

ΤΗΛΕΔΙΑΓΝΩΣΗ για την πανδημία COVID 19

<https://github.com/73spanag73/Telediagnosis>

ΒΙΝΤΕΟΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

Διαθέσιμη στο σύνδεσμο

https://us02web.zoom.us/rec/share/4uF5Kp3P329LE9bExwLRQ6UnJL-5X6a8hCA_d_fVfzksFNppOojnFGMBK4OoNshif

Password: 2r&*8*#

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Ιωάννης Γερμανάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Παιδιατρικής-Παιδοκαρδιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: germanai@uoc.gr yannis.germanakis@gmail.com

Χρήστος Λιονής, Καθηγητής Γενικής Ιατρικής - Πρωτοβάθμιας Φροντίδας Υγείας, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: lionis@med.uoc.gr

Εμμανουήλ Γαλανάκης, Καθηγητής Παιδιατρικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: emmgalan@uoc.gr

Τζανάκης Νικόλαος, Καθηγητής Πνευμονολογίας, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: tzanakisn@uoc.gr

Ιωάννης Στυλιανού, Καθηγητής Τμήματος Επιστήμης των Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης. E mail: yannis@csd.uoc.gr

Κωνσταντίνος Βασιλάκης, Καθηγητής τμήματος ΗΜΜΥ, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, E mail: kostas@cs.hmu.gr

Σπύρος Παναγιωτάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής τμήματος ΗΜΜΥ, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, E mail: spanag@hmu.gr

Καπετανάκης Ιωάννης, Διαχειριστής Συστημάτων και Δικτύων, E mail: gk@cc.uoc.gr

Παπαγρηγόριου Αντώνης, Μηχανικός Συστημάτων, E mail: apapagrigoriou@gmail.com

Γεώργιος Καφεντζής, Επισκέπτης Καθηγητής, Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών, E mail: kafentz@csd.uoc.gr

ΣΥΝΟΨΗ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

Στόχος: Η μείωση των μετακινήσεων ασθενών για ιατρική εξέταση και της φυσικής επαφής ασθενών και υγειονομικού προσωπικού ως μέσο περιορισμού της εξάπλωσης της πανδημίας COVID 19, μέσω προσφοράς πλατφόρμας ασφαλούς και ολοκληρωμένης τηλεδιάγνωσης.

Πρόταση. 1. Ανάπτυξη ασφαλούς πλατφόρμας ολοκληρωμένης τηλεδιάγνωσης. Αποτελεί μορφή ασφαλούς διαδικτυακής σύνδεσης ασθενούς-ιατρού, με δυνατότητα βιντεοκλήσης υποστηριζόμενη από περιφερικές συσκευές που επιτρέπουν την εκτίμηση σε πραγματικό χρόνο της κατάστασης του ασθενούς (τηλεϊατρική εξέταση, τηλε-εξέταση με μέτρηση οξυγόνωσης ασθενούς-παλμική οξυμετρία, αρτηριακής πίεσης, σφύξεων και εξ αποστάσεως κλινική εξέταση-ακρόαση πνευμόνων με ψηφιακό στηθοσκόπιο). Στην αρχική

φάση αξιολόγηση και επιλογή βέλτιστων εμπορικά διαθέσιμων περιφερικών, ακόλουθα σχεδιασμός και κατασκευή νέων περιφερικών συσκευών. Στην πλήρη της ανάπτυξη θα αποτελεί μορφή ηλεκτρονικού φακέλου ασθενούς, με αυτοματοποιημένες οδηγίες που υποστηρίζουν θεραπευτικές αποφάσεις, αυτοματοποιημένη επεξεργασία από υπολογιστή των σχετικών βιοσημάτων (αυτόματη διάγνωση πνευμονικών-καρδιακών ήχων) και διασύνδεση με τον ιατρικό φάκελο των ασθενών. 2. Δημιουργία επαναχρησιμοποιούμενων «πακέτων τηλεδιάγνωσης», φορητών συσκευών επικοινωνίας (tablet) εφοδιασμένων με αντίστοιχες περιφερικές συσκευές, με δυνατότητα απολύμανσης και επαναχρησιμοποίησης, που θα διατίθενται είτε ως σύνολο είτε ως περιφερικές συσκευές (με λογισμικό πλατφόρμας διαθέσιμο διαδικτυακά), σε ασθενείς με COVID19 με ήπια ή μέτριας βαρύτητας συμπτώματα, για την κατ' οίκον ή και ενδονοσοκομειακή τους ασφαλή παρακολούθηση. Τα ίδια «πακέτα τηλεδιάγνωσης» μπορούν να διατεθούν όμως σε κάθε ασθενή με αναπνευστικά προβλήματα υγείας για την παρακολούθησή του κατά τη διάρκεια της επιδημίας. 3. Διαχρονικότητα -διαλειτουργικότητα εφαρμογής. Η χρήση κώδικα ελεύθερου λογισμικού-λογισμικού ανοικτής πρόσβασης (ΕΛ/ΛΑΚ) θα επιτρέψει αφενός την ελεύθερη τροποποίηση ανάλογα με ερευνητικές-κλινικές προτεραιότητες, τη μείωση κόστους παροχής υψηλής ποιότητας τηλεδιάγνωσης για το εθνικό σύστημα υγείας της χώρας μας, τη διασύνδεσή του με υφιστάμενα και μελλοντικά συστήματα πληροφορικής ιατρικού φακέλου των δομών υγείας στη χώρα μας, αλλά και την προσφορά του για την κάλυψη αναγκών τηλεϊατρικής με βάση τις μοναδικές γεωγραφικές ιδιαιτερότητες της χώρας μας (νησιωτική και ηπειρωτική χώρα με μειωμένη πρόσβαση σε τριτοβάθμιες υπηρεσίες, δομές μεταναστών, υποστήριξη ενόπλων δυνάμεων κτλ).

A. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλινική εξέταση και η εφαρμογή της κατά την επιδημία του COVID19

Η κλινική εξέταση, ακόμα και μετά την επαναστατική ανακάλυψη του στηθοσκοπίου από τον Laennec πριν 200 χρόνια [1] βασίζεται στην φυσική επαφή ιατρού-ασθενούς, για την επιτέλεση της επισκόπησης, ψηλάφησης, επίκρουσης, ακρόασης, διαχρονικές συνιστώσες της πλήρους κλινικής εξέτασης από την Ιπποκράτειο Ιατρική ως σήμερα. Η στενή φυσική επαφή όμως εκθέτει αμφότερους (ασθενή-ιατρό) σε κίνδυνο αμοιβαίας μετάδοσης λοιμωδών νοσημάτων. Ο ίδιος ο εφευρέτης του στηθοσκοπίου, ιατρός με ενδιαφέρον στην κλινική εξέταση ασθενών με φυματίωση, κατέληξε από φυματίωση 10 χρόνια αργότερα σε νέα ηλικία [2]. **Κατά την παρούσα πανδημία COVID 19**, με αυξημένη αναλογία ιατρονοσηλευτικού προσωπικού μεταξύ των νοσούντων λόγω επαγγελματικής έκθεσης αλλά και έλλειψης επαρκών προστατευτικών μέσων διεθνώς λόγω της έκτασης της επιδημίας, **η παραδοσιακή κλινική εξέταση «παρά την κλίνη του ασθενούς» πρέπει να αναθεωρηθεί** [3,4]. Η ακρόαση του ασθενούς με στηθοσκόπιο και άμεση κλινική εξέταση θα πρέπει να διατηρηθεί ως πολύτιμη διαγνωστική εξέταση, αλλά **να αντικατασταθεί με τηλε-ακρόαση και τηλε-εξέταση** με τη χρήση τεχνολογιών τηλεϊατρικής, **διατηρώντας τα πλεονεκτήματα της κλινικής εξέτασης χωρίς τα μειονεκτήματα της απευθείας επαφής**.

Η τηλεδιάγνωση απαιτεί υποστήριξη τηλε-εξέτασης και τηλε-παρακολούθησης

Η τηλεδιάγνωση μπορεί να υποστηρίξει σημαντικά την άσκηση της Ιατρικής, περιλαμβανομένων των επιδημιών [5]. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό στην πανδημία COVID 19. Οι οδηγίες περιορισμών μετακινήσεων είναι αυστηρές και σαφείς διεθνώς. Η

πιθανή διάγνωση βασίζεται σε κλινικά -επιδημιολογικά κριτήρια, ενώ η επιβεβαίωση της μόλυνσης με COVID 19 στα κατάλληλα εργαστηριακά τεστ [6]. Η παρουσία ενεργού νόσου, όμως, και η βαρύτητά της, απαιτεί επικοινωνία με ιατρό, αναφορά συμπτωμάτων και επί ενδείξεων ακόλουθη κλινική εξέταση από ιατρό, εκτίμηση της βαρύτητας του ασθενούς με αντικειμενική καταγραφή ζωτικών σημείων (κορεσμός, πίεση, σφύξεις), και είτε κατ' οίκον παρακολούθηση σε ήπια-μέτρια βαρύτητας νόσου, είτε νοσηλεία. Η τηλεϊατρική μπορεί να υποστηρίξει την εφαρμογή πολιτικών υγείας για COVID 19, μέσω προσφοράς αλγόριθμων οδηγίων [7], αλγόριθμων διαλογής περιστατικών, βιντεοκλήσεις με ιατρούς [8], υποστηρίζοντας κατ οίκον περιοριζόμενους ασθενείς και ελαχιστοποιώντας τις μετακινήσεις [9]. Το **μέγιστο αναμενόμενο όφελος όμως της τηλεϊατρικής είναι η δυνατότητα αντικατάστασης της κλινικής εξέτασης από τηλε-εξέταση, ελαχιστοποιώντας την επαφή ιατρών -ασθενών** [5].

Οι περισσότερες τηλεϊατρικές εφαρμογές επιτρέπουν την επικοινωνία ασθενούς-ιατρού μέσω βιντεοκλήσης, χρησιμοποιώντας είτε συνδρομητικές είτε ελεύθερες εφαρμογές βιντεοκλήσεων, με κόστος και επιφυλάξεις διατήρησης απορρήτου, οι πρώτες, και οι δεύτερες αντίστοιχα. Ελάχιστες εμπορικές εφαρμογές υποστηρίζουν δικά τους περιφερικά συστήματα καταγραφής ζωτικών σημείων ή και τηλε-ακρόασης, με σχετικό κόστος και μειωμένη διασυνδεσιμότητα με άλλες εφαρμογές [2]. Οι **περιφερικές συσκευές (monitors, στηθοσκόπια) θα πρέπει να επιλεγούν με επιστημονικά κριτήρια** (τεχνικά, ικανοποίηση τελικών χρηστών, δυνατότητα απολύμανσης-επαναχρησιμοποίησης) και οικονομικά κριτήρια. Πρέπει να περιλαμβάνουν μετρήσεις παλμικής οξυμετρίας και αναπνευστικής συχνότητας, μετρήσεις αρτηριακής πίεσης και σφύξεων, ψηφιακά στηθοσκόπια ή μικρόφωνα [10]. Η **δυνατότητα εξ αποστάσεως τηλε-ακρόασης** είναι τεχνικά η δυσκολότερη, ενώ η ίδια η εκτίμηση των ακροαστικών ευρημάτων είναι υποκειμενική και εξαρτάται από την κλινική εμπειρία του ιατρού. Η συμβολή προγραμμάτων αυτόματης διάγνωσης ήχων με χρήση υπολογιστών έχει ήδη εφαρμοστεί με επιτυχία τόσο σχετικά με ανάλυση καρδιακών ήχων, και από την ομάδα μας [11] όσο και με ήχους ακρόασης πνευμόνων [12]. Η **ενσωμάτωση αντίστοιχων αλγορίθμων αυτόματης διάγνωσης στην πλατφόρμα τηλεδιάγνωσης θα αποτελέσει το ανώτερο λειτουργικό επίπεδο της εφαρμογής.**

Ανάγκη για συνεργασία επιστημονικών φορέων και καθορισμό εθνικών προτεραιοτήτων στην χρήση τηλεϊατρικής κατά την επιδημία COVID 19

Υπάρχει ανάγκη δημιουργίας επιστημονικών ομάδων με ενεργό συμμετοχή κλινικών ιατρών που καθορίζουν τις κλινικές προτεραιότητες και ελέγχουν την τελική ευχρηστία και αξιοπιστία κάθε τηλεϊατρικής εφαρμογής, επιστημόνων υπολογιστών, προγραμματιστών εφαρμογών κτλ, για την επίτευξη του στόχου. Σημαντική είναι η ύπαρξη νομοθετικού πλαισίου περί της τηλεϊατρικής σε κάθε χώρα, ιδιαίτερα στη χώρα μας που η πρόσφατη γνωμοδότηση του Πανελλήνιου Ιατρικού Συλλόγου επισημαίνει την έλλειψη θεσμικού πλαισίου εφαρμογής της, πλην της παρακολούθησης ασθενών από δημόσια νοσηλευτικά Ιδρύματα. Η παρούσα πανδημία αλλά και σύγχρονες προκλήσεις δημόσιας υγείας επιβάλλουν την ανάπτυξη και θεσμοθέτηση ποιοτικών εφαρμογών τηλεδιάγνωσης.

Προσφορά τηλεδιάγνωσης στην κοινότητα

Προσφορά στον πληθυσμό επαναχρησιμοποιούμενων εφαρμογών τηλεδιάγνωσης, έπειτα από ποιοτικό έλεγχο της αξιοπιστίας, και ποιότητας εφαρμογής. Διάθεση «πακέτων

τηλεδιάγνωσης» σε ασθενείς με ήπια-μέτρια συμπτωματολογία για εξ αποστάσεως παρακολούθηση κατά την κατ'οίκον ή/και ενδονοσοκομειακή τους παραμονή.

Ανοικτό λογισμικό

Η παρούσα πανδημία μας θυμίζει πόσο ευάλωτοι είμαστε όλοι, ανεξάρτητα εθνικότητας, θρησκείας, οικονομικής κατάστασης μπροστά στην νόσο και τον κίνδυνο θανάτου. Η απάντησή πρέπει να βασίζεται στην συνεργασία με κίνητρο την ανιδιοτελή προσφορά και υποστήριξη του εθνικού συστήματος υγείας, με προφορά λογισμικού ανοικτού κώδικα και διασφάλιση διασυνδεσιμότητας μεταξύ των ήδη υφιστάμενων εφαρμογών πληροφορικής.

Μακροχρόνια προσφορά τηλεδιάγνωσης και εκτός COVID19 επιδημίας

Η πλατφόρμα τηλεδιάγνωσης με βάση τον σχεδιασμό της είναι ελεύθερα προσαρμόσιμη για κάθε είδους ανάγκη τηλεδιάγνωσης, για τη μακροχρόνια κάλυψη αναγκών τηλεϊατρικής στη χώρα μας.

B. ΣΤΑΔΙΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ

1. Ανάπτυξη πλατφόρμας τηλεδιάγνωσης. Άμεση υλοποίηση πλατφόρμας ασφαλούς βιντεοκλήσης (για προστασία ιατρικού απόρρητου) και ιατρικού φακέλου ασθενούς που θα υποστηρίζει τη δυνατότητα τηλε-παρακολούθησης (μεταφορά δεδομένων παλμικής οξυμετρίας, αρτηριακής πίεσης, και ήχων στηθοσκοπίου). Στο Παράρτημα που συνοδεύει την παρούσα πρόταση μπορείτε να βρείτε μια τεχνική προσέγγιση για την ενδεικτική υλοποίηση ενός τέτοιου οικοσυστήματος ικανού να παρέχει υπηρεσίες τηλεϊατρικής σε ασθενείς που βρίσκονται σε καραντίνα. Βασίζεται στην ενσωμάτωση διαθέσιμων μονάδων ανοικτού κώδικα, ώστε το συνολικό πλαίσιο να είναι εύκολα προσαρμόσιμο και επεκτάσιμο με χαμηλό κόστος. Το πιο σημαντικό, όμως, είναι ότι βασίζεται σε προτυποποιημένα πρωτόκολλα για την ανταλλαγή ιατρικών πληροφοριών (όπως τα HL7, FHIR), προκειμένου το παρεχόμενο σύστημα να είναι διαλειτουργικό με όλα τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και τον ιατρικό εξοπλισμό που βασίζονται σε διεθνή πρότυπα. Αυτή η προσέγγιση ευθυγραμμίζεται με τις αρχές που περιγράφονται σε αυτό το έγγραφο και βασίζεται στη διαθέσιμη εμπειρία της ομάδας μας από προηγούμενες αναπτύξεις για ερευνητικούς σκοπούς [14]. Αυτή η προσέγγιση θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για περαιτέρω εξειδίκευση και ανάπτυξη σε περίπτωση που η συμμετοχή μας αξιολογηθεί θετικά για συζήτηση σε έναν δεύτερο γύρο του διαγωνισμού.

2. Αξιολόγηση περιφερικών συσκευών. 1^η φάση. Ανασκόπηση βιβλιογραφίας, καταγραφή υφιστάμενων περιφερικών συσκευών, συγκριτική αξιολόγηση τεχνικών χαρακτηριστικών και πρακτικής τους εφαρμογής-ικανοποίηση τελικών χρηστών. Επιλογή των βέλτιστων με βάση και δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης-αποστείρωσης, και κόστους-όφελους. 2^η φάση. Ανάπτυξη δικών μας περιφερικών συσκευών για μακροχρόνια χρήση της πλατφόρμας.

3. Ανάπτυξη-διάθεση «πακέτων τηλεδιάγνωσης». Διάθεση στον πληθυσμό ελεύθερου λογισμικού και περιφερικών συσκευών τηλεδιάγνωσης (ή και φορητών συσκευών tablet όπου μη διαθέσιμες), επαναχρησιμοποιούμενες για την ασφαλή τηλεδιάγνωση κατά την επιδημία COVID19 αλλά και για κάλυψη μακροχρόνιων αναγκών τηλεδιάγνωσης και υποστήριξης του εθνικού συστήματος υγείας της χώρας μας.

Γ. Η ΟΜΑΔΑ ΜΑΣ

Η ομάδα μας αποτελεί διεπιστημονική ομάδα με προηγούμενη συνεργασία και υλοποίηση σχετικής έρευνας, με συναφείς δημοσιεύσεις, διδακτορικές διατριβές και επιστημονικό έργο, που μοιράζεται το ιδεώδες της προσφοράς τεχνογνωσίας ανοικτού κώδικα, για την υποστήριξη αναγκών υγείας. Οι προτεραιότητές της καθορίζονται από την ομάδα ακαδημαϊκών ιατρών αναγνωρισμένου κύρους της Ιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Κρήτης, με γνωστικά αντικείμενα Παιδιατρικής, Πνευμονολογίας και Κοινωνικής Ιατρικής. Υποστηρίζεται από το τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Κρήτης, με ιδιαίτερη εμπειρία στην αυτόματη επεξεργασία ηχητικών βιοσημάτων (καρδιακών ήχων κτλ), και το τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου, με ιδιαίτερη εμπειρία στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων, τα Έμπειρα Συστήματα και τη Μηχανική Συστημάτων. Η ομάδα μας ευπρόσδεκτα δέχεται και καλεί σε συνεργασία κάθε περαιτέρω ενδιαφερόμενο ερευνητή ή ερευνητική ομάδα για την επίτευξη των ανωτέρω στόχων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- [1] Laënnec RTH. De l'auscultation médiate ou traité du Diagnostic des Maladies des Poumon et du Coeur. 1st ed. Paris: Brosseau & Chaudé; 1819.
- [2] Ariel Roguin. Rene Theophile Hyacinthe Laënnec (1781–1826): The Man Behind the Stethoscope. Clin Med Res. 2006 Sep; 4(3): 230–235
- [3] Hollander JE¹, Carr BG¹. Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19. N Engl J Med. 2020 Mar 11. doi: 10.1056/NEJMp2003539. [Epub ahead of print]
- [4] Summer Chavez, DO, MPH,^a Brit Long, MD,^{b,*} Alex Koyfman, MD,^c and Stephen Y. Liang, MD, MPHS^d. Coronavirus Disease (COVID-19): A primer for emergency physicians. Am J Emerg Med. 2020 Mar 24
- [5] Robin Ohannessian, Tu Anh Duong, Anna Odone. Global Telemedicine Implementation and Integration Within Health Systems to Fight the COVID-19 Pandemic: A Call to Action JMIR Public Health Surveill. 2020 Apr-Jun; 6(2): e18810. Published online 2020 Apr 2. doi: 10.2196/1881
- [6] Centers for Disease Control and Prevention. Interim guidance for laboratories: 2019-nCoV. 2020. (https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/lab/index.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fguidance-laboratories.html).
- [7] Chatzakis I, Vassilakis K, Lionis C, Germanakis I. Electronic health record with computerized decision support tools for the purposes of a pediatric cardiovascular heart disease screening program in Crete. Comput Methods Programs Biomed. 2018 Jun;159:159-166
- [8] Greenhalgh T, Wherton J, Shaw S, Morrison C., Video consultations for covid-19, BMJ. 2020 Mar 12; 368:m998. doi: 10.1136/bmj.m998
- [9] Smith AC, Thomas E, Snoswell CL, Haydon H, Mehrotra A, Clemensen J, Caffery LJ. Telehealth for global emergencies: Implications for coronavirus disease 2019 (COVID-19). J Telemed Telecare. 2020 Mar 20:1357633X20916567..

- [10] Kraman SS1, Wodicka GR, Pressler GA, Pasterkamp H. Comparison of lung sound transducers using a bioacoustic transducer testing system. *J Appl Physiol* (1985). 2006 Aug;101(2):469-76. Epub 2006 Apr 20.
- [11] Bozkurt B, Germanakis I, Stylianou Y. A study of time-frequency features for CNN-based automatic heart sound classification for pathology detection. *Comput Biol Med*. 2018 Sep 1;100:132-143
- [12] Emmanouilidou D, McCollum ED, Park DE, Elhilali M. Computerized Lung Sound Screening for Pediatric Auscultation in Noisy Field Environments. *IEEE Trans Biomed Eng*. 2018 Jul;65(7):1564-1574
- [13] Greek Medical Association. Regulatory framework of telemedicine in Greece. <https://pis.gr/105802/%CE%B3%CE%BD%CF%89%CE%BC%CE%BF%CE%B4%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%80-%CE%B9-%CF%83-%CF%83%CF%87%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%BF-%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CF%84/>
- [14] Katerina Tsampi, Spyros Panagiotakis, Elias Hatzakis, Emmanouil Lakiotakis, Georgia Atsali, Kostas Vassilakis, George Mastorakis, Constandinos X. Mavromoustakis, Athanasios Malamos, "Extending the SANA Mobile Healthcare Platform with Features Providing ECG Analysis", accepted as chapter contribution in: Skourletopoulos G., Mastorakis G., Mavromoustakis C., Dobre C., Pallis E. (eds) *Mobile Big Data. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 10. Springer, Cham, pp. 289-321, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-67925-9_12.

TELEDIAGNOSIS for COVID 19

<https://github.com/73spanag73/Telediagnosis>

VIDEO PRESENTATION OF THE PROPOSAL (In Greek)

Available from:

https://us02web.zoom.us/rec/share/4uF5Kp3P329LE9bExwLRQ6UnJL-5X6a8hCad_fVfzksFNppOojnFGMBK4OoNshif

Password: 2r&&*8*#

Ερευνητική ομάδα

Ιωάννης Γερμανάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής Παιδιατρικής-Παιδοκαρδιολογίας, Ιατρικής Σχολής, Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: germanai@uoc.gr yannis.germanakis@gmail.com

Χρήστος Λιονής, Καθηγητής Γενικής Ιατρικής - Πρωτοβάθμιας Φροντίδας Υγείας, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: lionis@med.uoc.gr

Εμμανουήλ Γαλανάκης, Καθηγητής Παιδιατρικής, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: emmgalan@uoc.gr

Τζανάκης Νικόλαος, Καθηγητής Πνευμονολογίας, Ιατρική Σχολή Πανεπιστημίου Κρήτης, E mail: tzanakisn@uoc.gr

Ιωάννης Στυλιανού, Καθηγητής Τμήματος Επιστήμης των Υπολογιστών, Πανεπιστήμιο Κρήτης. E mail: yannis@csd.uoc.gr

Κωνσταντίνος Βασιλάκης, Καθηγητής τμήματος ΗΜΜΥ, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, E mail: kostas@cs.hmu.gr

Σπύρος Παναγιωτάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής τμήματος ΗΜΜΥ, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, E mail: spanag@hmu.gr

Καπετανάκης Ιωάννης, Διαχειριστής Συστημάτων και Δικτύων, E mail: gk@cc.uoc.gr

Παπαγρηγόριου Αντώνης, Μηχανικός Συστημάτων, E mail: apapagrigoriou@gmail.com

Γεώργιος Καφεντζής, Επισκέπτης Καθηγητής, Τμήματος Επιστήμης Υπολογιστών, E mail: kafentz@csd.uoc.gr

SUMMARY OF THE PROPOSAL

Aim: The reduction of unnecessary visits to health care facilities and of physical direct exposure of doctors and patients, in an effort to reduce COVID 19 transmission, by supporting clinical examination and patient monitoring through a dedicated telediagnosis platform allowing complete tele-examination and reliable tele-monitoring.

Proposal: The development of an electronic health record with clinical decision support features, which will allow secure video conference (teleconsultation) supported by real time vital signs tele-monitoring (transcutaneous saturation, blood pressure, pulses) and tele-examination (digital stethoscope-remote auscultation). Availability of telemedical kits (mobile devices with appropriate peripherals for tele-examination/monitoring), which will

be available to mild-moderate symptomatic COVID-19 patients followed in home or in hospital wards. Sustainability of the proposal, which can be adapted according to specific needs, as a secure platform for telemedicine purposes based on national priorities and needs.

A. INTRODUCTION

History and challenges of bedside clinical examination in the era of Covid 19 pandemic.

More than 200 years ago (2016) René-Théophile-Hyacinthe Laennec, a French physician revolutionized physical evaluation by replacing “direct” with “mediate” auscultation” as founder of the stethoscope [1]. However, chest auscultation still requires close physical contact of physician and patient with transmittable diseases representing a risk for both. Indeed, the founder of modern auscultation would eventually die ten years later from tuberculosis [2]. **In the current era of COVID-19 pandemic, where a disproportionate health and life loss of physicians among patients and victims is observed, the established praxis for performing complete physical examination by direct physical contact should be reconsidered** [3,4]. Auscultation and physical examination remains an integral part of complete patient assessment, however “classic” auscultation and bedside examination **should be replaced by “tele”-auscultation and “tele”-diagnosis, for keeping the benefits and eliminating the risks of direct physical patient-doctor contact.**

Tele-examination and tele-monitoring is needed for reliable teleradiagnosis

Telemedicine can substantially support and change the modern medical praxis, in several settings including epidemics [5]. This is especially true in COVID-19 era, where physical contact should be strictly avoided. Based on recent experience and guidelines, the population exposure to COVID-19 can be confirmed by appropriate laboratory tests [6]. However, the resulting COVID-19 disease (including pneumonia, ARDS) and its severity is diagnosed based on history, symptoms reported by patient and physical examination by physicians, which precedes any decision for hospital admission or home follow up. The severity level of the disease can be assessed either based only by patient reporting symptoms, or by direct physical examination of patients (when reporting more severe symptoms) assisted by objective measures of cardiorespiratory status (vital signs, blood pressure, transcutaneous saturation being on first line). Telemedicine can support COVID 19 epidemic health care policies, by dedicated health records and platforms with decision support systems [7], triage systems, videoconference and teleconsultation [8], effectively supporting asymptomatic or mild symptomatic patients while reducing the need for unjustified visits to health facilities and virus spreading [9]. **However, the greatest benefit from telemedicine would be expected if it proves capable to eliminate the need for direct doctor-patient based physical examination by incorporating real time, reliable and confidential remote tele-examination and monitoring features.** This would **best serve moderate symptomatic patients** needing evaluation in health facilities and either is decided they **should be either monitored at home or inpatients**, in both cases **reducing to a minimum the physical contact with health personnel** [5].

There is an urgent need therefore to use telemonitoring devices incorporated within teleconsultation platforms, allowing objective assessment of patient’s clinical status [2]. **Peripheral telemonitoring devices should be appropriately selected** for monitoring

respiratory patients, including reliable **pulse oximetry devices** and respiration monitors. The remote validation (tele-auscultation) of chest sounds, although technically feasible by means of **digital stethoscopes or appropriate microphones** [10], is by far more challenging and subjective. Although chest auscultation by an expert physician provides important diagnostic information regarding the cause of dyspnea in any patient (heart failure associated with gallop rhythm, pulmonary hypertension with loud second heart sound, small airway obstruction associated with wheezing, alveolar disease associated with fine crackles etc), their interpretation can always be subjective based on physicians' expertise but also to technical properties of digital stethoscopes, transmission quality and reproduction devices used. **Automated computer-based diagnosis** has been applied with variable degrees of success both regarding heart [11] as well as chest sounds [12]. The incorporation of automated sound classification algorithms on teleconsultation platforms, supporting auscultatory finding objective (or continuous) interpretation would be a further development improving clinical performance of telemedical application.

The need for multidisciplinary teams and establishment of national priorities in telemedical applications for Covid-19 pandemic.

There is an urgent need for **multidisciplinary teams**, with **active participation of clinically active health care personnel to establish clinical priorities** and features that telediagnosis systems should have, test their performance in praxis and **support their use and promote their legalization** in countries where national rules addressing telemedicine are not established, **including Greece, (where telemedicine could be offered only by public hospitals so far [13]. The geographic distribution of the population in countries as Greece,** with limited access to tertiary health services supports further the urgent need for tele-examination and tele-diagnosis.

Offering telediagnosis to the community

Telemedical kits should be evaluated, enabling secure videoconference, with carefully selected integrated peripheral devices, proven quality in their performance allowing for complete tele-examination. **Selected Telemedical Kits should be distributed to the community and hospitals** for patients facing mild-moderate symptoms for their safe telemonitoring at home or in hospitals.

Open infrastructure

Finally, as pandemics are reminders how equal and fragile we are all standing in front of sickness and death regardless of ethnicity, religion or economic status, any research and investments in telemedical applications to support health care needs related to COVID-19 epidemic, including tele-examination and monitoring should be guided by an intention to **develop open infrastructure under open source licenses**, which should be distributed and shared for the global common well.

Telediagnosis not only for COVID-19 epidemic-sustainability of the proposal

Provided the highest priority of health services to early diagnosis and treatment of COVID-19 cases, it is to be expected that the regular care of the majority of chronic patients with diseases associated with considerable morbidity and mortality if not appropriately treated will deteriorate. Furthermore, there is an overlap of clinical presentation of more common diseases (such as asthma exaggeration, other respiratory infections) with COVID-19 clinical

findings. The availability of secure and reliable telediagnosis can also serve the needs of non-COVID 19 patients. The telediagnosis platform and telemedical kits can serve the general population health needs also following the epidemic, offering high quality teleconsultation to populations with limited access to health services, due to geographical restrictions.

B. TELEDIAGNOSIS' GROUP PROPOSAL STEP-BY-STEP

1st step. Development of a designated telediagnosis platform for secure video teleconsultation, supporting tele-examination and tele-monitoring (pulse oximetry, electrocardiography, blood pressure measurement and digital stethoscope). In the Appendix you can find a technical approach for the indicative implementation of such an ecosystem able to provide telemedicine services to self-quarantined patients. It is based on the integration of available open source modules, so the total framework is easily customizable and extendable at low cost. More important, it is based on standardized protocols for medical information exchange (i.e. HL7, FHIR), so it is interoperable with all standards-based healthcare systems and medical equipment. This proposal is in line with the principles described in this document and is based on the available experience in our team from preceding deployments for research purposes [14]. This proposal could contribute a basis for further elaboration and development in case that our participation is positively evaluated for discussion at a second round of the competition.

2nd step. Validation - development of monitoring devices. 1st phase. Literature review and selection of the best performing peripherals (monitors, sensors, stethoscopes, pulse oxymeters), taking into consideration the reusability following disinfection, price and availability. 2nd phase. Design from scratch of new peripherals. Collecting feedback of patients and physicians regarding satisfaction with the equipment.

3rd step. Development of telediagnosis kits (mobile devices with platform installed and peripherals for tele-monitoring), which can be distributed and reused (following disinfection) to mild-moderate symptomatic outpatients, or symptomatic inpatients, allowing for secure, remote tele-examination of patients, early recognition of outpatients with need for hospital care and of inpatients with deteriorating clinical status.

C. OUR TEAM

Our team represents a multidisciplinary group of scientists which share the vision to offer open source material, supporting well established health care needs. The team leaders are first line clinically active academic health care professionals (Faculty of Medicine, University of Crete), with deep insight and knowledge of the needs of their patients, including Pediatrics, Pulmonology, and Social Medicine. There is a longstanding cooperation with group acknowledged scientists in Computer Science Department of University of Crete, with expertise in sound signal analysis, and in Department of Electrical and Computer Engineering of Hellenic Mediterranean University, with expertise in Internet of Things, Expert Systems and Systems Engineering. The team has prior expertise, PhD Thesis support and publications in medicine, including epidemiology, infectious diseases, pulmonology as well as telemedical applications including electronic health records with decision support tools, digital phonocardiography for diagnostic and teaching purposes, automated computer analysis of

heart sounds, design and application of primary health care services, development of open code software and hardware, networking, etc. Our team is open to any new members with expertise to the field of the proposal, welcoming any new idea or constructive criticism.

References

- [1] Laënnec RTH. De l'auscultation médiate ou traité du Diagnostic des Maladies des Poumon et du Coeur. 1st ed. Paris: Brosseau & Chaudé; 1819.
- [2] Ariel Roguin. Rene Theophile Hyacinthe Laënnec (1781–1826): The Man Behind the Stethoscope. Clin Med Res. 2006 Sep; 4(3): 230–235
- [3] Hollander JE¹, Carr BG¹. Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19. N Engl J Med. 2020 Mar 11. doi: 10.1056/NEJMp2003539. [Epub ahead of print]
- [4] Summer Chavez, DO, MPH,^a Brit Long, MD,^{b,*} Alex Koyfman, MD,^c and Stephen Y. Liang, MD, MPHS^d. Coronavirus Disease (COVID-19): A primer for emergency physicians . Am J Emerg Med. 2020 Mar 24
- [5] Robin Ohannessian, Tu Anh Duong, Anna Odone. Global Telemedicine Implementation and Integration Within Health Systems to Fight the COVID-19 Pandemic: A Call to Action JMIR Public Health Surveill. 2020 Apr-Jun; 6(2): e18810. Published online 2020 Apr 2. doi: 10.2196/1881
- [6] Centers for Disease Control and Prevention. Interim guidance for laboratories: 2019-nCoV. 2020. (https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/lab/index.html?CDC_AA_refVal=https%3A%2F%2Fwww.cdc.gov%2Fcoronavirus%2F2019-ncov%2Fguidance-laboratories.html).
- [7] Chatzakis I, Vassilakis K, Lionis C, Germanakis I. Electronic health record with computerized decision support tools for the purposes of a pediatric cardiovascular heart disease screening program in Crete. Comput Methods Programs Biomed. 2018 Jun;159:159-166
- [8] Greenhalgh T, Wherton J, Shaw S, Morrison C., Video consultations for covid-19, BMJ. 2020 Mar 12; 368:m998. doi: 10.1136/bmj.m998
- [9] Smith AC, Thomas E, Snoswell CL, Haydon H, Mehrotra A, Clemensen J, Caffery LJ. Telehealth for global emergencies: Implications for coronavirus disease 2019 (COVID-19). J Telemed Telecare. 2020 Mar 20:1357633X20916567..
- [10] Kraman SS¹, Wodicka GR, Pressler GA, Pasterkamp H. Comparison of lung sound transducers using a bioacoustic transducer testing system. J Appl Physiol (1985). 2006 Aug;101(2):469-76. Epub 2006 Apr 20.
- [11] Bozkurt B, Germanakis I, Stylianou Y. A study of time-frequency features for CNN-based automatic heart sound classification for pathology detection. Comput Biol Med. 2018 Sep 1;100:132-143
- [12] Emmanouilidou D, McCollum ED, Park DE, Elhilali M. Computerized Lung Sound Screening for Pediatric Auscultation in Noisy Field Environments. IEEE Trans Biomed Eng. 2018 Jul;65(7):1564-1574
- [13] Greek Medical Association. Regulatory framework of telemedicine in Greece. <https://pis.gr/105802/%CE%B3%CE%BD%CF%89%CE%BC%CE%BF%CE%B4%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CF%80-%CE%B9-%CF%83->

[%CF%83%CF%87%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BC%CE%B5-%CF%84%CE%BF-%CF%81%CF%85%CE%B8%CE%BC%CE%B9%CF%83%CF%84/](#)

- [14] Katerina Tsampi, Spyros Panagiotakis, Elias Hatzakis, Emmanouil Lakiotakis, Georgia Atsali, Kostas Vassilakis, George Mastorakis, Constandinos X. Mavromoustakis, Athanasios Malamos, "Extending the SANA Mobile Healthcare Platform with Features Providing ECG Analysis", accepted as chapter contribution in: Skourletopoulos G., Mastorakis G., Mavromoustakis C., Dobre C., Pallis E. (eds) Mobile Big Data. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 10. Springer, Cham, pp. 289-321, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-67925-9_12.

APPENDIX

A proposed ecosystem for telemedicine services to self-quarantined patients

In the present circumstances of COVID-19 pandemic a very high number of patients with not critical symptoms is advised to stay at home in self-quarantine conditions for a period of at least 14 days. During this period the patient is required to follow doctors' instructions for monitoring his physical condition (e.g. by measuring his body temperature at least twice a day and self-examining other vital functions such as dyspnea), so when his situation get worse to be transferred to the hospital for hospitalization. At this stressful period of self-quarantine, the patient preserves less communication with his doctor or the nursing staff, thus increasing his sense of insecurity.

Our proposal attempts to facilitate exactly the nursing and health care of patients staying at home in a situation of self-quarantine. We propose the creation of a virtual hospital exactly for providing telemedicine services and keeping medical records for these patients. Each regional health directorate can deploy such a virtual health-care system for facilitating the provision of telemedicine services to self-quarantined patients and enabling their tactical communication with medical or nursery staff. A similar system especially for remote Electrocardiogram (ECG) analysis had been proposed and developed by our team in [1]. The proposed here virtual hospital's system for telemedicine and online monitoring of medical records should comprises two critical subsystems: The Electronic Medical Record (EMR) System for storing different types of medical data for the self-quarantined patients and a teleconferencing system for the live communication of the self-quarantined patients with the medical staff. In order the proposed system to allow its fast adoption by large communities it is required to be low-cost and exempted by any commercial licenses. The use of open source technologies to this end is a monodrome.

OpenMRS is an electronic medical record system (EMR) that established in 2004 to provide healthcare in developing countries [2]. The system has evolved into a medical informatics platform that is used all over the world to provide healthcare and avoid wasting of time and money providing effective cure and prevention. Very recently, on 6 April 2020, was released its Reference Application 2.10.0, which underlines that it is an alive and vivid framework. OpenMRS is an open-source project, based on standardized protocols for medical information exchange, such as FHIR and HL7, which with a compilation of other open-source projects or mobile phone applications can be extended or modified. OpenMRS satisfies functionalities such as patient registration and insertion of clinical notes to the system. In addition, there are no specific hardware requirements [3] and a dedicated

implementers Wiki and forum by experienced members assists new developers or implementers [4]. Furthermore, it is compatible with mobile devices such as the SANA platform, which allows users to send medical data that the doctors can view, make a diagnosis and add a medication using a simple mobile phone [5]. SANA is an open source telehealth platform that was developed by MIT (Massachusetts Institute of Technology) to provide health care facilities in remote areas and increase the quality of care. SANA uses OpenMRS for data storage and supports connectivity with mobile devices. Users (e.g. the patient itself, a doctor or nursing staff) can collect medical data via the SANA mobile app and these data are sent to OpenMRS where doctors can view and make a diagnosis. SANA supports thus remote patient monitoring and decision making [6].

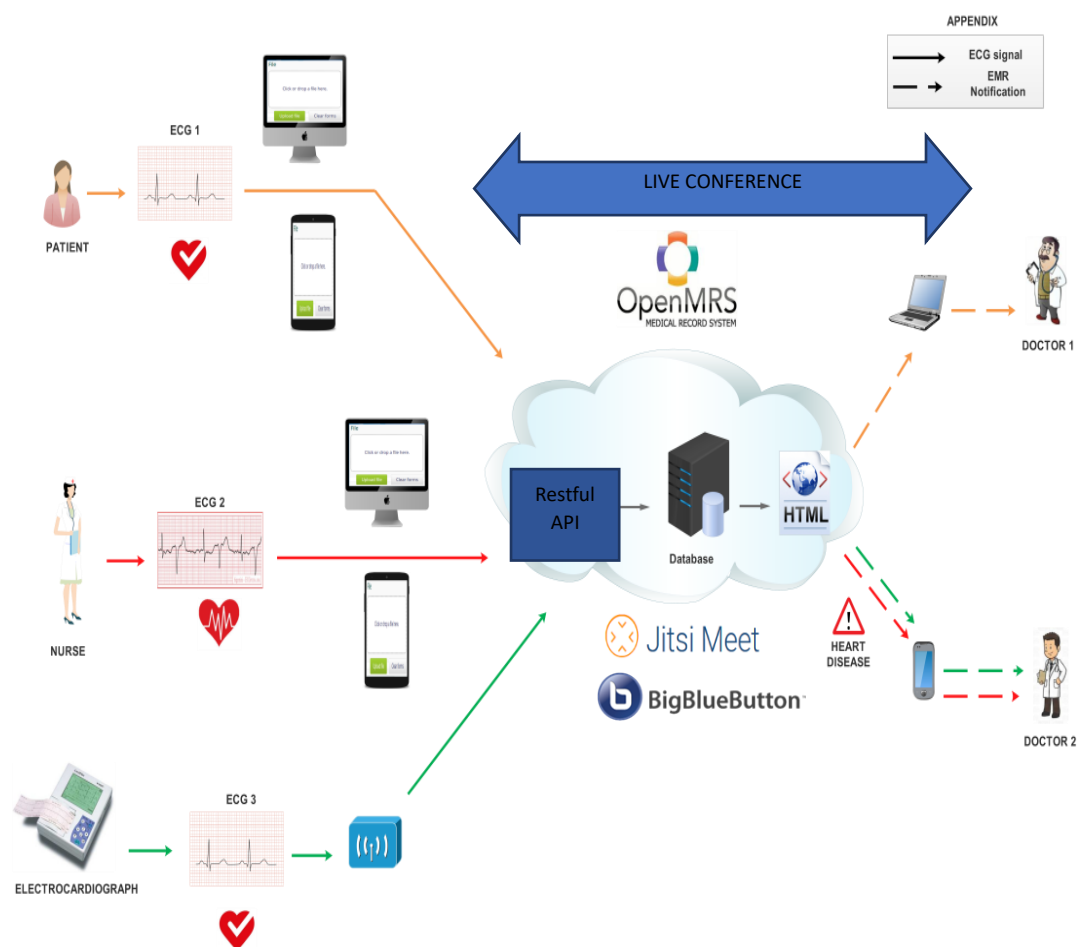


Figure 1. The proposed ecosystem for telemedicine services to self-quarantined patients

On the other hand, Jitsi Meet [7] and BigBlueButton [8] are fully encrypted, 100% open source video conferencing and chat solutions that someone can use for free. Both enable desktop or window sharing, invitation of users to a conference via a simple, custom URL, collaborative editing of documents, etc. In parallel, they enable LDAP Authentication, so controlled access to conferencing services is provided. Our team has deep experience

with the provision of teleconference services to large audience using this software, hence we could easily support such a deployment for medical use.

Our proposal, here, includes the integration of SANA/OpenMRS with Jitsi Meet so a complete open source, but standardized, ecosystem for telemedicine services is provided to self-quarantined patients. Figure 1 illustrates the proposed system architecture for the creation of such virtual hospitals.

According to the proposed functionality, -quarantine patient, who has granted with access to the OpenMRS platform, uploads his biometric values (e.g. body temperature, SpO2 values, an electrocardiogram file and a stethoscope file) or other health information on the platform, as many times per day as the doctor has advised him. To this end, he can use his mobile device or any browser platform since the OpenMRS platform is accessible via a restful web application. For uploading biometric files, such as an Electrocardiogram (ECG) file for example, a specific HTML module that is called Visit Documents Module should be used. The user is navigated into the web application and uploads a compressed folder to the corresponding field. The compressed folder should contain the ECG signal in SCP-ECG standard format. Figure 2 depicts a screenshot of the ECG upload process in OpenMRS platform. The same process can be accomplished using a mobile device as figure 3 depicts. Wearable or portable healthcare transducers with a Bluetooth interface that generate files in the standard format required by the system can also be used to this end for automating the upload process and minimizing the patients' intervention. The SANA mobile app for Android devices should be used, then, as the bridge for the communication of healthcare transducers with OpenMRS, enabling such integration. Apart from the patient, also medical staff, such as visiting nurses or doctors, can upload the biometric values of visited patient to the system using a computer or a mobile device as described earlier.

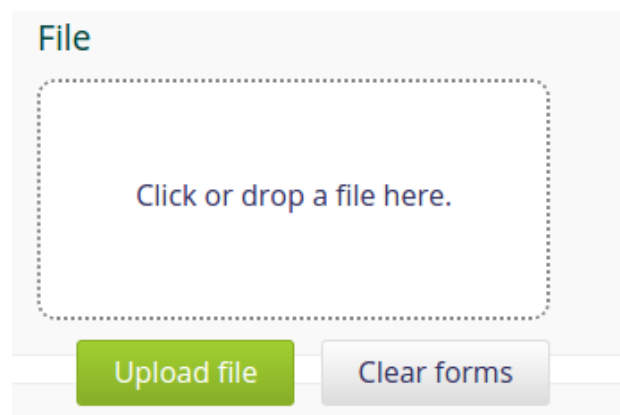


Figure 2. Dialog box for Biometric file's upload

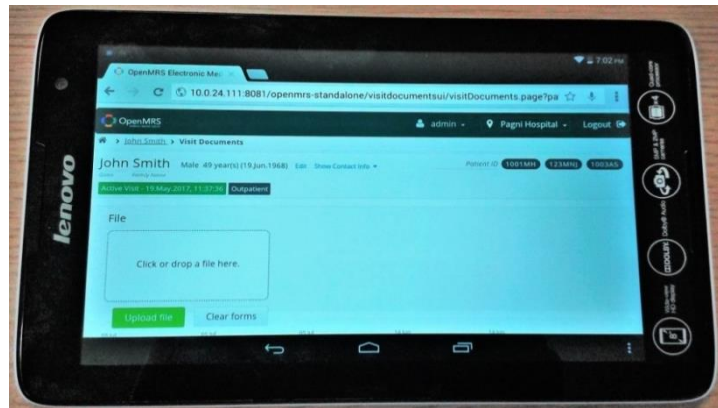


Figure 3. Biometric file's upload process via a mobile device

At the server side, the received values from the patient are stored in the patients record after appropriate processing. Here sophisticated signal processing or machine learning methods can be applied for facilitating doctor's work. But at the simplest implementation, the received values are just stored in the patients record for evaluation by the doctor. The doctor can access this information by any mobile or desktop device with internet connectivity. Once per day the patient and the doctor are virtually met using the Jitsi Meet video-conference facility offered by the system, so the doctor has a live view of the physical condition of the patient.

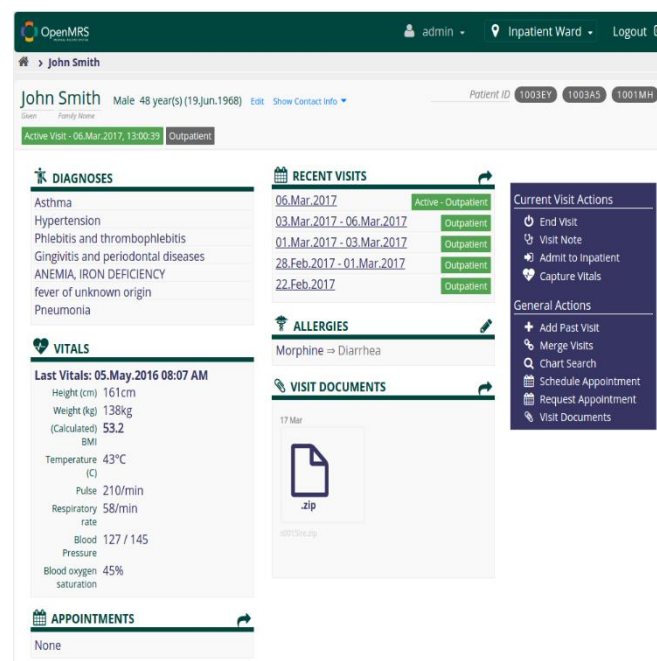


Figure 4. The patient's dashboard

OpenMRS provides a web application via which a doctor can have access and view every patient's dashboard as figure 4 depicts. Patient's dashboard includes personal information about the patient, such as his address and historical medical data (e.g.,

information about vitals or allergies or drugs) that are appropriate for the doctor to make a diagnosis. The doctor can view the Patient's dashboard also via a mobile device as figure 5 shows.

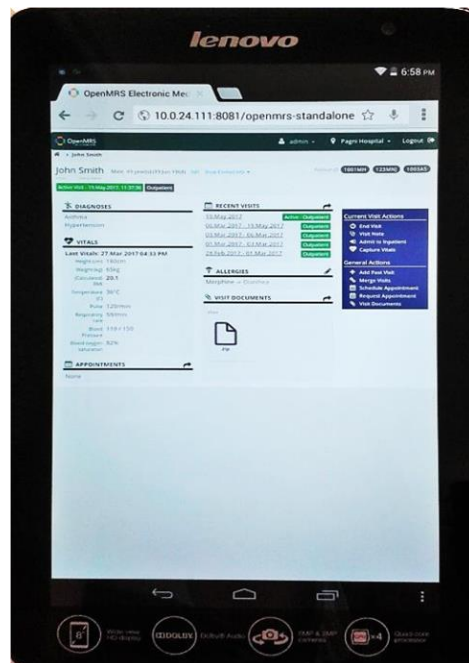


Figure 5.1 Patient's Dashboard in a mobile device

Before any biometric or medical values are inserted in a patient's folder, a doctor should have initiated a virtual "Visit" for the patient. A "Visit" event takes place whenever the patient interacts with the system. This represents the conventional visit of patient to a doctor via physical presence in a hospital. A Visit starts when the patient checks-in at the clinic and ends when he checks-out. Similarly, the virtual visit will have a duration of one day, so it includes all the biometric values requested by the user for this day. In particular, the Visit comprises the encounters that are requested from the patient by the corresponding doctor and are categorized according to the date. The system also keeps a log of previous Visits in the patients' dashboard.

The data storage process in our system follows the data hierarchy applied by the OpenMRS platform. The OpenMRS data model is divided into levels. The first level contains the Visit. Each visit is described by a unique visit_id. Data that are collected during a visit are called "encounters" and are part of the visit. A Visit can contain multiple encounters with different encounter_ids. Encounters consist of observations. Observation is regarded as a single unit of clinical information that is imported for a patient characterized by an obs_id. Each Observation includes Concepts that are any data we want to store for a patient.

Concepts have `person_id` as key value. Figure 6 depicts the Visit's data structure in OpenMRS.

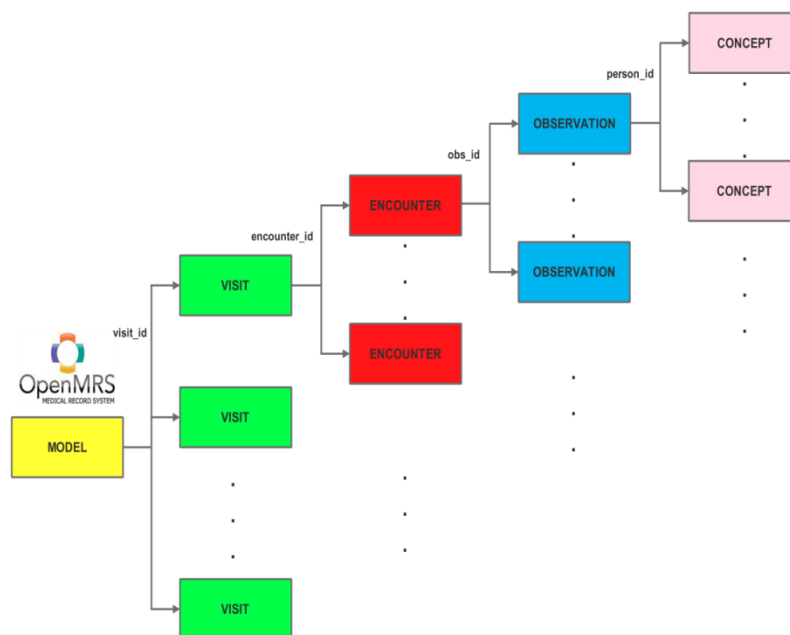


Figure 6. Medical Information Structure

For the current implementation, we shall create an encounter called Body Temperature, an encounter called SpO2 value, an encounter called Stethoscope and an encounter called Electrocardiogram (figure 7). A visit may include more than once the same encounter depending on the frequency that the encounter is repeated during a Visit. For example, the Electrocardiogram encounter contains several Observations, each of which comprises many Concepts for storing the associated with ECG medical values in the database. The encounters can be displayed or deleted if the doctor selects the corresponding fields.

The screenshot displays the OpenMRS interface for a patient named John Smith (Male, 49 years old, born 19 Jun 1968). The patient's ID is 1001MH, 123MNJ, and 1003A5. The current visit is an 'Active Visit' starting on 19 May 2017 at 11:37:36. The 'Visits' tab is active, showing a list of visits with dates and status (e.g., 'No diagnosis yet', 'Asthma'). The 'Encounters' section shows a list of encounters, including three 'Electrocardiogram' encounters performed by 'Super User in Pagni Hospital' and 'Super User in Amani Hospital' on 14 Jun 2017 and 19 May 2017. Each encounter entry includes a 'show details' link and a delete icon (X).

Figure 7. Patient's Encounters

Data are visualized using a form that OpenMRS provides. After the data collection, we use an HTML Form Entry module to display them. The HTML Form Entry module allows developers to create HTML forms and insert user data easily into the platform. We can use HTML for development but also JavaScript and CSS. Each value is stored into the database with a different identification number (id). Combining ids with jQuery allows us displaying these values.

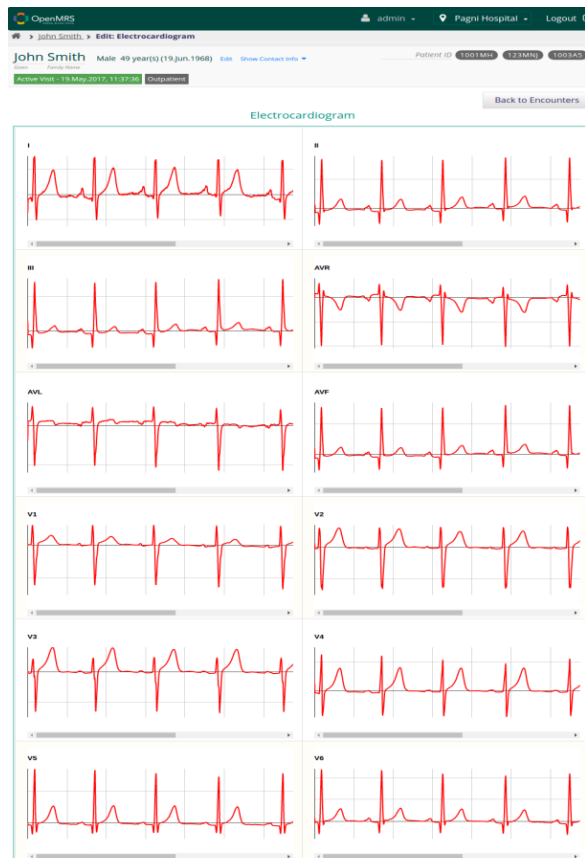


Figure 8. ECG Visualization

Figure 8 shows an example ECG visualization as illustrated by the OpenMRS platform. Each plot describes the ECG signal in one of the 12-leads (I, II, III, AVR, AVL, AVF, V1, V2, V3, V4, V5 and V6). ECG visualization is also feasible via a mobile device as figure 9 depicts.

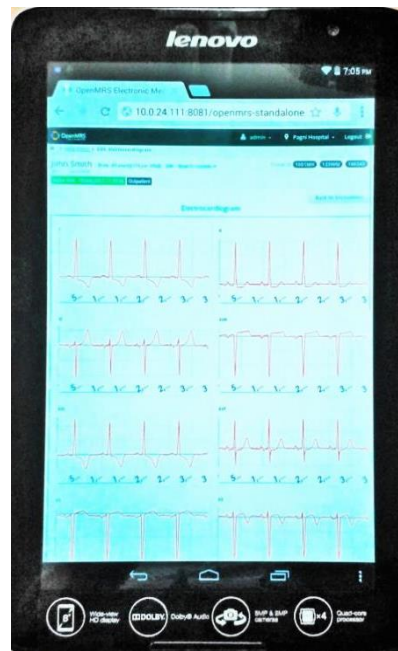


Figure 9.2 ECG Visualization in a mobile device

References

- [1] Katerina Tsampi, Spyros Panagiotakis, Elias Hatzakis, Emmanouil Lakiotakis, Georgia Atsali, Kostas Vassilakis, George Mastorakis, Constandinos X. Mavromoustakis, Athanasios Malamos, "Extending the SANA Mobile Healthcare Platform with Features Providing ECG Analysis", accepted as chapter contribution in: Skourletopoulos G., Mastorakis G., Mavromoustakis C., Dobre C., Pallis E. (eds) Mobile Big Data. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 10. Springer, Cham, pp. 289-321, DOI https://doi.org/10.1007/978-3-319-67925-9_12.
- [2] OpenMRS. [Online]. <http://openmrs.org/>
- [3] P. S. Millard, J. Bru, and C. A. Berger, "Open-source point-of-care electronic medical records for use in resource-limited settings: systematic review and questionnaire surveys," *BMJ Open*, vol. 2, no. 4, 2012, e000690.
- [4] C. J. Seebregts and et al., "The OpenMRS Implementers Network," *International journal of medical informatics*, vol. 78, no. 11, pp. 711-720, 2009.
- [5] SANA. [Online]. <http://dev.sanamobile.org/>
- [6] C. M. Costa and et al., "S2DIA: A Diagnostic System for Diabetes mellitus using SANA platform," *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE*, pp. 6078-6081, September 2012.
- [7] Jitsi Meet - Secure, Simple and Scalable Video Conferences. [Online]. <https://jitsi.org/jitsi-meet/>
- [8] BigBlueButton, <https://bigbluebutton.org/>