

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΦΟΡΗΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΛΕ-ΚΑΡΔΙΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΓΙΑ ΙΑΤΡΟ**

Παντελής Ανθίμου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2015

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Φορητό Σύστημα Τηλε-Καρδιολογίας – Ανάπτυξη Διαδικτυακής Εφαρμογής για Ιατρό

Παντελής Ανθίμου

Επιβλέπων Καθηγητής
Κωνσταντίνος Σ. Παττίχης

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

Μάιος 2015

Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ. Κωνσταντίνο Σ. Παττίχη, πρώτον για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αποδέχοντας να συνεργαστούμε κάτω από την επίβλεψη του, με σκοπό την ολοκλήρωση της Ατομικής Διπλωματικής μου Εργασίας, αλλά και δεύτερον για την όλη συμπαράσταση που μου έδειχνε καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου για να μπορέσω να αποφοιτήσω από το Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες, θα ήθελα να δώσω στο διδακτορικό φοιτητή Ανδρέα Παναγίδα, του οποίου τόσο η καθοδήγηση, όσο και η βοήθεια που μου έδωσε όλο αυτόν τον 1 χρόνο ήταν καθοριστική για την ολοκλήρωση αυτής της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας.

Από την κατάθεση ευχαριστιών, δεν θα μπορούσα να παραλείψω ολόκληρη την ερευνητική ομάδα του e-Health του τμήματος Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Κύπρου, ονομαστικά τους Ιωάννη Κωνσταντίνου, Ζήνωνα Αντωνίου και Άριστο Αριστοδήμου, τους οποίους ευχαριστώ για την όλη συνεισφορά τους.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, τους γονείς μου και τα αδέρφια μου, για την ψυχολογική στήριξη και τη συμπαράσταση που μου πρόσφεραν καθ' όλη την διάρκεια των 6 χρόνων σπουδών μου, αλλά και τους φίλους και συμφοιτητές μου για και την υποστήριξη, την κατανόηση και την υπομονή που μου έδειξαν στις εύκολες και τις δύσκολες στιγμές μέχρι να καταφέρω να αποκτήσω τον τίτλο σπουδών μου.

Περίληψη

Η Ατομική αυτή Διπλωματική Εργασία ασχολήθηκε με την ανάπτυξη εφαρμογής στην πλατφόρμα Google Android και την υλοποίηση ενός Web Application μέσω του Apache Tomcat. Πιο συγκεκριμένα ασχολήθηκε με τη μελέτη και την καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος από τις συσκευές Shimmer και την πλακέτα e-Health της Libelium, αφού πρώτα την εφαρμόζαμε σε Arduino Uno. Από την τελευταία πλακέτα της e-Health, είμασταν σε θέση να καταγράψουμε και άλλες βιομετρήσεις για τον ασθενή που θα αναφέρουμε και παρακάτω.

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής, δόθηκαν ορισμοί εννοιών όπως τηλεϊατρική, τηλεκαρδιολογία και ηλεκτροκαρδιογράφημα. Οργανώθηκε επίσης μια σύνταξη για τρόπο λειτουργίας της καρδιάς και του καρδιακού κύκλου και περιγράψαμε μια έτοιμη πλατφόρμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τη Fi-Star, με την οποία θα επικοινωνούσαμε για το back-end κομμάτι του συστήματος (δηλ. του ιατρού), ωστόσο προέκυψαν κάποια προβλήματα στην πορεία και καταργήθηκε η προσέγγιση αυτή. Ακολούθως, αναφέρθηκαν μερικές χρήσεις και εφαρμογές της τηλε-καρδιολογίας για να ενημερωθούμε για τις περιοχές εφαρμογής της.

Στη συνέχεια, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή Android, σκοπός της οποίας είναι η καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος χρησιμοποιώντας τις 2 ιατρικές συσκευές της Shimmer και της πλακέτας e-Health της Libelium σε συνδυασμό με το Arduino Uno. Ο ασθενής τοποθετώντας με ορθό τρόπο τα ηλεκτρόδια στο σώμα του στην περιοχή της καρδιάς, έχει την δυνατότητα να παρουσιάζει το ηλεκτροκαρδιογράφημά του και να το αποστέλλει για αποθήκευση στη βάση δεδομένων. Αναφορικά με τη συσκευή e-Health, να προσθέσουμε ότι είχαμε τη δυνατότητα μέσω της συγκεκριμένης συσκευής να καταγράφουμε, να αποθηκεύουμε και να παρουσιάζουμε επιπρόσθετες βιομετρήσεις: θερμοκρασία του σώματος, διαστολική και συστολική πίεσης, διαγωγιμότητα του δέρματος, ροή του αέρα στο σώμα, ισχύ του μυός, οξυγόνωση του αίματος και καρδιακούς παλμούς.

Με την ολοκλήρωση της υλοποίησης της Android εφαρμογής, προχωρήσαμε στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη της βάσης δεδομένων μέσω του εργαλείου MySQL. Σε αυτή τη βάση δεδομένων, δημιουργήσαμε 5 πίνακες δεδομένων για την μόνιμη αποθήκευση διαφόρων πληροφοριών του συστήματος: Doctor's Login στον οποίο κάνουμε έλεγχο για την ορθή πρόσβαση του ιατρού στη διαδικτυακή εφαρμογή, User Login στον οποίο καταγράφουμε την

ημερομηνία και την ώρα που έχει εισέλθει και εξέλθει ο χρήστης από την Android εφαρμογή, Register User στον οποίο καταγράφουμε τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή όταν αυτός κάνει λογαριασμό στην Android εφαρμογή και επιπρόσθετα, γίνεται έλεγχος ταυτοποίησης για την είσοδο του ασθενή στο σύστημα, Shimmer Measurements στον οποίο γίνεται καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος που λαμβάνουμε από τη συσκευή Shimmer με την αντίστοιχη ημερομηνία και ώρα και Arduino Measurements, στον οποίο καταγράφουμε το ηλεκτροκαρδιογράφημα και τις βιομετρήσεις που έχει αποστείλει ο ασθενής μέσω της πλακέτας e-Health και Arduino.

Έπειτα, υλοποιήθηκε και η διαδικτυακή εφαρμογή, για την παρουσίαση αποτελεσμάτων των βιομετρήσεων και του ηλεκτροκαρδιογραφήματος μαζί με τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή από τον γιατρό, όπως έχουν καταγραφεί στη βάση δεδομένων. Η ανάπτυξη της διαδικτυακής εφαρμογής έγινε με τις τεχνολογίες JavaServer Pages (JSP) και Servlets που μας παρέχονται αν τρέξουμε την εφαρμογή μας στον server Apache Tomcat 7. Παράλληλα, ο ιατρός με την ολοκλήρωση της ανάλυσης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και των βιομετρήσεων, είναι σε θέση μέσω της εφαρμογής να αποστέλλει στον ασθενή τις διαγνώσεις του και τα συμπεράσματα στα οποία έχει καταλήξει.

Κλείνοντας, έγινε κριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την προσομοίωση και παρουσιάσαμε όλες τις πιθανές οθόνες που μπορεί να βρει ο χρήστης με τη λειτουργία του συστήματος, με την ανάλογη επεξήγηση της κάθε μίας. Στο σημείο αυτό αναφέραμε και διάφορα προβλήματα που παρουσιάστηκαν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας. Τέλος, εκφράστηκαν βλέψεις για μελλοντική εργασία και προτείναμε διάφορες χρήσεις του συστήματος, σημειώνοντας ότι για την ορθή και πιο αξιόπιστη λειτουργία του, είναι αναγκαία η επίλυση των προβλημάτων που εμφανίστηκαν.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Γενική Εισαγωγή - Τηλεϊατρική	1
1.2	Στόχος Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	3
1.3	Δομή Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	4
Κεφάλαιο 2	Περιγραφή προβλήματος και ανασκόπηση βιβλιογραφίας.....	6
2.1	Τηλε-καρδιολογία	6
2.2	Η καρδιά και ο καρδιακός κύκλος	10
2.3	Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)	13
2.4	Περιγραφή του υπάρχοντος συστήματος FI-STAR	27
2.5	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας – Κλινικές εφαρμογές Τηλε-καρδιολογίας	29
Κεφάλαιο 3	Απαιτούμενη Γνώση και Τεχνολογίες.....	38
3.1	Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση Shimmer Wireless Sensor Platform	38
3.2	Απαιτούμενες γνώσεις για Shimmer Android Application	41
3.3	Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση e-Health Sensor Platform V2.0	45
3.4	Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση αισθητήρων της Libelium	48
3.5	Απαιτούμενες γνώσεις για καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος	58
3.6	Απαιτούμενες γνώσεις για γλώσσες και εργαλεία προγραμματισμού	60
Κεφάλαιο 4	Ανάλυση Απαιτήσεων και Προδιαγραφές.....	74
4.1	Εισαγωγή	74
4.2	Ανάλυση απαιτήσεων συστήματος	75
4.3	Ανάλυση προδιαγραφών συστήματος	78
Κεφάλαιο 5	Σχεδίαση Συστήματος - Υλοποίηση.....	86
5.1	Εισαγωγή	86
5.2	Βήματα Σχεδίασης και Υλοποίησης Συστήματος	87
5.3	Σχεδίαση Εφαρμογής Android	88
5.4	Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων – Server	94
5.5	Σχεδίαση Web Application	97

Κεφάλαιο 6	Αξιολόγηση Συστήματος – Αποτελέσματα – Συζήτηση.....	99
6.1	Εισαγωγή	99
6.2	Παρουσίαση Screenshots Τελικού Συστήματος	100
6.3	Αξιολόγηση Συστήματος	117
6.4	Αποτελέσματα - Συζήτηση	117
Κεφάλαιο 7	Συμπεράσματα – Μελλοντική Εργασία.....	119
7.1	Συμπεράσματα	119
7.2	Μελλοντική Εργασία	120
Βιβλιογραφία		122
Παράρτημα Α		A-1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενική Εισαγωγή - Τηλεϊατρική	1
1.2 Στόχος Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	3
1.3 Δομή Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας	4

1.1 Γενική Εισαγωγή - Τηλεϊατρική

Στον τομέα της υγείας, παρατηρείται όλο και μεγαλύτερη αύξηση στις ηλικίες του ασθενές πληθυσμού και δραματική αύξηση των ατόμων με χρόνιες ασθένειες, παράγοντας που καθιστά την μετακίνηση τους όλο και δυσκολότερη. Επίσης, το κόστος κάποιων ιατρικών μηχανημάτων έφθασε σε απαγορευτικό σημείο και η συνεχής απουσία προσωπικού σε απομονωμένες και απομακρυσμένες περιοχές οδηγεί στην αναζήτηση κάποιου κεντρικού νοσοκομείου, το οποίο θα είναι σε θέση να ανταπεξέλθει με τα απαραίτητα μέσα και υπηρεσίες. Ο συνδυασμός όλων αυτών των εξελίξεων οδήγησε στην υλοποίηση συστημάτων τηλεϊατρικής [1].

Η τηλεϊατρική θα μπορούσε να οριστεί ως: «Η χρήση τεχνολογιών επικοινωνίας και ηλεκτρονικής πληροφόρησης για την παροχή και υποστήριξη της φροντίδας υγείας όταν η απόσταση χωρίζει τους συμμετέχοντες» [2]. Γενικότερα, η τηλεϊατρική αναφέρεται στην εφαρμογή των σύγχρονων τεχνολογιών, των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής, για να προσφέρει σε ασθενείς κλινική βοήθεια από απόσταση [3]. Ένας τελευταίος ορισμός για την τηλεϊατρική, είναι αυτός που δίνει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization – WHO), σύμφωνα με τον οποίο ως τηλεϊατρική ορίζεται η παροχή υπηρεσιών από επαγγελματίες υγείας, εκεί όπου η απόσταση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας,

χρησιμοποιώντας τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών για ανταλλαγή πολύτιμων πληροφοριών για τη διάγνωση, θεραπεία, πρόληψη ασθενειών και για τη συνεχή εκπαίδευση των λειτουργών υγείας, καθώς επίσης και για την έρευνα και αξιολόγηση, αλλά και για όλα αυτά που βρίσκονται στο πεδίο ενδιαφέροντος για την αναβάθμιση των υπηρεσιών υγείας της κοινωνίας [4], [5].

Επιγραμματικά οι στόχοι της τηλεϊατρικής είναι:

- Μεταφορά της πληροφορίας, όχι του ασθενή.
- Καλύτερη πληροφόρηση προς τους ασθενείς.
- Ιατρική εμπειρογνωμοσύνη, διαθέσιμη σε όλους ανεξάρτητα από τη τοποθεσία του ασθενή.
- Μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και παραγωγικότητα των υπηρεσιών ιατρικής περίθαλψης.
- Γρηγορότερες και ασφαλέστερες αποφάσεις για θεραπεία, χάρις στη μεταφορά ιατρικών εικόνων και την εύκολη πρόσβαση στον ιατρικό φάκελο [6].

Μερικά γενικά παραδείγματα εφαρμογών τηλεϊατρικής είναι:

- Ιατρική εκπαίδευση από απόσταση γιατρών, νοσηλευτικού προσωπικού κτλ.
- Παροχή συμβουλών από απόσταση. Εδώ έχουμε ανταλλαγή συμβουλών μεταξύ γιατρών σε διαφορετικά μέρη για σοβαρές περιπτώσεις τραυμάτων και άλλες περιπτώσεις όπου απαιτείται μια δεύτερη γνώμη ή η γνώση ενός ειδικού, π.χ. επείγοντα περιστατικά.
- Διάγνωση από απόσταση από εξειδικευμένους γιατρούς για περιπτώσεις ασθενών που βρίσκονται σε τόπο όπου δεν υπάρχει γιατρός της κατάλληλης ειδικότητας [7].

Τέλος, αναφέρουμε τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τηλεϊατρικής:

- Μεγάλο ποσοστό εξοικονόμησης σε έξοδα εξέτασης, μετακίνησης, και διαχείρισης του συστήματος περίθαλψης.
- Μείωση της γεωγραφικής και φυσικής απομόνωσης ασθενών (απομακρυσμένες περιοχές, ηλικιωμένοι και ανάπηροι).
- Άμεση επικοινωνία ιατρών που βρίσκονται σε απομακρυσμένες κυρίως περιοχές, για ανταλλαγή απόψεων και αντιμετώπιση εκτάκτων περιστατικών.
- Δραστική μείωση του χρόνου επικοινωνίας μεταξύ νοσοκομείων και ιατρών.

- Δυνατότητα παροχής συμβουλών από ειδικούς του εξωτερικού που διαφορετικά δεν θα ήταν προσιτοί.
- Διευκόλυνση και αναβάθμιση της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης ιατρών.
- Ευρεία γεωγραφική κάλυψη [8],[9],[10].

1.2 Στόχος Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η υλοποίηση ενός Android Application, το οποίο θα αρχικά είχαμε σκοπό να ενσωματωθεί στη πλατφόρμα Fi-Star και θα δίνει την δυνατότητα στους ασθενείς να εξάγουν το ηλεκτροκαρδιογράφημά και τις βιομετρήσεις τους χρησιμοποιώντας συσκευές από 2 διαφορετικές εταιρείες, την Shimmer και την Libelium. Αργότερα, λόγω του ότι προέκυψαν κάποιες επιπλοκές με την υλοποίηση της Fi-Star, αποφασίστηκε να χτιστεί ένας τοπικός server με τον οποίο θα ολοκληρωθεί το back-end κομμάτι του συστήματος. Διατηρήσαμε ωστόσο κάποιες πληροφορίες για τη Fi-Star σε αυτή την ΑΔΕ, λόγω του ότι θα μπορούσε να υλοποιηθεί σε μεταγενέστερες εργασίες.

Μέσα από το Android Application, οι ασθενείς του συστήματος εκτός από το να μπορούν να βλέπουν πληροφορίες για το ηλεκτροκαρδιογράφημά τους και τις διάφορες βιομετρήσεις τους, θα μπορούν να καταγράφουν, να αποστέλλουν και να αποθηκεύουν τα δεδομένα τους χρησιμοποιώντας τον τοπικό server Apache Tomcat 7. Επιπρόσθετα οι καρδιολόγοι θα μπορούν να δουν αναλυμένα τα ECGs εφόσον θα έχουν πρόσβαση στο Web Application που θα κτιστεί επάνω στο server Apache Tomcat 7. Πιο συγκεκριμένα, θα αναλύονται τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα με ένα αλγόριθμο ανάλυσης ECGs με σκοπό τον εντοπισμό ανωμαλιών (αρρυθμίες, ταχυκαρδίες, βραδυκαρδίες) στα ηλεκτροκαρδιογραφήματα των ασθενών. Η καταγραφή των ηλεκτροκαρδιογραφημάτων και των βιομετρήσεων από τους ασθενείς θα γίνεται με ασύρματους αισθητήρες και η αποστολή τους στο server του συστήματος μέσω του android application που αναφέραμε πιο πάνω.

Μέσω της ανάπτυξης μιας τέτοιας εφαρμογής θα παρουσιαστεί σημαντικό ποσοστό μείωσης προβλημάτων, όπως για παράδειγμα τις αποστάσεις που χρειάζονται οι ασθενείς να διανύσουν μέχρι να βρεθούν σε ένα κεντρικό νοσοκομείο ή τα συνολικά έξοδα που σπαταλούν μέχρι να είναι σε θέση κάποιος γιατρός να τους συμβουλέψει.

Ο καρδιολόγος μέσα από το back-end Web Application, θα είναι σε θέση να βλέπει τις πληροφορίες που αφορούν το ιστορικό υγείας των ασθενών του, στην περίπτωσή μας τα

ηλεκτροκαρδιογραφήματά τους και τις βιομετρήσεις. Παράλληλα, θα μπορεί να επεμβαίνει σε επείγοντα περιστατικά και θα μπορεί να καθοδηγεί τον ασθενή, παρέχοντάς του την εξειδικευμένη διάγνωσή του που θα στέλνεται ηλεκτρονικά, μετά την μελέτη και ανάλυση του ηλεκτροκαρδιογραφήματός του.

Συνοψίζοντας, στόχος με το πέρας της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η δημιουργία ενός συστήματος που θα είναι σε θέση να αυτοματοποιεί διάφορες λειτουργίες για τον ασθενή, όπως είναι η καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και των βιομετρήσεών του και η αποστολή του στον επιβλέπων ιατρό. Μετέπειτα, ευελπιστούμε ότι το εργαλείο αυτό θα καταστεί απαραίτητο, εφόσον με την ευχρηστία που θα το διακατέχει, θα κάνει τη ζωή του ασθενή και του επιβλέπων ιατρού του ευκολότερη και τις διαγνώσεις που θα εξάγονται γρηγορότερες.

1.3 Δομή Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας

Η παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία θα ακολουθήσει την πιο κάτω δομή:

- Κεφάλαιο 1: Το πρώτο κεφάλαιο είναι μια εισαγωγή της διπλωματικής μου εργασίας. Εξηγεί τι είναι τηλεϊατρική, αναφέρει τους στόχους και σχετικές εφαρμογές τηλεϊατρικής καθώς επίσης και μερικά πλεονεκτήματα της τηλεϊατρικής. Τέλος, θέτει τον στόχο της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και την δομή της.
- Κεφάλαιο 2: Το δεύτερο κεφάλαιο παρέχει περιγραφή του προβλήματος που θα μελετήσουμε, περιγραφή των βασικών εννοιών της τηλε-καρδιολογίας, του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, του συστήματος Fi-Star και γίνεται αναφορά σε προηγούμενη δουλειά που έγινε στο τομέα που αναφέρεται η διπλωματική μας εργασία.
- Κεφάλαιο 3: Το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει την πρώτη φάση του κύκλου ζωής ενός συστήματος, την φάση της ανάλυσης απαιτήσεων. Ακολουθώντας, γίνετε εκτενής αναφορά στις απαιτήσεις από πλευράς ιατρών, ασθενών αλλά και συσκευών. Τέλος αναφερόμαστε στις απαιτούμενες γνώσεις και τεχνολογίες.
- Κεφάλαιο 4: Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει την δεύτερη φάση του κύκλου ζωής ενός συστήματος, την φάση της ανάλυσης προδιαγραφών. Εξηγούνται τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει η εφαρμογή και γίνεται μια εκτενής περιγραφή των λειτουργιών της.
- Κεφάλαιο 5: Το πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζει την τρίτη φάση του κύκλου ζωής ενός συστήματος, την φάση της σχεδίασης και υλοποίησης του συστήματος. Παρουσιάζει

τα βήματα που ακολουθήθηκαν για να υλοποιηθεί το σύστημα και αναφέρεται πως έγινε η αρχιτεκτονική και η αναλυτική σχεδίαση του συστήματος.

- Κεφάλαιο 6: Το έκτο κεφάλαιο παρουσιάζει κάποια screenshots από το Android Application και το Web Application, γίνεται αξιολόγηση του συστήματος, εξάγονται μερικά αποτελέσματα και γίνεται αναφορά των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν.
- Κεφάλαιο 7: Το έβδομο κεφάλαιο αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας μου. Εδώ παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας και γίνεται αναφορά σε μελλοντικές εργασίες που μπορούν να γίνουν.

Κεφάλαιο 2

Περιγραφή προβλήματος και ανασκόπηση βιβλιογραφίας

2.1 Τηλε-καρδιολογία	6
2.2 Η καρδιά και ο καρδιακός κύκλος	10
2.3 Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)	13
2.3.1 Χαρακτηριστικά φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος	14
2.3.2 Πως γίνεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα	15
2.3.3 Μέθοδοι καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος	18
2.3.4 Πως ερμηνεύεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα	19
2.3.5 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις και η συχνότητα λειτουργίας στο ηλεκτροκαρδιογράφημα	20
2.3.6 Οι τρεις διπολικές απαγωγές των άκρων	21
2.3.7 Θωρακικές (προκάρδιες) απαγωγές	25
2.3.8 Οι ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές άκρων	26
2.4 Περιγραφή του υπάρχοντος συστήματος FI-STAR	27
2.5 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας – Κλινικές εφαρμογές Τηλε-καρδιολογίας	29
2.5.1 Τηλε-καρδιολογία και οξεία στεφανιαία επεισόδια	30
2.5.2 Τηλε-καρδιολογία και κολπική μαρμαρυγή	32
2.5.3 Τηλε-καρδιολογία και καρδιακή ανεπάρκεια	33
2.5.4 Τηλε-καρδιολογία και αιφνίδιος καρδιακός θάνατος	35
2.5.5 Γενικά Συμπεράσματα	36

2.1 Τηλε-καρδιολογία

Η τηλε-καρδιολογία είναι η πρακτική της καρδιολογίας η οποία χρησιμοποιεί τις τηλεπικοινωνίες και ως εκ τούτου είναι ένα νέο εναλλακτικό και οικονομικά αποδοτικό μέσο για την παροχή των καρδιακών παθήσεων. Μια άλλη ετυμολογία δόθηκε ως η ψηφιακή

μετάδοση μεταξύ των επαγγελματιών της υγειονομικής περίθαλψης πληροφοριών που αφορούν ηλεκτροκαρδιογραφήματα, ηχοκαρδιογραφήματα, αγγειοπλαστική και παρακολούθηση της καρδιακής λειτουργίας βηματοδότη [6].

Η ιδέα της εκτέλεσης ιατρικών εξετάσεων και αξιολογήσεων με τη χρήση τηλεπικοινωνιακών δικτύων δεν είναι νέα. Λίγο μετά την εφεύρεση του τηλεφώνου, έγιναν προσπάθειες για τη μετάδοση ήχων της καρδιάς και των πνευμόνων σε ένα εκπαιδευμένο ειδικό, ο οποίος θα μπορούσε να αξιολογήσει την κατάσταση των οργάνων. Όπως αναφέραμε και πιο πάνω, το ECG, ή ηλεκτροκαρδιογράφημα, μπορεί να μεταδοθεί με τη χρήση τηλεφώνου, με ασύρματες συνδέσεις (wireless) ή ενσύρματες (wired). Ο Willem Einthoven, ο εφευρέτης του ECG, έκανε πραγματικότητα τις δοκιμές με τη μετάδοση του ECG μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το νοσοκομείο δεν του επέτρεπε να μετακινεί ασθενείς έξω από το νοσοκομείο στο εργαστήριό του για τον έλεγχο της νέας του συσκευής. Το 1906, ο Einthoven ανακάλυψε έναν τρόπο για τη μετάδοση των δεδομένων από το νοσοκομείο κατευθείαν στο εργαστήριο του [11].

Οι πρώτες εφαρμογές τηλε-καρδιολογίας εμφανίστηκαν εδώ και 70 χρόνια, χρησιμοποιώντας το τηλεφωνικό δίκτυο για την «τηλε-ακρόαση» καρδιακών ήχων και αναπνευστικών ακροαστικών ευρημάτων χρησιμοποιώντας ευαίσθητα μικρόφωνα συνδεδεμένα στο τηλεφωνικό δίκτυο. Η τηλε-καρδιολογία, ξεκίνησε να αναπτύσσεται περισσότερο την δεκαετία του 1970 όπου χρησιμοποιήθηκε το FAX για τη μετάδοση καρδιογραφικών και εγκεφαλογραφικών εκτυπώσεων μέσω τηλεφωνικού δικτύου [8].

Ένα από τα παλαιότερα και πιο γνωστά συστήματα της τηλε-καρδιολογίας (τηλε-μετάδοσης του ECG) ιδρύθηκε στην Gwalior της Ινδίας το 1975 στο GR Medical College από τους Δρ. Ajai Shanker, Δρ. S. Makhija και P.K. Mantri, χρησιμοποιώντας γηγενή τεχνική για πρώτη φορά στην Ινδία. Το σύστημα αυτό επέτρεπε την ασύρματη μετάδοση ECG από το κινούμενο ασθενοφόρο ή το σπίτι των ασθενών στον κεντρικό σταθμό του τμήματος Ιατρικής. Η μετάδοση με χρήση ασύρματου δικτύου έγινε χρησιμοποιώντας διαμόρφωση συχνότητας η οποία εξάλειψε και το θόρυβο. Η μετάδοση έγινε επίσης μέσω τηλεφωνικών γραμμών. Η έξοδος του ECG συνδέθηκε με την είσοδο του τηλεφώνου χρησιμοποιώντας έναν διαμορφωτή ο οποίος μετατρέπεται το ECG σε ήχο υψηλής συχνότητας. Στο άλλο άκρο ένας αποδιαμορφωτής επαναμετάτρεπε τον ήχο σε ECG με μια αρκετά καλή ακρίβεια. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιείται επίσης για να παρακολουθούν τους ασθενείς με βηματοδότες σε απομακρυσμένες περιοχές. Η κεντρική

μονάδα ελέγχου στο τμήμα Ιατρικής ήταν σε θέση να ερμηνεύσει σωστά την αρρυθμία. Η τεχνική αυτή βοήθησε την Ιατρική να παρέχει βοήθεια και σε απομακρυσμένες περιοχές.

Σήμερα η τηλε-καρδιολογία χρησιμοποιείται κυρίως για να μεταδίδει καρδιογραφήματα που λαμβάνονται από φορητούς και μη καρδιογράφους με 12 ακροφύσια (βεντούζες) από όπου λαμβάνεται το σήμα. Οι σταθμοί στην συνέχεια μπορούν να εγγράψουν το σήμα αυτό και να το αποστείλουν μέσω δικτύου ενσύρματου ή και ασύρματου. Στην περιοχή της τηλε-καρδιολογίας απευθύνεται και η αποστολή ηχοκαρδιογραφημάτων, καρδιακών παλμών, ηχητικών μηνυμάτων και εικόνων [8].

Για όποια εφαρμογή της τηλε-παθολογίας και αν μιλάμε, ο τυπικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μια υψηλής ευκρίνειας κάμερα συνδεδεμένη σε ένα μικροσκόπιο, ένα υπολογιστικό σταθμό ψηφιοποίησης, κωδικοποίησης και μετάδοσης εικόνας (όταν η κάμερα δεν παράγει ψηφιακά δεδομένα, δηλ. πρόκειται για αναλογική CCD κάμερα), καθώς και το υπολογιστικό σύστημα λήψης απεικόνισης και αποθήκευσης για την πλευρά του ειδικευόμενου ιατρού. Γενικά οι απαιτήσεις ενός τέτοιου συστήματος είναι:

- Multimedia βάση δεδομένων για πιθανή ανασκόπηση προηγούμενων βιοψιών: Αποτελεί μια από τις βασικότερες απαιτήσεις για ένα σύστημα τηλε-παθολογίας αφού για την εξαγωγή μιας διάγνωσης ή για την παρακολούθηση της πορείας μιας ασθένειας απαιτούνται και εικόνες που έχουν ληφθεί στο παρελθόν.
- Έγχρωμες εικόνες κατάλληλης ανάλυσης κάτι που εξαρτάται από την ισχύ του ηλεκτρονικού μικροσκοπίου: Η διάγνωση στην τηλε-παθολογία στηρίζεται στην ανάλυση της έγχρωμης εικόνας. Με 8 bit dynamic range μπορεί να παρουσιαστεί επαρκές ποσοστό πληροφορίας. Τα συστήματα απόκτησης εικόνας της τηλε-παθολογίας στηρίζονται σε βιντεοκάμερες που έχουν μη γραμμική απόκριση (gamma correction). Το φαινόμενο αυτό αντιστρέφεται στην παρουσίαση της εικόνας.
- Δυνατότητα ελέγχου του χρώματος από απόσταση: Επειδή η διάγνωση στην τηλε-παθολογία στηρίζεται πολύ στην έγχρωμη εικόνα που λαμβάνει ο εξ' αποστάσεως γιατρός, μια πιθανή αλλοίωση στο χρώμα μιας περιοχής της εικόνας από εξωγενείς παράγοντες, είναι πιθανό να έχει ως αποτέλεσμα μια λανθασμένη διάγνωση. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο στην τεχνολογία συστημάτων τηλε-παθολογίας να ενσωματωθεί και η θεωρία χρωμάτων καθώς και ο αλγόριθμος gamma correction που είναι ενσωματωμένος στις κάμερες και στις συσκευές παρουσίασης του συστήματος.
- Ελεγχόμενη δειγματοληψία: Τα διαγνωστικά λάθη εξαιτίας της λανθασμένης λήψης της εικόνας ή σημείων της εικόνας φτάνουν το 6,3 με 9%. Ο έλεγχος του

μικροσκοπίου μπορεί να γίνει με διάφορες μεθόδους. Η πιο προηγμένη από αυτές περιλαμβάνει έλεγχο του μικροσκοπίου από απόσταση κάτι το οποίο δεν είναι ούτε πολύ δύσκολο ούτε και ακριβό αφού τα περισσότερα ηλεκτρονικά μικροσκόπια έχουν μηχανισμούς χειρισμού του μικροσκοπίου. Την εικόνα που λαμβάνουμε από το μικροσκόπιο την διακρίνουμε σε low power (σχετικά χαμηλής ανάλυσης και χαμηλό zoom) και σε high power εικόνες (υψηλή ανάλυση, zoom σε κάποιες περιοχές). Η εικόνα που λαμβάνεται από το μικροσκόπιο μπορεί:

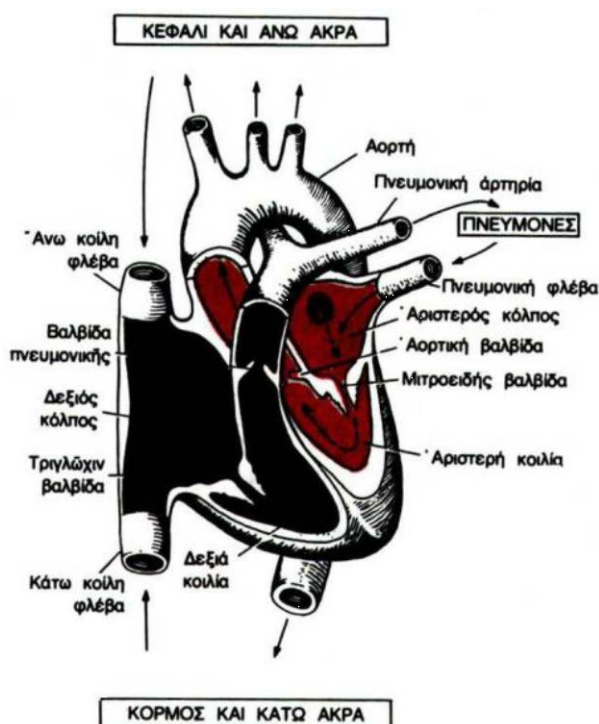
1. Να την καθορίσει ο εξ' αποστάσεως γιατρός και να λάβει high power εικόνα σε όποια περιοχή κρίνει αυτός.
 2. Να ληφθεί αυτόματα από ρομποτικό μικροσκόπιο αλλά σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να υπάρχει καθορισμός για το ποια σημεία της εικόνας έχουν ληφθεί ως high power εικόνες.
 3. Μπορούμε να λάβουμε όλα τα πεδία της εικόνας ως high power συνολικά.
 4. Μπορούμε με κάμερες υψηλής ανάλυσης να πάρουμε low power εικόνα και στην συνέχεια όπου ζητηθεί να επικεντρωθεί το ενδιαφέρον με high power εικόνα.
- Συστήματα ασφαλείας: Στις περιπτώσεις συστημάτων τηλε-παθολογίας θα πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα που λαμβάνονται σε περιπτώσεις συστημάτων τηλεϊατρικής, όπως η ψηφιακή υπογραφή, η πιστοποίηση της αποστελλόμενης - λαμβανόμενης εικόνας και ο έλεγχος από απόσταση του μικροσκοπίου.



Σχήμα 2.1.1. Διαβούλευση τηλε-καρδιολογίας. Αφού ολοκληρωθεί η αξιολόγηση, οι συστάσεις για την ιατρική φροντίδα γίνονται μέσω της τηλε-διάσκεψης τόσο για τον παιδίατρο και την οικογένεια του νεογέννητου [12].

2.2 Η καρδιά και ο καρδιακός κύκλος

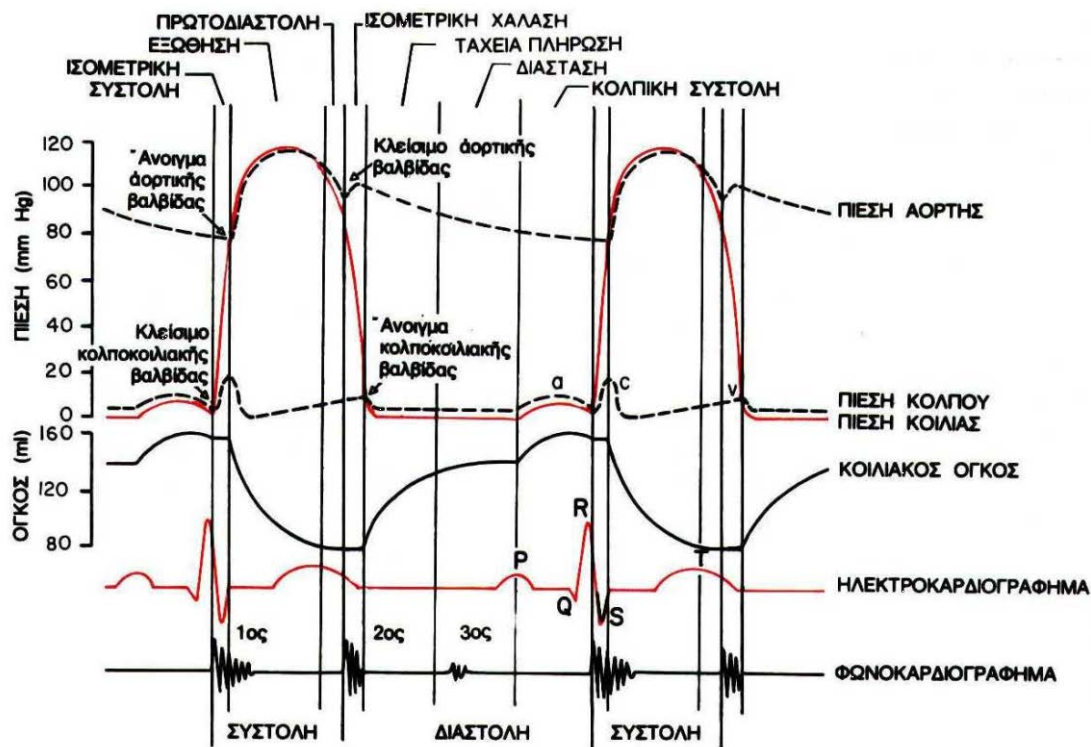
Η καρδιά είναι ένα μυϊκό όργανο τόσο σε ανθρώπους όσο και άλλα ζώα, η οποία αντλεί το αίμα μέσω των αιμοφόρων αγγείων του κυκλοφορικού συστήματος, καθιστώντας την έτσι ως το κεντρικό όργανο της κυκλοφορίας. Το αίμα παρέχει στο σώμα οξυγόνο και θρεπτικά συστατικά και επίσης βοηθά στην απομάκρυνση των μεταβολικών αποβλήτων. Η καρδιά βρίσκεται στη θωρακική κοιλότητα ανάμεσα στους δύο πνεύμονες. Περιβάλλεται από ένα υμένα από δύο φύλλα, το περικάρδιο, ενώ οι εσωτερικές της κοιλότητες καλύπτονται από μια λεπτή μεμβράνη, το ενδοκάρδιο. Ανάμεσα στο περικάρδιο και ενδοκάρδιο βρίσκεται το παχύτερο τοίχωμα της καρδιάς που ονομάζεται μυοκάρδιο και αποτελείται από δυνατές μυϊκές ίνες. Εσωτερικά ή καρδιά διαιρείται σε δύο τμήματα, ένα δεξιό και ένα αριστερό, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους με ένα μυώδες διάφραγμα που ονομάζεται μεσοκοιλιακό διάφραγμα. Καθένα από τα τμήματα αυτά αποτελείται από δύο κοιλότητες: την επάνω, που λέγεται κόλπος και την κάτω, που λέγεται κοιλία. Ο κόλπος και η κοιλία συγκοινωνούν μεταξύ τους με το λεγόμενο κολποκοιλιακό στόμιο. Η καρδιά λοιπόν χωρίζεται σε τέσσερες κοιλότητες: τον αριστερό κόλπο και την αριστερά κοιλία, τον δεξιό κόλπο και τη δεξιά κοιλία (Σχήμα 2.2.1). Η καρδιά για να επιτελέσει τη λειτουργία της σαν αντλία, πρέπει να διευρύνει τις κοιλότητές της, ώστε να γεμίσουν με αίμα και έπειτα να τις συμπίεσει, ώστε το αίμα να διοχετευθεί στις αρτηρίες.



Σχήμα 2.2.1. Ανατομική της καρδιάς και πορεία του αίματος διάμεσου των καρδιακών κοιλοτήτων [13].

Η καρδιά αποτελείται από 4 ξεχωριστές αντλίες: δύο προαντλίες, του κόλπους και δύο προωθητικές αντλίες, τις κοιλίες. Η χρονική περίοδος από το τέλος μιας συστολής της καρδιάς μέχρι το τέλος της επόμενης συστολής, ονομάζεται καρδιακός παλμός (ή καρδιακός κύκλος). Ο κάθε καρδιακός παλμός αρχίζει με την αυτόματη γένεση ενός δυναμικού ενεργείας στον φλεβόκομβο. Αυτός ο κόμβος εντοπίζεται στο πρόσθιο τμήμα του δεξιού κόλπου, κοντά στην εκβολή της άνω κοίλης φλέβας, το δε δυναμικό ενεργείας επεκτείνεται με ταχύτητα και στους δύο κόλπους, και από εκεί, μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο, προς τις κοιλίες. Όμως, εξαιτίας της ειδικής διαρρύθμισης του συστήματος αγωγής από τους κόλπους στις κοιλίες, παρατηρείται καθυστέρηση κάπως μεγαλύτερη από 1/10 sec για τη διόδο της διέγερσης από τους κόλπους στις κοιλίες. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται στους κόλπους η ευκαιρία να συστέλλονται πριν από τις κοιλίες, με αποτέλεσμα την άντληση αίματος προς τις κοιλίες πριν από την έντονη κοιλιακή συστολή. Έτσι οι κόλποι λειτουργούν σαν εναυσματικές αντλίες για τις κοιλίες, οι οποίες με τη σειρά τους παρέχουν την κύρια πηγή της δύναμης για την προώθηση του αίματος μέσα από το αγγειακό σύστημα.

Ο καρδιακός παλμός αποτελείται από μια περίοδο χαλάρωσης που ονομάζεται διαστολή, κατά τη διάρκεια της οποίας η καρδιά γεμίζει με αίμα, η οποία ακολουθείται από περίοδο σύσπασης, που ονομάζεται συστολή. Στο σχήμα 2.2.2 παριστάνονται τα διάφορα γεγονότα τα οποία λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια του καρδιακού παλμού. Στις άνω τρεις καμπύλες παριστάνονται οι μεταβολές της πίεσης μέσα στην αορτή, μέσα στην αριστερή κοιλία και μέσα στον αριστερό κόλπο αντίστοιχα. Η τέταρτη καμπύλη παριστάνει τις μεταβολές του όγκου των κοιλιών, η πέμπτη είναι το ηλεκτροκαρδιογράφημα, για το οποίο θα μιλήσουμε αναλυτικότερα στην επόμενη παράγραφο και τον τρόπο με τον οποίο συνδέεται με τον καρδιακό κύκλο και η έκτη είναι το καρδιοφωνογράφημα, το οποίο αποτελεί καταγραφή των ήχων που παράγονται από την καρδιά κατά την αντλητική της λειτουργία.



Σχήμα 2.2.2. Τα φαινόμενα του καρδιακού κύκλου, με τις μεταβολές της πίεσης στον αριστερό κόλπο, την αριστερή κοιλία και την αορτή, τις μεταβολές του όγκου των κοιλιών, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και το φωνοκαρδιογράφημα [13].

Στο ηλεκτροκαρδιογράφημα του σχήματος 2.2.2 καταγράφονται τα επάρματα (κύματα) P, QRS και T. Πρόκειται περί ηλεκτρικών δυναμικών, τα οποία παράγονται από την καρδιά και αναγράφονται με τον ηλεκτροκαρδιογράφο, από την επιφάνεια του αίματος. Το έπαρμα P προκαλείται από την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κόλπων, η οποία ακολουθείται από τη συστολή των κόλπων, με αποτέλεσμα την ελαφρά ανύψωση της καμπύλης της ενδοκοιλιακής πίεσης, αμέσως μετά το έπαρμα P. Μετά από 0,16 sec περίπου από την έναρξη του επάρματος P, εμφανίζονται τα επάρματα QRS τα οποία οφείλονται στην εκπόλωση των κοιλιών, η οποία προκαλεί την έναρξη της συστολής των κοιλιών και την ανιούσα φορά της ενδοκοιλιακής πίεσης, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 2.2.2. Κατά συνέπεια, το σύμπλεγμα QRS αρχίζει ελάχιστο χρόνο πριν από τη συστολή των κοιλιών. Τέλος, παρατηρείται στο ηλεκτροκαρδιογράφημα το κοιλιακό έπαρμα T. Αυτό αντιπροσωπεύει την περίοδο επαναπόλωσης των κοιλιών, κατά τη διάρκεια της οποίας οι μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κοιλιών αρχίζουν να χαλαρώνουν. Γι' αυτό και το έπαρμα T εμφανίζεται ελάχιστο χρονικό διάστημα πριν από το τέλος της συστολής των κοιλιών.

2.3 Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα καταγράφει την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών της παλλόμενης καρδιάς αποδίδοντας μέσω του ηλεκτροκαρδιογράφου σε ειδικό χαρτί ή ψηφιακή οθόνη, που ο οριζόντιος άξονας αντιστοιχεί σε χρόνο και ο κάθετος στο ηλεκτρικό δυναμικό, χαρακτηριστικά γραφήματα που ονομάζονται επάρματα. Κατά την επέκταση του επάρματος της διέγερσης στα διάφορα τμήματα της καρδιάς, ηλεκτρικά ρεύματα διατρέχουν τους ιστούς γύρω από την καρδιά, ένα μικρό δε μέρος από αυτά φτάνει μέχρι την επιφάνεια του αίματος. Εάν τοποθετηθούν ηλεκτρόδια πάνω στο δέρμα από τη μια και την άλλη πλευρά της καρδιάς, καθίσταται δυνατή η καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται από αυτήν. Η καμπύλη που λαμβάνεται με αυτόν τον τρόπο ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφημα.

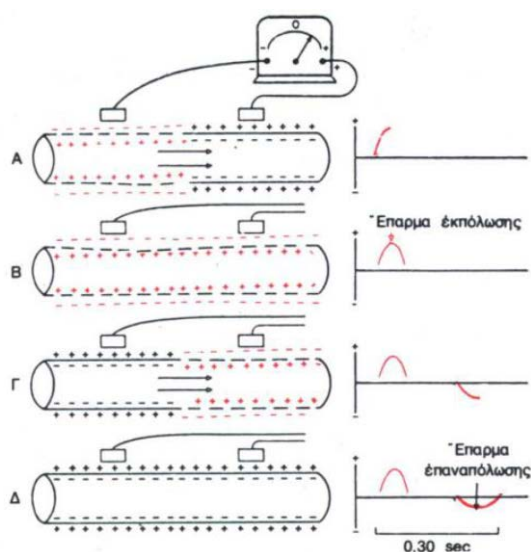
Ο Willem Einthoven ήταν αυτός που ανακάλυψε τις αρχές καταγραφής και ερμηνείας του ΗΚΓ από το 1893 κερδίζοντας το Νομπέλ ιατρικής το 1924. Με το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) μπορούμε να διαπιστώσουμε οξείες (πχ. οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου) αλλά και χρόνιες (κολπική μαρμαρυγή, καρδιακές αρρυθμίες) διαταραχές που μπορούν να αφορούν τον καρδιακό ρυθμό αλλά και την αρχιτεκτονική της καρδιάς. Το ΗΚΓ μπορεί όχι μόνο να διαπιστώσει το έμφραγμα, αλλά και την θέση εντόπισης του προβλήματος, η οποία διακρίνει το έμφραγμα σε: πρόσθιο εκτεταμένο, κατώτερο, προσθιοπλάγιο και πρόσθιο διαφραγματικό. Στην ίδια αρχή της ηλεκτροκαρδιογραφικής καταγραφής στηρίζονται και άλλες εξετάσεις της καρδιάς όπως το Holter ρυθμού και το τεστ κοπώσεως με διαφορετικές όμως ενδείξεις ως προς την διενέργειά τους. Ένα φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα, που αφορά τρεις διαδοχικούς καρδιακούς παλμούς, απεικονίζεται στο σχήμα 2.3.1.



Σχήμα 2.3.1. Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα [14]

2.3.1 Χαρακτηριστικά φυσιολογικού ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα (σχήμα 2.3.1) αποτελείται από ένα έπαρμα (κύμα) P, ένα «σύμπλεγμα QRS» και ένα έπαρμα T. Το σύμπλεγμα QRS συνήθως αποτελείται από τρία διαφορετικά επάρματα, το έπαρμα Q, το έπαρμα R και το έπαρμα S. Το έπαρμα P προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κόλπων πριν από τη συστολή τους, ενώ το σύμπλεγμα QRS προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την εκπόλωση των κοιλιών πριν από τη συστολή τους, δηλαδή, κατά την επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο των κοιλιών. Κατά συνέπεια, τόσο το έπαρμα P, όσο και τα επάρματα που αποτελούν το σύμπλεγμα QRS, είναι επάρματα εκπόλωσης. Το έπαρμα T προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα τα οποία παράγονται κατά την ανάνηψη των κοιλιών από την κατάσταση της εκπόλωσης. Η διεργασία αυτή επιτελείται στο μυοκάρδιο των κοιλιών από 0,25 ως 0,35 sec μετά την εκπόλωση, αυτό δε το έπαρμα χαρακτηρίζεται ως έπαρμα επαναπόλωσης. Δηλαδή, το ηλεκτροκαρδιογράφημα αποτελείται τόσο από επάρματα εκπόλωσης, όσο και από επάρματα επαναπόλωσης.



Σχήμα 2.3.1.1. Καταγραφή του επάρματος εκπόλωσης και του επάρματος επαναπόλωσης από μια μυϊκή ίνα μυοκαρδίου [13]

Στο σχήμα 2.3.1.1 απεικονίζεται μια μυϊκή ίνα σε τέσσερα διαφορετικά στάδια εκπόλωσης και επαναπόλωσης. Κατά τη διεργασία της «εκπόλωσης» το φυσιολογικό αρνητικό δυναμικό στο εσωτερικό της ίνας παύει να υπάρχει, το δε δυναμικό της μεμβράνης στην πραγματικότητα αντιστρέφεται, δηλαδή γίνεται ελαφρά θετικό στο εσωτερικό της ίνας, και αρνητικό στην εξωτερική της επιφάνεια.

Στο σχήμα 2.3.1.1-A, η διεργασία της εκπόλωσης, που απεικονίζεται με τα θετικά φορτία στο εσωτερικό και τα αρνητικά φορτία στην εξωτερική επιφάνεια, επεκτείνεται από τα αριστερά στα δεξιά, το δε πρώτο μισό τμήμα της ίνας έχει ήδη υποστεί εκπόλωση, ενώ το υπόλοιπο μισό διατηρεί ακόμη την πόλωσή του. Κατά συνέπεια, το αριστερό ηλεκτρόδιο πάνω στην ίνα βρίσκεται σε περιοχή αρνητικότητας όταν έρχεται σε επαφή με το εξωτερικό της ίνας, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε περιοχή θετικότητας. Αυτό καταγράφεται ως θετική απόκλιση. Στο δεξιό άκρο του σχήματος απεικονίζεται η καμπύλη του δυναμικού, όπως καταγράφεται από όργανο με μεγάλη ταχύτητα καταγραφής, όπως είναι σε αυτό το συγκεκριμένο στάδιο εκπόλωσης. Σημειώνεται ότι όταν η εκπόλωση φτάσει στο μέσο της ίνας, το καταγραφόμενο δυναμικό βρίσκεται στη μέγιστη θετική του τιμή.

Στο σχήμα 2.3.1.1-B, η εκπόλωση έχει επεκταθεί σε ολόκληρη τη μυϊκή ίνα, η δε καμπύλη προς τα δεξιά έχει επανέλθει στη μηδενική βασική γραμμή, επειδή και τα δυο ηλεκτρόδια βρίσκονται τώρα σε περιοχές ίσης αρνητικότητας μεταξύ τους. Το συμπληρωμένο αυτό έπαρμα είναι έπαρμα εκπόλωσης, γιατί προκαλείται από την επέκταση της διέγερσης σε ολόκληρο το μήκος της μυϊκής ίνας.

Στο σχήμα 2.3.1.1-Γ, απεικονίζεται η διεργασία επαναπόλωσης της μυϊκής ίνας, η οποία έχει ήδη προχωρήσει ως το μέσο της ίνας, από αριστερά προς τα δεξιά. Στο σημείο αυτό, το αριστερό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με περιοχή θετικότητας, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε περιοχή αρνητικότητας. Η πολικότητα των δυο ηλεκτροδίων είναι ακριβώς η αντίθετη από εκείνη του σχήματος 2.3.1.1-A. Γι' αυτό και η καμπύλη του δυναμικού, όπως απεικονίζεται στα δεξιά, γίνεται αρνητική.

Τελικά στο σχήμα 2.3.1.1-Δ, η μυϊκή ίνα έχει πλήρως επαναπολωθεί, και τα δυο ηλεκτρόδια βρίσκονται σε επαφή με περιοχές θετικότητας, με αποτέλεσμα να μην υφίσταται πια διαφορά δυναμικού μεταξύ τους. Έτσι, στην καμπύλη προς τα δεξιά του σχήματος, το δυναμικό επανέρχεται και πάλι σε μηδενικό επίπεδο. Το συμπληρωμένο αυτό αρνητικό έπαρμα χαρακτηρίζεται ως έπαρμα επαναπόλωσης, επειδή προκαλείται από την επέκταση της διεργασίας επαναπόλωσης πάνω στη μυϊκή ίνα.

2.3.2 Πως γίνεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα

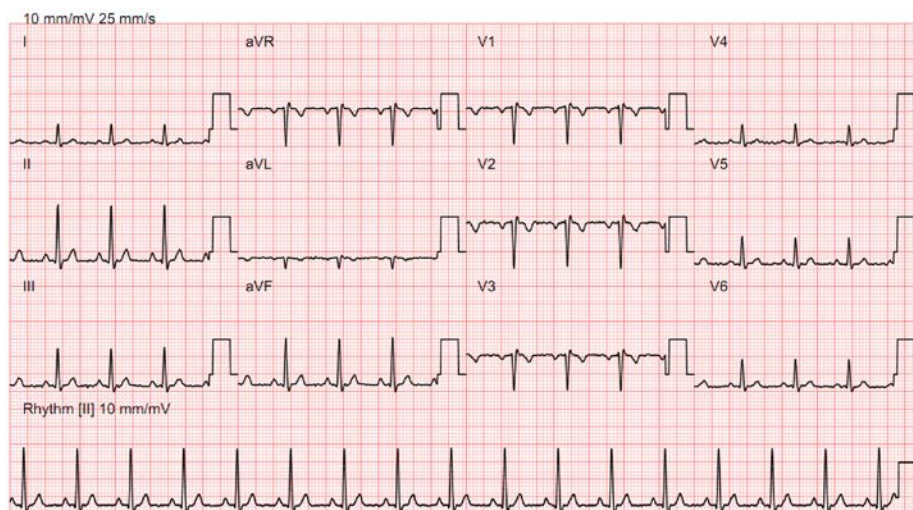
Το ηλεκτροκαρδιογράφημα γίνεται με ένα ειδικό μηχάνημα που ονομάζεται ηλεκτροκαρδιογράφος. Ο ηλεκτροκαρδιογράφος είναι ένα ευαίσθητο βολτόμετρο που

καταγράφει μέσω ηλεκτροδίων τις διαφορές δυναμικού στην επιφάνεια του σώματος που προκύπτουν κατά την λειτουργία της καρδιάς. Αποτελείται από μια κεντρική μονάδα και ένα καλώδιο με 10 ηλεκτρόδια τα οποία συνδέονται στο σώμα του εξεταζόμενου. Τα 4 πρώτα συνδέονται από ένα στα χέρια και στα ποδιά και τα υπόλοιπα 6 μπροστά στο θώρακα.



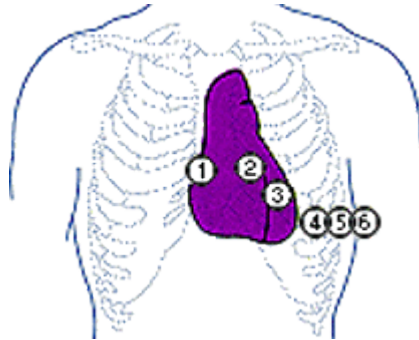
Σχήμα 2.3.2.1 Ο ηλεκτροκαρδιογράφος [15]

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα καταγράφεται από την ακίδα του ηλεκτροκαρδιογράφου πάνω σε ένα χαρτί χωρισμένο με μιλίμετρα και με ταχύτητα καταγραφής συνήθως 25mm/sec. Μερικές φορές η καταγραφή μπορεί να γίνει με μεγαλύτερες ή μικρότερες ταχύτητες.



Σχήμα 2.3.2.2. Στο ηλεκτροκαρδιογραφικό χαρτί παρουσιάζεται στον οριζόντιο άξονα ο χρόνος και στον κατακόρυφο άξονα το δυναμικό [16]

Το ΗΚΓ καταγράφεται όπως αναφέραμε σε ειδικό χαρτί. Αποτελείται από 12 απαγωγές. Οι πρώτες 6 ονομάζονται απαγωγές των ακρών (ή κλασικές) διότι καταγράφουν τα ηλεκτρικά δυναμικά που φθάνουν στα άκρα. Συμβολίζονται κατά σειρά με I, II, III, aVR, aVL, aVF. Οι υπόλοιπες 6 καταγράφουν τα ηλεκτρικά δυναμικά από την πρόσθια επιφάνεια του θώρακος και ονομάζονται προκάρδιες απαγωγές. Συμβολίζονται δε ως V1, V2, V3, V4, V5, V6.

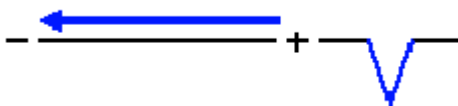


Σχήμα 2.3.2.3 Οι θέσεις των προκάρδιων επαγωγών [14]

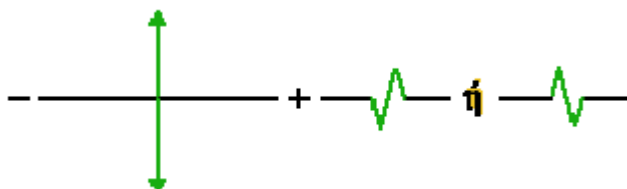
1. Όταν το κύμα εκπόλωσης οδεύει από το αρνητικό προς το θετικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου, η γραφίδα κινείται προς τα πάνω και καταγράφει θετική απόκλιση.



2. Όταν το κύμα της εκπόλωσης οδεύει από το θετικό προς το αρνητικό ηλεκτρόδιο, η κίνηση της γραφίδας είναι προς τα κάτω.



3. Όταν το κύμα εκπόλωσης επεκτείνεται κάθετα προς μια απαγωγή θα καταγραφεί διφασική απόκλιση.



2.3.3 Μέθοδοι καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Η επεξεργασία του ΗΚΓ γίνεται με σκοπό την παρουσίαση της καρδιακής δραστηριότητας με όσο το δυνατό λεπτομερέστερο σήμα. Το αντίστροφο πρόβλημα στην καρδιολογία ορίζεται ως η μέγιστη δυνατότητα εντοπισμού της ηλεκτρικής δραστηριότητας του φαινομένου που λαμβάνει χώρα τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Αν και κάτι τέτοιο είναι πολύ δύσκολο λόγω της υπερβολικής πολυπλοκότητας που παρουσιάζει το νευρικό δένδρο αγωγής της καρδιάς, μέχρι σήμερα έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί με επιτυχία αρκετά είδη καρδιογράφων που εξασφαλίζουν ικανοποιητικά την παραπάνω συνθήκη.

Το μεγαλύτερο μέρος των υπαρχόντων ηλεκτροκαρδιογράφων πραγματοποιεί ηλεκτρικές μετρήσεις στην επιφάνεια του ανθρώπινου σώματος. Ένα απλό ΗΚΓ αποτελεί από το P-QRS-T σύμπλεγμα με εύρος μόλις λίγων millivolts. Συνήθως το εύρος ζώνης ενός τέτοιου σήματος κυμαίνεται στην περιοχή 0,05-100Hz, όπου περιέχεται σχεδόν όλη η ενέργειά του. Γι' αυτό το λόγο η ψηφιοποίηση σήματος ΗΚΓ απαιτεί συχνότητα δειγματοληψίας τουλάχιστον 200 δείγματα/sec.

Το πρώτο βήμα στην επεξεργασία του ΗΚΓ είναι η αναγνώριση του R κύματος. Η αναγνώριση αυτή πραγματοποιείται με διάφορες μεθόδους συγχρονισμού συνεχόμενων R-R παλμών. Η ανάλυση του διαστήματος είναι μια πολύ χρήσιμη διαδικασία που χρησιμοποιείται πρωτίστως στην εξάλειψη του θορύβου από το σήμα. Πολύ προσπάθεια έχει γίνει στην ανάπτυξη αλγορίθμων αυτόματης επεξεργασίας του ΗΚΓ, τη συμπίεσή του και την κατάταξή του σε διακριτές τάξεις.

Σαν πιο γνωστά είδη καρδιογραφημάτων είναι τα ακόλουθα:

1. Ηλεκτροκαρδιογράφημα υψηλής συχνότητας (high frequency ECG)

Έχει διαπιστωθεί ότι η υψηλή περιοχή συχνοτήτων 100-1000 Hz περιέχει επιπρόσθετη πληροφορία της ηλεκτρικής δραστηριότητας της καρδιάς. Κυματομορφές που καλούνται notch και slurs έχουν καταγραφεί υπερτιθέμενες στο γνωστό QRS σύμπλεγμα.

2. Fetal ECG (FECG)

Το είδος αυτό αφορά στα διαφορετικά ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή του (ηλεκτρόδια με όχι λεία επιφάνεια). Το βασικότερο πρόβλημα σε αυτό το ΗΚΓ είναι οι μεγάλες παρεμβολές που υπερτίθενται στο σήμα από την ηλεκτρική δραστηριότητα μυώνων που βρίσκονται κοντά στην περιοχή της καρδιάς.

Προσαρμοζόμενα φίλτρα (adaptive filters) έχουν χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την αύξηση του λόγου σήματος προς θόρυβο, στο συγκεκριμένο είδος ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

3. His Bundle ECG (HBE).

Αυτό το ΗΚΓ γίνεται με καθετηριασμό και αφορά την απευθείας καταγραφή του ηλεκτρικού δυναμικού του His Purkinje νευρικού δένδρου. Το σήμα που καταγράφεται έχει εύρος από 1 έως 10 μV . Σήματα με τόσο μικρό εύρος απαιτούν συγχρονισμένες τεχνικές averaging για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

4. Διανυσματικά ΗΚΓ (vector ECG, VCG).

Αντί να καταγράφονται ηλεκτρικά δυναμικά από τα ηλεκτρόδια στην επιφάνεια του σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο, είναι δυνατό να καταγράφεται και να παρουσιάζεται η ηλεκτρική δραστηριότητα του ενός ηλεκτροδίου σε σχέση με την ηλεκτρική δραστηριότητα κάποιου άλλου ή κάποιου συνδυασμού άλλων ηλεκτροδίων. Έτσι, υιοθετώντας μια συγκεκριμένη τοπολογία πάνω στην επιφάνεια του σώματος για την τοποθέτηση των ηλεκτροδίων, μπορεί να μετρηθεί η προβολή του δίπολου της καρδιάς (μοντελοποίηση) στα επίπεδα (x,y), (y,z) και (x,z). Ορισμένοι γνωστοί συνδυασμοί ηλεκτροδίων είναι το Frank σύστημα συντεταγμένων, το τετράεδρο και το κυβικό διανυσματικό ηλεκτροκαρδιογράφημα.

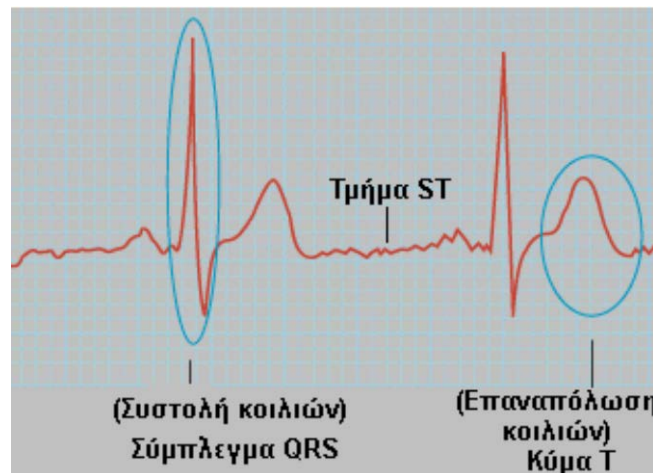
2.3.4 Πως ερμηνεύεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα

Η διέγερση των κυττάρων της καρδιάς καλείται εκπόλωση και η επαναφορά τους σε κατάσταση ηρεμίας επαναπόλωση. Το πολωμένο (διεγερμένο) κύτταρο είναι φορτισμένο θετικά στο εξωτερικό του και αρνητικά στο εσωτερικό του. Το εκπολωμένο κύτταρο είναι φορτισμένο αρνητικά στο εξωτερικό του και θετικά στο εσωτερικό του. Η πρώτη διέγερση του καρδιακού κύκλου, όπως αναφέρθηκε, παράγεται στον φλεβόκομβο. Από εκεί διαχέεται στους δύο κόλπους, που παριστάνεται στο ηλεκτροκαρδιογράφημα σαν κύμα P και μετά φθάνει στο δεμάτιο του His.



Σχήμα 2.3.4.1 Παρουσίαση της συστολής των κόλπων στο κύμα P του ΗΚΓ [14]

Ακολουθώς απλώνεται ταχέως, σε όλη την υπενδοκάρδια στοιβάδα και από εκεί στην υπεπικάρδια στοιβάδα των κοιλιών. Η πορεία της διέγερσης στις κοιλίες παριστάνεται σαν σύμπλεγμα QRS. Η πορεία της αναπόλωσης στις κοιλίες αντιστοιχεί στο κύμα T. Όταν έχει συμπληρωθεί η διέγερση των κοιλιών, αλλά δεν έχει αρχίσει η αναπόλωσή τους, εγγράφεται ισοηλεκτρική γραμμή, το τμήμα ST.



Σχήμα 2.3.4.2 Παρουσίαση της συστολής των κοιλιών στο σύμπλεγμα QRS και της επαναπόλωσης των κοιλιών στο κύμα T του ΗΚΓ [14]

2.3.5 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις και η συχνότητα λειτουργίας στο ηλεκτροκαρδιογράφημα

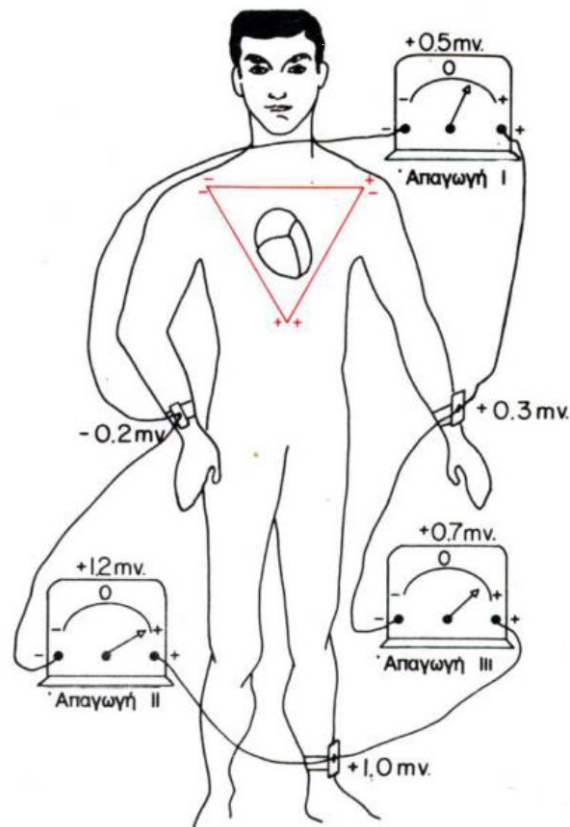
Η ηλεκτρική τάση των κυμάτων στο φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται στην επιφάνεια του σώματος. Όταν το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετείται αμέσως πάνω από την καρδιά, και το δεύτερο ηλεκτρόδιο

τοποθετείται σε κάποιο άλλο σημείο του σώματος, η ηλεκτρική τάση του συμπλέγματος QRS μπορεί να φτάνει τα 3 ή 4 mV. Αλλά ακόμη και αυτή η τάση είναι πολύ μικρή, σε σύγκριση με το μονοφασικό δυναμικό ενέργειας των 110 mV, όπως καταγράφεται, με άμεσο τρόπο, από την κυτταρική μεμβράνη μυϊκής ίνας του μυοκαρδίου. Όταν το ηλεκτροκαρδιογράφημα καταγράφεται με ηλεκτρόδια τοποθετημένα στα δυο άνω άκρα, είτε σε ένα άνω και σε ένα κάτω άκρο, η ηλεκτρική τάση του συμπλέγματος QRS είναι συνήθως 1 mV από την κορυφή του επάρματος R μέχρι το κάτω μέρος του επάρματος S. Εξάλλου η ηλεκτρική τάση του επάρματος P είναι 0,1 ως 0,3 mV και του επάρματος T από 0,2 ως 0,3 mV.

Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ του επάρματος P και της αρχής του συμπλέγματος QRS είναι ο χρόνος που παρέρχεται από την έναρξη της συστολής των κόλπων, μέχρι την έναρξη της συστολής των κοιλιών. Το χρονικό αυτό διάστημα ονομάζεται διάστημα P-Q. Στο φυσιολογικό διάστημα P-Q είναι περίπου 0,16 sec. Αυτό το διάστημα σε μερικές περιπτώσεις ονομάζεται διάστημα P-R γιατί το Q συχνά απουσιάζει. Το διάστημα Q-T. Η συστολή των κοιλιών πρακτικά διαρκεί από την αρχή του επάρματος Q μέχρι το τέλος του επάρματος T. Το χρονικό αυτό διάστημα ονομάζεται διάστημα Q-T και η φυσιολογική του διάρκεια είναι 0,35 sec.

Η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας μπορεί να καθοριστεί εύκολα από το ηλεκτροκαρδιογράφημα, γιατί το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δυο διαδοχικών καρδιακών παλμών είναι το αντίστροφο της καρδιακής συχνότητας. Εάν το χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δυο διαδοχικών καρδιακών παλμών, όπως καθορίζεται με τις γραμμές βαθμονόμησης, είναι 1 sec, η καρδιακή συχνότητα είναι 60 καρδιακοί παλμοί το λεπτό. Το φυσιολογικό χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δυο συμπλεγμάτων QRS είναι περίπου 0,83 sec. Αυτό σημαίνει ότι η καρδιακή συχνότητα σ' αυτή την περίπτωση, είναι 72 καρδιακοί παλμοί το λεπτό.

2.3.6 Οι τρεις διπολικές απαγωγές των άκρων



Σχήμα 2.3.6.1 Συμβατική διάταξη των ηλεκτροδίων για την καταγραφή των βασικών ηλεκτροκαρδιογραφικών απαγωγών. Στον θώρακα βλέπουμε το τρίγωνο του Einthoven [14]

Στο σχήμα 2.3.6.1 απεικονίζονται οι ηλεκτρικές συνδέσεις μεταξύ των άκρων και του ηλεκτροκαρδιογράφου για την καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος με τις πρότυπες διπολικές απαγωγές των άκρων. Με τον όρο «διπολικές» εννοείται ότι το ηλεκτροκαρδιογράφημα καταγράφεται από δύο ειδικά ηλεκτρόδια, τοποθετημένα στο σώμα, και σ' αυτή την περίπτωση σε άκρα. Έτσι, η «απαγωγή» δεν συνίσταται από ένα απλό καλώδιο, με το οποίο συνδέεται το σώμα με το καταγραφικό όργανο, αλλά από δύο καλώδια και από τα ηλεκτρόδια τους, για να σχηματίζεται ένα πλήρες ηλεκτρικό κύκλωμα με τον ηλεκτροκαρδιογράφο. Αν και ο πραγματικός ηλεκτροκαρδιογράφος είναι ηλεκτρονικό όργανο καταγραφής υψηλής ταχύτητας, στο σχήμα παριστάνεται ως απλό μηχανικό όργανο καταγραφής.

Απαγωγή I. Κατά την καταγραφή με την απαγωγή I, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο δεξιό άνω άκρο και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό άνω άκρο. Κατά συνέπεια, όταν το σημείο στον θώρακα όπου το δεξιό άνω άκρο συνδέεται με το σώμα είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το σημείο στο οποίο το αριστερό άνω άκρο συνδέεται με τον θώρακα, ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό έπαρμα - δηλαδή έπαρμα πάνω από την ισοηλεκτρική γραμμή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Εξάλλου, όταν η πολικότητα μεταβάλλεται, το καταγραφόμενο έπαρμα είναι αρνητικό, δηλαδή κάτω από την ισοηλεκτρική γραμμή.

Απαγωγή II. Κατά την καταγραφή με την απαγωγή II, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο δεξιό άνω άκρο και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό κάτω άκρο. Κατά συνέπεια, όταν το δεξιό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο, ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό έπαρμα.

Απαγωγή III. Κατά την καταγραφή με την απαγωγή III, το αρνητικό ηλεκτρόδιο του ηλεκτροκαρδιογράφου τοποθετείται στο αριστερό άνω άκρο, και το θετικό ηλεκτρόδιο στο αριστερό κάτω άκρο. Αυτό σημαίνει ότι ο ηλεκτροκαρδιογράφος καταγράφει θετικό έπαρμα όταν το αριστερό άνω άκρο είναι ηλεκτραρνητικό σε σχέση με το αριστερό κάτω άκρο.

Το τρίγωνο Einthoven. Στο σχήμα 2.3.6.1 υπάρχει σχεδιασμένο, γύρω από την περιοχή της καρδιάς, ένα ισόπλευρο τρίγωνο, το οποίο ονομάζεται τρίγωνο του Einthoven. Αυτό αποτελεί ένα σχεδιαγραμματικό τρόπο για να καταδειχθεί ότι τα δύο άνω άκρα και το αριστερό κάτω άκρο αποτελούν τις τρεις γωνίες τριγώνου που περιβάλλει την καρδιά. Οι δύο γωνίες στο άνω άκρο του τριγώνου παριστάνουν τα σημεία στα οποία τα δύο άνω άκρα πραγματοποιούν ηλεκτρική σύνδεση με τα υγρά που περιβάλλουν την καρδιά, η δε κάτω γωνία αποτελεί το σημείο στο οποίο το αριστερό κάτω άκρο συνδέεται με αυτά τα υγρά.

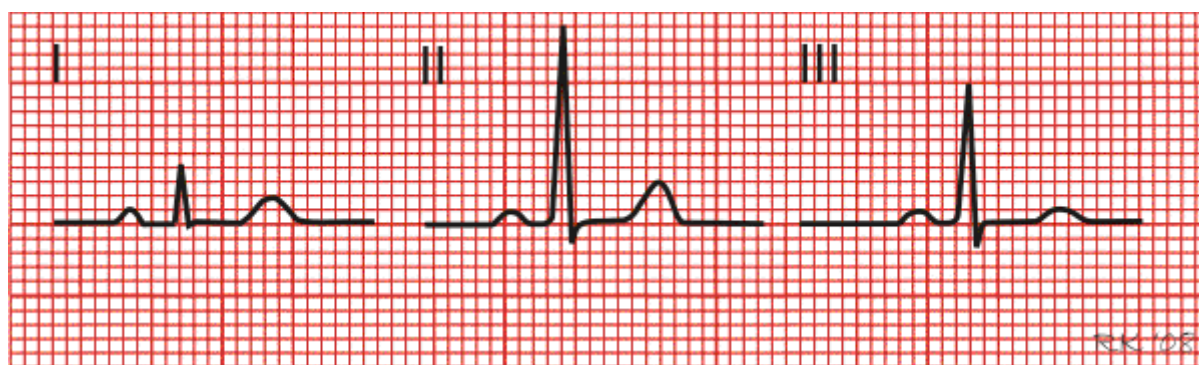
Ο νόμος του Einthoven. Κατά το νόμο του Einthoven, αν τα ηλεκτρικά δυναμικά δύο οποιωνδήποτε από τις τρεις ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές είναι γνωστά για δεδομένη χρονική στιγμή, το δυναμικό της τρίτης απαγωγής μπορεί να υπολογιστεί μαθηματικός, από τις δύο πρώτες, με την απλή άθροισή τους (σημειώνεται όμως ότι τα θετικά και τα αρνητικά σημεία των διαφόρων απαγωγών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτέλεση αυτής της άθροισης).

Για παράδειγμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.3.6.1, το δεξιό άνω άκρο είναι 0.2mV αρνητικό σε σχέση με το μέσο δυναμικό του σώματος, το αριστερό άνω άκρο είναι 0.3mV θετικό, και το αριστερό κάτω άκρο είναι 1.0mV θετικό. Από την παρατήρηση των μετρητικών οργάνων παρατηρείται ότι στην απαγωγή I καταγράφεται θετικό δυναμικό 0.5mV, γιατί αυτή είναι η διαφορά μεταξύ του -0.2mV του δεξιού άνω άκρου και του +0.3mV του αριστερού άνω άκρου. Επίσης, στην απαγωγή III καταγράφεται θετικό δυναμικό 0.7 mV ενώ στην απαγωγή

II η εγγραφή είναι θετικό δυναμικό 1.2mV γιατί αυτές είναι οι στιγμιαίες διαφορές δυναμικού μεταξύ των αντιστοίχων ζευγών άκρων.

Σημειώνεται ότι το άθροισμα των ηλεκτρικών τάσεων στις απαγωγές I και III ισούται με την τάση στην απαγωγή II. Δηλαδή, 0.5 συν 0.7 ίσο με 1.2. Μαθηματικώς, αυτή η αρχή, που ονομάζεται νόμος του Einthoven, ισχύει για κάθε χρονική στιγμή, κατά τη διάρκεια της καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Στο σχήμα 2.3.6.2 απεικονίζονται τρία ηλεκτροκαρδιογραφήματα, τα οποία λαμβάνονται συγχρόνως, με τις απαγωγές I, II και III. Από αυτό το σχήμα καθίσταται φανερό ότι τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με αυτές τις απαγωγές μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, γιατί και στα τρία, τα επάρματα P και Σ είναι θετικά, το δε μεγαλύτερο μέρος του συμπλέγματος QRS είναι επίσης θετικό σε όλες τις εγγραφές.



Σχήμα 2.3.6.2. Φυσιολογικά ΗΚΓ που καταγράφονται από τις τρεις βασικές ηλεκτροκαρδιογραφίες απαγωγές [17]

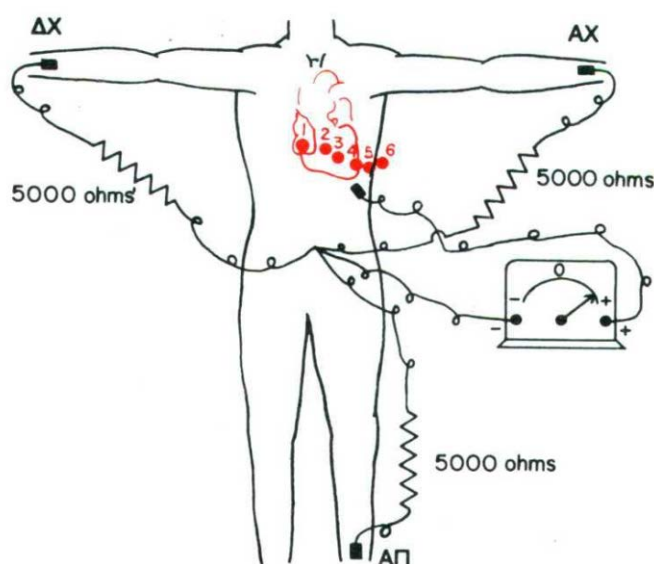
Με τη σχετική ανάλυση και των τριών ηλεκτροκαρδιογράφων, μπορεί να δειχθεί, με προσεκτικές μετρήσεις, ότι για μια οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή, το άθροισμα των δυναμικών στις απαγωγές I και III είναι ίσο με το δυναμικό στην απαγωγή II, σύμφωνα με το νόμο του Einthoven.

Επειδή τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με όλες τις διπολικές απαγωγές είναι όμοια μεταξύ τους, δεν έχει μεγάλη σημασία ποια απαγωγή χρησιμοποιείται, όταν επιδιώκεται η διάγνωση των διάφορων αρρυθμιών της καρδιάς, γιατί η διάγνωση των αρρυθμιών εξαρτάται, κατά κύριο λόγο, από τις χρονικές αλληλοσυσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων κυμάτων του καρδιακού παλμού. Από την άλλη μεριά, όταν απαιτείται η διάγνωση βλάβης στο μυοκάρδιο των κοιλιών ή των κόλπων, είτε στο σύστημα αγωγής των

διεγέρσεων, ενδιαφέρει πάρα πολύ η απαγωγή που χρησιμοποιείται, γιατί οι ανωμαλίες που εμφανίζονται στο μυοκάρδιο μεταβάλλουν τη μορφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος κατά τρόπο σημαντικό σε ορισμένες απαγωγές, χωρίς να επηρεάζονται άλλες απαγωγές. Η ηλεκτροκαρδιογραφική ερμηνεία των δύο αυτών καταστάσεων - καρδιομυοπάθειες και καρδιακές αρρυθμίες - συζητείται πιο κάτω.

2.3.7 Θωρακικές (προκάρδιες) απαγωγές

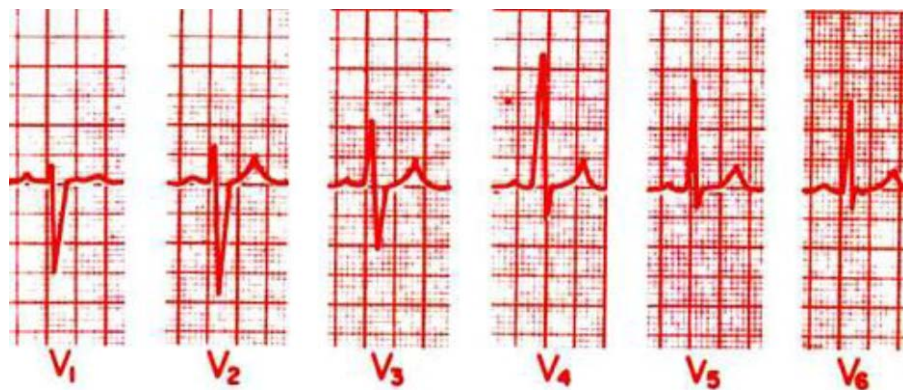
Συχνά, ηλεκτροκαρδιογραφήματα λαμβάνονται με το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στην πρόσθια επιφάνεια του θώρακα, πάνω από την καρδιά, σε ένα από τα έξι ξεχωριστά σημεία, τα οποία σημειώνονται με σκούρο χρώμα στο σχήμα 2.3.7.1. Αυτό το ηλεκτρόδιο συνδέεται με τον θετικό πόλο του ηλεκτροκαρδιογράφου, ενώ το αρνητικό ηλεκτρόδιο, που ονομάζεται αδιάφορο ηλεκτρόδιο, συνδέεται συνήθως, με την παρεμβολή ηλεκτρικών αντιστάσεων, με το δεξιό και αριστερό άνω άκρο, καθώς και με το αριστερό κάτω άκρο, όπως απεικονίζεται στο σχήμα. Συνήθως λαμβάνονται έξι διαφορετικές πρότυπες απαγωγές από το πρόσθιο θωρακικό τοίχωμα, με τη διαδοχική τοποθέτηση του θωρακικού ηλεκτροδίου στα έξι σημεία που σημειώνονται στο διάγραμμα. Τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με τη μέθοδο που απεικονίζεται στο σχήμα 2.3.7.1, φέρονται ως απαγωγές V1,V2,V3,V4,V5,V6.



Σχήμα 2.3.7.1. Συνδέσεις του σώματος με τον ηλεκτροκαρδιογράφο για την καταγραφή προκάρδιων απαγωγών [18]

Στο σχήμα 2.3.7.2 απεικονίζονται τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα φυσιολογικής καρδιάς, όπως καταγράφονται από τις έξι αυτές πρότυπες θωρακικές απαγωγές. Επειδή οι διάφορες

επιφάνειες της καρδιάς είναι πολύ κοντά στο θωρακικό τοίχωμα, με την κάθε μια θωρακική απαγωγή καταγράφεται, κατά κύριο λόγο, το ηλεκτρικό δυναμικό του μυοκαρδίου, που βρίσκεται αμέσως κάτω από το ηλεκτρόδιο. Γι' αυτό το λόγο, σχετικά μικρές ανωμαλίες στις κοιλίες, και ιδιαίτερα στο πρόσθιο κοιλιακό τοίχωμα, συχνά προκαλούν εκσεσημασμένες αλλοιώσεις στα ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με τις προκάρδιες απαγωγές.

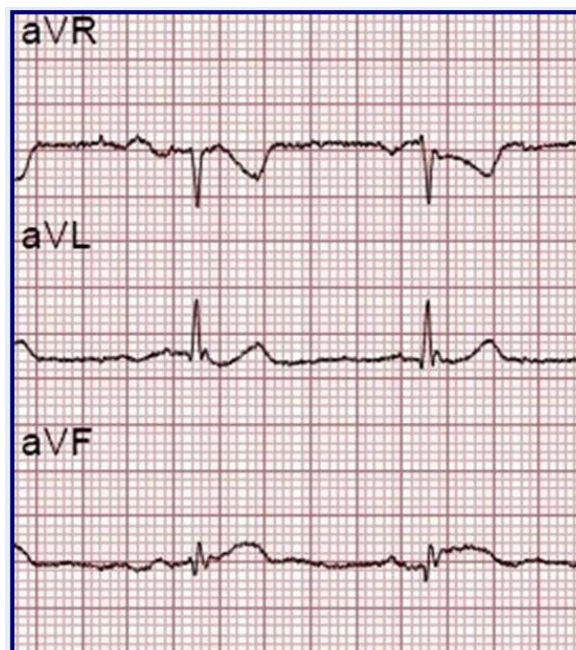


Σχήμα 2.3.7.2. Φυσιολογικά ΗΚΓ των έξι τυπικών προκάρδιων απαγωγών [18]

Στις απαγωγές V1 και V2, το σύμπλεγμα QRS της φυσιολογικής καρδιάς είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος του αρνητικό, γιατί, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 2.3.7.1, στις απαγωγές αυτές το θωρακικό ηλεκτρόδιο είναι πλησιέστερα στη βάση μάλλον παρά στην κορυφή της καρδιάς, προς την οποία βάση είναι η κατεύθυνση της ηλεκτραρνητικότητας κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου μέρους της διεργασίας της εκπόλωσης των κοιλιών. Αντίθετα, το σύμπλεγμα QRS στις απαγωγές V4, V5 και V6 είναι, κατά το μεγαλύτερο μέρος του θετικό, γιατί το θωρακικό ηλεκτρόδιο σ' αυτές τις απαγωγές είναι πλησιέστερα προς την κορυφή της καρδιάς, προς την κατεύθυνση της οποίας παρατηρείται ηλεκτροθετικότητα κατά το μεγαλύτερο μέρος της διάρκειας της διεργασίας εκπόλωσης των κοιλιών.

2.3.8 Οι ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές άκρων

Ένα άλλο σύστημα απαγωγών σε ευρεία χρήση είναι η «ενισχυμένη μονοπολική απαγωγή άκρου». Στην απαγωγή αυτού του τύπου, δύο άκρα συνδέονται, με την παρεμβολή ηλεκτρικών αντιστάσεων, με τον αρνητικό πόλο του ηλεκτροκαρδιογράφου, ενώ το τρίτο άκρο συνδέεται με τον θετικό πόλο. Όταν το θετικό ηλεκτρόδιο συνδέεται με δεξιό άνω άκρο, η απαγωγή ονομάζεται aVR, όταν συνδέεται με το αριστερό άνω άκρο, ονομάζεται απαγωγή aVL και όταν συνδέεται με το αριστερό κάτω άκρο, ονομάζεται απαγωγή aVF.



Σχήμα 2.3.8.1. Φυσιολογικά ΗΚΓ όπως λαμβάνονται με τις τρεις ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές των άκρων [18]

Τα φυσιολογικά ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με τις ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές των άκρων, απεικονίζονται στο σχήμα 2.3.8.1. Όλα είναι όμοια με εκείνα των κλασσικών διπολικών απαγωγών των άκρων, εκτός από την απαγωγή aVR, στην οποία το ηλεκτροκαρδιογράφημα είναι αντεστραμμένο.

2.4 Περιγραφή του υπάρχοντος συστήματος FI-STAR

Τα τελευταία χρόνια έχουμε γίνει μάρτυρες της προώθησης του cloud computing ως παράδειγμα για να προσφέρουν εικονικούς πόρους για τους καθημερινούς χρήστες που βασίζονται σε ένα μοντέλο προβλέψεων pay-on-demand. Η συλλογή των υπηρεσιών περιλαμβάνει τη διαχείριση του υλικού, λογισμικού, πλατφόρμες καθώς και τη χρησιμοποίηση συσκευών «Ιντερνετ των πραγμάτων» (IoT) για τη συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες. Σε πολλές περιπτώσεις, αυτό έχει αποδειχθεί ότι είναι μια νέα προσέγγιση όσον αφορά την ελαχιστοποίηση των λειτουργικών δαπανών, ενώ αυξάνει την ελαστικότητα, αλλά όχι στον τομέα της υγείας. Λόγω των προτύπων, κανονισμών και συστάσεων, όπως η εθνική νομοθεσία, τα πρότυπα ISO, υπάρχουν αυστηροί περιορισμοί για τη μεταφορά δεδομένων, την αποθήκευση, τη συγκέντρωση και την ανάλυση. Σε αντίθεση, το cloud computing συνήθως θεωρείται να στηρίζεται στην εξ αποστάσεως παρακολούθηση και πιο ουσιαστικά υποθέτει ότι η διαχείριση των δεδομένων συμβαίνει σε απομακρυσμένες

περιοχές. Αυτό έχει γίνει ένα εμπόδιο όσον αφορά τη διάδοση των λύσεων cloud στον τομέα της υγείας.

Για να ξεπεραστούν τα υπάρχοντα ζητήματα διακυβέρνησης, το project Future Internet Social and Technological Alignment Research (FI-STAR), επιχειρεί να εντοπίσει το κατάλληλο λογισμικό για τις λύσεις δεδομένων που βασίζονται στην τεχνολογία Generic Enablers (GEs), για τη δημιουργία πρώτων δοκιμών στον τομέα της υγείας και για να προετοιμάσει το ρόλο έξω από την τεχνολογία μέσα στη φάση III της FI-PPP (Future Internet Public-Private Partnership). Συγκεκριμένα, με βάση το [19], στόχος της FI-STAR είναι να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο που επιτρέπει στους GEs να παραδίνονται σε διαφορετικές φυσικές τοποθεσίες. Ο πάροχος υπηρεσιών cloud θα διαχειρίζεται και θα αναβαθμίζει τους GEs κατόπιν αιτήματος από τον καταναλωτή. Οι Generic Enablers (GEs) θεωρούνται ως μονάδες λογισμικού που προσφέρουν διάφορες λειτουργίες μαζί με τα πρωτόκολλα και διεπαφές για τη λειτουργία και την επικοινωνία. Αυτές περιλαμβάνουν τη διαχείριση cloud για την εποπτεία της υποκείμενης υποδομής, την αξιοποίηση των διαφόρων συσκευών IoT για τη συλλογή στοιχείων και την παροχή των APIs (π.χ. εργαλεία για ανάλυση δεδομένων) και διεπαφές επικοινωνίας (π.χ. πύλες, μηνύματα κλπ). Θα πρέπει να αναφερθεί ότι οι GEs παρέχονται από τη FI-WARE [20] και αποθηκεύονται σε έναν δημόσιο κατάλογο, έτσι οι προγραμματιστές θα μπορούν εύκολα να αναζητήσουν και να επιλέξουν τα κατάλληλα APIs για να χρησιμοποιήσουν.

Το λογισμικό για το μοντέλο δεδομένων cloud έχει περιγραφεί ως μια αναδυόμενη προσέγγιση που πρέπει να διερευνηθεί, όπως αναφέρεται στην έκθεση του 2010 «EC cloud» [19]. Αυτό θεωρείται ως μέρος του παραδείγματος intercloud που έρχεται να διευρύνει την ικανότητα cloud και να επιτρέψει στους παρόχους cloud να ανταλλάξουν τις υπηρεσίες. Δεδομένου ότι τα APIs υγειονομικής περίθαλψης έχουν χαρακτηριστεί ως μερικοί από τους πολύ ανθεκτικούς τομείς ώστε να φιλοξενοούνται σε δημόσια cloud, η προσέγγιση αντίστροφη υπηρεσία αναδεικνύει νέες απαιτήσεις, λόγω της μετάβασης σε νέες, πιο κατάλληλες προσεγγίσεις όπως τη στρατηγική Open Enabled Hybrid Cloud.

Η όλη ιδέα της FI-STAR, εμπνεύστηκε από τις δυνατότητες της εφαρμογής υβριδικών στρατηγικών cloud στον τομέα της υγείας. Αυτή η προσέγγιση θα επιτρέψει την προσαρμογή των νέων προτύπων και θα προσφέρει νέες ευκαιρίες για τους παρόχους cloud, τους επιχειρηματίες ιστού και των μικρό-μεσαίων επιχειρήσεων για να εμπορεύονται τα προϊόντα και τις υπηρεσίες τους. Από την άλλη πλευρά, οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης θα είναι

σε θέση να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητά τους, αφού πλέον θα βασίζονται σε επαναχρησιμοποιήσιμα αρθρωτή αρχιτεκτονική (Generic Enablers). Η αντίστροφη λογική cloud θα προσφέρει το απαιτούμενο πλαίσιο (το Public Cloud) να επιτρέψει στους Generic Enablers να κινηθούν στους χώρους των πελατών και να φιλοξενηθούν σε ένα Private Cloud. Λόγω της κοινωνικοοικονομικής σημασίας της υγειονομικής περίθαλψης σε οικονομίες σε παγκόσμιο επίπεδο, η διερεύνηση τέτοιων σεναρίων έχουν νόημα. Ως εκ τούτου, η FI-WARE έχει να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο ως πάροχος των χρηστών GEs και του οδηγού της συνεχούς ανάπτυξης περαιτέρω GEs με σκοπό να επεκτείνει τον κατάλογο με τους GEs. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούμε να επωφεληθούμε από τα οφέλη του cloud, ενώ ταυτόχρονα, θα ελαχιστοποιηθούν κύρια μειονεκτήματα του που σχετίζονται με την προστασία, την ασφάλεια και την ελαστική διαχείριση [19].

Πιο αναλυτικά, το λογισμικό FI-STAR για το μοντέλο δεδομένων cloud, αποτελείται από ένα πάροχο που προσφέρει πιστοποιημένα GEs, τον καταναλωτή που προσαρμόζει τα GEs που παίρνει από τον πάροχο και το κατάστημα εφαρμογών για την τιμολόγηση και λογιστικούς λόγους. Αυτό θα εξασφαλίσει ότι τα προσωπικά δεδομένα δεν θα πρέπει να μεταφερθούν σε ένα δημόσιο cloud. Με την μελέτη αυτού του συστήματος και την πλήρη κατανόηση όλων των λειτουργιών του, θα μπορέσουμε να προσαρμόσουμε τις προσωπικές πληροφορίες του ασθενή, όπως τις έχουμε παραλάβει από το android application και να φτιάξουμε ένα κομμάτι (module), ένα υποσύστημα το οποίο θα ενώσουμε στη συνέχεια με το υπάρχον σύστημα. Το υποσύστημα που θα φτιάξουμε θα αφορά την αποστολή, αποθήκευση και προβολή ηλεκτροκαρδιογραφήματος μέσα από την εν λόγω διαδικτυακή εφαρμογή τόσο από την πλευρά του ασθενή, όσο και από την πλευρά του επιβλέπων γιατρού.

2.5 Ανασκόπηση βιβλιογραφίας – Κλινικές εφαρμογές Τηλε-καρδιολογίας

Οι εφαρμογές της Τηλε-καρδιολογίας μπορούν να διακριθούν σε:

- προνοσοκομειακές, με κύριο στόχο την έγκαιρη διάγνωση οξέων συμβάντων, όπως του οξέος εμφράγματος ή επικίνδυνων αρρυθμιών και τη μετάδοση αυτής της πληροφορίας στους ειδικούς πριν από την άφιξη του ασθενούς στο νοσοκομειακό κέντρο,
- ενδονοσοκομειακές, με σκοπό τη συγχρονισμένη ενέργεια μεταξύ μικρών μονάδων υγείας και του κύριου νοσοκομειακού κέντρου για την εξειδικευμένη διαγνωστική

και θεραπευτική προσέγγιση του ασθενούς, όπως την πραγματοποίηση επείγουσας τηλε-υπερηχογράφησης και

- μετανοσοκομειακές, που περιλαμβάνουν την τηλεδιάσκεψη μεταξύ γενικών ιατρών και των ειδικών καρδιολόγων και την κατ' οίκον ιατρική παρακολούθηση των χρόνιων καρδιακών παθήσεων, καθώς και των αρρυθμιών.

Η Τηλε-καρδιολογία αποτελεί σημαντικό διαγνωστικό μέσο επειδή προσφέρει παρόχους περιλαμβάνει την ανάγκη ανάπτυξης μιας περιοχής πρόσβασης για τους ασθενείς μέσω της οποίας να μπορεί να:

- παρασχεθεί πρόσβαση στον τοπικό πληθυσμό,
- παρασχεθούν εξειδικευμένες υπηρεσίες μέσω αυτής της περιοχής πρόσβασης με ένα συνεργατικό τρόπο,
- ενδυναμωθεί η συμμετοχή των ασθενών με βάση την ενημέρωσή τους για τις διαθέσιμες υπηρεσίες και για την ποιότητα αυτών των υπηρεσιών,
- μειωθούν οι μη χρήσιμες μεταφορές σε τριτογενείς παρόχους φροντίδας,
- παρασχεθεί υποστήριξη στους ιατρούς και
- αυξηθεί η χρήση των τοπικών βοηθητικών υπηρεσιών.

2.5.1 Τηλε-καρδιολογία και οξέα στεφανιαία επεισόδια [21]

Η στεφανιαία νόσος παραμένει η κυρία αιτία θνητότητας και νοσηρότητας στις αναπτυγμένες χώρες. Στις ευρωπαϊκές χώρες αποτελεί την κύρια αιτία θανάτου σε άνδρες ηλικίας >45 ετών και σε γυναίκες >65 ετών, ενώ στις ΗΠΑ αριθμεί 640.000 θανάτους ανά έτος. Παγκοσμίως, περίπου 7,2 εκατομμύρια ατόμων πεθαίνουν κάθε χρόνο από στεφανιαία νόσο, περισσότεροι ακόμη και από αυτούς που πεθαίνουν από καρκίνο και λοιμώξεις. Η ταχεία διενέργεια αγγειοπλαστικής σε ασθενείς με έμφραγμα του μυοκαρδίου είναι καθοριστικός παράγοντας για την επιβίωσή τους και επιπρόσθετα βελτιώνει την ποιότητα ζωής των ασθενών που διασώζονται γιατί επιτυγχάνεται μικρότερης έκτασης νέκρωση του μυοκαρδίου.

Η Τηλε-καρδιολογία συνεισφέρει στην έγκαιρη διάγνωση των οξέων στεφανιαίων επεισοδίων, με αποτέλεσμα να μειώνει το χρόνο έναρξης αντιμετώπισής τους, συμβάλλοντας κατ' αυτόν τον τρόπο σημαντικά στην επιβίωση των ασθενών. Οι Schwaab et al. αξιολόγησαν τη διαγνωστική ευαισθησία και ειδικότητα της μετάδοσης μέσω τηλεφωνικής γραμμής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος 12 απαγωγών (Tele-ECG, model CG-7100, Card Guard) σε 130 ασθενείς με ισχαιμικά επεισόδια του μυοκαρδίου. Η μετάδοση του

ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ) αξιολογήθηκε από δύο καρδιολόγους και έναν παθολόγο και συγκρίθηκε με το συμβατικό ηλεκτροκαρδιογράφημα που διενεργήθηκε την ίδια χρονική στιγμή του ισχαιμικού επεισοδίου. Στο 98% των ασθενών, η ποιότητα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος ήταν κατάλληλη για την αξιολόγησή του, ενώ ο συσχετισμός μεταξύ των δύο τύπων ηλεκτροκαρδιογραφήματος όσον αφορά στην εντόπιση αρνητικών κυμάτων T, μεταβολών του διαστήματος ST, στοιχείων παλαιού εμφράγματος, καθώς και επιτυχούς διάγνωσης οξέος εμφράγματος του μυοκαρδίου με ανάσπαση ST (STEMI) ήταν πολύ υψηλός.

Σε μια ανάλογη μελέτη, οι Mischke et al. διερεύνησαν τη διαγνωστική αξιοπιστία της μετάδοσης ηλεκτροκαρδιογραφήματος μέσω τηλεφωνικής γραμμής σε 37 ασθενείς με έμφραγμα του μυοκαρδίου και ανάσπαση του ST. Ο συσχετισμός μεταξύ των δύο τύπων ηλεκτροκαρδιογραφήματος ήταν 96% στις απαγωγές των άκρων και 88% στις προκάρδιες απαγωγές, ενώ δεν παρουσιάστηκαν εσφαλμένες θετικές διαγνώσεις της ανάσπασης ST στις περιπτώσεις μετάδοσης ΗΚΓ.

Στη μελέτη TeleGuard, που εφαρμόστηκε στη Γερμανία, επιστρατεύτηκαν 11 νοσοκομειακές μονάδες και 1.500 ασθενείς με στεφανιαία νόσο, οι οποίοι χωρίστηκαν σε ομάδα τηλε-παρακολούθησης (752 ασθενείς) και ομάδα συνήθους παρακολούθησης (748 ασθενείς). Οι ασθενείς είχαν τη δυνατότητα να καταγράψουν και να μεταδώσουν ΗΚΓ 12 απαγωγών και οποιαδήποτε στιγμή, επί παρουσία συμπτωμάτων, να καλέσουν και να συμβουλευτούν το ιατρικό κέντρο. Σε χρονικό διάστημα 12 μηνών, το 23% των ασθενών υπό τηλε-παρακολούθηση επικοινωνήσε με το ιατρικό κέντρο, ενώ το συχνότερο αναφερόμενο σύμπτωμα ήταν το προκάρδιο άλγος. Το 23% των κλήσεων πραγματοποιήθηκε μέσα στην πρώτη ώρα από την έναρξη των συμπτωμάτων, ενώ το 12% στο μετέπειτα χρονικό διάστημα. Το 24% των ΗΚΓ που μεταδόθηκαν στο κέντρο παρουσίασε παθολογικά ευρήματα. Οι 157 ασθενείς (21%) εμφάνισαν έμφραγμα του μυοκαρδίου ή οδηγήθηκαν σε τεχνική επαναιμάτωσης, ενώ το ποσοστό ήταν υψηλότερο στο σύνολο των ασθενών υπό τηλε-παρακολούθηση σε σχέση με εκείνους σε συνήθη παρακολούθηση (35% έναντι 17%, αντίστοιχα).

Στο σημείο αυτό αξίζει να γίνει αναφορά και στην πενταετή μελέτη ST SMART Study (Synthesized Twelve-lead ST Monitoring and Real-time Teleelectrocardiography), που διεξήχθη στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ και ολοκληρώθηκε το 2008. Η μελέτη αυτή είχε ως σκοπό την παρακολούθηση του διαστήματος ST του ΗΚΓ σε ασθενείς με οξύ στεφανιαίο

επεισόδιο και τη μετάδοσή του μέσω τηλε-ηλεκτροκαρδιογραφίας από το ασθενοφόρο στο νοσοκομειακό κέντρο. Η μέση χρονική διάρκεια από την πρώτη καταγραφή και μετάδοση της ανάσπασης ST στο ασθενοφόρο έως την έναρξη αγγειοπλαστικής στο νοσοκομείο ήταν 83 λεπτά, ενώ για τους ασθενείς που δεν χρησιμοποιήθηκε τηλε-παρακολούθηση ήταν 160 λεπτά. Επί πλέον, ένα μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών με οξύ στεφανιαίο επεισόδιο παρουσίασε αρρυθμίες (30,3%) σε σχέση με τους ασθενείς που ελέγχθηκαν ηλεκτροκαρδιογραφικά μετά την άφιξή τους στο νοσοκομείο (26,5%). Η έγκαιρη καταγραφή και μετάδοση των μεταβολών του διαστήματος ST οδήγησε στην άμεση έναρξη της διενέργειας αγγειοπλαστικής σε ασθενείς με οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου και αύξησε την επιβίωσή τους.

Η μετάδοση ΗΚΓ αποτελεί μέθοδο μεγάλης διαγνωστικής αξίας, επιταχύνει τη λήψη αποφάσεων από τους ειδικούς και συμβάλλει στην αποτελεσματική και ταχεία αντιμετώπιση των οξέων στεφανιαίων επεισοδίων. Η Τηλε-καρδιολογία, κατά συνέπεια, μειώνει τις επιπτώσεις του ισχαιμικού επεισοδίου στο μυοκαρδιακό ιστό και την καρδιακή λειτουργία, με τελικό στόχο την αύξηση της επιβίωσης των ασθενών αλλά και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των επιζώντων.

2.5.2 Τηλε-καρδιολογία και κολπική μαρμαρυγή [21]

Η κολπική μαρμαρυγή είναι από τις πλέον γνωστές ταχυ-αρρυθμίες και συχνά αποτελεί τυχαίο εύρημα σε απουσία γνωστής καρδιακής νόσου. Αν και δεν υπάρχουν ακριβή επιδημιολογικά στοιχεία, η συχνότητα εμφάνισης της κολπικής μαρμαρυγής σε άτομα μέχρι την ηλικία των 50 ετών εκτιμάται περίπου στο 1% του γενικού πληθυσμού και διευρύνεται όσο αυξάνει και η ηλικία.

Σε μια μεγάλη μελέτη που εκπονήθηκε στον ιταλικό πληθυσμό με σκοπό τη διερεύνηση της κολπικής μαρμαρυγής, επιστρατεύτηκαν 655 γενικοί ιατροί για χρονικό διάστημα 10 μηνών το 2001. Η κολπική μαρμαρυγή εντοπίστηκε σε 719 ασθενείς (9%), από τους οποίους οι 448 παρουσίαζαν χρόνιας μορφή κολπική μαρμαρυγή, ενώ για τους 271 αποτελούσε πρώτο επεισόδιο. Στις περιπτώσεις χρόνιας κολπικής μαρμαρυγής η τηλε-διάσκεψη μεταξύ των γενικών ιατρών και του εξειδικευμένου προσωπικού είχε ως αποτέλεσμα στο 34,5% των ασθενών να μην ακολουθηθεί περαιτέρω αντιμετώπιση, στο 43,5% να πραγματοποιηθούν αλλαγές στη φαρμακευτική αγωγή, στο 10,5% να οδηγηθεί σε νοσοκομειακή υποστήριξη και στο 10,5% να ζητηθούν συμπληρωματικές διαγνωστικές εξετάσεις. Στις περιπτώσεις

πρωτοεμφανιζόμενου επεισοδίου κολπικής μαρμαρυγής, το 46,9% των ασθενών οδηγήθηκε σε τμήματα επειγόντων περιστατικών, το 39,1% πραγματοποίησε αλλαγές στη φαρμακευτική αγωγή, ενώ για το 7,5% ζητήθηκαν περαιτέρω διαγνωστικές εξετάσεις.

Η μελέτη EPI-MEDICS, που εφαρμόστηκε στη Γαλλία, στη Σουηδία και στην Ιταλία για το χρονικό διάστημα 2001–2004, χρησιμοποίησε φορητή συσκευή καταγραφής ΗΚΓ (Personal ECG Monitor, PEM) τριών απαγωγών (I, II, V2) και μετάδοση μέσω κινητού τηλεφώνου σε κέντρο λήψης και καταγραφής του ηλεκτρονικού ιατρικού φακέλου του ασθενούς, με σκοπό την άμεση διάγνωση αρρυθμιών. Ένα τμήμα της μελέτης πραγματοποιήθηκε στη Λυών της Γαλλίας, όπου και συμπεριλήφθηκαν 50 ασθενείς σε κατ' οίκον παρακολούθηση αρρυθμιολογικών επεισοδίων. Η μέση καταγραφή ήταν περίπου $12 \pm 6,1$ ΗΚΓ για κάθε ασθενή και το 97% των δειγμάτων ήταν κατάλληλο για αξιολόγηση. Το 20% των ασθενών παρουσίασε επεισόδια παροξυσμικής αρρυθμίας, όπως υπερκοιλιακή ταχυκαρδία, κολπική μαρμαρυγή και πτερυγισμό, ενώ για ορισμένους ασθενείς που συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη λόγω αισθήματος παλμών η τηλε-παρακολούθηση αποτέλεσε την πρώτη διαγνωστική προσέγγιση του αρρυθμιολογικού επεισοδίου.

Η Τηλε-καρδιολογία μπορεί να αποτελέσει εξατομικευμένο πρόγραμμα παρακολούθησης και αντιμετώπισης των ασθενών με χρόνια κολπική μαρμαρυγή και επί πλέον να βοηθήσει σημαντικά στην ανεύρεση και στη διαχείριση των ασθενών με πρωτοεμφανιζόμενο αρρυθμιολογικό επεισόδιο.

2.5.3 Τηλε-καρδιολογία και καρδιακή ανεπάρκεια [21]

Στις αναπτυγμένες χώρες, η επίπτωση της καρδιακής ανεπάρκειας κυμαίνεται σε ποσοστά 0,3–2% στο γενικό πληθυσμό και στο 8–16% σε πληθυσμό ηλικίας >75 ετών. Σύμφωνα με τη μελέτη Framingham, υπάρχει σαφής εκθετική σχέση μεταξύ της ηλικίας και της επίπτωσης της καρδιακής ανεπάρκειας. Η συνεχής γήρανση του πληθυσμού συμπαρασύρει σε περαιτέρω αύξηση και την επίπτωση της καρδιακής ανεπάρκειας. Εάν στα παραπάνω προστεθεί η μεγάλη νοσηρότητα (αναφέρονται έως και 45 νοσοκομειακές εισαγωγές ετήσια ανά 100 πάσχοντες από καρδιακή ανεπάρκεια) και η υψηλή θνητότητα (50% για την πενταετία, όση και η μέση θνητότητα των κακοήθων νοσημάτων) γίνεται αντιληπτό γιατί η καρδιακή ανεπάρκεια αποτελεί μείζον ιατρικό-κοινωνικό-οικονομικό πρόβλημα. Η αξιολόγηση της ποιότητας ζωής αποτελεί σχετικά νέα επιστημονική μέτρηση της

αποτελεσματικότητας των ιατρικών και των νοσηλευτικών παρεμβάσεων, καθώς και της πορείας της νόσου.

Οι Scalvini et al. στη μελέτη Boario Home Care που διεξήχθη στη Λομβαρδία της Ιταλίας ερεύνησαν τη χρησιμότητα της Τηλε-καρδιολογίας στην κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια. Η μελέτη περιελάμβανε 426 ασθενείς, από τους οποίους οι 230 συμπεριλήφθηκαν στην ομάδα τηλε-παρακολούθησης ενώ οι 196 ενσωματώθηκαν στην ομάδα συνήθους παρακολούθησης. Η ομάδα τηλε-παρακολούθησης εξοπλίστηκε με συσκευή καταγραφής ΗΚΓ μίας απαγωγής και τη δυνατότητα μετάδοσης των λήψεων μέσω τηλεφωνικής γραμμής σε εξειδικευμένο ιατρικό κέντρο. Επιπλέον, η παρακολούθηση συμπεριελάμβανε τακτικές επισκέψεις από το ιατρικό προσωπικό, καθώς και τη δυνατότητα από τον ασθενή να συμβουλευτεί οποιαδήποτε στιγμή το κέντρο. Τα αποτελέσματα, μετά από ένα έτος παρακολούθησης, ανέδειξαν μείωση των εισαγωγών σε νοσοκομειακές μονάδες για την ομάδα τηλε-παρακολούθησης σε σχέση με την ομάδα συνήθους παρακολούθησης (24% έναντι 34%, αντίστοιχα). Η ομάδα τηλε-παρακολούθησης παρουσίασε βελτίωση του βαθμού ποιότητας ζωής ενώ ήταν σημαντική η μείωση των συνολικών δαπανών νοσηλείας. Πιο αναλυτικά, τα συμπεράσματα της δεκαετούς μελέτης Boario Home Care σ' ό,τι αφορά στα πλεονεκτήματα της τηλε-παρακολούθησης στην καρδιακή ανεπάρκεια ήταν τα εξής:

- μείωση κατά 35% των νοσοκομειακών εισαγωγών και 12% των νοσοκομειακών επισκέψεων για μη αναγκαία νοσοκομειακή περίθαλψη,
- μείωση κατά 99% των επισκέψεων σε γενικούς ιατρούς, λόγω επάρκειας της τηλε-παρακολούθησης στη διαχείριση του ασθενούς,
- αύξηση των επισκέψεων στους γενικούς ιατρούς κατά 8% για έναρξη ή τροποποίηση θεραπείας,
- μείωση της αναμονής κατά 15 ημέρες στο 14% των ασθενών για έναρξη ή τροποποίηση της θεραπείας,
- μείωση του χρόνου και του κόστους μετακίνησης των ασθενών,
- αύξηση του αισθήματος ασφάλειας του ασθενούς και των συγγενικών προσώπων και
- βελτίωση του βαθμού ποιότητας ζωής του ασθενούς και των συγγενικών προσώπων.

Σε ανάλογα συμπεράσματα κατέληξαν οι Luis et al. σε μια εκτενή ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας κατά το χρονικό διάστημα 1966–2002 για τα πλεονεκτήματα της Τηλε-ιατρικής στη διαχείριση της καρδιακής ανεπάρκειας:

- μείωση του χρόνου νοσηλείας,
- μείωση της συχνότητας και της πιθανότητας επανεισόδου στη νοσοκομειακή μονάδα,

- μείωση των συνολικών δαπανών νοσηλείας,
- αύξηση του βαθμού ποιότητας ζωής του ασθενούς,
- έγκαιρη διάγνωση της επιδείνωσης της καρδιακής λειτουργίας και
- μείωση της θνητότητας κατά 6 μήνες στους ασθενείς με παρακολούθηση των ζωτικών σημείων και συμπτωμάτων.

Η Τηλε-καρδιολογία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη στρατηγική αντιμετώπισης και διαχείρισης των ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια, με οφέλη που αφορούν τόσο στον ασθενή όσο και στις υποδομές υγείας. Τα οφέλη αυτά έχουν θετικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής των ασθενών και στη μεγιστοποίηση της λειτουργικής ικανότητας του ατόμου στην καθημερινή του ζωή και ταυτόχρονα στα κοινωνικο-οικονομικά προβλήματα που προκύπτουν συχνά στις χρόνιες παθήσεις.

2.5.4 Τηλε-καρδιολογία και αιφνίδιος καρδιακός θάνατος [21]

Ο αιφνίδιος θάνατος είναι ένα απροσδόκητο γεγονός, εμφανίζεται στιγμιαία ή σε διάστημα 1 ώρας από την έναρξη των συμπτωμάτων σε άτομο φαινομενικά υγιές ή που γνωρίζει ότι πάσχει από χρόνια νόσο, η οποία βρίσκεται σε σταθερή φάση ή σε βελτίωση. Πιο συχνή αιτία αιφνίδιου θανάτου στην ηλικία >35 ετών είναι η στεφανιαία νόσος, ενώ σε άτομα <35 ετών πιο συχνή αιτία είναι οι μυοκαρδιοπάθειες και ιδιαίτερα οι υπερτροφικές.

Κατά το χρονικό διάστημα 1979–2005, συνολικά 3.296 εμφράγματα μυοκαρδίου σημειώθηκαν στην επαρχία Olmsted της Minnesota, ενώ 2.997 ασθενείς επιβίωσαν και εξήλθαν του νοσοκομείου. Σε χρονικό διάστημα παρακολούθησης 4,7 ετών σημειώθηκαν 1.160 θάνατοι μεταξύ των ασθενών που εξήλθαν του νοσοκομείου μετά από έμφραγμα. Από τους θανάτους αυτούς, 282 (24%) ταξινομήθηκαν ως αιφνίδιοι καρδιακοί θάνατοι, ενώ οι 35 από τους αιφνίδιους θανάτους σημειώθηκαν εντός των πρώτων 30 ημερών μετά την έξοδο από το νοσοκομείο. Μετά την περίοδο αυτή, το ποσοστό αιφνίδιων καρδιακών θανάτων ήταν σταθερό και κυμάνθηκε περίπου στο 1,2% ανά έτος.

Η χρήση εμφυτεύσιμου απινιδωτή καρδιοανάταξης μειώνει τη θνησιμότητα λόγω αρρυθμίας, ωστόσο παρατηρείται μεγάλος αριθμός θανάτων εξ αιτίας καρδιακής ανεπάρκειας. Οι Chadda et al. μελέτησαν το ρόλο της Τηλε-καρδιολογίας στην ανίχνευση επικίνδυνων αρρυθμιών σε επιζώντες καρδιακής ανακοπής μετά την έξοδό τους από το νοσοκομείο. Δεκαεννιά ασθενείς χρησιμοποίησαν την τηλε-παρακολούθηση μέσω τηλεφωνικής γραμμής

και 28 ασθενείς συμπεριλήφθηκαν στη συνήθη παρακολούθηση. Κοιλιακή αρρυθμία ανευρέθηκε στο 78% των ασθενών υπό τηλε-παρακολούθηση. Διαπιστώθηκε ένας θάνατος στους 19 ασθενείς υπό τηλε-παρακολούθηση για χρονικό διάστημα 15 μηνών έναντι των 12 θανάτων που διαπιστώθηκαν στους 28 ασθενείς υπό τη συνήθη παρακολούθηση. Τα αποτελέσματα ήταν ανεξάρτητα της συστολικής λειτουργίας και του κλάσματος εξώθησης, της αγωγής με αμιωδαρόνη και της έκβασης της ηλεκτροφυσιολογικής μελέτης.

Η Τηλε-καρδιολογία συμβάλλει στη στενή και συνεχή παρακολούθηση ασθενών με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης επικίνδυνων αρρυθμιών και αιφνίδιου θανάτου, όπως ασθενών που επιβίωσαν από καρδιακή ανακοπή, ασθενείς με έμφραγμα του μυοκαρδίου που εξέρχονται από το νοσοκομείο και ασθενείς με μυοκαρδιοπάθειες, μειώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο σημαντικά τη θνησιμότητά τους. Παράλληλα, συμβάλλει στην έγκαιρη διάγνωση της επιδείνωσης της καρδιακής λειτουργίας και στη διαχείριση της καρδιακής ανεπάρκειας των ασθενών με υψηλό κίνδυνο εμφάνισης αιφνίδιου καρδιακού θανάτου.

2.5.5 Γενικά Συμπεράσματα

Το μεγαλύτερο μέρος των εμπειριών κατά την εφαρμογή της Τηλε-καρδιολογίας αφορά στα παρακάτω ζητήματα:

- Η τηλε-υγεία δεν αφορά στην τεχνολογία, αναφέρεται στην κλινική φροντίδα των ασθενών.
- Η ανάπτυξη των σχέσεων είναι ο κρισιμότερος παράγοντας για την επιτυχία μιας πρωτοβουλίας τηλε-υγείας.
- Η διατήρηση του ανθρώπινου παράγοντα, παρόντα στις επισκέψεις προσώπων μέσω πρόσβασης στην τηλε-υγεία, είναι ζωτικής σημασίας για την ικανοποίηση του ασθενούς και του παρόχου.
- Ο προγραμματισμός επιχειρήσεων τηλε-υγείας αφορά στο ήθος και στα οικονομικά κίνητρα που έχουν τα συστήματα υγείας και οι πάροχοι αναφορικά με τη μείωση των εμποδίων πρόσβασης στη φροντίδα για πληθυσμούς που εδρεύουν μακριά.
- Το εκπαιδευμένο προσωπικό είναι πολύτιμο για την αποδοτική, αποτελεσματική και ακριβή πρακτική του παρόχου μέσω τεχνολογιών τηλε-υγείας.
- Ο λειτουργικός προγραμματισμός πρέπει να περιλαμβάνει εξέταση της τρέχουσας πρακτικής και προσδιορισμό των μεταβλητών που πρέπει να τροποποιηθούν για την τηλε-υγεία.

Η Τηλε-καρδιολογία συνδράμει στο να ξεπεραστούν τα εμπόδια της απόστασης και του χρόνου μεταξύ ανθρώπων, ανθρώπων που χρειάζονται πόρους παροχής φροντίδας υγείας και ανθρώπων που μπορούν να προσφέρουν αυτούς τους πόρους (υπηρεσίες). Οι λύσεις τηλε-υγείας πρέπει να είναι εύκολες στη χρήση και διαθέσιμες στην περιοχή κλινικής εργασίας του παρόχου. Τα εργαλεία της τηλε-υγείας πρέπει να είναι αναπόφευκτα, όπως είναι το τηλέφωνο και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής στην κλινική πρακτική [21].

Κεφάλαιο 3

Απαιτούμενη Γνώση και Τεχνολογίες

3.1 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση Shimmer Wireless Sensor Platform	38
3.2 Απαιτούμενες γνώσεις για Shimmer Android Application	41
3.3 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση e-Health Sensor Platform V2.0	45
3.4 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση αισθητήρων της Libelium	48
3.5 Απαιτούμενες γνώσεις για καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG)	58
3.6 Απαιτούμενες γνώσεις για γλώσσες και εργαλεία προγραμματισμού	60

3.1 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση Shimmer Wireless Sensor Platform

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας, απαραίτητη κρίθηκε η γνώση της χρήσης των αισθητήρων καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Έτσι, για την παρούσα εργασία, πάρθηκε απόφαση να συνεχίσουμε προηγούμενη ΑΔΕ, η οποία ασχολήθηκε με σύγχρονες συσκευές Shimmer2R, οι οποίες είχαν χορηγηθεί από την ίδια την εταιρεία Shimmer κατόπιν παραγγελίας που είχε γίνει από το τμήμα Πληροφορικής. Η εταιρεία Shimmer είχε σχεδιαστεί το 2006 αλλά εμφανίστηκε στην αγορά το 2008. Η πρωτοποριακή ιδέα της εταιρείας ήταν η κατασκευή ασύρματων αισθητήρων και άλλων ασύρματων προϊόντων τα οποία σήμερα πωλούνται σε πάνω από 60 χώρες ανά το παγκόσμιο. Κατά το πέρασμα του χρόνου υπήρξαν πολλές αναβαθμίσεις και καινοτομίες στα προϊόντα της εταιρείας, ορισμένα από τα προϊόντα της οποίας χρησιμοποιήσαμε για τους σκοπούς της δικής μας διπλωματικής εργασίας. Η εταιρεία αυτή λοιπόν μας έχει χορηγήσει με 3 μοντέλα Shimmer2R ασύρματων αισθητήρων μαζί με τα παρελκόμενα τους και το εγχειρίδιο χρήσης, τα οποία θα αναφέρουμε στην συνέχεια.



Σχήμα 3.1.1. Βαλίτσα-Θήκη της Shimmer που περιέχει 3 μοντέλα Shimmer2R, 2 docks, καλώδιο ένωσης dock με υπολογιστή, 12 βεντούζες, usb stick, user manual και ζώνη-ιμάντα που εφαρμόζει στο στήθος [22]

Το Shimmer2R είναι ένας μικρός και λεπτός ασύρματος αισθητήρας που έχει δημιουργήσει η εταιρεία Shimmer και που μπορεί με τη βοήθεια μιας συγκεκριμένης ζώνης να φορεθεί στη μέση ούτως ώστε να γίνεται πιο εύκολη η χρήση του αλλά και να περιορίζει τους κραδασμούς οι οποίοι πιθανόν να επηρεάζουν το ηλεκτροκαρδιογράφημα και να οδηγούν σε λάθος μετρήσεις και αποτελέσματα. Σε σχέση με άλλους αισθητήρες άλλων εταιρειών ή ακόμη και με προηγούμενα μοντέλα της ίδιας εταιρείας, το Shimmer2R παρέχει ανώτερη ποιότητα δεδομένων προσθέτοντας περισσότερη αξία στην συλλογή πληροφοριών. Αυτή η διαφορά στην ποιότητα δεδομένων οφείλεται κυρίως στο ενσωματωμένο 10 dof αδρανειακής αίσθησης μέσω επιτάχυνσης, γυροσκοπίου, mag και υψόμετρου, το καθένα με επιλέξιμο εύρος. Ακόμη, οι αισθητήρες που χρησιμοποιούμε μπορούν να υπερηφανεύονται για ένα ολοκληρωμένο motion επεξεργαστή για την εκτίμηση 3D προσανατολισμού. Επιπλέον, περιέχουν 5 χρωματιστές λυχνίες LED οι οποίες υποδεικνύουν τη κατάσταση και λειτουργία της συσκευής.

Εξερευνώντας τους αισθητήρες Shimmer2R και κάνοντας διάφορα πειράματα μαζί τους, εντοπίστηκαν κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά τα οποία και αναφέρουμε πιο κάτω:

- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Ελαφρύ
- Κουμπί για την ενεργοποίηση / απενεργοποίηση
- Εύκολη σύνδεση με Bluetooth ή τοπική αποθήκευση μέσω κάρτας microSD
- SD data bypass

- 24MHZ MSP430 CPU
- Εσωτερικές και Εξωτερικές συνδέσεις για επεκτάσεις
- Ενσωματωμένη μπαταρία Li-ion
- Jtag debugging mode διαθέσιμο

Ο ευαίσθητος αυτός ασύρματος αισθητήρας για ηλεκτροκαρδιογράφημα που έχει υλοποιήσει η εταιρεία της Shimmer έχει σχεδιαστεί για wearable και remote sensing εφαρμογές. Είναι εξαιρετικά ευέλικτο και προσαρμόσιμο εύκολα προσαρμόσιμο σε υπάρχοντα συστήματα και τεχνολογίες.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε τους τομείς στους οποίους ήδη χρησιμοποιείται το Shimmer2R και γενικά οι αισθητήρες που φέρουν το όνομα της εταιρείας Shimmer:

- Human Health Monitoring
- Activities of Daily Living
- Connected Health Solutions
- Sports Science
- Structural Monitoring
- Intelligent Buildings
- Environmental and Habitat Monitoring

Μετά από αρκετές προσπάθειες και διαβάζοντας το εγχειρίδιο χρήσης που υπήρχε μαζί με τους αισθητήρες, μπορέσαμε να καταλάβουμε πως ακριβώς λειτουργούν, πως ενώνονται μέσω Bluetooth με ένα Android Smartphone, πώς τοποθετούνται στο σώμα του ασθενή και πώς γίνεται η διαδικασία λήψης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.



Σχήμα 3.1.2. Shimmer2R wireless sensor platform [22]



Σχήμα 3.1.3. Συσκευή Dock για φόρτιση αλλά και ένωση του Shimmer2R με τον Shimmer2R [22]



Σχήμα 3.1.4. Ζώνη-Ιμάντας που εφαρμόζει στο στήθος με μονή βάση για τοποθέτηση του Shimmer2R [22]

3.2 Απαιτούμενες Γνώσεις για Shimmer Android Application

Η εταιρεία Shimmer εκτός από τους ασύρματους αισθητήρες τους οποίους προσφέρει στην αγορά και στους πελάτες της, προσφέρει επίσης και τη Multi Shimmer Sync εφαρμογή (Android Application), την οποία είναι εφικτό ο οποιοσδήποτε θελήσει να την κατεβάσει από το Google Store. Υπάρχουν διάφορες εφαρμογές που μπορούν να υποστηρίξουν τη λήψη ηλεκτροκαρδιογραφήματος μέσω των αισθητήρων της Shimmer. Εμείς επιλέξαμε να μελετήσουμε και να χρησιμοποιήσουμε την εφαρμογή την οποία προσφέρει η ίδια η κατασκευάστρια εταιρεία των αισθητήρων. Ο κύριος λόγος που έγινε η επιλογή αυτή είναι το γεγονός ότι η Shimmer παρέχει ένα κατατοπιστικότατο εγχειρίδιο για το πώς ακριβώς χρησιμοποιείται η Android εφαρμογή σε συνδυασμό με τους αισθητήρες για να γίνει η λήψη ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Η Multi Shimmer Sync είναι μία εφαρμογή η οποία επιτρέπει τη διαμόρφωση και συγχρονισμό δεδομένων τα οποία λαμβάνονται από πολλαπλές Shimmer μηχανές. Η εφαρμογή είναι ιδανική για χρήστες που θέλουν να αναπτύξουν εφαρμογές όπου απαιτείται η ταυτόχρονη συλλογή δεδομένων από έναν αριθμό μονάδων, με ακρίβεια μέχρι 0.98 ms. Επιπλέον, επιτρέπει στο χρήστη να ρυθμίσει πολλαπλές μονάδες Shimmer που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ένα πλήρες φάσμα αισθητήριων μονάδων. Ακόμη επιτρέπει συγχρονισμό με άλλα εξωτερικά συστήματα, όπως συστήματα καταγραφής κίνησης που χρησιμοποιούν ψηφιακή φωτογραφική.

Με μια σειρά από χαρακτηριστικά δεδομένα και εργαλεία οι χρήστες μπορούν να επιλέξουν το ρυθμό δειγματοληψίας, να εντοπίσουν και να κοινοποιήσουν τα πακέτα που απορρίφθηκαν, να αποθηκεύσουν και να φορτώσουν τις ρυθμίσεις της εφαρμογής για μελλοντική χρήση, να σχολιάσουν τα δεδομένα και να ονομάσουν τις συσκευές Shimmer διασφαλίζοντας τη λειτουργικότητα, την αποτελεσματικότητα και την ευκολία χρήσης των δεδομένων που λαμβάνουν. Η εφαρμογή περιορίζεται στην παράλληλη χρήση μέχρι και 7 Shimmers sensors καθώς αυτό είναι το ανώτατο όριο για ασύρματη επικοινωνία Bluetooth με ένα single radio dongle. Ωστόσο, ο αριθμός των Shimmers που μπορούν να χρησιμοποιηθούν χωρίς απώλεια δεδομένων εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως ο ρυθμός δειγματοληψίας, ο αριθμός των σημάτων δεδομένων που λαμβάνονται καθώς και οι δυνατότητες επεξεργασίας της Android συσκευής που χρησιμοποιούμε.

Τα σήματα που λαμβάνονται από τις συσκευές κατά τη διάρκεια του streaming, μπορούν να καταγραφούν σε αρχείο. Επιπρόσθετα υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του format των τιμών που θα καταγραφούν στο αρχείο. Οι τιμές μπορούν να είναι είτε calibrated είτε raw. Στην περίπτωση που έχουμε raw data οι μετρήσεις μας καταγράφονται στο αρχείο σε μορφή ADC values (Analog to Digital) ενώ στην περίπτωση που επιλέξουμε οι μετρήσεις μας να καταγράφονται calibrated, τότε οι αρχικές μετρήσεις χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμό XFK fusion μετατρέπονται σε mvlots. Η δοκιμαστική έκδοση προσφέρει πλήρη λειτουργικότητα καταγραφής όταν χρησιμοποιείται με μία μόνο συσκευή Shimmer. Όταν χρησιμοποιείται με πολλαπλές συσκευές Shimmer, εικονικές τιμές εισάγονται τυχαία στο αρχείο καταγραφής δεδομένων.



Σχήμα 3.2.1. Το interface της Multi Shimmer Sync εφαρμογής [23]

Βασικά χαρακτηριστικά της τελευταίας έκδοσης της εφαρμογής (v. 2.5) περιλαμβάνουν:

- Συγχρονισμένη συλλογή δεδομένων από έως και 7 Shimmer συσκευές σε ένα αρχείο.
- Ακρίβεια συγχρονισμού μέχρι 0.98ms ανάλογα με το ρυθμό δειγματοληψίας και τον αριθμό των Shimmer συσκευών.
- Επιτρέπει τον συγχρονισμό με εξωτερικά συστήματα, π.χ. συστήματα καταγραφής κίνησης με βάση μια κάμερα.
- Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μορφή κειμένου χωρισμένα με tab, έτσι ώστε να είναι συμβατά με το Microsoft Excel, το Open Office, Matlab και τα περισσότερα τυποποιημένα προγράμματα διαχείρισης δεδομένων.
- Περιλαμβάνει ένα script τύπου .m για τη φόρτωση των δεδομένων απευθείας στο πρόγραμμα Matlab.
- Ελέγχους για ρύθμιση των παραμέτρων κάθε Shimmer συσκευής.
- Διαμόρφωση χαρακτηριστικών όπως ο ρυθμός δειγματοληψίας, ενεργοποίηση / απενεργοποίηση των αισθητήρων κ.λ.π.
- Εντοπισμό και την κοινοποίηση των πακέτων που έχουν απορριφθεί.
- Εάν τα πακέτα απορρίπτονται λόγω του ότι η Shimmer συσκευή είναι εκτός εμβέλειας, τότε ο χρήστης ενημερώνεται μέσω ενός κόκκινου LED που αναβοσβήνει.
- Επίβλεψη δεδομένων χρησιμοποιώντας γραφική παράσταση σε πραγματικό χρόνο.
- Όταν η εφαρμογή αποστέλλει δεδομένα, η γραφική παράσταση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρουσίαση των δεδομένων από ένα ή περισσότερα σήματα.
- Αποθήκευση και φόρτωση των ρυθμίσεων της εφαρμογής.

- Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να αποθηκεύσει τις ρυθμίσεις για τη συγκεκριμένη του πειραματική διάταξη και γρήγορα να φορτώσει εκ νέου τις ρυθμίσεις στην εφαρμογή όταν επαναφέρει την συλλογή δεδομένων του.
- Σχολιασμός δεδομένων δείκτη παλμού και δείκτη επιπέδου.

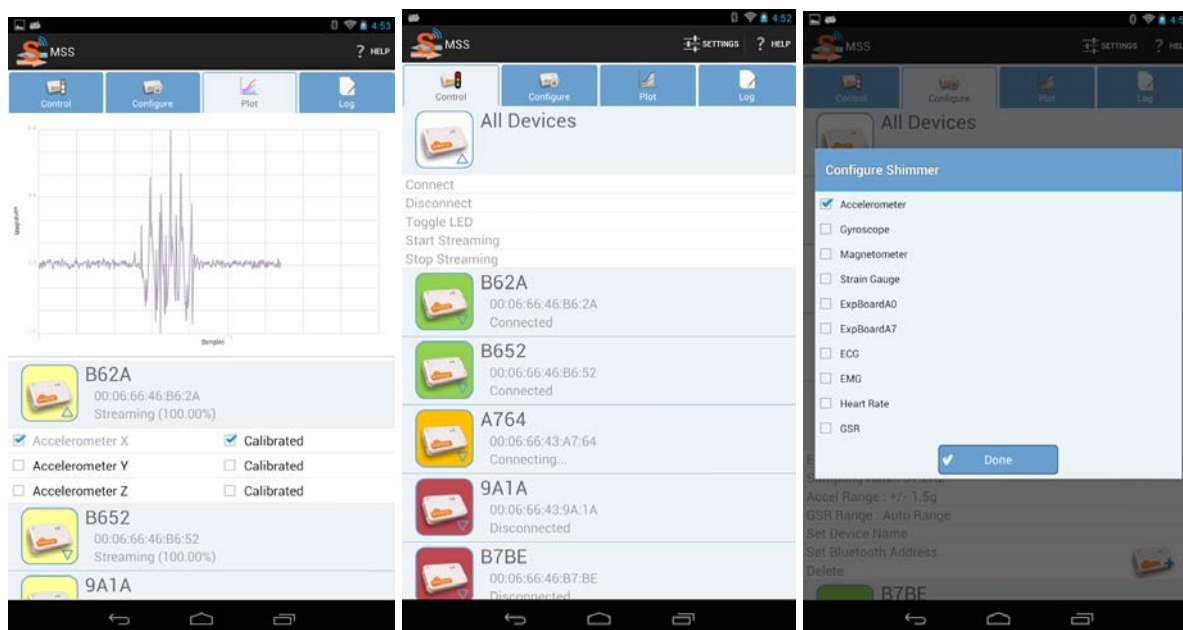
Μερικά επιπλέον χαρακτηριστικά και λειτουργίες αποτελούν τα παρακάτω:

- Δείκτες LED της Shimmer συσκευής για να δείξει αν οι μονάδες είναι «connected», «streaming», ή όταν ένα «error» ανιχνεύεται.
- Δίνει όνομα στις μονάδες Shimmer για μια συγκεκριμένη αναφορά της εφαρμογής, η οποία αντικατοπτρίζεται στο αποθηκευμένο αρχείο.
- Διπλασιάζει τις ρυθμίσεις για τις μονάδες Shimmer για εξοικονόμηση χρόνου και για να μειωθεί ο πλεονασμός.
- Αυτόματη αύξηση του ονόματος αρχείου κατά την αποθήκευση.
- Υπάρχει επιλογή για αποθήκευση τόσο raw ή / και calibrated δεδομένων.
- Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ποια σήματα θέλει να παρουσιάζονται στη γραφική παράσταση σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας τα κουμπιά add / remove.
- Τροποποίηση του σήματος στη γραφική παράσταση σε πραγματικό χρόνο.
- Υπάρχει εύρος πλήκτρων συντομεύσεων πληκτρολογίου για εύκολη χρήση και λειτουργία.

Η Multi Shimmer Sync είναι η τελευταία έκδοση (v.2.5) και στην ουσία η τελευταία αναβάθμιση του Android Application, το οποίο έχει κυκλοφορήσει η εταιρεία Shimmer στο Google Store. Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας χρησιμοποιούμε το συγκεκριμένο version της android εφαρμογής το οποίο και είναι σαφώς ανανεωμένο, πιο εύκολο στη χρήση και πιο κατατοπιστικό από προηγούμενες εκδόσεις. Πιο κάτω αναφέρουμε μερικές από τις πιο σημαντικές αλλαγές που έγιναν σε σχέση με παλαιότερες εκδόσεις:

- Δεν υπάρχουν πλέον επιλογές για τον τρόπο καταγραφής των τιμών στο file. Οι τιμές πλέον καταγράφονται σε 2 στήλες και σε mvolts και σε units.
- Υπάρχουν 4 διαφορετικά timestamps τα οποία σε προηγούμενες εκδόσεις της εφαρμογής δεν υπήρχαν. Uncalibrated Data Timestamp, Calibrated Data Timestamp, System Timestamp και Sync Timestamp. Στη δική μας περίπτωση χρησιμοποιούμε το System Timestamp.

- Υπάρχει πλέον στην εφαρμογή το λεγόμενο battery monitoring. Πλέον ο χρήστης των αισθητήρων έχει τη δυνατότητα να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή το ποσοστό μπαταρίας που έχει απομείνει στον κάθε αισθητήρα που χρησιμοποιεί.



Σχήμα 3.2.2. Το interface της Multi Shimmer Sync εφαρμογής version 2.5 [23]

3.3 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση e-Health Sensor Platform V2.0

Στην παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, εκτός από τις σύγχρονες συσκευές Shimmer2R, ασχοληθήκαμε και με τη πλατφόρμα αισθητήρων e-Health για την καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος, η οποία είχε χορηγηθεί από την εταιρεία Libelium κατόπιν παραγγελίας που είχε γίνει από το τμήμα Πληροφορικής. Η Libelium προσφέρει μια ισχυρή, αρθρωτή και εύκολη στον προγραμματισμό ανοικτού κώδικα πλατφόρμα αισθητήρων, για το «Internet of Things». Αυτό επιτρέπει την ενσωμάτωση και την αξιόπιστη εφαρμογή διαφόρων συστημάτων με ελάχιστο χρόνο διάθεσης στην αγορά. Η ευέλικτη πλατφόρμα της Libelium επιτρέπει την εφαρμογή του κάθε ασύρματου δικτύου αισθητήρων, κερδίζοντας έτσι μια κοινότητα προγραμματιστών με αριθμό που ξεπερνά τις 2000 στις μεγαλύτερες εταιρείες του κόσμου με αναπτύξεις σε 75 χώρες. Η Libelium έχει κερδίσει πολλά βραβεία και διακρίσεις, για την ηγετική της θέση στην τεχνολογική καινοτομία. Η εταιρεία αυτή λοιπόν μας έχει χορηγήσει με την πλατφόρμα e-Health ασύρματων αισθητήρων μαζί με τα παρελκόμενα τους και το εγχειρίδιο χρήσης, τα οποία θα αναφέρουμε στην συνέχεια.

Ο αισθητήρας e-Health shield επιτρέπει σε Arduino και Raspberry Pi χρήστες να εκτελούν βιομετρικές και ιατρικές εφαρμογές, όπου η παρακολούθηση του σώματος χρειάζεται χρησιμοποιώντας 9 διαφορετικούς αισθητήρες: παλμού, οξυγόνου στο αίμα (SpO₂), της ροής του αέρα (αναπνοή), τη θερμοκρασία του σώματος, ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ), μέτρησης της γλυκόζης στο αίμα, στατική αντίδραση δέρματος (GSR – Galvanic Skin Response), της αρτηριακής πίεσης (πιεσόμετρο) και της θέσης του ασθενούς (accelerometer).

Έχοντας εις γνώση μας αυτές τις πληροφορίες, μπορούμε στη συνέχεια να τις χρησιμοποιήσουμε για την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης ενός ασθενούς ή για να πάρουμε ευαίσθητα δεδομένα, με σκοπό να αναλυθούν για την ιατρική τους διάγνωση. Οι βιομετρικές πληροφορίες που συγκεντρώνονται μπορεί να αποστέλλονται ασύρματα (wireless) χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε από τις 6 επιλογές συνδεσιμότητας που διατίθενται: Wi-Fi, 3G, GPRS, Bluetooth, 802.15.4 και ZigBee ανάλογα με την εφαρμογή.

Εάν απαιτείται διάγνωση της εικόνας σε πραγματικό χρόνο, μια φωτογραφική μηχανή μπορεί να συνδεθεί με το 3G module, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αποστολής φωτογραφιών και βίντεο του ασθενούς σε ιατρικό κέντρο διάγνωσης. Τα δεδομένα μπορούν να σταλούν στο cloud, προκειμένου να εκτελεστεί η μόνιμη αποθήκευσή τους ή η εμφάνισή τους σε πραγματικό χρόνο αποστέλλοντας τα δεδομένα απευθείας σε ένα φορητό υπολογιστή ή Smartphone. Οι εφαρμογές iPhone και Android της πλατφόρμας έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε να γίνεται πιο εύκολη η παρακολούθηση των πληροφοριών του ασθενούς.

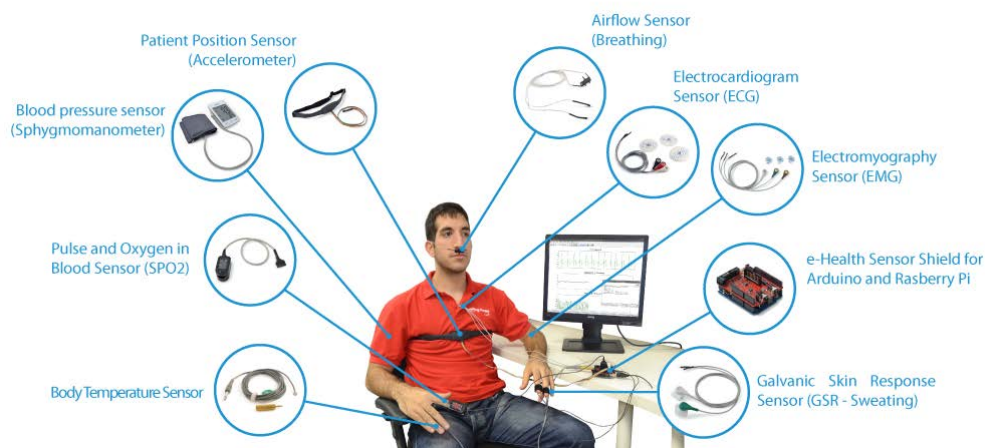
Τον Αύγουστο του 2013, η Cooking Hacks (τμήμα της Libelium) εισήγαγε τη νέα έκδοση του πρώτου βιομετρικού shield για Arduino και Raspberry Pi, το e-Health Sensor Platform V2.0, το οποίο χρησιμοποιήσαμε και εμείς για την εκπόνηση της παρούσας Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας. Χάρη στην ανατροφοδότηση που δίνεται συνεχώς από την κοινότητα της Cooking Hacks και αρκετά έργα που έχουν δημιουργηθεί, κατάφεραν να βελτιώσουν την πλατφόρμα e-Health με νέα χαρακτηριστικά, όπως:

- Νέο αισθητήρα μυών
- Νέο αισθητήρα πίεσης του αίματος
- Αναβαθμισμένος μετρητής γλυκόζης στο αίμα
- Νέες δυνατότητες σύνδεσης

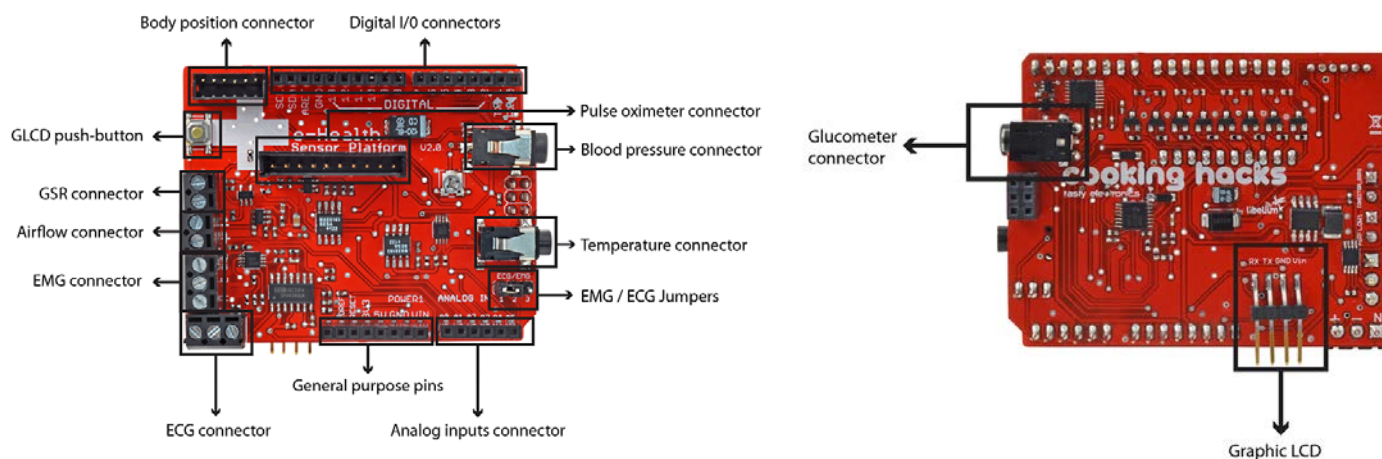


Σχήμα 3.3.1. Οι διάφοροι αισθητήρες και ο τρόπος διασύνδεσής τους στην πλατφόρμα αισθητήρων της e-Health [24]

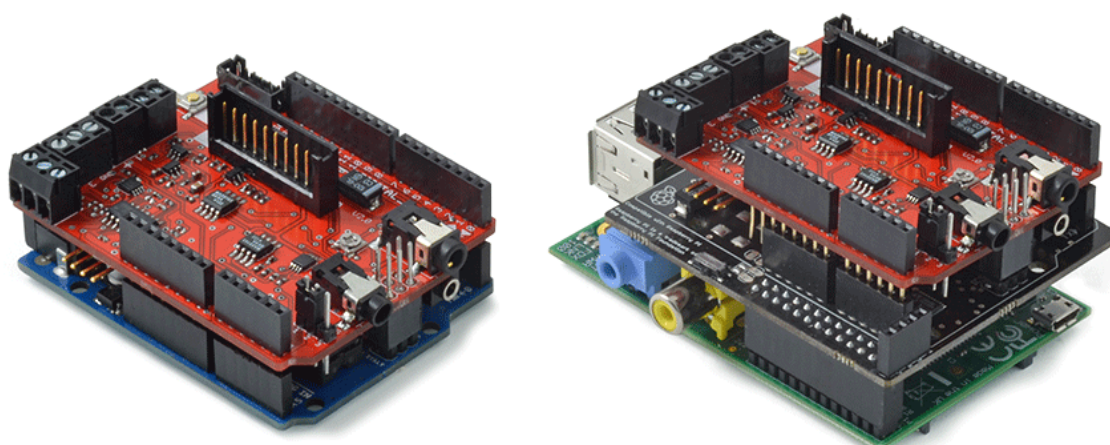
Το e-Health Sensor Platform έχει σχεδιαστεί από την Cooking Hacks (το ανοιχτό τμήμα υλικού - hardware της Libelium), προκειμένου να βοηθήσει τους ερευνητές, τους προγραμματιστές και τους τεχνουργούς για να μετρήσουν τα βιομετρικά δεδομένα από τους αισθητήρες για διεξαγωγή πειραμάτων, για διασκέδαση ή/και δοκιμή. Η Cooking Hacks παρέχει μια φθηνή και ανοιχτή εναλλακτική λύση, σε σχέση με τις ιδιοκτησιακές λύσεις και τις απαγορευτικές τους τιμές στην ιατρική αγορά. Ωστόσο, καθώς η πλατφόρμα δεν απέκτησε ιατρικές πιστοποιήσεις, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των κρίσιμων ασθενών που χρειάζονται ακριβή ιατρική παρακολούθηση ή εκείνων των οποίων οι όροι πρέπει να μετρηθούν με ακρίβεια για την απώτερη επαγγελματική διάγνωση.



Σχήμα 3.3.2. Οι διάφοροι αισθητήρες της πλατφόρμας e-Health όπως αυτοί διασυνδέονται σε έναν πραγματικό ασθενή [24]



Σχήμα 3.3.3. Το e-Health Sensor Platform με τις υποδοχές για κάθε αισθητήρα [24]



Σχήμα 3.3.4. Το e-Health Sensor Platform όπως συνδέεται με το Arduino αριστερά και όπως συνδέεται με το Raspberry Pi δεξιά [24]

3.4 Απαιτούμενες γνώσεις για χρήση αισθητήρων της Libelium

Για τους σκοπούς της παρούσας Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας, χρησιμοποιήσαμε εκτός από τον αισθητήρα καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος από την πλακέτα e-Health της Libelium σε συνδυασμό με το Arduino Uno, και μερικούς άλλους αισθητήρες για παρουσίαση, καταγραφή, αποστολή και ανάλυση βιομετρικών πληροφοριών του ασθενή. Όλοι οι αισθητήρες αυτοί θα επεξηγηθούν λεπτομερώς σε αυτό το υποκεφάλαιο.

Λίστα βιομετρήσεων από αισθητήρες Libelium
Θερμοκρασία Σώματος (Body Temperature - °C)
Ροή Αέρα (Airflow - bpm)
Οξυγόνωση του Αίματος (Blood Oxygen - %)
Καρδιακούς Παλμούς (Pulse - cpm)
Συστολική Πίεση Αίματος (Systolic Pressure - mmHg)
Διαστολική Πίεση Αίματος (Diastolic Pressure - mmHg)
Διαγωγιμότητα Δέρματος (Conductivity - S/m)
Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ECG - Volts)
Ένταση του Μυός (Muscle Intensity - %)

3.4.1 Θερμοκρασία Σώματος



Σχήμα 3.4.1.1. Ο αισθητήρας ανίχνευσης θερμοκρασίας του σώματος και ο τρόπος εφαρμογής του στον ασθενή [24]

Η θερμοκρασία του σώματος εξαρτάται από την θέση του σώματος στο οποίο γίνεται η μέτρηση, την ώρα της ημέρας αλλά και το επίπεδο δραστηριότητας του ατόμου. Διαφορετικά μέρη του σώματος έχουν και διαφορετικές θερμοκρασίες. Η κοινώς αποδεκτή μέση θερμοκρασία του πυρήνα του σώματος (που λαμβάνεται εσωτερικά) είναι 37.0°C (98.6°F). Σε ενήλικες που θεωρούνται σωματικά υγιείς, παρατηρούνται αυξομειώσεις περίπου 0.5°C (0.9 °F) καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας, με χαμηλότερες θερμοκρασίες το πρωί και υψηλότερες θερμοκρασίες αργά το απόγευμα και το βράδυ, εφόσον οι ανάγκες του σώματος και οι δραστηριότητες του αλλάζουν.

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος έχει υψηλή ιατρική σημασία, αφού ένας αριθμός ασθενειών συνοδεύεται από χαρακτηριστικές αλλαγές στη θερμοκρασία του σώματος.

Παρομοίως, η αιτία ορισμένων ασθενειών μπορεί να παρακολουθηθεί με την μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος και η αποτελεσματικότητα μιας θεραπείας μπορεί να αξιολογηθεί από έναν επιβλέπων ιατρό.

Κατώφλια (Thresholds)	
Υποθερμία	<35.0 °C (95.0 °F)
Κανονική Θερμοκρασία	36.5–37.5 °C (97.7–99.5 °F)
Πυρετός ή Υπερθερμία	>37.5–38.3 °C (99.5–100.9 °F)
Υπερπυρεξία	>40.0–41.5 °C (104–106.7 °F)

3.4.2 Ροή Αέρα



Σχήμα 3.4.2.1. Ο αισθητήρας ανίχνευσης ροής του αέρα του ασθενή και ο τρόπος εφαρμογής του στην πλατφόρμα e-Health [24]

Τα ποσοστά μη-φυσιολογικής αναπνοής και οι αλλαγές στα αναπνευστικό ρυθμό είναι μια ευρεία ένδειξη σημαντικών φυσιολογικών ασταθειών και σε πολλές περιπτώσεις, ο ρυθμός αναπνοής είναι ένας από τα πρώτους δείκτες αυτής της αστάθειας. Ως εκ τούτου, η παρακολούθηση του αναπνευστικού ρυθμού θεωρείται κρίσιμη για να συμπεράνουμε την κατάσταση ενός ασθενή. Ο αισθητήρας ροής του αέρα μπορεί να παρέχει έγκαιρη προειδοποίηση της υποξαιμίας και της άπνοιας.

Ο αισθητήρας ροής του αέρα είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του ρυθμού αναπνοής σε ένα ασθενή, όταν βρεθεί σε κατάσταση ανάγκης αναπνευστικής βοήθειας. Αυτή η συσκευή αποτελείται από ένα εύκαμπτο νήμα που ταιριάζει πίσω από τα αυτιά, και μια σειρά από δύο δόντια τα οποία τοποθετούνται στα ρουθούνια. Η αναπνοή μετριέται από αυτές τις αιχμές.

Είναι ειδικά σχεδιασμένο, άνετα ρυθμιζόμενο, εύκολο στην εγκατάσταση και επιτρέπει στον αισθητήρα να τοποθετείται σε βέλτιστη θέση για να ανιχνεύει με ακρίβεια τις στοματικές και ρινικές θερμικές μεταβολές της ροής του αέρα, καθώς και τη ρινική θερμοκρασία του αέρα. Ένας ενήλικας άνθρωπος που θεωρείται σωματικά υγιής, έχει ρυθμό αναπνοής 15 με 30 αναπνοές το λεπτό.

Κατώφλια (Thresholds)	
Χαμηλά Επίπεδα	<30 breaths per minute
Κανονικά Επίπεδα	15-30 breaths per minute
Ψηλά επίπεδα	>30 breaths per minute

3.4.3 Οξυγόνωση του Αίματος και Καρδιακός Παλμός



Σχήμα 3.4.3.1. Ο αισθητήρας ανίχνευσης οξυγόνωσης του αίματος και καρδιακού παλμού του ασθενή και ο τρόπος εφαρμογής του στον ασθενή [24]

Ο αισθητήρας παλμικής οξυμετρίας, μαζί με τον αισθητήρα οξυγόνωσης του αίματος είναι μια μη-επεμβατική μέθοδος για την ένδειξη του κορεσμού του οξυγόνου στην λειτουργία της αιμοσφαιρίνης. Ο κορεσμός οξυγόνου ορίζεται ως η μέτρηση της ποσότητας του οξυγόνου που διαλύεται στο αίμα, με βάση την ανίχνευση της αιμοσφαιρίνης και της

δεοξυαιμοσφαιρίνης. Δύο διαφορετικά μήκη κύματος φωτός χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της πραγματικής διαφοράς στα φάσματα απορρόφησης HbO₂ και Hb. Η κυκλοφορία του αίματος επηρεάζεται από την συγκέντρωση του HbO₂ και Hb και οι συντελεστές απορρόφησής τους μετριοούνται με 2 μήκη κύματος, από τα οποία το ένα εκπέμπεται στα 660 nm (κόκκινο φάσμα φωτός) ενώ το άλλο στα 940 nm (υπέρυθρο φάσμα φωτός). Οι οξυγονωμένες και μη-οξυγονωμένες αιμοσφαιρίνες απορροφούν διαφορετικά μήκη κύματος.

Η μη-οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη (Hb) έχει υψηλότερη απορρόφηση στα 660 nm και η οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη (HbO₂) έχει υψηλότερη απορρόφηση στα 940 nm. Μετά, ένας ανιχνευτής φωτογραφίας αντιλαμβάνεται τη μη-απορρόφηση του φωτός από τα LEDs, για να υπολογίσει τον αρτηριακό κορεσμό οξυγόνου.

Ένας αισθητήρας παλμικής οξυμετρίας είναι χρήσιμος σε περιβάλλον όπου η οξυγόνωση του ασθενούς είναι ασταθής, συμπεριλαμβανομένης της εντατικής θεραπείας, της λειτουργίας, της αποκατάστασης, των ρυθμίσεων έκτακτης ανάγκης και νοσοκομειακής πτέρυγας, της κατάστασης πιλότων αεροσκαφών χωρίς πίεση, της εκτίμηση της οξυγόνωσης οποιουδήποτε ασθενούς και καθορίζει την αποτελεσματικότητα ή την αναγκαιότητα συμπληρωματικού οξυγόνου. Ο αισθητήρας θα πρέπει να συνδέεται με το Arduino και να τροφοδοτείται άμεσα αντί να χρησιμοποιηθεί εξωτερική μπαταρία.

Κατώφλια (Thresholds)	
Υποξαιμικό Πρόβλημα Κίνησης	88%-94%
Κανονικά Επίπεδα	95%-99%
Δηλητηρίαση από Μονοξείδιο του Άνθρακα	100%

3.4.4 Συστολική και Διαστολική Πίεση Αίματος



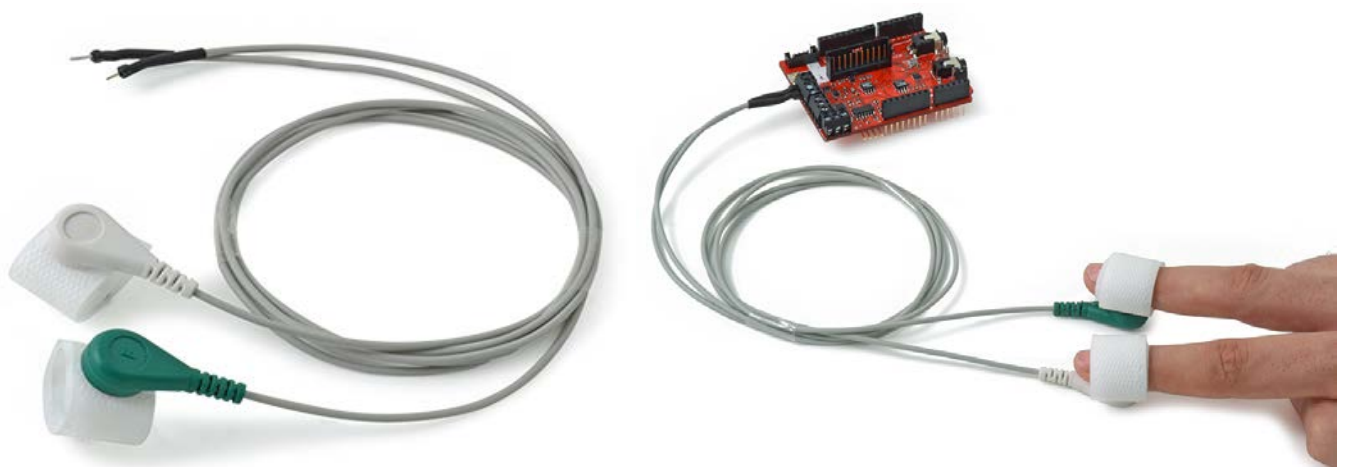
Σχήμα 3.4.4.1. Ο αισθητήρας ανίχνευσης συστολικής και διαστολικής πίεσης του ασθενή και ο τρόπος εφαρμογής του στην πλατφόρμα e-Health [24]

Η αρτηριακή πίεση είναι η πίεση του αίματος στις αρτηρίες, καθώς αντλείται σε όλο το σώμα από την καρδιά. Όταν η καρδιά χτυπάει, συστέλλεται και ωθεί το αίμα μέσω των αρτηριών προς το υπόλοιπο σώμα. Η δύναμη αυτή δημιουργεί πίεση στις αρτηρίες. Η πίεση του αίματος καταγράφεται ως δύο αριθμοί, της συστολικής πίεσης (καθώς η καρδιά χτυπά) πάνω από την διαστολική πίεση (καθώς η καρδιά χαλαρώνει ανάμεσα στους χτύπους).

Η παρακολούθηση της αρτηριακής πίεσης στο σπίτι είναι σημαντική για πολλούς ανθρώπους, ειδικά αν υπάρχει υψηλή αρτηριακή πίεση. Η πίεση του αίματος αλλάζει καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η θέση του σώματος, η αναπνοή ή συναισθηματική κατάσταση, η άσκηση και ο ύπνος. Είναι προτιμότερο να γίνεται η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης όταν είμαστε χαλαροί και καθόμαστε ή ξαπλώνουμε. Η υψηλή αρτηριακή πίεση (υπέρταση), μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα, όπως η καρδιακή προσβολή, ένα εγκεφαλικό επεισόδιο ή μια νεφρική νόσο. Η υψηλή αρτηριακή πίεση συνήθως δεν έχει συμπτώματα, έτσι θα πρέπει να ελέγχουμε την αρτηριακή μας πίεση τακτικά.

Κατώφλια (Thresholds)		
	Συστολική Πίεση	Διαστολική Πίεση
Υπόταση	< 90 mmHg	< 60 mmHg
Κανονικά Επίπεδα	90–119 mmHg	60–79 mmHg
Προϋπέρταση	120–139 mmHg	80–89 mmHg
Στάδιο 1 Υπέρτασης	140–159 mmHg	90–99 mmHg
Στάδιο 2 Υπέρτασης	160–179 mmHg	100–109 mmHg
Υπερτασική Κρίση	≥ 180 mmHg	≥ 110 mmHg

3.4.5 Διαγωγιμότητα Δέρματος

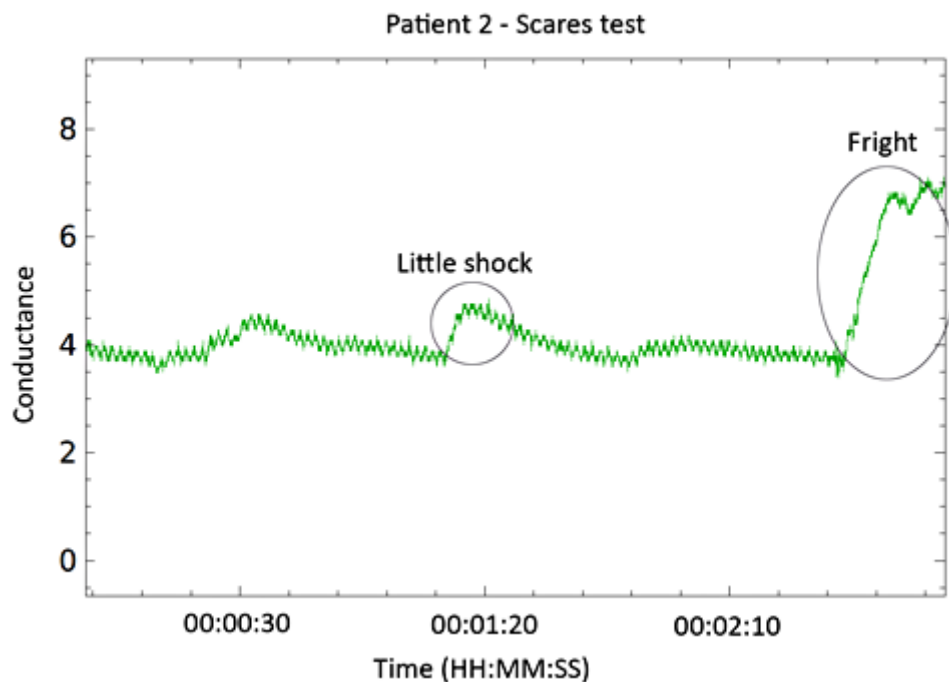


Σχήμα 3.4.5.1. Ο αισθητήρας ανίχνευσης διαγωγιμότητας του δέρματος και ο τρόπος εφαρμογής του στον ασθενή [24]

Η διαγωγιμότητα του δέρματος, επίσης γνωστή ως γαλβανική αντίδραση του δέρματος (GSR) είναι μια μέθοδος μέτρησης της ηλεκτρικής διαγωγιμότητας του δέρματος, η οποία ποικίλλει ανάλογα με το επίπεδο υγρασίας του. Αυτό είναι ενδιαφέρον, επειδή οι ιδρωτοποιοί αδένες που ελέγχονται από το συμπαθητικό νευρικό σύστημα, σε έντονες συναισθηματικές φορτίσεις, μεταβάλλουν την ηλεκτρική αντίσταση του δέρματος. Η διαγωγιμότητα του δέρματος χρησιμοποιείται ως ένδειξη της ψυχολογικής ή φυσιολογικής διέγερσης, η οποία μετρά την ηλεκτρική διαγωγιμότητα μεταξύ 2 σημείων, γεγονός που την καθιστά ως ένα είδος ομόμετρου.

Η αρχή ή η θεωρία πίσω από την λειτουργία του αισθητήρα GSR, είναι η μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης του δέρματος με βάση τον ιδρώτα που παράγεται από τον οργανισμό.

Σε υψηλό επίπεδο εφίδρωσης, η ηλεκτρική αντίσταση του δέρματος μειώνεται, ενώ ένα στεγνό δέρμα καταγράφει μεγαλύτερη αντίσταση. Ο αισθητήρας αυτός, πιο συγκεκριμένα μετρά την ψυχο-γαλβανική αντανάκλαση του σώματος. Συναισθήματα όπως ενθουσιασμός, άγχος, σοκ, κλπ. μπορεί να οδηγήσουν στην διακύμανση της διαγωγιμότητας του δέρματος. Η μέτρηση της διαγωγιμότητας του δέρματος είναι ένα από τα στοιχεία των συσκευών ανιχνευτή ψεύδους και χρησιμοποιούνται στην επιστημονική έρευνα της συναισθηματικής ή φυσιολογικής διέγερσης.



Σχήμα 3.4.5.2. Γραφική παράσταση που περιγράφει την διαγωγιμότητα ενός ασθενή ως προς τον χρόνο, με παρουσίαση ενδείξεων σοκ και φόβου [24]

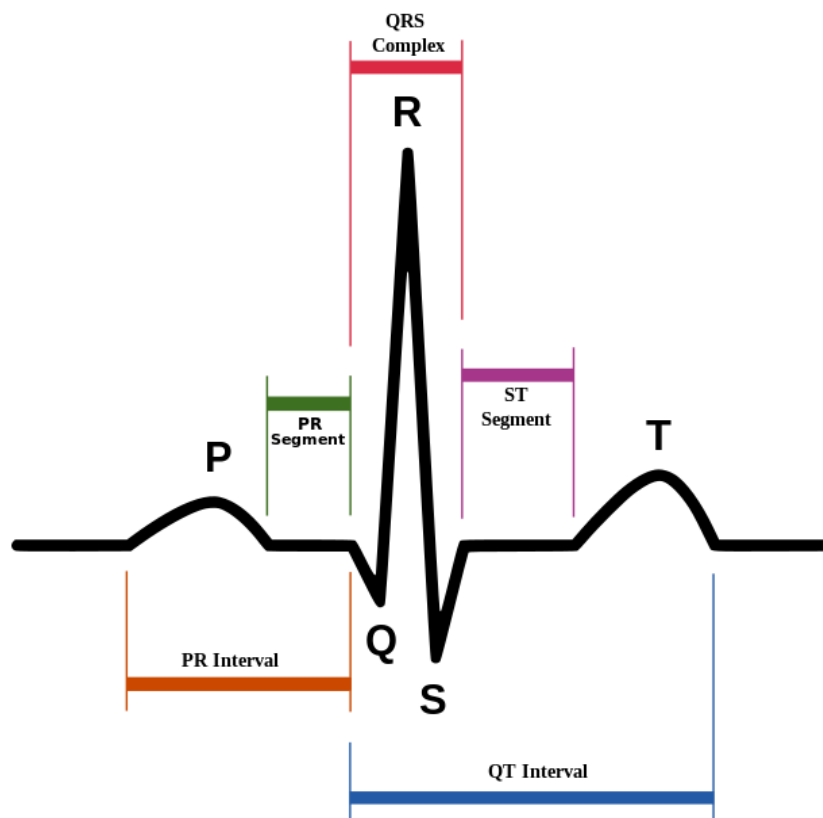
3.4.6 Ηλεκτροκαρδιογράφημα



Σχήμα 3.4.6.1. Ο αισθητήρας ηλεκτροκαρδιογραφήματος και ο τρόπος εφαρμογής του στην πλατφόρμα e-Health [24]

Το ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ) είναι ένα διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται συνήθως για την αξιολόγηση των ηλεκτρικών και μυϊκών λειτουργιών της καρδιάς. Ο αισθητήρας του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ΗΚΓ), έχει αναπτυχθεί για να είναι ένα από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα εργαλεία στη σύγχρονη ιατρική. Η χρήση του για τη διάγνωση αρκετών καρδιακών παθήσεων, που κυμαίνονται από ισχαιμία του μυοκαρδίου, έμφραγμα προς συγκοπή και ταχυπαλμίες, ήταν πολύτιμη για τους κλινικούς γιατρούς για δεκαετίες.

Η ακρίβεια του ΗΚΓ εξαρτάται από την κατάσταση που δοκιμάζεται. Μερικά προβλήματα της καρδιάς μπορεί να μην παρουσιάζονται πάντα στο ΗΚΓ. Γενικότερα, ένα ΗΚΓ μπορεί να μετρήσει πλήθος παθολογικών καταστάσεων όπως: ο προσανατολισμός της καρδιάς (που είναι τοποθετημένη) στην κοιλότητα του θώρακα, απόδειξη αυξημένου πάχους (υποτροφία) του καρδιακού μυ, απόδειξη βλάβης σε διάφορα μέρη του μυοκαρδίου, απόδειξη ύπαρξης μειωμένης ροής αίματος στην καρδιά, σημάδια ανώμαλης ηλεκτρικής δραστηριότητας που αλλοιώνουν τον καρδιακό ρυθμό, τον υποκειμενικό ρυθμό και ποσοστό μηχανισμού της καρδιάς κτλ. Τέλος, οι απαγωγές του ΗΚΓ συνδέονται με το σώμα, ενώ ο ασθενής βρίσκεται σε επίπεδη κατάσταση στο κρεβάτι.



Σχήμα 3.4.6.2. Σχηματική αναπαράσταση ενός φυσιολογικού ΗΚΓ [24]

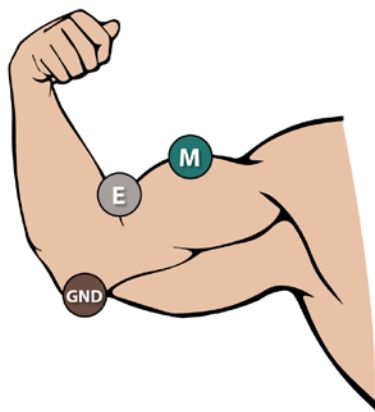
3.4.7 Ένταση του μυός



Σχήμα 3.4.7.1. Ο αισθητήρας ηλεκτρομυογραφήματος και ο τρόπος εφαρμογής του στην πλατφόρμα e-Health [24]

Το ηλεκτρομυογράφημα (EMG) μετρά την ηλεκτρική δραστηριότητα των μυών σε ηρεμία και κατά τη διάρκεια της συστολής. Είναι μια τεχνική για την αξιολόγηση και την καταγραφή της ηλεκτρικής δραστηριότητας που παράγεται από τους σκελετικούς μύες. Ένας ηλεκτρομυογράφος ανιχνεύει το ηλεκτρικό δυναμικό που παράγεται από τα μυϊκά κύτταρα όταν αυτά τα κύτταρα ενεργοποιηθούν ηλεκτρικά ή νευρολογικά. Αυτά τα σήματα μπορούν να αναλυθούν για την ανίχνευση μυϊκών ανωμαλιών, του επιπέδου ενεργοποίησης, της σειράς πρόσληψης ή για να αναλύσουν τα βιομηχανικά της κίνησης των ανθρώπων ή των ζώων.

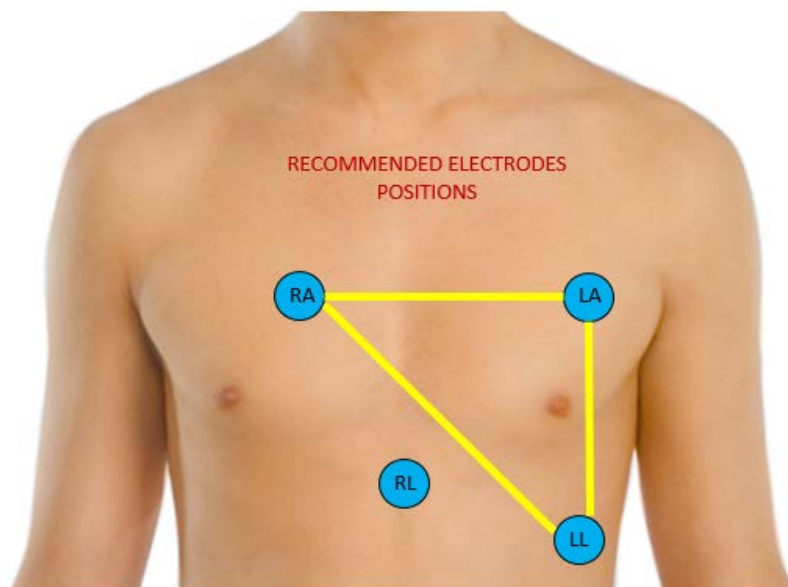
Τα σήματα EMG χρησιμοποιούνται σε πολλές κλινικές και βιοϊατρικές εφαρμογές. Ακόμη, χρησιμοποιείται και ως διαγνωστικό εργαλείο για τον εντοπισμό νευρομυϊκών παθήσεων, την αξιολόγηση χαμηλής οσφυαλγίας, κινησιολογίας, και διαταραχών του κινητικού ελέγχου. Τα σήματα EMG χρησιμοποιούνται επίσης ως ένα σήμα ελέγχου για προσθετικές συσκευές όπως προσθετικών χεριών και κάτω άκρων. Αυτός ο αισθητήρας μετρά τη φιλτραρισμένη και το διορθωμένη ηλεκτρική δραστηριότητα του μυός, ανάλογα με το ποσό της δραστηριότητας στον επιλεγμένο μυ.



Σχήμα 3.4.5.1. Η ορθή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στον ασθενή για την εξαγωγή του ηλεκτρομυογραφήματος [24]

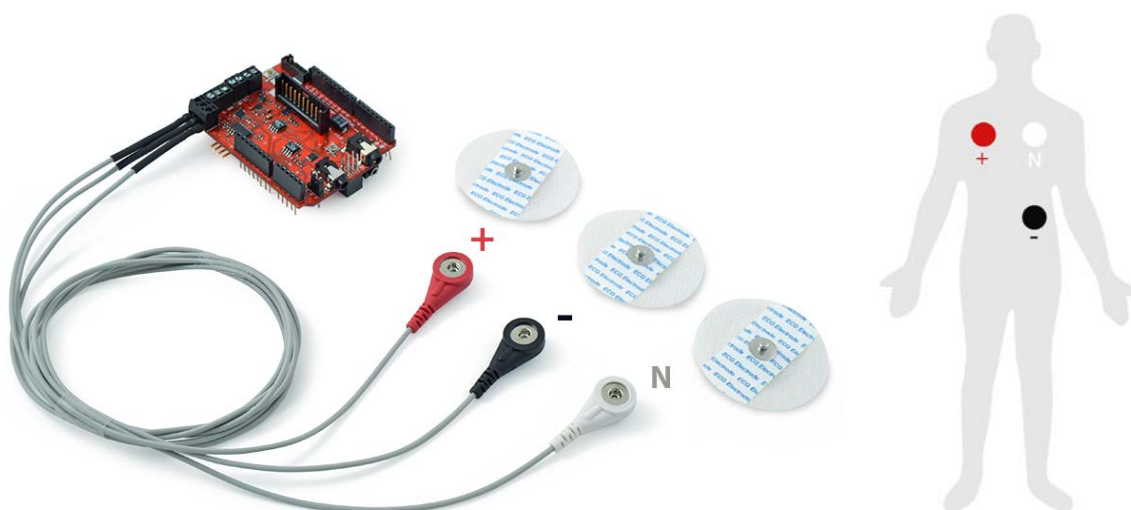
3.5 Απαιτούμενες γνώσεις για καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG)

Χρησιμοποιώντας τις συσκευές της Shimmer μπορούμε να καταγράψουμε ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα, όπως έχουμε αναφέρει και πιο πάνω. Συγκεκριμένα η συσκευή καταγράφει τα ηλεκτρικά σήματα από την καρδιά. Η 2 καναλιών Shimmer Ecg συσκευή συνδέεται με μια κεντρική μονάδα η οποία βρίσκεται μέσα στη συσκευή και πάνω στο δέρμα εφαρμόζουμε 4 συμβατικά ηλεκτρόδια μιας χρήσης. Το Lead 2 είναι ένα ECG vector signal το οποίο φτάνει από το RA (right arm) στο LL (left leg) vector και μεταφέρεται από το πρώτο κανάλι του Shimmer ECG board. Το Lead 3 είναι ένα ECG vector signal το οποίο φτάνει από το LA (left arm) στο LL (left leg) vector και μεταφέρεται από το πρώτο κανάλι του Shimmer ECG board. Το Lead 1 που είναι το ECG vector που φτάνει από το RA (right arm) στο LA (left arm) vector, μπορούμε να το υπολογίσουμε αν αφαιρέσουμε το Lead 3 από το Lead 2. Έτσι αφού έχουμε τις απαιτούμενες μετρήσεις των ηλεκτρικών σημάτων που λαμβάνονται από την καρδιά μπορούμε να εφαρμόσουμε τον QRS αλγόριθμο για να ανιχνεύσουμε τυχόν καρδιακές αρρυθμίες. Στο σχήμα 3.5.1 βλέπουμε σε ποια ακριβώς σημεία τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια πάνω στην καρδιά έτσι ώστε να λαμβάνουμε έγκυρες και ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 3.5.1. Προτεινόμενες θέσεις ηλεκτροδίων της Shimmer για την καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος [22]

Ακολουθώς, θα αναφερθούμε στον τρόπο καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος χρησιμοποιώντας τη συσκευή e-Health Sensor platform της Libelium. Όπως βλέπουμε και στο σχήμα 3.3.4, για να λειτουργήσει η συγκεκριμένη συσκευή χρειαζόμαστε είτε ένα Arduino είτε ένα Raspberry Pi. Παρομοίως με τη συσκευή Shimmer, αυτή η πλατφόρμα καταγράφει επίσης τα ηλεκτρικά σήματα στην καρδιά. Εν αντίθεση όμως με τη προηγούμενη συσκευή, η πλατφόρμα e-Health εφαρμόζει πάνω στο δέρμα 3 συμβατικά ηλεκτρόδια μιας χρήσης. Έτσι αφού έχουμε τις απαιτούμενες μετρήσεις των ηλεκτρικών σημάτων που λαμβάνονται από την καρδιά μπορούμε να εφαρμόσουμε τον QRS αλγόριθμο για να ανιχνεύσουμε τυχόν καρδιακές αρρυθμίες. Στο σχήμα 3.5.2 βλέπουμε σε ποια ακριβώς σημεία τοποθετούνται τα ηλεκτρόδια πάνω στην καρδιά, αλλά και πως ενώνονται τα ηλεκτρόδια επάνω στην πλατφόρμα e-Health, έτσι ώστε να λαμβάνουμε έγκυρες και ακριβείς μετρήσεις.



Σχήμα 3.5.2. Ορθή τοποθέτηση ηλεκτροδίων στην πλατφόρμα e-Health (αριστερά) και προτεινόμενες θέσεις ηλεκτροδίων της e-Health στο σώμα για την καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος (δεξιά) [24]

3.6 Απαιτούμενες γνώσεις για γλώσσες και εργαλεία προγραμματισμού

Για την εκπόνηση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας, δηλαδή για την ανάπτυξη του module (καταγραφή, αποστολή, ανάλυση και προβολή ηλεκτροκαρδιογραφήματος ECG και άλλων βιομετρικών στοιχείων του ασθενή), απαιτείται η γνώση διαφόρων τεχνολογιών, γλωσσών και εργαλείων προγραμματισμού, τις οποίες αναφέρουμε πιο κάτω.

3.6.1 MySQL [25]

Η MySQL είναι ένα από τα πιο δημοφιλή, ανοικτού κώδικα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων SQL, η οποία αναπτύσσεται, διανέμεται και υποστηρίζεται από την Oracle Corporation. Γενικότερα, μια βάση δεδομένων είναι μια δομημένη συλλογή δεδομένων. Μπορεί να είναι οτιδήποτε, από μια απλή λίστα με τα ψώνια σε πινακοθήκη ή τεράστιες ποσότητες πληροφοριών σε ένα εταιρικό δίκτυο. Για να προσθέσουμε, να έχουμε πρόσβαση και επεξεργασία των δεδομένων που αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων, θα πρέπει να έχουμε ένα σύστημα διαχείρισης βάσεων δεδομένων, όπως ο MySQL Server. Δεδομένου ότι οι υπολογιστές είναι πολύ καλοί στο χειρισμό μεγάλου όγκου δεδομένων, τα συστήματα διαχείρισης βάσεων δεδομένων διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην πληροφορική, ως αυτόνομα βοηθητικά προγράμματα ή ως τμήματα άλλων εφαρμογών.

Η MySQL είναι μια σχεσιακή βάση δεδομένων, η οποία αποθηκεύει δεδομένα σε ξεχωριστούς πίνακες και όχι βάζοντας όλα τα δεδομένα σε μία μεγάλη αποθήκη. Οι δομές δεδομένων είναι οργανωμένες σε φυσικά αρχεία βελτιστοποιημένα για την ταχύτητα. Το λογικό μοντέλο, με αντικείμενα όπως βάσεις δεδομένων, πίνακες, προβολές, γραμμές και στήλες, προσφέρει ένα ευέλικτο περιβάλλον προγραμματισμού. Μπορούμε να ορίσουμε τους κανόνες που διέπουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών πεδίων δεδομένων, όπως ένα-προς-ένα, ένα-προς-πολλά, μοναδικά και "δείκτες" μεταξύ διαφορετικών πινάκων.

Η MySQL είναι και open source, που σημαίνει ότι είναι δυνατό για τον οποιονδήποτε να τη χρησιμοποιήσει και να τροποποιήσει το λογισμικό. Ο καθένας μπορεί να κατεβάσει το λογισμικό MySQL από το Διαδίκτυο και να το χρησιμοποιήσει άνευ πληρωμής. Το λογισμικό MySQL χρησιμοποιεί την GPL (GNU General Public License), για να καθορίσει τι μπορεί και τι δεν μπορεί να κάνει με το λογισμικό σε διαφορετικές καταστάσεις.

Ο διακομιστής MySQL αναπτύχθηκε αρχικά για να χειριστεί μεγάλες βάσεις δεδομένων πολύ πιο γρήγορα από ό, τι οι τότε υπάρχουσες λύσεις και έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε υψηλά απαιτητικά περιβάλλοντα παραγωγής για πολλά χρόνια. Αν και υπό συνεχή ανάπτυξη, σήμερα ο διακομιστής MySQL προσφέρει ένα πλούσιο και χρήσιμο σύνολο των λειτουργιών. Η συνδεσιμότητα του, η ταχύτητα και η ασφάλεια που παρέχει κάνει τη MySQL ιδιαίτερα κατάλληλη για την πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων στο Διαδίκτυο.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε την MySQL ως βάση δεδομένων για το Android application που δημιουργήσαμε, για την τοπική αποθήκευση των τιμών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος από τις εταιρείες Shimmer και Libelium και των τιμών των βιομετρικών και προσωπικών στοιχείων του ασθενή προτού σταλούν για ανάλυση και παρακολούθηση από τον επιβλέπων γιατρό. Ακόμη, αποθηκεύουμε τις τιμές των στοιχείων των γιατρών για τη σύνδεσή τους με το Web App.

3.6.2 Arduino [26]

Το Arduino είναι ένα εργαλείο για την κατασκευή υπολογιστών που μπορεί να αισθανθεί και να ελέγχει περισσότερο από το φυσικό κόσμο από ότι ο προσωπικός μας υπολογιστής. Είναι μια open-source φυσική υπολογιστική πλατφόρμα που βασίζεται σε μια απλή πλακέτα μικροελεγκτή και ένα περιβάλλον ανάπτυξης για τη σύνταξη του λογισμικού στην πλακέτα.

Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη διαδραστικών αντικειμένων, λαμβάνοντας εισόδους από μια ποικιλία από διακόπτες ή αισθητήρες, παρέχοντας τον έλεγχο μιας ποικιλίας φώτων, κινητήρων και άλλων φυσικών εξόδων. Τα έργα Arduino μπορούν να είναι αυτόνομα, ή μπορούν να επικοινωνούν με το λογισμικό που τρέχει στον υπολογιστή μας (π.χ. Flash, Επεξεργασία, MaxMSP.) Οι πλακέτες μπορούν να συναρμολογηθούν με το χέρι ή αγοράζονται προ-συναρμολογημένα, ενώ το open-source IDE μπορούμε να το κατεβάσουμε δωρεάν. Η γλώσσα προγραμματισμού Arduino είναι μια υλοποίηση της καλωδίωσης, μια παρόμοια φυσική υπολογιστική πλατφόρμα, η οποία βασίζεται στο περιβάλλον προγραμματισμού επεξεργασίας πολυμέσων.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε μια πλακέτα Arduino Uno, για την σύνδεσή της με την αντίστοιχη πλακέτα της e-Health, έτσι ώστε να μπορούμε να καταγράφουμε τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα στο περιβάλλον του Arduino.

3.6.3 Raspberry Pi [27]

Το Raspberry Pi είναι ένας χαμηλού κόστους, μεγέθους πιστωτικής κάρτας υπολογιστής που συνδέεται σε μια οθόνη υπολογιστή ή την τηλεόραση και χρησιμοποιεί ένα τυπικό πληκτρολόγιο και το ποντίκι. Είναι μια ικανή μικρή συσκευή που επιτρέπει στους ανθρώπους όλων των ηλικιών να εξερευνήσουν το υπολογιστικό σύστημα και να μάθουν πώς να προγραμματίζουν σε γλώσσες όπως η Scratch και η Python. Είναι σε θέση να κάνει ό,τι θα περίμενε κανείς από ένα desktop υπολογιστή να κάνει, από την περιήγηση στο διαδίκτυο και την αναπαραγωγή βίντεο υψηλής ευκρίνειας, μέχρι την δημιουργία spreadsheets, την επεξεργασία κειμένου και να παίζει παιχνίδια.

Επιπλέον, το Raspberry Pi έχει την ικανότητα να αλληλεπιδρά με τον έξω κόσμο και έχει χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών έργων κατασκευαστή, από τις μηχανές μουσικής και ανιχνευτές γονέων μέχρι μετεωρολογικούς σταθμούς και tweeting birdhouses με υπέρυθρες κάμερες. Ένας από τους σκοπούς των δημιουργών του Raspberry Pi, είναι η χρησιμοποίηση του από παιδιά σε όλο τον κόσμο για να μάθουν να προγραμματίζουν και να κατανοήσουν πώς λειτουργούν οι υπολογιστές.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε μια πλακέτα Raspberry Pi, για την σύνδεσή της με την αντίστοιχη πλακέτα της e-Health, έτσι ώστε να μπορούμε να καταγράφουμε τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα. Έστω όμως και αν

υπήρχαν τα απαραίτητα guides για την διαδικασία αυτή, δεν καταφέραμε να την υλοποιήσουμε λόγω έλλειψης εξωτερικών συστημάτων που έπρεπε να ενωθούν με το Raspberry Pi, αλλά και έλλειψης χρόνου, αφού την ίδια δουλειά μπορούμε να την κάνουμε και με το Arduino Uno. Ωστόσο να σημειώσουμε ότι θα προτιμούσαμε την προσέγγιση με το Raspberry Pi, λόγω του ότι έχει περισσότερη υπολογιστική ισχύ από το Arduino.

3.6.4 Android [28]

Το Android είναι ένα λειτουργικό σύστημα (OS), που βασίζεται στον πυρήνα του Linux και αναπτύσσεται επί του παρόντος από την Google. Με μια διεπαφή χρήστη που βασίζεται στην άμεση χειραγώγηση, το Android έχει σχεδιαστεί κυρίως για την οθόνη αφής φορητών συσκευών, όπως smartphones και υπολογιστές tablet, με εξειδικευμένες διεπαφές χρήστη για τηλεοράσεις (Android TV), αυτοκίνητα (Android Auto), και ρολόγια χειρός (Android Wear). Το λειτουργικό σύστημα χρησιμοποιεί εισόδους αφής που αντιστοιχούν ελαφρώς στις δράσεις του πραγματικού κόσμου, όπως το σύρσιμο δαχτύλου (swiping), κτύπημα (tapping), κίνηση δαχτύλων για χειρισμό οθόνης αντικειμένων, καθώς και ένα εικονικό πληκτρολόγιο. Παρά το γεγονός ότι έχουν σχεδιαστεί κυρίως για την είσοδο αφής, επίσης έχει χρησιμοποιηθεί σε κονσόλες παιχνιδιών, ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές, υπολογιστές και άλλες ηλεκτρονικές συσκευές.

Το Android είναι δημοφιλές με τις εταιρείες τεχνολογίας που απαιτούν τα έτοιμα, χαμηλού κόστους και προσαρμόσιμα λειτουργικά συστήματα για συσκευές υψηλής τεχνολογίας. Η ανοιχτή φύση του Android έχει ενθαρρύνει μια μεγάλη κοινότητα προγραμματιστών και άλλων ενδιαφερόμενων να χρησιμοποιήσουν το open-source code ως θεμέλιο για πολλά projects, τα οποία προσθέτουν νέα χαρακτηριστικά σε προχωρημένους χρήστες ή φέρνουν το Android σε συσκευές, οι οποίες κυκλοφόρησαν επίσημα λειτουργώντας με άλλα λειτουργικά συστήματα.

Η τελευταία έκδοση του Android, είναι το Android 5.1, μια αναβάθμιση του Android 5.0 «Lollipop», η οποία βελτιώνει τη σταθερότητα και τις επιδόσεις και προσφέρει μερικά νέα χαρακτηριστικά, όπως υποστήριξη για πολλαπλές κάρτες SIM, προστασία της συσκευής και υψηλής ευκρίνειας (HD) φωνή σε συμβατά κινητά τηλέφωνα. Με την προστασία της συσκευής, είτε χαθεί είτε κλαπεί η κινητή συσκευή, θα παραμείνει κλειδωμένη μέχρι να συνδεθούμε με το λογαριασμό μας στο Google, ακόμα κι αν κάποιος επαναφέρει τη συσκευή μας στις εργοστασιακές ρυθμίσεις. Τέλος, το Android 5.1 «Lollipop» παρέχει επιπλέον

βελτιώσεις, όπως τη δυνατότητα να ενωθούμε σε δίκτυα Wi-Fi και τον έλεγχο των συνδεδεμένων συσκευών μας με Bluetooth απευθείας από τις γρήγορες ρυθμίσεις.

Η ανάπτυξη λογισμικού Android (Android Software Development) είναι η διαδικασία με την οποία νέες εφαρμογές δημιουργούνται για το λειτουργικό σύστημα Android. Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία δημιουργήσαμε και εμείς ένα Android application, στο οποίο συνδέσαμε τα 2 Android applications της Shimmer και της Libelium, με σκοπό ο ασθενής να έχει την επιλογή να διαλέγει από ποιας εταιρείας την συσκευή επιθυμεί να εξάγει και να καταγράψει τον ηλεκτροκαρδιογράφημά του. Οι εφαρμογές αυτές αναπτύσσονται συνήθως σε γλώσσα προγραμματισμού Java, χρησιμοποιώντας το Android Software Development Kit (SDK) το οποίο χρησιμοποιήσαμε και εμείς, αλλά και άλλα περιβάλλοντα ανάπτυξης είναι επίσης διαθέσιμα.

3.6.5 Android Software Development Kit (SDK) [29]

Το Android software development kit (SDK) περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο σύνολο εργαλείων ανάπτυξης. Αυτά περιλαμβάνουν ένα πρόγραμμα εντοπισμού σφαλμάτων (debugger), βιβλιοθήκες, μια συσκευή εξομοιωτή που βασίζεται στο QEMU, τεκμηρίωση, δείγματα κώδικα, και tutorials. Επί του παρόντος, υποστηριζόμενες πλατφόρμες ανάπτυξης περιλαμβάνουν υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Linux (οποιαδήποτε σύγχρονη διανομή Linux desktop), Mac OS X 10.5.8 ή νεότερη έκδοση και τα Windows XP ή νεότερη έκδοση. Το SDK δεν είναι προς το παρόν διαθέσιμο για το Android, ωστόσο το λογισμικό μπορεί να αναπτυχθεί με τη χρήση εξειδικευμένων εφαρμογών Android.

Μέχρι περίπου το τέλος του 2014, το επίσημο υποστηριζόμενο ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) ήταν η Eclipse, χρησιμοποιώντας το plugin Android Development Tools (ADT), αν και το IntelliJ IDEA IDE (όλες οι εκδόσεις) υποστηρίζει πλήρως την ανάπτυξη του Android και το NetBeans IDE υποστηρίζει επίσης την ανάπτυξη του Android μέσω ενός plugin. Από το 2015, το Android Studio, που πραγματοποιήθηκε από την Google και τροφοδοτείται από το IntelliJ, είναι το επίσημο IDE, ωστόσο, οι προγραμματιστές είναι ελεύθεροι να χρησιμοποιούν και άλλα IDE. Επιπλέον, οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου για να επεξεργαστούν Java και XML αρχεία, μετά να χρησιμοποιούν εργαλεία γραμμής εντολών (Java Development Kit και Apache Ant απαιτούνται) για τη δημιουργία, την κατασκευή και τον

εντοπισμό σφαλμάτων εφαρμογών Android καθώς και τον έλεγχο σε Android συσκευές (π.χ., προκαλώντας μια επανεκκίνηση, εγκατάσταση του πακέτου εξ αποστάσεως λογισμικού).

Οι βελτιώσεις στο SDK του Android πάνε χέρι-χέρι με τη συνολική ανάπτυξη της πλατφόρμας Android. Το SDK υποστηρίζει επίσης παλαιότερες εκδόσεις της πλατφόρμας Android σε περίπτωση που οι προγραμματιστές επιθυμούν να στοχεύσουν τις εφαρμογές τους σε παλαιότερες συσκευές. Τα εργαλεία ανάπτυξης είναι διαθέσιμα για download, έτσι ώστε όταν κάποιος έχει κατεβάσει την τελευταία έκδοση της πλατφόρμας, να μπορεί να κατεβάσει και παλαιότερες πλατφόρμες και εργαλεία για να γίνει έλεγχος συμβατότητας.

Οι Android εφαρμογές συσκευάζονται σε .apk μορφή και αποθηκεύεται υπό φάκελο / data / app για το Android OS (ο φάκελος είναι προσβάσιμος μόνο από το root για λόγους ασφαλείας). Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία χρησιμοποιήσαμε το Android SDK για την κατασκευή της δικής μας Android εφαρμογής.

3.6.6 Apache Tomcat Web Server [30]

Ένας web server είναι μια τεχνολογία πληροφορίας που επεξεργάζεται αιτήσεις μέσω HTTP, το βασικό πρωτόκολλο δικτύου που χρησιμοποιείται για τη διάδοση των πληροφοριών σχετικά με το World Wide Web. Ο όρος μπορεί να αναφέρεται είτε σε ολόκληρο το σύστημα του υπολογιστή, μια συσκευή, ή ειδικά στο λογισμικό που δέχεται και επιβλέπει τις αιτήσεις HTTP.

Η κύρια λειτουργία ενός web server είναι να αποθηκεύει, να επεξεργάζεται και να παραδίδει τις ιστοσελίδες για τους πελάτες. Η επικοινωνία μεταξύ του πελάτη και του διακομιστή γίνεται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Οι σελίδες που παραδίδονται είναι πιο συχνά HTML έγγραφα, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν εικόνες, φύλλα και σενάρια εκτός από το περιεχόμενο του κειμένου.

Ένας χρήστης, συνήθως ένα web browser ή web crawler, ξεκινά την επικοινωνία με την υποβολή αίτησης για ένα συγκεκριμένο πόρο, χρησιμοποιώντας HTTP και ο διακομιστής απαντά με το περιεχόμενο αυτού του πόρου ή ένα μήνυμα λάθους, εάν δεν μπορεί να το πράξει. Ο πόρος είναι συνήθως ένα πραγματικό αρχείο σε δευτερεύουσα αποθήκη του server, αλλά αυτό δεν ισχύει πάντα και εξαρτάται από τον τρόπο που ο web server είναι υλοποιημένος.

Ο Apache Tomcat είναι ένας web server που περιέχει servlets ανοικτού κώδικα που αναπτύχθηκε από την Apache Software Foundation (ASF). Ο Tomcat εφαρμόζει διάφορες προδιαγραφές Java EE, συμπεριλαμβανομένων των Java Servlets, JavaServer Pages (JSP), Java EL και WebSocket, και παρέχει ένα «αγνό» Java HTTP περιβάλλον για web server, στον οποίο ο κώδικας της Java μπορεί να τρέξει.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τον Apache Tomcat για την ανάπτυξη του web application που θα χρησιμοποιούν οι ιατροί. Το τι ακριβώς κάνουμε, είναι με τη δική μας εφαρμογή που δημιουργήσαμε να μπορούμε να βλέπουμε και να καταγράφουμε ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα, είτε χρησιμοποιώντας την εταιρεία Shimmer είτε την εταιρεία Libelium. Στη συνέχεια, θα αποστέλλουμε αυτό το ηλεκτροκαρδιογράφημα που καταγράψαμε στο web server του Apache Tomcat μαζί με τις άλλες βιομετρικές πληροφορίες του ασθενή, έτσι ώστε ο επιβλέπων γιατρός του ασθενή να είναι σε θέση να το αναλύσει και να αποστείλει πίσω στον ασθενή τις δικές του συμβουλές.

3.6.7 Java [31]

Η Java είναι μια γενικού σκοπού γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών που είναι αντικειμενοστρεφής και ειδικά σχεδιασμένη για να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες εξαρτήσεις υλοποίησης γίνεται. Σκοπός της είναι οι προγραμματιστές εφαρμογών να λειτουργούν σύμφωνα με τον όρο: «write once, run everywhere», πράγμα που σημαίνει ότι ο μεταγλωττισμένος κώδικας Java θα μπορεί να τρέξει σε όλες τις πλατφόρμες που υποστηρίζουν Java, χωρίς την ανάγκη για recompilation. Οι εφαρμογές Java συνήθως συγκεντρώνονται σε bytecode που μπορούν να τρέξουν σε οποιοδήποτε Java Virtual Machine (JVM) ανεξάρτητα από την αρχιτεκτονική του υπολογιστή.

Από το 2015, η Java είναι μία από τις πιο δημοφιλείς γλώσσες προγραμματισμού σε χρήση, ιδιαίτερα για τις εφαρμογές client-server, με 9 εκατομμύρια προγραμματιστές. Η Java αναπτύχθηκε αρχικά από τον James Gosling στην Sun Microsystems (η οποία από τότε έχει αποκτηθεί από την Oracle Corporation) και κυκλοφόρησε το 1995 ως βασική συνιστώσα της πλατφόρμας Java της Sun Microsystems. Η γλώσσα αντλεί μεγάλο μέρος της σύνταξης της από τη C και τη C++, αλλά έχει λιγότερες χαμηλού-επιπέδου εγκαταστάσεις από ότι αυτές οι 2 γλώσσες προγραμματισμού.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά της Java θα αναφέρουμε παρακάτω:

- Αντικειμενοστρεφής: Στην Java, τα πάντα είναι ένα αντικείμενο. Η Java μπορεί να επεκταθεί εύκολα, δεδομένου ότι βασίζεται στο μοντέλο αντικειμένου.
- Ανεξάρτητη πλατφόρμα: Σε αντίθεση με πολλές άλλες γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένων των C και C++, όταν η Java μεταγλωττίζεται, δεν μεταγλωττίζεται στη πλατφόρμα του συγκεκριμένου μηχανήματος, αλλά σε μια ανεξάρτητη πλατφόρμα byte code. Αυτό το byte code διανέμεται μέσω του διαδικτύου και ερμηνεύεται από τη Java Virtual Machine (JVM) σε όποια πλατφόρμα θα εκτελεστεί.
- Απλή: Η Java έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι εύκολο κανείς να τη μάθει. Εάν έχουμε κατανοήσει τη βασική ιδέα του προγραμματισμού, τότε η Java θα είναι εύκολη στη μάθηση.
- Ασφαλής: Η ασφαλής λειτουργία της Java, επιτρέπει την ανάπτυξη συστημάτων χωρίς την παρουσία ιών και παραβιάσεων. Οι τεχνικές ελέγχου ταυτότητας της βασίζονται σε δημόσιο κλειδί κρυπτογράφησης.
- Αρχιτεκτονική-ουδέτερη: Ο Java compiler δημιουργεί μια μορφή αντικειμένου που είναι ουδέτερο αρχιτεκτονικά, το οποίο κάνει το μεταγλωττισμένο κώδικα να είναι εκτελέσιμος για πολλούς επεξεργαστές και πλατφόρμες, με την παρουσία ενός συστήματος εκτέλεσης Java.
- Φορητό: Όντας αρχιτεκτονικά ουδέτερη και μη έχοντας εξαρτώμενες πτυχές υλοποίησης των προδιαγραφών, κάνει τη Java φορητή.
- Στιβαρή: Η Java κάνει μια προσπάθεια για την εξάλειψη καταστάσεων επιρρεπών σε λάθη, δίνοντας έμφαση κυρίως στην διάρκεια της μεταγλώττισης του ελέγχου σφαλμάτων και της εκτέλεσης του ελέγχου.
- Πολυνηματική: Με το πολυνηματικό χαρακτηριστικό της Java είναι δυνατό να γράψουμε προγράμματα που μπορούν να κάνουν πολλές εργασίες ταυτόχρονα. Αυτό το χαρακτηριστικό του σχεδιασμού επιτρέπει στους προγραμματιστές να κατασκευάσουν ομαλή λειτουργία διαδραστικών εφαρμογών.
- Υψηλής Απόδοσης: Με τη χρήση των μεταγλωττιστών Just-In-Time, η Java επιτρέπει την υψηλή επίδοση.
- Κατανεμημένη: Η Java έχει σχεδιαστεί για το κατανεμημένο περιβάλλον του διαδικτύου.
- Δυναμική: Η Java θεωρείται ότι είναι πιο δυναμική από ότι η C ή η C++, δεδομένου ότι έχει σχεδιαστεί για να προσαρμοστεί σε ένα διαρκώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Τα προγράμματα μπορούν να μεταφέρουν εκτεταμένη ποσότητα των πληροφοριών

εκτέλεσης, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επαλήθευση και την επίλυση προσβάσεων σε αντικείμενα στον χρόνο εκτέλεσής τους.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα προγραμματισμού Java για την δημιουργία του Android application που καταγράφει ηλεκτροκαρδιογραφήματα και τα στέλνει στον server, αλλά και για την δημιουργία του web application που αναφέραμε και πιο πάνω.

3.6.8 Eclipse IDE [32]

Το Eclipse είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE). Περιέχει μια βάση χώρου εργασίας και ένα επεκτάσιμο σύστημα plug-in για την προσαρμογή του περιβάλλοντος. Γράφτηκε κυρίως σε Java και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών. Με τη βοήθεια των διαφόρων plug-ins, η Eclipse μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη εφαρμογών σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού: Ada, ABAP, C, C++, COBOL, Fortran, Haskell, JavaScript, Lasso, Lua, Natural, Perl, PHP, Prolog, Python, R, Ruby, Scala, Clojure, Groovy, Scheme και Erlang. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη πακέτων για το λογισμικό Mathematica. Τα περιβάλλοντα ανάπτυξης περιλαμβάνουν τα εργαλεία ανάπτυξης Eclipse Java (JDT) για Java και τη Scala, το Eclipse CDT για την C / C++ και Eclipse PDT για την PHP, μεταξύ άλλων.

Η αρχική βάση κώδικα προήλθε από την IBM VisualAge. Το kit ανάπτυξης λογισμικού της Eclipse (SDK), το οποίο περιλαμβάνει τα εργαλεία ανάπτυξης της Java, προορίζεται για προγραμματιστές της Java. Οι χρήστες μπορούν να επεκτείνουν τις ικανότητές τους με την εγκατάσταση plug-ins για την πλατφόρμα Eclipse, όπως είναι η ανάπτυξη εργαλείων για άλλες γλώσσες προγραμματισμού και μπορούμε να γράψουμε και να συμβάλουμε με τις δικές μας μονάδες plug-in.

Το Eclipse SDK είναι ελεύθερο και ανοικτού κώδικα λογισμικό (αν και είναι ασυμβίβαστο με την GNU General Public License) και εκδίδεται σύμφωνα με τους όρους της Eclipse Public License. Ήταν ένα από τα πρώτα IDEs που έτρεξε κάτω από το GNU Classpath και να επίσης έτρεξε χωρίς προβλήματα κάτω από IcedTea.

Τα εργαλεία ανάπτυξης Android (ADT) είναι ένα από τα plugins για το Eclipse IDE, που έχει σχεδιαστεί για να παρέχει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον στο οποίο θα μπορούν να

δημιουργήσουν εφαρμογές Android οι χρήστες. Το ADT επεκτείνει τις δυνατότητες του Eclipse για να επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν νέα έργα Android, να δημιουργήσουν μια UI εφαρμογή, να προσθέσουν τα πακέτα με βάση το API του πλαισίου του Android, να διορθώσουν τις εφαρμογές τους, να χρησιμοποιήσουν τα εργαλεία του Android SDK, και να εξάγουν υπογεγραμμένα (ή ανυπόγραφα) .apk αρχεία για να διανέμουν τις εφαρμογές τους. Είναι ένα δωρεάν λογισμικό διαθέσιμο για να το κατεβάσουμε. Το Eclipse IDE ήταν το επίσημο IDE για το Android, αλλά αντικαταστάθηκε από το Android Studio (με βάση το IntelliJ IDEA το 2015).

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε το Eclipse IDE για τη δημιουργία του Android application, την επικοινωνία μεταξύ της εφαρμογής με τη βάση δεδομένων αλλά και τη δημιουργία του web application και την επικοινωνία και αυτού με τη σειρά του με τη βάση δεδομένων.

3.6.9 HTML [33]

Η HTML είναι η πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα για να δημιουργήσει κανείς μια ιστοσελίδα. Τα αρχικά HTML σημαίνουν HyperText-Markup-Language. Το HyperText αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο οι σελίδες Web (έγγραφα HTML) συνδέονται μεταξύ τους. Έτσι, το link που είναι διαθέσιμο σε μια ιστοσελίδα ονομάζεται HyperText.

Όπως υποδηλώνει και το όνομά της, η HTML είναι μια γλώσσα σήμανσης που σημαίνει ότι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την HTML απλά ως ένα «mark up» έγγραφο κειμένου, με τις ετικέτες που δηλώνουν σε ένα web browser πώς να το δομήσει για να εμφανιστεί.

Αρχικά, η HTML αναπτύχθηκε με σκοπό τον ορισμό της δομής των εγγράφων, όπως επικεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, και ούτω καθεξής για να διευκολύνει την ανταλλαγή επιστημονικών πληροφοριών μεταξύ των ερευνητών. Τώρα, η HTML χρησιμοποιείται ευρέως για τη μορφοποίηση ιστοσελίδων με τη βοήθεια των διαφόρων ετικετών που διατίθενται σε γλώσσα HTML.

Τα προγράμματα περιήγησης στο Διαδίκτυο μπορούν να διαβάσουν αρχεία HTML και να τα καθιστούν σε ορατές ή ακουστικές ιστοσελίδες. Τα προγράμματα περιήγησης δεν εμφανίζουν τις ετικέτες και τα χειρόγραφα HTML, αλλά τα χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν το περιεχόμενο της σελίδας. Η HTML περιγράφει τη δομή μιας

ιστοσελίδας σημασιολογικά μαζί με συνθήματα για την παρουσίαση, καθιστώντας την μια γλώσσα σήμανσης, παρά μια γλώσσα προγραμματισμού.

Τα στοιχεία της HTML αποτελούν τις δομικές μονάδες όλων των δικτυακών τόπων. Η HTML επιτρέπει σε εικόνες και αντικείμενα να ενσωματώνονται και να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία διαδραστικών μορφών. Παρέχει ένα μέσο για να δημιουργήσουμε δομημένα έγγραφα, υποδηλώνοντας μια λογική σημασιολογία του κειμένου, όπως επικεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, συνδέσμους, τιμές και άλλα στοιχεία.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα σήμανσης HTML για τη δημιουργία των ιστοσελίδων του web application με τις οποίες οι ιατροί αλληλοεπιδρούν για την εξαγωγή διαγνώσεων των ασθενών που παρακολουθούν.

3.6.10 CSS [34]

Η CSS (Cascading Style Sheets) είναι μια γλώσσα που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της εμφάνισης και τη μορφοποίηση ενός εγγράφου γραμμένου σε μια γλώσσα σήμανσης. Ενώ χρησιμοποιείται πιο συχνά για να αλλάξουμε το στυλ των ιστοσελίδων και των διεπαφών χρηστών που είναι γραμμένες σε HTML και XHTML, η γλώσσα μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος εγγράφου XML, συμπεριλαμβανομένου και του απλού XML, SVG και XUL. Μαζί με την HTML και τη JavaScript που θα αναφέρουμε παρακάτω, η CSS είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ιστιοχώρους για να δημιουργήσουν οπτικά ελκυστικές ιστοσελίδες, διεπαφές χρήστη για web εφαρμογές και τις διεπαφές χρηστών για πολλές κινητές εφαρμογές.

Η CSS έχει σχεδιαστεί για να επιτρέπει κυρίως το διαχωρισμό του περιεχομένου του εγγράφου από την παρουσίαση του εγγράφου, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων όπως η διάταξη, τα χρώματα και τις γραμματοσειρές. Αυτός ο διαχωρισμός μπορεί να βελτιώσει την προσβασιμότητα του περιεχομένου, παρέχει μεγαλύτερη ευελιξία και έλεγχο στις προδιαγραφές των χαρακτηριστικών παρουσίασης, επιτρέπει σε πολλαπλές σελίδες HTML να μοιραστούν τη μορφοποίηση, καθορίζοντας το σχετικό τους στυλ σε ένα ξεχωριστό αρχείο .css. Με αυτόν τον τρόπο μειώνουν την πολυπλοκότητα και την επανάληψη του διαρθρωτικού περιεχομένου, όπως σημασιολογικά ασήμαντους πίνακες που χρησιμοποιούνταν ευρέως για μορφοποίηση ιστοσελίδων πριν η CSS γίνει διαθέσιμη σε όλες τις μεγάλες μηχανές αναζήτησης. Η CSS καθιστά δυνατό το διαχωρισμό οδηγιών

παρουσίασης από το περιεχόμενο HTML σε ένα ξεχωριστό τμήμα του αρχείου ή το στυλ του αρχείου HTML. Για κάθε ξεχωριστό HTML στοιχείο, παρέχει μια λίστα με τις οδηγίες μορφοποίησης.

Αυτός ο διαχωρισμός της μορφοποίησης και του περιεχομένου καθιστά δυνατό να παρουσιαστεί η ίδια σελίδα σήμανσης σε διαφορετικά στυλ για διάφορες μεθόδους απόδοσης. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για να εμφανίσει την ιστοσελίδα με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με το μέγεθος της οθόνης ή της συσκευής στην οποία προβάλλεται το αντικείμενο αυτό. Ενώ ο συγγραφέας μιας ιστοσελίδας συνδέει τυπικά ένα αρχείο CSS μέσα στο αρχείο σήμανσης, οι αναγνώστες μπορούν να καθορίσουν ένα διαφορετικό φύλλο στυλ, όπως ένα αρχείο CSS αποθηκευμένο στον υπολογιστή τους, για να αντικαταστήσουν αυτό που ο συγγραφέας έχει καθορίσει. Αν ο συγγραφέας ή ο αναγνώστης δεν συνδέσει το έγγραφο σε ένα φύλλο στυλ, το προεπιλεγμένο στυλ του browser θα πρέπει να εφαρμοστεί. Ένα άλλο πλεονέκτημα της CSS είναι ότι οι αισθητικές αλλαγές στο γραφικό σχεδιασμό ενός εγγράφου (ή εκατοντάδες έγγραφα) μπορούν να εφαρμοστούν γρήγορα και εύκολα, με επεξεργασία λίγων γραμμών σε ένα αρχείο.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα CSS για τη δημιουργία διαφόρων στυλ των ιστοσελίδων του web application με σκοπό την ομοιόμορφη παρουσία των ιστοσελίδων και την ευκολότερη και γρηγορότερη κατανόηση του περιβάλλοντος από τους ιατρούς.

3.6.11 Javascript [35]

Η Javascript, επίσης γνωστή ως η ECMAScript, είναι μια δυναμική γλώσσα προγραμματισμού. Χρησιμοποιείται πιο συχνά ως μέρος των web browsers, των οποίων οι υλοποιήσεις επιτρέπουν client-side scripts, την αλληλεπίδραση με το χρήστη, τον έλεγχο του προγράμματος περιήγησης, την ασύγχρονη επικοινωνία και την θετική αλλοίωση του περιεχομένου του εγγράφου που εμφανίζεται. Χρησιμοποιείται επίσης για τον προγραμματισμό του δικτύου server-side με περιβάλλοντα εκτέλεσης, όπως το αρχείο Node.js, την ανάπτυξη παιχνιδιών και για τη δημιουργία desktop και mobile εφαρμογών.

Η JavaScript ταξινομείται ως πρότυπο με βάση τη scripting γλώσσα με δυναμικούς τύπους λειτουργιών και πρώτης κατηγορίας. Αυτός ο συνδυασμός χαρακτηριστικών την καθιστά μια

γλώσσα με πολλαπλά παραδείγματα, που υποστηρίζει αντικειμενοστρεφή προσανατολισμό, και λειτουργικά στυλ προγραμματισμού κομβικής σημασίας.

Παρά την κάποια ομοιότητα ως προς την ονομασία, σύνταξη και τυπικότητα βιβλιοθηκών, η JavaScript και η Java είναι διαφορετικά άσχετες και έχουν πολύ διαφορετική σημασιολογία. Η σύνταξη της JavaScript προέρχεται στην πραγματικότητα από τη γλώσσα προγραμματισμού C, ενώ η σημασιολογία και ο σχεδιασμός της επηρεάζεται από τις γλώσσες προγραμματισμού «Self & Scheme».

Η JavaScript χρησιμοποιείται επίσης σε περιβάλλοντα που δεν είναι web-based, όπως έγγραφα PDF, site-specific browsers, και desktop widgets. Οι νεότερες και πιο γρήγορες JavaScript εικονικές μηχανές (VMs) και πλατφόρμες που χτίστηκαν βασισμένες πάνω τους, έχουν επίσης αυξήσει τη δημοτικότητα του Javascript για εφαρμογές web server-side. Από την πλευρά του client, η JavaScript έχει παραδοσιακά εφαρμοστεί ως μια ερμηνευμένη γλώσσα, αλλά πιο πρόσφατα προγράμματα περιήγησης την καθιστούν και ως μια γλώσσα μεταγλωττισμού.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τη δυναμική γλώσσα Javascript για τη δημιουργία κανόνων που εκτελούν οι ιστοσελίδες του web application, με σκοπό την δυναμική εκτέλεση λειτουργιών σύμφωνα με τις εισόδους που παρέχει ο χρήστης.

3.6.12 JavaServer Pages (JSP) [36]

Η JSP είναι μια τεχνολογία που βοηθά τους προγραμματιστές λογισμικού να δημιουργούν δυναμικά web σελίδες που βασίζονται σε HTML, XML, ή άλλους τύπους εγγράφων. Η JSP, που κυκλοφόρησε το 1999 από την Sun Microsystems, είναι παρόμοια με την PHP, αλλά χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Για να αναπτύξουμε και να εκτελέσουμε JavaServer σελίδες, ένας συμβατός web server που περιέχει Servlets όπως ο Apache Tomcat ή ο Jetty είναι απαραίτητος.

Αρχιτεκτονικά, η JSP μπορεί να θεωρηθεί ως μια υψηλού επιπέδου αφαιρετικότητα των servlets της Java. Τα JSPs μεταφράζονται σε servlets κατά το χρόνο εκτέλεσης και κάθε Servlet JSP είναι προσωρινό και επαναχρησιμοποιείται, μέχρι το αρχικό JSP να έχει τροποποιηθεί. Η JSP μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεξάρτητα ή ως προβολή συστατικού ενός

server-side με σχεδιασμό Model-View-Controller (MVC), συνήθως με JavaBeans ως μοντέλο και τα servlets της Java ως ελεγκτές.

Η JSP επιτρέπει σε κώδικα Java και προκαθορισμένες ενέργειες να διαπλέκονται με στατικό περιεχόμενο ιστοσελίδων σήμανσης, με τη σελίδα που προκύπτει να καταρτίζεται και να εκτελείται στο διακομιστή για να παραδώσει ένα έγγραφο. Οι καταρτιζόμενες σελίδες, καθώς και οι τυχόν εξαρτώμενες βιβλιοθήκες της Java, χρησιμοποιούν το Java bytecode και όχι μια εγγενή μορφή λογισμικού. Όπως και κάθε άλλο πρόγραμμα Java, πρέπει να εκτελεστεί μέσα σε μια εικονική μηχανή Java (JVM). Τα JSPs συνήθως χρησιμοποιούνται για την παροχή των εγγράφων HTML και XML, αλλά μέσω της χρήσης των OutputStream, μπορούν να παραδίδουν άλλους τύπους δεδομένων.

Ένας compiler JSP είναι ένα πρόγραμμα που αναλύει τα JSPs, και τα μετατρέπει σε εκτελέσιμα Java Servlets. Ένα πρόγραμμα αυτού του τύπου είναι συνήθως ενσωματωμένο στο διακομιστή εφαρμογών και θα εκτελεστεί αυτόματα την πρώτη φορά που ένα JSP είναι προσβάσιμο, αλλά οι σελίδες μπορούν επίσης να είναι προ-μεταγλωττισμένες για καλύτερη απόδοση, ή καταρτίζονται ως μέρος της διαδικασίας κατασκευής για τον έλεγχο σφαλμάτων.

Ορισμένα JSP υποστηρίζουν τη ρύθμιση παραμέτρων, ως προς το πόσο συχνά τα ελέγχονται τα χρονικά χαρακτηριστικά του αρχείου JSP για να δούμε αν η σελίδα έχει αλλάξει. Συνήθως, αυτά τα διαστήματα θα ρυθμιστούν σε ένα σύντομο χρονικό διάστημα (ίσως δευτερόλεπτα) κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης λογισμικού και ένα μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (ίσως λεπτά, ή ακόμη και ποτέ) για μια Web εφαρμογή που θα αναπτυχθεί.

Για την παρούσα Ατομική Διπλωματική Εργασία, χρησιμοποιήσαμε τη τεχνολογία JSP για τη δημιουργία κανόνων που εκτελούν οι ιστοσελίδες του web application, με σκοπό την επικοινωνία με τη βάση δεδομένων για την εξαγωγή των δεδομένων που έστειλε από πριν ο ασθενής χρησιμοποιώντας το Android application. Ακολουθώντας, έχει χρησιμεύσει για την παρουσίαση αυτών των ιατρικών δεδομένων στο Web application που αναπτύξαμε. Να σημειωθεί ότι προτιμήθηκε η JSP παρά κάποια άλλη τεχνολογία, όπως η PHP, για τον απλό λόγο ότι ο server που χρησιμοποιήσαμε, ο Apache Tomcat, χρησιμοποιεί και αυτός servlets όπως και η JSP, κάνοντας την προσπάθειά μας για επικοινωνία με τη βάση δεδομένων γρηγορότερη και αποδοτικότερη.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση Απαιτήσεων και Προδιαγραφές

4.1 Εισαγωγή	74
4.2 Ανάλυση απαιτήσεων συστήματος	75
4.3 Ανάλυση προδιαγραφών συστήματος	78
4.3.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος Fi-Star	78
4.3.2 Τεχνικές λειτουργίες – λεπτομέρειες συστήματος	81

4.1 Εισαγωγή

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει και σε προηγούμενα κεφάλαια, σκοπός του συστήματος που θα αναπτύξουμε για αυτή την Ατομική Διπλωματική Εργασία, θα είναι η εξ αποστάσεως παρακολούθηση των ηλεκτροκαρδιογραφημάτων των ασθενών από τον επιβλέπων γιατρό. Αρχικά να αναφέρουμε ότι το εν λόγω σύστημα δημιουργήθηκε χρησιμοποιώντας τα 2 έτοιμα Android application της εταιρείας Shimmer και της εταιρείας Libelium. Στη συνέχεια δημιουργήσαμε τη δική μας εφαρμογή, χρησιμοποιώντας συστατικά και μοντέλα από τις 2 αυτές εφαρμογές. Συνοπτικά το σύστημα μας θα χειρίζεται εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών με ότι αυτό συνεπάγεται. Στο σύστημα θα υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και η αποστολή του στον server του Apache Tomcat για περαιτέρω ανάλυση και παρακολούθηση από τον επιβλέπων γιατρό. Τέλος, ο γιατρός θα μπορεί να στέλνει την απόφαση που θα πάρει μετά από την ανάλυση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος στον ασθενή, μαζί με δικές του ιατρικές συμβουλές για την θεραπεία της ασθένειας που τυχόν διάγνωσε.

Σύμφωνα λοιπόν με τα όσα λέχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια σε ότι αφορά τον τομέα της της τηλε-καρδιολογίας και ακόμα πιο συγκεκριμένα το ηλεκτροκαρδιογράφημα, τη

μορφή του και την ανάλυση του, έχουμε καταλήξει σε κάποιες βασικές απαιτήσεις και προδιαγραφές τις οποίες πρέπει να πληρεί το σύστημα μας κατά την υλοποίηση του οι οποίες αναλύονται λεπτομερώς σε αυτό το κεφάλαιο.

4.2 Ανάλυση απαιτήσεων συστήματος

Ανάλογα με τη συγκεκριμένη εφαρμογή, ένα τηλε-ιατρικό σύστημα μπορεί να χρειάζεται να μεταφέρει και προς τις δύο κατευθύνσεις υψηλής ποιότητας («ποιότητας διάγνωσης») βίντεο, ήχο και εικόνες και αυτή η μεταφορά μάλιστα να γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης η επεξεργασία εικόνας και άλλες γραφικές λειτουργίες είναι απαραίτητες για την ανάλυση ιατρικών εικόνων, όπως για παράδειγμα η ρύθμιση των επιπέδων φωτεινότητας και αντίθεσης, η τρισδιάστατη απεικόνιση, κλπ.

Οι απαιτήσεις του τηλεϊατρικού συστήματος μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες:

- Τηλε-ιατρικός σταθμός εργασίας: Η λήψη πληροφορίας από περιφερειακό ιατρικό εξοπλισμό και εικόνων από ιατρικά απεικονιστικά συστήματα και υψηλής ανάλυσης κάμερες, όπως και η υψηλή ποιότητα στην εμφάνιση και επεξεργασία είναι σημαντικά χαρακτηριστικά ενός τηλε-ιατρικού συστήματος.
- Τηλεπικοινωνιακό δίκτυο: Για να μεγιστοποιήσουμε τη χρησιμοποίηση του διαθέσιμου μέσου μεταφοράς παρέχοντας ταυτόχρονα την καλύτερη ποιότητα ήχου και βίντεο, το σύστημα πρέπει να προσαρμοστεί σε μια μεγάλη ποικιλία εύρους ζώνης (από 64 kbps μέχρι πάνω από 155 Mbps), ανάλογα με την κλινική εφαρμογή, τα διαθέσιμα τηλεπικοινωνιακά κανάλια και το επιθυμητό επίπεδο αλληλεπίδρασης. Όταν δεν είναι απαραίτητη η αλληλεπίδραση μεταξύ των χρηστών, το σύστημα μπορεί να αποθηκεύει πληροφορία και να την προωθεί σε μη πραγματικό χρόνο στον απομακρυσμένο ειδικό.
- Ανθρώπινη αντίληψη των μέσων: Για να είναι αποτελεσματική η αλληλεπίδραση σε ένα τηλε-ιατρικό σύστημα, θα πρέπει να ελαχιστοποιήσουμε την καθυστέρηση και την εσφαλμένη λειτουργία του δικτύου. Έχει παρατηρηθεί ότι η καθυστέρηση μεταξύ ήχου και βίντεο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 80 msec, ώστε να γίνουν αντιληπτά και συγχρονισμένα από τον άνθρωπο. Αν και τα κριτήρια ποικίλουν ανάλογα με την περίπτωση, η αποστολή μιας πολύ μεγάλης εικόνας θα πρέπει να

ολοκληρωθεί σε λιγότερα από 10 δευτερόλεπτα για την καλύτερη εξυπηρέτηση του χρήστη [37].

Αυτές οι απαιτήσεις βέβαια χρειάζονται και ένα δίκτυο με εγγυημένο εύρος ζώνης και μικρές καθυστερήσεις για συγκεκριμένο bitrate όπως το ATM. Το ATM είναι ιδανικό για συνδυασμό φωνής, βίντεο και δεδομένων ταυτόχρονα και αποτελεσματικά.

Η κατάλληλη επιλογή της ποιότητας ήχου, εικόνας και βίντεο στην τηλεϊατρική είναι πολύ σημαντική για την εγγύηση σωστών διαγνώσεων από την πλευρά των γιατρών. Η απαιτούμενη ποιότητα εξαρτάται βασικά από την εφαρμογή. Για παράδειγμα η εικόνα που λαμβάνεται για τη διάγνωση μιας ευαισθησίας στο χέρι ενός ασθενούς μπορεί να είναι χαμηλής ποιότητας (π.χ. 200 x 200 pixels, 8 bit, grayscale resolution) και να είναι κατάλληλη για διάγνωση. Ωστόσο, μια ψηφιοποιημένη ακτινογραφία θώρακος για παράδειγμα, χρειάζεται να είναι πολύ υψηλότερης ποιότητας (2000 x 2000 pixels, 12 bit) ώστε να είναι κατάλληλη για διάγνωση.

Οι βασικές απαιτήσεις για μια τηλε-καρδιολογική εφαρμογή είναι τόσο τεχνικές όσο και οργανωτικές:

A. Οργανωτικές απαιτήσεις και υποστηρικτικά συστήματα:

- Μια ομάδα από ειδικούς καρδιολόγους που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα ειδικοτήτων (ειδικός καρδιολόγος, επεμβατικός καρδιολόγος, καρδιοχειρουργός), καθώς επίσης και από το κατάλληλο νοσηλευτικό προσωπικό.
- Η υπηρεσία θα πρέπει να είναι διαθέσιμη σε 24ωρη βάση.
- Ο χρόνος απόκρισης της υπηρεσίας θα πρέπει να είναι μικρότερος της μισής ώρας, χρόνος κρίσιμος για την αντιμετώπιση εμφραγμάτων.

B. Τεχνικές απαιτήσεις:

- Personal Computer (PC).
- Ψηφιακός ηλεκτροκαρδιογράφος (digital ECG) συνδεδεμένος με το PC συνήθως από την σειριακή θύρα.
- Ελάχιστη απαίτηση αφιερωμένης τηλεφωνικής γραμμής (ασύρματη ή ενσύρματη).

Στην περίπτωση χρήσης δικτύων υψηλής ταχύτητας είναι δυνατή η χρήση επιπλέον εξοπλισμού όπως:

- Ηλεκτροκαρδιογράφημα, ηχοκαρδιογράφημα, μετάδοση ζωτικού σήματος, μετάδοση αυτών σε πραγματικό χρόνο (απαίτηση για δίκτυο 256 Kbps).
- Videoconferencing.
- Δυνατότητα αναζήτησης σε βάση δεδομένων παλαιότερων ηλεκτροκαρδιογραφημάτων καθώς και πληροφοριών που σχετίζονται με ιατρικά δεδομένα του ασθενούς [37].

Τέλος, θα αναφερθούμε σε μη λειτουργικές απαιτήσεις που πρέπει οποιοδήποτε σύστημα που αναπτύσσεται να ακολουθεί και να τηρεί και πρέπει να είναι πάντα μετρήσιμες:

A. Απαιτήσεις των Χρηστών:

- Διαθεσιμότητα (availability): Μέσος χρόνος για αποτυχία (mean time to failure, MTTF).
- Επεκτασιμότητα (extensibility): Μέσος χρόνος για προσθήκη συγκεκριμένου χαρακτηριστικού.
- Αποδοτικότητα (performance): Ταχύτητα απόκρισης, αιτήσεις ανά δευτερόλεπτο, αριθμός ταυτόχρονων χρηστών.
- Αξιοπιστία (reliability): Ποσοστό διαδικασιών που εκτελούνται σωστά.
- Στιβαρότητα (robustness): Ανεκτικότητα σε λάθος δεδομένα εισόδου ή σε ελαττώματα του υλικού ή άλλου λογισμικού.
- Ευχρηστία (usability): Χρόνος που απαιτείται από τον χρήστη για την ολοκλήρωση μιας διαδικασίας.

B. Απαιτήσεις της Ανάπτυξης:

- Συντηρησιμότητα (maintainability): Μέσος χρόνος που απαιτείται για τη διόρθωση ενός λάθους, ποσοστό διορθώσεων που γίνονται σωστά.
- Μεταφερσιμότητα (portability): Ποσοστό μεταφέρσιμου κώδικα, αριθμός συμβατών συστημάτων.
- Ελεγχιμότητα (testability): Προσδιορισμός ελέγχων ανά μονάδα, άρθρωμα, υποσύστημα, σύστημα.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης (reusability): Προσδιορισμός μονάδων που θα πρέπει να υλοποιηθούν ως ανεξάρτητες βιβλιοθήκες.
- Συμμόρφωση με πρότυπα (standards compliance)

Γ. Εξωτερικές Απαιτήσεις:

- Διαλειτουργικότητα (interoperability): Προσδιορισμός συστημάτων με τα οποία το σύστημα πρέπει να συνεργάζεται.
- Ηθικοί κανόνες (ethical requirements): Ηθικό πλαίσιο, επαγγελματικοί κώδικες συμπεριφοράς.
- Νομικό πλαίσιο (legislative):
 - ο Προστασία προσωπικών δεδομένων (privacy)
 - ο Ασφάλεια (safety)
 - ο Έλεγχος (auditing)

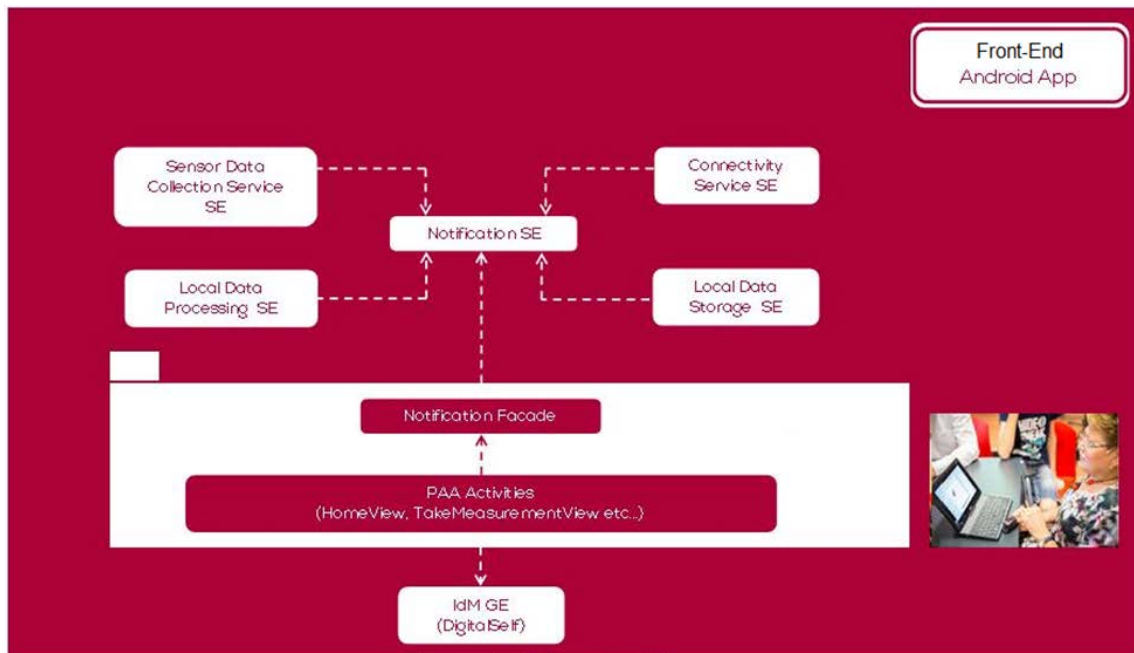
4.3 Ανάλυση προδιαγραφών συστήματος

Οι προδιαγραφές ενός συστήματος, είναι έγγραφα που καθορίζουν τις λειτουργίες και τις τεχνικές λεπτομέρειες της εφαρμογής του λογισμικού ή του συστήματος. Οι προδιαγραφές μπορούν να σχηματιστούν μετά από την ανάλυση των απαιτήσεων του λογισμικού και όταν οι λύσεις αυτών των απαιτήσεων έχουν επιλεγεί. Οι απαιτήσεις καθορίζουν το «τι» πρέπει να κάνει ένα σύστημα και οι προδιαγραφές καθορίζουν το «πώς» θα το κάνει. Οι προδιαγραφές του συστήματος μπορεί επίσης να αναφέρονται ως προδιαγραφές ανάπτυξης λογισμικού, ως λειτουργικές προδιαγραφές ή ως προδιαγραφές του προγράμματος [38].

Με το πέρας αυτής της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας, έχουμε σκοπό την υλοποίηση του συστήματος για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των ασθενών. Πιο κάτω, θα παρουσιάσουμε την αρχιτεκτονική αυτού του συστήματος αλλά και τις προδιαγραφές που το διέπουν έτσι ώστε να παρέχουμε ακριβείς και αξιόπιστες πληροφορίες.

4.3.1 Αρχιτεκτονική του συστήματος Fi-Star

Για την παρούσα ΑΔΕ, θα χρησιμοποιούσαμε το κομμάτι αρχιτεκτονικής που φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα και εμπεριέχει ένα σύνολο από Specific Enablers (SE), δηλαδή διάφορα modules που εκτελούν συγκεκριμένες διεργασίες στην πλατφόρμα της Fi-Star. Αυτοί οι SE, αποτελούν πιο συγκεκριμένες υλοποιήσεις των Generic Enablers (GE), οι οποίοι με την σειρά τους είναι πιο γενικά modules που χρησιμοποιεί η πλατφόρμα Fi-Ware. Να αναφέρουμε ότι η πλατφόρμα Fi-Star λειτουργεί κάτω από την ομπρέλα της Fi-Ware.



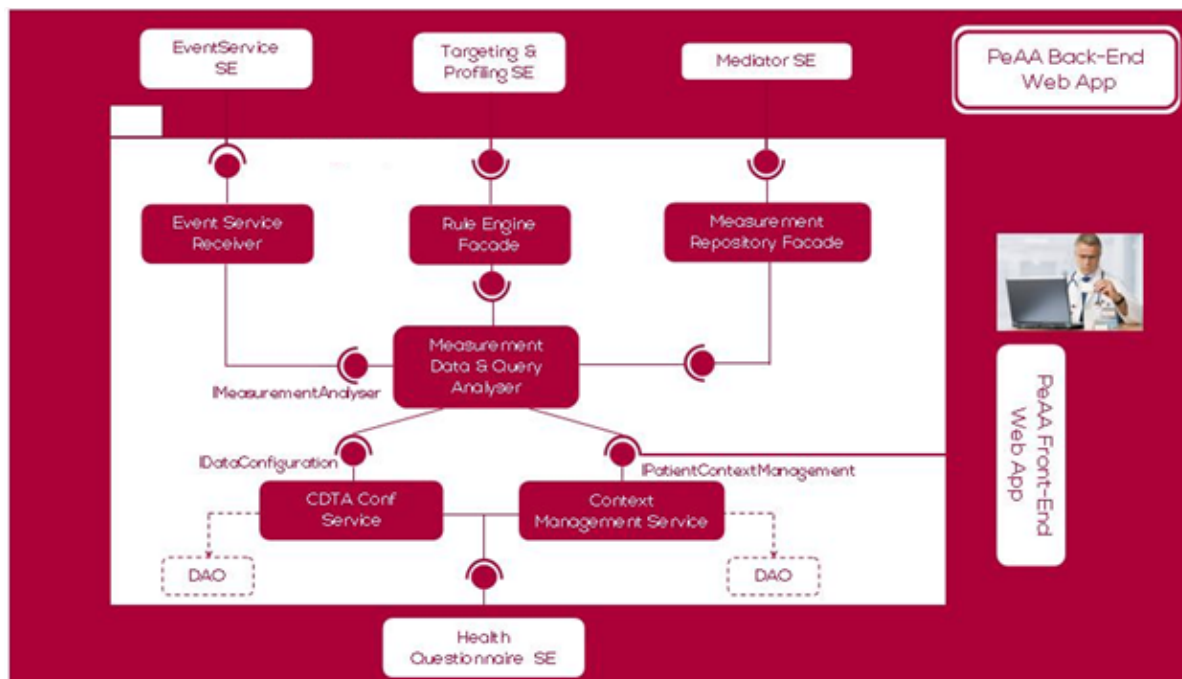
Σχήμα 4.3.1.1. Η αρχιτεκτονική του front-end κομματιού του συστήματος τηλεκαρδιολογίας στη πλατφόρμα Fi-Star που αναπτύξαμε [39]

Αρχικός στόχος της παρούσας ΑΔΕ είναι η δυνατότητα καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος (ECG) από τον ασθενή με τη χρήση μιας συσκευής Android και η αποστολή του στο server της πλατφόρμας Fi-Star, ούτως ώστε να μπορούν μετά να γίνουν εύκολα διαγνώσεις από τον γιατρό από απόσταση ή οποιαδήποτε μεταβολή και τροποποίηση στα δεδομένα του ECG από το γιατρό. Στη συνέχεια ωστόσο για λόγους μη ολοκληρωμένης υλοποίησης της Fi-Star, χρησιμοποιήσαμε τον Apache Tomcat Web Server. Το πιο πάνω που περιγράψαμε είναι και το front-end κομμάτι του συστήματος, πιο κάτω θα δούμε πως φαίνεται και το back-end και πως συνδέεται με το δικό μας κομμάτι. Πρώτα όμως ας δούμε πιο κάτω συγκεκριμένα τη δουλειά που θα έχει ο κάθε SE στο front-end [40]:

- Connectivity Service SE: Το Connectivity Service SE, χρησιμοποιείται από άλλα SE της πλατφόρμας Fi-star για την αποστολή δεδομένων στο back-end κομμάτι ή για να αποδέχεται δεδομένα από το back-end.
- Sensor Data Collection SE: Το Sensor Data Collection SE διασυνδέεται με μια σειρά υποστηριζόμενων συσκευών που αφορούν την υγεία, παρέχει διεπαφές για τη διαχείριση αυτών των συσκευών και συλλέγει στοιχεία και μετρήσεις που αφορούν την υγεία. Για τη δική μας περίπτωση, αυτός ο SE θα περιλαμβάνει μια διεπιφάνεια που θα ανιχνεύει τον sensor και θα διασφαλίζει επικοινωνία με την Android συσκευή, μια διεπιφάνεια για εισαγωγή των δεδομένων που παίρνουμε από τον sensor στην Android συσκευή (αυτό μπορεί να γίνει με Bluetooth, Wi-Fi, και/ή 3G δίκτυα), μια

διεπιφάνεια για τη ρύθμιση της συσκευής με σημαντικές παραμέτρους (όπως το είδος του ECG και η μέτρησή του) και τέλος μια διεπιφάνεια για την εγγραφή των δεδομένων που παίρνουμε για το ECG.

- Local Data Storage SE: Το Local Data Storage SE παρέχει ασφαλείς δυνατότητες αποθήκευσης δεδομένων για SE που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, δηλαδή το Sensor Data Collection SE, Notification Service SE Local Data Processing SE σε συνδυασμό με άλλες εφαρμογές. Σε αυτόν τον SE το σύστημα θα αποθηκεύει τις μετρήσεις και τα δεδομένα του ECG που θα αποστέλλει ο ασθενής από την Android συσκευή του.
- Local Data Processing SE: Το Local Data Processing SE προσφέρει την ικανότητα για επεξεργασία των δεδομένων που έχουν περισυλλέγει ή άλλων δεδομένων αποθηκευμένων τοπικά, σύμφωνα με κάποιους προκαθορισμένους κανόνες με σκοπό να προκύψουν κάποια γεγονότα. Μπορεί να αλληλεπιδράσει με το Local Data Storage SE, το Sensor Data Collection SE και το Notification Service SE. Στη δική μας περίπτωση, θα μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στις μετρήσεις του ECG που αποθηκεύτηκαν τοπικά για να εξάγουμε κάποια συμπεράσματα ως προς το είδος του ECG, για παράδειγμα αν υπάρχει ταχυκαρδία, αρρυθμία, βραδυκαρδία κτλ.
- Notification Service SE: Το Notification Service SE χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή των δεδομένων που συλλέγονται από τους sensors αλλά και για τη διαμόρφωση πληροφορίας μεταξύ των αλληλοεπιδρώντων SE. Στη δική μας περίπτωση περιλαμβάνει μια διεπιφάνεια για συλλογή δεδομένων σύμφωνα με τον τύπο εξόδου του module. Αυτό παράγει στατική προειδοποίηση, π.χ. γενικές εισηγήσεις για επαναφορά του ρυθμού του ECG σε κανονικό, ή δυναμική προειδοποίηση, π.χ. ειδοποιήσεις σε διάφορα γεγονότα και περιπτώσεις σε περιβάλλον real-time. Και τα 2 είδη προειδοποιήσεων είναι διαθέσιμα για τους χρήστες μέσω γραφικής διεπιφάνειας χρήστη (GUI).
- Identity Management (IdM) GE: Το Identity Management GE περιλαμβάνει μια σειρά από πτυχές που εμπλέκονται με την πρόσβαση των χρηστών στα δίκτυα, υπηρεσίες και εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της ασφαλούς και ιδιωτικής ταυτότητας από τους χρήστες στις συσκευές, δίκτυα και υπηρεσίες, διαχείρισης αδειοδότησης και εμπιστοσύνης, διαχείρισης προφίλ χρήστη, Single Sign-On (SSO) κτλ.



Σχήμα 4.3.1.2. Η αντίστοιχη αρχιτεκτονική του back-end κομματιού του συστήματος τηλεκαρδιολογίας στη πλατφόρμα Fi-Star [39]

Αφού αποστέλλουμε τα δεδομένα και τις μετρήσεις του ECG στην πλατφόρμα Fi-Star, ο γιατρός μέσω του Back-End του συστήματος μπορεί να διαχειριστεί, να επεξεργαστεί και να παρακολουθήσει τα δεδομένα. Από το Event Service SE μπορεί να διαχειρίζεται όλα τα γεγονότα στη πλατφόρμα, με το Targeting & Profiling SE μπορεί να βρίσκει τα διάφορα προφίλ των ασθενών, με το Mediator SE μπορεί να χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα αλληλεπιδρώντας με άλλα υπάρχοντα συστήματα υγείας ή νοσοκομείου και τέλος με το Health Questionnaire SE μπορεί να δημιουργήσει διάφορα είδη ερωτηματολογίων, να συλλέξει τα στοιχεία από τα ερωτηματολόγια και να τα αποθηκεύσει σε ένα repository.

4.3.2 Τεχνικές λειτουργίες – λεπτομέρειες συστήματος

Για αυτό το υποκεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε τις βασικότερες τεχνικές λειτουργίες που το σύστημα που αναπτύξαμε παρέχει στους χρήστες μας, είτε αυτοί είναι ασθενείς είτε ιατροί. Για την λειτουργία της συγκεκριμένης εφαρμογής χρειάζεται πρόσβαση στο διαδίκτυο μέσω Wireless σύνδεσης και η κινητή πλατφόρμα Android να διαθέτει ενσωματωμένο Bluetooth, αλλά και τη δυνατότητα δημιουργίας Wireless Hotspot.

Τεχνικές Λειτουργίες Ασθενή:

Αν ο χρήστης μας επιλέξει να συνδεθεί ως ασθενής, τότε το σύστημα που δημιουργήθηκε του δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στις πιο κάτω λειτουργίες:

4.3.2.1 Επιλογή Γλώσσας

Με την έναρξη της Android εφαρμογής, παρουσιάζεται στον χρήστη το λογότυπο του συστήματος για μερικά δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια, έχει τη δυνατότητα επιλογή μιας γλώσσας εκ των αγγλικών και ελληνικών. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνουμε το εύρος των πιθανών χρηστών που αναμένεται να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή μας.

4.3.2.2 Είσοδος στο Σύστημα

Αφού ο χρήστης έχει επιλέξει την γλώσσα προτίμησής του, η επομένη οθόνη αφορά την είσοδο του στην εφαρμογή. Για να το πετύχει αυτό, πρέπει να καταχωρήσει το username και το password του. Για την επαλήθευση των στοιχείων που καταχώρησε από τη βάση δεδομένων, είναι υποχρεωτική η σύνδεση με το διαδίκτυο χρησιμοποιώντας τα Wi-Fi της κινητής του συσκευής. Σε περίπτωση που είναι απενεργοποιημένα στην κινητή πλατφόρμα, το σύστημα του εμφανίζει ένα μήνυμα που τον ενημερώνει ότι για να μπορέσει να συνεχίσει πρέπει να τα ενεργοποιήσει, προσφέροντάς του παράλληλα αυτή τη δυνατότητα με την επιλογή Enable Wi-Fi.

4.3.2.3 Δημιουργία Λογαριασμού

Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει κωδικούς πρόσβασης στην εφαρμογή μας, δεν μπορεί να εισέλθει στο σύστημα. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, μπορεί να δημιουργήσει λογαριασμό με την επιλογή Register, συμπληρώνοντας όλα τα πεδία που παρουσιάζονται, τα οποία αφορούν προσωπικά του στοιχεία. Με την ολοκλήρωση εισαγωγής των στοιχείων του, αποστέλλονται οι πληροφορίες στη βάση δεδομένων όπου και αποθηκεύονται, έτσι ώστε την επομένη φορά που θα θελήσει να συνδεθεί στο σύστημα να μπορεί να το πράξει.

4.3.2.4 Επιλογή συσκευής Shimmer / Arduino

Όταν ο ασθενής καταφέρει επιτυχή είσοδο στο σύστημα, εμφανίζεται μια οθόνη επιλογής μεταξύ δύο πλατφόρμων, της Shimmer και Arduino για την καταγραφή των ιατρικών του δεδομένων. Αν επιλέξει τη συσκευή Shimmer, τότε έχει τη δυνατότητα καταγραφής του ΗΚΓ, ενώ με τη συσκευή Arduino μπορεί και πάλι να καταγράψει το ΗΚΓ του, παράλληλα με άλλες βιομετρικές πληροφορίες. Και στις 2 περιπτώσεις απαραίτητο είναι να έχει συνδεδεμένους τους κατάλληλους αισθητήρες επάνω του.

4.3.2.5 Επιλογή πλατφόρμας Shimmer

Αν ο ασθενής επιλέξει την πλατφόρμα Shimmer, τότε του εμφανίζεται αρχικά ένας οδηγός χρήσης για να εξοικειωθεί με το περιβάλλον που θα εμφανιστεί στη συνέχεια μπροστά του. Εάν το Bluetooth της κινητής συσκευής είναι απενεργοποιημένο, τότε του εμφανίζεται ένα μήνυμα να το ενεργοποιήσει για να μπορεί να συνδεθεί με τη συσκευή Shimmer2R. Να σημειωθεί ότι για να εμφανιστεί η λίστα με τις διαθέσιμες Shimmer συσκευές, θα πρέπει ο χρήστης από προηγουμένως να έχει κάνει paired device τη συσκευή Shimmer με την αντίστοιχη δική του κινητή συσκευή, προσθέτοντας τον κωδικό για pairing 1234.

Όταν η σύνδεση πραγματοποιηθεί, ο ασθενής έχει την επιλογή να ξεκινήσει να αποστέλλει το ηλεκτροκαρδιογράφημα του στην κινητή συσκευή με την επιλογή Start Streaming, ενώ παράλληλα αν επιλέξει το Enable Log, θα γίνεται και αποθήκευση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος τοπικά στην κινητή συσκευή σε ένα αρχείο.

Επιπρόσθετα, μπορεί να παρουσιάσει την γραφική παράσταση του ΗΚΓ. Με την έναρξη της γραφικής, αποστέλλονται τα δεδομένα για τις 2 απαγωγές που καταγράφει η συσκευή Shimmer στη βάση δεδομένων, ενώ με την έξοδο από την γραφική η αποστολή αυτή τερματίζεται. Τέλος, με την έξοδο μας από την συσκευή Shimmer, μας παρουσιάζεται μήνυμα για απενεργοποίηση του Bluetooth για σκοπούς εξοικονόμησης ενέργειας.

4.3.2.6 Επιλογή πλατφόρμας Arduino

Με την έξοδο του ο χρήστης από την οθόνη της Shimmer, έχει ξανά την επιλογή να επιλέξει μεταξύ των 2 συσκευών. Αν επιλέξει το Arduino, τότε του παρουσιάζεται μια οθόνη επιλογής παρουσίας του ΗΚΓ ή των βιομετρήσεων.

Αν ο χρήστης επιλέξει το ΗΚΓ, τότε ενεργοποιείται αυτόματα το Wi-Fi Hotspot από την κινητή συσκευή για την αποστολή των δεδομένων από το Arduino στην κινητή πλατφόρμα. Να σημειωθεί ότι πρέπει ο χρήστης από πριν να δημιουργήσει ένα Wi-Fi Hotspot με την ονομασία ANDROID, χωρίς να βάλει κανένα κωδικό ασφαλείας. Ακολούθως, θα παρουσιαστεί η γραφική παράσταση του ΗΚΓ σε πραγματικό χρόνο, με το κάτω μέρος της οθόνης να περιλαμβάνει τις τιμές της οξυγόνωσης του αίματος, των παλμών, της τιμής του ΗΚΓ και της θερμοκρασίας του ασθενή.

Αν επιστρέψει πίσω, τότε μπορεί να επιλέξει τις βιομετρήσεις. Σε αυτό το σημείο της εφαρμογής, έχει τη δυνατότητα να παρουσιάσει τις γραφικές παραστάσεις για τη

διαγωγιμότητα και το ηλεκτρομυογράφημα και να εμφανίσει την διακύμανση των βιομετρικών τιμών που λαμβάνουμε ανά πάσα χρονική στιγμή.

Επιπρόσθετα, υπάρχει η επιλογή να δημιουργηθεί γραφική παράσταση για το ιστορικό του ασθενή, επιλέγοντας μία από τις βιομετρήσεις που επιθυμεί. Για να το πράξει αυτό, χρειάζεται σύνδεση με τη βάση δεδομένων για την ανάκτηση των πληροφοριών του. Για δική του ευκολία του εμφανίζεται μια οθόνη που του επιτρέπει να ενεργοποιήσει τα Wi-Fi της κινητής του συσκευής, απενεργοποιώντας ταυτόχρονα το Wi-Fi Hotspot.

Μια ακόμη οθόνη που συμπεριλαμβάνεται στο Arduino, είναι και η συλλογή των βιομετρικών δεδομένων. Καθώς τα δεδομένα θα στέλνονται από την συσκευή Arduino, θα συναθροίζονται στην κινητή συσκευή και μετά από ένα λεπτό συλλογής δεδομένων, θα υπολογίζεται ο μέσος όρος κάθε κατηγορίας βιομέτρησης, ελαχιστοποιώντας έτσι τα σφάλματα θορύβου ή αλλοιωμένων μεμονωμένων μετρήσεων.

Η τελευταία λειτουργία που πραγματοποιεί η εφαρμογή, είναι η παρουσίαση διαγνώσεων κάθε βιομετρικής πληροφορίας με την ύπαρξη ταυτόχρονης φωνητικής ενημέρωσης για την τρέχων κατάσταση του ασθενούς, όταν αυτός πατήσει το κουμπί Speak + Save. Σε αυτή τη λειτουργία του εμφανίζεται και πάλι η οθόνη που του επιτρέπει να ενεργοποιήσει τα Wi-Fi της κινητής του συσκευής, απενεργοποιώντας ταυτόχρονα το Wi-Fi Hotspot, για την αποστολή των μέσων όρων των βιομετρικών δεδομένων που λήφθηκαν στη βάση δεδομένων.

Τεχνικές Λειτουργίες Ιατρού:

Αν ο χρήστης μας επιλέξει να συνδεθεί ως ιατρός, τότε το σύστημα που δημιουργήθηκε του δίνει τη δυνατότητα πρόσβασης στις πιο κάτω λειτουργίες:

4.3.2.7 Είσοδος στο σύστημα

Με την ενεργοποίηση του τοπικού server Apache Tomcat στον υπολογιστή, παρουσιάζεται στον χρήστη η αρχική οθόνη του web application που αναπτύξαμε. Αυτή η οθόνη, περιλαμβάνει την εισαγωγή username και password του ιατρού για να μπορεί να εισέλθει στο σύστημα. Αν ο χρήστης δώσει λάθος δεδομένα ή δεν συμπληρώσει και τα 2 πεδία, τότε παρουσιάζεται μήνυμα λάθους και ο χρήστης πρέπει να εισάγει ξανά τα στοιχεία του. Η ταυτοποίηση των στοιχείων του γίνεται με τη βοήθεια της βάσης δεδομένων.

4.3.2.8 Δημιουργία Λογαριασμού

Σε περίπτωση που ο χρήστης δεν έχει κωδικούς πρόσβασης στην εφαρμογή μας, δεν μπορεί να εισέλθει στο σύστημα. Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα, μπορεί να δημιουργήσει λογαριασμό με την επιλογή Register, συμπληρώνοντας όλα τα πεδία που παρουσιάζονται, τα οποία αφορούν προσωπικά του στοιχεία. Με την ολοκλήρωση εισαγωγής των στοιχείων του, αποστέλλονται οι πληροφορίες στη βάση δεδομένων όπου και αποθηκεύονται, έτσι ώστε την επομένη φορά που θα θελήσει να συνδεθεί στο σύστημα να μπορεί να το πράξει.

4.3.2.9 Εμφάνιση Ιατρικών Πληροφοριών Ασθενή

Με την είσοδο του χρήστη στο σύστημα, εμφανίζεται μια οθόνη καλωσορίσματος του ιατρού. Στη συνέχεια, ο ιατρός μπορεί να επιλέξει ένα ασθενή από το μενού αριστερά για να παρουσιαστούν τα ιατρικά του δεδομένα. Ο ιατρός θα έχει τη δυνατότητα πρόσβασης και παρακολούθησης σε όλες τις μετρήσεις του ασθενούς, όπως ηλεκτροκαρδιογράφημα, καρδιακούς παλμούς, θερμοκρασία σώματος, οξυγόνωσης αίματος, συστολικής και διαστολικής πίεσης, παροχής αέρα, ηλεκτρομυογραφήματος και διαγωγιμότητας δέρματος, αλλά και των προσωπικών στοιχείων του ασθενή.

Στην ίδια σελίδα, εμφανίζεται και η γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή, παρέχοντας στον ιατρό τη δυνατότητα επιλογής του ΗΚΓ από μια χρονική περίοδο που επιθυμεί, μεταξύ άλλων της προηγούμενης ημέρας, εβδομάδας, μήνα, εξαμήνου και χρόνου. Τέλος, εμφανίζεται η ημερομηνία και η ώρα καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και όλων των βιομετρικών πληροφοριών του ασθενή. Να σημειωθεί ότι όλες οι τιμές που εμφανίζονται λαμβάνονται από τη βάση δεδομένων, αφού πρώτα ο ασθενής έχει ενημερώσει τη βάση λαμβάνοντας τις ιατρικές του πληροφορίες με την Android εφαρμογή που περιγράψαμε πιο πάνω.

4.3.2.10 Επικοινωνία Ιατρού - Ασθενή

Η τελευταία λειτουργία του web application, αφορά την επικοινωνία του ιατρού με τον ασθενή μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (E-mail). Ο ιατρός προσθέτει το E-mail του ασθενή με το θέμα και το περιεχόμενο που επιθυμεί για να μπορέσει να έρθει σε επικοινωνία μαζί του. Το περιεχόμενο του E-mail μπορεί να περιέχει διαγνώσεις του ιατρού από τις διάφορες ιατρικές πληροφορίες που εξέτασε για τον ασθενή, αλλά και ό,τι άλλο επιθυμεί να συζητήσει μαζί του, όπως για παράδειγμα την επαναποστολή των βιομετρήσεων και του ΗΚΓ διότι οι αποθηκευμένες πληροφορίες στη βάση δεδομένων αλλοιώθηκαν με θόρυβο.

Κεφάλαιο 5

Σχεδίαση Συστήματος - Υλοποίηση

5.1 Εισαγωγή	86
5.2 Βήματα Σχεδίασης και Υλοποίησης Συστήματος	87
5.3 Σχεδίαση Εφαρμογής Android	88
5.4 Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων – Server	94
5.5 Σχεδίαση Web Application	97

5.1 Εισαγωγή

Κατά την φάση σχεδίασης του συστήματος και της ανάπτυξης του, σκοπός ήταν η υλοποίηση των απαιτήσεων των χρηστών καθώς και των προδιαγραφών όπως αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Υπάρχει σαφής διαχωρισμός των ενεργειών, που θα περιγραφούν σε δύο ξεχωριστές κατηγορίες, τους χρήστες – ασθενείς και τους χρήστες – ιατρούς. Θα γίνει μια περιγραφή για το πώς ενώνονται τα διάφορα υποσυστήματα του όλου συστήματος και πως ακριβώς προσαρμόστηκαν όλα τα κομμάτια πάνω στο ήδη υπάρχον σύστημα.

Αρχικά, μιλώντας για το μέρος των ασθενών, παρουσιάζουμε μια αναλυτική σχεδίαση της εφαρμογής Android, όπου δίνουμε τα κατάλληλα συστατικά που θα απαρτίζουν τα επί μέρους τμήματα των δραστηριοτήτων. Κάθε δραστηριότητα (activity) θα πρέπει να σχεδιαστεί με ιδιαίτερη προσοχή, ώστε να προσφέρει στον χρήστη την λειτουργικότητα και την υποκειμενική ικανοποίηση, χωρίς να τον κουράζει στην χρήση και στα σφάλματα.

Ακολούθως, θα αναλυθεί η σχεδίαση της βάσης δεδομένων, όπου τα δεδομένα από τις βιομετρήσεις, το ηλεκτροκαρδιογράφημα, οι προσωπικές πληροφορίες των χρηστών και των γιατρών θα αποθηκεύονται αυτόματα, μαζί με την ανάλογη ανάκτηση των δεδομένων,

ανάλογα με την περίπτωση. Όλες αυτές οι λειτουργίες υλοποιήθηκαν με τη σχεδίαση του server με την χρήση Java servlet API, που δέχεται αιτήματα σε μορφή JSON και απαντά πίσω με την ίδια μορφή.

Έπειτα, θα μιλήσουμε για το μέρος του ιατρού, ο οποίος μέσω του web application που αναπτύχθηκε έχει τη δυνατότητα προβολής των προσωπικών πληροφοριών των χρηστών, των βιομετρήσεών τους και του ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Τέλος, ο ιατρός θα μπορεί να επικοινωνεί με τους χρήστες μέσω E-mail για την αποστολή διαγνώσεων και παρατηρήσεων.

5.2 Βήματα Σχεδίασης και Υλοποίησης Συστήματος

Για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση του συστήματος, τόσο της εφαρμογής Android, της βάσης δεδομένων και του Web Application, κρίθηκε ορθό από πλευράς οργάνωσης και προγραμματισμού να ακολουθηθούν κάποια βήματα, ούτως ώστε να είμαστε σε θέση να ανταπεξέλθουμε στα χρονικά όρια που όριζε η Ατομική Διπλωματική μας Εργασία αλλά και στο μεγάλο σχετικά μέγεθος χτισίματος του συστήματος. Τα βήματα αυτά παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

➤ Βήμα 1:

Αρχικά, θα ασχολούμασταν με τη δημιουργία του Android Application, οπότε για πρώτο στάδιο διδαχθήκαμε τις πρακτικές της γλώσσας προγραμματισμού Java για την σύνταξη κώδικα Android. Για την σχεδίαση και υλοποίηση της Android εφαρμογής, χρησιμοποιήσαμε το Eclipse IDE Luna, με plug-in το Android SDK.

➤ Βήμα 2:

Το δεύτερο στάδιο της πορείας αυτής, αφορούσε τη σχεδίαση και ανάπτυξη της βάσης δεδομένων του συστήματος, με την βοήθεια του εργαλείου open source MySQL. Όπως θα παρατηρήσουμε και πιο κάτω, για το σύστημα μας χρησιμοποιήσαμε συνολικά 5 πίνακες στη βάση δεδομένων MySQL.

➤ Βήμα 3:

Ακολούθως, προχωρήσαμε στη σχεδίαση και ανάπτυξη του server Apache Tomcat, τον οποίο ενσωματώσαμε και στο εργαλείο Eclipse IDE Luna με την σύνταξη κώδικα HTTP για αιτήματα INSERT, UPDATE και SELECT. Ο λόγος δημιουργίας του

server είναι απλός: για την άμεση πρόσβαση του ιατρού στα ιατρικά δεδομένα που θα αποστέλλει ο ασθενής στη βάση δεδομένων μέσω του Web Application.

➤ **Βήμα 4:**

Για το τέταρτο στάδιο, αποφασίσαμε ότι με την ολοκλήρωση της υλοποίησης της βάσης δεδομένων και του server, χρειαζόμασταν ένα τρόπο για την επικοινωνία των δεδομένων της Android εφαρμογής με τη βάση δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, τα αιτήματα της μορφής JSON θα αποστέλλονται και θα επεξεργάζονται από τον server ο οποίος θα είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση, ανάκτηση και ενημέρωση των δεδομένων στην βάση. Αυτό πραγματοποιήθηκε και με τη βοήθεια του εργαλείου Hibernate που εγκαταστάθηκε στην Eclipse IDE. Οι ενέργειες που λαμβάνονται από τον server Apache Tomcat, πραγματοποιούνται με τη χρήση του servlet της EHR.

➤ **Βήμα 5:**

Το τελευταίο βήμα, αφορά την ανάπτυξη και σχεδίαση του Web Application, με το οποίο ο ιατρός θα έχει πρόσβαση μέσω του server Apache Tomcat στη βάση δεδομένων MySQL, για να έχει πλήρη παρουσίαση των ιατρικών βιομετρήσεων και προσωπικών στοιχείων του ασθενή. Με αυτό τον τρόπο χτισίματος του συστήματος, θα λαμβάνονται εύκολα και αποδοτικά διαγνώσεις από τον επιβλέπων ιατρό του ασθενή, ο οποίος ασθενής θα τις λαμβάνει εξ αποστάσεως.

5.3 Σχεδίαση Εφαρμογής Android

➤ **Κλάση Language.java**

Η κλάση Language θα καλωσορίζει τον χρήστη στο σύστημα. Δουλειά της είναι η επιλογή της γλώσσας από τον χρήστη. Ο χρήστης θα μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στις γλώσσες αγγλικά και ελληνικά. Με την επιλογή της κατάλληλης γλώσσας, τα μηνύματα βοήθειας, τα tutorials και τα γραφικά στο περιβάλλον της εφαρμογής θα μεταφράζονται στην επιλεγμένη γλώσσα.

➤ **Κλάση Login.java**

Η κλάση Login παρουσιάζει στον χρήστη (αφού έχει πρώτα επιλέξει μια γλώσσα) την οθόνη εισαγωγής στοιχείων του για την σύνδεση του με το σύστημα. Αρχικά, ο χρήστης εισάγει στα πεδία το username και το password προσπαθώντας έτσι να ενωθεί με το σύστημα. Στην περίπτωση που το Wi-Fi είναι απενεργοποιημένο στην κινητή συσκευή,

τότε η εφαρμογή θα ενημερώνει τον χρήστη να πραγματοποιήσει πρώτα σύνδεση Wi-Fi. Επίσης, θα υπάρχει μήνυμα λάθους σε περίπτωση που ο χρήστης πραγματοποιήσει σύνδεση και ένα από τα 2 πεδία (ή και τα 2) παρέμεινε κενό.

Εάν όλα είναι συμπληρωμένα σωστά, τότε ελέγχεται η εγκυρότητα των δεδομένων εισαγωγής και γίνεται επικύρωση από την βάση δεδομένων του συστήματος. Αν η επικύρωση πραγματοποιηθεί με επιτυχία, τότε γίνεται σύνδεση στο σύστημα και παρουσιάζεται κατάλληλο μήνυμα επιτυχίας, ενώ αν υπάρξει μη-εξουσιοδοτημένη πρόσβαση ή πρόβλημα με τον server, τότε η εφαρμογή θα ενημερώνει με κατάλληλα μηνύματα τον χρήστη. Με την σωστή εξουσιοδότηση από το σύστημα, ο χρήστης καλείται να επιλέξει με ποια συσκευή επιθυμεί να συνεχίσει, Shimmer ή Arduino, εμφανίζοντας κατάλληλο μήνυμα.

➤ **Κλάση Register.java**

Η κλάση Register είναι η κλάση όπου ο ασθενής μπορεί να δημιουργήσει λογαριασμό στο σύστημα, συμπληρώνοντας τη φόρμα με τα πεδία που του ζητούν να εισάγει τα προσωπικά του στοιχεία. Τα πεδία αυτά αποτελούνται από το όνομα, επίθετο, αριθμό ταυτότητας, φύλο, ημερομηνία γεννήσεως, διεύθυνση σπιτιού, αριθμό σπιτιού, ταχυδρομικό κώδικα, πόλη διαμονής, χώρα διαμονής, αριθμό τηλεφώνου, username, password και διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Μόλις ο χρήστης συμπληρώσει όλα τα στοιχεία του, θα γίνεται έλεγχος εάν υπάρχει κάποιο πεδίο που παρέμεινε κενό. Εάν αυτό ισχύει, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα. Εάν δεν ισχύει, τότε με το πάτημα ενός κουμπιού, οι πληροφορίες θα στέλνονται στην βάση δεδομένων για μόνιμη αποθήκευση. Σε περίπτωση, που τα δεδομένα δεν αποθηκευτήκαν ή υπήρξε κάποιο πρόβλημα με τον server, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα σφάλματος, αλλιώς αν τα δεδομένα αποθηκευτήκαν σωστά, τότε ένα μήνυμα επιτυχίας θα εμφανίζεται στην οθόνη.

➤ **Κλάση Shimmer.java**

Η κλάση της Shimmer πραγματοποιεί την καταγραφή, αποθήκευση και αποστολή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος από τις συσκευές της εταιρείας Shimmer στη βάση δεδομένων. Με την έναρξη αυτής της κλάσης, θα εμφανίζεται ένας σύντομος οδηγός χρήσεως, στην γλώσσα που έχει επιλέξει ο χρήστης, ώστε ο ασθενής να μπορεί να κατανοεί ορθά τις λειτουργίες του συστήματος. Θα υπάρχουν 7 διαφορετικά κουμπιά

στην κλάση αυτή, τα όποια είναι: εμφάνιση συσκευής σύζευξης, αποθήκευση δεδομένων, σύνδεση, αποσύνδεση, συλλογή δεδομένων, τερματισμός συλλογής δεδομένων και εμφάνιση ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

❖ **Κουμπί Εμφάνισης Συσκευής Σύζευξης:**

Το κουμπί αυτό θα εμφανίζει όλες τις συσκευές Shimmer2R (που λειτουργούν με τεχνολογία Bluetooth) σε μια λίστα και ο ασθενής μπορεί να επιλέξει με ποια συσκευή επιθυμεί να αλληλεπιδράσει μαζί της. Για να εμφανιστούν οι συσκευές σύζευξης, πρέπει να ενεργοποιηθεί το Bluetooth της κινητής συσκευής. Εάν είναι απενεργοποιημένο, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα ενεργοποίησης του. Να σημειωθεί ότι υπάρχει προϋπόθεση πως ο χρήστης πραγματοποίησε pairing της κινητής συσκευής με την συσκευή της Shimmer2R με την χρήση τεχνολογίας Bluetooth, προτού ξεκινήσει η εφαρμογή, εισάγοντας τον κωδικό 1234, αλλιώς η συσκευή Shimmer2R δεν θα εμφανίζεται στη λίστα.

❖ **Κουμπί Αποθήκευσης Δεδομένων:**

Τα δεδομένα του ΗΚΓ που θα καταγράφονται από την συσκευή Shimmer2R θα μπορούν είτε να αποθηκεύονται μόνιμα στην κάρτα μνήμης της κινητής συσκευής για μελλοντική χρήση με την μορφή .data αρχείου, είτε να εμφανίζονται μόνο για προσωρινή χρήση.

❖ **Κουμπί Σύνδεσης με την συσκευή**

Αφού έχει επιλέξει μια ποια συσκευή σύζευξης επιθυμεί να αλληλεπιδράσει ο χρήστης, τότε με το πάτημα του κουμπιού σύνδεσης, πραγματοποιείται η αναμονή της σύνδεσης και μετά γίνεται η σύνδεση στην συσκευή. Επειδή, υπάρχει η περίπτωση η συσκευή να χάσει κάποια σύνδεση, τότε θα εμφανίζεται ένα γραφικό περιβάλλον με χρώματα, όπου το κίτρινο χρώμα δηλώνει πως αναμένεται κάποια σύνδεση, το πράσινο χρώμα πως η σύνδεση πραγματοποιήθηκε με επιτυχία, το μπλε χρώμα ότι τα δεδομένα διαβάζονται με επιτυχία, ενώ το κόκκινο χρώμα πως η σύνδεση ήταν αποτυχημένη ή ο χρήστης επιθυμεί να αποσυνδεθεί. Στην περίπτωση της σύνδεσης, θα εμφανιστεί το πράσινο χρώμα, με το κατάλληλο μήνυμα επιτυχίας.

❖ **Κουμπί Αποσύνδεσης από την συσκευή**

Ο χρήστης με το πάτημα αυτού του κουμπιού θα μπορεί να αποσυνδεθεί από την συσκευή, εμφανίζοντας το κόκκινο χρώμα στη συσκευή Shimmer2R με το κατάλληλο μήνυμα αποσύνδεσης.

❖ **Κουμπί Συλλογής Δεδομένων**

Με το παρόν κουμπί, αποστέλλεται μια συνεχής ροή δεδομένων τιμών ηλεκτροκαρδιογραφήματος από τη συσκευή Shimmer2R στην κινητή συσκευή και το γραφικό περιβάλλον παίρνει χρώμα μπλε με την παρουσίαση του κατάλληλου μηνύματος ροής δεδομένων.

❖ **Κουμπί Τερματισμού Συλλογής Δεδομένων**

Με το κουμπί τερματισμού συλλογής δεδομένων, σταματά η συνεχής ροή δεδομένων των τιμών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και το γραφικό περιβάλλον παίρνει χρώμα πράσινο πάλι, δηλαδή η συσκευή παραμένει συνδεδεμένη με το κινητό και εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα τερματισμού της ροής των δεδομένων.

❖ **Εμφάνιση Ηλεκτροκαρδιογραφήματος**

Πατώντας ο ασθενής στο κουμπί αυτό, εμφανίζεται η γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος με τις αντίστοιχες τιμές να ενημερώνονται συνεχώς από τη ροή δεδομένων που στέλνει η Shimmer2R συσκευή. Έπειτα, οι τιμές που συλλέγονται στέλνονται αυτόματα στη βάση δεδομένων για μόνιμη αποθήκευση, μαζί με τον αριθμό ταυτότητας του χρήστη και την ημερομηνία και ώρα που πραγματοποιήθηκε η μέτρηση του ΗΚΓ. Εάν υπάρξει κάποιο πρόβλημα στην αποθήκευση, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα ειδοποίησης προς τον χρήστη.

➤ **Κλάση Arduino.java**

Η κλάση Arduino χρησιμοποιείται για την καταγραφή, όχι μόνο του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, αλλά και άλλων επιπλέον βιομετρήσεων, όπως αυτές καθορίζονται από τους αισθητήρες της πλατφόρμας e-Health Sensor της Libelium σε συνδυασμό με το Arduino. Για σκοπούς διευκόλυνσης του χρήστη, θα ενεργοποιείται αυτόματα η σύνδεση Wi-Fi Hotspot και θα απενεργοποιείται αυτόματα η σύνδεση Wi-Fi. Να σημειώσουμε ότι για την ένωση του Wi-Fi Hotspot της συσκευής Arduino με το Wi-Fi Hotspot της κινητής συσκευής, πρέπει ο χρήστης από προηγουμένως να

δημιούργησε το ίδιο αναγνωριστικό όνομα κατοχυρωμένο και στις 2 συσκευές. Στην περίπτωση μας, το Wi-Fi Hotspot που δημιουργήσαμε ονομάζεται ANDROID και δεν έχει κάποιο κωδικό ασφαλείας, με μέγιστο μέχρι και 5 χρήστες ταυτόχρονα συνδεδεμένους.

Με την έναρξη αυτής της κλάσης, θα εμφανίζεται ένας σύντομος οδηγός χρήσεως, στην γλώσσα που επέλεξε ο χρήστης, ώστε ο χρήστης να μπορεί να κατανοήσει ορθά τις λειτουργίες που παρέχονται από το σύστημα.

Η κλάση Arduino αποτελείται και από άλλες επιμέρους κλάσεις, οι οποίες όλες μαζί θα συναθροίζουν την τελική σχεδίαση για την καταγραφή δεδομένων από την πλατφόρμα Arduino.

❖ **Κλάση Real-Time Data.java**

Στην κλάση Real-Time Data καταγράφονται οι τιμές των εξής αισθητήρων: θερμοκρασίας σώματος, καρδιακοί παλμοί, οξυγόνωσης αίματος, παροχής αέρα από αναπνευστικές οδούς, συστολικής και διαστολικής πίεσης. Λόγω του ότι δεν είναι αναγκαίο να φαίνεται γραφικά η απεικόνιση των τιμών, θα πραγματοποιείται μόνο ενημέρωση των τιμών ανά δευτερόλεπτο.

❖ **Κλάση HistoryData.java**

Στην κλάση HistoryData θα υπάρχει μια γραφική παράσταση, στην οποία θα απεικονίζονται οι τιμές ενός συγκεκριμένου αισθητήρα, οι τιμές του οποίου αποθηκεύτηκαν στην βάση δεδομένων σε κάποια χρονική στιγμή. Λόγω του ότι θα πρέπει να ενεργοποιηθούν τα Wi-Fi στην κινητή συσκευή, έτσι ώστε να μπορέσει η κινητή συσκευή να ανακτήσει τις πληροφορίες που χρειάζεται από τη βάση δεδομένων, ενημερώνεται ο ασθενής με κάποιο κατάλληλο μήνυμα ότι θα πρέπει να απενεργοποιηθεί το Wi-Fi Hotspot και να ενεργοποιηθεί η σύνδεση Wi-Fi.

Μόλις πραγματοποιηθεί η σύνδεση Wi-Fi και αφού ο ασθενής επιλέξει πιο τύπο δεδομένων αισθητήρα επιθυμεί να παρουσιάσει και για ποια χρονική περίοδο, τότε με το πάτημα ενός κουμπιού, αποστέλλεται το αίτημα στη βάση δεδομένων και από την βάση δεδομένων οι τιμές ανακτώνται και παρουσιάζονται στην γραφική παράσταση.

Όταν τερματίζεται αυτή η κλάση, πρέπει να επαναφέρεται αυτόματα η σύνδεση του Wi-Fi Hotspot για να συνεχιστεί η μεταφορά των πληροφοριών των βιομετρήσεων και του ΗΚΓ από την πλατφόρμα Arduino στη κινητή συσκευή. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα ανάκτησης στη βάση δεδομένων, θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα σφάλματος ανάκτησης.

❖ **Κλάση MuscleIntensity.java**

Στην κλάση MuscleIntensity δημιουργείται μια γραφική παράσταση με τις τιμές του ηλεκτρομυογραφήματος που στέλνει η πλατφόρμα Arduino, μαζί με μια ειδικά ζωγραφισμένη γραμμή ζωνών, που αναφέρεται σε πιο σημείο βρίσκεται η κατάσταση του μυός με την ύπαρξη συνεχούς ενημέρωσης των τρέχων τιμών.

❖ **Κλάση ECG.java**

Στην κλάση ECG εμφανίζονται οι τιμές του ηλεκτροκαρδιογραφήματος σε μια γραφική παράσταση, μαζί με την τιμή που θα λαμβάνεται από την πλατφόρμα Arduino την δεδομένη στιγμή σε πραγματικό χρόνο.

❖ **Κλάση Conductivity.java**

Στην κλάση Conductivity εμφανίζονται οι τιμές της διαγωγιμότητας του δέρματος σε μια γραφική παράσταση, μαζί με μια ειδικά ζωγραφισμένη γραμμή ζωνών, που αναφέρεται σε πιο σημείο βρίσκεται η κατάσταση της διαγωγιμότητας με την ύπαρξη συνεχούς ενημέρωσης των τρέχων τιμών.

❖ **Κλάση PatientSummary.java**

Στην κλάση PatientSummary, παρουσιάζουμε τον μέσο όρο των τιμών που λαμβάνονται από την πλατφόρμα Arduino ανά λεπτό και στη συνέχεια θα υπάρχει άμεση ενημέρωση του χρήστη για τις νέες τιμές των βιομετρήσεων. Ακολούθως, με το πάτημα ενός κουμπιού το σύστημα θα ενημερώνει φωνητικά (με λειτουργία text-to-speech) τον χρήστη για την τρέχων κατάσταση της υγείας του, με βάση κάποια κατώφλια που θέσαμε στο σύστημα.

Η κλάση αυτή τέλος περιέχει ένα loading bar που ενημερώνει τον χρήστη πόσα δεδομένα χρειάζεται ακόμα μέχρι να γίνει η συνάθροισή τους και να βγει ο μέσος όρος για κάθε βιομέτρηση και να παρουσιαστεί. Μαζί με τους μέσους όρους, θα

αποστέλλονται στη βάση δεδομένων ο αριθμός ταυτότητας του χρήστη, καθώς και η ημερομηνία και η ώρα καταγραφής των βιοϊατρικών δεδομένων.

5.4 Σχεδίαση Βάσης Δεδομένων - Server

Για την σχεδίαση της βάσης δεδομένων, δημιουργήσαμε 5 διαφορετικούς πίνακες, οι οποίοι εκτός από την αλληλεπίδραση μεταξύ τους, αλληλεπιδρούν και με το web application αλλά και με το Android application που αναπτύξαμε. Οι στήλες αυτών των πινάκων, ο τύπος των δεδομένων, το πρωτεύων κλειδί (PK) και ποιες από τις στήλες δεν πρέπει να είναι Null, παρουσιάζονται λεπτομερώς παρακάτω:

Register User		
Column	Data Type	Not Null
User ID (PK)	INT(11)	✓
Name	VARCHAR(45)	✓
Surname	VARCHAR(45)	✓
Gender	VARCHAR(6)	✓
Date of Birth	DATE	✓
Street	VARCHAR(45)	✓
Number of Street	INT(2)	✓
City	VARCHAR(45)	✓
Country	VARCHAR(45)	✓
Postal Code	INT(5)	✓
Telephone Number	INT(8)	✓
Email	VARCHAR(45)	✓
Username	VARCHAR(45)	✓
Password	VARCHAR(45)	✓

Στον πίνακα Register User αποθηκεύονται οι προσωπικές πληροφορίες του χρήστη, όπως παρουσιάζονται πιο πάνω. Ο πίνακας αυτός θα έχει την χρησιμότητα του στο γεγονός πως στην περίπτωση που ο χρήστης πραγματοποιήσει σύνδεση με το σύστημα (login), τότε πρέπει το username και password του χρήστη να ταυτοποιηθούν πως υπάρχουν σαν εγγραφή, και εάν αυτό ισχύει, τότε να επιστραφεί ο αριθμός ταυτότητας του χρήστη, για να μπορέσει ο χρήστης να προχωρήσει στην επόμενη οθόνη του συστήματος.

User Login		
Column	Data Type	Not Null
User ID (PK)	INT(11)	✓
Start Session (PK)	DATETIME	✓
End Session	DATETIME	✓
State	VARCHAR(10)	✓

Στον πίνακα User Login, μόλις ο χρήστης πραγματοποιήσει εξουσιοδοτημένη πρόσβαση από το σύστημα, τότε ο αριθμός ταυτότητας του (που επιστρέφεται από την σωστή ταυτοποίηση username και password) μαζί με την ημερομηνία και την ώρα εισόδου και εξόδου, θα αποθηκεύονται μέσα στην βάση δεδομένων. Αρχικά, στις στήλες ημερομηνία και ώρα εισόδου και εξόδου θα υπάρχει η τιμή εισόδου, αλλά μόλις ο χρήστης επιθυμεί να πραγματοποιήσει αποσύνδεση, τότε το σύστημα θα ενημερώνει την συγκεκριμένη εγγραφή, ότι η ημερομηνία και η ώρα εξόδου έχει αλλάξει. Επίσης, η στήλη State θα παίρνει 2 τιμές: Sign In (αν ο χρήστης πραγματοποίησε είσοδο), το οποίο αργότερα θα ενημερωθεί και θα μετατραπεί σε Log Out, αν ο χρήστης πραγματοποίησε σωστή αποσύνδεση, δηλαδή δεν του παρουσίασε κάποιο σφάλμα ο server.

Shimmer Measurements		
Column	Data Type	Not Null
User ID (PK)	INT(11)	✓
Date Taken (PK)	DATETIME	✓
ECG 1	FLOAT	✓
ECG 2	FLOAT	✓

Στον πίνακα Shimmer Measurements θα αποθηκεύονται οι τιμές, που θα συλλέγονται από την συσκευή ηλεκτροκαρδιογραφήματος της Shimmer. Κάθε εγγραφή θα έχει δυο πρωτεύοντα κλειδιά, που αποτελούνται από τον αριθμό ταυτότητας του χρήστη σε συνδυασμό με την ημερομηνία και την ώρα που καταγράφηκε η μέτρηση, μαζί με τις 2 τιμές απαγωγών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος που λαμβάνονται από την συσκευή Shimmer2R.

Arduino Measurements		
Column	Data Type	Not Null
User ID (PK)	INT(11)	✓

Date Taken (PK)	DATETIME	✓
Temperature (Mean Value)	FLOAT	✓
Airflow (Mean Value)	FLOAT	✓
Blood Oxygen (Mean Value)	FLOAT	✓
Pulse (Mean Value)	FLOAT	✓
Systolic Pressure (Mean Value)	FLOAT	✓
Diastolic Pressure (Mean Value)	FLOAT	✓
Electrocardiograph (Mean Value)	FLOAT	✓
Electromyography (Mean Value)	FLOAT	✓
Conductivity (Mean Value)	FLOAT	✓

Στον πίνακα Arduino Measurements θα αποθηκεύονται οι βιομετρικές τιμές, που θα συλλέγονται από την πλατφόρμα Arduino σε συνδυασμό με την πλακέτα e-Health της Libelium. Κάθε εγγραφή θα έχει δυο πρωτεύοντα κλειδιά, που αποτελούνται από τον αριθμό ταυτότητας του χρήστη σε συνδυασμό με την ημερομηνία και την ώρα που καταγράφηκε η μέτρηση, μαζί με τους 9 μέσους όρους των βιοϊατρικών τιμών που θα αντιστοιχούν στις μετρήσεις κάθε αισθητήρα ξεχωριστά.

Doctor Login		
Column	Data Type	Not Null
Username (PK)	VARCHAR(45)	✓
Password	VARCHAR(45)	✓
First Name	VARCHAR(20)	✓
Last Name	VARCHAR(40)	✓

Στον πίνακα Doctor Login θα αποθηκεύονται το username και το password του ιατρού, μαζί με το όνομα και το επίθετό του. Κάθε εγγραφή θα έχει ένα πρωτεύων κλειδί, που αποτελείται από το username του ιατρού. Σκοπός ύπαρξης αυτού του πίνακα είναι για να μπορεί ο ιατρός να κάνει επικύρωση επαλήθευσης των δεδομένων που εισάγει στο Login Form του web application, έτσι ώστε να του δίνεται εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στην εφαρμογή.

Αφού έχουμε δημιουργήσει τη βάση δεδομένων με όλους τους πίνακες που χρειάζονται για να λειτουργούν ορθά οι εφαρμογές μας, προχωρήσαμε στην ανάπτυξη του server, για την οποία χρησιμοποιήσαμε τις υπηρεσίες servlets της Java. Τα servlets είναι κλάσεις της Java, οι οποίες υλοποιούν HTTP αιτήματα. Για την υλοποίηση του server, χρησιμοποιήσαμε τις JAR

βιβλιοθήκες που δημιουργήθηκαν σε προηγούμενη εργασία για τους σκοπούς του project EHR. Οι σημαντικότερες λειτουργίες που θα πραγματοποιούν οι κλάσεις του server είναι το INSERT, το UPDATE και το SELECT.

Με τις κλάσεις της INSERT, για όλους τους πίνακες της βάσης, θα αποθηκεύονται οι εγγραφές. Αντιστοίχως, για τις κλάσεις της UPDATE θα πραγματοποιείται ενημέρωση εγγράφων σε κάποια δεδομένα των στηλών και για τις κλάσεις της SELECT θα επιστρέφονται κάποια δεδομένα, που θα αφορούν συγκεκριμένες λειτουργίες της εφαρμογής. Στην συνέχεια, μέσω του Apache Tomcat, τον οποίο από προηγουμένως κατεβάσαμε τοπικά στον υπολογιστή μας και τον ενσωματώσαμε στην Eclipse IDE, θα τρέξουμε τα servlets και τα JavaServer Pages (JSP) για την εκτέλεση του Web Application.

5.5 Σχεδίαση Web Application

Όπως έχουμε προαναφέρει, για την ανάπτυξη και υλοποίηση του web application, χρησιμοποιήσαμε σελίδες HTML και τα JSPs. Σκοπός του web application είναι η εμφάνιση των προσωπικών στοιχείων του ασθενή στον επιβλέπων ιατρό, παρουσίαση της γραφικής παράστασης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή και των βιομετρικών του δεδομένων και τέλος η επικοινωνία του ασθενή με τον ιατρό. Πιο κάτω, παρουσιάζουμε λεπτομερώς τα JSPs που χρησιμοποιήσαμε για την σχεδίαση του web application.

➤ **JavaServer Page Login**

Το JavaServer Page Login παρουσιάζει στον χρήστη την οθόνη εισαγωγής στοιχείων του για την σύνδεση του με το σύστημα. Αρχικά, ο χρήστης εισάγει στα πεδία το username και το password προσπαθώντας έτσι να ενωθεί με το σύστημα. Η εφαρμογή παρουσιάζει μήνυμα λάθους σε περίπτωση που ο χρήστης πραγματοποιήσει σύνδεση και ένα από τα 2 πεδία (ή και τα 2) παρέμεινε κενό, ή αν τα δεδομένα που καταχώρησε ο χρήστης δεν αντιστοιχούν με κάποια εγγραφή στη βάση δεδομένων.

Εάν όλα είναι συμπληρωμένα σωστά, τότε ελέγχεται η εγκυρότητα των δεδομένων εισαγωγής και γίνεται επικύρωση από την βάση δεδομένων του συστήματος. Αν η επικύρωση πραγματοποιηθεί με επιτυχία, τότε γίνεται σύνδεση στο σύστημα και εμφανίζεται η οθόνη καλωσορίσματος στον ιατρό.

➤ **JavaServer Page Register**

Το JavaServer Page Register παρουσιάζει στον χρήστη μια φόρμα για να δημιουργήσει λογαριασμό στο σύστημα, συμπληρώνοντας τα πεδία που του ζητούν να εισάγει τα προσωπικά του στοιχεία. Τα πεδία αυτά αποτελούνται από το όνομα, επίθετο, username και password. Μόλις ο χρήστης συμπληρώσει όλα τα στοιχεία του, θα γίνεται έλεγχος εάν υπάρχει κάποιο πεδίο που παρέμεινε κενό. Εάν αυτό ισχύει, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα. Εάν δεν ισχύει, τότε με το πάτημα ενός κουμπιού, οι πληροφορίες θα στέλνονται στην βάση δεδομένων για μόνιμη αποθήκευση, οπότε την επόμενη φορά που θα θελήσει ο χρήστης να εισέλθει στο σύστημα να μπορεί να το πράξει.

➤ **JavaServer Page Patient**

Το JavaServer Page Patient, παρουσιάζει στον χρήστη τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή όπως έχουν αποθηκευτεί από πριν στη βάση δεδομένων: το όνομα, επίθετο, αριθμό ταυτότητας, φύλο, ημερομηνία γεννήσεως, διεύθυνση σπιτιού, αριθμό σπιτιού, ταχυδρομικό κώδικα, πόλη διαμονής, χώρα διαμονής, αριθμό τηλεφώνου, username, password και διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

Στη συνέχεια, εμφανίζει την γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος σύμφωνα με τις τιμές των 2 απαγωγών που στάλθηκαν από τη συσκευή Shimmer2R στη βάση δεδομένων, μαζί με την ημερομηνία και την ώρα καταγραφής του ΗΚΓ. Υπάρχει επιπρόσθετα η επιλογή παρουσίασης μιας άλλης χρονικής περιόδου του ΗΚΓ, μεταξύ άλλων διάρκειας μιας μέρας, εβδομάδας, μήνα, εξαμήνου και χρόνου.

Τέλος, παρουσιάζονται οι τιμές των εξής αισθητήρων: θερμοκρασίας σώματος, καρδιακοί παλμοί, οξυγόνωσης αίματος, παροχής αέρα από αναπνευστικές οδούς, συστολικής και διαστολικής πίεσης, μαζί με την ημερομηνία και την ώρα που έχουν καταγραφεί από τη συσκευή Arduino σε συνδυασμό με τη πλακέτα e-Health Libelium.

Κεφάλαιο 6

Αξιολόγηση Συστήματος – Αποτελέσματα – Συζήτηση

6.1 Εισαγωγή	99
6.2 Παρουσίαση Screenshots Τελικού Συστήματος	100
6.3 Αξιολόγηση Συστήματος	117
6.4 Αποτελέσματα - Συζήτηση	117

6.1 Εισαγωγή

Όπως έχουμε δει στο τέταρτο κεφάλαιο αυτής της ΑΔΕ, ορίζονται επιτυχώς οι απαιτήσεις των χρηστών και οι προδιαγραφές του συστήματος. Στο πέμπτο κεφάλαιο ορίζουμε την φάση σχεδίασης, ανάπτυξης και υλοποίησης του συστήματος, στις οποίες εφαρμόσαμε κατά κανόνα όλα όσα λέχθηκαν στο τέταρτο κεφάλαιο.

Στο παρόν κεφάλαιο, θα παρουσιάσουμε στην αρχή όλα τα screenshots της εφαρμογής μας με λειτουργικές επεξηγήσεις όπου χρειάζεται για τον τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με το γραφικό περιβάλλον. Έπειτα, ο χρήστης (ασθενής και ιατρός) θα αξιολογήσει το σύστημα που αναπτύξαμε, εάν οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές που δηλώσαμε στο τέταρτο κεφάλαιο καλυφτήκαν πλήρως και αν το τελικό προϊόν μετά και την φάση ανάπτυξης, σχεδίασης και υλοποίησης που αναφέραμε στο πέμπτο κεφάλαιο μπορεί να συνεισφέρει στον τομέα της ηλεκτρονικής υγείας.

Τέλος, θα κλείσουμε το κεφάλαιο αυτό με κάποια αποτελέσματα που προέκυψαν από τις παρατηρήσεις των χρηστών, κάποιες αδυναμίες που ακόμη παρουσιάζει το τελικό προϊόν του συστήματός μας και μερική συζήτηση που θα μας οδηγήσει στο επόμενο κεφάλαιο των συμπερασμάτων και της μελλοντικής εργασίας στη δουλειά μας.

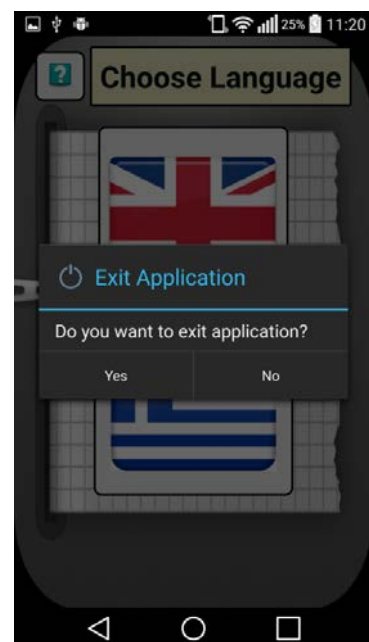
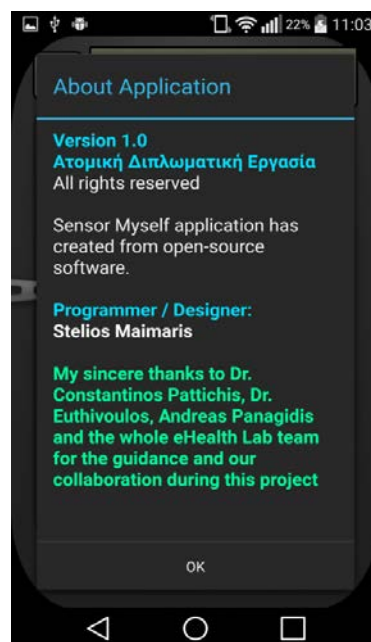
6.2 Παρουσίαση Screenshots Τελικού Συστήματος

6.2.1 Έναρξη Android Εφαρμογής



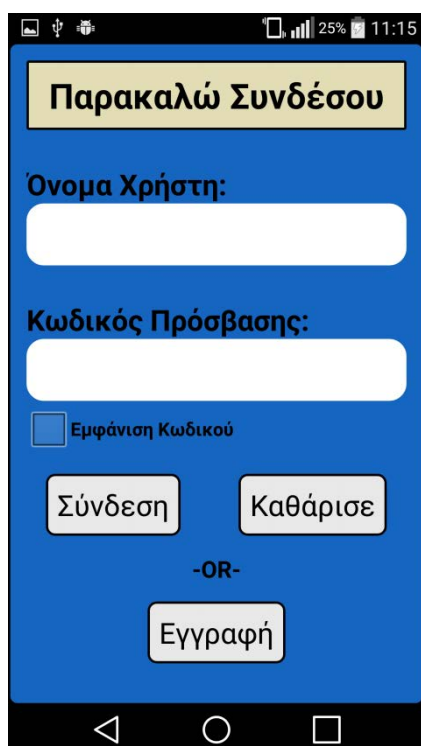
Με την έναρξη της εφαρμογής εμφανίζεται η αρχική οθόνη, που παρουσιάζει το ιερό φίδι του Ασκληπιού, από κάτω ένα είδος καρδιογραφήματος και δεξιά την ιατρική φράση «Your Health Our Mission». Η εμφάνιση της αρχικής οθόνης διαρκεί μερικά δευτερόλεπτα μόνο.

6.2.2 Επιλογή Γλώσσας

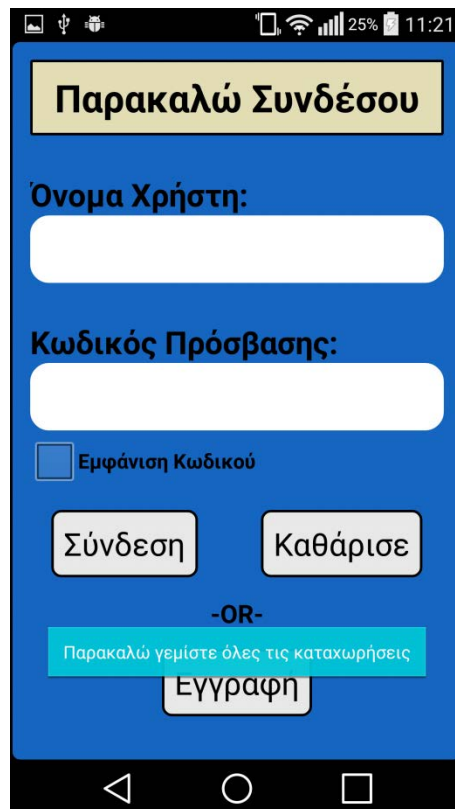
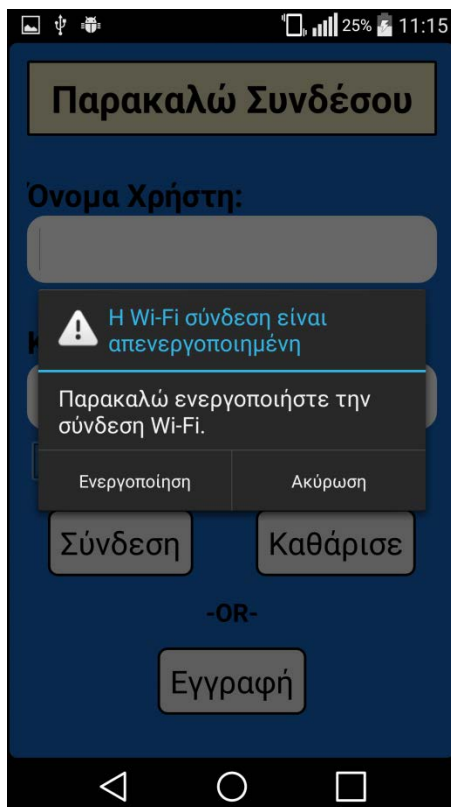


Ο χρήστης έχει την δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα σε δυο διαφορετικές γλώσσες: αγγλικά και ελληνικά. Αριστερά από τον τίτλο της διεπαφής υπάρχει ένα εικονικό κουμπί, όπου εμφανίζονται οι ευχαριστίες, το όνομα του προγραμματιστή και της εφαρμογής. Με το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη, αν επιθυμεί να εξέλθει από την εφαρμογή.

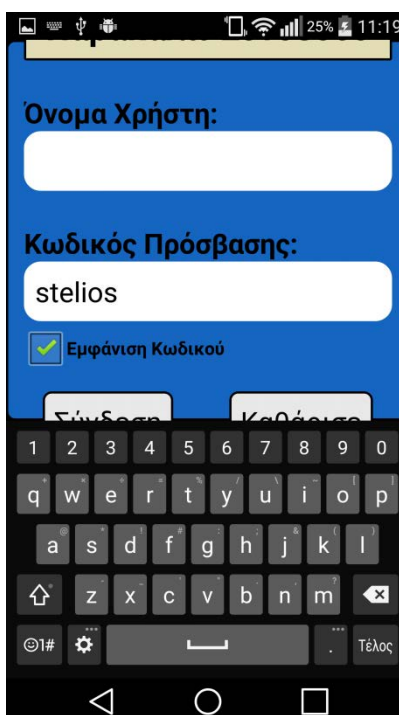
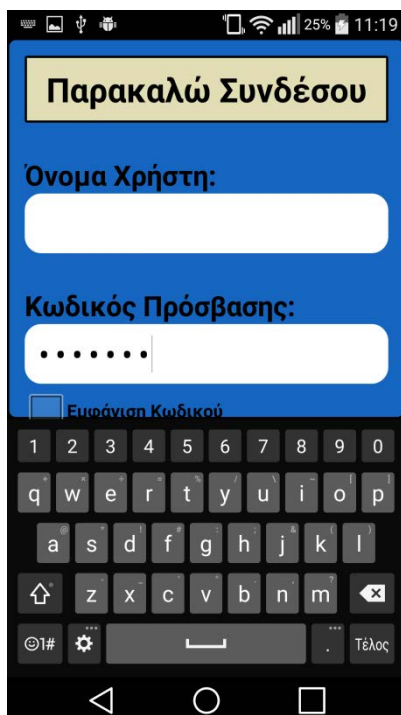
6.2.3 Σύνδεση Χρήστη

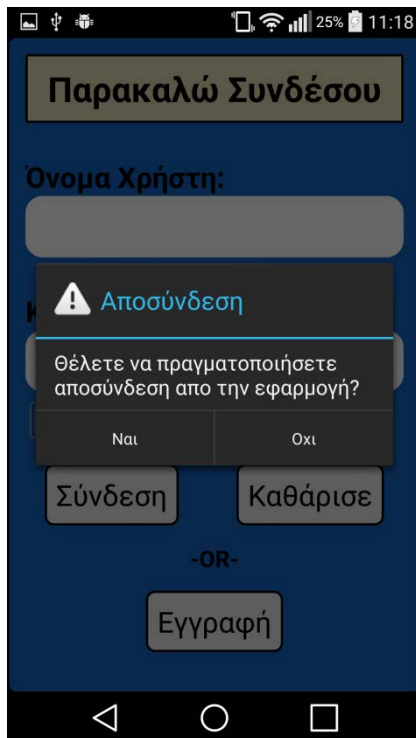


Όπως παρατηρούμε στα αριστερά, εμφανίζεται η οθόνη εισόδου, όπου ο χρήστης καλείται να συμπληρώσει το username και password. Με το κουμπί «Σύνδεση», ο χρήστης μπορεί είτε να προχωρήσει στα επόμενα μέρη της εφαρμογής, είτε το σύστημα να μην τον αφήσει να συνεχίσει (μη-εξουσιοδοτημένη πρόσβαση). Το κουμπί «Καθάρισε» διαγραφεί τυχόν χαρακτήρες που υπάρχουν στα πεδία συμπλήρωσης.

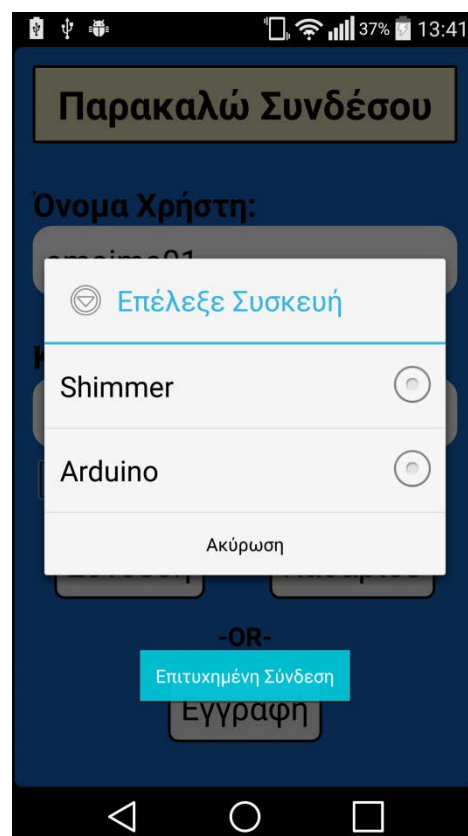
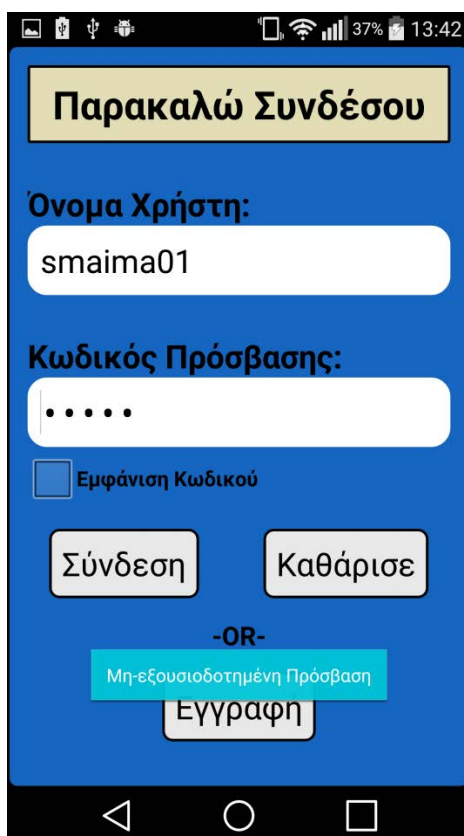


Για την επικύρωση των στοιχείων που καταχώρησε ο χρήστης στα πεδία συμπλήρωσης, η σύνδεση του χρήστη στον server προϋποθέτει και ενεργοποιημένα Wi-Fi στην κινητή συσκευή. Αν το Wi-Fi της συσκευής είναι απενεργοποιημένο, εμφανίζεται αμέσως ένα μήνυμα που ζητά εξουσιοδότηση για ενεργοποίηση του Wi-Fi. Ακόμη, όταν κάποιο από τα πεδία συμπλήρωσης είναι κενό, τότε κατάλληλο μήνυμα ενημερώνει τον χρήστη να συμπληρώσει όλα τα πεδία.





Το κουμπί ελέγχου «Εμφάνιση Κωδικού» εμφανίζει τον κρυμμένο κωδικό πρόσβασης. Ο χρήστης μπορεί να πραγματοποιήσει αποσύνδεση από το σύστημα, πατώντας το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής. Όταν ο χρήστης βρίσκεται σε κατάσταση σύνδεσης, τότε με την αποσύνδεση του ενημερώνεται αυτόματα η βάση δεδομένων για την ημερομηνία και την ώρα εξόδου και η κατάσταση αλλάζει από «Sign In» σε «Log Out».



Σε περίπτωση που τα στοιχεία εισαγωγής του χρήστη είναι εσφαλμένα, τότε εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα λάθους, ενώ σε αντίθετη περίπτωση, όταν η σύνδεση είναι επιτυχημένη, τότε εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα μαζί με το παράθυρο επιλογής συσκευών Shimmer ή Arduino.

6.2.4 Εγγραφή Χρήστη

The image displays two screenshots of a mobile application interface for user registration. The left screenshot shows the 'Εγγραφή Χρήστη' (User Registration) screen with fields for 'Ταυτότητα:', 'Όνομα:', 'Επίθετο:', and 'Φύλο:'. The right screenshot shows the same screen with additional fields for 'Αριθμός Τηλεφώνου:', 'Διεύθυνση Email:', 'Όνομα Χρήστη:', and 'Κωδικός Πρόσβασης:'. It also includes a checkbox for 'Εμφάνιση Κωδικού' and buttons for 'Εγγραφή' and 'Καθάρισε'.

Για την διαδικασία «Εγγραφή Χρήστη», ο χρήστης συμπληρώνει τις προσωπικές πληροφορίες, οι οποίες με το κουμπί «Εγγραφή» αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Το κουμπί «Καθάρισε» διαγραφεί τυχόν χαρακτήρες που υπάρχουν στα πεδία συμπλήρωσης. Το κουμπί ελέγχου «Εμφάνιση Κωδικού» εμφανίζει τον κρυμμένο κωδικό πρόσβασης.

Εγγραφή Χρήστη

Ταυτότητα:

Όνομα:

1 2 3

4 5 6

7 8 9

x 0 Επόμε.

Αριθμός Τηλεφώνου:

6767

Διεύθυνση Email:

kdkd

Όνομα Χρήστη:

dcdk

Κωδικός Πρόσβασης:

Εγγραφή Καθάρισε

Κάθε πεδίο συμπλήρωσης δίνει ένα διαφορετικό τρόπο εισαγωγής δεδομένων. Για παράδειγμα πατώντας το πεδίο συμπλήρωσης για επιλογή φύλου εμφανίζεται μενού για άνδρα ή γυναίκα, το πεδίο συμπλήρωσης για ημερομηνία γέννησης εμφανίζεται μενού επιλογής ημέρας, μήνα, χρόνου κτλ. Επίσης, αν κάποιο πεδίο είναι κενό, τότε θα εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα που θα ενημερώνει τον χρήστη.

Επίθετο:

Φύλο:

Επέλεξε Φύλο

Ανδρας

Γυναίκα

Ημερομηνία Γέννησης:

04 Απρ 2014

05 Μαΐ 2015

06 Ιουν 2016

Ακύρωση OK

Επέλεξε Χώρα

Κόσμος

Κόσοβο

Κόστα Ρίκα

Κύπρος

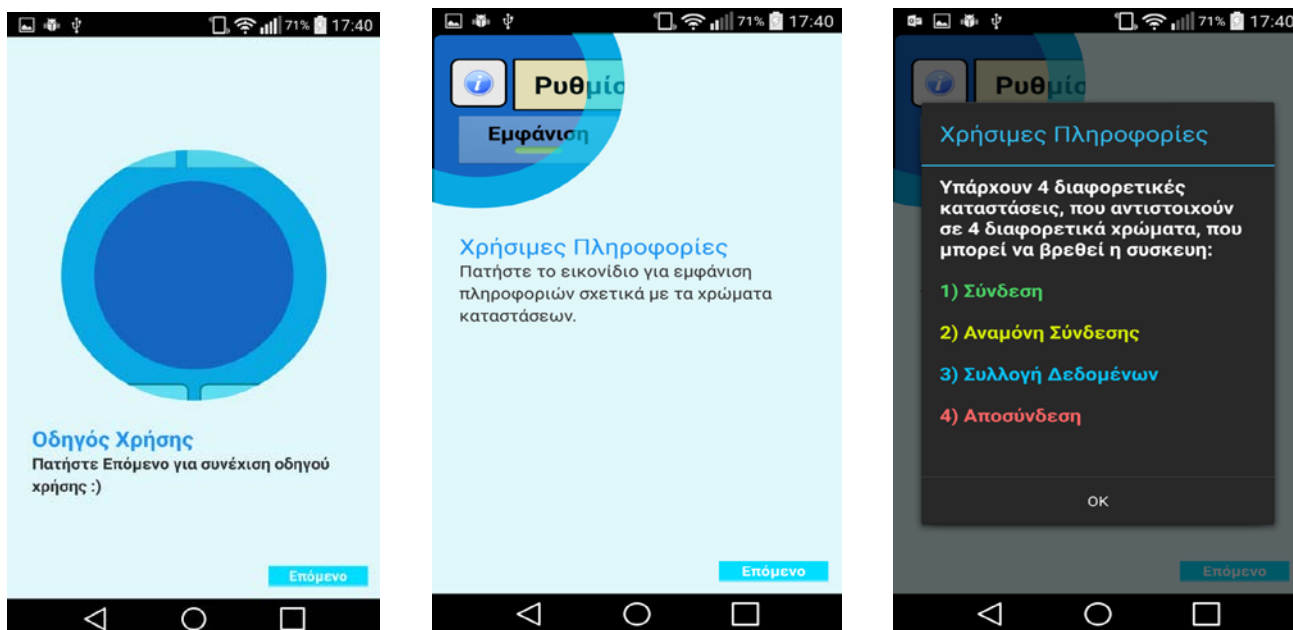
Λάος

Λίβανος

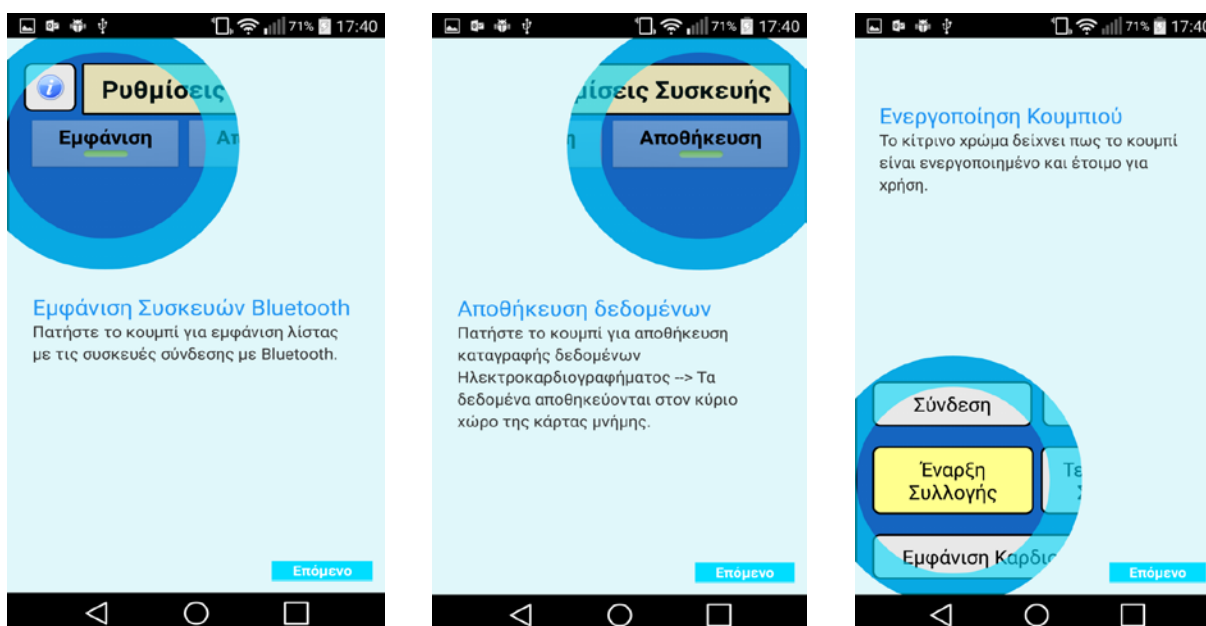
Λατινική Αμερική

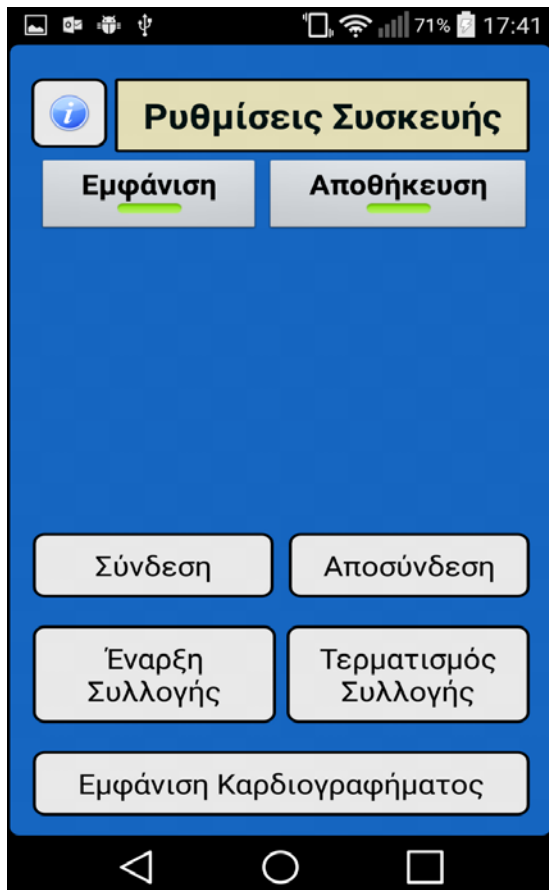
Λεσότο

6.2.5 Ηλεκτροκαρδιογράφημα από συσκευή Shimmer

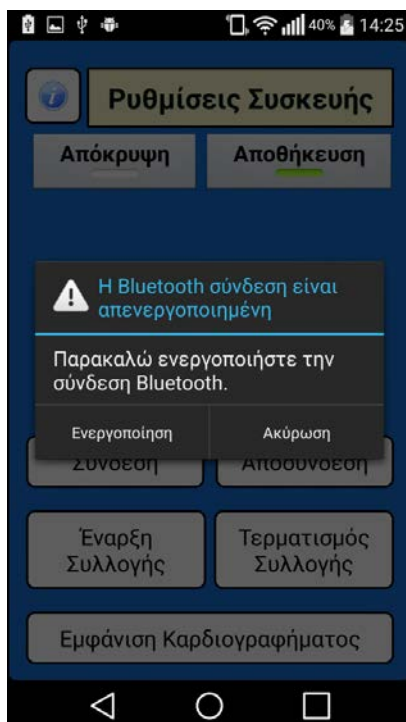


Με την έναρξη της οθόνης μετά την επιλογή της συσκευής Shimmer, εμφανίζεται ένας σύντομος οδηγός χρήσης, με οδηγίες στα αγγλικά ή ελληνικά (εξαρτάται από την γλώσσα επιλογής στην αρχική οθόνη της εφαρμογής). Στα αριστερά του τίτλου υπάρχει ένα εικονικό κουμπί που εξηγεί τις διάφορες φάσεις χρωμάτων της συσκευής Shimmer2R, οι οποίες θα εξηγηθούν λεπτομερώς παρακάτω.





Με τον τερματισμό του οδηγού χρήσεως, εμφανίζεται η αρχική οθόνη της συσκευής Shimmer. Παρατηρούμε 7 κουμπιά, τα οποία επιτελούν όλες τις κύριες λειτουργίες που θα πραγματοποιούνται από την δραστηριότητα. Τα 5 κουμπιά Σύνδεση, Αποσύνδεση, Έναρξη Συλλογής, Τερματισμός Συλλογής και Εμφάνιση Καρδιογραφήματος παραμένουν απενεργοποιημένα, ενώ τα κουμπιά Εμφάνιση και Αποθήκευση είναι ενεργοποιημένα.

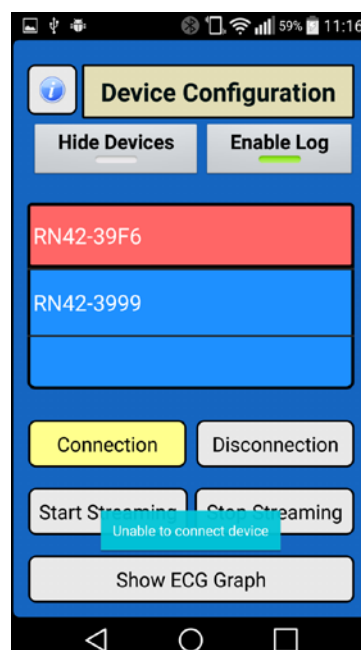
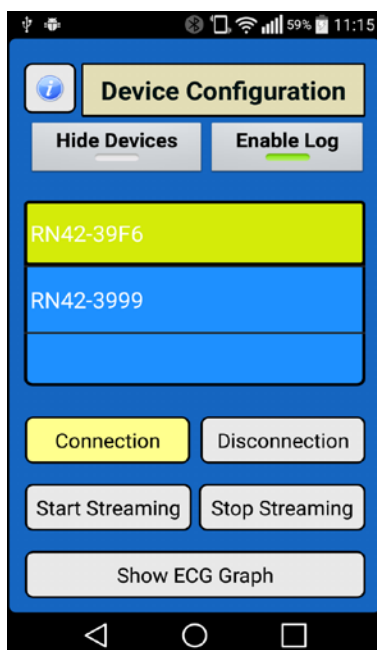


Όταν ο χρήστης πατήσει στο κουμπί Εμφάνιση, τότε αν το Bluetooth είναι απενεργοποιημένο στη κινητή συσκευή, η εφαρμογή ζητά να ενεργοποιηθεί το Bluetooth. Με την ενεργοποίηση του, τότε εμφανίζεται ο πίνακας με τα ονόματα των συσκευών Shimmer2R που βρίσκονται σε σύζευξη με το κινητό τηλέφωνο. Παρατηρούμε πως το κουμπί Σύνδεση χρωματίστηκε

κίτρινο, που σημαίνει πως είναι έτοιμο για χρήση. Επίσης, πατώντας το κουμπί της Αποθήκευσης εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα στην οθόνη.



Μόλις επιλέγει κάποια συσκευή Shimmer2R από τη λίστα που εμφανίστηκε μετά την ενεργοποίηση του Bluetooth στη κινητή συσκευή, τότε στο κάτω μέρος, με κατάλληλο μήνυμα, εμφανίζεται η διεύθυνση της συσκευής.



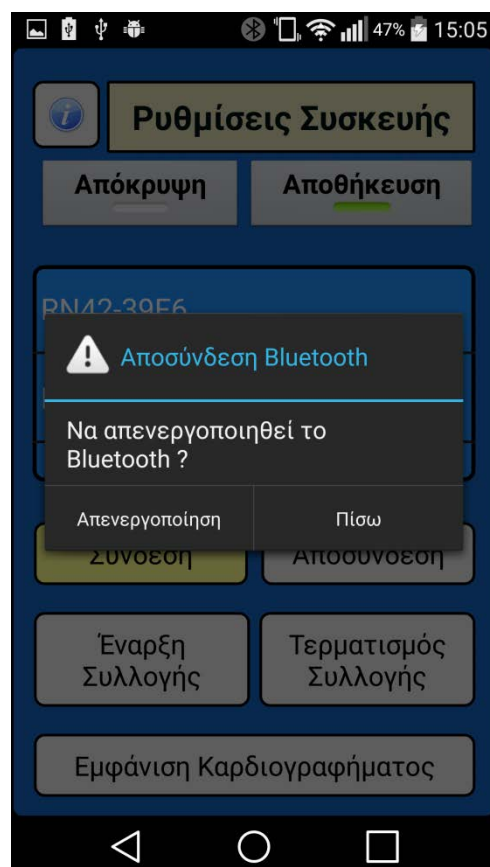
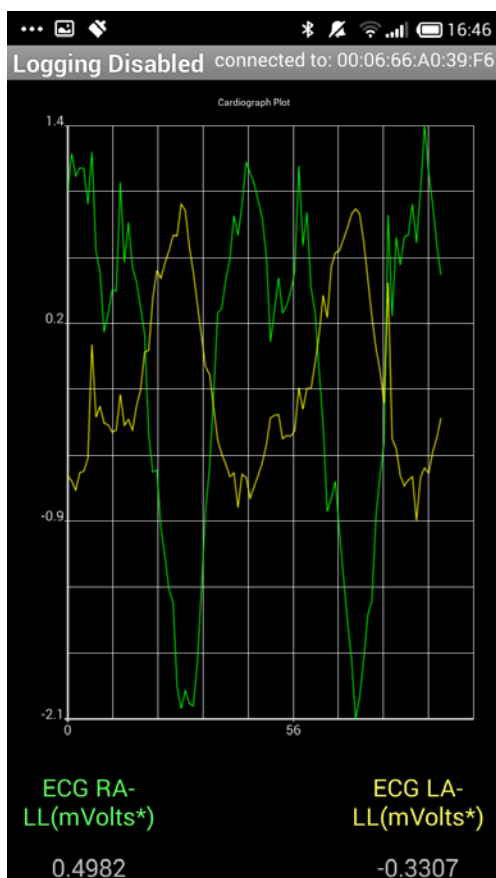
Μετά την επιλογή μιας από τις συσκευές Shimmer2R, πατούμε το κουμπί Σύνδεση, όπου αυτόματα η συσκευή που επιλέγηκε χρωματίζεται με κίτρινο χρώμα, που σημαίνει ότι αναμένεται η σύνδεση. Όταν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, το χρώμα μετατραπεί σε κόκκινο σημαίνει ότι απέτυχε η εφαρμογή να συνδεθεί με την συσκευή. Σε αντίθετη

περίπτωση, αν το χρώμα γίνεται πράσινο, τότε η εφαρμογή συνδέθηκε επιτυχώς και ταυτόχρονα ενεργοποιούνται τα κουμπιά Έναρξη Συλλογής και Αποσύνδεσης και απενεργοποιείται το κουμπί Σύνδεση.



Με το κουμπί Έναρξη Συλλογής να ενεργοποιείται, τότε το χρώμα της συσκευής γίνεται μπλε και ταυτόχρονα ενεργοποιούνται και τα κουμπιά Τερματισμός Συλλογής και Εμφάνιση Καρδιογραφήματος και απενεργοποιείται η Έναρξη Συλλογής. Να σημειωθεί ότι αν θέλουμε να γίνει ταυτόχρονα και αποθήκευση στο αρχείο των τιμών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, τότε πρέπει να πατήσουμε το κουμπί Αποθήκευση πριν πατήσουμε στο κουμπί Έναρξη Συλλογής.

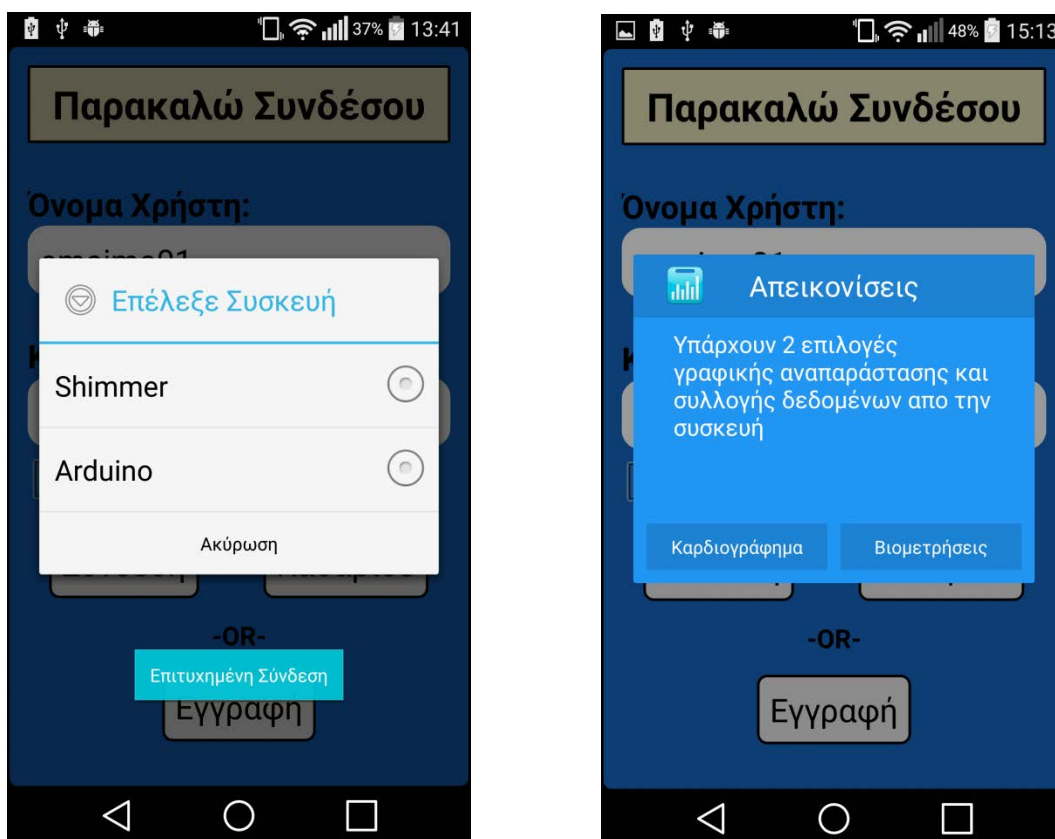
6.2.6 Παρουσίαση Ηλεκτροκαρδιογραφήματος Shimmer



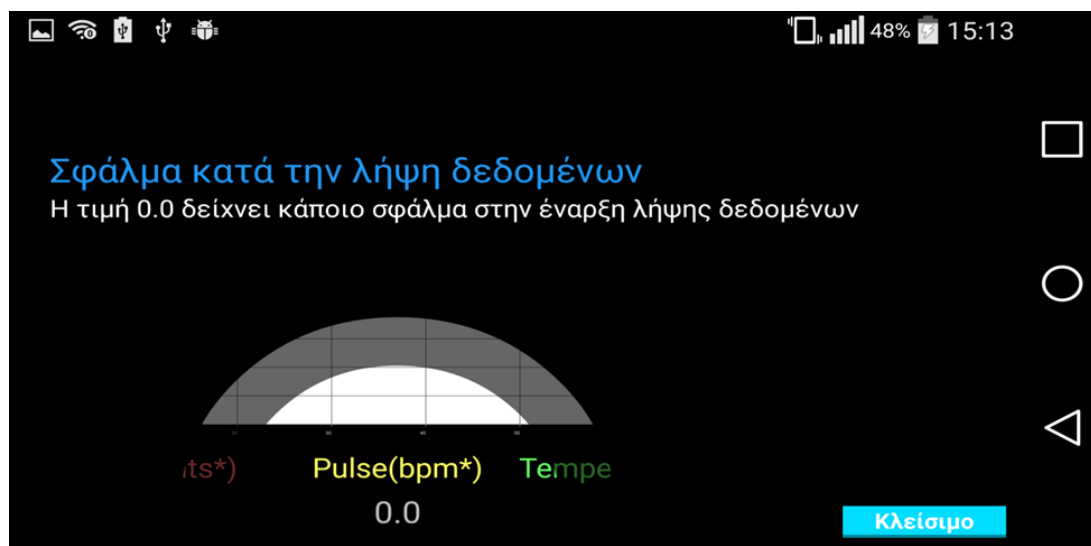
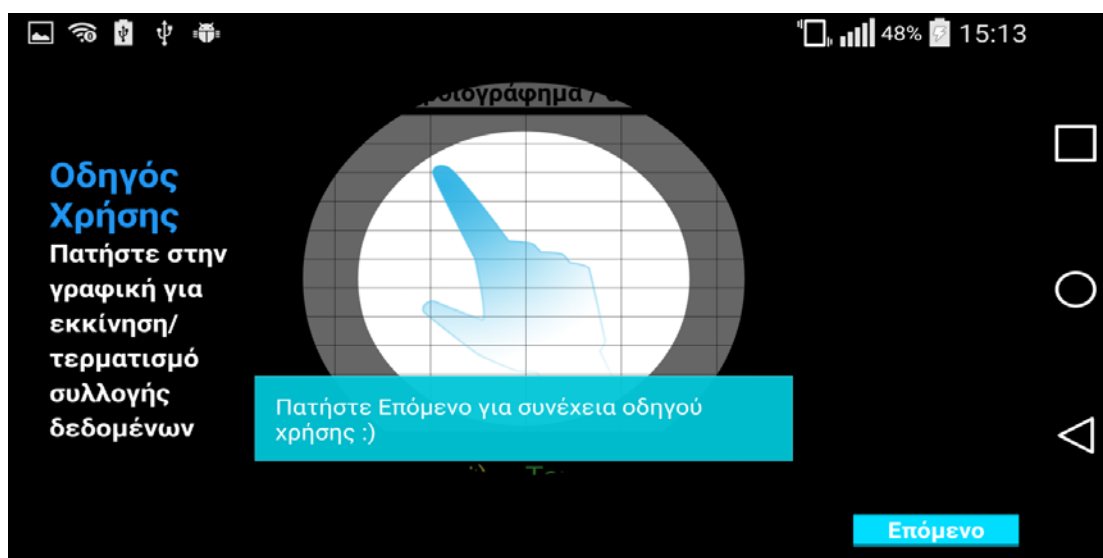
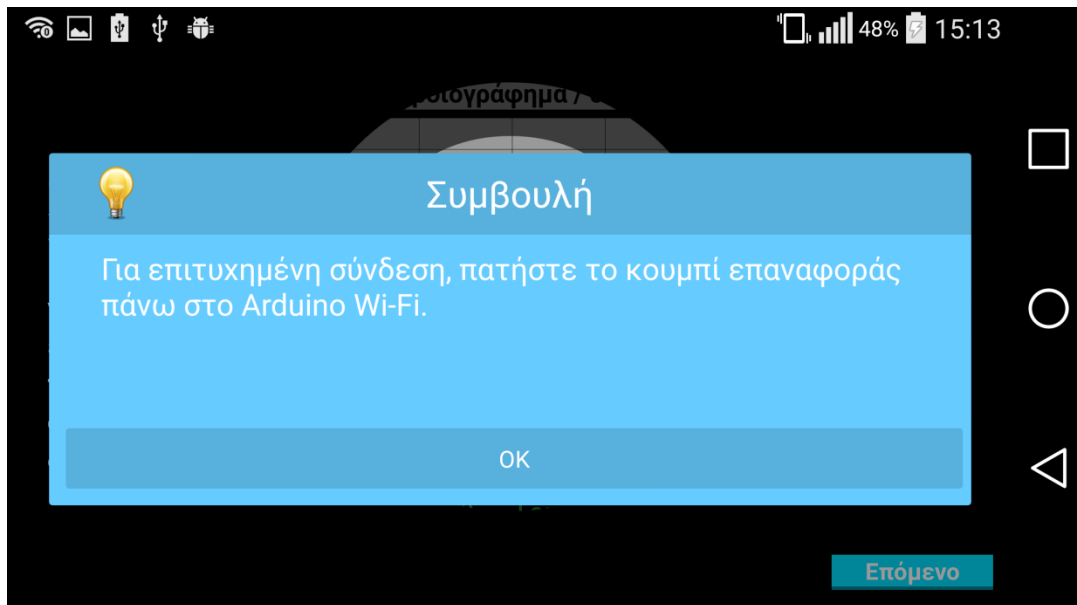
Με την ενεργοποίηση του κουμπιού Εμφάνιση Καρδιογραφήματος, τότε εμφανίζεται η γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος της συσκευής Shimmer2R, με ταυτόχρονη ενημέρωση των τιμών των 2 απαγωγών, που εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης. Πάνω στο τίτλο της οθόνης εμφανίζεται εάν πραγματοποιείται αποθήκευση της καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος και σε ποια διεύθυνση είναι ενωμένο το κινητό τηλέφωνο. Σε αυτή τη φάση εμφάνισης της γραφικής, αποστέλλονται παράλληλα και τα δεδομένα μαζί με την ταυτότητα του ασθενή στη βάση δεδομένων για μόνιμη αποθήκευση.

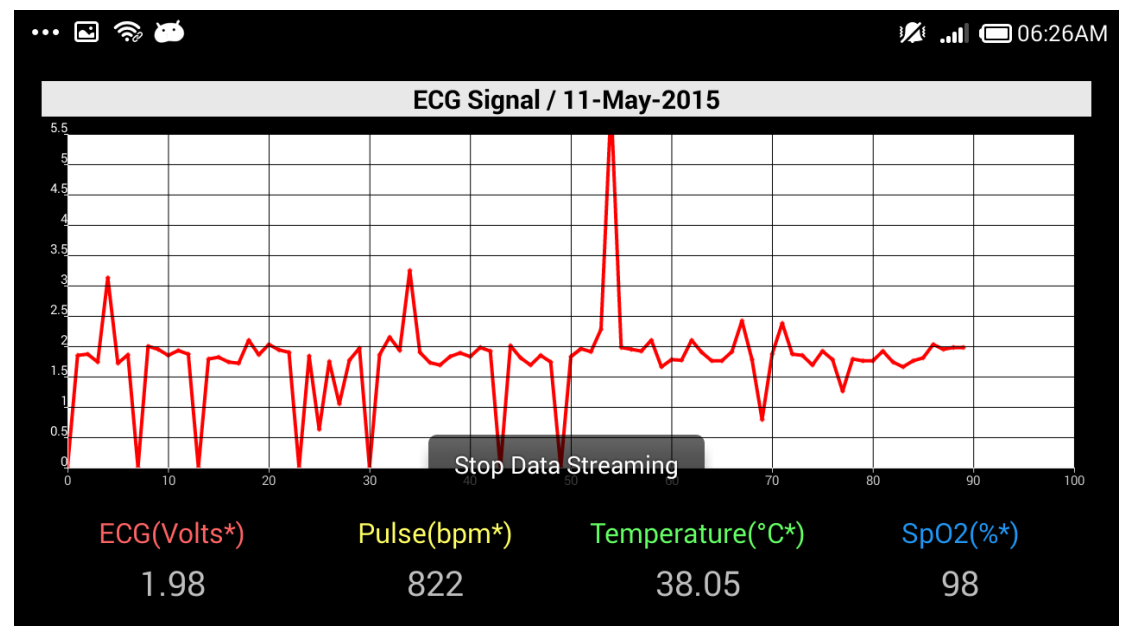
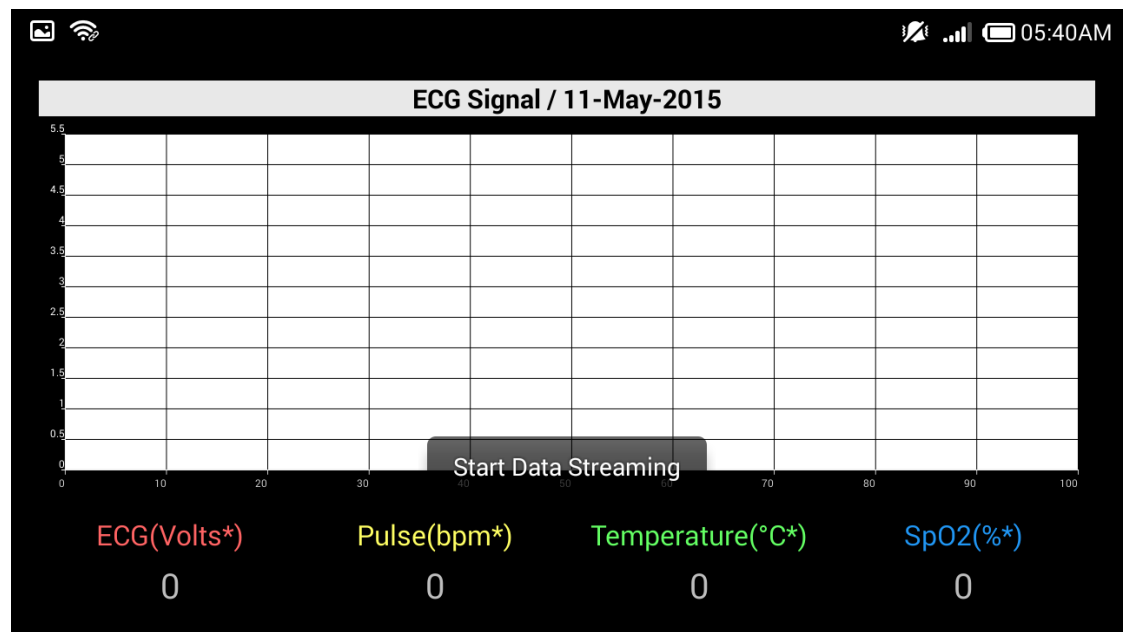
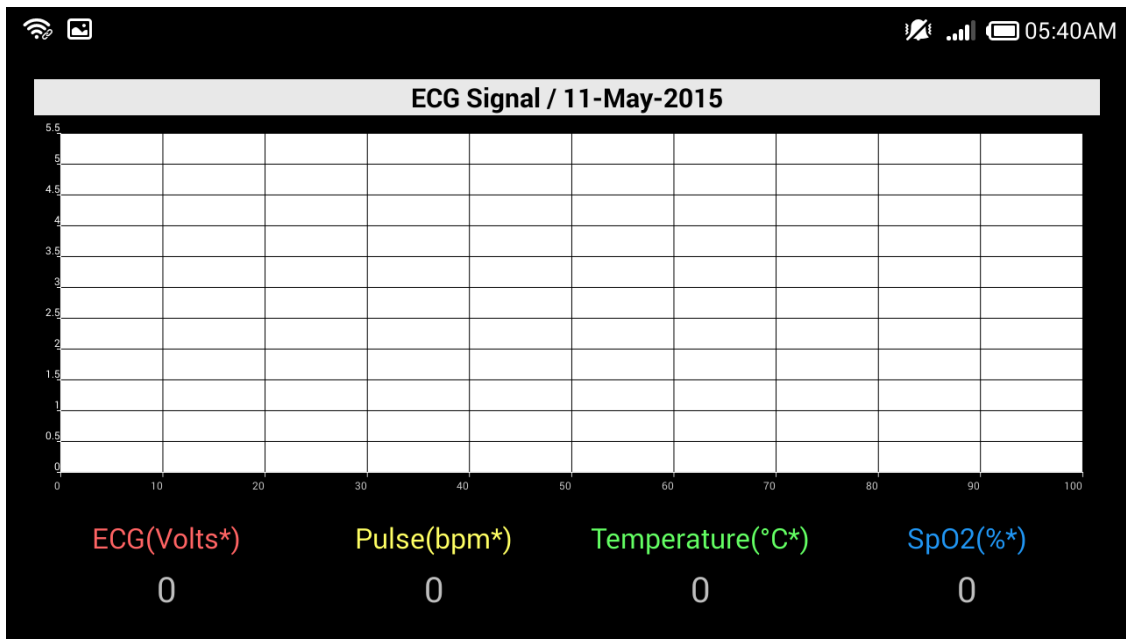
Όταν πατήσουμε το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής, τότε εμφανίζεται στην οθόνη μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη αν επιθυμεί να απενεργοποιήσει την σύνδεση Bluetooth, για εξοικονόμηση ενέργειας του κινητού. Ταυτόχρονα, σταματά και η αποστολή δεδομένων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος στη βάση δεδομένων.

6.2.7 Ηλεκτροκαρδιογράφημα και βιομετρήσεις από πλατφόρμα Arduino



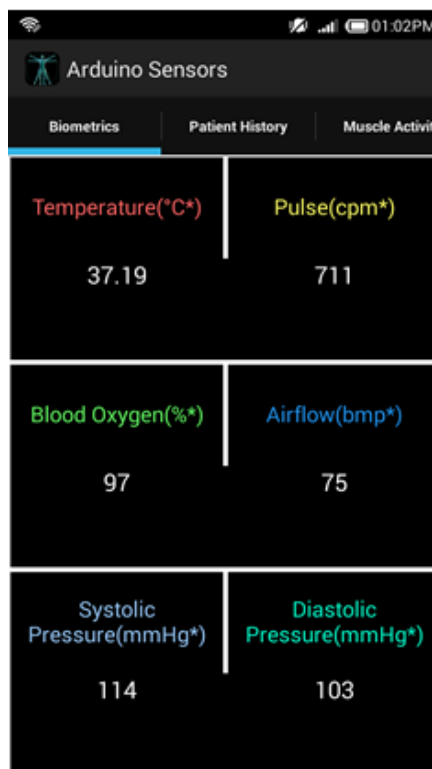
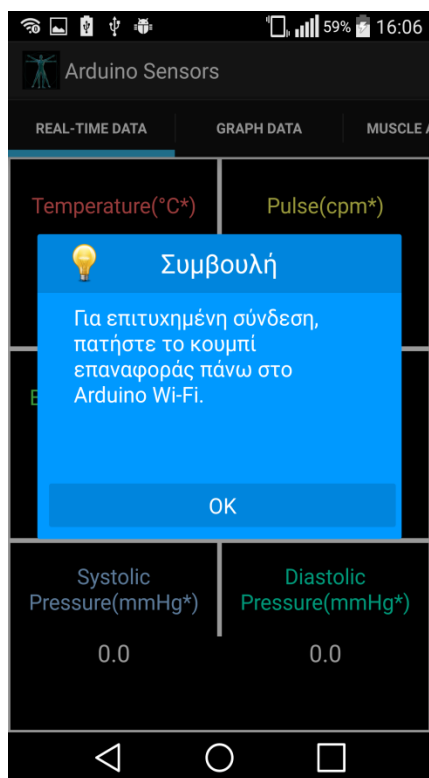
Μετά από μια άλλη επιτυχημένη σύνδεση, εμφανίζεται και πάλι ο πίνακας με τις επιλογές για Shimmer ή Arduino. Με την επιλογή για τη Arduino (που είναι συνδεδεμένο με τη πλακέτα e-Health της Libelium), εμφανίζεται γραφικό παράθυρο για επιλογή απεικόνισης δεδομένων.





Ο χρήστης μπορεί να εκκινήσει την αποστολή δεδομένων από το Arduino στην κινητή συσκευή και την παράλληλη γραφική παρουσίασή τους με το πάτημα του στη γραφική, ενώ αναλόγως με ακόμη ένα πάτημα σημειώνεται τερματισμός της αποστολής αυτής.

6.2.8 Παρουσίαση βιομετρήσεων από πλατφόρμα Arduino



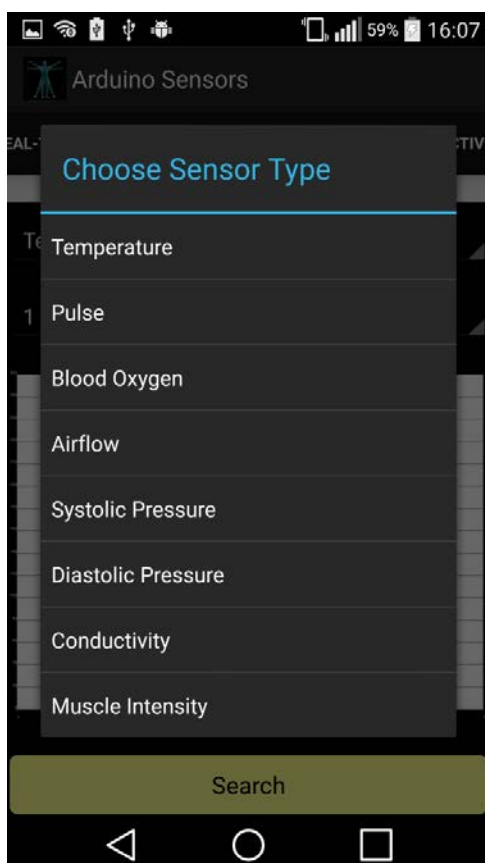
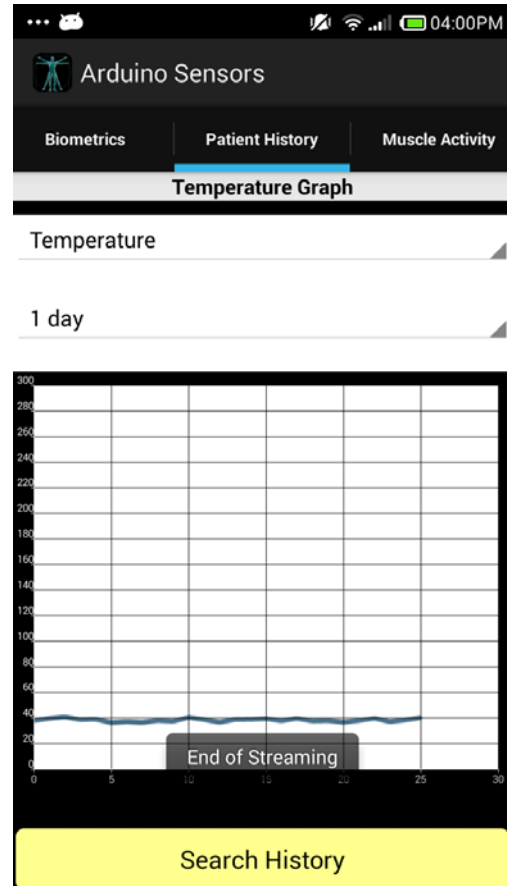
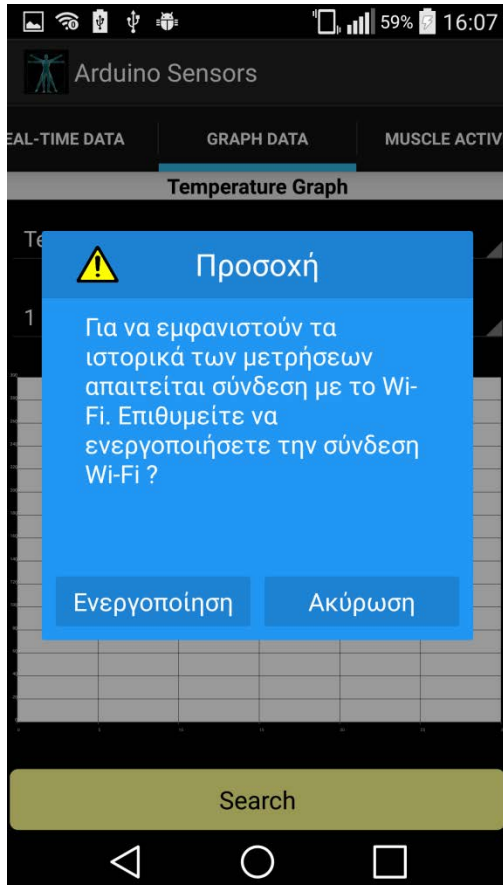
Με την έναρξη της δραστηριότητας για καταγραφή βιομετρήσεων, τότε εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα που ειδοποιεί τον χρήστη πως ξεκίνησε η σύνδεση με Wi-Fi hotspot. Αυτή η σύνδεση είναι απαραίτητη για την αποστολή των δεδομένων από το Arduino στην κινητή συσκευή. Έπειτα, θα εμφανίζονται 6 διαφορετικές καρτέλες για την εξυπηρέτηση διαφορετικών λειτουργιών. Τα δεδομένα θα διαβάζονται από την πλατφόρμα Arduino και θα ενημερώνονται ταυτόχρονα και οι 6 καρτέλες.

➤ **Καρτέλα Real-Time Data:**

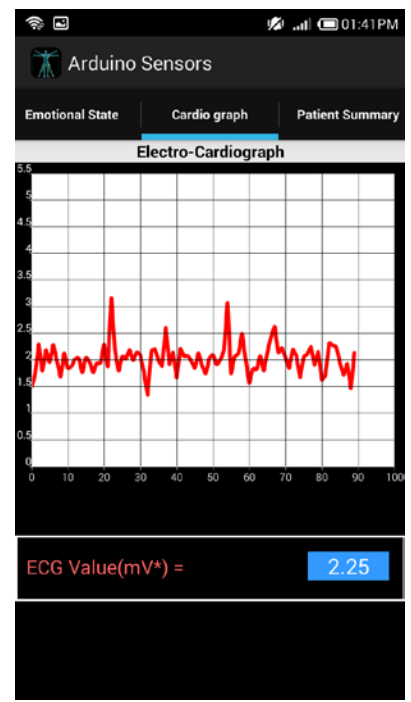
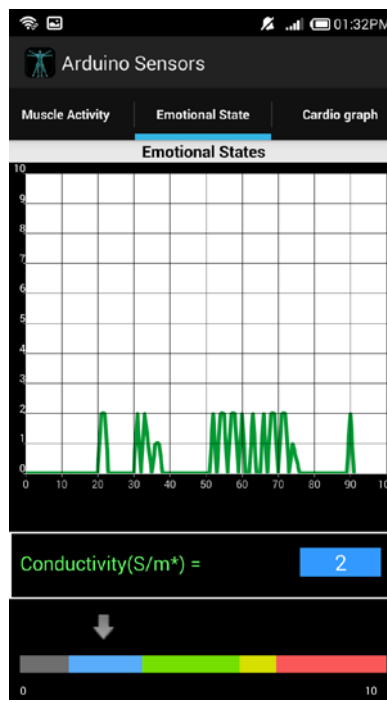
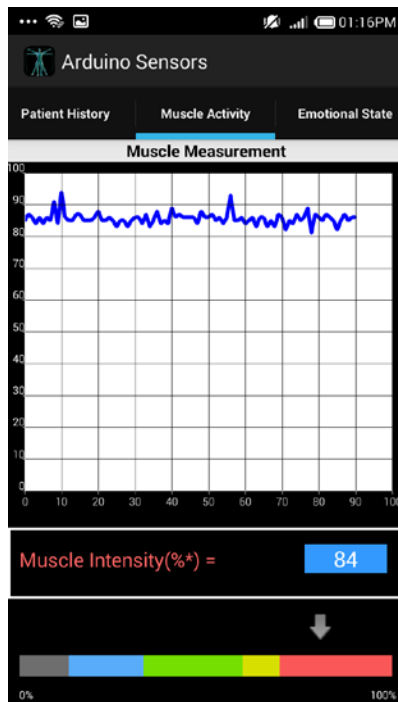
Εδώ εμφανίζονται και ενημερώνονται οι τιμές που έχουν να κάνουν με θερμοκρασία σώματος, καρδιακών παλμών, οξυγόνωσης αίματος, παροχής αέρα, συστολικής και διαστολικής πίεσης.

➤ **Καρτέλα Graph Data:**

Εδώ εμφανίζονται τα ιστορικά των μετρήσεων, όπως αυτά διαβάζονται από την βάση δεδομένων. Λόγω του ότι χρειάζεται σύνδεση Wi-Fi για την ανάκτηση πληροφοριών, τότε με κατάλληλο μήνυμα θα ενημερώνεται ο χρήστης να ενεργοποιήσει την σύνδεση Wi-Fi, απενεργοποιώντας ταυτόχρονα τα Wi-Fi Hotspot.



Έπειτα επιλέγει ποιο τύπο δεδομένων αισθητήρα επιθυμεί να παρακολουθήσει και πατώντας το κουμπί Search μπορεί να δει την αναπαράσταση των συγκεκριμένων δεδομένων. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν δεδομένα για την συγκεκριμένη χρονική στιγμή, τότε εμφανίζεται κατάλληλο μήνυμα ειδοποίησης στο χρήστη.



➤ **Καρτέλα Muscle Activity:**

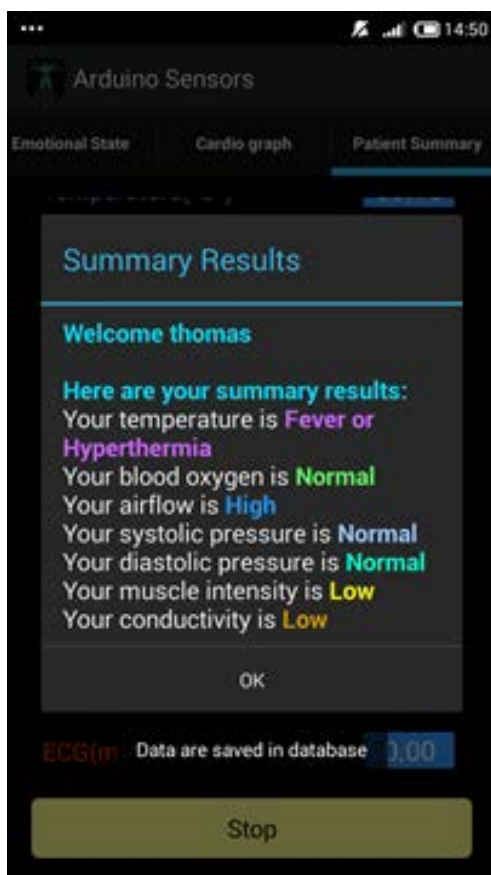
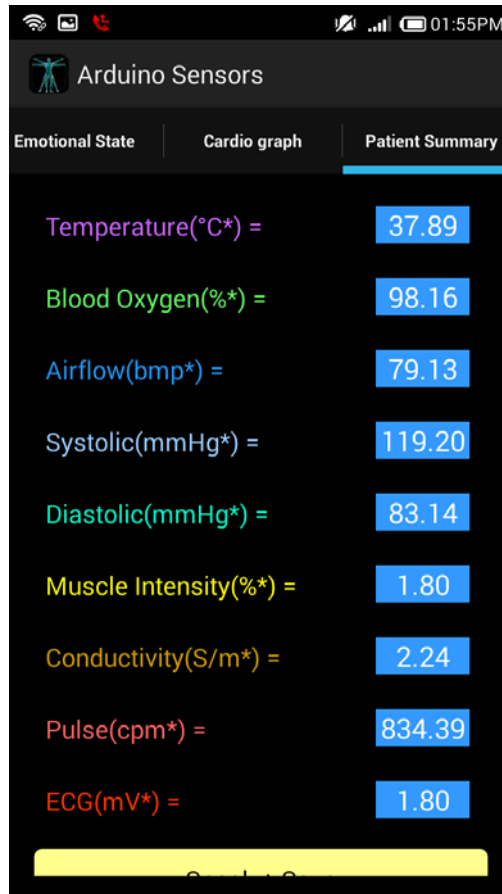
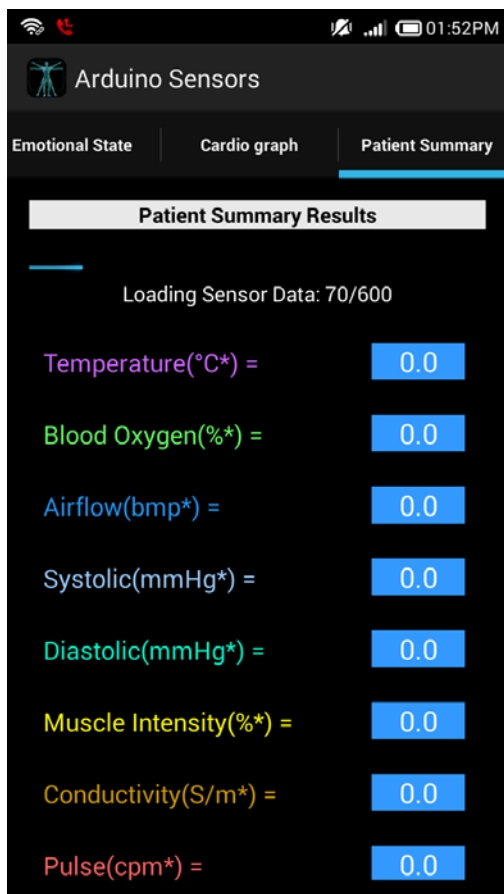
Εδώ θα παρουσιάζονται οι τιμές του ηλεκτρομυογραφήματος σε μια γραφική παράσταση, μαζί με μια ειδικά ζωγραφισμένη γραμμή ζωνών, που αναφέρεται σε πιο σημείο βρίσκεται η κατάσταση του μυός και θα υπάρχει συνεχής ενημέρωση με τις τρέχων τιμές.

➤ **Καρτέλα Emotional State:**

Εδώ θα παρουσιάζονται οι τιμές της διαγωγιμότητας του δέρματος σε μια γραφική παράσταση, μαζί με μια ειδικά ζωγραφισμένη γραμμή ζωνών, που αναφέρεται σε πιο σημείο βρίσκεται η κατάσταση της διαγωγιμότητας, η οποία θα ενημερώνεται συνεχώς με τις τρέχων τιμές.

➤ **Καρτέλα Electro-Cardiograph:**

Εδώ θα παρουσιάζονται οι τιμές του ηλεκτροκαρδιογραφήματος σε μια γραφική παράσταση, μαζί με την τιμή που θα λαμβάνεται από την πλατφόρμα Arduino την δεδομένη στιγμή και θα ενημερώνεται συνεχώς με τις τρέχων τιμές.



➤ Καρτέλα Patient Summary Results:

Εδώ εμφανίζονται οι μέσοι όροι των τιμών των αισθητήρων που καταγράφονται. Μετά από ένα 1 λεπτό καταγραφής δεδομένων, θα γίνει ενημέρωση των τιμών για να είναι σε θέση το σύστημα να πραγματοποιήσει την εκτέλεση των αποτελεσμάτων της περίληψης, φωνητικά και γραπτά. Παράλληλα, ζητά και πάλι από το χρήστη η εφαρμογή να ενεργοποιήσει τα Wi-Fi της κινητής συσκευής για την αποστολή των βιοϊατρικών δεδομένων στη βάση δεδομένων.

6.3 Αξιολόγηση Συστήματος

Η εφαρμογή αξιολογήθηκε από το πανεπιστημιακό προσωπικό του Δρ. Παττίχη, καθώς και από συμφοιτητές μου. Η γενική απήχηση που είχε ήταν πάρα πολύ θετική, ειδικά με την χρήση γραφικών μέσων για προβολή μηνυμάτων και παραθύρων. Γενικά, η εφαρμογή πέτυχε τον στόχο της, δηλαδή να είναι εύχρηστη, σχετικά γρήγορη και να ενισχύει την υποκειμενική ικανοποίηση του χρήστη.

Τα δεδομένα που καταγράφονται τόσο στην κινητή συσκευή όσο και στην βάση δεδομένων, παρουσιάζονται με αρκετή ακρίβεια. Ολόκληρο το σύστημα λειτουργεί χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα και υπάρχει μια ομοιομορφία στις μεταβάσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων. Θετικά σχόλια λάβαμε επίσης για τη δυνατότητα επικοινωνίας με τον επιβλέπων ιατρό, πράγμα που θα μπορούσε να παρέχει βοήθεια σε άτομα που κατοικούν σε περιοχές που είναι αρκετά χιλιόμετρα μακριά από κάποιο σταθμό πρώτων βοηθειών.

Κατά τη διάρκεια του πειράματος δεν αντιμετωπίστηκε κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα, παρά μόνο κάποιες απορίες σχετικά με τη συνδεσμολογία των αισθητήρων με τα ακροφύσια και την σωστή τους τοποθεσία πάνω στο στήθος.

Όπως είναι φυσικό για την επαρκή αξιολόγηση οποιουδήποτε συστήματος απαιτείται χρόνος καθώς επίσης ειδικευμένοι έλεγχοι όσο αφορά την λειτουργικότητα, το χρόνο απόκρισης ενός συστήματος, το επίπεδο ασφάλειας κ.ο.κ. Όταν το σύστημα τεθεί σε πλήρη λειτουργία τότε θα μπορεί να αξιολογηθεί βάση μιας πολύ καλύτερης προσέγγισης σε σχέση με την μέχρι στιγμής προσέγγιση που υπάρχει σε ότι αφορά τον τομέα της αξιολόγησης του συστήματος.

6.4 Αποτελέσματα – Συζήτηση

Το σύστημα που υλοποιήσαμε για τις ανάγκες της παρούσας Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας ανταποκρίνεται σε μεγάλο βαθμό σ' αυτό που μας είχε ζητηθεί να υλοποιήσουμε. Κατά τη διάρκεια της σχεδίασης και υλοποίησης του συστήματος αντιμετωπίσαμε διάφορα προβλήματα τα οποία και θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Επιπρόσθετα, υπάρχουν ορισμένες διαδικασίες οι οποίες είναι υποχρεωτικές για την σωστή λειτουργία του συστήματος ορισμένες από τις οποίες και θα αναφέρουμε πιο κάτω.

Το σύστημα είναι εφικτό να λειτουργήσει σε πραγματικές καταστάσεις χωρίς κάποιο πρόβλημα. Γενικά υπήρξαν αρκετά προβλήματα καθ' όλη τη διάρκεια της σχεδίασης, υλοποίησης και λειτουργίας του συστήματος. Αρκετά αντιμετωπίστηκαν εύκολα, άλλα πιο δύσκολα και άλλα ακόμα παραμένουν άλυτα. Μερικά από αυτά θα αναφέρουμε πιο κάτω:

- Ένα από τα κυριότερα προβλήματα που αντιμετωπίσαμε ήταν το γεγονός ότι δεν μπορούσαμε να δουλέψουμε από την αρχή πάνω στον server που είναι χτισμένος στην πλατφόρμα Fi-Star. Αυτό μας κόστισε πολύτιμο χρόνο αφού για περισσότερο από ένα μήνα προσπαθούσαμε να βρεθεί μια λύση και λόγω χρόνου αποφασίστηκε να δημιουργήσουμε δικό μας τοπικό server στον υπολογιστή με τον Apache Tomcat, οπότε και το πρόβλημα αυτό παρέμεινε άλυτο.
- Ένα άλλο πρόβλημα που αντιμετωπίσαμε ήταν το γεγονός ότι κάθε φορά που αλλάζαμε δίκτυο, έπρεπε να αλλάζουμε και το IP Address στον κώδικα της Android εφαρμογής μας για να επικοινωνεί ορθά με τον server. Φυσικά αυτό είναι προγραμματιστικό πρόβλημα, αλλά λόγω χρόνου έμεινε και αυτό άλυτο.
- Ένα ακόμη πρόβλημα που έμεινε άλυτο λόγω του περιορισμένου χρόνου που είχαμε, είναι το γεγονός ότι για την αποστολή των δεδομένων από το Arduino στην κινητή συσκευή χρειαζόμαστε το Wi-Fi Hotspot και για την σύνδεση μας στον server απλή σύνδεση Wi-Fi. Πρέπει για την ομαλή λειτουργία της εφαρμογής να βρεθεί μια κοινή λύση και για τις δύο περιπτώσεις για να μην μπερδεύουμε τον χρήστη.
- Το Web Application που δημιουργήθηκε κατά το τελευταίο διάστημα της ΑΔΕ, δεν είναι πλήρως λειτουργικό, αφού πολλές από τις λειτουργίες του δεν υλοποιήθηκαν λόγω και πάλι της έλλειψης χρόνου. Αντιθέτως, παρουσιάζει μόνο τα βασικά για να φαίνεται στον χρήστη ότι όλα λειτουργούν κανονικά, π.χ. δεν λειτουργεί η διαδικασία αποστολής E-mail από τον ιατρό στον ασθενή.
- Μια αρκετά βασική διαδικασία η οποία πρέπει να γίνεται για να μπορεί να λειτουργήσει το σύστημα είναι η εκπαίδευση του ιατρικού προσωπικού και των ασθενών που θα χρησιμοποιούν το σύστημα.
- Πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα να γίνονται έλεγχοι για την ασφάλεια του συστήματος διότι το σύστημα αποθηκεύει προσωπικά δεδομένα τόσο για τους ασθενείς όσο και για το ιατρικό προσωπικό.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα - Μελλοντική Εργασία

7.1 Συμπεράσματα	119
7.2 Μελλοντική Εργασία	120

7.1 Συμπεράσματα

Καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας αποκομίσαμε γνώσεις για την λειτουργία της καρδιάς, για τις διάφορες καρδιακές παθήσεις, για το ηλεκτροκαρδιογράφημα, για τους ασθενείς που πάσχουν από χρόνιες ή προσωρινές καρδιακές παθήσεις, για την τηλεϊατρική, για την τηλε-καρδιολογία και για την χρησιμότητα της στο χώρο της ιατρικής αλλά μάθαμε και διάφορες εφαρμογές που μπορεί να έχει η τηλε-καρδιολογία βοηθώντας ασθενείς που επηρεάζουν πολλά άτομα ακόμη και στον δικό μας προσωπικό και οικογενειακό κύκλο.

Επίσης μάθαμε πώς η τεχνολογία μπορεί μέσω της εξ αποστάσεως παρακολούθησης ασθενών να σώσει ζωές, να δώσει στους ασθενείς μια καλύτερη ευκαιρία ζωής και γενικότερα ένα ανώτερο επίπεδο ζωής. Επιπρόσθετα, η Τηλε-καρδιολογία συνδράμει στο να ξεπεραστούν τα εμπόδια της απόστασης και του χρόνου μεταξύ ανθρώπων, ανθρώπων που χρειάζονται πόρους παροχής φροντίδας υγείας και ανθρώπων που μπορούν να προσφέρουν αυτούς τους πόρους και υπηρεσίες. Γενικότερα, τα εργαλεία της τηλε-υγείας πρέπει να είναι αναπόφευκτα, όπως είναι το τηλέφωνο και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής στην κλινική πρακτική. Σε προσωπικό επίπεδο, η υπευθυνότητα και η ορθή τήρηση των προθεσμιών, των οποίων είχα κατά τη διάρκεια της Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας, είναι εφόδια και χαρίσματα τα οποία απέκτησα και θα με ακολουθούν σε όλη τη διάρκεια της ζωής μου, είτε ακολουθήσω μεταπτυχιακές σπουδές, είτε κατασταλάξω με μια δουλειά.

Τελειώνοντας, το σύστημα που υλοποιήσαμε είναι εφικτό να λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα, εφόσον εγκατασταθεί το κατάλληλο λογισμικό και δοθεί όλο το υλικό που χρησιμοποιήσαμε και εμείς. Είναι απόλυτα ικανό και μετά από ορισμένες αλλαγές έτοιμο να χρησιμοποιηθεί στα τμήματα καρδιολογίας σε δημόσια νοσοκομεία ή και ιδιωτικές κλινικές με ασφάλεια χωρίς καμιά παρεμβολή.

7.2 Μελλοντική Εργασία

Το σύστημα που υλοποιήθηκε για την εκπόνηση της παρούσας Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας ικανοποιεί σε μεγάλο βαθμό αυτό που μας ζητήθηκε να υλοποιήσουμε. Το σύστημα όμως χρήζει βελτίωσης και παράλληλα επέκτασης, αφού όπως έχουμε προαναφέρει και στο προηγούμενο κεφάλαιο η έλλειψη χρόνου μας επηρέασε αρνητικά στην ολοκληρωτική υλοποίηση του συστήματος.

Σαν μελλοντική εργασία γύρω από το συγκεκριμένο σύστημα έχουμε διάφορες ιδέες που θα μπορούσαμε να προτείνουμε, τις οποίες καταγράφουμε παρακάτω:

- Εκτός από την Android εφαρμογή που δημιουργήθηκε, μπορεί να αναπτυχθεί αντίστοιχη εφαρμογή για λειτουργικά συστήματα iOS.
- Μπορεί να δημιουργηθεί μια εφαρμογή για τον διαχειριστή της βάσης δεδομένων, η οποία θα του επιτρέπει τον καθαρισμό παλαιότερων στοιχείων της βάσης δεδομένων με κριτήριο ένα κατώφλι, π.χ. παλαιότερα από 6 μήνες, για να μην έχει μεγάλο και ανεξέλεγκτο μέγεθος η βάση.
- Δημιουργία κουμπιού στην εφαρμογή για smart phones που θα ενημερώνει τον ιατρό ανά πάσα χρονική στιγμή αν ο ασθενής αισθάνεται κάποια δυσφορία ή ένα είδος πόνου.
- Καλό θα ήταν αν ο ιατρός ενεργοποιούσε ο ίδιος τους αισθητήρες καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και βιομετρικών στοιχείων του ασθενή, για να παρακολουθεί σε real-time τα δεδομένα που αποστέλλονται. Ο ασθενής σε αυτή την περίπτωση θα είχε μόνο την ευθύνη τοποθέτησης των καλωδίων επάνω του.

- Εν συνεχεία της προηγούμενης εισήγησής μας, αν ήταν εφικτό το real-time τότε τροφογή για σκέψη και συζήτηση είναι η ιδέα ύπαρξης chat room, γραπτώς ή ακόμη και με κάμερα, με το οποίο θα μπορεί επιπρόσθετα ο ιατρός να βοηθήσει τον ασθενή εξ απόστασης αν αυτός δυσκολεύεται, για παράδειγμα στην τοποθέτηση των ηλεκτροδίων επάνω του για την καταγραφή του ΗΚΓ.
- Μια σίγουρη μελλοντική εργασία που θα υλοποιηθεί με το πέρας της δικής μου Ατομικής Διπλωματικής Εργασίας, είναι και η ανάλυση των επιμερών κομματιών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή με ένα αλγόριθμο ανάλυσης ΗΚΓ. Το ΗΚΓ θα το λαμβάνει ο ιατρός από τη βάση δεδομένων που το έχει καταγράψει και αποστέλλει ο ασθενής, με σκοπό τον εντοπισμό ανωμαλιών (αρρυθμίες, ταχυκαρδίες, βραδυκαρδίες) στα ηλεκτροκαρδιογραφήματα των ασθενών. Αυτό το κομμάτι θα το αναπτύξει και θα το σχεδιάσει ένας άλλος συμφοιτητής μου για την δική του ΑΔΕ, ο Ιωάννης Κωνσταντίνου.
- Εν κατακλείδι, πρέπει να λυθούν τα προβλήματα που παρουσιάσαμε στο κεφάλαιο 6, δηλαδή το IP Address, το Wi-Fi Hotspot και το Web Application, αλλά και η ύπαρξη ενός server όπως της πλατφόρμας Fi-Star ο οποίος δεν θα είναι εγκατεστημένος τοπικά στον υπολογιστή μας, αλλά θα είναι διαδικτυακά ενεργός.

Βιβλιογραφία

- [1] Παπαϊωάννου Γ. Θ. (2011), «Τηλεματικές Εφαρμογές – Τηλεϊατρική». Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- [2] Electronic Design (2009), «A brief history of Telemedicine».
- [3] Γιώβας Π. (2008), «Τηλεϊατρική».
- [4] Rifat Latifi (2010), «Telemedicine for Trauma, Emergencies and Disaster Management».
- [5] Αγγελίδης Π. (2011), «Ιατρική Πληροφορική», Τόμος Α΄, Σοφία, Θεσσαλονίκη.
- [6] Υπουργείο Υγείας & Πρόνοιας (1994), «Εγχειρίδιο Τηλεϊατρικής», Αθήνα.
- [7] E-Business Forum (2010), «Χαρακτηριστικά της Τηλεϊατρικής».
- [8] Περδικούρη Μ., Γιώβας Π., Παπαδογιάννης Δ. & συνεργάτες (2005), «Τηλεϊατρική στην Πράξη», Εν Πλω, Αθήνα.
- [9] Hicow (2011), «Τηλεϊατρική, θετικές και αρνητικές πτυχές».
- [10] Πίτρης Κ. (2007), «Σεμινάρια Ιατρική Φαντασίας: Τηλεϊατρική», Πανεπιστήμιο Κύπρου, HMY 001 – Υγεία και Τεχνολογία.
- [11] «Willem Einthoven», (2011), [Online],
http://en.wikipedia.org/wiki/Willem_Einthoven.
- [12] HRSA's Health IT Grantee Spotlight (2008), «UC Davis Children's Hospital Uses Telehealth to Provide Critical Care to Children Rural Hospitals».
- [13] Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Και Μηχανικών Υπολογιστών, Τομέας Τεχνολογίας Πληροφορικής (Νοέμβριος, 2003), «Ηλεκτρονικό σύστημα αναγνώρισης ΗΚΓ με χρήση υπολογιστή χειρός», Αθήνα.
- [14] www.InCardiology.gr, «Ηλεκτροκαρδιογράφημα (ΗΚΓ)», (2014), [Online],
<http://www.incardiology.gr/exetaseis/hkg.html>.
- [15] «Καρδιογράφος AsCARD Grey 7», (2015), [Online],
<http://medical.gr/kardiografos-ascard-grey7.html>.
- [16] «Normal ECG», (2013), [Online],
http://meds.queensu.ca/central/assets/modules/ECG/normal_ecg.html.
- [17] Richard E. Klabunde, PhD, (2008), «Electrocardiogram Standard Limb Leads (Bipolar)», [Online], <http://cvphysiology.com/Arrhythmias/A013a.htm>.
- [18] Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στη Βιοϊατρική Τεχνολογία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ιατρικής (Σεπτέμβριος, 2008), «Επεξεργασία Ηλεκτροκαρδιογραφήματος με Χρήση του Αλγορίθμου Matching Pursuit», Αθήνα.

- [19] «Future Internet Social and Technological Alignment Research - FI-STAR», (2014), [Online], <https://www.fi-star.eu/about-fi-star.html>.
- [20] «FIWARE (Core Platform of the Future Internet)», (2015), [Online], <http://www.fiware.org>.
- [21] Α. Τσίπης, Ε. Πέτρου, Α. Καστανιά, Π. Κουρκοβέλη, Μ. Μπούτσικου, Ε. Μπούσουλα, Σ. Μαυρογένη, Σ. Κοσσίδα, (2013), «Τηλεκαρδιολογία και κλινικές εφαρμογές», Τομέας Καρδιολογίας, Καρδιοχειρουργικό Κέντρο «Ωνάσειο», Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών, Ακαδημία Αθηνών, Αθήνα.
- [22] «Shimmer Wireless Sensor Technology», (2015), [Online], <http://www.shimmersensing.com>.
- [23] «Multi Shimmer Sync Evaluation – Android Application», (2015), [Online], https://play.google.com/store/apps/details?id=com.shimmer_research.multishimmersync&hl=en.
- [24] Cooking hacks by Libelium, «e-Health Sensor Platform V2.0 for Arduino and Raspberry Pi [Biometric / Medical Applications]», (2015), [Online], <http://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/ehealth-biometric-sensor-platform-arduino-raspberry-pi-medical>.
- [25] Oracle Corporation, «What Is MySQL?», (2015), [Online], <https://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/en/what-is-mysql.html>.
- [26] Arduino, «What Is Arduino?», (2015), [Online], <http://www.arduino.cc>.
- [27] Raspberry Pi, «What Is a Raspberry Pi?», (2015), [Online], <https://www.raspberrypi.org>.
- [28] Google Android, «Welcome to Android», (2015), [Online], <https://www.android.com>.
- [29] Android Developers, «SDK Tools Release Notes», (2015), [Online], <http://developer.android.com/tools/sdk/tools-notes.html>.
- [30] Apache Tomcat, (2015), [Online], <http://tomcat.apache.org>.
- [31] Monica Pawlan, «Essentials of the Java Programming Language», (1999), [Online], <http://www.oracle.com/technetwork/java/index-138747.html>.
- [32] Eclipse Luna Documentation, «Acceleo Documentation», (2015), [Online], <http://help.eclipse.org/luna/index.jsp?nav=%2F0>.
- [33] W3Schools, «HTML Introduction», (2015), [Online], http://www.w3schools.com/html/html_intro.asp.
- [34] W3Schools, «CSS Introduction», (2015), [Online], http://www.w3schools.com/css/css_intro.asp.
- [35] W3Schools, «JavaScript Introduction», (2015), [Online],

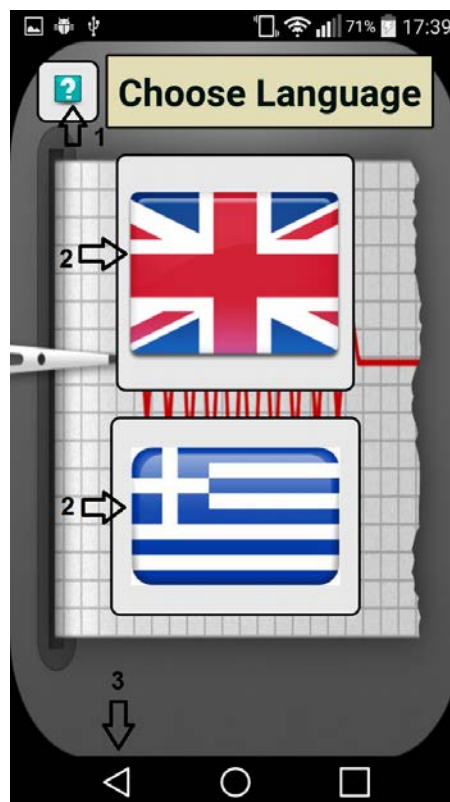
- http://www.w3schools.com/js/js_intro.asp.
- [36] TutorialsPoint, «JSP Overview», (2015), [Online],
http://www.tutorialspoint.com/jsp/jsp_overview.htm.
- [37] Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Ηλεκτρονικής, (2010), «Αρχές Τηλεϊατρικής και Εφαρμογές της στην Σύγχρονη Ιατρική Επιστήμη», Κρήτη.
- [38] Ινστιτούτο Επεξεργασίας του Λόγου/Κέντρο Εφαρμογών των Τεχνολογιών Επικοινωνίας και Πληροφορίας, (Φεβρουάριος 2004), «Λειτουργικές και Τεχνικές Προδιαγραφές της Πλατφόρμας», Αθήνα.
- [39] Stelios Sotiriadis, Euripides G.M. Petrakis, Stefan Covaci, Paolo Zampognaro, Eleni Georga, Christoph Thuemmler, (2014), «An architecture for designing Future Internet (FI) applications in sensitive domains: Expressing the Software to data paradigm by utilizing hybrid cloud technology»
- [40] Fi-Star Catalogue, «Specific Enablers», (2015), [Online],
<http://catalogue.fi-star.eu/enablers>.

Παράρτημα Α

Εγχειρίδιο χρήσης ασθενή και ιατρού

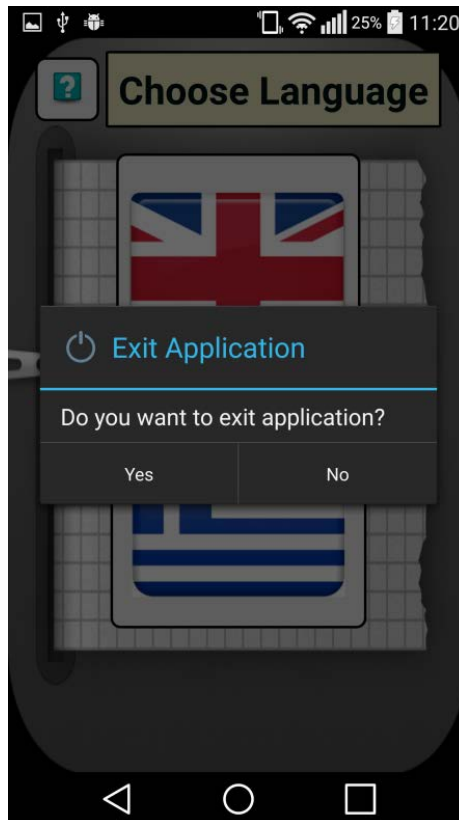
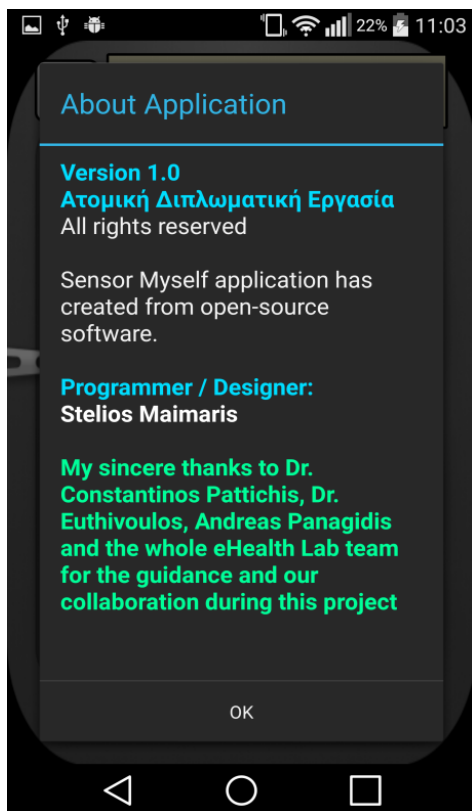
➤ Εγχειρίδιο χρήσης ασθενή

ΕΝΑΡΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΛΩΣΣΑΣ

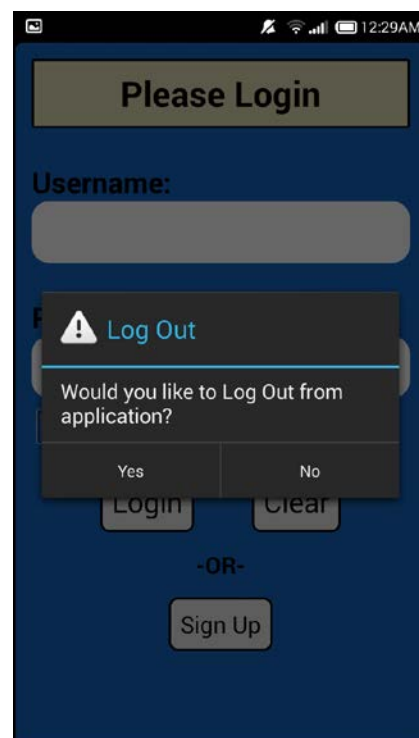
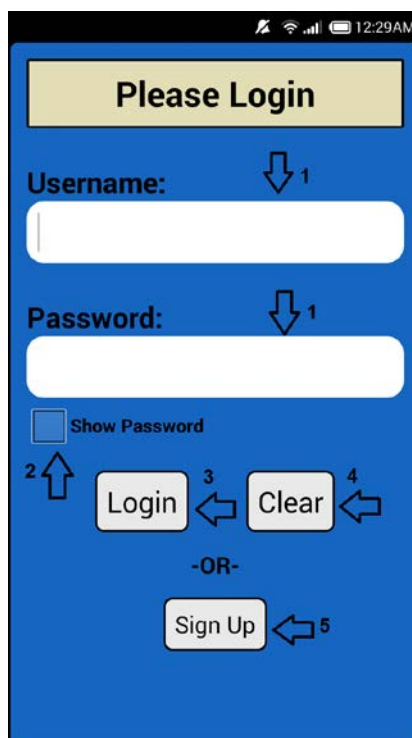
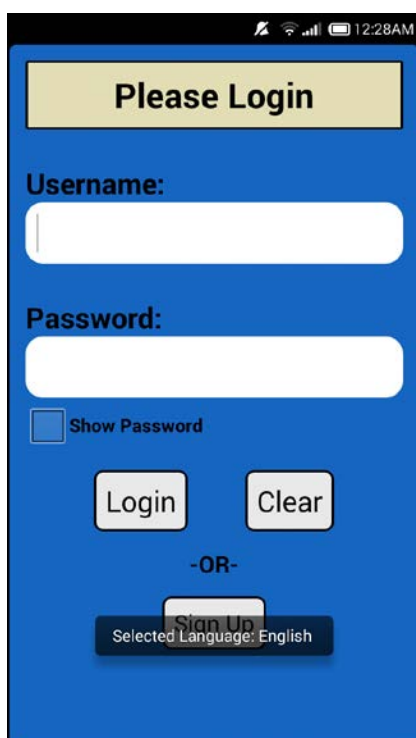


Με την έναρξη της εφαρμογής εμφανίζεται η αρχική εικόνα, η οποία διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα και εμφανίζεται πάνω αριστερά. Μετά παρουσιάζεται η εικόνα που έχουμε πάνω δεξιά, στην οποία έχουμε τις παρακάτω επιλογές:

- 1. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ:** Πατώντας το συγκεκριμένο κουμπί εμφανίζονται οι ευχαριστίες, το όνομα του προγραμματιστή και της εφαρμογής, όπως φαίνεται στην εικόνα κάτω αριστερά.
- 2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΓΛΩΣΣΑΣ:** Πατώντας σε μια από τις σημαίες μπορούμε να επιλέξουμε την ανάλογη γλώσσα, η οποία επιλογή θα μας συνδέσει στο σύστημα.
- 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΞΟΔΟΥ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό εμφανίζεται το κατάλληλο μήνυμα που ενημερώνει τον χρήστη, αν επιθυμεί να εξέλθει από την εφαρμογή, όπως βλέπουμε και στην εικόνα κάτω δεξιά.



ΕΠΙΛΟΓΕΣ ΧΡΗΣΤΗ ΚΑΙ ΕΙΣΟΔΟΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

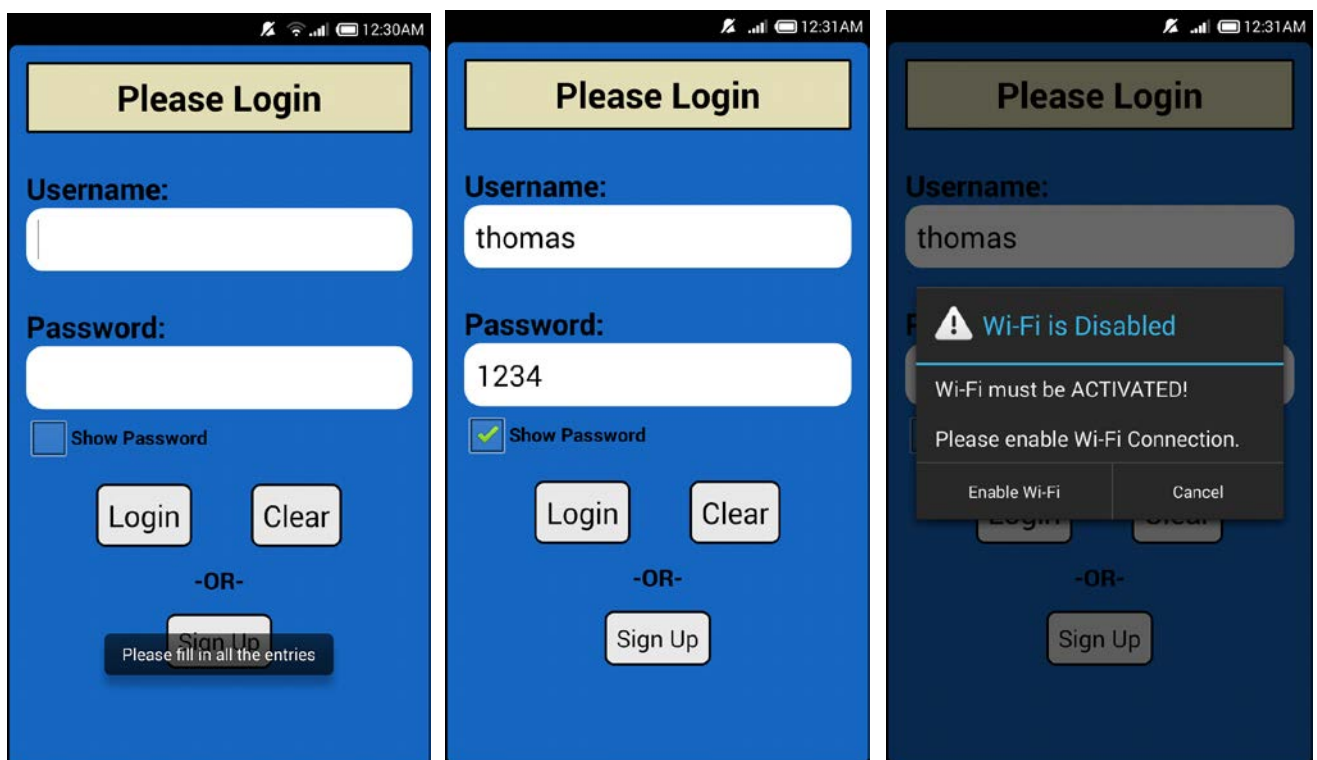


Εφόσον έχουμε επιλέξει μια γλώσσα, στην περίπτωση μας τα αγγλικά, εμφανίζεται η οθόνη που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά, η οποία μας εμφανίζει και ένα μήνυμα που εμφανίζει τη γλώσσα που έχουμε επιλέξει, το οποίο διαρκεί λίγα δευτερόλεπτα. Ακολουθώντας, έχουμε τις επιλογές που φαίνονται στην εικόνα πάνω στο κέντρο:

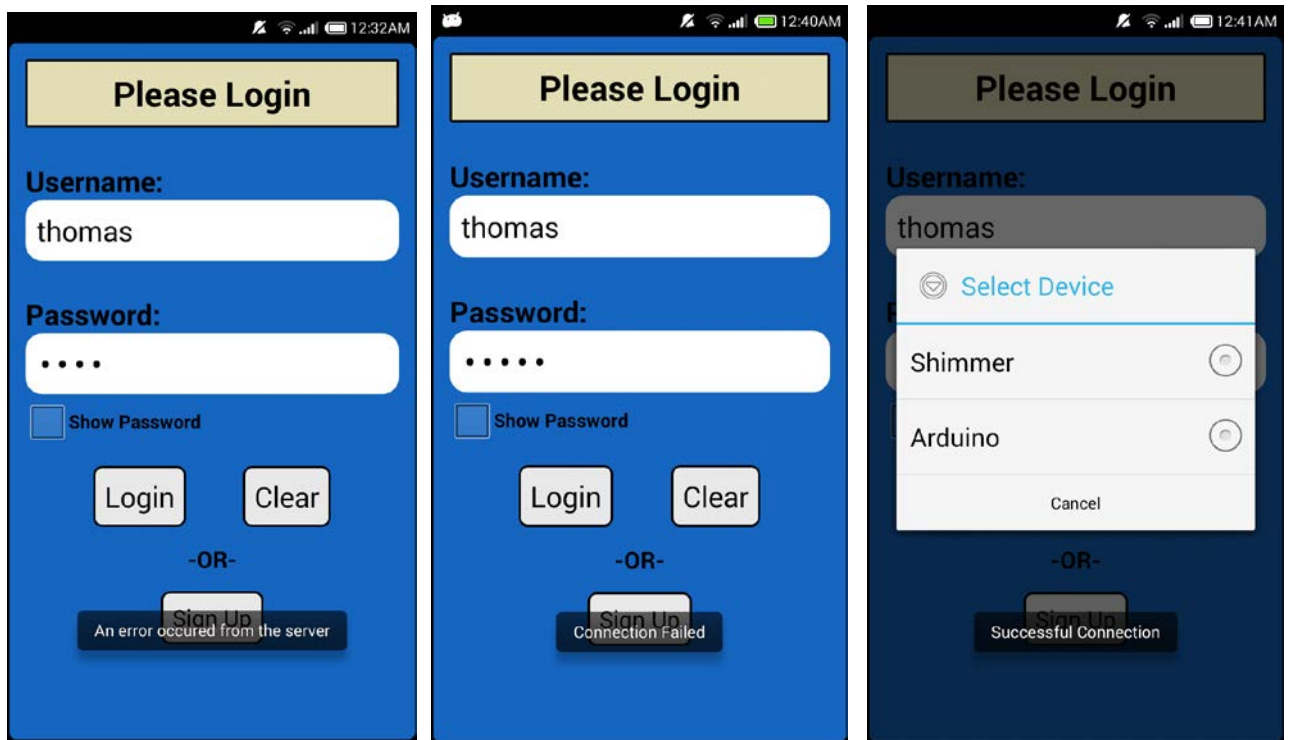
- 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ USERNAME ΚΑΙ PASSWORD:** Στα 2 συγκεκριμένα πεδία εισάγουμε το username και το password που έχουμε επιλέξει, αφού έχουμε πρώτα κάνει εγγραφή με την επιλογή 5, το Sign Up.
- 2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ PASSWORD:** Πατώντας σε αυτό το check box, εμφανίζεται ο κωδικός που έχουμε πληκτρολογήσει από πριν.
- 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό πραγματοποιούμε είσοδο στην εφαρμογή, εφόσον τα πεδία που έχουμε εισάγει στην επιλογή 1 είναι ορθά.
- 4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΕΔΙΩΝ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται εκκαθάριση των στοιχείων που εισαγάγαμε με την επιλογή 1.
- 5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί μπορούμε να δημιουργήσουμε λογαριασμό ως ασθενής για να μπορούμε να χρησιμοποιούμε την εφαρμογή.

Να σημειωθεί ότι πατώντας το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής εμφανίζεται η οθόνη που βλέπουμε πάνω δεξιά, με την οποία μπορούμε να εξέλθουμε από την εφαρμογή.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ



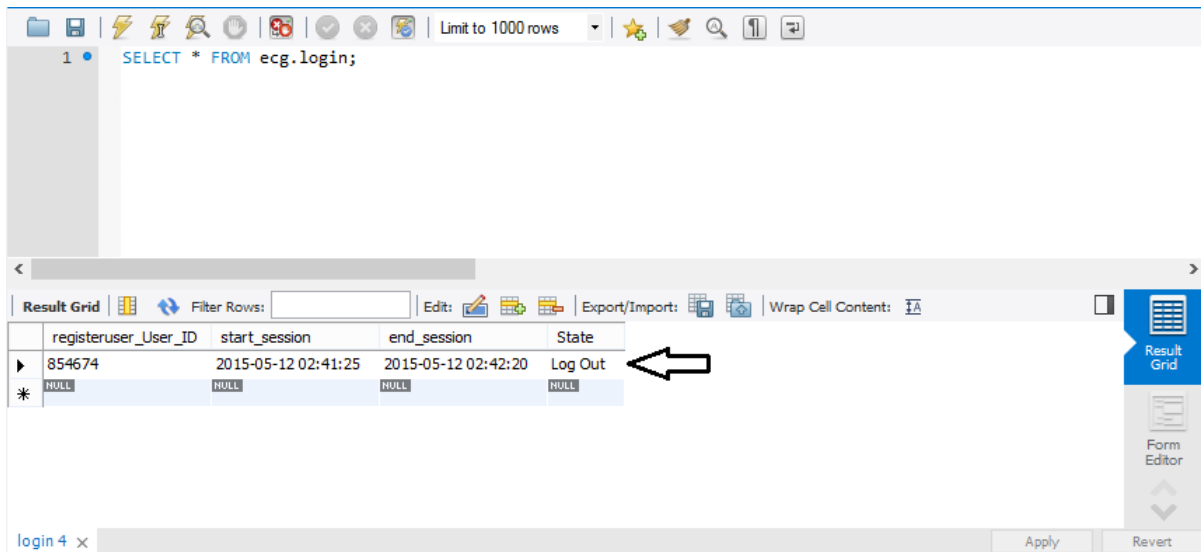
- Αν πατήσουμε στο πλήκτρο Login χωρίς να εισάγουμε και Username και Password, τότε εμφανίζεται μήνυμα για να συμπληρώσουμε όλα τα πεδία προτού επιλέξουμε να συνδεθούμε, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω αριστερά.
- Αφού προσθέσαμε τα στοιχεία μας στα πεδία, έχουμε την επιλογή για εμφάνιση κωδικού όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω στο κέντρο.
- Αν δεν είμαστε ενωμένοι με κάποιο δίκτυο χρησιμοποιώντας τα Wi-Fi της κινητής μας συσκευής, εμφανίζεται το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα πάνω δεξιά, που μας δίνει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουμε τα Wi-Fi. Το μήνυμα αυτό εμφανίζεται όταν συμπληρώσαμε τα στοιχεία μας και πατήσαμε στο κουμπί Login.



- Για την επικοινωνία της κινητής μας συσκευής με τη βάση δεδομένων που χρησιμοποιήσαμε, τη MySQL, απαιτείται η εγκατάσταση ενός server που θα επικοινωνεί με τη βάση δεδομένων. Εμείς χρησιμοποιήσαμε τον Apache Tomcat 7, τον οποίο ενσωματώσαμε και στο Eclipse IDE. Αν κατά την προσπάθεια μας να ενωθούμε με τη βάση δεδομένων για την επαλήθευση των στοιχείων που εισαγάγαμε, δεν έχουμε ξεκινήσει τον server, τότε εμφανίζεται το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά.
- Αν κατά την διαδικασία εξακρίβωσης της ορθότητας των στοιχείων μας εισαγάγαμε λάθος στοιχεία στο username και password, τότε εμφανίζεται το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα πάνω στο κέντρο, που μας ενημερώνει για αποτυχημένη σύνδεση.
- Αν καταφέραμε να εισάγουμε σωστά τα στοιχεία μας όπως τα εισαγάγαμε στην βάση δεδομένων, εμφανίζεται η οθόνη που φαίνεται στην εικόνα πάνω δεξιά, η οποία μας ενημερώνει ότι καταφέραμε επιτυχημένη σύνδεση με τη βάση δεδομένων και μας δίνει την επιλογή να διαλέξουμε μια από τις 2 επιλογές καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος, Shimmer ή Arduino. Αυτόματα καταγράφεται και στη βάση δεδομένων η ταυτότητα του ατόμου που έκανε Login, με την ημερομηνία και την ώρα να αποθηκεύονται μαζί και την κατάσταση να εμφανίζεται ως Sign In όπως φαίνεται πιο κάτω:

registeruser_User_ID	start_session	end_session	State
854674	2015-05-12 02:41:25	2015-05-12 02:41:25	Sign In
NULL	NULL	NULL	NULL

- Πατώντας το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής εμφανίζεται η οθόνη που είδαμε πιο πάνω, με την οποία μπορούμε να κάνουμε Log Out από την εφαρμογή. Αν επιλέξουμε να αποσυνδεθούμε από την εφαρμογή, τότε αυτόματα αλλάζει η κατάσταση στη βάση δεδομένων και από Sign In γίνεται Log Out, αλλά και το end_session παίρνει την αναβαθμισμένη ώρα αποσύνδεσης σύμφωνα με την οποία κάναμε Log Out, όπως βλέπουμε στην εικόνα πιο κάτω:



registeruser_User_ID	start_session	end_session	State
854674	2015-05-12 02:41:25	2015-05-12 02:42:20	Log Out
*	NULL	NULL	NULL



- Παρατηρούμε ότι όταν πραγματοποιηθεί η αποσύνδεση, εμφανίζεται η εικόνα που βλέπουμε αριστερά, η οποία περιέχει και πάλι την οθόνη επιλογή γλώσσας. Για μερικά δευτερόλεπτα, παρουσιάζεται στο κάτω μέρος της οθόνης το μήνυμα Successful Log Out, για να ενημερώσει τον χρήστη ότι η ενέργεια του για αποσύνδεση από την εφαρμογή ήταν επιτυχής.

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΥ ΑΣΘΕΝΗ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ: Στα συγκεκριμένα πεδία εισάγουμε τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή, επιλέγοντας στο τέλος ένα μοναδικό username με ένα password που θα χρησιμοποιεί ο ασθενής κάθε φορά που κάνει Login στην εφαρμογή.

2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ PASSWORD: Πατώντας σε αυτό το check box, εμφανίζεται ο κωδικός που έχουμε πληκτρολογήσει από πριν.

3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ: Πατώντας στο κουμπί αυτό πραγματοποιούμε καταγραφή των στοιχείων στη βάση δεδομένων.

4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΥ ΠΕΔΙΩΝ: Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται εκκαθάριση των στοιχείων που εισαγάγαμε με την επιλογή 1.

Να σημειωθεί ότι αν δεν εισαχθούν στοιχεία σε κάποιο πεδίο, εμφανίζεται το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα αριστερά, που μας προτρέπει να συμπληρώσουμε όλα τα πεδία.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Sign Up

ID:
854674

Name:
Thomas

Surname:
Jonathan

Gender:
Male

Date of Birth:

Date of Birth:
1985-07-04

Street:
Nelson

Number of Street:
15

City:
New York

Country:
United States

Postal Code:
2526

Telephone Number:
99123456

Email:
thomas@hotmail.com

Username:
thomas

Password:
1234

☒ Show Password

Αφού έχουμε εισάγει τα στοιχεία του ασθενή όπως φαίνεται και πιο πάνω, πατούμε στο κουμπί register και στέλνονται τα στοιχεία στη βάση δεδομένων. Όπως βλέπουμε πιο κάτω, τα στοιχεία εισάχθηκαν κανονικά στη βάση δεδομένων, και την επόμενη φορά που ο χρήστης θελήσει να χρησιμοποιήσει την εφαρμογή, θα μπορεί να το πράξει εισάγοντας το username και password που έχει επιλέξει.

1

SELECT * FROM ecg.registeruser;

Result Grid

Filter Rows:

Edit

Export/Import:

Wrap Cell Content:

User_ID	Name	Surname	Gender	Date_of_Birth	Street	Number_of_Street	City	Country	Postal_Code	Telephone_Number
785463	Jennifer	Robinson	Female	1981-06-25	Tiffany's	23	California	USA	3537	99654321
854674	Thomas	Jonathan	Male	1985-07-04	Nelson	15	New York	USA	2526	99123456
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

registeruser 1

Apply

1 • `SELECT * FROM ecg.registeruser;`

Result Grid

Date_of_Birth	Street	Number_of_Street	City	Country	Postal_Code	Telephone_Number	Email	Username	UserPassword
981-06-25	Tiffany's	23	California	USA	3537	99654321	jennifer@gmail.com	jennifer	1234
985-07-04	Nelson	15	New York	USA	2526	99123456	thomas@hotmail.com	thomas	1234
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

registeruser 1 x Apply Revert

Τέλος, να αναφέρουμε ότι κατά τη διαδικασία δημιουργίας λογαριασμού, αυτοματοποιήσαμε 3 πεδία για την ευκολότερη εισαγωγή στοιχείων από τον χρήστη. Αυτά τα πεδία είναι το gender, το date of birth και το country, όπως φαίνονται και στις οθόνες πιο κάτω:

Name:

Surname:

Select Gender

Male

Female

Surname:

Gender:

Mon, May 11, 2015

Apr 10 2014

May 11 2015

Jun 12 2016

Done

City:

Select Country

Afghanistan

Algeria

Argentina

Australia

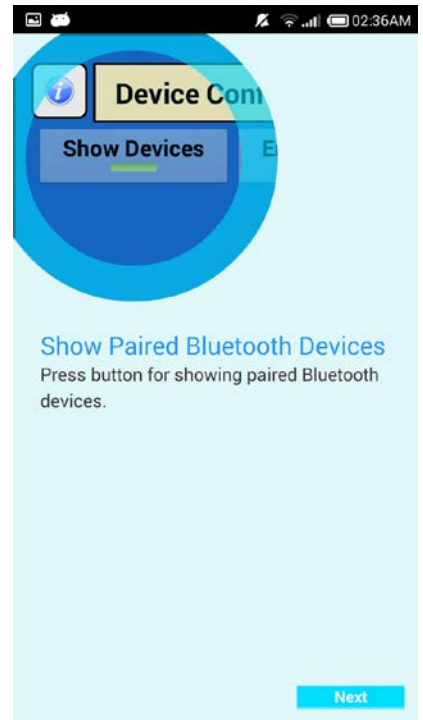
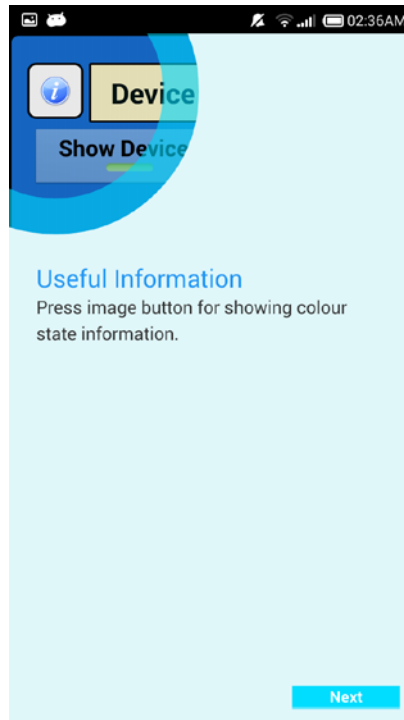
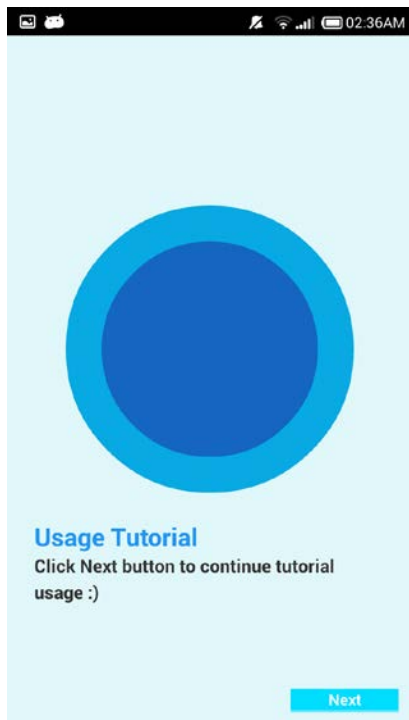
Austria

Bahrain

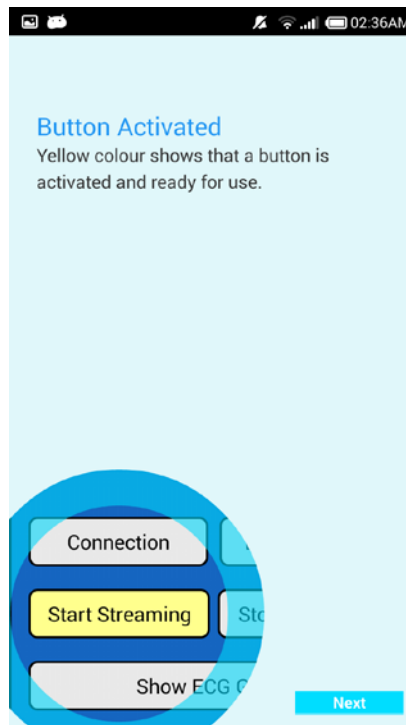
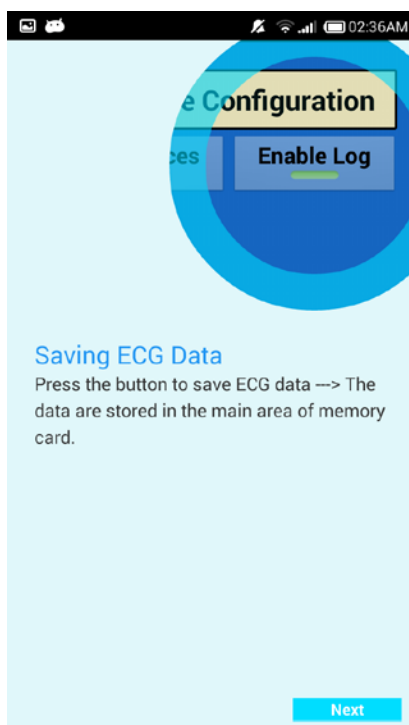
Bangladesh

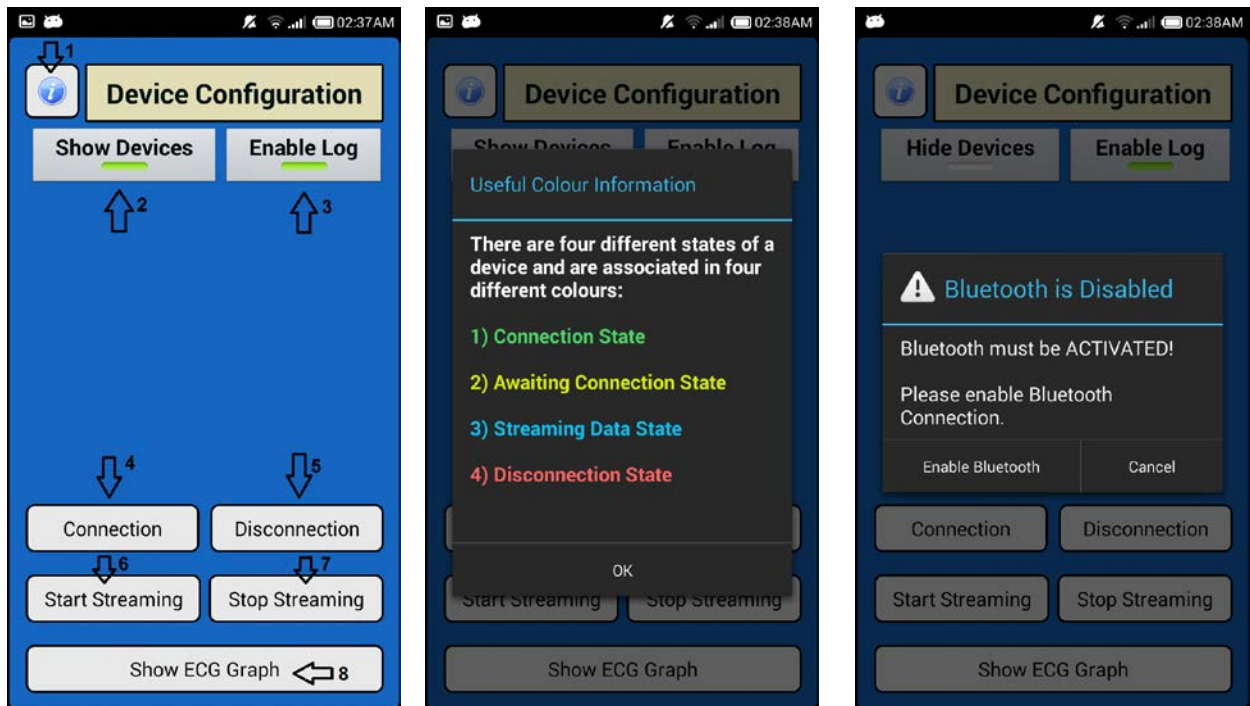
Belarus

ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΠΟ ΣΥΣΚΕΥΗ SHIMMER



Με την έναρξη του τμήματος της συσκευής Shimmer, εμφανίζεται ένας σύντομος οδηγός χρήσης, με οδηγίες είτε στα ελληνικά είτε στα αγγλικά (εξαρτάται από την γλωσσά επιλογής στην αρχή της εφαρμογής), στη δική μας περίπτωση είναι στα αγγλικά, όπως φαίνεται και από τις εικόνες σε αυτή τη σελίδα. Πιο κάτω θα αναφέρουμε πιο συγκεκριμένα τι ακριβώς κάνει το κάθε κουμπί στην αρχική οθόνη της συσκευής Shimmer, καθώς και τη διαδικασία καταγραφής του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.





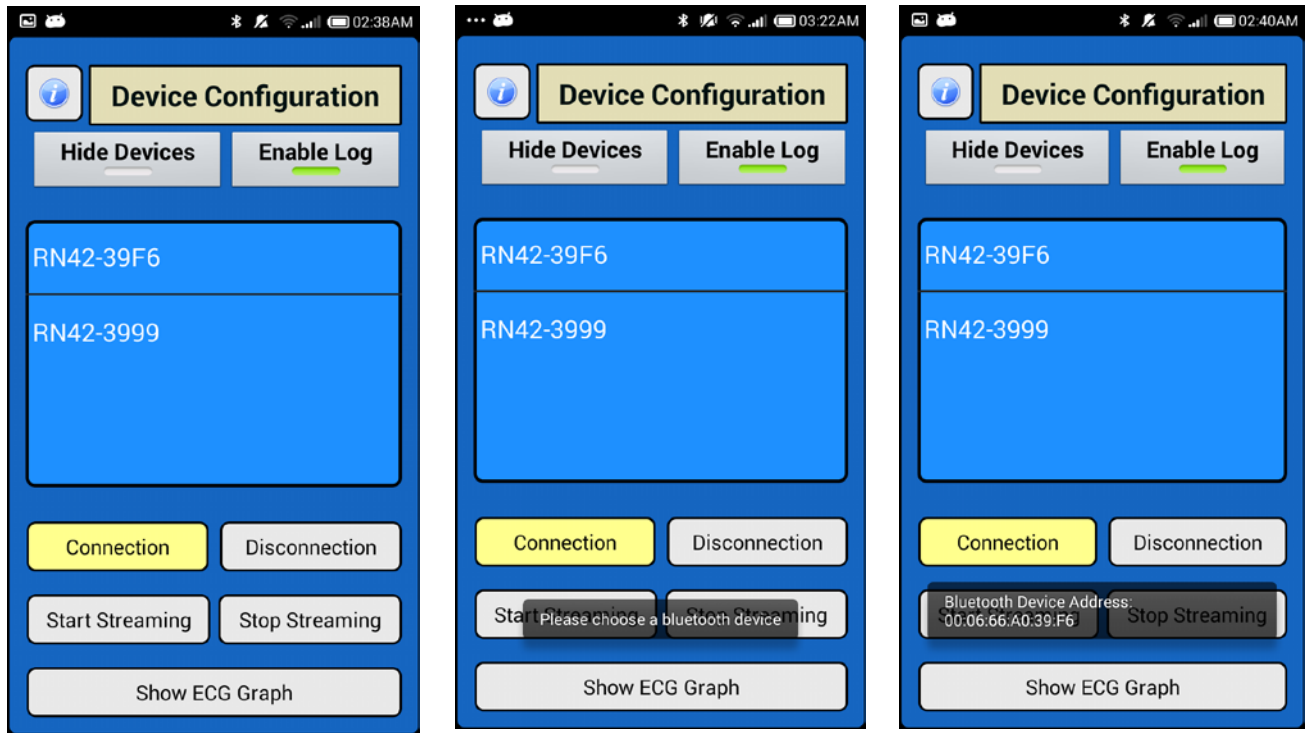
Με τον τερματισμό του οδηγού χρήσεως εμφανίζεται η αρχική οθόνη της συσκευής Shimmer. Παρατηρούμε 8 κουμπιά, τις λειτουργίες των οποίων θα αναφέρουμε πιο κάτω:

- 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ SHIMMER:** Οι πληροφορίες που εμφανίζονται πατώντας αυτό το κουμπί, φαίνονται στην εικόνα πιο πάνω στο κέντρο. Συγκεκριμένα, μια Shimmer συσκευή μπορεί να βρίσκεται σε 4 καταστάσεις, κάθε μια από τις οποίες αναγνωρίζεται από ένα μοναδικό χρώμα. Με πράσινο η συσκευή είναι συνδεδεμένη με την κινητή συσκευή μας, με κίτρινο χρώμα αναμένουμε σύνδεση της συσκευής Shimmer, με μπλε χρώμα υποδεικνύεται η μεταφορά δεδομένων από τη συσκευή Shimmer στη κινητή συσκευή μας και με κόκκινο χρώμα η συσκευή Shimmer αποσυνδέθηκε.
- 2. ΕΜΦΑΝΙΣΗ PAIRED ΣΥΣΚΕΥΩΝ SHIMMER:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί, εμφανίζονται οι συσκευές Shimmer με τις οποίες έχουμε από προηγουμένως κάνει pair με την κινητή μας συσκευή, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο Bluetooth.
- 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό πραγματοποιούμε καταγραφή των τιμών του ηλεκτροκαρδιογραφήματος τοπικά στην κινητή μας συσκευή.
- 4. ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ SHIMMER:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται σύνδεση της συσκευής Shimmer με την κινητή μας συσκευή. Η επιτυχής σύνδεση εμφανίζεται με πράσινο χρώμα, ενώ η αναμενόμενη σύνδεση με κίτρινο χρώμα.
- 5. ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ SHIMMER:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται αποσύνδεση της συσκευής Shimmer με την κινητή μας συσκευή, η οποία εμφανίζεται για μερικά δευτερόλεπτα με κόκκινο χρώμα.
- 6. ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται αποστολή των δεδομένων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, όπως αυτά λαμβάνονται από τους sensors της συσκευής Shimmer και αποστέλλονται στην κινητή μας συσκευή. Κατά τη διαδικασία αυτή η συσκευή Shimmer παρουσιάζεται στην εφαρμογή με μπλε χρώμα.
- 7. ΤΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό σταματά η αποστολή των δεδομένων από τη συσκευή Shimmer στην κινητή μας συσκευή. Η συσκευή Shimmer επιστρέφει στην κατάσταση connected και έχει πράσινο χρώμα.
- 8. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό παρουσιάζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα σύμφωνα με τα δεδομένα που έλαβε η κινητή συσκευή από τους sensors της συσκευής Shimmer. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται τα leads RA-LL και LA-LL.

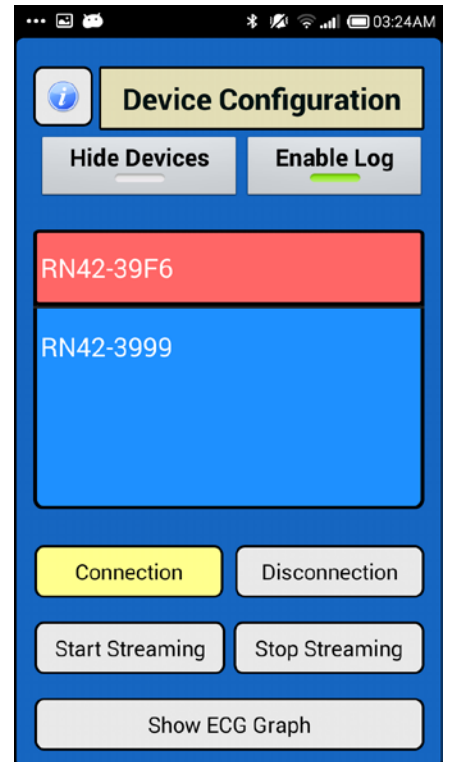
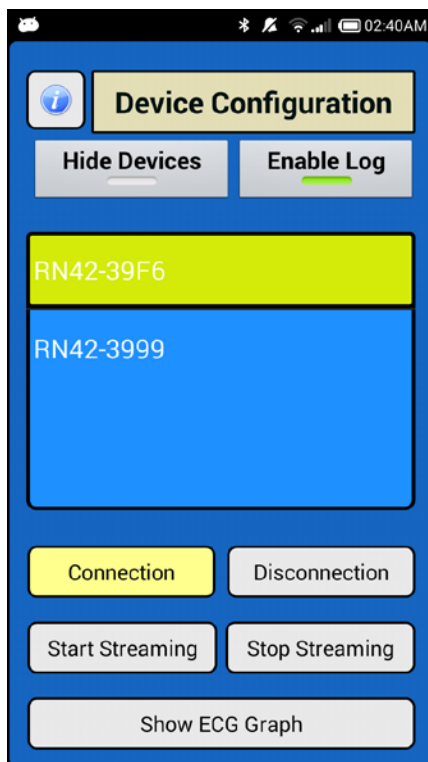
- Αν πατήσουμε στο κουμπί Show Devices χωρίς να είναι ενεργοποιημένο το Bluetooth της κινητής συσκευής, εμφανίζεται το μήνυμα που βλέπουμε στο σχήμα πάνω δεξιά, το οποίο μας επιτρέπει ταυτόχρονα να ανοίξουμε το Bluetooth της συσκευής μας.

- Τα 5 κουμπιά Connection, Disconnection, Start Streaming, Stop Streaming και Show ECG Graph παραμένουν απενεργοποιημένα με την εμφάνιση της αρχικής οθόνης της Shimmer, ενώ τα κουμπιά Show Devices και Enable Log είναι ενεργοποιημένα.

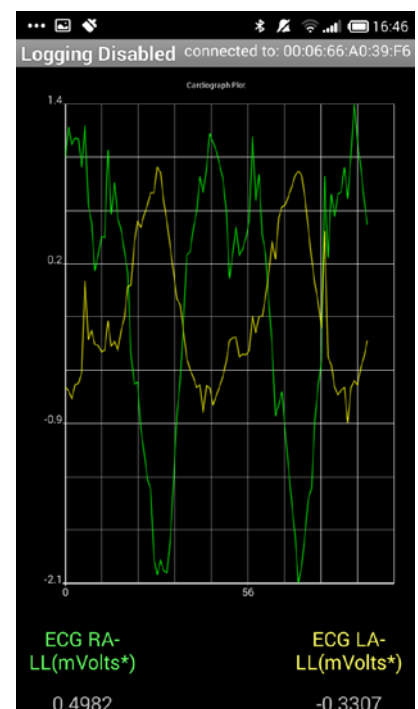
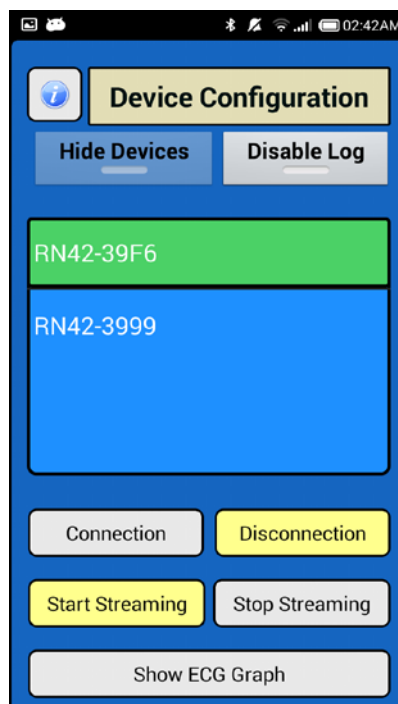
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

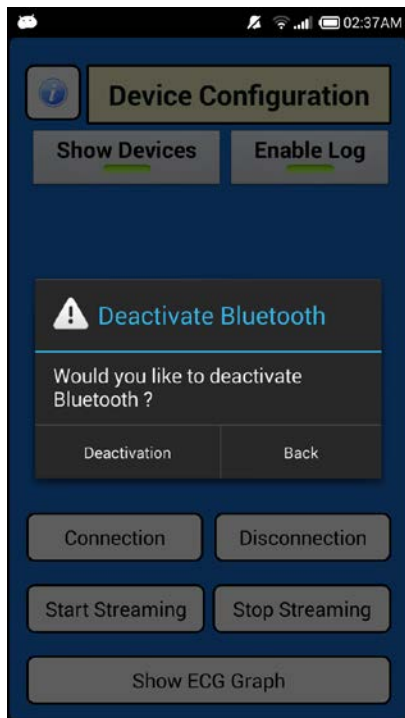


- Αφού έχουμε ενεργοποιήσει το Bluetooth στην κινητή μας συσκευή, πατώντας στο κουμπί Show Devices εμφανίζονται οι 2 paired συσκευές Shimmer, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω αριστερά.
- Αν πατήσουμε στο κουμπί Connection, μας εμφανίζεται το μήνυμα να επιλέξουμε πρώτα μια συσκευή Shimmer προτού την ενώσουμε με την κινητή μας συσκευή, όπως φαίνεται στην εικόνα πιο πάνω στο κέντρο.
- Ακολούθως, αν πατήσουμε επάνω σε μια συσκευή Shimmer, μας εμφανίζεται η διεύθυνσή της, γεγονός που αναφέρει ότι έχουμε επιλεγμένη μια Shimmer συσκευή, όπως φαίνεται στο σχήμα πάνω δεξιά.



- Μετά την επιλογή μιας συσκευής Shimmer, πατούμε στο κουμπί Connection για να ενωθούμε με την συσκευή αυτή. Αυτόματα η συσκευή που επιλέχθηκε χρωματίζεται με κίτρινο, που σημαίνει ότι αναμένεται η σύνδεση, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω αριστερά.
- Όταν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, το χρώμα μετατραπεί σε πράσινο, σημαίνει ότι πέτυχε η σύνδεση της εφαρμογής με την κινητή συσκευή, όπως φαίνεται στην οθόνη πιο πάνω στο κέντρο. Βλέπουμε ακόμη ότι έχουμε διαθέσιμες επιλογές το Disconnection και το Start Streaming.
- Αν πατήσουμε στο κουμπί Disconnection, η συσκευή θα αποσυνδεθεί από την εφαρμογή και για ένα μικρό χρονικό διάστημα θα χρωματιστεί κόκκινη, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω δεξιά.





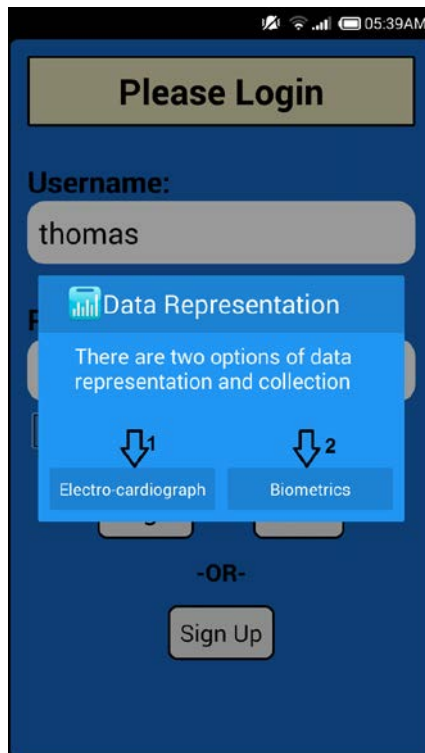
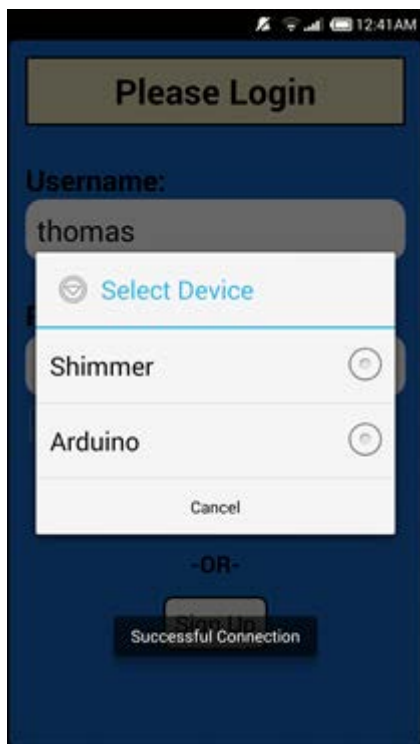
- Πατώντας στο κουμπί Start Streaming, η συσκευή Shimmer παίρνει χρώμα μπλε και αρχίζει να αποστέλλει δεδομένα στην κινητή μας συσκευή, όπως φαίνεται στο σχήμα πάνω αριστερά.
- Ακολουθώντας, μπορούμε να επιλέξουμε το Disconnection που και πάλι θα μας αποσυνδέσει από την συσκευή Shimmer ή την επιλογή Stop Streaming με την οποία θα επιστρέψουμε στην κατάσταση Connected. Εδώ μετά την αποστολή των δεδομένων μπορούμε να ενεργοποιήσουμε την καταγραφή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, επιλέγοντας το Enable Log, όπως φαίνεται στην οθόνη πάνω στο κέντρο.
- Μια ακόμη επιλογή εκτός από τις 2 που αναφέραμε προηγουμένως, είναι και η επιλογή εμφάνισης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος πατώντας το κουμπί Show ECG Graph. Με αυτήν την επιλογή θα εμφανιστεί το ηλεκτροκαρδιογράφημα του ασθενή με βάση τις τιμές που κατέγραψαν οι sensors της συσκευής Shimmer, όπως φαίνεται στο σχήμα πάνω δεξιά. Γίνεται ταυτόχρονη ενημέρωση των τιμών των 2 απαγωγών, που εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης. Πάνω στο τίτλο της οθόνης εμφανίζεται εάν πραγματοποιείται αποθήκευση της καταγραφής ηλεκτροκαρδιογραφήματος και σε ποια διεύθυνση είναι

ενωμένο το κινητό τηλέφωνο. Στην εικόνα πιο κάτω βλέπουμε ότι όταν αρχίζει να σχηματίζεται η γραφική παράσταση, αποστέλλονται στη βάση δεδομένων η ταυτότητα του χρήστη και σε κάθε δευτερόλεπτο οι τιμές των 2 απαγωγών. Η ενημέρωση αυτή τερματίζεται όταν εξέλθουμε από τη γραφική παράσταση στη κινητή μας συσκευή.

login_registeruser_User_ID	Date_Taken	ECG_1	ECG_2
854674	2015-05-12 01:46:00	-0.807954	-3.20251
854674	2015-05-12 01:46:01	-1.08425	-2.98482
854674	2015-05-12 01:46:02	-0.946102	-2.61643
854674	2015-05-12 01:46:03	-0.581894	-2.29409
854674	2015-05-12 01:46:04	-0.879121	-2.21036
854674	2015-05-12 01:46:05	-0.774464	-1.93407
854674	2015-05-12 01:46:06	-0.908425	-1.95081
854674	2015-05-12 01:46:07	-0.418629	-1.41915
854674	2015-05-12 01:46:08	-0.322344	-1.69545
854674	2015-05-12 01:46:09	-0.569335	-1.82104
854674	2015-05-12 01:46:10	-0.736787	-1.49869
854674	2015-05-12 01:46:11	-0.787023	-1.49869

- Να σημειωθεί ότι πατώντας το πλήκτρο επιστροφής της κινητής συσκευής εμφανίζεται η οθόνη που βλέπουμε αριστερά, με την οποία μπορούμε να απενεργοποιήσουμε το Bluetooth της κινητής συσκευής για εξοικονόμηση ενέργειας.

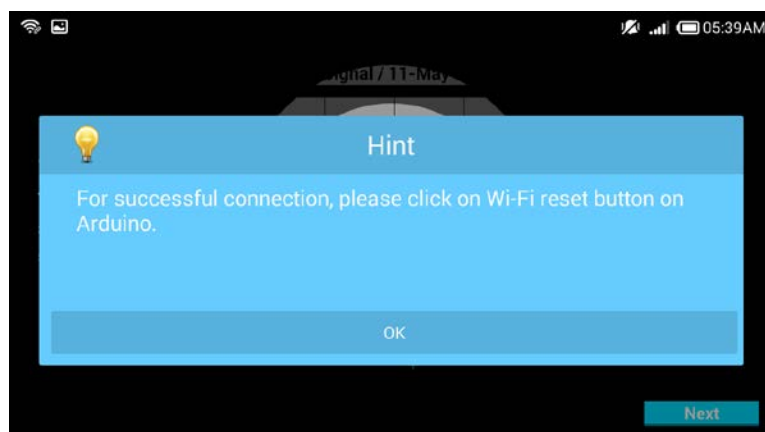
ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑ ΜΕ ΤΟ ARDUINO ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΛΑΚΕΤΑ ΤΗΣ LIBELIUM

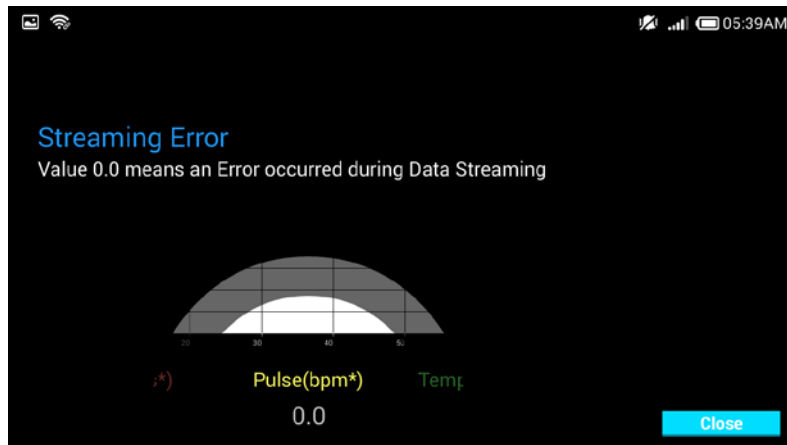
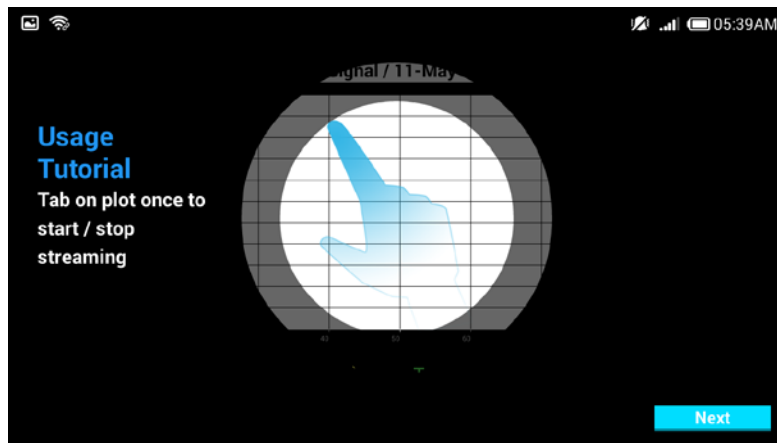


Με τον έξοδο μας από την οθόνη της συσκευής Shimmer, εμφανίζεται η οθόνη που μπορούμε να επιλέξουμε μεταξύ της Shimmer και του Arduino. Αυτή τη φορά επιλέγουμε το Arduino και εμφανίζεται η οθόνη που βλέπουμε πιο πάνω δεξιά, με τις πιο κάτω επιλογές:

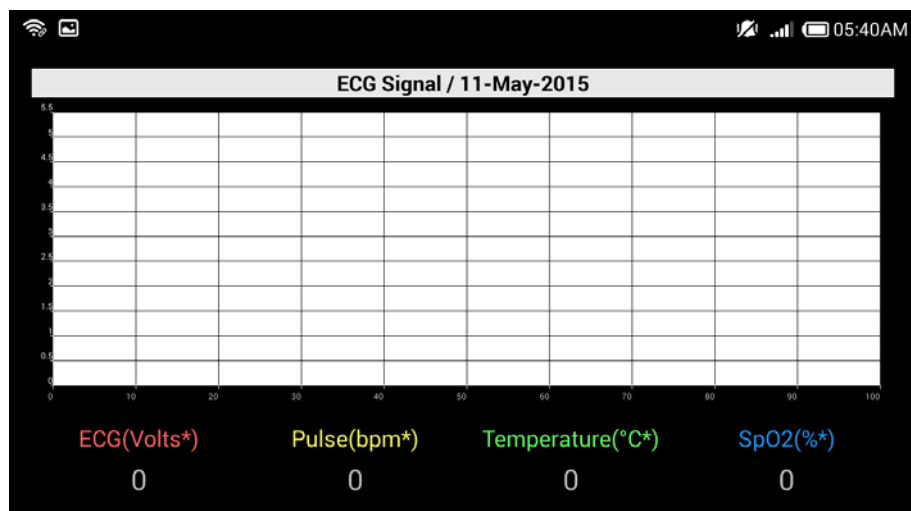
1. **ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ LIBELIUM:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί, παρουσιάζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα όπως το λαμβάνουμε από τους sensors της πλακέτας e-Health της Libelium.
2. **ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί, εμφανίζονται οι βιομετρικές πληροφορίες του ασθενή, όπως η θερμοκρασία, το ποσοστό οξυγόνου στο αίμα κτλ.

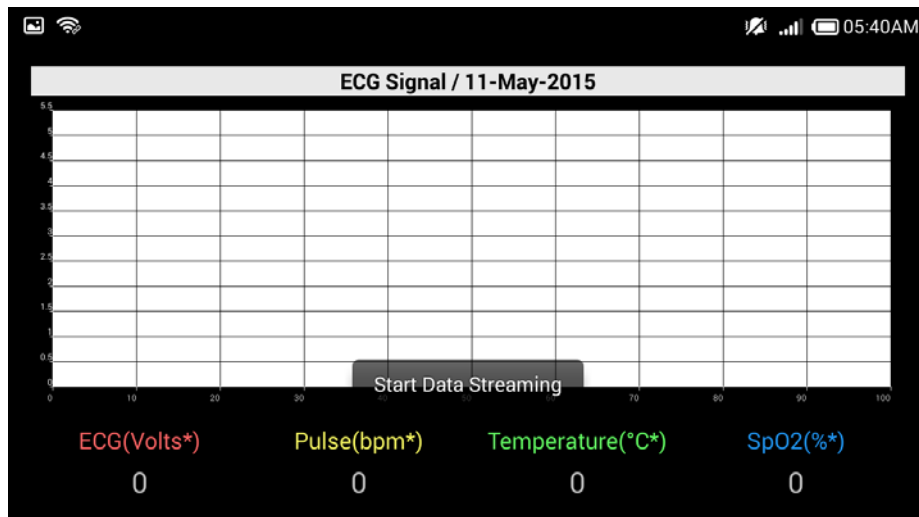
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ



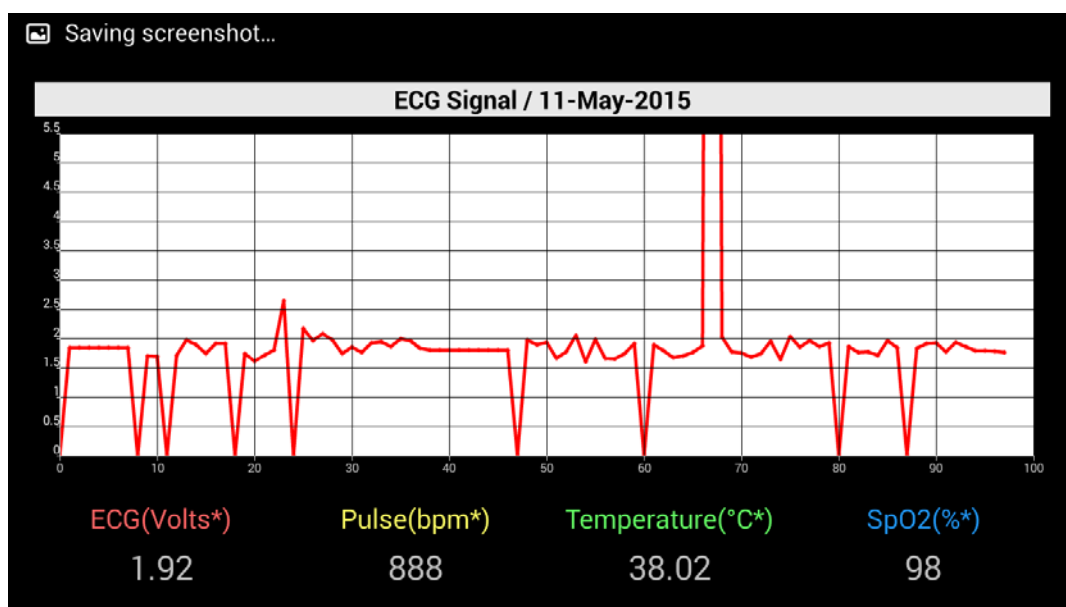


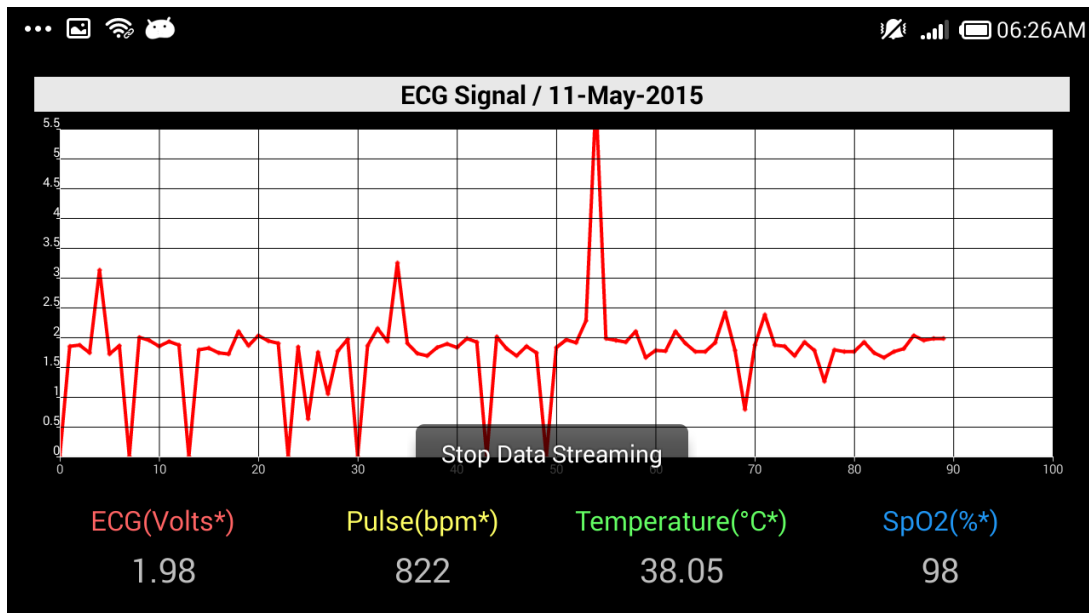
- Στο πιο πάνω παράδειγμα, πατήσαμε στο κουμπί Electro-Cardiograph για να παρουσιαστεί η γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος όπως αποστέλλεται στην κινητή μας συσκευή από το Arduino. Βλέπουμε στην πρώτη εικόνα ότι μας δίνεται μια συμβουλή, η οποία αναφέρει ότι πατώντας στο κουμπί reset στο Arduino έχουμε περισσότερες πιθανότητες για μια επιτυχημένη σύνδεση του Arduino με την εφαρμογή μας.
- Ακολουθεί και πάλι ένας οδηγός χρήσης όπως και στη συσκευή Shimmer. Ο συγκεκριμένος οδηγός τονίζει ότι πατώντας μια φορά στη γραφική παράσταση αρχίζει η μεταφορά δεδομένων από το Arduino στην εφαρμογή μας, ενώ πατώντας για δεύτερη φορά σταματά η μεταφορά αυτή.
- Στη συνέχεια επισυνάπτει ότι η παρουσία μηδενικής τιμής σε κάποια από τις τιμές που θα σταλούν, υποδεικνύει ότι προέκυψε κάποιο σφάλμα στην μεταφορά δεδομένων, οπότε καλό θα ήταν να ξαναγίνει από την αρχή η μεταφορά αυτή.





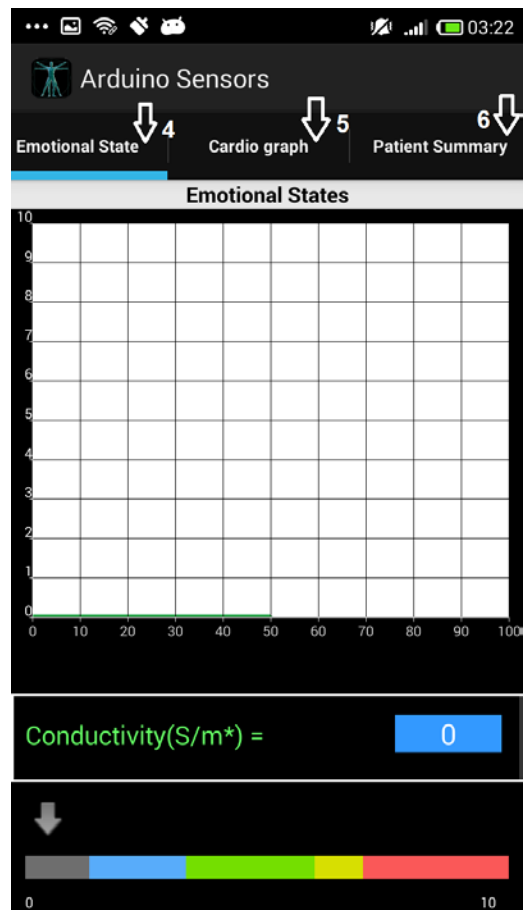
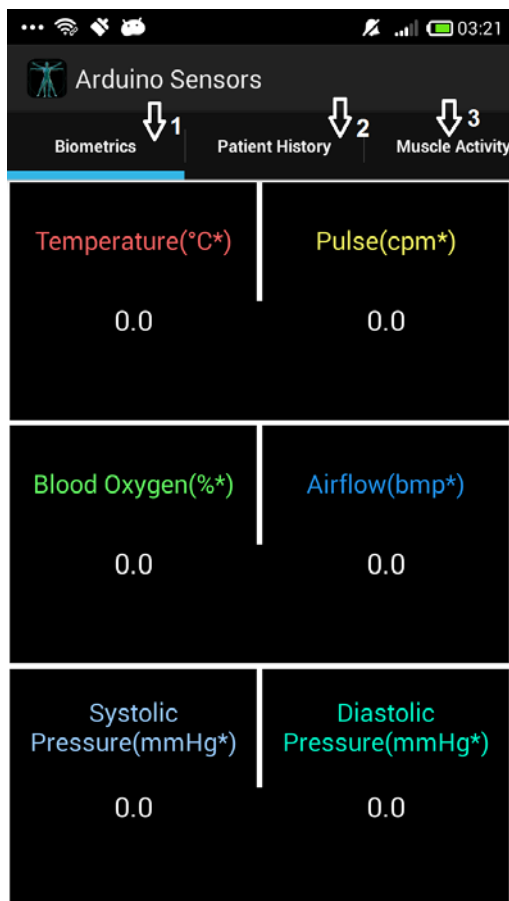
- Παρατηρούμε ότι εκτός από την γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος, στο κάτω μέρος της οθόνης θα φαίνεται η τιμή του ΗΚΓ, ο παλμός και η θερμοκρασία του ασθενή αλλά και το ποσοστό οξυγόνου που υπάρχει μέσα στο αίμα του ασθενή.
- Στο επάνω μέρος της οθόνης αυτής, παρουσιάζεται η ημερομηνία που λήφθηκαν οι μετρήσεις αυτές, έτσι ώστε να αποθηκεύονται οργανωμένα στη βάση δεδομένων οι πληροφορίες.
- Πατώντας μια φορά επάνω στη γραφική παράσταση, βλέπουμε ότι εμφανίζεται μήνυμα προς τον χρήστη, το οποίο αναφέρει ότι η μεταφορά των δεδομένων από το Arduino έχει εκκινήσει.





- Εφαρμόζοντας επάνω στον ασθενή τους αισθητήρες του Arduino, βλέπουμε ότι παρουσιάζονται τα δεδομένα στο κάτω μέρος της οθόνης, τα οποία αλλάζουν συνεχώς τιμές λόγω της real-time μεταφοράς δεδομένων στην εφαρμογή.
- Βλέπουμε επίσης ότι δημιουργείται επιτυχώς η γραφική παράσταση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή, παίρνοντας τιμές από 0 μέχρι 5.5 Volts.
- Τέλος, πατώντας για δεύτερη φορά επάνω στη γραφική παράσταση, εμφανίζεται μήνυμα που ενημερώνει τον ασθενή ότι η μεταφορά των δεδομένων έχει διακοπεί, σταματώντας ταυτόχρονα την αλλαγή στις τιμές των υπολοίπων βιομετρικών πληροφοριών του ασθενή. Αν ξαναπατήσουμε επάνω στη γραφική παράσταση, τότε συνεχίζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα από το σημείο που έμεινε την τελευταία φορά που το σταματήσαμε και οι τιμές στο κάτω μέρος της οθόνης αρχίζουν και πάλι να αλλάζουν μέχρι να το ξανασταματήσουμε κ.ο.κ.

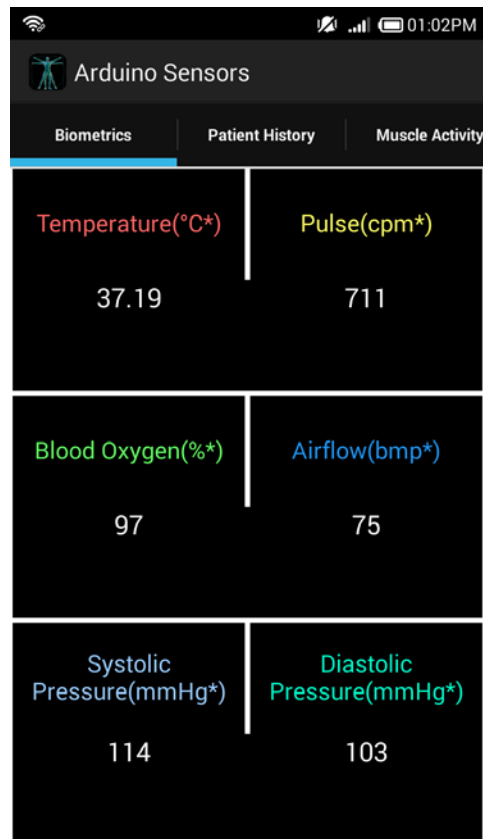
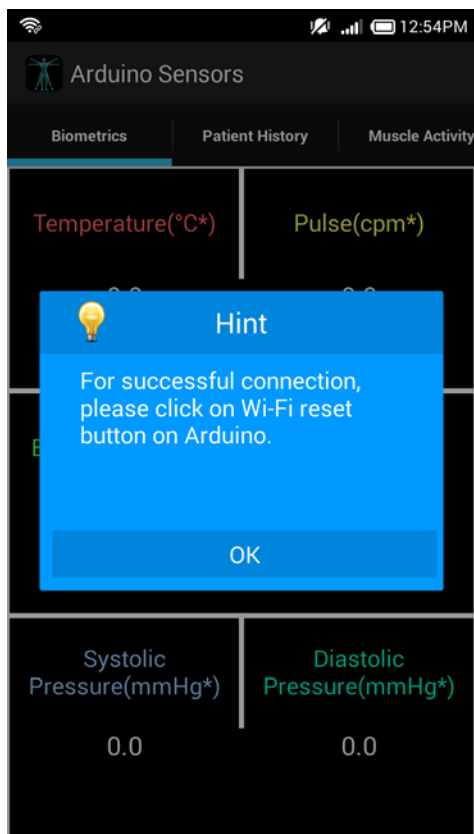
ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΑΣΘΕΝΗ ΜΕ ΤΟ ARDUINO ΚΑΙ ΤΗΝ ΠΛΑΚΕΤΑ ΤΗΣ LIBELIUM



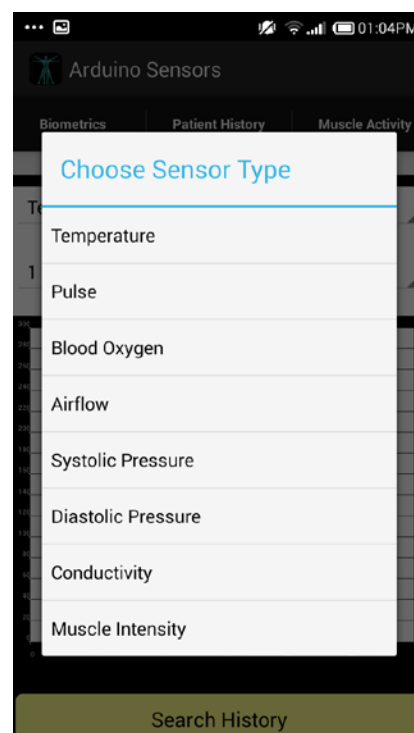
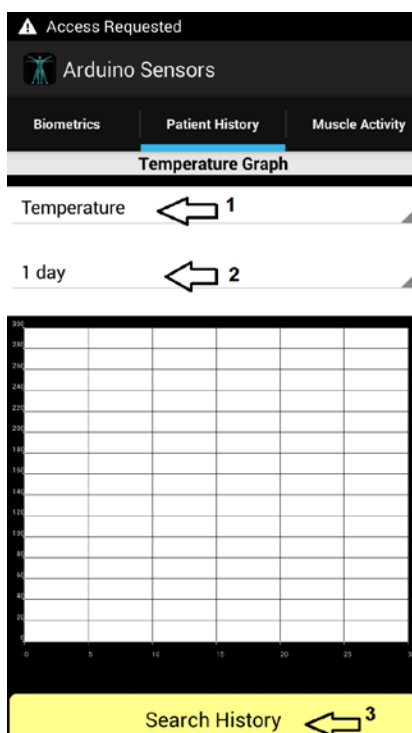
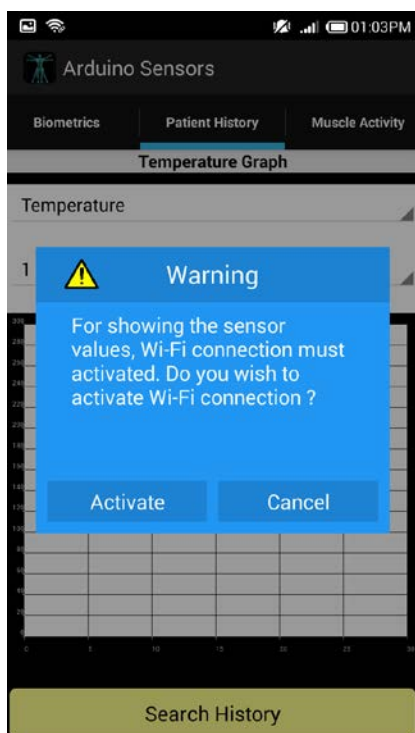
Από πριν έχουμε αναφέρει ότι στην οθόνη επιλογής Shimmer ή Arduino, όταν επιλέξουμε το Arduino έχουμε 2 επιλογές, την παρουσίαση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος ή των βιομετρικών στοιχείων. Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε ποιες επιλογές εμφανίζονται όταν επιλέξουμε τα βιομετρικά στοιχεία του ασθενή:

- 1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ:** Οι πληροφορίες που εμφανίζονται πατώντας αυτό το κουμπί, φαίνονται στην εικόνα πιο πάνω αριστερά. Συγκεκριμένα, με μια συσκευή Arduino παίρνουμε τον παλμό του ασθενή, τη θερμοκρασία του, το ποσοστό οξυγόνου στο αίμα του, την ροή του αέρα που εισπνέει και εκπνέει, την συστολική και την διαστολική πίεση.
- 2. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΙΣΤΟΡΙΚΟΥ ΑΣΘΕΝΗ:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί, εμφανίζονται οι πληροφορίες για το ιστορικό του ασθενή όσον αφορά τα βιομετρικά του στοιχεία και η δυνατότητα επιλογής ενός χρονικού διαστήματος (μέρα, μήνας, χρόνος κτλ.) για την προβολή των πληροφοριών.
- 3. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΜΥΟΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό πραγματοποιούμε παρουσίαση μιας γραφικής παράστασης, η οποία περιλαμβάνει τις τιμές μεταβολής της δύναμης του μυός του ασθενή.
- 4. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται παρουσίαση μιας γραφικής παράστασης, η οποία περιλαμβάνει τις τιμές διαγωγιμότητας στο δέρμα του ασθενή, κάνοντας και μια τυπική διάγνωση της συναισθηματικής του κατάστασης, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω δεξιά.
- 5. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται παρουσίαση και πάλι της γραφικής παράστασης του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή.
- 6. ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό γίνεται μια γενική συλλογή τιμών για όλα τα βιομετρικά στοιχεία του ασθενή και η αποστολή τους στην βάση δεδομένων. Ακόμη, εξάγουμε και μερικές διαγνώσεις φωνητικά αλλά και γραπτά για την κατάσταση του ασθενή.

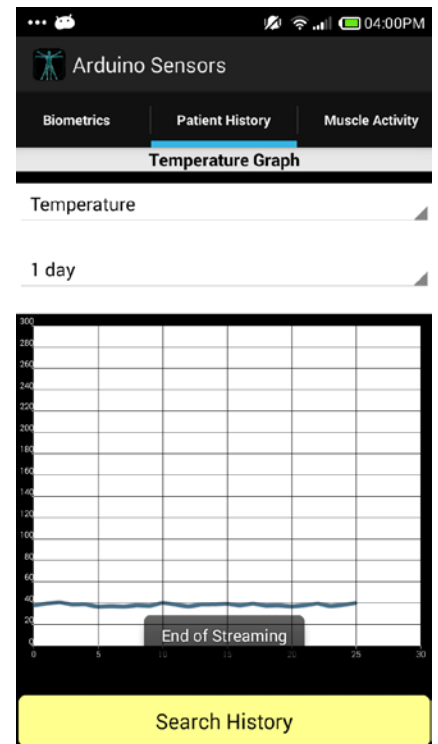
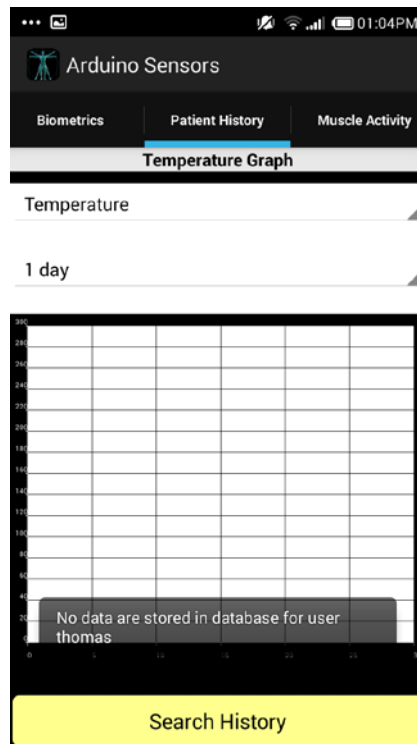
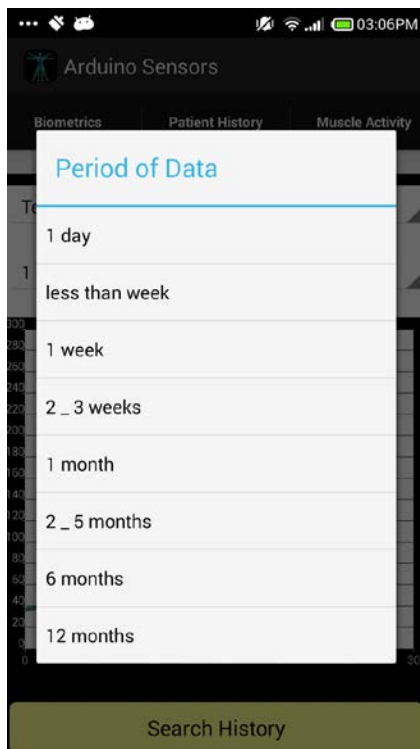
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

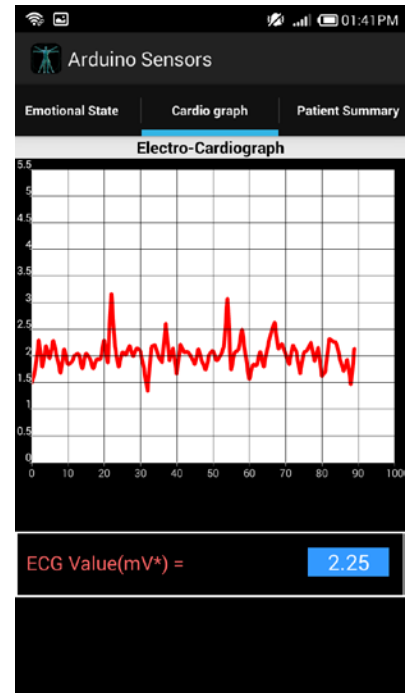
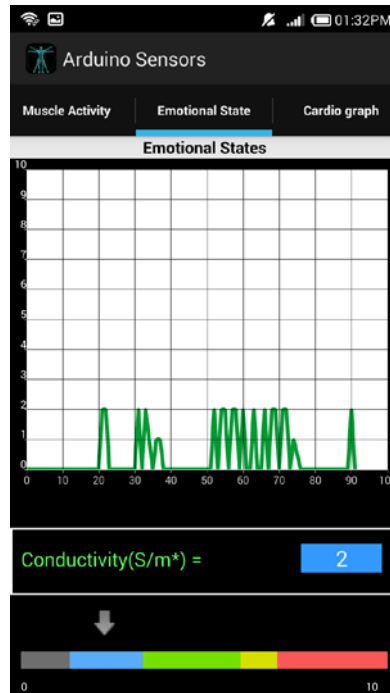
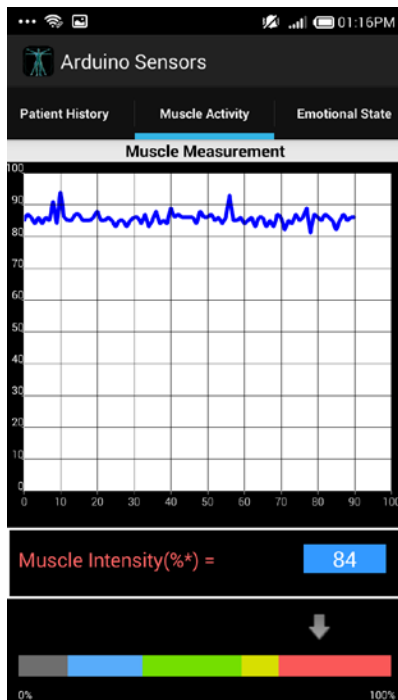


- Εφόσον έχουμε συνδέσει τα κατάλληλα καλώδια με τους sensors επάνω στον ασθενή παρατηρούμε ότι εμφανίζονται τιμές για τη θερμοκρασία του σώματός του, του παλμού του, του ποσοστού οξυγόνου στο αίμα του, της ροής του αέρα κατά την εισπνοή και εκπνοή και για τη συστολική και διαστολική πίεση, όπως φαίνεται στο σχήμα πάνω δεξιά. Οι τιμές αυτές αλλάζουν συνεχώς μέχρι να αποσυνδέσουμε τους sensors.
- Να αναφέρουμε ότι για αυτήν την οθόνη, παρουσιάζεται στην αρχή μια συμβουλή, όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω αριστερά, η οποία αναφέρει ότι για επιτυχημένη σύνδεση πατούμε στο κουμπί reset για το Wi-Fi του Arduino.

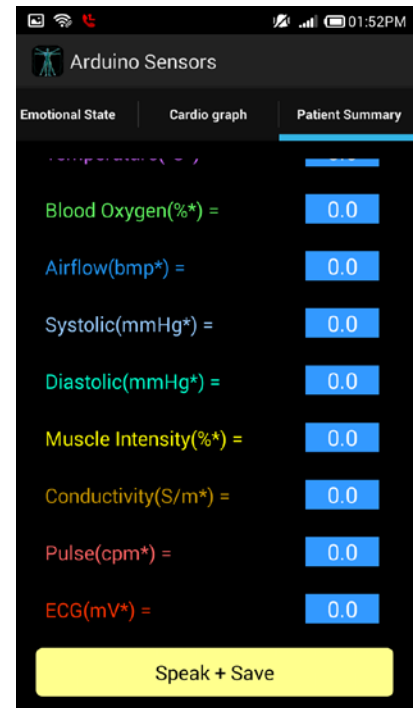
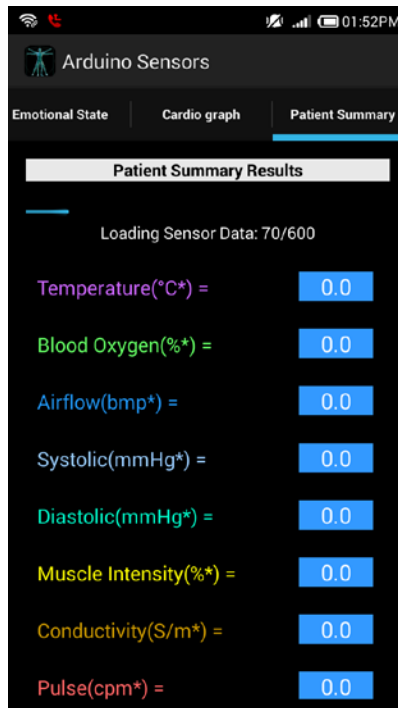
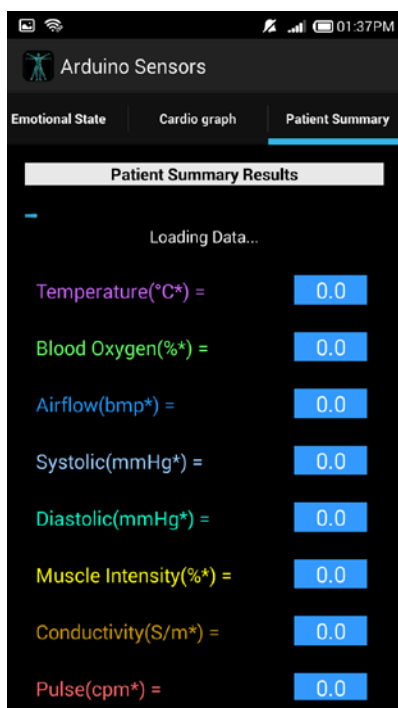


- Πατώντας στο δεύτερο κουμπί της καρτέλας, εμφανίζεται ένα μήνυμα το οποίο μας προτρέπει να ανοίξουμε τα Wi-Fi της κινητής μας συσκευής προκειμένου να παρουσιαστούν τα ιστορικά δεδομένα του ασθενή, όπως βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά. Αυτό συμβαίνει διότι για την παρουσίαση αυτών των πληροφοριών απαιτείται πρώτα σύνδεση με την βάση δεδομένων.
- Αφού έχουμε ενεργοποιήσει τα Wi-Fi, παίρνουμε την εικόνα που βλέπουμε επάνω στο κέντρο, στην οποία έχουμε 3 επιλογές:
 - 1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ:** Πατώντας αυτό το κουμπί, μας παρουσιάζονται όλα τα βιομετρικά στοιχεία από τη βάση δεδομένων και πρέπει να επιλέξουμε ένα για την παρουσίασή του, όπως βλέπουμε και στην εικόνα πάνω δεξιά.
 - 2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ:** Πατώντας σε αυτό το κουμπί, εμφανίζονται οι που καταγράψαμε τα βιομετρικά στοιχεία του ασθενή, όπως φαίνεται στην εικόνα κάτω αριστερά. Και εδώ πρέπει να επιλέξουμε μια χρονική στιγμή που επιθυμούμε.
 - 3. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό πραγματοποιούμε παρουσίαση της γραφικής παράστασης του βιομετρικού στοιχείου που έχουμε επιλέξει για την συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Αν δεν υπάρχουν δεδομένα στη βάση δεδομένων για τον ασθενή, τότε παρουσιάζεται το μήνυμα που βλέπουμε στην οθόνη κάτω στο κέντρο. Αν έχουμε την περίπτωση που υπάρχουν κανονικά τα δεδομένα, τότε παρουσιάζεται η γραφική παράσταση του βιομετρικού στοιχείου, στην περίπτωση μας της θερμοκρασίας του ασθενή μέχρι να τελειώσουν τα δεδομένα από τη βάση δεδομένων (End of Streaming).



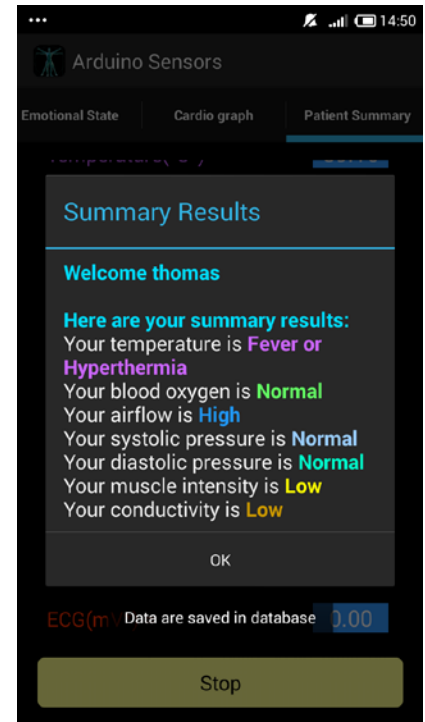
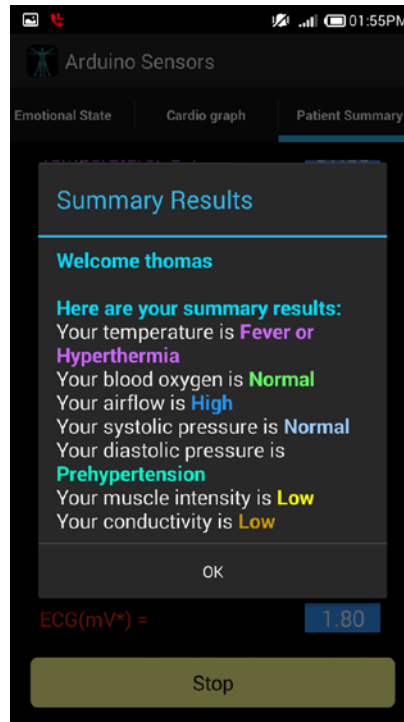
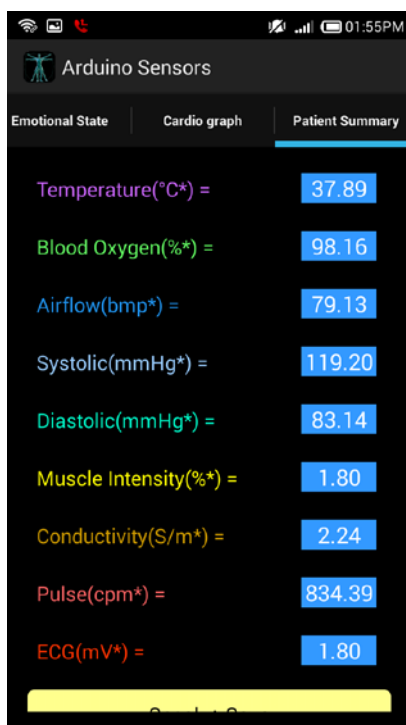


- Στις επόμενες 3 οθόνες που βλέπουμε πιο πάνω, παρουσιάζονται οι γραφικές παραστάσεις της έντασης του μυός, της διαγωγιμότητας του δέρματος και του ηλεκτροκαρδιογραφήματος του ασθενή, εφόσον έχουμε πρώτα συνδέσει ορθά τους αισθητήρες επάνω στον ασθενή. Παρατηρούμε ότι και στις 3 οθόνες παρουσιάζεται η τιμή κάτω δεξιά στην οθόνη για το κάθε βιομετρικό στοιχείο του ασθενή, η οποία αλλάζει συνεχώς μέχρι να αποσυνδέσουμε το Arduino από την κινητή μας συσκευή ή αφαιρέσουμε τους αισθητήρες.



- Στην τελευταία οθόνη, το patient summary, γίνεται πρώτα ένα loading των δεδομένων όπως βλέπουμε στην εικόνα πάνω αριστερά, εφόσον πρώτα έχουμε συνδέσει όλα τα βιομετρικά στοιχεία πάνω στον ασθενή.
- Ακολούθως, μετά από λίγα δευτερόλεπτα, γίνεται η μεταφορά των δεδομένων από το Arduino στην κινητή μας συσκευή, διαδικασία η οποία διαρκεί 1 λεπτό όπως φαίνεται στο σχήμα πάνω στο κέντρο.

- Παρατηρούμε ότι στο κάτω μέρος της οθόνης έχουμε ένα κουμπί, το Speak + Save, όπως βλέπουμε στο σχήμα επάνω δεξιά, το οποίο θα μεταφέρει τις τιμές που λάβουμε για τα βιομετρικά στοιχεία στη βάση δεδομένων.
- Αφού έχει περάσει το λεπτό και πήραμε όλες τις τιμές για τα βιομετρικά στοιχεία του ασθενή, όπως φαίνεται στο σχήμα κάτω αριστερά, πατούμε στο κουμπί Speak + Save για την αποστολή των πληροφοριών στη βάση δεδομένων. Βλέπουμε ότι με βάση τις τιμές που πήραμε από το Arduino, η εφαρμογή μας παρουσιάζει διάφορες διαγνώσεις για τον ασθενή, όπως παρατηρούμε και στην εικόνα κάτω στο κέντρο. Τέλος, οι πληροφορίες που εμφανίζονται σε αυτήν την εικόνα, αναγγέλλονται και από την εφαρμογή ταυτόχρονα φωνητικά, ενώ παράλληλα εμφανίζεται και ένα μήνυμα όπως βλέπουμε στην εικόνα κάτω δεξιά ότι τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν στη βάση δεδομένων.



- Πιο κάτω βλέπουμε την αναπαράσταση των πληροφοριών που στάλθηκαν στη βάση δεδομένων.

Limit to 1000 rows

1 • SELECT * FROM ecg.measurementsperminute;

	login_registeruser_User_ID	date_taken	Temperature_Mean_Value	Airflow_Mean_Value	Blood_Oxygen_Mean_Value	Systolic_Pressure
▶	854674	2015-05-12 02:44:41	39.25	191	9	127
	854674	2015-05-12 02:48:09	39.1552	97.1617	98.1633	119.198
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Result Grid

Form Editor

tsperminute 1 x

Apply Revert

1 • `SELECT * FROM ecg.measurementsperminute;`

Limit to 1000 rows

Result Grid

	Systolic_Pressure_Mean_Value	Diastolic_Pressure_Mean_Value	Muscle_Intensity_Mean_Value	ECG_Mean_Value	Conductivity_Mean_Value	Pulse_Mean_Value
	104	1.8	1.89	2.24	980	
	71.1183	1.92	2.53	1.35	845.407	
*	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	

Form Editor

Apply Revert

➤ Εγχειρίδιο χρήσης ιατρού

ΕΝΑΡΞΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΔΕΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Welcome to Doctors Administration System



Login to Patients Records

Username or Email

Password

☐ Remember me on this computer

Login

[Forgot your password? Click here to reset it.](#)

1

2

3

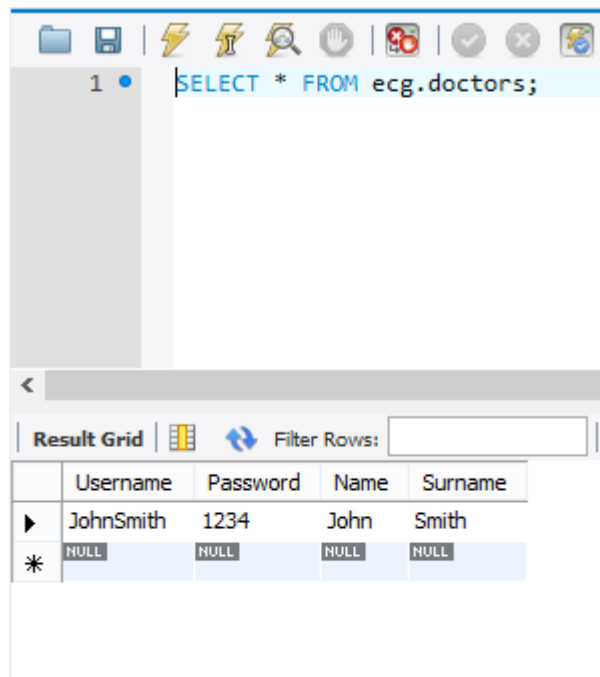
Με την έναρξη της εφαρμογής εμφανίζεται η αρχική οθόνη που φαίνεται πιο πάνω. Ο γιατρός αφού έχει πρώτα δημιουργήσει λογαριασμό και υπάρχουν οι πληροφορίες του στη βάση δεδομένων, κάνει Login χρησιμοποιώντας τις 3 πιο κάτω επιλογές:

- 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ USERNAME:** Ο γιατρός εισάγει το username του όπως το όρισε στη βάση δεδομένων.
- 2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ PASSWORD:** Ο γιατρός εισάγει τον αντίστοιχο κωδικό του όπως τον όρισε στη βάση δεδομένων.
- 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ:** Πατώντας στο κουμπί αυτό ο γιατρός εισέρχεται στην εφαρμογή.

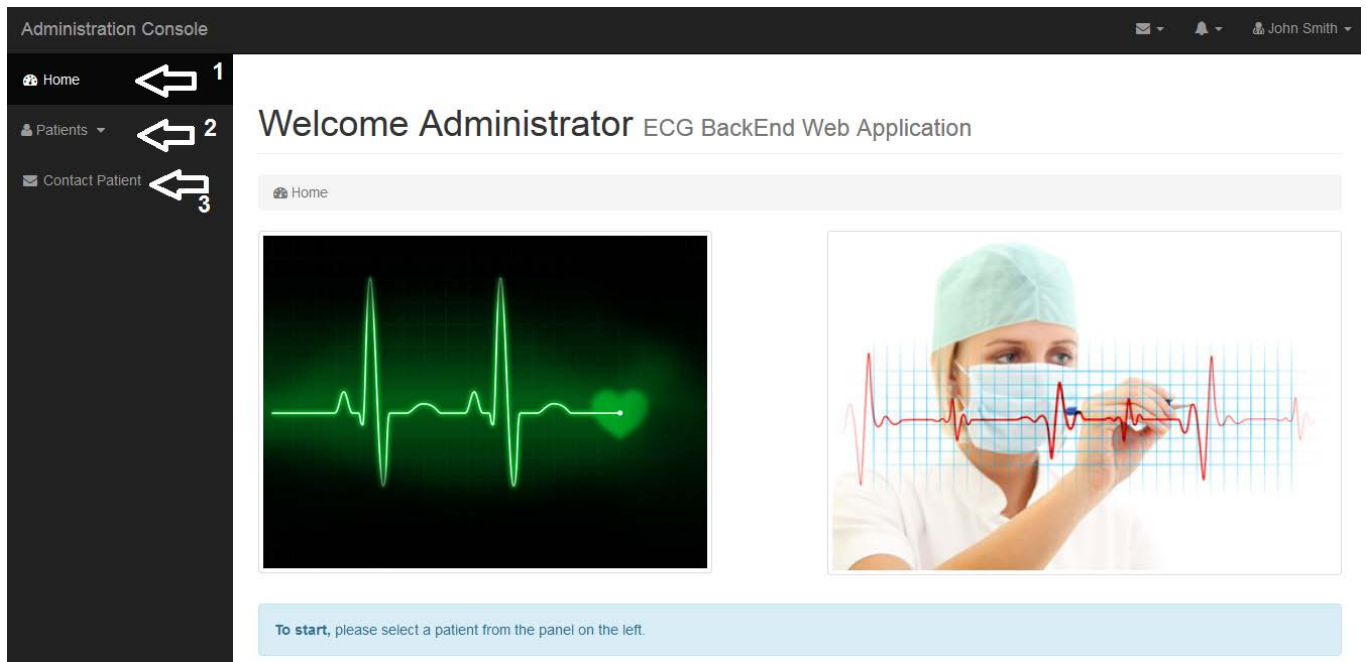
ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ



- Στην περίπτωση που ο ιατρός εισήγαγε λάθος username ή password, ή δεν συμπλήρωσε και τα 2 αυτά πεδία και πάτησε στο κουμπί Login, μας εμφανίζεται το μήνυμα λάθος όπως φαίνεται στην εικόνα πάνω αριστερά.
- Αν ο ιατρός εισήγαγε τα σωστά στοιχεία, στην περίπτωση μας το username JohnSmith και το password 1234, όπως φαίνονται στην εικόνα πάνω δεξιά και στη βάση δεδομένων στην εικόνα πιο κάτω, τότε ο ιατρός καταφέρνει επιτυχημένη σύνδεση στην εφαρμογή.

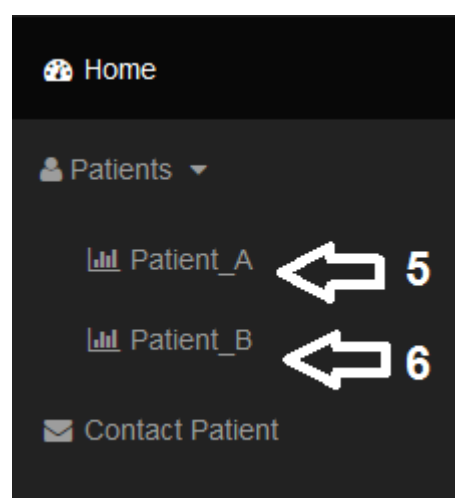
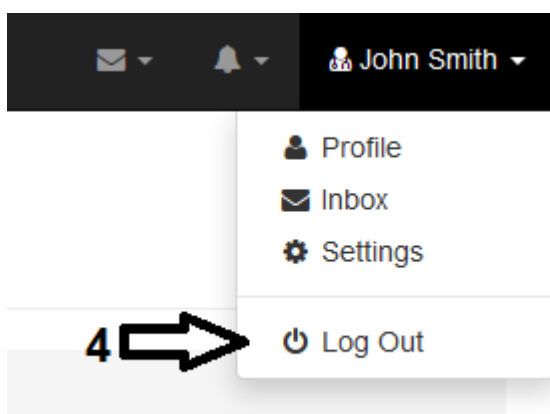


ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΚΑΡΔΙΟΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ ΑΣΘΕΝΩΝ



Με την είσοδο μας στην εφαρμογή, έχουμε την αρχική οθόνη του συστήματος όπως φαίνεται στην εικόνα πιο πάνω. Παρατηρούμε στο κάτω μέρος της οθόνης ότι υπάρχει ένα μήνυμα προς τον ιατρό, που του υποδεικνύει ότι για να παρουσιαστούν τα δεδομένα πρέπει να επιλέξει ένα ασθενή από την λίστα στα αριστερά. Όπως βλέπουμε από τις 2 εικόνες πιο κάτω και την εικόνα πιο πάνω, έχουμε τις παρακάτω 6 επιλογές:

- 1. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΤΗΝ ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ:** Πατώντας στο πεδίο αυτό έχουμε τη δυνατότητα να επιστρέψουμε στην αρχική οθόνη του συστήματος, όπως τη βλέπουμε στην εικόνα πιο πάνω.
- 2. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΑΣΘΕΝΩΝ:** Πατώντας στο πεδίο αυτό εμφανίζεται μια λίστα με τους ασθενείς που επιβλέπει ο γιατρός που εισήχθη στην εφαρμογή. Αυτή η επιλογή μας εμφανίζει τις επιλογές 5 και 6.
- 3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΑΣΘΕΝΗ:** Πατώντας στο πεδίο αυτό, έχουμε τη δυνατότητα να στείλουμε με e-mail στον ασθενή τις διαγνώσεις που συμπέρανε ο ιατρός, ή να έχει οποιοδήποτε είδους επικοινωνία ο ιατρός με τον ασθενή μέσω e-mail.
- 4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΟΣΥΝΔΕΣΗΣ:** Πατώντας στο κουμπί αποσυνδεόμαστε από την εφαρμογή και επιστρέφουμε στην οθόνη Login.
- 5 + 6. ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΑΣΘΕΝΗ:** Πατώντας στο πεδίο αυτό εμφανίζονται όλες οι πληροφορίες για ένα ασθενή.



Patient Jennifer Robinson

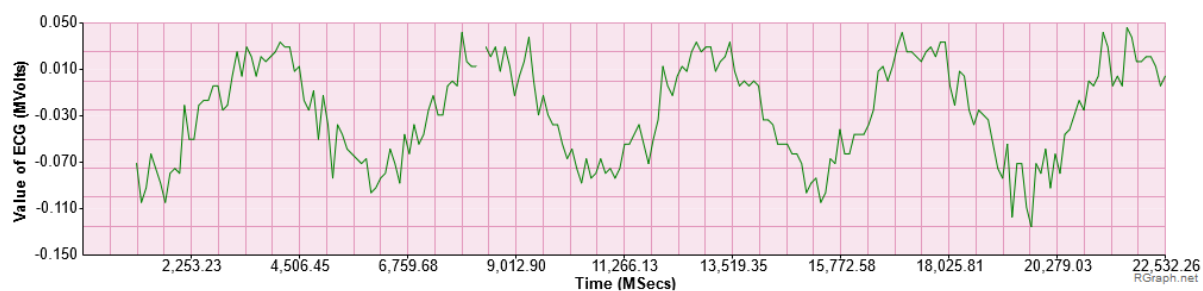
[Home](#) / [Patients](#)

Patient's Personal Information

User ID: 785463	Name: Jennifer	Last Name: Robinson	Gender: Female
Date of Birth: 1981-06-25	Street: Tiffany's	Number of Street: 23	City: California
Country: USA	Postal Code: 3537	Telephone Number: 99654321	E-mail: jennifer@gmail.com

- Στην πιο πάνω εικόνα, εμφανίζονται όλα τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή, όπως ο ίδιος ο ασθενής τα καταχώρησε στη βάση δεδομένων κάνοντας λογαριασμό για το android σύστημα που περιγράψαμε προηγουμένως.

ECG Graph



Select the time of the ECG you want to display

Yesterday

Submit

ECG taken at: 2015-05-03 11:42:35.5 am.

- Στην πιο πάνω οθόνη, παρουσιάζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα όπως το λαμβάνουμε από τον πίνακα ηλεκτροκαρδιογραφήματος της Shimmer στη βάση δεδομένων. Ο ιατρός μπορεί να εμφανίζει τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα του ασθενή χρονικά, δηλαδή της εβδομάδας, του μήνα, του χρόνου κτλ. Κάτω δεξιά στην οθόνη παρουσιάζεται ένα μήνυμα που αναφέρει την ημερομηνία και την ώρα που ο ασθενής κατέγραψε το ηλεκτροκαρδιογράφημα του.

Ψ Patient's Biometric Information

Temperature (Mean Value): 39.25°C	Airflow (Mean Value): 191 breaths/minute
Blood Oxygen (Mean Value): 9%	Systolic Pressure (Mean Value): 127 mmHg
Diastolic Pressure (Mean Value): 104 mmHg	Muscle Intensity (Mean Value): 1.8%
ECG (Mean Value): 1.89 MVolts	Conductivity (Mean Value): 2.24 S/m
Pulse (Mean Value): 980 cpm	



Biometric Info taken at: 2015-05-12 02:44:41.0 pm.

- Στην πιο πάνω οθόνη, παρουσιάζονται όλα τα βιομετρικά στοιχεία όπως καταγράφηκαν από τη συσκευή Arduino και την πλακέτα e-health της Libelium στη βάση δεδομένων. Κάτω δεξιά όπως και στην προηγούμενη περίπτωση με το ηλεκτροκαρδιογράφημα πιο πάνω, παρουσιάζεται η ημερομηνία και η ώρα καταγραφής όλων των βιομετρικών πληροφοριών του ασθενή.

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΙΑΤΡΟΥ ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΗ

Contact a Patient Send your Medical Advice/Information

[Home](#) / [Contact Patient](#)

Enter the E-mail of the patient: 1

E-mail Address

Enter the subject of the E-mail: 2

Subject of E-mail

Enter the message which you want to send: 3

Body of E-mail

Submit

4

Doctor Advice



- Στην πιο πάνω οθόνη, ο ιατρός μπορεί να στείλει e-mail στον ασθενή για να του αναφέρει τις διαγνώσεις του με βάση τα ιατρικά στοιχεία που του έστειλε ο ασθενής στη βάση δεδομένων, ή απλά για να έχει οποιαδήποτε επικοινωνία με τον ασθενή. Βλέπουμε στην πιο πάνω εικόνα ότι έχουμε 4 επιλογές προτού έχουμε επικοινωνία:
 1. **ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ E-MAIL ADDRESS:** Πατώντας στο πεδίο αυτό έχουμε τη δυνατότητα να πληκτρολογήσουμε το E-mail Address του ασθενή.
 2. **ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΘΕΜΑΤΟΣ E-MAIL:** Πατώντας στο πεδίο αυτό μπορούμε να εισάγουμε το θέμα του E-mail που θα αποσταλεί.
 3. **ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ E-MAIL:** Πατώντας στο πεδίο αυτό έχουμε τη δυνατότητα να γράψουμε τις διαγνώσεις ή ό,τι άλλο επιθυμούμε για να το αποστείλουμε στον ασθενή.
 4. **ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ E-MAIL:** Πατώντας στο κουμπί αυτό κάνουμε προώθηση του E-mail που συντάξαμε στον ασθενή για την έναρξη της επικοινωνίας.

Παράρτημα Β

Εγχειρίδιο Χρήσης Τεχνικού Πληροφορικής

Πιο κάτω θα δούμε πια είναι τα βασικά βήματα για την εγκατάσταση του απαραίτητου λογισμικού και θα γίνει μια περιγραφή του κώδικα της διαδικτυακής εφαρμογής.

Βήματα εγκατάστασης λογισμικού

- **Βήμα 1:** Καταρχάς, για να εκκινήσουμε τη λειτουργία του συστήματος, χρειαζόμαστε το open source εργαλείο MySQL, το οποίο μπορούμε να βρούμε και να κατεβάσουμε στον υπολογιστή μας δωρεάν από το link: <https://dev.mysql.com/downloads/installer/>.
- **Βήμα 2:** Ακολούθως, πρέπει να δημιουργήσουμε στη MySQL τους 5 πίνακες για αποθήκευση των πληροφοριών του συστήματος, όπως τους παρουσιάζουμε στο υποκεφάλαιο 5.4.
- **Βήμα 3:** Αφού έχουμε χτίσει τη βάση δεδομένων του συστήματος, χρειαζόμαστε το επίσης open source λογισμικό Eclipse IDE, για να μπορέσουμε να κάνουμε αλλαγές στο Android Application. Η τελευταία έκδοση της Eclipse βρίσκεται στο link: <https://eclipse.org/downloads/>.
- **Βήμα 4:** Για να μπορούμε να γράφουμε κώδικα Java στο εργαλείο Eclipse για την ανάπτυξη εφαρμογών Android, χρειαζόμαστε τα Android SDK Tools, τα οποία μπορούμε να κατεβάσουμε από το link: <https://developer.android.com/sdk/index.html#Other> και να τα αποθηκεύσουμε σε ένα φάκελο της επιλογής μας. Εφόσον τα έχουμε στον υπολογιστή μας, ακολουθούμε τις οδηγίες στο link: <https://developer.android.com/sdk/installing/index.html?pkg=tools> για να τα εγκαταστήσουμε και να μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε με το εργαλείο Eclipse.
- **Βήμα 5:** Επιπρόσθετα, για το γράψιμο και τη δημιουργία εφαρμογών, χρειαζόμαστε εργαλεία ανάπτυξης. Για τη γλώσσα προγραμματισμού Java, χρησιμοποιούμε το Java Development Kit (JDK), το οποίο μπορούμε να κατεβάσουμε και να εγκαταστήσουμε στον υπολογιστή μας από το link: <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/downloads/jdk8-downloads-2133151.html>. Καλό θα ήταν να θέσουμε και τη μεταβλητή JAVA_HOME στον υπολογιστή μας, η οποία είναι μια σύμβαση, που συνήθως χρησιμοποιείται από τον Apache Tomcat και άλλους servers εφαρμογών Java και εργαλεία ανάπτυξης για να εντοπίζουμε την τοποθεσία της Java στον υπολογιστή μας. Για να το κάνουμε αυτό, πατάμε δεξί κλικ στο My Computer => Properties => Advanced System Settings => Advanced => Environment Variables... => New. Στο παράθυρο που εμφανίζεται, βάζουμε στο Variable Name το JAVA_HOME και στο Variable Value το path μέχρι το φάκελο που εγκαταστήσαμε το JDK. Αφού τελειώσουμε, επιλέγουμε Ok.
- **Βήμα 6:** Με την εγκατάσταση της Eclipse και των Android SDK Tools, προχωρούμε στην εισαγωγή των αρχείων της Android εφαρμογής. Από το εργαλείο Eclipse, πατάμε στο File => Import... => Existing Projects into Workspace. Στο καινούριο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγουμε Select Root Directory => Browse... και προσθέτουμε με σειρά τους φακέλους AnimationDialogBox, ShimmerAndroidInstrumentDriver, ShimmerDriver και TutorialShowCase, και μετά το Finish.
- **Βήμα 7:** Όλα αυτά τα projects, αποτελούν βιβλιοθήκες της Android εφαρμογής, οπότε το καθένα από αυτά πρέπει να τα δηλώσουμε ως βιβλιοθήκες. Αυτό μπορεί να γίνει πατώντας δεξί κλικ σε κάθε project και την επιλογή Properties. Στο παράθυρο που μας εμφανίζεται, επιλέγουμε την καρτέλα Android, κάνουμε tick την επιλογή Is Library και επιλέγουμε Ok.
- **Βήμα 8:** Για να ολοκληρώσουμε την εισαγωγή των projects της εφαρμογής Android, προσθέτουμε το project ECGsample, το οποίο αποτελεί και την Android εφαρμογή. Όπως και προηγουμένως, πατάμε στο File => Import... => Existing Projects into Workspace. Στο καινούριο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγουμε Select Root Directory => Browse... και προσθέτουμε τον φάκελο ECGsample.
- **Βήμα 9:** Το επόμενο βήμα, αφορά την ενημέρωση του φακέλου ECGsample με τις βιβλιοθήκες που έχουμε εισάγει στο εργαλείο Eclipse. Αυτό είναι εφικτό, πατώντας δεξί κλικ στο project και την επιλογή Properties. Στο παράθυρο που μας εμφανίζεται, επιλέγουμε την καρτέλα Android και το κουμπί Add για να προσθέσουμε τις βιβλιοθήκες. Όταν τελειώσουμε επιλέγουμε Ok.

- **Βήμα 10:** Η διαδικασία εισαγωγής βιβλιοθηκών, ολοκληρώνεται με την εισαγωγή 3 .jar αρχείων, των achartengine-1.1.0, GraphView-3.1.3 και nineoldandroids-2.4.0. Αυτό γίνεται πατώντας δεξί κλικ στο project ECGsample και την επιλογή Properties. Στο παράθυρο που μας εμφανίζεται, επιλέγουμε το Java Build Path και την καρτέλα Libraries. Από εκεί, επιλέγουμε το κουμπί Add External JARs... και εισάγουμε τα 3 αρχεία .jar. Όταν τελειώσουμε επιλέγουμε Ok.
- **Βήμα 11:** Έπειτα, συνδέουμε την Android κινητή συσκευή μας στον υπολογιστή μας μέσω καλωδίου. Μετά, από την κινητή μας συσκευή επιλέγουμε Settings => Developer Options => Enable USB Debugging. Αυτό γίνεται για να μπορούμε να εγκαταστήσουμε όποτε θέλουμε εφαρμογές Android από το εργαλείο Eclipse στην κινητή μας συσκευή.
- **Βήμα 12:** Προτού τρέξουμε την εφαρμογή Android στην κινητή μας συσκευή, πρέπει να αλλάξουμε το IP Address μέσα στον κώδικα, συγκεκριμένα στη τοποθεσία ECGsample => src => com.example.ecgsample και στα αρχεία DiagnosisFragment.java, FragmentTab2.java, HeartrateActivity.java, LoginActivity.java και SignUpActivity.java, έτσι ώστε να μην παρουσιάζει προβλήματα σύνδεσης η εφαρμογή Android με τη βάση δεδομένων. Για να βρούμε το IP Address, από τον υπολογιστή μας ανοίγουμε το Command Prompt και εκτελούμε την εντολή ipconfig.
- **Βήμα 13:** Στη συνέχεια, επιλέγουμε τον φάκελο από το εργαλείο Eclipse ECGsample και επιλέγουμε Run. Στο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγουμε την Android κινητή μας συσκευή και πατούμε στο κουμπί Ok. Ακολουθώντας τις οδηγίες που εμφανίζονται στη κινητή μας συσκευή, καταφέρνουμε να εγκαταστήσουμε το Android Application. Να σημειώσουμε ότι για να εμφανιστεί η Android κινητή μας συσκευή στις διαθέσιμες συσκευές, πρέπει από πριν να έχουμε εγκαταστήσει το ανάλογο USB Driver για την κινητή μας συσκευή.
- **Βήμα 14:** Με το βήμα 10, ολοκληρώσαμε τη διαδικασία εγκατάστασης της εφαρμογής Android στην κινητή μας συσκευή. Το βήμα 11, αφορά την εγκατάσταση του open source server Apache Tomcat 7 για την επικοινωνία των δεδομένων της Android εφαρμογής και της διαδικτυακής εφαρμογής με τη βάση δεδομένων. Από το link: <https://tomcat.apache.org/download-70.cgi>, επιλέγουμε κάτω από το Core την επιλογή zip και αποθηκεύουμε τον server σε τοποθεσία της επιλογής μας.
- **Βήμα 15:** Εφόσον και η Android αλλά και η διαδικτυακή μας εφαρμογή εδρεύουν στο εργαλείο Eclipse, τότε πρέπει να εισάγουμε και τον server στο ίδιο εργαλείο. Από το εργαλείο Eclipse, πατάμε στο Window => Preferences. Στο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγουμε Server => Runtime Environment. Ακολουθώντας, πατάμε στο κουμπί Add... => Apache Tomcat 7, κάνουμε tick στην επιλογή Create a New Local Server και πατάμε στο Next. Από εκεί, επιλέγουμε με το κουμπί Browse... το φάκελο στον οποίο βρίσκεται ο server, μετά πατάμε στο κουμπί Download and Install... για να εγκατασταθεί ο server στην Eclipse και επιλέγουμε το φάκελο με το Android JRE που έχουμε κατεβάσει. Όταν τελειώσουμε πατάμε στο Finish.
- **Βήμα 16:** Για να μπορούμε να βλέπουμε την κατάσταση του server Apache Tomcat 7 που έχουμε εγκαταστήσει στο εργαλείο Eclipse, επιλέγουμε Window => Show View => Other... => Server => Servers και επιλέγουμε το Ok. Να σημειώσουμε ότι το default hostname είναι localhost και το default port το 8080.
- **Βήμα 17:** Ακολουθώντας, πρέπει να εισάγουμε στην Eclipse το project με το οποίο δημιουργήσαμε τη διαδικτυακή μας εφαρμογή, το οποίο περιέχει και τη σύνδεση με τη βάση δεδομένων. Αυτό μπορεί να γίνει επιλέγοντας File => Import... => Existing Projects into Workspace. Στο καινούριο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγουμε Select Root Directory => Browse... και προσθέτουμε τον φάκελο ECG.
- **Βήμα 18:** Για την ορθή και επιτυχημένη σύνδεση με τη βάση δεδομένων, πρέπει να αλλάξουμε το username και το password που χρησιμοποιούμε για να ενωθούμε με τη βάση δεδομένων. Για να το πράξουμε αυτό, επιλέγουμε το project ECG που έχουμε εισάγει στην Eclipse και μετά τις επιλογές Java Resources => src => ecg.hibernate => hibernate.cfg.xml. Στο .xml αρχείο που ανοίγουμε, αλλάζουμε στην 9^η και 10^η γραμμή κώδικα το username και το password, έτσι ώστε να είναι ίδια με τα αντίστοιχα που χρησιμοποιούμε για τη σύνδεση μας με τη βάση δεδομένων στη MySQL.
- **Βήμα 19:** Για το τελευταίο βήμα, επιλέγουμε το project ECG στην Eclipse και πατούμε στο κουμπί Run. Στο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγουμε Run on Server. Εφόσον ξεκίνησε η διαδικτυακή εφαρμογή, είμαστε σε θέση να χρησιμοποιήσουμε και την εφαρμογή Android στην κινητή μας συσκευή, αφού και αυτή αλλά και η διαδικτυακή εφαρμογή επικοινωνούν με τη βάση δεδομένων.

Περιγραφή κώδικα διαδικτυακής εφαρμογής (Web Application)

Σε αυτό το σημείο του Παραρτήματος Β, θα γίνει μια περιγραφή του κώδικα του Web Application. Πιο κάτω, βλέπουμε αρχικά τον κώδικα του αρχείου Login.jsp:

- **Login.jsp**

Οι πιο κάτω γραμμές κώδικα περιλαμβάνουν τον τίτλο της αρχικής οθόνης της διαδικτυακής εφαρμογής, μαζί με μια εικόνα του ιατρού, στην οποία ορίσαμε την τοποθεσία της στον υπολογιστή και το μέγεθός της.

```
<h1 class="titleFont">Welcome to Doctors Administration System</h1>

```

Ακολουθώς, ορίζουμε το κουτί στο οποίο θα συμπεριλαμβάνεται η εισαγωγή του username και του password του ιατρού.

```
<section class="container">
```

```
    <div class="login">
```

Η επόμενη γραμμή αφορά τον τίτλο που θα εμφανίζεται μέσα στο κουτί.

```
    <h1>Login to Patients Records</h1>
```

Στη συνέχεια, δημιουργούμε μια φόρμα, στην οποία θα έχουμε μέσα τα labels, δηλαδή τα κουτιά για εισαγωγή του ονόματος και του κωδικού του ιατρού. Παρατηρούμε ότι με τον τερματισμό εισαγωγής των στοιχείων του ιατρού, πατώντας δηλαδή στο κουμπί Login που θα αναφέρουμε πιο κάτω, οδηγούμαστε στο Login-check.jsp, όπως φαίνεται στο πεδίο action.

```
    <form method="post" action="Log-in-check.jsp">
    <p><input type="text" name="login" value="" placeholder="Username or
Email"></p>
    <p><input type="password" name="password" value=""
placeholder="Password"></p>
```

Παρακάτω, βλέπουμε την εισαγωγή ενός checkbox, στο οποίο ο χρήστης θα κάνει tick αν επιθυμεί να αποθηκεύονται οι επιλογές που έχει εισάγει, καθώς και τη φράση «Remember me on this computer».

```
    <p class="remember_me">
    <label>
    <input type="checkbox" name="remember_me" id="remember_me">
    Remember me on this computer
    </label>
    </p>
```

Για την επαλήθευση της ορθότητας των δεδομένων που έχουμε εισάγει, προσθέτουμε το κουμπί Login, με το οποίο οδηγούμαστε στο Login-check.jsp.

```
    <p><button type="submit" class="btn submit">Login</button></p>
    </form>
    </div>
```

Τέλος, έχουμε την επιλογή να κάνουμε reset το password αν το ξέχασε ο ιατρός, χωρίς ωστόσο να του προσθέσουμε κάποια λειτουργικότητα.

```
    <div class="login-help">
        <p>Forgot your password? <a href="#">Click here to reset it</a>.</p>
    </div>
</section>
```

- **Login-check.jsp**

Πιο κάτω, το αρχείο Login-check.jsp, αρχίζει με τον ορισμό των μεταβλητών, με τη δημιουργία 2 πινάκων οι οποίοι θα αποθηκεύουν μέχρι 2 username και 2 passwords για 2 μόνο ιατρούς. Όπως παρατηρούμε, δηλώνοντας το πεδίο `<% %>` μπορούμε να γράψουμε κώδικα Java σε αρχείο .jsp και αυτό το κομμάτι ονομάζεται scriptlet.

```
<%!  
    // Define variables  
    int i;  
    String[] userDoc = new String[2];  
    String[] passDoc = new String[2];
```

```
%>
```

Προχωρώντας, δημιουργούμε ένα νέο instance για να ενωθούμε με τη βάση δεδομένων MySQL και το όνομα που δίνουμε στη σύνδεση αυτή είναι conn.

```
<%  
    Class.forName("com.mysql.jdbc.Driver").newInstance();  
  
    java.sql.Connection conn;  
  
    Για να ενωθούμε με τη βάση δεδομένων που έχουμε κτίσει, χρησιμοποιούμε την παρακάτω γραμμή  
    κώδικα. Το default hostname της MySQL είναι το localhost, το όνομα της βάσης μας είναι ecg και  
    είμαστε ενωμένοι στη βάση με το username root. Αν είχαμε και κωδικό για να ενωθούμε στη βάση,  
    προσθέτουμε "&password=xxx" στο τέλος του url.
```

```
    conn = DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localhost/ecg?user=root");
```

Με την εντολή Statement, μπορούμε να τρέχουμε διάφορα queries στη βάση δεδομένων.

```
    Statement sqlStatement = conn.createStatement();
```

Εδώ δημιουργούμε ένα νέο τύπο String, ο οποίος περιέχει το query που θα τρέξουμε στη βάση.

```
    String query = "SELECT * FROM doctors";
```

Στην επομένη γραμμή, τρέχουμε το πιο πάνω query και επιστρέφονται όλες οι εγγραφές στη μεταβλητή sqlResult τύπου ResultSet.

```
    ResultSet sqlResult = sqlStatement.executeQuery(query);
```

Στο πιο κάτω loop τερματίζει όταν αποθηκεύσουμε όλες τις εγγραφές που έχουμε στη βάση δεδομένων στους 2 πίνακες που δημιουργήσαμε πιο πάνω. Να σημειωθεί ότι θεωρούμε ότι στη βάση δεδομένων έχουμε μόνο 2 εγγραφές, αλλιώς θα μας έβγαζε λάθος στην εκτέλεση του προγράμματος.

```
    i=0;  
    while(sqlResult.next()) {  
        userDoc[i] = sqlResult.getString("Username");  
        passDoc[i] = sqlResult.getString("Password");  
        i++;  
    }
```

Αφού έχουμε αποθηκεύσει τα δεδομένα της βάσης στους πίνακες μας, κλείνουμε τις ανοικτές συνδέσεις.

```
    sqlResult.close();  
    sqlStatement.close();  
    conn.close();
```

Στις παρακάτω μεταβλητές που ορίζουμε, παίρνουμε τις τιμές που μας έχει δώσει ο χρήστης στα labels του αρχείου Login.jsp.

```
String username = (String) request.getParameter("login");
String password = (String) request.getParameter("password");
```

Τέλος, έχουμε μια συνθήκη, η οποία ελέγχει αν οι τιμές που μας έδωσε ο χρήστης υπάρχουν μέσα στη βάση δεδομένων, συγκεκριμένα στο παράδειγμα μας ελέγχεται μόνο η πρώτη εγγραφή της βάσης. Αν αυτό ισχύει, τότε πηγαίνουμε στο αρχείο index.html, αλλιώς στο αρχείο Login-error.jsp.

```
if ((userDoc[0].equals(username)) && (passDoc[0].equals(password))){
    session.setAttribute("username",username);
    response.sendRedirect("index.html");
    return;
}

else{
    response.sendRedirect("log-in-error.jsp");
}
%>
```

- **Login-error.jsp**

Σε αυτό το αρχείο υπάρχει ο ίδιος κώδικας με το Login.jsp, με τη διαφορά ότι εμφανίζουμε και ένα μήνυμα λάθους που υποδεικνύει στον χρήστη ότι τα δεδομένα που έδωσε στα labels για username και password δεν υπάρχουν ως εγγραφή στη βάση δεδομένων, πιο συγκεκριμένα δεν είναι η πρώτη εγγραφή στη βάση.

```
<div class="alert alert-danger" style="text-align: center">
    <strong style="font-weight: bold">Invalid Username or Password!</strong>
Please try again.
</div>
```

- **Index.html**

Η σελίδα αυτή, είναι η αρχική οθόνη του συστήματος αφού πρώτα ο χρήστης έκανε εισαγωγή των στοιχείων του και εισήλθε στο σύστημα. Για αρχή, θα περιγράψουμε τα αντικείμενα που βρίσκονται στο top menu της σελίδας.

Ο πιο κάτω κώδικας, αφορά το πεδίο μηνυμάτων του ιατρού που βρίσκονται στο inbox του, στη συγκεκριμένη περίπτωση από 3 διαφορετικά πρόσωπα.

```
<!-- Top Menu Items -->
<ul class="nav navbar-right top-nav">
    <li class="dropdown">
        <a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i
class="fa fa-envelope"></i> <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu message-dropdown">
            <li class="message-preview">
                <a href="#">
                    <div class="media">
                        <span class="pull-left">
                            
                        </span>
                        <div class="media-body">
```

```

        <h5 class="media-heading"><strong>John
Smith</strong>
        </h5>
        <p class="small text-muted"><i class="fa
fa-clock-o"></i> Yesterday at 4:32 PM</p>
        <p>George Lucas sent you a message...</p>
    </div>
</div>
</a>
</li>
<li class="message-preview">
    <a href="#">
        <div class="media">
            <span class="pull-left">
                
            </span>
            <div class="media-body">
                <h5 class="media-heading"><strong>John
Smith</strong>
                </h5>
                <p class="small text-muted"><i class="fa
fa-clock-o"></i> Yesterday at 6:47 PM</p>
                <p>Steven Spielberg sent you a
message...</p>
            </div>
        </div>
    </a>
</li>
<li class="message-preview">
    <a href="#">
        <div class="media">
            <span class="pull-left">
                
            </span>
            <div class="media-body">
                <h5 class="media-heading"><strong>John
Smith</strong>
                </h5>
                <p class="small text-muted"><i class="fa
fa-clock-o"></i> Yesterday at 9:14 PM</p>
                <p>Quentin Tarantino sent you a
message...</p>
            </div>
        </div>
    </a>
</li>
<li class="message-footer">
    <a href="#">Read All New Messages</a>
</li>
</ul>
</li>

```

Ακολουθώς, τοποθετούμε δεξιά από τα μηνύματα κάποιες άλλες ειδοποιήσεις που αφορούν αναβάθμιση κάποιου λογισμικού από τον ιατρό.

```

<li class="dropdown">
    <a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i
class="fa fa-bell"></i> <b class="caret"></b></a>
    <ul class="dropdown-menu alert-dropdown">
        <li>

```

```

        <a href="#">Update App <span class="label label-
info">Future Alert</span></a>
    </li>
    <li>
        <a href="#">Install App <span class="label label-
warning">Warning Alert</span></a>
    </li>
    <li>
        <a href="#">Delete App <span class="label label-
danger">Crucial Alert</span></a>
    </li>
    <li class="divider"></li>
    <li>
        <a href="#">View All</a>
    </li>
</ul>
</li>

```

Κλείνοντας το top menu, βάζουμε το όνομα του ιατρού με ένα εικονίδιο για ιατρό, καθώς και τις επιλογές profile, inbox, settings και log out.

```

    <li class="dropdown">
        <a href="#" class="dropdown-toggle" data-toggle="dropdown"><i
class="fa fa-user-md"></i> John Smith <b class="caret"></b></a>
        <ul class="dropdown-menu">
            <li>
                <a href="#"><i class="fa fa-fw fa-user"></i>
Profile</a>
            </li>
            <li>
                <a href="#"><i class="fa fa-fw fa-envelope"></i>
Inbox</a>
            </li>
            <li>
                <a href="#"><i class="fa fa-fw fa-gear"></i>
Settings</a>
            </li>

```

Για το log out, όπως βλέπουμε παρακάτω, πατώντας επάνω του επιστρέφουμε στην αρχική οθόνη, στην οποία πρέπει ο ιατρός να ξανα-εισάγει τα στοιχεία του για να εισέλθει στην εφαρμογή.

```

    <li class="divider"></li>
    <li>
        <a href="log-in.jsp"><i class="fa fa-fw fa-power-
off"></i> Log Out</a>
    </li>
</ul>
</li>
</ul>

```

<!-- Sidebar Menu Items - These collapse to the responsive navigation menu on small screens -->

Παρακάτω, δημιουργήσαμε το κυρίως μενού αριστερά της οθόνης, το οποίο περιλαμβάνει το κουμπί home, patients, η οποία περιλαμβάνει μόνο 2 ασθενείς για εισαγωγή στοιχείων 2 εγγράφων από τη βάση δεδομένων, και το κουμπί Contact Patient.

```

<div class="collapse navbar-collapse navbar-ex1-collapse">
    <ul class="nav navbar-nav side-nav">
        <li class="active">
            <a href="index.html"><i class="fa fa-fw fa-dashboard"></i>
Home</a>
        </li>

```


- **jdbcTest.jsp**

Πατώντας σε ένα από τους 2 ασθενείς, ενεργοποιείται το jdbcTest.jsp ή το jdbcTest2.jsp ανάλογα. Θα περιγράψουμε μόνο το ένα από τα 2 αρχεία επειδή ο κώδικάς τους είναι παρόμοιος. Να αναφέρουμε ότι εκτελούν την ίδια διαδικασία με το αρχείο Login-check.jsp, για να ενωθούν με τη βάση δεδομένων για τη συλλογή των πληροφοριών του ασθενή. Το μόνο που αλλάζει, είναι ο πίνακας και οι στήλες του πίνακα, άρα θα περιγράψουμε μόνο το επιπρόσθετο κομμάτι κώδικα που υπάρχει.

Συγκεκριμένα, βλέπουμε ότι αφού έχουν αποθηκευτεί τα στοιχεία του ασθενή στους πίνακες που έχουμε ορίσει, τότε με την εντολή setAttribute, μπορούμε να φυλάξουμε την τιμή τους σε μια μεταβλητή, η οποία θα είναι προσβάσιμη και από άλλα αρχεία τύπου .jsp. Πιο κάτω, παρατηρούμε ότι στέλνονται οι βιομετρήσεις του ασθενή όπως τις έχουμε ανακτήσει από τη βάση δεδομένων.

```
request.getSession().setAttribute("dateTaken", dateTaken[0]);
request.getSession().setAttribute("temperature", temperature[0]);
request.getSession().setAttribute("airflow", airflow[0]);
request.getSession().setAttribute("oxygen", oxygen[0]);
request.getSession().setAttribute("sPressure", sPressure[0]);
request.getSession().setAttribute("dPressure", dPressure[0]);
request.getSession().setAttribute("muscle", muscle[0]);
request.getSession().setAttribute("ecg", ecg[0]);
request.getSession().setAttribute("conductivity", conductivity[0]);
request.getSession().setAttribute("pulse", pulse[0]);
```

Στο τέλος του κώδικα, μεταφερόμαστε στο αρχείο patient.jsp ή patient2.jsp, ανάλογα με το ποιο αρχείο ήμασταν πριν, το jdbcTest.jsp ή το jdbcTest2.jsp, για να παρουσιάσουμε τις βιομετρήσεις, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και τα προσωπικά στοιχεία του ασθενή.

```
<jsp:include page="patient.jsp" >
    <jsp:param name="param1" value="menu" />
</jsp:include>
```

- **Patient.jsp**

Όπως και με τα αρχεία jdbcTest.jsp πιο πάνω, και εδώ θα περιγράψουμε μόνο το ένα από τα 2 αρχεία patient.jsp και patient2.jsp επειδή ο κώδικάς τους είναι παρόμοιος.

Πιο κάτω παρουσιάζουμε το όνομα του ασθενή του οποίου θα δούμε τις πληροφορίες.

```
<div class="row">
    <div class="col-lg-12">
        <h1 class="page-header">
            Patient <strong> <%= session.getAttribute("firstName")
%> <%= session.getAttribute("lastName") %> </strong>
        </h1>
        <ol class="breadcrumb">
            <li>
                <i class="fa fa-dashboard"></i> <a
href="index.html">Home</a>
            </li>
            <li class="active">
                <i class="fa fa-user"></i> Patients
            </li>
        </ol>
    </div>
</div>
```

Ακολουθώντας, θα παρουσιάσουμε τις προσωπικές πληροφορίες του ασθενή όπως τις λαμβάνουμε από τη βάση δεδομένων, με την εντολή getAttribute.

```

        <div class="row">
        <div class="col-Lg-12">
            <div class="panel panel-red">
                <div class="panel-heading">
                    <h3 class="panel-title"><i class="fa fa-user"></i>
Patient's Personal Information</h3>
                </div>
                <div class="panel-body">
                    <div class="form-group">

                        <div class="row">

                            <label style="padding-
left:5em">User ID: </label> <%= session.getAttribute("userID") %>
                            <label style="padding-
left:9em">Name: </label> <%= session.getAttribute("firstName") %>
                            <label style="padding-
left:8em">Last Name: </label> <%= session.getAttribute("lastName") %>
                            <label style="padding-
left:9.5em">Gender: </label> <%= session.getAttribute("gender") %>
                        </div>
                        <p>
                        <div class="row">
                            <label style="padding-
left:5em">Date of Birth: </label> <%= session.getAttribute("date") %>
                            <label style="padding-
left:4.5em">Street: </label> <%= session.getAttribute("street") %>
                            <label style="padding-
left:7.5em">Number of Street: </label> <%= session.getAttribute("noStreet") %>
                            <label style="padding-
left:9.25em">City: </label> <%= session.getAttribute("city") %>
                        </div>
                        <p>
                        <div class="row">
                            <label style="padding-
left:5em">Country: </label> <%= session.getAttribute("country") %>
                            <label style="padding-
left:10em">Postal Code: </label> <%= session.getAttribute("postal") %>
                            <label style="padding-
left:6em">Telephone Number: </label> <%= session.getAttribute("telephone") %>
                            <label style="padding-
left:5em">E-mail: </label> <%= session.getAttribute("email") %>
                        </div>
                        <p>
                        </div>
                    </div>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>

```

Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το ηλεκτροκαρδιογράφημα, το οποίο παρουσιάζουμε χρησιμοποιώντας το έτοιμο εργαλείο RGraph, συγκεκριμένα τη μορφή γραφικής παράστασης scatter plot.

```

<div class="row">
    <div class="col-Lg-12">

        <div class="panel panel-red">
            <div class="panel-heading">

```



```

o"></i> ECG Graph</h3>
</div>
<div class="panel-body">

```

Εδώ θα θέσουμε το μέγεθος που θέλουμε να έχει η γραφική παράσταση του ΗΚΓ.

```
<canvas id="cvs" width="1000" height="250">[No canvas support]</canvas>
```

Έπειτα, γράφουμε javascript κώδικα για την παρουσίαση του ΗΚΓ. Ο πίνακας data1 περιέχει τις τιμές των volts όπως τις λάβαμε από τη συσκευή Shimmer και ο πίνακας data2 τα mSeconds.

```

<script>
var data1 = [-0.071166928,-0.104657248,...,0.00418629];
var data2 = [1116.241455,1215.85083,...,22532.25708];

var i, out = []; //literal new array

```

Για να παρουσιάσουμε τα δεδομένα μας στη γραφική παράσταση, το RGraph προϋποθέτει την ύπαρξη ενός μόνο πίνακα, οπότε και ενώνουμε τους 2 πιο πάνω πίνακες.

```

for(i=0;i<data1.length;i++)

    out.push([data2[i],data1[i]]);

```

Στο πιο κάτω κομμάτι κώδικα, παρουσιάζουμε τη γραφική παράσταση του ΗΚΓ με το εργαλείο RGraph. Λεπτομέρειες για το πώς μπορούμε να χειριστούμε το εργαλείο αυτό και τα χαρακτηριστικά του μπορούμε να βρούμε στη διαδικτυακή διεύθυνση <http://www.rgraph.net/>.

```

var scatter = new RGraph.Scatter({
    id: 'cvs',
    data: [out],
    options: {
        numxticks: 10,
        numyticks: 5,
        background: {
            grid: {
                autofit: {
                    numvlines: 40,
                    numhlines: 8,
                },

                color: '#e399bd'
            },
            barcolor1: '#f8e5ee',
            barcolor2: '#f8e5ee'
        },
        colors: ['black'],
        linewidth: 1,
        gutter: {
            left: 60,
            right: 30
        },
        shadow: {
            color: 'aaaaaa',
            blur: 5
        },
        tickmarks: null,
        title: {
            xaxis: {
                self: "Time (MSecs)",
                size: 10
            }
        }
    }
});

```

```

    },
    yaxix: {
      self: "Value of ECG (MVolts)",
      size: 10,
      x: 8,
      y: 125
    }
  },
  xscale: {
    self: true,
    decimals: 2
  },
  ymin: -0.15,
  ymax: 0.05,
  scale: {
    decimals: 3
  },
  line: {
    self: true,
    linewidth: 1
  }
}
}).draw()
</script>

```

Στο παρακάτω κομμάτι, παρουσιάζουμε στο χρήστη την επιλογή να διαλέξει να δει παλαιότερα ΗΚΓ του ασθενή, δεν περιέχει όμως κάποια λειτουργικότητα.

```

<div class="col-lg-6">
  <label>Select the time of the ECG you want to display</label>
  <select class="form-control">
    <option>Yesterday</option>
    <option>Last Week</option>
    <option>Last Month</option>
    <option>Last 6 Months</option>
    <option>Last Year</option>
  </select>

  <p style="padding-bottom:0.50em"> </p>
  <button type="submit" class="btn btn-default">Submit</button>

</div>

```

Τέλος, παρουσιάζουμε την ημερομηνία και την ώρα καταγραφής του ΗΚΓ από τη συσκευή Shimmer.

```

<div class="col-lg-2">
</div>

<div class="col-lg-4">
  <p style="padding-bottom:3em"> </p>
  <div class="alert alert-success">
    <strong>ECG taken at: </strong>2015-05-03 11:42:35.5 am.
  </div>
</div>

```

Ακολούθως, παρουσιάζουμε τις βιομετρήσεις του ασθενή με τον ίδιο τρόπο που παρουσιάζουμε και τα προσωπικά του στοιχεία πιο πάνω, αλλά και την ημερομηνία και την ώρα που λάβαμε τις μετρήσεις από το Arduino και την πλακέτα e-Health, όπως τα παρουσιάζουμε και στο ηλεκτροκαρδιογράφημα.

- **Contact Patient**

Το τελευταίο αρχείο που θα περιγράψουμε, παρουσιάζει τον τρόπο με τον οποίο μπορεί ο ιατρός να επικοινωνεί με τον ασθενή μέσω E-mail, χωρίς ωστόσο να περιέχει κάποια λειτουργικότητα, απλά το δημιουργήσαμε για σκοπούς εμφάνισης.

Για αρχή, παρουσιάζουμε στην εφαρμογή τον τίτλο στο κυρίως κομμάτι της οθόνης.

```
<div class="row">
  <div class="col-lg-12">
    <h1 class="page-header">
      Contact a Patient <small>Send your Medical
Advice/Information</small>
    </h1>
    <ol class="breadcrumb">
      <li>
        <i class="fa fa-dashboard"></i> <a href="index.html">Home</a>
      </li>
      <li class="active">
        <i class="fa fa-envelope"></i> Contact Patient
      </li>
    </ol>
```

Ακολούθως, προσθέτουμε labels για την εισαγωγή του E-mail του ασθενή, του θέματος του E-mail αλλά και του περιεχομένου του E-mail.

```
<div class="col-lg-4">
  <div class="form-group">
    <label>Enter the E-mail of the patient:</label>
    <input class="form-control" placeholder="E-mail Address">
  </div>
</div>

<div class="col-lg-8">
  <div class="form-group">
    <label>Enter the subject of the E-mail:</label>
    <input class="form-control" placeholder="Subject of E-mail">
  </div>
</div>

<div class="col-lg-12">
  <div class="form-group">
    <label>Enter the message which you want to send:</label>
    <textarea class="form-control" placeholder="Body of E-mail"
style="padding:6px 12px; height:100px" required></textarea>
  </div>
</div>
```

Για την αποστολή του E-mail, προσθέσαμε ένα κουμπί για Submit με τον παρακάτω κώδικα.

```
<div class="col-lg-4">
  <button type="submit" class="btn btn-default">Submit</button>
</div>
```

Τέλος, προσθέσαμε μια εικόνα στο κάτω μέρος αυτής της σελίδας με το πιο κάτω κομμάτι κώδικα.

```
<div class="col-lg-12">
  
</div>
```