



# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σύγχρονες υπηρεσίες e-health στο πεδίο του διαδικτύου των  
αντικειμένων»

Παρασκευόπουλος Χρήστος  
Α.Μ. cs141158

Εισηγητής: Καρκαζής Παναγιώτης



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Σύγχρονες υπηρεσίες e-health στο πεδίο του διαδικτύου των αντικειμένων»**

**ΠΑΡΑΣΚΕΥΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ  
Α.Μ. 141158**

**Εισηγητής:**

**Δρ Καρκαζής Παναγιώτης, Αν.Καθηγητής**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

**Μυριδάκης Νικόλαος Επ.Καθηγητής  
Μαυρομάτης Κωνσταντίνος, Λέκτορας**

**Ημερομηνία εξέτασης 13/10/2023**



**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, αρχικά πραγματοποιήθηκε παρουσίαση του Διαδικτύου των Αντικειμένων, δίνοντας έμφαση σε στοιχεία της αρχιτεκτονικής και ζητήματα ασφάλειας. Στην συνέχεια αναλύθηκε η αρχιτεκτονική, το πεδίο εφαρμογής, οι τεχνολογίες και τα πλεονεκτήματα των IoT συστημάτων στον χώρο της υγείας. Ακολούθησε η παρουσίαση δημοφιλών IoT συστημάτων στον χώρο της υγείας. Τέλος, παρουσιάστηκε η διαδικτυακή εφαρμογή, η οποία υλοποιήθηκε, για την οπτικοποίηση δεδομένων καρδιακών παλμών και παροχή ειδοποιήσεων στους χρήστες.

## ABSTRACT

In the context of this thesis, a presentation of the Internet of objects was initially carried out, emphasizing elements of architecture and security issues. Then we analyzed the architecture, scope, technologies, and advantages of IoT systems in the field of Health. This was followed by the presentation of popular IoT systems in the field of Health. Finally, the web application was presented, which was implemented, to visualize heart rate data and provide notifications to users.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Internet Of Things

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: IoT, παρακολούθηση υγείας, διαδικτυακή εφαρμογή

# Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή.....	13
Κεφάλαιο 2: Διαδίκτυο Των Πραγμάτων (Internet Of Things).....	15
2.1. Ορισμός.....	15
2.2. Απαιτήσεις Διαδικτύου των Πραγμάτων.....	15
2.3. Αρχιτεκτονική.....	16
2.4. Χρησιμοποιούμενες Τεχνολογίες.....	18
2.5. ΙοΤ εφαρμογές: Απαιτήσεις και προκλήσεις ασφαλείας.....	20
2.5.1. Έξυπνα Πλέγματα.....	20
2.5.2. Φροντίδα Υγείας.....	22
2.5.3. Μέσα Μεταφορών.....	23
2.5.4. Έξυπνες Πόλεις.....	24
2.5.5. Βιομηχανία.....	25
2.6. Λύσεις ασφάλειας βασισμένες στην εμπιστευτικότητα.....	26
2.6.1. Λύσεις Συμμετρικού Κλειδιού.....	26
2.6.2. Παραδοσιακές Μέθοδοι Δημοσίου Κλειδιού.....	27
2.6.3. Κρυπτογραφία βασισμένη στην ταυτότητα (IBE).....	28
2.6.4. Κρυπτογραφία βασισμένη στα χαρακτηριστικά (ABE).....	28
2.7. Λύσεις βασισμένες στην Ιδιωτικότητα.....	29
2.7.1. Ιδιωτικότητα των Δεδομένων.....	29
2.7.2. Ιδιωτικότητα των συμπεριφορών των χρηστών.....	30
2.8. Λύσεις βασισμένες στην διαθεσιμότητα.....	30



2.8.1. Μέθοδοι ανίχνευσης IP.....	30
2.8.2. Τεχνικές βασισμένες στην Τεχνητή Νοημοσύνη.....	31
2.9. Σύγχρονες προσεγγίσεις ασφάλειας στο ΙοΤ.....	31
2.9.1. Λύσεις βασισμένες στα SDN.....	31
2.9.2. Λύσεις βασισμένες στην τεχνολογία Blockchain.....	32
<b>Κεφάλαιο 3: Health ΙοΤ Συστήματα.....</b>	<b>34</b>
3.1. Αρχιτεκτονική.....	34
3.2. Τεχνολογίες.....	35
3.2.1. Τεχνολογία Αναγνώρισης.....	36
3.2.2. Τεχνολογία Επικοινωνίας.....	37
3.2.3. Τεχνολογία Εντοπισμού Θέσης.....	39
3.3. Εφαρμογές.....	40
3.3.1. Παρακολούθηση ηλεκτροκαρδιογραφήματος.....	40
3.3.2. Παρακολούθηση επιπέδου γλυκόζης.....	41
3.3.3. Παρακολούθηση θερμοκρασίας.....	42
3.3.4. Παρακολούθηση πίεσης αίματος.....	43
3.3.5. Παρακολούθηση Κορεσμού Οξυγόνου.....	44
3.3.6. Παρακολούθηση Άσθματος.....	44
3.4. Πλεονεκτήματα Εφαρμογής.....	45
3.5. Μελλοντικές Προκλήσεις.....	47
<b>Κεφάλαιο 4: Παραδείγματα ΗΙοΤ συστημάτων.....</b>	<b>50</b>
4.1. Philips HealthSuite.....	50
4.2. Medtronic CareLink.....	52
4.3. KardiaMobile.....	53

4.4. Fitbit .....	55
4.5. Samsung Health .....	57
4.6. Mural Virtual Care Solution.....	58
4.7. Συμπεράσματα Βιβλιογραφικής Μελέτης .....	59
Κεφάλαιο 5: Υλοποίηση Εφαρμογής .....	61
5.1. Βασική Φιλοσοφία.....	61
5.2. Αρχιτεκτονική Εφαρμογής .....	65
5.3. Προεπεξεργασία Δεδομένων .....	66
5.4. Σημαντικά Τμήμα Κώδικα Εφαρμογής.....	68
5.5. Λειτουργικότητα Εφαρμογής.....	82
Συμπεράσματα – Μελλοντική Επέκταση.....	89

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική ΗΙοΤ [32] .....	35
Εικόνα 2: Τεχνολογίες ΗΙοΤ [32] .....	36
Εικόνα 3: Philips HealthSuite .....	50
Εικόνα 4: Medtronic CareLink.....	52
Εικόνα 5: KardiaMobile.....	54
Εικόνα 6: Fitbit .....	55
Εικόνα 7: Fitbit - Παρακολούθηση ύπνου .....	56
Εικόνα 8: Samsung Health .....	57
Εικόνα 9: Mural Virtual Care Solution .....	59
Εικόνα 10: XAMPP Server .....	62
Εικόνα 11: Δομή πίνακα admin.....	63
Εικόνα 12: Δομή πίνακα doctor .....	63
Εικόνα 13: Δομή πίνακα heart_rate .....	63
Εικόνα 14: Δομή πίνακα monitors .....	64
Εικόνα 15: Δομή πίνακα patient .....	64
Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική Εφαρμογής.....	65
Εικόνα 17: Αρχική Μορφή Δεδομένων .....	66
Εικόνα 18: Αρχική Σελίδα Εφαρμογής.....	83
Εικόνα 19: Σελίδα Εγγραφής Ασθενή .....	83
Εικόνα 20: Επιτυχής ολοκλήρωση εγγραφής .....	84
Εικόνα 21: Αρχική Σελίδα Διαχειριστή - Συσχέτιση Γιατρού με Ασθενή .....	84
Εικόνα 22: Ασθενείς που επιβλέπει ο κάθε γιατρός.....	85
Εικόνα 23: Αρχική Σελίδα Ασθενή - 1 .....	86
Εικόνα 24: Αρχική Σελίδα Ασθενή - 2 .....	86
Εικόνα 25: Περίπτωση υψηλών καρδιακών παλμών.....	87
Εικόνα 26: Λίστα ασθενών που παρακολουθεί ο ιατρός.....	87
Εικόνα 27: Παρακολούθηση καρδιακής υγείας ασθενή από γιατρό.....	88

## Συντομογραφίες

IoT Internet of Things

HIoT Health Internet of Things

RDF Recourse Description Framework

WSN Wireless Sensors Network

RFID Radio Frequency Identification

EPC Electronic Product Code

## Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

Η συνεχής και αποτελεσματική παρακολούθηση της υγείας των ασθενών αποτελεί ένα από τα πλέον σημαντικά ζητήματα της καθημερινής ζωής. Προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση έχει συμβάλει σημαντικά η τεχνολογική πρόοδος και πιο συγκεκριμένα το πεδίο του Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet Of Things), με την εμφάνιση πλήθους συσκευών και εφαρμογών, που κινούνται προς την επίτευξη της απαιτούμενης λειτουργικότητας.

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας είναι αρχικά μια εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετική με το συγκεκριμένο αντικείμενο, δηλαδή την εφαρμογή IoT συστημάτων στην παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Μετέπειτα βασικός στόχος είναι η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής παρακολούθησης και οπτικοποίησης των καρδιακών παλμών ασθενών, η οποία θα καταδεικνύει την χρησιμότητα δημιουργίας εφαρμογών για την αδιάλειπτη παρακολούθηση της υγείας των ασθενών, με σκοπό την πρόβλεψη εμφάνισης οποιονδήποτε απρόβλεπτων καταστάσεων.

Με τον τρόπο αυτό, ο αναγνώστης της διπλωματικής εργασίας θα έχει μια πλήρη εικόνα όχι μόνο σε θεωρητικό, αλλά και σε πρακτικό υπόβαθρό. Η διάρθρωση της εργασίας έχει ως εξής:

Στο **Κεφάλαιο 2** πραγματοποιείται παρουσίαση του Διαδικτύου των Αντικειμένων (Internet of Things), δίνοντας έμφαση σε ζητήματα που σχετίζονται με την αρχιτεκτονική, τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες και την ασφάλεια επικοινωνίας.

Στο **Κεφάλαιο 3** πραγματοποιείται ανάλυση των IoT συστημάτων, που χρησιμοποιούνται στον χώρο της υγείας, δίνοντας έμφαση στην αρχιτεκτονική, το

πεδίο εφαρμογής, τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες, τα πλεονεκτήματα και τις μελλοντικές προκλήσεις.

Στο **Κεφάλαιο 4** παρουσιάζονται δημοφιλή ΗΙοΤ συστήματα, δίνοντας έμφαση στην λειτουργικότητα και τα χαρακτηριστικά τους.

Στο **Κεφάλαιο 5** πραγματοποιείται η παρουσίαση της εφαρμογής που υλοποιήθηκε, και πιο συγκεκριμένα η βασικά της φιλοσοφία, η αρχιτεκτονική της, οι χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες για την ανάπτυξή της, τα κύρια σημεία του κώδικα υλοποίησης, και η επίδειξη της λειτουργικότητάς της.

Τέλος, παρουσιάζονται τα **Συμπεράσματα** της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, καθώς και μελλοντικές επεκτάσεις που αφορούν την εφαρμογή που υλοποιήθηκε.

## **Κεφάλαιο 2: Διαδίκτυο Των Πραγμάτων (Internet Of Things)**

### **2.1. Ορισμός**

Όπως είναι αναμενόμενο, δεν υπάρχει μοναδικός ορισμός για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) που να είναι καθολικά αποδεκτός. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλές διαφορετικές ομάδες ανθρώπων, όπως ακαδημαϊκοί, ερευνητές, επαγγελματίες, και προγραμματιστές που έχουν ορίσει τον όρο, αν και η αρχική του χρήση έχει αποδοθεί στον Kevin Ashton, ειδικό στην ψηφιακή καινοτομία. Το κοινό στοιχείο όλων των ορισμών είναι η ιδέα ότι η πρώτη έκδοση του Διαδικτύου αφορούσε δεδομένα που δημιουργήθηκαν από ανθρώπους, ενώ η επόμενη έκδοση αφορά δεδομένα που δημιουργήθηκαν από αντικείμενα (πράγματα). Ένας από τους πλέον πλήρεις ορισμούς, που έχει χρησιμοποιηθεί είναι ο παρακάτω:

«Ένα ανοιχτό και ολοκληρωμένο δίκτυο ευφύων αντικειμένων που έχουν την ικανότητα να αυτό-οργανώνονται, να μοιράζονται πληροφορίες, δεδομένα και πόρους, να αντιδρούν και να ενεργούν μπροστά σε καταστάσεις και αλλαγές στο περιβάλλον». [1]

### **2.2. Απαιτήσεις Διαδικτύου των Πραγμάτων**

Για την επιτυχή εφαρμογή του Διαδικτύου των Πραγμάτων, οι προϋποθέσεις είναι οι παρακάτω [2]:

- δυναμική ζήτηση πόρων
- ανάγκες σε πραγματικό χρόνο
- εκθετική αύξηση της ζήτησης
- διαθεσιμότητα εφαρμογών
- προστασία δεδομένων και ιδιωτικότητα χρηστών
- αποδοτικές καταναλώσεις ισχύος εφαρμογών
- εκτέλεση των εφαρμογών κοντά στους τελικούς χρήστες
- πρόσβαση σε ανοιχτό και διαλειτουργικό σύστημα cloud.

### 2.3. Αρχιτεκτονική

Όσο αφορά την αρχιτεκτονική του, διακρίνονται τέσσερα στρώματα (επίπεδα) [3], [4], [5]:

**Επίπεδο Ανίχνευσης (Sensing Layer):** Το στρώμα ανίχνευσης είναι το πρώτο στρώμα της αρχιτεκτονικής και είναι υπεύθυνο για τη συλλογή δεδομένων από διαφορετικές πηγές. Αυτό το στρώμα περιλαμβάνει αισθητήρες και ενεργοποιητές που τοποθετούνται στο περιβάλλον για τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία, το φως, τον ήχο και άλλες φυσικές παραμέτρους. Επιπλέον, αυτές οι συσκευές συνδέονται στο επίπεδο δικτύου μέσω πρωτοκόλλων ενσύρματης ή ασύρματης επικοινωνίας.

**Επίπεδο Δικτύου:** Το επίπεδο δικτύου μιας αρχιτεκτονικής IoT είναι υπεύθυνο για την παροχή επικοινωνίας και συνδεσιμότητας μεταξύ συσκευών στο σύστημα. Περιλαμβάνει πρωτόκολλα και τεχνολογίες που επιτρέπουν στις συσκευές να συνδέονται και να επικοινωνούν μεταξύ τους και με το ευρύτερο διαδίκτυο. Επιπλέον, το επίπεδο δικτύου μπορεί να περιλαμβάνει πύλες και δρομολογητές



που λειτουργούν ως μεσάζοντες μεταξύ συσκευών και του ευρύτερου διαδικτύου και μπορεί επίσης να περιλαμβάνει χαρακτηριστικά ασφαλείας όπως κρυπτογράφηση και έλεγχο ταυτότητας για εξασφάλιση προστασίας από μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

**Επίπεδο επεξεργασίας δεδομένων:** Το επίπεδο επεξεργασίας δεδομένων αναφέρεται στα στοιχεία λογισμικού και υλικού που είναι υπεύθυνα για τη συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από συσκευές IoT. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη λήψη ακατέργαστων δεδομένων από τις συσκευές, την επεξεργασία τους και τη διάθεσή τους για περαιτέρω ανάλυση ή δράση. Το επίπεδο επεξεργασίας δεδομένων περιλαμβάνει μια ποικιλία τεχνολογιών και εργαλείων, όπως συστήματα διαχείρισης δεδομένων, πλατφόρμες ανάλυσης και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης.

**Επίπεδο εφαρμογής:** Το επίπεδο εφαρμογής της αρχιτεκτονικής IoT είναι το ανώτατο επίπεδο, το οποίο αλληλεπιδρά άμεσα με τον τελικό χρήστη. Είναι υπεύθυνο για την παροχή φιλικών προς το χρήστη διεπαφών και λειτουργιών. Αυτό το επίπεδο περιλαμβάνει διάφορα λογισμικά και εφαρμογές όπως εφαρμογές για κινητά, διαδικτυακές πύλες και άλλες διεπαφές χρήστη που έχουν σχεδιαστεί για να αλληλεπιδρούν με την υποκείμενη υποδομή IoT. Περιλαμβάνει επίσης υπηρεσίες middleware, οι οποίες επιτρέπουν σε διαφορετικές συσκευές και συστήματα IoT να επικοινωνούν και να μοιράζονται δεδομένα απρόσκοπτα. Το επίπεδο εφαρμογής περιλαμβάνει επίσης δυνατότητες ανάλυσης και επεξεργασίας, που επιτρέπουν την ανάλυση δεδομένων και τη μετατροπή τους σε σημαντικές πληροφορίες. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης, εργαλεία απεικόνισης δεδομένων και άλλες προηγμένες δυνατότητες ανάλυσης.

## 2.4. Χρησιμοποιούμενες Τεχνολογίες

**RFID:** Η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων (RFID) είναι ένα σύστημα που μεταδίδει την ταυτότητα ενός αντικειμένου ή ενός ατόμου ασύρματα χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα με τη μορφή σειριακού αριθμού. Η τεχνολογία ταξινομείται σε τρεις κατηγορίες με βάση τη μέθοδο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος σε ετικέτες: ενεργό RFID, παθητικό RFID και ημι-παθητικό RFID. Τα κύρια συστατικά ενός τέτοιου συστήματος είναι: ετικέτα, αναγνώστης, κεραία, ελεγκτής πρόσβασης, λογισμικό και κεντρικός υπολογιστής. [6], [7]

**Πρωτόκολλο IP:** Το Πρωτόκολλο Διαδικτύου (IP) είναι το κύριο πρωτόκολλο δικτύου που χρησιμοποιείται στο Διαδίκτυο, και αναπτύχθηκε τη δεκαετία του 1970. Οι δύο εκδόσεις του Internet Protocol (IP) που χρησιμοποιούνται είναι οι: IPv4 και IPv6. Κάθε έκδοση ορίζει μια διεύθυνση IP διαφορετικά. [6]

**Ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC):** Ο ηλεκτρονικός κωδικός προϊόντος (EPC) είναι ένας κωδικός 64 bit ή 98 bit που καταγράφεται ηλεκτρονικά σε μια ετικέτα RFID και προορίζεται ώστε να παρέχει μια βελτίωση στο σύστημα γραμμωτού κώδικα EPC. Ο κώδικας EPC μπορεί να αποθηκεύσει τις πληροφορίες για τον τύπο EPC, το μοναδικό αύξοντα αριθμό προϊόντος, τις προδιαγραφές του και τις πληροφορίες κατασκευαστών. [8]

**Barcodes:** Οι γραμμωτοί κώδικες (barcodes) είναι οπτικές ετικέτες αναγνώσιμες από μηχανή, που συνδέονται με στοιχεία τα οποία καταγράφουν πληροφορίες οι οποίες σχετίζονται με το στοιχείο. Πρόσφατα, το σύστημα QR Code έχει γίνει δημοφιλές λόγω της γρήγορης αναγνωσιμότητας και της μεγαλύτερης χωρητικότητας αποθήκευσης σε σύγκριση με το πρότυπο barcode. Υπάρχουν 3 τύποι γραμμωτών

κωδίκων: αλφαριθμητικοί, αριθμητικοί και δύο διαστάσεων. Οι γραμμωτοί κώδικες σχεδιάζονται για να είναι αναγνώσιμοι από μηχανή. Συνήθως διαβάζονται με σαρωτές λείζερ. Μπορούν επίσης να διαβαστούν χρησιμοποιώντας κάμερες. [9]

**Wi-Fi:** Το Wireless Fidelity (Wi-Fi) αποτελεί την πλέον δημοφιλή τεχνολογία δικτύωσης, που επιτρέπει σε υπολογιστές και άλλες συσκευές να επικοινωνούν μέσω ασύρματης σύνδεσης. [6],[7]

**Bluetooth:** Η ασύρματη τεχνολογία Bluetooth είναι μια φθηνή, μικρής εμβέλειας τεχνολογία που εξαλείφει την ανάγκη για ιδιόκτητη καλωδίωση μεταξύ συσκευών και διαθέτει αποτελεσματική εμβέλεια 10 - 100 μέτρων. [6]

**ZigBee:** Το ZigBee είναι ένα από τα πρωτόκολλα που αναπτύχθηκαν για την ενίσχυση των χαρακτηριστικών των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Χαρακτηριστικά του ZigBee είναι το χαμηλό κόστος, ο χαμηλός ρυθμός δεδομένων, το σχετικά μικρό εύρος μετάδοσης, η επεκτασιμότητα, η αξιοπιστία, και ο ευέλικτος σχεδιασμός πρωτοκόλλου. Είναι ένα χαμηλής ισχύος πρωτόκολλο ασύρματων δικτύων βασισμένο στο πρότυπο IEEE 802.15.4. [10]

**Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων (WSNs):** Ένα WSN είναι ένα ασύρματο δίκτυο που αποτελείται από χωρικά κατανεμημένες αυτόνομες συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούν αισθητήρες για την συνεργατική παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως θερμοκρασία, ήχος, Δόνηση, πίεση, κίνηση ή ρύποι, σε διαφορετικές τοποθεσίες. Σχηματίζεται από εκατοντάδες ή χιλιάδες κόμβους που επικοινωνούν μεταξύ τους και μεταδίδουν δεδομένα από τον ένα στο άλλον. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι ένα σημαντικό στοιχείο στο πρότυπο IoT. [11]

**Τεχνητή Νοημοσύνη:** Η τεχνητή νοημοσύνη αναφέρεται σε ηλεκτρονικά περιβάλλοντα, που είναι ευαίσθητα και ανταποκρίνονται στην παρουσία

ανθρώπων. Σε έναν κόσμο περιβαλλοντικής νοημοσύνης, οι συσκευές λειτουργούν από κοινού για να υποστηρίξουν τους ανθρώπους στην εκτέλεση των καθημερινών τους δραστηριοτήτων με εύκολο και φυσικό τρόπο χρησιμοποιώντας πληροφορίες και νοημοσύνη, που είναι κρυμμένες στις συσκευές οι οποίες συνδέονται με το δίκτυο. [12]

## **2.5. ΙοΤ εφαρμογές: Απαιτήσεις και προκλήσεις ασφαλείας**

Όπως είναι γνωστό, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things) έχει μεγάλη εφαρμογή σε πεδία όπως: φροντίδα υγείας, έξυπνα πλέγματα, έξυπνες πόλεις, έξυπνα σπίτια, καθώς και βιομηχανικές εφαρμογές. Σκοπός της συγκεκριμένης ενότητας είναι να παρουσιαστούν συνοπτικά οι απαιτήσεις και προκλήσεις στα πιο δημοφιλή πεδία εφαρμογής του ΙοΤ. [13]

### **2.5.1. Έξυπνα Πλέγματα**

Είναι γεγονός ότι την σημερινή εποχή χρησιμοποιούνται σύγχρονες τεχνολογίες προκειμένου να πραγματοποιηθεί βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, λαμβάνοντας υπόψη τις ανάγκες του χρήστη μέσω της γραμμής κατανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Στην συγκεκριμένη περίπτωση σημαντικό ρόλο παίζουν τα έξυπνα πλέγματα, τα οποία αποτελούνται από ένα δίκτυο, το οποίο εγκαθίσταται μεταξύ των κέντρων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των πελατών, έτσι ώστε να γίνεται βελτιστοποίηση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. [14]

Αρχικά, παρουσιάζουμε τις απαιτήσεις ασφαλείας στην περίπτωση των έξυπνων πλεγμάτων [15]:

- **Διαθεσιμότητα:** Η υποδομή του δικτύου, καθώς και το κέντρο ελέγχου που διαχειρίζεται την βελτιστοποίηση πρέπει να είναι συνεχώς διαθέσιμα.
- **Εμπιστευτικότητα:** Τα δεδομένα, τα οποία ανταλλάσσονται μεταξύ των έξυπνων μετρητών και των συστημάτων ελέγχου είναι κρίσιμα και για τον λόγο αυτό δεν θα πρέπει να είναι διαθέσιμα σε οντότητες που δεν έχουν εξουσιοδότηση.
- **Ακεραιότητα:** Η ακεραιότητα των δεδομένων που ανταλλάσσονται είναι κρίσιμης σημασίας, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η ζητούμενη βελτιστοποίηση ενέργειας. Επιπλέον, θα πρέπει να υπάρχει προστασία απέναντι σε επιθέσεις που έχουν σαν στόχο να τροφοδοτήσουν την υποδομή με εσφαλμένα δεδομένα.
- **Μη – άρνηση:** Κάθε οντότητα που συμμετέχει στο σύστημα δεν θα πρέπει να αρνείται ότι έλαβε δεδομένα.
- **Ιδιωτικότητα:** Έμφαση πρέπει να δίνεται στην ιδιωτικότητα των δεδομένων, τα οποία αφορούν δραστηριότητες πελατών σε οικίες και κατοικίες.

Όσο αφορά τις προκλήσεις ασφαλείας στην περίπτωση των έξυπνων πλεγμάτων, αναφέρονται τα παρακάτω [16]:

- **Ετερογένεια** των επικοινωνιακών προτύπων και των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών
- **Ζητήματα επεκτασιμότητας:** Προκύπτουν εξαιτίας της αύξησης της πολυπλοκότητας της δομής των έξυπνων πλεγμάτων (επομένως εγείρονται και ζητήματα ενίσχυσης της ασφάλειας)
- **Εύρεση τρωτών σημείων:** Η αύξηση των δυνατοτήτων των επιτιθέμενων κάνει πιο επιτακτική την ανάγκη για εύρεση των τρωτών σημείων της υποδομής των έξυπνων πλεγμάτων.

- **Εξασφάλιση της ιδιωτικότητας:** Ευαίσθητα δεδομένα κατανάλωσης ενέργειας δεν πρέπει να είναι διαθέσιμα σε τρίτους, παρά μόνο στο τμήμα της υποδομής που είναι υπεύθυνο για την βελτιστοποίηση.

### 2.5.2. Φροντίδα Υγείας

Το IoT χρησιμοποιείται στην περίπτωση της φροντίδας υγείας, με στόχο την παρακολούθηση της κατάστασης των ασθενών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι χρησιμοποιούνται ενσωματωμένοι αισθητήρες, οι οποίοι συλλέγουν πληροφορίες κατευθείαν από το σώμα του ασθενή και τις μεταφέρουν στον θεράποντα ιατρό.

Οι απαιτήσεις ασφαλείας στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι παρακάτω [17]:

- **Αυθεντικοποίηση:** Η πρόσβαση στον ηλεκτρονικό φάκελο ασθενή θα πρέπει να προστατεύεται από χρήστες που δεν έχουν δικαίωμα πρόσβασης.
- **Εμπιστευτικότητα και ακεραιότητα:** Είναι κρίσιμης σημασίας η διασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ ασθενών και νοσοκομείων με κύριο γνώμονα την ακεραιότητα και την εμπιστευτικότητα των πληροφοριών που ανταλλάσσονται.
- **Ιδιωτικότητα:** Θα πρέπει να είναι γνωστό εκ των προτέρων ποιοι είναι οι διαχειριστές των ηλεκτρονικών φακέλων, όπως επίσης θα πρέπει να αποκρύπτονται ευαίσθητα δεδομένων των χρηστών.

Όσο αφορά τις προκλήσεις στο ζήτημα της ασφάλειας, αναφέρονται τα παρακάτω [17]:

- **Περιορισμένοι πόροι:** Οι ενσωματωμένοι αισθητήρες διαθέτουν περιορισμένους πόρους (μνήμη, μπαταρία, επεξεργαστική ισχύ). Στόχος

στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι να επιτευχθούν τα αποδεκτά επίπεδα ασφάλειας δεδομένων των διαθέσιμων πόρων.

- **Κινητικότητα:** Η κινητικότητα του ανθρώπινου σώματος, μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένοι αισθητήρες αποτελεί μια σημαντική πρόκληση όσο αφορά την ασφάλεια.
- **Ετερογένεια:** Η επικοινωνία ανάμεσα στους αισθητήρες και τους χρησιμοποιούμενους servers στα νοσοκομεία πραγματοποιείται μέσω του διαδικτύου, κύριο χαρακτηριστικό του οποίου είναι η ετερογένεια των δικτύων, των πρωτοκόλλων, και των μέσων επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται

### 2.5.3. Μέσα Μεταφορών

Μια καινοτομία της εποχής μας αποτελούν τα έξυπνα μέσα μεταφορών, τα οποία έχουν σαν στόχο να διασυνδέσουν ανθρώπους, δρόμους και έξυπνα οχήματα, χρησιμοποιώντας ενσωματωμένα συστήματα και τεχνολογίες επικοινωνίας που βασίζονται στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων.[18]

Οι απαιτήσεις ασφαλείας είναι οι παρακάτω:

- **Αυθεντικοποίηση:** Είναι υποχρεωτική η αυθεντικοποίηση των αποστολέων των μηνυμάτων.
- **Ιδιωτικότητα:** Πρέπει να εξασφαλίζεται η ιδιωτικότητα των δεδομένων των οδηγών.
- **Μη - άρνηση:** Οι οδηγοί που προκαλούν ατυχήματα πρέπει να αναγνωρίζονται με αξιόπιστο τρόπο.

- **Διαθεσιμότητα:** Τα δίκτυα τέτοιου τύπου πρέπει να παραμένουν διαθέσιμα ανά πάσα χρονική στιγμή, έχοντας σαν στόχο την αποδοτική διαχείριση κυκλοφορίας.

Όσο αφορά τις προκλήσεις, συνοπτικά αναφέρονται:

- **Διαφοροποίηση των πηγών επιθέσεων:** Θα πρέπει να πραγματοποιείται διαχωρισμός των πηγών των επιθέσεων και πληροφορίες να διανέμονται με ασφαλή τρόπο και να προστατεύονται από κάθε είδος επίθεσης.
- **Υψηλή κινητικότητα:** Τα έξυπνα οχήματα δραστηριοποιούνται σε δυναμικά περιβάλλοντα, όπου πραγματοποιούνται πολύ συχνές αλλαγές στην τοπολογία του δικτύου.
- **Ετερογένεια:** Η διαφορετικότητα των οντοτήτων που συμμετέχουν σε ένα δίκτυο μεταφορών εγείρει σημαντικά ζητήματα ασφάλειας όσο αφορά τα είδη των επιθέσεων που μπορούν να εξαπολυθούν.

#### 2.5.4. Έξυπνες Πόλεις

Σαν στόχο έχουν την ενίσχυση της χρήσης των δημοσίων αγαθών και την αύξηση της ποιότητας των υπηρεσιών που παρέχονται στους πολίτες. Για τον λόγο αυτό είναι εγκατεστημένοι αισθητήρες σε διάφορα σημεία των πόλεων. [19]

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, παρουσιάζουμε τις απαιτήσεις αφελείας:

- **Εμπιστευτικότητα** των πληροφοριών που ανταλλάζονται
- **Αυθεντικοποίηση** των χρηστών και των πηγών πληροφορίας
- **Ακεραιότητα** των δεδομένων, τα οποία είναι κρίσιμης σημασίας για την λήψη αποφάσεων



- **Διαθεσιμότητα** των δεδομένων στους χρήστες και όσους λαμβάνουν αποφάσεις

Ενώ, οι προκλήσεις είναι οι παρακάτω:

- **Υψηλό επίπεδο ετερογένειας:** Στην περίπτωση των έξυπνων πόλεων, χρησιμοποιούνται ετερογενείς έξυπνες συσκευές από άποψη δυνατοτήτων, συμπεριφοράς και στόχων.
- **Επεκτασιμότητα:** Πρόκειται για σημαντικό ζήτημα, το οποίο σχετίζεται με την εκθετική αύξηση του πλήθους των συσκευών.
- **Ζητήματα Διαχείρισης Δεδομένων:** Υπάρχουν ζητήματα, τα οποία σχετίζονται με την οριοθέτηση των δεδομένων, τον έλεγχο πρόσβασης, την ακεραιότητα και την ιδιωτικότητα.

### 2.5.5. Βιομηχανία

Την σημερινή εποχή, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην βιομηχανία, καθώς αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη λύση στην αυτοματοποίηση των διαδικασιών και στον έλεγχο της αλυσίδας παραγωγής. Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην περίπτωση αυτή είναι: M2M επικοινωνία, ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, τεχνολογίες αυτοματισμού, καθώς και Big Data.[20]

Οι απαιτήσεις ασφαλείας στην συγκεκριμένη περίπτωση:

- **Διαθεσιμότητα του συστήματος:** Είναι κρίσιμης σημασία η συνέχιση της λειτουργίας των κρίσιμων υποδομών, ακόμη και σε κρίσιμες περιστάσεις
- **Ακεραιότητα:** Κάθε βιομηχανικό σύστημα απαιτεί αξιόπιστες πληροφορίες προκειμένου να αποφύγει οποιαδήποτε αποτυχία ή φυσική καταστροφή.

- **Εμπιστευτικότητα:** Η βιομηχανική διαδικασία πρέπει να διατηρείται απόρρητη απέναντι σε επίδοξους επιτιθέμενους.
- **Αυθεντικοποίηση:** Υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες μερικές παραγωγικές διαδικασίες δίνονται σε τρίτες οντότητες. Τέτοιου τύπου οντότητες πρέπει να αυθεντικοποιούνται.

Όσο αφορά τις προκλήσεις:

- **Κυβερνοεπιθέσεις – Φυσικές Επιθέσεις :** Δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι τα βιομηχανική συστήματα αποτελούν τα πιο δημοφιλή συστήματα όσο αφορά την πραγματοποίηση επιθέσεων.
- **Ζητήματα επεκτασιμότητας:** Καθώς τα συστήματα που πραγματοποιούν κυβερνοεπιθέσεις και φυσικές επιθέσεις επεκτείνονται ραγδαία, θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα προς την συγκεκριμένη κατεύθυνση.
- **Έλλειψη προτυποποίησης:** Δεν υπάρχει κάποιο συγκεκριμένο πρωτόκολλο το οποίο να χρησιμοποιείται σε τέτοιου τύπου συστήματα.
- **Περιορισμός στην χρήση πόρων:** οι συσκευές που χρησιμοποιούνται για την συλλογή και ανταλλαγή δεδομένων παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς τους πόρους που χρησιμοποιούν

## 2.6. Λύσεις ασφάλειας βασισμένες στην εμπιστευτικότητα

### 2.6.1. Λύσεις Συμμετρικού Κλειδιού

Στην συγκεκριμένη περίπτωση, κάθε οντότητα του συστήματος θα πρέπει να μοιράζεται συμμετρικά κλειδιά με άλλες οντότητες του συστήματος. Το κύριο πλεονέκτημα τέτοιου τύπου τεχνικών είναι η αποτελεσματικότητά τους και η ευκολία υλοποίησής τους. Ωστόσο υπάρχουν προβληματισμοί σχετικά με ζητήματα

επεκτασιμότητας και ζητήματα διαχείρισης των κλειδιών. Το γεγονός δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, όπου υπάρχουν αρκετές συσκευές οι οποίες ανταλλάσσουν δεδομένα σε περιβάλλοντα τα οποία εξελίσσονται δυναμικά.

Σε λύσεις συμμετρικού κλειδιού, κάθε συσκευή θα πρέπει να διατηρεί ιδιωτικά κλειδιά με όλες τις συσκευές του συστήματος, προκειμένου να μπορεί να ανταλλάσσει δεδομένα. Τέλος, όσο αφορά την διανομή των κλειδιών, υπάρχουν 2 παραλλαγές: η πιθανοτική διανομή κλειδιού και η ντετερμινιστική διανομή κλειδιού. Στις ντετερμινιστικές προσεγγίσεις, κάθε οντότητα πρέπει να εγκαθιστά μια ασφαλή σύνδεση με τις υπόλοιπες οντότητες, προκειμένου να δημιουργείται μια πλήρως ασφαλής συνδεσιμότητα. Το πλήθος των κλειδιών στην περίπτωση αυτή αυξάνεται τετραγωνικά σε σχέση με το πλήθος των οντοτήτων που επικοινωνούν. Αντίθετα, στις πιθανοτικές προσεγγίσεις, δεν υπάρχει εγγύηση ότι κάθε κόμβος του δικτύου θα μοιραστεί ένα ασφαλές κλειδί με όλους τους υπόλοιπους κόμβους του δικτύου, αλλά οι κόμβοι μοιράζονται κλειδιά με γείτονές τους σύμφωνα με κάποια πιθανοτική κατανομή έτσι ώστε να σχηματίζονται ασφαλή μονοπάτια για την μετάδοση πληροφοριών. [21]

### **2.6.2. Παραδοσιακές Μέθοδοι Δημοσίου Κλειδιού**

Οι παραδοσιακές ασύμμετρες προσεγγίσεις ομαδοποιούν όλες τις μεθόδους που βασίζονται στα δημόσια κλειδιά και απαιτεί από την αρχή να εκδίδει πιστοποιητικά σε διαφορετικούς χρήστες στο σύστημα. Στην συγκεκριμένη περίπτωση συναντάμε τα κρυπτοσυστήματα RSA, DSA, ElGamal, NTRU και ECC. Τα πλεονεκτήματα των προσεγγίσεων αυτών είναι η ευελιξία τους, η επεκτασιμότητά τους, και η αποτελεσματικότητα διαχείρισης κλειδιών. Ωστόσο, τέτοιου τύπου λύσεις είναι

ενεργειακά δαπανηρές, γεγονός που δεν ενδείκνυται για συσκευές με περιορισμού.  
[22]

### **2.6.3. Κρυπτογραφία βασισμένη στην ταυτότητα (IBE)**

Το βασικό πρόβλημα στα παραδοσιακά κρυπτοσυστήματα δημοσίου κλειδιού είναι ότι δεν είναι αρκετά επεκτάσιμα. Για τον λόγο αυτό έχουν εισαχθεί τα IBE εργαλεία, τα οποία έχουν εισάγει μια νέα έννοια, η οποία είναι η ταυτότητα του χρήστη. Παρά την επεκτασιμότητα και αποτελεσματικότητα, τέτοιου τύπου τεχνικές δεν είναι κατάλληλες για την περίπτωση του IoT, επειδή είναι ακριβές και απαιτούν υψηλή κατανάλωση πόρων. [23]

### **2.6.4. Κρυπτογραφία βασισμένη στα χαρακτηριστικά (ABE)**

Ο συγκεκριμένος τύπος κρυπτογραφίας εισάγει έναν ακριβό τρόπο ελέγχου πρόσβασης στα ιδιωτικά δεδομένα, χρησιμοποιώντας μια δομή πολιτικής πρόσβασης η οποία καθορίζει τις σχέσεις ανάμεσα σε ένα σύνολο από χαρακτηριστικά τα οποία χρησιμοποιούνται για την κρυπτογράφηση των δεδομένων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιείται ένας server παραγωγής κλειδιών (KSG), ο οποίος παράγει για κάθε χρήστη ένα ιδιωτικό κλειδί με βάση τα χαρακτηριστικά του και ένα δημόσιο κλειδί, με βάση κάποια προκαθορισμένη πολιτική. Ένας χρήστης μπορεί να αποκρυπτογραφήσει τα δεδομένα, μόνο εάν διαθέτει τα απαραίτητα χαρακτηριστικά, που ικανοποιούν την πολιτική. [24]

## 2.7. Λύσεις βασισμένες στην Ιδιωτικότητα

### 2.7.1. Ιδιωτικότητα των Δεδομένων

Η ετικετοποίηση των δεδομένων αποτελεί μία από τις πιο γνωστές τεχνικές, που χρησιμοποιείται κυρίως για να διασφαλίσει την ιδιωτικότητα των ροών δεδομένων. Η βασική ιδέα πίσω από την συγκεκριμένη περίπτωση είναι η συσχέτιση ετικετών με ροές δεδομένων, έτσι ώστε να επιτρέπεται σε έμπιστες οντότητες να αναφέρονται σε ροές ιδιωτικών δεδομένων. Ωστόσο, ο συγκεκριμένος μηχανισμός μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε συσκευές οι οποίες παρουσιάζουν περιορισμούς ως προς την χρήση πόρων.

Επιπλέον, ο μηχανισμός ZKP [25] αποτελεί έναν δυναμικό μηχανισμό, που χρησιμοποιείται για να διασφαλίσει τις ταυτότητες των χρηστών. Η βασική ιδέα πίσω από αυτόν τον μηχανισμό είναι να επιτρέπει στο ένα μέλος να παρουσιάσει στο άλλο μέλος κάποια είδος ιδιοκτησίας, αποδεικνύοντας ότι κατέχει κάποιες πληροφορίες χωρίς να τις αποκαλύψει. Το μοντέλο κ-ανωνυμίας [26] αποτελεί μια άλλη προσέγγιση για την προστασία της ιδιωτικότητας των δεδομένων. Λειτουργεί, λαμβάνοντας υπόψη ένα σύνολο ομοιογενών δεδομένων, που είναι αποθηκευμένα σε έναν πίνακα όπου κάθε στήλη αντιπροσωπεύει μια εγγραφή αυτών των δεδομένων και ανήκει σε συγκεκριμένο χρήστη. Τα μοντέλα κ-ανωνυμίας στοχεύουν να προστατεύσουν κάθε εγγραφή στον πίνακα και να την

κάνουν να μην διακρίνεται από τουλάχιστον  $k - 1$  εγγραφές στον ίδιο πίνακα, αποκρύπτοντας τις ευαίσθητες πληροφορίες σχετικά με τον κάτοχό της.

### **2.7.2. Ιδιωτικότητα των συμπεριφορών των χρηστών**

Στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων, χρήστες και αντικείμενα πραγματοποιούν ενέργειες στα συστήματα, όπως η πρόσβαση σε δεδομένα αισθητήρων. Για τον λόγο αυτό είναι απαραίτητο να προστατευθεί η συμπεριφορά τους απέναντι σε χρήστες που είναι κακόβουλοι. Σύμφωνα με μελέτες που έχουν γίνει, οι αποκεντριοποιημένες προσεγγίσεις μπορούν να ενισχύσουν την ιδιωτικότητα περισσότερο σε σχέση με τις κεντριοποιημένες, καθώς δεν βασίζονται σε κάποια κεντρική οντότητα που να καταγράφει δεδομένα και ροές. [27]

## **2.8. Λύσεις βασισμένες στην διαθεσιμότητα**

### **2.8.1. Μέθοδοι ανίχνευσης IP**

Αποτελούν δυναμικούς μηχανισμούς, που εφαρμόζονται ευρέως σε IP δίκτυα, όπως είναι το Διαδίκτυο. Στόχος τους είναι η ανίχνευση DoS και IP flooding επιθέσεων σε πραγματικό χρόνο. Οι μέθοδοι αυτές στοχεύουν κυρίως στην ενίσχυση των IP πρωτοκόλλων, καθώς σχεδιάζονται σαν προσαρμογές των παραδοσιακών TCP/IP πρωτοκόλλων στο IoT. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων πρωτοκόλλων αποτελούν το DTLS, 6Lo-WPAN και RPL, τα οποία προσαρμόστηκαν στις συνθήκες του IoT για την εξασφάλιση εμπιστευτικότητας και ακεραιότητας στην ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των συσκευών. [28]

### **2.8.2. Τεχνικές βασισμένες στην Τεχνητή Νοημοσύνη**

Τέτοιου τύπου τεχνικές, με χαρακτηριστικότερη αυτή των Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων, αποτελούν μία από τις πιο δυναμικές τεχνικές για την σχεδίαση αποτελεσματικών συστημάτων ανίχνευσης εισβολών. Σε μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχουν εξεταστεί 2 είδη Νευρωνικών Δικτύων: α) Πολυεπίπεδο Perceptron με περιορισμένα βάρη και β) Πολυεπίπεδο Perceptron με κανονικά βάρη. Άλλες έρευνες έχουν εξετάσει την χρήση του αλγορίθμου Συσσωρευτικού Αθροίσματος για την ανίχνευση DDoS επιθέσεων στο IoT, μέσω της ανάλυσης της κίνησης του δικτύου και του υπολογισμού στατιστικών ιδιοτήτων. [29]

## **2.9. Σύγχρονες προσεγγίσεις ασφάλειας στο IoT**

### **2.9.1. Λύσεις βασισμένες στα SDN**

Τα SDN δίκτυα αποτελούν μια νέα πραγματικότητα, η οποία έχει φέρει επανάσταση στον τρόπο διαχείρισης των δικτύων. Αποτελούν μια αποτελεσματική λύση η οποία εφαρμόζεται προκειμένου να αντιμετωπίσει πολλές προκλήσεις στην περίπτωση των IoT περιβαλλόντων, όπου οι περισσότερες συσκευές διαθέτουν περιορισμένους πόρους. Η ανάπτυξη των SDN δικτύων έρχεται να λειτουργήσει συνδυαστικά με την τεχνική NVF, έτσι ώστε να γίνεται αποδοτική ανάθεση πόρων στις IoT συσκευές. Και στην συγκεκριμένη περίπτωση όμως υπάρχουν προκλήσεις, οι οποίες σχετίζονται με το ζήτημα της ασφάλειας [30]:

- Σε γενικές γραμμές, οι λύσεις ασφάλειας που βασίζονται στην τεχνολογία SDN έχουν σχεδιαστεί ώστε να λειτουργούν σε κεντροποιημένες αρχιτεκτονικές. Τέτοιου τύπου αρχιτεκτονικές είναι ευάλωτες στην διεξαγωγή επιθέσεων.
- Οι SDN προσεγγίσεις έχουν ζητήματα επεκτασιμότητας. Οι SDN controllers δεν μπορούν να χειριστούν αποτελεσματικά το μεγάλο πλήθος συσκευών.
- Σε πολύ δυναμικά περιβάλλοντα, όπου η τοπολογία δικτύου μεταβάλλεται πολύ συχνά και ο όγκος των μηνυμάτων που ανταλλάσσονται είναι πολύ μεγάλος, οι SDN προσεγγίσεις εξακολουθούν να είναι περιορισμένες

### 2.9.2. Λύσεις βασισμένες στην τεχνολογία Blockchain

Χωρίς να αναφέρουμε εισαγωγικά στοιχεία για την τεχνολογία Blockchain και ξεφύγουμε από τα όρια της διπλωματικής εργασίας, θα ξεκινήσουμε με την παρουσίαση των οφελών της τεχνολογίας αυτής για το IoT [31]:

- **Αποκεντροποίηση:** Εξαιτίας της αρχιτεκτονικής της, η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι πιο κατάλληλη σαν λύση που παρέχει ασφάλεια στο IoT, καθώς καθιστά τις λύσεις ασφαλείας περισσότερο επεκτάσιμες και μπορεί να λύσει το πρόβλημα αποτυχίας του ενός σημείου. Με τον τρόπο αυτό είναι λιγότερο ευάλωτη στις Dos επιθέσεις
- **Ψευδωνυμία:** Οι κόμβοι στο blockchain προσδιορίζονται με βάση τα δημόσια κλειδιά. Αυτά τα ψευδώνυμα δεν συνδέονται με καμία πληροφορία σχετική με την ταυτότητα των κόμβων που συμμετέχουν.
- **Ασφάλεια Συναλλαγών:** Κάθε συναλλαγή, πριν σταλεί από το blockchain δίκτυο, υπογράφεται από τον κόμβο και πρέπει να επαληθευτεί και



επικυρωθεί από τους miners. Μετά την επικύρωση, είναι πρακτικά αδύνατον να τροποποιηθούν οι συναλλαγές που έχουν ήδη αποθηκευτεί.

Τέλος, αναφέρουμε τις προκλήσεις που υπάρχουν στην χρήση του blockchain στο IoT:

- **Ζητήματα υπολογισμών και αποθήκευσης:** Όπως έχει αναφερθεί ξανά, οι IoT συσκευές διαθέτουν περιορισμένες δυνατότητες. Για τον λόγο αυτό, πρέπει η τεχνολογία blockchain να παραμετροποιηθεί πριν εφαρμοστεί σαν λύση ασφάλειας για το IoT.
- **Χρονοκαθυστέρηση:** Η επικύρωση των συναλλαγών χρειάζεται αρκετά λεπτά, γεγονός το οποίο δημιουργεί πρόβλημα σε εφαρμογές πραγματικού χρόνου.
- **Ζητήματα επεκτασιμότητας:** Παρά την επιτυχή εφαρμογή της συγκεκριμένης τεχνολογίας, μέχρι στιγμής δεν είναι πλήρως επεκτάσιμη στην περίπτωση του Διαδικτύου των Πραγμάτων.
- **Κατανάλωση Εύρους Ζώνης:** Καθώς οι IoT συσκευές δημιουργούν έναν τεράστιο όγκο συναλλαγών, δημιουργείται σοβαρό πρόβλημα εάν απαιτείται σε κάθε συναλλαγή η διαδικασία της επικύρωσης, καθώς απαιτεί σημαντικό ποσοστό του διαθέσιμου εύρους ζώνης.
- **Ανωνυμία:** Στην πραγματικότητα, η τεχνολογία blockchain δεν διασφαλίζει πλήρως ανώνυμες συναλλαγές. Στην ουσία, οι συμβαλλόμενοι προσδιορίζονται με βάση ψευδώνυμα, τα οποία μπορούν να ιχνηλατηθούν.

## Κεφάλαιο 3: Health IoT Συστήματα

### 3.1. Αρχιτεκτονική

Το πλαίσιο του IoT που χρησιμοποιείται για εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης βοηθά στην ενσωμάτωση των πλεονεκτημάτων της τεχνολογίας IoT και του υπολογιστικού νέφους (cloud computing) με τον τομέα της ιατρικής. Καθορίζει επίσης τα πρωτόκολλα για τη μετάδοση των δεδομένων του ασθενούς από πολυάριθμους αισθητήρες και ιατρικές συσκευές εντός ενός δικτύου. [32]

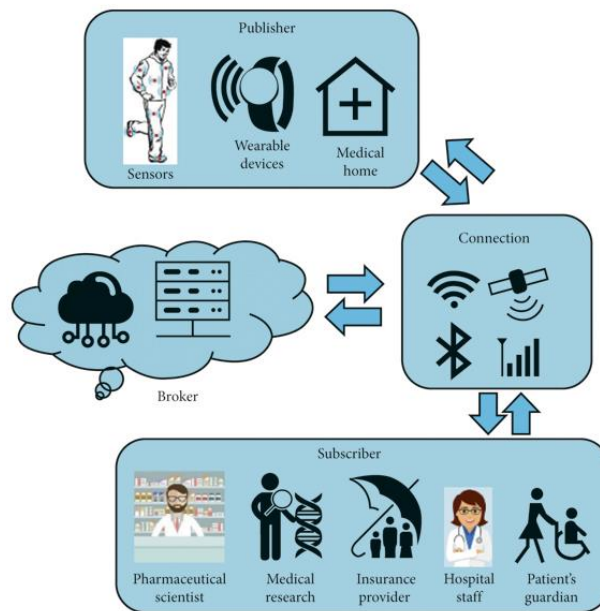
Ένα βασικό σύστημα ΗIoT περιέχει κυρίως τα παρακάτω συστατικά:

- Εκδότης (Publisher)
- Μεσίτης (Broker)
- Συνδρομητής (Subscriber)

Ο εκδότης (publisher) αντιπροσωπεύει ένα δίκτυο συνδεδεμένων αισθητήρων και άλλων ιατρικών συσκευών που μπορεί να λειτουργούν μεμονωμένα ή ταυτόχρονα για την καταγραφή των ζωτικών πληροφοριών του ασθενούς. Αυτές οι πληροφορίες μπορεί να περιλαμβάνουν την αρτηριακή πίεση, τον καρδιακό ρυθμό, τη θερμοκρασία, τον κορεσμό οξυγόνου, το ηλεκτροκαρδιογράφημα, το ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, και το ηλεκτρομυογράφημα. Ο εκδότης μπορεί να στέλνει αυτές τις πληροφορίες συνεχώς μέσω ενός δικτύου σε έναν μεσίτη.

Ο μεσίτης (broker) είναι υπεύθυνος για την επεξεργασία και την αποθήκευση των αποκτηθέντων δεδομένων στο νέφος (cloud). Τέλος, ο συνδρομητής (subscriber) επιδίδεται στη συνεχή παρακολούθηση των πληροφοριών του ασθενούς που

μπορούν να προσεγγιστούν και να απεικονιστούν μέσω κάποιας συσκευής. Επιπλέον, ο εκδότης μπορεί να επεξεργαστεί αυτά τα δεδομένα και να δώσει ανατροφοδότηση μετά την παρατήρηση οποιασδήποτε ανωμαλίας στην κατάσταση υγείας του ασθενούς.

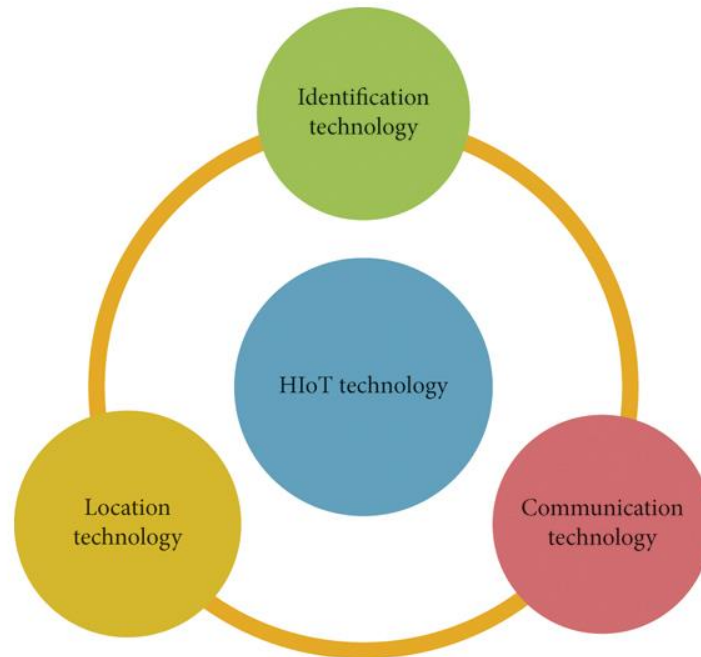


Εικόνα 1: Αρχιτεκτονική HIoT [32]

### 3.2. Τεχνολογίες

Οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη ενός συστήματος HIoT είναι ζωτικής σημασίας. Αυτό συμβαίνει επειδή η χρήση συγκεκριμένης τεχνολογίας μπορεί να ενισχύσει την ικανότητα ενός τέτοιου τύπου συστήματος. Ως εκ τούτου, για την ενσωμάτωση διαφορετικών εφαρμογών υγειονομικής περίθαλψης με ένα σύστημα IoT, έχουν υιοθετηθεί διάφορες τεχνολογίες τελευταίας γενιάς. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν γενικά να κατηγοριοποιηθούν σε τρεις κατηγορίες [32]:

- Τεχνολογία αναγνώρισης
- Τεχνολογία επικοινωνιών
- Τεχνολογία τοποθεσίας



Εικόνα 2: Τεχνολογίες HIoT [32]

### 3.2.1. Τεχνολογία Αναγνώρισης

Ένα σημαντικό ζήτημα στον σχεδιασμό ενός συστήματος HIoT είναι η προσβασιμότητα των δεδομένων του ασθενούς από τον εξουσιοδοτημένο κόμβο (αισθητήρα), ο οποίος μπορεί να βρίσκεται σε απομακρυσμένες τοποθεσίες. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με αποτελεσματική αναγνώριση των κόμβων και των αισθητήρων που υπάρχουν στο εκάστοτε χρησιμοποιούμενο δίκτυο. Η ταυτοποίηση ακολουθεί τη διαδικασία εκχώρησης ενός μοναδικού αναγνωριστικού

(UID) [33] σε κάθε εξουσιοδοτημένο φορέα, έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωριστεί εύκολα και να επιτευχθεί ασφαλής ανταλλαγή δεδομένων. Γενικά, κάθε πόρος που σχετίζεται με το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης (νοσοκομείο, γιατρός, νοσηλεύτης, φροντιστής, ιατρική συσκευή) συνοδεύεται από ψηφιακό UID. Αυτό εξασφαλίζει τον προσδιορισμό των πόρων καθώς και τη σύνδεση μεταξύ των πόρων σε έναν ψηφιακό χώρο. Στη βιβλιογραφία έχουν αναφερθεί πολυάριθμα πρότυπα αναγνώρισης. Χαρακτηριστικές είναι οι περιπτώσεις των GUID και UUID.[34]

### 3.2.2. Τεχνολογία Επικοινωνίας

Οι τεχνολογίες επικοινωνίας εξασφαλίζουν τη σύνδεση μεταξύ διαφορετικών οντοτήτων σε ένα δίκτυο ΗΙοΤ. Αυτές οι τεχνολογίες μπορούν να χωριστούν σε τεχνολογίες επικοινωνίας μικρής και μεσαίας εμβέλειας. Οι τεχνολογίες επικοινωνίας μικρής εμβέλειας είναι τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σύνδεσης μεταξύ των αντικειμένων εντός περιορισμένης εμβέλειας ή ενός δικτύου περιοχής σώματος (body area network), ενώ οι τεχνολογίες επικοινωνίας μεσαίας εμβέλειας συνήθως υποστηρίζουν επικοινωνία για μεγάλη απόσταση, π.χ. επικοινωνία μεταξύ ενός σταθμού βάσης και του κεντρικού κόμβου ενός δικτύου περιοχής σώματος. Η απόσταση επικοινωνίας μπορεί να κυμαίνεται από μερικά εκατοστά έως αρκετά μέτρα στην περίπτωση επικοινωνίας μικρής εμβέλειας. Στις περισσότερες εφαρμογές Ιοτ, προτιμάται η τεχνολογία επικοινωνίας μικρής εμβέλειας. Μερικές από τις πλέον διαδεδομένες τεχνικές επικοινωνίας είναι οι παρακάτω [35]:

- **RFID (Radio – Frequency Identification):** Η τεχνική RFID χρησιμοποιείται για επικοινωνία μικρής εμβέλειας (10 cm-200 m). Αποτελείται από μια ετικέτα

και έναν αναγνώστη. Η ετικέτα αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας μικροσίπ και κεραία. Χρησιμοποιείται για την μοναδική αναγνώριση ενός αντικειμένου / συσκευής (εξοπλισμού υγειονομικής περίθαλψης) στο περιβάλλον του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Ο αναγνώστης μεταδίδει ή λαμβάνει πληροφορίες από το αντικείμενο επικοινωνώντας με μια ετικέτα χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα.

- **Bluetooth:** Η τεχνολογία Bluetooth είναι επίσης μια τεχνολογία ασύρματης επικοινωνίας μικρής απόστασης που χρησιμοποιεί ραδιοκύματα UHF (εξαιρετικά υψηλής συχνότητας). Αυτή η τεχνολογία επιτρέπει την ασύρματη σύνδεση μεταξύ δύο ή περισσότερων ιατρικών συσκευών. Το εύρος συχνοτήτων του Bluetooth είναι 2.4 GHz. Το πρωτόκολλο Bluetooth παρουσιάζει εύρος επικοινωνίας έως 100 μέτρα και παρέχει προστασία δεδομένων με τη μορφή ελέγχου ταυτότητας και κρυπτογράφησης.
- **Zigbee:** Είναι ένα από τα τυποποιημένα πρωτόκολλα που διασυνδέει ιατρικές συσκευές και μεταδίδει πληροφορίες. Το εύρος συχνοτήτων του Zigbee είναι παρόμοιο με το Bluetooth (2.4 GHz). Ωστόσο, διαθέτει υψηλότερο εύρος επικοινωνίας από αυτό των συσκευών Bluetooth. Αυτή η τεχνολογία υιοθετεί μια τοπολογία δικτύου πλέγματος.
- **Near-Field Communication (NFC):** Η βασική ιδέα της τεχνολογίας NFC είναι η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή μεταξύ των κεραίων δύο βρόχων που τοποθετούνται κοντά ο ένας στον άλλο. Αυτή η τεχνολογία είναι παρόμοια με την RFID, που χρησιμοποιεί επίσης ηλεκτρομαγνητική επαγωγή για τη μετάδοση δεδομένων. Οι συσκευές NFC μπορούν να λειτουργούν σε δύο λειτουργίες: ενεργή και παθητική.
- **Wi-Fi:** Είναι ένα ασύρματο τοπικό δίκτυο (WLAN) που ακολουθεί το πρότυπο IEEE 802.11. Παρέχει υψηλότερη εμβέλεια μετάδοσης σε σύγκριση με το Bluetooth. Το Wi-Fi δημιουργεί ένα δίκτυο πολύ γρήγορα και εύκολα.

- **Δορυφόρος:** Η δορυφορική επικοινωνία είναι πιο αποτελεσματική και επωφελής σε απομακρυσμένες και ευρέως διαχωρισμένες γεωγραφικές περιοχές, όπου άλλοι τρόποι επικοινωνίας δεν μπορούν να φτάσουν εύκολα. Ο δορυφόρος λαμβάνει σήματα από τη γη, ενισχύει αυτά τα σήματα και στη συνέχεια τα στέλνει ξανά στη γη. Το πλεονέκτημα της τεχνολογίας δορυφορικών επικοινωνιών περιλαμβάνει μεταφορά δεδομένων υψηλής ταχύτητας, άμεση ευρυζωνική πρόσβαση, σταθερότητα και συμβατότητα της τεχνολογίας. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας που σχετίζεται με τη δορυφορική επικοινωνία είναι πολύ υψηλή σε σύγκριση με άλλες τεχνικές επικοινωνίας.

### 3.2.3. Τεχνολογία Εντοπισμού Θέσης

Το σύστημα εντοπισμού θέσης σε πραγματικό χρόνο (RTLS) ή οι τεχνολογίες εντοπισμού θέσης χρησιμοποιούνται για τον εντοπισμό και την παρακολούθηση της θέσης ενός αντικειμένου εντός ενός δικτύου υγειονομικής περίθαλψης. Παρακολουθεί επίσης τη διαδικασία επεξεργασίας με βάση την κατανομή των διαθέσιμων πόρων. Μία από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες είναι το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης, το οποίο είναι κοινώς γνωστό ως GPS. Χρησιμοποιεί δορυφόρους για σκοπούς παρακολούθησης. Πιο συγκεκριμένα, ένα αντικείμενο μπορεί να ανιχνευθεί μέσω GPS, εφόσον υπάρχει μια σαφής οπτική γραμμή μεταξύ του αντικειμένου και τεσσάρων διαφορετικών δορυφόρων. Στην περίπτωση των ΗΙοΤ συστημάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της θέσης του ασθενοφόρου, του παρόχου υγειονομικής περίθαλψης, των φροντιστών, και των ασθενών. Ωστόσο, η εφαρμογή του GPS περιορίζεται μόνο σε εξωτερικές εφαρμογές, καθώς οι γύρω υποδομές μπορούν να λειτουργήσουν ως

εμπόδιο στην επικοινωνία μεταξύ του αντικειμένου και του δορυφόρου. Σε τέτοιες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά ένα δίκτυο τοπικής τοποθέτησης (LPS). Το δίκτυο LPS μπορεί να παρακολουθεί ένα αντικείμενο ανιχνεύοντας το ραδιοσήμα που εκπέμπεται από το μετακινούμενο αντικείμενο σε μια σειρά από προκαθορισμένους δέκτες. [36]

### **3.3. Εφαρμογές**

#### **3.3.1. Παρακολούθηση ηλεκτροκαρδιογραφήματος**

Ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα παρέχει πληροφορίες σχετικά με τους βασικούς ρυθμούς των καρδιακών μυών και λειτουργεί ως δείκτης για διάφορες καρδιακές ανωμαλίες. Η χρήση της τεχνολογίας IoT έχει βρει σημαντική εφαρμογή στην έγκαιρη ανίχνευση καρδιακών ανωμαλιών μέσω παρακολούθησης ηλεκτροκαρδιογραφημάτων. Πολλές μελέτες στο παρελθόν έχουν χρησιμοποιήσει το IoT για την παρακολούθηση ηλεκτροκαρδιογραφημάτων. Μία μελέτη έχει προτείνει ένα σύστημα παρακολούθησης ηλεκτροκαρδιογραφήματος βασισμένο σε IoT που αποτελείται από ένα ασύρματο σύστημα απόκτησης δεδομένων και έναν επεξεργαστή λήψης [37]. Χρησιμοποίησε μια μέθοδο αυτοματοποίησης αναζήτησης, που εφαρμόστηκε για την ανίχνευση καρδιακής ανωμαλίας σε πραγματικό χρόνο. Σε μία άλλη μελέτη, προτάθηκε ένα σύστημα παρακολούθησης ηλεκτροκαρδιογραφήματος χαμηλής ισχύος, το οποίο ενσωματώθηκε σε ένα μπλουζάκι [38]. Χρησιμοποίησε ένα βιοδυναμικό τσιπ για τη συλλογή δεδομένων ηλεκτροκαρδιογραφήματος υψηλής ποιότητας. Τα καταγεγραμμένα δεδομένα μεταδόθηκαν στη συνέχεια στους τελικούς χρήστες μέσω Bluetooth. Τα



καταγεγραμμένα δεδομένα μπορούν να απεικονιστούν χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή για κινητές συσκευές.

Σε μια άλλη προσέγγιση, προτάθηκε ένα σύστημα παρακολούθησης ηλεκτροκαρδιογραφήματος, που μπορεί να χειριστεί τη μακροπρόθεσμη και συνεχή παρακολούθηση ενσωματώνοντας την έννοια της νανοηλεκτρονικής, των μεγάλων δεδομένων και του IoT [39]. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μία επιπλέον έρευνα, οι συγγραφείς προσπάθησαν να επιλύσουν το ζήτημα της κατανάλωσης ενέργειας που σχετίζεται με ένα φορητό σύστημα παρακολούθησης ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Έχουν προτείνει μια μέθοδο, η οποία ονομάζεται συμπίεστική ανίχνευση, και μπορεί να βελτιστοποιήσει την κατανάλωση ενέργειας και να παρέχει βέλτιστη απόδοση όσο αφορά την παρακολούθηση.[40]

### **3.3.2. Παρακολούθηση επιπέδου γλυκόζης**

Ο διαβήτης αποτελεί μία κατάσταση κατά την οποία το επίπεδο γλυκόζης στο αίμα παραμένει υψηλό για παρατεταμένο χρονικό διάστημα. Είναι μια από τις πιο συχνές ασθένειες στον άνθρωπο. Οι τρεις τύποι διαβήτη είναι: ο διαβήτης τύπου 1, ο διαβήτης τύπου 2 και ο διαβήτης κύησης.

Η πρόσφατη εξέλιξη στην τεχνολογία IoT έχει χρησιμοποιηθεί για το σχεδιασμό διαφόρων φορητών συσκευών για την παρακολούθηση της γλυκόζης στο αίμα που είναι μη επεμβατική, άνετη, βολική και ασφαλής. Σε μία μελέτη, έχει προταθεί μη επεμβατικός γλυκομετρητής με βάση το m-IoT (mobile – IoT) για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των επιπέδων γλυκόζης στο αίμα [41]. Σε μία άλλη προσέγγιση έχει σχεδιάσει ένα γάντι για τη μέτρηση του επιπέδου γλυκόζης στο αίμα με χρήση κάμερας Raspberry Pi και μια ορατής δέσμης λέιζερ. Ένα σύνολο εικόνων που ελήφθησαν από την άκρη του δακτύλου χρησιμοποιήθηκε για την

ανίχνευση της διαβητικής κατάστασης των ασθενών [42]. Σε μια άλλη μελέτη, ένας αλγόριθμος βασισμένος σε διπλό κινούμενο μέσο όρο (double moving average) χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση του επιπέδου γλυκόζης [43]. Αξίζει επίσης να διευκρινιστεί ότι οπτικοί αισθητήρες, όπως το υπέρυθρο LED, έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση του επιπέδου γλυκόζης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, το φωτεινό σήμα που ανακλάται από το ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του επιπέδου γλυκόζης.[44]

### **3.3.3. Παρακολούθηση θερμοκρασίας**

Η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος αποτελεί σημαντικό μέρος πολλών διαγνωστικών διαδικασιών. Επιπλέον, μια αλλαγή στη θερμοκρασία του σώματος μπορεί να αποτελέσει ένα προειδοποιητικό σημάδι σε ορισμένες ασθένειες. Η παρακολούθηση της αλλαγής της θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου βοηθά τους γιατρούς να εξάγουν συμπεράσματα σχετικά με την κατάσταση της υγείας του ασθενούς σε πολλές περιπτώσεις ασθενειών. Ο συμβατικός τρόπος μέτρησης της θερμοκρασίας είναι η χρήση θερμομέτρου που είτε συνδέεται με το στόμα ή το αυτί. Όμως, η χαμηλή άνεση του ασθενούς και οι υψηλές πιθανότητες μόλυνσης είναι πάντα ένα πρόβλημα με αυτές τις μεθόδους.

Ωστόσο, η πρόσφατη ανάπτυξη τεχνολογιών που βασίζονται στο IoT έχει προτείνει διάφορες λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Σε μια μελέτη, προτάθηκε μια φορητή συσκευή, που θα μπορούσε να φορεθεί στο αυτί, η οποία παρακολουθεί τη θερμοκρασία του σώματος από την τυμπανική μεμβράνη χρησιμοποιώντας έναν αισθητήρα υπέρυθρων [45]. Μια άλλη προσέγγιση έχει αναπτύξει ένα σύστημα παρακολούθησης θερμοκρασίας με βάση το IoT χρησιμοποιώντας Arduino και Raspberry Pi. Τα δεδομένα θερμοκρασίας αποθηκεύτηκαν στη βάση δεδομένων και

εμφανίστηκαν σε μια ιστοσελίδα, η οποία μπορούσε να προσεγγιστεί μέσω επιτραπέζιου υπολογιστή ή κινητού τηλεφώνου [46]. Σε μια άλλη μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν φορητοί αισθητήρες για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του σώματος σε βρέφη σε πραγματικό χρόνο. Το σύστημα, το οποίο υλοποιήθηκε, μπορεί να στέλνει ειδοποιήσεις στους γονείς κάθε φορά που υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας πάνω από μια κρίσιμη τιμή.[47]

### **3.3.4. Παρακολούθηση πίεσης αίματος**

Μία από τις υποχρεωτικές διαδικασίες σε οποιαδήποτε διαγνωστική διαδικασία είναι η μέτρηση της αρτηριακής πίεσης. Η πιο συνηθισμένη μέθοδος μέτρησης της αρτηριακής πίεσης απαιτεί τουλάχιστον ένα άτομο ώστε να κάνει την μέτρηση. Ωστόσο, η ενσωμάτωση του IoT και άλλων τεχνολογιών ανίχνευσης έχει μεταμορφώσει τον τρόπο με τον οποίο παρακολουθείται η αρτηριακή πίεση. Για παράδειγμα, σε μια μελέτη έχει προταθεί ένα φορητό gadget χωρίς μανσέτες που μπορεί να μετρήσει τόσο τη συστολική όσο και τη διαστολική πίεση [48]. Οι καταγεγραμμένες πληροφορίες μπορούν να αποθηκευτούν στο νέφος (cloud). Περαιτέρω, η αποτελεσματικότητα αυτής της συσκευής δοκιμάστηκε σε 60 άτομα και επικυρώθηκε η ακρίβεια η λειτουργικότητά της.

Μία επιπλέον προσέγγιση έχει εφαρμόσει τεχνικές cloud computing (υπολογισμού νέφους) και fog computing (υπολογισμού ομίχλης) σε σύστημα για μέτρηση της αρτηριακής πίεσης [49]. Σε μια ακόμη μελέτη, ένα μοντέλο CNN βασισμένο σε βαθιά μάθηση με χαρακτηριστικά χρονικού πεδίου χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της συστολικής και διαστολικής αρτηριακής πίεσης [50].

### 3.3.5. Παρακολούθηση Κορεσμού Οξυγόνου

Η παλμική οξυμετρία είναι η μη επεμβατική μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ζωτική παράμετρος στην ανάλυση της υγειονομικής περίθαλψης. Η μη επεμβατική μέθοδος εξαλείφει τα ζητήματα που σχετίζονται με τη συμβατική προσέγγιση και παρέχει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Η πρόοδος στην παλμική οξυμετρία που προέρχεται από την ενσωμάτωση της τεχνολογίας που βασίζεται στο IoT έχει δείξει πιθανή εφαρμογή στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Σε μία έρευνα, προτάθηκε ένα μη επεμβατικό οξύμετρο ιστού που θα μπορούσε να μετρήσει το επίπεδο κορεσμού οξυγόνου στο αίμα, μαζί με τον καρδιακό ρυθμό. Επιπλέον, οι καταγεγραμμένες πληροφορίες θα μπορούσαν να μεταδοθούν στον διακομιστή χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνολογίες επικοινωνίας όπως το Zigbee ή το Wi-Fi. Με βάση τα καταγεγραμμένα δεδομένα, μπορεί να ληφθεί απόφαση ιατρικής παρέμβασης [51]. Σε μια άλλη μελέτη, αναφέρθηκε ένα σύστημα συναγερμού που μπορεί να ειδοποιήσει τους ασθενείς όταν ο κορεσμός οξυγόνου φτάσει σε κρίσιμο επίπεδο. [52]

### 3.3.6. Παρακολούθηση Άσθματος

Το άσθμα είναι μια χρόνια ασθένεια που μπορεί να επηρεάσει τους αεραγωγούς και μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην αναπνοή. Στο άσθμα, οι αεραγωγοί συρρικνώνονται λόγω της διόγκωσης της διόδου του αέρα. Αυτό ακολουθεί πολλά προβλήματα υγείας όπως συριγμό, βήχα, πόνο στο στήθος και δύσπνοια. Δεν υπάρχει κατάλληλος χρόνος για να προκύψει μια επίθεση άσθματος και μια συσκευή εισπνοής είναι η μόνη λύση εκείνη τη στιγμή. Ως εκ τούτου, υπάρχει πιθανή ανάγκη για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο αυτής της κατάστασης. Πολλά συστήματα που βασίζονται στο IoT για την παρακολούθηση του άσθματος

έχουν προταθεί τα τελευταία χρόνια. Σε μία έρευνα, προτάθηκε μια έξυπνη λύση ΗΙοΤ για ασθενείς με άσθμα που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή του αναπνευστικού ρυθμού χρησιμοποιώντας έναν έξυπνο αισθητήρα. Οι πληροφορίες αποθηκεύτηκαν σε διακομιστή cloud που παρέχει πρόσβαση σε φροντιστές για σκοπούς διάγνωσης και παρακολούθησης [53]. Μία επιπλέον προσέγγιση πρότεινε ένα σύστημα παρακολούθησης και συναγερμού, στο οποίο χρησιμοποιήθηκε ένας αισθητήρας θερμοκρασίας LM35 για τη μέτρηση του αναπνευστικού ρυθμού. Αυτό επιτεύχθηκε με την παρακολούθηση της θερμοκρασίας του εισπνεόμενου και εκπνεόμενου αέρα.. Το προτεινόμενο σύστημα διαθέτει επίσης την δυνατότητα αποστολής ειδοποίησης στον ασθενή μόλις επιτευχθεί μια τιμή κατωφλίου [54]. Σε μια άλλη μελέτη, το προτεινόμενο σύστημα όχι μόνο παρακολούθησε και προειδοποίησε τους ασθενείς για την κατάσταση του άσθματος, αλλά επίσης πρότεινε σε αυτούς τη σωστή ποσότητα του φαρμάκου που πρέπει να χορηγηθεί. Επιπλέον, το σύστημα ήταν ικανό να αναλύσει τις περιβαλλοντικές συνθήκες και να κατευθύνει τον ασθενή ώστε να μετακινηθεί από ένα μέρος που δεν είναι κατάλληλο για την υγεία του.[55]

### **3.4. Πλεονεκτήματα Εφαρμογής**

Στην συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα των ΗΙοΤ συστημάτων [56]:

**Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών:** Τα συστήματα ΗΙοΤ επιτρέπουν τη συνεχή παρακολούθηση των ζωτικής σημασίας δεδομένων υγείας των ασθενών από απόσταση. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να παρακολουθούν τις συνθήκες υγείας των ασθενών χωρίς την ανάγκη συχνών

επισκέψεων στο νοσοκομείο. Είναι ιδιαίτερα ευεργετικό για ασθενείς με χρόνιες παθήσεις ή ασθενών που ζουν σε απομακρυσμένες ή αγροτικές περιοχές.

**Συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο:** Οι συσκευές IoT μπορούν να συλλέγουν και να μεταδίδουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση υγείας του ασθενούς. Αυτό επιτρέπει έγκαιρες παρεμβάσεις και επιτρέπει στους επαγγελματίες υγείας να λαμβάνουν αποφάσεις βάσει δεδομένων πραγματικού χρόνου.

**Βελτιωμένη εμπλοκή και ενδυνάμωση των ασθενών:** Τα συστήματα τέτοιου τύπου συχνά περιλαμβάνουν φορητές συσκευές και κινητές εφαρμογές που ενθαρρύνουν τους ασθενείς να αναλάβουν ενεργό ρόλο στη διαχείριση της υγείας τους. Με την παροχή εξατομικευμένων πληροφοριών και ανατροφοδότησης, οι ασθενείς έχουν την δυνατότητα να ακολουθήσουν πιο υγιεινές επιλογές και να τηρούν τα σχέδια θεραπείας πιο αποτελεσματικά.

**Προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία και προληπτική φροντίδα:** Η συνεχής ροή δεδομένων από συσκευές IoT επιτρέπει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να χρησιμοποιούν προγνωστικά αναλυτικά στοιχεία για τον εντοπισμό πιθανών προβλημάτων υγείας πριν αυτά διογκωθούν. Αυτή η δυνατότητα προσφέρει την προληπτική φροντίδα, τη μείωση των εισαγωγών στο νοσοκομείο και τη βελτίωση των συνολικών αποτελεσμάτων όσο αφορά την υγεία ασθενών.

**Βελτιωμένη αποδοτικότητα και εξοικονόμηση κόστους:** Τα συστήματα ΗIoT μπορούν να εξορθολογίσουν τις λειτουργίες υγειονομικής περίθαλψης αυτοματοποιώντας ορισμένες διαδικασίες, όπως η συλλογή δεδομένων και η παρακολούθηση της υγείας των ασθενών. Αυτό το γεγονός μπορεί να οδηγήσει σε

εξοικονόμηση κόστους και αυξημένη λειτουργική αποτελεσματικότητα όσο αφορά τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης.

**Εξατομικευμένα σχέδια ιατρικής και θεραπείας:** Με τον τεράστιο όγκο δεδομένων που δημιουργείται, οι επαγγελματίες υγείας μπορούν να δημιουργήσουν εξατομικευμένα σχέδια θεραπείας προσαρμοσμένα στις μοναδικές ανάγκες και συνθήκες του κάθε ασθενούς. Αυτή η εξατομικευμένη προσέγγιση μπορεί να οδηγήσει σε πιο αποτελεσματικές θεραπείες.

**Έγκαιρη ανίχνευση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης:** Οι συσκευές IoT, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες, μπορούν να ανιχνεύσουν κρίσιμα συμβάντα υγείας, και να ειδοποιήσουν αμέσως τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης ή τις υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης. Αυτή η ταχεία αντίδραση μπορεί να είναι κρίσιμης σημασίας σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης όσο αφορά την υγεία των ασθενών.

### 3.5. Μελλοντικές Προκλήσεις

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά μελλοντικές προκλήσεις, οι οποίες σχετίζονται με την χρήση ΗIoT συστημάτων [57]:

**Ασφάλεια και την προστασία της ιδιωτικής ζωής:** Οι συσκευές IoT συλλέγουν και μεταδίδουν ευαίσθητα δεδομένα ασθενών, καθιστώντας τους πιθανούς στόχους για κυβερνοεπιθέσεις. Η διασφάλιση ισχυρών μέτρων ασφαλείας για την προστασία των πληροφοριών των ασθενών και την αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης είναι ζωτικής σημασίας για την εξασφάλιση της απαιτούμενης λειτουργικότητας.

**Διαλειτουργικότητα:** Η βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης χρησιμοποιεί ένα ευρύ φάσμα συστημάτων και συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές. Η διασφάλιση της απρόσκοπτης επικοινωνίας και ανταλλαγής δεδομένων μεταξύ διαφόρων συσκευών IoT, συστημάτων ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) και ιατρικού εξοπλισμού μπορεί να είναι πολύπλοκη και μπορεί να απαιτεί τυποποιημένα πρωτόκολλα, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί η διαλειτουργικότητα.

**Αξιοπιστία και ακρίβεια:** Τα συστήματα IoT υγείας πρέπει να είναι εξαιρετικά αξιόπιστα, ειδικά σε κρίσιμες καταστάσεις. Η ακρίβεια των δεδομένων που συλλέγονται από συσκευές IoT είναι απαραίτητη για τη λήψη τεκμηριωμένων ιατρικών αποφάσεων.

**Διαχείριση και αποθήκευση δεδομένων:** Οι συσκευές IoT παράγουν τεράστιο όγκο δεδομένων, τα οποία μπορούν γρήγορα να κατακλύσουν τα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης δεδομένων. Η εφαρμογή κλιμακούμενων και ασφαλών λύσεων αποθήκευσης δεδομένων για την αντιμετώπιση αυτής της εισροής δεδομένων, διατηρώντας παράλληλα την προσβασιμότητα και την ακεραιότητα, αποτελεί σημαντική πρόκληση.

**Αποδοχή χρηστών:** Οι επαγγελματίες υγείας και οι ασθενείς μπορεί να διστάζουν να υιοθετήσουν νέες τεχνολογίες IoT λόγω ανησυχιών σχετικά με την πολυπλοκότητα, την ασφάλεια των δεδομένων ή την έλλειψη εξοικείωσης.

**Ενεργειακά ζητήματα:** Πολλές συσκευές IoT έχουν σχεδιαστεί για να είναι φορητές και ασύρματες, γεγονός που απαιτεί αποτελεσματική διαχείριση και εξοικονόμηση ενέργειας. Η παρατεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας ή οι εναλλακτικές πηγές ενέργειας είναι απαραίτητες για τη διασφάλιση της συνεχούς λειτουργικότητας.



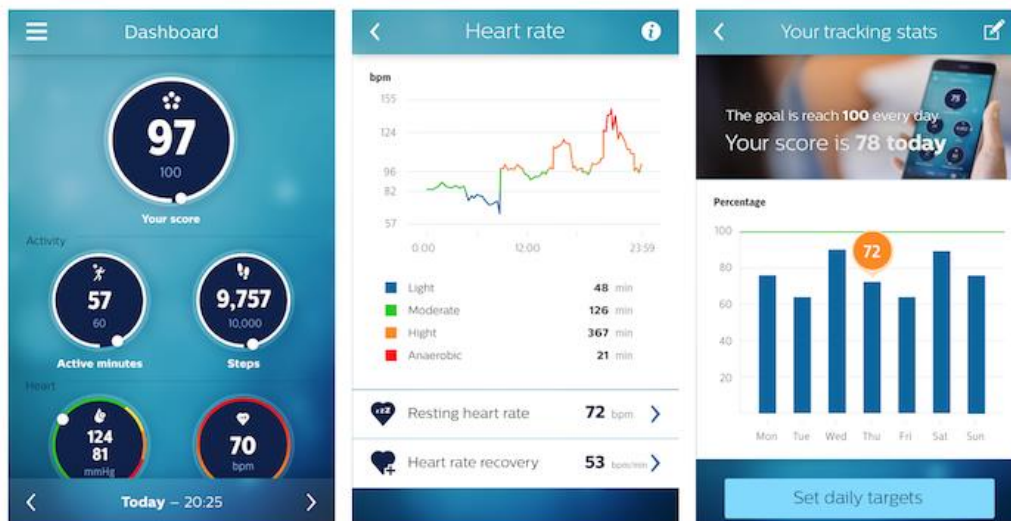
**Ηθικά και νομικά ζητήματα:** Τα συστήματα του συγκεκριμένου τύπου εγείρουν ηθικά διλήμματα που σχετίζονται με την αυτονομία των ασθενών, την ιδιοκτησία δεδομένων και τη συγκατάθεση χρήσης. Η διασφάλιση ότι τα συστήματα αυτά σχεδιάζονται και χρησιμοποιούνται ηθικά, ενώ τηρούν τα νομικά πλαίσια είναι απαραίτητη προκειμένου να ενισχυθεί η αύξηση της αποδοχής από την πλευρά των χρηστών.

## Κεφάλαιο 4: Παραδείγματα ΗΙοΤ συστημάτων

### 4.1. Philips HealthSuite

Το σύστημα Philips HealthSuite [58] είναι μια πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Philips και έχει σχεδιαστεί για να συνδέει και να ενσωματώνει διάφορες πηγές δεδομένων και συσκευές υγειονομικής περίθαλψης ώστε να επιτρέπει εξατομικευμένες λύσεις υγείας. Η πλατφόρμα στοχεύει στην:

- ενίσχυση της φροντίδας των ασθενών
- βελτίωση των κλινικών ροών εργασίας
- υποστήριξη των παρόχων υγειονομικής περίθαλψης στη λήψη αποφάσεων



Εικόνα 3: Philips HealthSuite

Όσο αφορά τα βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας Philips HealthSuite, είναι τα παρακάτω:

**Εύκολη ενσωμάτωση δεδομένων:** Επιτρέπει τη συγκέντρωση και ενσωμάτωση δεδομένων από διάφορες πηγές, όπως ηλεκτρονικά αρχεία υγείας, ιατρικές συσκευές, φορητές συσκευές και άλλες εφαρμογές. Αυτή η ολοκληρωμένη συλλογή δεδομένων επιτρέπει την δημιουργία μιας συνολική εικόνας για την κατάσταση της υγείας ενός ασθενούς και υποστηρίζει τους επαγγελματίες υγείας στην παροχή πιο εξατομικευμένης φροντίδας.

**Πραγματοποίηση αναλύσεων:** Η πλατφόρμα χρησιμοποιεί προηγμένες δυνατότητες ανάλυσης και χρήσης τεχνητής νοημοσύνης έτσι ώστε να εξάγει χρήσιμες πληροφορίες από τα συλλεγόμενα δεδομένα. Αυτές οι γνώσεις μπορούν να βοηθήσουν στην έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων υγείας, και στην πρόβλεψη πιθανών κινδύνων, ενισχύοντας έτσι τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης στο να παρεμβαίνουν προληπτικά και αποτελεσματικά.

**Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών:** Διευκολύνει την απομακρυσμένη παρακολούθηση των ασθενών, ειδικά εκείνων με χρόνιες παθήσεις. Με την ενσωμάτωση δεδομένων από συσκευές απομακρυσμένης παρακολούθησης και φορητές συσκευές, οι επαγγελματίες στον χώρο της υγείας μπορούν να παρακολουθούν την κατάσταση της υγείας των ασθενών σε πραγματικό χρόνο, ακόμη και όταν δεν είναι φυσικά παρόντες σε μια εγκατάσταση υγειονομικής περίθαλψης.

**Αμεσότητα επικοινωνίας:** Υποστηρίζει την απρόσκοπτη επικοινωνία και συνεργασία μεταξύ των επαγγελματιών υγείας, επιτρέποντάς τους να μοιράζονται δεδομένα ασθενών (πάντα σεβόμενοι της προστασία του ιατρικού απορρήτου), να συνεργάζονται στην εφαρμογή σχεδίων θεραπείας και να διαβουλεύονται.

**Ασφάλεια Δεδομένων:** Δεδομένης της ευαίσθητης φύσης των δεδομένων υγείας, η πλατφόρμα Philips HealthSuite δίνει μεγάλη έμφαση στην ασφάλεια και τη συμμόρφωση με τους κανονισμούς προστασίας προσωπικών δεδομένων.

## 4.2. Medtronic CareLink

Το σύστημα Medtronic CareLink [59] αποτελεί ένα διαδικτυακό σύστημα απομακρυσμένης παρακολούθησης που αναπτύχθηκε από την Medtronic, μια κορυφαία εταιρεία ιατρικής τεχνολογίας. Το σύστημα CareLink χρησιμοποιείται κυρίως για την απομακρυσμένη διαχείριση και παρακολούθηση ασθενών με εμφυτεύσιμες καρδιακές συσκευές, όπως βηματοδότες, εμφυτεύσιμους καρδιομετατροπείς-απινιδωτές και συσκευές θεραπείας καρδιακού επανασυγχρονισμού.



Εικόνα 4: Medtronic CareLink

Όσο αφορά τα βασικά χαρακτηριστικά του συστήματος αυτού, συνοψίζονται παρακάτω:

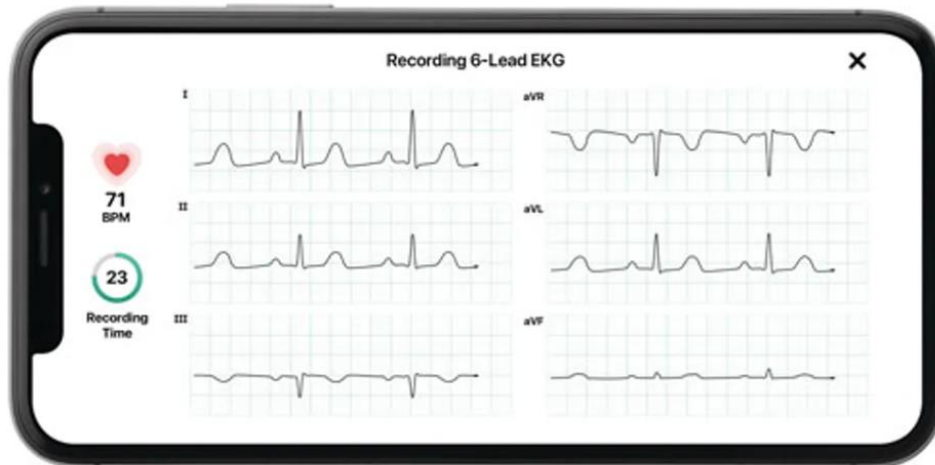
**Απομακρυσμένη παρακολούθηση:** Επιτρέπει στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να αποκτούν απομακρυσμένη πρόσβαση και να εξετάζουν δεδομένα από εμφυτευμένες καρδιακές συσκευές ασθενών.

**Μετάδοση δεδομένων ασθενούς:** Οι ασθενείς με εμφυτεύσιμες καρδιακές συσκευές χρησιμοποιούν μια εφαρμογή προκειμένου να μεταδίδουν με ασφάλεια τα ιατρικά δεδομένα στο σύστημα CareLink. Τα δεδομένα αυτά διατίθενται στη συνέχεια στον πάροχο υγειονομικής περίθαλψης προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι κατάλληλες αναλύσεις.

**Υποστήριξη κλινικών αποφάσεων:** Παρέχει στους επαγγελματίες υγείας εργαλεία και γνώσεις για τη λήψη τεκμηριωμένων κλινικών αποφάσεων. Το σύστημα μπορεί να ειδοποιήσει τους κλινικούς γιατρούς για πιθανά προβλήματα ή ανωμαλίες στα καρδιακά δεδομένα των ασθενών, επιτρέποντας την έγκαιρη παρέμβαση και τη διαχείριση των ασθενών.

### **4.3. KardiaMobile**

Το KardiaMobile [60] είναι μια δημοφιλής συσκευή eHealth IoT που αναπτύχθηκε από την AliveCor. Πρόκειται για μια φορητή οθόνη ηλεκτροκαρδιογραφήματος, που επιτρέπει στους χρήστες της να καταγράφουν την ηλεκτρική δραστηριότητα της καρδιάς τους χρησιμοποιώντας smartphone ή tablet. Η συσκευή έχει σχεδιαστεί για προσωπική χρήση και χρησιμοποιείται για έγκαιρη ανίχνευση και παρακολούθηση καρδιακών παθήσεων.



Εικόνα 5: KardiaMobile

Τα χαρακτηριστικά της συσκευής αυτής συνοψίζονται παρακάτω:

**Καταγραφή ηλεκτροκαρδιογραφήματος:** Η συσκευή KardiaMobile καταγράφει ένα ηλεκτροκαρδιογράφημα τοποθετώντας απλά δύο δάχτυλα στους αισθητήρες της συσκευής ή τοποθετώντας τη στο στήθος. Η εγγραφή διαρκεί συνήθως 30 δευτερόλεπτα και τα αποτελέσματα εμφανίζονται αμέσως στο συνδεδεμένο smartphone ή tablet.

**Άμεση ανάλυση:** Η εφαρμογή KardiaMobile αναλύει άμεσα το καταγεγραμμένο ηλεκτροκαρδιογράφημα και παρέχει στους χρήστες μια αξιολόγηση του καρδιακού ρυθμού τους. Η εφαρμογή μπορεί να ανιχνεύσει φυσιολογικό φλεβοκομβικό ρυθμό, κολπική μαρμαρυγή, βραδυκαрдία, ταχυκαрдία και άλλες καρδιακές αρρυθμίες.

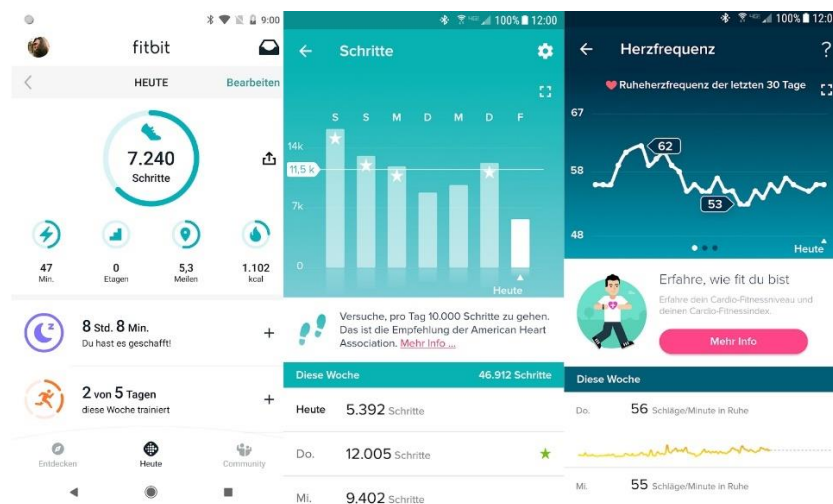
**Παρακολούθηση της υγείας της καρδιάς:** Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθούν τις εγγραφές των ηλεκτροκαρδιογραφημάτων τους με την πάροδο του χρόνου και η εφαρμογή αποθηκεύει ιστορικά δεδομένα για έλεγχο τους από επαγγελματίες υγείας ή για σκοπούς προσωπικής παρακολούθησης της υγείας.

**Συνδρομή KardiaCare:** Η εταιρεία AliveCor προσφέρει μια premium συνδρομητική υπηρεσία που ονομάζεται KardiaCare, η οποία παρέχει πρόσθετες δυνατότητες, όπως απεριόριστη αποθήκευση στο cloud εγγραφών ηλεκτροκαρδιογραφημάτων, μηνιαίες συνοπτικές αναφορές και τριμηνιαίες βίντεο-διασκέψεις με έναν καρδιολόγο.

**Συμβατότητα με Apple Health και το Google Fit:** Η συσκευή KardiaMobile μπορεί να συγχρονιστεί με την Apple Health (για συσκευές iOS) και το Google Fit (για συσκευές Android), επιτρέποντας στους χρήστες να συγχρονίζουν τα δεδομένα υγείας της καρδιάς τους με τα αντίστοιχες εφαρμογές που υποστηρίζονται από τις κινητές συσκευές.

#### 4.4. Fitbit

Τα προϊόντα της Fitbit [61] είναι δημοφιλή για την ικανότητά τους να παρακολουθούν διάφορες μετρήσεις όσο αφορά την υγεία και να παρέχουν στους χρήστες πληροφορίες σχετικά με τα επίπεδα φυσικής κατάστασής τους.



Εικόνα 6: Fitbit

Στην συνέχεια παρατίθενται κάποια βασικά χαρακτηριστικά των προϊόντων της Fitbit:

**Παρακολούθηση φυσικής κατάστασης:** Οι συσκευές Fitbit είναι εξοπλισμένες με αισθητήρες που μπορούν να παρακολουθούν διάφορα δεδομένα, τα οποία σχετίζονται με τη φυσική κατάσταση, όπως τα βήματα που έχουν ληφθεί, η απόσταση που διανύθηκε, οι θερμίδες που καίγονται, και τα λεπτά ενεργούς δραστηριότητας.

**Παρακολούθηση καρδιακού ρυθμού:** Πολλές συσκευές Fitbit πραγματοποιούν συνεχή παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού. Αυτό το γεγονός επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν τον καρδιακό ρυθμό ανάπαυσης, τον καρδιακό ρυθμό κατά τη διάρκεια της άσκησης και τη μεταβλητότητα του καρδιακού ρυθμού. Επομένως, αυτά τα δεδομένα μπορούν να προσφέρουν πληροφορίες για τα επίπεδα καρδιακής υγείας και φυσικής κατάστασης.

**Παρακολούθηση ύπνου:** Οι συσκευές Fitbit είναι γνωστές για τις δυνατότητες παρακολούθησης ύπνου. Μπορούν να παρακολουθούν τη διάρκεια του ύπνου, τα στάδια του ύπνου και να παρέχουν πληροφορίες για την ποιότητα του ύπνου.



Εικόνα 7: Fitbit - Παρακολούθηση ύπνου



**Αναγνώριση δραστηριότητας:** Μπορούν να αναγνωρίσουν αυτόματα ορισμένες δραστηριότητες, όπως περπάτημα, τρέξιμο, ποδηλασία και κολύμπι, χωρίς να χρειάζεται κάποια ενέργεια από την πλευρά του χρήστη. Αυτή η λειτουργία παρέχει ακριβέστερη παρακολούθηση διαφόρων σωματικών δραστηριοτήτων.

**Έξυπνες ειδοποιήσεις:** Ορισμένα μοντέλα Fitbit προσφέρουν έξυπνες ειδοποιήσεις, επιτρέποντας στους χρήστες να λαμβάνουν ειδοποιήσεις κλήσεων, κειμένου και εφαρμογών απευθείας στον καρπό τους. Αυτή η λειτουργία βοηθά τους χρήστες ώστε να παραμείνουν συνδεδεμένοι ενώ βρίσκονται εν κινήσει.

## 4.5. Samsung Health

Η εφαρμογή Samsung Health [62] είναι μια δημοφιλής εφαρμογή προεγκατεστημένη σε πολλά smartphones και φορητές συσκευές Samsung. Στόχος της είναι να βοηθήσει τους χρήστες να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται διάφορες πτυχές της υγείας και της φυσικής τους κατάστασης.



Εικόνα 8: Samsung Health

Καινοτόμα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης εφαρμογής πέρα από τα βασικά ( παρακολούθηση δραστηριότητας, παρακολούθηση καρδιακού ρυθμού, παρακολούθηση αρτηριακής πίεσης και παρακολούθηση ύπνου), είναι τα εξής:

**Διατροφή και παρακολούθηση θερμίδων:** Η εφαρμογή Samsung Health επιτρέπει στους χρήστες να καταγράψουν τα γεύματά τους και να παρακολουθήσουν την πρόσληψη θερμίδων τους. Επιπλέον, παρέχει διατροφικές πληροφορίες και διαγράμματα ώστε να βοηθήσει τους χρήστες να διατηρήσουν μια ισορροπημένη διατροφή.

**Διαχείριση άγχους:** Η εφαρμογή διαθέτει εργαλεία διαχείρισης άγχους, συμπεριλαμβανομένων καθοδηγούμενων ασκήσεων αναπνοής και παρακολούθησης επιπέδου άγχους. Αυτά τα εργαλεία στοχεύουν στο να βοηθήσουν τους χρήστες να μειώσουν το άγχος και να βελτιώσουν την ψυχική τους ευεξία.

**Καθορισμός στόχων:** Η πλατφόρμα επιτρέπει καθορισμό στόχων για την υγεία ώστε να παρακινήσει τους χρήστες και να δημιουργήσει μια αίσθηση επίτευξης καθώς συνεχίζουν με τις δραστηριότητες άσκησης.

#### **4.6. Mural Virtual Care Solution**

Η Mural Virtual Care Solution [63] είναι μια πλατφόρμα ηλεκτρονικής υγείας που αναπτύχθηκε από την GE Healthcare. Η πλατφόρμα αυτή έχει ως στόχο να παρέχει στους οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα εικονικής φροντίδας για την παροχή απομακρυσμένης φροντίδας ασθενών, εικονικών συναντήσεων και υπηρεσιών παρακολούθησης της υγείας.



Εικόνα 9: Mural Virtual Care Solution

Τα βασικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας αυτής είναι τα εξής:

- Απομακρυσμένη παρακολούθηση ασθενών
- Τηλεϊατρική και εικονικές συνεδρίες
- Συνεργασία ομάδας φροντίδας
- Επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων

#### 4.7. Συμπεράσματα Βιβλιογραφικής Μελέτης

Το βασικό συμπέρασμα, το οποίο προκύπτει από την βιβλιογραφική μελέτη που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι ότι υπάρχει πληθώρα εφαρμογών, οι οποίες κινούνται προς την κατεύθυνση της παρακολούθησης των δεδομένων υγείας. Κάθε IoT health σύστημα παρουσιάζει τα δικά του πλεονεκτήματα και χαρακτηριστικά. Ένα επιπλέον συμπέρασμα, το οποίο προκύπτει είναι ότι θα πρέπει να προτιμώνται συστήματα, τα οποία καταγράφουν πιο συγκεκριμένα υγειονομικά δεδομένα και εξυπηρετούν εξειδικευμένους

σκοπούς. Βέβαια, όλα τα συστήματα δοκιμάζονται στην πράξη. Μεγαλύτερος αριθμός δοκιμών από όσο το δυνατόν περισσότερους χρήστης είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσει σε ακόμη περισσότερα αξιόπιστα συστήματα. Δεν θα πρέπει να παραβλέπεται το γεγονός ότι και η παραμικρή απόκλιση στα δεδομένα, μπορεί να οδηγήσει σε λαθεμένες αποφάσεις και να επιφέρει οδυνηρά αποτελέσματα.

## Κεφάλαιο 5: Υλοποίηση Εφαρμογής

### 5.1. Βασική Φιλοσοφία

Στόχος του πρακτικού μέρους της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη μιας διαδικτυακής εφαρμογής, η οποία θα είχε σαν αντικείμενο την προσομοίωση λήψης και απεικόνισης καρδιακών παλμών τόσο στην πλευρά του ασθενή, όσο και στην πλευρά του ιατρικού προσωπικού.

Επιπλέον, πέρα από την λήψη και απεικόνιση, πραγματοποιείται και ενημέρωση των δύο πλευρών για το εάν το πλήθος των παλμών έχει φυσιολογική τιμή (λιγότεροι από 90) ή όχι (πάνω από 90).

Μερίμνα επίσης έχει ληφθεί για εξουσιοδοτημένη πρόσβαση στις εκάστοτε υπηρεσίες. Για τον λόγο αυτό έχουν υλοποιηθεί μηχανισμοί εγγραφής, σύνδεσης και αποσύνδεσης από την εφαρμογή.

Για την εφαρμογή, η οποία υλοποιήθηκε, έχουν προβλεφθεί οι παρακάτω τύποι χρηστών:

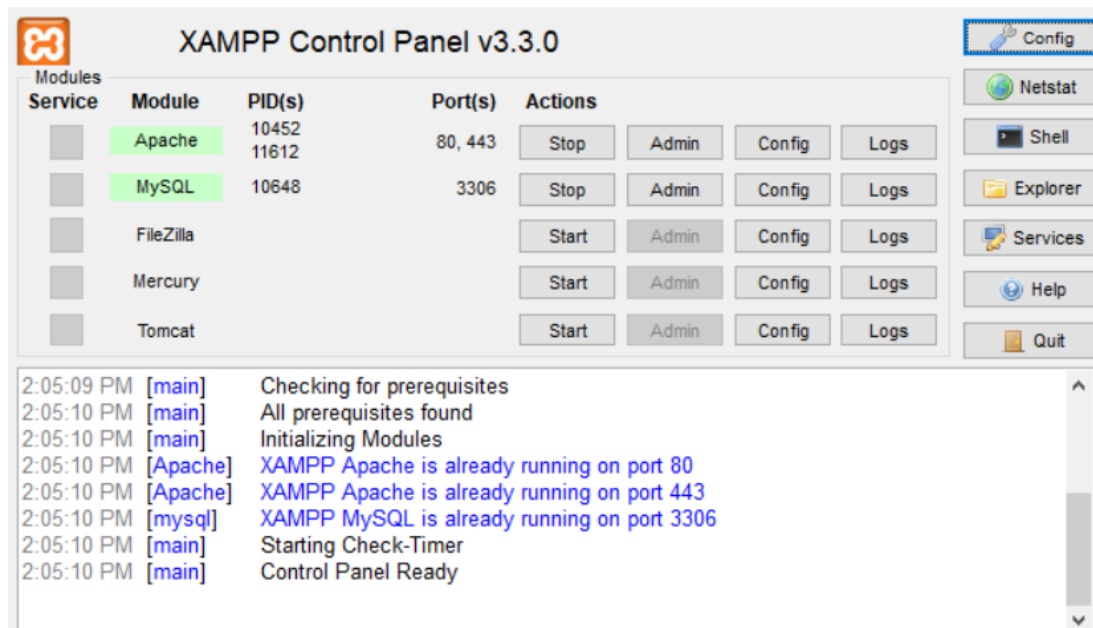
- Ασθενής (με δυνατότητα εγγραφής)
- Γιατρός (με δυνατότητα εγγραφής)
- Διαχειριστής (με username =admin και password = admin)

Άξιο αναφοράς είναι επίσης το γεγονός ότι τα δεδομένα των καρδιακών παλμών έχουν ληφθεί από την εφαρμογή Fitbit, και έχει ληφθεί κατάλληλη μέριμνα για την προεπεξεργασία τους με χρήση της γλώσσας Python (θα παρουσιαστεί στην συνέχεια).

Για την υλοποίηση της εφαρμογής, χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω γλώσσες:

- HTML
- CSS
- PHP
- JavaScript
- MySQL

Επιπλέον, η ανάπτυξη της εφαρμογής πραγματοποιήθηκε με χρήση XAMPP Server.



Εικόνα 10: XAMPP Server

Όσο αφορά την βάση δεδομένων της εφαρμογής, αποτελείται από τους παρακάτω πίνακες:

- admin (περιλαμβάνει τα στοιχεία του διαχειριστή)
- doctor (περιλαμβάνει τα στοιχεία του γιατρού)
- patient (περιλαμβάνει τα στοιχεία του ασθενή)
- monitors (καταγράφει ποιος γιατρός παρακολουθεί ποιον ασθενή)

- heart\_rate (περιλαμβάνει τα δεδομένα καρδιακών παλμών)

Όσο αφορά τον πίνακα admin, η δομή του είναι η παρακάτω:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	username	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	password	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop More

Εικόνα 11: Δομή πίνακα admin

Όσο αφορά τον πίνακα doctor, η δομή του είναι η παρακάτω:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	username	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	password	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop More
<input type="checkbox"/>	3	email	varchar(100)	utf8_general_ci		No	None		Change Drop More

Εικόνα 12: Δομή πίνακα doctor

Όσο αφορά τον πίνακα heart\_rate, η δομή του είναι η παρακάτω:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1	id	int(11)		No	None		AUTO_INCREMENT	Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2	value	int(11)		No	None			Change Drop More

Εικόνα 13: Δομή πίνακα heart\_rate

Όσο αφορά τον πίνακα monitors, η δομή του είναι η παρακάτω:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1 doctor_username	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2 patient_username	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More

With selected: Browse Change Drop Primary Unique Index Show

Print Propose table structure Move columns Normalize

Add 1 column(s) after patient\_username Go

Εικόνα 14: Δομή πίνακα monitors

Τέλος, όσο αφορά τον πίνακα patient, η δομή του είναι η παρακάτω:

#	Name	Type	Collation	Attributes	Null	Default	Comments	Extra	Action
<input type="checkbox"/>	1 username	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	2 password	varchar(50)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More
<input type="checkbox"/>	3 email	varchar(100)	utf8_general_ci		No	None			Change Drop More

With selected: Browse Change Drop Primary Unique Index Show

Print Propose table structure Move columns Normalize

Add 1 column(s) after email Go

Εικόνα 15: Δομή πίνακα patient



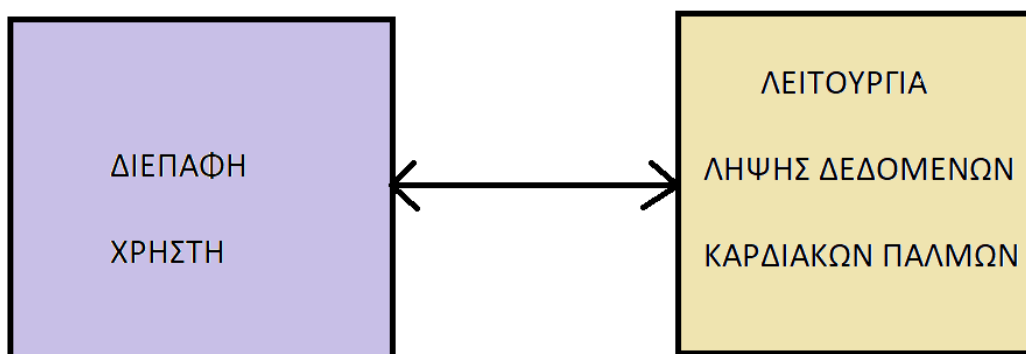
## 5.2. Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

Η αρχιτεκτονική της εφαρμογής που υλοποιήθηκε ακολουθεί την κλασική client – server λογική. Στην περίπτωση μας αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά:

- Διεπαφή Χρήστη
- Λειτουργία Λήψης δεδομένων

Τα δύο αυτά συστατικά επικοινωνούν μεταξύ τους ώστε να πραγματοποιείται με αποδοτικό τρόπο η οπτικοποίηση των δεδομένων και ενημέρωση των χρηστών.

Ακολουθεί το διάγραμμα της αρχιτεκτονικής της εφαρμογής:



Εικόνα 16: Αρχιτεκτονική Εφαρμογής

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι για την υλοποίηση της διεπαφής και την οπτικοποίηση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν κατά κύριο λόγο λόγοι οι γλώσσες HTML και JavaScript. Επιπλέον, για την λήψη των δεδομένων καρδιακού παλμού χρησιμοποιήθηκε η γλώσσα PHP.

### 5.3. Προεπεξεργασία Δεδομένων

Σημαντικό τμήμα του πειραματικού μέρους, το οποίο προηγήθηκε της υλοποίησης της εφαρμογής, ήταν η προεπεξεργασία των δεδομένων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα καρδιακών παλμών από την εφαρμογή Fitbit [64], τα οποία ήταν αποθηκευμένα σε αρχείο .csv με μορφή, όπως αυτή που φαίνεται παρακάτω:

```
Id,Time,Value
2022484408,4/12/2016 7:21:00 AM,97
2022484408,4/12/2016 7:21:05 AM,102
2022484408,4/12/2016 7:21:10 AM,105
2022484408,4/12/2016 7:21:20 AM,103
2022484408,4/12/2016 7:21:25 AM,101
2022484408,4/12/2016 7:22:05 AM,95
2022484408,4/12/2016 7:22:10 AM,91
2022484408,4/12/2016 7:22:15 AM,93
2022484408,4/12/2016 7:22:20 AM,94
2022484408,4/12/2016 7:22:25 AM,93
2022484408,4/12/2016 7:22:35 AM,92
2022484408,4/12/2016 7:22:40 AM,89
2022484408,4/12/2016 7:22:50 AM,83
2022484408,4/12/2016 7:22:55 AM,61
2022484408,4/12/2016 7:23:00 AM,60
2022484408,4/12/2016 7:23:10 AM,61
2022484408,4/12/2016 7:23:25 AM,61
```

Εικόνα 17: Αρχική Μορφή Δεδομένων

Ο κώδικας σε Python, ο οποίος υλοποιήθηκε για την προεπεξεργασία των δεδομένων είναι ο παρακάτω:

```
import pandas as pd

data = pd.read_csv("data.csv")
```

```
heart_rate = data['Value']

user_data = []

for i in range(len(heart_rate)):

    user_data.append(heart_rate[i])

file = open('user_data.txt', 'w')

mycount=0

file.write("INSERT INTO heart_rate VALUES ")

for x in user_data:

    mycount=mycount+1

    file.write("(null, "+str(x)+"),\n")

    if mycount==5000:

        break

file.close()
```

Αποτέλεσμα της εκτέλεσης του παραπάνω κώδικα ήταν η δημιουργία του κατάλληλου MySQL κώδικα με σκοπό την εισαγωγή των δεδομένων καρδιακών παλμών στην βάση δεδομένων.

#### 5.4. Σημαντικά Τμήμα Κώδικα Εφαρμογής

Αρχικά παρατίθεται ο κώδικας της αρχικής σελίδας, η οποία περιέχει τις φόρμες εισόδου για ασθενή, ιατρό και διαχειριστή. Επιπλέον περιέχει την δυνατότητα εγγραφής για την περίπτωση των ιατρών και των ασθενών:

```
<html>

<head>

<link rel="stylesheet" href="mystyle.css">

</head>

<body>

    <br><br>

    <h2 align = 'center'> Καλωσήλθατε στην ιστοσελίδα
    παρακολούθησης καρδιακών παλμών! </h3>

    <br><br><br>

    <table border=' 1' >

        <tr>
```

<td>

<h2> Σύνδεση Ως Ασθενής </h2>

<form action = "validate\_patient.php" method = "post">

Username: <input type = "text" name = "u">

<br><br><br>

Password: <input type = "password" name = "p">

<br><br><br>

<input type = "submit" value = "Σύνδεση">

</form>

<br>

<h3> <a href = 'register\_patient.php' > Εγγραφή

Ασθενή </a> </h3>

</td>

<td>

<h2> Σύνδεση ως Ιατρός </h2>

<form action = "validate\_doctor.php" method = "post">

Username: <input type = "text" name = "u">

```
<br><br><br>
```

```
Password: <input type = "password" name ="p">
```

```
<br><br><br>
```

```
<input type = "submit" value ="Σύνδεση">
```

```
</form>
```

```
<br>
```

```
<h3> <a href = 'register_doctor.php' > Εγγραφή  
Γιατρού </a> </h3>
```

```
</td>
```

```
<td>
```

```
<h2> Σύνδεση ως Διαχειριστής</h2>
```

```
<form action = "validate_admin.php" method = "post">
```

```
Username: <input type = "text" name = "u">
```

```
<br><br><br>
```

```
Password: <input type = "password" name ="p">
```

```
        <br><br><br>

        <input type = "submit" value =" Σ ύ ν δ ε σ η ">

    </form>
</td>
</tr>

</table>

</body>

</html>
```

Ακολουθεί ο κώδικας για την εισαγωγή των στοιχείων του ασθενή στην βάση δεδομένων (αντίστοιχος είναι ο κώδικας για την περίπτωση των γιατρών):

```
<html>

<head>

<link rel="stylesheet" href="mystyle.css">

</head>

<body>
```

```
<?php

include 'con_db.php';

$u = $_POST['u'];

$p = $_POST['p'];

$e = $_POST['e'];

$sql = "INSERT INTO patient VALUES ('$u','$p','$e')";

if ($conn->query($sql)===TRUE)

    {

        echo "<br><br> Η εγγραφή ασθενή  
πραγματοποιήθηκε με επιτυχία!<br><br>";

        echo "<a href = 'index.php'> Επιστροφή στην Αρχική  
Σελίδα για σύνδεση </a>";

    }

?>

</body>
```



```
</html>
```

Ακολουθεί ο κώδικας, που υλοποιήθηκε για τον έλεγχο της εγκυρότητας των στοιχείων σύνδεσης του ασθενή ( παρόμοιος είναι και ο κώδικας για τον έλεγχο της εγκυρότητας των στοιχείων σύνδεσης του ιατρού):

```
<?php

session_start();

$u = $_POST['u'];

$p = $_POST['p'];

include 'con_db.php';

$sql = "SELECT username FROM patient WHERE username = '$u' and password = '$p'";

$result = $conn->query($sql);

if ($result->num_rows > 0)

    {

        $_SESSION['patient'] = $u;

        header("Location: index_patient.php");

    }
```

```
else  
  
    {  
  
        header ("Location: index.php");  
  
    }  
  
?>
```

Συνεχίζεται η παράθεση των σημαντικών τμημάτων κώδικα με την λειτουργία λήψης των δεδομένων καρδιακών παλμών για έναν ασθενή:

```
<?php  
  
session_start();  
  
include 'con_db.php';  
  
$x = rand(0, 4749);  
  
$sql = "SELECT value FROM heart_rate LIMIT $x, 24";  
  
$result = $conn->query($sql);  
  
$data = array();
```

```
while($row = $result->fetch_assoc())

    {

        array_push($data, intval($row['value']));

    }

echo json_encode($data);

?>
```

Παρατηρείται από το παραπάνω απόσπασμα κώδικα, ότι τα δεδομένα τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση, επιστρέφονται σε json μορφή, έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον JavaScript κώδικα, ο οποίος θα παρουσιαστεί στην συνέχεια για την οπτικοποίηση των δεδομένων και την παροχή ενημερώσεων στον χρήστη:

```
<script type="text/javascript">
window.onload=function() {

var vimata = 1000;
var grafima;
var etiketes;
var vima;
var ora;
```

```
var dedomena;
setInterval(function () {
    if (grafima === undefined) {
        var xhttp = new XMLHttpRequest();

        xhttp.onreadystatechange = function() {

            if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {

                dedomena = JSON.parse(xhttp.responseText);

                console.log(dedomena);

            }
        };

        xhttp.open("GET", "get_patient_data.php", true);
        xhttp.send();

        var vimata_paremvolis = Math.ceil(vimata / dedomena.length);

        etiketes = []

        var data = []

        var kena_dedomena = []

        for (var i = 0; i < (dedomena.length - 1); i++) {

            console.log(dedomena.length);
```

```

        etiketes.push(i+":00");

    data.push(dedomena[i])

    kena_dedomena.push(null)

    var diafora = dedomena[i + 1] - dedomena[i];

    var vima_paremvolis = 1 / vimata_paremvolis;

    for (var j = 1; j < vimata_paremvolis; j++) {

        etiketes.push('')

        data.push(dedomena[i] + diafora *
Chart.helpers.easingEffects["linear"](j * vima_paremvolis));

        kena_dedomena.push(null)
    }
}
etiketes.push(' 23:00')
data.push(dedomena[i])
kena_dedomena.push(null)
var data = {
    labels: etiketes,
    datasets: [
        {
            strokeColor: "rgba(260, 130, 45, 1)",
            data: kena_dedomena

```

```

        },
        {
            strokeColor: "transparent",
            data: data
        }
    ]
};

var ctx = document.getElementById("myChart").getContext("2d");
grafima = new Chart(ctx).Line(data, {
    animation: false,
    datasetFill: false,
    pointDot: false,
    datasetStrokeWidth: 5,
    showTooltips: false,
    scaleOverride: true,
    scaleSteps: 12,
    scaleStepWidth: 5,
    scaleStartValue: 50,
    scaleShowVerticalLines: true,
    scaleShowLabels: true,

    options: {
scales: {
    x: {
        type: 'time',
        time: {
            unit: 'minute'

```

```

        }
    }
}

}

);
vima = 0;

    ora = 0;

}

grafima.datasets[0].points[vima].value = grafima.datasets[1].points[vima].value

if(vima%42==0)

{

if( grafima.datasets[0].points[vima].value > 90 )

{

    var div = document.getElementById('result');

        div.innerHTML += "Π λήθ ος πα λ μών τ η ν ώρα:" + ora + ":00-
->" + grafima.datasets[0].points[vima].value + "(Υ ψ η λ ή)<br>";

```

```
        ora++;

        alert("Υψηλό πλήθος παλμών!!");
    }

else

    {

        var div = document.getElementById('result');

        div.innerHTML += "Πλήθος παλμών την ώρα:" + ora + ":00-->" + grafima.datasets[0].points[vima].value + "(Χαμηλή)<br>";

        ora++;

    }

}

grafima.update();

vima++;

if (vima >= etiketes.length) {

    grafima.destroy();

    grafima = undefined;
```



```
}  
, 10)  
}  
  
</script>
```

Τέλος, παρατίθεται ο κώδικας που υλοποιήθηκε για την εισαγωγή των σχέσεων επίβλεψης ασθενή – γιατρού από τον διαχειριστή:

```
<html>  
  
<head>  
  
<link rel="stylesheet" href="mystyle.css">  
  
</head>  
  
<body>  
  
<?php  
  
include 'con_db.php';  
  
$doctor_username = $_POST['doctor_username'];  
  
$patient_username = $_POST['patient_username'];  
  
$sql = "DELETE FROM monitors WHERE patient_username = '$patient_username'";
```

```
$conn->query($sql);

$sql = "INSERT INTO monitors VALUES ('$doctor_username', '$patient_username')";

$conn->query ($sql);

echo " <br><br> Η ενημέρωση παρακολούθησης
πραγματοποιήθηκε με επιτυχία!<br><br>";

echo "<a href = 'index_admin.php'> Επιστροφή στην αρχική
σελίδα </a>";

?>

</body>

</html>
```

## 5.5. Λειτουργικότητα Εφαρμογής

Αρχικά, παρουσιάζεται η αρχική σελίδα της εφαρμογής:



Εικόνα 18: Αρχική Σελίδα Εφαρμογής

Ακολουθεί η σελίδα εγγραφής του ασθενή (παρόμοια είναι και αυτή του γιατρού):

**Φόρμα Εγγραφής Ασθενή**

Username:

Password:

Email:

[Εγγραφή Ασθενή](#)

[Επιστροφή στην Αρχική Σελίδα](#)

Εικόνα 19: Σελίδα Εγγραφής Ασθενή

Η σελίδα με το μήνυμα επιτυχούς ολοκλήρωσης της εγγραφής:



Εικόνα 20: Επιτυχής ολοκλήρωση εγγραφής

Έπεται η αρχική σελίδα του διαχειριστή, όπου παρέχεται η δυνατότητα καταχώρησης της παρακολούθησης ασθενή από γιατρό:



Εικόνα 21: Αρχική Σελίδα Διαχειριστή - Συσχέτιση Γιατρού με Ασθενή

Συνεχίζουμε με τον διαχειριστή και την δυνατότητα προβολής για κάθε γιατρό των ασθενών που παρακολουθεί:



Εικόνα 22: Ασθενείς που επιβλέπει ο κάθε γιατρός

Ακολουθεί η αρχική σελίδα του ασθενή. Στο αριστερό μέρος εμφανίζεται διάγραμμα, το οποίο δείχνει την εξέλιξη του πλήθους των καρδιακών παλμών για κάθε ώρα της ημέρας. Δεξιά, το ιστορικό των μετρήσεων της τρέχουσας ημέρας:



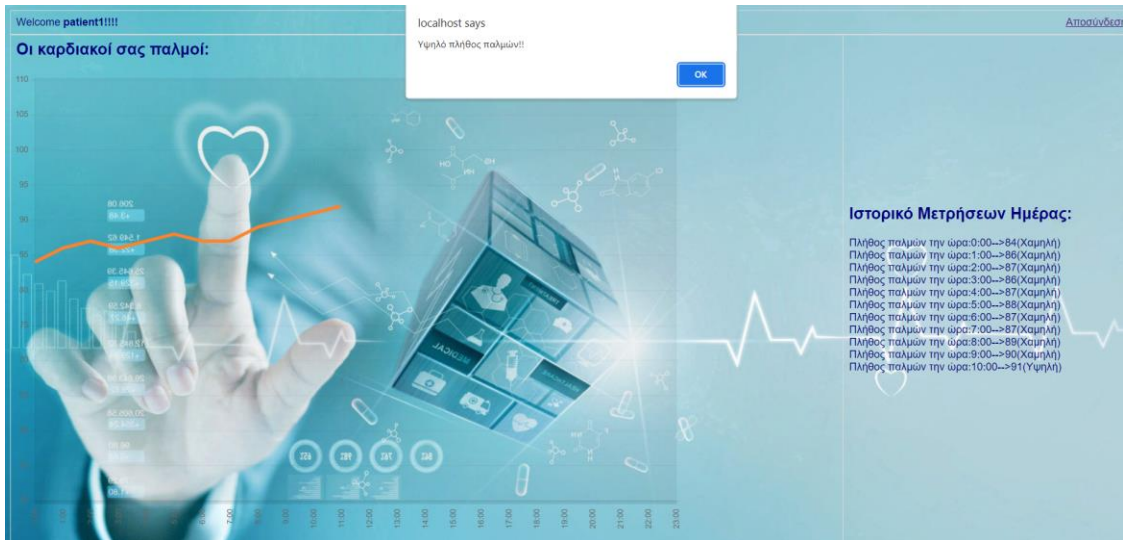
Εικόνα 23: Αρχική Σελίδα Ασθενή - 1

Η εξέλιξη του διαγράμματος και των αντίστοιχων μετρήσεων:



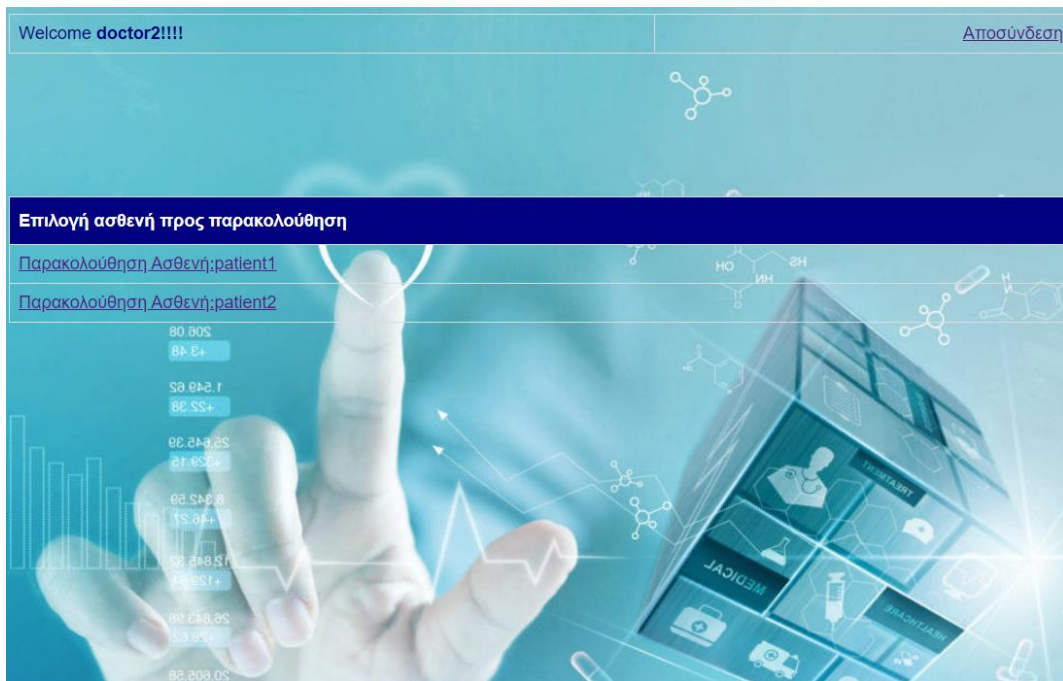
Εικόνα 24: Αρχική Σελίδα Ασθενή - 2

Παρατίθεται περίπτωση στην οποία το πλήθος των καρδιακών παλμών έχει υπερβεί το όριο (90 παλμοί):



Εικόνα 25: Περίπτωση υψηλών καρδιακών παλμών

Η αρχική σελίδα του γιατρού, όπου εμφανίζεται η δυνατότητα παρακολούθησης μόνο των ασθενών που επιβλέπει:



Εικόνα 26: Λίστα ασθενών που παρακολουθεί ο ιατρός

Τέλος, παρατίθεται η σελίδα παρακολούθησης της καρδιακής υγείας του ασθενή από την πλευρά του γιατρού:



Εικόνα 27: Παρακολούθηση καρδιακής υγείας ασθενή από γιατρό



## Συμπεράσματα – Μελλοντική Επέκταση

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, αρχικά πραγματοποιήθηκε εκτενής βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετική με την εφαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων στην παρακολούθηση της υγείας. Από την παραπάνω βιβλιογραφική ανασκόπηση έγινε σαφές ότι υπάρχει τρομερή πρόοδος όσο αφορά την αποτελεσματική παρακολούθηση της υγείας, και με τον τρόπο αυτό η τεχνολογία μπορεί να αποτελέσει χρήσιμο βοηθό στα χέρια του ιατρικού προσωπικού.

Είναι επίσης αδιαμφισβήτητο το γεγονός ότι υπάρχουν αρκετά περιθώρια βελτίωσης όσο αφορά την ακρίβεια των δεδομένων, έτσι ώστε να μην δημιουργείται εσφαλμένη εικόνα στο ιατρικό προσωπικό σχετικά με τα δεδομένα υγείας. Ιδιαίτερη έμφαση επιπλέον θα πρέπει να δίνεται και στο σημαντικό ζήτημα της προστασίας των ευαίσθητων ιατρικών δεδομένων. Για τον λόγο αυτό προτείνεται η χρήση ισχυρών κρυπτογραφικών μεθόδων, οι οποίες θα κινούνται με γνώμονα την συγκεκριμένη κατεύθυνση.

Ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο αναμένεται να διαδραματίσει και η συμβολή της Τεχνητής Νοημοσύνης για την ανάπτυξη τέτοιου τύπου συστημάτων, έτσι ώστε να κινείται σε προβλεπτικό επίπεδο και να επεξεργάζεται τον μεγάλο όγκο δεδομένων με τρόπο αποτελεσματικό.

Όσο αφορά την εφαρμογή, η οποία υλοποιήθηκε, η υλοποιητική προσπάθεια κρίνεται από επιτυχία, καθώς επετεύχθησαν οι δύο βασικοί στόχοι:

α. Επεξεργασία και οπτικοποίηση των δεδομένων καρδιακών παλμών με αποτελεσματικό τρόπο ( δημιουργία δυναμικού γραφήματος απεικόνισης)

β. Παροχή ενημερώσεων σε ιατρικό προσωπικό και ασθενείς σχετικά με την υπέρβαση του πλήθους των καρδιακών παλμών σε μη αποδεκτά επίπεδα.

Βέβαια, η συγκεκριμένη εφαρμογή αποτέλεσε ένα αρχικό βήμα για την ανάπτυξη ενός πληρέστερου συστήματος. Ένα αρχικό βήμα επέκτασης θα μπορούσε να είναι η ενσωμάτωση δεδομένων από περισσότερους αισθητήρες, έτσι ώστε να καταγράφονται και να οπτικοποιούνται με τρόπο φιλικό στον χρήστη περισσότερα ιατρικά δεδομένα (πχ αρτηριακή πίεση, θερμοκρασία σώματος, επίπεδο γλυκόζης). Με άλλα λόγια η εφαρμογή αυτή θα μπορούσε να επεκταθεί έτσι ώστε να αποτελέσει ένα ολοκληρωμένο κέντρο ελέγχου της υγείας των ασθενών.

Μια δεύτερη μελλοντική επέκταση, η οποία θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην υπάρχουσα διαδικτυακή εφαρμογή είναι η υλοποίηση μοντέλων μηχανικής μάθησης, η οποία αποτελεί έναν σημαντικό κλάδο της τεχνητής νοημοσύνης, για την πρόβλεψη μελλοντικών τιμών των διαφόρων δεικτών. Δεν θα πρέπει να παραβλέπουμε ότι τα συλλεγόμενα δεδομένα, θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν σαν χρονοσειρές, για την πρόβλεψη των τιμών των οποίων έχουν εφαρμοστεί από την επιστημονική κοινότητα μοντέλα πρόβλεψης, βασιζόμενα σε χρήση Νευρωνικών Δικτύων.

Με τις δύο παραπάνω προτάσεις, η εφαρμογή η οποία υλοποιήθηκε στα πλαίσια της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας, θα μπορούσε να αποτελέσει ένα πιο ολοκληρωμένο διαδικτυακό εργαλείο οπτικοποίησης, αλλά ταυτόχρονα και πρόβλεψης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ**

- [1].Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, 5(1), 41-44.
- [2].Yaqoob, I., Ahmed, E., Hashem, I. A. T., Ahmed, A. I. A., Gani, A., Imran, M., & Guizani, M. (2017). Internet of things architecture: Recent advances, taxonomy, requirements, and open challenges. IEEE wireless communications, 24(3), 10-16.
- [3].Sobin, C. C. (2020). A survey on architecture, protocols and challenges in IoT. Wireless Personal Communications, 112(3), 1383-1429.
- [4].Patel, K. K., Patel, S. M., & Scholar, P. (2016). Internet of things-IOT: definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. International journal of engineering science and computing, 6(5).
- [5].Jabraeil Jamali, M. A., Bahrami, B., Heidari, A., Allahverdizadeh, P., Norouzi, F., Jabraeil Jamali, M. A., ... & Norouzi, F. (2020). IoT architecture. Towards the Internet of Things: Architectures, Security, and Applications, 9-31.
- [6].Govinda, K., & Saravanaguru, R. A. K. (2016). Review on IOT technologies. International Journal of Applied Engineering Research, 11(4), 2848-2853.
- [7].Datta, P., & Sharma, B. (2017, July). A survey on IoT architectures, protocols, security and smart city based applications. In 2017 8th International conference on computing, communication and networking technologies (ICCCNT) (pp. 1-5). IEEE.

- [8]. Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164.
- [9]. Suresh, P., Daniel, J. V., Parthasarathy, V., & Aswathy, R. H. (2014, November). A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In *2014 International conference on science engineering and management research (ICSEMR)* (pp. 1-8). IEEE.
- [10]. Ndihi, E. D. N., & Cherkaoui, S. (2016). On enhancing technology coexistence in the IoT era: ZigBee and 802.11 case. *Ieee Access*, 4, 1835-1844.
- [11]. Sharma, R., Prakash, S., & Roy, P. (2020, February). Methodology, applications, and challenges of WSN-IoT. In *2020 International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICE3)* (pp. 502-507). IEEE.
- [12]. Rabah, K. (2018). Convergence of AI, IoT, big data and blockchain: a review. *The lake institute Journal*, 1(1), 1-18.
- [13]. Kouicem, D. E., Bouabdallah, A., & Lakhlef, H. (2018). Internet of things security: A top-down survey. *Computer Networks*, 141, 199-221.
- [14]. Liu, J., Xiao, Y., Li, S., Liang, W., & Chen, C. P. (2012). Cyber security and privacy issues in smart grids. *IEEE Communications surveys & tutorials*, 14(4), 981-997.
- [15]. Dalipi, F., & Yayilgan, S. Y. (2016, August). Security and privacy considerations for IoT application on smart grids: Survey and research challenges. In *2016 IEEE 4th*

International Conference on Future Internet of Things and Cloud Workshops (FiCloudW) (pp. 63-68). IEEE.

- [16]. Khelifa, B., & Abla, S. (2015, December). Security concerns in smart grids: Threats, vulnerabilities and countermeasures. In 2015 3rd International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC) (pp. 1-6). IEEE.
- [17]. AL-mawee, W. (2012). Privacy and security issues in IoT healthcare applications for the disabled users a survey.
- [18]. Leng, Y., & Zhao, L. (2011, August). Novel design of intelligent internet-of-vehicles management system based on cloud-computing and internet-of-things. In Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (Vol. 6, pp. 3190-3193). IEEE.
- [19]. Wu, Q., Ding, G., Xu, Y., Feng, S., Du, Z., Wang, J., & Long, K. (2014). Cognitive internet of things: a new paradigm beyond connection. *IEEE Internet of Things journal*, 1(2), 129-143.
- [20]. Sadeghi, A. R., Wachsmann, C., & Waidner, M. (2015, June). Security and privacy challenges in industrial internet of things. In Proceedings of the 52nd annual design automation conference (pp. 1-6).
- [21]. Granjal, J., Monteiro, E., & Silva, J. S. (2015). Security for the internet of things: A survey of existing protocols and open research issues. 17 (2015).

- [22]. Nguyen, K. T., Laurent, M., & Oualha, N. (2015). Survey on secure communication protocols for the Internet of Things. *Ad Hoc Networks*, 32, 17-31.
- [23]. Chatterjee, S., & Sarkar, P. (2011). Identity-based encryption. Springer Science & Business Media.
- [24]. Bethencourt, J., Sahai, A., & Waters, B. (2007, May). Ciphertext-policy attribute-based encryption. In 2007 IEEE symposium on security and privacy (SP'07) (pp. 321-334). IEEE.
- [25]. Hasan, J. (2019). Overview and applications of zero knowledge proof (ZKP). Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications.
- [26]. Sweeney, L. (2002). k-anonymity: A model for protecting privacy. *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, 10(05), 557-570.
- [27]. Zhang, R., Zhang, Y., & Ren, K. (2011). Distributed privacy-preserving access control in sensor networks. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 23(8), 1427-1438.
- [28]. Sahraoui, S., & Bilami, A. (2015). Efficient HIP-based approach to ensure lightweight end-to-end security in the internet of things. *Computer Networks*, 91, 26-45.
- [29]. Almeida, F. M., Ribeiro, A. R. L., Moreno, E. D., & Montesco, C. A. (2016). Performance evaluation of an artificial neural network multilayer perceptron with

limited weights for detecting denial of service attack on internet of things. In: AICT, 1-6.

- [30]. Hu, P. (2015, October). A system architecture for software-defined industrial Internet of Things. In 2015 IEEE International Conference on Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB) (pp. 1-5). IEEE.
- [31]. Minoli, D., & Occhiogrosso, B. (2018). Blockchain mechanisms for IoT security. *Internet of Things*, 1, 1-13.
- [32]. Pradhan, B., Bhattacharyya, S., & Pal, K. (2021). IoT-based applications in healthcare devices. *Journal of healthcare engineering*, 2021, 1-18.
- [33]. Shanmugasundaram, G., & Sankarikaarguzhali, G. (2017). An investigation on IoT healthcare analytics. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 9(2), 11.
- [34]. Nelson, G., Sweeney, P., & Gilbert, E. (2018). Use of globally unique identifiers (GUID s) to link herbarium specimen records to physical specimens. *Applications in Plant Sciences*, 6(2), e1027.
- [35]. Stiller, B., Schiller, E., Schmitt, C., Ziegler, S., & James, M. (2020). An overview of network communication technologies for IoT. *Handbook of Internet-of-Things*, 12.
- [36]. Oguntala, G., Abd-Alhameed, R., Jones, S., Noras, J., Patwary, M., & Rodriguez, J. (2018). Indoor location identification technologies for real-time IoT-based applications: An inclusive survey. *Computer Science Review*, 30, 55-79.

- [37]. Liu, M. L., Tao, L., & Yan, Z. (2012). Internet of Things-based electrocardiogram monitoring system. Chinese Patent, 102(764), 118.
- [38]. Wu, T., Redouté, J. M., & Yuce, M. (2019). A wearable, low-power, real-time ECG monitor for smart t-shirt and IoT healthcare applications. In *Advances in Body Area Networks I: Post-Conference Proceedings of BodyNets 2017* (pp. 165-173). Springer International Publishing.
- [39]. Bansal, M., & Gandhi, B. (2019, February). IoT & big data in smart healthcare (ECG monitoring). In *2019 International Conference on Machine Learning, Big Data, Cloud and Parallel Computing (COMITCon)* (pp. 390-396). IEEE.
- [40]. Djelouat, H., Al Disi, M., Boukhenoufa, I., Amira, A., Bensaali, F., Kotronis, C., ... & Dimitrakopoulos, G. (2020). Real-time ECG monitoring using compressive sensing on a heterogeneous multicore edge-device. *Microprocessors and Microsystems*, 72, 102839.
- [41]. Istepanian, R. S., Hu, S., Philip, N. Y., & Sungoor, A. (2011, August). The potential of Internet of m-health Things “m-IoT” for non-invasive glucose level sensing. In *2011 annual international conference of the IEEE engineering in medicine and biology society* (pp. 5264-5266). IEEE.
- [42]. Alarcón-Paredes, A., Francisco-García, V., Guzmán-Guzmán, I. P., Cantillo-Negrete, J., Cuevas-Valencia, R. E., & Alonso-Silverio, G. A. (2019). An IoT-based



non-invasive glucose level monitoring system using raspberry pi. *Applied Sciences*, 9(15), 3046.

- [43]. Valenzuela, F., García, A., Ruiz, E., Vazquez, M., Cortez, J., & Espinoza, A. (2020). An IoT-based glucose monitoring algorithm to prevent diabetes complications. *applied sciences*, 10(3), 921.
- [44]. Sunny, S., & Kumar, S. S. (2018, January). Optical based non invasive glucometer with IoT. In 2018 International Conference on Power, Signals, Control and Computation (EPSCICON) (pp. 1-3). IEEE.
- [45]. Ota, H., Chao, M., Gao, Y., Wu, E., Tai, L. C., Chen, K., ... & Javey, A. (2017). 3d printed "earable" smart devices for real-time detection of core body temperature. *ACS sensors*, 2(7), 990-997.
- [46]. Gunawan, I. P. C., Andayani, D. H., Triwiyanto, T., Yulianto, E., Rahmawati, T., Soetjatie, L., & Musvika, S. D. (2020, May). Design and development of telemedicine based heartbeat and body temperature monitoring tools. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 850, No. 1, p. 012018). IOP Publishing.
- [47]. Zakaria, N. A., Saleh, F. N. B. M., & Razak, M. A. A. (2018, July). IoT (Internet of Things) based infant body temperature monitoring. In 2018 2nd international conference on biosignal analysis, processing and systems (ICBAPS) (pp. 148-153). IEEE.

- [48]. Xin, Q., & Wu, J. (2017). A novel wearable device for continuous, non-invasive blood pressure measurement. *Computational Biology and Chemistry*, 69, 134-137.
- [49]. Guntha, R. (2019, December). IoT architectures for noninvasive blood glucose and blood pressure monitoring. In 2019 9th international symposium on embedded computing and system design (ISED) (pp. 1-5). IEEE.
- [50]. Chao, P. C. P., & Tu, T. Y. (2017, August). Using the time-domain characterization for estimation continuous blood pressure via neural network method. In *Information storage and processing systems* (Vol. 58103, p. V001T02A003). American Society of Mechanical Engineers.
- [51]. Fu, Y., & Liu, J. (2015). System design for wearable blood oxygen saturation and pulse measurement device. *Procedia manufacturing*, 3, 1187-1194.
- [52]. Agustine, L., Muljono, I., Angka, P. R., Gunadhi, A., Lestariningsih, D., & Weliamto, W. A. (2018, November). Heart rate monitoring device for arrhythmia using pulse oximeter sensor based on android. In 2018 International Conference on Computer Engineering, Network and Intelligent Multimedia (CENIM) (pp. 106-111). IEEE.
- [53]. Shah, S. T. U., Badshah, F., Dad, F., Amin, N., & Jan, M. A. (2019). Cloud-assisted IoT-based smart respiratory monitoring system for asthma patients. *Applications of intelligent technologies in healthcare*, 77-86.

- [54]. Raji, A., Devi, P. K., Jeyaseeli, P. G., & Balaganesh, N. (2016, November). Respiratory monitoring system for asthma patients based on IoT. In 2016 Online International Conference on Green Engineering and Technologies (IC-GET) (pp. 1-6). IEEE.
- [55]. Gundu, S. (2020). A novel IoT based solution for monitoring and alerting bronchial asthma patients. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(10), 120-123.
- [56]. Dalal, P., Aggarwal, G., & Tejasvee, S. (2020, April). Internet of things (IoT) in healthcare system: IA3 (idea, architecture, advantages and applications). In *Proceedings of the International Conference on Innovative Computing & Communications (ICICC)*.
- [57]. Selvaraj, S., & Sundaravaradhan, S. (2020). Challenges and opportunities in IoT healthcare systems: a systematic review. *SN Applied Sciences*, 2(1), 139.
- [58]. Mocker, M., & Ross, J. (2018). Digital Transformation at Royal Philips.
- [59]. Maciąg, A., Mitkowski, P., Mazurek, M., Kaźmierczak, J., Nowak, K., Grabowski, M., ... & Szwed, H. (2020). Patient perspective and safety of remote monitoring of implantable cardioverter-defibrillators in the Polish Nationwide Multicenter Registry: the Medtronic CareLink network evaluation. *Kardiologia Polska (Polish Heart Journal)*, 78(11), 1115-1121.

- [60]. Singh, M., Rao, R., & Gupta, S. (2020). KardiaMobile for ECG monitoring and arrhythmia diagnosis. *American family physician*, 102(9), 563-564.
- [61]. Diaz, K. M., Krupka, D. J., Chang, M. J., Peacock, J., Ma, Y., Goldsmith, J., ... & Davidson, K. W. (2015). Fitbit®: An accurate and reliable device for wireless physical activity tracking. *International journal of cardiology*, 185, 138-140.
- [62]. Beltrán-Carrillo, V. J., Jiménez-Loaisa, A., Alarcón-López, M., & Elvira, J. L. (2019). Validity of the “Samsung Health” application to measure steps: A study with two different samsung smartphones. *Journal of sports sciences*, 37(7), 788-794.
- [63]. Blaak, M. J., Fadaak, R., Davies, J. M., Pinto, N., Conly, J., & Leslie, M. (2021). Virtual tabletop simulations for primary care pandemic preparedness and response. *BMJ Simulation & Technology Enhanced Learning*, 7(6), 487.
- [64]. <https://www.kaggle.com/datasets/arashnic/fitbit>