

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΝΑΚΤΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΑΠΟ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΜΙΑΣ WEARABLE ΣΥΣΚΕΥΗΣ**

Σώτια Γρηγορίου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2018

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εκτίμηση επιπτώσεων ανάκτησης δεδομένων από αισθητήρες μιας wearable
συσκευής**

Σώτια Γρηγορίου

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Γιώργος Σαμάρας

Συνεπιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Ανδρέας Παμπόρης

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του
Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2018

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή της διατριβής μου, Δρ. Γιώργο Σαμάρα, ο οποίος με εμπιστεύτηκε και μου έδωσε την ευκαιρία να αναλάβω και να φέρω εις πέρας αυτή την εργασία. Κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας διπλωματικής εργασίας είχα την δυνατότητα να αποκτήσω καινούριες και αρκετά χρήσιμες γνώσεις οι οποίες θα με βοηθήσουν στην έπειτα επαγγελματική μου σταδιοδρομία.

Επίσης, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και προς τον συνεπιβλέποντα καθηγητή, Δρ. Ανδρέα Παμπόρη, ο οποίος με καθοδήγησε και μου πρόσφερε κάθε είδους βοήθεια για την ολοκλήρωση της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την συνεχή ενθάρρυνση, υποστήριξη και υπομονή που μου έδειχναν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περίληψη

Η διατριβή αυτή ασχολείται με ένα επίκαιρο θέμα, το Internet of Things (IoT) και με τις wearable συσκευές που περιέχονται σε αυτό. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται ο τρόπος σύνδεσης μιας wearable συσκευής με μια κινητή συσκευή και η ανάπτυξη εφαρμογών για την κάθε μια από αυτές τις συσκευές, έτσι ώστε να μπορούν να ανταλλάσσουν δεδομένα μεταξύ τους. Η wearable συσκευή παρέχει διάφορους αισθητήρες με τους οποίους μπορεί να διαβάσει διάφορα δεδομένα και να τα στείλει στο κινητό για περαιτέρω ανάλυσή τους. Αυτή όμως η ανάκτηση δεδομένων από το κινητό επιφέρει διάφορες επιπτώσεις στην απόδοση της συσκευής. Ο λόγος λοιπόν συγγραφής αυτής της εργασίας είναι για να γίνει μια μικρή εκτίμηση των επιπτώσεων αυτών στην κατανάλωση ενέργειας της wearable συσκευής και στον χρόνο απόκρισης. Η εκτίμηση γίνεται μέσω διάφορων πειραμάτων που έγιναν χρησιμοποιώντας δύο συσκευές, μια Android κινητή συσκευή και μια Tizen wearable συσκευή. Τα αποτελέσματα αυτών των πειραμάτων αξιολογήθηκαν και παρουσιάζονται μέσα από πίνακες και γραφικές παραστάσεις σε αυτό το έγγραφο.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
	1.1 Ορισμός Προβλήματος	1
	1.2 Σκοπός Διπλωματικής	2
	1.3 Περιγραφή Κεφαλαίων	2
Κεφάλαιο 2	Σχετικές εργασίες/Ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	4
	2.1 Εισαγωγή	4
	2.2 Σχετικά έγγραφα	4
Κεφάλαιο 3	Υπόβαθρο.....	8
	3.1 Λειτουργικό σύστημα Android	8
	3.2 Λειτουργικό σύστημα Tizen	9
	3.3 Επικοινωνία μέσω του Samsung Accessory	10
	3.3.1 Εισαγωγή	10
	3.3.2 Γλωσσάριο	10
	3.3.3 Samsung Smart και Accessory συσκευές	12
	3.3.4 Accessory SDK	14
	3.3.5 Αρχιτεκτονική	15
	3.4 Αισθητήρες wearable συσκευής	19
	3.4.1 Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)	19
	3.4.2 Αισθητήρας βαρύτητας (Gravity Sensor)	21
	3.4.3 Γυροσκόπιο (Gyroscope)	23
	3.4.4 Αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Monitor Sensor)	24
	3.4.5 Αισθητήρας φωτεινότητας (Light Sensor)	24
	3.4.6 Αισθητήρας πίεσης (Pressure Sensor)	25

Κεφάλαιο 4	Σχεδίαση εφαρμογών.....	26
	4.1 Σχεδίαση οθονών Android εφαρμογής	26
	4.2 Σχεδίαση οθονών Tizen εφαρμογής	29
Κεφάλαιο 5	Υλοποίηση εφαρμογών.....	30
	5.1 Εργαλεία και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν	30
	5.2 Λειτουργίες Android εφαρμογής	31
	5.3 Λειτουργίες Tizen εφαρμογής	35
Κεφάλαιο 6	Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων.....	37
	6.1 Αποτελέσματα για κατανάλωση ενέργειας	37
	6.2 Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης	39
	6.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	54
Κεφάλαιο 7	Συμπεράσματα και μελλοντικές προοπτικές.....	62
	7.1 Συμπεράσματα	62
	7.2 Μελλοντικές προοπτικές	63
Βιβλιογραφία.....		64
Παράρτημα Α.....		Α-1

Σχήματα

Σχήμα 2.1 – Διαδικασία συστήματος.....	7
Σχήμα 3.1 – Samsung Smart συσκευή και Accessories.....	13
Σχήμα 3.2 – Accessory αρχιτεκτονική.....	15
Σχήμα 3.3 – State Machine του Accessory Peer Agent.....	16
Σχήμα 3.4 – Ροή ακολουθίας του Accessory Peer Agent.....	18
Σχήμα 3.5 – Διάγραμμα του επιταχυνσιόμετρου και άξονες.....	20
Σχήμα 3.6 – Διάγραμμα του αισθητήρα βαρύτητας και άξονες.....	22
Σχήμα 3.7 - Διάγραμμα του γυροσκοπίου και άξονες.....	23
Σχήμα 5.1 – Μεθόδοι κλάσης ConsumerActivity.....	33
Σχήμα 5.2 – Μεθόδοι κλάσης ConsumerService.....	34
Σχήμα 5.3 – Μεθόδοι κλάσεων OneFragment, TwoFragment, ThreeFragment, FourFragment, FiveFragment, SixFragment και SevenFragment	34
Σχήμα 5.4 – Μεθόδοι κλάσης helloaccessory.....	36
Σχήμα 5.5 – Μεθόδοι κλάσης sap.....	36
Σχήμα 6.1 – Γραφική παράσταση κατανάλωσης ενέργειας (διάγραμμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο).....	54
Σχήμα 6.2 – Γραφική παράσταση κατανάλωσης ενέργειας (διάγραμμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα).....	54
Σχήμα 6.3 – Γραφική παράσταση B (διάγραμμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	56
Σχήμα 6.4 – Γραφική παράσταση B (διάγραμμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	56
Σχήμα 6.5 – Γραφική παράσταση A/C (διάγραμμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	57
Σχήμα 6.6 – Γραφική παράσταση A/C (διάγραμμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	58

Σχήμα 6.7 – Γραφική παράσταση C (διάβασμα δεδομένων κάθε 1	
 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	59
Σχήμα 6.8 – Γραφική παράσταση C (διάβασμα δεδομένων κάθε 30	
 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	59
Σχήμα 6.9 – Γραφική παράσταση B/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 1	
 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	60
Σχήμα 6.10 – Γραφική παράσταση B/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 30	
 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό).....	61

Πίνακες

Πίνακας 3.1 – Ιστορικό εκδόσεων του Android.....	9
Πίνακας 3.2 – Ιστορικό εκδόσεων του Tizen.....	10
Πίνακας 3.3 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από το επιταχυνσιόμετρο...	20
Πίνακας 3.4 – Τιμή επιταχυνσιόμετρου όταν η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.....	21
Πίνακας 3.5 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα βαρύτητας.....	22
Πίνακας 3.6 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από το γυροσκόπιο.....	23
Πίνακας 3.7 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού.....	24
Πίνακας 3.8 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα φωτεινότητας.....	25
Πίνακας 3.9 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα πίεσης	25
Πίνακας 6.1 – Αποτελέσματα για κατανάλωση ενέργειας.....	38
Πίνακας 6.2 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο).....	39
Πίνακας 6.3 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα).....	45
Πίνακας 6.4 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης.....	52

Εικόνες

Εικόνα 3.1 – Accessory οικοσύστημα.....	13
Εικόνα 4.1 – Αρχική οθόνη Android εφαρμογής.....	26
Εικόνα 4.2 – Οθόνες αισθητήρων Android εφαρμογής πριν την ανάκτηση δεδομένων.....	27
Εικόνα 4.3 – Οθόνες αισθητήρων Android εφαρμογής μετά την ανάκτηση δεδομένων.....	28
Εικόνα 4.4 – Αρχική οθόνη Tizen εφαρμογής.....	29
Εικόνα 4.5 – Οθόνες αισθητήρων Tizen εφαρμογής κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους.....	29
Εικόνα 5.1 – Samsung Galaxy Note II GT-N7100.....	31
Εικόνα 5.2 – Samsung Gear S3 classic.....	31
Εικόνα 5.3 – Τα permissions που χρειάζεται η Android εφαρμογή.....	32

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Ορισμός Προβλήματος	1
1.2 Σκοπός Διπλωματικής	2
1.3 Περιγραφή Κεφαλαίων	2

1.1 Ορισμός Προβλήματος

Το Internet of Things (IoT) είναι πλέον μεγάλο γεγονός στις μέρες μας και αναφέρεται σε διάφορες φυσικές συσκευές σε ολόκληρο τον κόσμο οι οποίες είναι ενσωματωμένες με κάποιο λογισμικό και με διάφορους αισθητήρες, είναι συνδεδεμένες με το διαδίκτυο και μπορούν να μαζέψουν και να ανταλλάξουν δεδομένα μεταξύ τους. Ο αριθμός αυτών των online συσκευών αυξάνεται συνεχώς και σύμφωνα με τα τελευταία δεδομένα υπήρχαν 8.4 δισεκατομμύρια τέτοιες συσκευές το 2017. Εώς το 2020 οι ειδικοί εκτιμούν ότι το IoT θα αποτελείται από περίπου 30 δισεκατομμύρια συσκευές. [1]

Ένα παράδειγμα συσκευών IoT είναι οι wearable συσκευές οι οποίες, όπως αναφέρεται και στην ονομασία τους, μπορούν να φορεθούν στο σώμα. Αυτές οι συσκευές έχουν μια ποικιλία εφαρμογών που όλο και αυξάνεται. Συνήθως, οι εφαρμογές αυτές απαιτούν δεδομένα ανάγνωσης από τους αισθητήρες της συσκευής, όπως για παράδειγμα τη μέτρηση των καρδιακών παλμών του ατόμου που φοράει τη συσκευή αυτή σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή.

Η ανάκτηση δεδομένων από τους αισθητήρες μιας wearable συσκευής επιφέρει επιπτώσεις στην απόδοση της εφαρμογής τόσο στην κατανάλωση ενέργειας όσο και στον χρόνο απόκρισης.

1.2 Σκοπός Διπλωματικής

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής είναι να εκτιμήσει, σε οποιαδήποτε εφαρμογή απαιτεί την ανάγνωση δεδομένων από αισθητήρες μιας wearable συσκευής, τις επιπτώσεις που επιφέρει αυτή η ανάκτηση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφερθεί το πώς επηρεάζεται η κατανάλωση ενέργειας στη wearable συσκευή, μετρώντας κάθε φορά τις αλλαγές στο επίπεδο της μπαταρίας, αλλά και ο χρόνος απόκρισης, μετρώντας την διάρκεια αποστολής δεδομένων μέσω Bluetooth.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν δύο συσκευές, ένα smartphone και ένα smartwatch, τα οποία επικοινωνούν μεταξύ τους, με τη βοήθεια του Samsung Accessory, και το πρώτο ανακτά δεδομένα από το δεύτερο. Αυτό γίνεται εφικτό μέσα από τη δημιουργία δύο εφαρμογών, μία Android εφαρμογή για το smartphone και μία Tizen εφαρμογή για το smartwatch.

Μέσα από τις εφαρμογές αυτές εκτελέστηκαν διάφορα πειράματα έτσι ώστε να καταλήξουμε σε κάποια συμπεράσματα για τις επιπτώσεις αυτές. Δηλαδή, έγιναν μετρήσεις της κατανάλωσης ενέργειας αλλά και του χρόνου απόκρισης κατά τη διάρκεια ανάκτησης δεδομένων από διαφορετικούς αισθητήρες και σε διαφορετικές καταστάσεις και η σύγκριση αυτών των μετρήσεων οδήγησε σε κάποια αποτελέσματα.

1.3 Περιγραφή Κεφαλαίων

Στο Κεφάλαιο 1 αναφέρθηκε ο ορισμός του προβλήματος που σχετίζεται με αυτή τη διπλωματική εργασία, καθώς και ο σκοπός εκπόνησής της.

Στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζεται ένα σχετικό έγγραφο του οποίου οι συγγραφείς ασχολήθηκαν με κάτι παρόμοιο και ένα σχετικό έγγραφο το οποίο υπήρξε πολύ βοηθητικό κατά την ανάπτυξη των εφαρμογών που υλοποιήθηκαν σε αυτή την εργασία.

Στο Κεφάλαιο 3 περιγράφεται το υπόβαθρο αυτής της διπλωματικής, δηλαδή παρατίθενται πληροφορίες για τα λειτουργικά συστήματα Android και Tizen, αλλά και πληροφορίες που αφορούν την επικοινωνία μεταξύ των δύο συσκευών με την χρήση

του Samsung Accessory. Πιο συγκεκριμένα γι' αυτό το υποκεφάλαιο προσφέρεται ένα σχετικό γλωσσάριο, περιγραφή των Accessory συσκευών, ο ορισμός και κάποιες λεπτομέρειες για το Accessory SDK και πληροφορίες για την αρχιτεκτονική του. Επίσης, δίνεται ο ορισμός αλλά και τα χαρακτηριστικά των αισθητήρων της wearable συσκευής καθώς και συνοπτικές περιγραφές για τον καθένα ξεχωριστά. Οι αισθητήρες αυτοί είναι το επιταχυνσιόμετρο, ο αισθητήρας βαρύτητας, το γυροσκόπιο, ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού, ο αισθητήρας φωτεινότητας και ο αισθητήρας πίεσης.

Στο Κεφάλαιο 4 φαίνεται η σχεδίαση των δύο εφαρμογών, δηλαδή, το πως εμφανίζονται οι διάφορες οθόνες τόσο στην Android εφαρμογή όσο και στην Tizen εφαρμογή και παρουσιάζονται screenshots των δύο εφαρμογών.

Το Κεφάλαιο 5 αφορά την υλοποίηση των δύο εφαρμογών. Περιλαμβάνει περιγραφές για τα εργαλεία και τις συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν και επεξήγηση των λειτουργιών των δύο εφαρμογών.

Το Κεφάλαιο 6 αναφέρεται στα αποτελέσματα διαφόρων πειραμάτων που εκτελέστηκαν για τον σκοπό αυτής της διατριβής σε σχέση με την κατανάλωση ενέργειας αλλά και τον χρόνο απόκρισης. Επίσης, γίνεται και μια αξιολόγηση αυτών των αποτελεσμάτων έτσι ώστε να μπορέσουμε να καταλήξουμε σε κάποια συμπεράσματα.

Στο Κεφάλαιο 7 διατυπώνονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε με βάση την αξιολόγηση που έγινε στο προηγούμενο κεφάλαιο καθώς και μελλοντικές προτάσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη του θέματος αυτής της διατριβής.

Κεφάλαιο 2

Σχετικές εργασίες/Ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Εισαγωγή	4
2.2 Σχετικά έγγραφα	4

2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν δύο σχετικά έγγραφα τα οποία με βοήθησαν αρκετά κατά τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, το πρώτο διότι προσφέρει πολλά χρήσιμα αποτελέσματα συγκρίσεων για τις wearable συσκευές και για τους αισθητήρες τους και το δεύτερο διότι προσφέρει βοήθεια για την ανάπτυξη εφαρμογών παρόμοιων με αυτών που υλοποιήθηκαν για την παρούσα διατριβή.

2.2 Σχετικά έγγραφα

1. **Άρθρο: Collection and Processing of Data from Wrist Wearable Devices in Heterogeneous and Multiple-User Scenarios [2]**

Συγγραφείς: Francisco de Arriba-Pérez, Manuel Caeiro-Rodríguez, Juan M. Santos-Gago

Department of Telematics Engineering, University of Vigo, Campus Lagoas-Marcosende, Vigo 36310, Spain

Ακαδημαϊκός συντάκτης: Leonhard M. Reindl

Λήφθηκε: 17 Ιουνίου 2016, **Αποδέχτηκε:** 14 Σεπτεμβρίου 2016,

Δημοσιεύθηκε: 21 Σεπτεμβρίου 2016

Οι συγγραφείς αυτού του εγγράφου ασχολήθηκαν με την συλλογή και την επεξεργασία δεδομένων από Wrist Wearable συσκευές σε ετερογενή σενάρια και με πολλαπλούς

χρήστες. Πιο συγκεκριμένα, εργάστηκαν για την αναλυτική αξιοποίηση αυτού του είδους δεδομένων για την υποστήριξη των μαθητών και των εκπαιδευτικών σε εκπαιδευτικά πλαίσια μέσω της ανάπτυξης δεικτών ύπνου και άγχους με σκοπό να τους βοηθήσουν να ρυθμίσουν τις δραστηριότητές τους.

Το έγγραφο συμβάλλει στον εντοπισμό βασικών ζητημάτων διαλειτουργικότητας και προτείνει κατευθυντήριες γραμμές για την επίλυσή τους. Αυτά τα ζητήματα εντοπίζονται διότι διαφορετικές wearable συσκευές περιλαμβάνουν διαφορετικούς αισθητήρες, διαφορετικούς τρόπους συλλογής δεδομένων και παρέχουν δεδομένα σύμφωνα με διαφορετικά μοντέλα δεδομένων.

Γι' αυτό το σκοπό γίνεται μια ανασκόπηση των κύριων πλατφόρμων integrated λογισμικού συμπεριλαμβανομένων των Google Fit, Android Wear και iOS. Επίσης, γίνεται ανάλυση των λύσεων που προσφέρονται από τους προμηθευτές Fitbit, Microsoft και Jawbone και παρουσιάζονται αποτελέσματα από τις wearable συσκευές Fitbit Surge, LG Watch R, Microsoft Band και Jawbone UP Move.

2. Ερευνητική Διατριβή: Developing a Samsung Integrated Gear Application - Development of an application requesting public transport data from Wiener Linien [3]

Συγγραφέας: Klemens Engelbrechtsmüller

Project Seminar of Information Systems, Vienna University of Economics and Business, Austria

Επιβλέπων Καθηγητής: Dr. Rony G. Flatscher

Ημερομηνία υποβολής: 18 Ιουνίου 2015

Αυτό το έγγραφο περιγράφει τη δημιουργία μιας Samsung Integrated Gear εφαρμογής η οποία ζητά δημόσια δεδομένα μεταφοράς από τον Wiener Linien, τον χειριστή δημόσιας μεταφοράς της Βιέννης. Ο Wiener Linien είναι υπεύθυνος για περίπου 180 γραμμές μετρό, τραμ και λεωφορείων και είναι ο έκτος μεγαλύτερος σε έκταση χειριστής δημόσιας μεταφοράς στον κόσμο. [4]

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία παρουσιάζει βήμα προς βήμα τον τρόπο ανάπτυξης μιας Android Host εφαρμογής που επικοινωνεί με μια αντίστοιχη Samsung Gear Wearable εφαρμογή. Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση των εφαρμογών αυτών είναι το smartphone Samsung Galaxy Note 3 για την Android Host εφαρμογή και το smartwatch Samsung Gear SM-V700 για την Samsung Gear Wearable εφαρμογή. Επιπλέον, τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι το Eclipse IDE για την εφαρμογή του smartphone και το Tizen IDE για την εφαρμογή του smartwatch.

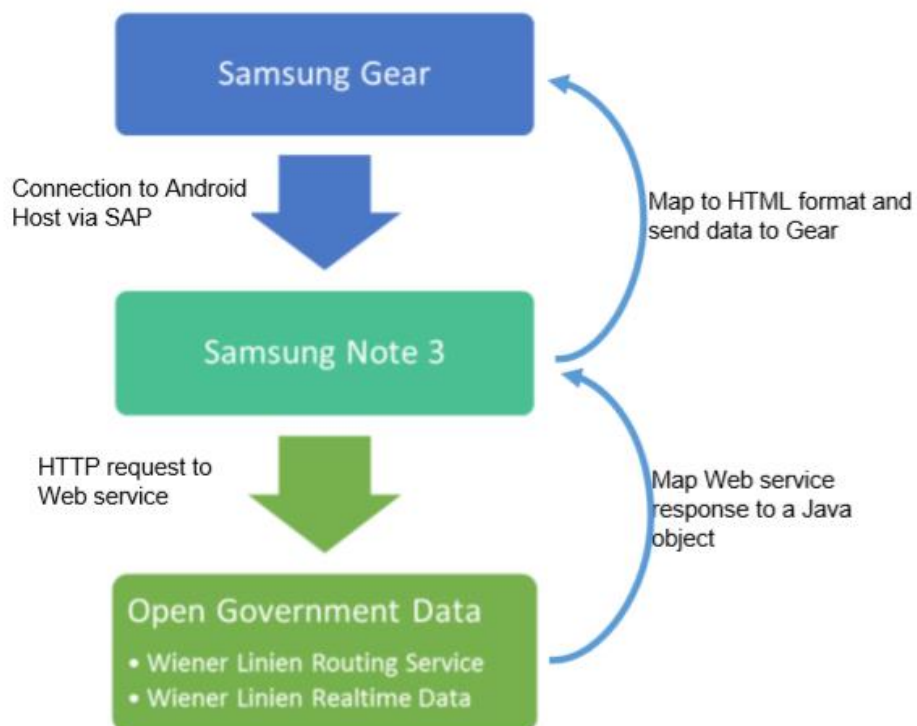
Η διατριβή αυτή δείχνει πώς μπορούμε να συνδέσουμε αυτές τις δύο συσκευές μεταξύ τους και πώς να καλέσουμε δύο Web υπηρεσίες (Routing Service και Realtime Data) από τον Wiener Linien για να λάβουμε δεδομένα πραγματικού χρόνου σχετικά με τις δημόσιες μεταφορές. Το smartwatch στέλνει ένα αίτημα στο smartphone το οποίο καλεί αυτές τις δύο Web υπηρεσίες και αυτές με τη σειρά τους επιστρέφουν τα δεδομένα σε JSON μορφή τα οποία μετά μετατρέπονται σε HTML μορφή για να μπορούν να εμφανιστούν στο smartwatch. Οι δύο συσκευές επικοινωνούν μέσω Bluetooth χρησιμοποιώντας το Samsung Accessory Protocol.

Οι δύο Web υπηρεσίες προσφέρονται από την φιλοσοφία του οργανισμού Open Government Data (OGD) και τις πολιτικές του, ο οποίος προάγει τη διαφάνεια, την υπευθυνότητα και τη δημιουργία αξίας καθιστώντας τα κυβερνητικά δεδομένα διαθέσιμα σε όλους. Σε αυτό το έγγραφο αναφέρεται πιο συγκεκριμένα ο Open Government Data Österreich ο οποίος δημιουργήθηκε από την Federal Chancellery και τις πόλεις Vienna, Linz, Salzburg και Graz και έχει σκοπό να παρέχει διάφορα δεδομένα από διαφορετικά αποκεντρωμένα λεξικά δεδομένων και να τα προσφέρει με κεντρικό τρόπο στους ανθρώπους που τους ενδιαφέρουν.

Η Wiener Linien Routing Service είναι μια υπηρεσία που παρέχεται από τον Wiener Linien και προσφέρει το χρονοδιάγραμμα από το σύστημα δημόσιων μεταφορών της Βιέννης. Επίσης, περιλαμβάνει ένα API, ένα csv αρχείο που περιγράφει τους σταθμούς, ένα csv αρχείο για τις γραμμές μεταφοράς και ένα csv αρχείο για τις πλατφόρμες. Το API μπορεί να ανακτηθεί με ένα απλό HTTP αίτημα χρησιμοποιώντας το ακόλουθο URL: http://www.wienerlinien.at/ogd_routing/XML_TRIP_REQUEST2?language=de

Η Wiener Linien Realtime Data είναι μια υπηρεσία από τον Wiener Linien που παρέχει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ώρες αναχώρησης, διαταραχές και ειδήσεις από τον Wiener Linien και τα οχήματα δημόσιας μεταφοράς. Το API αυτής της υπηρεσίας μπορεί να ανακτηθεί με ένα απλό HTTP αίτημα χρησιμοποιώντας το ακόλουθο URL: http://www.wienerlinien.at/ogd_realtime/

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την διαδικασία που αναφέρθηκε προηγουμένως.



Σχήμα 2.1 – Διαδικασία συστήματος [3]

Κεφάλαιο 3

Υπόβαθρο

3.1 Λειτουργικό σύστημα Android	8
3.2 Λειτουργικό σύστημα Tizen	9
3.3 Επικοινωνία μέσω του Samsung Accessory	10
3.3.1 Εισαγωγή	10
3.3.2 Γλωσσάριο	10
3.3.3 Samsung Smart και Accessory συσκευές	12
3.3.4 Accessory SDK	14
3.3.5 Αρχιτεκτονική	15
3.4 Αισθητήρες wearable συσκευής	19
3.4.1 Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)	19
3.4.2 Αισθητήρας βαρύτητας (Gravity Sensor)	21
3.4.3 Γυροσκόπιο (Gyroscope)	23
3.4.4 Αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Monitor Sensor)	24
3.4.5 Αισθητήρας φωτεινότητας (Light Sensor)	24
3.4.6 Αισθητήρας πίεσης (Pressure Sensor)	25

3.1 Λειτουργικό σύστημα Android

Το Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα για συσκευές κινητής τηλεφωνίας το οποίο αναπτύχθηκε από την Google και είναι βασισμένο σε μια τροποποιημένη έκδοση του πυρήνα του λειτουργικού συστήματος Linux αλλά και σε άλλα λογισμικά ανοιχτού κώδικα. Επιτρέπει στους κατασκευαστές Android λογισμικού να συνθέτουν κώδικα με την χρήση της γλώσσας προγραμματισμού Java.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ιστορικό εκδόσεων του Android.

Code name	Version number	Initial release date	API level
-	1.0	September 23, 2008	1
Petit Four	1.1	February 9, 2009	2
Cupcake	1.5	April 27, 2009	3
Donut	1.6	September 15, 2009	4
Éclair	2.0 - 2.1	October 26, 2009	5-7
Froyo	2.2 - 2.2.3	May 20, 2010	8
Gingerbread	2.3 - 2.3.7	December 6, 2010	9-10
Honeycomb	3.0 - 3.2.6	February 22, 2011	11-13
Ice Cream Sandwich	4.0 - 4.0.4	October 18, 2011	14-15
Jelly Bean	4.1 - 4.3.1	July 9, 2012	16-18
KitKat	4.4 - 4.4.4	October 31, 2013	19-20
Lollipop	5.0 - 5.1.1	November 12, 2014	21-22
Marshmallow	6.0 - 6.0.1	October 5, 2015	23
Nougat	7.0 - 7.1.2	August 22, 2016	24-25
Oreo	8.0 - 8.1	August 21, 2017	26-27
Android P	9	May 8, 2018 (beta)	28

Πίνακας 3.1 – Ιστορικό εκδόσεων του Android [5]

3.2 Λειτουργικό σύστημα Tizen

Το Tizen είναι ένα λειτουργικό σύστημα για συσκευές κινητής τηλεφωνίας που αναπτύχθηκε από τη Samsung και τρέχει σε ένα ευρύ φάσμα Samsung συσκευών, συμπεριλαμβανομένων των smartphones, tablets, in-vehicle infotainment (IVI) συσκευών, smart τηλεοράσεις, smart κάμερες, smartwatches, Blu-ray players και smart home appliances.

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται το ιστορικό εκδόσεων του Tizen.

Version number	Release date
Tizen 1.0	April 30, 2012
Tizen 2.0	February 18, 2013
Tizen 3.0	May 20, 2017

Πίνακας 3.2 – Ιστορικό εκδόσεων του Tizen [6]

3.3 Επικοινωνία μέσω του Samsung Accessory

3.3.1 Εισαγωγή

Καθώς οι δύο εφαρμογές είναι υλοποιημένες σε δύο διαφορετικά λειτουργικά συστήματα, Android και Tizen, η επικοινωνία μεταξύ τους είναι εφικτή μέσω του Samsung Accessory. Αυτό είναι ένα framework το οποίο μας επιτρέπει να αναπτύξουμε εφαρμογές σε Samsung Smart συσκευές και σε Accessory συσκευές, καθώς και να τις συνδέσουμε μεταξύ τους χωρίς την ύπαρξη ανησυχίας για προβλήματα συνδεσιμότητας ή για πρωτόκολλα δικτύου. Πιο κάτω δίνεται ένα γλωσσάριο με τους πιο σημαντικούς όρους του Samsung Accessory για περαιτέρω κατανόηση. Επίσης, παρουσιάζεται ο ορισμός των Samsung Smart και Accessory συσκευών, του Android SDK και η περιγραφή της αρχιτεκτονικής του.

3.3.2 Γλωσσάριο [7]

Accessory Service Profile: Ορίζει τους ρόλους του Service Provider και του Service Consumer. Καθορίζει τις μορφές για τα μηνύματα πρωτοκόλλου σε επίπεδο εφαρμογής και για τις ακολουθίες μηνυμάτων μεταξύ των Service Consumers και Service Providers. Ορίζει επίσης τις ακολουθίες μηνυμάτων μεταξύ ενός notification Service Consumer και ενός notification Service Provider. Για παράδειγμα, το Notification Accessory Service Profile ορίζει τα JSON σχήματα για τα μηνύματα που χρησιμοποιήθηκαν για την αποστολή και λήψη ειδοποιήσεων μεταξύ Samsung Smart συσκευών και συμβατών Accessory συσκευών.

Service Provider: Είναι μία εφαρμογή με καθορισμένο ρόλο στη σχετική προδιαγραφή του Accessory Service Profile. Αποδέχεται τα εισερχόμενα Service Connections από τους Service Consumers και εκκινεί τα εξερχόμενα Service Connections προς τους Service Consumers. Εγγράφεται στο Samsung Accessory Service Framework για να διαφημίσει τις υπηρεσίες του στους Service Consumers που είναι συνδεδεμένοι σε Accessory συσκευές. Για παράδειγμα, ένας notification Service Provider που είναι υλοποιημένος σε μια Smart συσκευή παρέχει ειδοποιήσεις από αυτή τη συσκευή σε ενδιαφερόμενους Service Consumers που είναι συνδεδεμένοι σε Accessory συσκευές.

Service Consumer: Είναι μία εφαρμογή με καθορισμένο ρόλο στη σχετική προδιαγραφή του Accessory Service Profile. Ανακαλύπτει έναν Service Provider χρησιμοποιώντας το Capability Exchange Protocol, εκκινεί τα εξερχόμενα Service Connections με τον αντίστοιχο Service Provider και αποδέχεται τις αιτήσεις για Service Connection από τους Service Providers. Χρησιμοποιεί τις πληροφορίες ή την υπηρεσία που παρέχει ο αντίστοιχος Service Provider και πρέπει να εγγραφεί στο Samsung Accessory Service Framework. Για παράδειγμα, ένας notification Service Consumer που είναι υλοποιημένος σε μια Accessory συσκευή λαμβάνει πληροφορίες για ειδοποιήσεις από τον notification Service Provider που είναι συνδεδεμένος σε Smart συσκευή.

Accessory Peer Agent: Αποτελεί την κύρια διασύνδεση μεταξύ του Samsung Accessory Service Framework και της εφαρμογής που υλοποιεί έναν Service Provider ή έναν Service Consumer. Το Samsung Accessory Service Framework βλέπει τόσο τους Service Providers όσο και τους Service Consumers ως Accessory Peer Agents.

Service Connection: Αντιπροσωπεύει το διάλογο μεταξύ ενός Service Consumer και ενός Service Provider. Περιλαμβάνει ένα ή περισσότερα Service Channels για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ ενός Service Consumer και ενός Service Provider.

Service Channel: Είναι ένα λογικό κανάλι δεδομένων μεταξύ ενός Service Consumer και ενός Service Provider. Ο αριθμός αναγνώρισης του καναλιού, ο ρυθμός δεδομένων, η προτεραιότητα και ο τύπος παράδοσης διακρίνουν τα Service Channels μεταξύ τους. Ενώ ένα Service Connection είναι ένας δρόμος πολλαπλών λωρίδων μεταξύ ενός

Service Consumer και ενός Service Provider, το Service Channel είναι μια ξεχωριστή λωρίδα αυτού του δρόμου.

Accessory Message: Παρέχεται για να στέλνεται ή να λαμβάνεται ένα μήνυμα χωρίς να δημιουργείται ένα Service Connection μεταξύ ενός Service Provider και ενός Service Consumer. Τόσο ο Service Provider όσο και ο Service Consumer δεν χρειάζεται να ανησυχούν για το Service Connection και για το Service Channel. Πρέπει απλώς να στείλουν ένα μήνυμα στον επιθυμητό Accessory Peer Agent.

3.3.3 Samsung Smart και Accessory συσκευές

Το Accessory οικοσύστημα αποτελείται από μία ή περισσότερες Samsung Smart συσκευές και Accessory συσκευές που χρησιμοποιούν το Accessory SDK και υποστηρίζουν το Samsung Accessory Protocol. Οι συσκευές αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Samsung Smart συσκευές:
 - Samsung smart phone και tablet συσκευές
 - Μεταγενέστερες κυκλοφορίες ενδέχεται να περιλαμβάνουν κι άλλες συσκευές όπως Samsung Smart TVs, κάμερες και laptops.

Οι συμβατές Samsung Smart συσκευές υποστηρίζουν το Samsung Accessory Protocol και συνήθως περιλαμβάνουν ενσωματωμένη υποστήριξη για δημοφιλή Accessory Service Profiles.

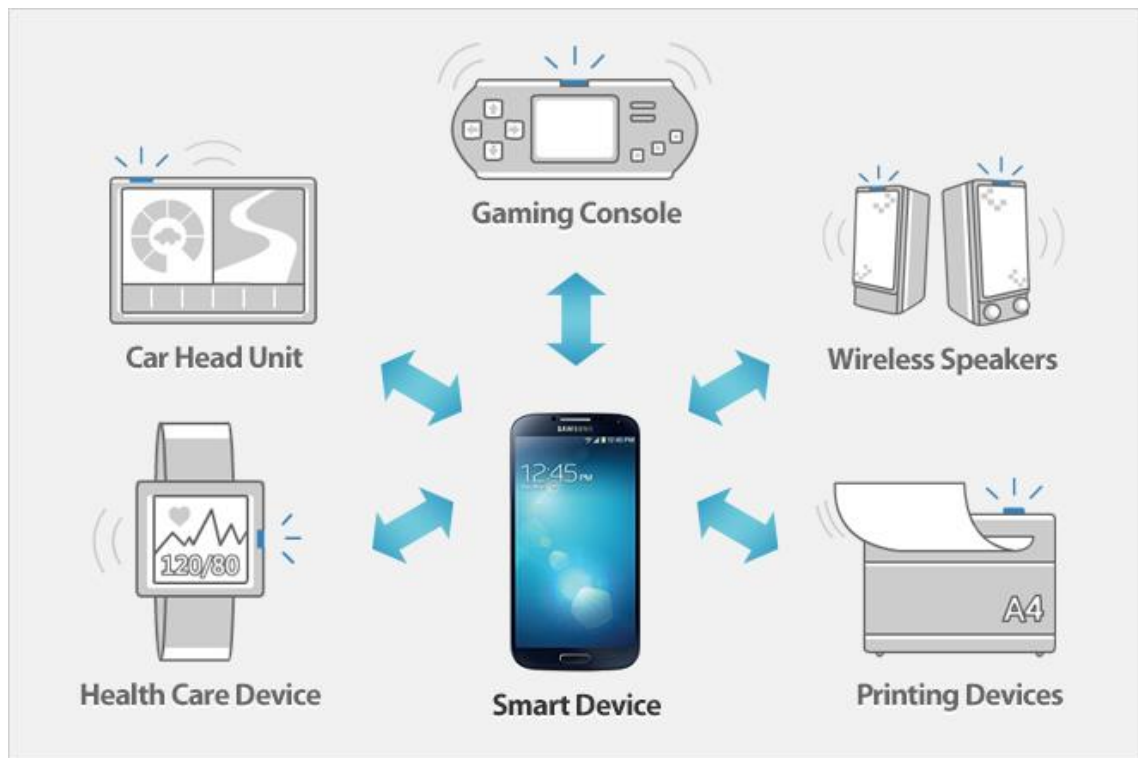
- Accessory συσκευές:
 - Βοηθητικές συσκευές που συνδέονται με Samsung Smart συσκευές.
- Οι συμβατές Accessory συσκευές υποστηρίζουν το Samsung Accessory Protocol και μπορούν να αλληλεπιδρούν με τις συμβατές Samsung Smart συσκευές χρησιμοποιώντας ένα εύρος επιλογών συνδεσιμότητας.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει μερικές από τις διάφορες συσκευές που ανήκουν στο Accessory οικοσύστημα.



Εικόνα 3.1 – Accessory οικοσύστημα [7]

Το παρακάτω σχήμα δείχνει μια Samsung Smart συσκευή μαζί με διάφορα Accessories.



Σχήμα 3.1 – Samsung Smart συσκευή και Accessories [7]

Οι Samsung Smart συσκευές μπορούν να υποστηρίξουν μία ή περισσότερες Accessory υπηρεσίες χρησιμοποιώντας μία εφαρμογή διαχειριστή μαζί με το Samsung Accessory Service Framework, όπως τον Samsung GEAR Manager. Οι Samsung Smart συσκευές και οι Accessory συσκευές που περιγράφονται πιο πάνω είναι ήδη εξοπλισμένες με το Samsung Accessory Service Framework, το οποίο υποστηρίζει διάφορες Accessory υπηρεσίες καθώς και την ανακάλυψη αυτών των υπηρεσιών. Οι Accessory συσκευές

χρησιμοποιούν το framework αυτό για να συνεργάζονται με τις Samsung Smart συσκευές και να ανταλλάσσουν δεδομένα μέσω διαφόρων καναλιών σύνδεσης.

3.3.4 Accessory SDK

Με το Accessory SDK μπορούμε να ορίσουμε μία νέα υπηρεσία ανάμεσα σε μία Accessory και μία Smart συσκευή που θα επιτρέπει την χρήση των διάφορων λειτουργιών που παρέχει η Smart συσκευή, από την Accessory συσκευή. Η υπηρεσία αυτή θα είναι συμβατή με διάφορα περιβάλλοντα συνδεσιμότητας, γεγονός που καθιστά την ανάπτυξη μέσω του Accessory SDK αποτελεσματική και βολική.

Το Accessory SDK παρέχει ένα ενιαίο πρωτόκολλο που υποστηρίζει πολλαπλές τεχνολογίες συνδεσιμότητας, όπως Wi-Fi, Bluetooth classic και Bluetooth Low Energy (BLE).

Το Accessory SDK μπορεί να χρησιμοποιηθεί για:

1. Διαφήμιση και ανακάλυψη Accessory υπηρεσιών.
2. Εγκαθίδρυση και τερματισμό Service Connections με ένα ή περισσότερα λογικά Service Channels.
3. Υποστήριξη Service Connections χρησιμοποιώντας ένα εύρος επιλογών συνδεσιμότητας.
4. Ρύθμιση Accessory Service Profiles και ρόλων για τους Accessory Peer Agents.
5. Υποστήριξη Accessory μηνυμάτων.

Μερικά παραδείγματα χρήσης του Accessory SDK είναι για να ελέγχουμε την Smart συσκευή από απόσταση, να στέλνουμε και να λαμβάνουμε αρχεία, να παρέχουμε ειδοποιήσεις ή συναγερμούς, και να βρίσκουμε την Smart συσκευή.

Το Accessory SDK έχει τους ακόλουθους περιορισμούς:

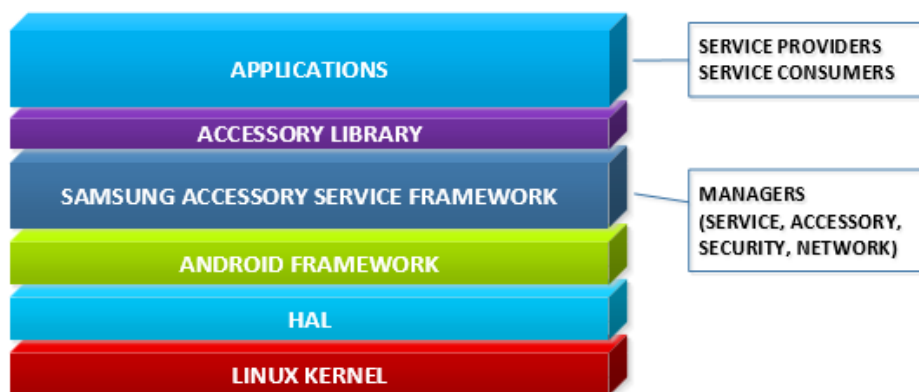
1. Υποστηρίζει μόνο τα Galaxy Gear (από την έκδοση Ιανουαρίου 2014), Gear 2, Gear 2 Neo, Gear S, Gear S2 και Gear S3.

2. Τόσο οι Samsung Smart όσο και οι Accessory συσκευές πρέπει να έχουν εγκατεστημένο το Samsung Accessory Service Framework.
3. Συσκευές με Android 4.3 (API 18) και πάνω υποστηρίζουν το Accessory SDK.

3.3.5 Αρχιτεκτονική

Οι εφαρμογές που υλοποιούνται μέσω των Service Providers και των Service Consumers βρίσκονται στο πιο ψηλό επίπεδο της αρχιτεκτονικής του Accessory. Πιο κάτω βρίσκεται το Accessory API το οποίο επικοινωνεί με το Samsung Accessory Service Framework το οποίο ορίζει τον διαχειριστές των διάφορων υπηρεσιών, του Accessory, της ασφάλειας και του δικτύου. Το Samsung Accessory Service Framework είναι χτισμένο πάνω από το Android Framework, δηλαδή τις Android στοίβες των μεθόδων συνδεσιμότητας, όπως Wi-Fi και Bluetooth. Ακολουθεί το Hardware Abstraction Layer (HAL) το οποίο χρησιμοποιεί τις λειτουργίες που παρέχονται από το πιο χαμηλό επίπεδο του Linux λειτουργικού συστήματος, δηλαδή από τον πυρήνα, για να εξυπηρετήσει κάποιο αίτημα από το Android Framework.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την αρχιτεκτονική του Accessory.



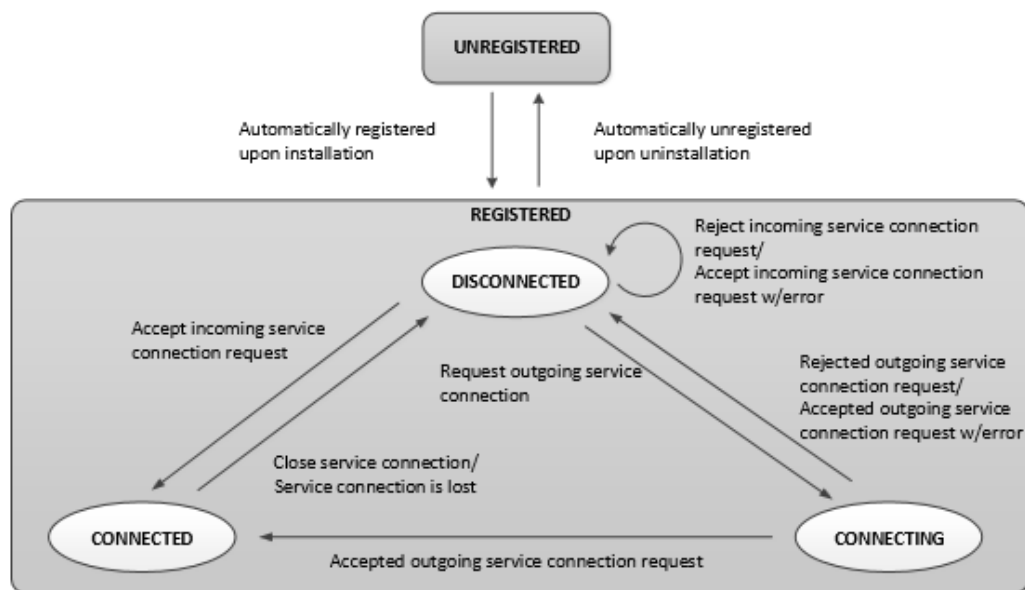
Σχήμα 3.2 – Accessory αρχιτεκτονική [7]

Οι Accessory Peer Agents, δηλαδή οι Service Providers και οι Service Consumers χειρίζονται ταυτόχρονες περιπτώσεις. Δηλαδή, ένας Service Provider μπορεί να δεχτεί εισερχόμενα Service Connections από πολλούς Service Consumers με το ίδιο Accessory Service Profile. Το ίδιο συμβαίνει και αντίθετα με έναν Service Consumer και πολλούς Service Providers. Κάθε αποδεκτό αίτημα για Service Connection έχει ως

αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός SASocket αντικειμένου το οποίο αντιπροσωπεύει τον διάλογο μεταξύ των Accessory Peer Agents. Το Samsung Accessory Service Framework δημιουργεί ένα ή περισσότερα Service Channels με παραμέτρους που ορίζει το Accessory Service Profile. Το SASocket αντικείμενο ενσωματώνει αυτά τα Service Channels.

Εάν υπάρχουν περισσότεροι από έναν απομακρυσμένοι Accessory Peer Agents, ο Accessory Peer Agent μπορεί να βρίσκεται σε διάφορες καταστάσεις με διαφορετικούς απομακρυσμένους Accessory Peer Agents. Για παράδειγμα, ορισμένοι απομακρυσμένοι Accessory Peer Agents μπορεί να βρίσκονται στην κατάσταση “CONNECTED”, ενώ άλλοι μπορεί να βρίσκονται στην κατάσταση “DISCONNECTED”.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει το state machine ενός Accessory Peer Agent με έναν απομακρυσμένο Accessory Peer Agent.

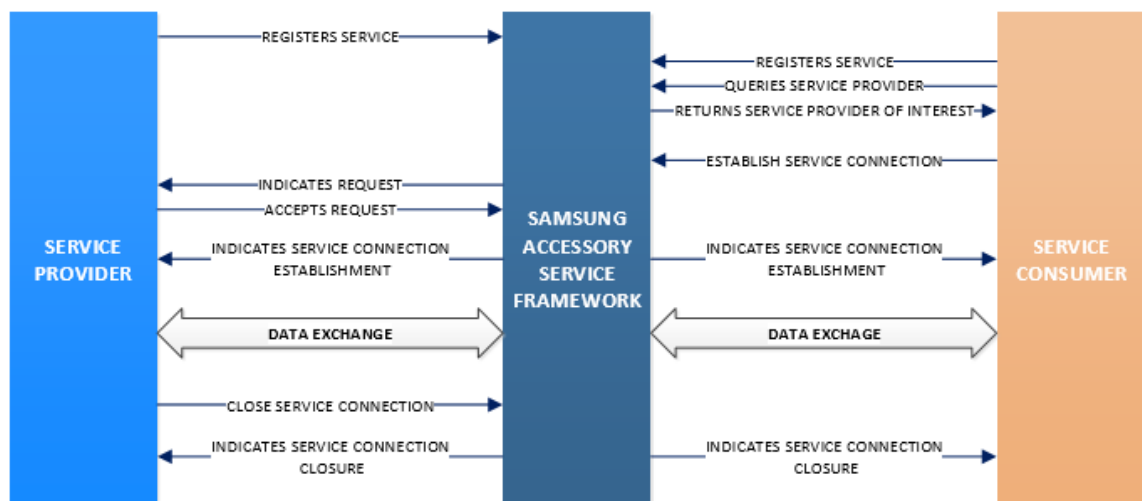


Σχήμα 3.3 – State Machine του Accessory Peer Agent [7]

Το σχήμα απεικονίζει τις ακόλουθες καταστάσεις:

- Μια Service Provider ή Service Consumer εφαρμογή εγγράφεται αυτόματα στο Samsung Accessory Service Framework κατά την εγκατάσταση και εισέρχεται στην κατάσταση “REGISTERED”. Ομοίως, η εφαρμογή καταργεί αυτόματα την εγγραφή κατά την απεγκατάσταση και μεταβαίνει στην κατάσταση “UNREGISTERED”.
- Ο Accessory Peer Agent εισέρχεται σε κατάσταση “CONNECTING” όταν εκκινεί ένα εξερχόμενο Service Connection μαζί με έναν αντίστοιχο απομακρυσμένο Accessory Peer Agent με το ίδιο Accessory Service Profile και μια συμπληρωματική σχέση Provider/Consumer.
- Το Samsung Accessory Service Framework δημιουργεί ένα Service Connection εάν ένας απομακρυσμένος Accessory Peer Agent δεκτεί μία αίτηση για Service Connection. Ο Accessory Peer Agent εισέρχεται στην κατάσταση “CONNECTED” όταν γίνει με επιτυχία. Εάν ο απομακρυσμένος Accessory Peer Agent απορρίψει μία αίτηση για Service Connection ή εάν υπάρχει αποτυχία, ο Accessory Peer Agent επιστρέφει στην κατάσταση “DISCONNECTED”.
- Όταν ληφθεί ένα αίτημα για Service Connection από έναν απομακρυσμένο Accessory Peer Agent, η Service Provider ή η Service Consumer εφαρμογή ειδοποιείται και δέχεται ή απορρίπτει το εισερχόμενο Service Connection αίτημα. Εάν η εφαρμογή αποδεχτεί το αίτημα και το Service Connection δημιουργηθεί με επιτυχία, ο Accessory Peer Agent εισέρχεται στην κατάσταση “CONNECTED”. Διαφορετικά, παραμένει στην κατάσταση “REGISTERED”.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει τη ροή ακολουθίας του Accessory Peer Agent.



Σχήμα 3.4 – Ροή ακολουθίας του Accessory Peer Agent [7]

Οι Service Provider και Service Consumer εφαρμογές καταχωρούν τις υπηρεσίες τους με τη βοήθεια του Samsung Accessory Service Framework, το οποίο τις διαφημίζει και τις ανταλλάσσει. Ο Service Consumer αναζητά τους Service Providers που τον ενδιαφέρουν και ρωτά το Samsung Accessory Service Framework, το οποίο με τη σειρά του επιστρέφει υπηρεσίες που προσφέρονται από τις συνδεδεμένες Accessory συσκευές. Ο Service Consumer επιχειρεί να δημιουργήσει ένα Service Connection με τον Service Provider. Ο Service Provider μπορεί επίσης να δημιουργήσει Service Connections με Service Consumers. Ο Service Provider αποφασίζει αν θα αποδεχθεί ή απορρίψει το Service Connection αίτημα. Εάν ο Service Provider επιχειρήσει να δημιουργήσει μια σύνδεση, ο Service Consumer αποφασίζει αν θα αποδεχθεί ή απορρίψει το Service Connection αίτημα. Το Service Connection δημιουργείται μόλις δημιουργηθούν όλα τα Service Channels που ορίζονται από το σχετικό Accessory Service Profile. Οι Service Consumer και Service Provider χρησιμοποιούν το καθιερωμένο Service Connection για να διαβάζουν και να γράφουν δεδομένα σύμφωνα με τη σχετική προδιαγραφή του Accessory Service Profile για τα Service Channels.

3.4 Αισθητήρες wearable συσκευής [8]

Το smartwatch παρέχει τους ακόλουθους έξι αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για τα πειράματα που έγιναν για τον σκοπό αυτής της διατριβής.

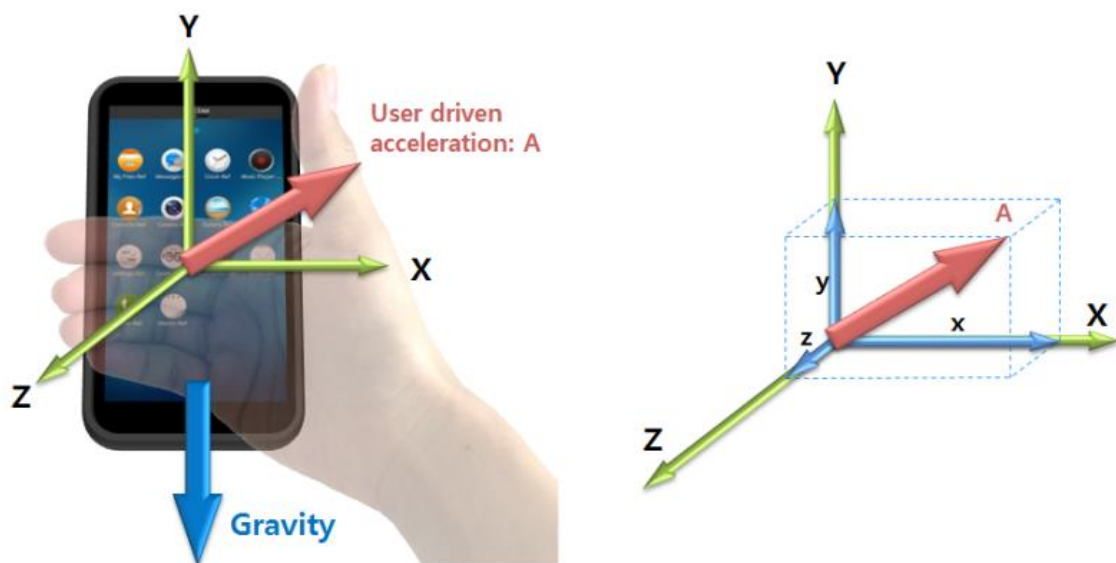
3.4.1 Επιταχυνσιόμετρο (Accelerometer)

Το επιταχυνσιόμετρο μετράει αλλαγές στην ταχύτητα της συσκευής και συνδυάζει την βαρύτητα με την γραμμική επιτάχυνση. Μετράει το διάνυσμα σε τρεις άξονες (X, Y, Z) σε σχέση με την τοποθεσία της συσκευής.

Μια επιτάχυνση 1g υπάρχει πάντα στον άξονα ευθυγραμμισμένη με τη βαρύτητα της Γης. Εάν η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας, τα δεδομένα του αισθητήρα διαβάζουν 1g (τη μετατόπιση της βαρύτητας) σε έναν από τους άξονες της συσκευής και ενημερώνουν για το ποιος άξονας της συσκευής είναι ευθυγραμμισμένος με την κατεύθυνση της βαρύτητας. Όταν η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση πτώσης και φτάσει στην τελική της ταχύτητα δείχνει ιδανικά την τιμή μηδέν του επιταχυνσιόμετρου σε όλους τους άξονες. Η αλλαγή στην επίδραση της βαρύτητας της Γης παρατηρείται στους τρεις άξονες της συσκευής περιστρέφοντας τη συσκευή κατά μήκος οποιουδήποτε από τους τρεις άξονες.

Τα στοιχεία γραμμικής επιτάχυνσης που αντιστοιχούν στη μέτρηση της γραμμικής κίνησης που υποβλήθηκε στη συσκευή μπορούν να ληφθούν αφαιρώντας τα στοιχεία βαρύτητας από τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου.

Το επιταχυνσιόμετρο παρέχει τρία στοιχεία επιτάχυνσης (X, Y και Z), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.5 – Διάνυσμα του επιταχυνσιόμετρου και άξονες [8]

Το επιταχυνσιόμετρο εξάγει τέσσερις τιμές: τρεις τιμές Καρτεσιανού άξονα και μία χρονική σήμανση. Ο αισθητήρας μετράει και επιστρέφει τις τιμές των αξόνων σε "m/s²" (μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο) και την τιμή της χρονικής σήμανσης σε "μs" (microseconds). Όταν η συσκευή μετακινείται στην κατεύθυνση $\pm X$, $\pm Y$ ή $\pm Z$, η αντίστοιχη τιμή αυξάνεται (+) ή μειώνεται (-).

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει ο αισθητήρας.

Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: X	float	Min. value = -19.6 Max. value = 19.6	m/s ²
values[1]: Y	float	Min. value = -19.6 Max. value = 19.6	m/s ²
values[2]: Z	float	Min. value = -19.6 Max. value = 19.6	m/s ²

Πίνακας 3.3 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από το επιταχυνσιόμετρο [8]

Ο επόμενος πίνακας παρέχει πληροφορίες σχετικά με την τιμή του επιταχυνσιόμετρου όταν η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας.

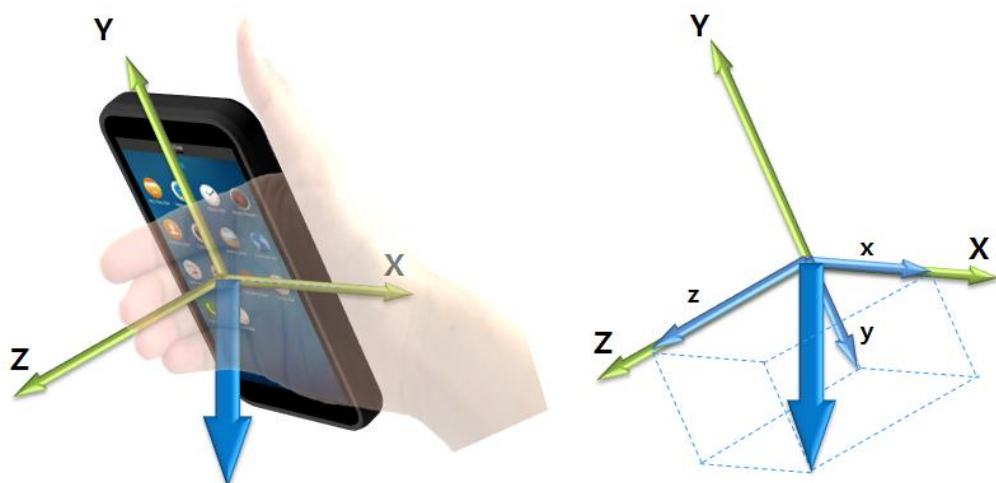
Position	1	2	3	4	5	6
Diagram						
values[0]: X	0g	1g	0g	-1g	0g	0g
values[1]: Y	1g	0g	-1g	0g	0g	0g
values[2]: Z	0g	0g	0g	0g	1g	-1g
Axis up (down)	Y	X	-Y	-X	Z	-Z
X-polarity	0	+	0	-	0	0
Y-polarity	+	0	-	0	0	0
Z-polarity	0	0	0	0	+	-

Πίνακας 3.4 – Τιμή επιταχυνσιόμετρου όταν η συσκευή βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας [8]

3.4.2 Αισθητήρας βαρύτητας (Gravity Sensor)

Ο αισθητήρας βαρύτητας είναι ένας εικονικός αισθητήρας που προέρχεται από το επιταχυνσιόμετρο τριών αξόνων. Οι τιμές βαρύτητας τριών αξόνων παρέχουν μία μέτρηση της επίδρασης της βαρύτητας της Γης που παρατηρείται στους άξονες αναφοράς της συσκευής. Αυτές οι τιμές ποικίλλουν με βάση τις αλλαγές στον προσανατολισμό της συσκευής και ως εκ τούτου παρέχουν μία μέτρηση της περιστροφής στην οποία υποβάλλεται η συσκευή.

Ο αισθητήρας βαρύτητας παρέχει τρία στοιχεία βαρύτητας (X, Y και Z), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.6 – Διάνυσμα του αισθητήρα βαρύτητας και άξονες [8]

Ο αισθητήρας βαρύτητας εξάγει τέσσερις τιμές: τρεις τιμές Καρτεσιανού άξονα και μία χρονική σήμανση. Μετράει και επιστρέφει τις τιμές των αξόνων σε " m/s^2 " (μέτρα ανά δευτερόλεπτο στο τετράγωνο) και την τιμή της χρονικής σήμανσης σε " μs " (microseconds). Όταν η συσκευή περιστρέφεται στην κατεύθυνση $\pm X$, $\pm Y$ ή $\pm Z$, η αντίστοιχη τιμή αυξάνεται (+) ή μειώνεται (-).

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει ο αισθητήρας βαρύτητας.

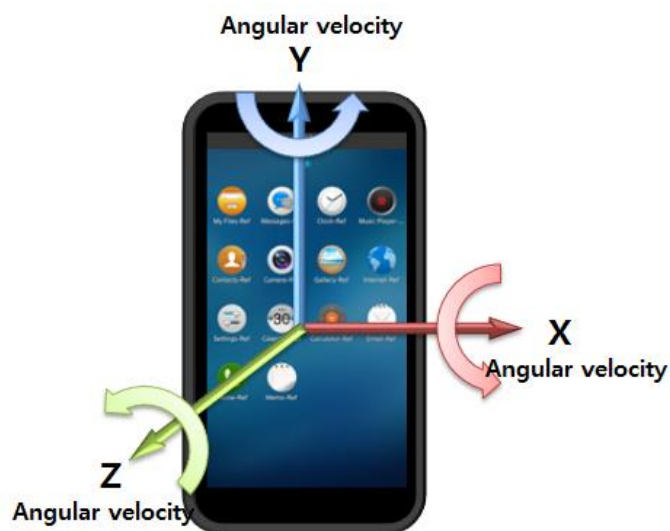
Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: X	float	Min. value = -9.8 Max. value = 9.8	m/s^2
values[1]: Y	float	Min. value = -9.8 Max. value = 9.8	m/s^2
values[2]: Z	float	Min. value = -9.8 Max. value = 9.8	m/s^2

Πίνακας 3.5 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα βαρύτητας [8]

3.4.3 Γυροσκόπιο (Gyroscope)

Το γυροσκόπιο ανιχνεύει τη γωνιακή ταχύτητα ή τους γωνιακούς ρυθμούς της συσκευής. Τα 3D δεδομένα του γυροσκοπίου θεωρούνται πολύ ευαίσθητα στην ανίχνευση γωνιών αυξανόμενης περιστροφής. Οι γωνίες περιστροφής που λαμβάνονται με την ενσωμάτωση των γωνιακών ρυθμών σε μεγαλύτερη διάρκεια είναι ανακριβείς λόγω της συσσώρευσης της μετατόπισης.

Το γυροσκόπιο παρέχει τρία στοιχεία γωνιακής ταχύτητας (X, Y και Z), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 3.7 - Διάνυσμα του γυροσκοπίου και άξονες [8]

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει το γυροσκόπιο.

Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: X	float	Min. value = -573.0 Max. value = 573.0	Degrees/s (°/s)
values[1]: Y	float	Min. value = -573.0 Max. value = 573.0	Degrees/s (°/s)
values[2]: Z	float	Min. value = -573.0 Max. value = 573.0	Degrees/s (°/s)

Πίνακας 3.6 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από το γυροσκόπιο [8]

3.4.4 Αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού (Heart Rate Monitor Sensor)

Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού μετρά τον καρδιακό παλμό ενός ατόμου σε πραγματικό χρόνο.

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού.

Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: Beats per minute	int	Min. value = 0 Max. value = 240	-

Πίνακας 3.7 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού [8]

3.4.5 Αισθητήρας φωτεινότητας (Light Sensor)

Ο αισθητήρας φωτεινότητας ανιχνεύει τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μέτρηση του επιπέδου φωτεινότητας.

Ως παράδειγμα χρήσης, ο αισθητήρας φωτεινότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο της φωτεινότητας της οθόνης. Σε σκοτεινό περιβάλλον, ο αισθητήρας ανιχνεύει τη φωτεινότητα του περιβάλλοντος και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αυξήσει το επίπεδο φωτεινότητας του πίσω φωτισμού της συσκευής. Σε ένα φωτεινότερο περιβάλλον, μειώνεται το επίπεδο φωτεινότητας του πίσω φωτισμού για εξοικονόμηση ενέργειας της μπαταρίας.

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει ο αισθητήρας φωτεινότητας.

Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: Level	float	Min. value = 0 Max. value = 45875	Lux

Πίνακας 3.8 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα φωτεινότητας [8]

3.4.6 Αισθητήρας πίεσης (Pressure Sensor)

Ο αισθητήρας πίεσης μετρά την ατμοσφαιρική πίεση στο περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται η συσκευή.

Ο παρακάτω πίνακας παραθέτει τα δεδομένα μέτρησης που παρέχει ο αισθητήρας πίεσης.

Measurement	Type	Range	Unit
Timestamp	unsigned long long	-	Microseconds
values[0]: Pressure	Float	Min. value = 260 Max. value = 1260	hPa (hectopascals)

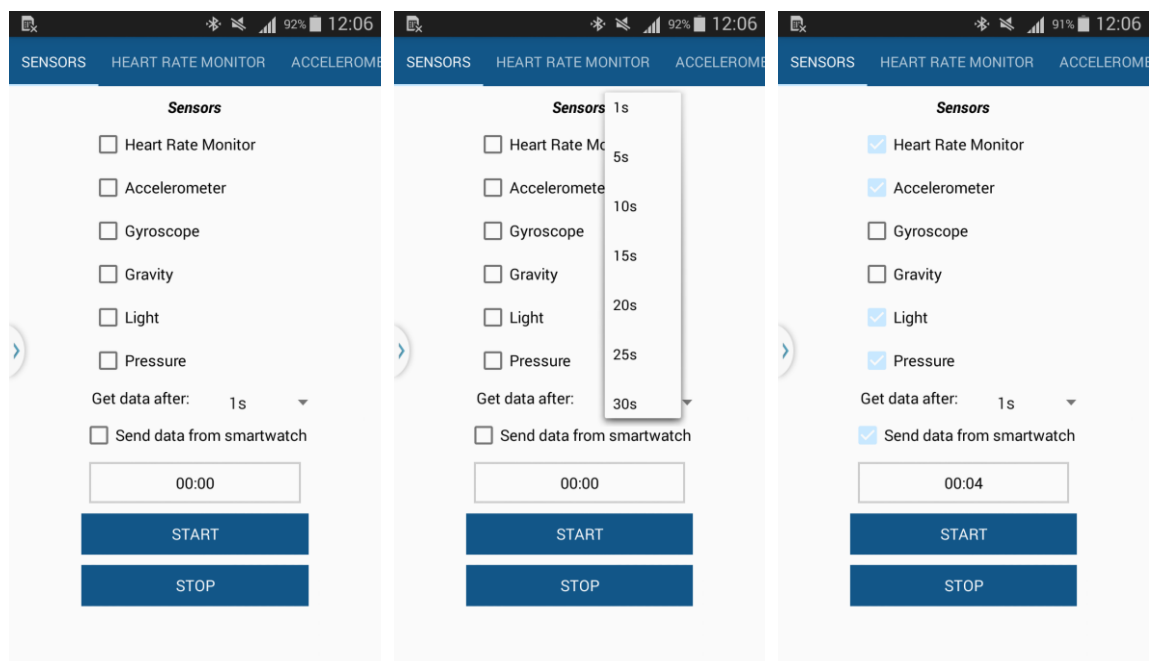
Πίνακας 3.9 – Δεδομένα μέτρησης που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα πίεσης [8]

Κεφάλαιο 4

Σχεδίαση εφαρμογών

4.1 Σχεδίαση οθονών Android εφαρμογής	26
4.2 Σχεδίαση οθονών Tizen εφαρμογής	29

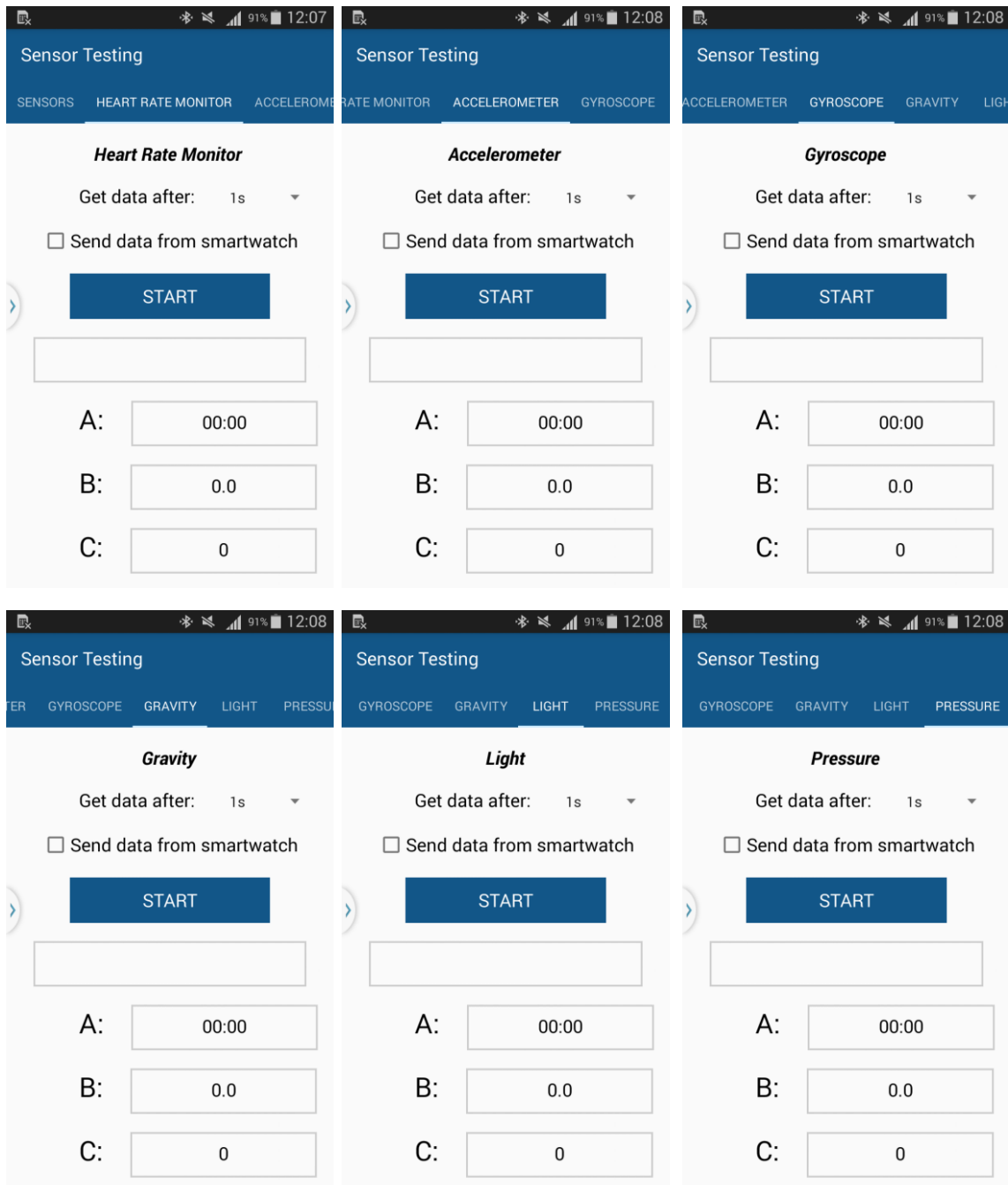
4.1 Σχεδίαση οθονών Android εφαρμογής



Εικόνα 4.1 – Αρχική οθόνη Android εφαρμογής

Στην αρχική οθόνη της Android εφαρμογής υπάρχουν έξι checkboxes, ένα για κάθε αισθητήρα, έτσι ώστε να μπορούμε να επιλέξουμε όποιους αισθητήρες θέλουμε να ενεργοποιήσουμε. Υπάρχει επίσης και ένα επιπλέον checkbox για να μπορέσουμε να επιλέξουμε αν θέλουμε τα δεδομένα των αισθητήρων να στέλνονται από το smartwatch στο smartphone. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια λίστα επιλογής του χρονικού διαστήματος

κατά το οποίο θα παίρνουν δεδομένα οι επιλεγμένοι αισθητήρες και αυτό δίνει τις επιλογές του 1 ή των 5, 10, 15, 20, 25 ή 30 δευτερολέπτων. Στο κάτω μέρος της οθόνης βρίσκεται ένα κουτί στο οποίο φαίνεται ο συνολικός χρόνος από την ώρα που άρχισε το διάβασμα δεδομένων καθώς και δύο κουμπιά, ένα για την έναρξη και ένα για την λήξη του διαβάσματος από τους αισθητήρες.



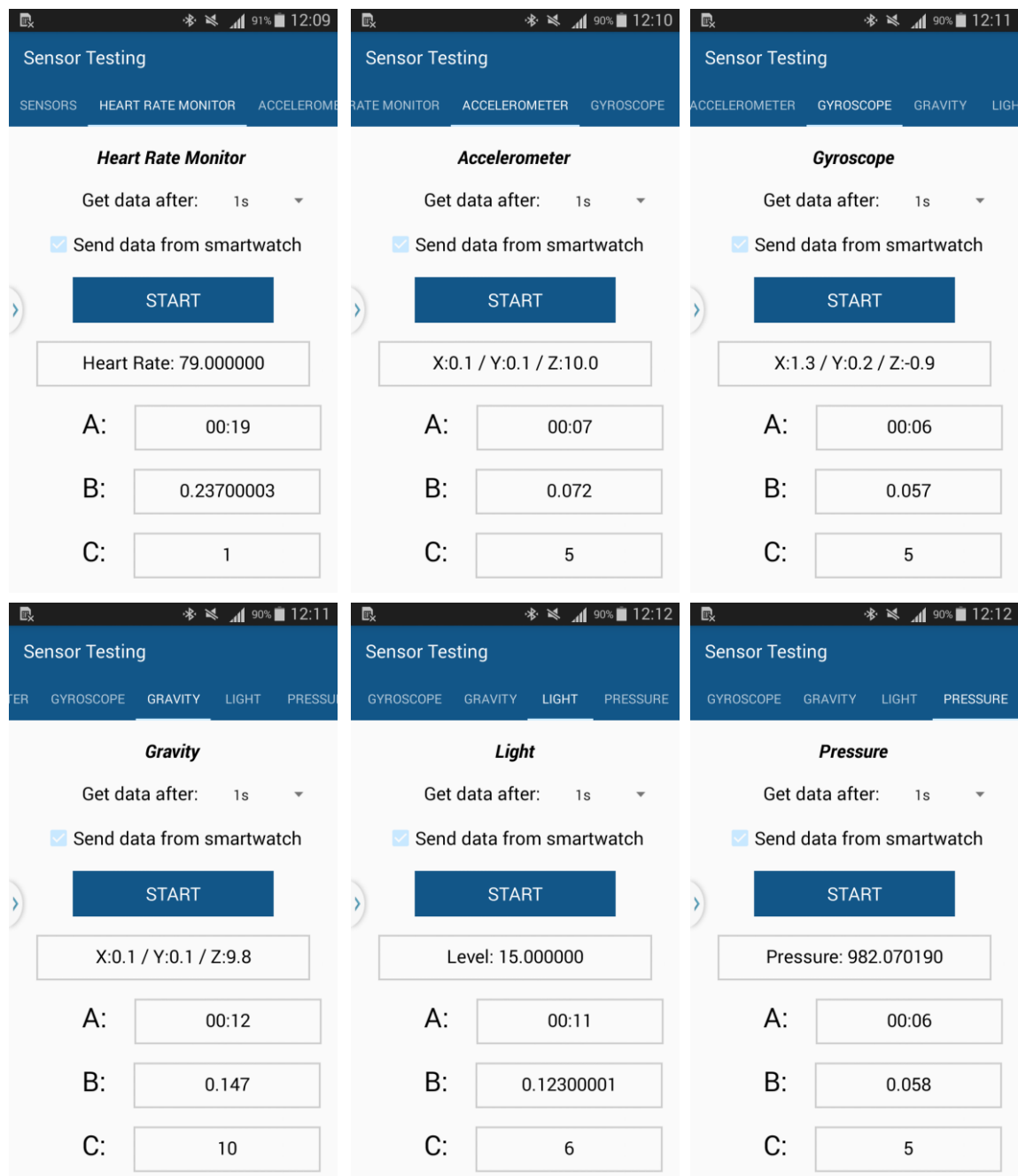
Εικόνα 4.2 – Οθόνες αισθητήρων Android εφαρμογής πριν την ανάκτηση δεδομένων

Η εφαρμογή δίνει ξανά την δυνατότητα επιλογής δευτερολέπτων, επιλογής μεταφοράς δεδομένων ή όχι και εκκίνησης της μέτρησης σε ξεχωριστές οθόνες για τον κάθε αισθητήρα. Στο κουτί που βρίσκεται στη μέση της κάθε οθόνης θα παρουσιάζεται το δεδομένο που επιστρέφει ο αισθητήρας. Οι τιμές A, B και C ορίζονται ως ακολούθως:

A: ο συνολικός χρόνος από την στιγμή που πατήθηκε το κουμπί Start

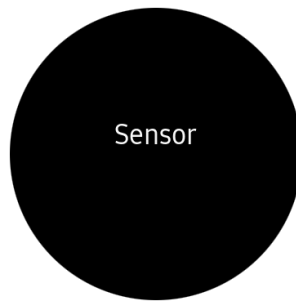
B: ο συνολικός χρόνος που σπαταλάται για να σταλθούν τα δεδομένα μέσω Bluetooth

C: ο αριθμός των ξεχωριστών τιμών που επιστρέφει ο αισθητήρας



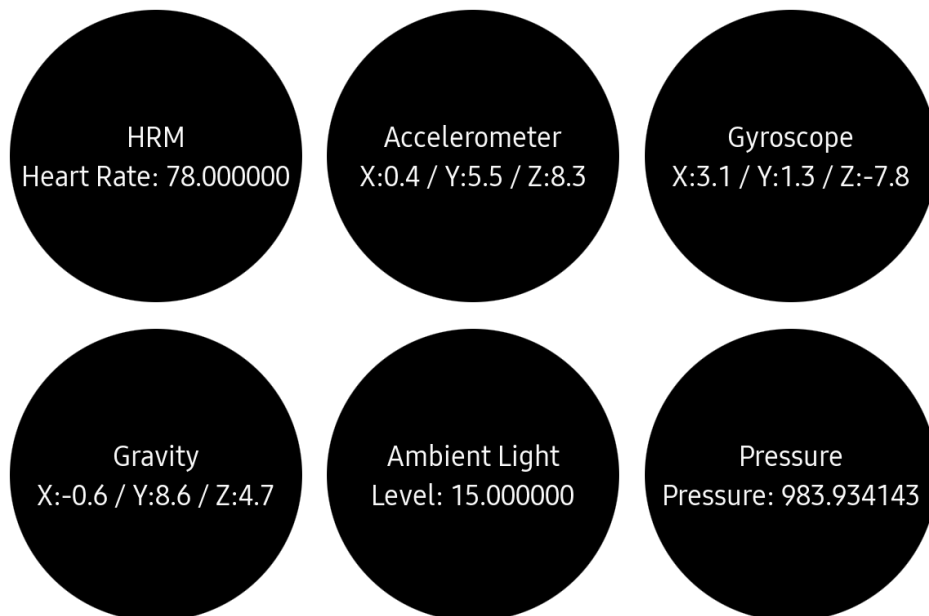
Εικόνα 4.3 – Οθόνες αισθητήρων Android εφαρμογής μετά την ανάκτηση δεδομένων

4.2 Σχεδίαση οθονών Tizen εφαρμογής



Εικόνα 4.4 – Αρχική οθόνη Tizen εφαρμογής

Όταν πατηθεί ένα κουμπί Start για πρώτη φορά από οποιαδήποτε οθόνη της Android εφαρμογής τότε εμφανίζεται ως αρχική οθόνη στο smartwatch η λέξη Sensor.



Εικόνα 4.5 – Οθόνες αισθητήρων Tizen εφαρμογής κατά τη διάρκεια λειτουργίας τους

Όταν πατηθεί και δεύτερη φορά τότε η Tizen εφαρμογή αρχίζει να διαβάζει δεδομένα από τους επιλεγμένους αισθητήρες και τα παρουσιάζει στην οθόνη του smartwatch.

Κεφάλαιο 5

Υλοποίηση εφαρμογών

5.1 Εργαλεία και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν	30
5.2 Λειτουργίες Android εφαρμογής	31
5.3 Λειτουργίες Tizen εφαρμογής	35

5.1 Εργαλεία και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση των εφαρμογών είναι τα ακόλουθα:

Android Studio: Το επίσημο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για το λειτουργικό σύστημα Android της Google, το οποίο είναι βασισμένο στο λογισμικό της JetBrains' IntelliJ IDEA και είναι σχεδιασμένο ειδικά για την ανάπτυξη Android εφαρμογών. Παρέχει τα ταχύτερα εργαλεία για την κατασκευή εφαρμογών για κάθε τύπο Android συσκευής και είναι διαθέσιμο για Windows, Mac OS X και Linux.

Για την περίπτωση της συγκεκριμένης διατριβής το Android Studio χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της εφαρμογής που τρέχει στο smartphone.

Tizen Studio: Το επίσημο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) για το λειτουργικό σύστημα Tizen και βασίζεται σε μια νέα έκδοση του Eclipse. Είναι σχεδιασμένο ειδικά για την ανάπτυξη Tizen εφαρμογών οι οποίες μπορούν να είναι είτε web είτε native. Το web API επιτρέπει τη δημιουργία απλών προγραμμάτων χρησιμοποιώντας HTML5, CSS και JavaScript, ενώ το native API παρέχει το πλεονέκτημα της δημιουργίας λογισμικού για ενσωματωμένα συστήματα χρησιμοποιώντας τη γλώσσα C.

Για την περίπτωση της συγκεκριμένης διατριβής το Tizen Studio χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της native εφαρμογής που τρέχει στο smartwatch.

Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την υλοποίηση των εφαρμογών είναι οι ακόλουθες:

Smartphone: Samsung Galaxy Note II GT-N7100 [9] με τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- **Processor:** 1.6GHz quad-core
- **RAM:** 2GB
- **Operating System:** Android 4.1
- **Storage:** 16GB
- **Battery Capacity:** 3100mAh



Εικόνα 5.1 – Samsung Galaxy Note II GT-N7100

Smartwatch: Samsung Gear S3 classic [10] με τις ακόλουθες προδιαγραφές:

- **Processor:** 1.6GHz dual-core Samsung Exynos
- **RAM:** 768MB
- **Operating System:** Tizen Wearable OS 2.3.2
- **Storage:** 4GB
- **Battery:** 380mAh



Εικόνα 5.2 – Samsung Gear S3 classic

5.2 Λειτουργίες Android εφαρμογής

Το version της εφαρμογής είναι το API 26, Android 8.0 (Oreo) και το ελάχιστο υποστηριζόμενο version είναι το API 16. Επίσης, η εφαρμογή χρειάζεται τις βιβλιοθήκες Samsung Accessory SDK (accessory-v2.5.2.jar) και Samsung SDK (sdk-v1.0.0.jar) για την σωστή λειτουργία της.

Για την χρήση του Samsung Accessory χρειάζονται επίσης τα ακόλουθα permissions τα οποία ορίζονται στο AndroidManifest.xml αρχείο.

```
<uses-permission  
  android:name="com.samsung.android.providers.context.permission.WRITE_USE_APP_FEATURE_SURVEY" />  
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />  
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />  
<uses-permission android:name="com.samsung.accessory.permission.ACCESSORY_FRAMEWORK" />
```

Εικόνα 5.3 – Τα permissions που χρειάζεται η Android εφαρμογή

Η Android εφαρμογή είναι ο Service Consumer του συστήματος και αρχίζει πρώτη την επικοινωνία με την Tizen εφαρμογή αμέσως μόλις είναι εφικτή. Η επικοινωνία γίνεται μέσω Bluetooth διότι η σύνδεση μέσω Wi-Fi είναι διαθέσιμη μόνο σε Tizen emulator με τον οποίο δεν μπορούμε να έχουμε σωστά αποτελέσματα από τους αισθητήρες.

Λειτουργίες αρχικής οθόνης:

- Επιλογή αισθητήρων
- Επιλογή αποστολής ή μη αποστολής των δεδομένων από το smartwatch προς το smartphone
- Επιλογή χρονικού διαστήματος διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες
- Εμφάνιση συνολικού χρόνου από τη στιγμή που αρχίζει το διάβασμα δεδομένων
- Έναρξη διαβάσματος δεδομένων από τους επιλεγμένους αισθητήρες
- Τερματισμός διαβάσματος δεδομένων από τους τρεχούμενους αισθητήρες

Λειτουργίες οθονών αισθητήρων:

- Επιλογή αποστολής ή μη αποστολής των δεδομένων από το smartwatch προς το smartphone (ίδια λειτουργία με της αρχικής οθόνης)
- Επιλογή χρονικού διαστήματος διαβάσματος δεδομένων από τον συγκεκριμένο αισθητήρα (ίδια λειτουργία με της αρχικής οθόνης)
- Έναρξη διαβάσματος δεδομένων από τον συγκεκριμένο αισθητήρα (ίδια λειτουργία με της αρχικής οθόνης)
- Εμφάνιση δεδομένων που επιστρέφει ο αισθητήρας
- Εμφάνιση του συνολικού χρόνου από τη στιγμή που άρχισε το διάβασμα δεδομένων από τον συγκεκριμένο αισθητήρα

- Εμφάνιση του συνολικού χρόνου που χρειάστηκε για να σταλούν τα δεδομένα μέσω Bluetooth από το smartwatch στο smartphone
- Εμφάνιση αριθμού ξεχωριστών τιμών των δεδομένων που επιστρέφει ο συγκεκριμένος αισθητήρας

Παρακάτω ακολουθούν σχήματα με τις κλάσεις της Android εφαρμογής και τις μεθόδους τους.

ConsumerActivity extends AppCompatActivity
+ onCreate(Bundle): void + onClicked(View): void + onCheckboxClicked(View): void + setupViewPager(ViewPager): void + onServiceConnected(ComponentName, IBinder): void + onServiceDisconnected(ComponentName): void + onDestroy(): void
ViewPagerAdapter extends FragmentPagerAdapter
+ ViewPagerAdapter(FragmentManager) + getItem(int): Fragment + getCount(): int + getPageTitle(int): CharSequence + addFragment(Fragment, String): void

Σχήμα 5.1 – Μεθόδοι κλάσης ConsumerActivity

ConsumerService extends SAAgent
+ ConsumerService() + onCreate(): void + onBind(Intent): IBinder + onFindPeerAgentsResponse(SAPeerAgent[], int): void + onServiceConnectionRequested(SAPeerAgent): void + onServiceConnectionResponse(SAPeerAgent, SASocket, int): void + onError(SAPeerAgent, String, int): void + onPeerAgentsUpdated(SAPeerAgent[], int): void + findPeers(): void + sendData(String): boolean + closeConnection(): boolean + processUnsupportedException(SsdkUnsupportedException): boolean + addMessage(String): void
ServiceConnection extends SASocket
+ ServiceConnection() + onError(int, String, int): void + onReceive(int, byte[]): void + onServiceConnectionLost(int): void
LocalBinder extends Binder
+ getService(): ConsumerService

Σχήμα 5.2 – Μεθόδοι κλάσης ConsumerService

OneFragment extends Fragment	TwoFragment extends Fragment
+ OneFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String	+ TwoFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String
ThreeFragment extends Fragment	FourFragment extends Fragment
+ ThreeFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String	+ FourFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String

FiveFragment extends Fragment	SixFragment extends Fragment
+ FiveFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String	+ SixFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String

SevenFragment extends Fragment
+ SevenFragment() + onCreate(Bundle): void + onCreateView(LayoutInflater, ViewGroup, Bundle): View + getSpinnerValue(): String

Σχήμα 5.3 – Μεθόδοι κλάσεων OneFragment, TwoFragment, ThreeFragment, FourFragment, FiveFragment, SixFragment και SevenFragment

5.3 Λειτουργίες Tizen εφαρμογής

Το version της εφαρμογής είναι το wearable 2.3.1.

Η Tizen εφαρμογή είναι ο Service Provider του συστήματος και θέτεται σε λειτουργία μόνο όταν επικοινωνήσει μαζί της η Android εφαρμογή. Η Android εφαρμογή στέλνει αίτημα στην Tizen εφαρμογή για την εκκίνηση των αισθητήρων και η Tizen εφαρμογή στέλνει ως απάντηση τα δεδομένα που διαβάζει από τους αισθητήρες, μόνο όταν τα ζητήσει η Android εφαρμογή.

Λειτουργίες αρχικής οθόνης:

- Εμφάνιση της λέξης Sensor

Λειτουργίες οθονών αισθητήρων:

- Διάβασμα δεδομένων από αισθητήρες
- Εμφάνιση δεδομένων για κάθε αισθητήρα

Παρακάτω ακολουθούν σχήματα με τις κλάσεις της Android εφαρμογής και τις μεθόδους τους.

helloaccessory
+ getSensorType(): char* + getSeconds(): int + getSendOrNot(): char* + setSensorType(char*): void + setSeconds(int): void + setSendOrNot(char*): void + setCalled(int): void + getData(): char* + main(int, char*): int + app_create(void*): bool + create_base_gui(appdata_s*): void + start_sensor(): void + _new_sensor_value(sensor_h, sensor_event_s*, void*): void

Σχήμα 5.4 – Μεθόδοι κλάσης helloaccessory

sap
+ initialize_sap(): void + agent_initialize(): gboolean + on_device_status_changed(sap_device_status_e, sap_transport_type, void*): void + on_agent_initialized(sap_agent_h, sap_agent_initialized_result_e, void*): void + on_service_connection_requested(sap_peer_agent_h, sap_socket_h, sap_service_connection_result_e, void*): void + sendData(): void + on_data_recieved(sap_socket_h, unsigned short int, unsigned int, void*, void*): void + on_service_connection_terminated(sap_peer_agent_h, sap_socket_h, sap_service_connection_terminated_reason_e, void*): void + main(int, char*): int + app_create(void*): bool + create_base_gui(appdata_s*): void + start_sensor(): void + _new_sensor_value(sensor_h, sensor_event_s*, void*): void

Σχήμα 5.5 – Μεθόδοι κλάσης sap

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα και αξιολόγηση αποτελεσμάτων

6.1 Αποτελέσματα για κατανάλωση ενέργειας	37
6.2 Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης	39
6.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων	54

6.1 Αποτελέσματα για κατανάλωση ενέργειας

Για να εντοπιστούν οι επιπτώσεις που έχει η ανάκτηση δεδομένων από τους αισθητήρες της wearable συσκευής στην κατανάλωση ενέργειας έγιναν κάποια πειράματα των οποίων τα αποτελέσματα φαίνονται στον ακόλουθο πίνακα. Τα πειράματα αυτά έγιναν παρακολουθώντας το επίπεδο μπαταρίας του smartwatch στον τερματισμό του διαβάσματος δεδομένων. Επίσης, για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, πριν από κάθε πείραμα η μπαταρία φορτιζόταν μέχρι να φτάσει το 100%.

Αρχικά, έγιναν 63 πειράματα, για όλους τους συνδυασμούς των αισθητήρων, τα οποία είχαν διάρκεια 1 λεπτού το καθένα, χρονικό διάστημα διαβάσματος δεδομένων ίσο με 1 δευτερόλεπτο και με τη δυνατότητα αποστολής των δεδομένων από το smartwatch στο smartphone. Στη συνέχεια, έγιναν ξανά 63 πειράματα, με τους ίδιους συνδυασμούς αισθητήρων, τα οποία είχαν ξανά διάρκεια 1 λεπτού το καθένα και είχαν ξανά τη δυνατότητα αποστολής των δεδομένων από το smartwatch στο smartphone όμως το χρονικό διάστημα διαβάσματος δεδομένων ήταν ίσο με 30 δευτερόλεπτα αυτή τη φορά. Παρατηρήθηκε όμως ότι το επίπεδο μπαταρίας δεν επηρεάστηκε καθόλου, δηλαδή, παρέμεινε 100%. Έτσι χρειάστηκε να γίνουν κάποια άλλα πειράματα.

Οι παράγοντες που άλλαζαν σε κάθε πείραμα είναι οι ακόλουθοι:

- Αριθμός αισθητήρων (1-αισθητήρας φωτεινότητας και 6-όλοι οι αισθητήρες)
- Διάρκεια πειράματος (1 λεπτό, 5 λεπτά και 10 λεπτά)
- Χρονικό διάστημα διαβάσματος δεδομένων (1 δευτερόλεπτο και 30 δευτερόλεπτα)
- Αποστολή ή μη αποστολή δεδομένων από το smartwatch στο smartphone

Number of Sensors	Execution time (minutes)	Getting data after (seconds)	Send data or not	Battery Level
1	1	1	Yes	100%
1	1	1	No	100%
1	5	1	Yes	100%
1	5	1	No	100%
1	10	1	Yes	99%
1	10	1	No	99%
1	1	30	Yes	100%
1	1	30	No	100%
1	5	30	Yes	100%
1	5	30	No	100%
1	10	30	Yes	99%
1	10	30	No	99%
6	1	1	Yes	100%
6	1	1	No	100%
6	5	1	Yes	99%
6	5	1	No	99%
6	10	1	Yes	98%
6	10	1	No	99%
6	1	30	Yes	100%
6	1	30	No	100%
6	5	30	Yes	100%
6	5	30	No	100%
6	10	30	Yes	99%
6	10	30	No	99%

Πίνακας 6.1 – Αποτελέσματα για κατανάλωση ενέργειας

6.2 Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης

Για να εντοπιστούν οι επιπτώσεις που έχει η ανάκτηση δεδομένων από τους αισθητήρες της wearable συσκευής στον χρόνο απόκρισης έγιναν κάποια πειράματα των οποίων τα αποτελέσματα φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες. Τα πειράματα αυτά έγιναν παίρνοντας κάποιες μετρήσεις για τον κάθε αισθητήρα και έγιναν και για τους 63 συνδυασμούς αισθητήρων. Επίσης, για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα, πριν από κάθε πείραμα η μπαταρία φορτιζόταν μέχρι να φτάσει το 100%. Όλα τα πειράματα έγιναν με τη δυνατότητα αποστολής των δεδομένων από το smartwatch στο smartphone και είχαν διάρκεια ίση με 1 λεπτό. Οι παράγοντες που άλλαζαν σε κάθε πείραμα είναι οι ακόλουθοι:

- Αριθμός αισθητήρων (63 συνδυασμοί αισθητήρων)
- Χρονικό διάστημα διαβάσματος δεδομένων (1 δευτερόλεπτο και 30 δευτερόλεπτα)

Οι μετρήσεις που έγιναν είναι:

- **A:** η συνολική διάρκεια του πειράματος
- **B:** ο συνολικός χρόνος που περνά για να σταλθούν τα δεδομένα μέσω Bluetooth
- **C:** ο αριθμός των ξεχωριστών τιμών που επιστρέφει ο αισθητήρας
- **A/C:** μέσος όρος χρόνου διαβάσματος μιας ξεχωριστής τιμής του αισθητήρα
- **B/C:** μέσος όρος χρόνου που περνά για να σταλθεί μια ξεχωριστή τιμή

Sensors	A (seconds)	B (seconds)	C	A/C (seconds)	B/C (seconds)
Accelerometer	60	0.786	60	1.000	0.0131
Gyroscope	60	0.773	55	1.091	0.0140
Gravity	60	0.735	59	1.017	0.0125
Heart Rate Monitor	60	0.563	24	2.500	0.0235
Light	60	0.712	54	1.111	0.0132
Pressure	60	0.821	60	1.000	0.0137
Accelerometer,	60,	0.603,	59,	1.017,	0.0102,

Gyroscope	60	0.816	59	1.017	0.0138
Accelerometer,	60,	0.807,	59,	1.017,	0.0137,
Gravity	60	0.608	59	1.017	0.0103
Accelerometer,	60,	0.675,	60,	1.000,	0.0113,
Heart Rate Monitor	60	0.624	25	2.400	0.0250
Accelerometer,	60,	0.603,	60,	1.000,	0.0101,
Light	60	0.741	58	1.034	0.0128
Accelerometer,	60,	0.594,	59,	1.017,	0.0101,
Pressure	60	0.830	59	1.017	0.0141
Gyroscope,	60,	0.831,	60,	1.000,	0.0138,
Gravity	60	0.623	60	1.000	0.0104
Gyroscope,	60,	0.575,	60,	1.000,	0.0096,
Heart Rate Monitor	60	0.800	28	2.143	0.0286
Gyroscope,	60,	0.815,	60,	1.000,	0.0136,
Light	60	0.673	53	1.132	0.0127
Gyroscope,	60,	0.803,	60,	1.000,	0.0134,
Pressure	60	0.624	59	1.017	0.0106
Gravity,	60,	0.509,	60,	1.000,	0.0085,
Heart Rate Monitor	60	0.841	27	2.222	0.0311
Gravity,	60,	0.628,	60,	1.000,	0.0105,
Light	60	0.804	56	1.071	0.0144
Gravity,	60,	0.620,	60,	1.000,	0.0103,
Pressure	60	0.839	59	1.017	0.0142
Heart Rate Monitor,	60,	0.580,	25,	2.400,	0.0232,
Light	60	0.839	60	1.000	0.0140
Heart Rate Monitor,	60,	0.553,	28,	2.143,	0.0198,
Pressure	60	0.839	59	1.017	0.0142
Light,	60,	0.879,	56,	1.071,	0.0157,
Pressure	60	0.641	59	1.017	0.0109
Accelerometer,	60,	0.621,	60,	1.000,	0.0103,
Gyroscope,	60,	0.868,	60,	1.000,	0.0145,
Gravity	60	0.558	60	1.000	0.0093

Accelerometer, Gyroscope, Heart Rate Monitor	60, 60, 60	0.616, 0.612, 0.841	60, 59, 23	1.000, 1.017, 2.609	0.0103, 0.0104, 0.0366
Accelerometer, Gyroscope, Light	60, 60, 60	0.544, 0.863, 0.634	60, 60, 55	1.000, 1.000, 1.091	0.0091, 0.0144, 0.0115
Accelerometer, Gyroscope, Pressure	60, 60, 60	0.546, 0.840, 0.617	60, 60, 59	1.000, 1.000, 1.017	0.0091, 0.0140, 0.0105
Accelerometer, Gravity, Heart Rate Monitor	60, 60, 60	0.594, 0.648, 0.827	60, 60, 33	1.000, 1.000, 1.818	0.0099, 0.0108, 0.0251
Accelerometer, Gravity, Light	60, 60, 60	0.664, 0.540, 0.823	60, 60, 60	1.000, 1.000, 1.000	0.0111, 0.0090, 0.0137
Accelerometer, Gravity, Pressure	60, 60, 60	0.646, 0.540, 0.844	60, 60, 60	1.000, 1.000, 1.000	0.0108, 0.0090, 0.0141
Accelerometer, Heart Rate Monitor, Light	60, 60, 60	0.622, 0.811, 0.582	60, 27, 54	1.000, 2.222, 1.111	0.0104, 0.0300, 0.0108
Accelerometer, Heart Rate Monitor, Pressure	60, 60, 60	0.587, 0.823, 0.570	60, 21, 60	1.000, 2.857, 1.000	0.0098, 0.0392, 0.0095
Accelerometer, Light, Pressure	60, 60, 60	0.547, 0.812, 0.621	59, 55, 57	1.017, 1.091, 1.053	0.0093, 0.0148, 0.0109
Gyroscope, Gravity, Heart Rate Monitor	60, 60, 60	0.744, 0.595, 0.702	59, 59, 21	1.017, 1.017, 2.857	0.0126, 0.0101, 0.0334
Gyroscope, Gravity,	60, 60,	0.817, 0.573,	60, 60,	1.000, 1.000,	0.0136, 0.0095,

Light	60	0.595	53	1.132	0.0112
Gyroscope,	60,	0.854,	60,	1.000,	0.0142,
Gravity,	60,	0.570,	60,	1.000,	0.0095,
Pressure	60	0.626	60	1.000	0.0104
Gyroscope,	60,	0.583,	60,	1.000,	0.0097,
Heart Rate Monitor,	60,	0.839,	26,	2.308,	0.0322,
Light	60	0.587	56	1.071	0.0105
Gyroscope,	60,	0.819,	59,	1.017,	0.0139,
Heart Rate Monitor,	60,	0.533,	24,	2.500,	0.0222,
Pressure	60	0.648	59	1.017	0.0110
Gyroscope,	60,	0.854,	60,	1.000,	0.0142,
Light,	60,	0.606,	57,	1.053,	0.0106,
Pressure	60	0.553	58	1.034	0.0095
Gravity,	60,	0.606,	60,	1.000,	0.0101,
Heart Rate Monitor,	60,	0.576,	24,	2.500,	0.0240,
Light	60	0.832	51	1.176	0.0163
Gravity,	60,	0.635,	59,	1.017,	0.0108,
Heart Rate Monitor,	60,	0.584,	26,	2.308,	0.0225,
Pressure	60	0.843	59	1.017	0.0143
Gravity,	60,	0.547,	60,	1.000,	0.0091,
Light,	60,	0.816,	54,	1.111,	0.0151,
Pressure	60	0.633	58	1.034	0.0109
Heart Rate Monitor,	60,	0.549,	31,	1.935,	0.0177,
Light,	60,	0.823,	57,	1.053,	0.0144,
Pressure	60	0.620	60	1.000	0.0103
Accelerometer,	60,	0.565,	60,	1.000,	0.0094,
Gyroscope,	60,	0.577,	60,	1.000,	0.0096,
Gravity,	60,	0.549,	60,	1.000,	0.0092,
Heart Rate Monitor	60	0.822	29	2.069	0.0283
Accelerometer,	60,	0.582,	60,	1.000,	0.0097,
Gyroscope,	60,	0.822,	60,	1.000,	0.0137,
Gravity,	60,	0.556,	60,	1.000,	0.0092,

Light	60	0.617	56	1.071	0.0110
Accelerometer,	60,	0.552,	59,	1.017,	0.0094,
Gyroscope,	60,	0.880,	59,	1.017,	0.0149,
Gravity,	60,	0.535,	59,	1.017,	0.0091,
Pressure	60	0.608	57	1.053	0.0107
Accelerometer,	60,	0.552,	59,	1.017,	0.0094,
Gyroscope,	60,	0.557,	60,	1.000,	0.0093,
Heart Rate Monitor,	60,	0.821,	23,	2.609,	0.0357,
Light	60	0.590	57	1.053	0.0104
Accelerometer,	60,	0.548,	60,	1.000,	0.0091,
Gyroscope,	60,	0.825,	60,	1.000,	0.0138,
Heart Rate Monitor,	60,	0.535,	26,	2.308,	0.0206,
Pressure	60	0.634	58	1.034	0.0109
Accelerometer,	60,	0.573,	60,	1.000,	0.0096,
Gyroscope,	60,	0.823,	60,	1.000,	0.0137,
Light,	60,	0.669,	48,	1.250,	0.0139,
Pressure	60	0.561	59	1.017	0.0095
Accelerometer,	60,	0.590,	60,	1.000,	0.0098,
Gravity,	60,	0.574,	60,	1.000,	0.0096,
Heart Rate Monitor,	60,	0.874,	22,	2.727,	0.0397,
Light	60	0.568	53	1.132	0.0107
Accelerometer,	60,	0.618,	59,	1.017,	0.0105,
Gravity,	60,	0.549,	59,	1.017,	0.0093,
Heart Rate Monitor,	60,	0.497,	26,	2.308,	0.0191,
Pressure	60	0.877	57	1.053	0.0154
Accelerometer,	60,	0.586,	60,	1.000,	0.0098,
Gravity,	60,	0.529,	60,	1.000,	0.0088,
Light,	60,	0.823,	55,	1.091,	0.0150,
Pressure	60	0.667	58	1.034	0.0115
Accelerometer,	60,	0.513,	59,	1.017,	0.0087,
Heart Rate Monitor,	60,	0.916,	31,	1.935,	0.0295,
Light,	60,	0.625,	48,	1.250,	0.0130,

Pressure	60	0.549	57	1.053	0.0096
Gyroscope,	60,	0.887,	60,	1.000,	0.0148,
Gravity,	60,	0.551,	60,	1.000,	0.0092,
Heart Rate Monitor,	60,	0.529,	18,	3.333,	0.0294,
Light	60	0.637	50	1.200	0.0127
Gyroscope,	60,	0.883,	60,	1.000,	0.0147,
Gravity,	60,	0.550,	60,	1.000,	0.0092,
Heart Rate Monitor,	60,	0.589,	24,	2.500,	0.0245,
Pressure	60	0.673	56	1.071	0.0120
Gyroscope,	60,	0.822,	60,	1.000,	0.0137,
Gravity,	60,	0.570,	60,	1.000,	0.0095,
Light,	60,	0.647,	44,	1.364,	0.0147,
Pressure	60	0.559	59	1.017	0.0095
Gyroscope,	60,	0.818,	60,	1.000,	0.0136,
Heart Rate Monitor,	60,	0.610,	24,	2.500,	0.0254,
Light,	60,	0.660,	47,	1.277,	0.0140,
Pressure	60	0.573	60	1.000	0.0095
Gravity,	60,	0.542,	59,	1.017,	0.0092,
Heart Rate Monitor,	60,	0.521,	23,	2.609,	0.0226,
Light,	60,	0.918,	47,	1.277,	0.0195,
Pressure	60	0.674	58	1.034	0.0116
Accelerometer,	60,	0.572,	60,	1.000,	0.0095,
Gyroscope,	60,	0.858,	60,	1.000,	0.0143,
Gravity,	60,	0.529,	60,	1.000,	0.0088,
Heart Rate Monitor,	60,	0.633,	18,	3.333,	0.0352,
Light	60	0.651	48	1.250	0.0136
Accelerometer,	60,	0.574,	60,	1.000,	0.0096,
Gyroscope,	60,	0.627,	60,	1.000,	0.0104,
Gravity,	60,	0.571,	60,	1.000,	0.0095,
Heart Rate Monitor,	60,	0.622,	14,	4.286,	0.0444,
Pressure	60	0.679	58	1.034	0.0177
Accelerometer,	60,	0.539,	60,	1.000,	0.0090,

Gyroscope,	60,	0.861,	60,	1.000,	0.0143,
Gravity,	60,	0.521,	60,	1.000,	0.0087,
Light,	60,	0.608,	33,	1.818,	0.0184,
Pressure	60	0.549	59	1.017	0.0093
Accelerometer,	60,	0.552,	60,	1.000,	0.0092,
Gyroscope,	60,	0.822,	60,	1.000,	0.0137,
Heart Rate Monitor,	60,	0.415,	25,	2.400,	0.0166,
Light,	60,	0.640,	33,	1.818,	0.0194,
Pressure	60	0.571	59	1.017	0.0097
Accelerometer,	60,	0.555,	60,	1.000,	0.0092,
Gravity,	60,	0.574,	60,	1.000,	0.0096,
Heart Rate Monitor,	60,	0.673,	23,	2.609,	0.0293,
Light,	60,	0.856,	36,	1.667,	0.0238,
Pressure	60	0.627	59	1.017	0.0106
Gyroscope,	60,	0.608,	60,	1.000,	0.0101,
Gravity,	60,	0.585,	60,	1.000,	0.0097,
Heart Rate Monitor,	60,	0.660,	16,	3.750	0.0412,
Light,	60,	0.622,	26,	2.308,	0.0239,
Pressure	60	0.633	60	1.000	0.0105
Accelerometer,	60,	0.565,	60,	1.000,	0.0094,
Gyroscope,	60,	0.843,	60,	1.000,	0.0140,
Gravity,	60,	0.529,	60,	1.000,	0.0088,
Heart Rate Monitor,	60,	0.622,	13,	4.615,	0.0478,
Light,	60,	0.647,	25,	2.400,	0.0259,
Pressure	60	0.567	58	1.034	0.0098

Πίνακας 34.3 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο)

Sensors	A (seconds)	B (seconds)	C	A/C (seconds)	B/C (seconds)
Accelerometer	60	0.048	2	30	0.0240
Gyroscope	60	0.037	2	30	0.0185

Gravity	60	0.061	2	30	0.0305
Heart Rate Monitor	60	0.021	2	30	0.0105
Light	60	0.059	2	30	0.0295
Pressure	60	0.058	2	30	0.0290
Accelerometer, Gyroscope	60, 60	0.015, 0.032	2, 2	30, 30	0.0075, 0.0160
Accelerometer, Gravity	60, 60	0.059, 0.016	2, 2	30, 30	0.0295, 0.0080
Accelerometer, Heart Rate Monitor	60, 60	0.016, 0.022	2, 2	30, 30	0.0080, 0.0110
Accelerometer, Light	60, 60	0.029, 0.037	2, 2	30, 30	0.0145, 0.0185
Accelerometer, Pressure	60, 60	0.050, 0.046	2, 2	30, 30	0.0250, 0.0230
Gyroscope, Gravity	60, 60	0.041, 0.020	2, 2	30, 30	0.0205, 0.0100
Gyroscope, Heart Rate Monitor	60, 60	0.015, 0.038	2, 2	30, 30	0.0075, 0.0190
Gyroscope, Light	60, 60	0.053, 0.022	2, 2	30, 30	0.0265, 0.0110
Gyroscope, Pressure	60, 60	0.067, 0.029	2, 2	30, 30	0.0335, 0.0145
Gravity, Heart Rate Monitor	60, 60	0.017, 0.039	2, 2	30, 30	0.0085, 0.0195
Gravity, Light	60, 60	0.031, 0.039	2, 2	30, 30	0.0155, 0.0195
Gravity, Pressure	60, 60	0.038, 0.046	2, 2	30, 30	0.0190, 0.0230
Heart Rate Monitor, Light	60, 60	0.022, 0.019	2, 2	30, 30	0.0110, 0.0095
Heart Rate Monitor, Pressure	60, 60	0.055, 0.019	2, 2	30, 30	0.0275, 0.0095

Light,	60,	0.035,	2,	30,	0.0175,
Pressure	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.020,	2,	30,	0.0100,
Gyroscope,	60,	0.039,	2,	30,	0.0195,
Gravity	60	0.018	2	30	0.0090
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gyroscope,	60,	0.021,	2,	30,	0.0105,
Heart Rate Monitor	60	0.045	2	30	0.0225
Accelerometer,	60,	0.014,	2,	30,	0.0070,
Gyroscope,	60,	0.045,	2,	30,	0.0225,
Light	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gyroscope,	60,	0.042,	2,	30,	0.0210,
Pressure	60	0.020	2	30	0.0100
Accelerometer,	60,	0.040,	2,	30,	0.0200,
Gravity,	60,	0.016,	2,	30,	0.0080,
Heart Rate Monitor	60	0.045	2	30	0.0225
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gravity,	60,	0.016,	2,	30,	0.0080,
Light	60	0.035	2	30	0.0175
Accelerometer,	60,	0.022,	2,	30,	0.0110,
Gravity,	60,	0.028,	2,	30,	0.0140,
Pressure	60	0.040	2	30	0.0200
Accelerometer,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Heart Rate Monitor,	60,	0.045,	2,	30,	0.0225,
Light	60	0.021	2	30	0.0105
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Heart Rate Monitor,	60,	0.046,	2,	30,	0.0230,
Pressure	60	0.021	2	30	0.0105
Accelerometer,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Light,	60,	0.033,	2,	30,	0.0165,
Pressure	60	0.018	2	30	0.0090

Gyroscope, Gravity, Heart Rate Monitor	60, 60, 60	0.017, 0.014, 0.047	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0085, 0.0070, 0.0235
Gyroscope, Gravity, Light	60, 60, 60	0.028, 0.016, 0.018	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0140, 0.0080, 0.0090
Gyroscope, Gravity, Pressure	60, 60, 60	0.039, 0.018, 0.022	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0195, 0.0090, 0.0110
Gyroscope, Heart Rate Monitor, Light	60, 60, 60	0.019, 0.053, 0.017	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0095, 0.0265, 0.0085
Gyroscope, Heart Rate Monitor, Pressure	60, 60, 60	0.021, 0.041, 0.018	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0105, 0.0205, 0.0090
Gyroscope, Light, Pressure	60, 60, 60	0.033, 0.017, 0.015	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0165, 0.0085, 0.0075
Gravity, Heart Rate Monitor, Light	60, 60, 60	0.015, 0.036, 0.018	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0075, 0.0180, 0.0090
Gravity, Heart Rate Monitor, Pressure	60, 60, 60	0.016, 0.047, 0.020	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0080, 0.0235, 0.0100
Gravity, Light, Pressure	60, 60, 60	0.017, 0.041, 0.020	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0085, 0.0205, 0.0100
Heart Rate Monitor, Light, Pressure	60, 60, 60	0.025, 0.019, 0.024	2, 2, 2	30, 30, 30	0.0125, 0.0095, 0.0120
Accelerometer, Gyroscope,	60, 60,	0.019, 0.018,	2, 2,	30, 30,	0.0095, 0.0090,

Gravity,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Heart Rate Monitor	60	0.043	2	30	0.0215
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gyroscope,	60,	0.035,	2,	30,	0.0175,
Gravity,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Light	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.013,	2,	30,	0.0065,
Gyroscope,	60,	0.032,	2,	30,	0.0160,
Gravity,	60,	0.012,	2,	30,	0.0060,
Pressure	60	0.018	2	30	0.0090
Accelerometer,	60,	0.016,	2,	30,	0.0080,
Gyroscope,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Heart Rate Monitor,	60,	0.038,	2,	30,	0.0190,
Light	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Gyroscope,	60,	0.022,	2,	30,	0.0110,
Heart Rate Monitor,	60,	0.035,	2,	30,	0.0175,
Pressure	60	0.015	2	30	0.0075
Accelerometer,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gyroscope,	60,	0.048,	2,	30,	0.0240,
Light,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Pressure	60	0.018	2	30	0.0090
Accelerometer,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gravity,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Heart Rate Monitor,	60,	0.034,	2,	30,	0.0170,
Light	60	0.019	2	30	0.0095
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gravity,	60,	0.015,	2,	30,	0.0075,
Heart Rate Monitor,	60,	0.047,	2,	30,	0.00235,
Pressure	60	0.019	2	30	0.0095
Accelerometer,	60,	0.016,	2,	30,	0.0080,
Gravity,	60,	0.016,	2,	30,	0.0080,

Light,	60,	0.042,	2,	30,	0.0210,
Pressure	60	0.020	2	30	0.0100
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Heart Rate Monitor,	60,	0.054,	2,	30,	0.0270,
Light,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Pressure	60	0.017	2	30	0.0085
Gyroscope,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gravity,	60,	0.015,	2,	30,	0.0075,
Heart Rate Monitor,	60,	0.045,	2,	30,	0.0225,
Light	60	0.016	2	30	0.0080
Gyroscope,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Gravity,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Heart Rate Monitor,	60,	0.043,	2,	30,	0.0215,
Pressure	60	0.018	2	30	0.0090
Gyroscope,	60,	0.052,	2,	30,	0.0260,
Gravity,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Light,	60,	0.024,	2,	30,	0.0120,
Pressure	60	0.017	2	30	0.0085
Gyroscope,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Heart Rate Monitor,	60,	0.042,	2,	30,	0.0210,
Light,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Pressure	60	0.018	2	30	0.0090
Gravity,	60,	0.015,	2,	30,	0.0075,
Heart Rate Monitor,	60,	0.043,	2,	30,	0.0215,
Light,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Pressure	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.013,	2,	30,	0.0065,
Gyroscope,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gravity,	60,	0.011,	2,	30,	0.0055,
Heart Rate Monitor,	60,	0.042,	2,	30,	0.0210,
Light	60	0.017	2	30	0.0085
Accelerometer,	60,	0.013,	2,	30,	0.0065,

Gyroscope,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gravity,	60,	0.013,	2,	30,	0.0065,
Heart Rate Monitor,	60,	0.038,	2,	30,	0.0190,
Pressure	60	0.014	2	30	0.0070
Accelerometer,	60,	0.018,	2,	30,	0.0090,
Gyroscope,	60,	0.040,	2,	30,	0.0200,
Gravity,	60,	0.015,	2,	30,	0.0075,
Light,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Pressure	60	0.016	2	30	0.0080
Accelerometer,	60,	0.013,	2,	30,	0.0025,
Gyroscope,	60,	0.022,	2,	30,	0.0110,
Heart Rate Monitor,	60,	0.044,	2,	30,	0.0220,
Light,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Pressure	60	0.013	2	30	0.0065
Accelerometer,	60,	0.014,	2,	30,	0.0070,
Gravity,	60,	0.011,	2,	30,	0.0055,
Heart Rate Monitor,	60,	0.040,	2,	30,	0.0200,
Light,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Pressure	60	0.016	2	30	0.0080
Gyroscope,	60,	0.017,	2,	30,	0.0085,
Gravity,	60,	0.013,	2,	30,	0.0065,
Heart Rate Monitor,	60,	0.058,	2,	30,	0.0290,
Light,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Pressure	60	0.011	2	30	0.0055
Accelerometer,	60,	0.012,	2,	30,	0.0060,
Gyroscope,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
Gravity,	60,	0.011,	2,	30,	0.0055,
Heart Rate Monitor,	60,	0.050,	2,	30,	0.0250,
Light,	60,	0.019,	2,	30,	0.0095
Pressure	60	0.013	2	30	0.0065

Πίνακας 6.2 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα)

Έπειτα, έγιναν σχεδόν τα ίδια πειράματα που αναφέρθηκαν προηγουμένως για την κατανάλωση ενέργειας έτσι ώστε να δούμε και το πώς επηρεάζεται ο χρόνος απόκρισης. Δηλαδή, τα πειράματα έγιναν με τη δυνατότητα της αποστολής δεδομένων από το smartwatch στο smartphone και οι παράγοντες που άλλαζαν σε κάθε πείραμα είναι οι ακόλουθοι:

- Αριθμός αισθητήρων (1-αισθητήρας φωτεινότητας και 6-όλοι οι αισθητήρες)
- Διάρκεια πειράματος (1 λεπτό, 5 λεπτά και 10 λεπτά)
- Χρονικό διάστημα διαβάσματος δεδομένων (1 δευτερόλεπτο και 30 δευτερόλεπτα)

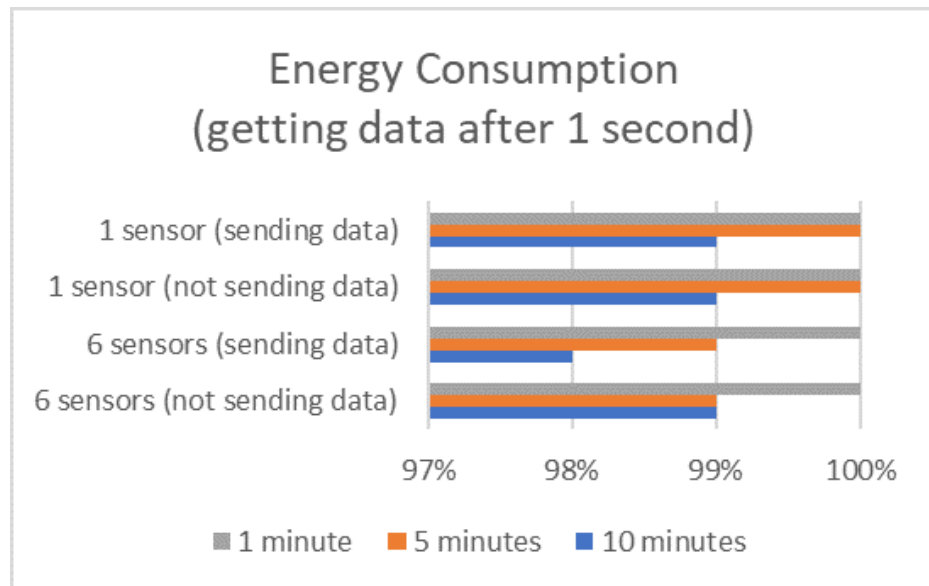
Number of Sensors	Getting data after (seconds)	A (seconds)	B (seconds)	C	A/C (seconds)	B/C (seconds)
1	1	60	0.712	54	1.111	0.0132
1	1	300	4.141	240	1.250	0.0172
1	1	600	8.036	460	1.304	0.0175
1	30	60	0.059	2	30	0.0295
1	30	300	0.172	5	60	0.0344
1	30	600	0.352	14	42.857	0.0251
6	1	60,	0.565,	60,	1.000,	0.0094,
		60,	0.843,	60,	1.000,	0.0140,
		60,	0.529,	60,	1.000,	0.0088,
		60,	0.622,	13,	4.615,	0.0478,
		60,	0.647,	25,	2.400,	0.0259,
		60	0.567	58	1.034	0.0098
6	1	300,	2.553,	298,	1.007,	0.0086,
		300,	4.033,	298,	1.007,	0.0135,
		300,	2.413,	298,	1.007,	0.0081,
		300,	2.594,	111,	2.703,	0.0234,
		300,	3.088,	274,	1.095,	0.0113,
		300	2.777	289	1.038	0.0096

6	1	600,	4.992,	593,	1.012,	0.0084,
		600,	8.281,	593,	1.012,	0.0140,
		600,	4.832,	592,	1.013,	0.0082,
		600,	5.996,	277,	2.166,	0.0216,
		600,	5.953,	546,	1.099,	0.0109,
		600	5.384	577	1.040	0.0093
6	30	60,	0.012,	2,	30,	0.0060,
		60,	0.019,	2,	30,	0.0095,
		60,	0.011,	2,	30,	0.0055,
		60,	0.050,	2,	30,	0.0250,
		60,	0.019,	2,	30,	0.0095
		60	0.013	2	30	0.0065
6	30	300,	0.075,	10,	30,	0.0075,
		300,	0.105,	10,	30,	0.0105,
		300,	0.061,	10,	30,	0.0061,
		300,	0.194,	9,	33.333,	0.0215,
		300,	0.080,	9,	33.333,	0.0089,
		300	0.081	10	30	0.0081
6	30	600,	0.152,	20,	30,	0.0076,
		600,	0.229,	20,	30,	0.0114,
		600,	0.112,	20,	30,	0.0061,
		600,	0.336,	18,	33.333,	0.0187,
		600,	0.163,	11,	54.545,	0.0148,
		600	0.161	19	31.579	0.0085

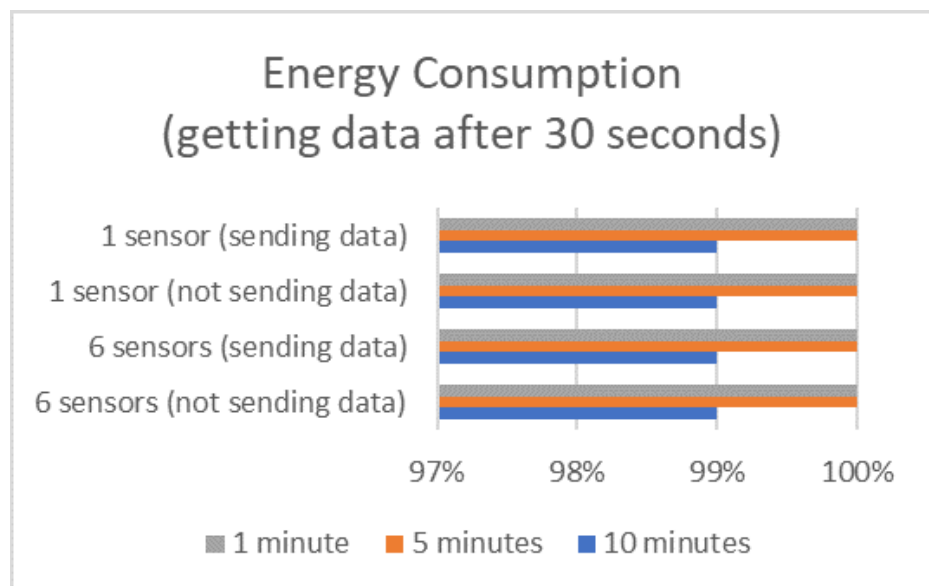
Πίνακας 6.3 – Αποτελέσματα για χρόνο απόκρισης

6.3 Αξιολόγηση αποτελεσμάτων

Κατανάλωση ενέργειας:



Σχήμα 6.1 – Γραφική παράσταση κατανάλωσης ενέργειας (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο)



Σχήμα 6.2 – Γραφική παράσταση κατανάλωσης ενέργειας (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα)

Η πρώτη γραφική παράσταση απεικονίζει το πόσο επηρεάζεται η κατανάλωση ενέργειας σε τέσσερις διαφορετικές περιπτώσεις:

1. Ένας μόνο αισθητήρας (ο αισθητήρας φωτεινότητας) σε λειτουργία, αποστολή δεδομένων από το smartwatch στο smartphone
2. Ένας μόνο αισθητήρας (ο αισθητήρας φωτεινότητας) σε λειτουργία, μη αποστολή δεδομένων από το smartwatch στο smartphone
3. Έξι αισθητήρες (όλοι) σε λειτουργία, αποστολή δεδομένων από το smartwatch στο smartphone
4. Έξι αισθητήρες (όλοι) σε λειτουργία, μη αποστολή δεδομένων από το smartwatch στο smartphone

Σε όλες τις περιπτώσεις το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν τα δεδομένα είναι 1 δευτερόλεπτο.

Παρατηρήσεις πρώτης γραφικής παράστασης:

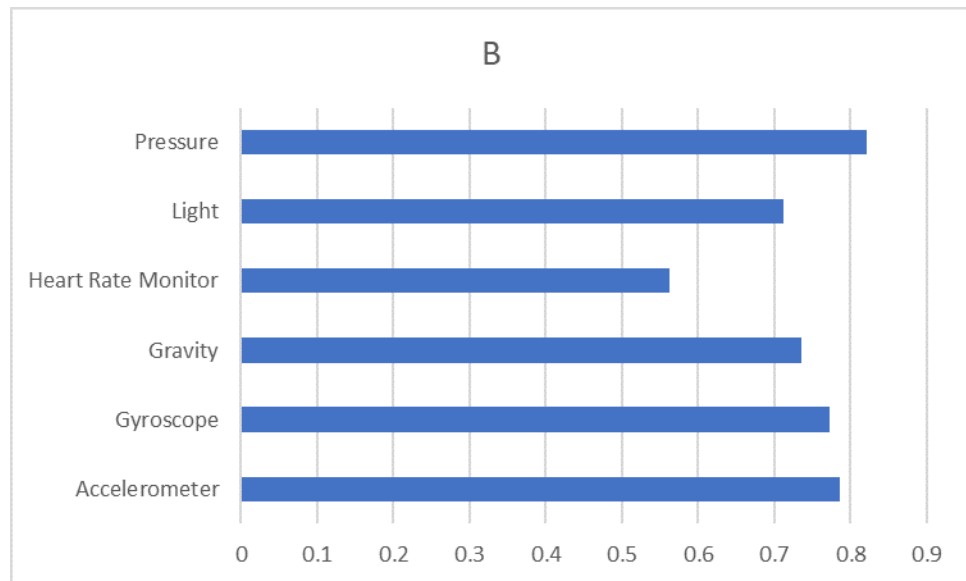
- Στις δύο πρώτες περιπτώσεις, όταν η διάρκεια διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες είναι 1 ή 5 λεπτά τότε η μπαταρία παραμένει 100% ενώ όταν η διάρκεια γίνει 10 λεπτά τότε πέφτει στο 99%.
- Στην τρίτη περίπτωση, όταν η διάρκεια διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες είναι 1 λεπτό τότε η μπαταρία παραμένει 100%, όταν η διάρκεια γίνει 5 λεπτά τότε πέφτει στο 99%, ενώ όταν η διάρκεια γίνει 10 λεπτά τότε πέφτει στο 98%.
- Στην τέταρτη περίπτωση, όταν η διάρκεια διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες είναι 1 λεπτό τότε η μπαταρία παραμένει 100%, ενώ όταν η διάρκεια γίνει 5 ή 10 λεπτά τότε πέφτει στο 99%.

Η δεύτερη γραφική παράσταση απεικονίζει το πόσο επηρεάζεται η κατανάλωση ενέργειας στις ίδιες τέσσερις περιπτώσεις αλλά με το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν δεδομένα να είναι 30 δευτερόλεπτα.

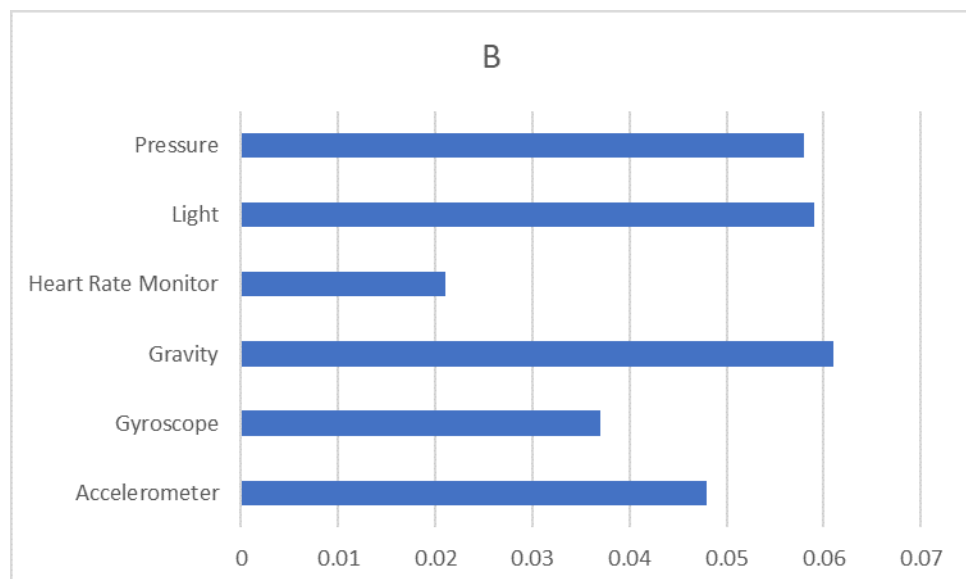
Παρατηρήσεις δεύτερης γραφικής παράστασης:

- Σε όλες τις περιπτώσεις, όταν η διάρκεια διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες είναι 1 ή 5 λεπτά τότε η μπαταρία παραμένει 100% ενώ όταν η διάρκεια γίνει 10 λεπτά τότε πέφτει στο 99%.

Χρόνος απόκρισης:



Σχήμα 6.3 – Γραφική παράσταση Β (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)



Σχήμα 6.4 – Γραφική παράσταση Β (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τον συνολικό χρόνο που περνά για να σταλούν τα δεδομένα μέσω Bluetooth.

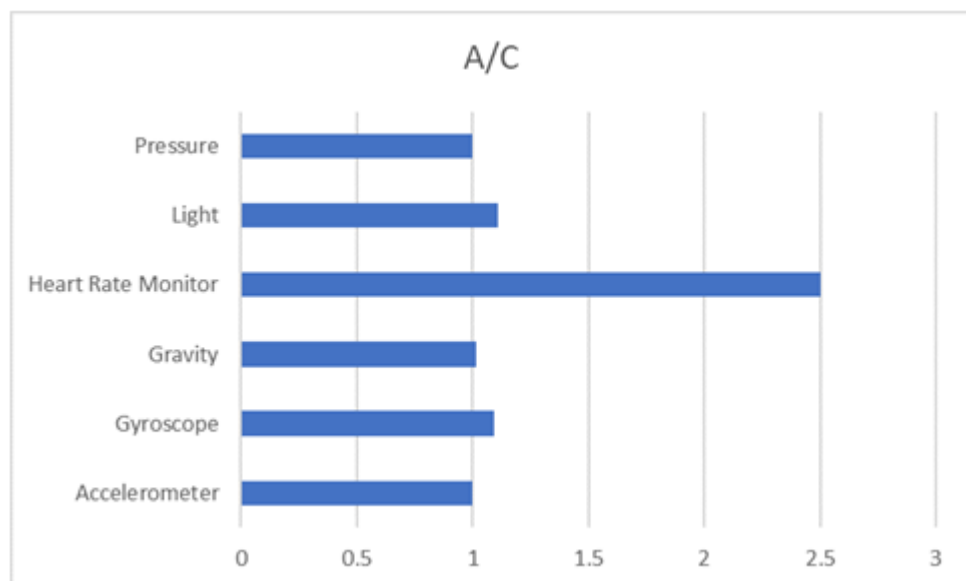
Στην πρώτη γραφική παράσταση, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν τα δεδομένα είναι 1 δευτερόλεπτο, ενώ στη δεύτερη είναι 30 δευτερόλεπτα. Και στις δύο γραφικές παραστάσεις η διάρκεια διαβάσματος είναι 1 λεπτό.

Παρατηρήσεις πρώτης γραφικής παράστασης:

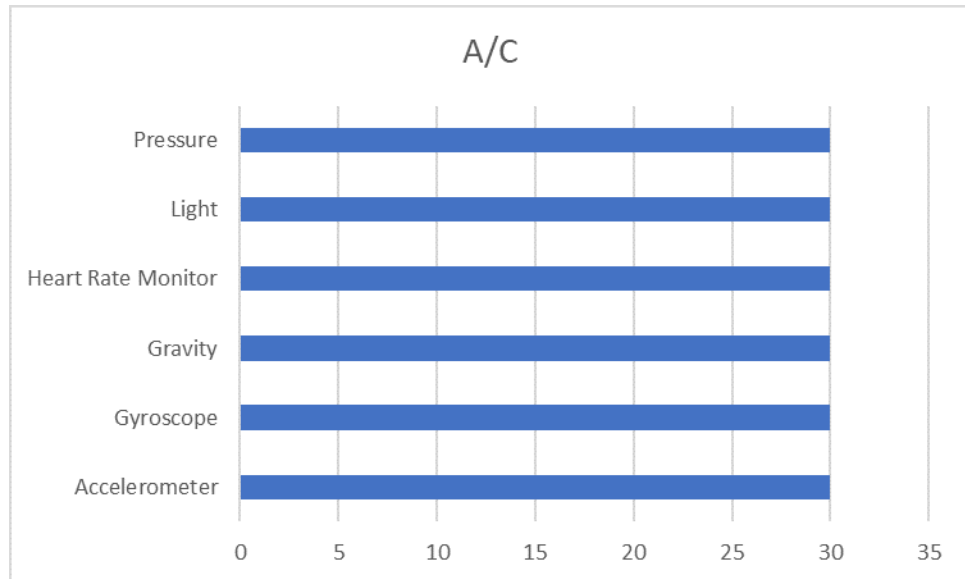
- Ο αισθητήρας πίεσης χρειάζεται τον περισσότερο χρόνο για να στείλει τα δεδομένα μέσω Bluetooth, ενώ ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού χρειάζεται τον λιγότερο.

Παρατηρήσεις δεύτερης γραφικής παράστασης:

- Ο αισθητήρας βαρύτητας χρειάζεται τον περισσότερο χρόνο για να στείλει τα δεδομένα μέσω Bluetooth, ενώ ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού χρειάζεται τον λιγότερο.



Σχήμα 6.5 – Γραφική παράσταση A/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)



Σχήμα 6.6 – Γραφική παράσταση A/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τον μέσο όρο του χρόνου που χρειάστηκε ο κάθε αισθητήρας για να πάρει μια ξεχωριστή τιμή.

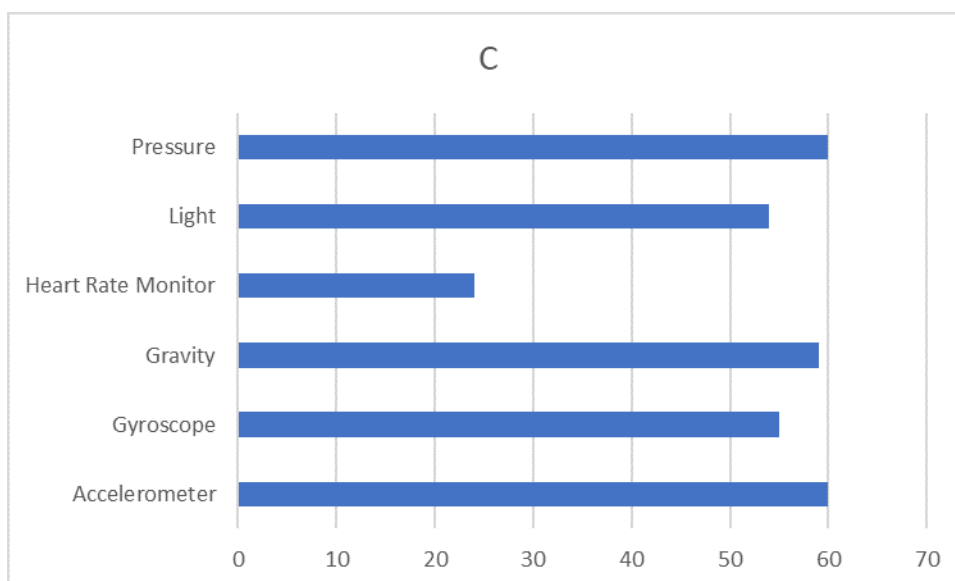
Στην πρώτη γραφική παράσταση, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν τα δεδομένα είναι 1 δευτερόλεπτο, ενώ στη δεύτερη είναι 30 δευτερόλεπτα. Και στις δύο γραφικές παραστάσεις η διάρκεια διαβάσματος είναι 1 λεπτό.

Παρατηρήσεις πρώτης γραφικής παράστασης:

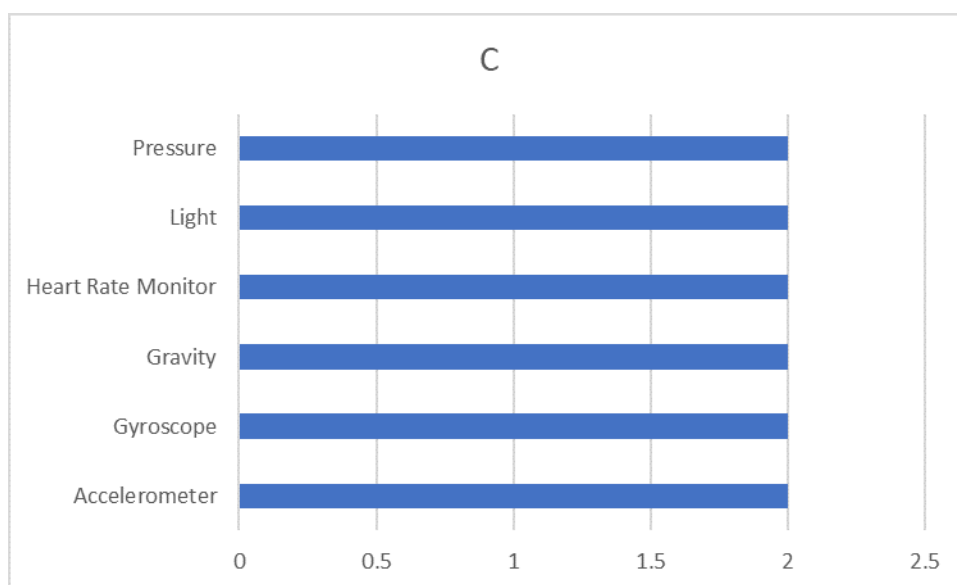
- Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να δώσει μια ξεχωριστή τιμή.

Παρατηρήσεις δεύτερης γραφικής παράστασης:

- Όλοι οι αισθητήρες χρειάζονται τον ίδιο χρόνο για να δώσουν μια ξεχωριστή τιμή.



Σχήμα 6.7 – Γραφική παράσταση C (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)



Σχήμα 6.8 – Γραφική παράσταση C (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τον αριθμό των ξεχωριστών τιμών που επιστρέφει ο κάθε αισθητήρας.

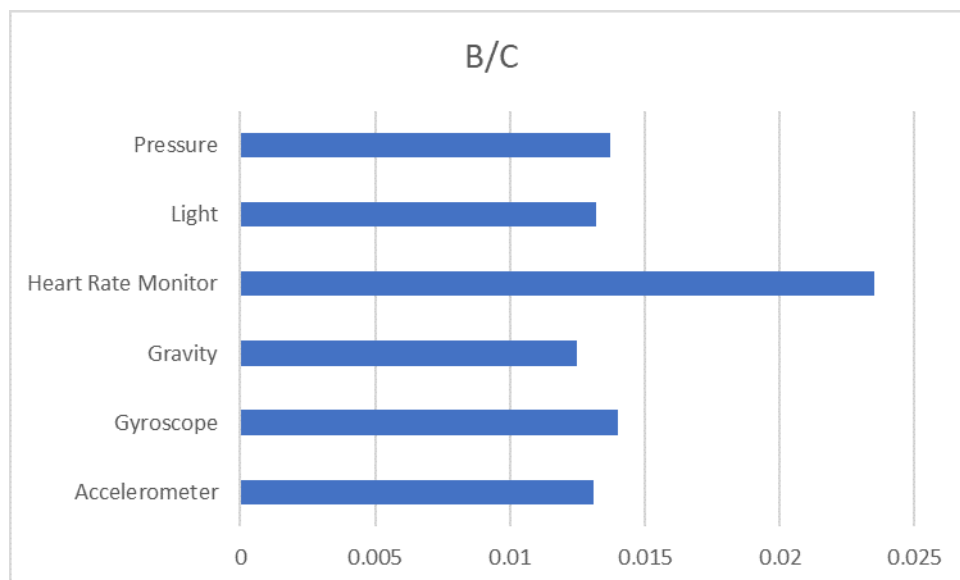
Στην πρώτη γραφική παράσταση, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν τα δεδομένα είναι 1 δευτερόλεπτο, ενώ στη δεύτερη είναι 30 δευτερόλεπτα. Και στις δύο γραφικές παραστάσεις η διάρκεια διαβάσματος είναι 1 λεπτό.

Παρατηρήσεις πρώτης γραφικής παράστασης:

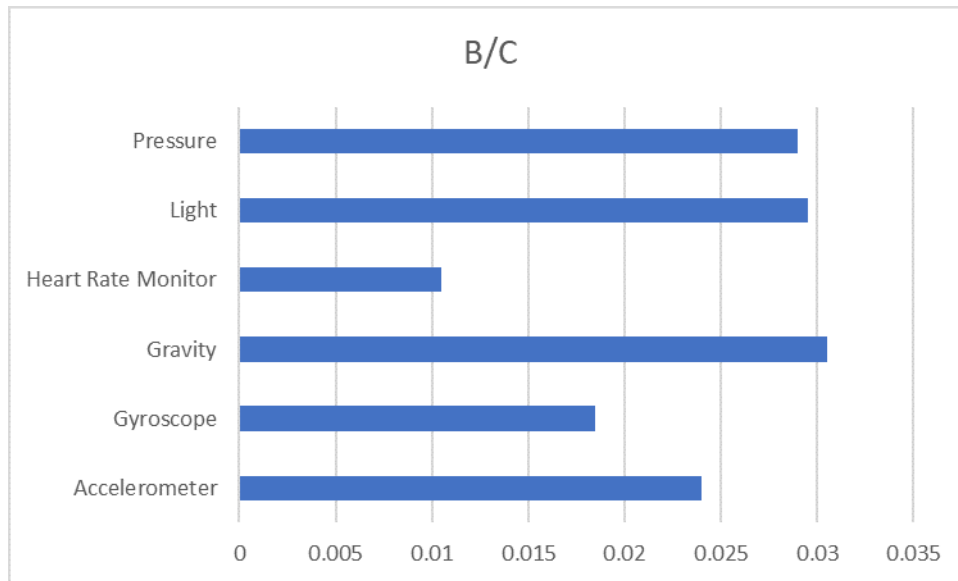
- Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού και ο αισθητήρας φωτεινότητας έχουν τον μικρότερο αριθμό ξεχωριστών τιμών.

Παρατηρήσεις δεύτερης γραφικής παράστασης:

- Όλοι οι αισθητήρες έχουν τον ίδιο αριθμό ξεχωριστών τιμών.



Σχήμα 6.9 – Γραφική παράσταση B/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 1 δευτερόλεπτο, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)



Σχήμα 6.10 – Γραφική παράσταση B/C (διάβασμα δεδομένων κάθε 30 δευτερόλεπτα, διάρκεια διαβάσματος 1 λεπτό)

Οι γραφικές παραστάσεις απεικονίζουν τον μέσο όρο του χρόνου που περνά για να σταλθεί μια ξεχωριστή τιμή από τον κάθε αισθητήρα.

Στην πρώτη γραφική παράσταση, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο οι αισθητήρες διαβάζουν τα δεδομένα είναι 1 δευτερόλεπτο, ενώ στη δεύτερη είναι 30 δευτερόλεπτα. Και στις δύο γραφικές παραστάσεις η διάρκεια διαβάσματος είναι 1 λεπτό.

Παρατηρήσεις πρώτης γραφικής παράστασης:

- Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού έχει τον μεγαλύτερο μέσο όρο του χρόνου που περνά για να στείλει μια ξεχωριστή τιμή και ο αισθητήρας βαρύτητας τον μικρότερο.

Παρατηρήσεις δεύτερης γραφικής παράστασης:

- Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού έχει τον μικρότερο μέσο όρο του χρόνου που περνά για να στείλει μια ξεχωριστή τιμή και ο αισθητήρας βαρύτητας τον μεγαλύτερο.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και μελλοντικές προοπτικές

7.1 Συμπεράσματα	62
7.2 Μελλοντικές προοπτικές	63

7.1 Συμπεράσματα

Σύμφωνα με την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων εκτιμήθηκαν οι πιο κάτω επιπτώσεις:

1. Όσο αυξάνεται η διάρκεια που ένας αισθητήρας διαβάζει δεδομένα τόσο πιο πολύ επηρεάζεται το επίπεδο μπαταρίας και πέφτει σε πιο χαμηλά επίπεδα.
2. Όταν πολλοί αισθητήρες λειτουργούν μαζί την ίδια ώρα, το επίπεδο μπαταρίας επηρεάζεται περισσότερο, ειδικότερα όταν το διάβασμα δεδομένων γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα.
3. Η αποστολή δεδομένων ή όχι από το smartwatch στο smartphone δεν επηρεάζει και τόσο την κατανάλωση ενέργειας.
4. Ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού ρυθμού χρειάζεται τον λιγότερο χρόνο για να στείλει τα δεδομένα μέσω Bluetooth και τον περισσότερο χρόνο για να δώσει μια ξεχωριστή τιμή. Αυτό είναι λογικό διότι ο αισθητήρας παρακολούθησης καρδιακού παλμού δεν ξεκινά να διαβάζει δεδομένα αμέσως καθώς χρειάζεται κάποιο χρονικό διάστημα για να μπορέσει να μετρήσει τους καρδιακούς παλμούς.

7.2 Μελλοντικές προοπτικές

Κατά τη διάρκεια αυτής της διατριβής αναπτύχθηκαν δύο εφαρμογές και έγιναν κάποιες μετρήσεις σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας και τον χρόνο απόκρισης.

Για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτής της διατριβής συνίσταται να γίνουν περισσότερα πειράματα, αυξάνοντας τον χρόνο διάρκειας του διαβάσματος δεδομένων από τους αισθητήρες έτσι ώστε να εντοπιστούν επιπλέον επιπτώσεις. Μπορεί επίσης να μειωθεί ή να αυξηθεί το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο αισθητήρας διαβάζει δεδομένα καθώς σε αυτή την εργασία χρησιμοποιήθηκαν μόνο δύο χρονικά διαστήματα.

Τέλος, αν υπάρχουν διαθέσιμες τότε μπορούν να χρησιμοποιηθούν διαφορετικές wearable συσκευές, οι οποίες έχουν διαφορετικούς αισθητήρες και διαφορετικούς τρόπους συλλογής δεδομένων από αυτούς. Έτσι με μια συνολική εικόνα για τις επιπτώσεις της ανάκτησης των δεδομένων από αισθητήρες wearable συσκευών στην απόδοσή τους, θα μπορούν να βρεθούν λύσεις για την ελαχιστοποίηση αυτών των επιπτώσεων.

Βιβλιογραφία

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things
- [2] http://wi.wu-wien.ac.at/rgf/diplomarbeiten/Seminararbeiten/2015/20150612_Engelbrechtsmueller_MobileProgramming.pdf
- [3] www.mdpi.com/1424-8220/16/9/1538/pdf
- [4] <https://www.wienerlinien.at/eportal3/ep/channelView.do/pageTypeId/66533/channelId/-2000622>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history
- [6] <https://en.wikipedia.org/wiki/Tizen>
- [7] https://developer.samsung.com/html/techdoc/ProgrammingGuide_Accessory.pdf
- [8] <https://developer.tizen.org/development/guides/native-application/location-and-sensors/device-sensors>
- [9] <https://gadgets.ndtv.com/samsung-galaxy-note-ii-538>
- [10] <https://www.androidcentral.com/samsung-gear-s3-specs>

Παράρτημα Α

Οδηγός χρήσης

1. Αρχικά εκκινούμε την Android εφαρμογή.
2. Επιλέγουμε, μέσω των checkboxes, τους αισθητήρες που θέλουμε να ενεργοποιήσουμε. (Εικόνα 4.1, σελίδα 26)
3. Επιλέγουμε, μέσω της λίστας επιλογής, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο θα παίρνουν δεδομένα οι επιλεγμένοι αισθητήρες. (Εικόνα 4.1, σελίδα 26)
4. Επιλέγουμε το checkbox “Send data from smartwatch” αν θέλουμε τα δεδομένα που διαβάζουν οι αισθητήρες στο smartwatch να στέλνονται στο smartphone. (Εικόνα 4.1, σελίδα 26)
5. Πατάμε το κουμπί “Start” για να ξεκινήσει και η Tizen εφαρμογή. (Εικόνα 4.4, σελίδα 29)
6. Πατάμε το κουμπί “Start” ξανά για να ξεκινήσουν να διαβάζουν δεδομένα οι αισθητήρες. (Εικόνα 4.1, σελίδα 26)
7. Τα βήματα 3, 4, 5 και 6 μπορούν να γίνουν και για κάθε αισθητήρα ξεχωριστά, μετακινώντας τις οθόνες μέσω των tabs που βρίσκονται στο πάνω μέρος. (Εικόνα 4.2, σελίδα 27)
8. Όταν πατηθεί το κουμπί “Start” για δεύτερη φορά τότε οι επιλεγμένοι αισθητήρες αρχίζουν να διαβάζουν δεδομένα και εμφανίζονται στο smartwatch μαζί με το όνομα του αισθητήρα. (Εικόνα 4.5, σελίδα 29)
9. Αν επιλεγθεί το checkbox “Send data from smartwatch” τότε τα δεδομένα που διαβάζει ο κάθε αισθητήρας εμφανίζονται στην συγκεκριμένη οθόνη. (Εικόνα 4.3, σελίδα 28)
10. Πατάμε το κουμπί “Stop” για να τερματίσουμε το διάβασμα δεδομένων και την Android εφαρμογή. (Εικόνα 4.1, σελίδα 26)