

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ
ΕΞΥΠΝΟ ΚΑΡΟΤΣΙ ΑΓΟΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID

Διπλωματική Εργασία

ΤΟΥ

Σταματάκη Πάρι



Θεσσαλονίκη, 06/2018

ΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΟΥ ΕΜΠΟΡΙΟΥ
ΕΞΥΠΝΟ ΚΑΡΟΤΣΙ ΑΓΟΡΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ RFID

Σταματάκης Πάρις

Πτυχίο Πληροφορικής και Τεχνολογίας Υπολογιστών
ΑΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Παράρτημα Καστοριάς, 2012

Διπλωματική Εργασία

υποβαλλόμενη για τη μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων του

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΤΙΤΛΟΥ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

Επιβλέπων Καθηγητής
Ψάννης Κωνσταντίνος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 25/6/2018

Ψάννης Κωνσταντίνος

Μαμάτας Ελευθέριος

Παπαδημητρίου Παναγιώτης

.....

.....

.....

Σταματάκης Πάρις

.....

Περίληψη

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται η ιδέα ενός έξυπνου καροτσιού αγορών, που θα εφαρμοστεί σε κάθε κατάστημα λιανικής. Για την επίτευξή του μελετήθηκε ο χώρος του Διαδικτύου των Πραγμάτων και των διαφορετικών τεχνολογιών υλικού και λογισμικού που τον απαρτίζουν, συγκεντρώνοντας περισσότερα πλεονεκτήματα έναντι παρόμοιων προσεγγίσεων στο θέμα. Με τον συνδυασμό της Ταυτοποίησης μέσω Ραδιοσυχνοτήτων και της ασύρματης επικοινωνίας ZigBee, παρέχεται ένα βελτιωμένο σύστημα αγορών, το οποίο εξαλείφει τα προβλήματα που ταλανίζουν το υπάρχον, ξεπερασμένο πλέον, σύστημα.

Το έξυπνο καρότσι αγορών παρέχει ένα, φιλικό προς τον καταναλωτή, γραφικό περιβάλλον χρήστη, με σκοπό την αποτελεσματική προώθηση της υπηρεσίας αγορών. Τα αποτελέσματα της υλοποίησης του γραφικού περιβάλλοντος δείχνουν ενθαρρυντικά ως προς την ορθότητα του συστήματος αυτού και την παροχή απλότητας και ευκολίας στις αγορές. Με τη χρήση ετικετών RFID ανιχνεύονται αυτόματα τα διάφορα προϊόντα που τοποθετούνται στο καρότσι και οι σχετικές πληροφορίες εμφανίζονται στην οθόνη. Ταυτόχρονα, ο αισθητήρας βάρους λειτουργεί ως δικλείδα ασφαλείας για την ταυτοποίηση των προϊόντων. Το καρότσι περιέχει τον μικροελεγκτή BeagleBone Black – πάνω στον οποίο προσαρτώνται όλες οι μονάδες υλικού – και αλληλεπιδρά με τον κεντρικό διακομιστή. Εκεί υπολογίζεται ο λογαριασμός, τον οποίο παρακολουθεί ο καταναλωτής σε πραγματικό χρόνο ενώ η τελική χρέωση γίνεται στα σημεία εξόδου, όπου και πραγματοποιείται αυτόματη πληρωμή. Οι αγορές διεκπεραιώνονται εύκολα και γρήγορα, βελτιώνοντας την αποτελεσματικότητα του καταστήματος και την εμπειρία αγοράς του καταναλωτή.

Λέξεις Κλειδιά: Διαδίκτυο των Πραγμάτων, RFID, Ετικέτες, Σαρωτής, Λιανικό Εμπόριο, Καρότσι, Αγορές, Κατάστημα, Μικροελεγκτής, ZigBee, Σύστημα, Αισθητήρας

Abstract

This thesis presents the idea of a smart shopping cart that will be applied to any retail store. To this end, we have studied the “Internet of Things” area as well as different hardware and software technologies which compose it. Smart shopping cart gathers several advantages over similar approaches to this issue. The combination of Radio Frequency Identification and ZigBee, provides an improved shopping system, eliminating the problems that beset the existing, outdated system.

The smart shopping cart provides a graphical user-friendly interface in order to promote effectively the shopping service. The results of implementation of the graphical environment appear to be encouraging in view of the effectiveness of the system to provide simplicity and ease of shopping. By using RFID tags, the various products placed on the cart are automatically detected and the related information is displayed on the screen. At the same time, weight sensor acts as a safety net for products identification. The cart contains BeagleBone Black microcontroller – on which all the hardware modules are attached – and interacts with the central server. The bill, which the customer keeps up in real time, is constantly calculated and the final charge is computed at the exit points where it is payed automatically. Purchases are made easily and quickly, which improves both the efficiency of the store and the buying experience of the customer.

Keywords: Internet of Things, RFID, Tags, Reader, Retail, Cart, Shops, Store, Microcontroller, ZigBee, System, Sensor

Πρόλογος – Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλω να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μου, Επίκουρο Καθηγητή κ. Ψάννη Κωνσταντίνο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μου.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τους καθηγητές του Πανεπιστημίου Μακεδονίας για την σωστή καθοδήγηση και τις συμβουλές τους.

Οφείλω ευχαριστίες στον υποψήφιο Διδάκτορα Πλαγερά Ανδρέα που μου υπέδειξε την προσεγγιστική μέθοδο που ανέπτυξα στα Κεφάλαια 5 και 6.

Ευχαριστώ τους φίλους μου για την υποστήριξη και τις πολύτιμες συμβουλές τους.

Επίσης, ευχαριστώ την Δέσποινα, για την κατανόησή της, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των τελευταίων μηνών της προσπάθειάς μου.

Πάνω απ' όλα, είμαι ευγνώμων στους γονείς μου, Στέλιο και Βάσω για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια.

Αφιερώνω αυτή την εργασία στη μητέρα μου, στον πατέρα μου και στη Δέσποινα.

Θεσσαλονίκη, Ιούνιος 2018

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Πρόβλημα και σημαντικότητα θέματος	1
1.2	Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής.....	1
1.3	Διάρθρωση της διπλωματικής	2
2	Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων	3
2.1	Τι είναι το Internet of Things	4
2.2	Ορισμός	5
2.3	Χαρακτηριστικά	6
2.4	Αρχιτεκτονική	7
2.5	Τεχνολογίες.....	9
2.6	Κίνδυνοι και ασφάλεια	9
2.7	Εφαρμογές.....	11
2.7.1	Το Internet of Things στον τομέα του εμπορίου	12
3	Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων	16
3.1	Τι είναι το RFID	16
3.2	Από τι αποτελείται ένα σύστημα RFID.....	17
3.3	Αποδομώντας το RFID.....	18
3.3.1	Σαρωτές.....	18
3.3.2	Ετικέτες	20
3.3.2.1	Τύποι μνήμης.....	20
3.3.2.2	Κατηγορίες	21
3.3.3	Συχνότητες.....	24
3.4	Οφέλη από το RFID	27
3.5	Προβλήματα και ανησυχίες.....	28
3.6	Το RFID στο λιανικό εμπόριο	29
4	Έξυπνο Καρότσι Αγορών	31
4.1	Ο τομέας του λιανικού εμπορίου	31
4.1.1	Το υπάρχον σύστημα.....	31
4.1.2	Δήλωση προβλήματος	32

4.1.3	Η ιδέα.....	33
4.2	Συναφείς εργασίες.....	34
4.3	Συγκριτική Ανάλυση	38
4.3.1	Ασύρματη επικοινωνία	39
4.3.2	Ταυτοποίηση αντικειμένων.....	41
4.3.3	Μονάδα επεξεργασίας.....	42
5	Το προτεινόμενο σύστημα.....	47
5.1	Σχεδιασμός του συστήματος	47
5.2	Τεχνολογία	50
5.3	Εξοπλισμός.....	51
5.4	Λειτουργικότητα του συστήματος.....	58
5.5	Σχηματική Αναπαράσταση	60
6	Αποτελέσματα	63
6.1	Εισαγωγή στο Android	63
6.2	Αρχιτεκτονική	64
6.3	Εργαλεία Ανάπτυξης	65
6.4	Υλοποίηση της εφαρμογής και αποτελέσματα	66
6.4.1	Δημιουργία Project.....	66
6.4.2	Δομή του Project.....	68
6.4.3	Υλοποίηση	69
6.4.4	Αποτελέσματα.....	78
7	Επίλογος.....	81
7.1	Σύνοψη και Συμπεράσματα.....	81
7.2	Όρια και περιορισμοί	82
7.3	Μελλοντικές επεκτάσεις.....	82
	Παράρτημα.....	83
	Βιβλιογραφία	94
	Ηλεκτρονικές Αναφορές	99

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 2.1: Internet of Things.....	3
Εικόνα 2.2: The goal of IoT: any time, any place, any thing.....	5
Εικόνα 2.3: Αρχιτεκτονική του IoT.....	8
Εικόνα 2.4: Περιβάλλοντα εφαρμογής του Internet of Things.....	12
Εικόνα 2.5: Το Internet of Things στον τομέα του εμπορίου	14
Εικόνα 2.6: IoT in retail stores – use cases data and benefits infographic	15
Εικόνα 3.1: Ηλεκτρονική συλλογή διοδίων.....	16
Εικόνα 3.2: Τρία στοιχεία ενός συστήματος RFID.....	18
Εικόνα 3.3: Fixed RFID Reader	19
Εικόνα 3.4: Integrated RFID Reader.....	19
Εικόνα 3.5: Mobile RFID Reader	19
Εικόνα 3.6: Τα στοιχεία ενός paper face passive RFID inlay Tag	20
Εικόνα 3.7: Active RFID tags.....	22
Εικόνα 3.8: Passive RFID hard tags.....	23
Εικόνα 3.9: Passive RFID inlays.....	23
Εικόνα 3.10: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.....	25
Εικόνα 3.11: Συχνότητες RFID	27
Εικόνα 3.12: Χρήση του RFID στο εμπόριο	30
Εικόνα 4.1: 1D vs 2D Barcode.....	31
Εικόνα 4.2: Ουρές αναμονής στα ταμεία.....	32
Εικόνα 4.3: RFID vs Barcode	41
Εικόνα 4.4: Arduino Uno Rev3	45
Εικόνα 4.5: Arduino Due.....	45
Εικόνα 4.6: Raspberry Pi 3 Model B	46
Εικόνα 4.7: BeagleBone Black Rev C.....	46
Εικόνα 5.1: Ανάγνωση Κάρτας Πελάτη από συσκευή σάρωσης κάρτας	48
Εικόνα 5.2: Διασύνδεση router, reader και tag σε δίκτυο ZigBee πλέγματος	51
Εικόνα 5.3: Διακομιστής	51
Εικόνα 5.4: Καρότσι αγορών	52

Εικόνα 5.5: Κάρτα Πελάτη – Smart Card	52
Εικόνα 5.6: Συσκευή σάρωσης κάρτας	53
Εικόνα 5.7: BeagleBone Black proposed DCM.....	53
Εικόνα 5.8: BeagleBone Black Cape – LCD	54
Εικόνα 5.9: Αισθητήρας Βάρους	54
Εικόνα 5.10: RFID Reader	55
Εικόνα 5.11: RFID tag	56
Εικόνα 5.12: Μονάδα ZigBee	57
Εικόνα 5.13: Σημείο Εξόδου	57
Εικόνα 5.14: Μπαταρία.....	57
Εικόνα 5.15: Έξυπνο καρότσι αγορών	60
Εικόνα 5.16: Αναπαράσταση γραφικού περιβάλλοντος χρήστη.....	61
Εικόνα 5.17: Σχηματικό διάγραμμα του προτεινόμενου συστήματος.....	62
Εικόνα 6.1: Μεριδίο αγοράς ανά λειτουργικό σύστημα Μάιος 2017 – Μάιος 2018 ...	63
Εικόνα 6.2: Δημιουργία νέου project.....	66
Εικόνα 6.3: Συσκευή εφαρμογής και ελάχιστο SDK	67
Εικόνα 6.4: Οδηγός επιλογής δραστηριότητας	67
Εικόνα 6.5: Δομή Android project	68
Εικόνα 6.6: Δημιουργία layout αρχικής οθόνης εφαρμογής.....	71
Εικόνα 6.7: Δημιουργία νέων activity και layout	72
Εικόνα 6.8: Δημιουργία layout του About της εφαρμογής	74
Εικόνα 6.9: Δημιουργία layout του Login της εφαρμογής	78
Εικόνα 6.10: GUI αρχικής οθόνης – κατακόρυφη προβολή	79
Εικόνα 6.11: GUI αρχικής οθόνης – οριζόντια προβολή	79
Εικόνα 6.12: GUI About – κατακόρυφη προβολή.....	79
Εικόνα 6.13: GUI About – οριζόντια προβολή.....	79
Εικόνα 6.14: Διεπαφή χρήστη για αποτελεσματική προώθηση των αγορών.....	80

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: EPC Number Format	21
Πίνακας 3.2: Active, Passive & BAP RFID systems	23
Πίνακας 4.1: Συγκριτική ανάλυση παρόμοιων συστημάτων	38
Πίνακας 4.2: Σύγκριση μεταξύ Wi-Fi & ZigBee	40
Πίνακας 4.3: Σύγκριση μεταξύ RFID & Barcode.....	42
Πίνακας 4.4: Σύγκριση Arduino Uno & Arduino Due	44
Πίνακας 4.5: Σύγκριση Raspberry Pi και BeagleBone Black	45
Πίνακας 5.1: Περιεχόμενα ετικέτας RFID	56
Πίνακας 5.2: Δεδομένα καταχωρημένα στη βάση δεδομένων	58
Πίνακας 5.3: Δεδομένα καταχωρημένα στην Κάρτα Πελάτη	58

Συμβολισμοί

Συμβολισμός	Επεξήγηση
<i>ICT</i>	Information and Communication Technology
<i>RFID</i>	Radio Frequency Identification
<i>IoT</i>	Internet of Things
<i>M2M</i>	Machine-to-Machine
<i>IP</i>	Internet Protocol
<i>IEEE</i>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<i>ITU</i>	International Telecommunication Union
<i>WLAN</i>	Wireless Local Area Network
<i>WPAN</i>	Wireless Personal Area Network
<i>WSN</i>	Wireless Sensor Network
<i>NFC</i>	Near-Field Communication
<i>ETC</i>	Electronic Toll Collection
<i>GPIO</i>	General Purpose Input/Output
<i>PoE</i>	Power over Ethernet
<i>IC</i>	Integrated Circuit
<i>EPC</i>	Electronic Product Code
<i>TID</i>	Tag Identification
<i>RTLS</i>	Real-Time Locating Systems
<i>BAP</i>	Battery-Assisted passive
<i>EAS</i>	Electronic Article Surveillance
<i>LF</i>	Low Frequency
<i>HF</i>	High Frequency
<i>UHF</i>	Ultra-High Frequency
<i>DoS</i>	Denial of Service
<i>POS</i>	Point of Sale
<i>RF</i>	Radio Frequency
<i>Wi-Fi</i>	Wireless Fidelity
<i>SBC</i>	Single Board Computer
<i>SoC</i>	System-on-a-Chip
<i>PCB</i>	Printed Circuit Board
<i>UART</i>	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
<i>BBB</i>	BeagleBone Black
<i>GUI</i>	Graphical User Interface
<i>IDE</i>	Integrated Development Environment
<i>XML</i>	eXtensible Markup Language
<i>SDK</i>	Software Development Kit

1 Εισαγωγή

1.1 Πρόβλημα και σημαντικότητα θέματος

Οι έντονοι και γρήγοροι ρυθμοί της καθημερινότητας που κατακλύζουν τη σημερινή εποχή, έχουν ως αποτέλεσμα οι άνθρωποι να προσπαθούν να εξοικονομήσουν όσο το δυνατόν περισσότερο χρόνο, κάνοντας πολλά πράγματα ταυτόχρονα. Στο πλαίσιο της σύγχρονης κοινωνίας, όπου το εμπόριο αποτελεί βασικό παράγοντα της οικονομικής λειτουργίας, η συνεχής επιθυμία αγοράς και κατανάλωσης αγαθών είναι βασικό ζητούμενο προκειμένου να γίνει εφικτή η οικονομική ανάπτυξη και η κερδοφορία των εταιρειών. [10, 19]

Ωστόσο, το υπάρχον σύστημα αγορών αντιμετωπίζει πολλά προβλήματα. Ο καταναλωτής χάνει πολύ χρόνο στις αγορές του μέσω φυσικών καταστημάτων, τόσο στην αναζήτηση πληροφοριών για τα προϊόντα όσο και στις ουρές αναμονής των ταμείων. Από την πλευρά των καταστημάτων, ξοδεύονται περιττά χρήματα για την απασχόληση προσωπικού, ενώ για τους προμηθευτές δεν υπάρχει γενική εικόνα για την αγοραστική συμπεριφορά του καταναλωτή. [10, 14, 16]

Κάπου εδώ, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έρχεται να δώσει λύση. Με τις νέες τεχνολογίες που προσφέρει, το παραδοσιακό barcode αντικαθίσταται από το RFID, παρέχοντας έτσι ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αγορών. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, ο καταναλωτής θα κάνει τα πάντα μόνος του, με τη χρήση του έξυπνου καρτοσιού. Κάθε προϊόν είναι εφοδιασμένο με ετικέτα RFID διευκολύνοντας έτσι την ανάγνωση των προϊόντων, παρακάμπτοντας τα ταμεία. [10, 11, 17]

1.2 Σκοπός και στόχοι της διπλωματικής

Ο σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η παροχή ενός βελτιωμένου συστήματος αγορών, που θα εξαλείψει τα προβλήματα που ταλανίζουν το υπάρχον σύστημα. Πιο συγκεκριμένα το έξυπνο καρότσι αγορών, θα μειώσει το χρόνο αναμονής του καταναλωτή αλλά και του συνολικού ανθρώπινου δυναμικού που απασχολεί το κατάστημα, βελτιώνοντας εν τέλει την αποτελεσματικότητα του καταστήματος και την εμπειρία αγοράς του καταναλωτή. [12, 15]

Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει να μελετηθεί ο χώρος του Διαδικτύου των Πραγμάτων καθώς και των τεχνολογιών που σχετίζονται με αυτό. Να κατανοηθούν οι βασικές έννοιες και τα χαρακτηριστικά τους, καθώς επίσης και να μελετηθούν παρόμοιες προσεγγίσεις στο θέμα.

Αναπόσπαστο κομμάτι της εργασίας αποτελεί η υλοποίηση ενός γραφικού περιβάλλοντος χρήστη, φιλικού προς αυτόν, που θα προσφέρει απλότητα και ευκολία στις αγορές.

1.3 Διάρθρωση της διπλωματικής

- Το Κεφάλαιο 2 αποτελεί την εισαγωγή στο χώρο του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Παρουσιάζονται η αρχιτεκτονική, τα βασικά χαρακτηριστικά καθώς και τα προβλήματα που αντιμετωπίζει ο συγκεκριμένος χώρος.
- Το Κεφάλαιο 3 αναλύει μια βασική τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων, την Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων. Παρουσιάζονται ο ορισμός, τα στοιχεία που αποτελούν ένα σύστημα RFID – τα οποία και αναλύονται – τα οφέλη αλλά και τα θέματα ασφάλειας που υπάρχουν στη συγκεκριμένη τεχνολογία.
- Το Κεφάλαιο 4 παρουσιάζει την επισκόπηση του υπάρχοντος συστήματος αγορών καθώς και των προβλημάτων που αντιμετωπίζει. Αναφέρονται επίσης οι συναφείς εργασίες που μελετήθηκαν και γίνεται η συγκριτική ανάλυση τους.
- Το Κεφάλαιο 5 παραθέτει το προτεινόμενο σύστημα. Παρουσιάζεται η δική μας προσέγγιση στο θέμα, οι τεχνολογίες και ο εξοπλισμός που επιλέχθηκαν και γίνεται μια γενική επισκόπηση του συστήματος.
- Το Κεφάλαιο 6 δείχνει την υλοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη και δίνει τα αποτελέσματα.
- Το Κεφάλαιο 7 αποτελεί το τελευταίο κομμάτι της παρούσας διπλωματικής εργασίας και παρουσιάζει την σύνοψη με τα συμπεράσματα και τις μελλοντικές επεκτάσεις της έρευνας.

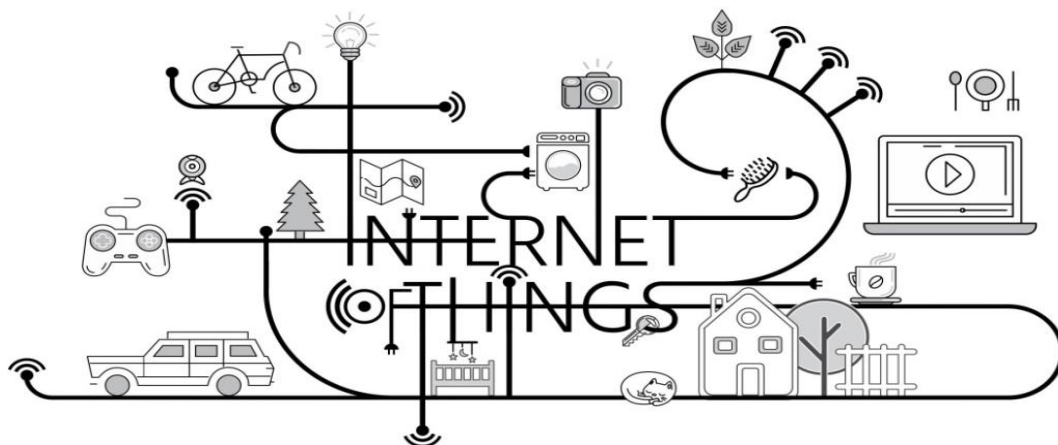
2 Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων

Η συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνιών (*Information and Communication Technology, ICT*) παράγει όλο και περισσότερα πράγματα/αντικείμενα, τα οποία, με την ενσωμάτωση αισθητήρων, έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν με άλλα αντικείμενα που μετατρέπουν τον φυσικό κόσμο σε ένα σύστημα πληροφόρησης και γνώσης. [1]

Οι υπολογιστές τον 20^ο αιώνα μπορούν να χαρακτηριστούν ως μυαλά δίχως αισθήσεις, υπό την έννοια πως γνώριζαν μόνο ό,τι τους λέγαμε. Αυτό αποτελούσε μεγάλο περιορισμό, καθώς υπάρχουν δισεκατομμύρια φορές περισσότερες πληροφορίες στο Διαδίκτυο από όσες ο άνθρωπος μπορεί να καταχωρήσει. [e10]

Έτσι, δημιουργήθηκε η ανάγκη ενδυνάμωσης των υπολογιστών με τα δικά τους μέσα συλλογής πληροφοριών, ώστε να μπορούν οι ίδιοι να «δουν», να «ακούσουν» και να «μυρίσουν» τον κόσμο. [2]

Τον 21ο αιώνα, χάρη στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, οι υπολογιστές μπορούν να αισθάνονται πράγματα από μόνοι τους. Η τεχνολογία Ταυτοποίησης μέσω Ραδιοσυχνότητας (*Radio Frequency Identification, RFID*) και αισθητήρων, επιτρέπει στους υπολογιστές να παρατηρούν, να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τον κόσμο χωρίς τους περιορισμούς των δεδομένων που καταχωρήθηκαν από τον άνθρωπο. Αν και δεν έχουν περάσει πολλά χρόνια, οι αισθητήρες δικτύου θεωρούνται δεδομένοι στην καθημερινότητα π.χ. η ανίχνευση θέσης με βάση το GPS. [1, e10]



Εικόνα 2.1: Internet of Things

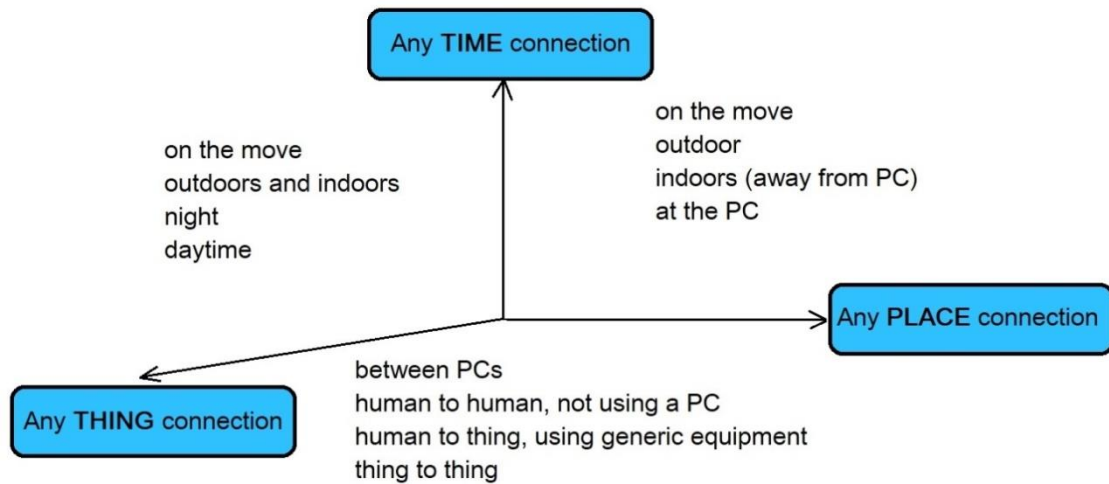
2.1 Τι είναι το Internet of Things

Ο όρος «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» (*Internet of Things*, IoT) επινοήθηκε από τον Βρετανό ερευνητή Kevin Ashton το 1999, για να περιγράψει ένα σύστημα όπου το Διαδίκτυο συνδέεται με τον φυσικό κόσμο μέσω αισθητήρων. Πλέον, έχει γίνει ευρέως γνωστό χάρη στην ανάπτυξη των κινητών συσκευών, τη συνεχή επικοινωνία, την υπολογιστική νέφους (*cloud computing*) και την ανάλυση δεδομένων. Για τον καθορισμό προτύπων και πλαισίων έχουν συσταθεί κοινοπραξίες, οι εταιρείες εισάγουν προϊόντα και υπηρεσίες βασισμένα σε αυτό, ενώ οι επαγγελματίες το αντιμετωπίζουν ως μία επιχειρηματική ευκαιρία. [3, 4, 5]

Μπορεί ο όρος να έχει πρόσφατα παρουσιαστεί, όμως ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 1970 είχε δημιουργηθεί η έννοια του συνδυασμού υπολογιστών και δικτύων για τη παρακολούθηση και τον έλεγχο συσκευών, χάρη στα συστήματα για την εξ' αποστάσεως παρακολούθηση μετρητών του ηλεκτρικού δικτύου μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Από το 1990 κι έπειτα, άρχισαν να διαδίδονται οι M2M (*machine-to-machine*) επιχειρήσεις, οι οποίες όμως δεν χρησιμοποιούσαν πρωτόκολλο διαδικτύου (*Internet Protocol*, IP). Η πρώτη συσκευή που δεν αποτελούσε υπολογιστή και χρησιμοποίησε IP ώστε να συνδεθεί στο Διαδίκτυο, ήταν μία IP-enabled τοστιέρα και παρουσιάστηκε το 1990 σε συνέδριο. [3]

Πλέον, υπάρχουν παγκοσμίως 18 δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένες συσκευές. Σύμφωνα με τη Cisco, προβλέπεται να φτάσουν τα 24 δισεκατομμύρια μέχρι το 2019, η Morgan Stanley κάνει λόγο για 75 δισεκατομμύρια το 2020, ενώ η Huawei υπολογίζει 100 δισεκατομμύρια διασυνδεδεμένες συσκευές μέχρι το 2025. [3]

Σκοπός του Internet of Things είναι να επιτρέπει στα αντικείμενα να συνδέονται κάθε στιγμή και σε κάθε μέρος, με οποιονδήποτε ή οτιδήποτε χρησιμοποιεί μία διαδρομή/δίκτυο ή/και υπηρεσία. Προσθέτει δηλαδή, όπως φαίνεται και στη παρακάτω εικόνα (*Εικόνα 2.2*), τη διάσταση της επικοινωνίας κάθε αντικειμένου (any THING) στις τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνίας (ICTs), οι οποίες παρέχουν στο αντικείμενο την επικοινωνία οποιαδήποτε στιγμή (any TIME) όπου κι αν βρίσκεται (any PLACE). [4, 6]



Εικόνα 2.2: The goal of IoT: any time, any place, any thing [6]

2.2 Ορισμός

Το Internet of Things συνδυάζει φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα για τη δημιουργία νέων προϊόντων και την ανάπτυξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων. Τα φυσικά αντικείμενα υπάρχουν στο φυσικό κόσμο και μπορούν να ανιχνευθούν, να ενεργοποιηθούν και να συνδεθούν (περιβάλλον, αγαθά, ηλεκτρικός εξοπλισμός κλπ). Τα ψηφιακά αντικείμενα υπάρχουν στον κόσμο της πληροφορίας και μπορούν να αποθηκευτούν, να επεξεργαστούν και να είναι προσβάσιμα (λογισμικό εφαρμογών, περιεχόμενο πολυμέσων κλπ). Στο σύνολό τους, τα φυσικά και ψηφιακά αντικείμενα μπορούν να αναγνωριστούν και να ενσωματωθούν στα δίκτυα επικοινωνίας και περιέχουν πληροφορίες που μπορεί να είναι στατικές ή δυναμικές. [1, 5, 6]

Ο όρος Internet of Things αναφέρεται, γενικά, σε σενάρια όπου η συνδεσιμότητα δικτύου και η ικανότητα υπολογισμού επεκτείνεται σε αντικείμενα και αισθητήρες, που κανονικά δεν θεωρούνται υπολογιστές, επιτρέποντας σε αυτές τις συσκευές να παράγουν, να ανταλλάσσουν και να καταναλώνουν δεδομένα με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Ο ακριβής ορισμός βέβαια είναι δύσκολο να αποδοθεί καθώς υπάρχει πληθώρα εναλλακτικών ορισμών. Κάποιοι από αυτούς δίνουν έμφαση στα αντικείμενα που συνδέονται στο IoT, άλλοι επικεντρώνονται στις σχετικές με το Διαδίκτυο πτυχές του IoT, καθορίζοντας την έννοια του Διαδικτύου ή του πρωτόκολλου διαδικτύου (IP) και ένας τρίτος τύπος επικεντρώνεται σε σημασιολογικές προκλήσεις που αφορούν το IoT π.χ. την αποθήκευση, αναζήτηση και οργάνωση μεγάλου όγκου πληροφοριών. [3, 5]

Ενδεικτικά παρατίθενται οι ακόλουθοι ορισμοί:

1. *“Internet of things (IoT) is the network connecting objects in the physical world to the Internet”* — Kevin Ashton (2009) [e10]
2. *“Internet of things (IoT) is a network of items – each embedded with sensors – which are connected to the internet.”* — Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE (2014) [7]
3. *“Internet of Things (IoT): Μια παγκόσμια υποδομή για την κοινωνία της πληροφορίας, που επιτρέπει προηγμένες υπηρεσίες με διασύνδεση (φυσικών και ψηφιακών) αντικειμένων που βασίζονται σε υπάρχουσες και εξελισσόμενες διαλειτουργικές τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών.”* — International Telecommunication Union, ITU (2012) [3, 5, 6]

Σε κάθε ορισμό η ιδέα είναι ότι η πρώτη έκδοση του Διαδικτύου αφορούσε δεδομένα που δημιουργήθηκαν από ανθρώπους, ενώ η επόμενη έκδοση αφορά δεδομένα που δημιουργούνται από αντικείμενα. Η ύπαρξη διαφορετικών ορισμών δεν σημαίνει απαραίτητα ότι διαφωνούν, αλλά περισσότερο ότι δίνουν έμφαση σε διαφορετικές πτυχές του IoT από διαφορετική οπτική γωνία. Ωστόσο, αυτό μπορεί να προκαλέσει σύγχυση σε θέματα συζήτησης σχετικά με τα προβλήματα του IoT. [3]

2.3 Χαρακτηριστικά

Το Internet of Things δεν είναι αποτέλεσμα μίας μόνο τεχνολογίας, αλλά ένα μείγμα διαφορετικής τεχνολογίας υλικού και λογισμικού. Αποτελεί ένα πολύπλοκο σύστημα με πολλά χαρακτηριστικά, τα οποία διαφέρουν από τον ένα τομέα στον άλλο. Τα βασικά και θεμελιώδη χαρακτηριστικά του είναι τα ακόλουθα: [4, 6]

Διασυνδεσιμότητα (*Interconnectivity*): Οτιδήποτε (any THING) μπορεί να διασυνδεθεί με την παγκόσμια υποδομή πληροφορίας και επικοινωνίας.

Υπηρεσίες που σχετίζονται με τα πράγματα (*Things-related services*): Το IoT έχει την ικανότητα να παρέχει υπηρεσίες που σχετίζονται με τα πράγματα, μέσα από τους περιορισμούς που έχουν (π.χ. προστασία ιδιωτικής ζωής). Προκειμένου να γίνει αυτό, θα αλλάξουν οι τεχνολογίες τόσο στο φυσικό κόσμο όσο και στον κόσμο της πληροφορίας.

Ανομοιογένεια (*Heterogeneity*): Οι συσκευές στο IoT είναι ανομοιογενείς καθώς βασίζονται σε διαφορετικές πλατφόρμες υλικού και δίκτυα. Μπορούν να

αλληλεπιδρούν με άλλες συσκευές ή πλατφόρμες υπηρεσιών μέσω διαφορετικών δικτύων.

Δυναμικές Αλλαγές (*Dynamic Changes*): Η κατάσταση, το πλαίσιο και ο αριθμός των συσκευών αλλάζει δυναμικά (αδρανοποίηση / αφύπνιση, σύνδεση / αποσύνδεση, θέση, ταχύτητα).

Τεράστια Κλίμακα (*Enormous Scale*): Ο αριθμός των συσκευών που πρέπει να διαχειριστούν και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, θα είναι μεγαλύτερος από τις συσκευές που είναι συνδεδεμένες στο υπάρχον Διαδίκτυο.

2.4 Αρχιτεκτονική

Η εφαρμογή του Internet of Things βασίζεται σε μια πολυεπίπεδη αρχιτεκτονική, αποτελούμενη μεταξύ άλλων από μια ποικιλία τεχνολογιών αισθητήρων, δικτύων, επικοινωνιών και υπολογιστών. Η αρχιτεκτονική αυτή πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις κάθε μέλους της κοινωνίας στο σύνολό της. Καταδεικνύει, επίσης, τον τρόπο με τον οποίο σχετίζονται διάφορες τεχνολογίες μεταξύ τους και κοινοποιεί την επεκτασιμότητα και την διαμόρφωση των εφαρμογών IoT σε διάφορα σενάρια. Στην πιο απλή μορφή της αποτελείται από: [4, 8, 44]

1. Smart device/sensor layer

Το χαμηλότερο επίπεδο της αρχιτεκτονικής αποτελείται από έξυπνα αντικείμενα ενσωματωμένα με αισθητήρες, δίκτυα αισθητήρων, ενσωματωμένα συστήματα, ετικέτες RFID και σαρωτές. Πολλά από αυτά τα στοιχεία παρέχουν ταυτοποίηση και αποθήκευση πληροφοριών (π.χ. ετικέτες RFID), συλλογή πληροφοριών (π.χ. δίκτυα αισθητήρων), επεξεργασία πληροφοριών, επικοινωνία, έλεγχο και ενεργοποίηση. [4, 8]

Οι αισθητήρες συνδέουν τον φυσικό κόσμο με τον ψηφιακό, επιτρέποντας τη συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο. Λαμβάνουν μετρήσεις (θερμοκρασία, ταχύτητα, υγρασία κλπ), μετατρέποντας τις σε σήμα κατανοητό από ένα όργανο. Ομαδοποιούνται σύμφωνα με το μοναδικό σκοπό τους (περιβάλλον, σώμα κλπ) και οι περισσότεροι απαιτούν συνδεσιμότητα στις πύλες αισθητήρων, με τη μορφή τοπικού δικτύου – LAN – (Ethernet/Wi-Fi) ή δικτύου προσωπικού χώρου – PAN – (ZigBee, Bluetooth). Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούν χαμηλή ισχύ και χαμηλή συνδεσιμότητα ρυθμού δεδομένων, σχηματίζουν τα ασύρματα δίκτυα

αισθητήρων (*Wireless Sensor Networks*, WSNs) καλύπτοντας πολλές περιοχές, διατηρώντας παράλληλα τη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. [4]

2. Gateways and Networks

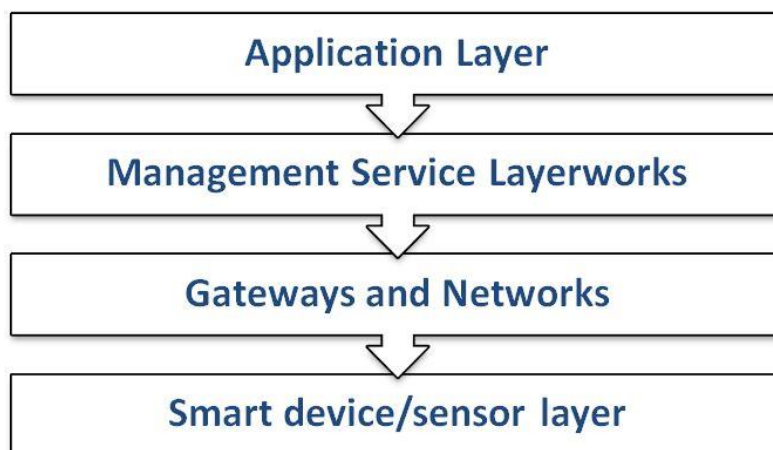
Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει το πρώτο στάδιο διαχείρισης δεδομένων, το οποίο απαιτεί αξιόπιστη και υψηλής απόδοσης υποδομή ενσύρματου και ασύρματου δικτύου ως μέσο μεταφοράς. Φροντίζει τη δρομολόγηση μηνυμάτων, τη δημοσίευση και την εγγραφή, και πραγματοποιεί την επικοινωνία μεταξύ των πλατφόρμων, εάν απαιτείται. Για να επιτευχθεί αυτό, χρειάζονται πολλά δίκτυα με διαφορετικές τεχνολογίες και πρωτόκολλα πρόσβασης, για να συνεργάζονται μεταξύ τους σε ετερογενή διαμόρφωση. Αυτά τα δίκτυα μπορεί να έχουν τη μορφή ιδιωτικού, δημόσιου ή υβριδικού μοντέλου και είναι κατασκευασμένα για να υποστηρίζουν την απαιτούμενη επικοινωνία σε περιπτώσεις καθυστέρησης, εύρους ζώνης ή ασφάλειας. [4, 8]

3. Management Service Layer

Αυτό είναι ένα από τα πιο κρίσιμα επίπεδα που λειτουργεί με αμφίδρομο τρόπο, δηλαδή ως διεπαφή μεταξύ του χαμηλότερου και του υψηλότερου επιπέδου. Είναι υπεύθυνο για κρίσιμες λειτουργίες, όπως διαχείριση συσκευών και πληροφοριών και φροντίζει επίσης για θέματα όπως φιλτράρισμα δεδομένων, σημασιολογική ανάλυση, έλεγχος πρόσβασης κλπ. [8]

4. Application Layer

Αποτελεί το υψηλότερο επίπεδο και είναι υπεύθυνο για την παράδοση διαφόρων εφαρμογών σε διαφορετικούς χρήστες στο IoT. Οι εφαρμογές αφορούν τομείς όπως υγεία, μεταφορές, εμπόριο, πόλη, περιβάλλον, ενέργεια κ.α. [4, 6, 8]



Εικόνα 2.3: Αρχιτεκτονική του IoT

2.5 Τεχνολογίες

Υπάρχουν πολλές νέες τεχνολογίες στο Internet of Things. Το RFID είναι ο ιδρυτικός και δικτυακός πυρήνας του IoT, που σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες επισήμανσης, όπως το NFC και το 2D barcode, επέτρεψαν στα φυσικά αντικείμενα να αναγνωριστούν και να αναφερθούν μέσω του Διαδικτύου. Πέραν της τεχνολογίας ραδιοσυχνότητας, άλλες βασικές τεχνολογίες του Internet of Things είναι η τεχνολογία αισθητήρων, η νανοτεχνολογία, η τεχνολογία ενσωματωμένης ευφυΐας, η τεχνολογία επικοινωνίας δικτύου και η υπολογιστική νέφους. Το IoT, το οποίο είναι ενσωματωμένο με την τεχνολογία αισθητήρων και την τεχνολογία ραδιοσυχνότητας, περιλαμβάνει επιπλέον εξελιγμένες τεχνολογίες εκτός του δικτύου υπολογιστών και επικοινωνιών, όπως η συλλογή τεχνολογίας της Πληροφορίας, τεχνολογίας Απομακρυσμένης Επικοινωνίας, τεχνολογίας Απομακρυσμένης Μεταφοράς Πληροφοριών κλπ. [44, 46]

2.6 Κίνδυνοι και ασφάλεια

Καθώς το μέλλον του Internet of Things διαγράφεται λαμπρό και αυξάνονται οι προσδοκίες, εγείρονται σημαντικά ζητήματα και προκλήσεις που πρέπει να εξεταστούν και να αντιμετωπιστούν. Θα ήταν αδύνατον να καλυφθεί το ευρύ πεδίο των προβλημάτων του IoT στην παρούσα διπλωματική εργασία, γι' αυτό παρατίθεται μια επισκόπηση των πιο συχνών προβλημάτων. [3, 5]

A. Ασφάλεια (*Security*)

Στο χώρο του IoT, κάθε πράγμα/αντικείμενο είναι διασυνδεδεμένο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προκύπτουν σημαντικές απειλές για την ασφάλεια, όπως απειλές κατά της εμπιστευτικότητας, της αυθεντικότητας και της ακεραιότητας τόσο των δεδομένων όσο και των υπηρεσιών. Τη μεγαλύτερη ευπάθεια παρουσιάζουν συσκευές και υπηρεσίες IoT με τη χαμηλότερη ασφάλεια. Μπορούν να χρησιμεύσουν ως πιθανά σημεία εισόδου για κυβερνο-επιθέσεις και να εκθέσουν τα δεδομένα του χρήστη σε υποκλοπή, επηρεάζοντας έτσι την ασφάλεια και την ανθεκτικότητα του Διαδικτύου παγκοσμίως. [3, 6]

B. Ιδιωτικότητα (*Privacy*)

Κάθε αντικείμενο περιέχει δεδομένα, τα οποία με τη σειρά τους περιέχουν τις προσωπικές πληροφορίες του χρήστη. Υπάρχει όμως προβληματισμός για τον τρόπο που χρησιμοποιούνται αυτά τα δεδομένα, από ποιους και με ποιο απώτερο

σκοπό. Το θέμα της ιδιωτικότητας είναι εκτενές και αποτελεί αποτρεπτικό παράγοντα για τη διάδοση και τη πλήρη υιοθέτηση του Internet of Things. Αυτό σημαίνει ότι τα δικαιώματα της ιδιωτικότητας και των προσδοκιών της ιδιωτικότητας των χρηστών, είναι αναπόσπαστο στοιχείο για την εμπιστοσύνη τους στο Διαδίκτυο, τις συνδεδεμένες συσκευές και τις συναφείς υπηρεσίες. Συνεπώς, το IoT πρέπει να υποστηρίζει την προστασία της ιδιωτικότητας κατά τη διαβίβαση, τη συγκέντρωση, την αποθήκευση, την εξόρυξη και τη επεξεργασία δεδομένων. [3, 6]

C. Νόμοι, κανονισμοί και δικαιώματα (*Legal, Regulatory and rights*)

Η χρήση του Internet of Things εγείρει πολλά νέα νομικά ερωτήματα, καθώς επίσης ενισχύει τα ήδη υπάρχοντα θέματα γύρω από το Διαδίκτυο. Τα ερωτήματα αυτά έχουν ευρύ πεδίο εφαρμογής, και ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης του IoT συχνά ξεπερνά την δυνατότητα υιοθέτησης των συνδεδεμένων πολιτικών, νομικών και ρυθμιστικών δομών. Κάποια ζητήματα αφορούν τις διασυνοριακές ροές δεδομένων, οι οποίες προκύπτουν, όταν οι συσκευές IoT συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τους ανθρώπους σε μία δικαιοδοσία και τα μεταδίδουν σε άλλη δικαιοδοσία με διαφορετικούς νόμους προστασίας και επεξεργασίας των δεδομένων. Άλλα νομικά ζητήματα περιλαμβάνουν την αντίθεση μεταξύ της εποπτείας επιβολής του νόμου και των πολιτικών δικαιωμάτων, των πολιτικών διατήρησης και καταστροφής δεδομένων, και τη νομική ευθύνη για άσκοπες χρήσεις, παραβιάσεις ασφάλειας ή απώλεια της ιδιωτικότητας. Η υιοθέτηση κατευθυντήριων αρχών για την προώθηση της ικανότητας του χρήστη να συνδέεται, να μιλάει, να καινοτομεί, να μοιράζεται, να επιλέγει και να εμπιστεύεται είναι βασικοί παράγοντες για την εξέλιξη των νόμων και κανονισμών του Internet of Things. [3]

D. Κόστος (*Cost*)

Για να συνδεθούν τα φυσικά αντικείμενα με το Διαδίκτυο, απαιτείται χρήση τεχνολογίας και εξαρτημάτων για τη στήριξη διαφόρων δυνατοτήτων, όπως οι μηχανισμοί ανίχνευσης, παρακολούθησης και ελέγχου. Το κόστος τους όμως είναι μεγάλο, τόσο από άποψη υλικού όσο και από άποψη ασφάλειας. Ως είθισται, υπάρχει αναλογική σχέση μεταξύ του κόστους και της παρεχόμενης ασφάλειας. Πάροχοι που έχουν σχεδιάσει τις συσκευές IoT με γνώμονα την ασφάλεια, σαφώς κοστολογούν τα προϊόντα τους πιο ακριβά από τους υπόλοιπους. Προκειμένου, όμως, το Internet of Things να διαδοθεί, το κόστος πρέπει να μειωθεί σημαντικά. [4]

E. Θέματα ενέργειας σε επίπεδο συσκευής (*Device Level Energy Issues*)

Ακόμα μια μεγάλη πρόκληση στο Internet of Things, είναι η εύρεση διαλειτουργικού τρόπου διασύνδεσης των πραγμάτων. Πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ενεργειακοί περιορισμοί, γνωρίζοντας ότι σε επίπεδο συσκευής η επικοινωνία αποτελεί την εργασία που απαιτεί την περισσότερη κατανάλωση ενέργειας. [4]

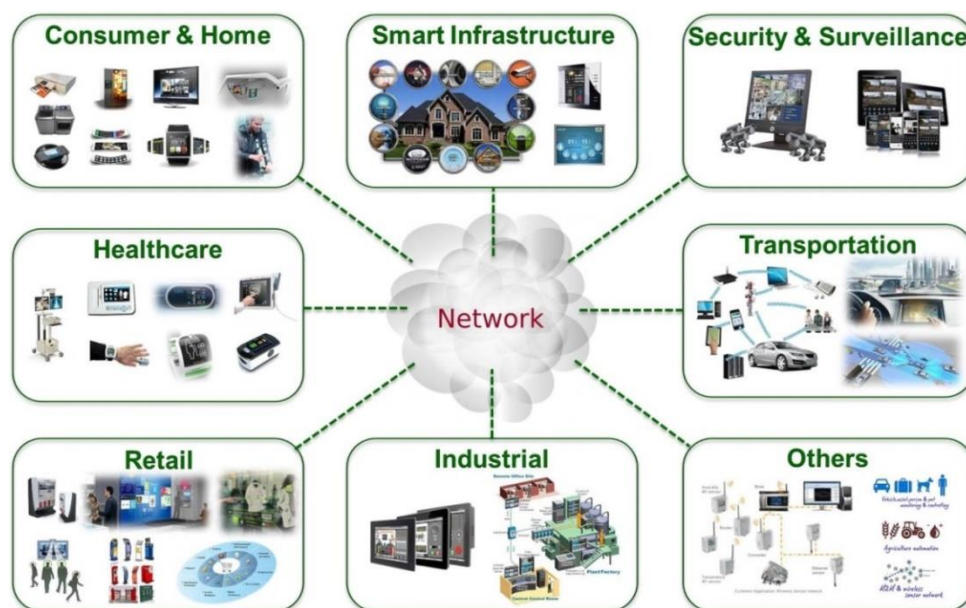
F. Διαχείριση Δεδομένων (*Data Management*)

Όλα τα πράγματα είναι συνδεδεμένα και συνεχώς ανταλλάσσουν πληροφορίες. Οπότε, ο όγκος των παραγόμενων δεδομένων και οι διαδικασίες που εμπλέκονται στο χειρισμό αυτών των δεδομένων αποτελούν μία κρίσιμη πτυχή του Internet of Things. [4]

2.7 Εφαρμογές

Οι δυνατότητες που προσφέρει το Internet of Things καθιστούν δυνατή την ανάπτυξη πολυάριθμων και ποικίλων εφαρμογών, οι οποίες διεισδύουν σε όλες σχεδόν τις πτυχές της καθημερινής ζωής των ανθρώπων, των επιχειρήσεων και της κοινωνίας στο σύνολό της. Η ποιότητα ζωής βελτιώνεται αισθητά στο σπίτι, στο γυμναστήριο, στην εργασία, σε ταξίδια, σε θέματα υγείας κλπ. Περιβάλλοντα που είναι τώρα εξοπλισμένα με πρώιμη νοημοσύνη, πολλές φορές χωρίς δυνατότητες επικοινωνίας, σταδιακά μετατρέπονται σε έξυπνα περιβάλλοντα / χώρους και αφορούν τομείς όπως: [3, 4, 5, 8, 9]

- **Σπίτι** (θερμοστάτες, συστήματα ασφαλείας κλπ)
- **Υγεία** (παρακολούθηση ασθενών, καταγραφή ιατρικού εξοπλισμού κλπ)
- **Μεταφορές** (έξυπνοι δρόμοι, παρακολούθηση χώρου στάθμευσης σε πραγματικό χρόνο, έλεγχος κυκλοφορίας, mobile ticketing κλπ)
- **Περιβάλλον** (διαχείριση απορριμμάτων, εντοπισμός ζώων, μόλυνση αέρα κλπ)
- **Βιομηχανία** (συστήματα παραγωγής, παρακολούθηση θερμοκρασίας κλπ)
- **Πόλεις** (έξυπνος φωτισμός, έξυπνοι μετρητές, διαχείριση πόρων κλπ)
- **Γεωργία** (έξυπνη άρδευση, παρακολούθηση μικροκλίματος κλπ)
- **Logistics** (ποσοτικός έλεγχος αντικειμένων, τοποθεσία αντικειμένων)
- **Εμπόριο** (βελτιστοποίηση αποθεμάτων, προσφορές, έλεγχος αλυσίδας εφοδιασμού, έξυπνη διαχείριση προϊόντων, ευφυείς εφαρμογές αγορών κλπ)



Εικόνα 2.4: Περιβάλλοντα εφαρμογής του Internet of Things

2.7.1 Το Internet of Things στον τομέα του εμπορίου

Ο τομέας του λιανικού εμπορίου σήμερα χαρακτηρίζεται από ρευστότητα. Τα ηλεκτρονικά, κινητά και φυσικά περιβάλλοντα συνεργάζονται, δημιουργώντας μία ομοιόμορφη εμπειρία για τον καταναλωτή. Με το Internet of Things, οι λιανοπωλητές μπορούν να επωφεληθούν από αυτή την αλλαγή, υιοθετώντας λύσεις σε διάφορες εφαρμογές οι οποίες βελτιώνουν τις δραστηριότητες των καταστημάτων, μειώνουν τις κλοπές, αυξάνουν τις αγορές μέσω διασταυρούμενων πωλήσεων, επιτρέπουν την ακριβή διαχείριση αποθεμάτων και κυρίως, ενισχύουν την εμπειρία αγοράς του καταναλωτή. [e15, e16]

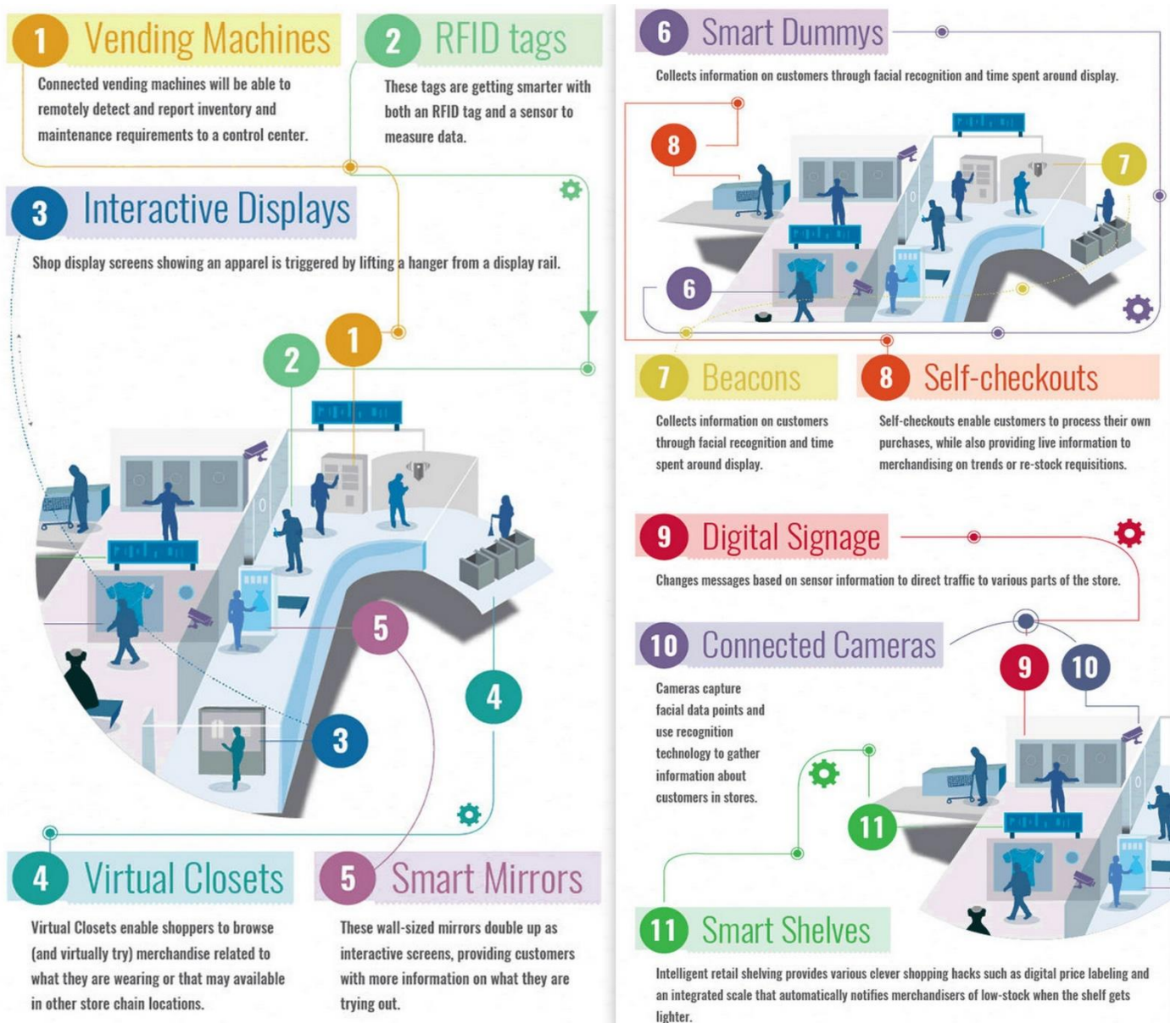
Τα φυσικά καταστήματα έχουν επηρεαστεί σημαντικά από την άνθηση του ηλεκτρονικού εμπορίου. Ο καταναλωτής τείνει να πραγματοποιεί τις αγορές του διαδικτυακά καθώς τα προϊόντα είναι πιο οικονομικά και παρέχεται η δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ τους. Από την άλλη, είναι απαραίτητες τόσο η άμεση εξυπηρέτηση όσο και η προσωπική ενημέρωση. Με τη χρήση του IoT, οι πωλητές των φυσικών καταστημάτων αυξάνουν τα επίπεδα του ανταγωνισμού με τους πωλητές των ηλεκτρονικών καταστημάτων, ανακτούν το χαμένο μερίδιο αγοράς και προσελκύουν συνεχώς τον καταναλωτή στο κατάστημα, διευκολύνοντας τον έτσι να αγοράζει περισσότερα, εξοικονομώντας χρήματα. Μάλιστα, το 80% των εμπόρων συμφωνεί ότι τα επόμενα τρία χρόνια το IoT θα αλλάξει δραστικά τον τρόπο με τον οποίο δραστηριοποιούνται οι επιχειρήσεις, το 77% το αντιμετωπίζει ως ένα μέσο αλλαγής της εμπειρίας του καταναλωτή, ενώ το 96% είναι έτοιμο να εισάγει συσκευές IoT στις

δραστηριότητές του, με την ελπίδα ότι θα ενδυναμώσει τις σχέσεις του με τους καταναλωτές. [e16, e17, e18]

Χάρη στο Internet of Things, μπορούμε να κάνουμε λόγο για το «Διαδίκτυο των λιανέμπορων» (*Internet of Retailers*) το οποίο αποτελείται από πωλητές πολλαπλών τοποθεσιών, εξειδικευμένους πωλητές, ψυχαγωγία, διαδραστικούς σταθμούς, εικονικούς πωλητές και φιλοξενία. Υπάρχουν πολλοί δίαυλοι επαφής με τον καταναλωτή συμπεριλαμβανομένων των φυσικών καταστημάτων, των ηλεκτρονικών αγορών, των κινητών επικοινωνιών, των μέσων κοινωνικής δικτύωσης και των δημόσιων χώρων. [e17]

- **Φυσικά Καταστήματα:** Πλέον, δεν αποτελούν απαραίτητα σημεία πώλησης. Σιγά σιγά, μετατρέπονται σε κέντρα ψυχαγωγίας όπως για παράδειγμα τα αναδυόμενα καταστήματα όπου τα εμπορικά σήματα λειτουργούν για περιορισμένο χρόνο, σε συγκεκριμένες τοποθεσίες.
- **Ηλεκτρονικές Αγορές:** Τα ηλεκτρονικά καταστήματα αποτελούν την πλατφόρμα ηλεκτρονικού εμπορίου για παραγγελία και αγορά αγαθών, που προσαρμόζεται όλο και περισσότερο με τη χρήση εργαλείων ανάλυσης δεδομένων.
- **Κινητές Επικοινωνίες:** Οι κινητές συσκευές, όπως τα smartphones και τα tablets, χρησιμοποιούνται για την επαφή με τα εμπορικά σήματα ως πηγή πληροφοριών μέσω κινητών εφαρμογών. Αυτές οι κινητές εφαρμογές χρησιμοποιούνται και για απευθείας αγορές από τα ηλεκτρονικά καταστήματα.
- **Μέσα Κοινωνικής Δικτύωσης:** Οι ιστότοποι κοινωνικής δικτύωσης μετατρέπονται σε ηλεκτρονικές πλατφόρμες πώλησης και αποτελούν τον βασικό δίαυλο για την επαφή καταναλωτή και εμπορικών σημάτων αλλά και για την οικοδόμηση της αναγνωρισιμότητας του εμπορικού σήματος και της εμπιστοσύνης των καταναλωτών.
- **Δημόσιοι Χώροι:** Τα εμπορικά σήματα χρησιμοποιούν δημόσιους χώρους για να συνεργαστούν με τους καταναλωτές τους, όπως για παράδειγμα η τοποθέτηση QR barcodes και σαρωτών NFC σε στάσεις λεωφορείων και τρένων.

Οι περιπτώσεις χρήσης και οι εφαρμογές του Internet of Things στον τομέα του εμπορίου είναι πολλές. Μάλιστα κάποιες από αυτές χρησιμοποιούνται ήδη, όπως η δυναμική τιμολόγηση, τα έξυπνα ράφια και η διαχείριση αποθεμάτων. Υπάρχουν όμως πολύ περισσότερα πλεονεκτήματα και χρήσεις σε αυτόν τον τομέα. Από μηχανήματα αυτόματης πώλησης, διαδραστικές οθόνες, εικονικές ντουλάπες, έξυπνους καθρέφτες, έξυπνους ανιχνευτές, μέχρι ψηφιακή σήμανση, εξατομικευμένο χαιρετισμό κατά την είσοδο, ειδοποίηση του προσωπικού σχετικά με την παρουσία VIP πελατών, συνδεδεμένες κάμερες και αυτόματα ταμεία. Όλα χρησιμοποιούν αισθητήρες, φάρους, συσκευές σάρωσης και άλλες τεχνολογίες IoT, βελτιώνοντας έτσι τη διαχείριση αποθεμάτων και πόρων σε πραγματικό χρόνο, την αυτόματη αναπλήρωση, τις ειδοποιήσεις, τη διανομή καταστημάτων και πολλά άλλα. [e17, e19]

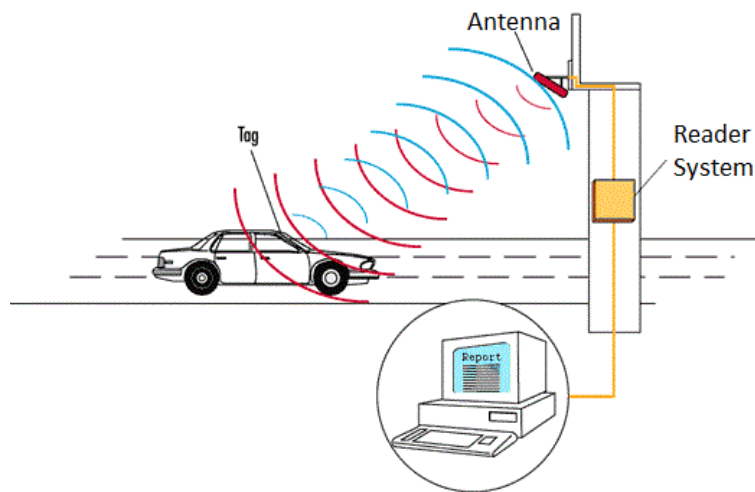


Εικόνα 2.6: IoT in retail stores – use cases data and benefits infographic [e19]

3 Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων

Αν και η τεχνολογία RFID αποτελεί την πλέον σύγχρονη εφαρμογή ταυτοποίησης, οι περισσότεροι άνθρωποι δεν γνωρίζουν πόσες φορές ημερησίως ή εβδομαδιαίως τη χρησιμοποιούν. Εκατοντάδες, αν όχι χιλιάδες, είναι οι εφαρμογές που κάνουν χρήση αυτής της τεχνολογίας, αυξάνοντας την παραγωγικότητα και την ευκολία προσφέροντας σχεδόν άπειρες δυνατότητες. Οι έξυπνες κάρτες αντί των εισιτηρίων στα μέσα μαζικής μεταφοράς, η ηλεκτρονική συλλογή διοδίων (*Electronic Toll Collection, ETC*), οι ελεγκτές κυκλοφορίας, τα αντικλεπτικά αυτοκινήτων και εμπορευμάτων, έχουν μπει στη ζωή μας και όλα χρησιμοποιούν το RFID. [29, 30]

Τα τελευταία χρόνια, έχει παρουσιαστεί σημαντική άνοδος ως προς τις εφαρμογές που το χρησιμοποιούν, τροφοδοτώντας όλο και περισσότερο τον χώρο του Internet of Things.



Εικόνα 3.1: Ηλεκτρονική συλλογή διοδίων [33]

3.1 Τι είναι το RFID

Η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (*Radio Frequency Identification, RFID*) είναι μια μορφή ασύρματης επικοινωνίας που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αντικειμένων. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι ταυτοποίησης, με συνηθέστερη τη συσχέτιση του μοναδικού αναγνωριστικού της ετικέτας RFID με ένα αντικείμενο ή ένα άτομο. [31, 34, 39, e1]

Το RFID αποτελεί την τεχνολογική εξέλιξη του ραβδωτού κώδικα (*barcode*) και η ανάπτυξή του χρονολογείται από την εποχή του Β' Παγκόσμιου Πολέμου, με την κατασκευή συστήματος που ξεχώριζε τα εχθρικά αεροπλάνα από τα φιλικά. Στις επόμενες δεκαετίες, άρχισε να εδραιώνεται η χρήση και εκμετάλλευσή του. Αρχικά σε πειραματικό στάδιο και σε εργαστηριακό επίπεδο, ενώ πλέον σήμερα εφαρμόζεται στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων, κυρίως στον τομέα του εμπορίου. Παράλληλα, αναπτύσσεται το ενδεχόμενο της ευρείας εφαρμογής του, με την καθιέρωση προτύπων και την λειτουργία του σε παγκόσμιο επίπεδο. [7, 29, 30, 31]

3.2 Από τι αποτελείται ένα σύστημα RFID

Ένα σύστημα RFID, στην πιο απλή του μορφή, αποτελείται από σαρωτή / αναγνώστη, πομποδέκτη που συχνά αναφέρεται και ως ετικέτα, κεραία και ενδιάμεσο λογισμικό (*Εικόνα 3.2*). Αν το σύστημα έχει ρυθμιστεί σωστά, με τον κατάλληλο εξοπλισμό, και έχει δοκιμαστεί και συντονιστεί λεπτομερώς, θα πρέπει να είναι σε θέση να διαβάσει κινούμενες ή στατικές ετικέτες με σχεδόν 100% απόδοση. [32, 33, 34, 36, e1]

Σαρωτής (Reader): Ο σαρωτής RFID, που συχνά ονομάζεται και ανακριτής, αποτελεί τον «εγκέφαλο» του συστήματος. Μεταδίδει και λαμβάνει ραδιοκύματα προκειμένου να επικοινωνήσει με τις ετικέτες. Περιέχει πομποδέκτη, αποκωδικοποιητή και κεραία ή πηνίο. [32, 34, e1]

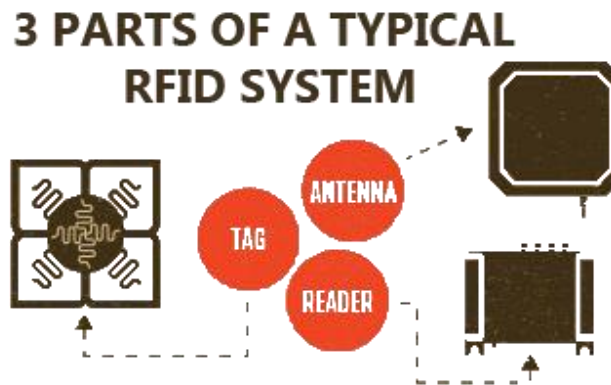
Κεραία (Antenna): Ο ρόλος της κεραίας είναι η συλλογή δεδομένων. Χρησιμοποιώντας την ενέργεια του σαρωτή δημιουργεί ένα πεδίο ραδιοσυχνοτήτων, επιτρέποντας του να μεταδώσει και να λάβει σήματα από τις ετικέτες. [33, 34, e1]

Ετικέτα (Tag): Η ετικέτα RFID αποτελείται από κεραία, για μετάδοση και λήψη σημάτων, κι ένα μικροεπεξεργαστή (ή ολοκληρωμένο κύκλωμα) στον οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα - πληροφορίες και το μοναδικό αναγνωριστικό της ετικέτας. Οι ετικέτες τοποθετούνται σε αντικείμενα και περιμένουν να ανιχνευθούν από τον σαρωτή. [32, 33, 34, 37, e1]

Ενδιάμεσο λογισμικό (Middleware): Σε οποιοδήποτε σύστημα RFID είναι απαραίτητο κάποιο είδος λογισμικού (βάση δεδομένων / εφαρμογή / διεπαφή) προκειμένου να επικοινωνήσει ο σαρωτής με το πληροφοριακό σύστημα. [29, 33, e1]

Ανάλογα με το πόσο σύνθετο είναι ένα σύστημα RFID, μπορούν να προστεθούν επιπλέον στοιχεία για ευκολία χρήσης ή πρόσθετη λειτουργικότητα.

Αυτά τα στοιχεία περιλαμβάνουν καλώδια (RFID antenna cable), βραχίονες στήριξης κεραίας, εκτυπωτές RFID και προσαρμογείς GPIO (*General Purpose Input/Output*) και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος RFID. [34, 36, e1]



Εικόνα 3.2: Τρία στοιχεία ενός συστήματος RFID

3.3 Αποδομώντας το RFID

3.3.1 Σαρωτές

Οι σαρωτές RFID μπορούν να κατηγοριοποιηθούν – σε σχέση με τις φυσικές τους διαστάσεις, την εφαρμογή τους και τις τεχνικές τους ιδιότητες – σε σταθερούς σαρωτές και φορητούς σαρωτές. [29, 32, 34, 38]

Οι σταθεροί σαρωτές (*Fixed Readers*) χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή απόδοση και αποτελούνται από δύο, τέσσερις ή οχτώ θύρες κεραίας. Μπορούν να εγκατασταθούν ώστε να καλύπτουν μία ή περισσότερες ζώνες ανάγνωσης, ανάλογα με την ταχύτητα και την ποσότητα των αντικειμένων που φέρουν ετικέτα. Υποσύνολο τους είναι οι ενσωματωμένοι σαρωτές (*Integrated Readers*), δηλαδή ένας σαρωτής και μια κεραία ενωμένα σε μία μονάδα. Είναι ιδανικοί για εφαρμογές με μικρή ζώνη ανάγνωσης και μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον τομέα του λιανικού εμπορίου ή για την παρακολούθηση των αρχείων. Διαθέτουν μία πρόσθετη θύρα κεραίας και αναλόγως τη συγκεκριμένη μονάδα, είναι μέσης έως υψηλής απόδοσης. [38, e2, e5]

Οι φορητοί σαρωτές / σαρωτές χειρός (*Mobile / handheld Readers*) χαρακτηρίζονται ως φορητοί υπολογιστές, με ενσωματωμένη κεραία. Δεν διαθέτουν πρόσθετες θύρες κεραίας, ωστόσο τα πολλά άλλα χαρακτηριστικά τους, επιτρέπουν την εκτέλεση προγραμμάτων με υψηλές ταχύτητες ανάγνωσης. Υποσύνολο τους είναι τα Sleds, μικροί σαρωτές RFID που συνδέονται σε μια έξυπνη συσκευή μέσω Bluetooth

ή βοηθητικής θύρας (*Auxiliary Port*) και για να λειτουργήσουν χρησιμοποιούν μία κινητή εφαρμογή. [34, 38, e2]



Εικόνα 3.3: Fixed RFID Reader [e2]

Εικόνα 3.4: Integrated RFID Reader [e2]

Εικόνα 3.5: Mobile RFID Reader [e2]

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος τροφοδοσίας ενός σαρωτή RFID είναι με προσαρμογέα ρεύματος. Εξίσου δημοφιλής είναι και η τροφοδοσία μέσω Ethernet (*Power over Ethernet, PoE*), κατά την οποία χρησιμοποιείται ένα καλώδιο Ethernet, τόσο για να τροφοδοτηθεί ο σαρωτής, όσο και για την αποστολή / λήψη δεδομένων. Όσον αφορά τους φορητούς σαρωτές, οι μπαταρίες παρέχουν ενέργεια επιτρέποντας τους να είναι ασύρματοι, απαιτώντας όμως συνεχή φόρτιση. Μία ακόμα επιλογή είναι η τροφοδοσία μέσω οχήματος, η οποία χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν χρήση σαρωτή μέσα σε όχημα. [34, 38, e2]

Οι σαρωτές RFID συνδέονται με κεντρικούς υπολογιστές ή δίκτυα και επικοινωνούν με τα δεδομένα με διάφορους τρόπους. Αν δεν απαιτείται σύνδεση του σαρωτή στο δίκτυο, τότε αυτός μπορεί να συνδεθεί απευθείας στον κεντρικό υπολογιστή σειριακά, με καλώδιο Ethernet, με Bluetooth ή με βοηθητική θύρα. Η σειριακή σύνδεση, πραγματοποιείται στον κεντρικό υπολογιστή με καλώδιο RS-232 ή καλώδιο USB και είναι κατάλληλη κυρίως για απλές εφαρμογές. Η ασύρματη σύνδεση Bluetooth γίνεται με τον κεντρικό υπολογιστή και χρησιμοποιείται κυρίως στους φορητούς σαρωτές, για σύνδεση σε έξυπνες συσκευές. Η βοηθητική θύρα (*Auxiliary Port*), τέλος, χρησιμοποιείται από κάποια φορητά sled, αντί του Bluetooth, για σύνδεση με έξυπνες συσκευές. [33, 38, e2, e5]

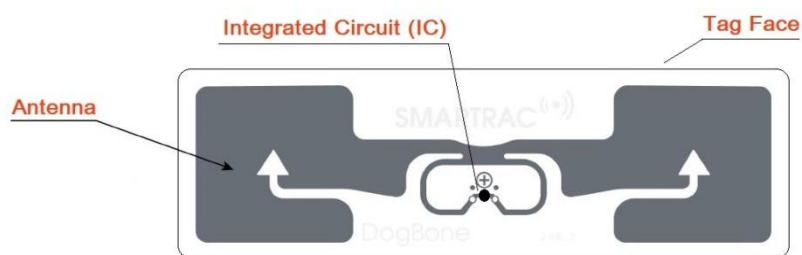
Αν απαιτείται σύνδεση του σαρωτή σε δίκτυο, τότε χρησιμοποιείται Wi-Fi ή LAN. Το Wi-Fi παρέχει ασύρματη και ευέλικτη συνδεσιμότητα τόσο σε δίκτυο όσο και σε κεντρικό υπολογιστή, με μεγάλο πλεονέκτημα την δυνατότητα σύνδεσης εκτυπωτή ή κάποιας άλλης έξυπνης συσκευής. Η σύνδεση LAN επιτρέπει στον σαρωτή να συνδεθεί στο δίκτυο και να αλληλεπιδράσει με άλλα προγράμματα και συνδεδεμένες συσκευές. [38, e2]

Γεγονός πάντως είναι, ότι με τη σύνδεση σε δίκτυο, οι σαρωτές έχουν περισσότερη ευελιξία από ότι με την απευθείας σύνδεση σε κεντρικό υπολογιστή, διότι μπορούν να επικοινωνήσουν με άλλα προγράμματα και σαρωτές δημιουργώντας ένα συνδεδεμένο σύστημα. [38, e2]

Προκειμένου να απλοποιηθεί ή / και να βελτιωθεί το υπάρχον σύστημα, στους σαρωτές αρχίζουν και προστίθενται θύρες και βοηθητικά προγράμματα. Για παράδειγμα, θύρα HDMI για σύνδεση οθόνης, λειτουργία GPS και κάμερας σε φορητούς σαρωτές για την καταγραφή της τοποθεσίας και της κατάστασης αντικειμένου. Η πιο συνηθισμένη προσθήκη σε φορητούς σαρωτές RFID είναι αυτή των σαρωτών 1D και 2D barcode. Λειτουργούν τόσο σε συνδυασμό με τις ετικέτες, όσο και στη περίπτωση που κάποιο αντικείμενο δεν χρησιμοποιεί RFID, οπότε το barcode χρησιμοποιείται στη θέση του. [38, e2]

3.3.2 Ετικέτες

Οι ετικέτες RFID αποτελούνται από δύο στοιχεία, την κεραία της ετικέτας και τον μικροεπεξεργαστή ή ολοκληρωμένο κύκλωμα (*Integrated Circuit, IC*). Επικοινωνούν με τους σαρωτές μέσω ραδιοκυμάτων. Αρχικά, ο σαρωτής στέλνει ενέργεια στην κεραία RFID, η οποία τη μετατρέπει σε ραδιοκύματα. Στη συνέχεια, η εσωτερική κεραία της ετικέτας αντλεί ενέργεια από τα ραδιοκύματα και ενεργοποιεί το IC που, με τη σειρά του, παράγει και στέλνει ένα σήμα πίσω στο σύστημα ραδιοσυχνοτήτων. Αυτό ονομάζεται backscatter. Είναι, δηλαδή, ο τρόπος με τον οποίο οι ετικέτες πραγματοποιούν ζεύξη ή επικοινωνούν με τον σαρωτή. [34, 37, e3]



Εικόνα 3.6: Τα στοιχεία ενός paper face passive RFID inlay Tag

3.3.2.1 Τύποι μνήμης

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα περιέχει τέσσερις αποθήκες μνήμης, η κάθε μία από τις οποίες αποτελείται από έναν αριθμό και έναν τίτλο όπως έχει αποδοθεί από το EPCglobal. Κάθε τύπος είναι μοναδικός και η ουσιαστική διαφορά τους βρίσκεται στον αριθμό των bits. [37, e6, e7]

- **(01) EPC Memory Bank:** Αποτελεί την πρώτη εγγράψιμη αποθήκη μνήμης. Περιέχει τον ηλεκτρονικό κωδικό προϊόντος (*Electronic Product Code*, EPC) του οποίου το μήκος κυμαίνεται από 96 έως 496 bits. Ο αριθμός EPC κάθε ετικέτας διαβάζεται για να αναγνωρίσει το αντικείμενο και την ετικέτα που φέρει. Κάποιοι κατασκευαστές χρησιμοποιούν ένα τυχαίο και μοναδικό αριθμό, ενώ άλλοι χρησιμοποιούν τυχαίους επαναλαμβανόμενους αριθμούς. [7, 37, 40, e6, e7]

Header	EPC-Manager	Object Class	Serial Number
01	0000A89	00016F	000169DC0

Πίνακας 3.1: EPC Number Format [7]

- **(11) User Memory Bank:** Αποτελεί την δεύτερη εγγράψιμη αποθήκη μνήμης. Χρησιμοποιείται όταν ο χρήστης απαιτεί περισσότερη μνήμη από όση προσφέρει το EPC. Κυμαίνεται από 32 bits έως και πάνω από 64 Kbits και δεν περιλαμβάνεται σε κάθε IC. Πληροφορίες όπως ο τύπος του αντικειμένου, τελευταία ημερομηνία υπηρεσίας ή ο σειριακός αριθμός αποθηκεύονται σε αυτή. [37, 40, e6, e7]
- **(00) Reserved Memory Bank:** Χρησιμοποιείται μόνο για εφαρμογές με ευαίσθητα δεδομένα. Περιέχει τον κωδικό «θανάτου», που απενεργοποιεί μόνιμα τη συσκευή και τον κωδικό πρόσβασης που κλειδώνει και ξεκλειδώνει τις δυνατότητες εγγραφής της ετικέτας. Κάθε κωδικός είναι 32 bits και εκτός από αυτούς, δεν μπορούν να αποθηκευτούν άλλες πληροφορίες. [37, 40, e6, e7]
- **(10) TID Memory Bank:** Κυμαίνεται από 32 έως 80 bits και περιέχει το αναγνωριστικό ετικέτας (*Tag ID*), έναν τυχαίο, μοναδικό αριθμό που δεν μπορεί να αλλάξει. [37, 40, e6, e7]

3.3.2.2 Κατηγορίες

Ανάλογα με τον τρόπο επικοινωνίας τους με τους σαρωτές, οι ετικέτες RFID κατηγοριοποιούνται σε ενεργές, παθητικές και ημι-παθητικές. [30, 31, 32]

Ενεργές ετικέτες (*Active Tags*): Τροφοδοτούνται από μπαταρία και τα δεδομένα τους μπορούν να ξαναγραφούν ή / και να τροποποιηθούν (*Read / Write tags*). Το μέγεθος της μνήμης τους ποικίλει, ανάλογα με τις απαιτήσεις της εκάστοτε εφαρμογής (ορισμένα συστήματα έχουν μνήμη έως και 1 MB). Λόγω της ενέργειας που παρέχεται από τη μπαταρία, διαθέτουν μεγαλύτερο εύρος ανάγνωσης αλλά και

μεγαλύτερο μέγεθος, μεγαλύτερο κόστος και περιορισμένη διάρκεια ζωής (έως και 10 χρόνια ανάλογα με τη θερμοκρασία λειτουργίας και τον τύπο μπαταρίας). Χρησιμοποιούνται σε μεγάλα αντικείμενα που παρακολουθούνται από μεγάλη απόσταση. [31, 32, e8]

Διαθέτουν δύο διαφορετικούς τύπους, τους πομποδέκτες (*transponders*) και τους φάρους (*beacons*). [37, e3, e8]

Οι πομποδέκτες ενεργοποιούνται όταν λάβουν σήμα από τον σαρωτή και στην συνέχεια στέλνουν πίσω σήμα με τις σχετικές πληροφορίες. Είναι πολύ αποδοτικοί, διότι διατηρείται η διάρκεια ζωής της μπαταρίας, όταν η ετικέτα βρίσκεται εκτός της εμβέλειας του σαρωτή. Αντιθέτως, οι φάροι εκπέμπουν διαρκώς πληροφορίες κάθε 3 - 5 δευτερόλεπτα, χωρίς να περιμένουν να λάβουν το σήμα του σαρωτή. Μπορούν να διαβαστούν σε απόσταση εκατοντάδων μέτρων, ωστόσο για να διατηρηθεί η ζωή της μπαταρίας, ρυθμίζονται σε χαμηλότερη ισχύ εκπομπής. Χρησιμοποιούνται συνήθως σε συστήματα εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο (*Real-Time Locating Systems*, RTLS) προκειμένου να παρακολουθείται συνεχώς η ακριβής τοποθεσία ενός αντικειμένου. [37, e3, e8]



Εικόνα 3.7: Active RFID tags [e3]

Παθητικές ετικέτες (*Passive Tags*): Λειτουργούν χωρίς δική τους τροφοδοσία. Όταν ένας σαρωτής εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα, αυτά δημιουργούν ζεύγος με την κεραία της ετικέτας και σχηματίζεται ένα μαγνητικό πεδίο, από το οποίο αντλεί ενέργεια η ετικέτα. Κατά συνέπεια, οι παθητικές ετικέτες είναι ελαφρύτερες από τις ενεργές, χαμηλότερου κόστους και με σχεδόν απεριόριστη διάρκεια ζωής. Ωστόσο, διαθέτουν μικρότερο εύρος ανάγνωσης και για τη λειτουργία τους απαιτείται ισχυρό πεδίο ενέργειας. Στις παθητικές ετικέτες εντάσσονται αυτές που είναι μόνο για ανάγνωση (*Read-only tags*) και προγραμματίζονται με ένα μοναδικό σύνολο δεδομένων (32 έως 128 bits), το οποίο δεν μπορεί να τροποποιηθεί. [31, 32]

Ανάλογα με τη μορφή τους, κατηγοριοποιούνται σε σκληρές ετικέτες (*hard tags*) και ένθετα (*inlays*). [34, 37, e3]

Οι σκληρές ετικέτες είναι κατασκευασμένες από πλαστικό, μέταλλο, κεραμικό και καουτσούκ, είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές και ποικίλουν σημαντικά ανάλογα με το

μέγεθος, το βάρος και το σχήμα τους. Χωρίζονται σε πέντε υποκατηγορίες: ετικέτες Υψηλής Θερμοκρασίας (*High Temperature*), Τραχιές ετικέτες (*Rugged*), ετικέτες Μεγέθους (*Size*), ετικέτες Υλικών (*Materials*), και Ενσωματωμένες ετικέτες (*Embeddable*). Τα ένθετα είναι κατασκευασμένα από λεπτό και εύκαμπτο χαρτί. Αποτελούν τις πιο φθηνές ετικέτες RFID και χωρίζονται σε τρεις κύριους τύπους: στα Στεγνά Ένθετα (*Dry Inlays*), στα Υγρά Ένθετα (*Wet Inlays*) και στις Ετικέτες Όψης Χαρτιού (*Paper Face Tags*). [37, e3]



Εικόνα 3.8: Passive RFID hard tags Εικόνα 3.9: Passive RFID inlays

Ημι-Παθητικές ετικέτες (*Battery-Assisted passive Tags, BAP*): Αν και διαθέτουν μπαταρία, η επικοινωνία με τον σαρωτή εξαρτάται από την ενέργεια που θα παρέχει εκείνος. Με αυτόν τον τρόπο, οι ημι-παθητικές ετικέτες τείνουν να λειτουργούν σαν παθητικές και η μπαταρία τους χρησιμοποιείται για άλλες λειτουργίες, όπως συλλογή δεδομένων σχετικά με το περιβάλλον που εκτίθεται το αντικείμενο που φέρει την ετικέτα. [31, 32, e4]

	Active RFID	Passive RFID	Battery-Assisted Passive (BAP)
Tag Power source	Internal to tag	Energy transfer from the reader via RF	Tag uses internal power source to power on, and energy transferred from the reader via RF to backscatter
Tag Battery	Yes	No	Yes
Availability of Tag Power	Continuous	Only within field of reader	Only within field of reader
Required Signal Strength from Reader to Tag	Very Low	Very high (must power the tag)	Moderate (does not need to power tag, but must power backscatter)
Available Signal Strength from Tag to Reader	High	Very Low	Moderate
Communication Range	Long Range (100m or more)	Short range (up to 10m)	Moderate range (up to 100m)
Sensor Capability	Ability to continuously monitor and record sensor input	Ability to read and transfer sensor values only when tag is powered by reader	Ability to read and transfer sensor values only when tag receives RF signal from reader

Πίνακας 3.2: Active, Passive & BAP RFID systems [e8]

Ανάλογα με τη λειτουργικότητα τους, οι ετικέτες κατηγοριοποιούνται σε κλάσεις. Έχουν καθοριστεί έξι ταξινομήσεις κλάσεων (0 έως 5) με σταδιακά μεγαλύτερη ικανότητα. Οι κλάσεις 0 έως 3 αφορούν παθητικές ετικέτες, το κόστος των οποίων αυξάνεται, ανάλογα με την κλάση. Οι ετικέτες των κλάσεων 0 και 1 αποθηκεύουν πολύ λίγες πληροφορίες καθώς και τους κωδικούς «θανάτου» για απενεργοποίηση της ετικέτας. Η μνήμη τους δεν είναι εγγράψιμη και γενικότερα, τα σημαντικά δεδομένα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων και όχι στην ετικέτα. Η κλάση 0 αφορά τις Ηλεκτρονικές Ετικέτες Επιτήρησης (*Electronic Article Surveillance, EAS*), τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες ετικέτες, με πολύ χαμηλό κόστος. Η κλάση 4 περιλαμβάνει ενεργές ετικέτες, ενώ στη κλάση 5 συναντώνται σαρωτές και ενεργές ετικέτες που μπορούν να διαβάσουν δεδομένα από άλλες ετικέτες. [41, 42]

3.3.3 Συχνότητες

Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται από διάφορες συχνότητες κυμάτων, που παράγονται από τη χρήση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Ένα ραδιοκύμα είναι ουσιαστικά μια διαταραχή, που μεταφέρει μέσα στο χώρο ενέργεια από το ένα μέρος στο άλλο. Τα ραδιοκύματα χαρακτηρίζονται από συχνότητα και μήκος κύματος. Η συχνότητα μετράται σε Hertz και ένα Hertz ισούται με ένα κύκλο πλήρους κύματος ανά δευτερόλεπτο. Οπότε, η συχνότητα εξαρτάται από τον ρυθμό ταλάντωσης του κύματος. Υπάρχουν οχτώ ζώνες συχνοτήτων (*Εικόνα 3.10*): [35]

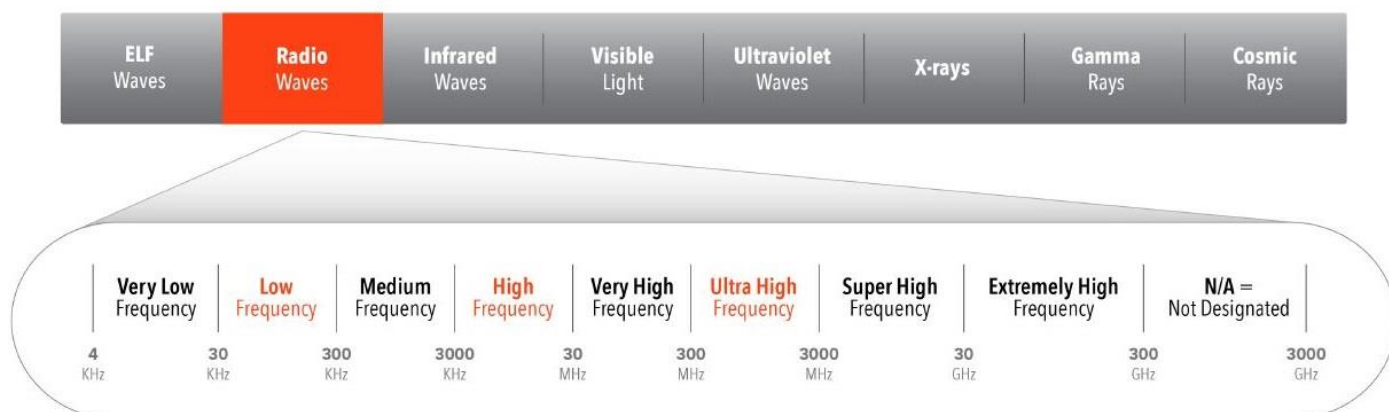
- ❖ Very low frequency
- ❖ Low frequency
- ❖ Medium frequency
- ❖ High frequency
- ❖ Very high frequency
- ❖ Ultra-high frequency
- ❖ Super high frequency
- ❖ Extremely high frequency

Από τις οχτώ συχνότητες στη ζώνη ραδιοκυμάτων, τρεις από αυτές χρησιμοποιούνται για εφαρμογές RFID: [32, 33, 35]

- ❖ Low frequency
- ❖ High frequency
- ❖ Ultra-high frequency

Στην ουσία, η συχνότητα αναφέρεται στο μέγεθος των ραδιοκυμάτων που χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία μεταξύ των στοιχείων του συστήματος. Υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που συνδέονται με τη χρήση κάθε ζώνης συχνοτήτων. Η απόδοση ενός συστήματος επηρεάζεται από υγρές ή μεταλλικές επιφάνειες. Τα ραδιοκύματα, γενικότερα, απορροφώνται από το νερό. Τα HF σήματα όμως, έχουν περισσότερη διαπερατότητα σε υγρές επιφάνειες από ότι τα UHF σήματα και για το λόγο αυτό, σε τέτοιου είδους επιφάνειες τοποθετούνται επικέτες HF. Αντιθέτως, τα μέταλλα αντανακλούν τα ραδιοκύματα, επηρεάζοντας έτσι όλες τις συχνότητες RFID. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες, το υλικό εφαρμογής ετικετών και η απόσταση ανάγνωσης. Για παράδειγμα, ένα σύστημα RFID που λειτουργεί στη χαμηλότερη συχνότητα, έχει μεν πιο αργό ρυθμό ανάγνωσης δεδομένων, αυξάνει δε τις δυνατότητες ανάγνωσης κοντά ή πάνω σε μεταλλικές ή υγρές επιφάνειες. Αντιθέτως, ένα σύστημα RFID που λειτουργεί σε υψηλότερη συχνότητα, έχει γενικά ταχύτερους ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων και μεγαλύτερο εύρος ανάγνωσης, αλλά και μεγαλύτερη ευαισθησία στις παρεμβολές ραδιοκυμάτων που προκαλούνται από υγρά και μέταλλα στο περιβάλλον. [41, e8]

ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Εικόνα 3.10: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα [35]

Τα παθητικά συστήματα RFID μπορούν να λειτουργήσουν και στις τρεις συχνότητες ενώ τα ενεργά λειτουργούν συνήθως σε UHF. [e8]

❖ Χαμηλή Συχνότητα (*Low Frequency, LF*) 125 - 134 KHz

Η χαμηλή συχνότητα κυμαίνεται ανάμεσα σε 30 KHz και 300 KHz. Τυπικά, τα συστήματα LF RFID λειτουργούν μεταξύ 125 - 134 KHz, με χαμηλό εύρος ανάγνωσης, 10 εκατοστών, και χαμηλότερη ταχύτητα ανάγνωσης από τις υψηλότερες συχνότητες. Ωστόσο, έχουν μικρή ευαισθησία στις παρεμβολές ραδιοκυμάτων. [33, e1, e8]

Το LF RFID χρησιμοποιείται συνήθως για έλεγχο πρόσβασης και παρακολούθηση των ζώων (το νερό έχει μηδαμινή επίδραση στην ανάγνωσή τους). [e8]

❖ **Υψηλή Συχνότητα** (*High Frequency, HF*) 13.56 MHz

Η υψηλή συχνότητα κυμαίνεται ανάμεσα σε 3 MHz και 30 MHz. Τα περισσότερα συστήματα HF RFID λειτουργούν στα 13.56 MHz με εύρος ανάγνωσης μεταξύ 10 εκατοστών και 1 μέτρου και έχουν μέτρια ευαισθησία στις παρεμβολές. Η επικοινωνία κοντινού πεδίου (*Near-Field Communication, NFC*) αποτελεί μέρος αυτής της συχνότητας. [33, e1, e8]

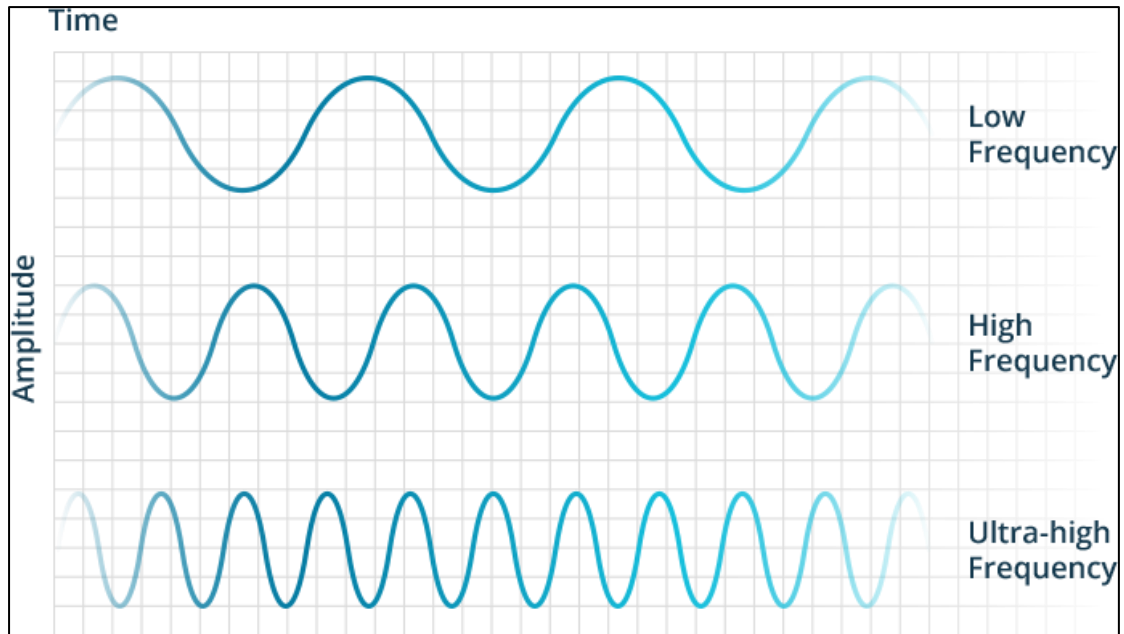
Το HF RFID χρησιμοποιείται συνήθως για εφαρμογές έκδοσης εισιτηρίων, πληρωμών και μεταφοράς δεδομένων. [e8]

❖ **Εξαιρετικά υψηλή Συχνότητα** (*Ultra-High Frequency, UHF*) 865 - 960 MHz

Η εξαιρετικά υψηλή συχνότητα κυμαίνεται ανάμεσα σε 300 MHz και 3 GHz. Τα περισσότερα συστήματα UHF RFID λειτουργούν στα 865 - 960 MHz με εύρος ανάγνωσης από λίγα εκατοστά για μικρές ετικέτες, μέχρι 12 μέτρα για μεγάλες ετικέτες. Έχει ταχύτερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων από τις άλλες δύο συχνότητες, αλλά παρουσιάζει τη μεγαλύτερη ευαισθησία στις παρεμβολές. Πάντως, πολλοί κατασκευαστές προϊόντων UHF έχουν βρει τρόπους σχεδιασμού ετικετών, κεραιών και σαρωτών για να διατηρούν υψηλή απόδοση ακόμα και σε δύσκολα περιβάλλοντα. Οι παθητικές ετικέτες UHF είναι πιο εύκολες και πιο οικονομικές στη κατασκευή τους από ότι οι ετικέτες LF και HF. [33, e1, e8]

Τα ενεργά συστήματα UHF RFID χρησιμοποιούν δύο κύριες συχνότητες στα 433 MHz και 915 MHz. Το ποια από τις δύο θα χρησιμοποιηθεί, εξαρτάται από την προτίμηση του χρήστη, την επιλογή της ετικέτας ή τις περιβαλλοντικές εκτιμήσεις. Το εύρος ανάγνωσης κυμαίνεται μεταξύ 100 και 300 μέτρων. [e1, e8]

Το UHF RFID εμφανίζεται συχνά σε εφαρμογές διοδίων, εντοπισμό περιουσιακών στοιχείων και σχεδόν σε κάθε σύστημα που απαιτεί τοποθεσία σε πραγματικό χρόνο. [e8]



Εικόνα 3.11: Συχνότητες RFID [e8]

3.4 Οφέλη από το RFID

Πολλά είναι τα οφέλη που προκύπτουν από τη χρήση του RFID. Ένα από αυτά, το οποίο αποτελεί μεγάλο πλεονέκτημα για πολλές εταιρείες, είναι η δυνατότητα εντοπισμού και παρακολούθησης μεμονωμένων αντικειμένων χωρίς οπτική επαφή. [33, e1]

Οι ετικέτες είναι εξαιρετικά ανθεκτικές σε αντίξοες συνθήκες όπως ο πάγος, το χιόνι, η ομίχλη, το χρώμα κλπ. Η ανάγνωση τους μπορεί να γίνει από απόσταση, ενώ σε συνδυασμό με τους αισθητήρες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση των εμπορευμάτων (π.χ. παρακολούθηση και καταγραφή θερμοκρασίας στα ψυγεία). Επιπρόσθετα, μπορούν να ξαναγραφούν και να ξαναχρησιμοποιηθούν, όπως επίσης και να αποθηκεύσουν περισσότερα δεδομένα σε σχέση με το barcode. [33, e1]

Ακόμα ένα όφελος είναι η ικανότητα που έχουν οι σαρωτές να διαβάζουν, μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, εκατοντάδες ετικέτες, οι οποίες μπορούν να έχουν τυπωμένες πληροφορίες όπως οδηγίες, barcodes ή ονόματα εταιριών. [33, e1]

Η υψηλή ακρίβεια που χαρακτηρίζει τα συστήματα, τα βοηθάει να ενσωματωθούν σε άλλα εσωτερικά συστήματα ή διαδικασίες και να παρέχουν πολλαπλή ανάγνωση για τις ετικέτες. Τέλος, με τη χρήση του RFID επιτυγχάνεται η

μείωση του ανθρώπινου δυναμικού, προσφέροντας έτσι περισσότερο κέρδος στην εταιρεία. [33, e1]

3.5 Προβλήματα και ανησυχίες

Το RFID δεν αποτελεί μία απεριόριστη τεχνολογία που γνωρίζει και βλέπει τα πάντα. Καθώς ωριμάζει και επεκτείνεται, αυξάνονται τα ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα. Λόγω του υψηλού κόστους και των περιορισμένων πόρων, τα συστήματα RFID δεν διαθέτουν επαρκή υποστήριξη σε θέματα ασφάλειας. Έχουν προταθεί πολλές λύσεις, χωρίς ωστόσο να αντιμετωπίζουν αυτά τα ζητήματα πλήρως. [31, 42]

Μία ενδεχόμενη επίθεση ανάλυσης κίνησης (*traffic analysis*) θα είχε ως αποτέλεσμα την εξαγωγή των δεδομένων από τις ετικέτες και τη χρησιμοποίησή τους για την παρακολούθηση των ανθρώπων, παραβιάζοντας έτσι την ιδιωτικότητα της τοποθεσίας. Επίσης, η λειτουργία των σαρωτών μπορεί να αχρηστευτεί με επίθεση DoS (*Denial of Service*), ενώ με την πλαστογράφιση (*spoofing*) τα δεδομένα της ετικέτας μπορούν να αντιγραφούν σε μία άλλη, να τροποποιηθούν ακόμα και να αφαιρεθεί η ετικέτα από τα αντικείμενα, διευκολύνοντας έτσι πιθανή κλοπή. [31, 42, 43, e9]

Προβλήματα παρουσιάζονται και στις παθητικές ετικέτες, που όπως όλες οι ασύρματες συσκευές, είναι επιρρεπείς σε επαγωγή σφαλμάτων (*fault induction*) και επιθέσεις χρονισμού (*timing attacks*) ή ανάλυσης ισχύος (*analysis attacks*). Επιπρόσθετα, η επίθεση man-in-the-middle μπορεί εύκολα να καταστρέψει ένα σύστημα. [31, 43, e9]

Οι περισσότερες ετικέτες επίσης, δεν μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστια ποσότητα δεδομένων. Ακόμα και αυτές που μπορούν όμως, παρουσιάζουν αισθητά μειωμένο χρόνο ανάγνωσης. Δεν μπορούν να διαβαστούν από μεγάλη απόσταση, παρά μόνο όταν βρίσκονται εντός της εμβέλειας του σαρωτή. Τέλος, οι ενεργές ετικέτες είναι σημαντικά πιο ακριβές και με περιορισμένη διάρκεια ζωής. [e1]

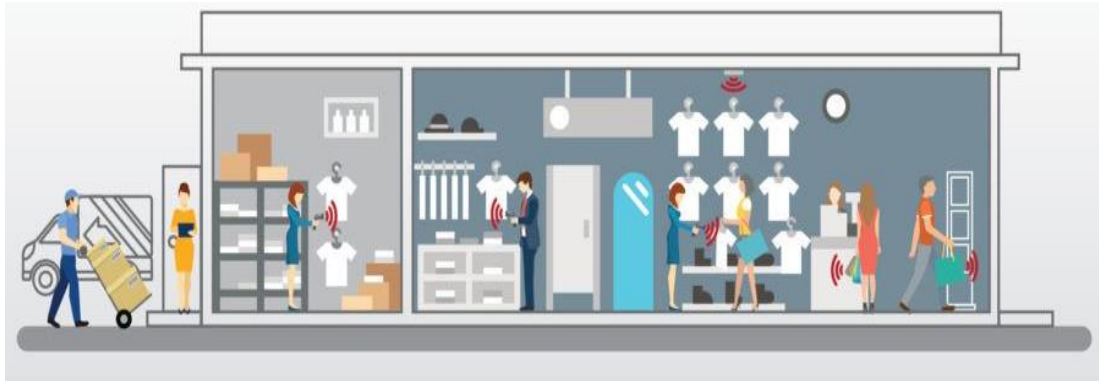
Άλλα προβλήματα αφορούν το υψηλό κόστος. Γενικότερα, ένα σύστημα RFID δεν είναι φθηνό. Τα περισσότερα συστήματα κοστίζουν από μερικές εκατοντάδες ευρώ για ένα μικρό σαρωτή και λίγες ετικέτες, μέχρι και μερικές χιλιάδες ευρώ για μια ενιαία ζώνη ανάγνωσης με έναν σαρωτή, κεραίες και ετικέτες. [42, e1]

3.6 Το RFID στο λιανικό εμπόριο

Η τεχνολογία RFID προσφέρθηκε για πρώτη φορά στους λιανέμπορους περισσότερο από μία δεκαετία πριν, αλλά το υψηλό κόστος αποδείχθηκε ανασταλτικός παράγοντας για την υιοθέτηση της. Πλέον, έχει επεκταθεί χάρη στην τεράστια αύξηση των αγορών μέσω κινητών συσκευών, υπολογιστών και κοινωνικών δικτύων. Αυτό οδήγησε στη ανάπτυξη ενός διακαναλικού λιανικού εμπορίου, έχοντας ενιαία προβολή των προϊόντων και των καταναλωτών σε όλα αυτά τα κανάλια και τις αποθήκες. [e20, e21, e22]

Μια από τις πιο συχνές χρήσεις του RFID, είναι για την **διαχείριση των αποθεμάτων**. Ο καταναλωτής έχει την απαίτηση από τους εμπόρους να γνωρίζουν οποιαδήποτε στιγμή τι προϊόν έχουν και πού το έχουν. Θέλει όταν επισκέπτεται το κατάστημα, να βρίσκει το προϊόν που επιθυμεί να αγοράσει. Δεν υπάρχει τίποτα πιο εξοργιστικό από την ένδειξη «μη διαθέσιμο», κάτι που μπορεί να τον στρέψει προς τις ηλεκτρονικές αγορές. Κάπου εδώ έρχεται το RFID. Οι ετικέτες που είναι τοποθετημένες σε κάθε προϊόν, επιτρέπουν στο προσωπικό να εντοπίσει όλα τα αντικείμενα στα ράφια του καταστήματος, όπως επίσης στις αποθήκες και στα δοκιμαστήρια. Έτσι, βελτιώνεται η διαχείριση αποθεμάτων, η διαδικασία της οποίας μαζί με αυτή της απογραφής πλέον γίνονται εύκολα σε μικρό χρονικό διάστημα, τα ράφια είναι πάντα γεμάτα και ο καταναλωτής μένει ικανοποιημένος. [e22]

Η χρήση του RFID επεκτείνεται και στην **παρακολούθηση των αντικειμένων**. Παραδείγματος χάριν, με τον εντοπισμό της εισόδου και εξόδου των καρτοσιών αγορών ενός καταστήματος, μπορεί εύκολα να φανεί αν ο αριθμός τους είναι επαρκής για να καλύψει τις ανάγκες των καταναλωτών ή αν πρέπει να σταλεί προσωπικό ώστε να φέρει περισσότερα, συμβάλλοντας έτσι στη διαχείρισή τους. Επίσης, αποτρέπονται οι κλοπές τόσο των προϊόντων, όσο και του εταιρικού εξοπλισμού. Από τη στιγμή που κάθε αντικείμενο φέρει ετικέτα, κάθε στοιχείο που εξέρχεται του καταστήματος δίχως άδειας ή πληρωμής, εντοπίζεται από τους σαρωτές στα σημεία εξόδου και ενεργοποιείται ο συναγερμός. Οπότε μπορούμε να πούμε ότι αυξάνεται η **ασφάλεια**. [e23, e25]



Εικόνα 3.12: Χρήση του RFID στο εμπόριο

Άλλη μια χρήση του RFID αφορά στους **διαφημιστικούς σκοπούς**. Οι ετικέτες τοποθετούνται τόσο εξωτερικά, όσο και εντός του καταστήματος σε τερματικά αποδοχής καρτών, στα οποία οι ενδιαφερόμενοι αποκτούν πρόσβαση μεταφέροντας από πάνω τις κινητές συσκευές τους. Με αυτό τον τρόπο ενημερώνονται σχετικά με τις πληροφορίες των προϊόντων, τις προσφορές και τα διαθέσιμα εκπτώτικα κουπόνια, επιτυγχάνοντας έτσι διαδραστική διαφήμιση. [e25]

Πολύ σημαντική είναι η χρήση του RFID και στις πληρωμές. Η τεχνολογία ραδιοσυχνοτήτων παρέχει περισσότερες πληροφορίες με ταχύτερο ρυθμό από αυτή του barcode, μειώνοντας το χρόνο στις ουρές αναμονής και συμβάλλοντας έτσι στην εμπειρία **γρήγορων πληρωμών**. Τέλος, με τη χρήση του RFID οι έμποροι κάνουν **έρευνα** και συλλέγουν δεδομένα σχετικά με τη **συμπεριφορά των καταναλωτών**, με σκοπό τη βελτίωση του καταστήματος. Για παράδειγμα, τη βελτιστοποίηση της διάταξης ενός καταστήματος, ώστε να ταιριάζει με την τυπική συμπεριφορά των καταναλωτών. [e23, e24, e25]

4 Έξυπνο Καρότσι Αγορών

4.1 Ο τομέας του λιανικού εμπορίου

Η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από τους έντονους και γρήγορους ρυθμούς της καθημερινότητας. Ο χρόνος είναι πολύτιμος και οι άνθρωποι προκειμένου να εξοικονομήσουν όσο περισσότερο μπορούν, προσπαθούν να κάνουν πολλά πράγματα ταυτόχρονα. [10, 19]

Στον τομέα του λιανικού εμπορίου οι αγορές είναι καθημερινή συνήθεια. Παρά την αύξηση των ηλεκτρονικών αγορών, τα πολυκαταστήματα και τα εμπορικά κέντρα παραμένουν στη κορυφή της προτίμησης των καταναλωτών. Υπό την ίδια στέγη έχουν τη δυνατότητα να προμηθεύονται διαφορετικού είδους προϊόντα (τρόφιμα, είδη ένδυσης, ηλεκτρικές συσκευές), εξυπηρετώντας τις καθημερινές τους ανάγκες, γλυτώνοντας τις άσκοπες και χρονοβόρες μετακινήσεις. [10, 14, 18, 19]

4.1.1 Το υπάρχον σύστημα

Όλα τα προϊόντα διαθέτουν γραμμωτό κώδικα (*barcode*), δηλαδή μία λωρίδα δεδομένων σε παράλληλες γραμμές που αποθηκεύει πληροφορίες όπως ονομασία, τιμή, προσφορές κλπ και διαβάζεται με τη χρήση σαρωτή barcode. Τα είδη barcode χωρίζονται σε 1D και 2D barcodes. [12]

Τα 1D barcodes είναι στήλες διαφορετικού πλάτους γραμμών και βρίσκονται πίσω από τα προϊόντα, ενώ τα 2D barcodes κωδικοποιούν τα δεδομένα όχι μόνο οριζόντια αλλά και κάθετα. [12]

Κάθε τύπος barcode ονομάζεται συμβολισμός και υπάρχει ένα αντίστοιχο πρότυπο που ορίζει ένα σύμβολο και πώς αυτό κωδικοποιείται και αποκωδικοποιείται. [12]



Εικόνα 4.1: 1D vs 2D Barcode

Σε περιόδους αυξημένης κίνησης (Σαββατοκύριακα, εορτές, εκπτώσεις) σύνθηες φαινόμενο είναι να επικρατεί συνωστισμός στα εμπορικά καταστήματα. Η διαδικασία που ακολουθείται κατά τη διάρκεια των αγορών είναι λίγο έως πολύ η ίδια. Ο καταναλωτής ψάχνει να βρει το διάδρομο με τα προϊόντα που θέλει να προμηθευτεί και αφού διαβάσει τις πληροφορίες του κάθε προϊόντος, τα επιλέγει, τα τοποθετεί στο καλάθι και στη συνέχεια κατευθύνεται στα ταμεία. Εκεί έρχεται αντιμέτωπος με μεγάλες ουρές αναμονής, ενώ όταν έρθει η σειρά του, ο ταμίας σαρώνει ένα προς ένα τα barcode των προϊόντων ενώ παράλληλα ο καταναλωτής τα τοποθετεί πάλι στο καλάθι. Σε περίπτωση δε που το συνολικό ποσό πληρωμής υπερβεί το προϋπολογισμό του, κάποια προϊόντα πρέπει να αφαιρεθούν ακολουθώντας την ίδια διαδικασία. [10, 14, 15, 18]

Κάποια καταστήματα χρησιμοποιούν ταμεία Ταχείας Εξυπηρέτησης (*Express Checkout*) ενώ τα σουπερμάρκετ, κατά κύριο λόγο, έχουν εισάγει σύστημα Αυτόματων Πληρωμών. Σε περιόδους αιχμής όμως, παρατηρείται και εκεί συμφόρηση. Επίσης, όσον αφορά τις αυτόματες πληρωμές, ο καταναλωτής χάνει και πάλι χρόνο στη σάρωση των barcode, ενώ το κατάστημα απασχολεί προσωπικό για να ελέγχει τον καταναλωτή και να του παρέχει βοήθεια αν χρειαστεί. [10]



Εικόνα 4.2: Ουρές αναμονής στα ταμεία

4.1.2 Δήλωση προβλήματος

Η χρήση του υπάρχοντος συστήματος αγορών όμως, παρουσιάζει πολλά προβλήματα, καθιστώντας το, πλέον, ξεπερασμένο. [10, 14, 16]

Καταναλωτής

- Αφιερώνει αρκετό χρόνο στην αναζήτηση πληροφοριών και βοήθειας, διότι παρέχονται ελλιπείς πληροφορίες προϊόντων.

- Υπάρχει έλλειψη εξατομικευμένης σύστασης για υποκατάστατα και συμπληρωματικά προϊόντα (π.χ. οδοντόβουρτσα – οδοντόκρεμα).
- Κατά μέσο όρο ξοδεύει το 15-20% του συνολικού του χρόνου στις ουρές αναμονής, κάτι που προκαλεί εκνευρισμό.
- Υπέρβαση προϋπολογισμού.

Κατάστημα

- Απασχόληση υπαλλήλου, ο οποίος πληρώνεται μόνο για τη σάρωση του barcode.
- Η απογραφή προϊόντων δεν είναι ψηφιοποιημένη, επομένως γίνεται με καθυστέρηση.

Προμηθευτής

- Δεν υπάρχει άμεση πρόσβαση στις επιλογές και την αγοραστική συμπεριφορά του καταναλωτή.

Το αποτέλεσμα είναι ότι ο καταναλωτής διστάζει να επισκεφτεί ξανά το κατάστημα, καθώς υπάρχει σπατάλη πολύτιμου χρόνου, απελπισία και απόγνωση, συνωστισμός στις εξόδους αλλά και επιπλέον κόστος για το ίδιο το κατάστημα. [10, 12]

4.1.3 Η ιδέα

Καθώς το σύστημα αγορών οφείλει να βελτιώνεται διαρκώς, τα παραπάνω προβλήματα οδήγησαν στην ιδέα ενός αυτοματοποιημένου καροτσιού αγορών. Σκοπός του είναι η μείωση του χρόνου αναμονής του καταναλωτή, αλλά και του συνολικού ανθρώπινου δυναμικού που απασχολείται και, εν τέλει, η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του καταστήματος και της εμπειρίας αγοράς του καταναλωτή. [12, 15]

Το προτεινόμενο σύστημα εισάγει μία νέα μεθοδολογία αγορών στα καταστήματα λιανικής, συμβάλλοντας στη βελτίωση της ταχύτητας ροής της λειτουργίας τους και περιορίζοντας τα ανθρώπινα λάθη. Με το συνδυασμό της ασύρματης τεχνολογίας και του Internet of Things, ο καταναλωτής θα κάνει τα πάντα μόνος του. Η αγορά του προϊόντος, η μέτρηση του βάρους, ο υπολογισμός του λογαριασμού και η εκτύπωση της απόδειξης θα γίνεται μέσω πλατφόρμας IoT, παρέχοντας στον καταναλωτή πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και βοηθώντας στην αποτελεσματικότητα των αγορών του. [10, 11, 17]

4.2 Συναφείς εργασίες

Καθώς προχωράμε στον 21^ο αιώνα, η μελέτη των εφαρμογών IoT εντείνεται και ο τομέας του λιανικού εμπορίου δε θα μπορούσε να μην ερευνηθεί. Τα τελευταία χρόνια υπάρχουν αρκετά ερευνητικά έργα πάνω στα έξυπνα συστήματα αγορών, στοχεύοντας στη βελτίωση της εμπειρίας του καταναλωτή. [13]

Σε αυτή την ενότητα, αναλύονται τα πιο σημαντικά από όσα μελετήθηκαν και οδήγησαν στο προτεινόμενο σύστημα.

Οι M.Jothibasυ και S.Boorathy (2017), [10], πρότειναν ένα έξυπνο σύστημα πληρωμών για σουπερμάρκετ (*Smart Supermarket Billing System*). Το σύστημα τροφοδοτείται μέσω συνηθισμένης μονάδας τροφοδοσίας (τάση εξόδου 5V - 12V) και η αρχιτεκτονική του περιλαμβάνει χρήση έξυπνης κάρτας, τερματικό αποδοχής καρτών (*POS*), σαρωτή barcode, οθόνη, καθώς και αισθητήρα βάρους. Υπάρχουν επίσης μονάδα GSM για την εκτύπωση και αποστολή του λογαριασμού με SMS, μονάδα Wi-Fi και χρησιμοποιείται πλακέτα μικροελεγκτή Arduino Uno. Τα δεδομένα μεταφέρονται στο χρήστη μέσω της πύλης νέφους, η συναλλαγή πραγματοποιείται εύκολα και η πληρωμή γίνεται online.

Στοχεύοντας στη μείωση του χρόνου αναμονής και την αύξηση της παραγωγικότητας, ο K.Lalitha κ.ά. (2017), [12], πρότεινε ένα έξυπνο καλάθι αγορών (*Intelligent Shopping Basket*) το οποίο χρησιμοποιεί ενσωματωμένο τσιπ με σαρωτή barcode και μπαταρία. Πιο συγκεκριμένα, ο σαρωτής barcode είναι τοποθετημένος στο σημείο ελέγχου του καροτσιού και η μονάδα Wi-Fi είναι υπεύθυνη για την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων του καταστήματος. Το σύστημα χρησιμοποιεί πλακέτα μικροελεγκτή Arduino Due. Υπάρχει επίσης αισθητήρας βάρους, υπερηχητικός αισθητήρας για αυτόματη σάρωση των προϊόντων, ενσωματωμένη οθόνη και μπαταρία για τη τροφοδοσία τους. Τέλος, μελλοντική επέκταση προβλέπει την ενημέρωση του χρήστη για τα προϊόντα που πρέπει να αφαιρεθούν σε περίπτωση υπέρβασης του προϋπολογισμού.

Ο Dhavale Shraddha D. κ.ά. (2016), [14], παρουσίασε μια διαφορετική προσέγγιση συγκριτικά με τους άλλους ερευνητές, καθώς το barcode αντικαθίσταται, πλέον, από το RFID. Σε κάθε προϊόν αντιστοιχεί μία ετικέτα RFID. Κατά τη τοποθέτηση του στο καρότσι, η ετικέτα διαβάζεται από το σαρωτή. Ο επεξεργαστής ARM συγκρίνει τις πληροφορίες που μόλις διαβάστηκαν και η οθόνη εμφανίζει την ονομασία και το κόστος του προϊόντος, καθώς και το συνολικό λογαριασμό. Η επικοινωνία με το διακομιστή και τη βάση δεδομένων γίνεται με μονάδα Wi-Fi

ESP8266, μειώνοντας το απαιτούμενο υλικό και παρέχοντας τη δυνατότητα στον καταστηματούχο να έχει απευθείας πρόσβαση στις πληροφορίες αγορών.

Ομοίως, η πρόταση του Galande Jayshree κ.ά. (2014), [15], αφορά ένα έξυπνο καρότσι βασισμένο σε τεχνολογία RFID (*Smart Trolley Using RFID*). Εδώ ωστόσο, οι τεχνολογίες RFID και barcode συνυπάρχουν, μια και σε ορισμένα προϊόντα δεν είναι δυνατό να τοποθετηθεί ετικέτα. Η ονομασία και το κόστος του προϊόντος μπορεί να «ακουστεί» με τη χρήση ακουστικών και ο υπολογισμός του λογαριασμού γίνεται στο καρότσι. Ο «εγκέφαλος» του συστήματος είναι της οικογένειας επεξεργαστών ARM-7, παρέχεται τροφοδοσία μέσω μετασχηματιστή με τάση εξόδου 12V, ενώ για λόγους ασφαλείας χρησιμοποιείται αισθητήρας υπέρυθρων για καταμέτρηση των προϊόντων. Η επικοινωνία μεταξύ επεξεργαστή και υπολογιστή γίνεται σειριακά, με χρήση του προτύπου RS232 και τα συνολικά στοιχεία του λογαριασμού μεταφέρονται μέσω ασύρματων μονάδων RF. Χρησιμοποιούνται οι γλώσσες προγραμματισμού Visual Basic, για τη διασφάλιση απλούστερης διεπαφής χρήστη και C για την ακρίβεια χρέωσης.

Με την πρότασή του, ο Ankush Yewatkar κ.ά. (2016), [16], έθεσε ως στόχο την παροχή ενός κεντρικού συστήματος με αυτόματη χρέωση. Σε κάθε προϊόν τοποθετείται ετικέτα RFID και κάθε καρότσι περιέχει μία συσκευή αναγνώρισης προϊόντος (*Product Identification Device, PID*), αποτελούμενη από επεξεργαστή, μονάδα ZigBee, οθόνη, σαρωτή RFID και μνήμη EEPROM. Ο συγκεκριμένος τύπος μνήμης επιλέχτηκε με σκοπό την επαναφορά του συστήματος μετά την πληρωμή. Για την υλοποίηση χρησιμοποιείται δίκτυο Bayes και Αλγόριθμος ID3.

Η εκδοχή του Hsin-Han Chiang κ.ά. (2016), [11], για ένα έξυπνο καρότσι αγορών (*Smart Shopping Cart*), έχει ως στόχο να προσφέρει στον καταναλωτή διεπαφή χρήστη, τέτοια ώστε να προωθηθεί αποτελεσματικά η υπηρεσία αγορών. Στηριζόμενη στο χειριστή μηνυμάτων ουράς (*Queued Message Handler, QMH*), η διεπαφή χρήστη παρέχει λειτουργία αναζήτησης προϊόντων, πληροφορίες χάρτη και αυτόματη χρέωση. Με τη βοήθεια του αλγόριθμου LBPH επιτυγχάνεται η αναγνώριση προσώπου και βάσει του ιστορικού του καταναλωτή παρέχονται πληροφορίες αγορών. Το σύστημα – η λειτουργικότητα του οποίου βασίζεται σε γλώσσα προγραμματισμού C και LabVIEW – συνδέεται με κινητήρα, σαρωτή λέιζερ και σαρωτή RFID διπλής κεραίας για την αναγνώριση προϊόντων εντός αλλά και εκτός καροτσιού. Υιοθετείται ο ελεγκτής 4^{ης} γενιάς Intel Core i3 – UNO-1483G – για τον έλεγχο κίνησης του κινητήρα, ο οποίος χρησιμοποιεί μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion) τάσης εξόδου

24V και χωρητικότητας 9Ah και η απεικόνιση πραγματοποιείται μέσω συσκευής tablet.

Ο Ruinian Li κ.ά. (2017), [13], είναι ο πρώτος που μελέτησε και τον τομέα της ασφάλειας. Το έξυπνο σύστημα αγορών που πρότεινε, χρησιμοποιεί κρυπτογραφία Ελλειπτικών Καμπυλών (ECC – ECDLP, EIGamal, ECDSA) και HMAC προσαρτημένα στις ετικέτες, για να αποτραπεί η αλλοίωσή τους.

- Το έξυπνο ράφι διαβάζει τα σήματα που λαμβάνει από τις ετικέτες και παρακολουθεί τα αντικείμενα που βρίσκονται σε αυτό.
- Το έξυπνο καρότσι διαβάζει όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα αντικείμενα που υπάρχουν μέσα σε αυτό.
- Το σημείο ελέγχου, αποτελούμενο από τερματικό αποδοχής καρτών (POS), επικυρώνει την αγορά του καταναλωτή.

Τα παραπάνω, συνδέονται και επικοινωνούν με τον κεντρικό διακομιστή και όλο το σύστημα τροφοδοτείται από μπαταρία Power Bank 12000 mAh. Χρησιμοποιείται UHF RFID, λόγω του μεγάλου εύρους οπότε και επιτυγχάνεται αυτόματη ανάγνωση προϊόντος. Επίσης, αναλύονται ζητήματα υποκλοπής και αλλοίωσης δεδομένων και προτείνεται μελλοντική προσθήκη λειτουργιών πλοήγησης, διαφήμισης και προσφορών.

Ο Rong Chen κ.ά. (2010), [17], διαφοροποιείται σημαντικά από τους άλλους ερευνητές. Το σύστημα οδηγού αγορών που προτείνει (*Smart Supermarket Shopping Guide System*), αποτελείται από ενεργές ετικέτες RFID στα ράφια, σαρωτές εντός της εμβέλειας του καταστήματος και φορητούς σαρωτές RFID για κάθε χρήστη. Με την αναζήτηση του προϊόντος, η συσκευή λαμβάνει την πληροφορία, επικοινωνεί με τους σαρωτές και καθοδηγεί το χρήστη. Κατά την τοποθέτηση του προϊόντος στο καρότσι καταγράφονται και στέλνονται στο σύστημα όλες οι πληροφορίες του. Για την είσοδο στο κατάστημα απαιτείται Κάρτα Πελάτη, η οποία χρεώνεται κατά τη διαδικασία πληρωμής. Παρουσιάζονται, ωστόσο, προβλήματα που έχουν να κάνουν με το κόστος του εξοπλισμού, τη διατύπωση σχετικών προτύπων και κανόνων για την εφαρμογή των προτεινόμενων τεχνολογιών, την ασφάλεια των πληροφοριών.

Ένα καρότσι αγορών βασισμένο σε διαδραστικό σταθμό (*Interactive Kiosk based cart*) προτείνει ο J C.Narayana Swamy κ.ά. (2016), [19], το οποίο αναγνωρίζει τις πληροφορίες των προϊόντων που είναι καταχωρημένα στη βάση δεδομένων, με χρήση τεχνολογίας RFID. Το καρότσι αλληλεπιδρά με τον κεντρικό διακομιστή με

πρωτόκολλο επικοινωνίας ZigBee, έχοντας τη δυνατότητα να υπολογίσει το λογαριασμό για τα προϊόντα που προστέθηκαν. Ο χρήστης μπορεί να περιηγηθεί στη λίστα των διαθέσιμων προϊόντων στην οθόνη, να πλοηγηθεί μέσω διαδραστικού χάρτη στο κατάστημα και να λάβει SMS μετά την πληρωμή. Η τροφοδοσία του σαρωτή έχει τάση εξόδου 5V και η σύνδεση όλου του συστήματος στηρίζεται στον υπολογιστή μονής πλακέτας Beagle Bone Black. Χρησιμοποιείται λειτουργικό σύστημα Debian και γλώσσα προγραμματισμού Python.

4.3 Συγκριτική Ανάλυση

Μελετήσαμε τα παραπάνω ερευνητικά έργα, η συγκριτική ανάλυση των οποίων παρουσιάζεται στον Πίνακα 4.1. Η αξιολόγηση έγινε με βάση την τεχνολογία που χρησιμοποιεί το κάθε σύστημα, τη μονάδα επεξεργασίας και το υλικό που απαιτείται για την υλοποίηση του.

α/α	Συγγραφέας	Σύστημα	Μονάδα επεξεργασίας	Τεχνολογία	Hardware
10	M.Jothibasul, S.Boopathy	SSBS	Arduino Uno R3	Wi-Fi, Barcode	Barcode reader, Wi-Fi module, weight sensor, display, GSM module, smart card, POS, power supply 5V - 12V
12	K.Lalitha	ISB	Arduino Due	Wi-Fi, Barcode	Barcode reader, Wi-Fi module, weight sensor, LCD monitor, ultrasonic sensor, battery kit
14	Dhavale Shraddha D.	IoT Based Intelligent Trolley	ARM	Wi-Fi, RFID	RFID tags + reader, ESP module, LCD display
15	Galande Jayshree	Smart Trolley Using RFID	ARM-7	RS232, RFID, Barcode	RFID tags + reader, Barcode reader, LCD display, IR sensor, power supply 12V
16	Ankush Yewatkar	Smart Shopping Cart System	Δεν αναφέρεται	ZigBee, RFID	RFID tags + reader, ZigBee module, LCD display, EEPROM
11	Hsin-Han Chiang	SSC	UNO-1483G	Δεν αναφέρεται, RFID	RFID tags + reader (EV-NV-00), tablet, camera, laser scanner (URG-04LX-UG01), motor drive, power supply (Li-ion 24V 9Ah)
13	Ruinian Li	Smart Shopping System based on RFID	Raspberry Pi3 + Arduino Uno	ZigBee, RFID (UHF)	RFID tags + reader, ZigBee adapter, weight sensor, LCD display, POS, power bank 12000mAh
17	Rong Chen	SSSGS	Δεν αναφέρεται	ZigBee, RFID	RFID tags + mobile reader, Public Card, Identification module, Searching and Navigation module, Information module, Reception module, Ad push module, Smart Checkout module
19	J C.Narayana Swamy	Interactive Kiosk based cart	Beagle Bone Black	ZigBee, RFID	RFID tags + reader, ZigBee module, LCD display, GSM SIM 900A module, GPS module, power supply 5V

Πίνακας 4.1: Συγκριτική ανάλυση παρόμοιων συστημάτων

Παρατηρούμε ότι η ύπαρξη ενός κεντρικού διακομιστή είναι απαραίτητη. Εκεί γίνεται η σύγκριση μεταξύ των πληροφοριών της βάσης δεδομένων και αυτών που

αποστέλλονται από το καρότσι. Αυτό είναι και το μέρος αποθήκευσης όλων των δεδομένων που αφορούν τον καταναλωτή, από την κάρτα μέλους και το όνομά του, μέχρι την καταναλωτική του συμπεριφορά.

4.3.1 Ασύρματη επικοινωνία

Διαφορά παρατηρείται στη τεχνολογία που χρησιμοποιείται για ασύρματη επικοινωνία. Το *Wi-Fi* και το *ZigBee* αποτελούν ασύρματες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας που χρησιμοποιούνται συχνά σε παρόμοιες εφαρμογές. Μοιράζονται κάποια βασικά χαρακτηριστικά, έχουν όμως και σημαντικές διαφορές.

Το Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) είναι μια τεχνολογία δικτύωσης, που επιτρέπει στους υπολογιστές και άλλες συσκευές να επικοινωνούν μέσω ασύρματου σήματος. Παρουσιάστηκε αρχικά το 1985 και άρχισε να λειτουργεί το 1997 από την Wi-Fi Alliance. Σήμερα, εξυπηρετεί δίκτυα προσωπικού χώρου (*Personal Area Network, PAN*) και ασύρματα τοπικά δίκτυα (*Wireless Local Area Network, WLAN*) σε εκατομμύρια γραφεία, σπίτια και δημόσιες τοποθεσίες όπως ξενοδοχεία, καφετέριες, αεροδρόμια κλπ. Είναι βασισμένο στο πρότυπο IEEE 802.11.x και έχει διαφορετικές εκδόσεις, στην κάθε μία από τις οποίες το x αντικαθίσταται από a, b, g, n κλπ. [44, e26]

Το Wi-Fi αποτελεί ένα δίκτυο αστέρα, στο οποίο υπάρχει ένας κεντρικός κόμβος και όλοι οι κόμβοι ή οι συσκευές συνδέονται σε αυτό. Αυτή η τοπολογία αστέρα καθιστά εύκολη την προσθήκη ή την αφαίρεση συσκευών χωρίς να επηρεαστεί το υπόλοιπο δίκτυο. Το εύρος ζώνης του είναι υψηλό – έως 2 MHz – καθιστώντας το ιδανικό για μουσική ροή και έλεγχο email από τις κινητές συσκευές. Ωστόσο, η απόδοσή του μειώνεται όταν δεν έχει καλό σήμα, με το μέσο εύρος δικτύου να κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 μέτρων. Το γεγονός πως δεν είναι ένα δίκτυο υψηλής απόδοσης αποτελεί μειονέκτημα. Οι συσκευές που βασίζονται στο Wi-Fi έχουν συνήθως διάρκεια ζωής μπαταρίας μέχρι 10 ώρες, οπότε πρέπει να φορτίζονται συχνά. [44, e26, e28]

Αν και ταχύτερα από το ZigBee, τα δίκτυα Wi-Fi παρουσιάζουν διακυμάνσεις όσον αφορά την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, η μέγιστη ταχύτητα των δικτύων Wi-Fi που βασίζονται στο πρότυπο 802.11b είναι τα 11 mbrps, ενώ οι εκδόσεις a και c έχουν μέγιστη ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων 54 mbrps. Επίσης, μπορούν να υποστηρίξουν μέχρι 2007 κόμβους το κάθε ένα, με εύρος ζώνης καναλιού 0.3, 0.6 ή 2 MHz και ο χρόνος που απαιτείται για τη μετάδοση ενός bit είναι

μόνο 0.00185 μικρο-δευτερόλεπτα. Τέλος, η συχνότητα λειτουργίας του είναι στα 2.4 GHz, 5 GHz και 60 GHz. [44, e26]

	Wi-Fi	ZigBee
Πρότυπο	Σειρά IEEE 802.11	Σειρά IEEE 802.15.4
Τύπος δικτύου	WLAN, PAN	WPAN
Συχνότητα	2.4 GHz, 5 GHz και 60 GHz	868/915 και 2.4 GHz
Εύρος ζώνης καναλιού	0.3 ή 0.6 ή 2 MHz	Περίπου 1 MHz
Ρυθμός δεδομένων	Πάνω από 54 mbps για τις εκδόσεις a και c, πάνω από 11 mbps για την έκδοση c	250 kbps χαμηλός ρυθμός μετάδοσης
Εύρος δικτύου	30 με 100 μέτρα	10 με 100 μέτρα
Σχεδιαστής	Wi-Fi Alliance και IEEE	ZigBee Alliance και IEEE
Κατανάλωση ενέργειας	Υψηλή	Πολύ χαμηλή
Χρόνος μετάδοσης bit	0.00185 microseconds	4 microseconds

Πίνακας 4.2: Σύγκριση μεταξύ Wi-Fi & ZigBee

Το ZigBee θεωρείται ως μια μικρότερη έκδοση του Wi-Fi και είναι ένα πρωτόκολλο δικτύου χαμηλής κατανάλωσης που αναπτύχθηκε για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Σχεδιάστηκε το 1999 και ξεκίνησε να λειτουργεί το 2004 από την ZigBee Alliance. Είναι βασισμένο στο πρότυπο IEEE 802.15.4 και σε αντίθεση με το Wi-Fi, περιορίζεται στα ασύρματα δίκτυα προσωπικού χώρου (*WPAN*). Έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει πάνω από 65000 συσκευές σε ένα δίκτυο. [44, 46 e26, e27]

Το δίκτυο ZigBee καθιερώθηκε κυρίως για τη μεταφορά δεδομένων βιομηχανικού αυτοματισμού, επομένως πρέπει να διαθέτει τα απλά, εύχρηστα, αξιόπιστα και χαμηλής τιμής χαρακτηριστικά. Μερικά από αυτά είναι το χαμηλό κόστος, η επεκτασιμότητα, η αξιοπιστία και ο ευέλικτος σχεδιασμός πρωτοκόλλου. Άλλα χαρακτηριστικά είναι ο χαμηλός ρυθμός μετάδοσης δεδομένων – 250 kbps – ο οποίος είναι πολύ χαμηλότερος από τις πιο χαμηλές τιμές στο Wi-Fi, όπως και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς τα δίκτυα βασισμένα στο ZigBee καταναλώνουν το ¼ της ισχύος από τα αντίστοιχα στο Wi-Fi. Αυτό σημαίνει χαμηλότερη συντήρηση, κάτι που το καθιστά κατάλληλο για καταναλωτικές εφαρμογές. Λειτουργεί σε διάφορες ζώνες συχνοτήτων δηλαδή 868 MHz (για τις Ευρωπαϊκές χώρες), 915 MHz, 2.4 MHz και το εύρος δικτύου του έχει εμβέλεια στα

10 με 100 μέτρα. Τέλος, ο χρόνος μετάδοσης bit είναι 4 μικρο-δευτερόλεπτα και με εύρος ζώνης καναλιού 1 MHz. [44, 46, e26, e27]

Η τεχνολογία ZigBee χρησιμοποιείται ευρέως στον οικιακό αυτοματισμό (π.χ. απομακρυσμένος έλεγχος συσκευών), στην ψηφιακή γεωργία, στην έξυπνη ενέργεια (π.χ. θερμοστάτες, διαχειριστής ενέργειας), σε ηλεκτρικές συσκευές, στους βιομηχανικούς ελέγχους, στα συστήματα ιατρικής παρακολούθησης και στο εμπόριο (π.χ. προσωπικοί βοηθοί αγορών, έξυπνα καρότσια αγορών). [44, 46, e27]

Συγκρίνοντας λοιπόν τόσο το Wi-Fi όσο και το ZigBee, παρατηρούμε ότι έχουν τόσο θετικά, όσο και αρνητικά στοιχεία. Για παράδειγμα, αυτό που κερδίζουμε στο εύρος ζώνης με το Wi-Fi, χάνεται στην κατανάλωση ενέργειας και το εύρος. Από την άλλη, αυτό που κερδίζουμε στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας στο ZigBee, χάνεται στην εμβέλεια και το εύρος ζώνης. Συνοψίζοντας, το Wi-Fi προσφέρει υψηλότερο εύρος ζώνης και ρυθμό μετάδοσης δεδομένων με μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας, ενώ το ZigBee προσφέρει επεκτασιμότητα, μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και εύρος ζώνης, και χαμηλότερο κόστος. [e28]

4.3.2 Ταυτοποίηση αντικειμένων

Όπως αναφέραμε νωρίτερα, το *barcode* αποτελεί τη βάση του σημερινού συστήματος, πάνω στο οποίο έχουν στηριχτεί και οι προτάσεις ορισμένων ερευνητών. Έχει όμως σημαντικά μειονεκτήματα, με τον K.Lalitha κ.ά. (2017), [12], να αναφέρει πως στην περίπτωση που το barcode είναι κατεστραμμένο ή το προϊόν αποτεθεί βιαστικά στο καρότσι, τότε ο σαρωτής δε θα το διαβάσει σωστά.



Εικόνα 4.3: RFID vs Barcode

Το *RFID* όμως υπερτερεί. Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 4.3), η χρήση του RFID είναι πολύ πιο χρήσιμη από το barcode. Έχει μεγάλη εμβέλεια, καθώς διαβάζει την ετικέτα από απόσταση περίπου 92 μέτρων, ενώ η απόσταση ανάγνωσης της πληροφορίας barcode δεν ξεπερνάει τα 4.5 μέτρα. Επίσης, το barcode χρειάζεται ένα χώρο διάδοσης. Η συχνότητα ανάγνωσης του

είναι μόνο δύο ετικέτες το λεπτό, ενώ η αντίστοιχη του RFID είναι 40 ετικέτες. Η ανάγνωση της ετικέτας RFID δεν απαιτεί οπτική επαφή, είναι επανεγγράψιμη και έχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. [14, 19, 20]

Ακόμα και στο RFID πάντως, συναντώνται προβλήματα, με τη χαμηλή / υψηλή συχνότητα RFID να είναι μικρής εμβέλειας και το χρήστη να υποχρεούται να σαρώσει χειροκίνητα τα προϊόντα. Για το λόγο αυτό, ο Ruinian Li κ.ά. (2017), [13], χρησιμοποιεί UHF RFID επιτυγχάνοντας μεγαλύτερο εύρος.

	RFID	Barcode
Τιμή Ανάγνωσης	Υψηλή απόδοση Πολλές ετικέτες μπορούν να διαβαστούν ταυτόχρονα	Πολύ χαμηλή απόδοση Μόνο μία ετικέτα μπορεί να διαβαστεί κάθε φορά
Οπτική Επαφή	Δεν απαιτείται	Απαιτείται
Δυνατότητα Ανάγνωσης / Εγγραφής	Δυνατότητα ανάγνωσης, εγγραφής, τροποποίησης και ενημέρωσης	Δυνατότητα ανάγνωσης αντικειμένων και τίποτα παραπάνω
Ανθεκτικότητα	Υψηλή. Πολύ καλά προστατευμένο	Χαμηλή. Καταστρέφεται εύκολα και δεν μπορεί να διαβαστεί αν είναι βρώμικο
Ασφάλεια	Υψηλή. Δύσκολο να αντιγραφεί Τα δεδομένα κωδικοποιούνται	Χαμηλή. Πολύ πιο εύκολο να αναπαραχθεί ή να πλαστογραφηθεί
Ενεργοποίηση συμβάντων	Έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει συγκεκριμένα συμβάντα	Μη εφικτό

Πίνακας 4.3: Σύγκριση μεταξύ RFID & Barcode [20]

4.3.3 Μονάδα επεξεργασίας

Τώρα θα αναφερθούμε στη μονάδα επεξεργασίας.

Στο γενικό πλαίσιο του Internet of Things, η συσκευή είναι ένας όρος που περιγράφει το υλικό που σχεδιάστηκε ή προσαρμόστηκε για ένα συγκεκριμένο σκοπό. Χρησιμοποιείται για να αναφερθεί σε μεμονωμένα εξαρτήματα υλικού, όπως οι αισθητήρες, καθώς και σε εξωτερικές πλακέτες αλλά και σε προσαρμοσμένα πρωτότυπα και μονάδες παραγωγής που κατασκευάζονται από διάφορες συσκευές.

Η εξωτερική πλακέτα πραγματοποιεί υπολογιστικές λειτουργίες και επικοινωνεί με τον κεντρικό διακομιστή, στέλνοντας τις πληροφορίες που έχει λάβει από τη σάρωση των προϊόντων. Αποτελεί τη μονάδα πάνω στην οποία προσαρμόζονται όλες οι υπόλοιπες μονάδες όπως ο σαρωτής RFID, ο σαρωτής

barcode, η οθόνη, ο αισθητήρας βάρους αλλά και η μονάδα που είναι υπεύθυνη για την ασύρματη επικοινωνία με το διακομιστή. [13]

Υπάρχουν διαφορετικές προτάσεις ως προς το ποια πλακέτα κρίνεται καταλληλότερη για την υποστήριξη ενός IoT συστήματος. Εμείς μελετήσαμε και συγκρίναμε τις πλακέτες *Arduino Uno* και *Due*, *Raspberry Pi* και *BeagleBone Black*. Διαθέτουν διαφορετική επεξεργαστική ισχύ και δυνατότητες. Δεν υπάρχει κανένας αυστηρός κανόνας για τη χρήση τους σε συγκεκριμένες καταστάσεις, αλλά υπάρχουν ορισμένες συστάσεις για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Τα βασικά χαρακτηριστικά, βάσει των οποίων συγκρίνουμε κι αξιολογούμε τις IoT συσκευές, είναι: [24]

- ✚ **Συλλογή και Έλεγχος δεδομένων:** είναι η διαδικασία μέτρησης των πραγματικών συνθηκών και η μετατροπή αυτών των μετρήσεων σε ψηφιακές αναγνώσεις σε διαστήματα σταθερού χρόνου.
- ✚ **Επεξεργασία και Αποθήκευση δεδομένων:** οι συσκευές IoT μπορούν να επεξεργάζονται δεδομένα απευθείας ή μπορούν να μεταδώσουν αυτά τα δεδομένα σε άλλες συσκευές, υπηρεσίες νέφους κ.ά.
- ✚ **Συνδεσιμότητα:** είναι η επικοινωνία μεταξύ των συσκευών τοπικά και η δημοσίευση των δεδομένων σε υπηρεσίες και εφαρμογές νέφους.
- ✚ **Διαχείριση Ισχύος:** είναι η ενέργεια που καταναλώνουν οι συσκευές, βασιζόμενες σε μπαταρίες και άλλες μη ενσύρματες πηγές ενέργειας όπως η ηλιακή.

Πολλές συσκευές υλικού, μεταξύ αυτών μικροελεγκτές και υπολογιστές μονής πλακέτας (*SBCs*), έχουν σχεδιαστεί γύρω από το System-on-a-Chip (*SoC*). Το *SoC* συνδυάζει μια σειρά δυνατοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας δεδομένων, της αποθήκευσης και της δικτύωσης σε ενιαίο τσιπ. Αυτή η διαμόρφωση σημαίνει ότι θυσιάζεται κάποια ευελιξία για χάρη της ευκολίας. [24, 25]

Ένας μικροελεγκτής είναι ένα *SoC*, που παρέχει δυνατότητες επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων. Περιέχει πυρήνα (ή πυρήνες) επεξεργαστή, μνήμη RAM και EPROM για την αποθήκευση των προσαρμοσμένων προγραμμάτων που εκτελούνται στο μικροελεγκτή. Οι πλακέτες ανάπτυξης μικροελεγκτή (*microcontroller development boards*) είναι πλακέτες τυπωμένου κυκλώματος (*PCBs*) με πρόσθετο κύκλωμα για να υποστηρίξει τον μικροελεγκτή. Ο Πίνακας 4.4, παρουσιάζει τη

σύγκριση των Arduino Uno και Arduino Due, που ανήκουν στην κατηγορία των πλακετών ανάπτυξης μικροελεγκτή. [24]

	Arduino Uno Rev3	Arduino Due
Processor	ATMega 328P	AT91SAM3X8E
CPU Speed	16 MHz	84 MHz
SRAM	2 KB (ATmega328P)	96 KB (64 + 32)
Flash	32 KB (0.5 KB used by bootloader)	512 KB all available for user
EEPROM	1 KB (ATmega328P)	N/A
Operating / Input Voltage	5V / 7-12V	3.3V / 7-12V
Digital I/O Pins	14	54
Analog Input	6	12
Digital IO / PWM	14/6	54/12
USB	Regular	2 Micro
UART	1	4
Dev IDE	Arduino Tool	Arduino Tool
Ethernet	N/A	N/A
Price	20€	34€

Πίνακας 4.4: Σύγκριση Arduino Uno & Arduino Due [23, 24, e11, e12]

Το *Arduino Uno* θεωρείται από τις πρώτες πλακέτες ανάπτυξης μικροελεγκτή και είναι μια απλή αλλά εξαιρετικά επεκτάσιμη συσκευή. Βασισμένο στον επεξεργαστή ATmega328P, διαθέτει πολλές υποδοχές εισόδου / εξόδου (14 ψηφιακά pins εισόδου / εξόδου και έξι αναλογικές εισόδους) μαζί με θύρα USB. Είναι χαμηλής ισχύος, έχει χαμηλή επεξεργαστική ισχύ και μπορεί να τρέξει μόνο μία διαδικασία κάθε φορά. Αν και η μνήμη του είναι μόνο 32 KB, μπορεί να φιλοξενήσει κώδικα με πολύπλοκες λειτουργίες και προγραμματίζεται μέσω γραμμής εντολών. Είναι κατάλληλο για εφαρμογές IoT που απαιτούν συλλογή δεδομένων από μεγάλο αριθμό αισθητήρων και έχει εξαιρετικά χαμηλό κόστος. [23, 24]

Το *Arduino Due* αποτελεί την πρώτη πλακέτα Arduino βασισμένη σε μικροελεγκτή ARM-32bit. Χρησιμοποιεί τον επεξεργαστή Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 και διαθέτει 54 ψηφιακά pins εισόδου / εξόδου, 12 αναλογικές εισόδους, 4 σειριακές θύρες υλικού (*UART*) και ταχύτητα επεξεργαστή 84 MHz. Ξεχωρίζει λόγω των μοναδικών χαρακτηριστικών του, όπως οι μετατροπείς ψηφιακού-αναλογικού σήματος (*DACs*), η δυνατότητα σύνδεσης USB On-the-Go (*OTG*) και η άμεση πρόσβαση στη μνήμη (*DMA*). Όντας πολύ εξελιγμένο, έχει καταπληκτική λειτουργικότητα αλλά ο επεξεργαστής του δεν μπορεί να τρέξει στα 5V, οπότε τρέχει μόνο στα 3.3V. Συνδέεται στον υπολογιστή με καλώδιο micro-USB και η τιμή του είναι σχεδόν διπλάσια από το Uno. [24, e12]



Εικόνα 4.4: Arduino Uno Rev3 [e11]



Εικόνα 4.5: Arduino Due [e12]

Οι υπολογιστές μονής πλακέτας (*Single board computers, SBCs*) επιτρέπουν τη σύνδεση περιφερειακών συσκευών (ποντίκι, πληκτρολόγιο, οθόνη) και προσφέρουν περισσότερη μνήμη και επεξεργαστική ισχύ. Πολλές συσκευές SBC είναι σαν μικροί υπολογιστές και τρέχουν ένα ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα, συνήθως Linux. Γι' αυτό το λόγο, υπάρχουν πολύ περισσότερες δυνατότητες για την ανάπτυξη ενσωματωμένων εφαρμογών σε αυτές τις συσκευές, απ' ότι στις πλακέτες μικροελεγκτή. Παρ' όλα αυτά, καταναλώνουν περισσότερη ενέργεια και είναι πιο μεγάλες, περίπλοκες και επιρρεπείς σε προβλήματα, όπως η φθορά της κάρτας SD που αποθηκεύονται οι εφαρμογές. Η σύγκριση δύο συσκευών SBC, του Raspberry Pi και του BeagleBone Black, φαίνεται στον Πίνακα 4.5. [24, 26]

	Raspberry Pi	BeagleBone Black
Model	Model B	Rev C.1
Chip	BCM2837	Sitara AM3358
CPU	Quad Core ARM Cortex-A53 1.2 GHz	ARM Cortex-A8 1 GHz
GPU	400 MHz VideoCore IV	PowerVR SGX530
Memory	1 GB SDRAM	512 MB DDR3
Ethernet	10/100	10/100
Pins	40 GPIO, including 29 digital	65 digital – 8 PWM
USB 2.0	4 ports	2 ports
Video Output	Full HDMI / Composite	microHDMI
Audio Output	HDMI 3.5mm jack	microHDMI
Onboard Storage	Micro SD	4 GB on-board storage using eMMC, microSD card slot
Input	5V	5V
UART	N/A	6
Operating System	Raspbian	Debian, Android, Ubuntu, Cloud9 IDE on Node.js w/ BoneScript library
Price	40€	67€

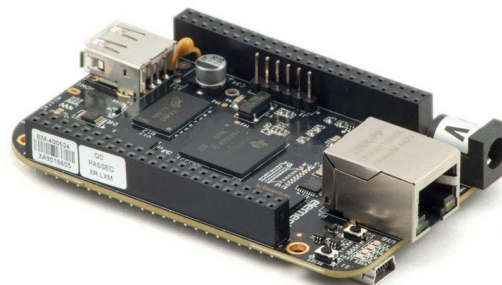
Πίνακας 4.5: Σύγκριση Raspberry Pi και BeagleBone Black [22, 24, 27, e13, e14]

Το *Raspberry Pi* αποτελεί τον μεγάλο αδερφό του Arduino και μπορεί να θεωρηθεί ως ένας μικρός υπολογιστής γραφείου. Διαθέτει 4 υποδοχές USB, θύρα Ethernet, θύρα HDMI, θύρες διασύνδεσης κάμερας και LCD οθόνης. Περιλαμβάνει ενσωματωμένο Wi-Fi και Bluetooth. Τρέχει με ένα προσαρμοσμένο λειτουργικό σύστημα Debian Linux, το Raspbian, προσφέροντας εξαιρετική εμπειρία χρήστη ενώ η αποθήκευση γίνεται στην κάρτα SD. Διαθέτει εξαιρετικό περιβάλλον ανάπτυξης προγραμματισμού και μπορεί να συνδεθεί με υπολογιστή ή laptop. Είναι βασισμένο στον επεξεργαστή Broadcom BCM2837 και έχει 1 GB RAM. Το μειονέκτημα του είναι, ότι έχει περιορισμένη υποστήριξη για αισθητήρες και ενεργοποιητές καθώς έχει πολύ περιορισμένο μηχανισμό διασύνδεσης με αυτούς. [24, 27, e13]

Το *BeagleBone Black* είναι ένα SBC υψηλού κόστους, αλλά περιλαμβάνει την ισχύ του Raspberry Pi και την ευελιξία του Arduino. Βασισμένο στον επεξεργαστή TI Sitara AM3358 με πυρήνα ARM Cortex-A8, διαθέτει ενσωματωμένο λειτουργικό σύστημα Linux και μνήμη. Έχει πολύ γρήγορο κύκλο επεξεργασίας, πολλές πύλες εισόδου / εξόδου για τη σύνδεση εξωτερικών αισθητήρων και ενεργοποιητών και περισσότερα pins για έλεγχο. Έχει την ικανότητα να διαβάζει τεράστια ποσότητα δεδομένων και να τα μεταδίδει με μεγάλη ταχύτητα. [19, 22, 24, e14]



Εικόνα 4.6: Raspberry Pi 3 Model B [e13]



Εικόνα 4.7: BeagleBone Black Rev C [22]

5 Το προτεινόμενο σύστημα

Έχοντας μελετήσει και συγκρίνει τα παραπάνω ερευνητικά έργα, σε αυτή την ενότητα παρουσιάζουμε την πρόταση μας για ένα έξυπνο καρότσι αγορών. Σκοπός μας είναι η δημιουργία ενός συστήματος χαμηλού κόστους, που θα προσφέρει στον καταναλωτή απλότητα και ευκολία στη χρήση, ενώ ταυτόχρονα θα περιορίζει το κόστος του καταστήματος. Χρησιμοποιούμε τεχνολογία RFID, για να επιτύχουμε γρήγορη και αποτελεσματική διαδικασία αγορών και πρωτόκολλο επικοινωνίας ZigBee, για χαμηλού κόστους και ισχύς συνδεσιμότητα. Έτσι, ο καταναλωτής θα λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες σχετικές με τα προϊόντα καθώς και τον συνολικό λογαριασμό.

Η πρόταση μας αφορά κάθε κατάσταση λιανικής. Εμείς θα εστιάσουμε στην Ελληνική αγορά και πιο συγκεκριμένα στον χώρο των σουπερμάρκετ.

5.1 Σχεδιασμός του συστήματος

Αν και η τεχνολογία έχει προχωρήσει αρκετά, πολλοί είναι αυτοί που δεν έχουν εξοικειωθεί απόλυτα μαζί της. Στον χώρο του λιανικού εμπορίου πιστεύουμε ότι μέρος των καταναλωτών θα προτιμήσει τον παραδοσιακό τρόπο αγορών (π.χ. άτομα τρίτης ηλικίας). Ξεχωριστή περίπτωση αποτελούν όσοι είναι κάτω των 18 ετών καθώς δεν διαθέτουν τραπεζικό λογαριασμό, οπότε ούτε και «πλαστικό» χρήμα. Όσο για τον μέσο καταναλωτή ενδέχεται να μην διαθέτει ή να μην έχει πάντα μαζί την κάρτα μέλους / κάρτα πελάτη, οπότε αναγκαστικά θα κατευθυνθεί στο ταμείο. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι αποτελεί μονόδρομο η συνύπαρξη του παλιού και του νέου συστήματος, προκειμένου να εξυπηρετηθεί κάθε καταναλωτής, ξεπερνώντας τα προβλήματα.

Κατηγοριοποιούμε τον σχεδιασμό του συστήματος στις διαδικασίες εγγραφής, αγορών και πληρωμής.

❖ Διαδικασία Εγγραφής

Ο χρήστης δημιουργεί προφίλ μέσα από την εφαρμογή για κινητές συσκευές (*mobile app*) ή την ιστοσελίδα του καταστήματος. Εκεί καταχωρεί τα προσωπικά του στοιχεία όπως όνομα, αριθμό κινητού τηλεφώνου, e-mail, φωτογραφία και αριθμό ταυτότητας. Επίσης, καλείται να δηλώσει τον αριθμό της χρεωστικής / πιστωτικής

κάρτας ή του τραπεζικού του λογαριασμού. Με την συμπλήρωση όλων των απαραίτητων πεδίων ολοκληρώνεται η διαδικασία εγγραφής και δημιουργείται η Κάρτα Πελάτη (*Εικόνα 5.5*).

Οι κάτοχοι της αποκτούν προνόμια μέλους όπως προσφορές, εκπτώσεις και συλλογή πόντων, σαν ένα είδος ανταμοιβής. Με αυτό τον τρόπο αναμένεται να αυξηθεί η πελατεία του καταστήματος, συνεπώς και το κέρδος του.

❖ Διαδικασία Αγορών

Κατά τη διαδικασία αγορών, ο χρήστης τοποθετεί την Κάρτα Πελάτη στη συσκευή σάρωσης κάρτας (*Εικόνα 5.1*) και από τη στιγμή που θα πραγματοποιηθεί ζεύξη, η μονάδα επεξεργασίας επικοινωνεί με το διακομιστή διαβάζοντας το προφίλ και το ιστορικό αγορών του.



Εικόνα 5.1: Ανάγνωση Κάρτας Πελάτη από συσκευή σάρωσης κάρτας

Η εξωτερική κεραία του σαρωτή RFID επικοινωνεί με τις ετικέτες των προϊόντων που βρίσκονται εντός εμβέλειάς της. Διαβάζεται το μοναδικό αναγνωριστικό της ετικέτας (*Tag ID*) και ανάλογα με το ιστορικό και τις διαθέσιμες προσφορές, εμφανίζονται στην οθόνη προτάσεις αγορών.

Παράδειγμα 1: Βάσει του ιστορικού αγορών, ο καταναλωτής αγοράζει συχνά ζυμαρικά. Οπότε, μόλις η εξωτερική κεραία βρεθεί εντός εμβέλειας του συγκεκριμένου είδους προϊόντος, ο χρήστης ειδοποιείται με μήνυμα στην οθόνη.

«Στα 20 μέτρα θα βρείτε τα αγαπημένα σας μακαρόνια μάρκας 1»

Παράδειγμα 2: Το κατάστημα διοργανώνει τριήμερο προσφορών με έκπτωση 15% σε συγκεκριμένα είδη προσωπικής υγιεινής. Οπότε, μόλις η εξωτερική κεραία βρεθεί εντός εμβέλειας των συγκεκριμένων προϊόντων, ο χρήστης ειδοποιείται με μήνυμα για τα προϊόντα που βρίσκονται σε προσφορά και το είδος της.

*«Με κάθε οδοντόκρεμα μάρκας 1, δώρο μία οδοντόβουρτσα»
«Μόνο για σήμερα, δύο αποσμητικά μάρκας 1, 20% φθηνότερα»*

Η εσωτερική κεραία του σαρωτή RFID σαρώνει κάθε προϊόν που τοποθετείται στο καρότσι και ο αισθητήρας βάρους καταγράφει το αντίστοιχο βάρος. Στη συνέχεια, μεταφέρονται στη μονάδα επεξεργασίας το Tag ID μαζί με τις πληροφορίες που περιέχονται στην ετικέτα και στον αισθητήρα βάρους. Από εκεί, μεταφέρονται με σύνδεση ZigBee στη βάση δεδομένων του κεντρικού διακομιστή. Μόλις γίνει η ταυτοποίηση των δεδομένων, επιστρέφονται τα αποτελέσματα και εμφανίζονται στην οθόνη οι πληροφορίες.

Όλες οι πληροφορίες που συλλέγονται από τις μονάδες ανάγνωσης κάρτας, ετικέτας και βάρους, μετά την ταυτοποίηση, εμφανίζονται στην οθόνη. Με τον τρόπο αυτό ο καταναλωτής μένει ικανοποιημένος, λαμβάνει ενημέρωση σε πραγματικό χρόνο και η διαδικασία αγορών γίνεται ευχάριστη.

❖ Διαδικασία Πληρωμής

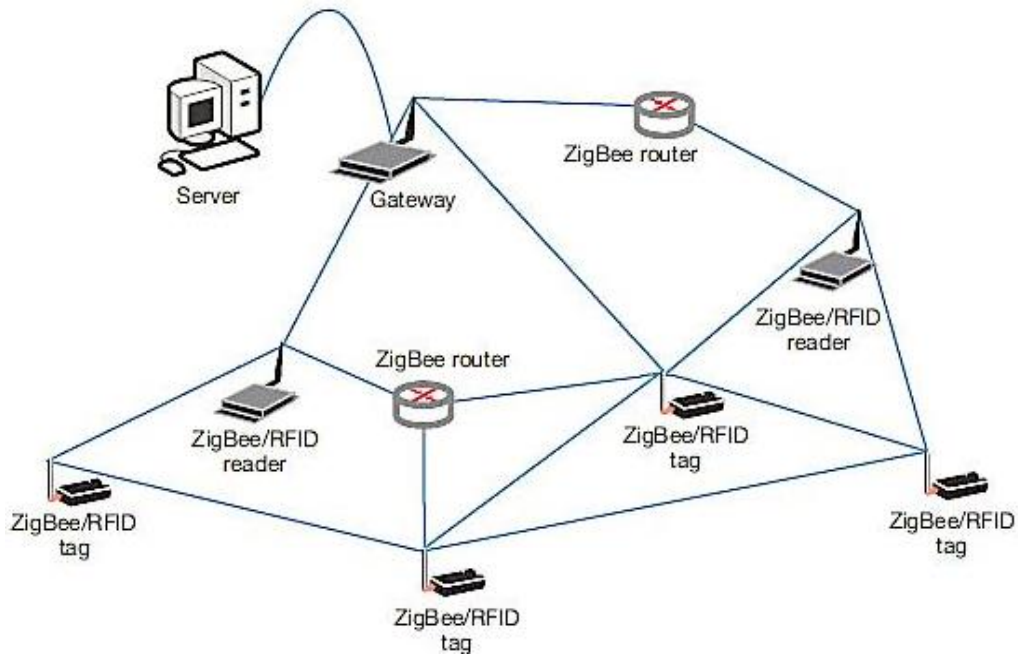
Ο χρήστης μεταβαίνει στα σημεία εξόδου (*Εικόνα 5.13*) και επιλέγει στην οθόνη του καρτσιού την ολοκλήρωση αγορών. Το αίτημα αποστέλλεται στον κεντρικό διακομιστή και χρεώνεται αυτόματα ο αριθμός πιστωτικής / χρεωστικής κάρτας ή λογαριασμού που έχει δηλωθεί. Ταυτόχρονα, προστίθενται οι πόντοι αγορών στο προφίλ του χρήστη. Μόλις πραγματοποιηθεί η διαδικασία πληρωμής, το σημείο εξόδου «ξεκλειδώνει» και ο χρήστης μπορεί να εξέλθει του καταστήματος. Η νόμιμη απόδειξη του λογαριασμού αποστέλλεται ηλεκτρονικά με e-mail.

Να σημειώσουμε ότι τα σημεία εξόδου διαφέρουν ανάλογα με το είδος του καρτσιού. Το έξυπνο καρότσι αγορών απαγορεύεται να περάσει από τα σημεία εξόδου που αφορούν τα απλά καρότσια και τους καταναλωτές που δεν έχουν προβεί σε κάποια αγορά. Από την άλλη, το απλό καρότσι δεν μπορεί να περάσει από τα σημεία εξόδου των έξυπνων καρτσιών, καθώς για να «ξεκλειδώσουν» απαιτείται ενέργεια από τον χρήστη και έγκριση από τον κεντρικό διακομιστή.

5.2 Τεχνολογία

Για την ταυτοποίηση των αντικειμένων επιλέξαμε τεχνολογία RFID. Αποτελεί, όπως είδαμε, μια σύγχρονη τεχνολογία που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση αντικειμένων. Η μεγάλη εμβέλεια ανάγνωσης, η υψηλή τιμή ανάγνωσης, η ανθεκτικότητα, η ασφάλεια και το γεγονός ότι δεν απαιτεί οπτική επαφή αποτελούν χαρακτηριστικά πάνω στα οποία βασιζόμαστε για να υλοποιήσουμε το σύστημά μας. Επιπλέον, για να ξεπεράσουμε το πρόβλημα που αντιμετώπισε ο Ruinian Li κ.ά. (2017), [13], με την αυτόματη σάρωση των προϊόντων, επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε την εξαιρετικά υψηλή συχνότητα (UHF) καθώς έχει ταχύ ρυθμό μετάδοσης δεδομένων και μεγάλο εύρος ανάγνωσης που κυμαίνεται από 1 έως 12 μέτρα, ενώ οι παθητικές UHF ετικέτες είναι οικονομικές στην κατασκευή τους. Επίσης, για μελλοντική χρήση, αυτό το είδος συχνότητας χρησιμοποιείται σχεδόν σε κάθε σύστημα που απαιτεί τοποθεσία σε πραγματικό χρόνο.

Όσον αφορά την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ της μονάδας επεξεργασίας και της κεντρικής βάσης δεδομένων, επιλέξαμε το πρωτόκολλο επικοινωνίας ZigBee. Βασική προϋπόθεση για την υλοποίηση του συστήματός μας είναι η απόδοση σε συνδυασμό με το κόστος. Αυτά παρέχονται από το ZigBee, το οποίο έχει σχεδιαστεί για την ανταλλαγή δεδομένων και είναι διαδεδομένο στα ασύρματα δίκτυα που βασίζονται στους αισθητήρες, υποστηρίζοντας τοπολογίες αστέρα, πλέγματος και δενδροειδείς, για κάθε είδους συνδεσιμότητα. Αποτελεί μία τεχνολογία χαμηλής ισχύος, οπότε έχει μικρή κατανάλωση ενέργειας. Είναι επίσης χαμηλού κόστους, λειτουργεί στην ίδια συχνότητα με το UHF RFID – 868 MHz – ενώ η ασύρματη εμβέλεια του – έως 100 μέτρα – σε συνδυασμό με την ευελιξία δικτύου καλύπτει όλο το χώρο του καταστήματος. Υποστηρίζει γραπτά μηνύματα, πολυμέσα, είναι συμβατό με barcode και για μελλοντική χρήση, μπορεί να παρέχει πληροφορίες τοποθεσίας. Στα βασικά του χαρακτηριστικά περιλαμβάνονται η επεκτασιμότητα, η αξιοπιστία, ο ευέλικτος σχεδιασμός πρωτοκόλλου και το γεγονός ότι υποστηρίζει πάνω από 65000 συσκευές σε ένα δίκτυο.



Εικόνα 5.2: Διασύνδεση router, reader και tag σε δίκτυο ZigBee πλέγματος

5.3 Εξοπλισμός

Παρακάτω αναλύουμε τον απαιτούμενο εξοπλισμό για την υλοποίηση του συστήματος.

❖ Κεντρικός διακομιστής

Είναι το μέρος στο οποίο φιλοξενείται η βάση δεδομένων του καταστήματος. Περιέχει τα δεδομένα κάθε χρήστη που εγγράφεται στο σύστημα, καθώς και το ιστορικό αγορών του. Εκεί, καταχωρούνται πληροφορίες σχετικές με τα προϊόντα.

Λάβαμε υπόψη μας, ότι πληροφορίες όπως τιμή, τοποθεσία και προσφορά θα αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου οπότε είναι πιο εύκολο για τον διακομιστή να τα διαχειριστεί από τη βάση δεδομένων, παρά από τις ετικέτες.



Εικόνα 5.3: Διακομιστής

Επικοινωνεί ασύρματα με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, ταυτοποιεί τα δεδομένα που λαμβάνει από τον σαρωτή RFID και τον αισθητήρα βάρους και δίνει την έγκριση για την πληρωμή του λογαριασμού.

❖ Καρότσι αγορών

Αποτελεί βασικό στοιχείο του συστήματος, παίζοντας σημαντικό ρόλο στη μείωση του χρόνου αγορών. Είναι το μέσο πάνω στο οποίο τοποθετούνται η κεντρική μονάδα επεξεργασίας, καθώς και οι επιμέρους μονάδες που συνδέονται σε αυτή.



Εικόνα 5.4: Καρότσι αγορών

❖ Κάρτα Πελάτη

Τα καταστήματα συνηθίζουν να προμηθεύουν τον κάθε καταναλωτή με μία κάρτα μέλους, η οποία διαθέτει ένα μοναδικό αναγνωριστικό για τον κάθε ένα, στη μορφή 1D barcode.

Η πρότασή μας αφορά μία έξυπνη κάρτα (*smart card*). Αν και οπτικά είναι ίδια με πιστωτική κάρτα, διαθέτει ένα τσιπάκι (μικροεπεξεργαστή) του οποίου τα δεδομένα δεν γίνεται να παραλλαχθούν ή να διαγραφούν, καθιστώντας την έτσι πολύ πιο ασφαλή και πρακτική από τις κάρτες που υποστηρίζει το υπάρχον σύστημα.

Τα δεδομένα αυτά μπορούν να είναι, είτε το αναγνωριστικό της κάρτας, που πρέπει να αντιστοιχεί με αυτό που καταχωρήθηκε στη βάση δεδομένων κατά τη δημιουργία της, είτε αφορούν όλα τα προσωπικά στοιχεία του καταναλωτή, αυτά που καταχώρησε κατά τη διαδικασία εγγραφής (όνομα, αριθμό τηλεφώνου, e-mail, φωτογραφία και αριθμό ταυτότητας).



Εικόνα 5.5: Κάρτα Πελάτη – Smart Card

❖ Συσσκευή σάρωσης κάρτας

Η συσκευή σάρωσης κάρτας (*Card Swipe Machine*) είναι υπεύθυνη για τη σάρωση και την ανάγνωση της Κάρτας Πελάτη. Συνδέεται στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας, μεταφέροντας σε αυτή τα δεδομένα της Κάρτας Πελάτη.

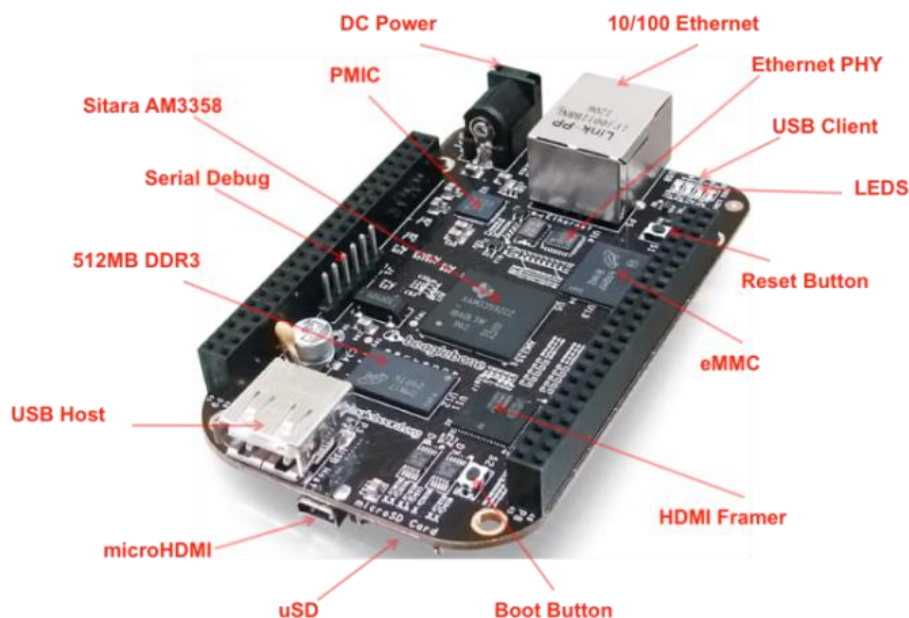


Εικόνα 5.6: Συσσκευή σάρωσης κάρτας

Επιλέξαμε το μοντέλο ZCS100-IC καθώς έχει την ιδιότητα τόσο της ανάγνωσης μαγνητικής κάρτας, όσο και της ανάγνωσης και εγγραφής έξυπνης κάρτας. Υποστηρίζει μεγάλο πλήθος καρτών, έχει συνδεσιμότητα USB και καταναλώνει μόλις 100 mW ενέργειας σε πλήρη ισχύ.

❖ Μονάδα επεξεργασίας

Επιλέξαμε το BeagleBone Black (*BBB*) ως κύρια μονάδα επεξεργασίας. Η επιλογή έγινε χάρη στις προηγμένες ιδιότητες που διαθέτει συγκριτικά με άλλες πλακέτες, όπως αναλύσαμε και νωρίτερα. Μπορεί να διαβάσει και να επεξεργαστεί χιλιάδες ετικέτες RFID, λόγω της πανίσχυρης επεξεργαστικής του ισχύς. Αποτελεί τον «εγκέφαλο» του συστήματος, δέχεται εντολές εισόδου και πάνω του (UART pins) προσαρτώνται όλες οι υπόλοιπες μονάδες που βρίσκονται στο καρότσι. [19, 21]



Εικόνα 5.7: BeagleBone Black proposed DCM

❖ Οθόνη

Αποτελεί το μέσο διεπαφής με τον χρήστη. Εμφανίζει όλες τις πληροφορίες που συλλέγονται από τις μονάδες ανάγνωσης κάρτας, ετικέτας και βάρους μετά την ταυτοποίηση, καθώς και τον τελικό λογαριασμό. Επιλέξαμε οθόνη BeagleBone Black LCD Cape και συγκεκριμένα την έκδοση 4DCAPE-43T, που διαθέτει την ιδιότητα της αφής. Είναι ειδικά σχεδιασμένη για το BBB, με ανάλυση 480x272 και μέγεθος 4.3", παρέχοντας άμεση αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Συνδέεται απευθείας στο πίσω μέρος του BBB, τροφοδοτούμενη έτσι από αυτό, ενώ οι οπές στις γωνίες της, μπορούν να την κρατήσουν σταθερή πάνω στο καρότσι. [28]



Εικόνα 5.8: BeagleBone Black Cape – LCD [28]

❖ Αισθητήρας Βάρους

Ο αισθητήρας βάρους είναι υπεύθυνος για την ορθότητα του συστήματος. Επιβεβαιώνει ότι τοποθετήθηκε το σωστό αντικείμενο στο καρότσι. Λειτουργεί και ως δικλείδα ασφαλείας, διότι υπάρχει περίπτωση κάποια ετικέτα να είναι κατεστραμμένη ή το προϊόν να αποτεθεί βιαστικά στο καρότσι και να μην προλάβει να σαρωθεί η ετικέτα του.



Εικόνα 5.9: Αισθητήρας Βάρους

❖ Σαρωτής RFID

Ο σαρωτής RFID διαβάζει την ετικέτα κάθε αντικειμένου που τοποθετείται στο καρότσι και στέλνει τις πληροφορίες της ετικέτας στη μονάδα επεξεργασίας, η οποία με τη σειρά της επικοινωνεί με τον διακομιστή για να αιτηθεί τις πληροφορίες του προϊόντος.

Σε περίπτωση που δύο καρότσια αγορών βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, ο σαρωτής μπορεί να διαβάσει τις ετικέτες του άλλου καροτσιού δημιουργώντας σημαντικό πρόβλημα. Τη λύση έδωσε ο Ruinian Li κ.ά. (2017), [13], καθώς διαπίστωσε

πως, όταν ο σαρωτής βρίσκεται μέσα στο καρότσι, το μεταλλικό του περίβλημα εμποδίζει το σήμα του σαρωτή, μειώνοντας την εμβέλειά του.

Βασιζόμενοι σε αυτό, επιλέξαμε σταθερό σαρωτή (*fixed RFID reader*) διπλής κεραίας. Η πρώτη κεραία, μικρής εμβέλειας, βρίσκεται στο εσωτερικό του καροτσιού διαβάζοντας μόνο τα προϊόντα που τοποθετούνται σε αυτό. Η δεύτερη κεραία είναι τοποθετημένη στο εξωτερικό του καροτσιού, λαμβάνοντας σήματα από τα προϊόντα που βρίσκονται εντός της εμβέλειας της, δίνοντας στον χρήστη πληροφορίες βάσει του ιστορικού αγορών του και πιθανών προσφορών.

Η αρχική μας σκέψη προσανατολιζόταν στην ύπαρξη διαφορετικών κεραιών, για υποστήριξη LF και UHF. Ωστόσο, μετά τις μελέτες που κάναμε, αυτό δεν είναι εφικτό, καθώς για την επίτευξη δύο διαφορετικών συχνοτήτων απαιτούνται ξεχωριστοί σαρωτές RFID. Οπότε, το επιθυμητό αποτέλεσμα θα προκύψει μειώνοντας και αυξάνοντας τα επίπεδα ισχύος της εσωτερικής και εξωτερικής κεραίας αντίστοιχα. Μία πρόβλεψη που μπορούμε να κάνουμε είναι να ρυθμίσουμε τα επίπεδα ισχύος της εσωτερικής κεραίας στα 10 dBm και της εξωτερικής κεραίας στα 27 dBm, καθώς σύμφωνα με τον Hsin-Han Chiang κ.ά. (2016), [11], η απόσταση επικοινωνίας ορίζεται περίπου στα 30 εκατοστά και 4 μέτρα αντίστοιχα.



Εικόνα 5.10: RFID Reader

❖ Ετικέτα RFID

Σε κάθε προϊόν αντιστοιχεί μία ετικέτα RFID. Περιέχει την ονομασία, τον αριθμό, το βάρος, την ημερομηνία παραγωγής και λήξης του προϊόντος καθώς και τον αριθμό του παρασκευαστή. Κατά την ανάγνωσή της, το μοναδικό αναγνωριστικό της (Tag ID) μαζί με τις πληροφορίες που περιέχει, μεταφέρονται στον διακομιστή και στην συνέχεια επιστρέφονται τα αποτελέσματα στην οθόνη. Αυτά αφορούν προτάσεις αγορών βάσει του ιστορικού και των διαθέσιμων προσφορών, αν η ετικέτα έχει διαβαστεί από την εξωτερική κεραία του σαρωτή, ή τις πληροφορίες του προϊόντος που τοποθετήθηκε στο καλάθι, αν έχει διαβαστεί από την εσωτερική κεραία.

Αρ. Παρασκευαστή	Αρ. Προϊόντος	Όνομα	Βάρος	Ημ. Παραγωγής	Ημ. Λήξης	Περιγραφή
------------------	---------------	-------	-------	---------------	-----------	-----------

Πίνακας 5.1: Περιεχόμενα ετικέτας RFID

Όταν η ετικέτα βρίσκεται εντός της εμβέλειας του σαρωτή, δέχεται ηλεκτρομαγνητικά κύματα και στέλνει τα δεδομένα της. Δεν υπάρχει λόγος να χρησιμοποιήσουμε ενεργές ετικέτες, καθώς το κόστος αυξάνεται σημαντικά και έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής. Οπότε, για την υλοποίηση του συστήματος μας επιλέξαμε παθητικές ετικέτες εξαιρετικά υψηλής συχνότητας (*UHF*), κλάσης 1, κατηγορίας ένθετου (*inlay*) και πιο συγκεκριμένα ετικέτες όψης χαρτιού (*Paper Face Tags*). Εκτός από τη μεγάλη διάρκεια ζωής – πλεονέκτημα κάθε παθητικής ετικέτας – οι συγκεκριμένες ετικέτες έχουν εξαιρετικά χαμηλό κόστος, βγαίνουν σε πληθώρα μεγεθών, είναι πολύ λεπτές, ευέλικτες και μπορούν να προσαρτηθούν στα αντικείμενα με πολλούς τρόπους, όπως να επικολληθούν, να ραφτούν, να κρεμαστούν, να συγκολληθούν κλπ, ανάλογα την επιφάνεια και το αντικείμενο. [37]



Εικόνα 5.11: RFID tag

Έτσι, οι ετικέτες προσαρτώνται σε κάθε αντικείμενο, ακόμα και σε πολύ μικρά ή σε αντικείμενα με «δύσκολες» επιφάνειες, ξεπερνώντας ένα πρόβλημα που ανέφερε ο Galande Jayshree κ.ά. (2014), [15], ο οποίος για την αντιμετώπισή του κατέφυγε στον συνδυασμό του RFID με το barcode.

❖ Μονάδα ZigBee

Ο πομποδέκτης ZigBee τοποθετείται πάνω στο καρότσι και συνδέεται με το BeagleBone Black. Έτσι επιτυγχάνεται η ασύρματη επικοινωνία του επεξεργαστή – και κατ' επέκταση του καροτσιού – με τον κεντρικό διακομιστή.



Εικόνα 5.12: Μονάδα ZigBee

❖ Έξοδος

Όπως αναφέραμε νωρίτερα, υπάρχουν διαφορετικά σημεία εξόδου (*Exit Points*). Ο χρήστης του έξυπνου καροτσιού αγορών υποχρεούται να περάσει από τα αντίστοιχα σημεία εξόδου και για να «ξεκλειδώσουν» απαιτείται η *Ολοκλήρωση Αγορών* και η έγκριση από τον κεντρικό διακομιστή. Συνεπώς κάποιος που χρησιμοποιεί απλό καρότσι, δεν μπορεί να περάσει.



Εικόνα 5.13: Σημείο Εξόδου

❖ Τροφοδοσία

Απαραίτητη προϋπόθεση για την λειτουργία του συστήματος αποτελεί η τροφοδοσία όλων των επιμέρους μονάδων υλικού. Για το σκοπό αυτό επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε μπαταρία ιόντων λιθίου (Li-ion), τάσης εξόδου 7V – 24V και χωρητικότητας 5Ah – 12Ah, η οποία τοποθετείται στο κάτω μέρος του καροτσιού.



Εικόνα 5.14: Μπαταρία

5.4 Λειτουργικότητα του συστήματος

Η λειτουργικότητα του συστήματος, αναλύεται ως εξής:

- Ο καταναλωτής δημιουργεί προφίλ, καταχωρώντας τα προσωπικά του στοιχεία.
- Κατά την είσοδό του στο κατάστημα διαλέγει ένα έξυπνο καρτόσι.
- Τοποθετεί την Κάρτα Πελάτη στη συσκευή ανάγνωσης κάρτας.
- Δημιουργείται ζεύξη μεταξύ της Κάρτας Πελάτη και της συσκευής ανάγνωσης κάρτας.
- Τα δεδομένα αποστέλλονται με σύνδεση ZigBee στον κεντρικό διακομιστή και εκεί γίνεται η ταυτοποίησή τους από τη βάση δεδομένων.

Customer ID	Name	Photo	Card ID
2094	Paris S.	Some Photo	553

Πίνακας 5.2: Δεδομένα καταχωρημένα στη βάση δεδομένων

- Σε περίπτωση που τα στοιχεία είναι λάθος, αν δεν υπάρχει προφίλ ή αν η κάρτα δεν μπορεί να διαβαστεί, εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος στην οθόνη.

Customer ID	Name	Photo	Card ID 1115
2094	Paris S.	Some Photo	←

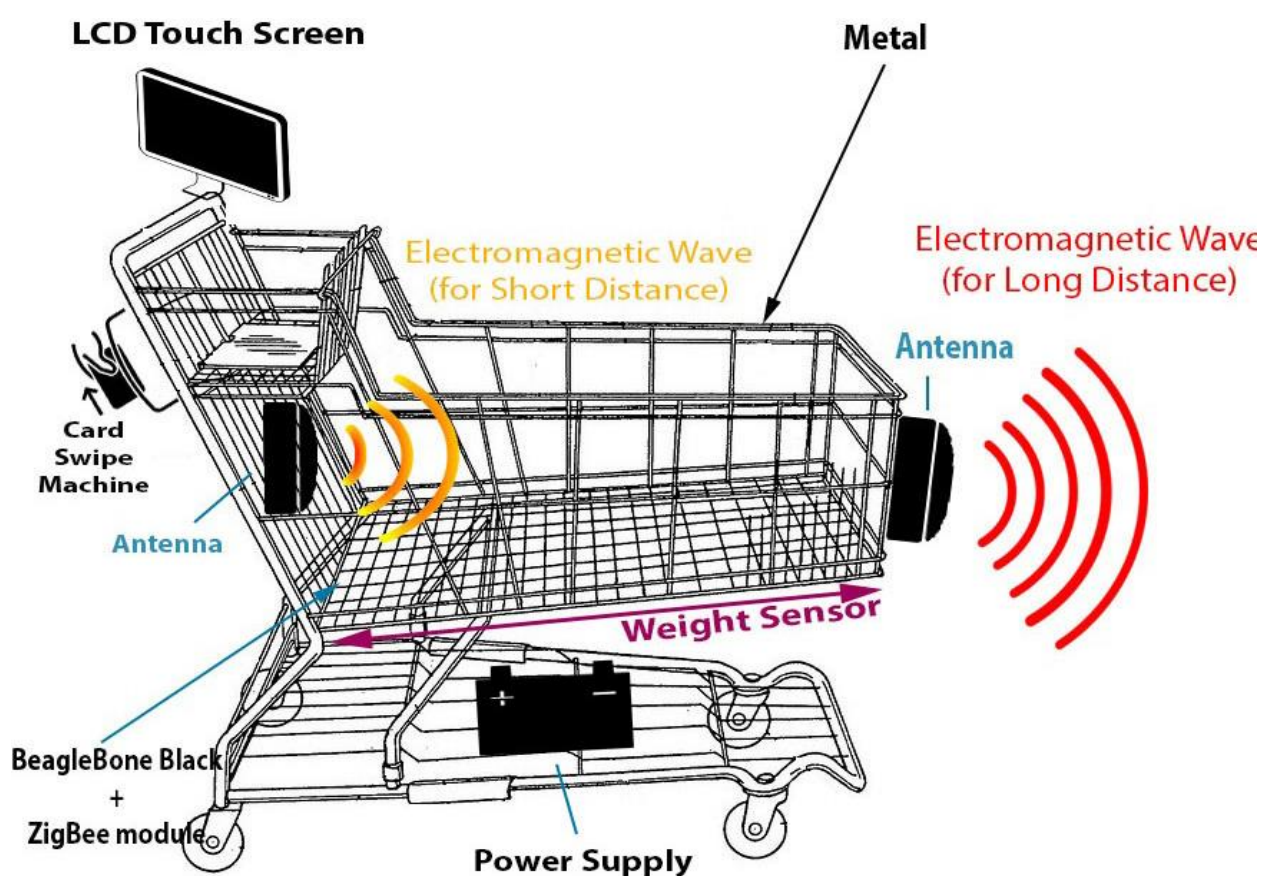
Πίνακας 5.3: Δεδομένα καταχωρημένα στην Κάρτα Πελάτη

- Μόλις γίνει επιτυχής ταυτοποίηση στοιχείων, η οθόνη εμφανίζει το όνομα του καταναλωτή, τη φωτογραφία του, τον κωδικό πελάτη και την ημερομηνία τελευταίας εισόδου στο σύστημα.
- Κατά την περιήγηση στο κατάστημα, η εξωτερική κεραία του σαρωτή RFID διαβάζει τις ετικέτες των προϊόντων που βρίσκονται εντός εμβέλειάς της και ο καταναλωτής ενημερώνεται για προσφορές και προτάσεις αγορών βάσει του ιστορικού του.
- Όταν το προϊόν αποθεθεί στο καρτόσι, αυτομάτως διαβάζεται η ετικέτα του από την εσωτερική κεραία του σαρωτή RFID.
- Ταυτόχρονα καταγράφεται το βάρος του από τον αισθητήρα βάρους.
- Τα δεδομένα που αναγνώστηκαν, μεταφέρονται στη μονάδα επεξεργασίας.

- Μέσω της μονάδας ZigBee, η μονάδα επεξεργασίας επικοινωνεί με τον κεντρικό διακομιστή, στον οποίο και μεταφέρονται τα δεδομένα και από εκεί στη βάση δεδομένων, όπου ταυτοποιείται ο αριθμός της ετικέτας, ο αριθμός του προϊόντος, το όνομα και το βάρος του.
- Σε περίπτωση κατεστραμμένης ετικέτας ή μη έγκυρης ταυτοποίησης, εμφανίζεται μήνυμα σφάλματος.
- Αν η ταυτοποίηση είναι έγκυρη, τότε η οθόνη εμφανίζει όλες τις πληροφορίες που αφορούν αυτό το προϊόν (όνομα, ημερομηνία παραγωγής, ημερομηνία λήξης, βάρος, περιγραφή, τιμή, αριθμός προϊόντος, κατασκευαστής) αλλά και το συνολικό ποσό που πιστώνεται στο λογαριασμό. Ταυτόχρονα, εμφανίζει πιθανή προσφορά που υπάρχει (π.χ. για συμπληρωματικό προϊόν).
- Όταν κάποιο προϊόν αφαιρεθεί από το καρότσι, ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, με τον αισθητήρα βάρους να αντιλαμβάνεται μείωση βάρους και την ετικέτα να διαβάζεται από τον σαρωτή.
- Αυτόματα αλλάζει και η ένδειξη της οθόνης στη λίστα κατοχυρωμένων προϊόντων και συνολικού λογαριασμού.
- Όταν ολοκληρωθούν οι αγορές, ο καταναλωτής κατευθύνεται στα σημεία εξόδου.
- Με την επιλογή της ολοκλήρωσης αγορών από την οθόνη, τερματίζεται η διαδικασία αγορών και πιστώνεται το συνολικό ποσό πληρωμής στον τραπεζικό λογαριασμό ή την κάρτα που έχει δηλωθεί.
- Αν το υπόλοιπο του λογαριασμού / κάρτας είναι μικρότερο από το χρηματικό ποσό που οφείλει να πληρώσει ο καταναλωτής, τότε εμφανίζεται αντίστοιχο μήνυμα στην οθόνη, συνοδευόμενο από ηχητική ειδοποίηση μέχρι ο χρήστης να πάρει κάποια ενέργεια.
- Στην περίπτωση που ο καταναλωτής προσπαθήσει να εξέλθει από τα σημεία εξόδου που αφορούν τα απλά καρότσια, θα καταγραφεί από τις κάμερες ασφαλείας, θα εντοπιστεί από το προσωπικό ασφαλείας και θα ειδοποιηθεί η αστυνομία.
- Όταν η πληρωμή εγκριθεί, το σημείο εξόδου «ξεκλειδώνει» και ο καταναλωτής μπορεί να εξέλθει από το κατάστημα.

5.5 Σχηματική Αναπαράσταση

Σε αυτή την υποενότητα παρουσιάζουμε σχηματικά την πρότασή μας για ένα έξυπνο καρότσι αγορών. Η *Εικόνα 5.15* δείχνει το καρότσι, στη βάση του οποίου βρίσκεται ο αισθητήρας βάρους. Εκεί είναι προσαρτημένη η μονάδα επεξεργασίας μαζί με την ασύρματη μονάδα επικοινωνίας ZigBee και τον σαρωτή RFID. Στο ενδιάμεσο έχουν τοποθετηθεί η εσωτερική και η εξωτερική κεραία για την ανάγνωση των ετικετών. Στην κορυφή του καροτσιού υπάρχει η οθόνη LCD για διεπαφή με τον χρήστη και η συσκευή σάρωσης κάρτας, ενώ στο κάτω μέρος του βρίσκεται η πηγή ενέργειας του συστήματος, η μπαταρία.

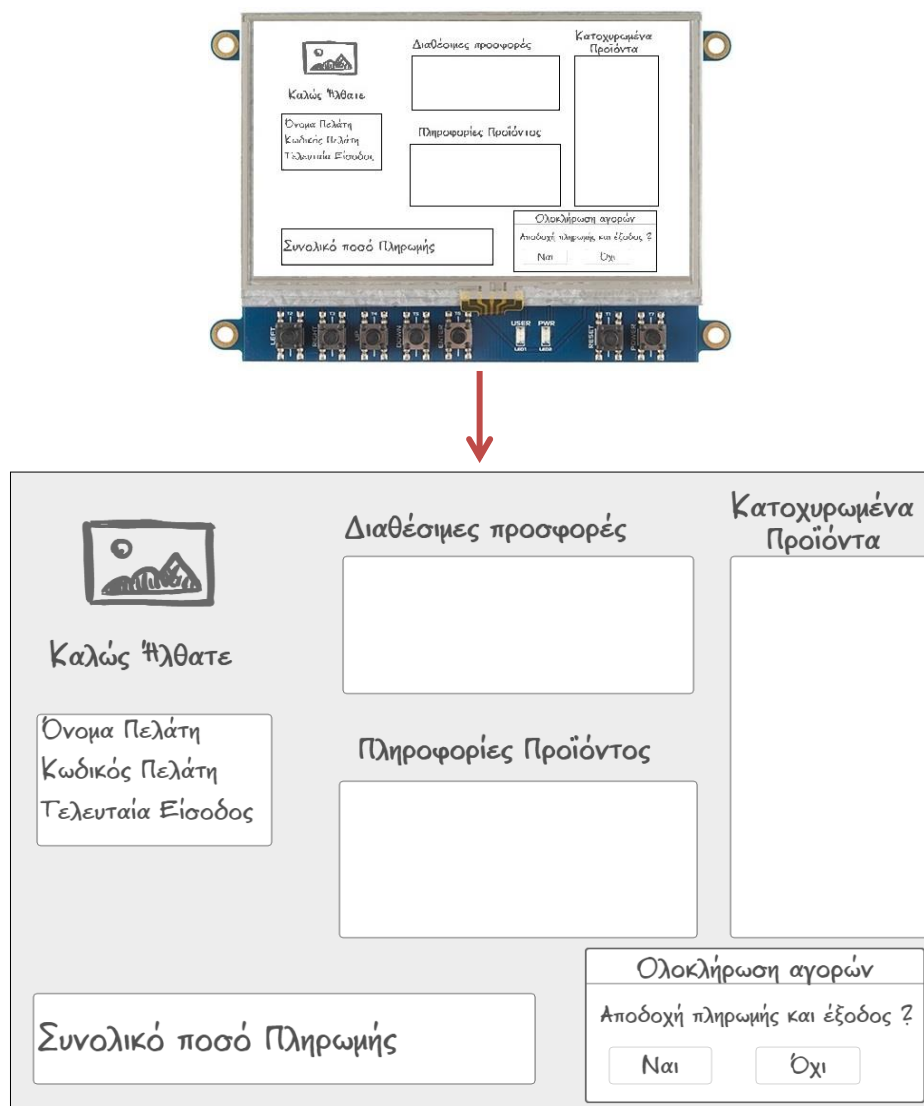


Εικόνα 5.15: Έξυπνο καρότσι αγορών

Η *Εικόνα 5.16* αναπαριστά το γραφικό περιβάλλον χρήστη. Όταν η Κάρτα Πελάτη τοποθετηθεί στην συσκευή ανάγνωσης κάρτας, τα δεδομένα της αποστέλλονται στον διακομιστή και μόλις γίνει η ταυτοποίηση, εμφανίζονται στην οθόνη η φωτογραφία, το όνομα και ο κωδικός του πελάτη καθώς και η ημερομηνία τελευταίας εισόδου στο σύστημα.

Όπως βλέπουμε, στο κεντρικό σημείο της οθόνης εμφανίζονται οι διαθέσιμες προσφορές από τα σήματα που λαμβάνει η εξωτερική κεραία, όπως επίσης και οι πληροφορίες για κάθε προϊόν που διαβάστηκε από τον σαρωτή και τον αισθητήρα βάρους.

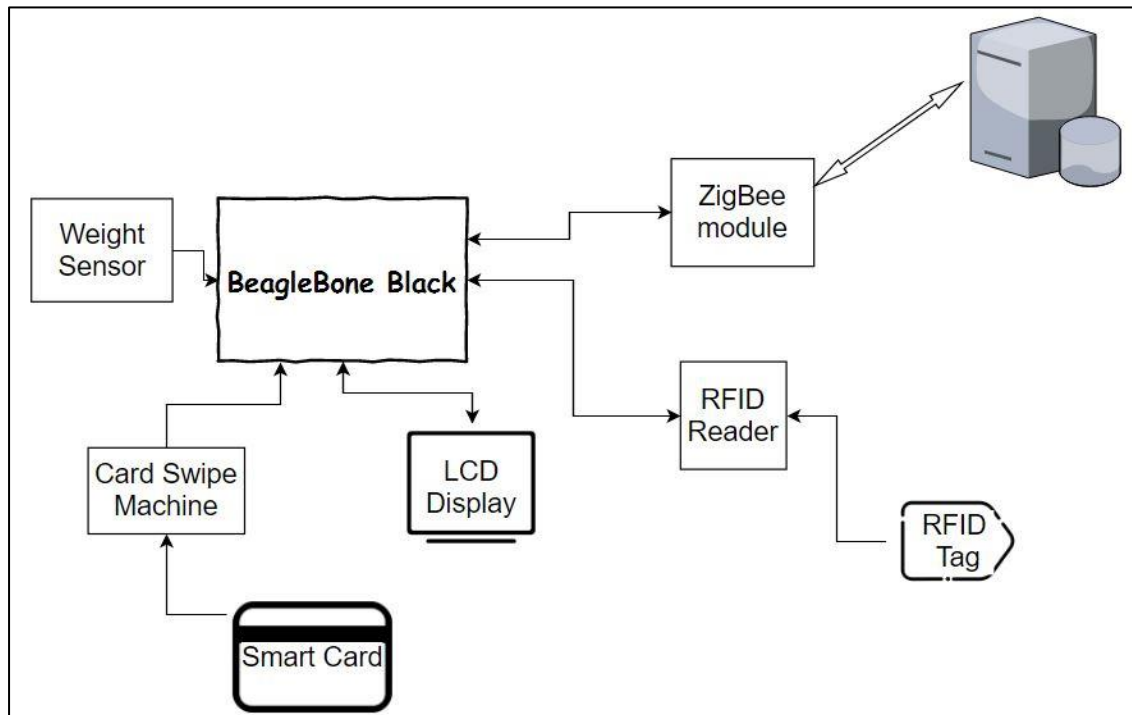
Τα προϊόντα που έχουν ήδη αποτεθεί στο καρότσι απεικονίζονται στα δεξιά. Ο καταναλωτής λαμβάνει συνεχή ενημέρωση για τον συνολικό λογαριασμό και με το πέρας των αγορών μπορεί να εξέλθει από το κατάστημα, μόνο αφού επιλέξει από το σχετικό πλαίσιο την ολοκλήρωση των αγορών.



Εικόνα 5.16: Αναπαράσταση γραφικού περιβάλλοντος χρήστη

Στην *Εικόνα 5.17* απεικονίζεται η γραφική αναπαράσταση του προτεινόμενου συστήματος. Το έξυπνο καρότσι περιέχει τον μικροελεγκτή BeagleBone Black, πάνω στον οποίο τοποθετούνται οι επιμέρους μονάδες.

Η συσκευή ανάγνωσης κάρτας διαβάζει τα δεδομένα της Κάρτας Πελάτη. Ο σαρωτής RFID διαβάζει τα δεδομένα που λαμβάνει από τις ετικέτες, μέσω της εξωτερικής και εσωτερικής κεραίας. Τα δεδομένα αυτά, μαζί με εκείνα του αισθητήρα βάρους μεταφέρονται στη βάση δεδομένων του κεντρικού διακομιστή μέσω της μονάδας ZigBee. Εκεί γίνεται η ταυτοποίηση και ακολουθείται η αντίστροφη διαδικασία, οπότε και εμφανίζονται στην οθόνη τα αποτελέσματα.



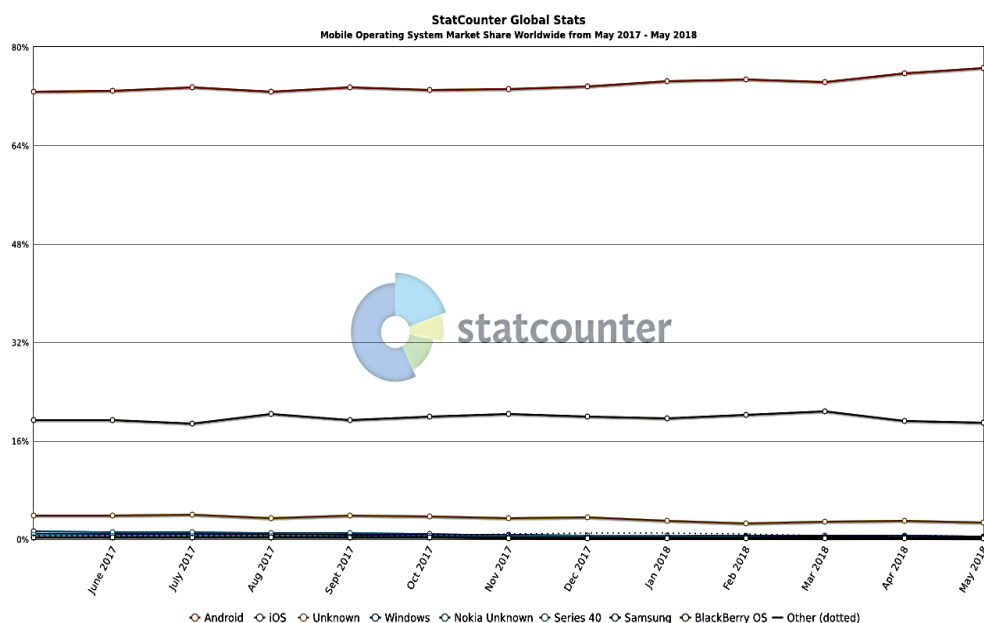
Εικόνα 5.17: Σχηματικό διάγραμμα του προτεινόμενου συστήματος

6 Αποτελέσματα

6.1 Εισαγωγή στο Android

Τα τελευταία χρόνια με τη χρήση των κινητών συσκευών (smartphones, tablets, PDAs κ.α.) έχει αυξηθεί η πρόσβαση στο διαδίκτυο. Μάλιστα αν κάποιος αναλογιστεί τον αριθμό τους, θα συμπεράνει ότι σύντομα θα αποτελούν το βασικό μέσο σύνδεσης. Το λειτουργικό σύστημα που διαθέτουν επιτρέπει την εκτέλεση εφαρμογών και προγραμμάτων, φέρνοντας σε αυτές τις συσκευές προηγμένες λειτουργίες οι οποίες μέχρι τώρα περιορίζονταν στους υπολογιστές. [e29]

Το Android, το οποίο παρουσιάστηκε από την Google το 2007, είναι το πιο ευρέως διαδεδομένο λειτουργικό σύστημα για κινητές συσκευές. Με συνεχώς ανοδική πορεία, μέχρι τον Μάιο 2018 έχει υπολογιστεί ότι κατέχει το 76.53% του μεριδίου της αγοράς παγκοσμίως. Το ποσοστό αυτό οφείλεται στο ότι είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα, βασισμένο στον πυρήνα Linux και μπορεί να εγκατασταθεί σχεδόν σε οποιαδήποτε συσκευή. Έχει δηλαδή την ικανότητα προσαρμογής σε διαφορετικό υλικό. Κληρονομεί όλα τα χαρακτηριστικά ασφαλείας και όλες τις διαχειριστικές τεχνικές μνήμης και επεξεργαστή του Linux και καθίσταται ως ένα αρκετά αξιόπιστο λειτουργικό σύστημα. [47, e29, e30]



Εικόνα 6.1: Μεριδίο αγοράς ανά λειτουργικό σύστημα Μάιος 2017 – Μάιος 2018 [e30]

6.2 Αρχιτεκτονική

Ο ρόλος ενός λειτουργικού συστήματος – συνεπώς και του Android – είναι η παροχή διεπαφής χρήστη, τέτοιας ώστε να είναι κατανοητή από τον άνθρωπο και μέσω αυτής, ο χρήστης να μπορεί να χρησιμοποιεί τους πόρους του συστήματος προς όφελος του. Για να επιτευχθεί αυτό, το Android αποτελείται από μία στοίβα λογισμικού (*software stack*) με ξεκάθαρους και αυστηρά καθορισμένους ρόλους. [47]

Στο κατώτερο επίπεδο βρίσκεται ο πυρήνας του Linux και πάνω σε αυτόν, χτίζονται όλα τα υπόλοιπα τμήματα του Android, επιτυγχάνοντας έτσι τη συμβατότητα του με ένα ευρύ φάσμα αρχιτεκτονικών και συσκευών που μπορούν να το υποστηρίξουν. [47, e31]

Στο αμέσως επόμενο επίπεδο, βρίσκονται οι βασικές βιβλιοθήκες C και C++ του συστήματος (*WebKit, Surface Manager, libc, SQLite, βιβλιοθήκες πολυμέσων* κ.α.) και τρέχουν στον πυρήνα του Linux. Το επίπεδο αυτό προσφέρει τα απαραίτητα στοιχεία ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση του Android Runtime. [47, e31]

Το Android Runtime, που είναι το επόμενο επίπεδο της στοίβας λογισμικού, είναι ο βασικός μηχανισμός που απαιτείται για την εκτέλεση των εφαρμογών Android. Περιλαμβάνει την Dalvik Virtual Machine – μια εικονική μηχανή που κάνοντας χρήση βασικών λειτουργιών του Linux, επιτρέπει σε κάθε εφαρμογή Android να τρέχει στη δική της διαδικασία – καθώς και την υλοποίηση των βασικών βιβλιοθηκών Java που προσφέρονται στον προγραμματιστή κατά την διαδικασία ανάπτυξης εφαρμογών. [47, e31]

Το προτελευταίο επίπεδο, είναι το Application Framework και βασίζεται στο Android Runtime και στις βασικές βιβλιοθήκες του συστήματος. Προσφέρει στον προγραμματιστή ένα πλήθος δυνατοτήτων που σχετίζονται με το λειτουργικό σύστημα και την συσκευή που το φιλοξενεί, όπως πρόσβαση σε λειτουργικότητες του ίδιου του λειτουργικού κ.α. [47, e31]

Στο ανώτερο επίπεδο – που είναι και το τελευταίο – βρίσκονται οι εφαρμογές για το περιβάλλον Android. Αυτό είναι και το επίπεδο στο οποίο αναπτύσσουμε την εφαρμογή μας. [47, e31]

6.3 Εργαλεία Ανάπτυξης

Οι εφαρμογές για Android γράφονται σε γλώσσα προγραμματισμού Java και απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη τους σε υπολογιστικό περιβάλλον είναι η ύπαρξη λειτουργικού συστήματος Windows, Linux ή Mac OS.

Το IDE (*Integrated Development Environment*) είναι μια σουίτα λογισμικού που βοηθάει στην ανάπτυξη προγραμμάτων υπολογιστικού περιβάλλοντος. Συνήθως αποτελείται από εργαλεία αυτόματης παραγωγής κώδικα, εργαλεία κατασκευής γραφικών διασυνδέσεων χρήστη για τις υπό ανάπτυξη εφαρμογές, έναν συντάκτη κειμένων με τον οποίο γράφεται ο πηγαίος κώδικας (editor), μεταφραστικά προγράμματα (compiler), εργαλεία εντοπισμού σφαλμάτων (debugger) και βιβλιοθήκες.

Για να αναπτυχθεί μία εφαρμογή Android απαιτείται κάποιο από τα εξής εργαλεία ανοιχτού κώδικα:

1. JDK (Java Development Kit)
2. Eclipse IDE για Java
3. Android SDK
4. ADT (Android Development Tools) Plug-in για το Eclipse

6.4 Υλοποίηση της εφαρμογής και αποτελέσματα

Στην υποενότητα αυτή, παρουσιάζουμε την υλοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη (*Graphical User Interface*, GUI), η λειτουργικότητα του οποίου βασίζεται στη γλώσσα Java και το layout, δηλαδή αυτό που βλέπει ο χρήστης στην οθόνη, βασίζεται στη γλώσσα XML (*eXtensible Markup Language*). Παρά το ότι η εφαρμογή εκτελείται στη μονάδα επεξεργασίας του καρτοσιού εμφανίζοντας το GUI στην οθόνη, υπάρχει η δυνατότητα εγκατάστασής της και στη κινητή συσκευή του χρήστη, εάν αυτός το επιθυμεί.

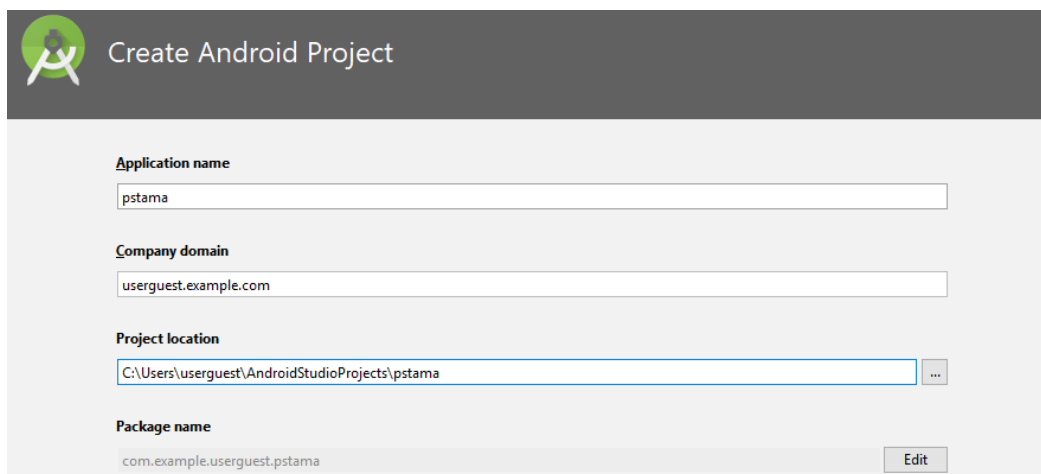
Όπως αναφέραμε νωρίτερα, το Android είναι το πιο ευρέως διαδομένο λειτουργικό σύστημα για κινητές συσκευές, ανοιχτού κώδικα, το οποίο ο καθένας μπορεί να προσαρμόσει στις δικές του ανάγκες και στο δικό του υλικό. Επίσης, ο προγραμματιστής έχει την δυνατότητα να επέμβει και στο εσωτερικό των ανώτερων επιπέδων του λειτουργικού συστήματος αλλά ακόμη και να χτίσει πάνω σε αυτό.

Για τους παραπάνω λόγους, αποφασίσαμε η υλοποίηση της εφαρμογής να γίνει σε περιβάλλον Android. Ως εργαλείο ανάπτυξης επιλέξαμε το Android Studio, καθώς είναι το επίσημο IDE για Android, συνιστάται για προγραμματιστές που θέλουν να κάνουν βασικές εφαρμογές σύμφωνα με το σχεδιασμό υλικού της Google, περιέχει επεξεργαστή XML και προσφέρει σουίτα πρόσθετων εργαλείων.

6.4.1 Δημιουργία Project

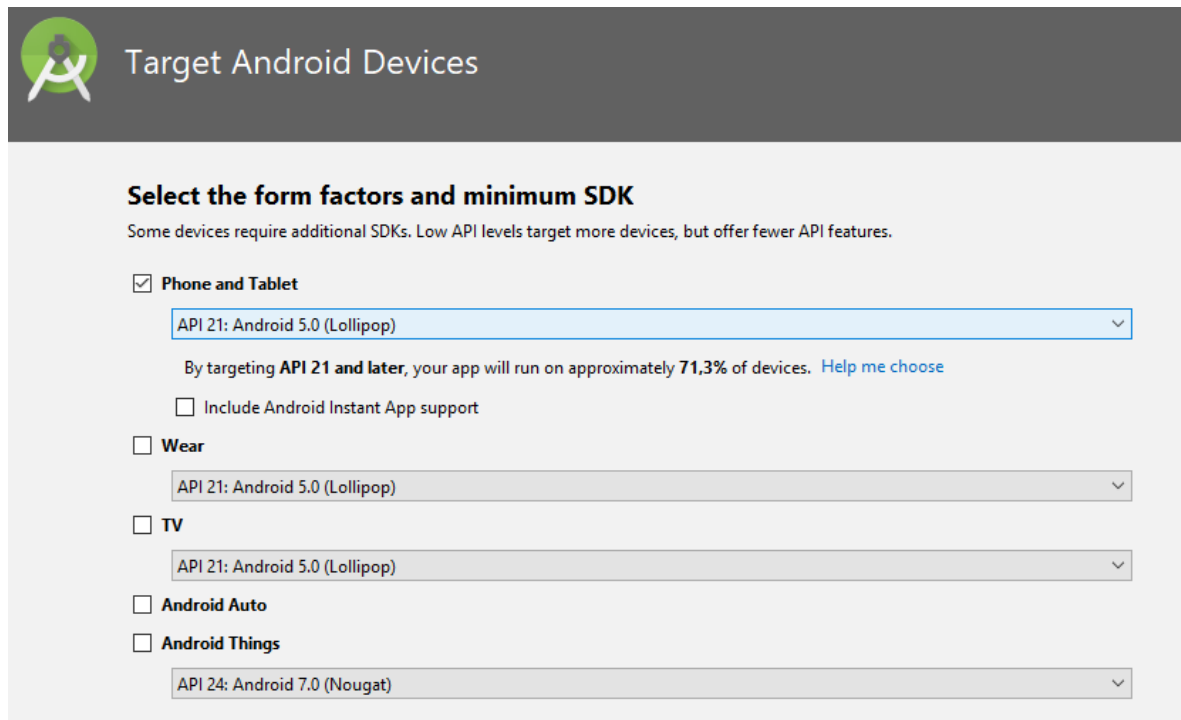
Παρακάτω καταγράφουμε τα βήματα που ακολουθήσαμε για τη δημιουργία της εφαρμογής.

1. Αρχικά, δημιουργούμε νέο project.



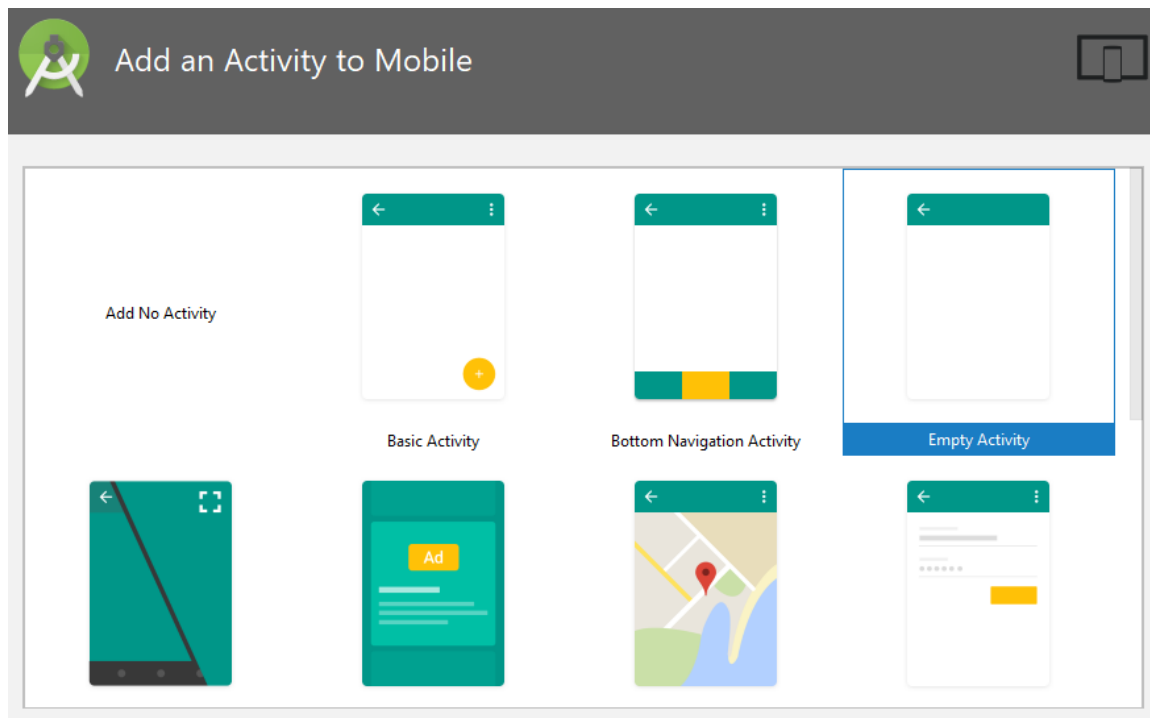
Εικόνα 6.2: Δημιουργία νέου project

2. Στη συνέχεια δηλώνουμε το είδος της συσκευής που προορίζεται η εφαρμογή καθώς και το ελάχιστο SDK που υποστηρίζεται από αυτή.



Εικόνα 6.3: Συσκευή εφαρμογής και ελάχιστο SDK

3. Τέλος, στην επιλογή τύπου δραστηριότητας, επιλέγουμε *Empty Activity* καθώς επιθυμούμε να περιέχει μόνο μια δραστηριότητα Java και ένα αρχείο layout.xml.



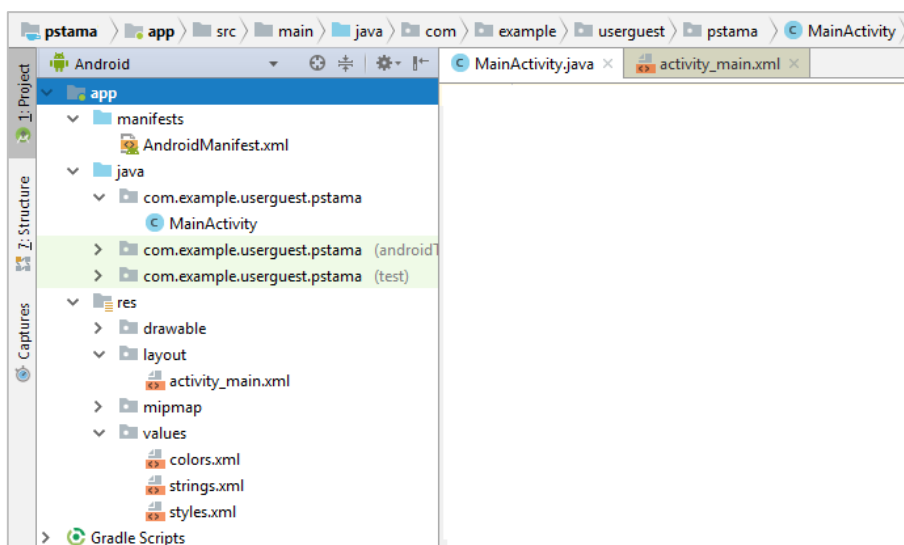
Εικόνα 6.4: Οδηγός επιλογής δραστηριότητας

6.4.2 Δομή του Project

Μόλις δημιουργηθεί το project, εμφανίζονται δύο καρτέλες που περιέχουν ένα αρχείο activity (**MainActivity.java**) και ένα αρχείο layout (**activity_main.xml**). Μέσα στο αρχείο java έχει δημιουργηθεί κομμάτι κώδικα που προσδίδει στην εφαρμογή την απαραίτητη λειτουργικότητα. Κάθε activity προβάλλει το αντίστοιχο layout, οπότε το **MainActivity** προβάλλει το layout **activity_main**.

Στη δομή του Android project, υπάρχουν οι φάκελοι **manifests**, **java**, **res**.

- ❖ Ο φάκελος **manifests** περιλαμβάνει το αρχείο **AndroidManifest.xml**, το οποίο περιγράφει τη λειτουργικότητα και την απαίτηση της εφαρμογής στο Android. Είναι το πιο σημαντικό αρχείο και παρέχει πληροφορίες σχετικά με την εφαρμογή στο λειτουργικό σύστημα Android όπως το java package name, τα δικαιώματα, όλα τα activities, τα components κ.α.
- ❖ Ο κώδικας Java παρέχει τη λειτουργικότητα της εφαρμογής. Τόσο το **MainActivity** όσο και τα υπόλοιπα activity που δημιουργούμε, περιέχονται στον φάκελο **java**.
- ❖ Η XML είναι μία γλώσσα σήμανσης παρόμοια με την HTML, η οποία παρέχει το layout της εφαρμογής. Όλα τα αρχεία xml βρίσκονται στον φάκελο **res**. Τόσο το **activity_main** όσο και τα υπόλοιπα αρχεία που αφορούν το layout της εφαρμογής, βρίσκονται στον αντίστοιχο φάκελο **layout**. Για τον ορισμό του στυλ (βασικό θέμα της εφαρμογής, προσαρμοσμένα θέματα για ένα view κ.α.) χρησιμοποιείται ο φάκελος **values** και περιλαμβάνει τους υπό-φακέλους **colors**, **strings**, **styles**, ενώ οι εικόνες που χρησιμοποιούμε περιέχονται στον φάκελο **drawable**.



Εικόνα 6.5: Δομή Android project

6.4.3 Υλοποίηση

Όλοι οι κώδικες βρίσκονται συγκεντρωμένοι στο Παράρτημα της εργασίας

Σε πρώτο στάδιο, σκοπός μας είναι η δημιουργία του layout της αρχικής οθόνης, εκεί όπου πλοηγείται ο χρήστης και ενημερώνεται για την πρόοδο των αγορών του, τις διαθέσιμες προσφορές καθώς επίσης έχει τη δυνατότητα επικοινωνίας και λήψης βοήθειας.

Για να το επιτύχουμε αυτό:

- ❑ Στο αρχείο **activity_main.xml**, ορίζουμε ως View Group ένα Linear Layout (για κάθετη ευθυγράμμιση) και μέσα σε αυτό δημιουργούμε Views για κάθε μία από τις κατηγορίες που θέλουμε να βλέπει ο χρήστης (*Είσοδος Πελάτη, Προσφορές, Επικοινωνία, Βοήθεια, About*). Χρησιμοποιούμε διάταξη vertical, έτσι ώστε όλα τα Views που εισάγουμε να τοποθετούνται κάθετα στην οθόνη.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<LinearLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:background="@color/tan_background"
    android:orientation="vertical"
    tools:context="com.example.userguest.pstama.MainActivity">

    <TextView
        android:id="@+id/member"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_member"
        android:onClick="openLoginList"
        android:text="@string/category_member" />

    <TextView
        android:id="@+id/deals"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_deals"
        android:text="@string/category_deals" />

    <TextView
        android:id="@+id/contact"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_contact"
        android:text="@string/category_contact" />

    <TextView
        android:id="@+id/help"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_help"
```

```

        android:text="Βοήθεια" />

<TextView
    android:id="@+id/about"
    style="@style/CategoryStyle"
    android:layout_height="0dp"
    android:layout_weight="1"
    android:background="@color/category_about"
    android:onClick="openAboutpage"
    android:text="About" />

```

```
</LinearLayout>
```

- Στο αρχείο **colors.xml**, δηλώνουμε τα χρώματα της εφαρμογής (*Primary*, *Primary Dark*, *Background*) καθώς και το χρώμα για κάθε View που δημιουργήσαμε προηγουμένως.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<resources>
    <color name="colorPrimary">#616d88</color>
    <color name="colorPrimaryDark">#3b5998</color>
    <color name="tan_background">#ededed</color>
    <color name="category_member">#5781db</color>
    <color name="category_deals">#678dde</color>
    <color name="category_contact">#9ea000</color>
    <color name="category_help">#801e1e</color>
    <color name="category_about">#bbccf0</color>
</resources>

```

- Στο αρχείο **strings.xml**, δηλώνεται το όνομα της εφαρμογής (Smart Buy&Smile), καθώς και όλα τα ονόματα (*strings*) οργανωμένα, για να είναι ευδιάκριτα και εύκολα αναγνώσιμα τόσο από το σύστημα όσο και από τους προγραμματιστές.

```

<resources>
    <string name="app_name">Smart Buy&Smile</string>
    <string name="category_help">Βοήθεια</string>
    <string name="category_contact">Επικοινωνία</string>
    <string name="category_member">Είσοδος Πελάτη</string>
    <string name="category_deals">Προσφορές</string>
    <string name="category_about">About</string>
</resources>

```

- Στο αρχείο **styles.xml**, δηλώνουμε ένα Style με συγκεκριμένες μορφοποιήσεις. Στη συνέχεια αυτό το αρχείο μπορούμε να το καλέσουμε σε όποιο View επιθυμούμε.

```

<resources>

    <style name="AppTheme" parent="Theme.AppCompat.Light.DarkActionBar">
        <item name="colorPrimary">@color/colorPrimary</item>
        <item name="colorPrimaryDark">@color/colorPrimaryDark</item>
    </style>

    <style name="CategoryStyle">
        <item name="android:layout_width">match_parent</item>
        <item name="android:layout_height">@dimen/list_item_height</item>
        <item name="android:gravity">center_vertical</item>
        <item name="android:padding">16dp</item>
    </style>

```

```

<item name="android:textColor">@android:color/white</item>
<item name="android:textStyle">bold</item>
<item name="android:textAppearance">?android:textAppearanceMedium</item>
</style>
</resources>

```

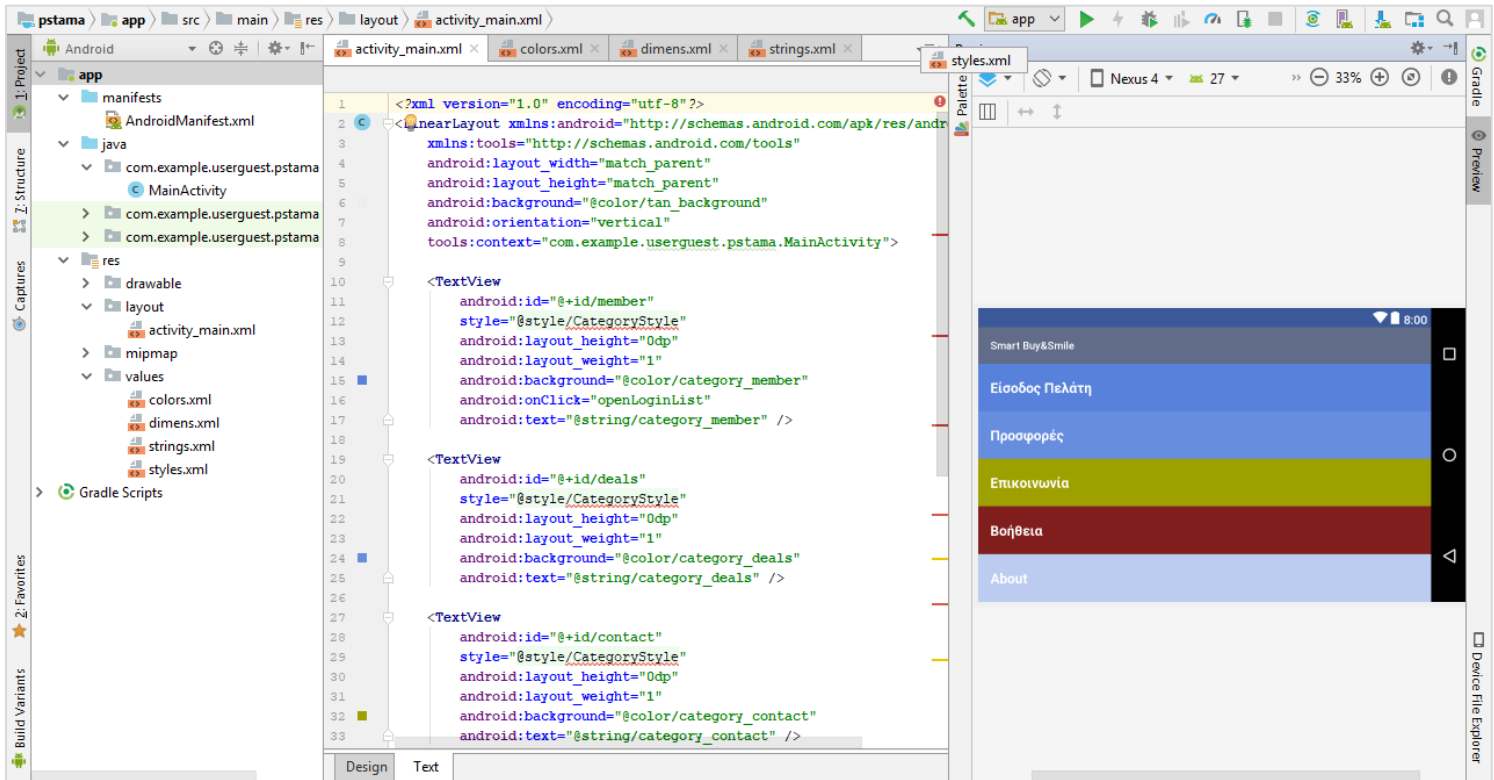
- Τέλος, στον κατάλογο **values** δημιουργούμε το αρχείο **dimens.xml**, το οποίο περιέχει τις διαστάσεις (*dimensions*) όπως το **width** και το **height** για την εφαρμογή.

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<resources>
  <dimen name="list_item_height">88dp</dimen>
  <dimen name="activity_horizontal_margin">16dp</dimen>
  <dimen name="activity_vertical_margin">16dp</dimen>
</resources>

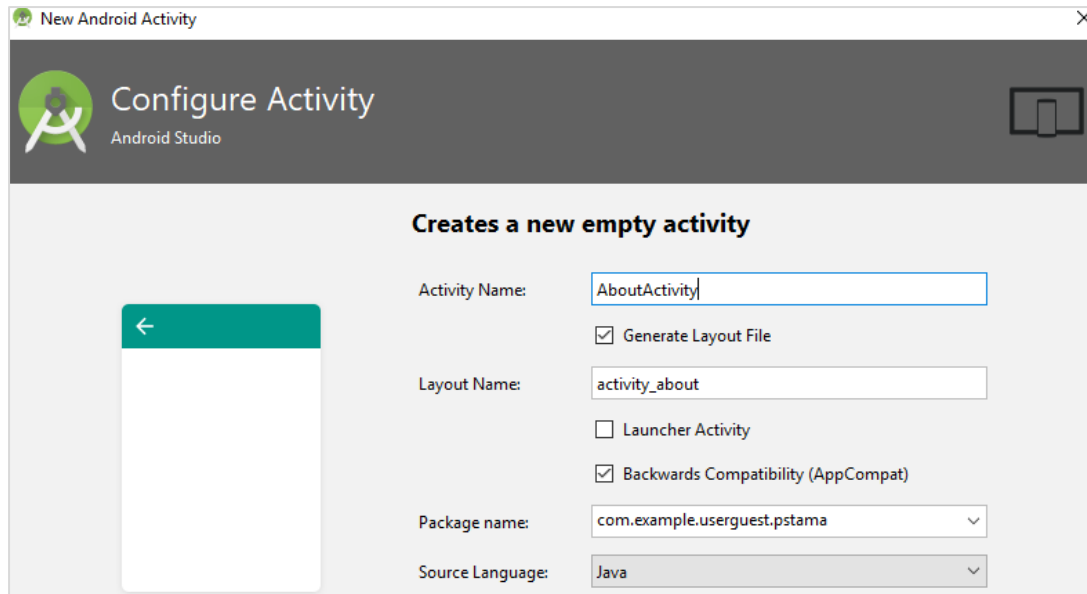
```

Η *Εικόνα 6.6* δείχνει τα αρχεία xml που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτό το στάδιο, καθώς και το layout της οθόνης σε οριζόντια προβολή.



Εικόνα 6.6: Δημιουργία layout αρχικής οθόνης εφαρμογής

Στη συνέχεια, δημιουργούμε πέντε νέα activity (**LoginActivity**, **DealsActivity**, **ContactActivity**, **HelpActivity**, **AboutActivity**) για κάθε μία από τις κατηγορίες που δηλώσαμε προηγουμένως. Αυτόματα, όπως δείχνει και η *Εικόνα 6.7*, δημιουργούνται και τα αντίστοιχα layout (**activity_login**, **activity_deals**, **activity_contact**, **activity_help**, **activity_about**).



Εικόνα 6.7: Δημιουργία νέων activity και layout

Κάθε νέο activity δηλώνεται στο **AndroidManifest.xml** καθώς όπως αναφέραμε, σε αυτό το αρχείο δηλώνουμε τι περιέχει η εφαρμογή. Συνεπώς, η AppCompatActivity επεκτείνεται (*extends*) μέσω του εκάστοτε activity και στη συνέχεια αυτό, προστίθεται αυτόματα στο **manifest**.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.userguest.pstama">

    <application
        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="Smart Buy&Smile"
        android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
        android:supportRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme">
        <activity android:name=".MainActivity">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
        <activity android:name=".LoginActivity" />
        <activity android:name=".DealsActivity" />
        <activity android:name=".ContactActivity" />
        <activity android:name=".HelpActivity" />
        <activity android:name=".AboutActivity"></activity>
    </application>

</manifest>
```

Πριν κάνουμε οποιαδήποτε παραμετροποίηση, ο προκαθορισμένος κώδικας που δημιουργείται για κάθε νέο activity και το αντίστοιχο layout είναι ίδιος. Για λόγους συντομίας, στην υποενότητα αυτή παραθέτουμε τους κώδικες για το Deals. Αναλυτικά όλοι οι κώδικες παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.

```

package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class DealsActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_deals);
    }
}

```

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<android.support.constraint.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
android:layout_width="match_parent"
android:layout_height="match_parent"
tools:context=".DealsActivity">

</android.support.constraint.ConstraintLayout>

```

Ακολουθως, στο **MainActivity** δημιουργούμε μία μέθοδο για κάθε activity που θέλουμε να καλέσουμε. Έπειτα, κατασκευάζουμε ένα νέο *intent object*, καλούμε τον *intent contractor* και του περνάμε ένα νέο Action View. Στη δεύτερη γραμμή, μπορούμε να καλέσουμε όσες διαφορετικές μεθόδους θέλουμε όπως για παράδειγμα την *setData* ή την *startActivity*.

```

public void openLoginList(View view) {
    //TODO: Write your code here!
    Intent i = new Intent(this, LoginActivity.class);
    startActivity(i);
}

```

Για τις ανάγκες της εργασίας καλούμε το **LoginActivity** και το **AboutActivity**. Οπότε μετά τις μεθόδους που κατασκευάσαμε, το **MainActivity** έχει ως εξής:

```

package com.example.userguest.pstama;

import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
    }

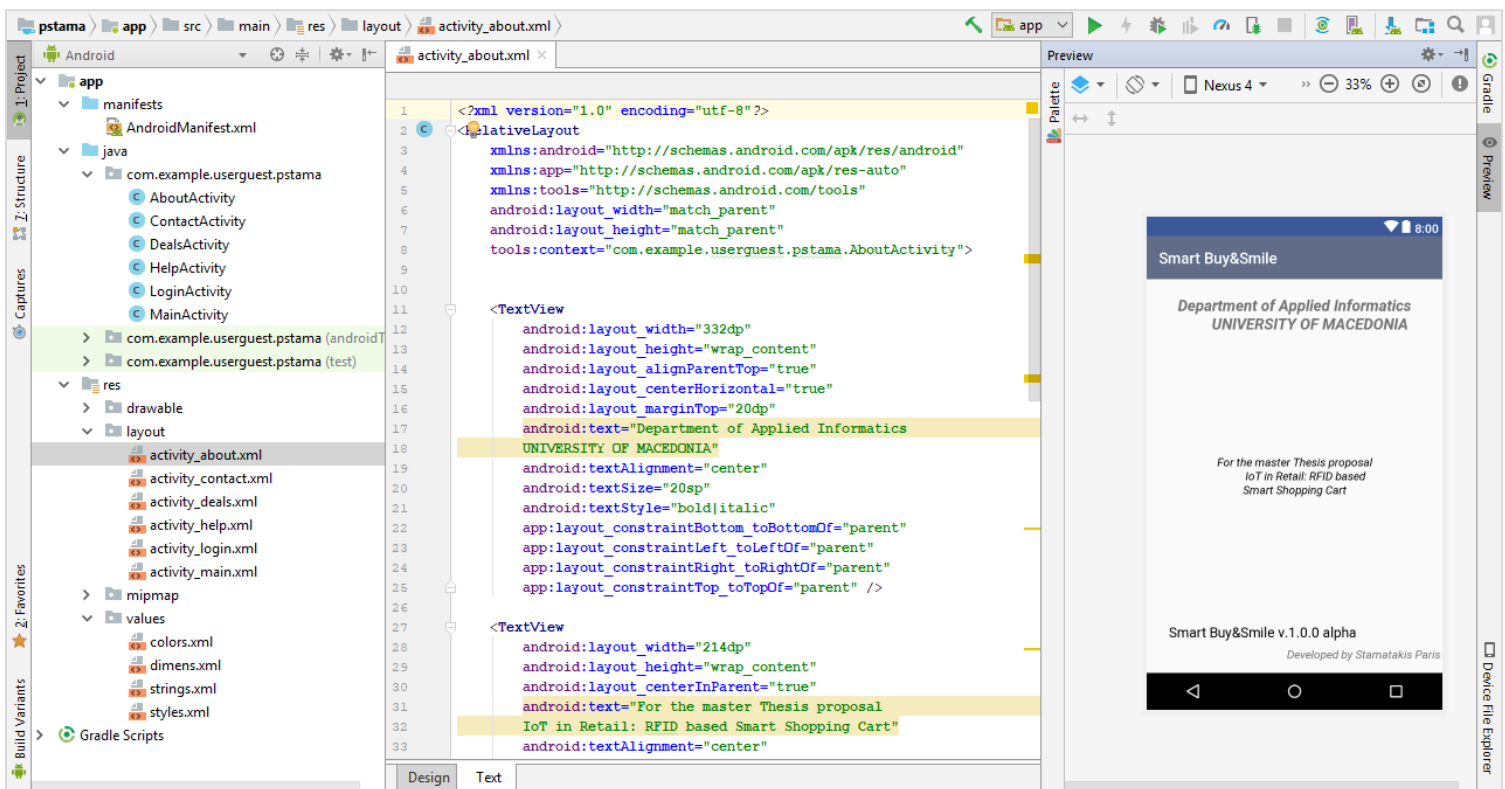
    public void openLoginList(View view) {
        //TODO: Write your code here!
        Intent i = new Intent(this, LoginActivity.class);
        startActivity(i);
    }

    public void openAboutpage(View view) {

```

```
//TODO: Write your code here!
        Intent i = new Intent(this, AboutActivity.class);
        startActivity(i);    }
}
```

Συνεχίζοντας με το layout του About, στο αρχείο **activity_about.xml** ορίζουμε ως View Group ένα Relative Layout (για να τοποθετήσουμε τα Views ακριβώς στα σημεία που επιθυμούμε) και μέσα σε αυτό δημιουργούμε τέσσερα Views. Τέλος, το activity καλείται μετά από την εκτέλεση του αντίστοιχου *onClick* που δηλώσαμε στο **activity_main**. Ένα τμήμα του κώδικα καθώς και το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου activity φαίνεται στην **Εικόνα 6.8**. Αναλυτικά όλοι οι κώδικες παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.



Εικόνα 6.8: Δημιουργία layout του About της εφαρμογής

Το τελευταίο στάδιο της υλοποίησής, αφορά το layout του Login, δηλαδή του γραφικού περιβάλλοντος χρήστη για την παρακολούθηση της πορείας των αγορών σε πραγματικό χρόνο.

1. Στο αρχείο **activity_login.xml**, για ολόκληρη την οθόνη ορίσαμε ως Root View Group ένα Linear Layout σε διάταξη vertical.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<LinearLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
```

```

    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical"
    tools:context="com.example.userguest.pstama.LoginActivity">
</LinearLayout>

```

2. Στη συνέχεια, χωρίζοντας την οθόνη στα δύο, για κάθε κομμάτι της ορίσαμε άλλα δύο Linear Layout σε διάταξη horizontal.

```

<LinearLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:orientation="horizontal">
</LinearLayout>

```

3. Στο πάνω κομμάτι της οθόνης – στο πρώτο Linear Layout δηλαδή – ορίσαμε εμφωλευμένα τρία Relative Layout (*Nested View*), το κάθε ένα από τα οποία αναλαμβάνει διαφορετική λειτουργία.

- a. Η λειτουργία του πρώτου, αφορά την εμφάνιση της εικόνας κάθε χρήστη όταν εισέλθει στο σύστημα, συνοδευόμενη από σχετικό μήνυμα. Για τις ανάγκες της εργασίας, ορίσαμε ένα ImageView με σταθερή εικόνα, η οποία βρίσκεται στον φάκελο **drawable**. Σε πραγματικές συνθήκες, η εφαρμογή θα αντλεί τη φωτογραφία κάθε χρήστη από τη βάση δεδομένων.

```

<RelativeLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="119dp">

    <ImageView
        android:layout_width="70dp"
        android:layout_height="70dp"
        android:layout_alignParentTop="true"
        android:layout_centerHorizontal="true"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:src="@drawable/userimage"
        android:text="Welcome"
    />

    <TextView
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="33dp"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:layout_marginTop="100dp"
        android:text="Καλώς ήλθατε"
        android:textAlignment="center"
        android:textAllCaps="true"
        android:textColor="@android:color/black" />

</RelativeLayout>

```

- b. Η λειτουργία του δεύτερου, αφορά τα πεδία που είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση των προσφορών και των πληροφοριών.

```

<RelativeLayout
    android:layout_width="211dp"

```



```

android:layout_height="wrap_content"
android:layout_marginLeft="30dp">

<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:text="Διαθέσιμες Προσφορές"
    android:textAlignment="center"
    android:textAllCaps="true" />

<EditText
    android:id="@+id/name_field1"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="30dp"
    android:hint="....."
    android:inputType="textCapWords" />

<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="90dp"
    android:text="Πληροφορίες Προϊόντος"
    android:textAlignment="center"
    android:textAllCaps="true" />

<EditText
    android:id="@+id/name_field2"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="115dp"
    android:hint="....."
    android:inputType="textCapWords" />

</RelativeLayout>

```

- c. Η λειτουργία του τρίτου, αφορά τη σχετική λίστα με τα προϊόντα που έχει ήδη καταχωρήσει ο χρήστης, συνοδευόμενο από τα αντίστοιχα Views.

```

<RelativeLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="30dp">

<TextView
    android:layout_width="165dp"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginRight="100dp"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:text="Κατοχυρωμένα Προϊόντα"
    android:textAlignment="center"
    android:textAllCaps="true"
    android:textSize="14sp" />

<EditText
    android:id="@+id/name_field3"
    android:layout_width="136dp"
    android:layout_height="110dp"
    android:layout_marginRight="100dp"

```



```

    android:layout_marginTop="50dp"
    android:hint="....."
    android:inputType="textCapWords" />

```

```
</RelativeLayout>
```

4. Στο κάτω κομμάτι της οθόνης – στο δεύτερο Linear Layout δηλαδή – ορίσαμε ένα View για την εμφάνιση του λογαριασμού που έχει κάνει ο χρήστης.

```

<EditText
    android:id="@+id/name_field4"
    android:layout_width="259dp"
    android:layout_height="110dp"
    android:layout_marginRight="100dp"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:hint="Συνολικό Ποσό Πληρωμής: ....."
    android:textAlignment="center"
    android:textSize="14sp" />

```

5. Έπειτα, ορίσαμε ένα Linear Layout σε διάταξη vertical που αφορά το πεδίο της ολοκλήρωσης αγορών, μέσα στο οποίο βρίσκεται εμφωλευμένο άλλο ένα Linear Layout για τα κουμπιά αποδοχής.

```

<LinearLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical">

    <TextView
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:text="Όλοκλήρωση Αγορών"
        android:textAlignment="center"
        android:textAllCaps="true"
        android:textSize="14sp" />

    <EditText
        android:id="@+id/name_field5"
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Αποδοχή Πληρωμής και Έξοδος ?"
        android:textAlignment="center"
        android:textSize="13sp" />

    <LinearLayout
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="horizontal">

        <Button
            android:layout_width="76dp"
            android:layout_height="48dp"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:text="Ναι" />

        <Button
            android:layout_width="76dp"
            android:layout_height="48dp"
            android:layout_marginLeft="65dp"
            android:layout_marginTop="10dp"

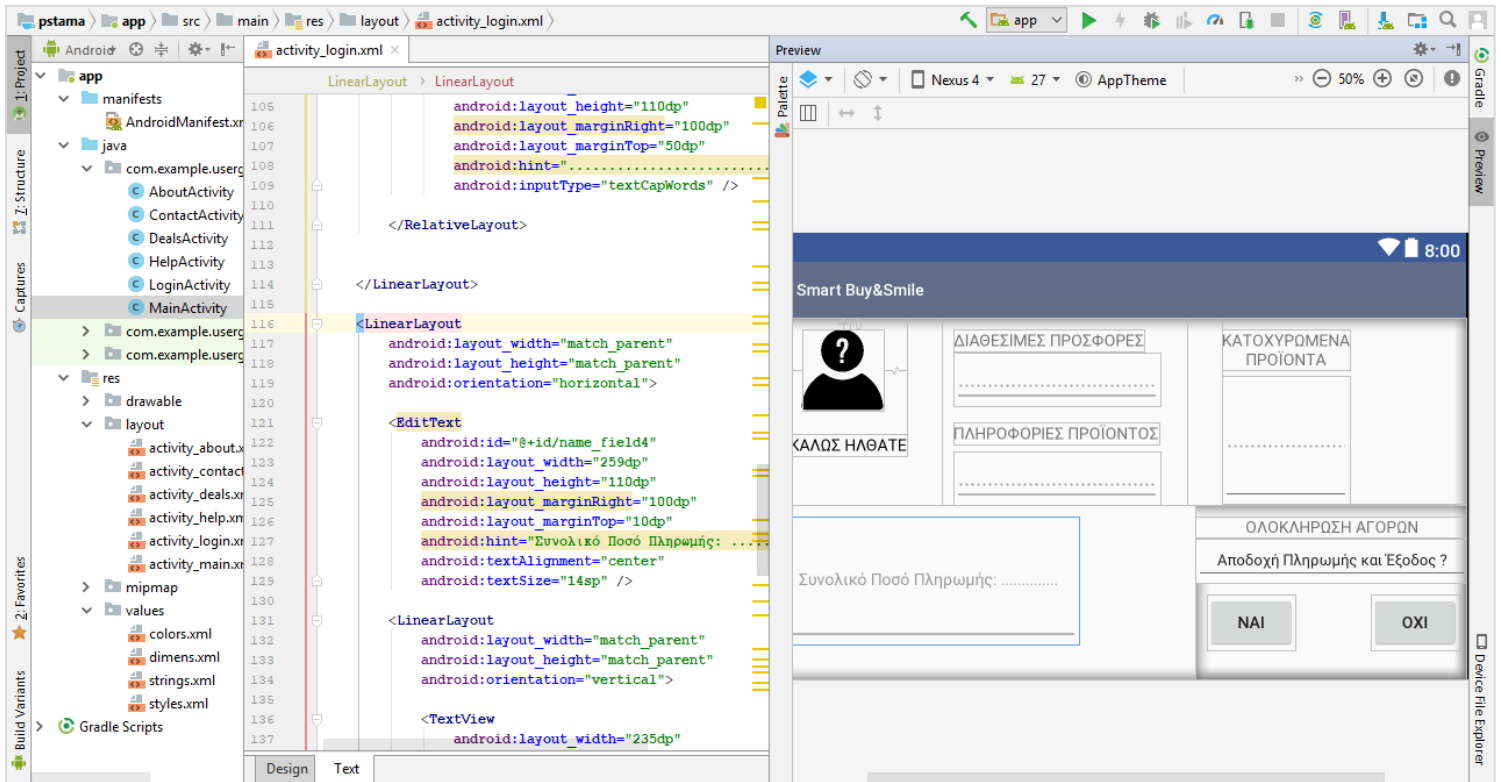
```

```

        android:text="Οχι"
        android:textAlignment="center" />
    </LinearLayout>
</LinearLayout>

```

Στην Εικόνα 6.9, φαίνεται ο κατακερματισμός του layout της οθόνης, ανάλογα με το View Group που έχουμε ορίσει.

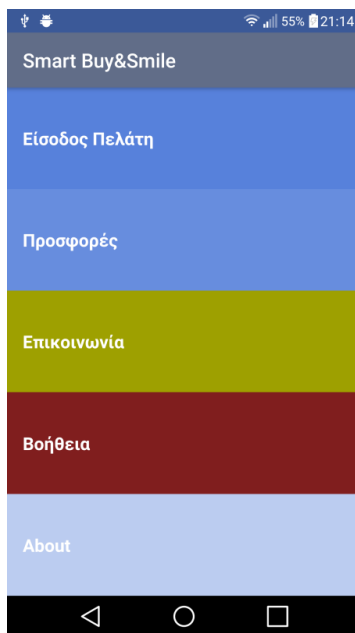


Εικόνα 6.9: Δημιουργία layout του Login της εφαρμογής

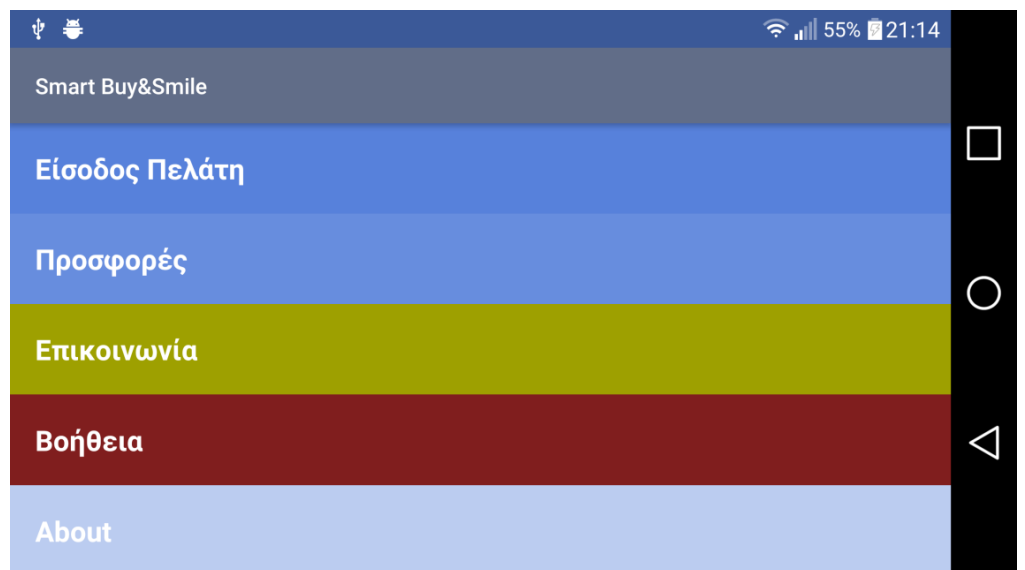
6.4.4 Αποτελέσματα

Ολοκληρώνοντας την υλοποίηση της εφαρμογής, το τελικό αρχείο ονομάζεται *Smart Buy&Smile.apk*. Υπενθυμίζουμε ότι όλοι οι κώδικες παρατίθενται στο Παράρτημα της εργασίας.

Παρακάτω παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της υλοποίησής της εφαρμογής. Η Εικόνα 6.10 και η Εικόνα 6.11 δείχνει το Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη της αρχικής οθόνης, τόσο σε οριζόντια προβολή όσο και σε κατακόρυφη. Βλέπουμε αρχικά το όνομα της εφαρμογής – *Smart Buy&Smile* – και από κάτω, με διαφορετικό χρωματισμό, κάθε View που δημιουργήσαμε στο αρχείο *activity_main.xml* (*Είσοδος Πελάτη, Προσφορές, Επικοινωνία, Βοήθεια, About*).



Εικόνα 6.10: GUI αρχικής οθόνης – κατακόρυφη προβολή

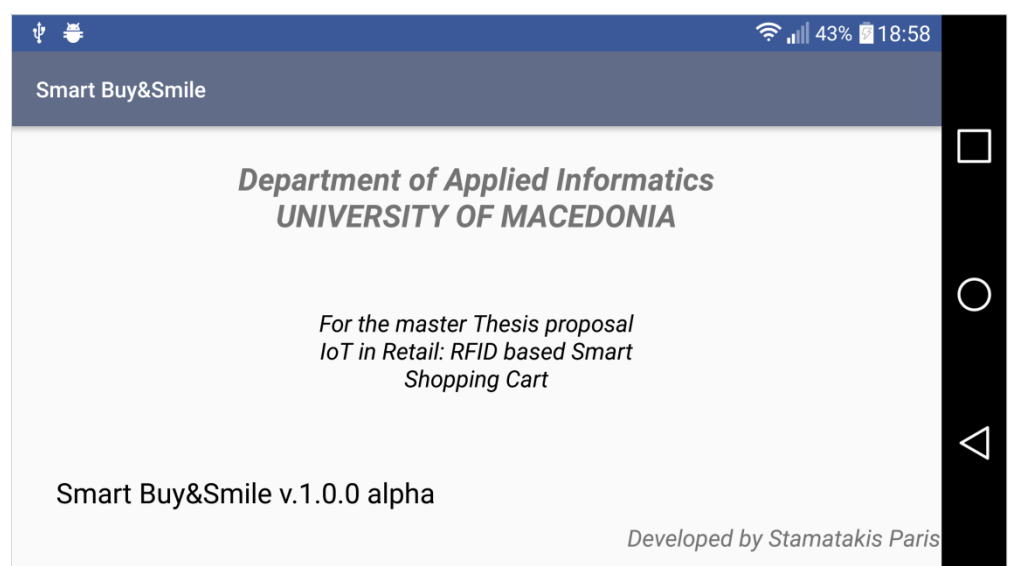


Εικόνα 6.11: GUI αρχικής οθόνης – οριζόντια προβολή

Ο χρήστης, έχει τη δυνατότητα να περιηγηθεί σε οποιαδήποτε από τις κατηγορίες επιθυμεί. Υλοποιήσαμε δύο από αυτές. Η μία είναι το Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη του About και όπως φαίνεται τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη προβολή – στην *Εικόνα 6.12* και *Εικόνα 6.13* αντίστοιχα – αναφέρουμε πληροφορίες σχετικές με την παρούσα διπλωματική εργασία. Αντίστοιχα, στη περίπτωση του σουπερμάρκετ αυτό το activity θα παρέχει πληροφορίες για το κατάστημα.



Εικόνα 6.12: GUI About – κατακόρυφη προβολή



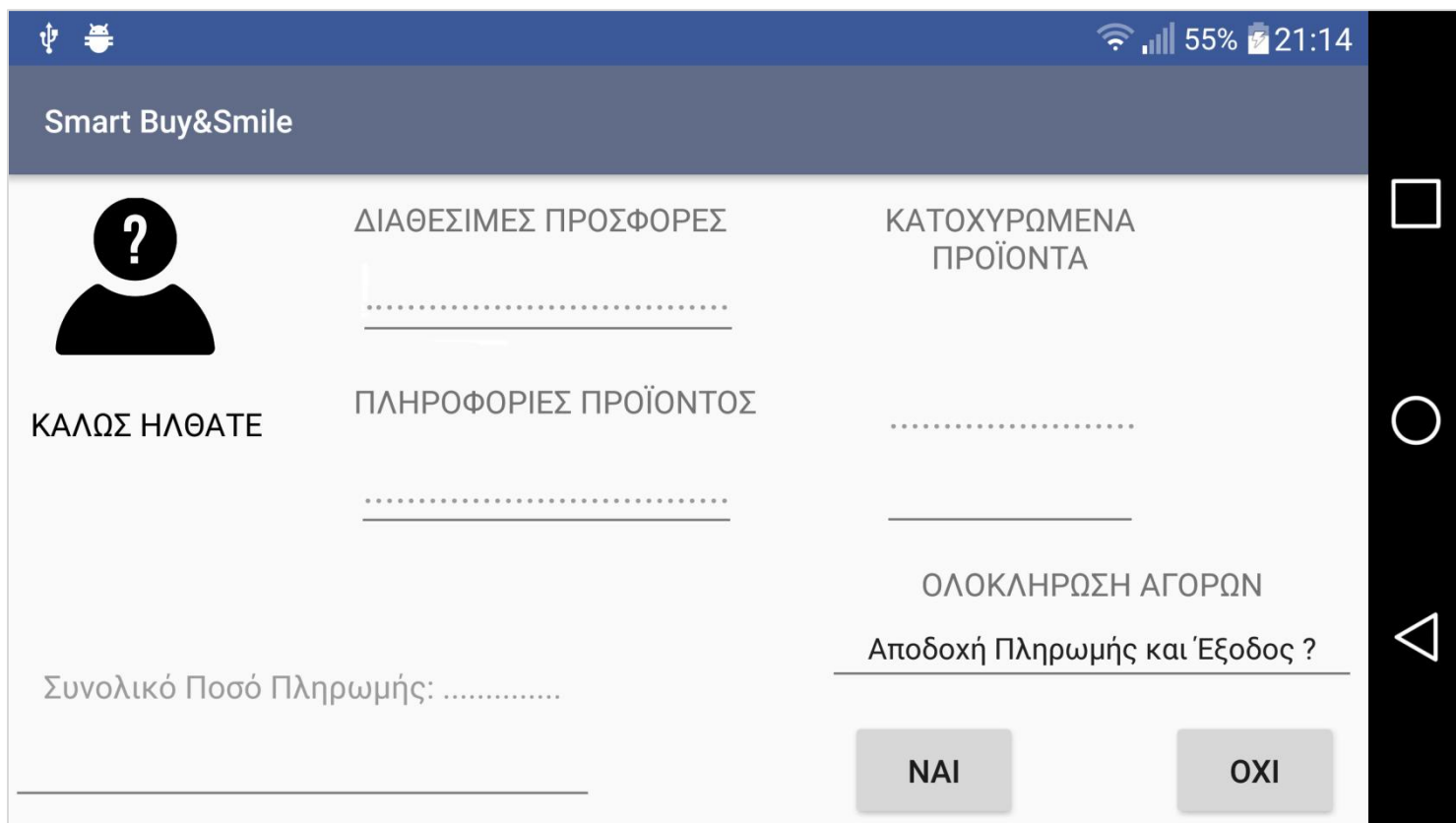
Εικόνα 6.13: GUI About – οριζόντια προβολή

Τέλος, η δεύτερη κατηγορία που είναι και το ζητούμενο αποτέλεσμα της εφαρμογής, είναι το Γραφικό Περιβάλλον Χρήστη του Login. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην *Εικόνα 6.14*.

Στο ενδιάμεσο της οθόνης εμφανίζονται οι σχετικές πληροφορίες των προϊόντων που διαβάζονται από την εσωτερική κεραία του σαρωτή RFID καθώς και οι διαθέσιμες προσφορές των προϊόντων που διαβάζονται από την εξωτερική κεραία.

Αριστερά, εμφανίζεται η φωτογραφία του χρήστη μόλις ταυτοποιηθούν τα στοιχεία του και δεξιά υπάρχει η λίστα με τα ήδη υπάρχοντα προϊόντα στο καρότσι.

Το συνολικό ποσό που καλείται να πληρώσει ο χρήστης φαίνεται στο κάτω μέρος της οθόνης, με δυνατότητα τερματισμού των αγορών και άμεση πληρωμή του λογαριασμού.



Εικόνα 6.14: Διεπαφή χρήστη για αποτελεσματική προώθηση των αγορών

7 Επίλογος

7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, βασισόμενη στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων και την ιδρυτική του τεχνολογία – Ταυτοποίηση μέσω Ραδιοσυχνοτήτων – η παρούσα διπλωματική εργασία προτείνει την ιδέα ενός αυτοματοποιημένου συστήματος αγορών, το οποίο θα εγκατασταθεί σε κάθε κατάστημα λιανικής. Στόχος του είναι η βελτίωση της αποτελεσματικότητας του καταστήματος και της εμπειρίας αγοράς του καταναλωτή. Η ιδέα προήλθε ύστερα από μελέτη παρόμοιων προσεγγίσεων στο θέμα και στο σύνολό της υπερτερεί αυτών. Επιπλέον, παρουσιάζεται η εκδοχή μας για ένα γραφικό περιβάλλον χρήστη φιλικό προς αυτόν, τόσο σε σχηματική αναπαράσταση όσο και σε υλοποίηση με κώδικα.

Αν και βρίσκεται ακόμα σε πρώιμη μορφή, το σύστημα αυτό συγκεντρώνει πολλά πλεονεκτήματα. Από την πλευρά του καταστήματος, με τη μείωση του συνολικού ανθρώπινου δυναμικού που απασχολείται, το κόστος περιορίζεται σημαντικά όπως επίσης και η πιθανότητα λάθους στο τελικό ποσό πληρωμής ή στη διατήρηση προϊόντος στα ράφια, του οποίου η ημερομηνία λήξης έχει παρέλθει. Παράλληλα, αυξάνεται ο ανταγωνισμός με τους πωλητές των ηλεκτρονικών καταστημάτων, μειώνονται οι κλοπές σε επίπεδο ασφάλειας, ενώ με τη συλλογή δεδομένων δημιουργείται καλύτερη εικόνα για την αγοραστική συμπεριφορά του καταναλωτή, κάτι που οδηγεί στην αύξηση της αποτελεσματικότητας του καταστήματος.

Ο καταναλωτής από την πλευρά του, λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για τα προϊόντα και προτάσεις για πιθανές αγορές, ενώ παράλληλα είναι σε θέση να γνωρίζει το συνολικό ποσό του λογαριασμού, ώστε να μην υπερβεί τα όρια του διαθέσιμου προϋπολογισμού του. Ο χρόνος αναμονής μειώνεται κατακόρυφα, η διαδικασία των αγορών γίνεται ευχάριστη, και αυξάνεται έτσι η εμπειρία αγορών του, συνεπώς και η ικανοποίησή του.

7.2 Όρια και περιορισμοί

Όπως είναι φυσικό, από την έρευνα αυτή προκύπτουν συγκεκριμένοι περιορισμοί. Ο πιο σημαντικός είναι πως η έρευνα δεν επεκτείνεται σε πρακτικό επίπεδο, παρά μόνο σε θεωρητικό πλαίσιο. Συνεπώς, δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι για την πλήρη ορθότητα και λειτουργικότητα του συστήματος και βασιζόμαστε στα συμπεράσματα που έβγαλαν άλλοι ερευνητές από τις δικές τους προσπάθειες υλοποίησης.

Επίσης, από άποψη εξοπλισμού, το κόστος αυτού του συστήματος είναι μεγάλο, οπότε ίσως να μην υιοθετηθεί από το σύνολο των καταστημάτων λιανικής. Επιπρόσθετα, χώρες που δεν έχουν την κατάλληλη τεχνογνωσία, θα δυσκολευτούν στην εφαρμογή του.

Ένα ακόμα σημαντικό ζήτημα, αφορά την υποκλοπή και αλλοίωση των δεδομένων και την ασφάλεια των πληροφοριών και της ιδιωτικότητας. Υπάρχει, γενικά, προβληματισμός για τον τρόπο που χρησιμοποιούνται τα δεδομένα, από ποιους και με ποιο απώτερο σκοπό.

Τέλος, εκφράζουμε την ανησυχία μας για τις απολύσεις που θα γίνουν, από τη στιγμή που τα καταστήματα δεν θα χρειάζονται ανθρώπινο δυναμικό.

7.3 Μελλοντικές επεκτάσεις

Μελλοντικά, με την προσθήκη λειτουργίας πλοήγησης, ο χρήστης θα ενημερώνεται σε πραγματικό χρόνο τόσο για την τοποθεσία του, όσο και για την τοποθεσία του προϊόντος που τον ενδιαφέρει, λαμβάνοντας οδηγίες για την βέλτιστη διαδρομή. Επίσης, με την ενσωμάτωση μονάδας GSM, θα έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει την απόδειξη πληρωμής με SMS.

Η έξυπνη κάρτα πελάτη θα αντικατασταθεί από την τεχνολογία επισήμανσης NFC και η ταυτοποίηση θα γίνεται πλέον από την κινητή συσκευή του κάθε χρήστη, με την προϋπόθεση ότι αυτή διαθέτει τέτοια τεχνολογία.

Η μονάδα τροφοδοσίας θα συνδεθεί με τους τροχούς του καροτσιού παίρνοντας ενέργεια κάθε φορά που αυτό θα κινείται, ενώ με την μελλοντική επέκταση στα ράφια, κάθε προϊόν που τοποθετείται στο καρότσι, θα αφαιρείται αυτόματα από το σύνολο των προϊόντων σε αυτά, συμβάλλοντας έτσι στη διαχείριση και τη βελτιστοποίηση των αποθεμάτων.

Παράρτημα

Παρακάτω παραθέτονται όλοι οι κώδικες της εφαρμογής, ξεκινώντας με το AndroidManifest, συνεχίζοντας με Java και ολοκληρώνοντας με τα αρχεία xml.

manifests

❑ AndroidManifest.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
package="com.example.userguest.pstama">

<application
    android:allowBackup="true"
    android:icon="@mipmap/ic_launcher"
    android:label="Smart Buy&Smile"
    android:roundIcon="@mipmap/ic_launcher_round"
    android:supportsRtl="true"
    android:theme="@style/AppTheme">
    <activity android:name=".MainActivity">
        <intent-filter>
            <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

            <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
        </intent-filter>
    </activity>
    <activity android:name=".LoginActivity" />
    <activity android:name=".DealsActivity" />
    <activity android:name=".ContactActivity" />
    <activity android:name=".HelpActivity" />
    <activity android:name=".AboutActivity"></activity>
</application>

</manifest>
```

java

❑ MainActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.content.Intent;
import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;
import android.view.View;

public class MainActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
    }

    public void openLoginList(View view) {
        //TODO: Write your code here!
        Intent i = new Intent(this, LoginActivity.class);
        startActivity(i);
    }

    public void openAboutpage(View view) {
        //TODO: Write your code here!
        Intent i = new Intent(this, AboutActivity.class);
        startActivity(i);    }
}
```

❑ LoginActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class LoginActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_login);
    }
}
```

❑ DealsActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class DealsActivity extends AppCompatActivity {
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_deals);
    }
}
```


❑ ContactActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class ContactActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_contact);
    }
}
```

❑ HelpActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class HelpActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_help);
    }
}
```

❑ AboutActivity.java

```
package com.example.userguest.pstama;

import android.support.v7.app.AppCompatActivity;
import android.os.Bundle;

public class AboutActivity extends AppCompatActivity {

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_about);
    }
}
```

res > layout

❏ activity_main.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<LinearLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:background="@color/tan_background"
    android:orientation="vertical"
    tools:context="com.example.userguest.pstama.MainActivity">

    <TextView
        android:id="@+id/member"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_member"
        android:onClick="openLoginList"
        android:text="@string/category_member" />

    <TextView
        android:id="@+id/deals"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_deals"
        android:text="@string/category_deals" />

    <TextView
        android:id="@+id/contact"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_contact"
        android:text="@string/category_contact" />

    <TextView
        android:id="@+id/help"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_help"
        android:text="Βοήθεια" />

    <TextView
        android:id="@+id/about"
        style="@style/CategoryStyle"
        android:layout_height="0dp"
        android:layout_weight="1"
        android:background="@color/category_about"
        android:onClick="openAboutpage"
        android:text="About" />

</LinearLayout>
```

❑ activity_login.xml

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<LinearLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical"
    tools:context="com.example.userguest.pstama.LoginActivity">

    <LinearLayout
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:orientation="horizontal">

        <RelativeLayout
            android:layout_width="wrap_content"
            android:layout_height="119dp">

            <ImageView
                android:layout_width="70dp"
                android:layout_height="70dp"
                android:layout_alignParentTop="true"
                android:layout_centerHorizontal="true"
                android:layout_marginTop="10dp"
                android:src="@drawable/userimage"
                android:text="Welcome"
            />

            <TextView
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="33dp"
                android:layout_marginLeft="10dp"
                android:layout_marginTop="100dp"
                android:text="Καλώς Ηλθατε"
                android:textAlignment="center"
                android:textAllCaps="true"
                android:textColor="@android:color/black" />

        </RelativeLayout>

        <RelativeLayout
            android:layout_width="211dp"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:layout_marginLeft="30dp">

            <TextView
                android:layout_width="wrap_content"
                android:layout_height="wrap_content"
                android:layout_marginLeft="10dp"
                android:layout_marginTop="10dp"
                android:text="Διαθέσιμες Προσφορές"
                android:textAlignment="center"
                android:textAllCaps="true" />

            <EditText
                android:id="@+id/name_field1"
                android:layout_width="wrap_content"

```

```

        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginLeft="10dp"
        android:layout_marginTop="30dp"
        android:hint="....."
        android:inputType="textCapWords" />

<TextView
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="90dp"
    android:text="Πληροφορίες Προϊόντος"
    android:textAlignment="center"
    android:textAllCaps="true" />

<EditText
    android:id="@+id/name_field2"
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="10dp"
    android:layout_marginTop="115dp"
    android:hint="....."
    android:inputType="textCapWords" />

</RelativeLayout>

<RelativeLayout
    android:layout_width="wrap_content"
    android:layout_height="wrap_content"
    android:layout_marginLeft="30dp">

    <TextView
        android:layout_width="165dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginRight="100dp"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:text="Κατοχυρωμένα Προϊόντα"
        android:textAlignment="center"
        android:textAllCaps="true"
        android:textSize="14sp" />

    <EditText
        android:id="@+id/name_field3"
        android:layout_width="136dp"
        android:layout_height="110dp"
        android:layout_marginRight="100dp"
        android:layout_marginTop="50dp"
        android:hint="....."
        android:inputType="textCapWords" />

</RelativeLayout>

</LinearLayout>

<LinearLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="horizontal">

```

```

<EditText
    android:id="@+id/name_field4"
    android:layout_width="259dp"
    android:layout_height="110dp"
    android:layout_marginRight="100dp"
    android:layout_marginTop="10dp"
    android:hint="Συνολικό Ποσό Πληρωμής: ....."
    android:textAlignment="center"
    android:textSize="14sp" />

<LinearLayout
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:orientation="vertical">

    <TextView
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_marginTop="10dp"
        android:text="Ολοκλήρωση Αγορών"
        android:textAlignment="center"
        android:textAllCaps="true"
        android:textSize="14sp" />

    <EditText
        android:id="@+id/name_field5"
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:text="Αποδοχή Πληρωμής και Έξοδος ?"
        android:textAlignment="center"
        android:textSize="13sp" />

    <LinearLayout
        android:layout_width="235dp"
        android:layout_height="match_parent"
        android:orientation="horizontal">

        <Button
            android:layout_width="76dp"
            android:layout_height="48dp"
            android:layout_marginLeft="10dp"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:text="Ναι" />

        <Button
            android:layout_width="76dp"
            android:layout_height="48dp"
            android:layout_marginLeft="65dp"
            android:layout_marginTop="10dp"
            android:text="Όχι"
            android:textAlignment="center" />

    </LinearLayout>

</LinearLayout>

</LinearLayout>

</LinearLayout>

</LinearLayout>

```

❑ activity_deals.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<android.support.constraint.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".DealsActivity">

</android.support.constraint.ConstraintLayout>
```

❑ activity_contact.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<android.support.constraint.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".ContactActivity">

</android.support.constraint.ConstraintLayout>
```

❑ activity_help.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<android.support.constraint.ConstraintLayout
xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context=".HelpActivity">

</android.support.constraint.ConstraintLayout>
```

❑ activity_about.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<RelativeLayout
    xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:app="http://schemas.android.com/apk/res-auto"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    tools:context="com.example.userguest.pstama.AboutActivity">

    <TextView
        android:layout_width="332dp"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_alignParentTop="true"
        android:layout_centerHorizontal="true"
        android:layout_marginTop="20dp"
        android:text="Department of Applied Informatics
        UNIVERSITY OF MACEDONIA"
        android:textAlignment="center"
        android:textSize="20sp"
        android:textStyle="bold|italic">
```

```
app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"  
app:layout_constraintLeft_toLeftOf="parent"  
app:layout_constraintRight_toRightOf="parent"  
app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
```

```
<TextView
```

```
    android:layout_width="214dp"  
    android:layout_height="wrap_content"  
    android:layout_centerInParent="true"  
    android:text="For the master Thesis proposal  
IoT in Retail: RFID based Smart Shopping Cart"  
    android:textAlignment="center"  
    android:textColor="@android:color/black"  
    android:textSize="15sp"  
    android:textStyle="italic"  
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"  
    app:layout_constraintLeft_toLeftOf="parent"  
    app:layout_constraintRight_toRightOf="parent"  
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
```

```
<TextView
```

```
    android:layout_width="259dp"  
    android:layout_height="wrap_content"  
    android:layout_alignParentBottom="true"  
    android:layout_alignParentStart="true"  
    android:layout_marginBottom="41dp"  
    android:layout_marginStart="29dp"  
    android:text="Smart Buy&Smile v.1.0.0 alpha"  
    android:textColor="@android:color/black"  
    android:textSize="18sp"  
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"  
    app:layout_constraintLeft_toLeftOf="parent"  
    app:layout_constraintRight_toRightOf="parent"  
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
```

```
<TextView
```

```
    android:layout_width="202dp"  
    android:layout_height="wrap_content"  
    android:layout_alignParentBottom="true"  
    android:layout_alignParentEnd="true"  
    android:layout_marginBottom="14dp"  
    android:text="Developed by Stamatakis Paris"  
    android:textSize="15sp"  
    android:textStyle="italic"  
    app:layout_constraintBottom_toBottomOf="parent"  
    app:layout_constraintLeft_toLeftOf="parent"  
    app:layout_constraintRight_toRightOf="parent"  
    app:layout_constraintTop_toTopOf="parent" />
```

```
</RelativeLayout>
```

Res > values

□ colors.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<resources>
  <!-- Primary color of the app (shown in the app bar) -->
  <color name="colorPrimary">#616d88</color>
  <!-- Primary dark color of the app (shown in the status bar -->
  <color name="colorPrimaryDark">#3b5998</color>
  <!-- Background color for the app -->
  <color name="tan_background">#ededed</color>
  <!-- Background color MEMBER -->
  <color name="category_member">#5781db</color>
  <!-- Background color for PROMOTION -->
  <color name="category_deals">#678dde</color>
  <!-- Background color for CONTACT -->
  <color name="category_contact">#9ea000</color>
  <!-- Background color for HELP -->
  <color name="category_help">#801e1e</color>
  <!-- Background color for ABOUT -->
  <color name="category_about">#bbccf0</color>
</resources>
```

□ dimens.xml

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<resources>
  <!-- Height of each list item -->
  <dimen name="list_item_height">88dp</dimen>
  <!-- Default screen margins, per the Android Design guidelines -->
  <dimen name="activity_horizontal_margin">16dp</dimen>
  <dimen name="activity_vertical_margin">16dp</dimen>
</resources>
```

□ strings.xml

```
<resources>
  <!-- Title for the application. (CHAR LIMIT=12) -->
  <string name="app_name">Smart Buy&amp;Smile</string>
  <!-- Category name for help (CHAR LIMIT=20) -->
  <string name="category_help">Βοήθεια</string>
  <!-- Category name for the vocabulary words for contact (CHAR LIMIT=20) -->
  <string name="category_contact">Επικοινωνία</string>
  <!-- Category name for the vocabulary words for member (CHAR LIMIT=20) -->
  <string name="category_member">Είσοδος Πελάτη</string>
  <!-- Category name for the vocabulary words for deals (CHAR LIMIT=20) -->
  <string name="category_deals">Προσφορές</string>
  <!-- Category name for the vocabulary words for about (CHAT LIMIT=20) -->
  <string name="category_about">About</string>
</resources>
```

□ styles.xml

```
<resources>

  <!-- Base application theme. -->
  <style name="AppTheme" parent="Theme.AppCompat.Light.DarkActionBar">
    <!-- Customize your theme here. -->
    <item name="colorPrimary">@color/colorPrimary</item>
    <item name="colorPrimaryDark">@color/colorPrimaryDark</item>
```



```
</style>

<!-- Style for a category of vocabulary words -->
<style name="CategoryStyle">
  <item name="android:layout_width">match_parent</item>
  <item name="android:layout_height">@dimen/list_item_height</item>
  <item name="android:gravity">center_vertical</item>
  <item name="android:padding">16dp</item>
  <item name="android:textColor">@android:color/white</item>
  <item name="android:textStyle">bold</item>
  <item name="android:textAppearance">?android:textAppearanceMedium</item>
</style>
</resources>
```

Βιβλιογραφία

1. Patrick Guillemin, Friedbert Berens, Ovidiu Vermesan, Peter Friess, Marco Carugi, George Percivall, IERC, "Internet of Things Position Paper on Standardization for IoT technologies", January 2015
Retrieved from http://www.internet-of-things-research.eu/pdf/IERC_Position_Paper_IoT_Standardization_Final.pdf
2. Kevin Ashton, RFID Journal, "That 'Internet of Things' Thing", June 2009
Retrieved from <http://www.itrco.jp/libraries/RFIDjournal-That%20Internet%20of%20Things%20Thing.pdf>
3. Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin, ISOC, "The internet of things: An overview", October 2015
Retrieved from <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>
4. Keyur K Patel, Sunil M Patel, IJESC, "Internet of Things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges", May 2016
Retrieved from <http://ijesc.org/upload/8e9af2eca2e1119b895544fd60c3b857.Internet%20of%20Things-IOT%20Definition,%20Characteristics,%20Architecture,%20Enabling%20Technologies,%20Application%20&%20Future%20Challenges.pdf>
5. Felix Wortmann, Kristina Flüchter, BISE, "Internet of Things Technology and Value", June 2015
Retrieved from <https://www.alexandria.unisg.ch/252999/1/s12599-015-0383-3.pdf>
6. ITU, SERIES Y: GLOBAL INFORMATION, INFRASTRUCTURE, INTERNET PROTOCOL ASPECTS. AND NEXT-GENERATION NETWORKS, Next Generation Networks Frameworks and functional architecture models: Overview of the Internet of things", June 2012
Retrieved from ITU Digital Library Database. (Article Number E 38086)
7. Roberto Minerva, Abyi Biru, Domenico Rotondi, IEEE Internet of Things, "Towards a Definition of the Internet of Things (IoT)", May 2015
Retrieved from https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf

8. Debasis Bandyopadhyay, Jaydip Sen, Wireless Personal Communications, "Internet of Things: Applications and Challenges in Technology and Standardization", April 2011
Retrieved from Springer US Database.
9. Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito, Computer Networks, "The Internet of Things: A survey", June 2010
Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.719.9916&rep=rep1&type=pdf>
10. M. Jothibas, S. Boopathy, IJARCS, "Fast Cloud Based Pervasive Method of Cart Billing System for Supermarket Using Real Time Technology", March 2017
Retrieved from <http://www.ijarcs.info/index.php/ijarcs/article/viewFile/2979/2962>
11. Hsin-Han Chiang, Wan-Ting You, Shu-Hsuan Lin, Wei-Chih Shih, Yu-Te Liao, Jin-Shyan Lee, and Yen-Lin Chen, ICSSE, "Development of Smart Shopping Carts with Customer-Oriented Service", July 2016
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database. (Accession No. 16263984)
12. K.Lalitha, M.Ismail, Sasikumar Gurusurthy, A.Tejaswi, IJPAM, "Design of an Intelligent Shopping Basket using IoT", 2017
Retrieved from <http://www.acadpubl.eu/hub/2017-114-7-ICPCIT-2017/articles/10/14.pdf>
13. Ruinian Li, Tianyi Song, Nicholas Capurso, Jiguo Yu, Jason Couture, and Xiuzhen Cheng, IEEE, "IoT applications on Secure Smart Shopping System", May 2017
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database.
14. Dhavale Shraddha D., Dhokane Trupti J., Shinde Priyanka S., IJEDR, "IOT Based Intelligent Trolley for Shopping Mall", 2016
Retrieved from <https://www.ijedr.org/papers/IJEDR1602225.pdf>
15. Galande Jayshree, Rutuja Gholap, Preeti Yadav, IJETAE, "RFID Based Automatic Billing Trolley", March 2014
Retrieved from http://www.ijetae.com/files/Volume4Issue3/IJETAE_0314_24.pdf
16. Ankush Yewatkar, Faiz Inamdar, Raj Singh, Ayushya, Amol Bandal, Procedia Computer Science 79, "Smart Cart with Automatic Billing, Product Information, Product Recommendation Using RFID & Zigbee with Anti-Theft", 2016
Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050916002386>
17. Rong Chen, Li Peng, Yi Qin, IET-WSN, "Supermarket Shopping Guide System based on Internet of things", November 2010
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database. (Accession No. 11838397)

18. K.Gogila Devi, T.A.Karthik, N.Kalai Selvi, K.Nandhini, S.Priya, IJIRCCE, "Smart Shopping Trolley Using RFID Based on IoT", March 2017
Retrieved from http://www.ijircce.com/upload/2017/march/320_SMART%20SHOPPING%20TROLLEY%20USING%20RFID%20BASED%20ON%20IoT.pdf
19. J C.Narayana Swamy, Dr. D Seshachalam, Saleem Ulla Shariff, CSITSS "Smart RFID based Interactive Kiosk Cart using wireless sensor node", October 2016
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database. (Accession No. 16525807)
20. Gareth R.T. White, Georgina Gardiner, Guru Prabhakar, and Azley Abd Razak, JIITO, "A Comparison of Barcoding and RFID", 2007
Retrieved from <http://jiito.informingscience.org/articles/JIITOV2p119-132White96.pdf>
21. Saleem Ulla Shariff, J.C.Narayana Swamy, D Seshachalam, iCATcc T, "Beaglebone black based E-System and Advertisement Revenue Hike Scheme for Bangalore City Public transportation system", July 2016
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database. (Accession No. 16850819)
22. Gerald Coley, beagleboard.org, "BeagleBone Black System Reference Manual", May 2014
Retrieved from https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/Beagle/BBB_SRM_C.pdf
23. Arduino.cc, "Arduino Uno Rev3 Reference Design"
Retrieved from <https://www.rapidonline.com/pdf/73-4443.pdf>
24. Anna Gerber, ibm.com, "Choosing the best hardware for your next IoT project", May 2017
Retrieved from <https://www.ibm.com/developerworks/library/iot-lp101-best-hardware-devices-iot-project/iot-lp101-best-hardware-devices-iot-project-pdf.pdf>
25. Wael Badawy, Graham A. Julien, Springer US, "System-on-Chip for Real-Time Applications", 2003
Retrieved from Springer US Database.
26. Predrag Jovanović, Mladen Mileusnić, Branislav Pavić, Boris Mišković, Sinteza, "Applications of the Single Board Computers in the Software Defined Radio Systems", 2014
Retrieved from <http://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2014/882-886.pdf>
27. raspberrypi.org, "Compute Module Datasheet - Raspberry Pi", 2016
Retrieved from https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/computemodule/RPI-CM-DATASHEET-V1_0.pdf

28. 4D Systems, "Beagle Bone Black 4.3" LCD CAPE", December 2015
Retrieved from [http://www.4dsystems.com.au/productpages/4DCAPE-43/downloads/4DCAPE-43\(T\)_datasheet_R_1_20.pdf](http://www.4dsystems.com.au/productpages/4DCAPE-43/downloads/4DCAPE-43(T)_datasheet_R_1_20.pdf)
29. Μαρία Τζελέπη, ΑΤΕΙ Καβάλας Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, "Οι εφαρμογές και η τεχνολογία RFID", October 2013
Retrieved from <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/754/1/022013195.pdf>
30. J. Landt, IEEE Potentials, "The history of RFID", November 2005
Retrieved from <http://www.sepaco-tech.com/modules/Manager/Articles/the%20history%20of%20rfid.pdf>
31. C. M. Roberts, Computers & Security 25, "Radio Frequency Identification (RFID)", February 2006
Retrieved from Elsevier B.V. Database
32. Dr. Ramchandra G. Pawar, IRJMS, "Radio Frequency Identification (RFID)", 2016
Retrieved from <http://irjms.in/sites/irjms/index.php/files/article/view/324/294>
33. Kamran Ahsan, Hanifa Shah, Paul Kingston, IJCSI, "RFID Applications: An Introductory and Exploratory Study", January 2010
Retrieved from <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1002/1002.1179.pdf>
34. Atlas RFID Solutions, "The Basics of an RFID System"
Retrieved from <http://rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647-pdf/Content/basics-of-an-rfid-system-atlasrfidstore.pdf>
35. Atlas RFID Solutions, "Types of RFID and how they are used"
Retrieved from http://rfid.atlasrfidstore.com/hubfs/Content/Types_of_RFID_and_How_They_Are_Used.pdf
36. Atlas RFID Solutions, "Deploying an RFID System: 20 Questions & Answers"
Retrieved from http://rfid.atlasrfidstore.com/hubfs/Content/Deploying_RFID.pdf
37. Atlas RFID Solutions, "Informative Guide to RFID tags"
Retrieved from <http://rfid.atlasrfidstore.com/hubfs/Content/Informative%20Guide%20to%20RFID%20Tags.pdf>
38. Atlas RFID Solutions, "An intro to RFID readers: Basics & Features"
Retrieved from http://rfid.atlasrfidstore.com/hubfs/Content/RFID_Reader_Features__Options.pdf
39. Gerald Zamora Gonzalez, Universitat Autònoma de Barcelona, "Radio Frequency Identification (RFID Tags) and Reader Antennas Based on Conjugate Matching and Metamaterial Concepts", July 2013

- Retrieved from* <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/133356/gzg1de1.pdf?sequence=1>
40. GS1 AISBL, "EPC Tag Data Standard", March 2017
Retrieved from https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/GS1_EPC_TDS_i1_10.pdf
41. Negar Khast, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, "Overview of Radio Frequency Identification Security Issues and Suggesting a Solution", February 2017
Retrieved from <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/131876/Final%20Thesis.pdf?sequence=1>
42. Xiaolin Jia, Quanyuan Feng, Taihua Fan, Quanshui Lei, CECNet, "RFID Technology and Its Applications in Internet of Things (IOT)", April 2012
Retrieved from IEEE Xplore Digital Library Database. (Accession No. 12745477)
43. Jongki Kim, Chao Yang, Jinhwan Jeon, IFIP, "A Research on Issues Related to RFID Security and Privacy", 2007
Retrieved from https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-0-387-75494-9_50.pdf
44. Somayya Madakam, R. Ramaswamy, Siddharth Tripathi, JCC, "Internet of Things (IoT): A Literature Review", January 2015
Retrieved from https://file.scirp.org/pdf/JCC_2015052516013923.pdf
45. Geoff Ruddel, Kimberly Greenberge, Edouard Aubin, Louise Singlehurst, Jay Sole, Anisha Singhal, Francois Halconrui, Joseph Wyatt, Morgan Stanley Research, "The 'Internet of Things' Is Now Connecting the Real Economy", 2014
Retrieved from <http://www.technologyinvestor.com/wp-content/uploads/2014/09/internet-of-Things-2.pdf>
46. Baoan Li, Jianjun Yu, Procedia Engineering, "Research and application on the smart home based on component technologies and Internet of Things", Dec. 2011
Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811018911>
47. Ν.Κ Πίπιλη, Μ.Πρίφτη, Α.Τσαλπατούρου, ΑΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, "Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Πλατφόρμα Android", Πάτρα 2015
Retrieved from <http://repository.library.teimes.gr/xmlui/handle/123456789/3460>

Ηλεκτρονικές Αναφορές

- e1. <https://blog.atlasrfidstore.com/what-is-rfid>
- e2. <https://blog.atlasrfidstore.com/rfid-readers-basic-options-features>
- e3. <https://blog.atlasrfidstore.com/active-rfid-vs-passive-rfid>
- e4. <https://blog.atlasrfidstore.com/bap-rfid-tags>
- e5. <https://blog.atlasrfidstore.com/how-to-select-uhf-rfid-reader>
- e6. <https://blog.atlasrfidstore.com/types-of-memory-in-gen-2-uhf-rfid-tags>
- e7. <https://blog.atlasrfidstore.com/17-things-might-not-know-gen-2-rfid-tag-memory-banks>
- e8. <https://www.impinj.com/about-rfid/types-of-rfid-systems/>
- e9. <https://blog.atlasrfidstore.com/7-types-security-attacks-rfid-systems>
- e10. <https://www.smithsonianmag.com/innovation/kevin-ashton-describes-the-internet-of-things-180953749/>
- e11. <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>
- e12. <https://store.arduino.cc/arduino-due>
- e13. <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- e14. <https://beagleboard.org/black>
- e15. <https://www.forbes.com/sites/danielnewman/2018/02/20/the-iots-impact-on-the-future-of-retail/2/#4a20fb056f5f>
- e16. <https://www.kaaproject.org/retail/>
- e17. <https://www.datexcorp.com/internet-things-iot-retail-industry/>
- e18. <https://readwrite.com/2017/11/24/internet-of-things-plus-retail/>
- e19. <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/internet-things-retail-industry/>
- e20. <https://www.thebalance.com/what-is-rfid-2890387>
- e21. <https://www.raconteur.net/business/rfid-technology-is-boosting-sales-and-customer-engagement-for-retailers>
- e22. <https://www.ocsretailsupport.co.uk/latest-news/rfid-technology-revolutionising-retail-2/>
- e23. <http://smallbusiness.chron.com/benefits-rfid-retail-marketing-57549.html>

- e24. <https://medium.com/@sawyerhowitt/welcome-to-the-future-rfid-technology-benefits-for-retail-c2597c648129>
- e25. <http://www.bmmagazine.co.uk/in-business/rfid-technology-future-retail/>
- e26. <https://www.engineersgarage.com/contribution/zigbee-vs-wi-fi>
- e27. <http://www.rfwireless-world.com/Terminology/what-is-zigbee.html>
- e28. <https://www.link-labs.com/blog/zigbee-vs-wifi-802-11ah>
- e29. <https://www.statista.com/statistics/266136/global-market-share-held-by-smartphone-operating-systems/>
- e30. <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- e31. https://www.tutorialspoint.com/android/android_architecture.htm