιμοποιούνται εκτενώς ειδικές κάρτες που περιέχουν μία παθητική ετικέτα RFID.

Το πρόγραμμα ασφάλειας της Καναδικής Αρχής Αερομεταφορών χρησιμοποιεί έξυπνες κάρτες με RFID που δημιουργήθηκαν το Μάρτιο του 2004. Αυτές οι κάρτες "χωρίς επα-

φή" και τα μηχανήματα ανάγνωσης προσφέρουν έλεγχο πρόσβασης με βιομετρική πιστοποίηση σε απαγορευμένες περιοχές ([9], [4]).

11.2 Πληρωμή Μεταφορών

Τα συστήματα RFID για πληρωμή μεταφορών χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση προσώπων ή οχημάτων καθώς και για την καταγραφή προπληρωμένων διελύσεων. Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν την ηλεκτρονική χρέωση διοδίων για οχήματα και τη συλλογή ναύλων διέλευσης. Στην παρούσα φάση υπάρχουν πολλά και διαφορετικά συστήματα πληρωμής ανά την υφήλιο σε πολλές χώρες. Αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούν τεχνολογία RFID για πληρωμές σε αυτοκινητόδρομους, σιδηροδρομικούς σταθμούς, λεωφορεία, μετρό και γενικά για μέσα μαζικής μεταφοράς. Ειδικότερα, η διέλευση από διόδια επιτυγχάνεται με τη χρήση ενεργών ετικετών στα οχήματα, οι οποίες διαβάζονται από απόσταση καθώς το όχημα περνά από τις πύλες των διοδίων, ενώ οι πληροφορίες της ετικέτας χρησιμοποιούνται για τη χρέωση από ένα προπληρωμένο λογαριασμό. Η εφαρμογή του συστήματος βοηθά στην επιτάχυνση της κυκλοφοριακής κίνησης διά μέσου του σημείου πληρωμής διοδίων καταγράφοντας τον ακριβή χρόνο και τη χρέωση που αντιστοιχεί στην ετικέτα RFID του οχήματος ([9], [4]).

11.3 Αυτοματοποιημένες Βιβλιοθήκες

Η χρησιμότητα των συστημάτων RFID είναι προφανής στην εφαρμογή τους σε βιβλιοθήκες. Δύο κύριοι τύποι συστημάτων χρησιμοποιούνται στις βιβλιοθήκες για την ανάκτηση των πληροφοριών ενός βιβλίου. Η ετικέτα RFID είτε περιέχει τα δεδομένα στο chip της και αυτά λαμβάνονται απευθείας, είτε περιέχει μια απλή βιβλιογραφική αναφορά και τα δεδομένα λαμβάνονται από βάσεις δεδομένων της βιβλιοθήκης. Ορισμένα συστήματα βιβλιοθηκών RFID περιλαμβάνουν κωδικούς πρόσβασης ή χαρακτηριστικά κρυπτογράφησης δεδομένων, τα οποία έχουν σχεδιαστεί προκειμένου να εμποδίζουν την παραποίηση των δεδομένων της ετικέτας RFID. Η Βιβλιοθήκη του Βατικανού, που κατέχει συλλογή 40 εκατ. βιβλίων και χειρογράφων, άρχισε να χρησιμοποιεί RFID το 2003. Στην Ολλανδία, εκδοτικοί οίκοι που πουλάνε 2,7 εκατ. βιβλία το χρόνο σε Ολλανδικές βιβλιοθήκες, τοποθέτησαν ταμπέλες σε όλα τα βιβλία τους, το Σεπτέμβριο του 2004 ([9], [18], [4]).

11.4 RFID στην υγεία

Η χρησιμοποίηση της τεχνολογίας RFID έχει αρχίσει και σε τομείς που αφορούν την υγεία. Τα οφέλη από τη χρήση της τεχνολογίας ήδη έχουν γίνει αντιληπτά και προβλέπεται ότι στο μέλλον θα αποκτήσουν ακόμη μεγαλύτερη βαρύτητα. Κάποιες από τις εφαρμογές αφορούν εντοπισμό προσωπικού, εξοπλισμού και προμηθειών νοσοκομείων, ο οποίος σε πολλές περιπτώσεις πρέπει να γίνεται άμεσα. Επίσης απαραίτητος είναι ο έλεγχος για παραποιημένα προϊόντα καθώς και η πρόληψη λαθών στην ιατρική φροντίδα. Οι εφαρμογές περιλα-

βάνουν ακόμη την υποστήριξη της πρόσβασης σε ιατρικά αρχεία με ασφάλεια καθώς και τον έλεγχο πρόσβασης προσωπικού σε αυτά. Η τεχνολογία RFID καθώς δίνει την δυνατότητα της μοναδικής ταυτοποίησης, καθιστά πιο αξιόπιστη την εξέταση αίματος, ιστών και οργάνων που λαμβάνονται από τους ασθενείς και παράλληλα ενισχύει την προστασία των προσωπικών δεδομένων αυτών ([9], [4]).

11.5 Ταξί, Κινητά Τηλέφωνα και RFID

Στο Τόκυο, οι οδηγοί ταξί πληρώνονται μέσω RFID και κινητών τηλεφώνων. Ιαπωνική εταιρία πιστωτικών καρτών, ξεκίνησε μια δοκιμή του συστήματος πληρωμών ("QUICPay ή Quick and Useful IC Payment") το Νοέμβριο του 2004. Σε επιλεγμένους οδηγούς ταξί δόθηκαν μηχανήματα ανάγνωσης RFID που μπορούσαν να διαβάσουν το τσιπ του κινητού τηλεφώνου του επιβάτη και να αφαιρούν το αναγκαίο ποσό. Όλα τα κινητά τηλέφωνα που χρησιμοποιήθηκαν στη δοκιμή έπρεπε να είναι εξοπλισμένα με τσιπ, το οποίο χρησιμοποιεί παθητική RFID τεχνολογία επικοινωνίας κοντινού πεδίου [4].

12. ΘΕΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑΣ

Έχουν διατυπωθεί ανησυχίες ως προς τον αντίκτυπο στο **περιβάλλον** και την **υγεία** από την εκτεταμένη χρήση RFID. Η σήμανση RFID αναμένεται ότι θα βελτιώσει την ταξινόμηση και την ανακύκλωση τμημάτων προϊόντων και υλικών. Αυτό ενδέχεται να έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη προστασία του περιβάλλοντος και πρόοδο προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης.

Όσον αφορά το **περιβάλλον**, ένα RFID εμπίπτει στον ορισμό του ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού των οδηγιών 2002/96/EK σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ) και 2002/95/EK σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού. Το RFID μπορεί να θεωρηθεί ότι υπάγεται στην κατηγορία 3, «Εξοπλισμός πληροφορικής και τηλεπικοινωνιών». Κατά συνέπεια, τα συστατικά μέρη του RFID καλύπτονται από τον περιορισμό χρήσης επικίνδυνων ουσιών, γεγονός που σημαίνει ότι απαγορεύεται η χρήση των επικίνδυνων ουσιών Cd, Hg, Pb, πολυβρωμιωμένων διφαινυλίων (PBB) ή πολυβρωμοδιφαινυλαιθέρων (PBDE).

Σε **θέματα υγείας**, η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων παρακολουθεί από καιρό τα πιθανά αποτελέσματα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία, υποστηριζόμενη από τις επιστημονικές επιτροπές της, καθώς και από το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο για την προστασία εργαζομένων και πολιτών. Το εν λόγω πλαίσιο συνιστά περιορισμούς στην

έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (σύσταση 1999/519/EK του Συμβουλίου) και επιβάλλει αυστηρούς κανόνες για την έκθεση των εργαζομένων (οδηγία 2004/40/EK) στην κοινοτική αγορά. Έχουν εξάλλου θεσπιστεί περιορισμοί για τις εκπομπές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων από προϊόντα, για την ασφάλεια χρηστών και μη χρηστών (οδηγία 1999/5/EK). Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που σχετίζονται με εφαρμογές RFID είναι εν γένει ασθηνή. Στις περιπτώσεις αυτές και υπό συνήθεις συνθήκες λειτουργίας η έκθεση του κοινού και των εργαζομένων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία σχετικά με το RFID αναμένεται ότι θα είναι αρκετά κάτω από τα όρια που ισχύουν στα πρότυπα. Ωστόσο, η αφομοίωση RFID αναμένεται ότι θα συμβαδίσει με γενικευμένη αύξηση των ασύρματων εφαρμογών (κινητή τηλεόραση, ψηφιακή τηλεόραση, ασύρματη ευρυζωνική σύνδεση κ.λπ.). Η Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων θα συνεχίσει κατά συνέπεια να παρακολουθεί την τήρηση του νομικού πλαισίου σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) ή/και κράτους μέλους και θα υποστηρίξει δραστήρια την έρευνα και την ανασκόπηση/ αναθεώρηση των επιστημονικών τεκμηρίων, ιδίως σε σχέση με τα σωρευτικά αποτελέσματα της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία από διάφορες πηγές ([2], [6]).

13. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Η περαιτέρω ανάπτυξη και η ευρύτερη εξάπλωση RFID θα μπορούσε να ενισχύσει περισσότερο το ρόλο των τεχνολογιών πληροφοριών και επικοινωνιών (ΤΠΕ/ ICT) για την προώθηση της καινοτομίας και της οικονομικής μεγέθυνσης. Σήμερα, η Ευρώπη κατέχει ήδη ηγετική θέση στην έρευνα και ανάπτυξη σχετικά με το RFID, καθώς και στα ευφυή δίκτυα. Καταβάλλονται επίσης σημαντικές προσπάθειες στην νανοηλεκτρονική, η οποία εξυπηρετεί τεχνικά θέματα των ετικετών RFID που αφορούν την ευφυΐα, τη μνήμη, τους αισθητήρες και τις ραδιοσυχνότητες. Από την πλευρά της βιομηχανίας, διάφορες μεγάλες ευρωπαϊκές επιχειρήσεις, συμπεριλαμβανομένων εταιριών τεχνολογίας και παρόχων υπηρεσιών, βρίσκονται στην πρώτη γραμμή σε ό,τι αφορά την προώθηση λύσεων RFID στην αγορά, ενώ πολλές μικρομεσαίες επιχειρήσεις έχουν υιοθετήσει με επιτυχία την τεχνολογία αυτή.

Για τη μείωση του κόστους των παθητικών ετικετών κάτω του ενός λεπτού του ευρώ, η οποία είναι απαραίτητη για την μαζική εφαρμογή, απαιτούνται δύο συμπληρωματικοί άξονες έρευνας: περαιτέρω μικρογράφιση πλινθίων πυριτίου μέσω καινοτομιών στο σχεδιασμό και τη συναρμολόγηση, έρευνα σε οργανικά υλικά εκτός πυριτίου για την παραγωγή εκτυπώσιμων ετικετών RFID.

Απαιτείται επίσης περαιτέρω έρευνα στην ασφάλεια (έλεγχος γνησιότητας, κρυπτοθέτηση) και μεγαλύτερες επανεγγράψιμες μνήμες. Για τις μελλοντικές εφαρμογές θα απαιτηθούν συνθετότερες μηχανές κρυπτογράφησης, δυνατότητες ενεργού δικτύωσης, ενσωματωμένοι αισθητήρες και τεχνικές διαχείρισης της ισχύος ([2], [6]).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέρθηκε ότι σε ένα περιβάλλον Περιρρέουσας Νοημοσύνης η υπολογιστική ισχύς μπορεί να παραμένει στο παρασκήνιο, κρυμμένη από τους ανθρώπους, ενώ την ίδια στιγμή οι άνθρωποι απολαμβάνουν τις υπηρεσίες που τους προσφέρονται. Η τεχνολογία RFID που αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχει πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς της ζωής μας και έχει εισαγάγει καινοτομίες που μέχρι στιγμής δεν μπορούσαν άλλες τεχνολογίες. Η αναγνώριση οντοτήτων μπορεί να πραγματοποιείται χωρίς ο άνθρωπος να αλλάζει τον τρόπο που δραστηριοποιείται καθημερινά, παρέχοντάς του γρήγορες λύσεις σε δραστηριότητες, που απαιτούν περισσότερο χρόνο για την διεκπεραίωσή τους.

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η υλοποίηση εφαρμογής εντοπισμού οντοτήτων με RFID. Στόχος του κεφαλαίου είναι να παρουσιαστεί η εφαρμογή από το στάδιο του σχεδιασμού έως τη λειτουργία της και να φανεί η χρησιμότητά της στην πράξη.

Αρχικά περιγράφεται η χρήση και ο σχεδιασμός της εφαρμογής, σύμφωνα με τη μεθοδολογία ανάπτυξης ICONIX, ακολουθεί η περιγραφή του τεχνικού εξοπλισμού και των απαιτήσεων του συστήματος, η κατασκευή της βάσης δεδομένων και έπειτα περιγράφεται η διεπαφή με το χρήστη. Τέλος, ακολουθεί πειραματισμός και αξιολόγηση της εφαρμογής, προβληματισμοί και προτάσεις.

2. ΧΡΗΣΗ-ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η τεχνολογία RFID μπορεί να προσφέρει διευκολύνσεις και να αυτοματοποιήσει δραστηριότητες, δίνοντας τη δυνατότητα στους χρήστες των εφαρμογών να απλοποιήσουν διαδικασίες και να κερδίζουν χρόνο, τον οποίο μπορούν να αξιοποιήσουν προς όφελός τους.

Αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο ότι η RFID μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για αναγνώριση ανθρώπων, όχι μόνο αντικειμένων. Ένα σενάριο με μια εφαρμογή προς αυτή την κατεύθυνση παρουσιάζεται παρακάτω.

Ο Νίκος εργάζεται σε ένα Ίδρυμα της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα είναι εργαστηριακός συνεργάτης της Σχολής, όπου διδάσκει το εργαστήριο του μαθήματος «Περιρρέουσα Νοημοσύνη και Διάχυτος Υπολογισμός». Το διδακτικό αντικείμενο είναι αρ-

κετά ενδιαφέρον για τους φοιτητές, οι οποίοι επιθυμούν να ενημερωθούν όσο γίνεται και ο Νίκος έχει όλη τη διάθεση να προσφέρει τις γνώσεις του, αξιοποιώντας το διδακτικό χρόνο που του προσφέρεται όσο το δυνατόν καλύτερα.

Σ' ένα χώρο διδασκαλίας πολλές φορές συμβαίνουν γεγονότα που προκαλούν τη προσωρινή διακοπή του μαθήματος και μπορούν να αποσπάσουν τη προσοχή των φοιτητών, μειώνοντας ταυτόχρονα το χρόνο του διδάσκοντος. Ένα τέτοιο γεγονός είναι και η μη έγκαιρη προσέλευση στην ώρα του μαθήματος κάποιων φοιτητών, με αποτέλεσμα να διαταράσσεται η συνέχεια του μαθήματος αφού ο Νίκος πρέπει να διακόψει, ώστε να σημειώσει τα ονόματα σε κάποιο παρουσιολόγιο ή στον υπολογιστή.

Ο Νίκος αποφάσισε να μην ασχοληθεί ξανά με τις παρουσίες των φοιτητών και σκέφτηκε να «ενισχύσει» το χώρο ώστε να αναγνωρίζει τους φοιτητές και να έχει κάθε φορά στον υπολογιστή του μια λίστα με τους παρόντες φοιτητές και άλλη μία με τους απόντες, χωρίς να χρειάζεται να γράψει κανείς τίποτα.

Πράγματι η εφαρμογή δημιουργήθηκε, οι φοιτητές αναγνωρίζονται με την είσοδό τους στο εργαστήριο, δε χάνεται χρόνος με το τυπικό παρουσιολόγιο και ο διδάσκων είναι σε θέση να έχει στη διάθεσή του τις λίστες που χρειάζεται. Έτσι αυτό που έχει να κάνει στο τέλος του κάθε μαθήματος είναι απλά το κλείσιμο της εφαρμογής.

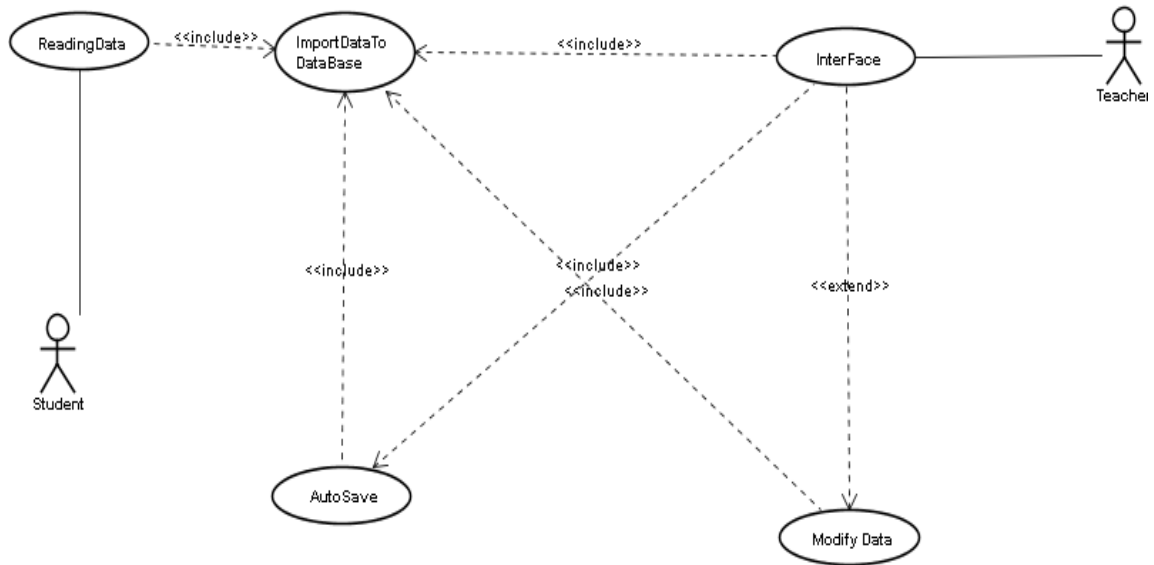
Πριν το σχεδιασμό της εφαρμογής πραγματοποιείται ανάλυση απαιτήσεων. Η εφαρμογή θα πρέπει να αναγνωρίζει και να καταγράφει τα πρόσωπα αυτόματα, με την είσοδό τους στο εργαστήριο. Ο καθηγητής θα πρέπει απλά να ανοίγει την εφαρμογή και να μην ασχολείται με τη λειτουργία της. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, αν επιθυμεί, μπορεί να παρατηρεί την καταγραφή των φοιτητών από την εφαρμογή. Επίσης είναι απαραίτητο το παρουσιολόγιο των φοιτητών να είναι στη διάθεσή του οποιαδήποτε στιγμή μετά το μάθημα. Επομένως η εφαρμογή θα πρέπει να αποθηκεύει αυτόματα τα τελικά δεδομένα σε ένα φάκελο, ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν από τον καθηγητή όποτε θελήσει. Ακολούθησε η συλλογή πληροφοριών μελετώντας τον τρόπο δημιουργίας παρόμοιων εφαρμογών, μέσα από τη σχετική βιβλιογραφία και από ιστοσελίδες. Οι πληροφορίες που συλλέχθηκαν αφορούσαν τόσο τον απαραίτητο εξοπλισμό όσο και το λογισμικό, που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίηση της εφαρμογής. Ο εξοπλισμός που χρειάζεται είναι ένας αναγνώστης (Reader), που απλά διαβάζει τις ετικέτες και μερικές παθητικές ετικέτες (tags). Η επιλογή ισχυρότερου εξοπλισμού δεν έχει νόημα για να διαπιστωθεί η λειτουργία της εφαρμογής. Η ισχύς του εξοπλισμού σχετίζεται κάθε φορά με το είδος της εφαρμογής που υλοποιείται και τις ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν. Στη προκειμένη περίπτωση ενδιαφέρει να διαπιστωθεί ότι μπορεί να υλοποιηθεί μια τέτοια εφαρμογή και αυτό διαπιστώνεται και με τον πιο απλό εξοπλισμό. Η εφαρμογή

είναι αλληλεπιδραστική αφού για να λειτουργήσει και να υπάρχουν αποτελέσματα απαιτείται, πέρα από το υλικό μέρος, η ύπαρξη φυσικών προσώπων που ενεργοποιούν το μηχανισμό λειτουργίας με τις δράσεις τους.

Η εφαρμογή σχεδιάζεται σύμφωνα με το παραπάνω σενάριο και τις απαιτήσεις, έτσι ώστε να μπορεί να ανταποκρίνεται στις ανάγκες του πραγματικού κόσμου και από την αξιολόγησή της να εξάγονται αξιόπιστα συμπεράσματα, που να την καθιστούν ικανή ή όχι προς χρήση.

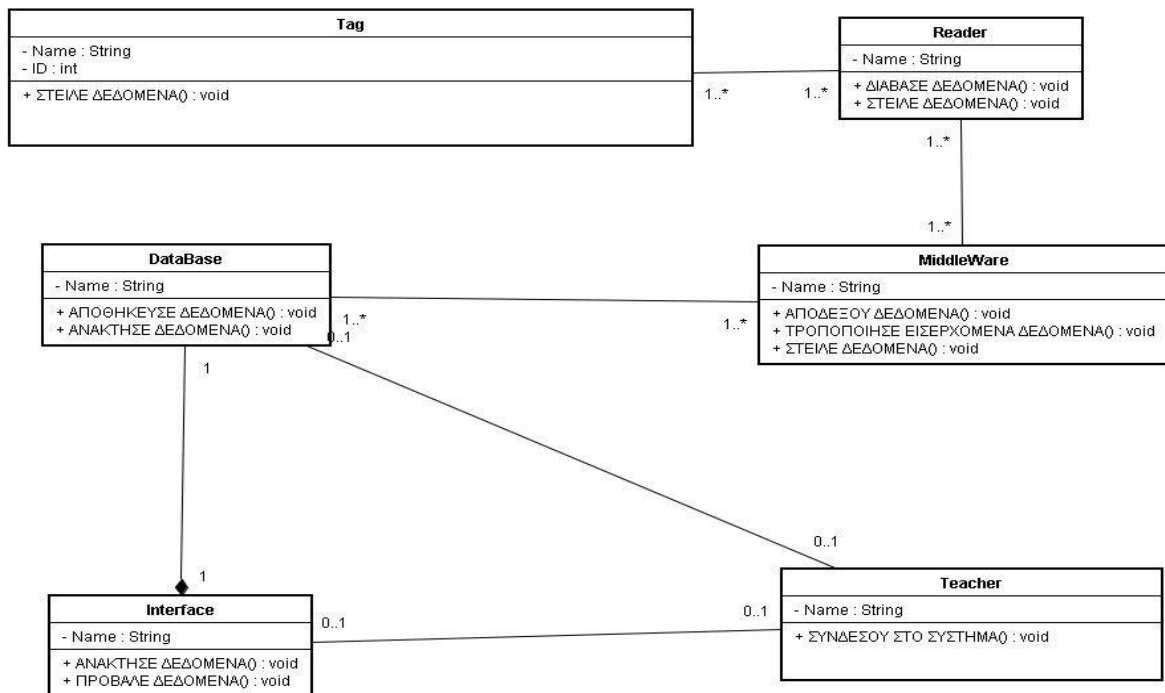
Ο σχεδιασμός της εφαρμογής βασίστηκε στη μεθοδολογία ανάπτυξης ICONIX. Προτιμήθηκε η συγκεκριμένη μεθοδολογία γιατί είναι σχεδιασμένη για περιγραφή αλληλεπιδραστικών εφαρμογών και η εφαρμογή η οποία πρόκειται να υλοποιηθεί είναι αλληλεπιδραστική. Είναι μια μεθοδολογία λιγότερο πολύπλοκη σε σύγκριση με άλλες, όπως για παράδειγμα η Ενοποιημένη Προσέγγιση (UP), ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων σε πρώιμο στάδιο του κύκλου ζωής του λογισμικού. Η μεθοδολογία ICONIX κάνει χρήση ενός μέρους των διαγραμμάτων της UML για να εκφράσει και να περιγράψει μια εφαρμογή. Έτσι από το σύνολο των διαγραμμάτων της UML, χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα περιπτώσεων χρήσης (use case diagrams), τα διαγράμματα κλάσεων (class diagrams), τα διαγράμματα συνεργασίας (collaboration diagrams) και τα διαγράμματα ακολουθίας (sequence diagrams).

Το **διάγραμμα περιπτώσεων χρήσης** (use case diagram) στην εικόνα 1, παρουσιάζει τη χρήση της εφαρμογής. Στην είσοδο του εργαστηριακού χώρου τοποθετείται ένας αναγνώστης που διαβάζει τα δεδομένα των ετικετών (ReadingData). Οι φοιτητές (Student) εισέρχονται στο χώρο και όταν κάποιος φέρει RFID tag, ο αναγνώστης διαβάζει (ReadingData) τον κωδικό του, ενημερώνεται (ImportData To DataBase) η βάση δεδομένων και τέλος το αποτέλεσμα μπορεί να το παρατηρήσει ο καθηγητής στην ιστοσελίδα (Interface) που έχει δημιουργηθεί. Όταν περάσει πρόσωπο χωρίς tag δε συμβαίνει καμία λειτουργία. Ο καθηγητής (Teacher) συνδέεται με την ιστοσελίδα και έχει δικαίωμα να τροποποιήσει τα δεδομένα (ModifyData) στη βάση (αν χρειάζεται π.χ. να διαγράψει κάποια εγγραφή). Τέλος η ιστοσελίδα αποθηκεύεται αυτόματα (AutoSave).



Εικόνα 1- Use case diagram

Ακολουθεί το **διάγραμμα κλάσεων** (εικόνα 2 – class diagram) που περιγράφει τις οντότητες που απαρτίζουν την εφαρμογή και τις συσχετίσεις μεταξύ τους.

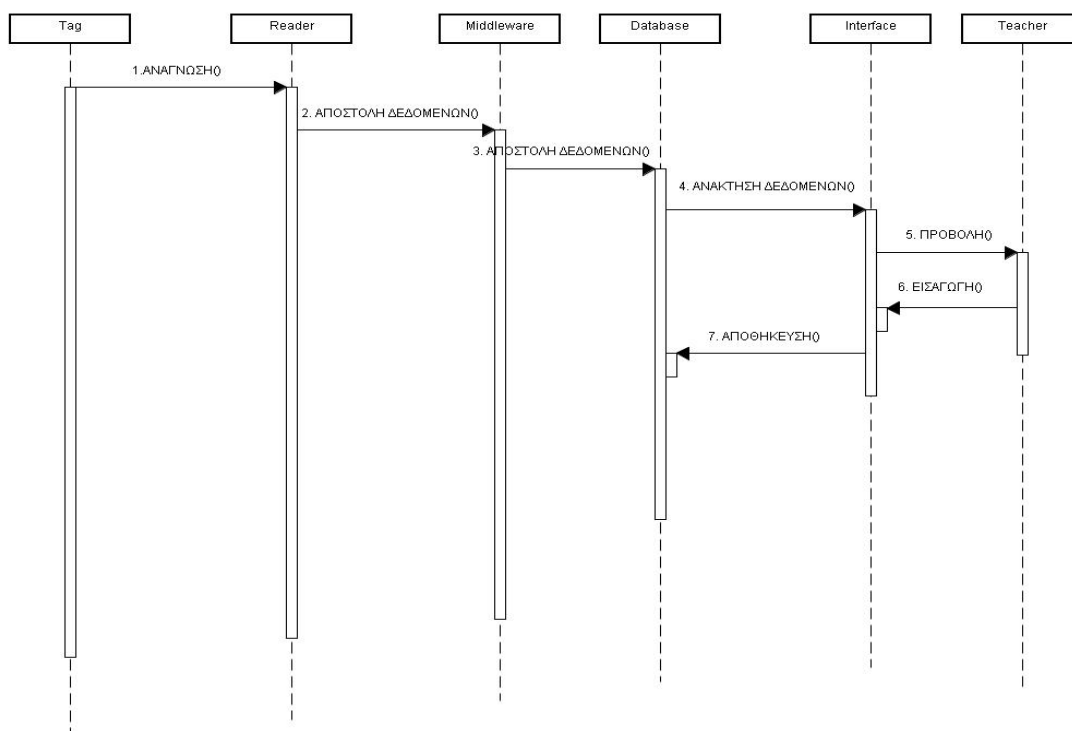


Εικόνα 2 - Διάγραμμα κλάσεων

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι ο αναγνώστης (Reader) μπορεί να διαβάσει από μία έως πολλές ετικέτες (Tag) και το μεσολογισμικό (Middleware) λαμβάνει ένα έως πολλά δεδομένα και αντίστοιχα ενημερώνεται η βάση (DataBase). Η βάση είναι μία και είναι απαραίτητη για την ύπαρξη της ιστοσελίδας (Interface), που επίσης είναι μία, την οποία τροφοδοτεί συνέχεια με νέα δεδομένα. Ο καθηγητής (Teacher) συνδέεται με την ιστοσελίδα και παρατηρεί τα αποτελέσματα που εμφανίζονται σε αυτή, ενώ έχει πρόσβαση και στη βάση δεδομένων.

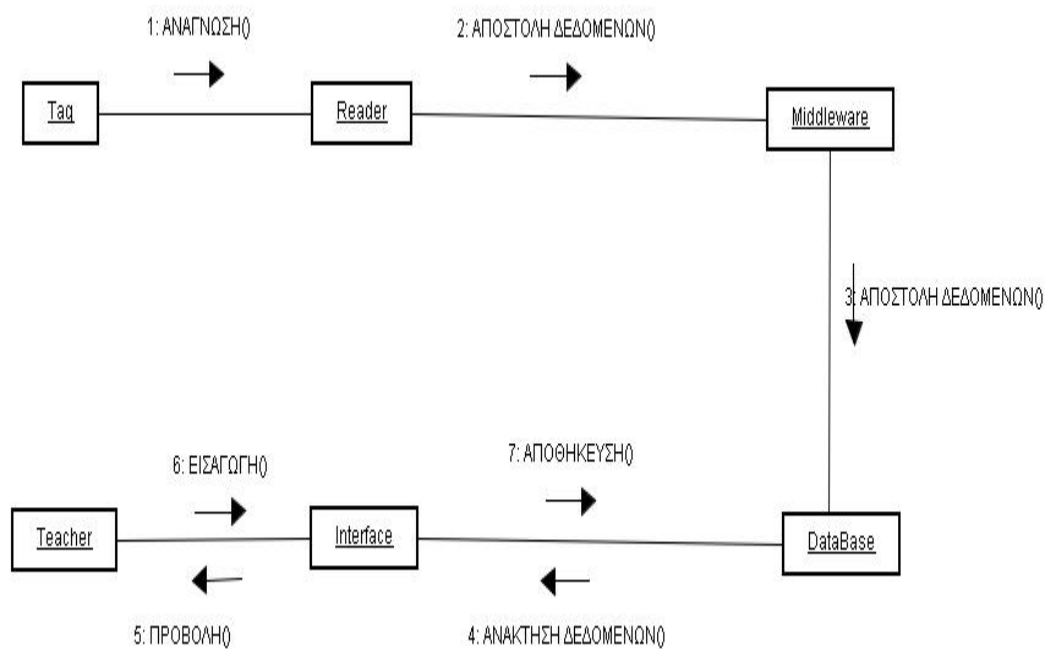
Ένα **διάγραμμα ακολουθίας** (sequence diagram) απεικονίζει τα μηνύματα που ανταλλάσσουν τα αντικείμενα του συστήματος μεταξύ τους για την ικανοποίηση της λειτουργικότητας του σεναρίου χρήσης. Η οργάνωση των διαγραμμάτων ακολουθίας γίνεται σε δύο διαστάσεις. Σε οριζόντια διάταξη παρατίθενται τα αντικείμενα των κλάσεων που αλληλεπιδρούν στο υπό εξέταση σενάριο. Η κάθετη διάσταση αντιστοιχεί στην κλίμακα του χρόνου, δηλαδή η εμφάνιση ενός μηνύματος σε χαμηλότερη θέση από κάποιο άλλο, υποδηλώνει και την αποστολή του σε μεταγενέστερο χρόνο.

Στην εικόνα 3 παρουσιάζεται το διάγραμμα ακολουθίας. Αρχικά, με την είσοδο του φοιτητή που φέρει ετικέτα (Tag), τα δεδομένα της ετικέτας διαβάζονται από τον αναγνώστη (Reader). Έπειτα τα δεδομένα λαμβάνονται από το μεσολογισμικό (Middleware) και σε επόμενο χρόνο στέλνονται στη βάση δεδομένων (Database). Τα δεδομένα περνούν κατόπιν στην ιστοσελίδα (Interface), όπου εκεί μπορούν να παρατηρηθούν από τον καθηγητή (Teacher) ο οποίος έχει συνδεθεί με την ιστοσελίδα. Η αποθήκευση γίνεται αυτόματα.



Εικόνα 3- Διάγραμμα ακολουθίας (sequence diagram)

Σε ένα **διάγραμμα συνεργασίας** (εικόνα 4) απεικονίζονται τα συνεργαζόμενα αντικείμενα και οι συσχετίσεις μεταξύ τους. Ενώ τα διαγράμματα ακολουθίας απεικονίζουν κυρίως τη ροή των μηνυμάτων σε ένα σενάριο μιας περίπτωσης χρήσης, τα διαγράμματα συνεργασίας χρησιμοποιούνται για να παρουσιάσουν τις σχέσεις μεταξύ αντικειμένων. Τα διαγράμματα ακολουθίας και συνεργασίας θεωρούνται συμπληρωματικά, καθώς περιέχουν την ίδια πληροφορία άλλα κάθε ένα δίνει μια διαφορετική οπτική γωνία.



Εικόνα 4- Διάγραμμα συνεργασίας (collaboration diagram)

3. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ

Για την υλοποίηση της εφαρμογής γίνεται χρήση τεχνολογίας RFID. Ο εξοπλισμός που απαιτείται είναι ένας **RFID reader (αναγνώστης)**, **RFID tags (ετικέτες)** και ένας **H/Y ως server**. Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια είναι τα πρόσωπα που φέρουν τις ετικέτες, καθώς και ο διαχειριστής του συστήματος.

Για τη λειτουργία της απαιτούνται Windows 2000 ή οποιαδήποτε νεότερη έκδοσή τους (XP/Vista/7, Windows CE), αλλά λειτουργεί και σε διαφορετικά λειτουργικά συστήματα όπως Linux, και Mac OS X.

Ο RFID reader που χρησιμοποιείται είναι της phidget (**1023 – PhidgetRFID/εικόνα 5**), καθώς επίσης και τα tags.




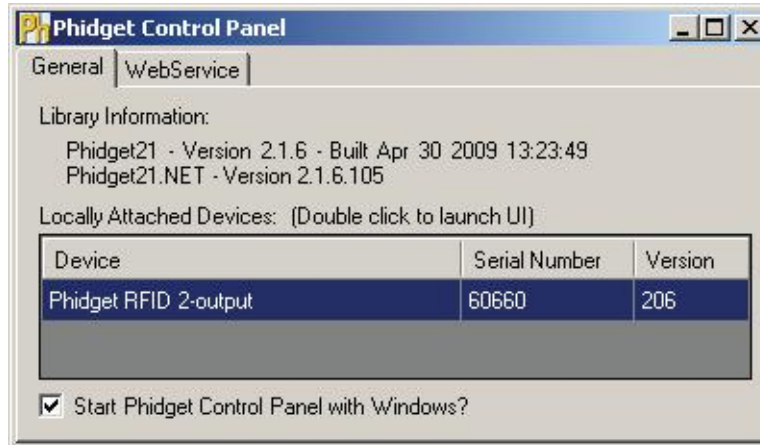
Εικόνα 5- PhidgetRFID reader

Ο αναγνώστης διαβάζει ετικέτες από απόσταση περίπου 6-7 εκατοστών, οι οποίες έχουν πρωτόκολλο EM4102 και επιστρέφει το μοναδικό κωδικό που περιέχεται σε κάθε μία. Οι γλώσσες προγραμματισμού που υποστηρίζει είναι VB6, VB.NET, C#, .NET, C++, Flash 9, Flex, Java, LabVIEW, Python, Max/MSP, and Cocoa. Στην παρούσα περίπτωση χρησιμοποιήθηκε **Java**. Ο αναγνώστης συνδέεται απ' ευθείας στον υπολογιστή σε θύρα USB και για τη λειτουργία του γίνεται εγκατάσταση του οδηγού (32-bit, ή 64-bit), που διατίθεται στην ιστοσελίδα της phidget (www.phidgets.com >> Drivers). Τα χαρακτηριστικά του αναγνώστη φαίνονται στον πίνακα 1.

Characteristic	Value
Antenna Output Power (max, far field)	< 10μW
Antenna Resonant Frequency	125kHz – 140kHz
Communication Protocol	EM4102
Read Update Rate	30 updates / second
External +5V Supply Voltage	5VDC
External +5V Supply Current Limit	400mA
External LED Supply Voltage	5VDC
External LED Supply Current Limit	16mA
External LED Output Resistance	250 Ohms
Recommended Terminal Wire Size	16 – 26 AWG
Terminal Wire Strip Length	5 – 6mm (0.196" – 0.236")
USB-Power Current Specification	500mA max
Device Quiescent Current Consumption	16mA
Device Active Current Consumption	100mA max
Typical Read Distance – Credit Card Tag	11cm (5")
Typical Read Distance – Disk Tag	6cm (3")
Typical Read Distance – Key Fob Tag	7cm (3.5")
Operating Temperature	0 - 70°C

Πίνακας 1- Χαρακτηριστικά PhidgetRFID reader

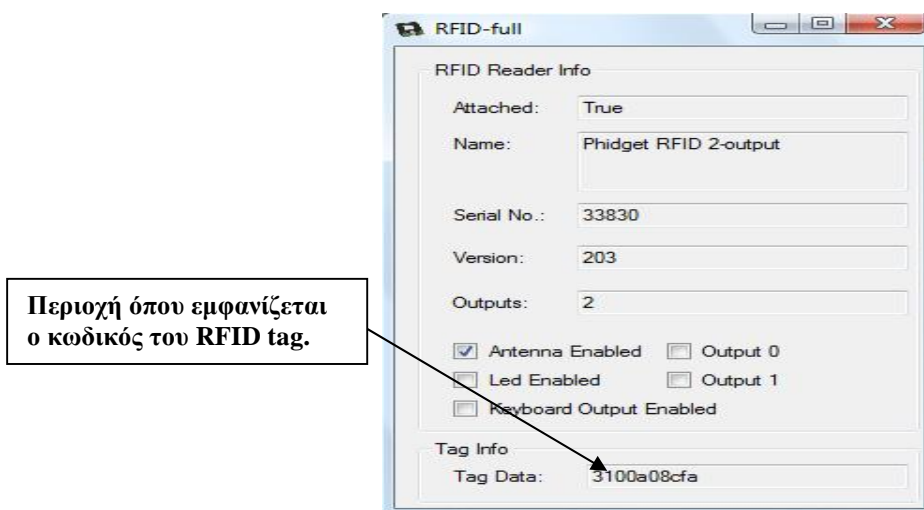
Μετά την εγκατάσταση του οδηγού, στην κάτω δεξιά γωνία της γραμμής εργασιών εμφανίζεται το εικονίδιο . Κάνοντας διπλό κλικ στο εικονίδιο ενεργοποιείται το Phidget Control Panel (εικόνα 6).



Εικόνα 6 - Phidget Control Panel

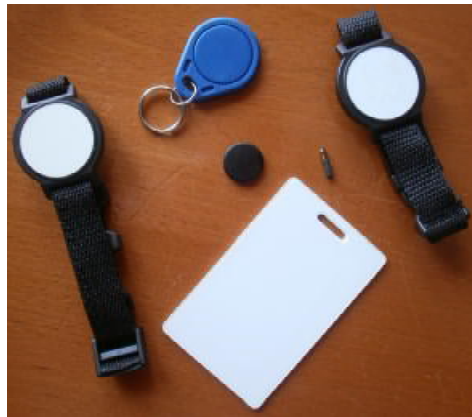
Με διπλό κλικ στο *Phidget RFID* μέσα στο Phidget Control Panel εμφανίζεται το παράθυρο RFID-full (εικόνα 7). Στον έλεγχο Attached, πρέπει να περιέχεται η λέξη True, που σημαίνει ότι η εγκατάσταση των οδηγών έχει γίνει σωστά και ο reader λειτουργεί. Η επιλογή Antenna Enabled χρειάζεται να είναι τσεκαρισμένη ώστε να ενεργοποιηθεί η κεραία. Τοποθετώντας κοντά στον αναγνώστη ένα tag, στην περιοχή Tag Info εμφανίζεται ο κωδικός του tag.

Όλες οι ετικέτες περνούν από τον αναγνώστη, σημειώνεται ο κωδικός τους και γίνεται αντιστοίχιση με το όνομα κάποιου φοιτητή. Η διαδικασία αυτή είναι απαραίτητη για να δημιουργηθεί αργότερα η βάση δεδομένων, αφού τα στοιχεία αυτά θα περιέχονται στους πίνακες της βάσης MySQL, οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω.



Εικόνα 7 - Παράθυρο RFID-full

Οι ετικέτες είναι παθητικές και γι' αυτό θα πρέπει να βρίσκονται κοντά στον αναγνώστη για να μπορούν να διαβαστούν. Η απόσταση από την οποία διαβάζονται οι ετικέτες επηρεάζεται από παράγοντες όπως το σχήμα και το μέγεθός τους, από υλικά τα οποία υπάρχουν στην περιοχή κοντά στον αναγνώστη, τον προσανατολισμό τους και το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιούνται. Όσο πιο μικρό είναι το tag τόσο πιο κοντά πρέπει να βρεθεί στον αναγνώστη για να λειτουργεί. Χρησιμοποιήθηκαν ετικέτες με διαφορετικά σχήματα όπως πιστωτικής κάρτας, ρολογιού, δίσκου, γυάλινου σωλήνα (εικόνα 8). Ένα tag με μορφή μικρού γυάλινου σωλήνα μπορεί να τοποθετηθεί μέσα σε κάποιο αντικείμενο που έχει κοντά του ο φοιτητής, όπως ένα στυλό. Οι ετικέτες με μορφή δισκίου ή κάρτας μπορούν να τοποθετηθούν στο πορτοφόλι, σε μια τσέπη ή τσάντα, ενώ με μορφή ρολογιού φοριούνται στο χέρι.



Εικόνα 8- RFID tags

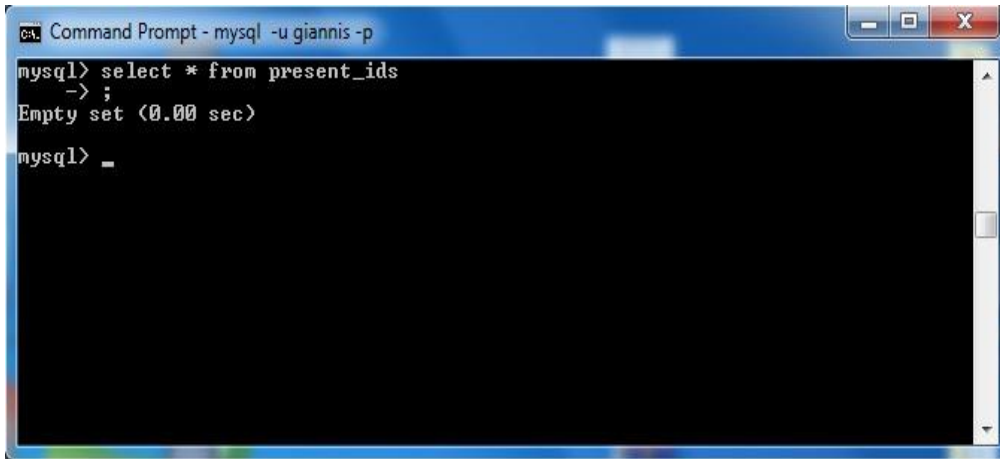
Στο επόμενο βήμα δημιουργείται μία βάση δεδομένων σε MySQL, η οποία περιέχει δύο πίνακες. Ο πρώτος πίνακας (*Students*), περιέχει δύο στήλες στην πρώτη στήλη (*ID*), υπάρχουν οι κωδικοί των tags και στη δεύτερη (*FullName*) τα ονόματα των φοιτητών που αντιστοιχούν σε κάθε κωδικό (εικόνα 9).

```
ca: Command Prompt - mysql -u giannis -p
mysql> select * from students
-> ;
+-----+-----+
| ID          | FullName |
+-----+-----+
| 3000b4e006  | Giannis Mougios |
| 3100a08cfa  | Andreas Politis |
| 3100bdf6de  | Maria Kara |
| 31003e5898  | Thanos Petrelis |
| 01065eb5ea  | Sia Papa |
| 041575c740  | Steve Allen |
+-----+-----+
6 rows in set (0.00 sec)

mysql>
```

Εικόνα 9- Πίνακας Students

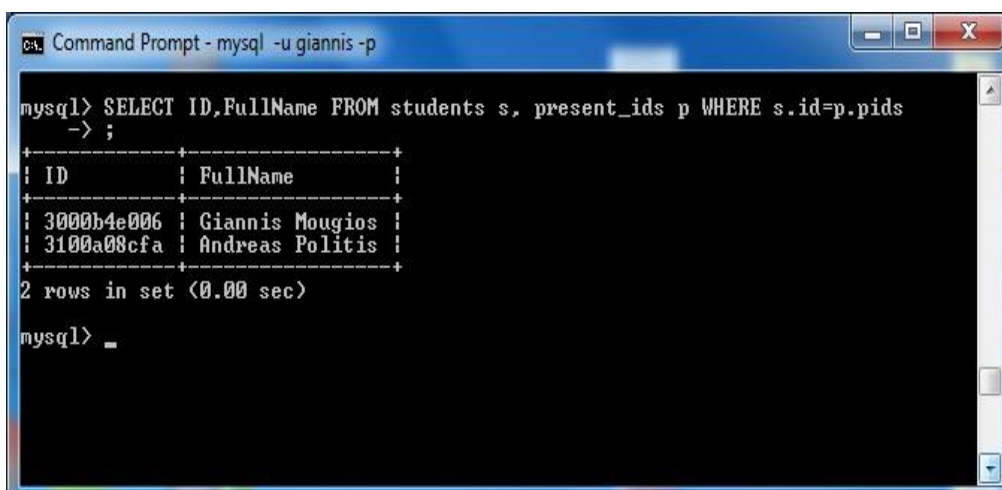
Ο δεύτερος πίνακας (*Present_IDs*), περιέχει μόνο μία στήλη στην οποία αποθηκεύονται οι κωδικοί των tags όταν αυτά εντοπιστούν, δηλαδή οι κωδικοί των παρόντων φοιτητών (Στην εικόνα 10 ο πίνακας παρουσιάζεται κενός αφού τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή δεν υπάρχουν παρόντες φοιτητές).



```
ca. Command Prompt - mysql -u giannis -p
mysql> select * from present_ids
-> ;
Empty set (0.00 sec)
mysql> _
```

Εικόνα 10- Πίνακας *Present_IDs*

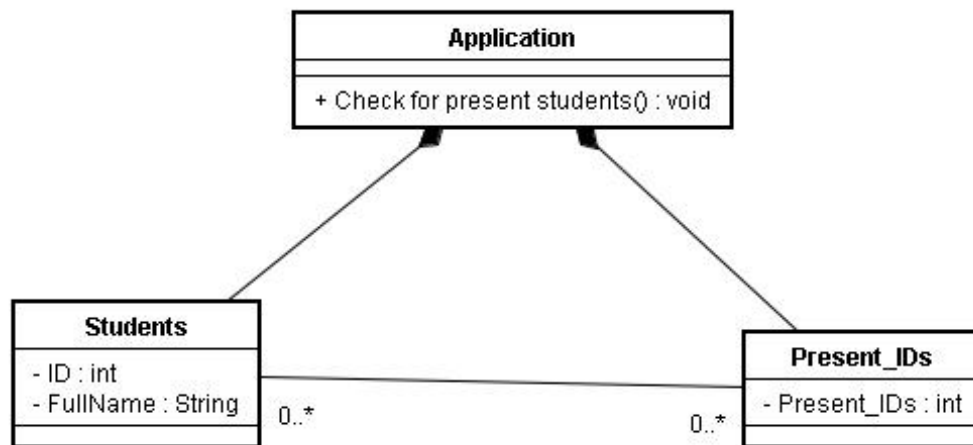
Καθώς ο πίνακας *Present_IDs* ενημερώνεται με εισαγόμενα tag ids είναι δυνατό να συσχετιστεί η αποθηκευμένη πληροφορία στους δύο πίνακες (*Students* και *Present_IDs*) με σκοπό να ταυτοποιηθεί κάθε tag id. Το αποτέλεσμα παρουσιάζεται στην εικόνα 11, όπου φαίνονται τα ονόματα των παρόντων φοιτητών με τους αντίστοιχους κωδικούς τους.



```
ca. Command Prompt - mysql -u giannis -p
mysql> SELECT ID,FullName FROM students s, present_ids p WHERE s.id=p.pids
-> ;
+-----+-----+
| ID          | FullName |
+-----+-----+
| 3000b4e006  | Giannis Mougios |
| 3100a08cfa  | Andreas Politis |
+-----+-----+
2 rows in set (0.00 sec)
mysql> _
```

Εικόνα 11- Παρόντες φοιτητές

Το διάγραμμα κλάσεων (εικόνα 12) δείχνει τους πίνακες της βάσης και τις σχέσεις μεταξύ τους.



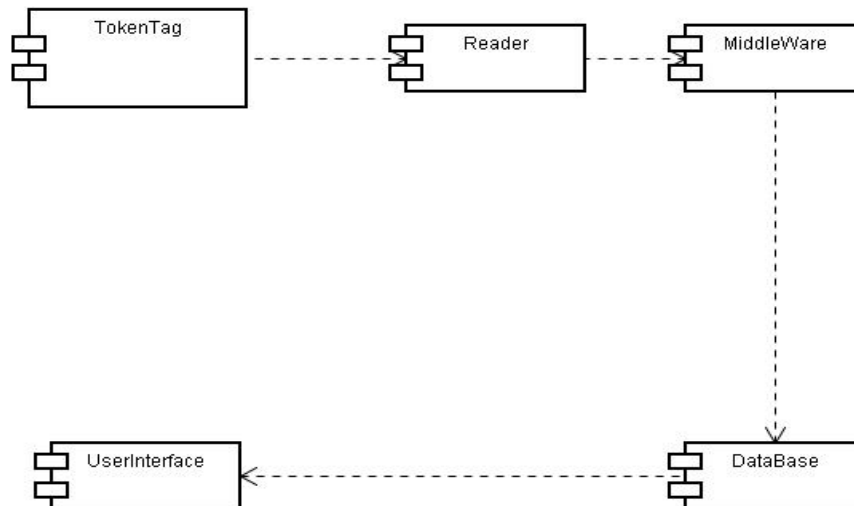
Εικόνα 12- Διάγραμμα κλάσεων

Η συσχέτιση των πινάκων **Students** και **Present_IDs** έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στην εφαρμογή των παρόντων φοιτητών.

Μετά τη δημιουργία της βάσης πραγματοποιήθηκε μελέτη στο κώδικα java σε παράδειγμα που υπάρχει στην ιστοσελίδα της phidget. Χρησιμοποιώντας το NetBeans IDE (Ολοκληρωμένο Περιβάλλον Ανάπτυξης - ένα εργαλείο στους προγραμματιστές για να γράψουν, να κάνουν compile, debug και να αναπτύξουν προγράμματα), αναπτύχθηκε ο κώδικας που απαιτούσε η εφαρμογή για να λειτουργήσει, έχοντας ως δομικό λίθο τον κώδικα του παραδείγματος στον οποίο έγιναν οι κατάλληλες τροποποιήσεις και προσθήκες (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ).

Για την επικοινωνία με τη MySQL βάση χρησιμοποιήθηκε η συνδετικότητα βάσης δεδομένων Java, JDBC (Java Database Connectivity). Είναι μια διεπαφή προγραμματισμού εφαρμογών (API_Application Programming Interface) για τη γλώσσα προγραμματισμού Java, η οποία ορίζει πώς ένας χρήστης μπορεί να έχει πρόσβαση σε μία βάση δεδομένων.

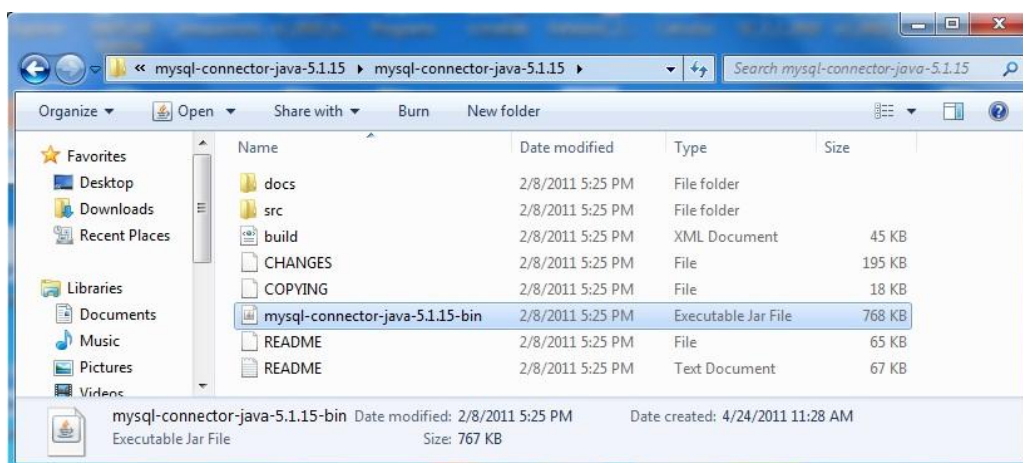
Το JDBC API παρέχει συναρτήσεις για εξαγωγή, πρόσθεση, ανανέωση ή διαγραφή δεδομένων σε μία βάση. Έτσι προστέθηκε το Connector/J στις βιβλιοθήκες της εφαρμογής το οποίο είναι ο JDBC οδηγός για τη MySQL (Εικόνα 13).



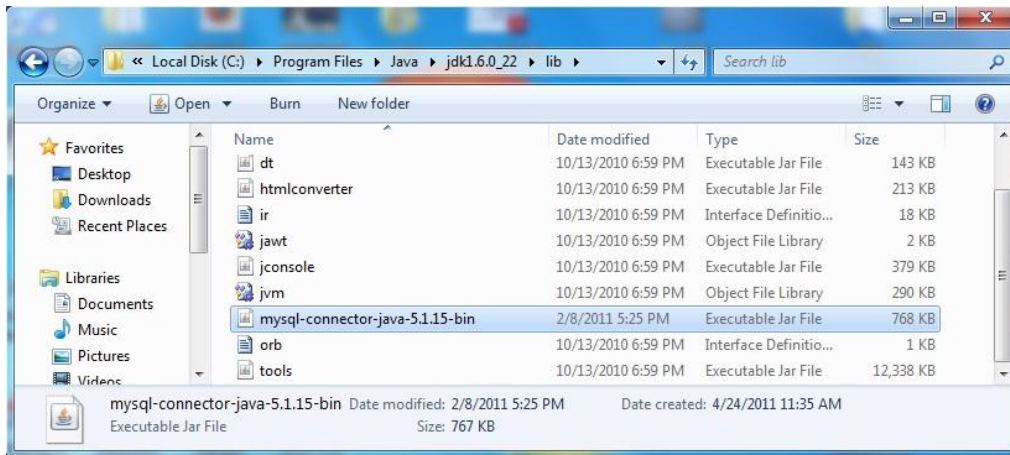
Εικόνα 13 - Σύνδεση εφαρμογής-βάσης

Οι ρυθμίσεις που χρειάστηκαν για το Connector/J ήταν οι ακόλουθες:

- § Γίνεται download στο MySQL Connector/J.
Όνομα αρχείου: 'mysql-connector-java-5.1.15.zip'.
- § Αποσυμπιέζεται το zip αρχείο σε ένα φάκελο.
Το αρχείο: 'mysql-connector-java-5.1.15-bin.jar' (Εικόνα 14) είναι το αρχείο βιβλιοθήκης που χρειάζεται.
- § Αντιγράφεται το αρχείο στο φάκελο των βιβλιοθηκών, για παράδειγμα στο κατάλογο: "C:\Program Files\Java\jdk1.6.0_22\lib" (Εικόνα 15).



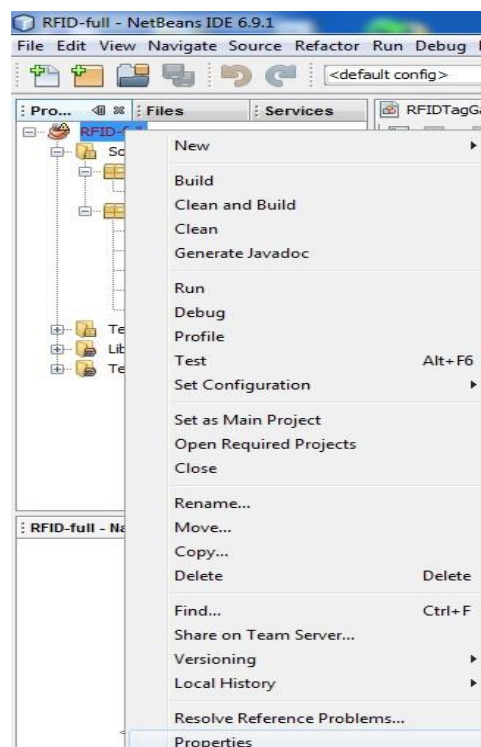
Εικόνα 14 – Αποσυμπίεση zip αρχείου



Εικόνα 15 - Αντιγραφή αρχείου

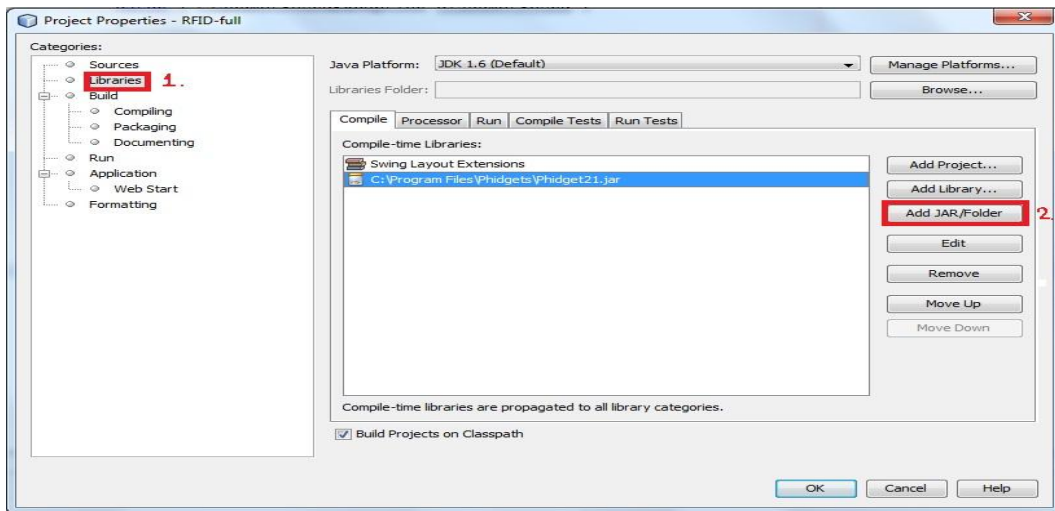
Ακολούθως, προστίθεται ο JDBC οδηγός στο NetBeans project (προστίθεται μία βιβλιοθήκη) και συγκεκριμένα το 'mysql-connector-java-5.1.15-bin.jar' που έχει αποσυμπίεστεί στο προηγούμενο βήμα.

Στο παράθυρο των projects, με δεξί κλικ στο όνομα του project (RFID-full), επιλέγεται Properties (Εικόνα 16).



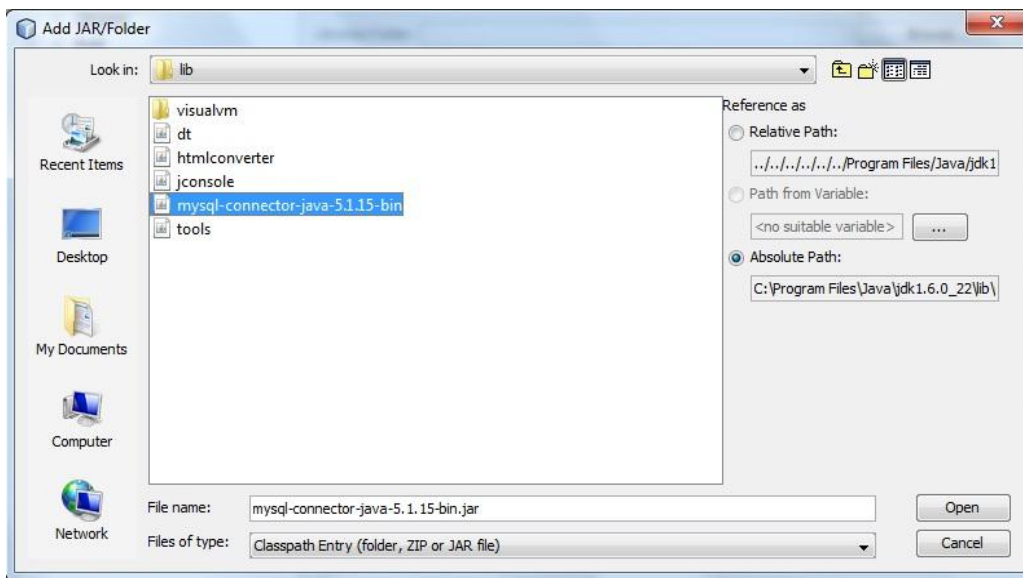
Εικόνα 16 - NetBeans

Το παράθυρο ιδιοτήτων του project εμφανίζεται. Από τις κατηγορίες στα αριστερά, επιλέγεται Libraries και δεξιά στη καρτέλα Compile, πατάμε Add JAR/Folder (Εικόνα 17).



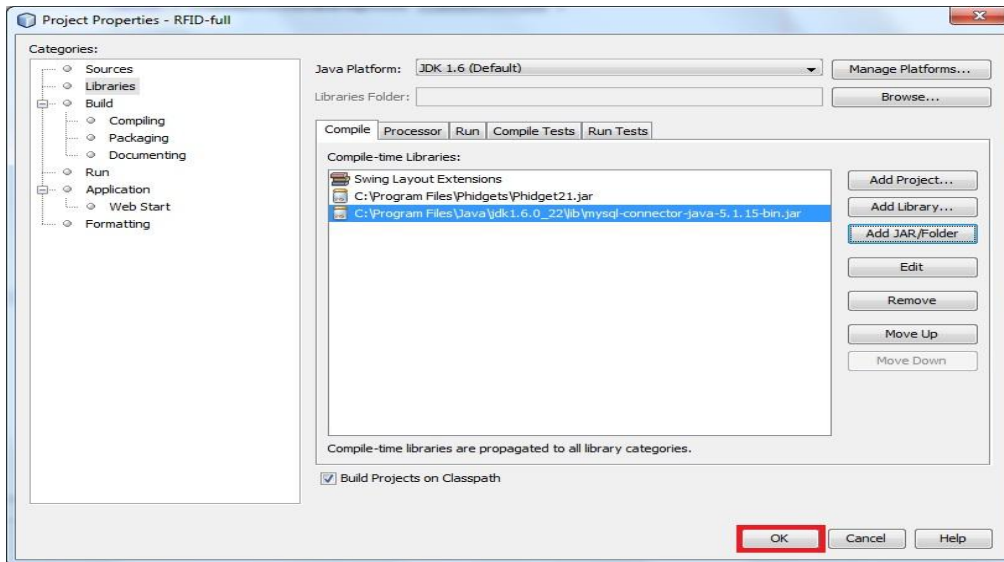
Εικόνα 17 - Παράθυρο ιδιοτήτων του project RFID-full

Εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο, επιλέγεται το αρχείο 'mysql-connector-java-5.1.15-bin.jar' και πατάμε Open (εικόνα 18).



Εικόνα 18 - Παράθυρο Add JAR/Folder

Το .jar αρχείο προστέθηκε στο project. Πατάμε OK για να ολοκληρώσουμε (Εικόνα 19).

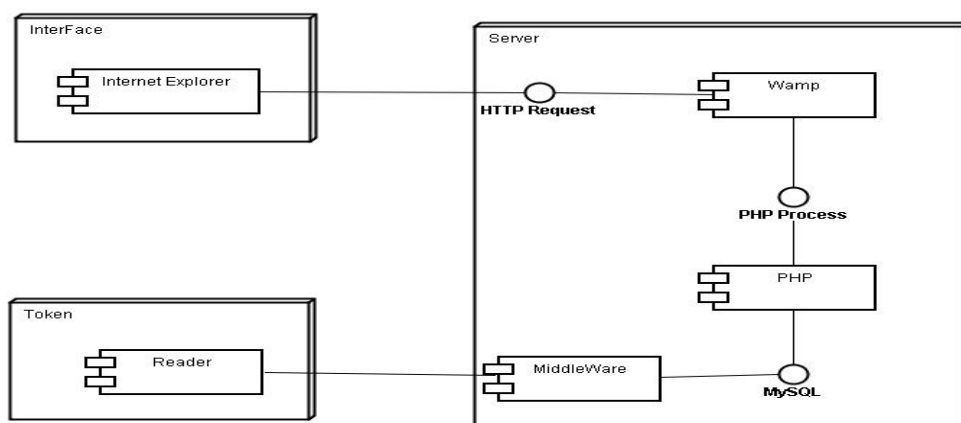


Εικόνα 19 - Παράθυρο ιδιοτήτων του project RFID-full

Το mysql-connector-java-5.1.15-bin.jar πρέπει να αποθηκευτεί σε φάκελο ο οποίος δε θα σβηστεί (π.χ. όχι σε προσωρινό φάκελο). Θα μπορούσε να αποθηκευτεί στον ίδιο φάκελο με τα κοινά αρχεία βιβλιοθηκών. Εάν σβηστεί το αρχείο χωρίς να σβηστεί το link απο το project, το project θα εμφανίσει ένα σφάλμα για ελλιπή βιβλιοθήκη.

Όσον αφορά τη διεπαφή με το χρήστη, είναι μία ιστοσελίδα, η οποία είναι φτιαγμένη σε PHP. Για να τρέξει ένα PHP σενάριο που να επικοινωνεί με μία MySQL βάση χρειάζονται τρία πράγματα (εικόνα 20):

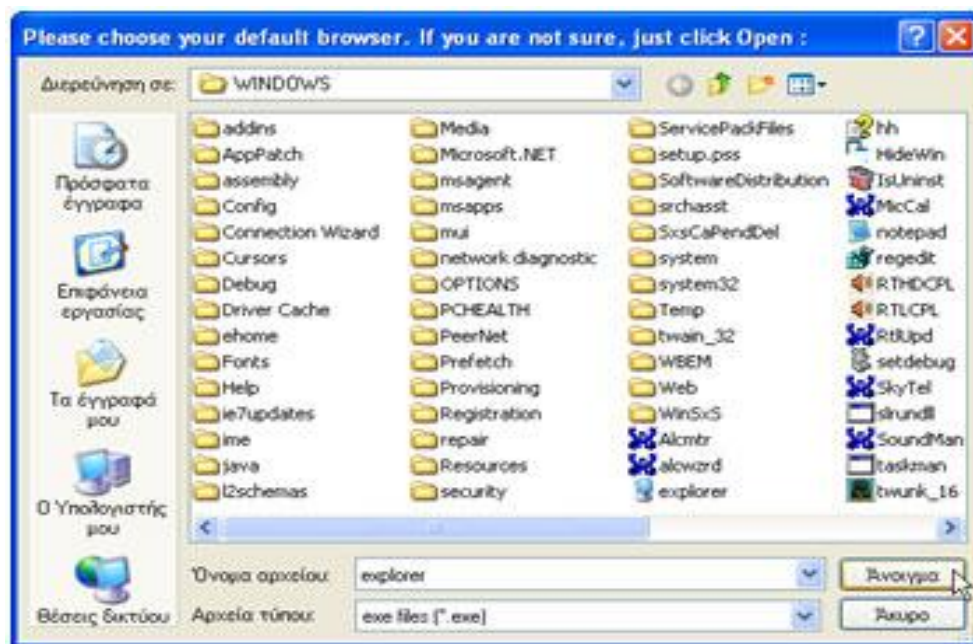
1. Ένας web server, ο οποίος μπορεί να είναι είτε ο υπολογιστής μας, είτε ένας web host. Στη συγκεκριμένη περίπτωση μετατράπηκε ο υπολογιστής μας σε server.
2. Η PHP πρέπει να είναι επίσης εγκατεστημένη στον server, εάν δεν είναι ήδη εγκατεστημένη μπορεί να εγκατασταθεί, είτε να ζητηθεί από τον web host να την εγκαταστήσει.
3. Τέλος, χρειάζεται η MySQL. Η MySQL είναι το λογισμικό που αφορά τη βάση δεδομένων.



Εικόνα 20- Deployment diagram

Χρησιμοποιώντας το λογισμικό **WampServer** μετατράπηκε ο υπολογιστής σε server. Το γεγονός ότι το WampServer έχει ενσωματωμένη την PHP και την MySQL βοήθησε στο να αποφευχθούν τα βήματα 2 και 3 καθώς και ό,τι αφορά τις ρυθμίσεις των επιμέρους λογισμικών Apache, PHP και MySQL. Το WampServer είναι ένα Windows περιβάλλον ανάπτυξης ιστού. Επιτρέπει τη δημιουργία web εφαρμογών με Apache, PHP και MySQL .

Στην εγκατάσταση του WampServer όλα γίνονται αυτοματοποιημένα. Μετά το τέλος της εγκατάστασης, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο (εικόνα 21). Στο πλαίσιο κειμένου *Όνομα αρχείου* πληκτρολογούμε *explorer*. Έτσι, δηλώνουμε τον Internet Explorer ως τον προεπιλεγμένο Web Browser. Στην κάτω δεξιά γωνία της γραμμής εργασιών της επιφάνειας εργασίας, εμφανίζεται το εικονίδιο του Wamp.



Εικόνα 21- Παράθυρο δήλωσης προεπιλεγμένου Web Browser

Προχωρώντας την υλοποίηση της εφαρμογής δημιουργείται μια ιστοσελίδα σε PHP, η οποία συνδέεται με τη βάση και μέσω ερωτημάτων προς τη βάση εμφανίζονται σε αυτή τα δεδομένα της βάσης.

Για να ανοίξει η ιστοσελίδα, στον Internet Explorer και στη γραμμή διευθύνσεων γράφεται <http://localhost/results.php>. Αυτό είναι δυνατό γιατί το php σενάριο έχει τοποθετηθεί στο web space που διατίθεται, που είναι ο φάκελος "www" εντός του φακέλου εγκατάστασης του wamp. Εντός του php σεναρίου το πρώτο πράγμα που χρειάζεται να γίνει είναι μία σύνδεση με τη MySQL βάση η οποία γίνεται ως εξής:

```
@ $db = new mysqli('localhost', 'giannis', 'maria', 'presentstudents');
```

Η παραπάνω εντολή δηλώνει ότι πραγματοποιείται σύνδεση στη βάση presentstudents που βρίσκεται στον server localhost και χρησιμοποιείται το όνομα χρήστη *giannis* και κωδικός *maria*. Χωρίς αυτή την εντολή καμία εντολή-ερώτημα προς τη βάση δε θα επιτύχει. Όσον αφορά το αν αποτελεί security risk το γεγονός ότι το user name και ο κωδικός είναι αποθηκευμένα στο php αρχείο, δεν είναι πρόβλημα, καθώς ο php πηγαίος κώδικας επεξεργάζεται από τον server πριν αυτός αποσταλεί στον browser, έτσι είναι αδύνατο για το χρήστη να δει τον κώδικα του σεναρίου. Αφότου έχει γίνει σύνδεση, πρέπει να επιλεγεί η βάση που θα χρησιμοποιηθεί και γίνεται με την παρακάτω εντολή:

```
$db->select_db('presentstudents');
```

Η βάση η οποία θα επιλέγεται πρέπει να είναι αυτή στην οποία το user name μας έχει πρόσβαση. Αν η σύνδεση δεν μπορεί να γίνει, σταματά η εκτέλεση του σεναρίου και εκτυπώνεται ο κωδικός σφάλματος που περιέχει μεταβλητή *errno* μαζί με ένα μήνυμα σφάλματος της επιλογής μας. Αυτό οφείλεται στον παρακάτω κώδικα χειρισμού σφάλματος τύπου connect.

```
if (mysqli_connect_errno()) {  
    echo 'Error: Could not connect to database. Please try again later.';  
    exit;  
}
```

Η σελίδα έχει προγραμματιστεί να ανανεώνεται κάθε δέκα δευτερόλεπτα ως εξής:

```
<meta http-equiv="refresh" content="10;url=results.php">
```

Λαμβάνει από τη βάση τα στοιχεία που περιέχονται, αφού αυτά αλλάζουν κάθε φορά που κάποιος εισέρχεται στο χώρο. Το περιεχόμενο της σελίδας προσδιορίζεται από την εκτέλεση των ερωτημάτων που πραγματοποιούνται από τη στιγμή που αυτή ανοίγεται.

Στον PHP κώδικα της ιστοσελίδας υπάρχουν δύο mysql queries προς την mysql βάση δεδομένων τα οποία ανακτούν τις απαιτούμενες πληροφορίες.

Το πρώτο ερώτημα προς τη βάση συγκρίνει τον πίνακα των Present_IDs, δηλαδή τους κωδικούς των παρόντων φοιτητών, με τα ids που υπάρχουν στον πίνακα όλων των καταγεγραμμένων φοιτητών (students) και όσα ταυτίζονται επιστρέφονται.

```
$query = "SELECT ID, FullName FROM students s, present_ids p WHERE s.id=p.pids";
```

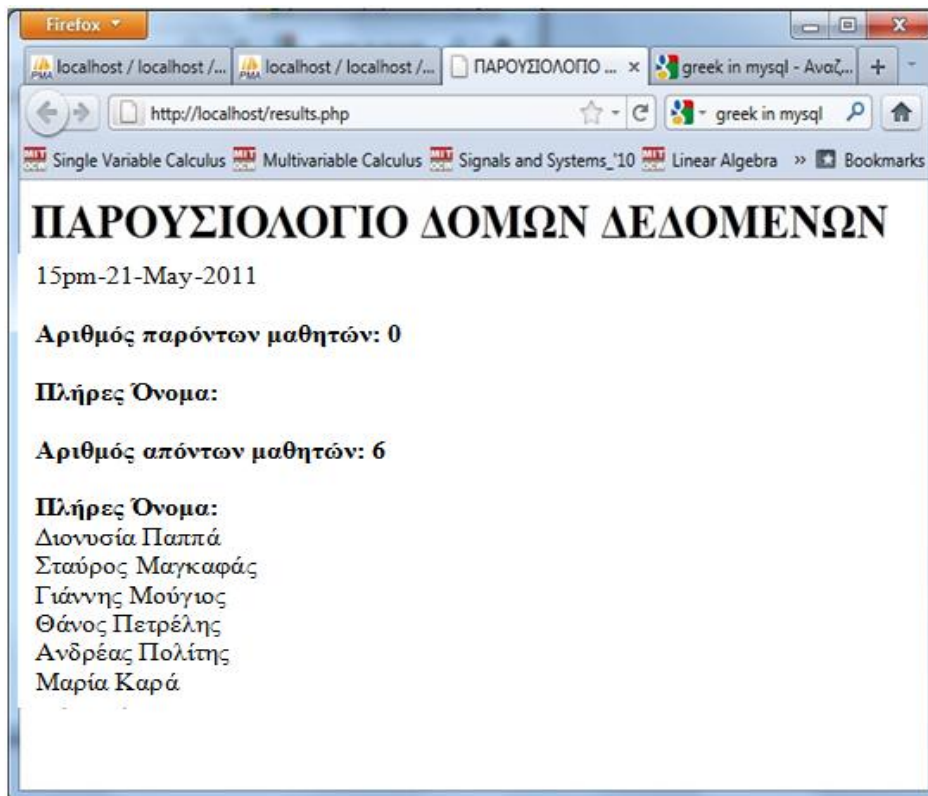
Το δεύτερο ερώτημα περιέχει δύο ερωτήματα, το ένα ένθετο στο άλλο. Το ένθετο ερώτημα κάνει ό,τι το πρώτο, που αναφέρθηκε παραπάνω. Το εξωτερικό ερώτημα στη συνέχεια συγκρίνει το επιστρεφόμενο σύνολο (των IDs) από το ένθετο ερώτημα, με τα IDs του πί-

νακα students και όσα δεν υπάρχουν στο επιστρεφόμενο σύνολο (του ένθετου ερωτήματος) επιστρέφονται ως αποτέλεσμα.

Με αυτόν τον τρόπο εντοπίζονται οι απόντες.

```
$query = "SELECT ID, FullName FROM students WHERE ID NOT IN (SELECT ID FROM students s, present_ids p WHERE s.id=p.pids)";
```

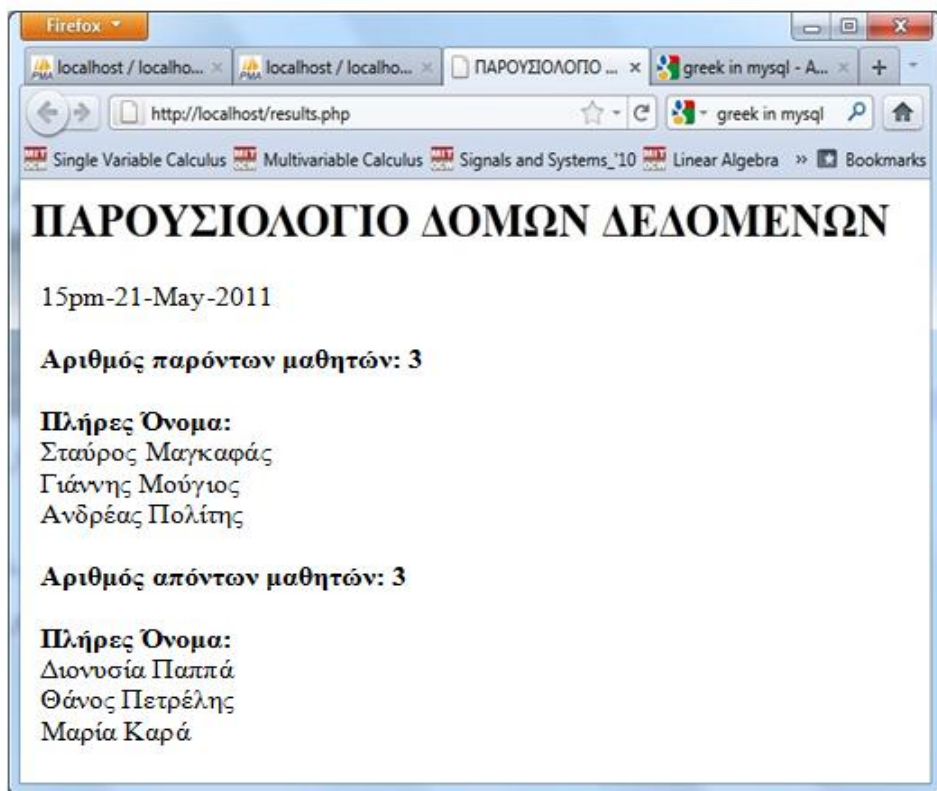
Έτσι πριν ακόμη εισέλθει κανείς στο χώρο, δεν έχει καταγραφεί στη βάση κανένας κωδικός και επομένως όλοι θεωρούνται απόντες και γι' αυτό εμφανίζονται όλα τα ονόματα των φοιτητών κάτω από τη φράση «Αριθμός απόντων μαθητών» (εικόνα 22).



Εικόνα 22 – Απόντες φοιτητές

Όταν ένας φοιτητής εισέλθει στο εργαστήριο, ο RFID reader διαβάζει την ετικέτα που βρίσκεται πάνω του, ενημερώνεται η βάση και συγκεκριμένα στον πίνακα των παρόντων ids προστίθεται (από την java εφαρμογή) το id που μόλις εντοπίστηκε.

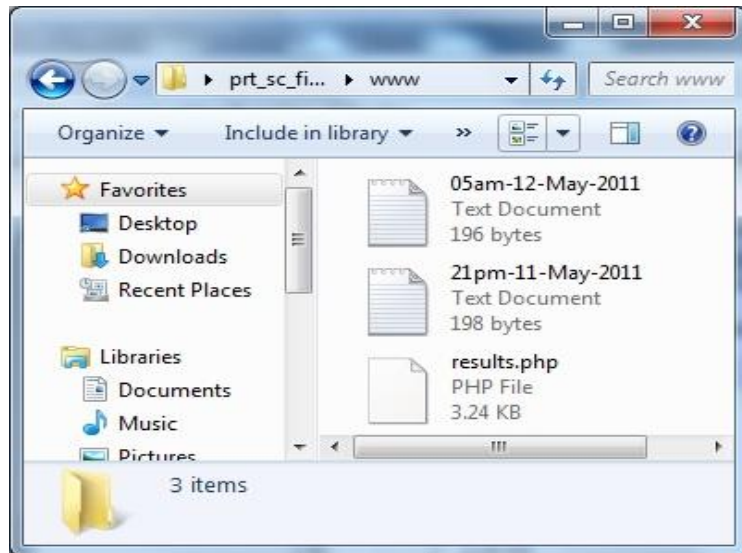
Με την εκτέλεση του πρώτου ερωτήματος και την ανανέωση της σελίδας, που όπως προαναφέρθηκε γίνεται κάθε 10'', βλέπουμε τα ονόματα των εισερχόντων να μεταπηδούν από τους απόντες, στους παρόντες φοιτητές (Αριθμός παρόντων φοιτητών - εικόνα 23).



Εικόνα 23 – Παρόντες φοιτητές

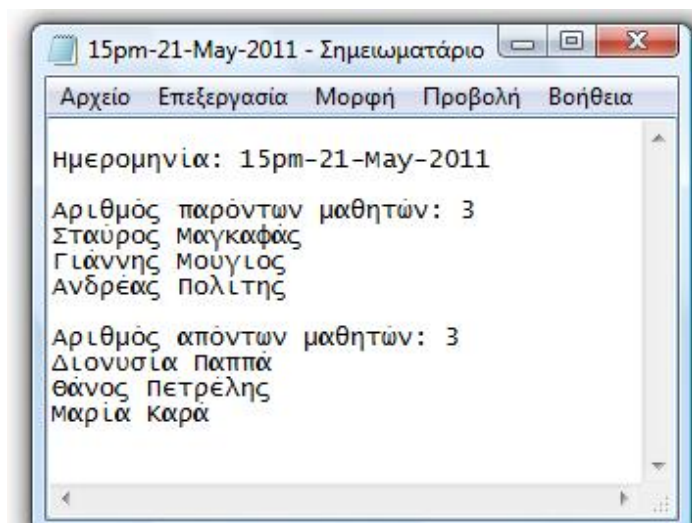
Στο τέλος του μαθήματος ο καθηγητής εύκολα παρατηρεί το συνολικό αριθμό των παρόντων (π.χ. Αριθμός παρόντων φοιτητών: 3), το ονοματεπώνυμό τους καθώς και τα αντίστοιχα στοιχεία των απόντων. Κλείνει την εφαρμογή και στο επόμενο μάθημα μπορεί να επαναληφθεί η διαδικασία.

Η αποθήκευση των δεδομένων γίνεται αυτόματα σε φάκελο που έχει οριστεί κατά τη δημιουργία της ιστοσελίδας ο χρήστης δε χρειάζεται να κάνει καμία ενέργεια. Το όνομα του αρχείου είναι η ώρα και η ημερομηνία (π.χ. 05am-12-May-2011), που εμφανίζονται κάτω από το όνομα του μαθήματος (εικόνα 24). Η δημιουργία του αρχείου γίνεται αυτόματα όταν ανοίγει η ιστοσελίδα. Κάθε 10 δευτερόλεπτα που γίνεται η ανανέωση της ιστοσελίδας, πραγματοποιείται και αντικατάσταση του περιεχομένου του αρχείου αποθήκευσης, με αποτέλεσμα στο τέλος της ώρας να αποθηκεύεται το πιο πρόσφατο αρχείο με τα τελευταία δεδομένα που εισήχθησαν. Έτσι αποθηκεύονται αρχεία που το όνομά τους διαφοροποιείται όχι μόνο από την ημερομηνία, αλλά και την ώρα. Αυτό διευκολύνει, όταν η εφαρμογή χρησιμοποιείται ξανά την ίδια μέρα αλλά διαφορετική ώρα. Μπορούμε να έχουμε δηλαδή αποθηκευμένα αρχεία με ίδια ημερομηνία και διαφορά μόνο στην ώρα.



Εικόνα 24 – Αποθήκευση δεδομένων

Τα δεδομένα αποθηκεύονται με τη μορφή αρχείου κειμένου και οποιαδήποτε στιγμή μπορεί ο χρήστης να δει τα παρουσιολόγια (εικόνα 25).



Εικόνα 25 – Αρχείο κειμένου δεδομένων

4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

Μετά την ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε πειραματισμός ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο μπορούν να επιτευχθούν τα προσδοκώμενα αποτελέσματα και η εφαρμογή να θεωρηθεί επιτυχής.

Τοποθετήθηκε ο αναγνώστης δίπλα στο άνοιγμα της πόρτας ενός δωματίου, συνδέθηκε με τον υπολογιστή και ξεκίνησε η διαδικασία. Γνωρίζοντας ότι οι ετικέτες είναι παθητικές και ο αναγνώστης δεν εκπέμπει πολύ ισχυρό σήμα, τα πρόσωπα εισέρχονται στο χώρο περνώντας τις ετικέτες σε απόσταση τουλάχιστον πέντε εκατοστών. Στην ιστοσελίδα τότε, τα ονόματα των ατόμων που αντιστοιχούν στους κωδικούς των ετικετών μεταπηδούν από τους απόντες στους παρόντες. Η εφαρμογή δείχνει να λειτουργεί κανονικά έχοντας τα αναμενόμενα αποτελέσματα.

Έπειτα περνιούνται οι ετικέτες συνεχόμενα, η μία αμέσως μετά την άλλη και δεν υπάρχει κανένα πρόβλημα αναγνώρισης. Εξίσου σωστά λειτούργησε και όταν περάστηκαν ταυτόχρονα δύο, τρία ή όλα τα tags. Έτσι το συνεχόμενο ή ταυτόχρονο πέρασμα από την πόρτα πολλών ατόμων δε δημιουργεί προβλήματα στην εφαρμογή, αφού η αναγνώρισή τους πραγματοποιείται με επιτυχία.

Επίσης έγιναν αλλαγές στο χρόνο ανανέωσης της σελίδας, από λίγα δευτερόλεπτα μέχρι μερικά λεπτά, για να διαπιστωθεί ποιος χρόνος ανανέωσης είναι προτιμότερος, καταλήγοντας στα δέκα δευτερόλεπτα ή λιγότερο, αφού η μεγαλύτερη αναμονή δεν εξυπηρετεί κανένα σκοπό.

Προβλήματα στη λειτουργία της εφαρμογής παρουσιάστηκαν όταν ο αναγνώστης βρέθηκε κοντά σε ασύρματο router, μειώνοντας την “ικανότητά” του για ανάγνωση των ετικετών. Σε απόσταση ενός μέτρου περίπου δεν μπορούσε σχεδόν καθόλου να διαβάσει τις ετικέτες, ακόμη και όταν αυτές εφάπτονταν στον αναγνώστη. Όσο απομακρυνόταν από το router το πρόβλημα μειωνόταν.

Σχετικά με την αποθήκευση, έγινε έλεγχος για να διαπιστωθεί αν είναι δυνατό να δημιουργούνται διαφορετικά αρχεία κατά τη διάρκεια μιας μέρας. Η εφαρμογή παρέμεινε ανοιχτή για αρκετές ώρες και διαπιστώθηκε ότι στο φάκελο αποθήκευσης υπήρχαν διαφορετικά αρχεία, ανάλογα με τις ώρες που λειτουργούσε η εφαρμογή. Συγκεκριμένα ο χρόνος λειτουργίας ήταν περίπου πέντε ώρες και τα αποθηκευμένα αρχεία ήταν και αυτά πέντε.

Τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή, δηλαδή η αναγνώριση φυσικών προσώπων και η μετατροπή της υπόστασής τους σε ψηφιακή μορφή κατάλληλη για επεξεργασία, είναι πραγματικότητα. Τα προβλήματα που σχετίζονται με την απόσταση ανάγνωσης των ετικετών από τον αναγνώστη, είναι καθαρά τεχνικά και έχουν να κάνουν με την επιλογή του εξοπλισμού. Επίσης τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν από την παρεμβολή του σήματος του router, λύνονται και αυτά με την επιλογή ισχυρότερου εξοπλισμού, ώστε να μην επηρεάζεται η λειτουργία της εφαρμογής από παρεμβολές άλλων συσκευών.

Σε ένα φυσικό χώρο το κάθε πρόσωπο δε θα πρέπει να έχει στη σκέψη του ότι χρειάζεται να περνά το tag, που φέρει πάνω του, σε απόσταση λίγων εκατοστών από τον αναγνώστη, γιατί έτσι δε θα είχε ιδιαίτερη διαφορά από μια απλή κάρτα εργασίας. Επομένως πρέπει να χρησιμοποιηθούν ετικέτες με μεγαλύτερη εμβέλεια ανάγνωσης όπως οι **ημιπαθητικές** ή οι **ενεργές**, ή **αναγνώστης** παθητικών ετικετών που εκπέμπει **σήματα υψηλής ενέργειας** για να μπορεί να ενεργοποιήσει το κύκλωμα της ετικέτας. Έτσι καθένας εισέρχεται στο χώρο χωρίς να τον απασχολεί αν βρίσκεται πολύ κοντά στον αναγνώστη, αφού το άνοιγμα της πόρτας θα είναι πάντα μέσα στην ακτίνα ανάγνωσης.

5. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η εφαρμογή της RFID τεχνολογίας σήμερα συναντά μεγάλη αντίσταση, λόγω των ανησυχιών περί τήρησης του ιδιωτικού απορρήτου. Η δυνατότητα να αναγνωρίζονται όχι μόνο κάποια αντικείμενα, αλλά και πρόσωπα, μέσω των RFID tags, είναι κάτι που όχι μόνο δε θα περνούσε απαρατήρητο, αλλά θα δημιουργούσε και αντιδράσεις. Ίσως μπορεί να θεωρηθεί η αρχή για ευρύτερες εφαρμογές που θα δίνουν τη δυνατότητα παρακολούθησης και εντοπισμού των ατόμων σε ένα χώρο, καθώς και συλλογής διαφόρων δεδομένων που αφορούν όλα το ίδιο πρόσωπο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ανησυχίες για την προσωπική ζωή. Χρειάζεται να διασφαλισθεί ο σεβασμός όλων των θεμελιωδών δικαιωμάτων των ατόμων, συμπεριλαμβανομένου του δικαιώματος στην ιδιωτική ζωή και στην προστασία των δεδομένων.

Οι περισσότεροι κίνδυνοι παραβίασης της προσωπικής ζωής των πολιτών προκύπτουν από το γεγονός ότι τα tags με τη μοναδικότητα του σειριακού αριθμού τους, μπορούν εύκολα να συσχετιστούν με την ταυτότητα ενός ατόμου, καθώς επίσης και από το γεγονός ότι η τεχνολογία RFID επιτρέπει την λαθραία παρακολούθηση αλλά και την λαθραία καταγραφή δεδομένων αφού οι ετικέτες διαβάζονται από τους αναγνώστες χωρίς να ενημερώνουν τους ιδιοκτήτες τους. Τέτοιοι κίνδυνοι μπορεί να είναι, η **παρακολούθηση των κινήσεων** ενός ατόμου με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται από μια ομάδα tags, η **αποκάλυψη προτιμήσεων** του ατόμου από εταιρίες ή άλλα άτομα, η **αποκάλυψη θέσης** ατόμων όπου μπορεί να παρακολουθούνται στο χώρο και η τοποθεσία τους να φανερώνεται, η **κατηγοριοποίηση ανθρώπων**, η **αποκάλυψη συναλλαγών** με συμπεράσματα που εξάγονται όταν ένα αντικείμενο που φέρει tag αλλάξει ομάδα, τα **απαρχαιωμένα στοιχεία** τα οποία σε πολλές περιπτώσεις ευθύνονται για την εξαγωγή λανθασμένων συμπερασμάτων για ένα άτομο αφού οι καταχωρήσεις που αφορούν το άτομο σε μια βάση δεδομένων δεν ενημερώνονται όταν το άτομο αποκόπτεται από το προϊόν που φέρει το tag.

Η προστασία της ιδιωτικής ζωής και η ασφάλεια θα πρέπει να έχουν ενσωματωθεί στα συστήματα πληροφοριών RFID πριν από την ευρύτερη εγκατάστασή τους και όχι να αντιμετωπίζονται εκ των υστέρων. Οι απαιτήσεις, τόσο των μερών που έχουν ενεργό συμμετοχή στη συγκρότηση του συστήματος πληροφοριών RFID (π.χ. επιχειρηματικοί οργανισμοί, δημόσιες διοικήσεις, νοσοκομεία) όσο και των τελικών χρηστών που υπάγονται στο σύστημα (πολίτες, καταναλωτές, ασθενείς, απασχολούμενοι), πρέπει να εξετάζονται κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού του εν λόγω συστήματος. Η υλοποίηση τέτοιων εφαρμογών πρέπει να συνοδεύεται από εγγυήσεις προστασίας των προσωπικών δεδομένων καθώς και ενημέρωση σε ζητήματα που αφορούν την υγεία, αφού προβληματισμοί υπάρχουν και για την επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.

Για τα προβλήματα και τους κινδύνους των συστημάτων RFID έχουν προταθεί διάφοροι τρόποι επίλυσής τους όπως η **καταστροφή των tags** κατά την αγορά τους, μέσω ενός kill command, ή **αφαίρεση της ετικέτας** χειροκίνητα όπου αυτό επιτρέπεται, η **χρήση κωδικών πρόσβασης** στο tag για την εξουσιοδοτημένη χρήση του, η **χρήση κρυπτογράφησης** κατά την επικοινωνία μεταξύ tag και reader, η **χρήση blocker tags**, τα οποία μπλοκάρουν τους μη εξουσιοδοτημένους readers προσομοιώνοντας πολλά tags ταυτόχρονα. Η **νομοθεσία και το ρυθμιστικό πλαίσιο** μπορούν επίσης να παίξουν σημαντικό ρόλο δημιουργώντας ένα κλίμα ασφάλειας στο καταναλωτικό κοινό. Η γνώση ότι ο νόμος περιορίζει την εκμετάλλευση των προσωπικών δεδομένων είναι ένας σημαντικός παράγοντας που θα ενισχύσει την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στην τεχνολογία RFID.

Η τεχνολογία RFID παρουσιάζει όλο και περισσότερες εφαρμογές και στο μέλλον η χρήση της θα είναι σε μεγαλύτερη κλίμακα απ' ό τι σήμερα. Το 2011 αναμένεται να πουληθούν γύρω στα 2,8 δισεκατομμύρια έξυπνες ετικέτες, από τις οποίες το ένα τρίτο περίπου στην Ευρώπη. Εκτιμάται ότι έως το 2020 θα μπορούσαν να υπάρχουν στην Ευρώπη έως και 50 δις συνδεδεμένες ηλεκτρονικές συσκευές.

Στις 12 Μαΐου 2009, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή διατύπωσε σύσταση για την εφαρμογή αρχών προστασίας της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων στις εφαρμογές που υποστηρίζονται από ραδιοσυχνική αναγνώριση («σύσταση RFID»). Στην εν λόγω σύσταση, η Επιτροπή ορίζει απαίτηση ενός πλαισίου που αφορά εκτιμήσεις των επιπτώσεων των εφαρμογών RFID στην προστασία των δεδομένων και της ιδιωτικής ζωής. Οι εκτιμήσεις αυτές είναι ευρύτερα γνωστές ως εκτιμήσεις των επιπτώσεων στην προστασία της ιδιωτικής ζωής (ιδιωτικότητας) ή **PIA**. Το παρόν πλαίσιο PIA για εφαρμογές RFID ανταποκρίνεται στην εν λόγω απαίτηση.

Στο πλαίσιο της συμφωνίας οι εταιρείες, πριν από την εισαγωγή στην αγορά κάθε νέας εφαρμογής έξυπνης ετικέτας, θα διεξάγουν συνολική εκτίμηση των κινδύνων για την ιδιω-

τικότητα και θα λαμβάνουν μέτρα για την αντιμετώπιση των κινδύνων που έχουν εντοπιστεί. Θα συμπεριλαμβάνονται πιθανές επιπτώσεις στην προστασία της ιδιωτικής ζωής από συνδέσεις μεταξύ των δεδομένων που συλλέγονται και διαβιβάζονται, και άλλων δεδομένων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην περίπτωση ευαίσθητων προσωπικών δεδομένων, όπως είναι τα βιομετρικά, τα δεδομένα υγείας ή ταυτότητας.

Με το πλαίσιο ΡΙΑ θεσπίζεται για πρώτη φορά στην Ευρώπη μια σαφής μέθοδος για την αξιολόγηση και την άμβλυνση των επιπτώσεων από κινδύνους για την ιδιωτικότητα που προέρχονται από έξυπνες ετικέτες. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί από όλους τους κλάδους που χρησιμοποιούν έξυπνες ετικέτες, για παράδειγμα, από τις μεταφορές, την εφοδιαστική, το λιανικό εμπόριο, την έκδοση εισιτηρίων, την ασφάλεια και την υγειονομική περίθαλψη.

Ειδικότερα, το πλαίσιο ΡΙΑ δεν θα παράσχει μόνο στις επιχειρήσεις την ασφάλεια δικαίου, ότι δηλαδή η χρήση των ετικετών τους είναι σύμφωνη με την ευρωπαϊκή νομοθεσία για την προστασία της ιδιωτικής ζωής, αλλά θα προσφέρει και καλύτερη προστασία στους ευρωπαίους πολίτες και καταναλωτές.

Η ιδιωτικότητα και ασφάλεια προσωπικών δεδομένων πρέπει να διαφυλαχτούν ώστε να μη φτάσουμε στο σημείο που κάποιοι υποστηρίζουν, ότι στο μέλλον δε θα υπάρχει ιδιωτική ζωή. Η τεχνολογία RFID θα μπορέσει να προσφέρει τα πολυάριθμα οικονομικά και κοινωνικά οφέλη της μόνον εφόσον προβλεφθούν αποτελεσματικές εγγυήσεις όσον αφορά την προστασία των δεδομένων, την ιδιωτική ζωή και τις συναφείς δεοντολογικές διαστάσεις που αποτελούν τον πυρήνα της συζήτησης γύρω από την δημόσια αποδοχή της ([2], [3], [5], [6], [7], [9]).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διαμαντοπούλου Β., «Χρήση Διάχυτων Πληροφοριακών Συστημάτων και Φορέσιμων Υπολογιστών για τη δημιουργία συστήματος ελέγχου σκαφών αναψυχής», Internet: www.syros.aegean.gr/de/dpsd00017.pdf, 2007 [Ιούλ. 1, 2010].
2. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, «Η ραδιοσυχνική αναγνώριση (RFID) στην Ευρώπη: βήματα προς την κατεύθυνση χάραξης πλαισίου πολιτικής», Internet: http://eurlex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=el&type_doc=COMfinal&an_doc=2007&nu_doc=96, Μαρτ. 15, 2007 [Φεβ. 4, 2011].
3. Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, «Πλαίσιο για την εκτίμηση των επιπτώσεων στην προστασία της ιδιωτικής ζωής και των δεδομένων όσον αφορά εφαρμογές RFID», Internet: http://ec.europa.eu/information_society/policy/rfid/documents/pia-el.pdf Φεβ. 2011 [Μαρτ. 13, 2011].
4. «Εφαρμογές RFID Επιστημονική Φαντασία ή γεγονός», Internet: http://www.sepe.gr/files/news/Rfid_SEPEnews14.pdf, [Αυγ. 8, 2010].
5. Zaharakis I. D., Kameas A. D., “Engineering Emergent Ecologies of Interacting Artefacts”, in Lumsden, J. (Ed.) *Handbook of Research on User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology*, 2008, pp. 364-384. Information Science Reference (ISBN: 978-1-59904-871-0).
6. «Η Τεχνολογία στην Επιχείρηση, RFID», Internet: http://www.go-online.gr/ebusiness/specials/article.html?article_id=1598, [Ιούλ. 1, 2010].
7. «Ιδιωτικότητα και Ασφάλεια RFID» Internet: <http://www.rfidportal.gr/index.php/~rfid>, [Ιούλ. 11, 2010].
8. Καμέας Α., Καραγιαννίδης Χ., «Συνεργατικά Συστήματα Διάχυτου Υπολογισμού και Περιρρέουσας Νοημοσύνης», Internet: <http://karagian.users.uth.gr/cscl/15-Kameas-Karagiannidis.pdf>, 2005 [Ιουλ. 1, 2010].
9. Κουλλαπής Κ., «Συστήματα RFID : Θέματα ασφάλειας και ιδιωτικότητας», Internet: <http://artemis.cslab.ntua.gr:80/Dienst/UI/1.0/Display/artemis.ntua.ece/DT2009-0097>, 2009 [Ιούλ. 14, 2010].
10. Μαλλάς Δ., «RFID in Greece: Ξεπερνώντας τις ασθένειες της παιδικής ηλικίας», Internet: www.selfservice.gr/default.asp, 2008 [Ιούλ. 14, 2010].

11. Μπιζιούρη Β., «Εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στα Warehouse Management Systems», Internet: <http://dspace.lib.uom.gr/bitstream/2159/3760/1/BiziouriMsc2007.pdf>, 2007 [Ιούλ. 10, 2010].
12. Νικολετσέας Σ., Σπυράκης Παύλος, «Τα θαύματα της Έξυπνης Σκόνης», Internet: <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=149426>, 2003 [Απρ. 26, 2011].
13. Παγκράτης Π., «Η τεχνολογία RFID χώρο της υγείας», Internet: nemertes.lis.upatras.gr/dspace/bitstream/.../Nimertis_Pagratis.pdf, 2007 [Ιούλ. 29, 2010].
14. Πολίτης Ι., «RFID networking, Δίκτυα αναγνώρισης ραδιοσυχνότητας», Internet: http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2009/RFID_NETWORKING.pdf, (2009) [Αυγ. 21, 2010].
15. «RFID Σύντομη Αναφορά στην Τεχνολογία», Internet: www.businesseffect.gr/docs/BE-RFIDTechnologyBrochureGR.pdf, [Σεπτ. 19, 2010].
16. «RFID Τεχνολογία και λύσεις», Internet: <http://www.trinitysystems.gr>, [Ιούλ. 14, 2010].
17. Σαρμούρης Κ., «Ubiquitous and Pervasive Networks», Internet: http://conta.uom.gr/conta/ekpaideysh/metaptyxiaka/technologies_diktywn/ergasies/2009/Ubiquitous%20and%20Pervasive%20Networks.pdf, 2009 [Αυγ. 21, 2010].
18. «Συστήματα Βιβλιοθηκών 3M Hellas Limited, Create a more human library, RFID 301, Μια επισταμένη ματιά σχετικά με τη χρήση της RFID στη βιβλιοθήκη σας», Internet: <http://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?66666UuZjcFSLXTtnXTEm8TaEVuQEcuzgVs6EVs6E666666-->, [Οκτ. 5, 2010].

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κώδικας JAVA

```
/*- RFIDTagGainListener -  
 * We'll display the tag code in the field on the GUI  
 *  
 * Copyright 2007 Phidgets Inc.  
 * This work is licensed under the Creative Commons Attribution 2.5 Canada License.  
 * To view a copy of this license, visit http://creativecommons.org/licenses/by/2.5/ca/  
 */
```

```
package listeners;
```

```
import com.phidgets.event.TagGainListener;  
import com.phidgets.event.TagGainEvent;
```

```
import javax.swing.JTextField;
```

```
//SQL Related imports  
import java.sql.Connection;  
import java.sql.Statement;  
import java.sql.DriverManager;  
import java.sql.SQLException;
```

```
public class RFIDTagGainListener implements TagGainListener{
```

```
    private JTextField tagTxt;
```

```
    // JDBC driver name and database URL  
    static final String DRIVER = "com.mysql.jdbc.Driver";  
    static final String DATABASE_URL = "jdbc:mysql://localhost/presentstudents";
```

```
    /** Creates a new instance of RFIDTagGainListener */  
    public RFIDTagGainListener(JTextField tagTxt)  
    {  
        this.tagTxt = tagTxt;  
    }
```

```
    public void tagGained(TagGainEvent tagGainEvent)  
    {  
        tagTxt.setText(tagGainEvent.getValue());  
        dbconnect(tagGainEvent.getValue());  
    }
```

```
    /** This method is called from within the constructor to  
    * initialize the connection to the database.  
    */
```

```
    private void dbconnect(String tagData) {  
        Connection connection = null; // manages connection  
        Statement statement = null; // insert statement
```

```

// connect to database presentstudents
try
{
// load the driver class
Class.forName( DRIVER );

// establish connection to database
connection =
DriverManager.getConnection( DATABASE_URL, "giannis", "maria" );

// create Statement for inserting values to database
statement = connection.createStatement();

//Execute insert on table present_ids
boolean execute = statement.execute("INSERT INTO present_ids (PIDs) VALUES"
+ " ( " + tagData + " );");

} // end try
catch ( SQLException sqlException )
{
//sqlException.printStackTrace();
} // end catch
catch ( ClassNotFoundException classNotFound )
{
//classNotFound.printStackTrace();
} // end catch
finally // ensure resultSet, statement and connection are closed
{
try
{
statement.close();
connection.close();
} // end try
catch ( Exception exception )
{
//exception.printStackTrace();
} // end catch
} // end finally
} // end of method dbconnect
} // End of class TagGainListener

```