

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΙΝΗΤΗΣ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΦΟΡΗΤΟ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ (ΜΕ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ) ΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ
ΑΣΘΕΝΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΜΕΤΕΓΧΕΙΡΗΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟ**

Γιώργος Ματθαίου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2011

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Σύστημα κινητής τηλεϊατρικής σε φορητό υπολογιστή (με αισθητήρες) για
παρακολούθηση ασθενών κατά τη μετεγχειρητική περίοδο**

Γιώργος Ματθαίου

Επιβλέπων Καθηγητής

Κωνσταντίνος Παττίχης

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

Μάιος 2011

Ευχαριστίες

Θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον καθηγητή του Πανεπιστημίου Κύπρου και επιβλέπων καθηγητή Δρ. Παττίχη Κωνσταντίνο και στον αναπληρωτή καθηγητή του Frederick University of Cyprus Δρ. Κυριάκου Ευθύβουλο για την καθοδήγηση που μου έδωσαν, για την υπομονή που επέδειξαν σε όλη την διάρκεια συνεργασίας μας αλλά και κυρίως για τον σεβασμό και την εμπιστοσύνη που έδειξαν απέναντι στο άτομο μου.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, Αδάμο και Ελένη, για την υποστήριξη που μου έχουν προσφέρει σε όλη την διάρκεια της φοίτησης μου στο Πανεπιστημίου Κύπρου.

Περίληψη

Στόχος αυτής της ατομικής διπλωματικής εργασίας είναι η σχεδίαση, ανάπτυξη και εγκατάσταση ενός συστήματος του οποίου η βασική λειτουργία είναι η εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση. Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής βασικά υποσυστήματα: το τοπικό σύστημα παρακολούθησης ασθενή μέσω προσωπικού υπολογιστή (*PatMon*), το κεντρικό σύστημα παρακολούθησης ασθενών από τους ιατρούς τους μέσω ιστοσελίδας (*CardiacPortal*), το τοπικό σύστημα παρακολούθησης ασθενών από τους ιατρούς τους μέσω κινητού τηλεφώνου (*DocMon*), η βάση δεδομένων η οποία θα αποθηκεύει τις πληροφορίες των ασθενών και των ιατρών τους και τέλος το σύστημα-υπηρεσία που θα διαχειρίζεται τη βάση δεδομένων μέσω του διαδικτύου (*Application Server*).

Το υποσύστημα το οποίο απευθύνεται στους ασθενείς, έχει σαν στόχο να καταγράφει και να επεξεργάζεται το ηλεκτροκαρδιογράφημα (3-12 leads), το Plethysmogram, τους παλμούς της καρδιάς, το οξυγόνο του αίματος, την πίεση του αίματος και το σωματικό βάρος του ασθενή με την χρήση ειδικών ηλεκτρονικών ιατρικών συσκευών. Τα δεδομένα αυτά θα προωθούνται αυτόματα σε μια βάση δεδομένων με τη χρήση ενός web service το οποίο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση της βάσης αυτής. Το ιατρικό προσωπικό από την άλλη θα μπορεί να παρακολουθεί επί καθημερινής βάσης την υγεία των ασθενών του έχοντας στην διάθεση του δύο διαφορετικά υποσυστήματα. Το πρώτο υποσύστημα, το οποίο έχει υλοποιηθεί κατά τη μεταπτυχιακή μελέτη της Παναγιώτα Χειμωνίδου σε αρκετά μεγάλο βαθμό, θα προσφέρει τις υπηρεσίες του μέσω μιας ιστοσελίδας ενώ το δεύτερο υποσύστημα θα προσφέρει τις υπηρεσίες μέσω ενός κινητού τηλεφώνου. Τα δύο αυτά υποσυστήματα έχουν σαν κύρια λειτουργία την αναπαράσταση των πληροφοριών των ασθενών που καταγράφονται από το τοπικό σύστημα παρακολούθησης που χρησιμοποιούν. Το όλο σύστημα εγκαταστάθηκε στον κεντρικό εξυπηρετητή που βρίσκεται στο Γενικό Νοσοκομείο της Πάφου και αξιολογήθηκε για την ορθότητα και την απόδοση του. Τα αποτελέσματα που πήραμε ήταν αρκετά ικανοποιητικά και το σύστημα λειτουργεί αποτελεσματικά και ορθά.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή.....	1
1.1 Εισαγωγή στην Τηλεϊατρική	1
1.2 Εφαρμογές Τηλεϊατρικής	3
1.3 Μεταφορά δεδομένων	7
1.4 Σκοπός της Διπλωματικής εργασίας.....	8
1.5 Δομή Διπλωματικής εργασίας	9
Κεφάλαιο 2	11
Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	11
2.1 Η καρδιά	11
2.2 Ο καρδιακός κύκλος.....	12
2.3 Καρδιακές αρρυθμίες	13
2.4 Το Ηλεκτροκαρδιογράφημα	14
Κεφάλαιο 3	29
Τεχνολογίες και Πρότυπα	29
3.1 Εισαγωγή.....	29
3.2 Γλώσσες και Εργαλεία Προγραμματισμού	29
3.3 Δίκτυα και Επικοινωνίες	30
3.4 Smartphones και Medical Devices	33
3.5 Αξιολόγηση και Επιλογή.....	35
Κεφάλαιο 4	36
Ανάλυση Προηγούμενης Δουλειάς.....	36
4.1 Εισαγωγή.....	36

4.2 Προηγούμενα Συστήματα.....	36
4.3 Σύγκριση προηγούμενων συστημάτων με το προτεινόμενο σύστημα αυτής της διπλωματικής εργασίας	40
4.4 Περαιτέρω ανάπτυξη του υπάρχοντος συστήματος	41
Κεφάλαιο 5	47
Ανάλυση και Σχεδίαση Συστήματος.....	47
5.1 Φάση Απαιτήσεων	47
5.2 Φάση Προδιαγραφών	57
5.3 Φάση Σχεδίασης	69
Κεφάλαιο 6	101
Υλοποίηση και Αξιολόγηση Συστήματος.....	101
6.1 Υλοποίηση Συστήματος	101
6.2 Αξιολόγηση Συστήματος.....	104
Κεφάλαιο 7	114
Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία	114
7.1 Συμπεράσματα.....	114
7.2 Μελλοντική Εργασία.....	115
Βιβλιογραφία	119
Παράρτημα Α.....	A-1
Παράρτημα Β.....	B-1

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1	Εισαγωγή στην Τηλεϊατρική	1
1.2	Εφαρμογές Τηλεϊατρικής	3
1.3	Μεταφορά ιατρικών δεδομένων	7
1.4	Σκοπός Διπλωματικής εργασίας	8
1.5	Δομή Διπλωματικής εργασίας	9

1.1 Εισαγωγή στην Τηλεϊατρική

Τι είναι η Τηλεϊατρική

Η τηλεϊατρική [20] είναι η επιστήμη η οποία συμβάλλει στην καλύτερη παροχή ιατρικής φροντίδας και υπηρεσιών υγείας σε ασθενείς που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τα θεραπευτικά κέντρα. Ο όρος τηλεϊατρική [21] είναι σύνθετος, από την Ελληνική λέξη "Τήλε" που σημαίνει εξ αποστάσεως και τη λέξη ιατρική. Πραγματοποιείται με τη χρήση σύγχρονων τηλεπικοινωνιακών δικτύων και συστημάτων πληροφορικής. Ο κύριος σκοπός της τηλεϊατρικής είναι να επιτρέψει στο ιατρικό προσωπικό να προσφέρει τις υπηρεσίες του στο μέρος όπου βρίσκεται ο ασθενής, χρησιμοποιώντας συνδυασμό από βίντεο, ήχο, δεδομένα και εικόνες. Η τηλεϊατρική [21] χρησιμοποιεί τηλεματικές τεχνολογίες, δηλαδή συνδυασμό υπολογιστών και επικοινωνιών, προκειμένου οι πληροφορίες αυτές να στέλνονται από τον τόπο όπου γίνεται η αποθήκευση τους (π.χ. νοσοκομεία και κλινικές) στον τόπο όπου χρειάζονται, όπου άρτια εκπαιδευμένοι γιατροί μπορούν εξ αποστάσεως να δώσουν λύση σε σημαντικά προβλήματα υγείας.

Τι προσφέρει

Η υπηρεσία της τηλεϊατρικής [20] παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης και διακίνησης ιατρικών πληροφοριών (καρδιογραφήματα, υπερηχογραφήματα, τομογραφίες, κλπ.) με πλήθος εφαρμογών στους τομείς διάγνωσης, θεραπείας και εκπαίδευσης των ιατρών. Με βάση τη χρήση τηλεπικοινωνιακών και πληροφοριακών συστημάτων και τη μετατροπή ιατρικής πληροφορίας σε ηλεκτρονική μορφή, διακρίνονται οι παρακάτω κύριες κατευθύνσεις υπηρεσιών και εφαρμογών:

- Τηλεκπαίδευση: καλύπτει τις ανάγκες του ενεργού ιατρικού και παραϊατρικού προσωπικού για συνεχή ενημέρωση σε διάφορους τομείς της ιατρικής. Επιπλέον εξασφαλίζεται εκπαίδευση του υγιούς πληθυσμού μέσω προγραμμάτων Αγωγής Υγείας, με σκοπό να διαμορφωθούν νέοι τρόποι συμπεριφοράς, όχι μόνο για την πρόληψη των νοσημάτων, αλλά και για την προστασία και προαγωγή της υγείας.
- Τηλεσυμβουλευτική: καλύπτει την ανάγκη ανταλλαγής απόψεων καθώς και την οργάνωση συμβουλίων ειδικών ιατρών, για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων σύνθετων καταστάσεων όπου απαιτείται η ταυτόχρονη μελέτη της κατάστασης του ασθενούς από ειδικούς διαφορετικών ειδικοτήτων.
- Τηλεθεραπεία: καλύπτει την από απόσταση παρακολούθηση ασθενών, όπου ο ασθενής επισκεπτόμενος την πλησιέστερη προς τον τόπο διαμονής του ιατρική μονάδα μπορεί να τυγχάνει ιατρικής φροντίδας από απομακρυσμένο ιατρικό κέντρο ως προς την πάθησή του.
- Τηλεδιάγνωση: καλύπτει την από απόσταση μελέτη από ειδικούς, των αποτελεσμάτων των ιατρικών εξετάσεων (ακτινογραφίες, εργαστηριακά ευρήματα κλπ) και τη σύνταξη σχετικών αναφορών.

Πλεονεκτήματα

- Ελαχιστοποίηση της άσκοπης μετακίνησης των ασθενών, που συνεπάγεται μείωση κόστους.
- Ευρεία κάλυψη ιατρικών περιστατικών.

- Αντιμετώπιση των προβλημάτων που παρουσιάζονται σε απομακρυσμένες και απομονωμένες περιοχές και σε μονάδες πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας, μέσω των εφαρμογών της τηλεματικής.
- Άμεση επικοινωνία ιατρών που βρίσκονται σε απομακρυσμένες κυρίως περιοχές, για ανταλλαγή απόψεων και αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.
- Διευκόλυνση και αναβάθμιση της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης ιατρών.
- Δραστική μείωση του χρόνου επικοινωνίας μεταξύ νοσοκομείων και ιατρών.
- Αναβάθμιση των παρεχομένων υπηρεσιών υγείας σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης.
- Εκσυγχρονισμός του περιβάλλοντος εργασίας του ιατρικού προσωπικού με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας και υπηρεσιών βάσει διεθνών προτύπων.

Σε ποίους απευθύνεται

- ✓ Νοσοκομεία
- ✓ Ιδιωτικά Ιατρικά Κέντρα
- ✓ Νοσηλευτικό προσωπικό
- ✓ Κέντρα Υγείας
- ✓ Ιατρούς
- ✓ Ασθενείς
- ✓ Εταιρείες πώλησης ιατρικού εξοπλισμού
- ✓ Ασφαλιστικούς φορείς

1.2 Εφαρμογές Τηλεϊατρικής

Η ανάπτυξη εφαρμογών τηλεϊατρικής [3] είναι αρκετά περίπλοκη, λόγω της πληθώρας των διαφορετικών μέσων που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και των διαφορετικών απαιτήσεων που έχει κάθε μέσο. Για παράδειγμα, η μετάδοση των ζωτικών σημάτων ενός ασθενούς δε χρειάζεται μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης. Αντίθετα, οι υψηλής ανάλυσης ιατρικές εικόνες

που χρησιμοποιούνται στη διάγνωση απαιτούν μεγάλες ταχύτητες μετάδοσης και εύρος ζώνης.

Η σημασία της τηλεϊατρικής [20] φαίνεται και από το ενδιαφέρον που έχουν δείξει οι ένοπλες δυνάμεις πολλών χωρών, και ειδικά ο αμερικανικός στρατός αφού βρίσκεται στην πρωτοπορία, έχοντας σε ανάπτυξη (το φθινόπωρο του 1996) τουλάχιστον 87 ξεχωριστά προγράμματα τηλεϊατρικής.

Στον στρατιωτικό τομέα η τηλεϊατρική χρησιμοποιείται για την παροχή ιατρικής φροντίδας σε στρατεύματα που βρίσκονται στην πρώτη γραμμή ή γενικότερα σε περιοχές όπου δεν είναι δυνατόν πάντα να υπάρχουν εξειδικευμένοι γιατροί και συσκευές, ενώ είναι πολύ δύσκολη και η μεταφορά τους. Ο αμερικανικός στρατός ξεκίνησε από το 1993 την εφαρμογή τηλεϊατρικής σε πειραματικό στάδιο, παρέχοντας ιατρική υποστήριξη σε στρατεύματα που βρίσκονταν στην Κροατία και τα Σκόπια. Η επιχείρηση είχε τον τίτλο "Operation Primetime". Η πιο εκτεταμένη χρήση τηλεϊατρικής έγινε από τον αμερικανικό στρατό το 1996, κατά τη διάρκεια της κρίσης στην πρώην Γιουγκοσλαβία, σε μια επιχείρηση με το όνομα "Operation Primetime 3". Στην περιοχή όπου γίνονταν οι επιχειρήσεις της πολυεθνικής δύναμης υπήρχαν προωθημένες ιατρικές μονάδες οι οποίες συνδέονταν μέσω δορυφόρου ή ασύρματης ζεύξης με κεντρικές ιατρικές μονάδες, ακόμα και με μεγάλα νοσοκομεία στην Ευρώπη και τις Ηνωμένες Πολιτείες. Οι ειδικοί στα κέντρα αυτά παρείχαν συμβουλές στα προωθημένα κέντρα μέσα σε 30 λεπτά. Τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την παροχή πληροφοριών ήταν Τηλεσυνδιάσκεψη, υπέρηχοι, εικόνες κ.τ.λ. με συσκευές που προέρχονταν από τις μεγαλύτερες εταιρείες σε κάθε τομέα (PictureTel, Fuji, Polaroid, Sun Microsystems κ.τ.λ.), μαζί φυσικά με συσκευές που αναπτύχθηκαν από τον ίδιο το στρατό. Η σημασία που δόθηκε στην όλη επιχείρηση φαίνεται από το γεγονός ότι για την εξυπηρέτησή της διατέθηκε το 10% του συνολικού τηλεπικοινωνιακού δυναμικού που υπήρχε στην περιοχή των επιχειρήσεων.

Στη συνέχεια θα αναφερθούν ορισμένα παραδείγματα εφαρμογών της τηλεϊατρικής [3] στον πολιτικό τομέα.

Το "The Arizona-International Telemedicine Network" (AITN) είναι ένα πρόγραμμα τηλεϊατρικής μεταξύ Η.Π.Α. και Μεξικού. Πρόκειται για δίκτυο με επτά κόμβους (στην Αριζόνα και το Μεξικό) που παρέχει διάγνωση σε παθολογικές καταστάσεις. Χρησιμοποιείται Τηλεσυνδιάσκεψη και στατικές εικόνες (όπως εικόνες από ιστούς, οι οποίες αντί να εξετάζονται τοπικά, μεταφέρονται και εξετάζονται από ειδικευμένους γιατρούς). Χρησιμοποιούνται απλές τηλεφωνικές γραμμές και συμβατικά μόντεμ (modem) για τη μεταφορά των δεδομένων και την παροχή των ιατρικών συμβουλών. Μια άλλη εφαρμογή τηλεϊατρικής [3] είναι το "Telemed Virtual Patient Record System" που αναπτύχθηκε από το Los Alamos National Laboratory σε συνεργασία με το National Jewish Center for Immunology and Respiratory Medicine (NJC) στο Ντένβερ του Κολοράντο (Η.Π.Α.). Το σύστημα αποτελείται από μια βάση δεδομένων που περιέχει στοιχεία και ιστορικά ασθενών. Η βάση είναι κατανομημένη, δηλαδή τα δεδομένα μπορεί να είναι αποθηκευμένα σε διαφορετικές τοποθεσίες, οπουδήποτε στις Η.Π.Α. Τα στοιχεία είναι διαθέσιμα μέσω δικτύου στους γιατρούς που συμμετέχουν στο πρόγραμμα. Έτσι, ένας γιατρός μπορεί, χωρίς να βγει από το γραφείο του, να δει στοιχεία για κάποιον ασθενή μέσω ενός εξελεγμένου περιβάλλοντος με ευρεία χρήση πολυμέσων. Οι πληροφορίες που περιέχονται στη βάση περιλαμβάνουν απλό κείμενο (π.χ. τα στοιχεία της ταυτότητας του ασθενή) αλλά και εικόνες, βίντεο κ.τ.λ. από διάφορες εξετάσεις που έχει κάνει ο ασθενής. Μέσω του συστήματος ένας γιατρός μπορεί να συγκρίνει τα στοιχεία του ασθενούς του με αυτά που υπάρχουν αποθηκευμένα και να ενημερωθεί για το ιστορικό του ασθενούς και τις μεθόδους θεραπείας που έχουν τυχόν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν. Έχοντας όλα αυτά τα στοιχεία στη διάθεσή του μπορεί να αποφασίσει για την κατάλληλη θεραπευτική μέθοδο που πρέπει να ακολουθήσει. Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς λόγους. Κάποιος εκπαιδευόμενος μπορεί να το χρησιμοποιήσει για να αυτό-εκπαιδευθεί σε διαγνωστικές τεχνικές, βλέποντας ταυτόχρονα τα δεδομένα για τον ασθενή και τη θεραπεία που ακολουθήθηκε, ενώ ένας γιατρός μπορεί να χρησιμοποιήσει τα δεδομένα για να εξηγήσει στον ασθενή του την πορεία της ασθένειάς του. Το σύστημα παρέχει επίσης τη δυνατότητα τα στοιχεία να παρουσιάζονται ταυτόχρονα σε χρήστες σε δύο ή περισσότερα διαφορετικά σημεία, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παροχή συμβουλών ταυτόχρονα από πολλούς ειδικούς.

Ένα τελευταίο παράδειγμα τηλεϊατρικής εφαρμογής [3], και μάλιστα με ελληνικό ενδιαφέρον, είναι το σύστημα "Ambulance", το οποίο προέκυψε από ευρωπαϊκό ερευνητικό πρόγραμμα και στο οποίο συμμετέχει σε σημαντικό βαθμό το Εργαστήριο Βιοϊατρικής του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Πρόκειται για ένα σύστημα που έχει σκοπό την παροχή ιατρικών συμβουλών σε επείγοντα περιστατικά κατά το στάδιο της μεταφοράς του ασθενούς με ασθενοφόρο στο νοσοκομείο. Το ασθενοφόρο εξοπλίζεται με φορητό υπολογιστή, ο οποίος δέχεται δεδομένα από ιατρικές συσκευές, όπως το καρδιογράφημα του ασθενούς, πίεση, σφυγμούς κ.τ.λ., καθώς και εικόνες από φορητή ψηφιακή κάμερα. Τα δεδομένα στέλνονται μέσω κινητής τηλεφωνίας (GSM) στο νοσοκομείο, όπου τα βλέπει ειδικευμένος γιατρός, που στέλνει με τη σειρά του οδηγίες στο προσωπικό του ασθενοφόρου για τις κινήσεις που πρέπει να κάνουν. Το σύστημα βρίσκεται στο στάδιο του πρωτοτύπου, ενώ προβλέπεται η αναβάθμισή του. Η σημασία του συστήματος και άλλων παρόμοιων είναι μεγάλη, αφού το πρώτο χρονικό διάστημα κατά τη μεταφορά του ασθενούς είναι εξαιρετικά κρίσιμο και η πραγματοποίηση των σωστών κινήσεων κατά τη διάρκειά του, μπορεί να σώσει τη ζωή του ασθενούς.

Άλλος τομέας εφαρμογής των πολυμέσων στην ιατρική είναι η χειρουργική, όπως στις λαπαροσκοπικές χειρουργικές μεθόδους και την ιατρική καθοδηγούμενη από εικόνες (Image Guided Surgery).

Η λαπαροσκόπηση [3] είναι μια μέθοδος για χειρουργική με ελάχιστο τραυματισμό του ασθενούς όπου γίνεται προσπάθεια για ελαχιστοποίηση του τραύματος που θα προκληθεί στον ασθενή κατά τη διάρκεια της εγχείρισης. Αντί να κόβεται ο ασθενής με τομές μεγάλου μήκους, οι οποίες αργούν να επουλωθούν και αφήνουν συνήθως αντιαισθητικά σημάδια, δημιουργείται μια τομή μερικών εκατοστών, από όπου εισέρχονται τα κατάλληλα χειρουργικά εργαλεία για την πραγματοποίηση της εγχείρισης και ένας μηχανισμός για να βλέπει ο χειρουργός το εσωτερικό του ασθενούς. Σήμερα χρησιμοποιούνται μικρές κάμερες, οι οποίες προβάλλουν την εικόνα από το εσωτερικό του ασθενούς σε οθόνες τις οποίες παρακολουθεί ο γιατρός και κινείται αναλόγως. Ένα μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι ο χειρουργός βλέπει την εικόνα σε δύο διαστάσεις, ενώ η εγχείριση απαιτεί κινήσεις

στις τρεις διαστάσεις. Για την εισαγωγή της τρίτης διάστασης γίνεται σημαντικό ερευνητικό έργο από διάφορες ομάδες.

1.3 Μεταφορά δεδομένων

Η μεταφορά δεδομένων στην τηλεϊατρική [20] εφαρμόζεται είτε με τη συγχρονισμένη μεταφορά δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, είτε με την ασύγχρονη μεταφορά δεδομένων μέσω της αποθήκευσης και προώθησης δεδομένων.

Ο πιο απλός τρόπος μεταφοράς δεδομένων είναι η ασύγχρονη (asynchronous) μεταφορά που υποστηρίζεται από τα περισσότερα πρωτόκολλα επικοινωνίας. Ο αποστολέας στέλνει ένα πακέτο δεδομένων στον παραλήπτη και περιμένει από αυτόν επιβεβαίωση της αποστολής. Αν τα δεδομένα μεταφέρθηκαν σωστά, ο παραλήπτης στέλνει θετική επιβεβαίωση και περιμένει το επόμενο πακέτο δεδομένων. Στην περίπτωση που ο αποστολέας δεν λάβει επιβεβαίωση λήψης μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα ή λάβει αρνητική επιβεβαίωση, τότε τα δεδομένα ξαναστέλνονται ή ακολουθείται κάποια διαδικασία διόρθωσης των λαθών. Κατά την ασύγχρονη μεταφορά δηλαδή, ο χρόνος που χρειάζεται για την αποστολή των δεδομένων δεν μπορεί να προβλεφθεί, καθώς δεν υπάρχει σταθερή ροή δεδομένων. Για το λόγο αυτό η ασύγχρονη αποστολή δεν είναι ο καλύτερος τρόπος για τη μεταφορά μεγάλου όγκου δεδομένων.

Παραδείγματα τηλεϊατρικών εφαρμογών οι οποίες χρησιμοποιούν την ασύγχρονη μεταφορά, είναι εφαρμογές στον τομέα της διάγνωσης όπου ο ασθενής δεν κινδυνεύει άμεσα και υπάρχει περιθώριο τα δεδομένα τα οποία αφορούν κάποια πάθηση να εξεταστούν σε κάποιο μετέπειτα χρονικό σημείο από το γιατρό.

Στη σύγχρονη (synchronous) μεταφορά η συσκευή αποστολής διαπραγματεύεται με τη συσκευή λήψης μια συγκεκριμένη ταχύτητα αποστολής δεδομένων και στέλνει τα δεδομένα με σταθερό ρυθμό, χωρίς να περιμένει επιβεβαίωση αποστολής. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μια συνεχής ροή της πληροφορίας, ενώ μειώνεται σημαντικά ο χρόνος αποστολής των δεδομένων.

Παραδείγματα τηλεϊατρικών εφαρμογών [3] οι οποίες χρησιμοποιούν την συγχρονισμένη μεταφορά, είναι εφαρμογές οι οποίες είναι περισσότερο επείγουσες και ο χρόνος έχει τεράστια σημασία για την υγεία, ή ακόμα και τη ζωή του ασθενούς. Μερικές από αυτές τις εφαρμογές αφορούν τον τομέα της καρδιολογίας , της νευρολογίας και της ενδο-νοσοκομειακής ιατρικής.

1.4 Σκοπός της Διπλωματικής εργασίας

Στη σημερινή εποχή η πληροφορική έχει εισχωρήσει σε όλους τους τομείς της επιστήμης και κάθε άλλης παραγωγικής δραστηριότητας συμβάλλοντας με τον τρόπο αυτό στην ασύλληπτη εξέλιξή της. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πρόοδο και στην ιατρική τεχνολογία δίνοντας έτσι την δυνατότητα στους ασθενείς που πάσχουν από χρόνια νοσήματα να αποφεύγουν την παρατεταμένη νοσηλεία στα νοσοκομεία. Η εξέλιξη των ιατρικών συσκευών, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογίες της τηλεματικής, επιτρέπει σε πολλές περιπτώσεις την κατ' οίκον παρακολούθηση των ασθενών, την καλύτερη αντιμετώπιση της νόσου και τη συμμετοχή του ασθενούς στον έλεγχό της. Περαιτέρω συμβάλλει στην εξοικονόμηση οικονομικών και ανθρώπινων πόρων καθώς μειώνει σημαντικά τις επισκέψεις του ασθενούς στο νοσοκομείο.

Σκοπός της διπλωματικής εργασίας είναι η διαχείριση ηλεκτροκαρδιογραφήματος από απόσταση, με την χρήση προηγμένων ιατρικών συσκευών σε συνδυασμό με τις τεχνολογίες της τηλεματικής , έτσι ώστε να μπορούν να αποφευχθούν επεισόδια τα οποία μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την υγεία ενός ασθενή που υποβλήθηκε σε καρδιοχειρουργική επέμβαση. Με την ανάπτυξη της ηλεκτρονικής και των εφαρμογών της στην ιατρική είναι δυνατό να διαβιβαστούν και να υποβληθούν σε επεξεργασία πολλές ζωτικής σημασίας παράμετροι του ανθρώπινου σώματος. Η σημαντικότερη και η πιο ενδιαφέρον παράμετρος για τον έλεγχο και την ανάλυση είναι το electrocardiography (ECG) σήμα. Για τον ασθενή που πάσχει από κάποια καρδιακή ασθένεια είναι πολύ σημαντικό να εκτελεσθεί η ακριβής και γρήγορη διάγνωση, έτσι ένας συνεχής έλεγχος του σήματος ECG και της τρέχουσας δραστηριότητας της καρδιάς του ασθενή είναι απαραίτητοι.

Για τη διαβίβαση του σήματος ECG αλλά και άλλων ζωτικής σημασίας παραμέτρων που είναι απαραίτητες για την παρακολούθηση ενός καρδιοπαθούς, όπως το οξυγόνο του αίματος, οι παλμοί της καρδιάς, το σωματικό βάρος και το Plethysmogram θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία των ασύρματων δικτύων σε συνδυασμό με τις υπηρεσίες διαδικτύου – web services. Μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα οι πληροφορίες αυτές θα διαβιβάζονται σε ένα κεντρικό χώρο και συγκεκριμένα σε μια κεντρική βάση δεδομένων, όπου εκεί θα επεξεργάζονται, θα ελέγχονται και θα αποθηκεύονται.

Κατά συνέπεια παρέχεται στους ιατρούς η συνεχής πρόσβαση στις ουσιαστικές πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του ασθενή. Το εκπαιδευμένο ιατρικό προσωπικό σε ένα μακρινό κέντρο οργάνων ελέγχου μπορεί να ερμηνεύσει το σήμα ECG, να λάβει τα συμπτώματα του ασθενή και να παρέχει τη σε πραγματικό χρόνο διάγνωση, τις άμεσες διαβουλεύσεις και τις κλινικές συμβουλές. Κατά αυτόν τον τρόπο είναι δυνατό να μειωθεί δραστικά ο χρόνος που προηγείται της επεξεργασίας και να μειωθούν τα ποσοστά νοσηρότητας και θνησιμότητας.

1.5 Δομή Διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική εργασία θα ακολουθήσει την πιο κάτω δομή:

Κεφάλαιο 2: Το κεφάλαιο 2 παρέχει ένα ουσιαστικό θεωρητικό υπόβαθρο σε θέματα όπως η καρδία, οι καρδιακές αρρυθμίες και τα σήματα ECG.

Κεφάλαιο 3: Το κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τις τεχνολογίες, τα πρότυπα και τις ηλεκτρονικές συσκευές που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του όλου συστήματος.

Κεφάλαιο 4: Το κεφάλαιο 4 παρουσιάζει την προηγούμενη δουλειά που έχει γίνει η οποία σχετίζεται με αυτή τη διπλωματική εργασία. Επίσης γίνεται μια σύγκριση των προηγούμενων συστημάτων με το σύστημα το οποίο αναπτύξαμε και τέλος γίνεται μια σύντομη περιγραφή του υπάρχοντος συστήματος και των λειτουργιών που προστέθηκαν πάνω σε αυτό.

Κεφάλαιο 5: Το κεφάλαιο 5 παρουσιάζει τις πρώτες τρεις φάσεις του κύκλου ζωής του συστήματος. Δηλαδή τη φάση απαιτήσεων, προδιαγραφών και σχεδίασης.

Κεφάλαιο 6: Το κεφάλαιο 6 παρουσιάζει τα βήματα που ακολουθήθηκαν για να υλοποιηθεί το σύστημα καθώς και τους διάφορους ελέγχους που έγιναν για να διαπιστωθεί η ορθότητα του. Τέλος, παρουσιάζεται η αξιολόγηση του συστήματος.

Κεφάλαιο 7: Το κεφάλαιο 7 αποτελεί το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αυτής. Εδώ παρουσιάζονται τα διάφορα συμπεράσματα που διεξήχθησαν κατά τη διάρκεια της όλης δουλειάς που έγινε. Στη συνέχεια, γίνεται μια μικρή αναφορά στη μελλοντική εργασία που μπορεί να γίνει.

Κεφάλαιο 2

Θεωρητικό Υπόβαθρο

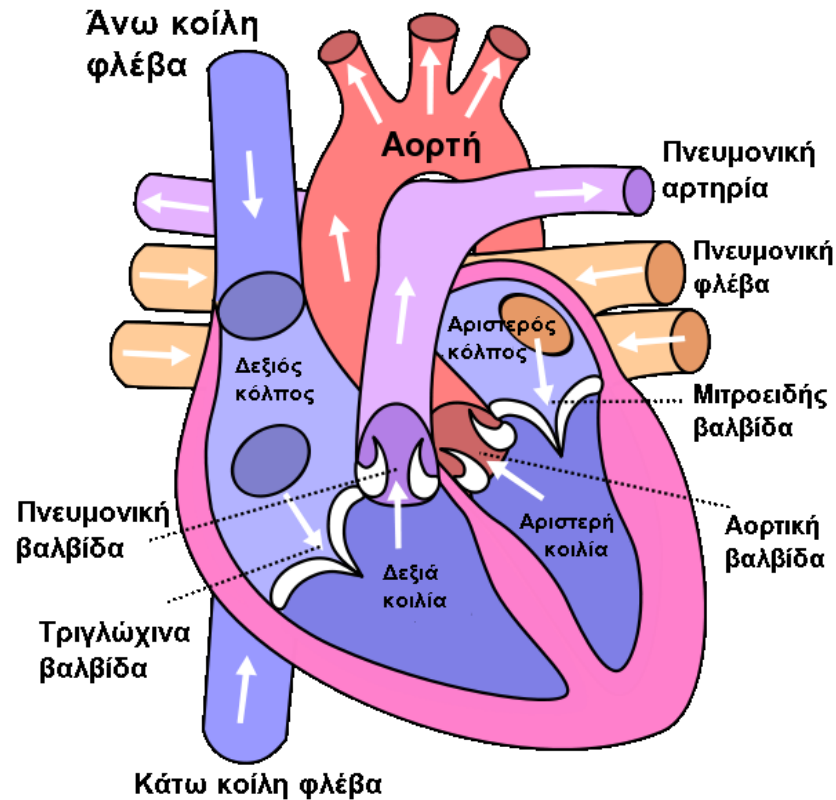
2.1	Η καρδιά	11
2.2	Ο καρδιακός κύκλος	12
2.3	Καρδιακές αρρυθμίες	13
2.4	Το Ηλεκτροκαρδιογράφημα	14

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφεται η λειτουργία της καρδιάς ως αντλία, ο καρδιακός κύκλος, οι καρδιακές αρρυθμίες, το ηλεκτροκαρδιογράφημα και η καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών που παράγονται από την καρδιά.

2.1 Η καρδιά

Η καρδιά [4] είναι το όργανο του ανθρώπινου σώματος που έχει σαν σκοπό να δίνει πίεση στο αίμα, κάνοντας το έτσι να κυκλοφορεί στο εσωτερικό των αρτηριών, με τέτοιο τρόπο, ώστε να φτάνει σε όλα τα όργανα. Είναι κάτι σαν "αντλία" που παίρνει το αίμα από τις φλέβες, στις οποίες βρίσκεται σε χαμηλή πίεση και το στέλνει στις αρτηρίες με υψηλή. Η καρδιά αποτελείται από τέσσερις μυώδεις κοιλότητες, δύο πάνω με λεπτά τοιχώματα τα οποία ονομάζονται κόλποι και δύο κάτω με παχύτερα τοιχώματα που ονομάζονται κοιλίες. Ο δεξιός κόλπος της καρδιάς δέχεται το αίμα από όλα τα μέρη του σώματος μέσω των μεγάλων φλεβών, το προωθεί στη δεξιά κοιλία και από εκεί στην πνευμονική κυκλοφορία με στόχο την οξυγόνωσή του. Στη συνέχεια, το πλούσιο σε οξυγόνο αίμα προωθείται από τους πνεύμονες στον αριστερό κόλπο και από εκεί στην αριστερή κοιλία. Η τελευταία αποτελεί το πιο «δυνατό» και σημαντικό τμήμα του μυοκαρδίου γιατί με τη συστολή της προωθεί το οξυγονωμένο πλέον αίμα σε όλο το σώμα, μέσω της αορτής και των μεγάλων αρτηριών. Το μυοκάρδιο αποτελεί ένα εξειδικευμένο τμήμα μυϊκού ιστού, που η συνεχής

και ρυθμική σύσπασή του έχει ως σκοπό τη διαρκή και αποτελεσματική προώθηση του αίματος στις διάφορες περιοχές του σώματος.



Σχήμα 2.1: Τα κύρια μέρη της καρδιάς [19]

2.2 Ο καρδιακός κύκλος

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 ενέργειας στο φλεβόκομβο. Αυτός ο κόμβος εντοπίζεται στο πρόσθιο τμήμα του δεξιού κόλπου, κοντά στην εκβολή της άνω κοίλης φλέβας, το δε δυναμικό ενέργειας επεκτείνεται με ταχύτητα και στους δυο κόλπους, και από εκεί, μέσα από το κολποκοιλιακό δεμάτιο, προς τις κοιλίες. Όμως, εξαιτίας ειδικής διαρρύθμισης του συστήματος αγωγής από τους κόλπους στις κοιλίες, παρατηρείται καθυστέρηση κάπως μεγαλύτερη από 1/10 του δευτερόλεπτου για τη δίοδο 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 χάλασης που ονομάζεται διαστολή, κατά τη διάρκεια της οποίας η καρδιά γεμίζει με αίμα, η οποία ακολουθείται από περίοδο συστολής, που ονομάζεται συστολή. Μια συστολή αντιστοιχεί σε έναν καρδιακό σφυγμό η οποία συμβαίνει από 60 ως 100 φορές ανά λεπτό.

2.3 Καρδιακές αρρυθμίες

Ως αρρυθμία, ορίζουμε κάθε διαταραχή στον καρδιακό ρυθμό (εμφάνιση έκτακτων καρδιακών συστολών) ή την ελάττωση της καρδιακής συχνότητας (βραδυκαρδία) αλλά και αύξησή της (ταχυκαρδία) πέρα απ' τα φυσιολογικά όρια. Οι αρρυθμίες εμφανίζονται κυρίως σε μεσήλικες και η πιθανότητα εκδήλωσής τους αυξάνει με την πάροδο της ηλικίας. Βέβαια αυτό δεν αποκλείει και τις υπόλοιπες ηλικίες όπως είναι τα παιδιά και οι έφηβοι, αν και η αιτιολογία ποικίλλει ανάλογα με την ηλικιακή ομάδα. Το σημαντικότερο, όμως, είναι το γεγονός ότι η αρρυθμία δεν είναι πάντα ανιχνεύσιμη και σίγουρα μια αρρυθμία δεν υποκρύπτει πάντοτε ένα

καρδιακό πρόβλημα. Μια αρρυθμία μπορεί να μην γίνει αισθητή από τον ασθενή αλλά μπορεί να εντοπιστεί μέσω ενός προληπτικού ελέγχου. Άλλοτε μπορεί να πάρει τη μορφή "φτερουγίσματος" στο στήθος ή να συνοδεύεται από δύσπνοια, οπισθοστερνικό πόνο, αίσθημα ζάλης ή απώλεια των αισθήσεων. Φυσικά υπάρχουν και περιπτώσεις που οδηγεί κατευθείαν στην καρδιακή ανακοπή. Σε αυτή την περίπτωση είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν άμεσες ενέργειες όπως η καρδιοαναπνευστική ανάνηψη και η απινίδωση αλλιώς υπάρχει μεγάλη πιθανότητα ο ασθενής να οδηγηθεί στο θάνατο. Εκτός από τα εξωτερικά αίτια όπως η συναισθηματική φόρτιση, η έντονη σωματική δραστηριότητα, η πρόσληψη καφεΐνης, αλκοόλ ή νικοτίνης αλλά και η λήψη φαρμακευτικών σκευασμάτων που μπορούν να προκαλέσουν την άρρυθμη λειτουργία υπάρχουν και διάφορα νοσήματα που επίσης μπορούν να αποτελέσουν γενεσιουργό αιτία αρρυθμιών. Οι θυρεοειδοπάθειες

(όπου συχνά οι αρρυθμίες αποτελούν το πρώτο σύμπτωμα που ανησυχεί τον ασθενή και τον κατευθύνει στον ιατρό), οι πνευμονοπάθειες, οι διαταραχές στη συγκέντρωση των ηλεκτρολυτών καλίου, νατρίου στο αίμα αλλά και νοσήματα του πεπτικού συστήματος όπως η γαστροοισοφαγική παλινδρόμηση και οι διαφραγματοκήλες αποτελούν μη καρδιακά νοσήματα. Στα καρδιακά νοσήματα ανήκει το οξύ έμφραγμα του μυοκαρδίου (όπου μάλιστα οι αρρυθμίες αποτελούν την κύρια αιτία θανάτου κατά το πρώτο 48ωρο από την εκδήλωσή του), η χρόνια ισχαιμία του μυοκαρδίου, οι καρδιομυοπάθειες και οι μυοκαρδίτιδες. Οι αρρυθμίες χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες, τις υπερκοιλιακές όπου η έκτοπη εστία είναι πάνω από τον κολποκοιλιακό κόμβο και κοιλιακές όπου η έκτοπη εστία είναι κάτω από τον κολποκοιλιακό κόμβο [24].

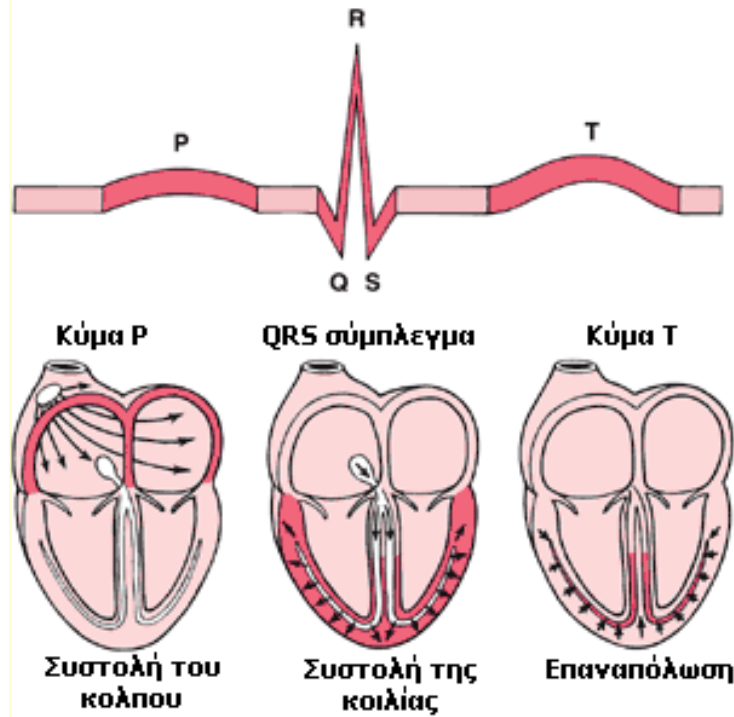
2.4 Το Ηλεκτροκαρδιογράφημα

Κατά την επέκταση του επάρματος της διέγερσης στα διάφορα τμήματα της καρδιάς, ηλεκτρικά ρεύματα διατρέχουν τους ιστούς γύρω από την καρδιά και ένα μικρό μέρος από αυτά φτάνει μέχρι την επιφάνεια του σώματος [24]. 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. Φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα, που αφορά δύο διαδοχικούς καρδιακούς παλμούς, απεικονίζεται στο Σχήμα 2.2.

2.4.1 Χαρακτηριστικά του φυσιολογικού καρδιογραφήματος

Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα (Σχήμα 2.2) 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.



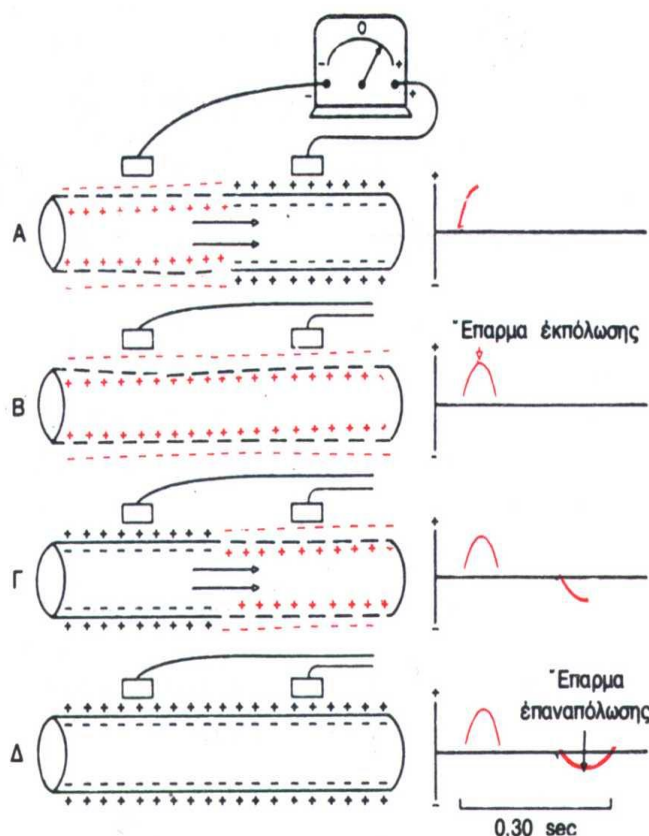
Σχήμα 2.2: Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα [22]

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 0,25 ως 0,35 sec μετά την εκπόλωση. Το έπαρμα αυτό χαρακτηρίζεται ως έπαρμα επαναπόλωσης. Δηλαδή, το ηλεκτροκαρδιογράφημα αποτελείται τόσο από επάρματα εκπόλωσης, όσο και από επάρματα επαναπόλωσης. Επειδή η διάκριση μεταξύ των κυμάτων εκπόλωσης και επαναπόλωσης θεωρείται πολύ σημαντική στην ηλεκτροκαρδιογραφία, η περαιτέρω διευκρίνιση εδώ κρίνεται απαραίτητη.

2.4.2 Επάρματα εκπόλωσης και επάρματα επαναπόλωσης

Στο Σχήμα 2.3 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, και το δυναμικό της μεμβράνης στην

πραγματικότητα αντιστρέφεται, δηλαδή γίνεται ελαφρά θετικό στο εσωτερικό της ίνας, και αρνητικό στην εξωτερική της επιφάνεια.



Σχήμα 2.3: Καταγραφή του επάρματος εκπόλωσης και του επάρματος επαναπόλωσης από μια μυϊκή ίνα μυοκαρδίου [24]

Στο Σχήμα 2.3-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 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-B, η εκπόλωση έχει επεκταθεί σε ολόκληρη τη μυϊκή ίνα, η 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.

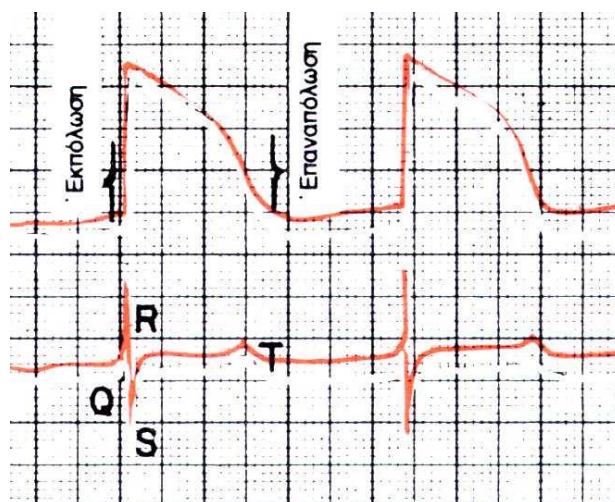
Στο Σχήμα 2.3-Γ, απεικονίζεται η διεργασία επαναπόλωσης της μυϊκής ίνας, η οποία έχει ήδη προχωρήσει ως το μέσο της ίνας, από αριστερά προς τα δεξιά. Στο σημείο αυτό, το αριστερό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε επαφή με περιοχή θετικότητας, ενώ το δεξιό ηλεκτρόδιο βρίσκεται σε περιοχή αρνητικότητας. Η πολικότητα των δυο ηλεκτροδίων είναι ακριβώς η αντίθετη από εκείνη του σχήματος 4-A. Γι' αυτό και η καμπύλη του δυναμικού, όπως απεικονίζεται στα δεξιά, γίνεται αρνητική.

Τελικά, στο Σχήμα 2.3-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.

2.4.2.1 Η σχέση του μονοφασικού δυναμικού ενέργειας του μυοκαρδίου προς τα επάρματα QRS και T.

Το μονοφασικό δυναμικό ενέργειας του μυοκαρδίου των κοιλιών διαρκεί φυσιολογικά από 0.25 ως 0.35 sec. Στο άνω μέρος του σχήματος 2.4 απεικονίζεται μονοφασικό δυναμικό ενέργειας, το οποίο έχει καταγραφεί με μικροηλεκτρόδιο που έχει εισαχθεί μέσα σε μυϊκή ίνα του μυοκαρδίου των κοιλιών. Η σχεδόν κάθετη προς τα άνω γραμμή του δυναμικού ενέργειας προκαλείται από την εκπόλωση, η δε επάνοδος του δυναμικού στη βασική

γραμμή προκαλείται από την επαναπόλωση. Στο κάτω μέρος του σχήματος υπάρχει σύγχρονη καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος από την ίδια κοιλία, στο οποίο φαίνεται ότι το σύμπλεγμα QRS εμφανίζεται στην αρχή του μονοφασικού δυναμικού ενέργειας και το έπαρμα T προς το τέλος του. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο ηλεκτροκαρδιογράφημα δεν αναγράφεται καθόλου δυναμικό όταν το μυοκάρδιο των κοιλιών διατηρεί πλήρως την πόλωσή του, είτε όταν βρίσκεται σε πλήρη εκπόλωση. Μόνο όταν το μυοκάρδιο είναι κατά ένα μέρος μόνο σε κατάσταση πόλωσης και κατά το άλλο μέρος σε κατάσταση εκπόλωσης, παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος από ένα μέρος των κοιλιών σε άλλο, και κατά συνέπεια παρατηρείται και ροή του στην επιφάνεια του σώματος, οπότε και προκαλείται η γένεση των κυμάτων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.



Σχήμα 2.4: Επάνω: δυναμικό ενέργειας κοιλιακής μυοκαρδιακής ίνας κατά τη διάρκεια φυσιολογικής καρδιακής λειτουργίας.
Κάτω: ΗΚΓ που πάρθηκε ταυτόχρονα [24]

2.4.2.2 Η συσχέτιση της συστολής των κόλπων και κοιλιών προς τα επάρματα του ηλεκτροκαρδιογραφήματος.

Πριν να είναι δυνατή η συστολή του μυός, είναι απαραίτητη η επέκταση της εκπόλωσης στο μυοκάρδιο, για την έναρξη των χημικών διεργασιών της συστολής. Το έπαρμα P προκαλείται από την επέκταση της εκπόλωσης στους κόλπους, τα δε επάρματα QRS από την επέκταση της εκπόλωσης στις κοιλίες. Κατά συνέπεια, το έπαρμα P εμφανίζεται

αμέσως πριν από την έναρξη της συστολής των κόλπων, ενώ το σύμπλεγμα QRS αμέσως πριν από την έναρξη της συστολής των κοιλιών. Οι κοιλίες παραμένουν σε κατάσταση συστολής για μερικά χιλιοστά του δευτερολέπτου μετά την επαναπόλωση, δηλαδή μετά το τέλος του επάρματος T. Το έπαρμα επαναπόλωσης των κοιλιών, στο φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα, είναι το έπαρμα T. Φυσιολογικά, ορισμένες μυϊκές ίνες του μυοκαρδίου των κοιλιών αρχίζουν να επαναπολούνται 0,2 δευτερόλεπτα περίπου μετά την έναρξη του επάρματος εκπόλωσης, πολλές όμως άλλες ίνες αρχίζουν να επαναπολούνται βραδύτερα, μέχρι και 0,35 δευτερόλεπτα. Έτσι, η διεργασία της επαναπόλωσης επεκτείνεται μέσα σε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, περίπου 0,15 δευτερόλεπτα. Κατά συνέπεια, το έπαρμα T στο φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα συχνά είναι παρατεταμένο, η ηλεκτρική του όμως τάση είναι σημαντικά μικρότερη από την τάση του συμπλέγματος QRS, αυτό δε μερικώς οφείλεται στη μεγάλη του διάρκεια. Οι κόλποι επαναπολούνται περίπου 0,15 ως 0,20 δευτερόλεπτα μετά το έπαρμα εκπόλωσης. Ο χρόνος όμως αυτός συμπίπτει με την εμφάνιση του συμπλέγματος QRS στο ηλεκτροκαρδιογράφημα. Κατά συνέπεια, το έπαρμα επαναπόλωσης των κόλπων, γνωστό ως T των κόλπων, συνήθως επικαλύπτεται από το πολύ μεγαλύτερο σύμπλεγμα QRS. Γι' αυτό το λόγο, σπάνια μόνο είναι δυνατόν να παρατηρηθεί κολπικό έπαρμα T στο ηλεκτροκαρδιογράφημα.

2.4.3 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις 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 διάστημα P-Q ή P-R: 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. Το φυσιολογικό διάστημα P-Q είναι περίπου 0,16 δευτερόλεπτα. 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 δευτερόλεπτα.

Η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας πως καθορίζεται με το ηλεκτροκαρδιογράφημα. Η συχνότητα της καρδιακής λειτουργίας μπορεί να καθορισθεί 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 δευτερόλεπτο, η καρδιακή συχνότητα είναι 60 καρδιακοί παλμοί το λεπτό. Το φυσιολογικό χρονικό διάστημα που παρεμβάλλεται μεταξύ δυο συμπλεγμάτων QRS είναι περίπου 0,83 δευτερόλεπτα. Αυτό σημαίνει ότι η καρδιακή συχνότητα σ' αυτή την περίπτωση, είναι 72 καρδιακοί παλμοί το λεπτό.

2.4.4 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις στο ηλεκτροκαρδιογράφημα

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 ανίχνευσης 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 PQRSΤ 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 (βάσει του θεωρήματος του Shannon) σήματος ΗΚΓ απαιτεί συχνότητα δειγματοληψίας τουλάχιστον 200 δείγματα / δευτερόλεπτο.

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.

Τα πιο γνωστά είδη καρδιογραφημάτων είναι τα ακόλουθα:

- 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.

- 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.

- 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 1 έως 10 μV . Σήματα με τόσο μικρό εύρος απαιτούν συγχρονισμένες τεχνικές averaging για την περαιτέρω επεξεργασία τους.

- 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.

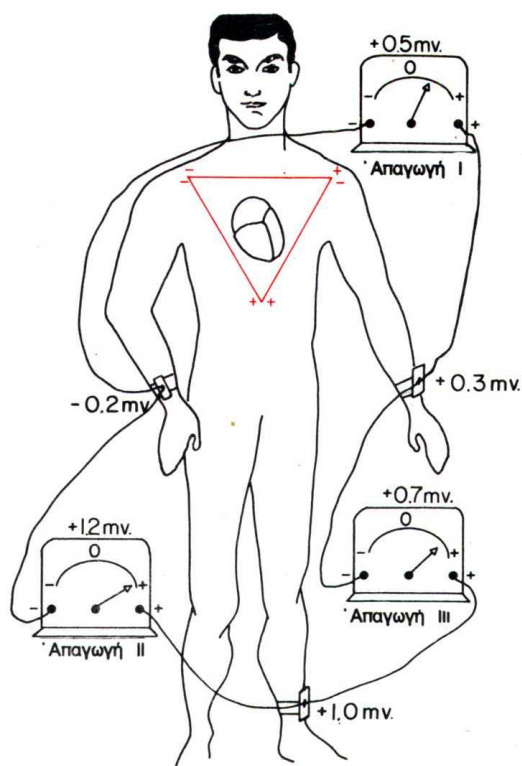
2.4.5 Ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές

2.4.5.1 Οι φυσιολογικές ηλεκτρικές τάσεις στο ηλεκτροκαρδιογράφημα

Στο Σχήμα 2.5 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 ηλεκτρόδιά 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.



Σχήμα 2.5: Συμβατική διάταξη των ηλεκτροδίων για την καταγραφή των βασικών ηλεκτροκαρδιογραφικών απαγωγών [24]

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 2.5 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 μαθηματικώς, 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, 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 στο Σχήμα, 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, $0.5 + 0.7 = 1.2$.

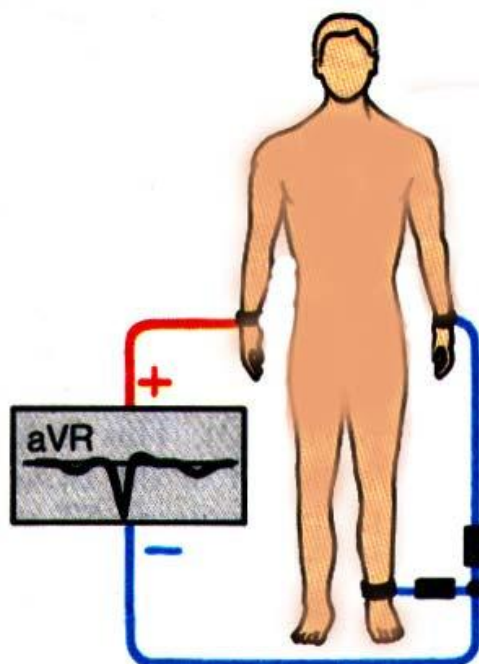
Στο Σχήμα 2.6 απεικονίζονται τρία ηλεκτροκαρδιογραφήματα, τα οποία λαμβάνονται συγχρόνως, με τις απαγωγές I, II και III. Από αυτό το Σχήμα καθίσταται φανερό ότι τα ηλεκτροκαρδιογραφήματα που λαμβάνονται με αυτές τις απαγωγές μοιάζουν πολύ μεταξύ τους, γιατί και στα τρία, τα επάρματα P και T είναι θετικά, το δε μεγαλύτερο μέρος του συμπλέγματος QRS είναι επίσης θετικό σε όλες τις εγγραφές.



Σχήμα 2.6: Φυσιολογικά ΗΚΓ που καταγράφονται από τις τρεις βασικές ηλεκτροκαρδιογραφικές απαγωγές [24]

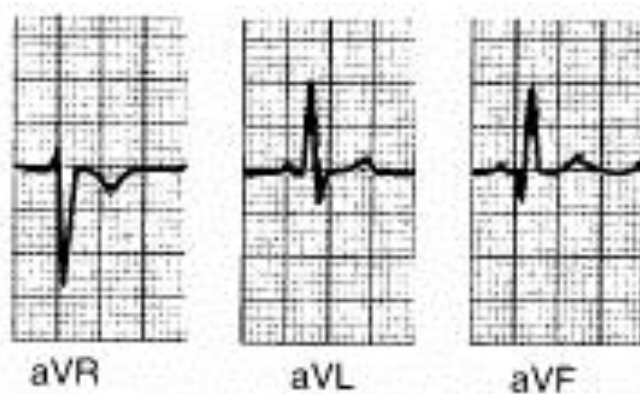
2.4.5.2 Οι ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές άκρων

Ένα άλλο σύστημα απαγωγών σε ευρεία χρήση είναι η «ενισχυμένη μονοπολική απαγωγή άκρων». Στην απαγωγή αυτού του τύπου, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7, δύο άκρα συνδέονται, με την παρεμβολή ηλεκτρικών αντιστάσεων, με το (-) του ηλεκτροκαρδιογράφου ενώ το τρίτο άκρο συνδέεται με το (+). Όταν το (+) 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 2.7: Καταγραφή των μονοπολικών απαγωγών άκρων [24]

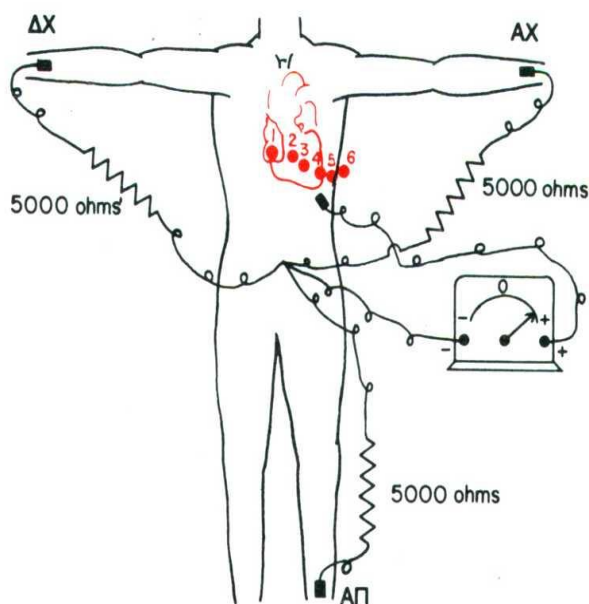
Τα φυσιολογικά ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές των άκρων, απεικονίζονται στο σχήμα 2.8. Όλα είναι όμοια με εκείνα των κλασσικών διπολικών απαγωγών των άκρων, εκτός από την απαγωγή aVR, στην οποία το ΗΚΓ είναι αντεστραμμένο.



Σχήμα 2.8: Τα φυσιολογικά ΗΚΓ που λαμβάνονται με τις ενισχυμένες μονοπολικές απαγωγές των άκρων [24]

2.4.5.3 Θωρακικές (προκάρδιες) απαγωγές

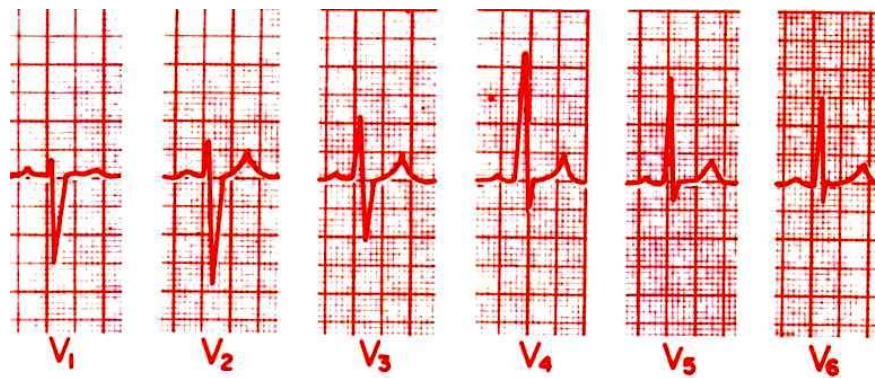
Συχνά, ηλεκτροκαρδιογραφήματα λαμβάνονται με το ένα ηλεκτρόδιο τοποθετημένο στην πρόσθια επιφάνεια του θώρακα, πάνω από την καρδιά, σε ένα από τα έξι ξεχωριστά σημεία, τα οποία σημειώνονται με σκούρο χρώμα στο Σχήμα 2.9. Αυτό το ηλεκτρόδιο συνδέεται με τον θετικό πόλο του ηλεκτροκαρδιογράφου, ενώ το 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,



Σχήμα 2.9: Συνδέσεις του σώματος με τον ηλεκτροκαρδιογράφο για την καταγραφή προκαρδίων απαγωγών [24]

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 αναφέρονται ως απαγωγές V1,V2,V3,V4,V5 και V6.

Στο Σχήμα 2.10 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 2.10: Φυσιολογικά ΗΚΓ των έξι τυπικών προκάρδιων απαγωγών [24]

Κεφάλαιο 3

Τεχνολογίες και Πρότυπα

3.1	Εισαγωγή	29
3.2	Γλώσσες και Εργαλεία Προγραμματισμού	29
3.3	Δίκτυα και Επικοινωνίες	30
3.4	Smartphones και Medical Devices	33
3.5	Αξιολόγηση και Επιλογή	35

3.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιάσουμε τις τεχνολογίες και τα πρότυπα τα οποία μας ήταν χρήσιμα στην υλοποίηση της διπλωματικής εργασίας. Πιο συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στα εργαλεία και τις γλώσσες προγραμματισμού που χρησιμοποιήθηκαν στην υλοποίηση της εργασίας, στο θέμα της επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών και της εφαρμογής που βρίσκεται κοντά στον χρήστη καθώς επίσης και στην επικοινωνία της εφαρμογής αυτής με τον κεντρικό σύστημα εξυπηρέτησης και τέλος θα δούμε τις συσκευές που είχαμε στη διάθεση μας και με ποια κριτήρια επιλέξαμε τη συγκεκριμένη συσκευή υπολογιστή χειρός για να μας βοηθήσει στην υλοποίηση της εργασίας.

3.2 Γλώσσες και Εργαλεία Προγραμματισμού

Το εργαλείο προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί στην υλοποίηση του τοπικού συστήματος παρακολούθησης - *PatMon Module* είναι το Microsoft® Visual Studio® 2010 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με το εργαλείο DevExpress [2] το οποίο περιέχει βιβλιοθήκες για καλύτερη ανάπτυξη γραφικών καθώς επίσης και για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Για την υλοποίηση του κεντρικού συστήματος παρακολούθησης -

CardiacPortal Module θα χρησιμοποιηθεί το Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με το εργαλείο Ajax και το εργαλείο National Instruments Measurements Studio [11] για τη βελτιστοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων. Για την υλοποίηση του τοπικού συστήματος παρακολούθησης μέσω κινητού τηλεφώνου - *DocMon Module* θα χρησιμοποιηθεί το Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με τα εργαλεία Mooseworks Software [9], Windows Mobile 6 SDK [8] και Windows Mobile 6.5.3 DTK [8] τα οποία περιέχουν συστατικά για την καλύτερη χρήση γραφικών όπως επίσης και την αναπαράσταση γραφικών παραστάσεων. Τέλος για τη σχεδίαση και την υλοποίηση της κεντρικής βάσης δεδομένων θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο Microsoft SQL Server 2008 [8].

Η κύρια γλώσσα προγραμματισμού που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι η Visual C#.NET [8]. Πρόκειται για μια αντικειμενοστραφή γλώσσα υψηλού επιπέδου που μοιάζει πολύ στην C++ και την Java. Σχεδιάστηκε από τη Microsoft με σκοπό να αποτελέσει τη νέα γλώσσα στην οποία θα αναπτύσσονται όλες οι εφαρμογές της στο μέλλον και δημιουργήθηκε ώστε να αποτελέσει την κύρια γλώσσα ανάπτυξης εφαρμογών για την πλατφόρμα .NET. Για την ανάπτυξη του κεντρικού συστήματος παρακολούθησης θα χρησιμοποιηθεί η Visual Basic.NET [8] που είναι επίσης μια αντικειμενοστραφής γλώσσα υψηλού επιπέδου σε συνδυασμό με την ASP.NET [8] που προορίζεται για την ανάπτυξη δυναμικών ιστοσελίδων.

3.3 Δίκτυα και Επικοινωνίες

3.3.1 Wi-Fi

Ο όρος Wi-Fi (Wireless Fidelity) χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει τις συσκευές που βασίζονται στην προδιαγραφή IEEE 802.11 b/g και λειτουργούν στην ISM band, δηλαδή σε συχνότητες 2.4GHz για την Ευρώπη.

Το Wi-Fi προέρχεται από τα αρχικά των "Wireless fidelity", «ασύρματη πιστότητα» στα Ελληνικά και έχει επικρατήσει σαν όρος για το υψηλής συχνότητας ασύρματο τοπικό

δίκτυο (WLAN). Αποτελεί έναν τρόπο ασύρματης σύνδεσης, ενώ κοινές εφαρμογές είναι η δυνατότητα σύνδεσης με το διαδίκτυο, η τηλεφωνία μέσω διαδικτύου VoIP και η σύνδεση ηλεκτρονικών συσκευών όπως τηλεοράσεις, ψηφιακές μηχανές και αναπαραγωγής DVD.

Μία συσκευή που διαθέτει δυνατότητα σύνδεσης Wi-Fi, όπως ηλεκτρονικός υπολογιστής ή [PDA], μπορεί να συνδεθεί στο διαδίκτυο (Internet) όταν βρίσκεται σε ακτίνα κάλυψης ασύρματου δικτύου, ήδη συνδεδεμένο στο διαδίκτυο, το οποίο ονομάζεται σημείο πρόσβασης (access point). Μία περιοχή που καλύπτεται από ένα ή περισσότερα σημεία πρόσβασης συνδεδεμένα μεταξύ τους λέγεται hotspot. Ένα hotspot μπορεί να καλύπτει ένα χώρο δωματίου ή πολλά τετραγωνικά μέτρα με εναλλασσόμενα σημεία πρόσβασης.

Η τεχνολογία Wi-Fi επιτρέπει τη σύνδεση δύο συσκευών μεταξύ τους (peer-to-peer), τη σύνδεση ενός προσωπικού υπολογιστή με ένα τοπικό δίκτυο και άλλους υπολογιστές και στη συνέχεια στο διαδίκτυο. Επίσης ένας φορητός υπολογιστής μπορεί να συνδεθεί οπουδήποτε υπάρχει σημείο πρόσβασης. Σε ηλεκτρονικές συσκευές βρίσκει εφαρμογή, όπως στη μεταφορά φωτογραφιών από ψηφιακές μηχανές.

3.3.2 Serial Connection

Η serial σύνδεση αναφέρεται στα Windows ή το DOS ως COM1, COM2, και τα λοιπά. Οι serial ports αναφέρονται συνήθως και ως RS- 232. Έχουν 9 pin στις περισσότερες περιπτώσεις αλλά μερικές φορές έχουν και 25. Αυτή την σύνδεση χρησιμοποιούσαν παλιότερα το mouse και τα εξωτερικά modem.

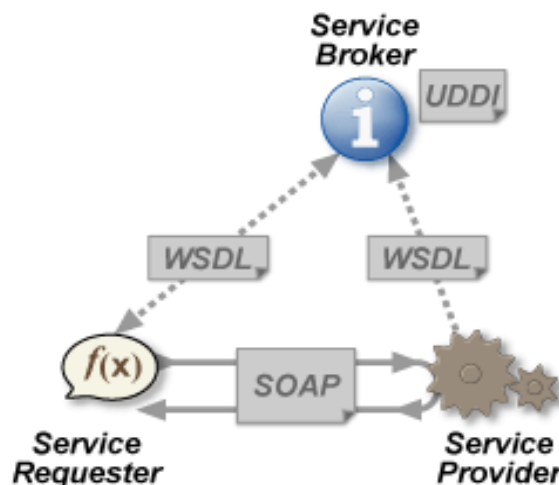
Στη σειριακή σύνδεση τα δεδομένα στέλνονται διαδοχικά ένα bit την κάθε φορά, μέσα από ένα κανάλι επικοινωνίας. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την παράλληλη επικοινωνία όπου όλα τα δεδομένα στέλνονται παράλληλα και από κοινού. Η σειριακή σύνδεση χρησιμοποιείται σε δίκτυα μεγάλων αποστάσεων όπου η παράλληλη επικοινωνία γίνεται αρκετά δύσκολα και με μεγάλο κόστος. Τα σειριακά κανάλια επικοινωνίας σε τέτοιες περιπτώσεις μεταφέρουν τα δεδομένα πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια από την παράλληλη σύνδεση.

3.3.3 Bluetooth

Το Bluetooth είναι ένα βιομηχανικό πρότυπο για ασύρματα προσωπικά δίκτυα υπολογιστών (Wireless Personal Area Networks, WPAN). Πρόκειται για μια ασύρματη τηλεπικοινωνιακή τεχνολογία μικρών αποστάσεων, η οποία μπορεί να μεταδώσει σήματα μέσω μικροκυμάτων σε ψηφιακές συσκευές. Επομένως το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο το οποίο παρέχει προτυποποιημένη, ασύρματη επικοινωνία ανάμεσα σε PDA, κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, προσωπικοί υπολογιστές, εκτυπωτές, καθώς και ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές ή ψηφιακές κάμερες, μέσω μιας ασφαλούς, φθηνής και παγκοσμίως διαθέσιμης χωρίς ειδική άδεια ραδιοσυχνότητας μικρής εμβέλειας. Από τεχνικής άποψης το Bluetooth είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης δικτύωσης σε φυσικό επίπεδο, υποεπίπεδο MAC και, προαιρετικά, υποεπίπεδο LLC.

3.3.4 Web Service

Το web service είναι μια μέθοδος επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο ηλεκτρονικές συσκευές διαμέσου ενός δικτύου. Το W3C το ορίζει σαν ένα σύστημα λογισμικού που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει διαλειτουργική αλληλεπίδραση μηχανής-προς-μηχανής μέσω ενός δικτύου. Περιέχει ένα interface το οποίο περιγράφεται από μια machine-processable μορφή (WSDL – Web Services Description Language). Περαιτέρω, τα συστήματα μπορούν να επικοινωνούν με το web service χρησιμοποιώντας μηνύματα SOAP τα οποία διαδίδονται με την χρήση HTTP μηνυμάτων σε συνδυασμό με XML serialization καθώς και με άλλα πρότυπα του Web.



Σχήμα 3.1: Web Service Architecture [25]

3.4 Smartphones και Medical Devices

3.4.1 Smartphones

Name	OS	CPU	Memory
HTC HD2	Windows Mobile® 6.5 Professional	1GHz Snapdragon™ processor	ROM: 512 MB RAM: 448 MB
HTC HD Mini	Windows Mobile® 6.5 Professional with HTC Sense™	600 MHz	ROM: 512 MB RAM: 384 MB
HTC Desire	Android™ 2.1 (Éclair) with HTC Sense™	Qualcomm Snapdragon QSD8250 1 GHz processor	ROM: 512 MB RAM: 576 MB
HTC Google Nexus One	Android™ 2.1 (Éclair)	Qualcomm® QSD8250™, 1 GHz	ROM: 512 MB RAM: 512 MB

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά κινητών τηλεφώνων

3.4.2 Medical Devices

3.4.2.1 Συσκευή Ηλεκτροκαρδιογραφήματος

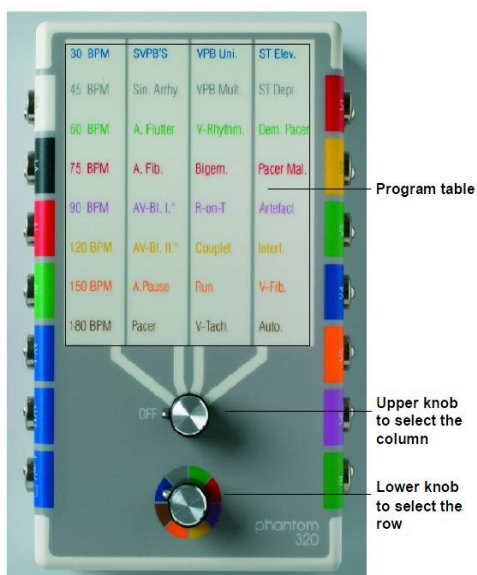
Η συσκευή ηλεκτροκαρδιογραφήματος Dyna-Vision Unit μπορεί να καταγράψει και τις 12 απαγωγές ΗΚΓ όπως επίσης παλμούς της καρδιάς, οξυγόνο του αίματος και plethysmogram. Τέλος, μπορεί να στέλνει δεδομένα με ρυθμό 100 δείγματα ανά δευτερόλεπτο.



Σχήμα 3.2: Dyna-Vision Unit [17]

3.4.2.2 Συσκευή Παραγωγής Σημάτων Ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Η συσκευή *Phantom 320 ECG Simulator*, είναι μια συσκευή που προσομοιώνει 32 διαφορετικά προγράμματα για τον έλεγχο των 12 απαγωγών του ΗΚΓ.



Σχήμα 3.3: *Phantom 320 ECG Simulator* [14]

3.4.2.3 Ψηφιακή Ζυγαριά

Το *Wii Balance Board* είναι μια πλατφόρμα ισορροπίας που προορίζεται για το βιντεοπαιχνίδι Nintendo Wii, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ηλεκτρονική ζυγαριά. Το μέγιστο σωματικό βάρος που μπορεί να καταγράψει είναι 150 κιλά.



Σχήμα 3.4: *Wii Balance Board* [26]

3.5 Αξιολόγηση και Επιλογή

Μετά από ενδελεχή μελέτη όλων των smartphones συσκευών (Πίνακας 3.1) έχουμε καταλήξει ότι αυτή που ταιριάζει καλύτερα στα μέτρα της εφαρμογής που θέλουμε να υλοποιήσουμε είναι η συσκευή HTC HD2. Το smartphone αυτό συνδυάζει την απόδοση με την ευχρηστία. Περαιτέρω τρέχει σε Windows Mobile 6.5 Professional που αυτό θα βοηθήσει στην γρηγορότερη ανάπτυξη του λογισμικού αφού ένα σημαντικό κομμάτι του κώδικα είναι ήδη γραμμένο για το *PatMon Module* και μπορεί να μεταφερθεί με αρκετά μεγάλη ευκολία αφού και τα δύο λογισμικά θα υλοποιηθούν στην γλώσσα προγραμματισμού C#.NET.

Για την καταγραφή των σημάτων ηλεκτροκαρδιογραφήματος επιλέγηκε η συσκευή Dyna-Vision unit αφού μπορεί να καταγράψει ECG 3-12 leads, καθώς επίσης Plethysmogram, SpO2 και Heart Frequency. Για την παραγωγή των σημάτων ECG επιλέγηκε η συσκευή Phantom 320 η οποία μπορεί να παράξει σήματα για 3-12 leads καθώς επίσης και να εξομοιώσει περιστατικά στα οποία ο ασθενής παρουσιάζει καρδιακά προβλήματα. Τέλος για την μέτρηση του βάρους του ασθενή επιλέγηκε το Wii Balance Board της Nintendo αφού μπορεί να μετρήσει το σωματικό βάρος με αρκετά μεγάλη ακρίβεια.

Κεφάλαιο 4

Ανάλυση Προηγούμενης Δουλειάς

4.1	Εισαγωγή	36
4.2	Προηγούμενα Συστήματα	36
4.3	Σύγκριση προηγούμενων συστημάτων με το προτεινόμενο σύστημα αυτής της διπλωματικής εργασίας	40
4.4	Περαιτέρω ανάπτυξη του υπάρχοντος συστήματος	41

4.1 Εισαγωγή

Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε την προηγούμενη δουλειά που αφορά την εργασία αυτή. Πιο συγκεκριμένα θα γίνει μια σύντομη περιγραφή των προηγούμενων συστημάτων, στην συνέχεια θα γίνει μια σύγκριση των συστημάτων αυτών με το δικό μας σύστημα και έπειτα θα περιγραφεί το υπάρχον σύστημα και οι λειτουργίες που προστέθηκαν πάνω σε αυτό για τη βελτιστοποίηση του.

4.2 Προηγούμενα Συστήματα

4.2.1 Multicenter randomised trial on home-based telemanagement to prevent hospital readmission of patients with chronic heart failure [5]

Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να καθοριστεί αν ένα home-based telemanagement (HBT) πρόγραμμα που προοριζόταν για ασθενείς με χρόνια καρδιακή ανεπάρκεια μπορούσε να μειώσει τις επανεισδοχές των ασθενών στα νοσοκομεία καθώς και το κόστος σε σύγκριση με το συνήθης πρόγραμμα (usual care - UC) παρακολούθησης για την περίοδο ενός χρόνου. Για την σύγκριση αυτή έλαβαν μέρος 460 ασθενής ηλικίας 57 ± 10 χρονών οι

οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες των 230 ατόμων η κάθε μία με τυχαίο τρόπο. Η πρώτη ομάδα ακολούθησε το πρόγραμμα HBT, έτσι κάθε ασθενής είχε στην διάθεση του μια κινητή συσκευή η οποία μετάδιδε 1-lead trace σε ένα σταθμό τον οποίο παρακολουθούσε μια νοσοκόμα. Η δεύτερη ομάδα ακολούθησε το συνήθης πρόγραμμα (UC), δηλαδή οι ασθενείς παραπέμφθηκαν σε γιατρούς πρωτοβάθμιας περίθαλψης και σε καρδιολόγους. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης έδειξαν ότι η πρώτη ομάδα είχε σημαντικά χαμηλότερο κίνδυνο επανεισδοχής σε σχέση με τη δεύτερη ομάδα (ομάδα HBT: 91 επανεισδοχές, ομάδα UC: 142 επανεισδοχές). Επίσης το μέσο κόστος επανεισδοχής ήταν σημαντικά χαμηλότερο στην πρώτη ομάδα (ομάδα HBT: € 843+/-1733, ομάδα UC: (€ 1298+/-2322).

4.2.2 A System for Monitoring Children with Suspected Cardiac Arrhythmias Technical Optimizations and Evaluation [7]

Αυτό το σύστημα έχει σαν κύριο στόχο τη συνεχή παρακολούθηση (24ωρη) των παιδιών με καρδιακές αρρυθμίες. Έχει τη δυνατότητα να αποκτήσει και να μεταδώσει σε πραγματικό χρόνο σήματα ηλεκτροκαρδιογραφήματος (3-leads), καθώς επίσης και να διευκολύνει ένα σύστημα συναγερμού να αναγνωρίσει πιθανές αρρυθμίες ούτως ώστε να ενημερωθεί ο γιατρός της εφημερίας και οι συγγενείς του παιδιού ότι ένα συμβάν μπορεί να συμβαίνει. Η παρακολούθηση ενός παιδιού μέσα στο σπίτι γίνεται μέσω ενός δικτύου αισθητήρων που είναι σε θέση να καταγράφουν και να μεταδίδουν το ΗΚΓ και τις συνθήκες διαβίωσης, ενώ έξω από το σπίτι η παρακολούθηση γίνεται μέσω μιας GPRS/UMTS συσκευής. Οι διαβιβαζόμενες πληροφορίες μπορούν να προσεγγιστούν με τη βοήθεια μιας web-based πλατφόρμας μέσω της οποίας γίνεται η συνεχής παρακολούθηση του ασθενούς. Αναμένεται ότι με τη χρήση του συστήματος αυτού ο παιδιατρικός καρδιολόγος θα είναι σε θέση να αναγνωρίσει την αρρυθμία, έτσι ώστε να ορίσει την κατάλληλη θεραπεία.

4.2.3 A Web Access to Data in a Mobile ECG Monitoring System [16]

Αυτή η έρευνα έχει σαν στόχο την δημιουργία ενός συστήματος που θα καταγράφει, θα επεξεργάζεται και θα αναλύει το ΗΚΓ τοπικά σε ένα PDA, το οποίο θα μεταφέρει ένας

ασθενής που υποφέρει από κάποιας μορφής καρδιαγγειακή πάθηση. Στη συνέχεια αν εντοπιστούν επικίνδυνες ανωμαλίες, θα αποστέλλονται μέσω ενός Web-Service σε ένα κέντρο συναγερμού, προκειμένου οι ασθενείς να λάβουν την κατάλληλη ιατρική βοήθεια μέσω GPRS σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Αυτό το είδος συστήματος μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα στους ιατρούς και τους συγγενείς του ασθενούς να αποκτήσουν σημαντικές πληροφορίες από τα δεδομένα που παράγονται από το PDA σε πραγματικό χρόνο.

4.2.4 A new model of home-based telemonitored cardiac rehabilitation in patients with heart failure: effectiveness, quality of life, and adherence [15]

Στόχος αυτής της μελέτης ήταν η αξιολόγηση ενός νέου μοντέλου που είχε να κάνει με την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών που βρίσκονταν σε περίοδο καρδιακής αποκατάστασης (home-based telemonitored cardiac rehabilitation - HTCR) χρησιμοποιώντας walking training σε σχέση με ένα πρότυπο καρδιακής αποκατάστασης (standard cardiac rehabilitation - SCR) που χρησιμοποιούσε interval training πάνω σε ένα εργοποδήλατο. Οι ασθενείς της ομάδας HTCR χρησιμοποιούσαν μια συσκευή ΕΗΟ 3 και ένα κινητό τηλέφωνο για να στέλνουν το ΗΚΓ (3-leads) στο κέντρο παρακολούθησης καθώς επίσης και για να απαντούν σε μια σειρά από ερωτήματα σχετικά με την παρούσα κατάσταση τους. Οι ασθενείς της ομάδας SCR απαντούσαν στις ίδιες ερωτήσεις που απαντούσαν και οι ασθενείς της ομάδας HTCR και γινόταν ανάλυση του ΗΚΓ τους. Αν δεν υπήρχε οποιαδήποτε παρενέργεια τότε ο ασθενής μπορούσε να αρχίσει την εκπαίδευση του. Η μελέτη συμπεριλάμβανε 152 ασθενείς με καρδιακή ανεπάρκεια ηλικίας 58.1 ± 10.2 χρονών οι οποίοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο στα δύο διαφορετικά προγράμματα (77 ασθενείς στο HTCR και 75 στο SCR). Η καρδιακή αποκατάσταση διήρκεσε 8 εβδομάδες και στο διάστημα αυτό όλοι οι ασθενείς της ομάδας HTCR ολοκλήρωσαν την καρδιακή αποκατάσταση ενώ 15 από τους ασθενείς (20%) της ομάδας SCR τη διέκοψαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πρόγραμμα HTCR είναι το ίδιο αποτελεσματικό με το πρόγραμμα SCR και η τήρηση της καρδιακής αποκατάστασης φαίνεται να είναι καλύτερη για το HTCR, έτσι μπορεί να αντικαταστήσει το πρόγραμμα SCR στην περίπτωση της καρδιακής αποκατάστασης ασθενών με καρδιακή ανεπάρκεια.

4.2.5 Systematic Review of Home Telemonitoring for Chronic Diseases: The Evidence Base [13]

Η μελέτη αυτή παρουσιάζει μια συστηματική ανασκόπηση της φύσης και του μεγέθους των αποτελεσμάτων που συνδέονται με την τηλεπαρακολούθηση των τεσσάρων τύπων των χρόνιων ασθενειών. Οι τέσσερις τύποι είναι οι εξής: οι πνευμονικές καταστάσεις, ο διαβήτης, η υπέρταση και οι καρδιαγγειακές παθήσεις. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε ήταν η εξής: αποκτήθηκε και αναλύθηκε ένα σύνολο 65 εμπειρικών μελετών που δημοσιεύτηκαν μεταξύ του 1990 και 2006 από τις οποίες οι 18 αναφέρονταν σε πνευμονικές καταστάσεις, οι 17 στο διαβήτη, οι 14 στην υπέρταση και οι υπόλοιπες 16 στις καρδιαγγειακές παθήσεις. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι ανεξάρτητα από την ιθαγένεια, την κοινωνικοοικονομική κατάσταση και την ηλικία οι ασθενείς συμμορφώνονται με τα προγράμματα τηλεπαρακολούθησης και τη χρήση των τεχνολογιών. Περαιτέρω, η δράση της τηλεπαρακολούθησης στις κλινικές εκβάσεις αποτελεσματικότητας (π.χ., μείωση των επισκέψεων έκτακτης ανάγκης, εισαγωγών σε νοσοκομείο, του μέσου όρου διαμονής στο νοσοκομείο) είναι πιο συνεπείς στις πνευμονικές και καρδιακές μελέτες από ότι στο διαβήτη και στην υπέρταση. Τέλος, η οικονομική βιωσιμότητα της τηλεπαρακολούθησης παρατηρήθηκε σε πολύ λίγες μελέτες και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν έγινε σε βάθος ανάλυση του κόστους-ελαχιστοποίησης.

4.2.6 Post Cardiac surgery Home-Monitoring System [6]

Σκοπός αυτής της δουλειάς ήταν η παρακολούθηση ασθενών από το σπίτι τους, οι οποίοι υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση, έτσι ώστε να κρατήσουν την περίοδο αποκατάστασης τους όσο το δυνατό ομαλότερη, να αποφεύγουν άσκοπες επισκέψεις στο νοσοκομείο και να αποτρέψουν ανεπιθύμητα συμβάντα. Αυτή η ομάδα ασθενών πρέπει να παρακολουθείται για ένα μικρό χρονικό διάστημα μετά την εγχείρηση και η παρακολούθηση γίνεται μέσω μια ιστοσελίδας η οποία μπορεί να αναπαραστήσει βιοσήματα όπως ΗΚΓ (1-lead), πίεση του αίματος, οξυγόνο του αίματος (SpO₂) και

σωματικό βάρος. Περαιτέρω, το σύστημα αυτό παρέχει κι άλλες λειτουργίες όπως καταχώρηση γιατρών, συνεργασία των γιατρών μεταξύ τους και αυτόματη ανάλυση του ΗΚΓ. Αυτή η μέθοδος διαχείρισης ασθενών μπορεί να είναι πολύ ευεργετική για την καταπολέμηση της επιδείνωσης της κατάστασης των ασθενών και για την πρόληψη της επανένταξης τους στο νοσοκομείο. Επίσης μπορεί να συμβάλει στην πρόληψη επείγουσας περίθαλψης των ασθενών και επείγουσας επίσκεψης σε δωμάτιο του νοσοκομείου. Αυτό το σύστημα αναπτύχθηκε από την Παναγιώτα Χειμωνίδου και ένα μέρος της δικής μου εργασίας θα είναι η περαιτέρω ανάπτυξη του, η αποσφαλμάτωση του και οι τελικοί έλεγχοι για την ορθότητα του.

4.3 Σύγκριση προηγούμενων συστημάτων με το προτεινόμενο σύστημα αυτής της διπλωματικής εργασίας

Από τις περιγραφές των προηγούμενων συστημάτων εύκολα μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι έχει γίνει μια εξαιρετική δουλειά έτσι ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος ζωής των ασθενών που υποφέρουν από καρδιακά προβλήματα. Όλα τα συστήματα που περιγράφηκαν έχουν σαν κύρια ιδέα την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών με τη χρήση εξελεγκμένης τεχνολογίας τόσο στην πλευρά του ασθενή (χρήση κινητών τηλεφώνων, δικτύων αισθητήρων, GPRS/UMTS συσκευών) όσο και στην πλευρά των κέντρων παρακολούθησης (χρήση web-service, έξυπνων συστημάτων που αναλύουν το καρδιογράφημα, συστημάτων που ειδοποιούν τους ιατρούς και τους συγγενείς σε περίπτωση που ένα περιστατικό έχει συμβεί). Τα συστήματα αυτά μπορούν να συμβάλουν στη μείωση των επανεισδοχών των ασθενών στα νοσοκομεία, στη μείωση του κόστους, στην αποτροπή ανεπιθύμητων συμβάντων και στην ομαλότερη περίοδο αποκατάστασης των ασθενών. Σκοπός της δικής μου διπλωματικής εργασίας, όπως προανέφερα, είναι η απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση η οποία συμπεριλαμβάνει και την περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος που περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 4.2.6. Το σύστημα το οποίο αναπτύξαμε χρησιμοποιεί επίσης εξελεγκμένη τεχνολογία όπως web services, smartphones, συσκευές καταγραφής βιοσημάτων που χρησιμοποιούν τεχνολογία Bluetooth (π.χ. καταγραφή ΗΚΓ και σωματικού βάρους) καθώς και άλλα πολλά που θα περιγραφούν στη συνέχεια. Περαιτέρω,

το σύστημα μας δεν προορίζεται για 24ωρη παρακολούθηση αφού οι ασθενείς στους οποίους απευθύνεται χρειάζεται να καταγράφουν και να αποστέλλουν το ηλεκτροκαρδιογράφημα τους μόνο για μερικά λεπτά κάθε μέρα. Η ειδοποιός διαφορά ανάμεσα στο σύστημα που αναπτύξαμε και στα συστήματα που περιγράφηκαν πιο πάνω είναι το πλήθος των βιοσημάτων που μπορεί να υποστηρίζει. Τα προηγούμενα συστήματα μπορούσαν να υποστηρίξουν το πολύ 3 leads ΗΚΓ και μερικά από αυτά κατέγραφαν τους παλμούς της καρδιάς ή/και την πίεση του αίματος ενώ το δικό μας μπορεί να υποστηρίξει 3-12 leads ΗΚΓ καθώς επίσης και ζωτικής σημασίας παραμέτρους όπως το οξυγόνο του αίματος, την πίεση του αίματος, τους παλμούς της καρδιάς, το σωματικό βάρος και το plethysmogram.

4.4 Περαιτέρω ανάπτυξη του υπάρχοντος συστήματος

Όπως προαναφέρθηκε, ένα μέρος της διπλωματικής μου εργασίας έχει να κάνει με την περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος που περιγράφηκε στο υποκεφάλαιο 4.2.6. Αυτό το σύστημα, με τίτλο Post-Cardiosurgery Home Monitoring System, αναπτύχθηκε από την Παναγιώτα Χειμωνίδου σε αρκετά μεγάλο βαθμό και σε αυτό το υποκεφάλαιο θα γίνει μια πλήρης περιγραφή του καθώς επίσης και μια μικρή αναφορά στις αλλαγές που έγιναν για να επιτευχθεί ο στόχος μας.

4.4.1 Περιγραφή Συστήματος

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τα εξής υποσυστήματα: Application Server, ECG Analysis Server, ECG Archive Server και PatientsPortal. Ο Application Server είναι ένα web service το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση όλων των δεδομένων στην κεντρική βάση δεδομένων. Ο ECG Analysis Server είναι ένα console application που είναι υπεύθυνο για την ανάλυση του ΗΚΓ. Ο ECG Archive Server είναι ένα console application που είναι υπεύθυνο για την αρχειοθέτηση του ΗΚΓ. Τέλος, το PatientsPortal είναι μια ιστοσελίδα η οποία έχει σαν κύριο σκοπό την αναπαράσταση των δεδομένων των ασθενών όπως ΗΚΓ (1-lead), σωματικό βάρος, πίεση του αίματος, οξυγόνο του αίματος και διάφορες στατιστικές που είναι βασισμένες σε ερωτηματολόγια. Περαιτέρω, προσφέρει ένα

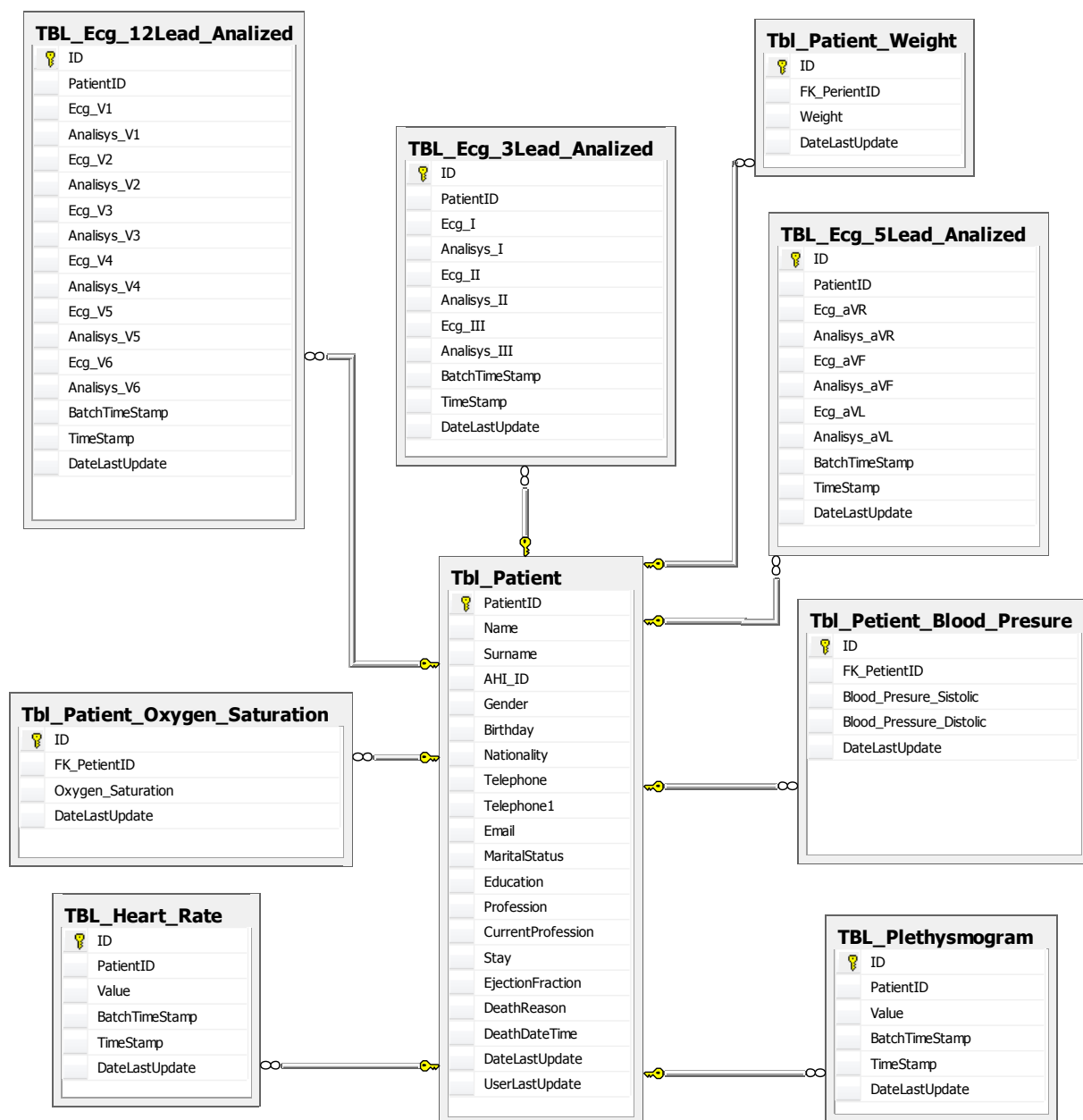
ευρύ φάσμα πληροφοριών όπως το ιστορικό του ασθενούς, ιατρικές πληροφορίες, τα συμπτώματα που είχε ο ασθενής καθώς επίσης και προσωπικές πληροφορίες του ασθενούς έτσι ώστε να μπορεί να εντοπιστεί εύκολα σε περίπτωση που συμβεί ένα έκτακτο περιστατικό. Επίσης προσφέρει αρκετές λειτουργίες όπως εγγραφή των ιατρών και των ασθενών τους, δυνατότητα παροχής πρόσβασης σε έναν άλλο γιατρό ως συνεργάτης ή ως θεατής, δυνατότητα συμπλήρωσης ερωτηματολογίων και δυνατότητα προγραμματισμού της αρχειοθέτησης του ΗΚΓ του ασθενούς [6].

4.4.2 Πρόσθεση επιπρόσθετων λειτουργιών

Το σύστημα αυτό χρειαζόταν περαιτέρω ανάπτυξη έτσι ώστε οι γιατροί να έχουν στη διάθεση τους περισσότερες πληροφορίες για να μπορούν να κάνουν καλύτερη διάγνωση. Συγκεκριμένα, το σύστημα υποστήριζε μόνο 1 lead ΗΚΓ (Απαγωγή Ι) και ο κυριότερος στόχος ήταν να προσθέσουμε και τις υπόλοιπες απαγωγές (II, III, aVF, aVR, aVL, V1, V2, V3, V4, V5, V6). Επίσης το σύστημα δεν υποστήριζε την αναπαράσταση του plethysmogram έτσι έπρεπε να το προσθέσουμε στις καινούργιες λειτουργίες. Περαιτέρω, το σύστημα περιείχε 2 υποσυστήματα που το ένα ήταν υπεύθυνο για την ανάλυση του ΗΚΓ και ο άλλος για την αρχειοθέτηση του. Τα υποσυστήματα αυτά ήταν console applications, πράγμα που δεν ήταν πολύ αποδοτικό γιατί έπρεπε να διαρρυθμιστεί κατάλληλα ο εξυπηρετητής για να τα τρέχει ανά τακτά χρονικά διαστήματα έχοντας σαν επακόλουθο την υπερφόρτωση του. Αυτά τα δύο υποσυστήματα διαγράφηκαν από το όλο σύστημα αφού στην περίπτωση της αρχειοθέτησης αποφασίσαμε ότι δεν χρειαζόταν γιατί το ΗΚΓ ήταν ήδη αποθηκευμένο στη βάση δεδομένων μας ενώ στην περίπτωση της ανάλυσης του ΗΚΓ, η ανάλυση θα γίνεται απευθείας στο υποσύστημα του ασθενούς και θα αποστέλλεται αναλυμένο στην κεντρική βάση δεδομένων. Για την επίτευξη των λειτουργιών αυτών χρειάστηκε η αλλαγή αρκετού κώδικα όχι μόνο στην ιστοσελίδα αλλά και στη βάση δεδομένων, και στο web service.

4.4.3 Διαμόρφωση της κεντρικής βάσης δεδομένων

Για την περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος το πρώτο πράγμα που έπρεπε να γίνει ήταν να διαμορφωθεί κατάλληλα η βάση δεδομένων με την προσθήκη πινάκων αλλά και διαδικασιών. Στο Σχήμα 4.1 φαίνεται ένα υποσύνολο της βάσης δεδομένων στο οποίο μπορεί να δει κανείς τους διάφορους πίνακες οι οποίοι θα αποθηκεύουν όλες τις πληροφορίες που περιγράψαμε. Αξίζει να σημειωθεί ότι η αποθήκευση του ΗΚΓ γίνεται



Σχήμα 4.1: Μερικό σχήμα βάσης

σε τρεις διαφορετικούς πίνακες, όπου ο πρώτος πίνακας (TBL_Ecg_3Lead_Analized) αποθηκεύει τις τρεις πρώτες απαγωγές (I, II και III) μαζί με την ανάλυση τους, ο δεύτερος πίνακας (TBL_Ecg_5Lead_Analized) αποθηκεύει τις απαγωγές (aVF, aVL και aVR) μαζί με την ανάλυση τους και τέλος ο τρίτος πίνακας (TBL_Ecg_12Lead_Analized) αποθηκεύει τις απαγωγές (V1-V6) μαζί με την ανάλυση τους. Ο διαχωρισμός των πινάκων έγινε με αυτό τον τρόπο έτσι ώστε σε περίπτωση που ο ασθενής επιθυμεί να καταγράψει ΗΚΓ 3-leads ή 5-leads να μη γεμίζει η βάση μας με ανεπιθύμητα NULL αφού τα πεδία των απαγωγών V1-V6 και aVF, aVL, aVR (σε περίπτωση καταγραφής μόνο του ΗΚΓ 3-leads) θα παραμένουν κενά. Στο κάτω αριστερό μέρος του σχήματος έχει προστεθεί ο πίνακας (TBL_Heart_Rate) ο οποίος είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση των παλμών της καρδιάς και έχει διαχωριστεί από τους υπόλοιπους πίνακες των απαγωγών ΗΚΓ αφού σε κάθε δείγμα το ΗΚΓ είναι δεκαπλάσιο σε ποσότητα από τους παλμούς της καρδιάς, έτσι με αυτό τον τρόπο αποφεύγουμε την αποθήκευση αχρείαστης πληροφορίας. Τέλος, μπορούμε να δούμε στο κάτω δεξιό μέρος του σχήματος ότι έχει προστεθεί ο πίνακας (TBL_Plethysmogram) που είναι υπεύθυνος για την αποθήκευση του plethysmogram.

4.4.3 Διαμόρφωση του Web Service

Ο Application Server όπως είπαμε προηγουμένως, είναι ένα web service το οποίο είναι υπεύθυνο για την αποθήκευση όλων των δεδομένων στην κεντρική βάση του συστήματος. Σαν web service που είναι, προσφέρει κάποιες μεθόδους τις οποίες θα μπορεί να καλεί το υποσύστημα το οποίο θα βρίσκεται στην διάθεση του ασθενούς. Οι μέθοδοι που προσφέρει είναι οι εξής:

1. AddECGAnalyzed3Lead
2. AddECGAnalyzed5Lead
3. AddECGAnalyzed12Lead
4. AddHeartRate
5. AddPlethysmogram
6. PatientLogin
7. AddBloodPressure

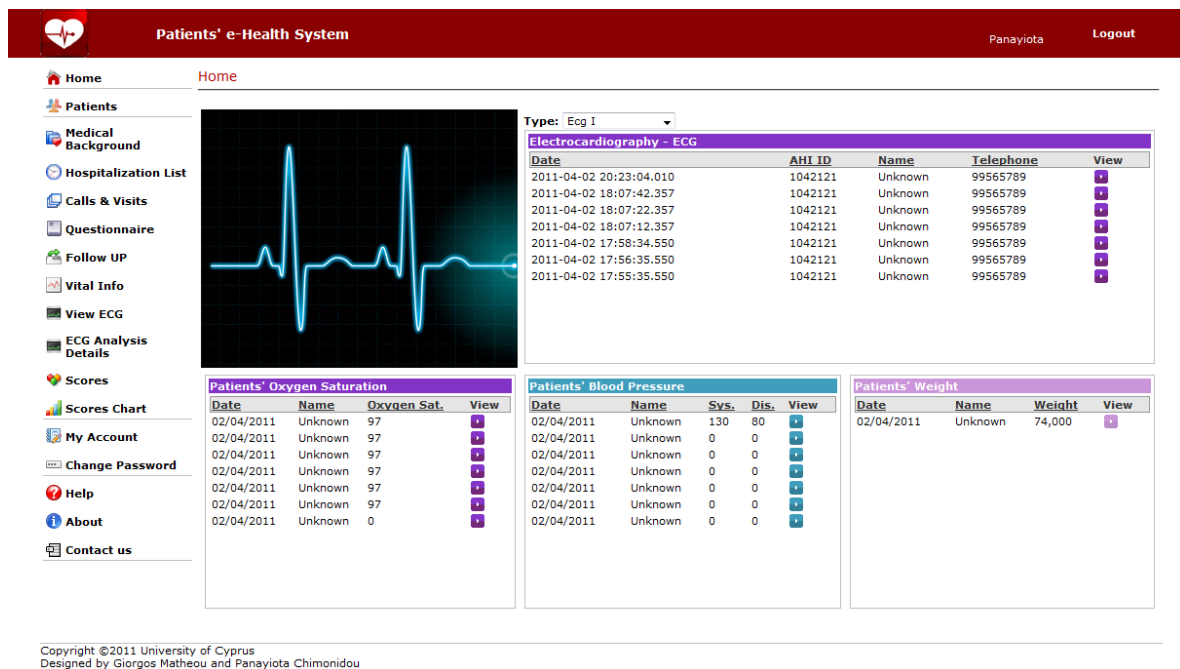
8. AddWeight

9. AddOxygenSaturation

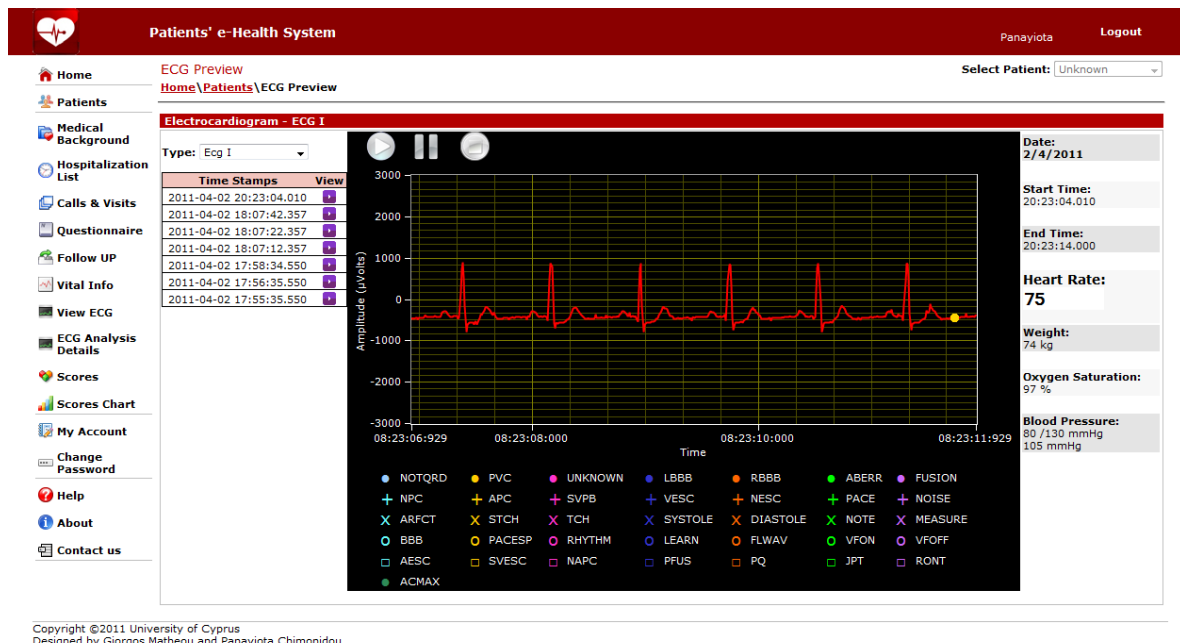
Από τις πιο πάνω μεθόδους, οι πρώτες έξι, προστέθηκαν στο σύστημα έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει τις καινούργιες λειτουργίες. Στην ουσία αυτές οι μέθοδοι καλούν τις συναρτήσεις (Stored Procedures) της βάσης δεδομένων με σκοπό να εκτελέσει η κάθε μια τη δική της ξεχωριστή λειτουργία. Οι πέντε πρώτες μέθοδοι έχουν σαν σκοπό την αποθήκευση των δεδομένων στη βάση ενώ η τελευταία (PatientLogin) έχει σαν στόχο την αυθεντικοποίηση του ασθενή έτσι ώστε το σύστημα να αποθηκεύει τις σωστές πληροφορίες για τον κάθε χρήστη και να μην χρησιμοποιούν το σύστημα άτομα που δεν είναι εγγεγραμμένα σε αυτό.

4.4.4 Διαμόρφωση του υποσυστήματος PatientsPortal

Το τελευταίο στάδιο που θα οδηγούσε στην επίτευξη του στόχου μας ήταν η περαιτέρω ανάπτυξη της ιστοσελίδας την οποία θα χρησιμοποιούν οι γιατροί και οι νοσοκόμες. Αξίζει να σημειωθεί ότι το υποσύστημα αυτό μετονομάστηκε σε CardiacPortal. Πιο κάτω φαίνονται τα screenshots τα οποία πάρθηκαν κατά την λειτουργία της ιστοσελίδας αυτής. Στο Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η αρχική σελίδα του CardiacPortal μέσω της οποίας μπορεί να δει κανείς τα πιο πρόσφατα δείγματα ΗΚΓ αλλά και τις άλλες παραμέτρους ζωτικής σημασίας των ασθενών. Επίσης μπορούμε να δούμε ότι υπάρχει το πεδίο Type, ένα combo box, μέσου του οποίου ο χρήστης μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στα 12 διαφορετικά είδη καρδιογραφήματος και στο plethysmogram. Στο Σχήμα 4.3 παρουσιάζεται η αναπαράσταση του ΗΚΓ (Απαγωγή Ι). Στο δεξί μέρος της σελίδας βλέπουμε τις διάφορες ζωτικής σημασίας παραμέτρους του ασθενούς όπως τους παλμούς της καρδιάς, το σωματικό βάρος, το οξυγόνο του αίματος και την πίεση του αίματος. Στο κάτω μέρος της σελίδας παρουσιάζονται τα διάφορα διακριτικά μέσω των οποίων ο χρήστης θα μπορεί να αναγνωρίζει τις διάφορες αρρυθμίες που αναγνωρίζονται κατά την ανάλυση του ΗΚΓ. Τέλος, βλέπουμε με κόκκινο χρώμα την κυματομορφή του συγκεκριμένου τύπου ΗΚΓ όπου στη δεξιά πλευρά της κυματομορφής φαίνεται μια μικρή τελεία με κίτρινο χρώμα που υποδεικνύει ότι αναγνωρίστηκε η αρρυθμία PVC (premature ventricular contraction).



Σχήμα 4.2: Κεντρική σελίδα του CardiacPortal



Σχήμα 4.3: Σελίδα αναπαράστασης του ΗΚΓ στο CardiacPortal

Κεφάλαιο 5

Ανάλυση και Σχεδίαση Συστήματος

5.1	Φάση Απαιτήσεων	47
5.2	Φάση Προδιαγραφών	57
5.3	Φάση Σχεδίασης	69

5.1 Φάση Απαιτήσεων

5.1.1 Ορισμός του προβλήματος

Το πρόβλημα που θέλαμε να λύσουμε με την υλοποίηση του συστήματος αυτού είναι η εξ αποστάσεως παρακολούθηση των βιοσημάτων των ασθενών που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση από τους ιατρούς τους. Τα βιοσήματα τα οποία το σύστημα πρέπει να υποστηρίζει είναι τα εξής: ηλεκτροκαρδιογράφημα (3-12 leads) μαζί με την ανάλυση του, παλμοί της καρδιάς, πίεση του αίματος, οξυγόνο του αίματος, σωματικό βάρος και plethysmogram.

5.1.2 Ορισμοί, Ακρώνυμα και Συντομεύσεις

5.1.2.1 Ορισμοί

- Ηλεκτροκαρδιογράφημα: Είναι μια γραφική παράσταση της διαφοράς δυναμικού δύο σημείων του ανθρώπινου σώματος σε συνάρτηση με το χρόνο. Ανάλογα με την τοποθέτηση των σημείων αυτών παίρνουμε και μια εικόνα. Ένα πλήρες καρδιογράφημα έχει συνήθως 12-Απαγωγές (12- leads): I, II, III, aVR, aVL, aVF, V1, V2, V3, V4, V5, V6.

- Καρδιακή Αρρυθμία: Είναι ένα σύνολο καταστάσεων στις οποίες η συστολή των μυών της καρδιάς είναι ανώμαλη, δηλαδή γρηγορότερη ή πιο αργή από την κανονική.
- Plethysmogram: Είναι μια γραφική παράσταση η οποία δείχνει το ποσοστό του οξυγόνου του αίματος σε συνάρτηση με το χρόνο.
- Web-Service: Είναι μια μέθοδος επικοινωνίας ανάμεσα σε δύο ηλεκτρονικές συσκευές διαμέσου ενός δικτύου. Το W3C το ορίζει σαν ένα σύστημα λογισμικού που σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει διαλειτουργική αλληλεπίδραση μηχανής-προς-μηχανής μέσω ενός δικτύου. (βλ. υποκεφάλαιο 3.3.4).
- Βιοσήματα: Είναι ένας όρος που συνοψίζει όλα τα είδη των σημάτων που μπορεί να μετρώνται και να παρακολουθούνται από βιολογικά όντα. Στην εργασία αυτή όταν λέμε βιοσήματα θα αναφερόμαστε στο ηλεκτροκαρδιογράφημα (3-12 leads), στους παλμούς της καρδιάς, στην πίεση του αίματος, στο οξυγόνο του αίματος, στο σωματικό βάρος και στο plethysmogram.

5.1.2.2 Ακρόνυμα

- **Η.Υ**: Ηλεκτρονικός Υπολογιστής

5.1.2.3 Συντομεύσεις

- **ΗΚΓ**: Ηλεκτροκαρδιογράφημα

5.1.3 Περιγραφή του συστήματος

Το όλο σύστημα αποτελείται από πέντε(5) διαφορετικά υποσυστήματα τα οποία αναφέρονται ως εξής:

- *PatMon* (Windows Based Application)
- *DocMon* (Windows Mobile Application)

- *CardiacPortal* (Web Interface)
- *Application Server* (Web Services)
- *CardiacPortalDB* (MS-SQL Database)

Υπευθυνότητες του υποσυστήματος *PatMon*

Το υποσύστημα αυτό είναι συμβατό μόνο για τα λειτουργικά συστήματα Windows και προορίζεται για τους ασθενείς. Σκοπός του είναι να συλλέγει τα βιοσήματα του ασθενή μέσω ειδικών ηλεκτρονικών συσκευών, να αναλύει το ΗΚΓ και να στέλνει τα δεδομένα αυτά στην κεντρική βάση δεδομένων (*CardiacPortalDB*) με τη χρήση ενός web-service (*Application Server*). Η ανάλυση του ΗΚΓ γίνεται με βάση έναν open source αλγόριθμο ανίχνευσης αρρυθμιών τον οποίο παρέχει η E.P Limited [12]. Επίσης, παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης συσκευών, μέσω του οποίου ο ασθενής μπορεί να συνδεθεί/αποσυνδεθεί με αυτές, να τις ρυθμίσει κατάλληλα αλλά και να δει την κατάσταση στην οποία βρίσκονται (π.χ. την κατάσταση της μπαταρίας τους). Περαιτέρω, ο ασθενής μπορεί να δει όλα τα βιοσήματα στην κεντρική οθόνη του υποσυστήματος σε πραγματικό χρόνο καθώς επίσης και κάποια μηνύματα τα οποία στέλλουν οι συσκευές (π.χ. το μήνυμα “Heart Frequency Not Detected” από τη συσκευή ΗΚΓ). Εκτός από αυτά, το *PatMon* διαθέτει διαδικασία εγγραφής (registration), μέσω της οποίας ο ασθενής ταυτοποιείται στο σύστημα έτσι ώστε να έχει τη δυνατότητα να στέλνει τα βιοσήματα του για παρακολούθηση. Τέλος, οι ασθενείς μπορούν να επιλέξουν ανάμεσα σε δύο διαφορετικά modes κατά την εκκίνηση του λογισμικού αυτού. Το “Telemetry Mode” χρησιμοποιείται στην περίπτωση που ο ασθενής θέλει να στείλει τα βιοσήματα του για παρακολούθηση ενώ το “Stand Alone Mode” στην περίπτωση που ο ασθενής δε θέλει να στείλει τα βιοσήματα του για παρακολούθηση είτε επειδή δεν είναι ενωμένος με το διαδίκτυο είτε επειδή τον παρακολουθεί προσωπική νοσοκόμα μέσω του λογισμικού αυτού.

Υπευθυνότητες του υποσυστήματος *DocMon*

Το υποσύστημα αυτό είναι ένα λογισμικό κινητού τηλεφώνου για το λειτουργικό σύστημα Windows Mobile 6.5 Professional και προορίζεται για τους ιατρούς. Η κύρια λειτουργία του λογισμικού αυτού είναι η αναπαράσταση όλων των βιοσημάτων του ασθενή σε μια

κεντρική οθόνη. Ο ιατρός μέσω ενός web-service (*Application Server*) μπορεί να προσκομίσει τα στοιχεία των ασθενών του (π.χ. προσωπικά στοιχεία, ιστορικό κ.ο.κ.), τις διάφορες ημερομηνίες στις οποίες ο κάθε ασθενής κατέγραφε τα βιοσήματα του και τα βιοσήματα του ασθενούς για μια συγκεκριμένη ημερομηνία.

Υπευθυνότητες του υποσυστήματος *CardiacPortal*

Το υποσύστημα αυτό είναι ένα web-interface που αποτελεί το βασικό μέσο για την εξ αποστάσεως παρακολούθηση των ασθενών από τους ιατρούς τους. Η περιγραφή του υποσυστήματος αυτού βρίσκεται στο υποκεφάλαιο 4.4.1 το οποίο πρωταρχικά αναφερόταν σαν υποσύστημα *PatientsPortal* και αποτελούσε το υπάρχον σύστημα το οποίο έπρεπε να εξελιχθεί. Στα υποκεφάλαια 4.4.2 και 4.4.4 μπορεί να δει κανείς τις επιπρόσθετες λειτουργίες και τη διαμόρφωση του συστήματος αυτού, τα οποία οδήγησαν στην καλύτερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία του.

Υπευθυνότητες του υποσυστήματος *Application Server*

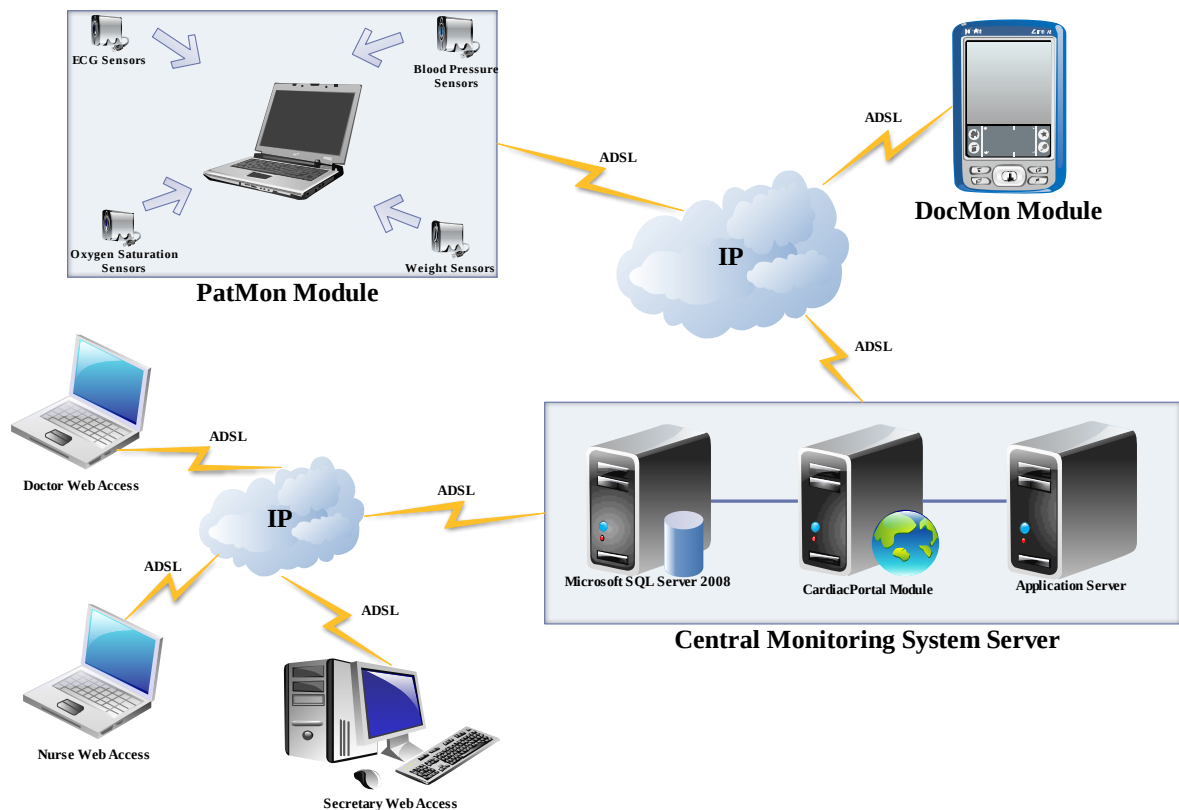
Ο *Application Server* αποτελείται από δύο ξεχωριστά web-services, δίνοντας μας έτσι τη δυνατότητα να τα τρέχουμε σε δύο διαφορετικούς εξυπηρετητές έχοντας έτσι καλύτερη απόδοση όπως επίσης και ευκολότερη συντήρηση. Το πρώτο web-service έχει σαν σκοπό την αποθήκευση των δεδομένων στην κεντρική βάση και μέχρι στιγμής χρησιμοποιείται μόνο από το υποσύστημα *PatMon* (βλ. υποκεφάλαιο 4.4.3). Το δεύτερο web-service έχει σαν σκοπό την προσκόμιση των δεδομένων από τη βάση, την ταυτοποίηση του ιατρού και τη διαχείριση των στοιχείων πρόσβασης του στο όλο σύστημα (αλλαγή/επαναφορά κωδικού πρόσβασης). Μέχρι στιγμής χρησιμοποιείται μόνο από το υποσύστημα *DocMon* και προσφέρει τις παρακάτω μεθόδους:

- userLogin
- changePassword
- recoverPassword
- sendCredentialsToPatient
- getPatientsByUserName
- getBatchTimeStamps

- getEcgAnalyzed
- getPlethysmogram
- getHeartRate
- getOxygenSaturation
- getPatient
- getWeight
- getBloodPressure

Υπευθυνότητες του υποσυστήματος *CardiacPortalDB*

Το υποσύστημα αυτό αποτελεί την κεντρική βάση δεδομένων του όλου συστήματος και αναπτύχθηκε μέσω του MS-SQL Server 2008 [8]. Η ασφάλεια των δεδομένων της βάσης έγινε με τη χρήση του Microsoft Membership Provider της ASP.NET [23]. Περαιτέρω πληροφορίες για το υποσύστημα αυτό βρίσκονται στο υποκεφάλαιο 4.4.3.



Σχήμα 5.1: Αρχιτεκτονική του όλου συστήματος

Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται το σχεδιάγραμμα της αρχιτεκτονικής του όλου συστήματος δείχνοντας την αλληλεπίδραση και τη συνεργασία των υποσυστημάτων μεταξύ τους.

5.1.4 Διεπιφάνειες συστήματος

5.1.4.1 Διεπιφάνειες χρηστών

Υποσύστημα *PatMon*

- Διεπιφάνεια 1: Αρχική οθόνη
Εδώ ο χρήστης θα μπορεί είτε να ξεκινήσει την εφαρμογή διαλέγοντας ένα από τα δύο modes (“Telemetry Mode” ή “Stand Alone Mode”), είτε να σταματήσει την εφαρμογή.
- Διεπιφάνεια 2: Κεντρική Οθόνη
Εδώ ο χρήστης θα μπορεί να διαχειρίζεται τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές (σύνδεση/αποσύνδεση), να βλέπει τα βιοσήματα του και την κατάσταση των συσκευών.
- Διεπιφάνεια 3: Οθόνη ρύθμισης συσκευών
Εδώ ο χρήστης θα μπορεί να ρυθμίζει κατάλληλα τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές που είναι υπεύθυνες για την καταγραφή των βιοσημάτων.
- Διεπιφάνεια 4: Οθόνη ταυτοποίησης ασθενή
Ο χρήστης/ασθενής εισάγει κάποια στοιχεία (μυστικό αριθμό και ταυτότητα) έτσι ώστε να μπορεί να ταυτοποιηθεί από το σύστημα έχοντας έτσι τη δυνατότητα να στείλει τα βιοσήματα του για παρακολούθηση.
- Διεπιφάνεια 5: Οθόνη αποστολής βιοσημάτων
Αυτή η οθόνη εμφανίζεται αυτόματα μόλις λήξει ο προκαθορισμένος χρόνος καταγραφής των βιοσημάτων. Στη συνέχεια ενώνεται με τον *Application Server* και

αποθηκεύει όλα τα βιοσήματα που καταγράφηκαν στην κεντρική βάση δεδομένων (*CardiacPortalDB*).

Υποσύστημα *DocMon*

- Διεπιφάνεια 1: Αρχική οθόνη

Εδώ ο χρήστης/ιατρός εισάγει το username και το password του έτσι ώστε να μπορέσει να έχει πρόσβαση στο σύστημα. Σε περίπτωση που ο χρήστης αποτύχει να εισάγει τα σωστά στοιχεία πρόσβασης του πάνω από 5 φορές τότε ο λογαριασμός του μπλοκάρτε, παρέχοντας έτσι καλύτερη ασφάλεια στο σύστημα.

- Διεπιφάνεια 2: Οθόνη επαναφοράς κωδικού

Ο χρήστης σε περίπτωση που ξεχάσει τον κωδικό πρόσβασης του εισάγει το username του στην οθόνη αυτή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αλλάξει ο κωδικός πρόσβασης του με έναν τυχαίο κωδικό (για θέματα ασφάλειας) που θα δημιουργήσει το σύστημα και στη συνέχεια ο καινούργιος κωδικός στέλνεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση του χρήστη.

- Διεπιφάνεια 3: Οθόνη αναπαράστασης βιοσημάτων

Εδώ ο ιατρός, αφού διαλέξει ποιον ασθενή θέλει να παρακολουθήσει, διαλέγει τον τύπο ΗΚΓ ή το plethysmogram και την ημερομηνία της καταγραφής του με σκοπό να συνδεθεί με τον *Application Server* και να προσκομίσει όλα τα βιοσήματα που συλλέχθηκαν την ημερομηνία αυτή. Στην συνέχεια ο ιατρός μέσω της οθόνης αυτής μπορεί να παρακολουθήσει τα βιοσήματα αυτά με παραστατικό τρόπο.

- Διεπιφάνεια 4: Οθόνη επιλογής ασθενή

Ο χρήστης/ιατρός σε αυτήν την οθόνη μπορεί να δει τη λίστα με τους ασθενείς του. Επιλέγοντας έναν ασθενή μπορεί να δει τα στοιχεία του όπως ονοματεπώνυμο, ταυτότητα, email, τηλέφωνα, εκπαίδευση, οικογενειακή κατάσταση, φύλο, ejection fraction, υπηκοότητα, ημερομηνία γέννησης, επάγγελμα, ημερομηνία θανάτου και

αίτια θανάτου. Στη συνέχεια μπορεί να επιλέξει τον ασθενή που θα παρακολουθήσει ή να στείλει στην ηλεκτρονική διεύθυνση του ασθενή τα συνθηματικά πρόσβασης του, έτσι ώστε να τα χρησιμοποιήσει για να ταυτοποιηθεί από το υποσύστημα *PatMon*.

- Διεπιφάνεια 5: Οθόνη αλλαγής κωδικού πρόσβασης
Ο ιατρός μέσω αυτής της οθόνης μπορεί να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης του εισάγοντας τον προηγούμενο και τον καινούργιο κωδικό του.

5.1.4.2 Διεπιφάνειες υλικού

Για τις ανάγκες του έργου αυτού χρειαζόμαστε τις εξής συσκευές (Hardware) με τις ανάλογες διεπιφάνειες:

- Ένας H.Y (γραφείου) εφοδιασμένος με επεξεργαστή Intel® Core™ i7-930 Processor (8M Cache, 2.80 GHz, 4.80 GT/s Intel® QPI) και 8 GB RAM για τις ανάγκες του κεντρικού εξυπηρετητή (*CardiacPortal*, *Application Server*, *CardiacPortalDB*) καθώς και μια κάρτα δικτύου 10/100/1000 bps.
- Ένας H.Y (γραφείου ή φορητός) εφοδιασμένος με επεξεργαστή τουλάχιστον Intel Pentium 4 HT@3.2 GHz με μνήμη 2 GB RAM για τις ανάγκες του *PatMon Software*. Επίσης μια κάρτα δικτύου 10/100/1000 bps και μια συσκευή Bluetooth.
- Ένας υπολογιστής παλάμης εφοδιασμένος με επεξεργαστή 1GHz, 448 MB RAM, ανάλυση οθόνης 480 X 800 WVGA και Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g) για τις ανάγκες του *DocMon Software*.

5.1.4.3 Διεπιφάνειες λογισμικού

Για τις ανάγκες του έργου αυτού χρειαζόμαστε τα εξής προγράμματα (Software) με τις ανάλογες διεπιφάνειες :

- Microsoft SQL Server 2008
- Windows Server 2008 R2
- Windows 7 Professional
- Windows Mobile® 6.5 Professional

5.1.4.4 Διεπιφάνειες επικοινωνίας

Για τις ανάγκες του έργου αυτού χρειαζόμαστε τις εξής διεπιφάνειες επικοινωνίας:

- ADSL Business Line D: 1,5 Mbps/ U: 256kbs
- Bluetooth

5.1.5 Περιορισμοί του συστήματος

Περιορισμοί μνήμης

Για τις ανάγκες του έργου αυτού χρειαζόμαστε τους εξής περιορισμούς μνήμης :

- 1 X 100 GB Hard Disk για τις ανάγκες του *PatMon* Software
- 2 X 1GB DDR2 RAM @ 667 MHz για τις ανάγκες του *PatMon* Software
- 4 X 1 TB Hard Disk για τις ανάγκες του κεντρικού εξυπηρετητή
- 4 X 2GB DDR3 RAM @ 1333 MHz για τις ανάγκες του κεντρικού εξυπηρετητή
- 256 MB SD Card για τις ανάγκες του *DocMon* Software

Περιορισμός επικοινωνίας με άλλες εφαρμογές

Το σύστημα δεν θα έχει επικοινωνία με άλλες εφαρμογές πλην του διαδικτυακού φυλλομετρητή (π.χ. Mozilla Firefox, Opera)

5.1.6 Άλλες Απαιτήσεις

Εξωτερικές απαιτήσεις διεπαφής

Το σύστημα χρειάζεται ολόκληρη σχεδόν την οθόνη της συσκευής (στα λογισμικά PatMon και DocMon) για να μπορεί να προβάλει τα κατάλληλα δεδομένα, άρα δεν υπάρχει η δυνατότητα να βρίσκονται όλες οι λειτουργίες στην οθόνη για να μπορέσει να τις επιλέξει ο χρήστης. Έτσι το σύστημα θα πρέπει να παρέχει στο χρήστη κάποια μενού επιλογών με τα οποία ο χρήστης θα μπορεί να πλοηγηθεί μέσα στην εφαρμογή και να εκτελέσει τις λειτουργίες που θέλει.

Απαιτήσεις απόδοσης

Σε αυτό το σύστημα, το θέμα απόδοσης είναι το κυριότερο που θα πρέπει να μας απασχολεί, αφού έχουμε να κάνουμε με ιατρικά δεδομένα τα οποία έχουν ζωτική σημασία για τον ασθενή. Έτσι όλες οι εφαρμογές θα πρέπει να λειτουργούν σε πραγματικό χρόνο με πλήρη συγχρονισμό των δεδομένων που καταγράφονται από τον ασθενή και των δεδομένων που αποστέλλονται στην κεντρική βάση δεδομένων.

Παράλληλη λειτουργία

Το σύστημα πρέπει παράλληλα να μπορεί να δέχεται πολλαπλές καταχωρήσεις ΗΚΓ από τα διάφορα *PatMon* προγράμματα. Επίσης η ιστοσελίδα *CardiacPortal* πρέπει να είναι σε θέση να εξυπηρετεί περισσότερο από έναν ιατρούς ταυτόχρονα.

Απαιτήσεις Αξιοπιστίας

Το σύστημα πρέπει να είναι αξιόπιστο και εύρωστο σε περιπτώσεις που το διαδίκτυο διακόπτεται ή το σήμα είναι αδύνατο για αποστολή των δεδομένων.

Κρισιμότητα Εφαρμογής

Το σύστημα αυτό είναι πάρα πολύ κρίσιμο και ζωτικής σημασίας για τους ασθενείς αφού σε αυτό θα στηρίζεται η παρακολούθηση τους και η διάγνωση τους.

Εκτιμήσεις ασφάλειας και προστασίας

Το σύστημα θα πρέπει να είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να εγγυάται την ασφάλεια και την προστασία των δεδομένων ότι και να είναι αυτά. Η χρήση κάποιου αλγόριθμου κρυπτογράφησης θα είναι αναγκαία και απαραίτητη.

5.2 Φάση Προδιαγραφών

5.2.1 Εισαγωγή

Το σύστημα που θα υλοποιήσουμε θα πρέπει να πλήρη κάποιες προδιαγραφές και να ικανοποιεί κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά ούτως ώστε να μπορεί να χαρακτηριστεί ολοκληρωμένο σύστημα. Τα χαρακτηριστικά με τα οποία θα ασχοληθούμε περισσότερο στο κεφαλαίο αυτό είναι η αξιοπιστία, η ασφάλεια, η συντηρησιμότητα και η συμβατότητα. Πιο κάτω θα έχουμε την ευκαιρία να αναλύσουμε περαιτέρω τα χαρακτηριστικά αυτά. Επίσης στο κεφαλαίο αυτό θα αναφερθούμε και στις λειτουργίες που αναμένουμε να εκτελούνται από την εφαρμογή.

5.2.2 Χαρακτηριστικά Συστήματος

5.2.2.1 Αξιοπιστία

Ένα από τα πιο βασικά στοιχεία τα οποία θα πρέπει να έχει η εφαρμογή που θα υλοποιήσουμε είναι η αξιοπιστία, δηλαδή η πιθανότητα λειτουργίας χωρίς αστοχία για καθορισμένο χρόνο σε καθορισμένο περιβάλλον για δεδομένους λόγους όμως αυτό σημαίνει διαφορετικά πράγματα ανάλογα με το σύστημα και τους χρήστες του συστήματος. Άτυπα, η αξιοπιστία είναι μέτρο του πόσο καλά οι χρήστες νομίζουν ότι παρέχει τις υπηρεσίες που απαιτούν. Οι παράγοντες που θα πρέπει να εξεταστούν ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία του συστήματος είναι:

- Ο μέσος χρόνος ανάμεσα σε 2 αποτυχίες
- Ο μέσος χρόνος για επαναλειτουργία
- Ο μέσος χρόνος και το κόστος για επιδιόρθωση των συνεπειών μιας αποτυχίας.

Πιο συγκεκριμένα αν κάποιος χρήστης έχει περάσει το στάδιο της εκπαίδευσης, και εξακολουθεί να κάνει συχνά λάθη σε μικρά χρονικά διαστήματα, τότε το πρόβλημα έγκειται στο σύστημα μας σε ένα μεγάλο βαθμό και όχι στο χρήστη. Αυτό δείχνει ότι η δομή της εφαρμογής μας είναι τέτοια, ώστε να καθιστά δύσκολη την χρήση των λειτουργιών της. Άρα το σύστημα που θα υλοποιηθεί θα πρέπει να είναι καλά δομημένο με αρκετές οδηγίες και πληροφορίες προς το χρήστη για να μπορεί να εκτελεί άνετα την κάθε του λειτουργία. Σε μια άλλη περίπτωση, όταν ο χρήστης κάνει κάποιο σφάλμα και το σύστημα δεν ανταποκριθεί σωστά, τότε ο χρόνος για να διορθώσει το λάθος του δεν θα πρέπει να είναι μεγάλος. Έτσι θα μπορεί ο χρήστης να επαναλειτουργήσει την εφαρμογή από εκεί που έχει μείνει και να συνεχίσει κανονικά την εργασία του.

5.2.2.2 Ασφάλεια

Η ασφάλεια σε ένα πληροφοριακό σύστημα εξασφαλίζεται όταν τηρούνται 3 βασικά χαρακτηριστικά:

1) Διαθεσιμότητα (availability): Η διαθεσιμότητα αναφέρεται στο κατά πόσο το σύστημα είναι σε λειτουργία τη στιγμή που το χρειαζόμαστε. Οι μετρικές διαθεσιμότητας περιλαμβάνουν:

- Αριθμό διακοπών υπηρεσίας σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, ο οποίος είναι το αντίστροφο του MTTF (π.χ. αν ένα σύστημα δεν είναι διαθέσιμο 1,6 φορές το χρόνο, τότε $MTTF = 1/1.6 = 0,625$ χρόνια).
- Διάρκεια διακοπών υπηρεσίας
- Μέσο χρόνο επισκευής (mean time to repair, MTTR)
- Προγραμματισμένο χρόνο αδιάλειπτης λειτουργίας (scheduled uptime)

Η διαθεσιμότητα ενός συστήματος δεν συμπίπτει με την αξιοπιστία, καθώς λαμβάνονται υπόψη και παράγοντες όπως η διάρκεια των διακοπών της υπηρεσίας. Ένα αξιόπιστο

σύστημα για να έχει υψηλή διαθεσιμότητα απαιτεί επιπλέον την υιοθέτηση clusters αλλά και άλλων υπερσύγχρονων τεχνικών.

2) Ακεραιότητα (integrity): Αναφέρεται στην αποφυγή μη εξουσιοδοτημένης μεταβολής/καταστροφής/πλαστογραφίας των δεδομένων του συστήματος.

3) Εμπιστευτικότητα (confidentiality): Αποφυγή μη εξουσιοδοτημένης αποκάλυψης των δεδομένων. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα για τη σωστή εξασφάλιση της ασφάλειας στο σύστημα μας, θα χρειαστεί να γίνεται έλεγχος για εξουσιοδοτημένες ή μη προσβάσεις στα δεδομένα του. Για το σκοπό αυτό είναι δυνατό να εφαρμόσουμε τη χρήση κωδικού για να μπορεί να εισάγεται στο σύστημα από το χρήστη αποτρέποντας έτσι μη εξουσιοδοτημένες προσβάσεις σε ευαίσθητα δεδομένα.

5.2.2.3 Συντηρισιμότητα

Η συντηρισιμότητα σε ένα πληροφοριακό σύστημα ορίζεται ως η δυνατότητα του συστήματος αυτού να μπορεί να συντηρείται στο μέλλον. Πιο συγκεκριμένα πρέπει να μπορεί να αποκτά περισσότερες λειτουργίες από τις ήδη υπάρχουσες, όπως επίσης και στην περίπτωση σφαλμάτων ή για διαισθητικούς λόγους να μπορούν να γίνονται αλλαγές σε οποιοδήποτε μέρος του συστήματος εύκολα. Παραδείγματος χάρη, μπορούμε στο μέλλον να προσθέσουμε στην ιστοσελίδα CardiacPortal τη λειτουργία να μπορεί να εκτυπώνει το ηλεκτροκαρδιογράφημα σε κάποιον εκτυπωτή εκτός από το να το προβάλλει στην οθόνη του φυλλομετρητή. Το σύστημα θα πρέπει να μπορεί εύκολα να επιδέχεται τέτοιες προσθήκες και να καθιστά τη συντήρηση εύκολη. Ένα άλλο ενδεχόμενο που μπορεί να υπάρξει είναι τα μενού να μην είναι αρκετά βοηθητικά στα λογισμικά *PatMon* και *DocMon* με αποτέλεσμα να χρειάζονται κάποιες αλλαγές ούτως ώστε να υποβοηθούν το χρήστη να έχει πιο εύκολη πλοήγηση μέσα στις λειτουργίες. Αυτό πρέπει να μπορεί να γίνει με ευκολία χωρίς να επηρεάζεται ολόκληρο το σύστημα.

5.2.2.4 Συμβατότητα

Η συμβατότητα σε ένα πληροφοριακό σύστημα ορίζεται ως η δυνατότητα εγκατάστασης του συστήματος αυτού σε κάποια υπολογιστική συσκευή για χρήση. Είναι πολύ σημαντικό να μπορεί η εφαρμογή που θα υλοποιήσουμε να εγκατασταθεί σε περισσότερες από μια κινητές συσκευές αλλά με την επιλογή που έχουμε κάνει στο PDA που θα χρησιμοποιήσουμε θα είναι λίγο δύσκολο να βρούμε πολλές συσκευές που να υποστηρίζουν την εφαρμογή μας στην μορφή που βρίσκεται. Όπως είδαμε στο κεφαλαίο 3, το smartphone HTC HD2 που επιλέξαμε για να υλοποιήσουμε την εφαρμογή μας, αν και πληρούσε όλες τις προδιαγραφές που αναμέναμε από μια κινητή συσκευή, έχει δύο μειονεκτήματα. Το πρώτο μειονέκτημα είναι το λειτουργικό σύστημα, αφού το Windows Mobile® 6.5 Professional δεν το χρησιμοποιούν και πάρα πολλές κινητές συσκευές. Το δεύτερο μειονέκτημα είναι η ανάλυση της οθόνης, που στην περίπτωση του smartphone αυτού είναι 480 X 800 WVGA. Αυτή την ανάλυση οθόνης δεν την υποστηρίζουν αρκετές κινητές συσκευές έτσι ο ιατρός θα πρέπει να επιλέξει το κινητό τηλέφωνο που θα αγοράσει βάσει αυτών των δύο περιορισμών.

5.2.3 Λειτουργίες Συστήματος

Υποσύστημα PatMon

- Είσοδος στο υποσύστημα

Ο χρήστης/ασθενής με το ξεκίνημα του συστήματος θα βρίσκεται μπροστά από την αρχική οθόνη. Μέσω κάποιας επιλογής θα μπορεί να μεταφερθεί σε μια άλλη οθόνη η οποία θα περιέχει όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής ανάλογα με το mode που θα επιλέξει (“Telemetry Mode” ή “Stand Alone Mode”).

- Λήψη Δεδομένων από αισθητήρες

Με επιλογή από το χρήστη θα ξεκινά η λήψη δεδομένων από τους αισθητήρες και θα μεταφέρονται τα δεδομένα μέσω ενός serial port στον Η.Υ του ασθενούς. Η λήψη θα μπορεί να σταματήσει πάλι με επιλογή του χρήστη.

- Προβολή των βιοσημάτων του ασθενή

Τα διάφορα βιοσημάτα του ασθενούς θα προβάλλονται στην οθόνη του H.Y του. Οι γραφικές παραστάσεις των απαγωγών του ΗΚΓ και του plethysmogram θα ανανεώνονται συνεχώς όπως επίσης και τα υπόλοιπα βιοσημάτα τα οποία θα εμφανίζονται μέσα σε ειδικές λεζάντες. Θα υπάρχει η δυνατότητα να σταματήσει η προβολή με το κουμπί Stop και να ξαναρχίσει με το κουμπί Start. Επίσης θα υπάρχει η δυνατότητα μεγέθυνσης της γραφικής παράστασης που θα βοηθήσει στην καλύτερη προβολή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και του plethysmogram. Τέλος, ο ασθενής θα μπορεί να επιλέξει για πόσο χρόνο θα διαρκέσει η καταγραφή των βιοσημάτων καθώς επίσης θα μπορεί να επιλέξει ποιες γραφικές παραστάσεις θα εμφανίζονται πάνω στην οθόνη.

- Ανάλυση του ηλεκτροκαρδιογραφήματος

Κατά την λήψη των σημάτων ΗΚΓ από το serial port θα γίνεται η ανάλυση τους με τη χρήση ενός νήματος. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη απόδοση της εφαρμογής αφού χρησιμοποιείτε η τεχνική της παραλληλοποίησης.

- Ρύθμιση των συσκευών καταγραφής βιοσημάτων

Ο ασθενής μέσω μιας ειδικής οθόνης θα μπορεί να ρυθμίζει κατάλληλα τις διάφορες συσκευές που θα χρησιμοποιεί. Σε περίπτωση που δε γνωρίζει πως θα τις ρυθμίσει θα μπορεί με τη χρήση ενός κουμπιού να εισάγει κάποιες προκαθορισμένες (default) τιμές στα πεδία ρύθμισης.

- Εγγραφή ασθενούς στο σύστημα

Ο ασθενής για να μπορέσει να ταυτοποιηθεί στο σύστημα θα πρέπει να κάνει κάποιου είδους εγγραφή (registration). Στην ουσία εισάγει τον μυστικό αριθμό που θα του δώσει ο ιατρός του και τον αριθμό ταυτότητας του. Αν αυτά είναι σωστά τότε η εφαρμογή θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον ασθενή, αλλιώς το λογισμικό θα είναι “κλειδωμένο” (unregistered) και δεν θα μπορεί να στείλει τα βιοσημάτα του για παρακολούθηση.

- Αποθήκευση δεδομένων στην κεντρική βάση

Μόλις λήξει ο προκαθορισμένος χρόνος καταγραφής των βιοσημάτων θα γίνεται η σύνδεση μεταξύ της συσκευής και του web-service και θα αποστέλλονται αυτόματα τα δεδομένα προς το web-service για να αποθηκευτούν.

- Help

Με επιλογή από το χρήστη θα υπάρχει βοήθεια για όλες τις λειτουργίες που διαθέτει η εφαρμογή καθώς και τον τρόπο με τον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες αυτές. Έτσι θα μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει εύκολα το σύστημα και να έχει το αποτέλεσμα που θέλει.

Υποσύστημα DocMon

- Είσοδος στο υποσύστημα

Ο χρήστης/ιατρός με το ξεκίνημα του συστήματος θα βρίσκεται μπροστά από την αρχική οθόνη. Αφού εισάγει το username και το password, και αυτά είναι σωστά τότε θα μεταφερθεί σε μια άλλη οθόνη η οποία θα περιέχει όλες τις λειτουργίες της εφαρμογής.

- Επαναφορά κωδικού πρόσβασης

Ο ιατρός σε περίπτωση που ξεχάσει τον κωδικό πρόσβασης του, μέσω μιας ειδικής οθόνης, εισάγει το username του με σκοπό να του σταλεί ένας καινούργιος τυχαίος κωδικός στην ηλεκτρονική του διεύθυνση.

- Προβολή των βιοσημάτων του ασθενή

Ο ιατρός, αφού διαλέξει ποιον ασθενή θέλει να παρακολουθήσει, τον τύπο ΗΚΓ ή το plethysmogram και την ημερομηνία της καταγραφής του, μέσω ενός κουμπιού μπορεί να συνδεθεί με τον *Application Server* και να προσκομίσει όλα τα βιοσήματα που συλλέχθηκαν την ημερομηνία αυτή. Το ΗΚΓ και το plethysmogram θα προβάλλονται σε μια γραφική παράσταση η οποία θα ανανεώνεται συνεχώς. Τα υπόλοιπα βιοσήματα

θα εμφανίζονται μέσα σε ειδικές λεζάντες οι οποίες θα ανανεώνονται σε περίπτωση που χρειάζεται (π.χ. στην προβολή των παλμών της καρδιάς). Θα υπάρχει η δυνατότητα παύσης της προβολής με το κουμπί Pause, να σταματήσει με το κουμπί Stop και να ξαναρχίσει με το κουμπί Start. Περαιτέρω, θα υπάρχει η δυνατότητα μεγέθυνσης της γραφικής παράστασης που θα βοηθήσει στην καλύτερη προβολή του ηλεκτροκαρδιογραφήματος και του plethysmogram.

- Προβολή στοιχείων ασθενή

Ο χρήστης/ιατρός θα μπορεί να δει τους ασθενείς του μέσω μιας λίστας. Με την επιλογή ενός ασθενούς από την λίστα αυτή θα μπορεί να δει τα διάφορα στοιχεία του όπως ονοματεπώνυμο, ταυτότητα, email, τηλέφωνα, εκπαίδευση, οικογενειακή κατάσταση, φύλο, ejection fraction, υπηκοότητα, ημερομηνία γέννησης, επάγγελμα, ημερομηνία θανάτου και αίτια θανάτου.

- Αποστολή συνθηματικών πρόσβασης στον ασθενή

Ο χρήστης με την επιλογή ενός κουμπιού θα μπορεί να στείλει τα συνθηματικά πρόσβασης ενός συγκεκριμένου ασθενούς στην ηλεκτρονική διεύθυνση του. Ο ασθενής λαμβάνοντας αυτά τα συνθηματικά θα μπορέσει να τα χρησιμοποιήσει για να ταυτοποιηθεί από το υποσύστημα *PatMon*.

- Αλλαγή κωδικού πρόσβασης ιατρού

Ο ιατρός μέσω μιας ειδικής οθόνης θα μπορεί να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης του εισάγοντας τον προηγούμενο και τον καινούργιο κωδικό του.

- Help

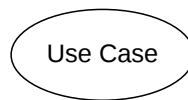
Με επιλογή από το χρήστη θα υπάρχει βοήθεια για όλες τις λειτουργίες που διαθέτει η εφαρμογή καθώς και τον τρόπο με τον οποίο επιτελούνται οι λειτουργίες αυτές. Έτσι θα μπορεί ο χρήστης να χρησιμοποιήσει εύκολα το σύστημα και να έχει το αποτέλεσμα που θέλει.

5.2.4 Διαγράμματα Σεναρίων Χρήσης - Use Cases

Ένα διάγραμμα σεναρίου χρήσης είναι μια γραφική αναπαράσταση της εμβέλειας του συστήματος σε υψηλό επίπεδο.

➤ Βασικοί Ορισμοί

- Περίπτωση Χρήσης: Μία ακολουθία ενεργειών, συμπεριλαμβανομένων και των παραλλαγών τους, που μπορεί να επιτελέσει ένα σύστημα σε αλληλεπίδραση με τους ρόλους που υπάρχουν στο σύστημα αυτό.



- Ρόλος: Ένας ρόλος, είναι ένας ρόλος που μπορεί να παίζει ένας χρήστης του συστήματος όταν αλληλεπιδρά με τις περιπτώσεις χρήσης του συστήματος αυτού.



- Συσχέτιση: Δηλώνει την συμμετοχή ενός ρόλου σε μια περίπτωση χρήσης.

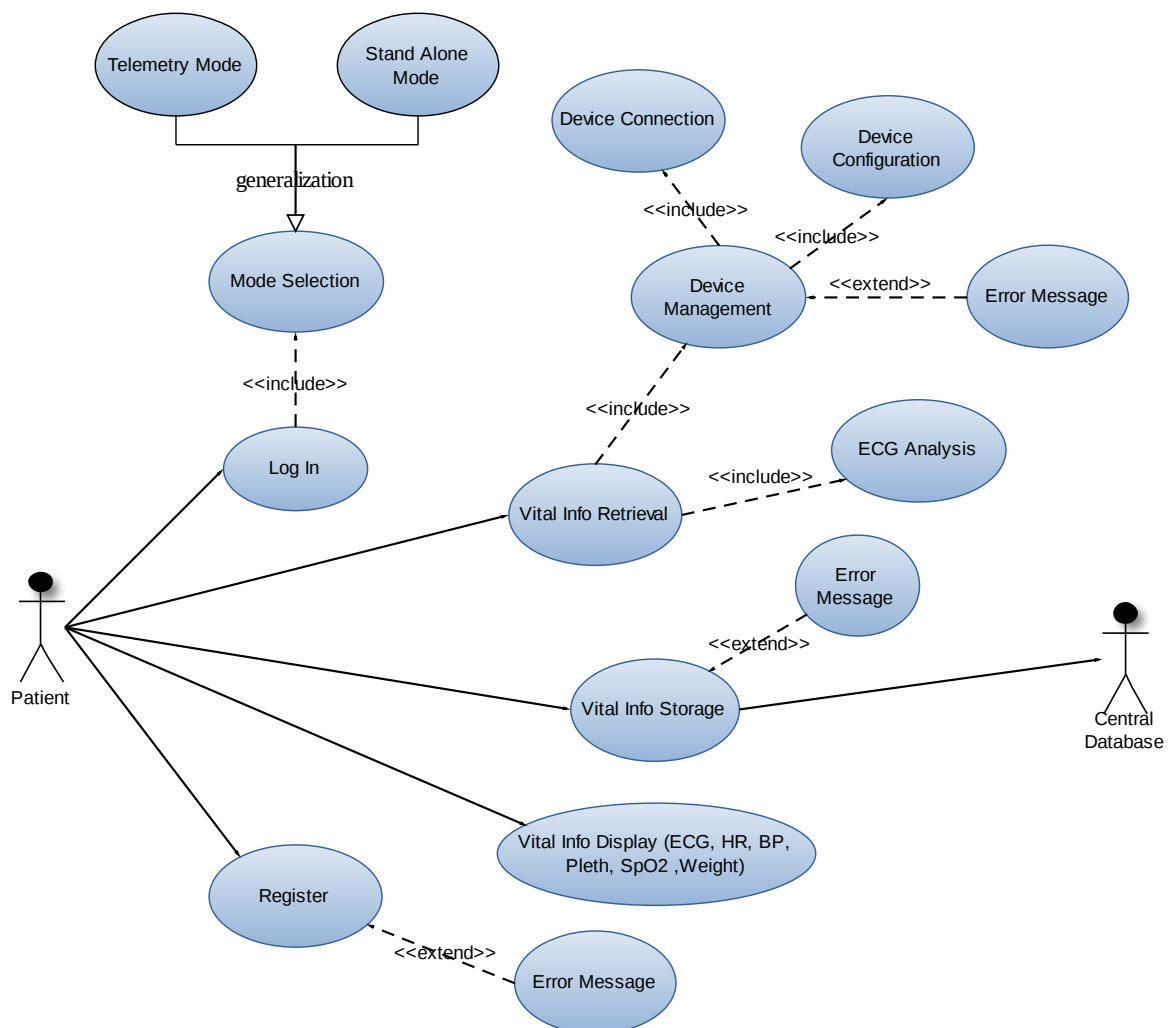
➤ Σχέσεις μεταξύ των σεναρίων χρήσης

- Σχέση «περιλαμβάνει» (includes): Μία περίπτωση χρήσης περιλαμβάνει τη συμπεριφορά μιας άλλης. Ο συμβολισμός της σχέσης αυτής είναι ένα διακεκομμένο βέλος με ετικέτα <<include>>.
- Σχέση «επεκτείνει» (extends): Μια περίπτωση χρήσης επεκτείνει κάποια άλλη προσθέτοντας επιπλέον ενέργειες στη γενική περίπτωση χρήσης. Αυτή η σχέση δείχνει ότι η συμπεριφορά του σεναρίου χρήσης επέκτασης μπορεί να παρεμβληθεί

στο εκτεταμένο σενάριο χρήσης υπό μερικούς όρους. Ο συμβολισμός της σχέσης αυτής είναι ένα διακεκομμένο βέλος με ετικέτα <<extend>>.

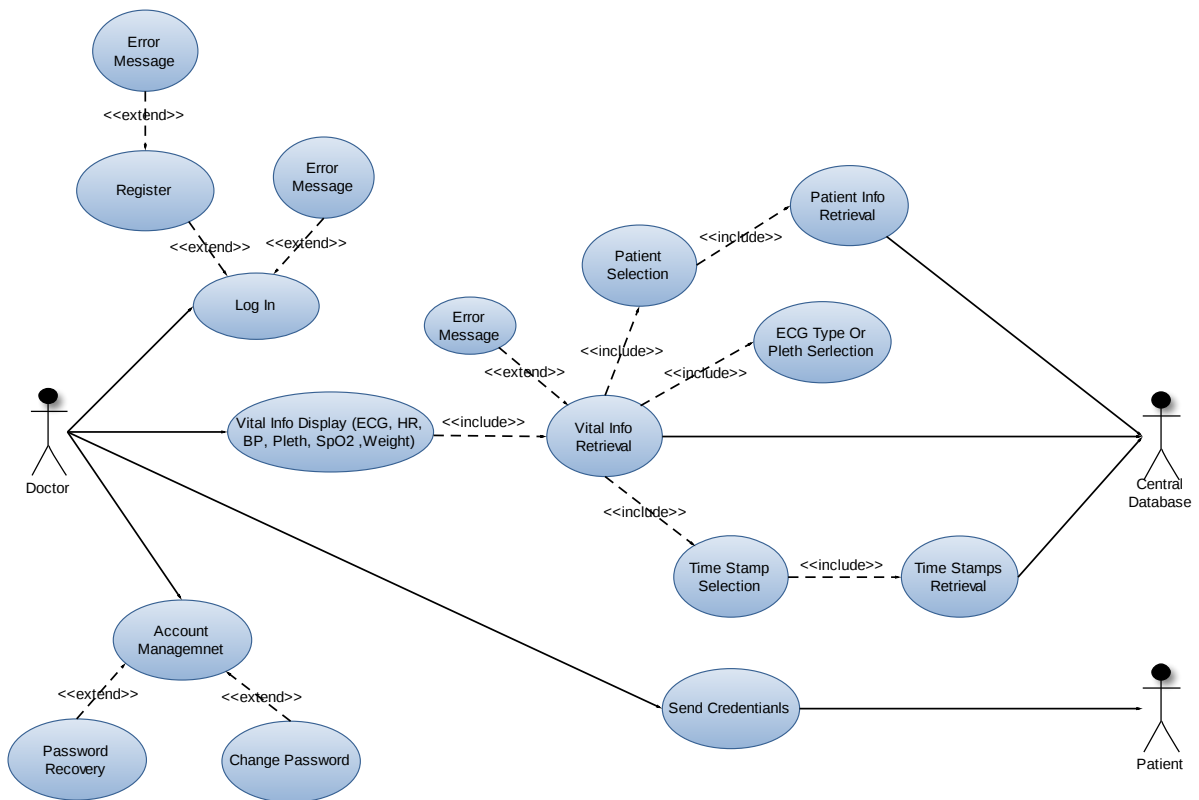
- Σχέση «γενικεύει/εξειδικεύει» (generalization/specialization): Μια περίπτωση χρήσης κληρονομεί τη συμπεριφορά και την περιγραφή μιας άλλης περίπτωσης χρήσης. Ο συμβολισμός της σχέσης αυτής είναι ένα βέλος με ετικέτα generalization.

5.2.4.1 Διάγραμμα Ασθενή – Υποσύστημα *PatMon*



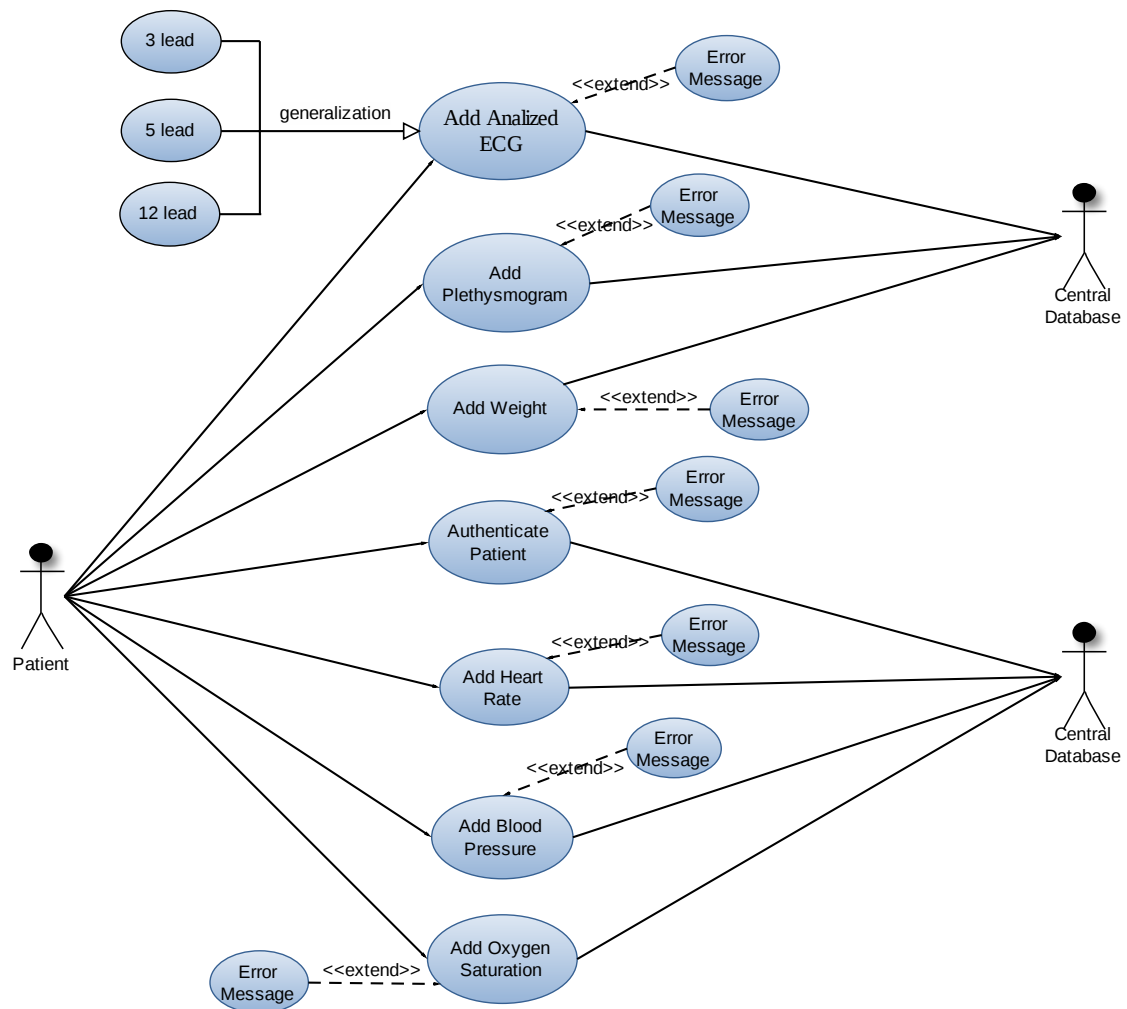
Σχήμα 5.1: Διάγραμμα σεναρίου χρήσης για τον ασθενή του συστήματος που θα χρησιμοποιεί την εφαρμογή *PatMon*

5.2.4.2 Διάγραμμα Ιατρού – Υποσύστημα *DocMon*



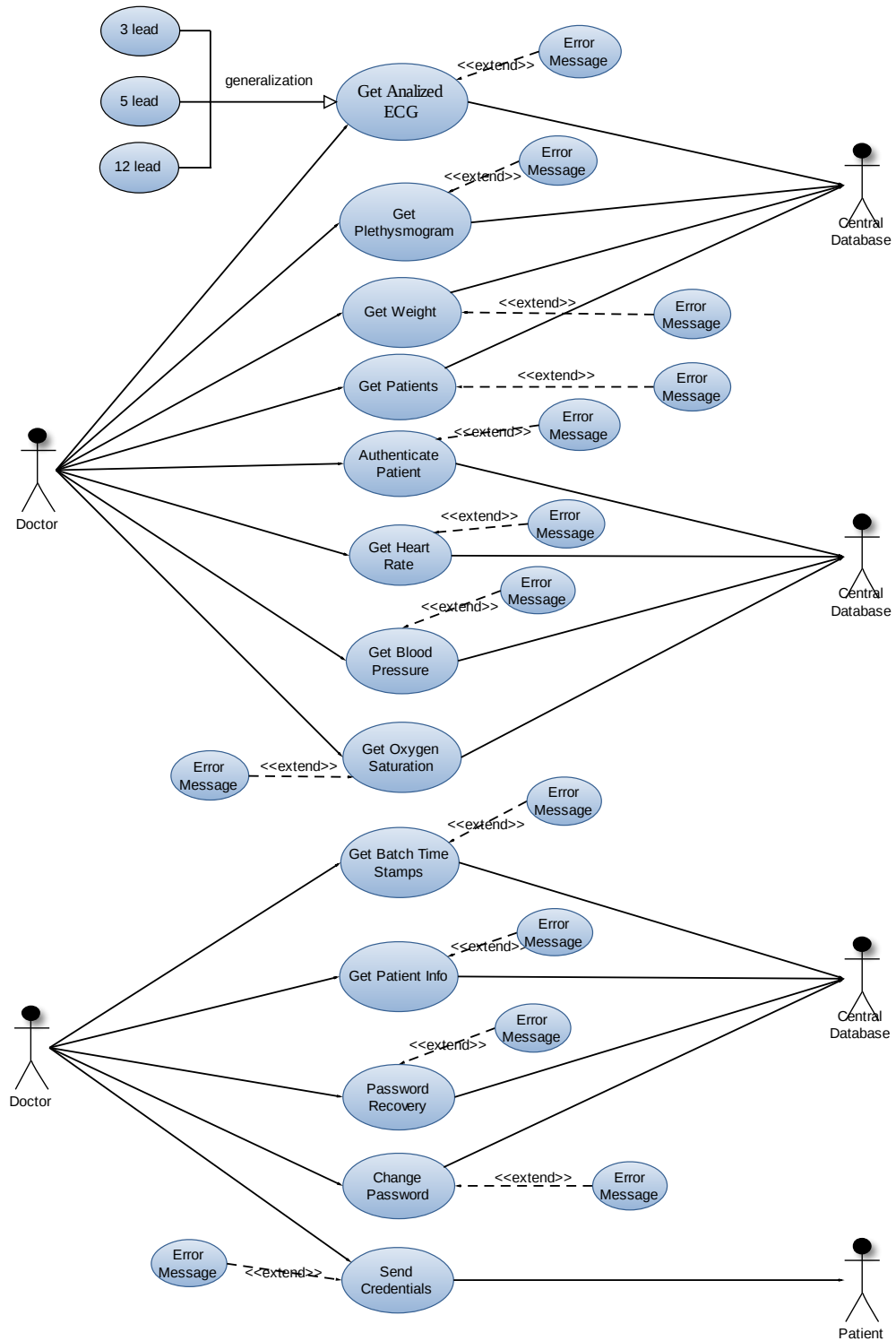
Σχήμα 5.2: Διάγραμμα σεναρίου χρήσης για τον ιατρό του συστήματος που θα χρησιμοποιεί την εφαρμογή *DocMon*

5.2.4.3 Διάγραμμα Υποσυστήματος *Application Server* – Αποθήκευση δεδομένων



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα σεναρίου χρήσης για την αποθήκευση των δεδομένων στο υποσύστημα *Application Server*

5.2.4.4 Διάγραμμα Υποσυστήματος *Application Server* – Ανάκτηση δεδομένων



Σχήμα 5.4: Διάγραμμα σεναρίου χρήσης για την ανάκτηση των δεδομένων στο υποσύστημα *Application Server*

5.3 Φάση Σχεδίασης

5.3.1 Εισαγωγή

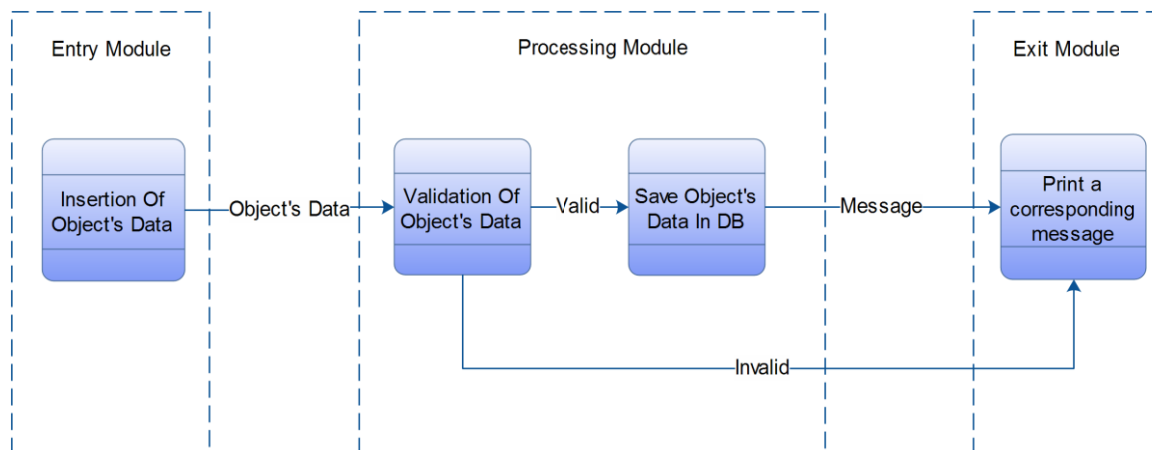
Ο σχεδιασμός ενός πληροφοριακού συστήματος είναι η φάση ανάπτυξης του κύκλου ζωής που απαιτείται αφού έχουν οριστεί επιτυχώς οι απαιτήσεις και οι προδιαγραφές του συγκεκριμένου συστήματος. Αυτή η φάση προορίζεται για τους προγραμματιστές του συστήματος. Για το λόγο αυτό χρειάζεται η αρχιτεκτονική και αναλυτική σχεδίαση των διεργασιών να παρουσιάζονται με αρκετή λεπτομέρεια, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν αναφορά στη φάση της Υλοποίησης. Στην αρχιτεκτονική σχεδίαση καθορίζονται τα τμήματα και οι διεργασίες του συστήματος με βάση τις προδιαγραφές που καθορίστηκαν στη φάση των Προδιαγραφών. Στην αναλυτική σχεδίαση, γίνεται λεπτομερής σχεδίαση του κάθε τμήματος και διεργασίας για να αποφευχθούν λάθη στη φάση της Υλοποίησης.

5.3.2 Αρχιτεκτονική Σχεδίαση

5.3.2.1 Ανάλυση Ροών Δεδομένων

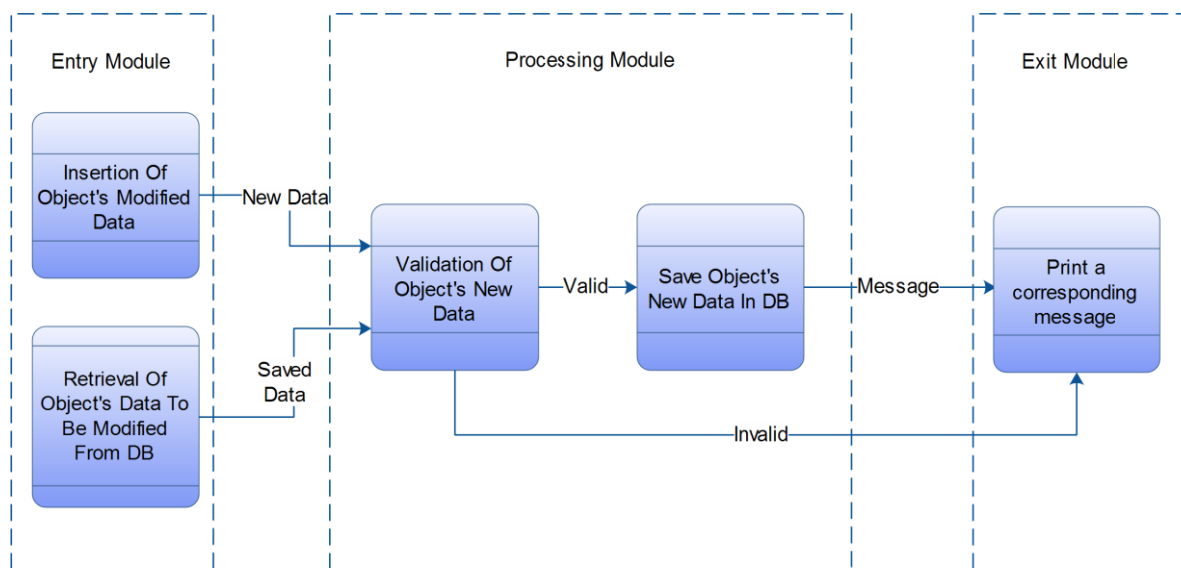
5.3.2.1.1 Διαγράμματα Ροής Δεδομένων

➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



Η λειτουργία αυτή περιλαμβάνει την εισαγωγή των δεδομένων της οντότητας. Στη συνέχεια τα δεδομένα αυτά ελέγχονται για την ορθότητά τους. Εάν περάσουν τον έλεγχο αυτό τότε αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων. Αφού αποθηκευτούν τυπώνεται μήνυμα επιτυχίας το οποίο ενημερώνει το χρήστη για την επιτυχή εισαγωγή των στοιχείων στη βάση αυτή. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται μήνυμα το οποίο ενημερώνει το χρήστη για τη λανθασμένη εισαγωγή στοιχείων.

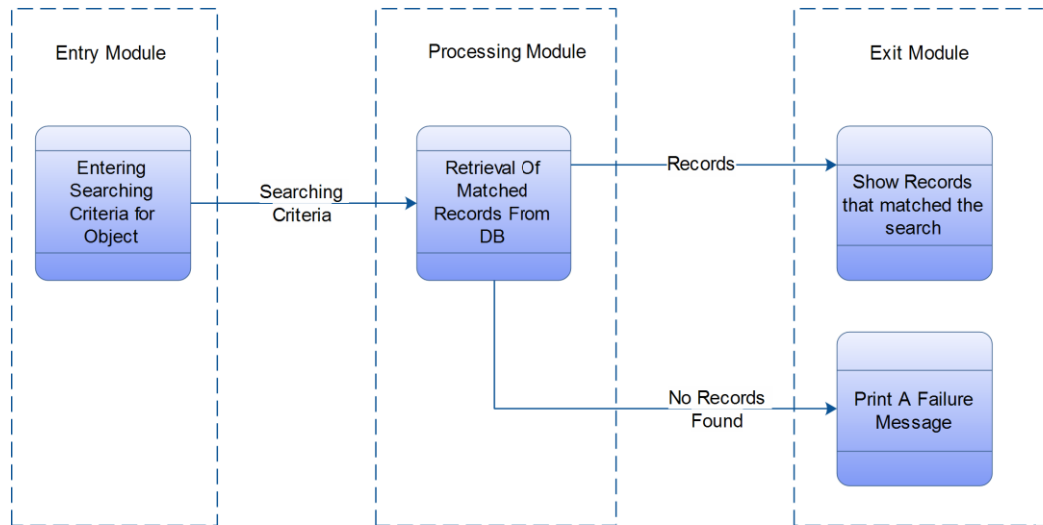
➤ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



Η λειτουργία της ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ περιλαμβάνει την τροποποίηση δεδομένων της οντότητας. Αρχικά γίνεται ανάκτηση των στοιχείων της οντότητας την οποία θέλουμε να τροποποιήσουμε από τη βάση δεδομένων μέσω δυο μεθόδων: αναζήτησης ή επιλογής από τη φόρμα της οντότητας. Στη συνέχεια εισάγονται τα νέα στοιχεία τα οποία ο χρήστης θέλει να τροποποιήσει και ελέγχονται για την ορθότητά τους. Εάν περάσουν τον έλεγχο αυτό τότε αποθηκεύονται στη βάση. Αφού αποθηκευτούν τυπώνεται μήνυμα επιτυχίας το οποίο ενημερώνει το χρήστη για την επιτυχή τροποποίηση των στοιχείων. Σε αντίθετη περίπτωση εμφανίζεται μήνυμα το οποίο ενημερώνει τον χρήστη για την λανθασμένη

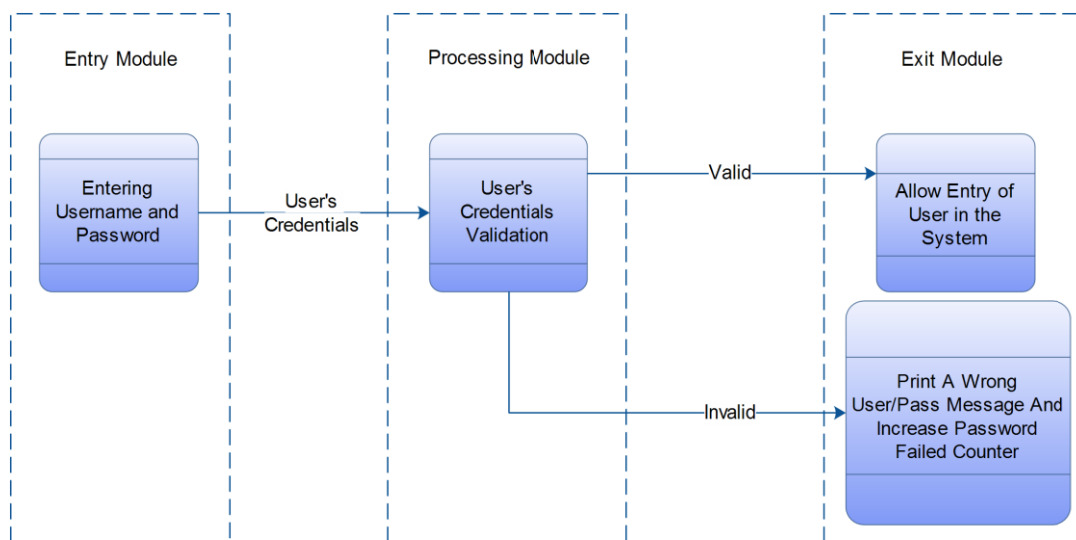
εισαγωγή των στοιχείων και συνεπώς για την αποτυχημένη τροποποίησή τους στη βάση δεδομένων.

➤ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



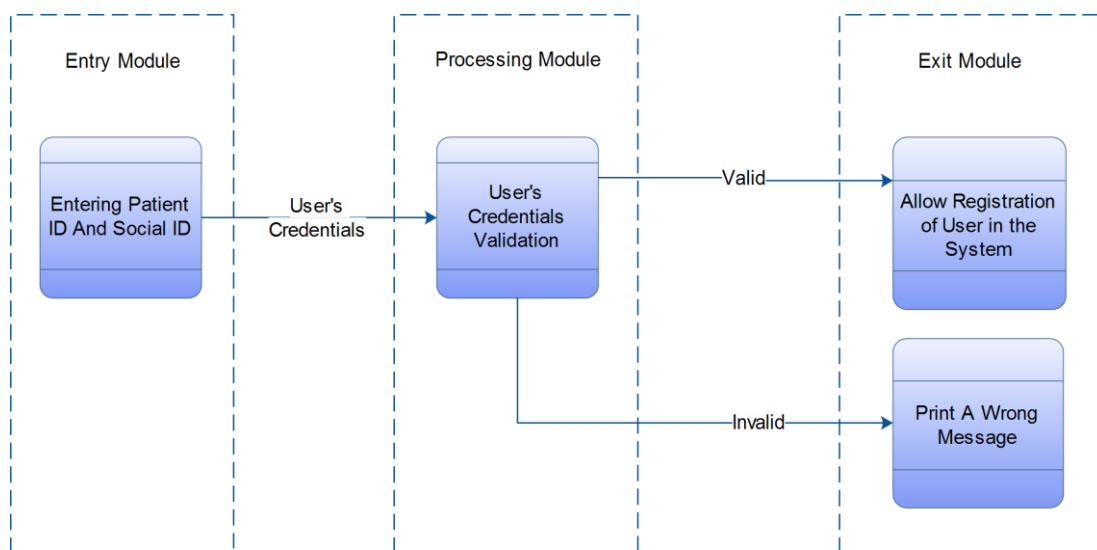
Η λειτουργία της ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ περιλαμβάνει την αναζήτηση εγγραφών στην βάση δεδομένων της οντότητας. Αρχικά γίνεται εισαγωγή κάποιων κριτηρίων μέσω των οποίων θα γίνει αναζήτηση συγκεκριμένων εγγραφών στη βάση αυτή. Εάν υπάρχουν εγγραφές οι οποίες τηρούν τα κριτήρια που δόθηκαν από τον χρήστη επιστρέφονται σαν έξοδος από το πρόγραμμα μέσω συγκεκριμένης φόρμας στην οποία ο χρήστης θα μπορεί να πλοηγηθεί ανάμεσα στα αποτελέσματα. Στην περίπτωση που η αναζήτηση μέσω των συγκεκριμένων κριτηρίων δεν έχει κάποιο αποτέλεσμα εμφανίζεται μήνυμα στο χρήστη το οποίο τον ενημερώνει για την αποτυχία εύρεσης εγγραφής η οποία ανταποκρίνεται στα κριτήρια τα οποία επέλεξε.

➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Login)



Η λειτουργία της ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ είναι υπεύθυνη για την ορθή και ελεγχόμενη πρόσβαση των χρηστών (ιατρών) στο σύστημα. Αρχικά ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά του (όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης) και στη συνέχεια ελέγχονται για την ορθότητά τους και επικυρώνονται. Εάν περάσει από την φάση της επικύρωσης τότε του παραχωρείται η άδεια για είσοδο στο σύστημα. Σε αντίθετη περίπτωση (αποτυχία επικύρωσης) παρουσιάζεται σχετικό μήνυμα αποτυχίας. Αν ο χρήστης εισάγει σωστό όνομα και λανθασμένο κωδικό πρόσβασης τότε ο μετρητής της αποτυχημένης εισαγωγής κωδικού αυξάνεται κατά ένα και σε περίπτωση που ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο ο λογαριασμός του χρήστη μπλοκάρεται.

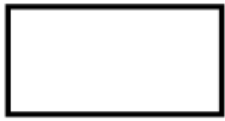
➤ ΕΓΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Registration)



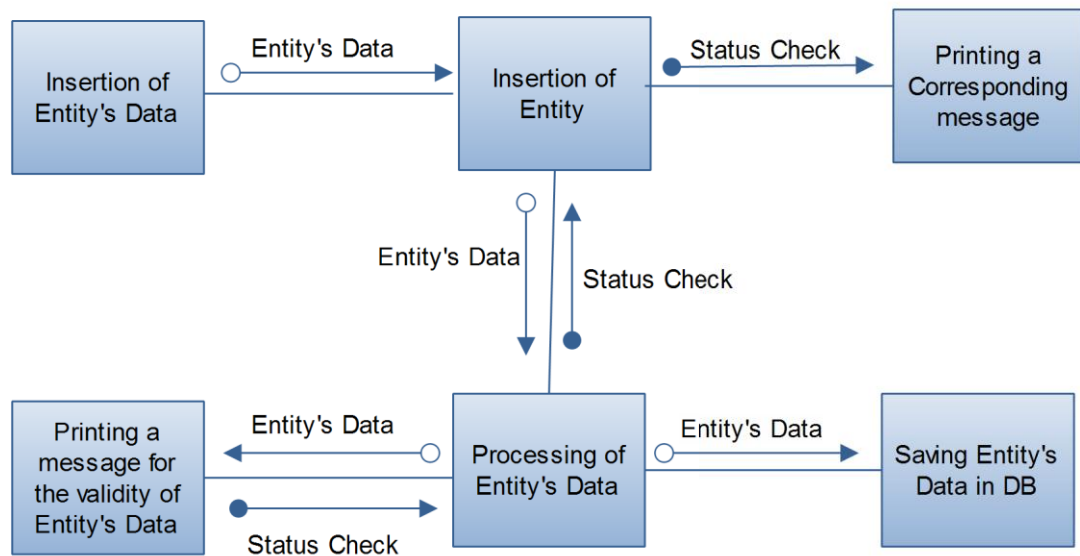
Η λειτουργία της ΕΓΓΡΑΦΗΣ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ είναι υπεύθυνη για την ορθή και ελεγχόμενη εγγραφή των χρηστών (ασθενών) στο σύστημα. Αρχικά ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά του (μυστικό αριθμό και ταυτότητα) και στη συνέχεια ελέγχονται για την ορθότητά τους και επικυρώνονται. Εάν περάσει από την φάση της επικύρωσης τότε του παραχωρείται η άδεια για εγγραφή στο σύστημα. Σε αντίθετη περίπτωση (αποτυχία επικύρωσης) παρουσιάζεται σχετικό μήνυμα αποτυχίας.

5.3.2.1.2 Διαγράμματα Ανάλυσης Ροών Δεδομένων

➤ Επεξήγηση συμβόλων

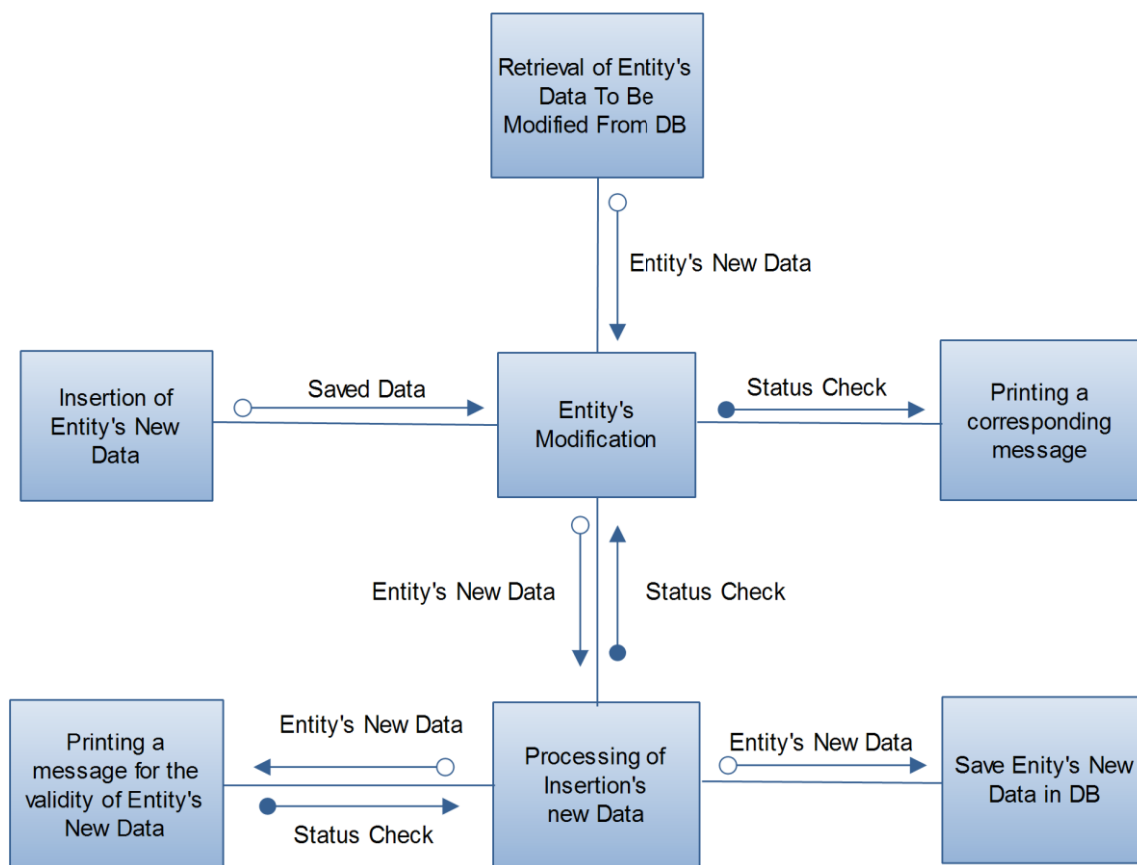
Όνομα	Περιγραφή	Σχήμα
Module / Οντότητα	Τμήμα από το οποίο απαρτίζεται η οντότητα	
Control / Έλεγχος	Ροή συνθήκης	
Data / Δεδομένα	Ροή δεδομένων	

➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



Για να γίνει ορθά η λειτουργία της εισαγωγής οντότητας χρησιμοποιούνται 6 modules. Το πρώτο module [Insertion of Entity's Data] χρησιμοποιείται για να διαβάσει τα δεδομένα της εισόδου της οντότητας, τα οποία προέρχονται από το χρήστη και δίνονται στο κεντρικό Module [Insertion of Entity] το οποίο είναι υπεύθυνο να συντονίζει τα υπόλοιπα modules. Το πάνω δεξιά module [Printing a corresponding message], είναι υπεύθυνο να εκτυπώνει ένα μήνυμα ορθότητας στην οθόνη, ανάλογα με το status check, δηλαδή αν ο χρήστης έχει εισάγει ορθά ή λανθασμένα τα δεδομένα. Το module [Processing of Entity's Data] παίρνει σαν είσοδο τα δεδομένα εισόδου του χρήστη και αποφασίζει αν τα δεδομένα έχουν εισαχθεί ορθά, χρησιμοποιώντας το module [Printing a message for the validity of Entity's Data], το οποίο επικυρώνει την ορθότητα των δεδομένων στέλνοντάς πίσω το status check, που λέει αν τα δεδομένα είναι ορθά. Έπειτα καλεί το module [Saving Entity's Data in DB] το οποίο αποθηκεύει τα δεδομένα στη βάση δεδομένων. Τέλος στέλνει πίσω στο [Insertion of Entity] το status check που πήρε από το module [Printing a message for the validity of Entity's Data].

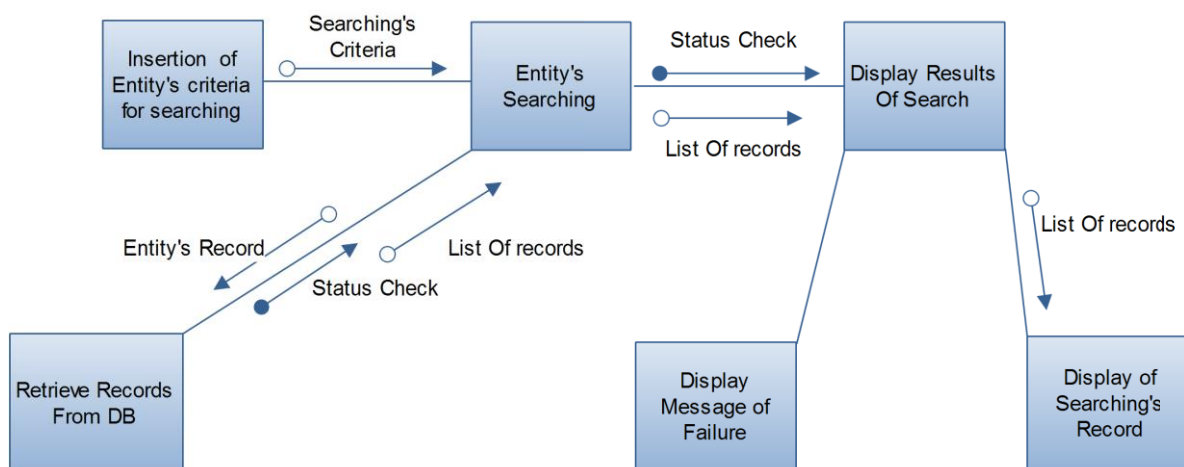
➤ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



Για να γίνει ορθά η λειτουργία της τροποποίησης οντότητας χρησιμοποιούνται 7 modules. Το πρώτο module [Insertion of Entity's New Data] χρησιμοποιείται για να διαβάσει τα νέα δεδομένα της εισόδου της οντότητας, τα οποία επιθυμεί ο χρήστης να τροποποιήσει και δίνονται στο κεντρικό module [Entity's Modification] το οποίο είναι υπεύθυνο να συντονίζει τα υπόλοιπα modules. Το module [Retrieval of Entity's Data to be modified from DB] δίνει τα στοιχεία που είναι ήδη αποθηκευμένα στη βάση δεδομένων, τα οποία θέλει ο χρήστης να τα τροποποιήσει και τα δίνει σαν είσοδο στο κεντρικό module. Το πάνω δεξιά module [Printing a corresponding message], είναι υπεύθυνο να εκτυπώνει ένα μήνυμα ορθότητας στην οθόνη, ανάλογα με το status check, δηλαδή αν ο χρήστης έχει εισάγει ορθά ή λανθασμένα τα δεδομένα. Το module [Processing of Insertion's new Data] παίρνει σαν είσοδο τα νέα δεδομένα εισόδου του χρήστη και αποφασίζει αν τα δεδομένα

έχουν εισαχθεί ορθά, χρησιμοποιώντας το module [Printing a message for the validity of Entity's Data], το οποίο επικυρώνει την ορθότητα των δεδομένων στέλνοντάς πίσω το status check, που λέει αν τα δεδομένα είναι ορθά. Έπειτα καλεί το module [Saving Entity's Data in DB] το οποίο αποθηκεύει τα νέα δεδομένα στη βάση δεδομένων. Τέλος στέλνει πίσω στο [Entity's Modification] το status check που πήρε από το module [Printing a message for the validity of Entity's Data].

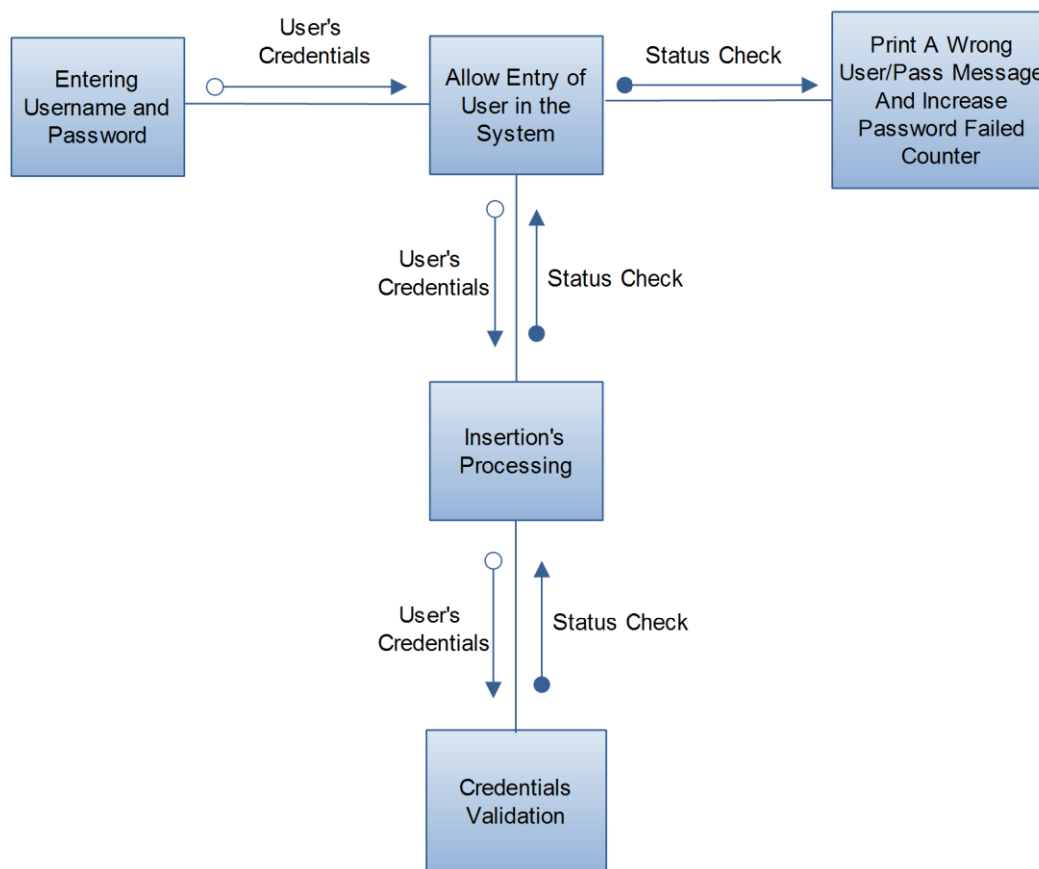
➤ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΟΝΤΟΤΗΤΑΣ



Για να γίνει ορθά η λειτουργία της αναζήτησης οντότητας χρησιμοποιούνται 6 modules. Το πρώτο module [Insertion of Entity's criteria for searching] χρησιμοποιείται για να διαβάσει τα κριτήρια αναζήτησης που δίνει ο χρήστης στην είσοδο, τα οποία δίνονται στο κεντρικό module [Entity's Searching] το οποίο είναι υπεύθυνο να συντονίζει τα υπόλοιπα modules. Το module [Retrieve Records from DB] διαβάζει τα κριτήρια αναζήτησης τα οποία έδωσε ο χρήστης στην είσοδο και επιστρέφει δύο αποτελέσματα. Το πρώτο αποτέλεσμα (status check) αναφέρει εάν τα κριτήρια αναζήτησης ήταν σωστά, δηλαδή εάν έχουν βρεθεί εγγραφές στη βάση που αφορούν την αναζήτηση του χρήστη και το δεύτερο αποτέλεσμα είναι η λίστα με τα αποτελέσματα της αναζήτησης. Αυτά επιστρέφονται στο κεντρικό module [Entity's Searching] και δίνονται σαν είσοδο στο module [Display Results of Search] το οποίο είναι υπεύθυνο να δείχνει στην οθόνη τα δύο αποτελέσματα. Το

αποτέλεσμα της μη εύρεσης εγγραφών στη βάση δεδομένων είναι υπεύθυνο να το εμφανίσει το module [Display Message of Failure] ενώ το module [Display of Searching's Records] εμφανίζει τα αποτελέσματα της αναζήτησης.

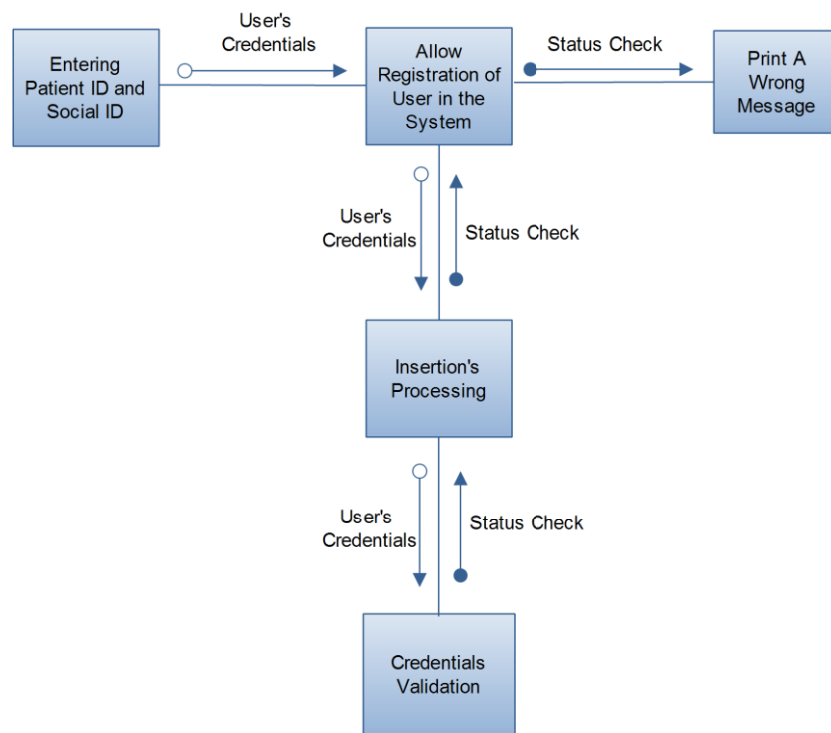
➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Login)



Για να γίνει ορθά η λειτουργία της εισαγωγής του χρήστη/ιατρού στο σύστημα χρησιμοποιούνται 5 modules. Το πρώτο module [Entering Username and Password] χρησιμοποιείται για να διαβάσει τον κωδικό και το όνομα του χρήστη από την είσοδο και έπειτα δίνονται σαν είσοδος στο κεντρικό module [Allow Entry of User in the System] το οποίο είναι υπεύθυνο να συντονίζει τα υπόλοιπα modules. Το πάνω δεξιά module [Print a Wrong User/Pass Message And Increase Password Failed Counter] είναι υπεύθυνο να εκτυπώνει ένα μήνυμα λάθους στην οθόνη, αν ο χρήστης έχει δώσει είτε λάθος κωδικό είτε λάθος όνομα στο σύστημα. Σε περίπτωση που ο χρήστης εισάγει σωστό όνομα και

λανθασμένο κωδικό πρόσβασης τότε ο μετρητής της αποτυχημένης εισαγωγής κωδικού αυξάνεται κατά ένα και σε περίπτωση που ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο ο λογαριασμός του χρήστη μπλοκάρεται. Το module [Insertion's Processing] ελέγχει τον κωδικό και το όνομα που δίνει ο χρήστης (user's credentials) χρησιμοποιώντας το module [Credentials Validation] το οποίο επικυρώνει εάν όντως ο κωδικός και το όνομα είναι σωστά και στέλνει το αποτέλεσμα (status check) στο Insertion Processing module. Το status check αποστέλλεται στο module [Allow Entry of User in the System] και αν το μήνυμα είναι λανθασμένο, τυπώνεται το ανάλογο μήνυμα από το module [Print a Wrong User/Pass Message And Increase Password Failed Counter].

➤ ΕΓΓΡΑΦΗ ΧΡΗΣΤΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ (Registration)



Για να γίνει ορθά η λειτουργία της εγγραφής του χρήστη/ασθενή στο σύστημα χρησιμοποιούνται 5 modules. Το πρώτο module [Entering Patient ID and Social ID] χρησιμοποιείται για να διαβάσει το μυστικό αριθμό του ασθενή και την ταυτότητα του από την είσοδο, και έπειτα δίνονται σαν είσοδος στο κεντρικό module [Allow Registration of

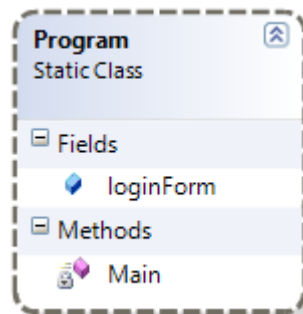
User in the System] το οποίο είναι υπεύθυνο να συντονίζει τα υπόλοιπα modules. Το πάνω δεξιά module [Print a Wrong Message], είναι υπεύθυνο να εκτυπώνει ένα μήνυμα λάθους στην οθόνη, αν ο χρήστης έχει δώσει είτε λάθος αριθμό είτε λάθος ταυτότητα στο σύστημα. Το module [Insertion's Processing] ελέγχει τα συνθηματικά πρόσβασης που δίνει ο χρήστης (user's credentials), χρησιμοποιώντας το module [Credentials Validation] το οποίο επικυρώνει εάν όντως τα συνθηματικά είναι σωστά και στέλνει το αποτέλεσμα (status check) στο Insertion Processing module. Το status check αποστέλλεται στο module [Allow Registration of User in the System] και αν το μήνυμα είναι λανθασμένο τυπώνεται το ανάλογο μήνυμα από το module [Print a wrong Message].

5.3.3 Αναλυτική Σχεδίαση

5.3.3.1 Διαγράμματα Κλάσεων

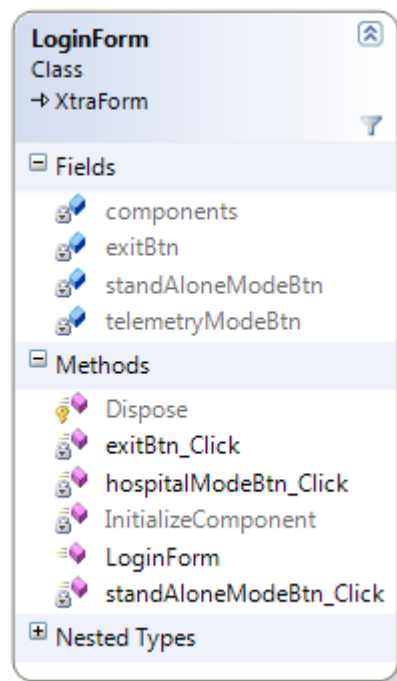
5.3.3.1.1 Υποσύστημα *PatMon*

➤ Διάγραμμα κλάσης Program



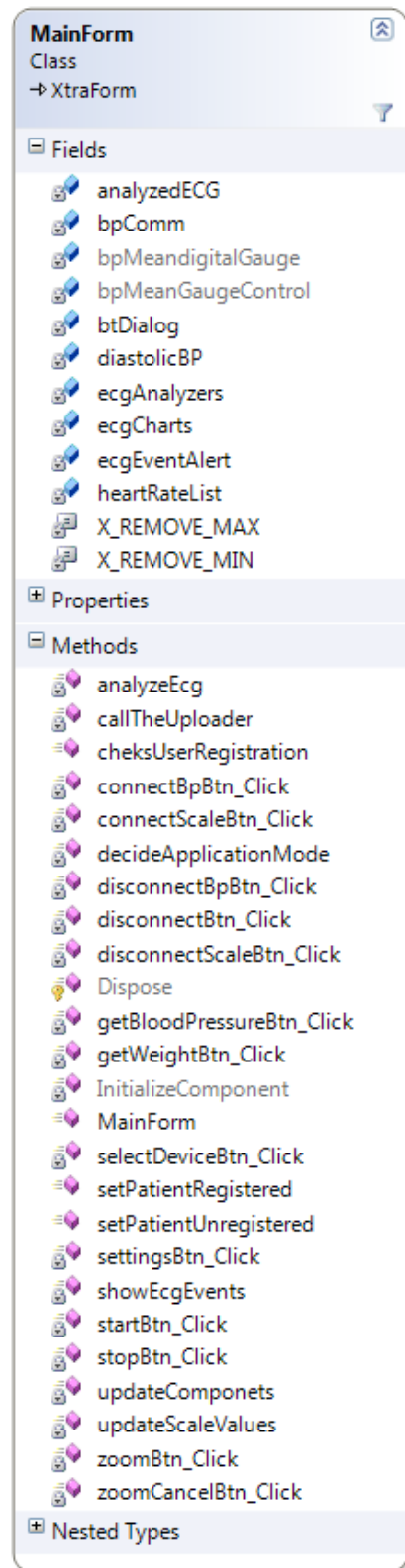
Η κλάση αυτή περιγράφει μια κλάση η οποία είναι υπεύθυνη για να δημιουργεί την κεντρική φόρμα και ξεκινά το όλο σύστημα. Η κλάση αυτή έχει μια(1) μέθοδο. Η μέθοδος *Main()* είναι στατική και ορίζεται ως το σημείο εκκίνησης του προγράμματος όπου δημιουργείται για πρώτη φορά το αντικείμενο της αρχικής φόρμας.

➤ Διάγραμμα κλάσης Login Form



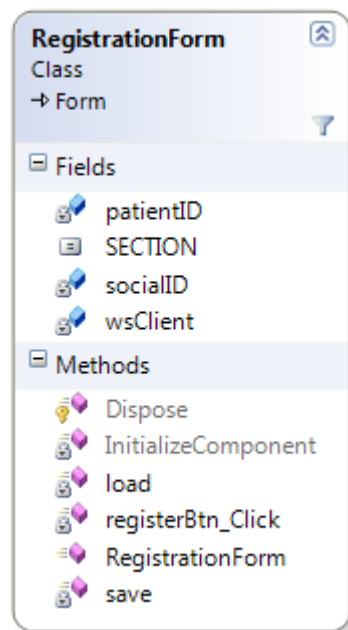
Η κλάση αυτή περιγράφει την αρχική φόρμα που εμφανίζεται στο χρήστη μόλις ξεκινήσει την εφαρμογή. Η κλάση αυτή έχει 6 μεθόδους εκ των οποίων οι 3 είναι ορισμένες από το πρόγραμμα. Η μέθοδος exitBtn_Click πραγματοποιεί την έξοδο από το πρόγραμμα. Η μέθοδος hospitalModeBtn_Click είναι υπεύθυνη για την πραγματοποίηση του “Telemetry Mode” ενώ η μέθοδος standAloneModeBtn_Click είναι υπεύθυνη για την πραγματοποίηση του “Stand Alone Mode”.

➤ Διάγραμμα κλάσης Main Form



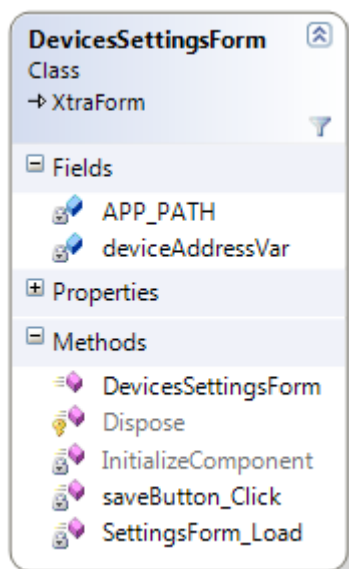
Η κλάση αυτή αποτελεί την κεντρική κλάση του λογισμικού. Οι κυριότερες από τις μεθόδους είναι η *analyzeEcg* η οποία είναι υπεύθυνη για την ανάλυση του ΗΚΓ, η *callTheUploader* η οποία καλεί τη διεργασία που ενώνεται με τον *Application Server* και αποθηκεύει τα δεδομένα στην κεντρική βάση δεδομένων και η *decideApplicationMode* η οποία αποφασίζει πιο mode θα εκτελεστεί με βάση την επιλογή του χρήστη κατά το ξεκίνημα της εφαρμογής. Οι μέθοδοι που αρχίζουν με τη λέξη *connect* είναι υπεύθυνες για τη σύνδεση των συσκευών ενώ αυτές που αρχίζουν με τη λέξη *disconnect* είναι υπεύθυνες για τη αποσύνδεση των συσκευών. Οι μέθοδοι *startBtn_Click* και *stopBtn_Click* είναι υπεύθυνες για την έναρξη και διακοπή της προβολής των δεδομένων αντίστοιχα. Η μέθοδος *settingsBtn_Click* είναι υπεύθυνη για το άνοιγμα της οθόνης ρύθμισης των συσκευών. Οι *zoomBtn_Click* και *zoomCancelBtn_Click* είναι υπεύθυνες για τη μεγέθυνση και σμίκρυνση των γραφικών παραστάσεων αντίστοιχα. Η μέθοδος *showEcgEvents* χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των διάφορων events που λαμβάνονται από τη συσκευή του ΗΚΓ. Τέλος, οι μέθοδοι *updateComponents* και *updateScaleValues* είναι υπεύθυνες για την αναπαράσταση των δεδομένων στις γραφικές παραστάσεις και στις λεζάντες των βιοσημάτων, με την *updateScaleValues* να ανανεώνει τη λεζάντα αναπαράστασης του σωματικού βάρους.

➤ Διάγραμμα κλάσης Registration Form



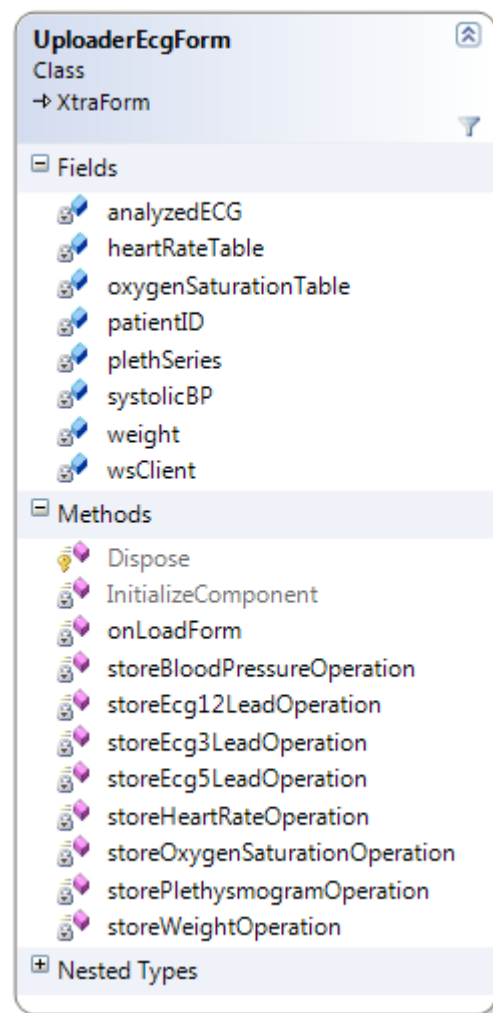
Η κλάση αυτή είναι υπεύθυνη για την εγγραφή του ασθενούς στο σύστημα. Η μέθοδος load είναι υπεύθυνη για την φόρτωση των δεδομένων εγγραφής ενώ η μέθοδος save αποθηκεύει τα δεδομένα εγγραφής σε ένα αρχείο σε περίπτωση που ο ασθενής τοποθέτησε τα σωστά συνθηματικά. Τέλος η μέθοδος registerBtn_Click είναι υπεύθυνη για την ταυτοποίηση του ασθενούς στο σύστημα.

➤ Διάγραμμα κλάσης Devices Settings Form



Η κλάση αυτή είναι υπεύθυνη για τη διαρρύθμιση των ιατρικών συσκευών καταγραφής βιοσημάτων. Περιέχει 2 βασικές μεθόδους. Την **SettingsForm_Load** η οποία φορτώνει τις προηγούμενες ρυθμίσεις από ένα αρχείο και την **saveButton_Click** η οποία αποθηκεύει τις καινούργιες ρυθμίσεις στο αρχείο αυτό.

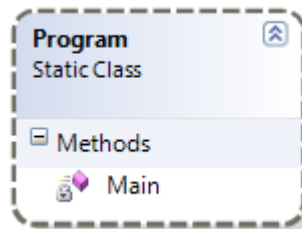
➤ Διάγραμμα κλάσης Uploader Ecg Form



Η κλάση αυτή είναι υπεύθυνη για τη σύνδεση με τον *Application Server* και την αποθήκευση όλων των βιοσημάτων που καταγράφηκαν στην απομακρυσμένη βάση δεδομένων. Αποτελείται από 11 μεθόδους εκ των οποίων οι 3 είναι ορισμένες από το πρόγραμμα. Οι μέθοδοι που αρχίζουν με τη λέξη *store* είναι υπεύθυνες για την αποθήκευση των βιοσημάτων. Κάθε μέθοδος αποθηκεύει και διαφορετικό τύπο βιοσήματος.

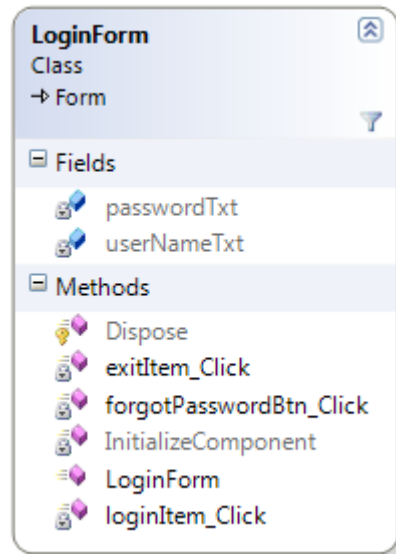
5.3.3.1.2 Υποσύστημα *DocMon*

➤ Διάγραμμα κλάσης Program



Η κλάση αυτή περιγράφει μια κλάση η οποία είναι υπεύθυνη για να δημιουργεί την κεντρική φόρμα και ξεκινά το όλο σύστημα. Η κλάση αυτή έχει μια(1) μέθοδο. Η μέθοδος *Main()* είναι στατική και ορίζεται ως το σημείο εκκίνησης του προγράμματος όπου δημιουργείται για πρώτη φορά το αντικείμενο της αρχικής φόρμας.

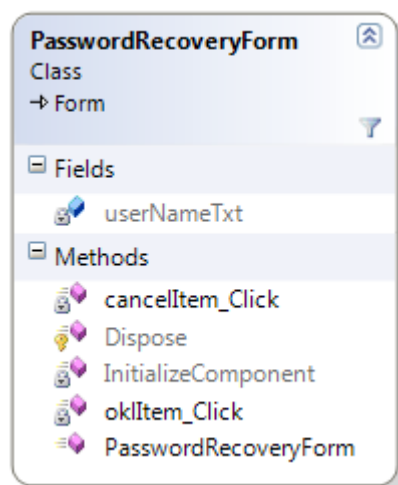
➤ Διάγραμμα κλάσης Login Form



Η κλάση αυτή περιγράφει την αρχική φόρμα που εμφανίζεται στο χρήστη μόλις ξεκινήσει την εφαρμογή. Η κλάση αυτή έχει 6 μεθόδους εκ των οποίων οι 3 είναι ορισμένες από το πρόγραμμα. Η μέθοδος *exitItem_Click* πραγματοποιεί την έξοδο της εφαρμογής και η

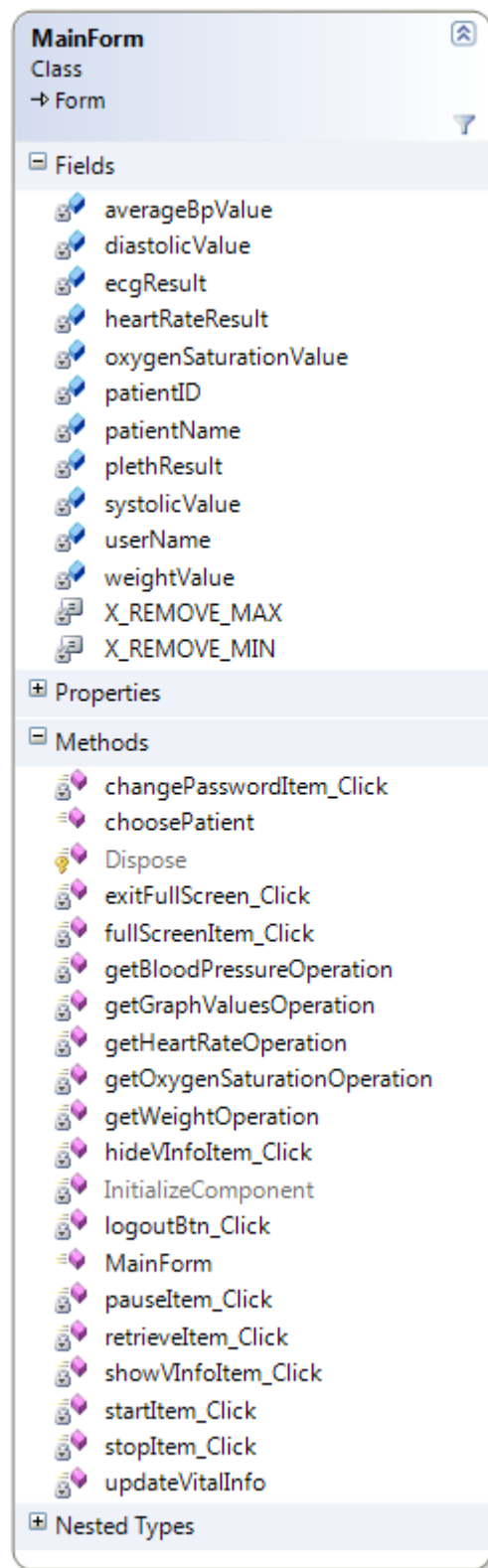
μέθοδος `forgotPasswordBtn_Click` ενεργοποιεί την οθόνη επαναφοράς του κωδικού πρόσβασης του χρήστη. Τέλος, η μέθοδος `loginItem_Click` είναι υπεύθυνη για να ελέγξει τα συνθηματικά πρόσβασης του χρήστη και αν αυτά είναι σωστά επιτρέπει την πρόσβαση του χρήστη στο σύστημα.

➤ Διάγραμμα κλάσης Password Recovery Form



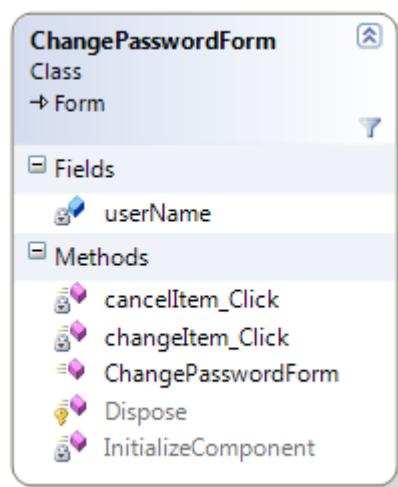
Η κλάση αυτή είναι υπεύθυνη για την επαναφορά του κωδικού πρόσβασης του χρήστη. Ο χρήστης μπορεί να ακυρώσει αυτή τη λειτουργία με τη μέθοδο `cancelItem_Click` ή να την ενεργοποιήσει με τη μέθοδο `okItem_Click`. Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία και την αποστολή ενός καινούργιου κωδικού στην ηλεκτρονική διεύθυνση του χρήστη.

➤ Διάγραμμα κλάσης Main Form



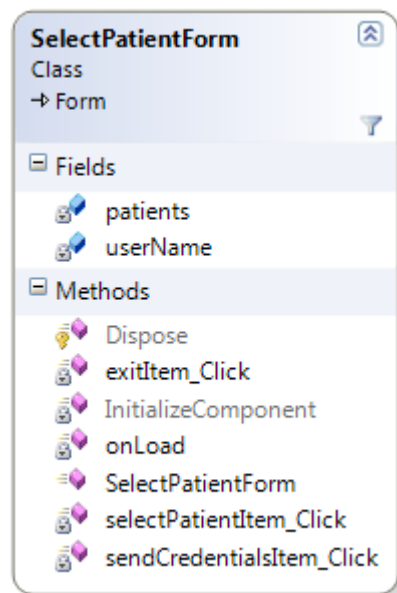
Η κλάση αυτή αποτελεί την κύρια κλάση του υποσυστήματος αυτού. Οι μέθοδοι που αρχίζουν με τη λέξη *get* είναι υπεύθυνες για την διασύνδεση με τον *Application Server* και την προσκόμιση των βιοσημάτων. Κάθε μια από αυτές τις μεθόδους είναι υπεύθυνη για διαφορετικό τύπο βιοσήματος εκτός από τη μέθοδο *getGraphValuesOperation* η οποία είναι υπεύθυνη για το ΗΚΓ και για το *Plethysmogram*. Οι μέθοδοι *startItem_Click*, *pauseItem_Click* και *stopItem_Click* είναι υπεύθυνες για την έναρξη, παύση και διακοπή της προβολής των βιοσημάτων αντίστοιχα. Περαιτέρω η μέθοδος *changePasswordItem_Click* είναι υπεύθυνη για το άνοιγμα της οθόνης της αλλαγής κωδικού πρόσβασης και η μέθοδος *choosePatient* είναι υπεύθυνη για το άνοιγμα της οθόνης της επιλογής ασθενή. Το υποσύστημα αυτό υποστηρίζει επίσης τη μεγέθυνση και τη σμίκρυνση της γραφικής παράστασης που παρουσιάζει το ΗΚΓ (ή το *Plethysmogram*) και γίνεται μέσω των μεθόδων *fullScreenItem_Click* και *exitFullScreen_Click* αντίστοιχα. Η μέθοδος *updateVitalInfo* έχει σαν σκοπό την ανανέωση όλων των συστατικών αναπαράστασης των βιοσημάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τέλος, οι μέθοδοι *showVInfoItem_Click* και *hideVInfoItem_Click* παρουσιάζουν και κρύβουν τα συστατικά αναπαράστασης των βιοσημάτων (εκτός από τη γραφική παράσταση) αντίστοιχα.

➤ Διάγραμμα κλάσης *Change Password Form*



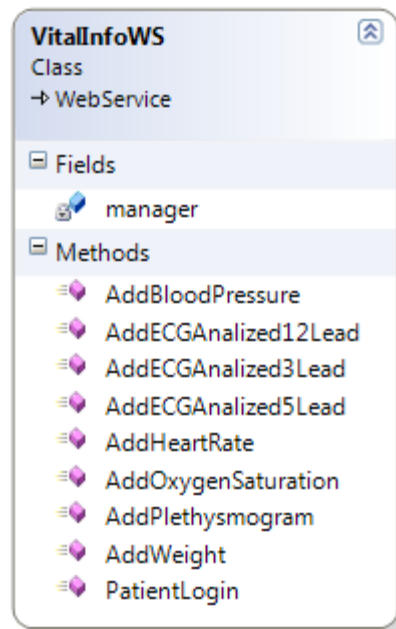
Η κλάση αυτή έχει σαν σκοπό την αλλαγή κωδικού πρόσβασης του χρήστη. Η μέθοδος `cancelItem_Click` είναι υπεύθυνη για την μη-εκτέλεση της λειτουργίας αυτής σε αντίθεση με τη μέθοδο `changeItem_Click` η οποία την εκτελεί.

➤ Διάγραμμα κλάσης `Select Patient Form`



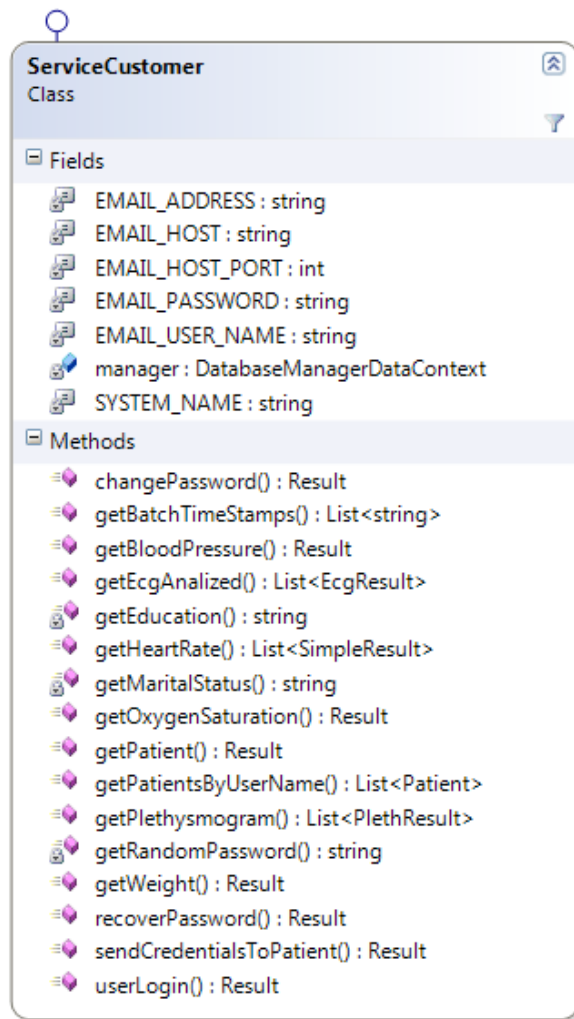
Η κλάση αυτή έχει είναι υπεύθυνη για την επιλογή του ασθενή που θα παρακολουθήσει ο ιατρός καθώς επίσης και για την αποστολή των συνθηματικών πρόσβασης του ασθενή στην ηλεκτρονική διεύθυνση του. Αυτά γίνονται μέσω των μεθόδων `selectPatientItem_Click` και `sendCredentialsItem_Click` αντίστοιχα.

5.3.3.1.3 Υποσύστημα *Application Server* – Web Service αποθήκευσης βιοσημάτων



Αυτή η κλάση είναι υπεύθυνη για την αποθήκευση όλων των βιοσημάτων στην κεντρική βάση δεδομένων. Στην ουσία αυτές οι μέθοδοι καλούν τις συναρτήσεις (Stored Procedures) της βάσης δεδομένων με σκοπό να εκτελέσει η κάθε μια τη δική της ξεχωριστή λειτουργία. Οι οχτώ πρώτες μέθοδοι έχουν σαν σκοπό την αποθήκευση των δεδομένων στη βάση ενώ η τελευταία (PatientLogin) έχει σαν στόχο την αυθεντικοποίηση του ασθενή έτσι ώστε το σύστημα να αποθηκεύει τις σωστές πληροφορίες για τον κάθε χρήστη και να μην χρησιμοποιούν το σύστημα άτομα που δεν είναι εγγεγραμμένα σε αυτό.

5.3.3.1.4 Υποσύστημα *Application Server* – Web Service ανάκτησης βιοσημάτων



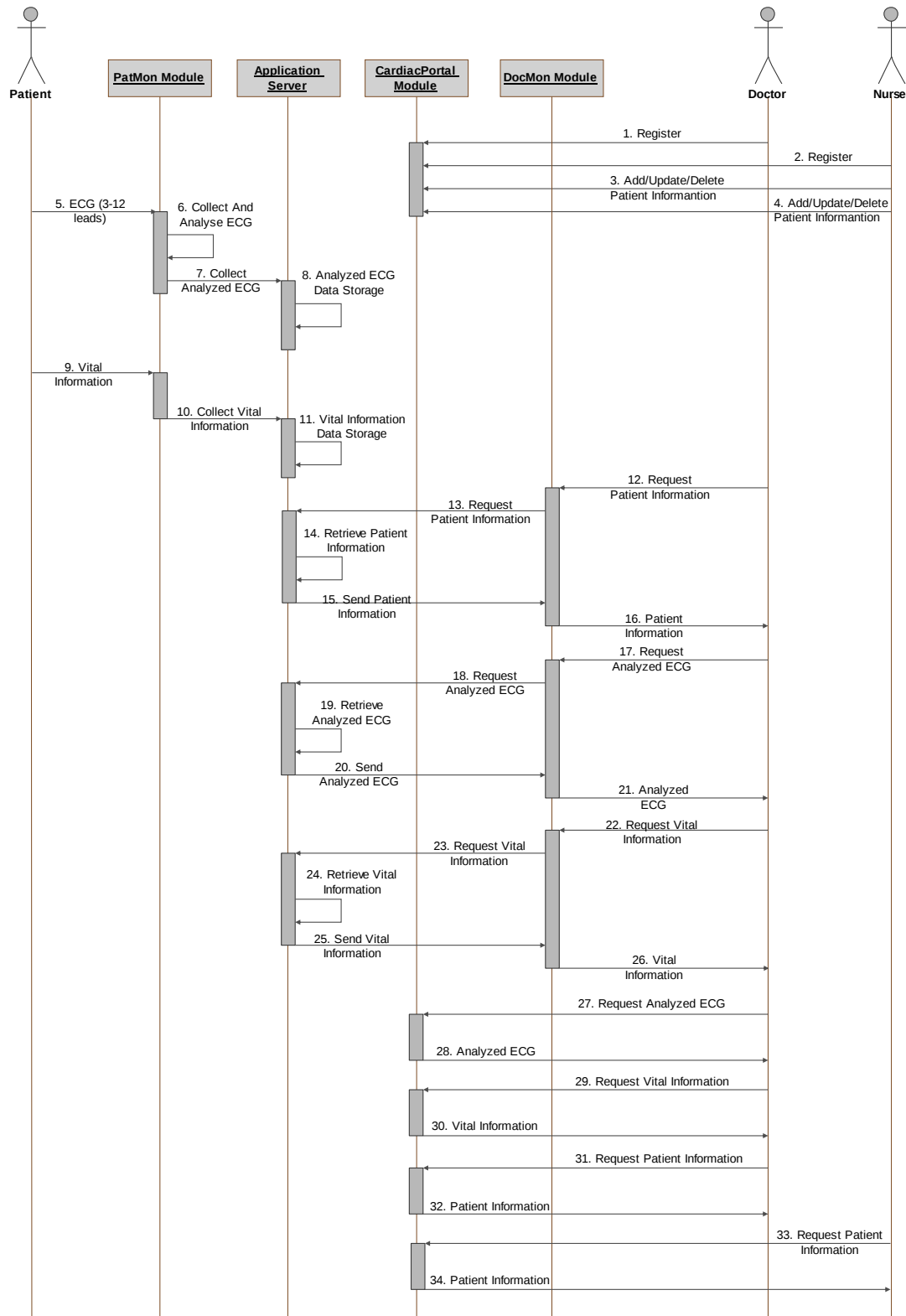
Η κλάση αυτή είναι υπεύθυνη για την ανάκτηση των βιοσημάτων και των πληροφοριών του ασθενή από την κεντρική βάση δεδομένων, και αυτό γίνεται με τις μεθόδους που αρχίζουν με τη λέξη *get* (εκτός από τη μέθοδο *getRandomPassword*). Περαιτέρω, η μέθοδος *changePassowod* είναι υπεύθυνη για την αλλαγή του κωδικού πρόσβασης του χρήστη, η *getRandomPassword* είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία ενός νέου και «δυνατού» κωδικού πρόσβασης και η μέθοδος *recoverPassword* είναι υπεύθυνη για την επαναφορά του κωδικού πρόσβασης του χρήστη. Η μέθοδος *sendCredentialsToPatient* είναι υπεύθυνη για την αποστολή των συνθηματικών πρόσβασης του ασθενή μέσω email. Τέλος, η

userLogin ελέγχει αν τα συνθηματικά πρόσβασης του χρήστη είναι σωστά. Σε περίπτωση που ο χρήστης δώσει σωστό username και λανθασμένο password αυξάνει ένα μετρητή κατά ένα. Αν ο μετρητής ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, ο λογαριασμός του χρήστη μπλοκάρεται.

5.3.3.2 Διαγράμματα Ακολουθίας

Τα ακολουθιακό διάγραμμα είναι ένας τρόπος αναπαράστασης της ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ αντικειμένων σε «συνάρτηση» με τον χρόνο. Σκοπός του είναι να περιγράψει ένα συγκεκριμένο σενάριο λειτουργίας και την ανταπόκριση του συστήματος στην πάροδο του χρόνου εκτέλεσης. Τα αντικείμενα που συνεργάζονται στο σενάριο τοποθετούνται στην κορυφή του ακολουθιακού διαγράμματος σε μια ευθεία και το καθένα έχει μια «γραμμή ζωής».

5.3.3.2.1 Διάγραμμα ακολουθίας του όλου συστήματος



Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται η λειτουργία ολόκληρου του συστήματος και πως τα διάφορα υποσυστήματα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

Περιγραφή Διαγράμματος

Οι γιατροί και οι νοσοκόμες εγγράφονται στο υποσύστημα CardiacPortal (βήματα 1-2) και στη συνέχεια μπορούν να διαχειριστούν κατάλληλα τις πληροφορίες των ασθενών τους (βήματα 3-4). Οι ασθενείς καταγράφουν τα βιοσήματα τους (βήματα 5 και 9), γίνεται ανάλυση του ΗΚΓ (βήμα 6) και στη συνέχεια αποθηκεύονται όλες αυτές οι πληροφορίες στην κεντρική βάση δεδομένων μέσω του *Application Server* (βήματα 7-8 και 10-11). Μετά, το ιατρικό προσωπικό μπορεί να δει τις πληροφορίες των ασθενών του, μέσω του υποσυστήματος DocMon (βήματα 12-16) καθώς επίσης και να παρακολουθήσει τα βιοσήματα τους (17-26). Τέλος, αυτό μπορεί να γίνει και μέσω του υποσυστήματος CardiacPortal (βήματα 27-34).

5.3.3.3 Σενάρια Χρήσης

5.3.3.3.1 Υποσύστημα *PatMon*

a) Περιγραφή σεναρίου αποστολής ΗΚΓ – Επιτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης επιλέγει το Telemetry Mode
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Device από το μενού Devices
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει μια λίστα με τις συσκευές Bluetooth
8. Ο χρήστης επιλέγει τη συσκευή ΗΚΓ
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τις συσκευές Bluetooth
10. Ο χρήστης επιλέγει το Connect

11. Η εφαρμογή συνδέεται με τη συσκευή ΗΚΓ και ενεργοποιείτε το κουμπί Start
12. Ο χρήστης καθορίζει το χρόνο καταγραφής του ΗΚΓ
13. Ο χρήστης επιλέγει το Start
14. Η εφαρμογή καταγράφει και αναλύει το ΗΚΓ
15. Η εφαρμογή ρωτά το χρήστη αν επιθυμεί την αποστολή του ΗΚΓ όταν λήξει ο προκαθορισμένος χρόνος
16. Ο χρήστης επιλέγει θετική απάντηση
17. Εμφανίζεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
18. Η εφαρμογή ενώνεται με τον *Application Server* και του προωθεί τα δεδομένα
19. Τα δεδομένα αποστέλλονται με επιτυχία στον *Application Server* και ακολουθώς στην κεντρική βάση δεδομένων
20. Καταστρέφεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
21. Εμφανίζεται μήνυμα επιτυχίας στο χρήστη

b) Περιγραφή σεναρίου αποστολής ΗΚΓ – Αποτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης επιλέγει το Telemetry Mode
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Device από το μενού Devices
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει μια λίστα με τις συσκευές Bluetooth
8. Ο χρήστης επιλέγει τη συσκευή ΗΚΓ
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τις συσκευές Bluetooth
10. Ο χρήστης επιλέγει το Connect
11. Η εφαρμογή συνδέεται με τη συσκευή ΗΚΓ και ενεργοποιείτε το κουμπί Start
12. Ο χρήστης καθορίζει το χρόνο καταγραφής του ΗΚΓ

13. Ο χρήστης επιλέγει το Start
14. Η εφαρμογή καταγράφει και αναλύει το ΗΚΓ
15. Η εφαρμογή ρωτά το χρήστη αν επιθυμεί την αποστολή του ΗΚΓ όταν λήξει ο προκαθορισμένος χρόνος
16. Ο χρήστης επιλέγει θετική απάντηση
17. Εμφανίζεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
18. Η εφαρμογή ενώνεται με τον *Application Server* και του προωθεί τα δεδομένα
19. Κλείνει η σύνδεση του Η.Υ με το διαδίκτυο
20. Καταστρέφεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
21. Εμφανίζεται μήνυμα αποτυχίας στο χρήστη

c) Περιγραφή σεναρίου αποστολής ΗΚΓ – Αποτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης επιλέγει το Telemetry Mode
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Device από το μενού Devices
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει μια λίστα με τις συσκευές Bluetooth
8. Ο χρήστης επιλέγει τη συσκευή ΗΚΓ
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τις συσκευές Bluetooth
10. Ο χρήστης επιλέγει το Connect
11. Η εφαρμογή συνδέεται με τη συσκευή ΗΚΓ και ενεργοποιείτε το κουμπί Start
12. Ο χρήστης καθορίζει το χρόνο καταγραφής του ΗΚΓ
13. Ο χρήστης επιλέγει το Start
14. Η εφαρμογή καταγράφει και αναλύει το ΗΚΓ
15. Η εφαρμογή ρωτά το χρήστη αν επιθυμεί την αποστολή του ΗΚΓ όταν λήξει ο προκαθορισμένος χρόνος

16. Ο χρήστης επιλέγει θετική απάντηση
17. Εμφανίζεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
18. Η εφαρμογή αναγνωρίζει ότι ο χρήστης δεν είναι registered στο σύστημα
19. Καταστρέφεται η φόρμα αποστολής των βιοσημάτων
20. Εμφανίζεται μήνυμα αποτυχίας στο χρήστη

5.3.3.3.2 Υποσύστημα *DocMon*

a) Περιγραφή σεναρίου παρακολούθησης ΗΚΓ – Επιτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Patient από το μενού
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει τη λίστα με τους ασθενείς
8. Ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή που επιθυμεί
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τους ασθενείς και επαναφερόμαστε στην κεντρική φόρμα
10. Ο χρήστης επιλέγει τον συγκεκριμένο τύπο ΗΚΓ και την ημερομηνία που επιθυμεί
11. Ο χρήστης επιλέγει το Retrieve από το μενού
12. Η εφαρμογή ενώνεται με τον *Application Server* και προσκομίζει τα δεδομένα
13. Τα δεδομένα προσκομίζονται με επιτυχία από τον *Application Server*, τα οποία προσκόμισε από την κεντρική βάση δεδομένων
14. Ο χρήστης επιλέγει το Start από το μενού
15. Η εφαρμογή παρουσιάζει το ΗΚΓ στην γραφική παράσταση

b) Περιγραφή σεναρίου παρακολούθησης ΗΚΓ – Αποτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Patient από το μενού
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει τη λίστα με τους ασθενείς
8. Ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή που επιθυμεί
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τους ασθενείς και επαναφερόμαστε στην κεντρική φόρμα
10. Ο χρήστης επιλέγει τον συγκεκριμένο τύπο ΗΚΓ
11. Ο χρήστης δεν επιλέγει συγκεκριμένη ημερομηνία γιατί ο ασθενής δεν κατέγραψε κανένα δείγμα ΗΚΓ
12. Η εφαρμογή απενεργοποιεί το μενού στο οποίο βρίσκεται το κουμπί Retrieve
13. Ο χρήστης δεν μπορεί να παρακολουθήσει το ΗΚΓ του ασθενούς

c) Περιγραφή σεναρίου παρακολούθησης ΗΚΓ – Αποτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική φόρμα
3. Ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του
4. Εμφανίζεται η κεντρική φόρμα της εφαρμογής
5. Καταστρέφεται η αρχική φόρμα
6. Ο χρήστης επιλέγει το Select Patient από το μενού
7. Εμφανίζεται η φόρμα η οποία περιέχει τη λίστα με τους ασθενείς
8. Ο χρήστης επιλέγει τον ασθενή που επιθυμεί
9. Καταστρέφεται η φόρμα που περιέχει τους ασθενείς και επαναφερόμαστε στην κεντρική φόρμα

10. Ο χρήστης επιλέγει τον συγκεκριμένο τύπο ΗΚΓ και την ημερομηνία που επιθυμεί
11. Ο χρήστης επιλέγει το Retrieve από το μενού
12. Η εφαρμογή ενώνεται με τον *Application Server* και προσκομίζει τα δεδομένα
13. Κλείνει η σύνδεση του κινητού με το διαδίκτυο
14. Εμφανίζεται μήνυμα αποτυχίας προσκόμισης δεδομένων

5.3.3.3.3 Υποσύστημα *CardiacPortal*

a) Περιγραφή σεναρίου παρακολούθησης ΗΚΓ – Επιτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική σελίδα
3. Ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του
4. Εμφανίζεται η κεντρική σελίδα της εφαρμογής
5. Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο του ΗΚΓ που επιθυμεί
6. Ο χρήστης επιλέγει το view για τη συγκεκριμένη ημερομηνία που επιθυμεί
7. Εμφανίζεται η σελίδα η οποία είναι υπεύθυνη για την αναπαράσταση του ΗΚΓ
8. Σύνδεση της εφαρμογής με την κεντρική βάση δεδομένων
9. Προσκομίζονται τα δεδομένα από την κεντρική βάση δεδομένων
10. Ο χρήστης πατά το κουμπί αναπαράστασης και τότε το ΗΚΓ παρουσιάζεται στη γραφική παράσταση

b) Περιγραφή σεναρίου παρακολούθησης ΗΚΓ – Αποτυχία

1. Ο χρήστης ξεκινά την εφαρμογή
2. Η εφαρμογή ξεκινά από την αρχική σελίδα
3. Ο χρήστης εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του
4. Εμφανίζεται η κεντρική σελίδα της εφαρμογής

5. Ο χρήστης επιλέγει τον τύπο του ΗΚΓ που επιθυμεί
6. Ο χρήστης επιλέγει το view για τη συγκεκριμένη ημερομηνία που επιθυμεί
7. Εμφανίζεται η σελίδα η οποία είναι υπεύθυνη για την αναπαράσταση του ΗΚΓ
8. Αποτυχία σύνδεσης της εφαρμογής με την κεντρική βάση δεδομένων
9. Εμφανίζεται μήνυμα αποτυχίας προσκόμισης δεδομένων

Κεφάλαιο 6

Υλοποίηση και Αξιολόγηση Συστήματος

6.1	Υλοποίηση Συστήματος	101
6.2	Αξιολόγηση Συστήματος	104

6.1 Υλοποίηση Συστήματος

6.1.1 Εισαγωγή

Η υλοποίηση ενός πληροφοριακού συστήματος είναι η φάση που απαιτείται αφού έχουν οριστεί επιτυχώς οι απαιτήσεις, οι προδιαγραφές, καθώς και ο σχεδιασμός του συγκεκριμένου συστήματος. Στη φάση αυτή υλοποιείται το σύστημα χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που χρειάζονται. Μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης του συστήματος ακολουθεί ο έλεγχος των λειτουργιών, ούτως ώστε να μην εμφανιστούν λάθη στην παράδοση του συστήματος ή ακόμη μετά από κάποια περίοδο χρήσης από τους πιθανούς χρήστες. Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα προβούμε σε εκτενή περιγραφή των ενεργειών που έγιναν για την ολοκλήρωση της υλοποίησης αυτού του συστήματος καθώς και στις διάφορες δόκιμες έλεγχου.

6.1.2 Βήματα υλοποίησης του συστήματος

Βήμα 1^ο : Περαιτέρω ανάπτυξη της κεντρικής βάσης δεδομένων του υπάρχοντος συστήματος έτσι ώστε να υποστηρίζει τις επιπρόσθετες λειτουργίες. Ο επανασχεδιασμός και η υλοποίηση της βάσης έγινε με το εργαλείο Microsoft SQL Server 2008 [8]. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη σωστή επανασχεδίαση της βάσης έτσι ώστε να αποφευχθεί η επανάληψη πληροφορίας.

Βήμα 2^ο : Εξοικείωση με τον τρόπο λειτουργίας των εργαλείων και των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη του συστήματος.

Βήμα 3^ο : Αλλαγή του υποσυστήματος *Application Server* έτσι ώστε να μπορεί να υποστηρίξει τις επιπρόσθετες λειτουργίες. Όπως προαναφέρθηκε ο *Application Server* αποτελείται από δύο *web-services*. Το *web-service* που χρησιμοποιούταν για την αποθήκευση των δεδομένων υπήρχε ήδη στο υπάρχον σύστημα αλλά με διαφορετικές μεθόδους, έτσι αναπτύχθηκε πρώτα αυτό με τη χρήση του εργαλείου Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional Edition [10]. Στη συνέχεια αναπτύχθηκε το *web-service* που χρησιμοποιούταν για την ανάκτηση των πληροφοριών με τη χρήση του εργαλείου Microsoft® Visual Studio® 2010 Professional Edition [10].

Βήμα 4^ο : Πρόσθεση των επιπρόσθετων λειτουργιών στην ιστοσελίδα του υπάρχοντος συστήματος. Το υποσύστημα αυτό μετονομάστηκε σε *CardiacPortal* και για την ανάπτυξη του χρησιμοποιήθηκαν το εργαλείο Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με το εργαλείο Ajax και το εργαλείο National Instruments Measurements Studio [11] για τη βελτιστοποίηση του γραφικού περιβάλλοντος και τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων.

Βήμα 5^ο : Υλοποίηση του υποσυστήματος *PatMon* με το εργαλείο Microsoft® Visual Studio® 2010 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με το εργαλείο DevExpress [2] το οποίο περιέχει βιβλιοθήκες για καλύτερη ανάπτυξη γραφικών καθώς επίσης και για τη δημιουργία γραφικών παραστάσεων.

Βήμα 6^ο : Διασύνδεση του υποσυστήματος *PatMon* με τον *Application Server* και αποθήκευση βιοσημάτων στην κεντρική βάση δεδομένων. Στη συνέχεια έγινε παρακολούθηση των αποθηκευμένων βιοσημάτων μέσω του υποσυστήματος *CardiacPortal*.

Βήμα 7^ο : Υλοποίηση του υποσυστήματος *DocMon* με το εργαλείο Microsoft® Visual Studio® 2008 Professional Edition [10] σε συνδυασμό με τα εργαλεία Mooseworks

Software [9], Windows Mobile 6 SDK [8] και Windows Mobile 6.5.3 DTK [8] τα οποία περιέχουν συστατικά για την καλύτερη χρήση γραφικών όπως επίσης και την αναπαράσταση γραφικών παραστάσεων.

Βήμα 8^ο : Διασύνδεση του υποσυστήματος DocMon με τον *Application Server* και ανάκτηση βιοσημάτων από την κεντρική βάση δεδομένων. Στη συνέχεια έγινε παρακολούθηση των ανακτώμενων βιοσημάτων μέσω του υποσυστήματος αυτού.

6.1.3 Έλεγχοι Συστήματος

6.1.3.1 Έλεγχος σύνδεσης

Ο έλεγχος της σύνδεσης έγινε αμέσως μετά την ολοκλήρωση της υλοποίησης των εφαρμογών *PatMon* και *DocMon*. Στην εφαρμογή *PatMon* έγινε έλεγχος της σύνδεσης των συσκευών. Οι συσκευές αυτές έστελναν δεδομένα μέσω Bluetooth, που στην ουσία είναι μια Serial Port επικοινωνία. Ο έλεγχος της σειριακής σύνδεσης ήταν επιτυχής και τα δεδομένα εμφανίζονταν σωστά πάνω στις γραφικές παραστάσεις. Ακολούθως έγινε ο έλεγχος της σύνδεσης της εφαρμογής με τον απομακρυσμένο κεντρικό εξυπηρετητή μέσω Wi-Fi σύνδεσης. Αφού τα δεδομένα αποθηκεύονταν σωστά στη βάση δεδομένων τότε ο έλεγχος της Wi-Fi σύνδεσης ήταν επιτυχής. Στην εφαρμογή *DocMon* έγινε έλεγχος της σύνδεσης της εφαρμογής με τον απομακρυσμένο κεντρικό εξυπηρετητή μέσω Wi-Fi σύνδεσης. Αφού τα δεδομένα προσκομίστηκαν με επιτυχία και αναπαραστάθηκαν σωστά στα διάφορα συστατικά αναπαράστασης τότε ο έλεγχος της Wi-Fi σύνδεσης ήταν επιτυχής.

6.1.3.2 Έλεγχος ασφάλειας

Το σύστημα λόγω της σημαντικότητας της προστασίας των προσωπικών δεδομένων που θα επεξεργάζεται, εμπεριέχει έλεγχους που σχετίζονται με την ασφάλεια και εμπιστευτικότητα έτσι ώστε τα δεδομένα να παραμένουν απόρρητα και εμπιστευτικά. Στην εφαρμογή *PatMon* όπως προαναφέρθηκε γίνεται εγγραφή των ασθενών με κάποια ειδικά συνθηματικά πρόσβασης. Επίσης, η αποστολή των δεδομένων γίνεται μέσω web-service το

οποίο υποστηρίζει SSL (Secure Sockets Layer). Το SSL είναι ένα ασφαλές πρωτόκολλο κρυπτογραφίας, έτσι τα δεδομένα θα αποστέλλονται με ασφάλεια. Περαιτέρω, στα υποσυστήματα *CardiacPortal* και *DocMon* οι χρήστες αποκτούν πρόσβαση στο σύστημα με τη χρήση συνθηματικών πρόσβασης (username και password). Η αποθήκευση των συνθηματικών αυτών στη βάση δεδομένων είναι σε μορφή hash code, έτσι μόνο ο χρήστης θα ξέρει τα σωστά συνθηματικά. Επίσης, ο λογαριασμός του χρήστη μπλοκάρεται σε περίπτωση που ο αριθμός των ανεπιτυχών προσπαθειών πρόσβασης ξεπεράσει τις πέντε, προστατεύοντας έτσι το σύστημα μας από brute force attacks. Τέλος, η εφαρμογή *DocMon* λαμβάνει τα βιοσήματα των ασθενών με ασφαλές τρόπο, αφού χρησιμοποιείται web-service τεχνολογία που υποστηρίζει το SSL πρωτόκολλο.

6.2 Αξιολόγηση Συστήματος

6.2.1 Αξιολόγηση διαπροσωπειών συστήματος

6.2.1.1 Υποσύστημα *PatMon*



Σχήμα 6.1: Αρχική οθόνη



Σχήμα 6.2: Κεντρική οθόνη

The 'Devices Settings' window allows configuration of medical devices. It includes 'Back', 'Save', and 'Default' buttons. The 'EcG Device' tab is active, showing 'Serial Port Settings' (COM4, 9600, None, 8, One) and 'Handshake' (None). The 'Event Settings' section lists various alerts with checkboxes and thresholds:

Event	Threshold 1	Unit 1	Threshold 2	Unit 2
☒ Heart Rate High	85	BPM	10	Beats
☒ Heart Rate Low	60	BPM	5	Beats
☒ Low Oxygen Saturation	98	%	5	Seconds
☒ Oxygen Saturation Not Detected			5	Seconds
☒ Oxygen Saturation Connected/Disconnected			1	Seconds
☒ Heart Rate Not Detected			5	Seconds
☐ Atrial Fibrillation			5	Beats
☐ Pause			100	Milliseconds
Recording Time Before Event			15	Seconds
Recording Time After Event			30	Seconds
Number Of Leads			12	Leads
☒ Event Button Pressed				

Σχήμα 6.3: Οθόνη ρύθμισης συσκευών

Patient Registration

Registration
Please insert the credentials below

Patient ID 8

Social ID 1042121

✓ Register

< Back Next > Cancel

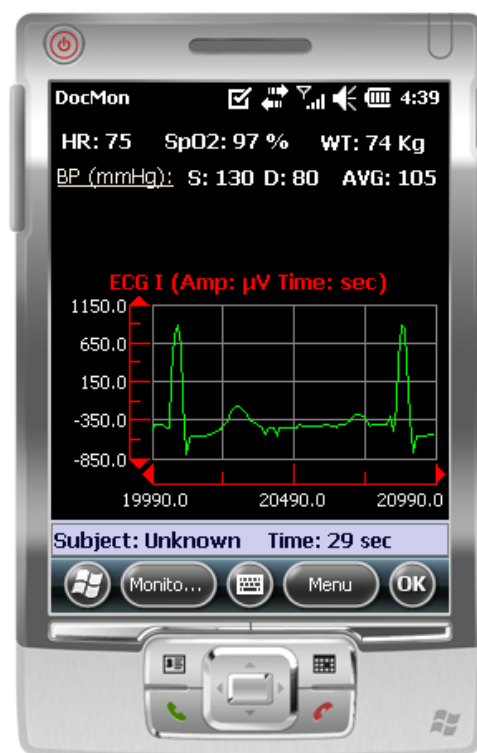
Σχήμα 6.4: Οθόνη εγγραφής ασθενή

Στα πιο πάνω σχήματα φαίνονται οι πιο κύριες οθόνες της εφαρμογής. Μέσω αυτών των σχημάτων μπορεί να δει κανείς τις λειτουργίες που περιγράφηκαν στις προδιαγραφές του συστήματος και οι οποίες έγιναν με πλήρη επιτυχία. Στο Σχήμα 6.1 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη μέσω της οποίας ο χρήστης/ασθενής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα στα δύο modes που προαναφέρθηκαν ή να τερματίσει την εφαρμογή. Στο Σχήμα 6.2 παρουσιάζεται η κεντρική οθόνη της εφαρμογής μέσω της οποία αναπαρίστανται τα διάφορα βιοσήματα του ασθενή κατά τη διάρκεια λήψης τους από τις ειδικές ηλεκτρονικές συσκευές. Στο κάτω μέρος της εφαρμογής φαίνεται η κατάσταση των συσκευών, ενώ στο αριστερό μέρος παρουσιάζονται, εκτός από κάποια βιοσήματα, τα κουμπιά μέσω των οποίων ο χρήστης μπορεί να διαχειρίζεται τη λήψη και την προβολή ενός δείγματος. Στο Σχήμα 6.3 παρουσιάζεται η οθόνη μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να ρυθμίσει κατάλληλα τις διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές ενώ στο Σχήμα 6.4 παρουσιάζεται η οθόνη εγγραφής του ασθενή. Η εφαρμογή αυτή είναι πολύ φιλική προς τους χρήστες αφού χρησιμοποιήθηκαν ωραία γραφικά και εικονίδια τα οποία επεξηγούν την κάθε λειτουργία. Τέλος, η εφαρμογή είναι πολύ εύχρηστη αφού ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει τις λειτουργίες που θέλει πολύ γρήγορα χωρίς να χρειάζεται να πλοηγηθεί σε πάρα πολλές οθόνες.

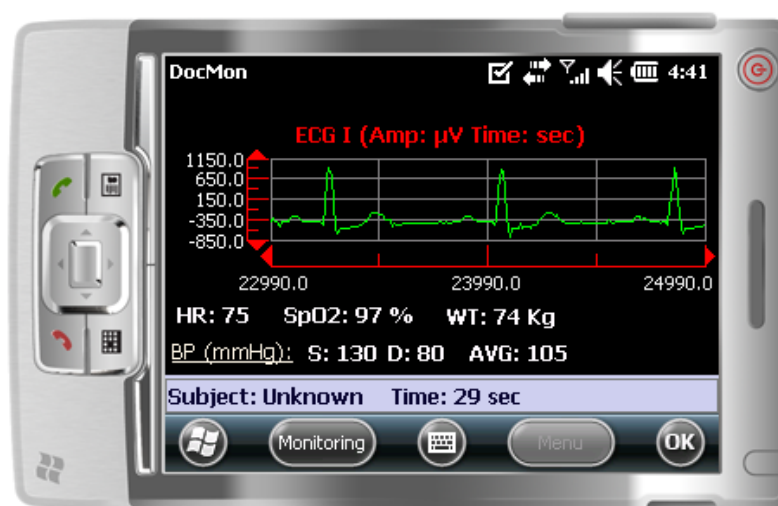
6.2.1.2 Υποσύστημα DocMon



Σχήμα 6.5: Αρχική οθόνη



Σχήμα 6.6: Κεντρική οθόνη



Σχήμα 6.7: Κεντρική οθόνη – full screen



Σχήμα 6.8: Οθόνη επιλογής ασθενή

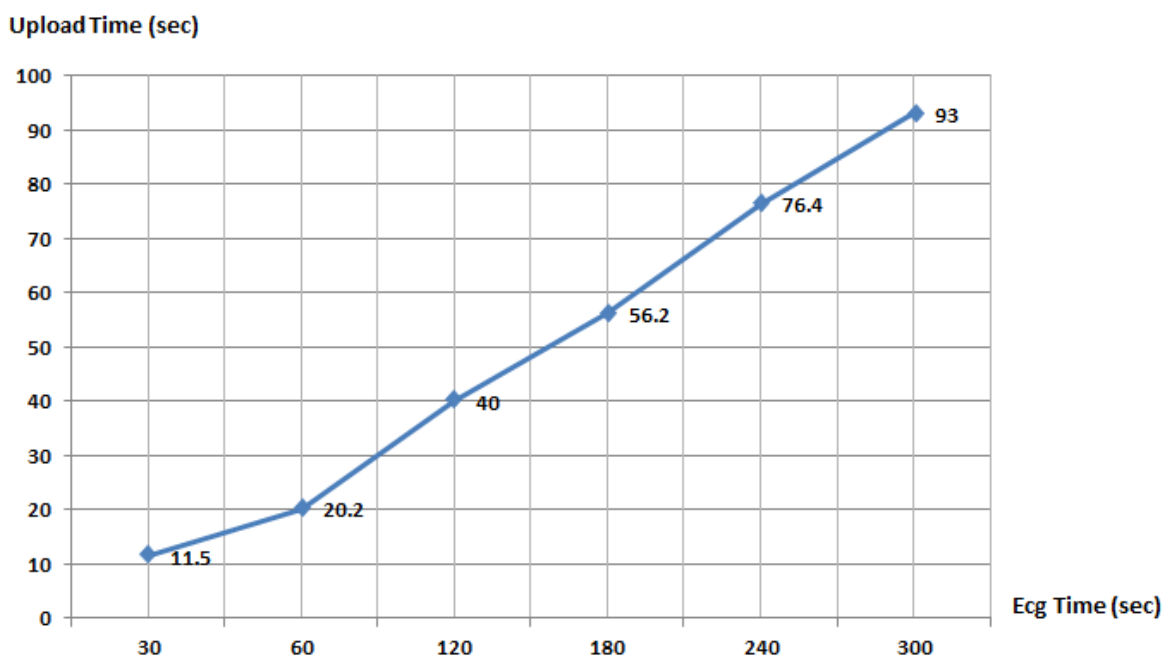
Στα πιο πάνω σχήματα φαίνονται οι πιο κύριες οθόνες της εφαρμογής. Μέσω αυτών των σχημάτων μπορεί να δει κανείς τις λειτουργίες που περιγράφηκαν στις προδιαγραφές του συστήματος και οι οποίες έγιναν με πλήρη επιτυχία. Στο Σχήμα 6.5 παρουσιάζεται η αρχική οθόνη μέσω της οποίας ο χρήστης/ιατρός μπορεί εισέλθει στο σύστημα αφού πρώτα εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του. Στο Σχήμα 6.6 παρουσιάζεται η κεντρική οθόνη της εφαρμογής μέσω της οποία αναπαρίστανται τα διάφορα βιοσήματα του ασθενή κατά τη διάρκεια παρακολούθησης του από τον ιατρό. Στο Σχήμα 6.7 παρουσιάζεται η κεντρική οθόνη με ανακατάταξη της οθόνης του κινητού τηλεφώνου έτσι ώστε ο γιατρός να μπορεί να βλέπει καλύτερα τα βιοσήματα. Στο Σχήμα 6.8 παρουσιάζεται η οθόνη μέσω της οποίας ο ιατρός μπορεί επιλέξει τον ασθενή που θέλει να παρακολουθήσει καθώς επίσης και να δει σχετικές πληροφορίες για αυτόν. Η εφαρμογή αυτή είναι πολύ φιλική προς τους χρήστες αφού χρησιμοποιήθηκαν ωραία και απλά γραφικά τα οποία επεξηγούν την κάθε λειτουργία. Τέλος, η εφαρμογή είναι πολύ εύχρηστη αφού ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει

τις λειτουργίες που θέλει πολύ γρήγορα χωρίς να χρειάζεται να πλοηγηθεί σε πάρα πολλές οθόνες.

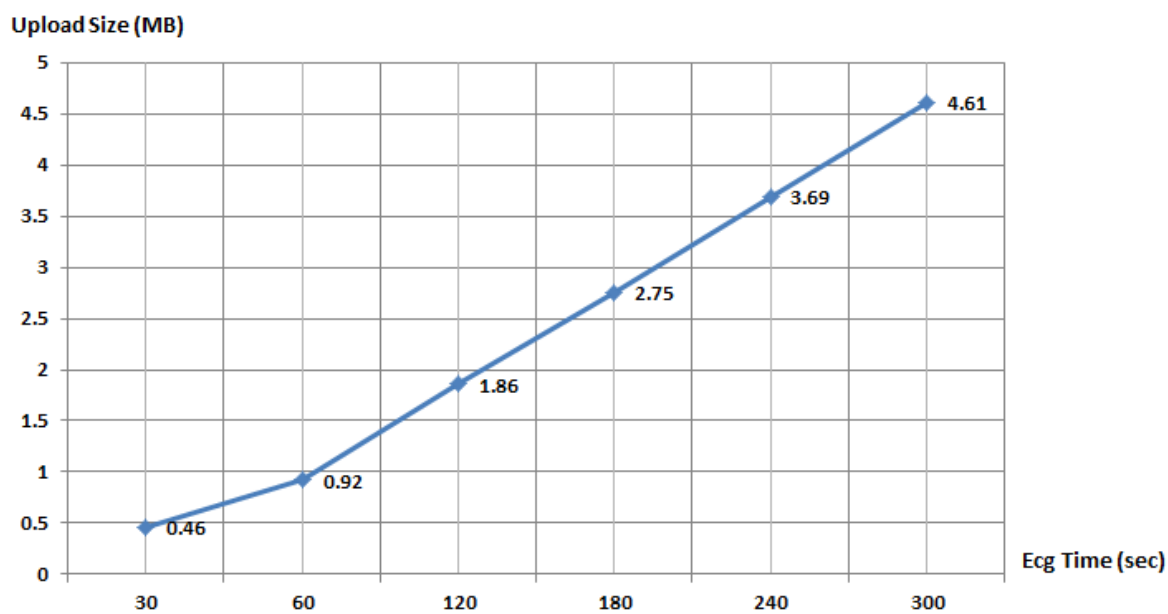
6.2.2 Αξιολόγηση σε πραγματικό χρόνο

Το σύστημα θα αξιολογηθεί σε πραγματικό χρόνο ελέγχοντας αν όλα τα συστήματα δουλεύουν ορθά και αποδοτικά. Για το υποσύστημα *PatMon*, θα ελέγξουμε αν στέλνει σωστά τα δεδομένα στον *Application Server* και το χρόνο που χρειάζεται για να τα στείλει. Για το υποσύστημα *DocMon*, θα ελέγξουμε αν λαμβάνει τα σωστά δεδομένα από τον *Application Server* και το χρόνο που χρειάζεται για να τα ανακτήσει. Για το υποσύστημα *CardiacPortal*, θα ελέγξουμε αν λαμβάνει τα σωστά δεδομένα από τη βάση, το χρόνο ανάκτησης των δεδομένων και το χρόνο απόκρισης της σελίδας. Τα υποσυστήματα *CardiacPortal* και *Application Server* καθώς και η κεντρική βάση δεδομένων θα εγκατασταθούν στον εξυπηρετητή που βρίσκεται στο Γενικό Νοσοκομείο της Πάφου έτσι ώστε τα αποτελέσματα που θα πάρουμε να ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα.

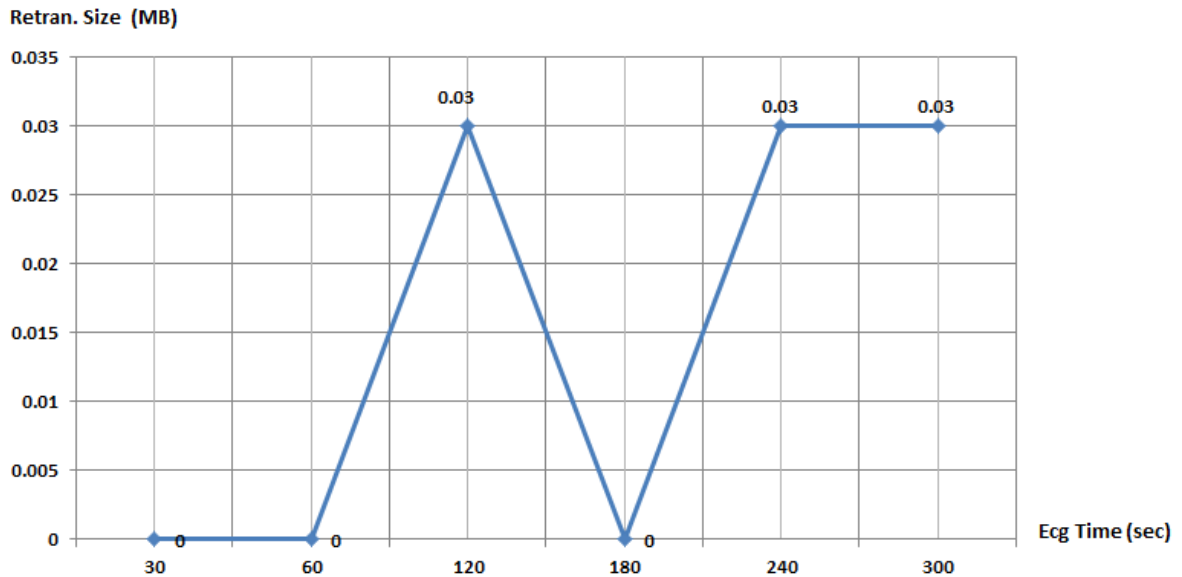
Για την αποστολή των δεδομένων από το υποσύστημα *PatMon* στον *Application Server* κάναμε το εξής πείραμα: Για κάθε προκαθορισμένο χρόνο καταγραφής ΗΚΓ παίρναμε το χρόνο, το μέγεθος και τα retransmissions που χρειάζονταν για να σταλούν τα δεδομένα στην απομακρυσμένη βάση δεδομένων. Αυτό το πείραμα το κάναμε για 5 φορές και τα αποτελέσματα που πήραμε είναι τα εξής:



Σχήμα 6.9: Χρόνος αποστολής των δεδομένων στον Application Server



Σχήμα 6.10: Μέγεθος των δεδομένων που αποστέλλονται στον Application Server



Σχήμα 6.11: Retransmissions που γίνονται κατά την αποστολή των δεδομένων στον Application Server

Συμπεράσματα:

Κατά την αξιολόγηση του όλου συστήματος τεκμηριώθηκε ότι τα δεδομένα αποθηκεύονται και προσκομίζονται σωστά προς/από την κεντρική βάση δεδομένων. Έτσι, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όλα τα υποσυστήματα λειτουργούν με πλήρη επιτυχία.

Στο υποσύστημα *DocMon* για να μην υπάρχει πολλή καθυστέρηση στην προσκόμιση των βιοσημάτων από τη βάση δεδομένων ο μέγιστος χρόνος ΗΚΓ που προσκομίζεται είναι 90 δευτερόλεπτα. Αυτός ο χρόνος είναι ικανοποιητικός για την παρακολούθηση ενός ασθενή από τον ιατρό του, έτσι είναι αποδεκτός. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο χρόνος που χρειάζεται για να προσκομιστούν 90 δευτερόλεπτα ΗΚΓ μαζί με τα υπόλοιπα βιοσήματα είναι περίπου 10 δευτερόλεπτα.

Στο υποσύστημα *CardiacPortal* ο χρόνος που χρειάζεται για να προσκομιστούν τα βιοσήματα είναι περίπου 1-2 δευτερόλεπτα για όλους τους διαφορετικούς χρόνους ΗΚΓ.

Αυτό συμβαίνει αφού η σελίδα και η βάση δεδομένων βρίσκονται στον ίδιο εξυπηρετητή, έτσι το αποτέλεσμα αυτό μας αφήνει πλήρως ικανοποιημένους.

Τέλος, τα δεδομένα που αποστέλλονται στον *Application Server* από το υποσύστημα *PatMon* έχουν πάρα πολύ μεγάλο μέγεθος (~4.61 MB για 5 λεπτά καρδιογράφημα). Αυτό συνεπάγεται καθυστέρηση αλλά και συμφόρηση στο δίκτυο. Αυτός ο τεράστιος όγκος δεδομένων οφείλεται στο ότι στέλνουμε την ανάλυση του ΗΚΓ και πρέπει να δούμε πως μπορούμε να περιορίσουμε αυτό το πρόβλημα.

Προτεινόμενες Λύσεις

a) Μπορούμε να συμπιέζουμε τα δεδομένα με κάποιον αλγόριθμο συμπίεσης και να τα στέλνουμε στον *Application Server*. Στην συνέχεια, τα δεδομένα θα αποσυμπίεζονται και θα αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων.

b) Μια άλλη λύση είναι να μειώσουμε την πληροφορία της ανάλυσης του ΗΚΓ. Ο αλγόριθμος ανάλυσης όταν αναγνωρίσει μια αρρυθμία τη χαρακτηρίζει με έναν αριθμό (π.χ. το 0) και στη συνέχεια την μεταφράζει στο όνομα της (π.χ. NORMAL). Εμείς θα μπορούσαμε να στέλνουμε τους αριθμούς στον *Application Server*, στη συνέχεια αυτός θα μεταφράζει τους αριθμούς στα ονόματα των αρρυθμιών και μετά θα τα αποθηκεύει στη βάση δεδομένων.

c) Μπορούμε να συνδυάσουμε το a) και b)

d) Αν τα πιο πάνω δεν είναι ικανοποιητικά τότε μπορούμε να μεταφέρουμε την ανάλυση στον *Application Server*. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να στέλνεται όσο πιο μικρή πληροφορία γίνεται αφού δεν θα αποστέλλεται η ανάλυση του ΗΚΓ. Από την άλλη, αυτή η λύση παρουσιάζει άλλα προβλήματα. Το πρώτο πρόβλημα είναι ο αλγόριθμος ανάλυσης, στον οποίο παρατήρησα ότι δεν μπορεί να δουλέψει παράλληλα (πρόβλημα συγχρονισμού). Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα όταν δύο ασθενείς στείλουν

ταυτόχρονα τα βιοσήματα τους τότε θα παρουσιαστεί πρόβλημα και η ανάλυση δεν θα γίνει με επιτυχία. Επίσης, ο εξυπηρετητής που θα διαχειρίζεται τον *Application Server* θα υπερφορτώνεται, αφού θα κάνει την ανάλυση όλων των ηλεκτροκαρδιογραφημάτων που θα λαμβάνει.

e) Μια τελευταία λύση είναι να γίνεται η ανάλυση στην πλευρά του εξυπηρετητή αλλά αυτή την φορά όχι από τον *Application Server* αλλά από ένα script που θα τρέχει ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αν γίνει αυτό δεν θα έχουμε το πρόβλημα της ταυτόχρονης ανάλυσης αφού μόνο το script θα εκτελεί τον αλγόριθμο. Τα μειονεκτήματα της λύσης αυτής είναι τα εξής. Αρχικά, πρέπει να γίνει αλλαγή στη βάση δεδομένων και να μπουν κάποιοι πίνακες στους οποίους θα αποθηκεύεται το ακατέργαστο ΗΚΓ έτσι ώστε να τους χρησιμοποιεί το script για να αναλύει το ΗΚΓ και να το αποθηκεύει στους πίνακες που θα αποθηκεύουν το αναλυμένο ΗΚΓ. Επίσης το script πρέπει να λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε να καταλαβαίνει πότε ένα δείγμα ΗΚΓ είναι ολόκληρο αποθηκευμένο μέσα στους πίνακες και ότι δεν υπολείπεται κάποιο κομμάτι του, αφού αν γίνει ανάλυση σε ένα δείγμα που είναι ημιτελές τότε θα έχουμε λάθος αποτελέσματα. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την υπερφόρτωση του εξυπηρετητή αφού το script θα χρειάζεται αρκετούς υπολογισμούς και μνήμη λόγω της επεξεργασίας των πολλών δεδομένων που θα κάνει.

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα και Μελλοντική Εργασία

7.1	Συμπεράσματα	114
7.2	Μελλοντική Εργασία	115

7.1 Συμπεράσματα

Η επιστήμη και συγκεκριμένα οι τεχνολογικές εξελίξεις προχωρούν με ραγδαίο ρυθμό με σκοπό την καλύτερευση της ποιότητας του τρόπου ζωής του ανθρώπου. Καταστάσεις και ιδέες που στο παρελθόν αποτελούσαν σενάρια επιστημονικής φαντασίας σήμερα είναι πραγματικότητα. Η ανθρώπινη ευφυΐα και ευρεσιτεχνία μας αποδεικνύουν καθημερινά τις απεριόριστες δυνατότητες της ανθρωπότητας.

Είναι αξιοσημείωτο να αναφέρω ότι ο τομέας της πληροφορικής μπορεί να συνδέσει μαζί πολλούς άλλους τομείς όπως την ιατρική, τη φυσική, την ηλεκτρική εφαρμοσμένη μηχανική καθώς και άλλους τομείς με σκοπό τη βελτίωση του τρόπου ζωής μας.

Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος που θα συνέβαλε στην εξ αποστάσεως παρακολούθηση ασθενών που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι ασθενείς αυτοί να κρατήσουν την περίοδο αποκατάστασης τους όσο το δυνατό ομαλότερη, να αποφεύγουν άσκοπες επισκέψεις στο νοσοκομείο και να αποτρέψουν ανεπιθύμητα συμβάντα. Περαιτέρω, αυτή η μέθοδος διαχείρισης ασθενών μπορεί να είναι πολύ ευεργετική για την καταπολέμηση της επιδείνωσης της κατάστασης τους και για την πρόληψη της επανένταξης τους στο νοσοκομείο. Εκτός από αυτά, η ελαχιστοποίηση της μετακίνησης των ασθενών, συνεπάγεται μείωση κόστους αφού στις μέρες μας η αύξηση του κόστους των καυσίμων

αναπτύσσεται με ταχύτητα φωτός. Επίσης, μείωση κόστους θα έχουμε και από την πλευρά των νοσοκομείων και των κλινικών, αφού οι επισκέψεις των ασθενών, η περίθαλψη τους και η διαμονή τους κοστίζουν αρκετά.

Σχετικά με την αποστολή των βιοσημάτων προς τον κεντρικό εξυπηρετητή όπου είναι εγκατεστημένη η κεντρική βάση δεδομένων, είναι ασφαλώς, πολύ σημαντική η επιλογή του κατάλληλου δικτύου το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε, λόγω του ότι τα δεδομένα είναι ευαίσθητα και μπορούν ανά πάσα στιγμή να χαθούν όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο δίκτυο. Σύμφωνα με τα πιο πάνω, η χρήση του Wi-Fi στην αποστολή των δεδομένων συνίσταται μόνο όταν είναι πλήρως διαθέσιμο το δίκτυο αυτό και όχι περιστασιακά διαθέσιμο. Σε αντίθετη περίπτωση είναι καλύτερο να χρησιμοποιηθεί η Ethernet τεχνολογία. Περαιτέρω, για καλύτερη λειτουργία όλων των υποσυστημάτων συνίστανται χρήση δικτύου με ψηλές επιδόσεις, αφού τα βιοσήματα που καταγράφονται αποτελούνται από ένα μεγάλο όγκο δεδομένων που πρέπει να περάσει μέσα από το δίκτυο.

Καταλήγοντας πιστεύω ότι έγινε μια πολύ καλή δουλειά στο να υλοποιηθεί το σύστημα αυτό και ελπίζω στο μέλλον να χρησιμοποιηθεί στο να βοηθά τους ασθενείς που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση αλλά και ασθενείς που πιθανώς να έχουν καρδιακές αρρυθμίες και να χρειάζονται ειδική παρακολούθηση από τους ιατρούς τους.

7.2 Μελλοντική Εργασία

Οι επεκτάσεις και διορθώσεις που μπορεί να γίνουν στο μέλλον ούτως ώστε να βελτιωθεί το σύστημα που έχω υλοποιήσει είναι οι εξής:

- Το υποσύστημα *DocMon* παρουσιάζει το ΗΚΓ του ασθενούς σε μια γραφική παράσταση. Αυτή η γραφική παράσταση δε μπορεί να δείξει το αναλυμένο καρδιογράφημα αλλά μόνο την κυματομορφή του. Αυτό θα μπορούσε να γίνει αν χρησιμοποιηθεί κάποιο άλλο συστατικό γραφικής παράστασης το οποίο να εμφανίζει κάποιου είδους κέρσορες έτσι ώστε να μπορούμε να δείχνουμε τις διάφορες αρρυθμίες.

- Το υποσύστημα *PatMon* είναι υπεύθυνο για την ανάλυση και την αποστολή του ΗΚΓ καθώς και των άλλων βιοσημάτων. Η ανάλυση όμως, στοιχίζει σε απόδοση αφού αποτελείται από ένα τεράστιο όγκο δεδομένων, καθυστερώντας έτσι το «ανέβασμα» των βιοσημάτων στην κεντρική βάση. Θα μπορούσαμε την ανάλυση να την κάνουμε στον *Application Server*, μειώνοντας έτσι σημαντικά την πληροφορία που θα στέλνει ο ασθενής. Το πρόβλημα σε αυτή τη λύση είναι ο αλγόριθμος ανάλυσης του ΗΚΓ, αφού δεν μπορεί να αναλύει παράλληλα πολλά στιγμιότυπα ΗΚΓ, έτσι όταν πολλοί ασθενείς στέλνουν βιοσήματα ταυτόχρονα, θα παρουσιάζεται πρόβλημα στον εξυπηρετητή. Στο προσεχές μέλλον θα μπορούσαμε να μετατρέψουμε τον αλγόριθμο ανάλυσης από σειριακό σε παράλληλο και να εφαρμόσουμε τη λύση που προανέφερα, έτσι οι ασθενείς δε θα χρειάζεται να περιμένουν για πολλή ώρα μέχρι να σταλούν τα βιοσήματα τους στην κεντρική βάση δεδομένων.
- Αξίζει να σημειωθεί ότι η ενσωμάτωση της συσκευής καταγραφής της αρτηριακής πίεσης στο υποσύστημα *PatMon* δεν πραγματοποιήθηκε αφού δεν βρέθηκε η κατάλληλη συσκευή που να μας ικανοποιεί. Αυτή η συσκευή πρέπει να ενσωματωθεί στο μέλλον, βρίσκοντας την κατάλληλη συσκευή.
- Περαιτέρω, θα μπορούσαμε στο σύστημα μας να εισάγουμε μια λειτουργία η οποία να ειδοποιά το κέντρο ελέγχου και του συγγενείς του ασθενούς σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.
- Οποιοσδήποτε μπορεί να αντιληφθεί ότι τα δεδομένα τα οποία αποθηκεύονται στη βάση δεδομένων είναι τεράστια. Αυτό θα έχει ως επακόλουθο να χρειαζόμαστε πάρα πολύ μεγάλους περιφερειακούς δίσκους όπως επίσης και η αναζήτηση των δεδομένων θα είναι πάρα πολύ αργή. Αυτό το πρόβλημα θα μπορούσαμε να το αντιμετωπίσουμε με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι να δημιουργήσουμε έναν έξυπνο αλγόριθμο ο οποίος θα στέλνει στη βάση μόνο το ΗΚΓ στο οποίο θα αναγνωρίζονται αρρυθμίες (στην πλευρά του υποσυστήματος *PatMon*). Ο δεύτερος

τρόπος είναι αποθηκεύουμε σε μια γραμμή (ενός πίνακα) περισσότερο από μια τιμή ΗΚΓ συνενώνοντας τις μεταξύ τους (π.χ. «3.12112,2.31231,1.12121»). Έτσι η αναζήτηση θα είναι πιο γρήγορη αφού θα γίνεται σε λιγότερα στοιχεία.

- Το όλο σύστημα απευθύνεται σε ασθενείς που υποβλήθηκαν σε καρδιοχειρουργική επέμβαση και χρειάζεται να παρακολουθούνται για λίγα λεπτά κάθε μέρα. Έχοντας υπόψη ότι ένα αρκετά μεγάλο μέρος του πληθυσμού μπορεί να έχει καρδιακά προβλήματα σε κάποια φάση της ζωής του, μπορούμε να γενικεύσουμε αυτό το σύστημα και να απευθύνεται σε όλους. Επίσης το σύστημα αυτό θα μπορούσε με ελάχιστες αλλαγές να εγκατασταθεί σε ασθενοφόρα έτσι ώστε το ιατρικό προσωπικό να παρακολουθεί τα βιοσήματα ενός ασθενούς που μεταφέρεται σε κρίσιμη κατάσταση στο νοσοκομείο, πριν ακόμα το ασθενοφόρο φτάσει στο νοσοκομείο.
- Τέλος, το υποσύστημα *DocMon*, όπως προαναφέρθηκε, είναι ένα λογισμικό που προορίζεται για λειτουργικά συστήματα Windows Mobile 6.5. Επίσης η οθόνη του κινητού που επιλέχθηκε για να λειτουργεί το λογισμικό αυτό έχει ανάλυση 480 X 800 WVGA. Μετά από μια μελέτη που έκανα, το λειτουργικό σύστημα Windows Mobile τείνει να αντικατασταθεί από το λειτουργικό σύστημα Android αφού είναι ένα open source λειτουργικό. Επίσης, οι διαστάσεις της οθόνης του κινητού είναι σχετικά μικρές για να μπορεί ο γιατρός να παρακολουθεί όλα τα βιοσήματα του ασθενούς με ικανοποιητικό τρόπο. Έχοντας αυτά υπόψη, θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ένα tablet pc με λειτουργικό σύστημα Android αντί ένα smartphone, αφού το tablet pc έχει πολύ μεγαλύτερη οθόνη και έτσι θα είναι πιο εύχρηστο.

Αφού ερεύνησα καλά το θέμα κατέληξα σε δύο tablet pc που πιθανόν να επέλεγα για το συγκεκριμένο λογισμικό.

1. **HTC FLYER**

CPU speed: 1.5 GHz

Internal storage: 32 GB

RAM: 1 GB

Platform: Android™ with HTC Sense™

Screen: 1024 X 600 resolution, 7"

2. **TOSHIBA FOLIO 100:**

CPU speed: NVIDIA Tegra 250 Mobile 1 GHz

Internal storage: 16GB

RAM: 512 MB

Platform: Android 2.2

Screen: 1024 x 600 pixels, 10.1"

Βλέποντας τα χαρακτηριστικά των δύο αυτών συσκευών, τηρούν τους περιορισμούς σε επεξεργαστή και μνήμη που χρειάζεται η εφαρμογή για να λειτουργήσει. Το HTC FLYER έχει καλύτερο επεξεργαστή και μνήμη από το TOSHIBA FOLIO 100. Από την άλλη, το TOSHIBA έχει μεγαλύτερη οθόνη (10.1 ίντσες) σε αντίθεση με το HTC (7 ίντσες). Αφού και τα δύο τηρούν τους περιορισμούς σε επεξεργαστή και μνήμη θα επέλεγα το TOSHIBA αφού έχει μεγαλύτερη οθόνη, έτσι ο ιατρός θα μπορεί πιο εύκολα να χειρίζεται την εφαρμογή.

Βιβλιογραφία

- [1] Augmented reality στην χειρουργική, [Online]. Available: <http://www.vrarchitect.net/anu/cg/CGIntroduction/mitai.jpg>
- [2] Developer Express News, [Online]. Available: <http://www.devexpress.com>
- [3] Εφαρμογές στην τηλεϊατρική, [Online]. Available: http://www.it.uom.gr/project/MultimediaTechnologyNotes/chap3a_11.htm
- [4] Η καρδιά, [Online]. Available: <http://el.wikipedia.org/wiki/Καρδιά>
- [5] A. Giordano, S. Scalvini, E. Zanelli, U. Corrà, L. G.L., V. Ricci, P. Baiardi, and F. Glisenti, “Multicenter randomised trial on home-based telemanagement to prevent hospital readmission of patients with chronic heart failure,” *International Journal of Cardiology*, vol. 131, 2009, pp. 192-199.
- [6] E. Kyriacou, P. Chimonidou, C. Pattichis, E. Lambrinou, V. Barberis, G. Georgiou, “Post Cardiac Surgery Home-Monitoring System,” *International ICST Conference on Wireless Mobile Communication and Healthcare, Mobihealth 2010*, Ayia Napa Cyprus, October 18-20 2010, 7 pages CD.
- [7] E. Kyriacou, C. Pattichis, D. Hoplaros, A. Kounoudes, M. Milis, A. Jossif, “A System for Monitoring Children with Suspected Cardiac Arrhythmias Technical Optimizations and Evaluation,” *In: XII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing, MEDICON 2010*, Chalkidiki, Greece, 2010.
- [8] Microsoft Corporation: Software, Smartphones, Online, Games, Cloud Computing, IT Business Technology, Downloads, [Online]. Available: <http://www.microsoft.com>

- [9] Mooseworks Software, [Online]. Available: <http://www.mooseworkssoftware.com>
- [10] MSDN | Microsoft Development, Subscriptions, Resources, and More, [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com>
- [11] National Instruments - Test and Measurement, [Online]. Available: <http://www.ni.com>
- [12] Open Source Arrhythmia detection Software DOI - Patrick S. Hamilton, [Online]. Available: <http://www.eplimited.com>
- [13] G. Pare, M. Jaana, and C. Sicotte, "Systematic Review of Home Telemonitoring for Chronic Diseases: The Evidence Base," *Journal of the American Medical Informatics Association*, vol. 14, no. 3, pp. 269-277, Feb. 2007.
- [14] Phantom 320 ECG Simulator, [Online]. Available: www.ms-gmbh.de/downloads/phantom_manual.pdf
- [15] E. Piotrowicz, R. Baranowski, M. Bilinska, M. Stepnowska, M. Piotrowska, A. Wołcicki, J. Korewicki, L. Chojnowska, L. A. Malek, M. Kłopotowski, W. Piotrowski, and R. Piotrowicz, "A new model of home-based telemonitored cardiac rehabilitation in patients with heart failure: effectiveness, quality of life, and adherence," *European Journal of Heart Failure*, vol. 12, no. 2, pp. 164-171, Dec. 2009.
- [16] J. Rodriguez, L. Dranca, A. Goñi, and A. Illarramendi, "Web access to data in a mobile ECG monitoring system," *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 105, 2004, pp. 100-111.
- [17] RS TechMedic BV, ECG monitors, [Online]. Available: <http://www.dyna-vision.com/products.html>

- [18] Στιγμιότυπο Λαπαροσκόπησης, [Online]. Available: <http://www.surgerynotes.net/wp-content/uploads/2010/04/The-Introduction-of-Laparoscopic-Surgery.jpg>
- [19] Τα κύρια μέρη της καρδιάς, [Online]. Available: [http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Diagram_of_the_human_heart_\(cropped\)_el.svg.png](http://el.wikipedia.org/wiki/Αρχείο:Diagram_of_the_human_heart_(cropped)_el.svg.png)
- [20] Τηλεϊατρική, [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Telemedicine>
- [21] Τι είναι η Τηλεϊατρική, [Online]. Available: http://asclepieion.mpl.uoa.gr/pubaspis/Τι_είναι_η_Τηλεϊατρική;.htm
- [22] Το φυσιολογικό ηλεκτροκαρδιογράφημα, [Online]. Available: <http://www.incardiology.gr/exetaseis/hkg.htm>
- [23] The Official Microsoft ASP.NET Site, [Online]. Available: <http://www.asp.net>
- [24] Φυσιολογία της καρδιάς και ηλεκτροκαρδιογράφημα, N.T.U.A Biomedical Engineering Lab, [Online]. Available: <http://www.biomed.ntua.gr>
- [25] Web Service, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Web_service
- [26] Wii Balance Board, [Online]. Available: <http://media.obsessable.com/media/2009/02/17/nintendo-wii-balance-board-1.jpg>

Παράρτημα Α

Εγχειρίδια Χρήσης

➤ Εγχειρίδιο χρήσης για το υποσύστημα *PatMon*

1. Έναρξη εφαρμογής

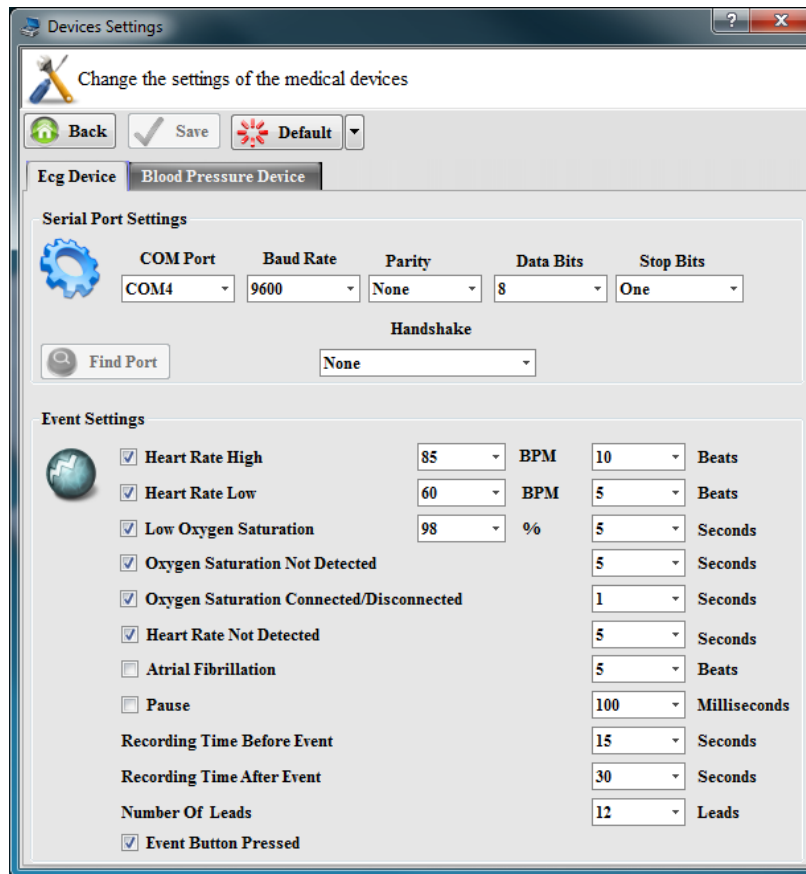
Αφού ο χρήστης ξεκινήσει την εφαρμογή, επιλέγει ανάμεσα στα δύο modes (Telemetry Mode και Stand Alone Mode) από την αρχική οθόνη (Σχήμα Α-1.1) για να οδηγηθεί στην κεντρική οθόνη.



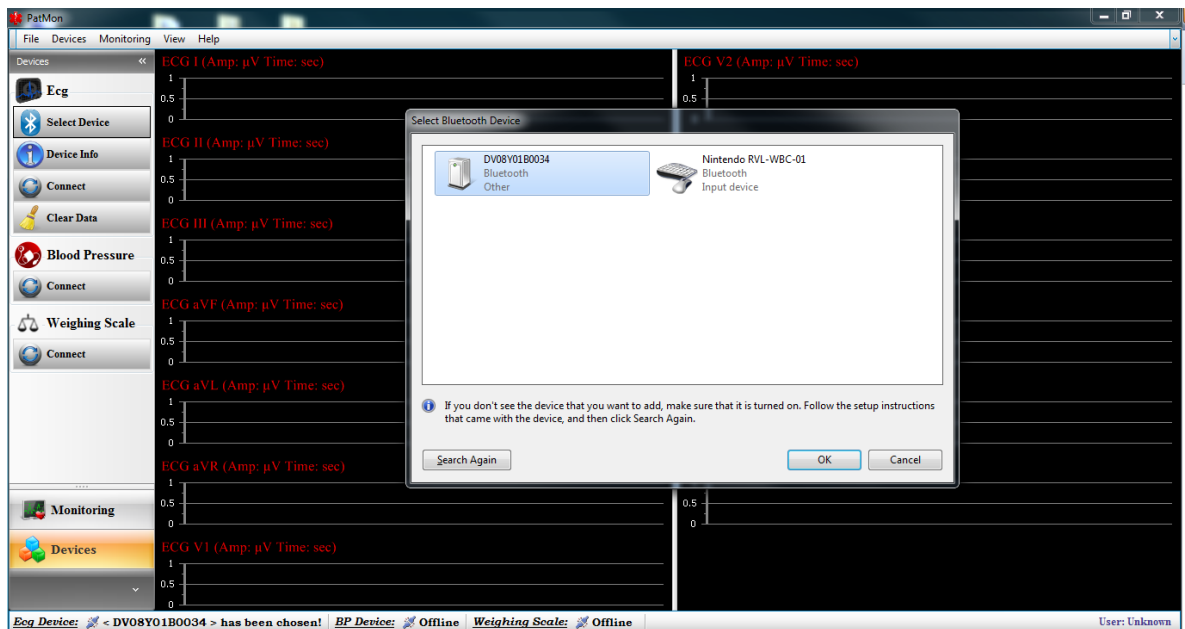
Σχήμα Α-1.1: Αρχική οθόνη εφαρμογής PatMon

2. Ρύθμιση συσκευών

Ο χρήστης από το μενού επιλογών επιλέγει το Devices και ακολούθως το Settings για να ρυθμίσει τις συσκευές. Σε περίπτωση που δε γνωρίζει σε ποιο port είναι ενωμένη η συσκευή ΗΚΓ, αφού επιλέξει την κατάλληλη συσκευή ενεργοποιεί το κουμπί “Find Port” (Σχήμα Α-1.2).



Σχήμα A-1.2: Οθόνη ρύθμισης των συσκευών



Σχήμα A-1.3: Σύνδεση συσκευής ΗΚΓ

3. Σύνδεση συσκευής ΗΚΓ

Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει τη συσκευή ΗΚΓ με τον εξής τρόπο. Από το navigation bar που βρίσκεται στα αριστερά της εφαρμογής επιλέγει το Devices (Σχήμα A-1.3). Στη συνέχεια θα εμφανιστεί μια λίστα με κουμπιά, από την οποία θα επιλέξει το κουμπί “Select Device” που βρίσκεται κάτω από τον τίτλο Ecg. Στη συνέχεια θα εμφανιστεί μια λίστα με τις συσκευές που είναι ενωμένες με Bluetooth στον Η.Υ. μέσω της οποίας θα επιλέξει την κατάλληλη συσκευή. Ακολουθώντας, πατώντας το κουμπί “Connect”, η συσκευή θα ενωθεί με την εφαρμογή. Ο χρήστης μπορεί επίσης να αποσυνδεθεί από τη συσκευή (κουμπί “Disconnect”), να δει κάποιες πληροφορίες της συσκευής (κουμπί “Device Info”) καθώς επίσης και να διαγράψει τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στη συσκευή (κουμπί “Clear Data”).

4. Σύνδεση συσκευής σωματικού βάρους

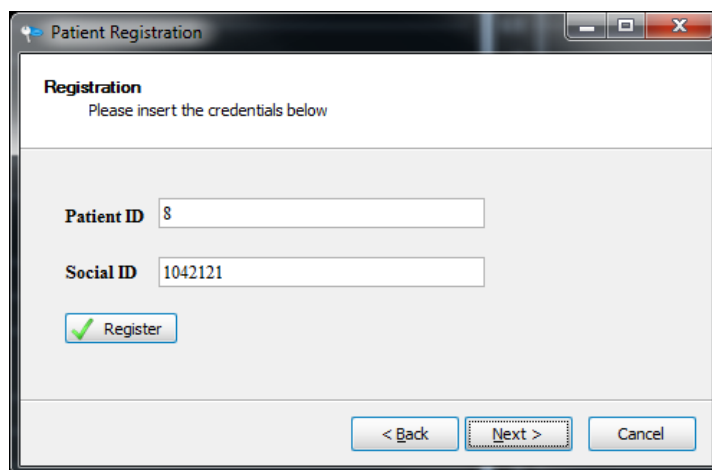
Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει τη συσκευή σωματικού βάρους με τον εξής τρόπο. Από το navigation bar που βρίσκεται στα αριστερά της εφαρμογής επιλέγει το Devices. Στη συνέχεια θα εμφανιστεί μια λίστα με κουμπιά, από την οποία θα επιλέξει το κουμπί “Connect” που βρίσκεται κάτω από τον τίτλο Weighing Scale (Σχήμα A-1.3). Ο χρήστης μπορεί επίσης να αποσυνδεθεί από τη συσκευή (κουμπί “Disconnect”).

5. Σύνδεση συσκευής πίεσης αίματος

Ο χρήστης μπορεί να συνδέσει τη συσκευή σωματικού βάρους με τον εξής τρόπο. Από το navigation bar που βρίσκεται στα αριστερά της εφαρμογής επιλέγει το Devices. Στη συνέχεια θα εμφανιστεί μια λίστα με κουμπιά, από την οποία θα επιλέξει το κουμπί “Connect” που βρίσκεται κάτω από τον τίτλο Blood Pressure (Σχήμα A-1.3). Ο χρήστης μπορεί επίσης να αποσυνδεθεί από τη συσκευή (κουμπί “Disconnect”).

6. Εγγραφή ασθενή στο σύστημα

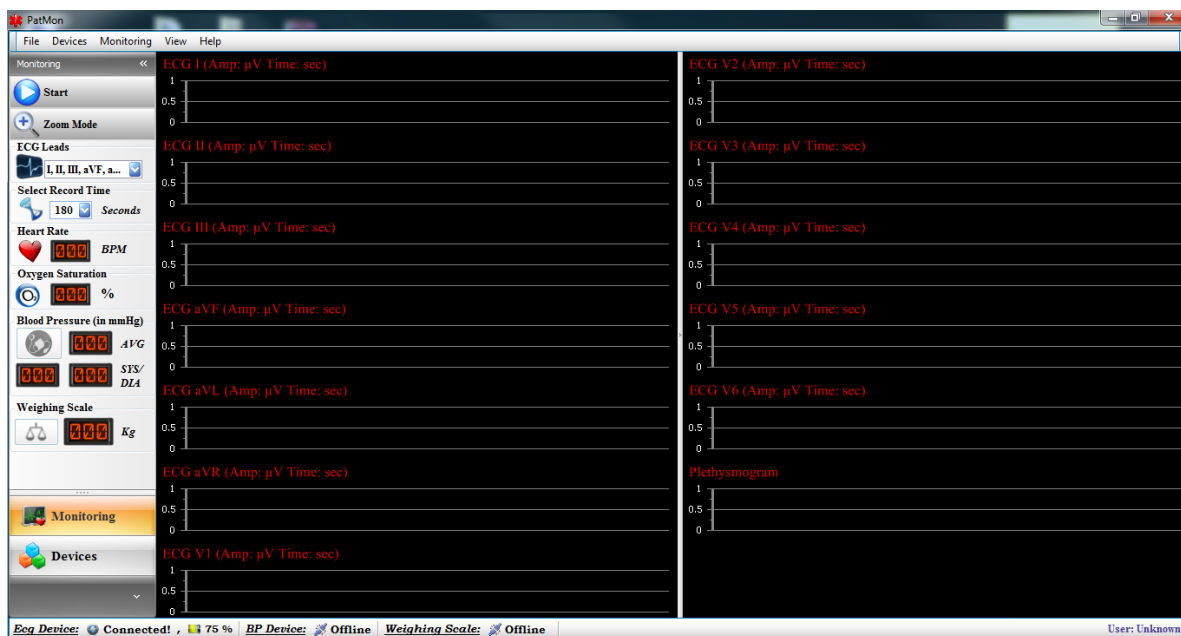
Ο χρήστης θα μπορεί να εγγραφεί στο σύστημα εισάγοντας το μυστικό αριθμό ασθενή και την ταυτότητα του στη φόρμα εγγραφής. Για να εμφανιστεί η φόρμα εγγραφής (Σχήμα A-1.4), επιλέγουμε από το μενού επιλογών το Help και ακολούθως το Register.



Σχήμα A-1.4: Εγγραφή ασθενή

7. Έναρξη καταγραφής βιοσημάτων

Αφού ο χρήστης συνδεθεί με τις συσκευές μπορεί να επιλέξει από το navigation bar το Monitoring. Στη συνέχεια επιλέγει το κουμπί “Start” (Σχήμα A-1.5). Για τον τερματισμό της καταγραφής βιοσημάτων ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το κουμπί “Stop” (Σχήμα A-1.6).



Σχήμα A-1.5: Κεντρική οθόνη PatMon



Σχήμα A-1.6: Κεντρική οθόνη PatMon – Αναπαράσταση ΗΚΓ

➤ Εγχειρίδιο χρήσης για το υποσύστημα *DocMon*

1. Έναρξη εφαρμογής

Ο χρήστης αφού εισάγει τα συνθηματικά πρόσβασης του στην αρχική οθόνη (Σχήμα A-1.7) της εφαρμογής, ενεργοποιεί το κουμπί “Log In” για να ταυτοποιηθεί στο σύστημα. Αν τα συνθηματικά είναι σωστά τότε οδηγείται στην κεντρική φόρμα της εφαρμογής (Σχήμα A-1.10).



Σχήμα A-1.7: Αρχική οθόνη εφαρμογής *DocMon*



Σχήμα A-1.8: Οθόνη επαναφοράς κωδικού πρόσβασης

2. Επαναφορά κωδικού πρόσβασης

Ο χρήστης σε περίπτωση που ξεχάσει τον κωδικό πρόσβασης του μπορεί να επιλέξει το κουμπί “Forgot Your Password?” από την αρχική οθόνη της εφαρμογής (Σχήμα A-1.7). Στη συνέχεια θα εμφανιστεί μια καινούργια οθόνη, στην οποία θα εισάγει το

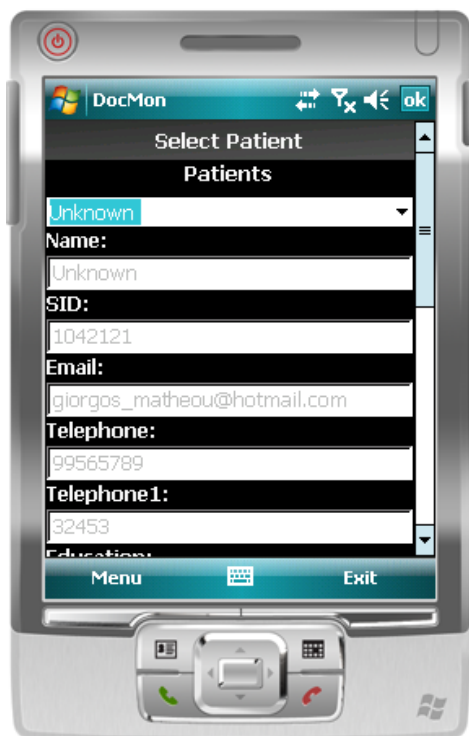
username του (Σχήμα A-1.8). Αν πατήσει το κουμπί “OK” τότε ένας καινούργιος κωδικός θα του σταλεί στο e-mail του.

3. Επιλογή ασθενή

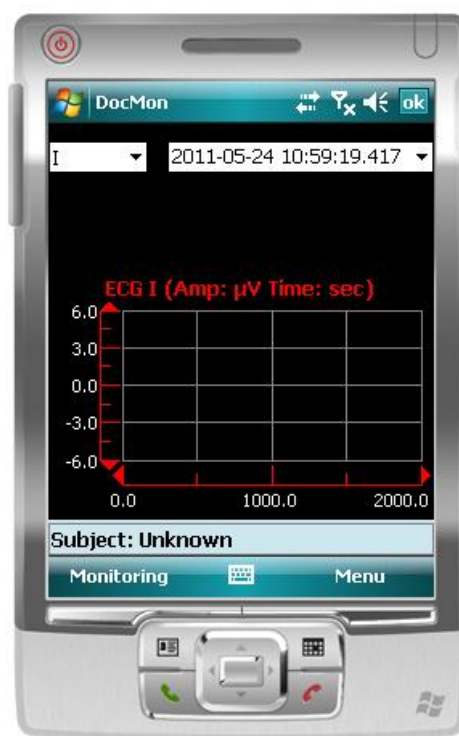
Ο χρήστης για να επιλέξει τον ασθενή που θέλει να παρακολουθήσει πρέπει να κάνει τα εξής βήματα. Από την κεντρική οθόνη (Σχήμα A-1.10) επιλέγει το Menu και ακολούθως το Select Patient. Στη συνέχεια από το combo box επιλέγει τον ασθενή που επιθυμεί. Τέλος, από το Menu της καινούργιας φόρμας (Σχήμα A-1.9) επιλέγει το κουμπί “Select Patient”.

4. Αποστολή συνθηματικών πρόσβασης στον ασθενή

Ο χρήστης για να στείλει τα συνθηματικά πρόσβασης του ασθενή πρέπει να κάνει τα εξής βήματα. Από την κεντρική οθόνη (Σχήμα A-1.10) επιλέγει το Menu και ακολούθως το Select Patient. Στη συνέχεια από το combo box επιλέγει τον ασθενή που επιθυμεί. Τέλος, από το Menu της καινούργιας φόρμας (Σχήμα A-1.9) επιλέγει το κουμπί “Send Credentials”.



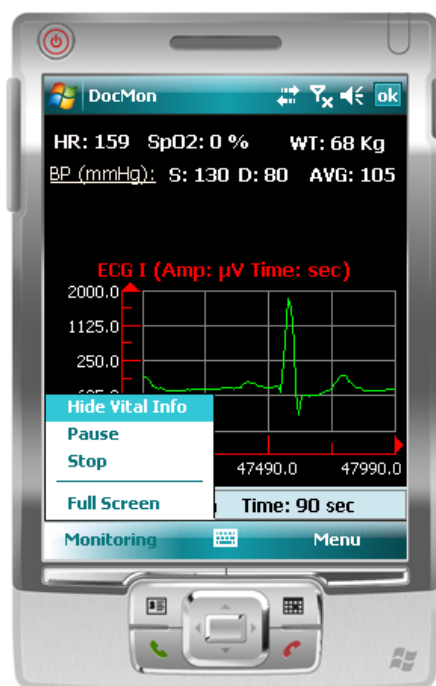
Σχήμα A-1.9: Οθόνη επιλογής ασθενή



Σχήμα A-1.10: Κεντρική οθόνη εφαρμογής *DocMon*

5. Παρακολούθηση βιοσημάτων ασθενή

Αφού ο χρήστης επιλέξει τον ασθενή που επιθυμεί να παρακολουθήσει, επιλέγει τον τύπο του ΗΚΓ που θέλει να παρακολουθήσει και την ημερομηνία καταγραφής (Σχήμα A-1.10). Στη συνέχεια επιλέγει από το μενού Monitoring το κουμπί “Retrieve” για να ανακτήσει τα δεδομένα. Ακολούθως επιλέγει το κουμπί “Start”. Σε περίπτωση που θέλει να παγώσει ή να σταματήσει την προβολή βιοσημάτων επιλέγει τα κουμπιά “Pause” και “Stop” αντίστοιχα (Σχήμα A-1.11).



Σχήμα A-1.11: Κεντρική οθόνη εφαρμογής
DocMon – Αναπαράσταση ΗΚΓ



Σχήμα A-1.12: Οθόνη αλλαγής κωδικού
πρόσβασης

6. Αλλαγή κωδικού πρόσβασης

Ο χρήστης αν επιθυμεί να αλλάξει τον κωδικό πρόσβασης του μπορεί να το κάνει με τον εξής τρόπο. Από την κεντρική οθόνη (Σχήμα A-1.10) επιλέγει το Menu, ακολούθως το My Account και στη συνέχεια το Change Password. Στη συνέχεια εισάγει τον παλιό και τον καινούργιο κωδικό του (Σχήμα A-1.12). Τέλος, επιλέγει το κουμπί “Change” για να ανανεωθεί ο κωδικός.

Παράρτημα Β

Εργασία στο CompSysTech 2011

Εργασία που θα παρουσιαστεί στο CompSysTech conference 2011, Βιέννη 16-17 Ιουνίου 2011 και θα δημοσιευτεί στα πρακτικά του συνεδρίου που θα εκδοθούν από την ACM.

Ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.compsystech.org>

A Post Cardiac Surgery Home-Monitoring System

George Matheou, Efthymou Kyriacou, Panayiota Chimonidou, Constantinos Pattichis, Ekaterini Lambrinou, Vassilis I. Barberis, George P. Georghiou

Abstract: *The aim of this work was to develop a system that will be used for remote monitoring of patients at home after a cardiac surgery so as to keep their rehabilitation period as smooth as possible and avoid unnecessary visits to the hospital. The developed system is an integrated web-based system which can regularly monitor several biosignals like ECG (3 – 12 leads), Oxygen Saturation, Non Invasive Blood Pressure, and additional parameters like body weight. The system has been completed and tested and is now under the evaluation phase from healthy volunteers and cardiac patients.*

Key words: *Cardiac surgery, home monitoring, biosignals, telemedicine.*

INTRODUCTION

Cardiovascular disease (CVD) is the leading cause of death and adult disability in the industrial world. Despite advances in the diagnosis and treatment of coronary heart disease (CHD), it remains the single most frequent cause of death in Americans older than 65 years old [1]. A recent study by the World Health Organization revealed that by 2015 almost 20 million people will die from CVD, mainly from CHD and stroke [22]. Coronary artery bypass graft (CABG) surgery is the most frequently performed major surgery for CHD in the United States [6].

As the prevalence of CVD is increasing, new strategies need to be developed in order to reduce the cost of health care services and at the same time to improve patients' quality of life. A considerable proportion of patients experience adverse events or are readmitted within a few weeks after discharge, leading to worse outcomes and/or increased costs. These problems are likely to increase over the next few decades as the longevity of the population increases [4], [17], [20]. As a result, there is an increasing interest in ehealth care delivery models for monitoring the cardiac patient. The objective of this paper is to propose a system that will support home telemonitoring by the cardiology clinic physicians and nursing personnel of the post cardiac surgery patients.

The concept of telemedicine has been introduced more than 30 years ago where telephone and Fax machines were the first devices to be used. Home monitoring of chronic patients or patients after a major event is one of the main issues of telemedicine. Systems using Plain Old Telephony Systems (POTS), ISDN Lines and nowadays ADSL connections have been presented and used in several applications. The evolution of computer systems and telecommunication means enables the creation of such systems in an easier, cheaper and more reliable way [13].

The need and the importance of telemonitoring of the post cardiac surgery patient was demonstrated in several studies [3], [5], [14], [16], [18], where it was shown that these systems hold a great promise not only in reducing readmissions and rehospitalizations but also reducing health care costs.

Taking into consideration all the above, through this study we are proposing a system that will be used for monitoring post cardiac surgery patients. The system supports the recording and transmission of ECG, heart rate, blood pressure,

oxygen saturation, weight, and other parameters. These will be monitored by the cardiac clinic personnel, the physician or the nurse for further action. Thus, using the system will enable the daily monitoring of the subject, supporting the better patient management. It is anticipated that this will also lead in better triage and an immediate intervention when needed. The current system was built based on previous work by our group on monitoring children with cardiac arrhythmias [7].

The structure of the paper is as follows. In the next section the system description is given, followed by system evaluation, and finally, the concluding remarks.

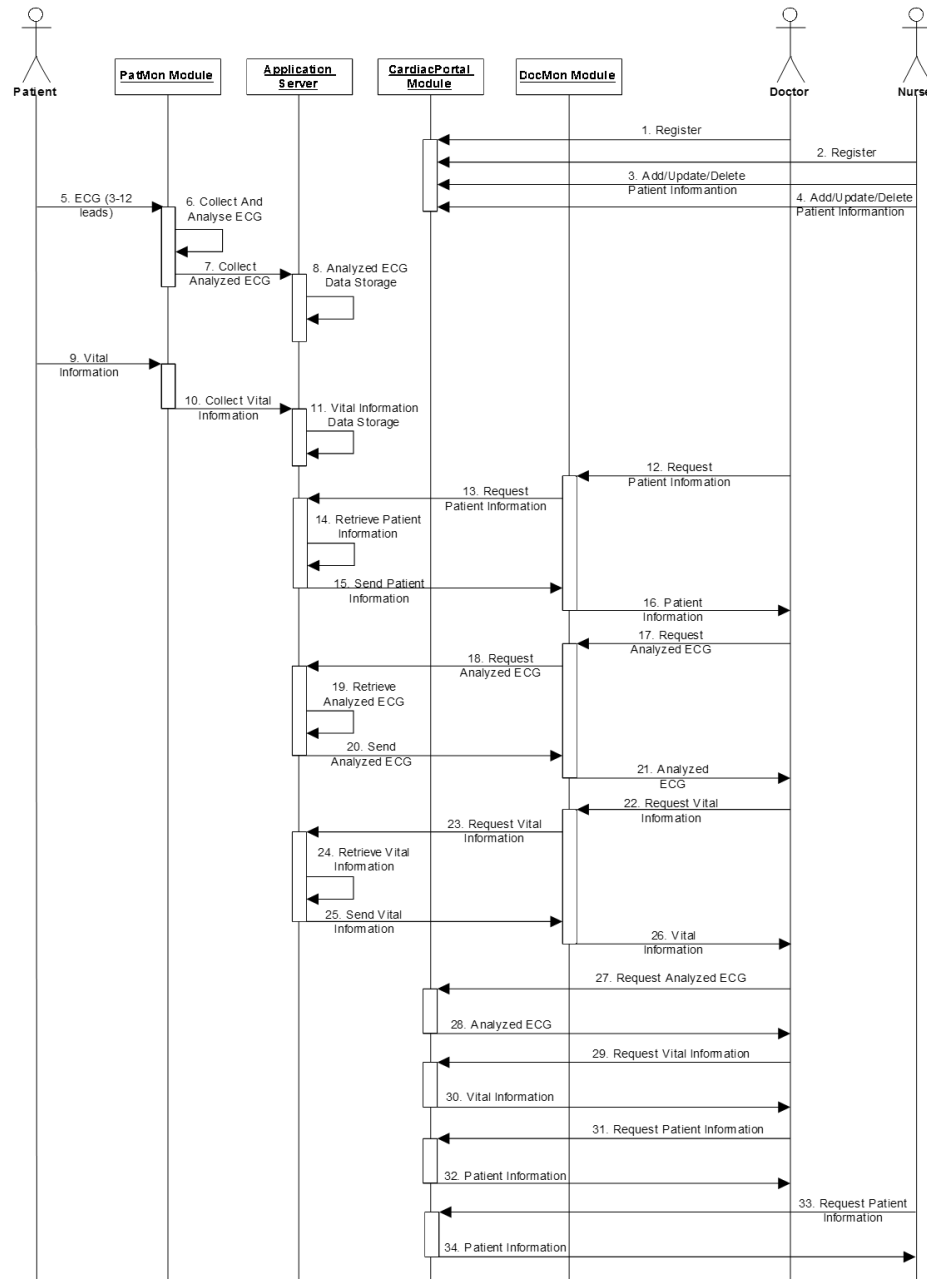


Fig. 1. Overall system sequence diagram.

SYSTEM DESCRIPTION

System Functionality

The overall system sequence diagram is shown in Fig. 1. The main components of the system are the patient monitoring module, *PatMon*, the *Application Server*, the main application portal module, *CardiacPortal*, and the doctor monitoring module, *DocMon*.

The *CardiacPortal* module is a web-based system that provides functionality such as doctor and nurse registration (see Fig. 1, steps 1-2) and patient information management, such as personal, historical, medical background, patient hospitalization, patient calls and follow up information, and patient symptoms data (see Fig. 1, steps 3-4). This module also displays the ECG (3-12 leads) and the patient's vital information such as weight, blood pressure, oxygen saturation, plethysmogram, and questionnaire statistics (see Fig. 1, steps 27-34). Furthermore, the doctor's functionality has the option to give access to other doctors, in order to support teleconsultation and telemonitoring.

The *PatMon* module records and displays the ECG and the vital signs (see Fig. 1, steps 5 and 9 respectively). The ECG signal is automatically analyzed by the *PatMon* module in order to identify possible arrhythmias (see Fig. 1, step 6). The analysis is carried out based on an open source arrhythmia detection algorithm provided by E.P Limited [12]. This module supports the following arrhythmias: T-wave change (TCH), systole (SYSTOLE), diastole (DIASTOLE), rhythm change (RHYTHM), right bundle branch block beat (RBBB), left bundle branch block beat (LBBB), aberrated atrial premature beat (ABERR), fusion of ventricular and normal beat (FUSION), start of ventricular flutter/fibrillation (VFON), end of ventricular flutter/fibrillation (VFOFF), and other. Moreover the *PatMon* system is responsible for uploading the ECG and the vital information from the patient into a central database using the *Application Server* which is a web service (see Fig. 1, steps 7-8 and 10-11, respectively).

The *DocMon* module is a windows mobile application that also displays the patient information, the ECG and the vital signs using the services of the *Application Server* (see Fig. 1, steps 12-26).

System Architecture

The overall system is a web based application based on the above mentioned modules.

The *PatMon* module (see Fig. 2 (a)) consists of a dedicated PC with the appropriate software, ECG sensors, blood pressure, oxygen saturation sensors and a digital weight scale (that uses the Wii balance board [21]). Currently we are using the Dyna-Vision© device (DVM-010S) for ECG and SpO₂ acquisition [15] connected with the PC using Bluetooth.

The *DocMon* module consists of a dedicated smart phone with the appropriate software that displays the patient information, the ECG and the vital signs (see Fig. 2 (b)).

The central web service includes the *Application Server*, the *CardiacPortal* module (see Fig. 2 (c)) and the central database.

Tools used for system implementation

The implementation of the system was carried out using the Microsoft Visual Studio 2010 with C#.NET [10], the Microsoft Visual Studio 2008 with ASP.NET [19], C#.NET [10] and the Visual Basic.NET [10]. The DevExpress Toolkit [2] was used for enhancements on the windows form interface. The Ajax Toolkit 3.5 and the National Instruments Measurements Studio [11] were used for enhancements on the web interface. The Windows Mobile 6.5.3 DTK [10], the Windows Mobile 6 SDK [10] and the Mooseworks Software [9] were used for the windows mobile interface. The Microsoft SQL Server 2008 [8] was used for the main database.

SYSTEM EVALUATION

The system was initially tested as follows: *a. Module testing*, where each module was systematically tested. If an error occurred, a suitable debugging procedure was followed. *b. Integration testing*, this form of testing was applied to all interfaces among modules to ensure that transfer of both data and control were performed correctly. This testing method included the run-time evaluation of all variables that are passed from one module to another. *c. Function Testing*, the results and outcomes of the system were evaluated after a complete execution cycle following a scenario of use. *d. Final System Testing*, the objective of this type of testing was the full test of the entire system (mainly the web access). This was done using several simulation tools like the load test, and the unit test that the Microsoft Visual Studio 2008 [10] offers. The system was tested with simulations for data input and retrieval. The results for 25 and 10 users gave an average response time of 4.65 seconds and 1.74 seconds respectively. Tests were applied to the pages that have the most significant processing functions like the display of the ECG signals (see Table 1).

Furthermore, the system was technically tested using an ECG simulator and on normal subjects successfully.

Table 1. Overall load results for 25 and 10 users load tests

Max User Load	25	10
Requests/Sec	6.65	5.71
Requests Cached Percentage	64.30	75.00
Avg. Response Time (sec)	4.65	1.74
Avg. Content Length (bytes)	9.02	10.18
Tests/Sec	0.05	0.08
Avg. Test Time (sec)	386.00	116.00
Avg. Page Time (sec)	24.60	6.21



Fig. 2. (a) Snapshot of the *PatMon* module showing 12-ECG lead and SpO_2 signals locally at the patient's site. (b) Snapshot of the *DocMon* module showing 1-lead ECG transmitted to a windows mobile device. (c) Snapshot from the web interface of the *CardiacPortal* module, showing a waveform of 1-lead ECG retrieved from the central database. ECG analysis codings are shown at the lowest part of the screen.



CONCLUDING REMARKS

In this paper, a system for monitoring the cardiac surgery patients at home has been presented. The system facilitates the follow up of cardiac patients making their visits to the hospital limited only in the case of adverse events. This method of management of patients after discharge for cardiac surgery can be very beneficial in combating episodes of exacerbation and preventing rehospitalizations, urgent care visits, and emergency room visits. The system is currently under evaluation on a small number of patients, before its further deployment and evaluation with more subjects.

REFERENCES

- [1] American Heart Association. (2007). Heart disease and stroke statistics-2008, update, Dallas, TX, [Online]. Available: www.americanheart.org/presenter.jhtml
- [2] Developer Express News, [Online]. Available: <http://www.devexpress.com>
- [3] V. Drennan, "The workforce in health and social care services to older people: developing an education and training strategy," *Nurse Education Today*, vol. 24, 2004, pp. 402-408.
- [4] A. Giordano, S. Scalvini, E. Zanelli, U. Corrà, L. G.L., V. Ricci, P. Baiardi, and F. Glisenti, "Multicenter randomised trial on home-based telemanagement to prevent hospital readmission of patients with chronic heart failure," *International Journal of Cardiology*, vol. 131, 2009, pp. 192-199.
- [5] A. Glascock, D. Kutzik, "The Impact of Behavioral Monitoring Technology on the Provision of Health Care in the Home," *International Journal of Universal Computer Science*, vol. 12, 2006, pp. 59-79.
- [6] R.M. Kleinpell and B. Avitall, "Integrating telehealth as a strategy for patient management after discharge for cardiac surgery: results of a pilot study," *The Journal of Cardiovascular Nursing*, vol. 22, Feb. 2007, pp. 38-42.
- [7] E. Kyriacou, C. Pattichis, D. Hoplaros, A. Kounoudes, M. Milis, A. Jossif, "A System for Monitoring Children with Suspected Cardiac Arrhythmias Technical Optimizations and Evaluation," In: *XII Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing*, MEDICON 2010, Chalkidiki, Greece, 2010.
- [8] Microsoft Corporation: Software, Smartphones, Online, Games, Cloud Computing, IT Business Technology, Downloads, [Online]. Available: <http://www.microsoft.com>
- [9] Mooseworks Software, [Online]. Available: <http://www.mooseworkssoftware.com>
- [10] MSDN | Microsoft Development, Subscriptions, Resources, and More, [Online]. Available: <http://msdn.microsoft.com>
- [11] National Instruments - Test and Measurement, [Online]. Available: <http://www.ni.com>
- [12] Open Source Arrhythmia detection Software DOI - Patrick S. Hamilton, [Online]. Available: <http://www.eplimited.com>
- [13] C. S. Pattichis, E. Kyriacou, S. Voskarides, M. S. Pattichis, R. Istepanian, "Wireless telemedicine Systems: An Overview," *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol 44, no. 2, pp.143-153, 2002.

- [14] J. Rodriguez, L. Dranca, A. Goñi, and A. Illarramendi, "Web access to data in a mobile ECG monitoring system," *Studies in Health Technology and Informatics*, vol. 105, 2004, pp. 100-111.
- [15] RS TechMedic BV, ECG monitors, [Online]. Available: <http://www.dyna-vision.com/products.html>
- [16] A.A. Ryan, S. McCann, and H. McKenna, "Impact of community care in enabling older people with complex needs to remain at home," *International Journal of Older People Nursing*, vol. 4, 2009, pp. 22-32.
- [17] K.A. Schwarz, L.C. Mion, D. Hudock, and G. Litman, "Telemonitoring of Heart Failure Patients and Their Caregivers: A Pilot Randomized Controlled Trial," *Progress in Cardiovascular Nursing*, vol. 23, 2008, pp. 18-26.
- [18] A.J. Sixsmith, "An evaluation of an intelligent home monitoring system," *Journal of Telemedicine and Telecare*, vol. 6, 2000, pp. 63-72.
- [19] The Official Microsoft ASP.NET Site, [Online]. Available: <http://www.asp.net>
- [20] B.J. Wakefield, M.M. Ward, J.E. Holman, A. Ray, M. Scherubel, T.L. Burns, M.G. Kienzle, and G.E. Rosenthal, "Evaluation of Home Telehealth Following Hospitalization for Heart Failure: A Randomized Trial," *Telemedicine and e-Health*, vol. 14, 2008, pp. 753-761.
- [21] Wii Balance Board, [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Wii_Balance_Board
- [22] World Health Organisation. (2007, Feb.). Fact sheet No. 317, [Online]. Available: Web page: www.who.int

ABOUT THE AUTHORS

Student George Matheou, BSc, Department of Computer Science, University of Cyprus, Phone: +357 99 793 705, E-mail: giorgos_matheou@hotmail.com.

Assoc.Prof. Efthymou Kyriacou, PhD, Department of Computer Science, Frederick University Cyprus, E-mail: e.kyriacou@frederick.ac.cy.

Panayiota Chimonidou, MSc, Department of Computer Science, University of Cyprus, E-mail: panayiotachimonidou@gmail.com.

Prof. Constantinos Pattichis, PhD, Department of Computer Science, University of Cyprus, E-mail: pattichi@cs.ucy.ac.cy.

Lecturer Ekaterini Lambrinou, PhD, Department of Nursing, Cyprus University of Technology, E-mail: ekaterini.lambrinou@cut.ac.cy.

Dr. Vassilis I. Barberis, MD, American Heart Institute Cyprus, E-mail: vbarberis@med.uoa.gr.

Dr. George P. Georghiou, MD, American Heart Institute Cyprus, Tel Aviv University Israel, E-mail: georgios_georghiou@cytanet.com.cy.