

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪROS TECHNOLOGIJŲ IR GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS
INFORMATIKOS IR STATISTIKOS KATEDRA

**IŠMANIOS SISTEMOS, SKIRTOS PAGYVENUSIŲ ŽMONIŲ
SVEIKATOS PARAMETRŲ STEBĖJIMUI, LABORATORINIO
PROTOTIPO KŪRIMAS**

**THE DEVELOPMENT OF LABORATORY SMART SYSTEM PROTOTYPE FOR
ELDERLY PEOPLE HEALTH PARAMETER MONITORING**

Magistro baigiamasis darbas
Informatikos inžinerijos studijų programa valstybinis kodas 6211BX020

Autorius

stud. Konstantinas Starkutis

Vadovė

doc. dr. Violeta Bulbenkienė

Klaipėda, 2020

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO LYDRAŠČIO FORMA

Pildo magistro baigiamojo darbo autorius

.....Konstantinas Starkutis.....
(bakalauro/magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Baigiamojo darbo tema:Išmanios sistemos, skirtos pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimui, laboratorinio prototipo kūrimas.....
(bakalauro/magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

.....
(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Sutinku, kad magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

.....
(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus ir parašas)

Pildo magistro baigiamojo darbo vadovas

Bakalauro/magistro baigiamąjį darbą ginti.....

(įrašyti - leidžiu arba neleidžiu)

.....2020.....
(data)

.....
(bakalauro/magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, administratorius (sekretorius)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

.....2020.....
(data)

.....Laima Brazdeikienė.....
(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, vedėjas

Bakalauro/magistro baigiamąjį darbą ginti.....

(įrašyti - leidžiu arba neleidžiu)

.....2020.....
(data)

.....doc. dr. Mindaugas Kurmis.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu(-ais) skiriu

.....
(įrašyti recenzento(ų) vardą, pavardę)

.....2020.....
(data)

.....doc. dr. Mindaugas Kurmis.....
(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

ANOTACIJA

Išmanios sistemos, skirtos pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimui, laboratorinio prototipo kūrimas: informatikos inžinerijos magistro darbas. Vadovė doc. dr. Violeta Bulbenkienė. Klaipėdos universitetas, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Informatikos ir statistikos katedra. Klaipėda, 2020, 75 p. Darbo apimtis – 61 p. teksto be priedų, 42 iliustr., 6 lent., 40 bibliografinių šaltinių.

Dėl augančios pagyvenusių žmonių populiacijos, senjorai, kurie negali pasirūpinti savimi yra apgyvendinami socialinės globos/slaugos namuose. Naudojantis išmaniosiomis technologijomis galima stebėti senjorų sveikatos parametrus ir skatinti aktyvesnę gyvenseną, leidžiant patiems globos/slaugos namų gyventojams stebėti savo sveikatos rodiklių pokyčius ir progresą. Šiame darbe pateikiamas išmanios sistemos, skirtos pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimui, laboratorinis prototipas. Sistemos prototipą sudaro sveikatos rodiklius renkantis išmanūs laikrodžiai kurie perduoda surinktą informaciją naudojantis *Bluetooth 5.0 BLE* bevielio ryšio technologiją. Išmanių laikrodžių pritaikymas padės globos/slaugos namų darbuotojams stebėti savo gyventojų sveikatos rodiklius, kurių pagalba galės spręsti kaip jiems kuo skubiau galima padėti. Šiuos duomenis renka ir atvaizduoja išmanūs telefonai kurie persiunčia informaciją į debesų serverį naudojantis *Wi-Fi* arba *4G* bevielio ryšio technologijomis. Sistema naudoja debesų serverį perduoti informaciją sistemos tinklalapiui ir saugoti duomenis duomenų bazėje vėlesniam jų stebėjimui. Sistemos tinklalapis parsisiunčia surinktus sveikatos rodmenis ir juos atvaizduoja grafine forma. Taip pat sukurta sistemos tinklalapio funkcija kuri įspėja vartotoją apie kritinius paciento sveikatos parametrų pasikeitimus.

RAKTINIAI ŽODŽIAI: Debesų kompiuterija, duomenų rinkimas, bevielė komunikacija, Duomenų stebėjimas, pagyvenusių žmonių priežiūra.

ANNOTATION

Due to the growing population of the elderly, seniors who cannot take care of themselves are placed in social care/nursing homes. Using smart technologies, it is possible to monitor the health parameters of seniors and promote a more active lifestyle by allowing the nursing home residents to monitor the changes and progress of their health. This paper presents a smart system laboratory prototype for elderly health parameter monitoring. The system prototype consists of smart watches that collect health data and transmit the collected information using *Bluetooth 5.0 BLE* wireless technology. The smart watches will help nursing home workers to monitor the health parameters of their population, which in turn will help them to decide how they can give care to those in need as soon as possible. This data is collected and displayed by smartphones that transmit

information to the cloud server using Wi-Fi or 4G wireless technologies. The system uses a cloud server to transmit information to the system website and store the data in a database for later monitoring. The system's website downloads the collected health readings and displays them in graphical form. A system website can also alert the user of critical changes in patient health parameters. Users of the system's website can send messages to each other using the website's messaging feature.

KEYWORDS: Cloud computing, data collection, wireless communication, data monitoring, elderly care.

TURINYS

ANOTACIJA.....	2
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	6
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	8
TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNĖLIS.....	9
ĮVADAS.....	12
1. IŠMANIŲ SLAUGOS SISTEMŲ ANALIZĖ.....	14
1.1. Išmanių slaugos sistemos ir jų naudojama techninė įranga.....	14
1.2. Senjorams aktualūs sveikatos parametrai ir jų aptikimas naudojantis technologijomis.....	19
1.2.1. Širdies ritmas ir fotoplestografija.....	19
1.2.2. Žingsniai ir žingsniamačiai.....	20
1.2.3. Miego kiekis ir aktygrafija.....	22
1.2.4. Kalorijos ir BMR.....	22
1.3. Išmanių laikrodžių ir jų pritaikymas slaugoje.....	23
1.4. Sveikatos stebėjimo platformos.....	25
1.4.1. Apple Health.....	25
1.4.2. Google FIT.....	27
2. METODINĖ DALIS.....	30
2.1. Funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai.....	30
2.2. Sistemos struktūra ir techninė įranga.....	30
2.3. Sistemos programinė įranga.....	34
2.4. Sistemos veikimo algoritmas.....	36
3. PRAKTINĖ DALIS.....	38
3.1. Sistemos techninės įrangos sujungimas ir susiejimas su „Google FIT“ platforma.....	38
3.2. Tinklalapio vartotojo sąsajos kūrimas.....	40
3.3. Tinklalapio programavimas.....	41
3.3.1. Standartinių funkcijų programavimas.....	42
3.3.2. Sveikatos rodmenų atvaizdavimo programavimas.....	44
3.3.3. Sveikatos parametrų kritinių pokyčių stebėjimo funkcijos programavimas.....	46
4. EKSPERIMENTINĖ DALIS.....	48
4.1. Sistemos prototipo veikimas realiomis sąlygomis.....	48
4.1.1. Bluetooth 5.0 BLE ryšio atstumo testavimas.....	48
4.1.2. Sistemos tinklalapio standartinių funkcijų tyrimas.....	52
4.1.3. Sistemos duomenų siuntimo ir gavimo tyrimas.....	53

4.1.4	Sistemos tinklalapio kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo funkcijos tyrimas	55
	IŠVADOS	57
	LITERATŪROS SĄRAŠAS	59
	PRIEDAI	62
	Priedas 1	63
	Priedas 2	68

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. M. Jamal Deen išmanių priežiūros namų sistemos diagrama [7].....	14
2 pav. M. Jamal Deen sistemos sensoriai [7]	15
3 pav. „BoIT“ projekto vizija [8]	15
4 pav. „NEO-IP Carephone“ ir kritimų detektorius [8].....	16
5 pav. a) Rankų gestų stebėjimo jutikliai naudojant LEAP ir b) Rankų gestų stebėjimo jutikliai, naudojantys elektromiografijos (EMG) signalu pagrįstą MYO raištį. [9]	16
6 pav. SHEEAN sistemos CPS komponentai [9]	17
7 pav. „InLife“ sistema: vartotojas, išmanusis laikrodis, telefonas, interneto portalas, SMS šliuzai, oficialūs ir neoficialūs globėjai. [10]	18
8 pav. Fotoplestografijos veikimas „Apple Watch“ išmaniajame laikrodyje [12].....	20
9 pav. Elektrinio žingsniamačio veikimo principas [15].....	21
10 pav. Išmanus laikrodis ir jo palaikomos funkcijos [21]	24
11 pav. „Apple Health“ aplikacija ir ją sudarantys produktai [23]	25
12 pav. „Google Fit“ veikimo schema [26].....	27
13 pav. „Google Fit“ veikimo schema „Android“ prietaisuose [28].....	28
14 pav. Sistemos ir vartotojo bendravimo principinė schema.....	31
15 pav. Sistemos prototipo struktūrinė schema.....	31
16 pav. Sistemos prototipo funkciniai blokai	32
17 pav. „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis [30].....	33
18 pav. Išmanių laikrodžių panaudojimas sveikatos apsaugos sistemose principinė schema 33	
19 pav. Prisijungimo lango dizaino pavyzdys sukurtas naudojantis “Figma”	35
20 pav. Pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos laboratorinio prototipo algoritmas	37
21 pav. „Mi Fit“ aplikacijos funkcijų demonstracija	39
22 pav. „Google FIT“ sveikatos parodymų stebėjimo platformos profilis	39
23 pav. Tinklalapio stebėjimo sistemos vartotojo langas: kompiuterinė a) ir mobili b) versijos 40	
24 pav. MVC veikimo principas	41
25 pav. Vartotojo prisijungimo valdiklio kodo fragmentas	43
26 pav. Vartotojo prisijungimo vaizdo kodo fragmentas	43
27 pav. Vartotojo prisijungimo modelio kodo fragmentas.....	44
28 pav. Kliento kūrimo kodo fragmentas.....	45
29 pav. „Google FIT“ duomenų bazėje laikomų duomenų atvaizdavimas	45
30 pav. „Bluetooth Scanner“ aplikacijos, prietaiso ieškojimo langas.....	49
31 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per gipso kartono sienas	50
32 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per plytų sienas.....	50
33 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per betonines sienas	51

34 pav. RSSI priklausomybės nuo atstumo palyginamasis grafikas, signalui pereinant per gipso kartono, plytų ir betonines sienas.....	51
35 pav. Sistemos tinklalapio registracijos formos: a) užpildyta teisingai, b) užpildyta neteisingai	52
36 pav. „Xiaomi Mi Band 4“ užfiksuoti širdies ritmo rodmenys.....	53
37 pav. Perduoti širdies ritmo rodmenys „Mi Fit“ mobilijoje aplikacijoje	53
38 pav. Tinklalapio sveikatos parametrų peržiūros langas.....	54
39 pav. Sistemos prototipo žinučių siuntimo langas	54
40 pav. Žinutės atvaizdavimas išmaniam laikrodyje.....	55
41 pav. Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo veikimo pavyzdys	55
42 pav. Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo peržiūros langas.....	56

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Funkcinių blokų aprašymas	32
2 lentelė. Pasirinkta techninė įranga sistemos realizacijai.....	34
3 lentelė. Pasirinkta programinė įranga sistemos realizacijai.....	36
4 lentelė. Wi-Fi standartų palyginimas [38]	64
5 lentelė. Bluetooth versijų palyginimas [39].....	65
6 lentelė. Wi-Fi ir Bluetooth versijų palyginimas	67

TERMINŲ IR SANTRUMPŲ ŽODYNĖLIS

4G - mobiliojo ryšio technologija

API (angl. *Application Programming Interface*) – tai sąsaja, kurią suteikia kompiuterinė sistema, biblioteka ar programa tam, kad programuotojas per kitą programą galėtų pasiekti jos funkcionalumą ar apsiektų su ja duomenimis.

Apple Health - sveikatos stebėjimo mobilioji programa.

Back-end – tinklalapio serverio pusės programavimas kuomet kuriamas duomenų bendravimas tarp duomenų bazės ir naršyklės.

BLE (angl. *Bluetooth Low Energy*) - belaidžio asmeninio tinklo technologija skirtas žymiai sumažinti energijos sąnaudas ir išlaidas, išlaikant panašų ryšio diapazoną.

Bluetooth - belaidžio ryšio gamybinė specifikacija, naudojama asmeniniuose tinkluose.

CCK (angl. *Complementary Code Keying*) - moduliavimo schema, naudojama bevieliose tinkluose.

CPS (angl. *Cyberphysical System*) - sistema, kurioje mechanizmas yra valdomas arba stebimas kompiuteriniais algoritmais.

CSS (angl. *Cascading Style Sheets*) – kalba, skirta nusakyti kita struktūrine kalba aprašyto dokumento vaizdavimą.

DBW (angl. *Dual-Band Wireless*) – technologija leidžianti transliuoti vienu iš dviejų skirtingų standartinių dažnių diapazonų.

ECDH (angl. *Elliptic Curve Diffie Hellman*) - anoniminis pagrindinio susitarimo protokolas, leidžiantis nustatyti prisijungimą per nesaugų kanalą, kiekvienas turi elipsės kreivės viešojo ir privataus raktų porą.

EDR (angl. *Enhanced Data Rate*) - skaitmeninių mobiliųjų telefonų technologija, kuri leidžia pagerinti duomenų perdavimo greitį.

Ethernet - kompiuterių tinklų technologija lokaliems tinklams.

FM radijas - technologija, kuri leidžia perduoti signalus elektromagnetinių bangų moduliavimu.

Framework - abstrakcija, kai programinę įrangą, teikiančią bendrąją funkciją, galima selektyviai pakeisti papildomu vartotojo įvestu kodu, tokiu būdu teikiant programai skirtą programinę įrangą.

Front-end - duomenų konvertavimo į grafinę sąsają praktika naudojant HTML, CSS ir „JavaScript“ programavimo kalbomis, kad vartotojai galėtų peržiūrėti ir sąveikauti su šiais duomenimis.

Google FIT - sveikatos stebėjimo platforma.

GPS (angl. *Global Positioning System*) – Globali padėties nustatymo sistema.

HTML (angl. *Hyper Text Markup Language*) – tai kompiuterinė žymėjimo kalba, naudojama pateikti turinį internete.

IP telefonija (angl. *Internet Telephony; Voice over IP, VoIP*) – balsu ryšys perduodamas duomenų perdavimo tinklais naudojant interneto protokolą.

IP televizija (angl. *Internet Protocol Television*) – telekomunikacinė sistema skirta transliuoti ir priimti televizinius signalus paketinėmis tinklais, naudojant interneto protokolą (IP).

Išmanus laikrodis (angl. *Smartwatch*) - laikrodžio pavidalo nešiojamas kompiuteris.

JS (angl. *JavaScript*) – objektiškai orientuota skriptų programavimo kalba, besiremianti prototipų principu.

LCD (angl. *Liquid-Crystal Display*) - plokščiaekranis ekranas ar kitas elektroniškai moduluotas optinis įtaisas, kuris naudoja skystųjų kristalų, sujungtų su poliarizatoriais, šviesos moduliacinės savybes.

microSD – (angl. *micro Secure Digital*) - Nešiojamųjų prietaisų atminties kortelės formatas.

MIMO (angl. *Multiple Input / Multiple Output*) - santrumpa, kuri vartojama telekomunikacijų srityje antenų skaičiui nusakyti.

MVC (angl. *Model–View–Controller*) - programinės įrangos projektavimo schema, paprastai naudojama kuriant vartotojo sąsajas, kuri padalija susijusią programos logiką į tris sujungtus elementus.

OFDM (angl. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) - daugelio dažnių skaitmeninių duomenų kodavimo metodas.

OLED (angl. *Organic Light-Emitting Diode*) - šviesos diodas (LED), kuriame spinduliuojantis elektroliuminescencinis sluoksnis yra organinio junginio plėvelė, skleidžianti šviesą reaguojant į elektros srovę.

PHP – plačiai paplitusi dinaminė interpretuojama programavimo kalba.

RSSI (angl. *Received Signal Strength Indicator*) - gauto radijo signalo galios matavimas. Kuomet matuojami antenos gaunamo galios lygio rodmenys.

SAM (angl. *Slot Availability Masking*) – technologija kuri aptinka ir trukdo nepageidaujamiems kaimyniniams ryšiams prisijungti ar kitaip trukdyti duomenų perdavimą.

SMS (angl. *Short Message Service*) - yra teksto žinučių siuntimo paslaugos komponentas daugumoje telefonų, interneto ir mobiliųjų prietaisų sistemose.

SOS mygtukas (angl. *SOS Button*) - elektroninis įtaisas, skirtas padėti perspėti žmogų avarinėmis situacijomis, kai kyla grėsmė žmogui ar turtui.

SSP (angl. *Secure Simple Pairing*) – technologija kuri pagerina "Bluetooth" įrenginių poros sukūrimą, kartu didinant saugumą.

UI (angl. *User Interface*) - Žmogaus ir kompiuterio sąveikos pramoninio dizaino sritis, kurioje vyksta žmonių ir mašinų sąveika.

URL (angl. *Uniform Resource Locator*) - interneto adresas, nurodantis jo vietą kompiuteriniame tinkle ir jo gavimo mechanizmą.

Wi-Fi - belaidžio ryšio technologija leidžia realizuoti duomenų perdavimo tinklus panaudojant plačiajuostį radijo ryšį.

WLAN (angl. *Wireless Local Area Network*) - bevielis kompiuterių tinklas, jungiantis du ar daugiau prietaisų, naudojančių belaidį ryšį ribotoje erdvėje.

WPA (angl. *Wi-Fi Protected Access*) - saugumo protokolas ir saugumo sertifikavimo programa, sukurta "Wi-Fi Alliance", siekiant apsaugoti belaidžius kompiuterių tinklus.

IVADAS

Per pastaruosius kelis dešimtmečius gyvenimo trukmė daugelyje pasaulio šalių smarkiai padidėjo. Šis pagerėjimas pasiektas pirmiausia dėl reikšmingų medicinos mokslo ir diagnostikos technologijų pasiekimų, taip pat didėjančio supratimo apie asmens ir aplinkos higieną, sveikatą, mitybą ir švietimą. Manoma, kad dėl pailgėjusios gyvenimo trukmės ir mažėjančio gimstamumo daugėja senyvo amžiaus gyventojų. [1] Pagal Pasaulio Sveikatos Organizacijos (WHO) duomenis, vyresnių nei 65 metų amžiaus pagyvenusių žmonių skaičius iki 2050 m. bus didesnis nei vaikų iki 14 metų amžiaus. [2] Be to, apie 15% pasaulio gyventojų kenčia nuo įvairių fizinių negalių, 110–190 milijonų suaugusiųjų turi didelių funkcinių sutrikimų. [3] Žmonės su negalia dėl riboto judėjimo ir savarankiškumo dažnai turi individualių sveikatos priežiūros poreikių. Todėl nenuostabu, kad ilgėjant gyventojų gyvenimo trukmei, sveikatos priežiūros paslaugų poreikis taip pat didėja. Tačiau išlaidos, susijusios su šiuolaikinėmis sveikatos priežiūros paslaugomis, ir toliau auga dėl kompensuojamų vaistų poreikio, diagnostikos, reabilitacijos priemonių. Senyvo amžiaus asmenys, negalėdami pasirūpinti savimi yra apgyvendinami socialinės globos/slaugos namuose. [4] Dažnu atveju, senjorai turi sveikatos problemų, kurių pasėkoje, jie turi būti prižiūrimi ir sveikatos specialistų. Šių asmenų priežiūra socialinės globos/slaugos namuose yra sudėtinga. Darbuotojams, vienu metu, tenka teikti paslaugas dešimčiai, kartais ir daugiau, individualių poreikių turintiems globotiniams. [5] Todėl vis labiau suprantama, kaip svarbu kurti ir įgyvendinti veiksmingas bei ekonomiškąs sistemas, tam, kad būtų galima teikti prieinamas, kokybiškas ir modernias sveikatos priežiūros paslaugas senstančiai visuomenei.

Vyresnio amžiaus žmonėms dėl kraujotakos, judėjimo sistemų sutrikimo gali prireikti, skubios medicininės pagalbos. Laiku nepastebėjus ir nesureagavus galima turėti skaudžių pasekmių. Tokių kritinių situacijų galima išvengti nuolat stebint fiziologinius pagyvenusių žmonių parametrus ir veiklą. Dėl išvardintų priežasčių išmanios technologijos puikiai tinka stebėti pagyvenusius žmones ir iškviesti juos prižiūrinčius specialistus. [6] Šios technologijos buvo panaudotos tokiose sistemose kaip M. J. Deen išmanių priežiūros namų sistema kurioje naudojami sensoriai ir stebėjimo aparatūra, padeda stebėti senjorų sveikatos būklę ir jų poziciją namuose. [7]

Švedijos „BoIT“ projektas kuriame naudojami *IP telefonija*, *IP televizija*, priežiūros signalizacija ir įvairios buitinių prietaisų apsaugos norint palengvinti savarankišką pagyvenusių žmonių gyvenimą. [8]

SHEEAN sistema kurioje naudojami rankų ir kūno gestus bei balsu komandas atpažįstanti įranga kuri sujungta su debesų serveriais norint kontroliuoti išmanių namų funkcijas taip palengvinant neįgalaus žmogaus gyvenimą. [9]

„InLife“ nuotolinė priežiūros sistema kurioje naudojami išmanūs laikrodžiai ir jiems sukurta programinė įranga kuri gali automatiškai aptikti kritimą, surasti vartotoją naudojantis *GPS*, atlikti veiklos analizę ir turi *SOS mygtuką*. „InLife“ pagrindinė funkcija yra informuoti globėją arba kaimyną apie galimą nelaimingą atsitikimą naudojantis *SMS* žinutę arba tiesioginiais skambučiais. Didžiulė dalis tokių sistemų yra naudojamos palengvinti senyvo amžiaus ar neįgalaus žmogaus gyvenimą jo namų aplinkoje. [10]

Tikslinga panaudoti išmaniąsias technologijas globos/slaugos įstaigose, stebint prižiūrimus globotinius realiu laiku ir gauti pranešimus apie jų fiziologinius parametrus bei veiklą. Taip pat šios technologijos tinka paskatinti globotinį judėti ir pačiam stebėti savo sveikatos pakitimus.

Šiame darbe siūloma išmani pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistema, leidžianti stebėti jų veiklą ir svarbius sveikatos parametrus, bei galinti imtis įspėjamųjų priemonių norint išvengti nelaimingus įvykius.

Baigiamojo darbo tikslas: suprojektuoti ir realizuoti išmanų pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos (laboratorinį) prototipą.

Šiam tikslui pasiekti buvo išsikelti **uždaviniai**:

1. Atlikti išmanių slaugos ir pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemų mokslinę analizę.
2. Suprojektuoti išmanią pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemą jai parenkant reikalingą techninę bei programinę įrangą.
3. Sukurti sistemos prototipą gebantį siųsti ir atvaizduoti sveikatos parametrų duomenis, įspėti tinklalapio vartotoją apie kritinius paciento sveikatos rodiklių pasikeitimus.
4. Atlikti sukurtos sistemos verifikacija.

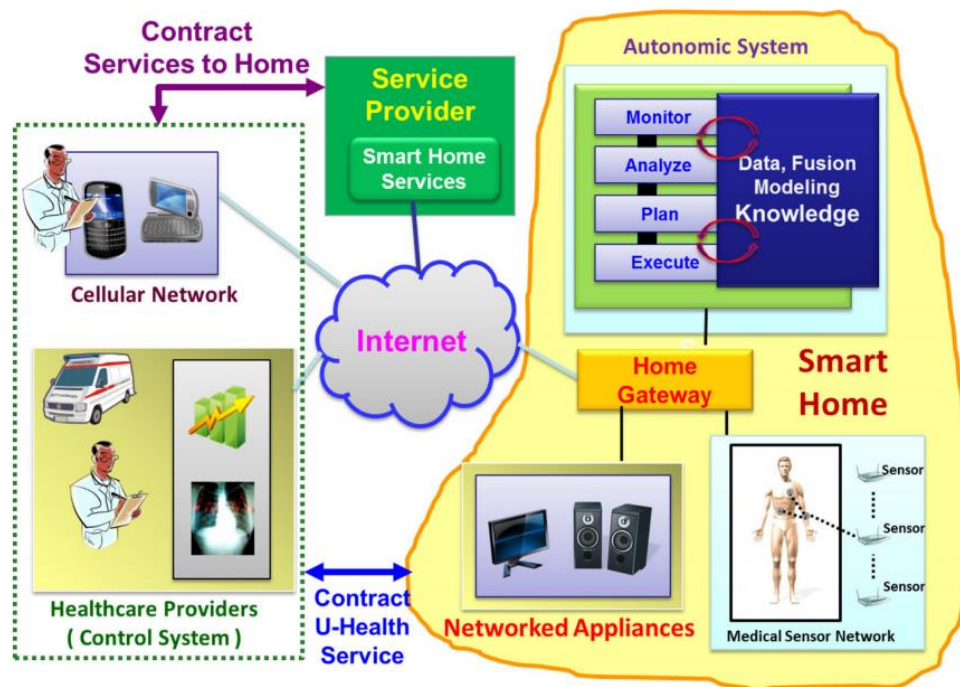
1. IŠMANIŲ SLAUGOS SISTEMŲ ANALIZĖ

Šiuo metu egzistuoja daugybė išmanių senjorų priežiūros sistemų skirtų įvairiems vartotojo poreikiams. Visos šios sistemos naudoja skirtingas technologijas spręsti įvairias specifines problemas. Tam naudojama labai skirtinga techninė įranga nors sprendžiamos tos pačios problemos. Tad šiame skyriuje analizuojami egzistuojančios išmanių senjorų priežiūros sistemos, išsiaiškinama kodėl jos naudoja tam tikras technologijas, bei techninę įrangą.

1.1. Išmanių slaugos sistemos ir jų naudojama techninė įranga

Techninės įrangos pasirinkimą lemia daugybė rodiklių, kurie nusprendžia visą sistemos paskirtį, energijos naudojimo našumą bei prieinamumą vartotojui nuo naudojamo ryšio iki vartojimo patogumo. Tinkama įranga yra ypač svarbi išmanių sistemų kūrimo, nes pasirinkus netinkamą įrangą gali išaugti visos sistemos kaina, didėti sunaudojamos energijos kiekis ir taip pat didėja sistemos palaikymo kaštai. Šiame skyrelyje apžvelgiu panašių išmaniųjų senjorų sveikatos parametrų sistemas, jų techninę bei programinę įrangą, kokią naudą jos duoda jau esamoms sistemoms ir į ką reikėtų atsižvelgti renkantis tinkamą įrangą.

1 pav. parodo M. Jamal Deen darbo autonominės išmaniųjų namų architektūros schema, iliustruojanti svarbius technologijų, sveikatos priežiūros ir paslaugų teikėjų vaidmenis bei protingi medicinos namai senyvo amžiaus žmonėms.



1 pav. M. Jamal Deen išmanių priežiūros namų sistemos diagrama [7]

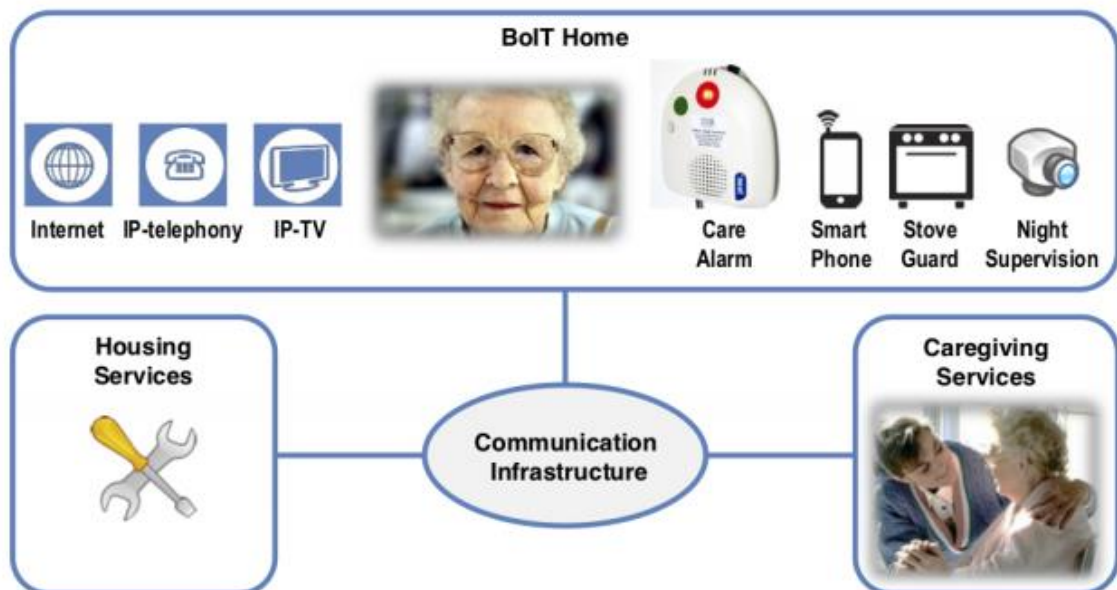
M. Jamal Deen sistema naudoja įvairias valdymo ir stebėjimo sistemas (2 pav.) norint palengvinti senjorų gyvenimą.



2 pav. M. Jamal Deen sistemos sensoriai [7]

Darbe naudojami sensoriai ir stebėjimo sistema padeda stebėti senjorų sveikatos būklę ir jų poziciją namuose. Įvairios išmanios namų valdymo sistemos palengvina senjorų kasdieninį gyvenimą. [7]

David Perez, Suejb Memeti ir Sabri Pllana darbe yra aprašomas Švedijos projektas „BoIT“, tiriantis IoT sprendimų naudojimą savarankiškam pagyvenusių žmonių gyvenimui.



3 pav. „BoIT“ projekto vizija [8]

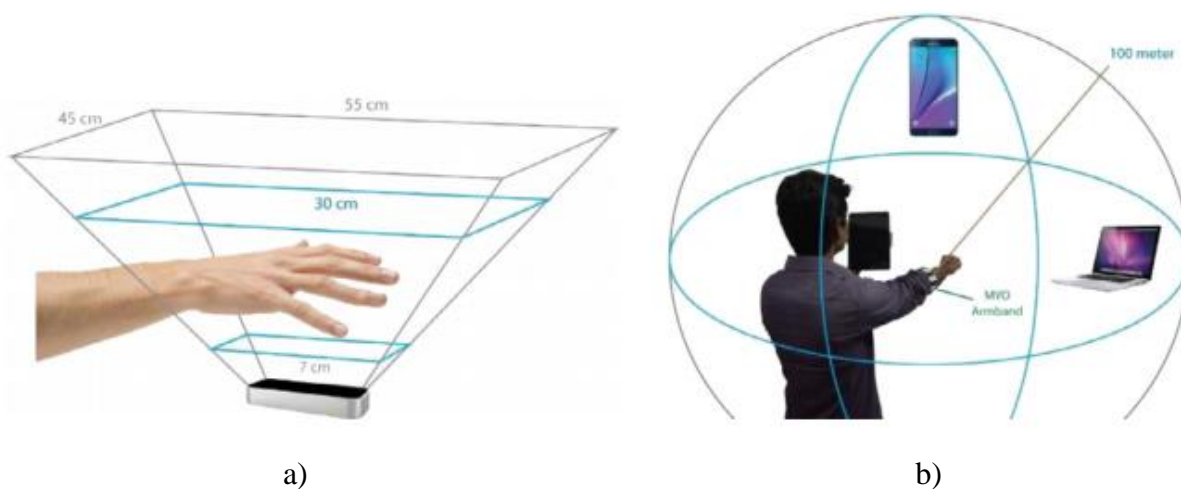
3 pav. pavaizduota „BoIT“ projekto vizija. „BoIT“ namuose yra įrengta interneto protokolo (IP) telefonija, IP televizija, priešžiūros signalizacija, viryklės apsauga, išmanusis telefonas, naktinė priešžiūra ir įvairūs išmanieji buitiniai prietaisai. Šie įrenginiai yra sujungti per internetą ir suteikia galimybę naudotis nuotolinio būsto ir slaugos paslaugomis.



4 pav. „NEO-IP Carephone“ ir kritimų detektorius [8]

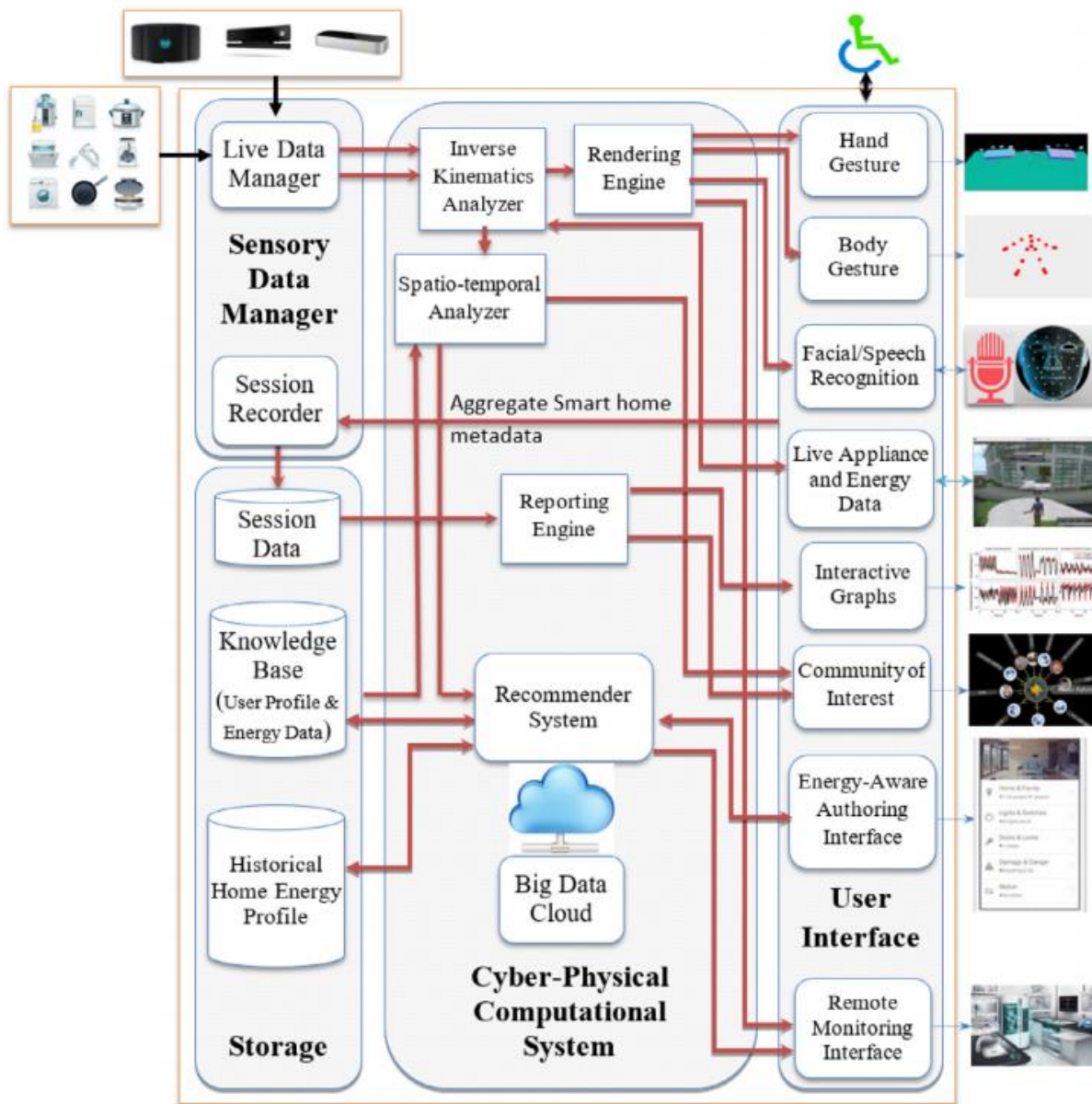
„NEO-IP Carephone“ (4 pav.) yra senyvo amžiaus žmonių priešžiūros sprendimas, leidžiantis užmegzti balso ryšį per IP su slaugytojais ar artimaisiais, kai paspaudžiamas raudonas mygtukas. Kritimo detektorius sugeba automatiškai aptikti kritimus ir pranešti apie juos. Signalą taip pat galima siųsti rankiniu būdu paspaudus raudoną kritimo detektoriaus mygtuką. [8]

M. Shamim Hossain, Md. Abdur Rahman, Ghulam Muhammad sistema naudoja rankų gestus.



5 pav. a) Rankų gestų stebėjimo jutikliai naudojant LEAP ir b) Rankų gestų stebėjimo jutikliai, naudojantys elektromiografijos (EMG) signalu pagrįstą MYO raištį. [9]

LEAP veikimo diapazonas (kaip parodyta 5 pav. a)) yra apie 60 cm virš valdiklio ir 60 cm pločio iš abiejų pusių. Norint gauti geriausius rezultatus, ranka turi būti šiame diapazone. Kadangi MYO yra pagrįstas BLE 4.0, jis veikia visais kryptimis maždaug 100 m atstumu (kaip parodyta 5 pav. (b)). „Kinect2“ veikia mažesniu atstumu - nuo 0,5 iki 4,5 m horizontaliai ir 1,8 m vertikaliai. Kadangi visi jutikliai naudoja skirtingas technologijas, jie netrukdo vienas kitam ir todėl gali būti naudojami toje pačioje sistemoje.

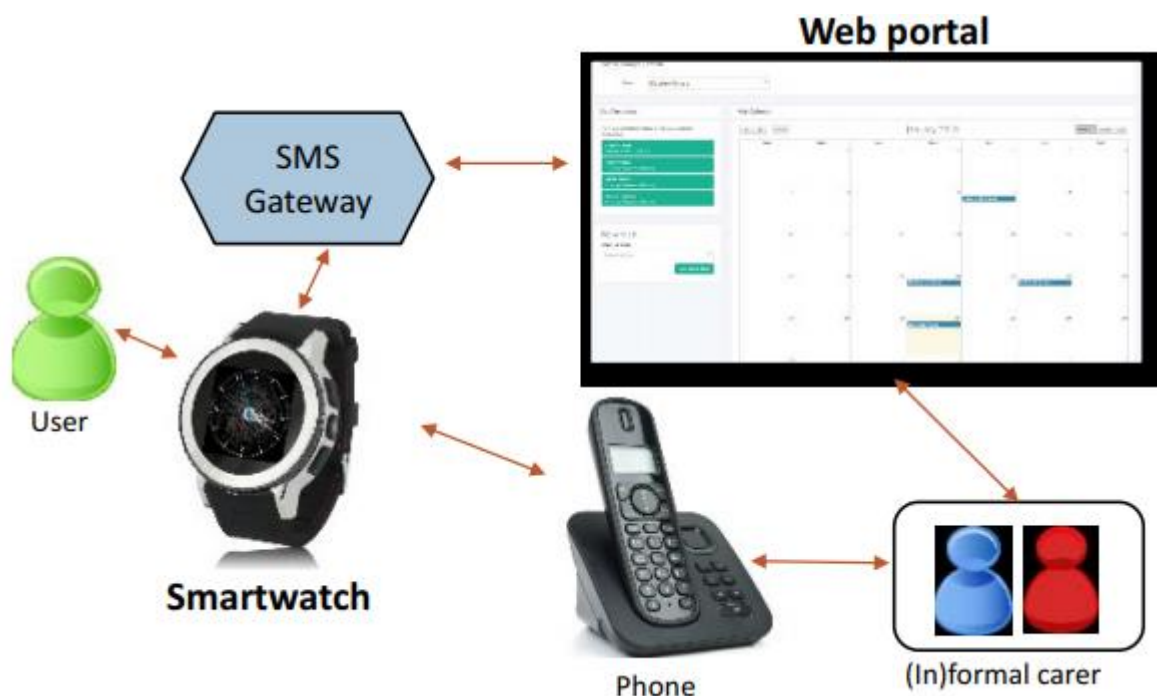


6 pav. SHEEAN sistemos CPS komponentai [9]

6 pav. parodyti pagrindiniai SHEEAN sistemos CPS komponentai, kuriuos sudaro du fizinių komponentų rinkiniai ir keturi kibernetinių komponentų rinkiniai. Fizinę erdvę sudaro daugiajutiminė aplinka ir prietaisai. Kibernetinė erdvė susideda iš keturių programinės įrangos komponentų: „Sensorinių duomenų tvarkyklės“, „Saugojimo“, „Kiber-fizinės kompiuterinės sistemos“ ir „Vartotojo sąsajos“. „Live Data Manager“ yra sąsaja su fiziniais jutikliais, skirtais gestams sekti, prietaisų energijai nustatyti ar daugialypės terpės įrašymui išmaniuose namuose.

Tai apima gestų stebėjimo jutiklius, daugialypės terpės duomenis, fiziologinius jutiklius ir jutiklius, pritvirtintus prie prietaisų. Jutimo ir daugialypės terpės duomenys perduodami „Inverse Kinematics Analyzer“, kuris analizuoja jutimo duomenis, apskaičiuoja vartotojo gesto būseną, taip pat įvairių prietaisų energijos būsenas ir perduoda juos „Rendering Engine“ ir „Spatio-temporal Analyzer“. Pateikimo variklis paruošia turinį pagal vartotojo sąsajos suderinamumo ir vizualizacijos poreikius. Atvaizdavimo variklis paruošia rankos gesto, kūno gesto ir veido / kalbos atpažinimo komponentų vizualizaciją. [9]

Hristijan Gjoreski, Jani Bizjak, Matjaž Gams darbe yra siūloma nuotolinės priežiūros sistema, pagrįstą išmaniuoju laikrodžiu, parodytu 7 pav. Išmanųjį laikrodį nešioja vartotojas, o nelaimės atveju (pvz., Nustatant automatinį kritimą) išmanusis laikrodis informuoja globėją (oficialų ar neoficialų - giminaitį, kaimyną). Pranešimas perduodamas paskambinus iš anksto nustatytu numeriu ir taip pat pranešant interneto portalui naudojantis *SMS* žinute per *SMS* šliuzą.



7 pav. „InLife“ sistema: vartotojas, išmanusis laikrodis, telefonas, interneto portalas, SMS šliuzai, oficialūs ir neoficialūs globėjai. [10]

Išmanusis laikrodis yra pagrindinis sistemos įtaisas ir tai yra vienintelis įrenginys, kurį nešioja vartotojas. *Išmaniajam laikrodžiui* sukurta specialiai pritaikyta programa/paslauga, apimanti kelias funkcijas, tokias kaip: automatinis kritimo aptikimas, vietos informacija, veiklos analizė, *SOS mygtukas* ir priminimai. Taikomoji programa yra sukurta taip, kad ji veikia automatiškai, t.y., iš vartotojo nereikia jokių papildomų veiksmų (išskyrus atvejus kai reikia įkrauti išmanų laikrodį). Išmanusis laikrodis susisieikia su „išoriniu pasauliu“ (pvz., Interneto portalu) *SMS* žinutėmis (per *SMS* šliuzą) arba tiesioginiais skambučiais į iš anksto nustatytus telefono numerius. Tokiu būdu jis nepriklauso nuo interneto ir (arba) „*Bluetooth*“ jungčių. Be to, išmaniojo

laikrodžio mygtukas (-ai) yra perprogramuojamas (-i) taip, kad, palaikius paspaudus 5 sekundes, jis skambintų iš anksto nustatytu numeriu (panašiai kaip *SOS mygtukas*). [10]

Apžvelgus panašias slaugos sistemas galima daryti išvadas kad dauguma jų naudoja paciento kambarį kaip jo būklės stebėjimo vietą, kurioje sudeda jutiklius ir stebėjimo įrangą. Tačiau mes turime daug pacientų kurie gyvena toje pačioje palatoje taip pat jie dažnai juda už palatos ribų. Tad mus reikia priemonės kuri padėtų stebėti jų sveikatos būklę nepriklausomai nuo pozicijos globos/slaugos namuose ar už jos ribų. Šiam tikslui geriausiai atitinka „InLife“ sprendimas kuriame naudojamas išmanus laikrodis. Tačiau mūsų sistema išsiskirs tuo, kad išmanus laikrodis išsiųs surinktus sveikatos rodmenis į debesų serverį ir tam geriausiai naudoti *Wi-Fi* ir/arba *BLE* duomenų perdavimo protokolus.

1.2. Senjorams aktualūs sveikatos parametrai ir jų aptikimas naudojantis technologijomis

Senstanti populiacijai toliau auga, mokslininkai ieško naujų būdų, kaip padėti senjorams išlikti sveikiems. Naujos technologijos gali sužinoti jūsų dienos įpročius ir perspėti, jei keičiasi miego įpročiai, vaistų vartojimo ir valgymo laikas. Šios technologijos dabar yra labai paprastai naudojamos ir jų suteikiama informacija gali padėti palengvinti senjoro gyvenimą. Taip pat šių technologijų dėka galima stebėti senjorams aktualius sveikatos parametrus tokius kaip:

- širdies ritmas;
- žingsnių skaičius;
- gilaus ir lėto miego kiekis;
- kalorijų kiekis.

Įvairios technologijos tokios kaip fotoplestografija, žingsniamačiai, aktygrafija, ir BMR taip pat padės gauti įspėjimus apie šių parametru drastiškus pasikeitimus. [6]

1.2.1. Širdies ritmas ir fotoplestografija

Normalus širdies ritmas paprastai yra nuo 60 iki 100 dūžių per minutę. Lėčiau nei 60 yra bradikardija („lėta širdis“); greičiau nei 100 yra tachikardija („greita širdis“). Tačiau kai kurie ekspertai mano, kad idealus ramybės būsenos širdies ritmas yra tarp 50-70 dūžių per minutę. Nepaisant to, greita ar lėta širdis gali sukelti savotiškų problemų.

Lėtas širdies ritmas gali būti šių ligų požymis:

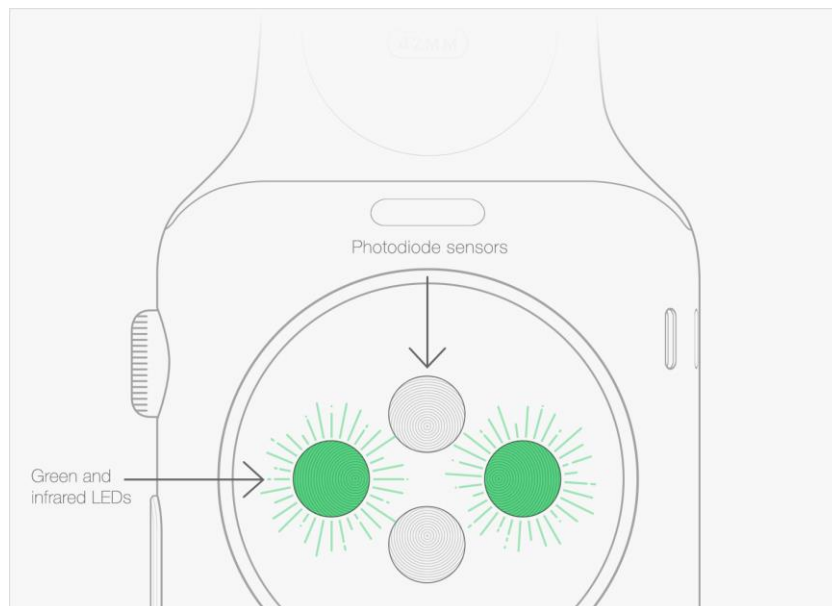
- širdies priepuolio ar kitokios širdies ligos;
- tam tikros infekcijos (įskaitant Laimo ligą ar vidurių šiltinę);
- didelio kalio kiekis kraujyje (hiperkalemija);

- nepakankamos skydliaukės veikla.

Ligos, susijusios su greitu širdies ritmu, apima:

- dauguma infekcijų ar beveik bet kokia karščiavimo priežastį;
- širdies problemas, pvz., kardiomiopatija (kai sumažėja širdies siurbimo funkcija), prieširdžių virpėjimas ar skilvelinė tachikardija;
- tam tikri vaistai;
- mažas kalio kiekis kraujyje (hipokalemija);
- hiperaktyvi skydliaukės liauka arba per daug skydliaukės medikamentų;
- anemija;
- astma ar kiti kvėpavimo sutrikimai. [11]

Šias laikais yra labai lengva matuoti savo širdies ritmą automatiškai naudojantis išmanias laikrodžiais.



8 pav. Fotoplestografijos veikimas „Apple Watch“ išmaniajame laikrodyje [12]

Šie laikrodžiai širdies ritmui matuoti naudoja technologiją, vadinamą fotoplestografija arba PPG. Iš esmės laikrodis stebi, kiek raudonos ar žalios šviesos gali pamatyti, žiūrėdamas į riešo odą (8 pav.). Kraujas yra raudonas, tad jis atspindi raudoną šviesą ir sugeria žalią šviesą, todėl, plakant širdžiai, riešo kraujotaka padidėja todėl žalioji šviesa yra geriau sugerama, o tarp širdies plakimo absorbuojama mažiau žalios šviesos. [13]

1.2.2. Žingsniai ir žingsniamačiai

Vidutinis suaugęs žmogus turėtų žengti apie 10000 žingsnių per dieną, pradedant kryptingais vaikščiojimais, taip pat per reguliarią kasdienę veiklą, pavyzdžiui, gaminant maistą ir atliekant

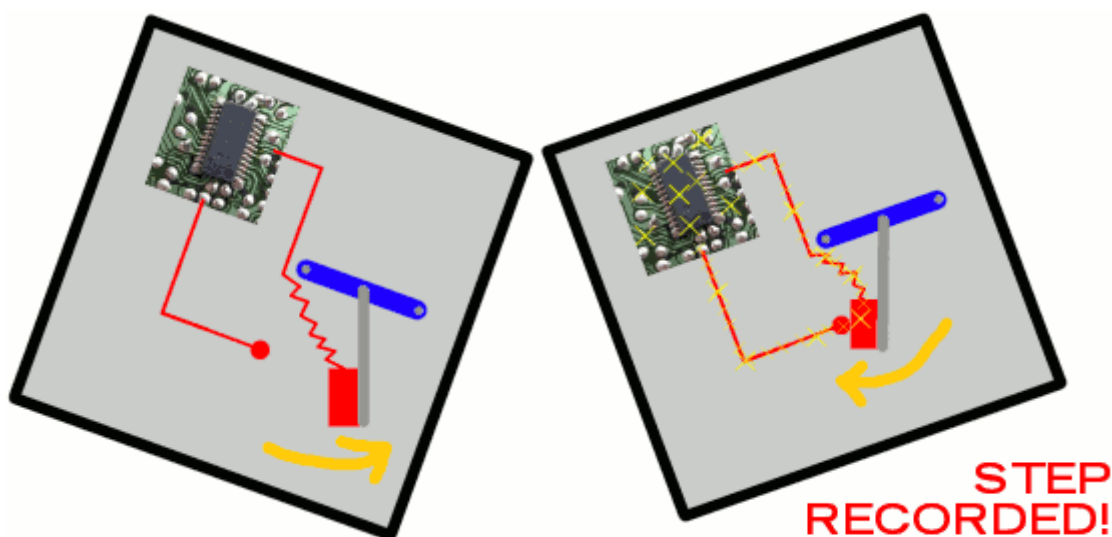
kitus darbus. Vaikams gali prireikti dar daugiau žingsnių per dieną, o senjorams ir tiems, kurie turi tam tikras sveikatos sutrikimus, gali neprireikti ar jiems nepavyks pasiekti šio tikslo.

Iš žingsnių skaičiaus galima nuspręsti kiek aktyvus yra suaugęs žmogus:

- mažiau nei 5000 žingsnių per dieną (sėslus);
- 5000–7499 žingsnių per dieną (mažai aktyvus);
- 7500–9999 žingsniai per dieną (šiek tiek aktyvus);
- 10000 žingsnių per dieną (aktyvus);
- daugiau nei 12500 žingsnių per dieną (labai aktyvus).

Realybė yra tokia, kad daugeliui jaunų ir senų žmonių nepasiekia jiems aktualaus vidutinio nužengtų žingsnių skaičiaus dėl to, kad jie yra aktyvūs. Sveikai vyresnio amžiaus suaugusieji vidutiniškai nueina 2000–9000 žingsnių per dieną, o žmonės, turintys negalią ar lėtinę ligą kuri riboja jų judėjimą ar fizinę ištvermę, vidutiniškai siekia 1200–8800 žingsnių per dieną. Abi grupės gali gauti daugiau naudos iš fiziškai aktyvesnio gyvenimo, paprastai daugiau vaikščiodamos. [14]

Paprasčiausias būdas suskaičiuoti visos dienos žingsnius yra naudojimas žingsniamačiu. Naudojantis žingsniamačiu galima gauti vidutinį per dieną žengtų žingsnių skaičių. Sužinojus, kiek žingsnių žmogus žengia, jis gali naudoti savo žingsniamatį kaip motyvacijos įrankį daugiau judėti. Kiekvienos dienos pabaigoje bendras žingsnių skaičius gali būti patalpintas duomenų bazėje ir vėliau peržiūrėtas diagramoje, taip galima sekti žmogaus pažangą ir pradėti jam surasto tinkamą dienos nužengtų žingsnių skaičiaus.



9 pav. Elektrinio žingsniamačio veikimo principas [15]

9 pav. matome, kad šiame įprastame žingsniamačio schemeje yra elektros grandinė (raudonas kelias), kuri pakaitomis nutrūksta ir užbaigiama atlikus veiksmus. Kai žingsniamatis pakreipiamas į kairę, grandinė baigta ir žingsnis skaičiuojamas mikroschemoje (viršuje kairėje). Kai jis pakrypsta kitu kampu, grandinė nutrūks ir pasirošia skaičiuoti kitą žingsnį. Atkreipkite dėmesį, kaip plaktukas tampa grandinės dalimi: jo viename gale yra elektrinis kontaktas, sujungtas

su grandine lengvojo metalo spyruokle (zigzaginė raudona linija). Kiti žingsniamačiai veikia skirtingais būdais, tačiau dauguma pigesnių naudoja judantį plaktuką ir nutraukiamą grandinę. [16]

1.2.3. Miego kiekis ir aktygrafija

Miego poreikis kiekvienam skiriasi, tačiau sveikas suaugęs žmogus turėtų miegoti apie nuo septynių iki devynių valandų per parą. Tam yra paprasta priežastis, kūnas sensta, tampa jautresnis ligoms ir susižeidimų rizikoms. Todėl, kai senjorai miega gerai, jie gali sutelkti dėmesį į geresnę atminties priežiūrą, kad jų smegenys būtų stipresnės kovojant su demencija. Kūnui reikia pakankamai laiko pailsėti ir atsigausti. Geras miegas gali apsaugoti nuo nelaimingų atsitikimų, tuo pat metu dirbant su imunine sistema tam, kad būtų galima atstatyti bet kokią žalą ir kovoti su ligomis. Iš miego kiekio galima suprasti, kodėl dienos metu kai kurie senjorai gali jausti depresiją, nerimą ar mieguistumą. Svarbu anksti pastebėti šias problemas, nes jos padidina širdies ir kraujagyslių ligų, diabeto, svorio problemų ir net krūties vėžio riziką vyresnio amžiaus žmonėms. [17]

Miego kiekį galima patikrinti naudojantis išmaniais laikrodžiais. Jie naudoja akselerometrus tam, kad galėtų sekti jūsų judesius, įskaitant judesio greitį ir kryptį. Taip jie stebi jūsų veiklą dienos metu ir nustato kada jūs miegate. Kai jūs įjungiate „miego režimą“, jis stebi jūsų judesius. Kai kitą rytą sinchronizujete savo įrenginį, programinė įranga tuos judesius paverčia miego duomenimis. Šis prietaiso, skirtas judesiams sekti, norint išmatuoti miegą, metodas vadinamas aktygrafija.

aktygrafija dažnai atliekama miego tyrimų metu naudojant „aktygrafą“ – kuris yra išmaniajame laikrodyje - tai prietaisas, kuris seka judesius miegant. Tada programinė įranga paverčia tuos judesius miego ir atsibudimo laikotarpių informacija. Žmonėms, turintiems miego sutrikimus, aktygrafija yra patogus būdas ištirti jų miego įpročius nemiegant laboratorijoje. Aktygrafą galima nešioti visą parą ir sekti mieguistumą dienos metu, atsižvelgiant į judėjimą. [18]

1.2.4. Kalorijos ir BMR

Jums reikalingų kalorijų kiekis priklauso nuo to, kiek esate fiziškai aktyvus. USDA sėslų gyvenimo būdą apibrėžia kaip tokį, kuriame apsiribojate kasdienio gyvenimo veikla. Jei per dieną vaikštote daugiau nei 5 kilometrus, esate laikomas aktyviu. Jums gali prireikti daugiau ar mažiau kalorijų nei rekomenduojama, jei negalite išlaikyti sveiko svorio.

- Vyrams vyresniems nei 70 metų, reikia apie 2000 kalorijų. Jei jie yra aktyvūs tai suvartokite apie 2600 kalorijų.
- Moteris turėtų suvartoti nuo 1600 iki 2000 kalorijų per dieną. [19]

Norint žinoti savo sudeginamų kalorijų kiekį galima pasinaudoti kalorijų deginimo skaičiuotuvą. Išmanusis laikrodis paima informaciją iš jutiklių, tokių kaip akselerometras, kuris stebi jūsų judėjimą. Tada jie naudoja algoritmus, kurie skiriasi kiekvienoje įmonėje, kad pateiktų, suvartotų kalorijų kiekį. Remdamiesi šia informacija, galite priimti sprendimus, pavyzdžiui, ką valgyti ar nevalgyti, gerti ar negerti. Dauguma išmanių laikrodžių skaičiuoja kalorijas atsižvelgdami į jūsų asmeninius duomenis kaip amžių, lytį, ūgį, svorį ir naudoja juos apskaičiuoti jūsų BMR - bazinį metabolizmo greitį. Šis parametras nurodo, kad pusę kalorijų, kurias sudeginate per dieną, t.y. kalorijas, kurias sudeginate ramybės būsenoje ir būtent todėl dieną visada pradėsite su sudegusiomis kalorijomis. [20]

Visi šie parametrai bus stebimi mūsų sistemoje. Jų dėka bus galima stebėti senjorų sveikatos būseną bei taip pat bus galima juos paskatinti gyventi aktyvesnę ir sveikesnę gyvenimą pademonstruojant jų progresą.

1.3. Išmanių laikrodžių ir jų pritaikymas slaugoje

Išmanusis laikrodis yra nešiojamas kompiuteris, kuris atrodo kaip rankinis laikrodis; šiuolaikiniai išmanieji laikrodžiai turi lietimui pritaikytą ekrano sąsają kasdieniam naudojimui, o pritaikytos išmaniųjų telefonų programėlės teikia valdymą ir telemetriją (pvz., ilgalaikį biometrinių stebėjimą). Ankstyvieji modeliai galėjo atlikti pagrindines užduotis, tokias kaip skaičiavimą, skaitmeninis laiko nustatymą, kalbų vertimą ir žaidimus, tačiau 2010 m. Išmanieji laikrodžiai turi daugiau bendrųjų funkcijų panašiai kaip išmanieji telefonai, įskaitant mobiliąsias programas, mobilią operacinę sistemą ir „Wi-Fi“ / „Bluetooth“ ryšį. Kai kurie išmanieji laikrodžiai veikia kaip nešiojami daugialypės terpės grotuvai, turintys *FM radiją* ir atkuriantys skaitmeninius garso ir vaizdo failus per „Bluetooth“ ausines. Kai kurie modeliai, vadinami „laikrodiniais telefonais“, turi mobiliojo ryšio funkcijas, tokias kaip skambinimą.



10 pav. Išmanus laikrodis ir jo palaikomos funkcijos [21]

Nors vidinė aparatinė įranga skiriasi, dauguma jų turi elektroninį ekraną tokį kaip *LCD* arba *OLED*. Kai kurie naudoja permatomą arba elektroninį popierių, norint sunaudotų mažiau energijos. Dažniausia juos maitina daugkartinio įkrovimo ličio jonų baterijomis. Periferinius įrenginius gali sudaryti skaitmeniniai fotoaparatai, termometrai, akcelerometrai, žingsniamačiai, širdies ritmo matuokliai, aukščio matuokliai, barometrai, kompasai, *GPS* imtuvai, mažyčiai garsiakalbiai ir „*microSD*“ kortelės.

Programinę įrangą gali sudaryti skaitmeniniai žemėlapiai, planuotojai ir asmeniniai organizatoriai, skaičiuotuvai ir įvairių rūšių laikrodžių sąsajos. Laikrodis gali susisiekti su išoriniais prietaisais, tokiais kaip jutikliais, belaidėmis ausinėmis arba televizoriais ir monitoriais. Kaip ir kiti kompiuteriai, išmanusis laikrodis gali rinkti informaciją iš vidinių ar išorinių jutiklių ir valdyti arba nuskaityti duomenis iš kitų prietaisų ar kompiuterių (10 pav.). Tai gali palaikyti tokias bevielio ryšio technologijas kaip „*Bluetooth*“, „*Wi-Fi*“ ir *GPS*. [22] Platesnį *Wi-Fi* ir *Bluetooth* bevielio ryšio technologijų aprašymus galite rasti prieduose (Priedas 1).

Išmanūs laikrodžiai gali įspėti žmones, kai laikas išgerti jų vaistus, sekti, kada jie išgerti, ir informuoti gydytojus, kai pacientas nesilaiko nustatyto recepto. Dėl to medicinos specialistai gali stebėti, kaip atidžiai jų pacientai laikosi nustatytų instrukcijų. Galiausiai išmanūs laikrodžiai gali sumažinti išlaidas. Plataus masto išmanių laikrodžių ir juos lydinčių technologijų pritaikymas gali atrodyti kaip nemaža investicija, tačiau ilgainiui tai gali sutaupyti milijonus eurų sveikatos priežiūros įstaigoms. Šie prietaisai leidžia gydytojams per atstumą sekti savo paciento būklę, atpažinus simptomus ankstyvoje stadijoje, gydymas yra pigesnis. [6]

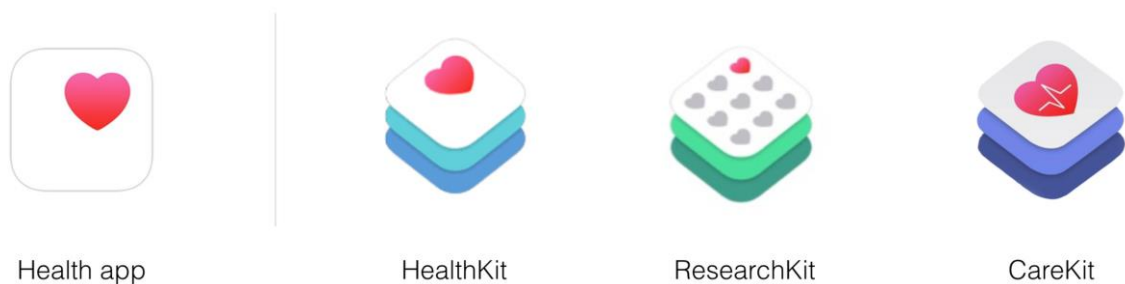
1.4. Sveikatos stebėjimo platformos

Sistamai labai svarbu gauti tiesioginius duomenis iš išmanaus laikrodžio tam, kad ji juos galėtų persiųsti ir apdoroti. Tačiau dauguma išmanių laikrodžių gamintojų neleidžia prieiti prie šių duomenų. Tad mums reikia naudotis sveikatos sekimo platformomis kaip „*Google FIT*“ ar „*Apple Health*“. Šios platformos mums leidžia ne vien prieiti prie tiesioginių išmanių laikrodžių duomenų, bet ir juos laikyti jų suteiktose duomenų saugyklose ar net apdoroti juos jų pateiktais įrankiais.

Pagrindinis skirtumas tarp „Apple“ ir „Google“ platformų yra tas, kad „Google“ orientuojasi į skaitmeninės sveikatos fitneso aspektą, o „Apple“ daugiausia dėmesio skiria medicinos duomenims.

1.4.1. *Apple Health*

„*Apple Health*“ turi tris produktus - „HealthKit“, „ResearchKit“ ir „CareKit“ - kurie kartu sudaro ekosistemą, veikiančią su įvairių tipų medicininiais duomenimis (11 pav.). Ši ekosistema buvo kuriama palaipsniui, pirmiausia buvo sukurtas „HealthKit“ - platforma, leidžianti vartotojams sekti savo fitneso ir medicininis duomenis iš „iOS“ įrenginių ir „iWatch“. Tada „Apple“ pristatė „ResearchKit“ - medicinos duomenų rinkimo sistemą, skirtą medicinos tyrimams. Ir galiausiai buvo sukurtas „CareKit“ - sistema kuri padeda vartotojams valdyti ilgalaikes ir lėtines ligas, stebėti paciento sveikimą po operacijos ir pan.



11 pav. „Apple Health“ aplikacija ir ją sudarantys produktai [23]

„HealthKit“ yra plačiai naudojama atvirojo kodo sistema, skirta leisti sekti kasdienę veiklą (pvz., Miegą, atliktus žingsnius / judesius, sudegintas kalorijas ir kt.), „HealthKit“ teikia centrinę saugyklą sveikatos ir fitneso duomenims „iPhone“ ir „Apple Watch“. Naudotojui leidus, programos susisiečia su „HealthKit“ parduotuve tam, kad galėtų pasiekti ir bendrinti šiuos duomenis. Šiam tikslui atliekamos šios užduotys:

- sveikatos ir fitneso duomenų rinkimas ir saugojimas;
- duomenų analizė ir vizualizacija;
- įgalinama socialinė sąveika. [24]

„ResearchKit“ leidžia naudoti išmanų telefoną „iPhone“ kaip medicinos tyrimų įrankį. Tyrėjai gali ją naudoti arba kurti programas, kurios renka duomenis iš savanorių, norinčių dalyvauti medicinos tyrimuose tokiuose kaip, krūties vėžio, astmos ar diabeto. Ši platforma leidžia medicinos bendruomenei paskirstyti faktinius sveikatos tyrimus per „ResearchKit“ palaikančias programas. „ResearchKit“ turi keletą funkcijų, naudingų tiek medikams, tiek tyrėjams:

- apklausos, leidžiančios užduoti svarbius klausimus, leidžiančios įvertinti tikrąją paciento būklę;
- mikrofono funkcija tiriant ligas - pacientams reikia pasakyti frazę per nustatytą laiką, o ši frazė vėliau siunčiama į serverį tolesniam apdorojimui;
- vikrumo matavimas - pacientų prašoma bakstelėti ekraną viena ar kita ranka, o surinkti duomenys siunčiami į serverį tolimesnei analizei;
- protinių sugebėjimų analizė - loginės užduotys su nustatytu laiko limitu;
- mąstymo proceso ir spalvų testai - siekiama patikrinti dalyvio kritinį mąstymą ir spalvų atpažinimą.

„CareKit“ leidžia vartotojams stebėti jų sveikatos būklę, sekti vaistų vartojimą, gydymo procesą ir mankštą bei dalintis šiais duomenimis su globėjais, šeima ar draugais. Tai taip pat suteikia sklandžią integraciją su „HealthKit“. Šios priemonės idėja yra suteikti vartotojams galimybę aktyviai rūpintis savo sveikata. „CareKit“ pagrindu sukurtos programos gali interaktyviai pristatyti visą vartotojo gydymo planą ir suteikti progreso pojūtį.

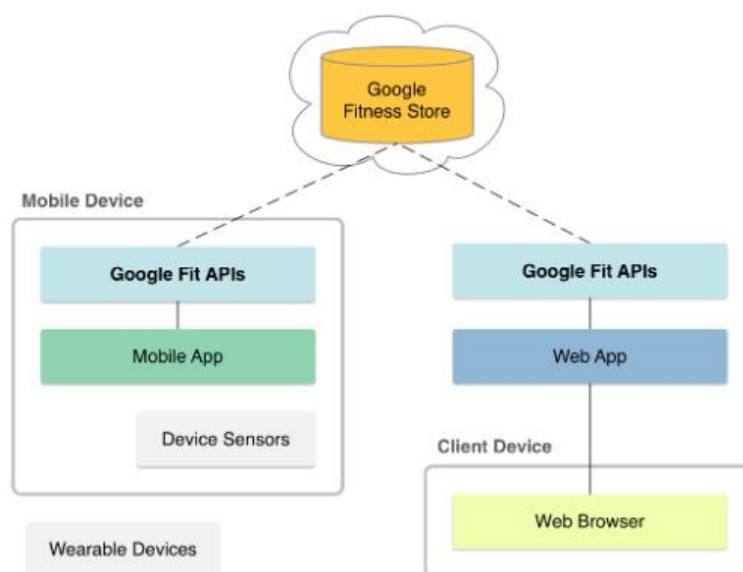
„CareKit“ turinį galima suskirstyti į dvi modulių grupes: vartotojo sąsajos dalį ir duomenų tvarkymo dalį. Vartotojo sąsajos (*UI*) moduliai apima:

- gydymo kortelė, kurioje sekamas vartotojo individualus priežiūros planas ir tvarkomos užduotys, kurias jiems reikia atlikti kaip jų gydymo dalį, pavyzdžiui, vartoti vaistus ar atlikti fizinius pratimus;
- simptomų ir matavimų stebėjimo priemonė, kuri įvertina gydymo plano efektyvumą registruodama simptomus, temperatūros ar kraujospūdžio matavimus ir kt.;
- „Insight“ informacijos suvestinė, kurioje sujungiami dviejų pirmųjų modulių duomenys tam, kad vartotojas galėtų pamatyti ryšį tarp parinkto gydymo ir jo eigos.
- „Connect“, padeda vartotojui informuoti gydytojus ir šeimos narius apie savo sveikatos būklę. [25]

1.4.2. Google FIT

„Google Fit“ yra atvira ekosistema, leidžianti programuotojams įkelti fitneso duomenis į centrinę saugyklą, kur vartotojai gali pasiekti savo duomenis iš skirtingų įrenginių ar programų vienoje vietoje (12 pav.):

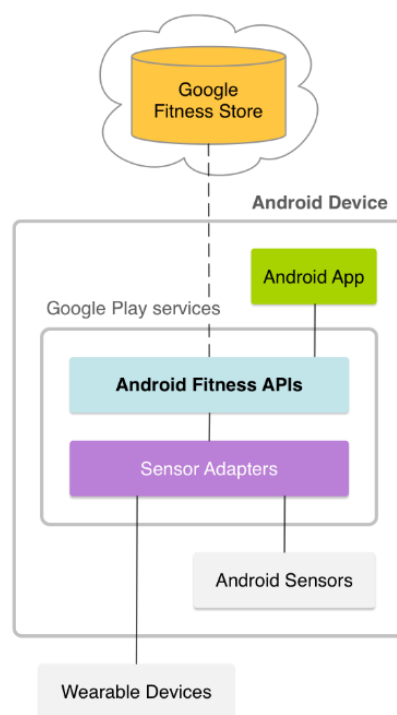
- Fitneso programos gali saugoti duomenis iš bet kurių išmanių laikrodžių ar jutiklių.
- Fitneso programos gali pasiekti kitų programų sukurtus duomenis.
- Vartotojų fitneso duomenys išlieka, kai jie pakeičia savo fitneso prietaisus.



12 pav. „Google Fit“ veikimo schema [26]

„Google Fit“ sudaro šie komponentai:

- **Fitneso duomenų saugykla** – centrinė debesų saugykla, kurioje saugomi duomenys iš įvairių įrenginių ir programų.
- **Leidimai ir vartotojo valdikliai** - Leidimų apimties rinkinys, kuriame prašo vartotojo leidimo dirbti su fitneso duomenimis. Norint pasiekti fitneso duomenis, „Google Fit“ reikalingas vartotojo sutikimas.
- **„Google Fit“ API** - „Android“ ir REST aplikacijų programavimo sąsaja (*API*), per kurią yra pasiekama duomenų saugyklą. Naudojantis šiomis programavimo sąsajomis galima sukurti programas, palaikančias „Google Fit“, keliose platformose, tokiose kaip „Android“, „iOS“ ar žiniatinklio aplikacijose. [27]



13 pav. „Google Fit“ veikimo schema „Android“ prietaisuose [28]

„Android“ skirtą „Google Fit“ sudaro šios aplikacijų programavimo sąsajos (API) (13 pav.):

- **Jutiklių API** suteikia prieigą prie neapdorotų jutiklių duomenų srautų kuriuos galima rasti „Android“ įrenginyje ir išmaniajame laikrodyje.
- **Įrašymo API** teikia automatinį fitneso duomenų kaupimą naudojantis prenumeratas. „Google Fit“ saugo nurodytų tipų fitneso duomenis fone.
- **Istorijos API** suteikia prieigą prie fitneso duomenų istorijos ir leidžia programoms atlikti dideles operacijas, pavyzdžiui, įterpti, ištrinti ir skaityti fitneso duomenis. Programos taip pat gali importuoti paketinius duomenis į „Google Fit“.
- **Sesijos API** suteikia galimybę saugoti fitneso duomenis su sesijos metaduomenimis. Sesijos rodo laiko intervalą, per kurį vartotojai atliko sportinę veiklą.
- **Tikslų API** suteikia galimybę sekti tikslus, kuriuos vartotojas iškėlė savo sveikatos ir fitneso progresui.
- **„Bluetooth Low Energy (BLE)“ API** suteikia prieigą prie „Bluetooth Fit“ jutiklių „Google Fit“ platformoje. Ši API leidžia jūsų programai ieškoti galimų BLE įrenginių ir saugoti jų duomenis fitneso duomenų saugykloje.
- **Konfigūracijos API** pateikia pasirinktinius duomenų tipus ir papildomus „Google Fit“ nustatymus.
- **Reprezentacinės būklės perdavimo (REST) API** leidžia saugoti ir pasiekti vartotojo duomenis fitneso duomenų saugykloje iš bet kurios platformos programų.

[29]

Apžvelgus pagrindines sveikatos stebėjimo platformas galime spręsti, kad „*Apple Health*“ yra tinkamesnė platformą mūsų sistemai dėl „*HealthKit*“ ir „*CareKit*“, tačiau „*Apple*“ produktai yra neįtikėtinai brangūs ir trapūs. Dėl to šiai sistemai buvo pasirinkta naudoti „*Google FIT*“ sveikatos stebėjimo platformą. Nors „*Google FIT*“ labiau tinka sekti fitneso rezultatus, ši platforma turi visus reikalingus komponentus išgauti informaciją iš išmanių laikrodžių, juos laikyti duomenų bazėje ir persiųsti juos į aplikacijas kuriose jas galima pateikti grafiškai. „*Google FIT*“ turi daugybę aplikacijų programavimo sąsajų (*API*) kurios bus naudingos šiai sistemai.

Atlikta išmanių slaugos sistemų analizė parodė, kad didžioji dalis tokių sistemų yra naudojamos palengvinti pagyvenusio žmogaus gyvenimą jo namų aplinkoje. Tik viena sistema „*inLife*“ naudoja išmanius bevielius įtaisus, kaip pagalbos mygtuką ir kritimų jutiklį, tačiau jos paskirtis ne stebėti, o įspėti artimuosius ar kaimynus apie galimai nutikusį nelaimingą įvykį. Analizė parodė poreikį sistemos sukūrimui, kuri būtų pritaikyta naudoti senyvo amžiaus žmonių globos/slaugos namuose. Sistema automatiškai sektų pacientų sveikatos rodiklius ir praneštų apie šių rodiklių kritinius pasikeitimus, taip palengvindama įstaigos personalo darbą, kurie vienu metu globoja/slaugo kelias dešimtis senyvų ir/ar neįgalių asmenų. Nebrangių, kokybiškų išmanių laikrodžių pritaikymas padėtų globos/slaugos namų darbuotojams stebėti savo gyventojų sveikatos rodiklius, kurių pagalba galėtų spręsti kaip jiems kuo skubiau galima padėti. Taip pat skatinti aktyvesnę gyvenseną, leidžiant patiems globos/slaugos namų gyventojams stebėti savo sveikatos rodiklių pokyčius ir progresą.

2. METODINĖ DALIS

Prototipo projektavimui suformuluoti funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai. Pagal atliktą sistemų struktūrų ir veikimo analizę, pasirinkta tinkama techninė bei programinė įranga skirtą prototipo kūrimui.

2.1. Funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai

Sistemos prototipo kūrime yra suformuluoti ir pateikti funkciniai ir nefunkciniai reikalavimai, kurie apibrėžia sistemos vykdomas funkcijas.

Funkciniai reikalavimai:

- vartotojų registravimas ir prisijungimas prie sistemos;
- jutiklių duomenų rinkimas;
- jutiklių duomenų išsaugojimas duomenų bazėje;
- duomenų atvaizdavimas grafiškai;
- sveikatos parametrų peržiūra;
- automatinis pranešimas apie kritinius sveikatos parametrų pokyčius;
- sveikatos duomenų išsaugojimas duomenų bazėje;
- sistemos prieiga per tinklalapį;
- sistemos prieiga per programėlę.

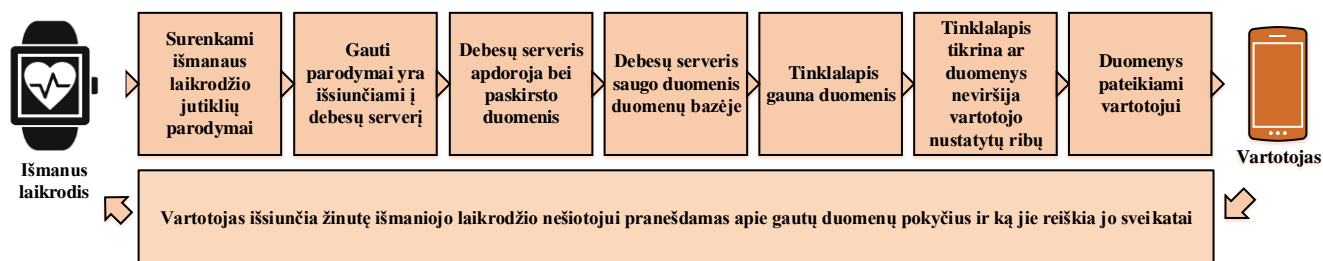
Nefunkciniai reikalavimai:

- sistemos veikimas išmaniuose telefonuose ir interneto naršyklėse;
- pastovus duomenų atnaujinimas;
- duomenų perdavimas naudojantis debesų serveriu;
- duomenų atvaizdavimas realiu laiku;
- patogi stebėjimo ir valdymo sąsaja;
- jutiklių parodymus gali stebėti neribotas kiekis registruotų vartotojų;
- duomenų perdavimui naudojamas *Wi-Fi* ir *BLE* bevielės ryšys;
- neiškraipyti ar kitaip sugadinti įeinančius duomenis.

2.2. Sistemos struktūra ir techninė įranga

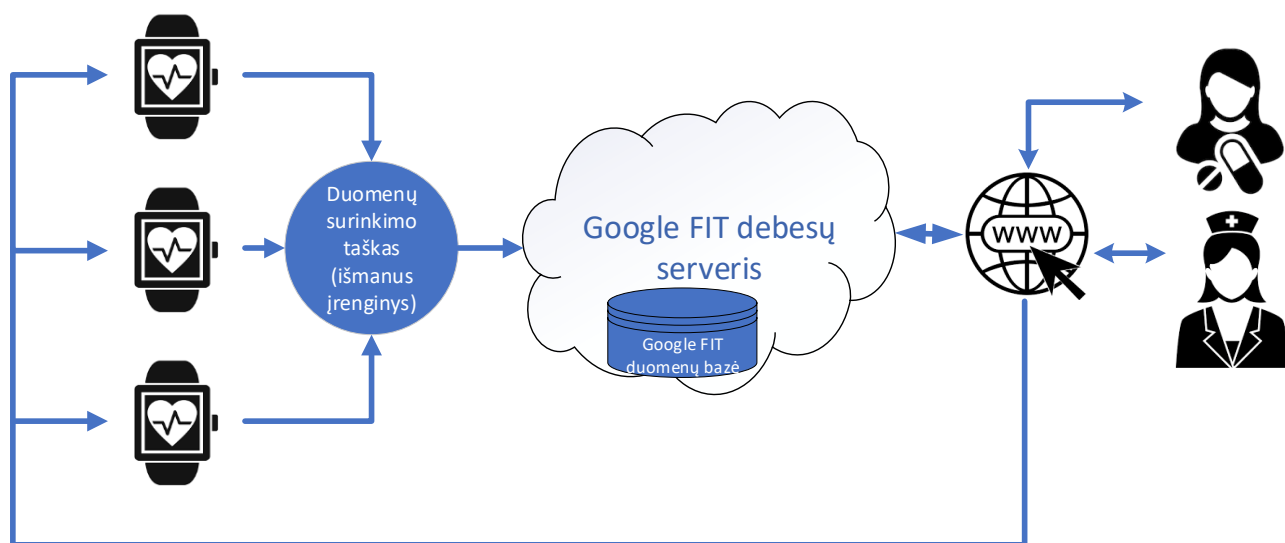
Senjorų priežiūros sistemos pagrindinė užduotis yra pateikti stebėtojų visus gautus išmanaus laikrodžio jutiklių duomenis į „*Google Fit*“ debesų serverį ir juos perduoti į tinklalapį jų

grafiniam atvaizdavimui bei stebėjimui. Toliau sudaryta sistemos ir vartotojo bendravimo principinė schema (14 pav.).



14 pav. Sistemos ir vartotojo bendravimo principinė schema

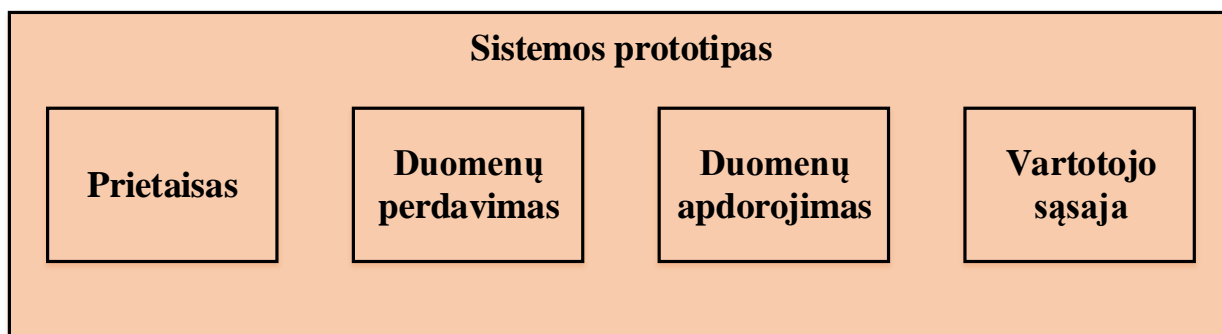
Senjorų priežiūros sistemos prototipo struktūra parodyta (15 pav.):



15 pav. Sistemos prototipo struktūrinė schema

Išmanusis laikrodis kaupia pacientų fiziologinių duomenis. Po to duomenų rinkimo taškas (išmanus įrenginys) surenka duomenis, kai pacientas yra taško veikimo zonoje. Šie duomenys yra nusiunčiami į „Google FIT“ debesį. „Google FIT“ debesis kaupia duomenis savo duomenų bazėje ir surenka neapdorotus sveikatos duomenis iš išmaniojo laikrodžio, kurie yra pavaizduojami internetinėje svetainėje. Internetinė svetainė gali pasiekti išmanaus laikrodžio duomenis „Google FIT“ debesyje ir parodyti juos diagramos pavidalu. Internetinė svetainė seka šiuos duomenis ir įspėja svetainės vartotoją, kad konkretūs sveikatos rodmenys yra per aukšti ar žemi. Vartotojas gali išsiųsti žinutę išmanaus laikrodžiui arba kitiems tinklalapio vartotojams svetainėje esančia žinučių siuntimo sistema. Svetainės vartotojas (gydytojas arba slaugytojas) gali sukurti išskirtinę paskyrą skirtą tik tam tikram pacientui kurioje jis gali stebėti savo sveikatos duomenis ir jų pasikeitimą.

Šioje sistemoje yra labai svarbus duomenų atnaujinimas ir siuntimas į serverį. Tam reikia parinkti tinkamiausią techninę ir programinę įrangą. Atsižvelgus į tai galima sukurti šios sistemos prototipo dalių modelį, kurį panaudojus bus galima pasiekti realaus laiko duomenų stebėjimą.



16 pav. Sistemos prototipo funkciniai blokai

Kaip matoma iš 16 pav., sistema yra suskirstyta į keturis funkcinis blokus, kurių aprašymai ir funkcijos yra pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Funkcinių blokų aprašymas

Blokas	Aprašymas	Funkcijos
Prietaisas	Fizinis įrenginys kuris nuskaito jutiklių ir sensorių parodymus realiu laiku. Gautus duomenis nusiunčia į tarpinį serverį tolimesniam duomenų perdavimui bei apdorojimui.	<ul style="list-style-type: none"> • Numatytu laiku nuskaito jutiklių ir sensorių parodymus. • Numatytu laiku siunčia duomenis į serverį.
Duomenų perdavimas	Užmezga ryšį tarp visų sistemos vartotojų ir serverių. Perduodami duomenys tarp serverių ir vartotojo realiu laiku.	<ul style="list-style-type: none"> • Perduoda apdorotus duomenis iš serverio vartotojui realiu laiku. • Ryšio užmezgimas serveris-vartotojas.
Duomenų apdorojimas	Serveris, kuris surenka ir konvertuoja užkoduotą išmanaus laikrodžio jutiklių gautą informaciją į vartotojo sąsajai panaudojamą informaciją. Serveris taip pat kaupią šią informaciją savo duomenų bazėje.	<ul style="list-style-type: none"> • Atkoduoja gautus duomenis. • Siunčia informaciją vartotojo sąsajai. • Kaupia informacija duomenų bazėje.
Vartotojo sąsaja	Programinė įranga (internetinė svetainė), kuri realiu laiku priima duomenis iš serverio ir juos grafiškai atvaizduoja, patogiam vartotojo stebėjimui bei naudojimui. Paskaičiuoja jutiklių gautos informacijos ribas ir įspėja vartotoją apie galimus paciento sveikatos pasikeitimus.	<ul style="list-style-type: none"> • Priima duomenis iš serverio realiu laiku. • Grafiškai vartotojui atvaizduoja duomenis. • Leidžia reguliuoti vartotojo sąsają. • Įspėja vartotoją apie kritinius duomenų pasikeitimus.

Apžvelgus pagrindinius sistemos funkcinis blokus yra aišku, kad reikia atidžiai parinkti tinkamą techninę įrangą tinkančia išmaniai sveikatos rodmenų stebėjimo sistemai. Pradedant nuo išmanaus laikrodžio.

Išmanus laikrodis rinka paciento sveikatos rodmenis naudojantis savo vidiniais jutikliais ir tuos duomenis perduoda į debesų serverį, todėl šios sistemos išmanus laikrodis privalo turėti galimybę perduoti duomenis bevieliu ryšiu į prieš tai apžvelgtą „Google FIT“ debesų serverį. Pats laikrodis turi būti tvirtas, nes senyvo amžiaus pacientai nėra labai atsargūs naudojantis

technologijomis. Taip pat šis laikrodis privalo turėti ilgą veikimo laiką be pakrovimo, norint rinkti paciento duomenis kiek įmanoma ilgiau jam nenusiimant laikrodžio. Šiam tikslui įgyvendinti buvo pasirinktas „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis (17 pav.).

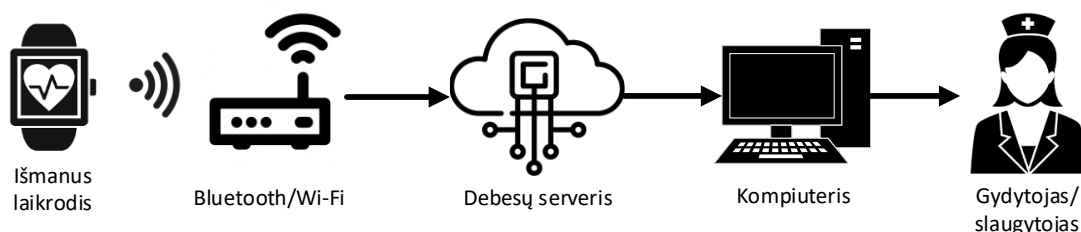


17 pav. „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis [30]

„Xiaomi Mi Band 4“ yra puikus išmanus laikrodis kuris gali matuoti šiuos sveikatos rodmenis:

- širdies ritmą;
- žingsnių skaičių;
- lėto ir gilaus miego kiekį;
- sudegintų kalorijų kiekį.

Šis išmanus laikrodis taip pat turi ilgą veikimo laiką iki 20 dienų. Yra atsparus smūgiams ir drėgmei, tad neatsargiems senjorams nereikia jaudintis dėl jo būklės kiekvieną kartą jį atsitrenkus į kietus paviršius. Jis taip pat yra mažas ir lengvas (sveria vos 22 g.) dėl to jį lengvą nešioti, su juo maudytis ir net miego. Galiausia „Xiaomi Mi Band 4“ palaiko *Bluetooth 5.0 BLE* ryšį ir „*Google FIT*“ platformą, kurių dėka galima kaupti ir stebėti išmanaus laikrodžio surinktus duomenis. [31]



18 pav. Išmanių laikrodžių panaudojimas sveikatos apsaugos sistemose principinė schema

Išmanūs laikrodžiai puikiai tinka stebėti pacientus nuotoliniu būdu (18 pav.). Nors išmanusis laikrodis nėra toks tikslus kaip profesionalūs medicinos įrankiai, jis turi didelį pranašumą: jį galima nešioti visą ir kiekvieną dieną. Visos dienos pulso matavimas atliekant įvairias veiklas yra toli gražu ne vienintelis sveikatos matavimas, kurį gali atlikti išmanusis laikrodis. Kuo daugiau duomenų šie prietaisai surenka, tuo didesnė galimybė sukurti prevencinį modelį, kuris gali padėti

išvengti rimtų pablogėjusios sveikatos padarinių. Iš išmanių laikrodžių surinktų sveikatos duomenų galima ieškoti ligų simptomų ir iš anksto iškirsti joms kelia panaudojant tinkamą gydimą.

2 lentelėje yra pateikta šiam prototipui parinkta techninė įranga.

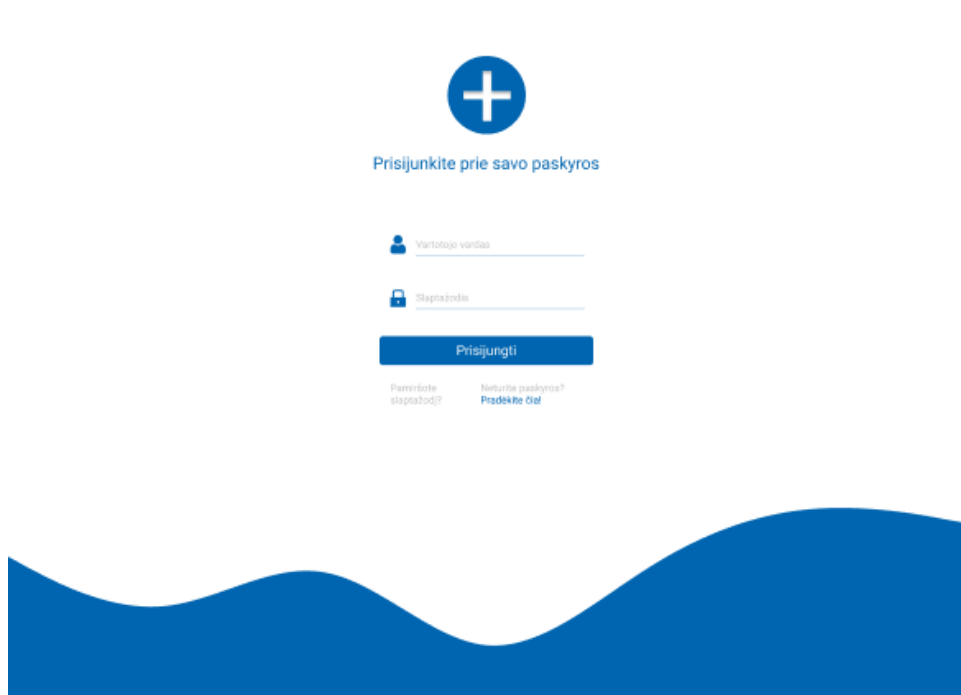
2 lentelė. Pasirinkta techninė įranga sistemos realizacijai

Techninė įranga	Aprašymas	Panaudojimas
Xiaomi Mi Band 4 išmanus laikrodis	Išmanus laikrodis su akselerometru, giroskopu, PPG širdies ritmo jutikliu. Jis taip pat palaiko <i>Bluetooth 5.0 BLE</i> bevielę ryšį. Jis surinks savo jutiklių bei sensorių informaciją ir ją perduos išmaniam įrenginiui.	<ul style="list-style-type: none"> • Jutiklių ir sensorių nuskaitymas. • Duomenų perdavimas. • Duomenų gavimas.
Išmanus įrenginys (telefonas ar planšetė)	Išmanus įrenginys atlieka dvi funkcijas. Jis surenka išmanaus laikrodžio gautus duomenis ir juos išsiunčia į „ <i>Google FIT</i> “ debesų serverį. Ir Gauna „ <i>Google FIT</i> “ apdorotus duomenis ir juos pateikia internetinės svetainės vartotojo sąsajoje grafiniu pavidalu. Taip pat įspėja apie kritinius šių duomenų pasikeitimus.	<ul style="list-style-type: none"> • Duomenų išsiuntimas • Duomenų parsisiuntimas • Duomenų atvaizdavimas • Vartotojo įspėjimas apie duomenų pasikeitimus.
Kompiuteris su interneto naršykle	Duomenų gavimas ir stebėjimas iš „ <i>Google FIT</i> “ debesų serverio. Duomenys pateikiami sistemai sukurtai internetinėje svetainėje. Svetainė taip pat įspėja apie kritinius gautų duomenų pasikeitimus.	<ul style="list-style-type: none"> • Duomenų parsisiuntimas • Duomenų išsiuntimas • Duomenų atvaizdavimas • Vartotojo įspėjimas apie duomenų pasikeitimus.

2.3. Sistemos programinė įranga

Šios sistemos pagrindinė dalis yra tinklalapis kuriame stebimi visi surinkti senjorų sveikatos duomenys tad labai svarbu parinkti tinkamą programinę įrangą jos dizainui ir programavimui.

Tinklalapio dizainui naudojama aplikacija „Figma“. „Figma“ yra debesų technologijomis paremtas projektavimo įrankis kuris padeda lengvai kurti tinklalapių ir programėlių dizainus ir vartojimo sąsajas. Šio įrankio dėka galima labai greitai sukurti norimą dizainą su visomis reikalingomis funkcijomis (19 pav.).



19 pav. Prisijungimo lango dizaino pavyzdys sukurtas naudojantis „Figma“

Taip pat projekte naudojamas grafinė redakcijos programa „Photoshop“ bet kokiems grafiniams pataisymams ar papildymams kuriuos negalima atlikti naudojantis „Figma“.

Pats tinklalapis yra programuojamas naudojantis *PHP* programavimo kalba. *PHP* pasirinkta dėl savo lankstumo ir daugybės tinklalapio „GitHub“ kodo pavyzdžių programuojant tinklalapius ir implementuojant „*Google Fit*“. *PHP* programavimo aplinkai naudojamas „PHPstorm“ kuriame galima labai patogia atlikti visus tinklalapiui reikiamus testavimus vienoje vietoje. Galiausiai „*front-end*“ dizaino paprastumui buvo pasirinktas „Bootstrap 4“ tinklalapio struktūra kuri visus pacientų duomenis suskirstys į labai lengvai skaitomą sąrašą.

Beveik visi „*back-end*“ skaičiavimai atlikti naudojantis „*Google FIT*“ debesų serveriu ir jo programinę įrangą. Visa ši informacija perkeliama į tinklalapį kuriame nustatyti tam tikrų sveikatos duomenų ribos pagal kurias įspėjamas slaugytojas arba gydytojas jei paciento sveikatos rodmenys yra per dideli ar maži.

3 lentelėje yra pateikti šiam prototipui parinkta programinė įranga.

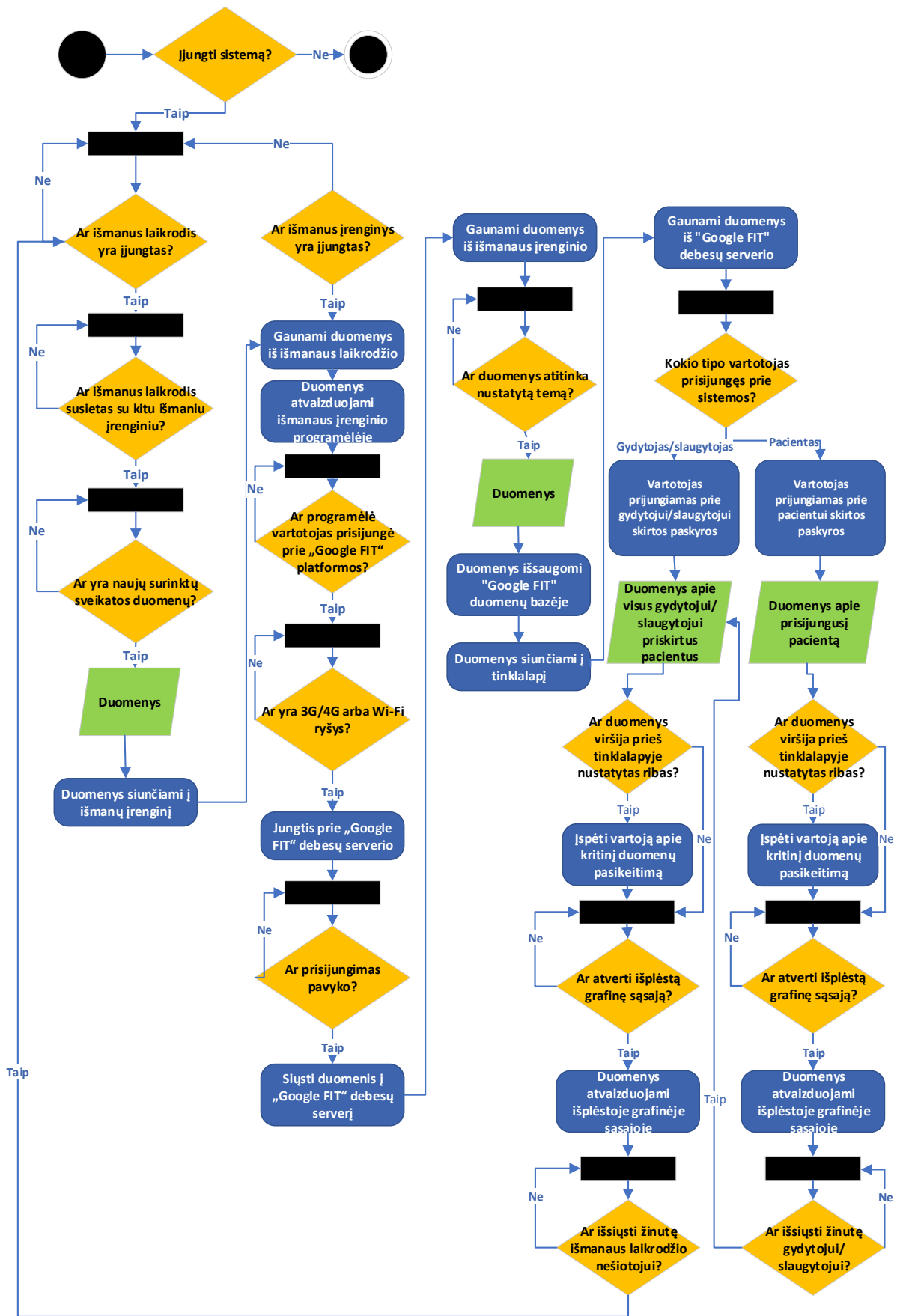
3 lentelė. Pasirinkta programinė įranga sistemos realizacijai

Programinė įranga	Aprašymas	Panaudojimas
Figma	Tinklalapių ir programėlių grafinio dizaino kūrimo ir redakcijos įrankis.	Naudojamas sukurti tinklalapio dizainą ir funkcinius elementus.
Photoshop/GIMP	Grafinės redakcijos programinė įranga.	Grafinių „Figma“ elementų redakcija ir naujų elementų kūrimas, nes „Figma“ leidžia įkelti savo dizainus.
PHPstorm 7.4	PHP programavimo aplinka.	Naudojamas programuoti tinklalapį ir „Google FIT“ integraciją į minėtą tinklalapį.
Google FIT Cloud	Sveikatos rodmenų sekimo ir saugojimo platformą.	Sveikatos duomenų saugojimas, duomenų siuntimas ir atvaizdavimas tinklalapyje.

Sistemos prototipui naudojama techninė įranga (pateikta 5 lentelėje) bei programinė įranga (6 lentelė) realizuoti išmanią pagyvenusių žmonių sveikatos rodmenų stebėjimo sistemą. Ši įranga nuskaito išmanių laikrodžių duomenis realiu laiku ir juos išsiunčia į „Google FIT“ debesų serverį kuriame jie išanalizuojami ir persiunčiami į tinklalapį, taip pat juos galima stebėti grafiškai ir analizuoti jų pasikeitimus įvairiais laiko tarpais. Pats tinklalapis praneša vartotojui apie netikėtus tų duomenų pasikeitimus jei šie duomenys viršija prieš tai nustatytas ribas.

2.4. Sistemos veikimo algoritmas

Naudojantis veiklos diagrama sukurtas pagyvenusių žmonių sveikatos rodmenų stebėjimo laboratorinio prototipo algoritmas (20 pav.) Šis algoritmas vaizduoja duomenų keliavimą nuo išmanaus laikrodžio iki tinklalapio.



20 pav. Pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos laboratorinio prototipo algoritmas

3. PRAKTINĖ DALIS

Prototipo realizacijai buvo panaudota techninė įranga: „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis, išmanus įrenginys (telefonas ar planšetė), kompiuteris su interneto naršykle (2 lentelė). Taip pat panaudota programinė įranga: Figma, Photoshop/GIMP, PHPstorm 7.4, Google FIT Cloud (3 lentelė).

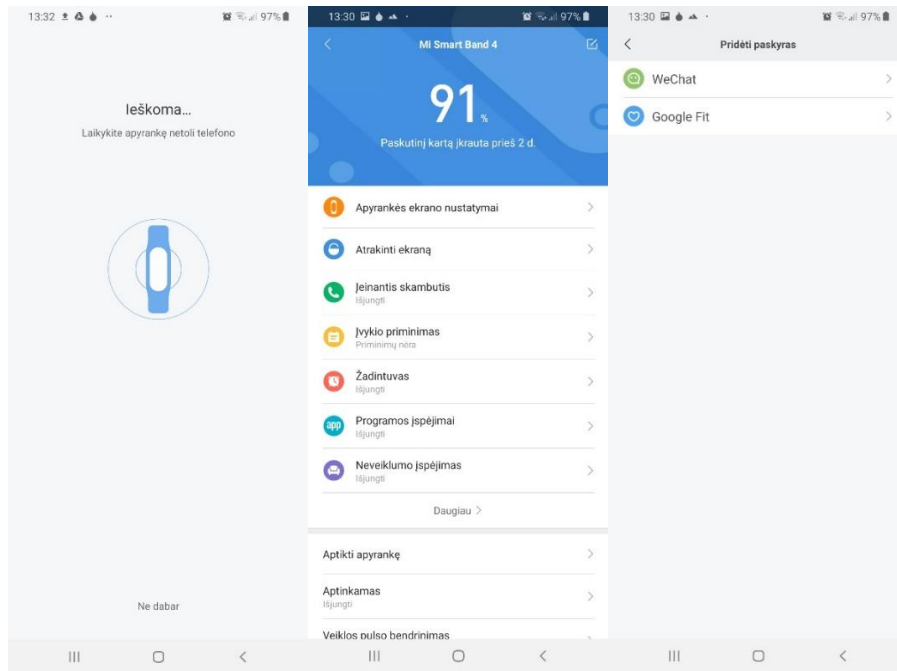
Išmanios, pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo, sistemos laboratorinio prototipo kūrimo etapai:

- techninės įrangos jungimas ir susiejimas;
- tinklalapio vartotojo sąsajos kūrimas naudojantis „Figma“;
- tinklalapio standartinių funkcijų kūrimas naudojantis *MVC*;
- duomenų parsisiuntimas ir atvaizdavimas;
- sveikatos parametrų kritinių pokyčių stebėjimo funkcija.

Šiame prototipe beveik visas programavimas yra atliekamas tinklalapio pusėje. Tai reiškia, kad duomenų gavimas, jų atvaizdavimas ir kritinių duomenų pasikeitimų pasikeitimai yra atliekami naudojantis tinklalapio pusėje parašytu kodu. Dėl to šiame skyriuje bus tik labai trumpai aprašytas išmanaus laikrodžio susiejimas su išmaniu mobiliuoju įrenginiu (šiuo atveju išmaniu telefonu).

3.1. Sistemos techninės įrangos sujungimas ir susiejimas su „Google FIT“ platforma

Šiame sistemos prototipe visą sveikatos informaciją surenka išmanus laikrodis. Kadangi pasirinkome naudoti „Xiaomi Mi Band 4“, sistemos projektavimas prasidės nuo šio išmanaus laikrodžio suporavimo su išmaniu įtaisu (išmaniu telefonu). Suporavimas yra būtinas kitaip laikrodis išviso neveiks, taip pat negalėsime naudotis visomis duomenų perdavimo funkcijomis kurios yra būtinos šia sistemai.



21 pav. „Mi Fit“ aplikacijos funkcijų demonstracija

Suporavimas atliekamas naudojantis „Mi Fit“ aplikacija įrašyta išmaniajame telefone (21 pav.). Aplikacija prašo sukurti profilį ir po to atlieką suporavimą automatiškai. Po suporavimo, aplikacija leidžia konfigūruoti įvairias išmanaus laikrodžio funkcijas, viena iš jų yra „Google FIT“ integracija. Ši integracija irgi yra labai paprasta, tiesiog prisijungiama prie savo „Google“ paskyros ir tada yra sukuriamas naujas asmeninis „Google FIT“ profilis (22 pav.).



22 pav. „Google FIT“ sveikatos parodymų stebėjimo platformos profilis

„Google FIT“ dėka galima stebėti visus šiuos rodmenis patogioje platformoje kuri turi papildomas funkcijas kaip rankinis kraujospūdžio įrašymas, žurnalas kuris detalai aprašo visą

ankstesnę veiklą ir profilio pakeitimas kuris leidžia papildyti savo sveikatos duomenis arba juos keisti. Bet žinoma svarbiausiai „Google FIT“ funkcija yra šių duomenų dalijimasis su programėlėmis ir tinklalapiais ką mes ir darysime su savo tinklalapiu.

3.2. Tinklalapio vartotojo sąsajos kūrimas

„Figma“ galima apibūdinti kaip „MS Visio“ ir „Photoshop“ mišinį. Visi elementai lengvai įkeliami ir formuojami kaip „Visio“, o tų elementų redagavimas labai primena į „Photoshop“ grafinį redagavimą. „Figma“ dėka buvo galima sukurti visą tinklalapio dizainą labai trumpą laiką (23 pav.).



23 pav. Tinklalapio stebėjimo sistemos vartotojo langas: kompiuterinė a) ir mobili b) versijos

Tinklalapio logotipas buvo sukurtas naudojantis grafinės redakcijos programa „Photoshop“. Kiti tinklalapio puslapiai buvo kuriami pagal *bootstrap* struktūrą, taip labai supaprastinama tinklalapio išdėstymas ir informacijos pateikimas patogiam vartotojo naršymui. Taip pat buvo sukurtas vartotojo registracijos puslapis, sveikatos rodmenų stebėjimo puslapis, paciento pridėjimo ir redagavimo puslapiai ir atskiras puslapis pacientui kuriame jis gali stebėti tik savo sveikatos pasikeitimus. Pabaigus kurti kompiuterinę versiją, taip pat buvo sukurta mobili tinklalapio dizaino versija (23 b) pav.). Naudojantis „Figma“ eksportavimo funkcija buvo sukurtas *front-end* kodas ir failai kurie naudojami tinklalapio *front-end* programavimui.

Tinklalapio *front-end* programavimas yra svarbi sistemos dalis. Kadangi slaugytojai ir gydytojai naudos tinklalapį stebėti surinktus sveikatos rodmenis iš išmanių laikrodžių naudojantis

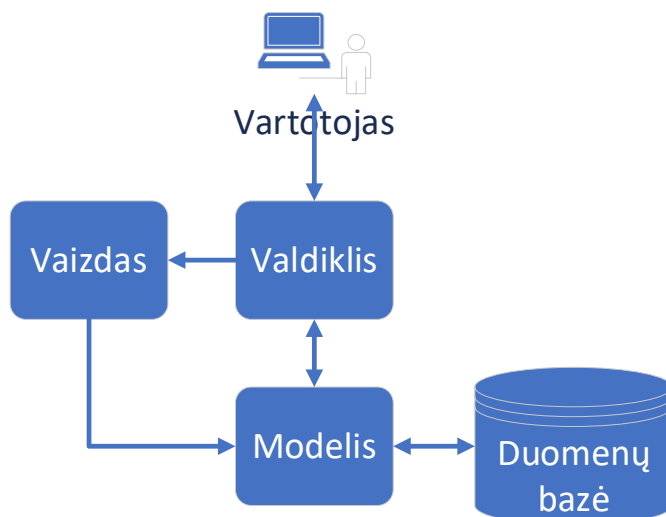
grafinėmis sąsajomis, taip pat tinklalapis išpės juos apie kritinius tų rodmenų pasikeitimus. Yra labai svarbu turėti lengvai naršomą grafinę sąsają norint surasti reikiamus duomenis greitai, su kiek įmanomą mažiau paspaudimų.

Tinklalapio apipavidalinimas ir vizualios struktūros bei elementų kūrimas atliktas naudojantis *HTML*, *CSS* ir *JS* kalbomis. Atliekant dizaino eksportavimą iš „Figma“ gauti reikiami tinklalapio struktūros failai įskaitant *HTML* ir *CSS* kodą, šriftai, piktogramos ir paveikslėliai. Kodas naudojamas atvaizduoti visus reikiamus grafinius elementus ir tekstą. Kartu su *back-end* moduliais šis kodas padės atliks visas standartinės tinklalapio funkcijas kaip registravimą, prisijungimą, pacientų pridėjimą ir redagavimą ir kt.

3.3. Tinklalapio programavimas

Tinklalapio *back-end* programavimas yra svarbiausiai sistemos dalis kurioje parašomas visos tinklalapio veikimui reikalingas kodas. Čia programuojamos WEB aplikacijos standartinės (registravimasis, prisijungimas, slaptažodžio atstatymas, pacientų pridėjimas ir redagavimas) ir pagrindinės (duomenų gavimas iš „Google FIT“, duomenų atvaizdavimas, vartotojo išpėjimas apie kritinius duomenų pasikeitimus ir žinučių siuntimas tarp tinklalapio vartotojų ir išmanių laikrodžių nešiotojų) funkcijos. Taip pat sukuriamas bendravimas tarp *front-end* ir *back-end* kodo.

Back-end programavimas pradėtas naudojant „Yii2“ *Framework* kuris geriausias tinka šiai sistemai, dėl savo lankstumo, veikimo greičio ir lengvo „Rest API“ integravimo, kuri yra panaudota pagrindinių funkcijų programavime. Tinklalapis naudoja MVC (Model-View-Controller) projektavimo modelį kurio veikimo principas pavaizduotas 24 pav.



24 pav. MVC veikimo principas

Šios sistemos MVC modelį sudaro šie komponentai:

- **Vartotojas** – žmogus kuris manipuliuoja tinklalapį.
- **Valdiklis** - priima įvestis iš vartotojo ir paverčia jas į modelio ar vaizdo komandomis

- **Vaizdas** - bet koks informacijos, tokios kaip diagramų ar lentelių, vaizdavimas tinklalapio vartotojui matyti. Galimi keli tos pačios informacijos vaizdai, pavyzdžiui, valdymo juostų diagramos. Vaizdas pateikia modelį tam tikru tam tikru grafiniu formatu. Komunikuoja su valdikliu ir modeliu.
- **Modelis** - centrinis *MVC* komponentas. Tai programos dinaminė duomenų struktūra. Jis tiesiogiai valdo programos duomenis, logiką ir taisykles. Modelis tiesiogiai komunikuoja su duomenų baze iš jos parsiuočia, įkelia, atnaujina arba ištrina informaciją. Komunikuoja su valdikliu.
- **Duomenų bazė** – tinklalapio duomenų saugykla, šiai sistemai naudojama MySQL duomenų bazė. Komunikuoja su modeliu.

3.4.1 Standartinių funkcijų programavimas

Šios sistemos tinklalapis naudoja įvairias standartines funkcijas kurios yra reikalingos atpažinti vartotoją ir jo įvedamus duomenis. Tokios funkcijos yra:

- vartotojo registravimas;
- vartotojo prisijungimas;
- vartotojo slaptažodžio atstatymas;
- naujo paciento pridėjimas;
- pridėto paciento redagavimas;
- tinklalapio kalbos keitimas.

Šiame poskyryje aprašyta ir pavaizduota viena iš šių funkcijų (vartotojo prisijungimas) pagal *MVC* programinės įrangos projektavimo modelį. Kodas naudoja angliškas frazes, nes tinklalapis yra išverstas į anglų ir lietuvių kalbas, dėl galimo šio kodo panaudojimo ateityje. Tinklalapis naudoja anglų kalbą kaip pagrindinę kalbą su pasirinkimu rodyti lietuvių kalbos vertimą.

```

public function actionLogin()
{
    $modelSignUp = new SignupForm();

    $model = new LoginForm();
    if ($model->load(Yii::$app->request->post()) && $model->login()) {
        return $this->goBack();
    } else {
        return $this->render('login', [
            'model' => $model,
            'modelSignUp' => $modelSignUp
        ]);
    }
}

```

25 pav. Vartotojo prisijungimo valdiklio kodo fragmentas

Šis kodas (25 pav.) nustato ar vartotojas praeityje buvo prisijungęs prie tinklalapio, kodas kreipiasi į MVC prisijungimo modelį. Jei tai tiesa, vartotojas iškarto prijungiamas prie tinklalapio jei ne jis yra nukreipiamas į prisijungimo langą naudodamasis MVC vaizdu.

```

<div class="login-logo"><? = Yii::t('app', 'Logo') ?></div>
<h2 class="payment-heading text-center pb90"><? = Yii::t('app', 'Sign In to Your Account') ?></h2>

<? = $form->field($model, 'username')->textInput(['placeholder' => Yii::t('app', 'Login')])->label
('<img src="" . Yii::$app->request->baseUrl . '/images/user.png" alt="user" height="23px;">') ?>
<? = $form->field($model, 'username', ['template' => '{error}']) ?>

<? = $form->field($model, 'password')->passwordInput(['placeholder' => Yii::t('app', 'Password')])->label
('<img src="" . Yii::$app->request->baseUrl . '/images/password.png" alt="user" height="23px;">') ?>
<? = $form->field($model, 'password', ['template' => '{error}']) ?>

<? = Html::submitButton(Yii::t('app', 'Sign In'), ['class' => 'signin', 'name' => 'login-button']) ?>

```

26 pav. Vartotojo prisijungimo vaizdo kodo fragmentas

Šis kodas (26 pav.) atvaizduoja visus prisijungimo lango elementus kaip langeliai, paveikslėliai, žodžiai ir kt. Vaizdas priima laukeliuose parašytą informaciją (vartotojo vardą ir slaptažodį) ir ją perduoda valdikliui kuris perduoda modeliui šios informacijos tikrinimui.

```

public function validatePassword($attribute, $params)
{
    if (!$this->hasErrors()) {
        $user = $this->getUser();
        if (!$user || !$user->validatePassword($this->password)) {
            $this->addError($attribute, Yii::t('app', 'Incorrect username or password.'));
        }
    }
}

```

```

public function login()
{
    if ($this->validate()) {
        return Yii::$app->user->login($this->getUser(), $this->rememberMe ? 3600 * 24 * 30 : 0);
    } else {
        return false;
    }
}

protected function getUser()
{
    if ($this->_user === null) {
        $this->_user = User::findByUsername($this->username);
    }

    return $this->_user;
}

```

27 pav. Vartotojo prisijungimo modelio kodo fragmentas

Gaunant prisijungimo užklausą iš vaizdo per valdiklį su įvestu vartotojo vardu ir slaptažodžiu (27 pav.), *getUser()* kreipiasi į duomenų bazę ir klausia ar egzistuoja vartotojas su įvestu vartotojo vardu. Jei taip *validatePassword()* tikrina *getUser()* surasto vartotojo slaptažodį susisiekiant su duomenų baze. Jei slaptažodis neteisingas tada atspausdinama žinutė: „Neteisingas vartotojo vardas arba slaptažodis“ (angl. „Incorrect username or password“). Jei slaptažodis teisingas pereinama prie *login()* funkcijos. Patvirtinus vartotojo informaciją jis prijungiamas prie tinklalapio ir jo įvesti prisijungimo duomenys išsaugomi naudojantis *rememberMe* komanda.

Visos kitos tinklalapio standartinės funkcijos veikia tokiu pačiu principu kuomet valdiklio kodas perduoda vartotojo įvestas komandas, modelis jas atlieka, o vaizdas jas atvaizduoja.

3.3.2 Sveikatos rodmenų atvaizdavimo programavimas

Tinklalapio pagrindinė funkcija yra atsiųsti „*Google FIT*“ debesų serveryje laikomus sveikatos rodmenis ir atvaizduoti juos grafiškai. Norint tai atlikti, buvo panaudota „*Google FIT*“ aplikacijų programavimo sąsaja (*API*). Kaip anksčiau kalbėta 1.4.2 skyriuje, jei išmanus prietaisas yra prijungtas prie bevielio tinklo, tai išmanaus prietaiso surinkti bevielių jutiklių duomenys gali būti išsiųsti į debesų serverį tolimesniam tų duomenų apdorojimui (12 pav.). Naudojantis įvairiomis „Google“ sukurtomis programavimo sąsajomis galima gauti mums reikiamus „*Google FIT*“ debesų serveryje laikomus duomenis ir juos atvaizduoti grafiškai. Taip pat „*Google FIT*“ gali būti panaudotas išsiųsti žinutes iš sistemos tinklalapio į išmanų laikrodį.

```

private void buildClient() {
mGoogleApiClient = new GoogleApiClient.Builder(this)
    .addApi(Fitness.HISTORY_API)
    .addScope(new Scope(Scopes.FITNESS_ACTIVITY_READ))
    .addConnectionCallbacks(new GoogleApiClient.ConnectionCallbacks() {

@Override
public void onConnected (Bundle bundle) {
    Log.i (TAG, "Connected!!!") :
    subscribe() :
}

@Override
public void onConnectionSuspended(int i ) {
    if (i == ConnectionCallbacks.CAUSE_NETWORK_LOST) {
        Log.i(TAG, "Connection lost. Cause: Network lost. ");
    } else if (i == ConnectionCallbacks.CAUSE_SERVICE_DISCONNECTED) {
        Log.i (TAG, "Connection lost. Reason: Service Disconnected") :
    }
}
}
}

```

28 pav. Kliento kūrimo kodo fragmentas

Norint naudoti „*Google FIT*“ API, pirma reikia sukurti naują „Google API“ klientą ką tai galima padaryti naudojantis „*Google FIT*“ API kliento klase (28 pav.). Norint tai padaryti turime nurodyti API tipą, šiuo atveju naudojame istorijos API kuria nustatome parašant *.addApi(Fitness.HISTORY_API)*. Toliau nurodome prieigos teises prie duomenų, šiuo atveju mums reikia teisės skaityti istorijos API. Tai padaroma naudojantis konstanta *addScope(new Scope(Scopes.FITNESS_ACTIVITY_READ))*. Toliau aprašomos ryšio būsenos funkcijos kurios nurodys ar yra ryšys su debesų serveriu ir jei ne, tada informuos kada jis nutrūko.

Sukūrus naują API klientą galima daryti užklausą norint gauti „*Google FIT*“ duomenis.

```

final DataReadRequest readRequest = new DataReadRequest.Builder()
    .read(DataType.TYPE_STEP_COUNT_DELTA)
    .read(DataType.TYPE_HEART_RATE_BPM)
    .read(DataType.TYPE_ACTIVITY_SEGMENT)
    .enableServerQueries()
    .setTimeRange(startTime, endTime, TimeUnit.MINUTES)
    .build();

DataReadResult dataReadResult =
    Fitness.HistoryApi.readData(mGoogleApiClient, readRequest).await(1, TimeUnit.MINUTES);
DataSet dataSet = dataReadResult.getDataSet(DataType.TYPE_HEART_RATE_BPM);
showDataSet(dataSet);
displayBpmDataForToday();

```

29 pav. „Google FIT“ duomenų bazėje laikomų duomenų atvaizdavimo kodo fragmentas

Kaip matoma 29 pav., galima atlikti *DataReadRequest* duomenų užklausą, šiuo atveju prašome žingsnių kiekio, širdies ritmo ir miego kiekio naudojantis: *STEP_COUNT_DELTA*, *HEART_RATE_BPM*, *ACTIVITY_SEGMENT* užklausomis. Nustatome laiko tarpą kuriame

norime gauti duomenis naudojantis `.setTimeRange`. Nustatome laiko intervalą naudojantis `startTime` (intervalo pradžia) ir `endTime` (intervalo pabaiga) taip pat pasirenkame laiko vienetą, šiuo atveju atvaizduojame vienos valandos duomenis kas minutę naudojantis `TimeUnit.MINUTES`. Gautus duomenis atvaizduojame naudojantis `DataReadResult` kuriame kaip pavyzdys buvo atvaizduotas širdies ritmo duomenys.

3.3.3 Sveikatos parametrų kritinių pokyčių stebėjimo funkcijos programavimas

Tinklalapio kita pagrindinė funkcija yra leisti vartotojui nustatyti sveikatos rodiklio ribas kurioms peržengus jus būtų įspėtas apie tai tinklalapio pagrindiniame puslapyje. Tam padaryta naudojantis Yii 2.0 `validate()` metodu. Toks pats metodas buvo naudojamas patikrinti įvedamą informaciją į prisijungimo langą 3.3. skyriuje. Čia kaip ir anksčiau nustatomos taisyklės naudojantis `rules()` funkcija kuriose nustatome, kad iš „Google FIT“ gaunamų sveikatos rodmenų skaičius negali viršyti vartotojo nustatyto skaičiaus. Jei šis skaičius yra viršijimas, prasideda patikros įvykis per kurį ribą peržengusi paciento kortelė yra pažymima raudonai pagrindiniame sistemos tinklalapyje. Atvėrus šią kortelę galime matyti kuris sveikatos rodmuo yra peržengęs nustatytą ribą, nes jis yra paryšklinamas.

Išmanios, pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo, sistemos laboratorinio prototipo kūrimas vyko šia seka:

- techninės įrangos jungimas ir susiejimas;
- tinklalapio vartotojo sąsajos kūrimas naudojantis „Figma“;
- tinklalapio standartinių funkcijų kūrimas naudojantis *MVC*;
- duomenų parsisiuntimas ir grafinis atvaizdavimas;
- sveikatos parametrų kritinių pokyčių stebėjimo funkcija.

Techninės įrangos jungimą sudaro „Xiaomi Mi Band 4“ išmanaus laikrodžio susiejimas su išmaniu įrenginiu tam, kad būtų galima perduoti sveikatos rodmenis iš laikrodžio į išmanų įrenginį realiu laiku per tam tikrą nustatytą laiko intervalą. Taip pat išmanus įrenginys yra susietas su „Google FIT“ debesų serveriu ir saugykla, norint patalpinti paciento sveikatos rodmenis universaliame profilyje. Profilis yra naudojamas kaupti sveikatos parametrų duomenis vienoje duomenų saugykloje bei vėlesniam jų atvaizdavimui sistemos tinklalapyje.

Vartotojo sąsaja yra sukurta naudojantis tinklalapių dizaino kūrimo įrankiu „Figma“. Sukurtas dizainas yra eksportuotas į *HTML* kodą kuris panaudotas tinklalapio *front-end* programavime.

Tinklapis naudoja *MVC* (Model-View-Controller) projektavimo modelį ir *PHP* programavimo kalbą kuriant visas standartines funkcijas, tokias kaip: vartotojo registravimą ir prisijungimą; vartotojo slaptažodžio atstatymą; naujo paciento pridėjimą ir redagavimą; tinklalapio kalbos keitimas ir kt.

Tinklapis naudoja „*Google FIT*“ *API*, tiksliau istorijos *API*, kurios pagalba galima gauti debesų serveryje laikomus sveikatos rodmenis ir juos atvaizduoti tinklalapyje. Taip atvaizduojami širdies ritmo, žingsnių skaičiaus ir miego kiekio duomenys.

Tinklapis naudoja `validate()` funkcija nustatyti ir pranešti apie sveikatos rodiklių kritinius pakitimus.

4. EKSPERIMENTINĖ DALIS

Sistemos prototipas turi perduoti išmanaus laikrodžio jutiklių surinktą informaciją į išmanų telefoną ar planšetę, kuri išsiunčia šią informaciją į „Google FIT“ debesų serverį. Tinklalapis atsiunčia šią informaciją iš debesų serverio ir atvaizduoja ją grafiškai. Tinklalapis informuoja ar duomenys viršija tinklalapio vartotojo nustatytas ribas. Galiausiai tinklalapis turi galimybę siųsti žinutes kitiems tinklalapio vartotojams ir išmanių laikrodžių nešiotojams.

Buvo atlikta sukurto prototipo verifikacija:

- parenkant duomenų surinkimo taškus nustatytas *bluetooth* veikimo diapazonas įvairiose situacijose, įvertinant kaip pastato sienų konstrukcija gali paveikti ryšio atstumą;
- ištirtas tinklalapio standartinių ir pagrindinių funkcijų veikimas;
- ištirtas sistemos duomenų siuntimas ir gavimas;
- ištirtas sistemos tinklalapio kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo funkcijos veikimas.

4.1. Sistemos prototipo veikimas realiomis sąlygomis

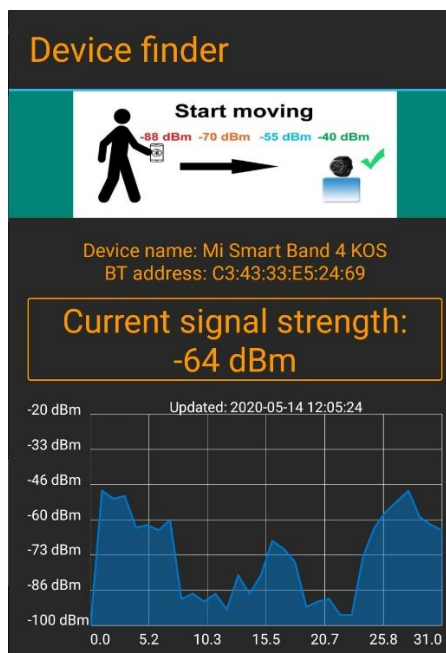
Prieš testuojant prototipą, reikia atlikti keletą veiksmų:

- prijungti išmanius laikrodžius prie duomenų surinkimo taško (išmanaus įrenginio);
- prijungti duomenų surinkimo tašką (išmanų įrenginį) prie bevielio tinklo;
- užregistruoti ir sukonfigūruoti aplikacijas, duomenų perdavimui į ir iš „Google FIT“;
- paleisti grafinę vartotojo sąsają per vartotojo naudojamą įrenginį, duomenų stebėjimui.

4.1.1 Bluetooth 5.0 BLE ryšio atstumo testavimas

Norint tinkamai išdėstyti duomenų surinkimo taškus (išmanius įrenginius) taip, kad būtų galima surinkti visų pacientų sveikatos rodmenis, sistemai svarbu gauti išmanaus laikrodžio surinktą informaciją. Kadangi sistemai parinktas „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis naudoja *Bluetooth 5.0 BLE*, svarbu žinoti kokiu atstumu jis perduos informaciją duomenų surinkimo taškui (išmaniam įrenginiui). Vienas iš aktualiausių bevielio ryšio atstumo faktorių yra signalo prasiskverbimas per sienas. Sienų skaičius ir jų storis paveikia signalo prasiskverbimą, taip pasunkindama duomenų perdavimą. Globos/slaugos namai, kaip ir kiti medicininės paskirties pastatai, sudaryti iš daugybės kambarių, kurių sienos gali būti įvairaus storio. Dėl to svarbu atlikti testavimus išsiaiškinant kaip sienų skaičius ir storis gali paveikti *Bluetooth* bevielį ryšį, taip iš anksto pasiruošiant duomenų surinkimo taškų išdėstymui globos/slaugos namuose.

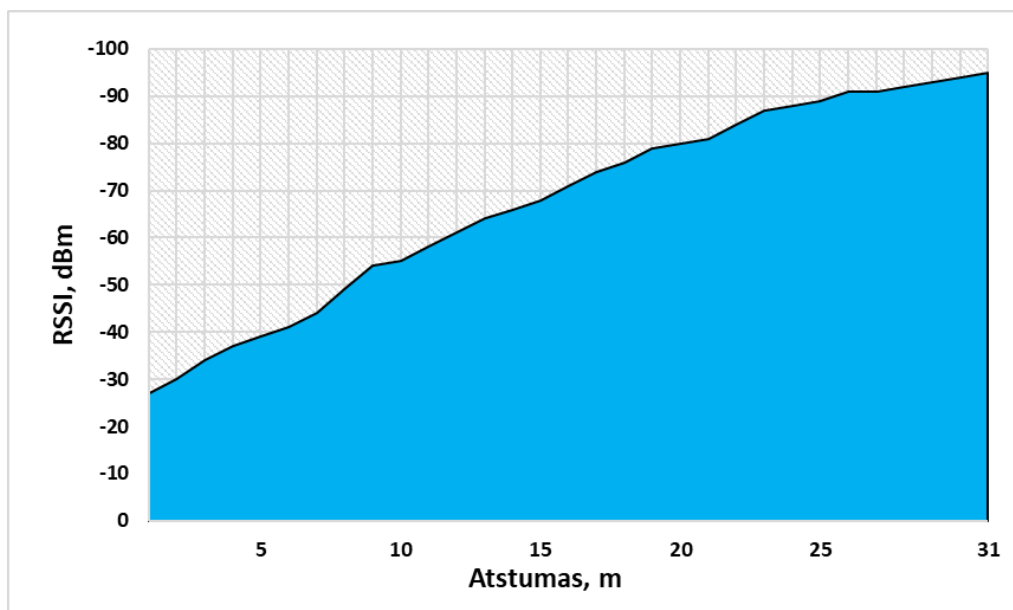
Tyrimas buvo atliktas naudojantis „Bluetooth Scanner“ mobilia aplikacija kuri ieško įvairius *Bluetooth* prietaisus naudojantis *RSSI* (30 pav.). *RSSI* yra matuojamas -dBm (neigiamais decibeliniais milivatais) kuomet signalas yra stipresnis kai matavimas yra arčiau 0 dBm. [32]



30 pav. „Bluetooth Scanner“ aplikacijos, prietaiso ieškojimo langas

Ryšio netrūkimo su išmaniu laikrodžiu *RSSI* yra apie -100 dBm arba 40 metrų. Duomenų siuntimo iš išmanaus laikrodžio į duomenų surinkimo tašką (išmanųjį įrenginį) *RSSI* yra apie -95 dBm arba 35 metrai. Remiantis šiais duomenimis galime atlikti *Bluetooth 5.0 BLE* bevielio ryšio prasiskverbimo pro įvairių sienų konstrukcijų testavimą. Testas buvo atliktas trejose vietose: kai sienos pastatytos iš gipso kartono; plytų; betono.

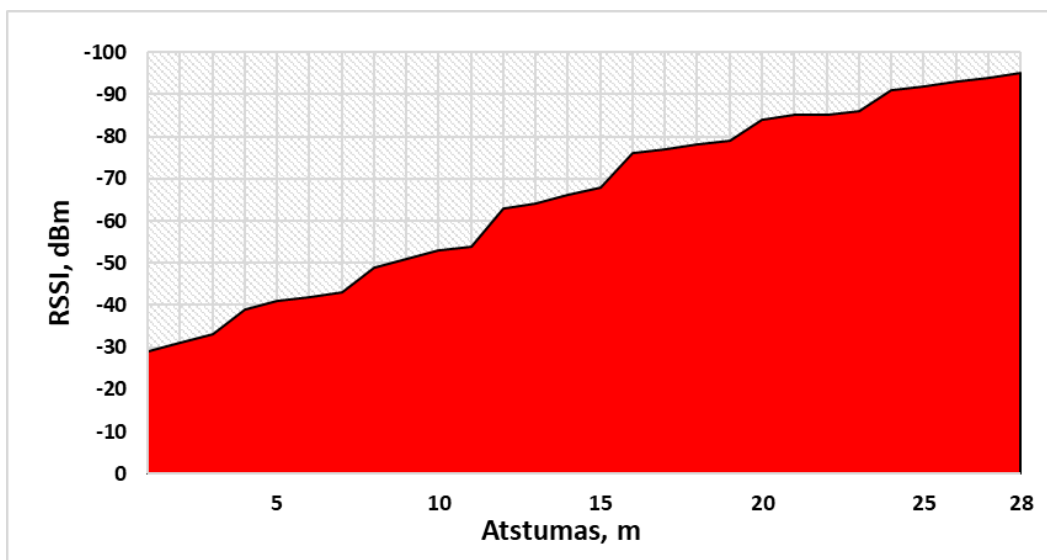
Testas pradėtas pastate kurio vidinių sienų konstrukciją sudaro gipso kartonas. Asmuo dėvintis išmanų laikrodį paliktas viename kambaryje, kol asmuo su duomenų surinkimo tašku (išmaniu įrenginiu) tolsta nuo jo keliaudamas po 1 metrą ir matuodamas *Bluetooth RSSI* tarp laikrodžio ir įrenginio. Bandymas sustabdomas kai išmanus įrenginys nebegauna duomenų iš išmanaus laikrodžio. Testavimo gauti rezultatai yra atvaizduoti 31 pav.



31 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per gipso kartono sienas

Sistema veikė kaip numatyta. Kaip matoma iš grafiko, gipso kartono sienos nelabai paveikė signalo prasiskverbimo, tačiau sumažino ryšio nutrūkimo atstumą 4 metrais arba ties 31 metro riba.

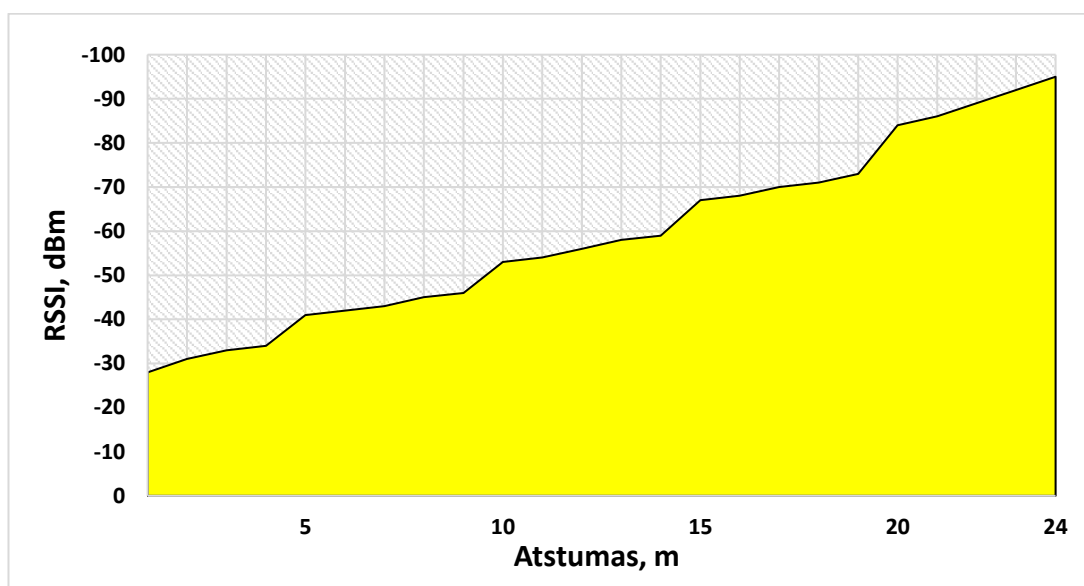
Kitas testas atliktas pastate kurio vidinių sienų konstrukciją sudaro plytos. Kaip ir praetame testavime, asmuo su laikrodžiu paliekamas viename kambaryje, kitas tolsta nuo jo kol nebegaus signalą iš laikrodžio. Testavimo gauti rezultatai yra atvaizduoti 32 pav.



32 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per plytų sienas

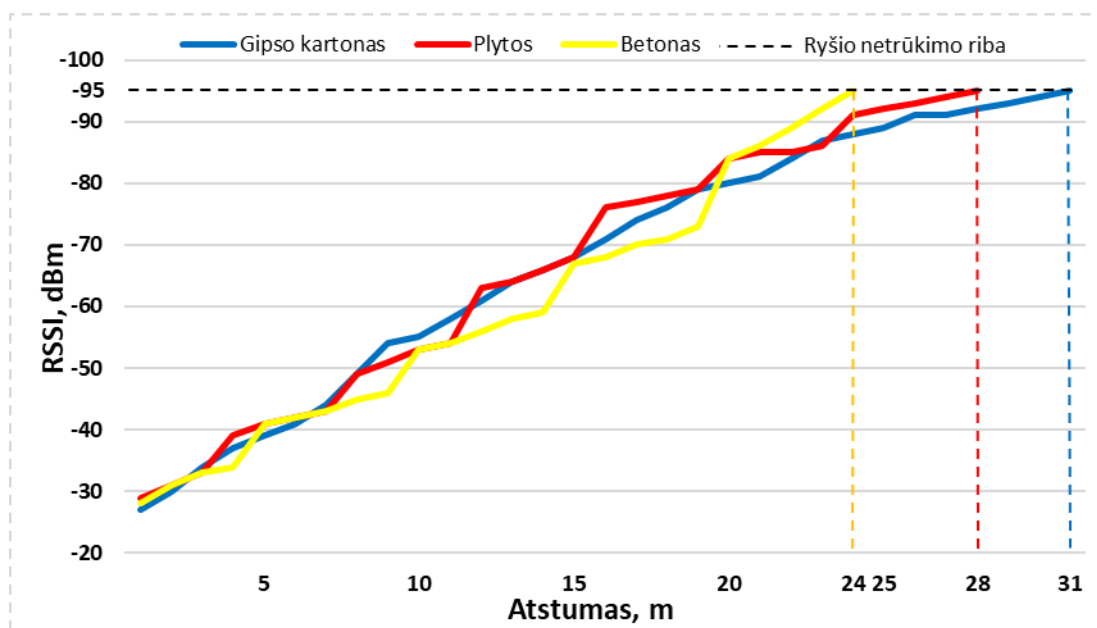
Sistema veikė kaip numatyta. Kaip matoma iš grafiko, plytų sienos daug labiau paveikia ryšio stiprumą. Kambariai yra apie 4 metrų pločio, tad matoma, kad maždaug kas 4 metrus ryšio *RSSI* nukrenta palyginus su ankstesniais matavimais. Ryšio nutrūkimo atstumas irgi sumažėjo iki 28 metrų.

Galutinis testas buvo atliktas pastate kurio vidinių sienų konstrukciją sudaro betonas. Atliktas toks pats testas, kaip ir praeiti du ir gauti rezultatai atvaizduoti 33 pav.



33 pav. RSSI priklausomybė nuo atstumo signalui pereinant per betonines sienas

Kaip ir kiti testai, sistema veikė kaip numatyta. Betoninės sienos dar labiau paveikė ryšio prasiskverbimą. Kambarių yra apie 5 metrų pločio, tad matome, kad ties tuo pačiu atstumu *RSSI* žymiai nukrenta. Ryšio nutrūkimo atstumas sumažėjo iki 24 metrų.



34 pav. RSSI priklausomybės nuo atstumo palyginamasis grafikas, signalui pereinant per gipso kartono, plytų ir betonines sienas

Iš visų testų rezultatų (34 pav.) yra aišku, kad sienų storis ir jų skaičius gali paveikti signalo praeinamumą ir duomenų siuntimo atstumą. Remiantis šiais duomenimis bus galima tinkamai išdėstyti duomenų surinkimo taškus (išmanius įrenginius) taip, kad būtų galima surinkti visų pacientų sveikatos duomenis atsižvelgiant į pastato konstrukciją.

4.1.2 Sistemos tinklalapio standartinių funkcijų tyrimas

Sistemos tinklalapio standartinių funkcijų tyrimas atliekamas suvedant / nesuvedant teisingus arba neteisingus duomenis ir laukiant klaidos pranešimo arba nukreipimo į tinklalapio pagrindinį puslapį.

Tinklalapio testavimas buvo atliekamas vykdant tokius veiksmus:

- prisijungta prie tinklalapio naudojantis <http://smartwatch1.000webhostapp.com> URL adresu;
- prisiregistruota prie tinklalapio;
- prisijungta prie tinklalapio;
- pakeista tinklalapio kalba;
- pridėtas, redaguotas ir pašalintas naujas pacientas.

Tyrimas atliktas prisijungiant prie tinklalapio ir atliekant visus anksčiau minėtus veiksmus.

Registruotis	Registruotis
Testas	Testas
Testas	Pavardė
testas@gmail.com	„Pavardė“ negali būti tuščias.
Testas123	testas@gmail.com
•••••	Vartotojo vardas
•••••	„Vartotojo vardas“ negali būti tuščias.
	•••••
	•••••
<input type="button" value="Registruotis"/> arba <input type="button" value="Prisijungti"/>	<input type="button" value="Registruotis"/> arba <input type="button" value="Prisijungti"/>

a)

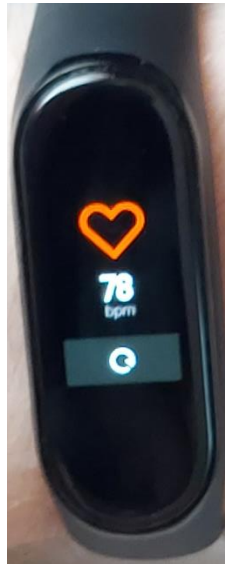
b)

35 pav. Sistemos tinklalapio registracijos formos: a) užpildyta teisingai, b) užpildyta neteisingai

Registruojantis tinklalapyje reikia užpildyti laukus ir to nepadarius, tinklalapis išmeta klaidą parodydamas, kad buvo praleistas tam tikras laukas, kaip pavaizduota 35 pav. registracija bei prisijungimas buvo sėkmingi. Kalbos keitimas iš angliską į lietuvišką kalbą ir atgal, buvo sėkmingi. Naujo paciento kūrimas, redagavimas ir pašalinimas irgi buvo sėkmingi.

4.1.3 Sistemos duomenų siuntimo ir gavimo tyrimas

Pagrindinis sistemos verifikacijos tikslas yra išsiaiškinti ar sistema geba siųsti duomenis į „Google FIT“ debesų serverį ir parsisiųsti tuos duomenis į sistemos tinklalapį bei atvaizduoti juos grafiškai. Šiam tyrimui buvo panaudotas „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis. Sveikatos parametrai buvo fiksuojami kas 1min ir siunčiami į duomenų surinkimo tašką (išmanų įrenginį) (36 pav.).



36 pav. „Xiaomi Mi Band 4“ užfiksuoti širdies ritmo rodmenys

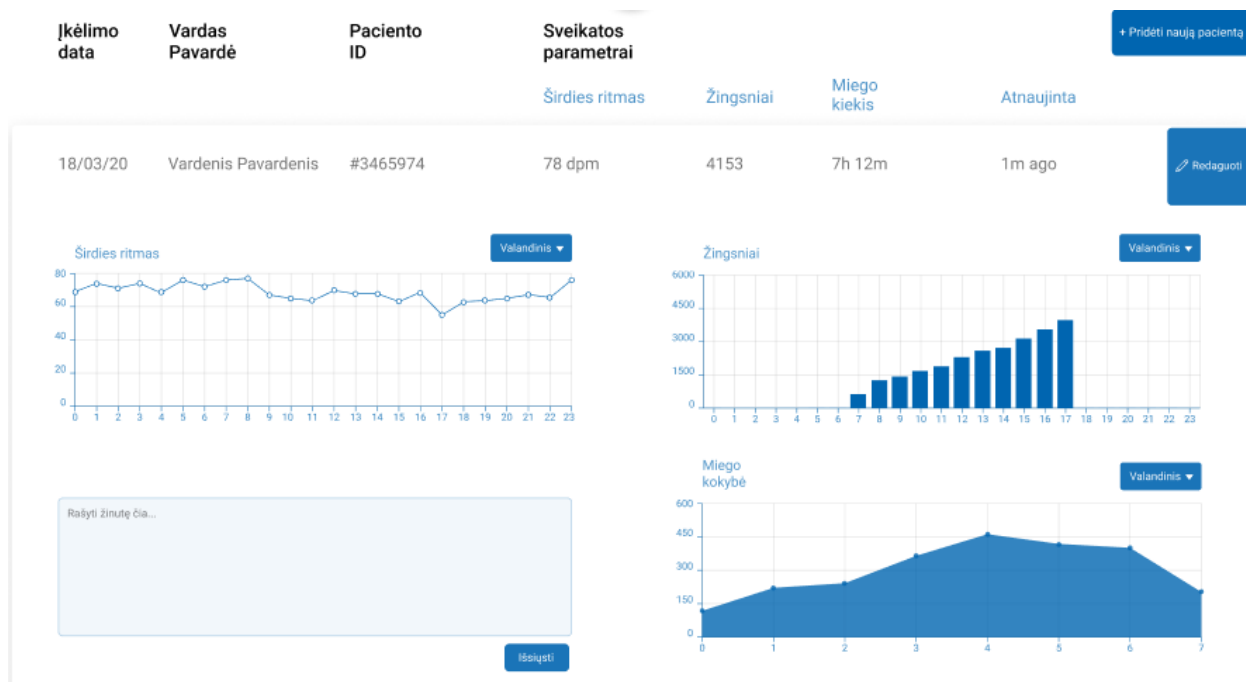
Išmanus laikrodis siunčia sveikatos parametrų duomenis naudojantis *Bluetooth 5.0 BLE* bevielio ryšio technologija į „Mi Fit“ mobilią aplikaciją (37 pav.).



37 pav. Perduoti širdies ritmo rodmenys „Mi Fit“ mobiloje aplikacijoje

Duomenų surinkimo taškas (išmanus įrenginys) persiunčia šiuos duomenis į „Google FIT“ debesų serverį ir duomenų saugyklą naudojantis Wi-Fi arba 4G bevielio ryšio technologijomis.

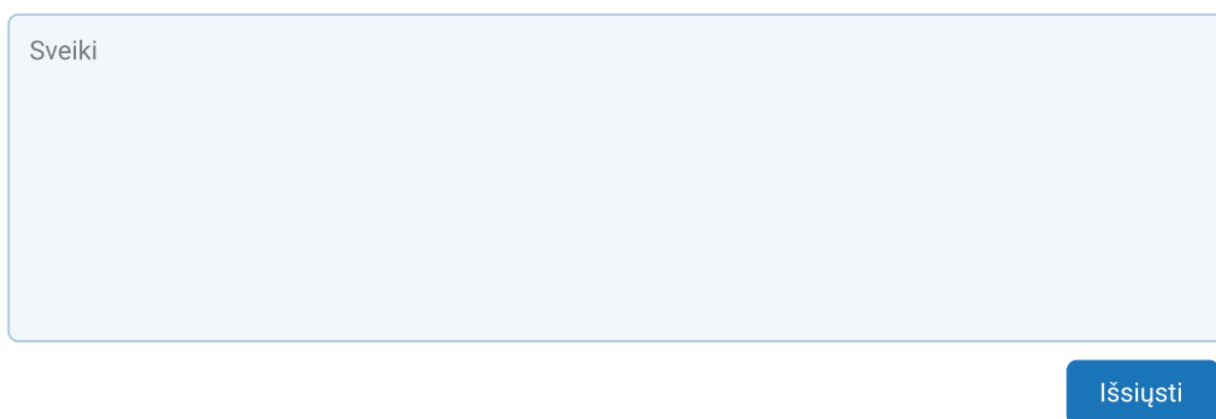
Sveikatos duomenys išsaugomi „Google FIT“ duomenų saugykloje. Sistemos tinklalapis pasiunčia sukauptus duomenis ir juos atvaizduoja grafiškai (38 pav.). Vienas iš tokių grafikų yra širdies ritmo grafikas.



38 pav. Tinklalapio sveikatos parametų peržiūros langas

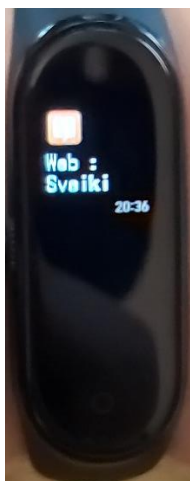
Šis grafikas turi širdies ritmo skalę vertikaliajoje ašyje ir laiko skalę horizontalioje ašyje. Grafikas atvaizduoja širdies ritmą vartotojo pasirinktame laiko tarpe, nes kiekvienas naujas matavimas yra sujungiamas su praeitu matavimu, taip sudarant kreivę. Vartotojas gali pasirinkti tarp valandos, dienos, savaitės ir mėnesio laiko tarpus stebėti duomenų pasikeitimus.

Siuntimo ir gavimo tyrimui taip pat buvo ištirta sistemos tinklalapio žinučių siuntimo funkcija. Tai buvo atlikta, parašant žinutę sistemos prototipo tinklalapyje ir ją išsiunčiant išmanaus laikrodžio nešiotojui (39 pav.).



39 pav. Sistemos prototipo žinučių siuntimo langas

Po žinutės išsiuntimo buvo laukta kol žinutė pasirodys išmanaus laikrodžio ekrane (40 pav.).



40 pav. Žinutės atvaizdavimas išmaniame laikrodyje

Tyrimo rezultatais parodė, kad sistemos prototipas gebą parsisiųsti ir atvaizduoti sveikos rodmenis grafiškai ir siųsti žinutes iš tinklalapio į išmanų laikrodį.

4.1.4 Sistemos tinklalapio kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo funkcijos tyrimas

Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo funkciją yra labai svarbi šiai sistemai. Todėl svarbu iširti funkcijos veiksmumą. Šiam tyrimui buvo panaudotas „Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis kuriuo buvo pamatuotas paciento širdies ritmas. Šie duomenys buvo išsiųsti surinkimo taškui (išmaniam įrenginiui) kuris juos persiuntė į „Google FIT“ debesų serverį. Sistemos tinklalapyje pacientas buvo pridėtas prie gydytojo paskyros ir nustatytas širdies ritmo limitas kuris yra 95dmp. Kai paciento „Google“ duomenys buvo prijungti prie tinklalapio jo „Google FIT“ duomenys buvo parsisiųsti ir atvaizduoti grafiškai sistemos tinklalapyje. Tinklalapis aptiko, kad paciento sveikatos rodmenys viršijo nustatytą ribą ir įspėjo tinklalapio vartotoją (41 pav.).

Įkėlimo data	Vardas Pavardė	Paciento ID	Sveikatos parametrai				Atnaujinta	+ Pridėti naują pacientą
			Širdies ritmas	Žingsniai	Miego kiekis			
14/05/20	Vardas Pavardė	#5449982	85 dpm	4882	7h 02m	4m ago	Redaguoti	
23/04/20	Testas Testas	#1346537	78 dpm	10021	7h 45m	5m ago	Redaguoti	
18/03/20	Vardenis Pavardenis	#3465974	98 dpm	7889	6h 59m	2m ago	Redaguoti	

41 pav. Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo veikimo pavyzdys

Paspaudus ant įspėjimo lango atveriamas platesnis šio įspėjimo vaizdas sveikatos parametru peržiūros lange (42 pav.).



42 pav. Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo peržiūros langas

Atvėrus peržiūros langą matoma, kad širdies ritmo rodmenys buvo viršyti ir grafiškai atvaizduoti. Šiuo atveju buvo pasirinktas grafinis atvaizdavimas valandomis (24 valandų) atvaizdavimas kuriame rodomas dabartinis širdies ritmo viršijimas (98 dpm) ir praeitas viršijimas 15 valandą.

Tyrimas parodė, kad ši funkcija veikia kaip numatyta ir geba įspėti tinklalapio vartotoją apie kritinius sveikatos rodmenų pasikeitimus bei informuoti patį senjorą. Kritinių sveikatos rodmenų įspėjimo funkcija leis globos/slaugos namų darbuotojams greitai reaguoti į paciento fiziologinių duomenų pasikeitimus.

Atlikus išmanios, pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo, sistemos laboratorinio prototipo verifikaciją nustatyta, kad sistemoje naudojamo išmanaus laikrodžio *Bluetooth 5.0 BLE* bevielio ryšio prasiskverbimą paveikia sienų konstrukciją ir jų skaičius. Sistema geba fiksuoti sveikatos rodiklius ir juos išsiųsti į „*Google FIT*“ debesų serverį ir duomenų saugyklą.

Sukurtas sistemos tinklalapis geba atlikti standartines funkcijas kaip: vartotojų registracija, prisijungimas; pacientų pridėjimas, redagavimas, pašalinimas; Tinklalapis geba: parsisiųsti ir grafiškai atvaizduoti sveikos rodiklių duomenis iš duomenų saugyklos bei siųsti žinutes tarp tinklalapio vartotojų ir išmanių laikrodžių nešiotojų; nustatyti sveikatos rodiklių įspėjamąsias ribas ir pranešti vartotojui apie jų viršijimą.

IŠVADOS

1. Atlikta egzistuojančių išmanių slaugos sistemų analizė parodė, kad didžioji dalis tokių sistemų yra naudojamos palengvinti vieno pagyvenusio žmogaus gyvenimą jo namų aplinkoje ir dažniausiai yra surišta su išmaniais namais. Analizė parodė sukūrimo poreikį sistemos, kuri būtų pritaikyta naudoti senyvo amžiaus žmonių globos/slaugos namuose, automatiškai galinti sekti pacientų sveikatos rodiklius bei pranešti apie šių rodiklių kritinius pasikeitimus. Tokia sistema skatintų aktyvesnę gyvenseną, leistų patiems globos/slaugos namų gyventojams stebėti savo sveikatos rodiklių pokyčius ir progresą.
2. Suformulavus išmanios pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos funkcinius ir nefunkcinius reikalavimus buvo parinkta **techninė įranga** („Xiaomi Mi Band 4“ išmanus laikrodis, išmanus įrenginys (telefonas ar planšetė), Kompiuteris su internetu naršykle) ir **programinė įranga** (Figma, Photoshop/GIMP, PHPstorm 7.4, Google FIT Cloud).
3. Sukurtas išmanus pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos laboratorinis prototipas, gebantis siųsti ir atvaizduoti sveikatos parametrų duomenis vartotojui patogioje grafinėje sąsajoje. Sistemos tinklalapis turi naujų vartotojų registracijos ir prisijungimo funkcijas, gali įkelti, redaguoti ir pašalinti pacientus. Sistema geba siųsti/parsiųsti išmanių laikrodžių surinktus duomenis į/iš „Google FIT“ debesų serverio ir saugyklos, taip užtikrina ilgalaikę duomenų peržiūrą.

Sistemos tinklalapis leidžia nustatyti sveikatos rodiklių įspėjamąsias ribas, kurioms peržengus, tinklalapio vartotojas yra įspėjamas. Taip leidžiama slaugytojui nedelsiant pacientui suteikti jam reikalingą pagalbą.

4. Atlikta sukurtos išmanios pagyvenusių žmonių sveikatos parametrų stebėjimo sistemos prototipo verifikacija parodė, kad:
 - sukurta sistema geba atlikti standartines funkcijas: registruoti ir prijungti vartotojus; kurti, redaguoti ir pašalinti pacientus; keisti vartotojo sąsajos kalbą iš anglų į lietuvių ir atgal;
 - sistemos tinklalapis geba parsisiųsti ir grafiškai atvaizduoti sveikos rodiklių duomenis iš debesų serverio ir siųsti žinutes tarp tinklalapio vartotojų ir išmanių laikrodžių nešiotojų;
 - tinklalapis geba reaguoti sveikatos rodiklių kritines ribas (maksimalią vertę 100 dpm ir minimalią 50 dpm) ir pranešti vartotojui apie jų viršijimą.
 - Siekiant optimaliai išdėstyti duomenų surinkimo taškus buvo atsižvelgta į sienų storį bei jų skaičių ir kaip tai gali paveikti *Bluetooth 5.0* signalo praeinamumą ir

duomenų siuntimo atstumą (standartinis atstumas, 35 metrai, ore). Atliktas testas parodė kad, priklausomai nuo pastato sienų konstrukcijų atitinkamai mažėja duomenų perdavimo atstumas:

- gipso kartono sienos sumažina duomenų perdavimo atstumą iki 31 metro;
- plytų sienos sumažina duomenų perdavimo atstumą iki 28 metrų;
- betono sienos sumažina duomenų perdavimo atstumą iki 24 metrų.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

- [1] Kulik C.T., Ryan S., Harper S., George G., „Aging Populations and Management,“ *Academy of Management Journal*, t. 57, nr. 4, pp. 929-935, 2014.
- [2] W. H. Organization, „Are you ready? What you need to know about ageing,“ [Tinkle]. Available: <https://www.who.int/world-health-day/2012/toolkit/background/en/>. [Kreiptasi 22 04 2020].
- [3] W. H. Organization, „Disability and health,“ 16 01 2018. [Tinkle]. Available: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health>. [Kreiptasi 22 04 2020].
- [4] R. Venkat, *Global outlook of the healthcare industry*, San Antonio: Frost & Sullivan, 2015.
- [5] „Advantages & Disadvantages of Nursing Homes,“ AmeriGlide, [Tinkle]. Available: <https://www.ameriglide.com/advantages-disadvantages-nursing-homes.htm>. [Kreiptasi 22 04 2020].
- [6] S. Majumder, T. Mondal, M. J. Deen, „Wearable Sensors for Remote Health Monitoring,“ *Sensors*, t. 17, nr. 1, 2017.
- [7] M. J. Deen, „Information and communications technologies for elderly ubiquitous healthcare in a smart home,“ *CrossMark*, t. 19, nr. 1, pp. 573-599, 2015.
- [8] D. Perez, S. Memeti, S. Pllana, „A simulation study of a smart living IoT solution for remote elderly care,“ *Third International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)*, pp. 227-232, 2018.
- [9] M. Shamim Hossain, A. Rahman, G. Muhammad, „Cyber–physical cloud-oriented multi-sensory smart home framework for elderly people: An energy efficiency perspective,“ *Journal of Parallel and Distributed Computing*, t. 103, nr. 1, pp. 11-21, 2017.
- [10] H. Gjoreski, J. Bizjak, M. Gams, „Using Smartwatch as Telecare and Fall Detection Device,“ *International Conference on Intelligent Environments (IE)*, t. 12, 2016.
- [11] J. Seladi-Schulman, „What’s Considered a Dangerous Heart Rate?,“ *HealthLine*, 2018.
- [12] „Exist.io,“ [Tinkle]. Available: <https://exist.io/static/media/public/heart-rate-applewatchsensors.png>. [Kreiptasi 30 03 2020].

- [13] H. Tanaka, „Epitaxial Growth of Oxide Films and Nanostructures,“ *įtraukta Handbook of Crystal Growth*, Osaka, Institute of Scientific and Industrial Research, 2015, pp. 556-585.
- [14] ParentGiving.com, „Fitness for Seniors: How a Pedometer Can Boost Activity,“ [Tinkle]. Available: <https://www.parentgiving.com/elder-care/pedometer-boost-activity-seniors/>. [Kreiptasi 02 04 2020].
- [15] „explainthatstuff.com,“ [Tinkle]. Available: <https://www.explainthatstuff.com/how-pedometers-work.html>. [Kreiptasi 02 04 2020].
- [16] J. Cigainero, „A Fashionable Way to Track Those Steps,“ *New York Times*, 2015.
- [17] T. Watt, „Importance Of Good Night's Sleep For Seniors,“ *Sunrise*, 2016.
- [18] V. Ibáñez, J. Silva, O. Cauli, „A survey on sleep assessment methods,“ *PeerJ*, t. 6, 2018.
- [19] A. Long Carrera, „Nutrition Over 70: A Guide To Senior Dietary Needs,“ *Shield Health Care*, 2019.
- [20] F. J. Ballesteros, V. J. Martinez, B. Luque, L. Lacasa, E. Valor, A. Moya, „On the thermodynamic origin of metabolic scaling,“ *US National Library of Medicine National Institutes of Health*, t. 8, 2018.
- [21] „aliexpress.com,“ [Tinkle]. Available: <https://www.aliexpress.com/item/32893609696.html>. [Kreiptasi 10 04 2020].
- [22] R. Rawassizadeh, B. A. Price, M. Petre, „Wearables: Has the Age of Smartwatches Finally Arrived?,“ *Communications of the ACM*, t. 58, nr. 1, pp. 45-47, 2015.
- [23] „LinkedIn.com,“ [Tinkle]. Available: https://media-exp1.licdn.com/dms/image/C4E12AQFSeQ0PccDq0Q/article-inline_image-shrink_1500_2232/0?e=1594857600&v=beta&t=CPlm8q1WaQnaypG2fTfk-QxxQz_T3hXrTatBWw5UkAg. [Kreiptasi 16 04 2020].
- [24] R. Williams, „What is Apple's HealthKit?,“ *The Telegraph*, 2015.
- [25] J. Yoburn, „New kits on the block: a beginner's guide to Apple HealthKit, ResearchKit, and CareKit,“ *LinkedIn*, 2016.
- [26] „Google FIT,“ [Tinkle]. Available: <https://developers.google.com/fit/images/arch-gen.png>. [Kreiptasi 17 04 2020].
- [27] „Google FIT,“ [Tinkle]. Available: <https://developers.google.com/fit/overview>. [Kreiptasi 17 04 2020].

- [28] „Google FIT,“ [Tinkle]. Available: https://developers.google.com/fit/images/arch_android.png. [Kreiptasi 17 04 2020].
- [29] „Google FIT,“ [Tinkle]. Available: <https://developers.google.com/fit/android>. [Kreiptasi 17 04 2020].
- [30] [Tinkle]. Available: <https://i01.appmifile.com/webfile/globalimg/products/pc/mi-band-4/band4-6.png>. [Kreiptasi 20 04 2020].
- [31] „Mi.com,“ [Tinkle]. Available: <https://www.mi.com/global/mi-smart-band-4>. [Kreiptasi 20 04 2020].
- [32] V. Gao, „Proximity and RSSI,“ Bluetooth SIG, 21 09 2015. [Tinkle]. Available: <https://www.bluetooth.com/blog/proximity-and-rssi/>. [Kreiptasi 10 05 2020].
- [33] Bouvier, Dan, „Get The Jump On Next-Gen Enterprise-Class Wireless Access Points,“ *Electronic Design*, t. 57, nr. 3, pp. 45-48, 2009.
- [34] Gast, Matthew S, 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, Second Edition, O'Reilly Media, Inc, 2009.
- [35] Sarkar, Nurul, Membarth, Richard, Modeling and simulation of IEEE 802.11g using OMNeT++, IGI Global, 2010.
- [36] Perahia, E., Stacey, R., Next Generation Wireless LANs: 802.11n and 802.11ac., Cambridge: Cambridge University Press, 2013.
- [37] LitePoint, IEEE 802.11ac: What Does it Mean for Test?, LitePoint, 2013.
- [38] Mitchell, Bradley, „www.lifewire.com,“ [Tinkle]. Available: <https://www.lifewire.com/wireless-standards-802-11a-802-11b-g-n-and-802-11ac-816553>. [Kreiptasi 05 03 2020].
- [39] „Bluetooth Special Interest Group,“ [Tinkle]. Available: <http://www.bluetooth.com>. [Kreiptasi 06 03 2020].
- [40] A. Allan, D. Coleman, S. Mistry, Make: Bluetooth: Bluetooth LE Projects with Arduino, Raspberry Pi, and Smartphones, Maker Media, Inc., 2015.

PRIEDAI

Priedas 1

Wi-Fi ir Bluetooth bevielio ryšio technologijos

Wi-Fi – tai belaidžio ryšio technologija, kuri naudoja plačiaujustį radijo ryšį perduoti informaciją iš vieno įrenginio į kitą. Skirtumas yra tas, kad *Wi-Fi* naudoja GHz dažnį, o prietaisai valdomi radijo bangomis - kurie naudoja kHz ar MHz dažnį. GHz dažnis leidžia perduoti informaciją daug didesniu greičiu palyginus su telefonais ar radiju. Taip pat su didesniu dažniu naudojamas ir kitoks veikimo principas, nes *Wi-Fi* naudoja internetą perduoti duomenims:

- adapteris gauna informaciją ir ją paverčia į radijo signalą, tada jį išsiunčia naudojantis antena;
- modemas gauna signalą, jį užkoduoja ir tada išsiunčia užkoduotą informaciją į internetą naudojantis *Ethernet* kabeliu (šis procesas veikia ir atvirkščiai).

Wi-Fi transliuoja informaciją 2,4GHz ar 5GHz ryšiu. Tai leidžia transliuoti daug didesnius informacijos paketus, daug greičiau. [33]

Wi-Fi naudoja 802.11 tinklų standartus:

- **802.11a** transliuoja 5 GHz ryšiu ir gali siųsti 54 Mbps greičiu. Šis standartas naudoja *OFDM* (angl. *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), efektyvesnį kodavimo metodą, kuris prieš pasiekiant gavėją padalija radijo signalą į keletą sub-signalų taip sumažindamas trukdžius.
- **802.11b** yra lėčiausias ir pigiausias standartas. Anksčiau dėl savo kainos jis buvo gan populiarus, tačiau atsiradus kitiems pigiems ir greitesniems standartams, 802.11b nebėra dažnai naudojamas. Šis standartas transliuoja 2.4 GHz ryšiu ir gali siųsti 11 Mbps greičiu. Jis naudoja *CCK* (angl. *Complementary Code Keying*) norint pasiekti geresnį transliavimo greitį. [34]
- **802.11g** transliuoja 2.4 GHz dažniu kaip ir 802.11b, bet yra daug greitesnis. Siunčia 54 Mbps greičiu. Šis standartas tokį greitį pasiekia, nes naudoja *OFDM* kodavimą kaip ir 802.11a. [35]
- **802.11n** yra plačiausiai naudojamas standartas ir jis yra suderinamas su a, b ir g standartais. 802.11n turi daug geresnį greitį ir veikimo diapazoną palyginus su ankstesnėmis versijomis. Tai yra dėl to, nes šis standartas naudoja *MIMO* (angl. *Multiple Input / Multiple Output*) technologiją ir platesnį radijo bangų sraute. Prieš tai buvusios *WLAN* technologijos reikalavo siųsti po vieną paketą srautą, tačiau *MIMO* naudoja 40 MHz srautą galinti siųsti net 4 paketus sraute, naudojantis 4 kanalais iš karto tai yra 4x4. Taip galimai padidinant greitį iki 600 Mbps, o tai yra daugiau net 10 kartų didesnis greitis palyginus su 802.11g standartu. [36]

- **802.11ac** yra naujausias standartas, kuris buvo įvestas nuo 2013 metų. Dėl padidėjusio vartotojų aktyvumo ir siunčiamų bei parsisiunčiamų duomenų dydžio reikėjo įvesti naują standartą, kuris galėtų patenkinti naujus poreikius. Šis standartas kaip ir n versija yra suderinamas su visomis ankstesnėmis versijomis. Naudojama nauja *DBW* (angl. *Dual-Band Wireless*) technologija, kuri leidžia transliuoti 2.4 GHz ir 5 GHz dažniais. Bet svarbiausia - šis naujas standartas yra daug greitesnis, leidžiantis pasiekti 450 Mbps naudojant 2.4 GHz dažnį ir 1300 Mbps naudojant 5 GHz dažnį. Tokie greičiai pasiekiami dėl dar labiau padidinto srauto ir jų skaičiaus – aštuoni 80 MHz srautai siunčia informaciją tuo pačiu metu. [37]

4 lentelė. Wi-Fi standartų palyginimas [38]

Standartas	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n	802.11ac
Metai	1999	1999	2003	2009	2014
Dažnis, GHz	5	2,4	2,4	2,4 / 5	5
Didžiausias duomenų perdavimo greitis, Mbps	54	11	54	600	1000
Veikimo diapazonas su kliūtimis, m	30	30	40	70	30
Veikimo diapazonas be kliūčių, m	120	140	140	250	300

4 lentelėje matome jog populiariausiais prieš tai apžvelgtų sistemų standartas yra 802.11n, jis yra labai patikimas, išsiunčia ir patalpiną informaciją greitai bei turi pakankamai didelį veikimo diapazoną. Vienintelis jo trūkumas yra didelis naudojamos energijos kiekis.

Šie standartai ir padeda suprasti *Wi-Fi* veikimą. *Wi-Fi* veikimui yra reikalinga daugiausiai energijos. Tad egzistuoja ir kitos alternatyvos, kurios naudoja mažiau energijos, kaip antai *Bluetooth*.

Bluetooth iš esmės yra tinklo standartas, kuris veikia dviem lygiais:

- fiziniame, nes *Bluetooth* yra radijo bangų standartas;
- kanaliniame, nes prietaisai naudojantys *Bluetooth* abu turi sutikti kada informacija bus išsiunčiama, kiek jos bus išsiųsta ir kaip sužinoti jog abi pusės gavo tą pačią informaciją.

Šis standartas buvo sukurtas siekiant išspręsti infraraudonųjų spindulių sistemų problemas tokias, kaip labai trumpas veikimo nuotolis (ir net tada reikia nukreipti infraraudonuosius spindulius tiesiai į prietaisą). Infraraudonieji spinduliai gali siųsti informaciją tik vienam prietaisui, dėl to atsirado *Bluetooth* ir įvairios per metus atsiradusios versijos [39]:

- **Bluetooth v1.0** turėjo daugybę trūkumų ir suderinimo problemų taip pat pagal šiandieninius standartus siuntimo greitis yra labai lėtas siekiantis vos 1 Mbps. Tai

nenustabu kai pagalvoji jog šis belaidis ryšys turėjo pakeisti telefoninius kabelius 1998 metais. Tad ko gero nesusidursime nei su vienu prietaisu, kuris naudoja Bluetooth v1.0.

- **Bluetooth v2.0** buvo išleista 2004 metais kartu su *EDR* (angl. *Enhanced Data Rate*) technologija, kuri padidino informacijos perdavimo greitį iki 3 Mbps ir tapo iki šiol labiausiai naudojama *Bluetooth* versija ypač v2.1, kuri daug patogiau suderina ir sujungia *Bluetooth* naudojančius prietaisus.
- **Bluetooth v3.0** išleista 2009 metais. Įdiegta tuo metu nauja HS (angl. *High-Speed*) technologija leidžianti pasiekti iki 24 Mbps greitį. Tai įmanoma dėl to jog *Bluetooth* v3.0 leidžia aplikacijoms naudotis alternatyviais radijo dažniais kaip *Wi-Fi*. Tačiau ši versija naudoja daug daugiau energijos palyginus su v2.0.
- **Bluetooth v4.0** išleistas 2010 metais ir siūlė naują LE (angl. *Low Energy*) technologiją, kuri yra atsakas į dideles v3.0 sąnaudas. Ši technologija leidžia rinkti bei skleisti informaciją naudojant labai mažus energijos kiekius. Beveik kiekvienas išmanus įrenginys naudoja šią technologiją. Taip pat atnaujinimai v4.1 ir v4.2 įdiegė privatumo patobulimus, geresnį LTE ryšio koegzistavimo patobulimus, geresnį komunikacijos diapazoną ir panašiai.
- **Bluetooth v5.0** yra naujausia versija. Kuri yra dvigubai greitesnė už *Bluetooth* v4.2 LE ir turi keturis kartus didesnį veikimo diapazoną. Tai pat ši versija turi *SAM* (angl. *Slot Availability Masking*), kuri aptinka ir trukdo nepageidaujamiems kaimyniniams ryšiams prisijungti ar kitaip trukdyti duomenų perdavimui. [40]

5 lentelė. Bluetooth versijų palyginimas [39]

Bluetooth versijos	v1.0	v2.0	v3.0	v4.0	v5.0
Metai	1998	2004	2009	2010	2016
Didžiausias duomenų perdavimo greitis, Mbps	1	3	24	24	48
Veikimo diapazonas be kliūčių, m	10	30	30	60	400
BR	+	+	+	+	+
EDR		+	+	+	+
HS			+	+	+
LE				+	+
SAM					+

Iš visų išvardytų versijų (5 lentelė), *Bluetooth* v5.0 yra dažniausiai naudojama anksčiau minėtų išmaniųjų namų sistemų. LE pasirinkimas leidžia siųsti informaciją sunaudojant nedidelį energijos kiekį. Tad visa sistema gali likti be laidė ir ją maitinti baterijomis pakankamai ilgą laiką.

Nesvarbu kokia versija yra pasirenkama, apsauga yra rimtas klausimas bet kokiu atveju. Kadangi *Bluetooth*, kaip ir *Wi-Fi*, naudoja radijo bangas skleisti ir priimti informacija, nepriimtinas vartotojas gali prisijungti ir stebėti ar net kontroliuoti prietaisus ir informacija. Taip pat dėl to jog *Bluetooth* automatiškai prijungia bet kokius kitus *Bluetooth* naudojančius prietaisus, apsauga tampa pagrindiniu rūpesčiu, bet kokioje sistemoje, kuri naudoja šį ryšio standartą. Tačiau kitaip negu *Wi-Fi*, *Bluetooth* naudoja kitus apsaugos metodus ginantis nuo nepageidaujamų vartotojų. *Bluetooth* turi tris pagrindines apsaugos funkcijas:

- autentifikavimas, kuris nustato prietaiso tapatybę pagal *Bluetooth* adresą;
- konfidencialumas, kuris užkerta kelia neleistinų prietaisų prisijungimui bei informacijos nutekinimui;
- autorizacija, kuri leidžia tik leistiniems vartotojams kontroliuoti prie jo prijungtus prietaisus.

Be šių funkcijų egzistuoja ir keturi apsaugos režimai, kurie nustato kada imtis apsaugos priemonių:

- **Apsaugos režimas 1:** šis režimas yra be apsaugos. Autentifikavimo ir šifravimo funkcijos yra apeinamos, o į prijungiamus įrenginius yra lengva įsilaužti. Režimas nesiima jokių apsaugos priemonių kurios neleistų kitiems *Bluetooth* įrenginiams prisijungti. Šis režimas naudojamas norint leisti įrenginiams lengvai prisijungti prie ryšio ar trumpo nuotolio vietovėse kur gali nebūti kitų *Bluetooth* įrenginių. Apsaugos režimas 1 naudojamas tik iki *Bluetooth v2.0*.
- **Apsaugos režimas 2:** naudoja centralizuotą apsaugos valdymą kuri kontroliuoja prieiga prie konkrečių paslaugų, funkcijų ir įrenginių. Galima taikyti pasitikėjimo lygius norint apriboti prieigą prie programų, turinčių skirtingus saugumo reikalavimus. Galima suteikti prieigą prie specifinių funkcijų ar įrenginių. Šis režimas naudoja autentifikavimą bei šifravimą. Visos *Bluetooth* versijos gali naudoti Apsaugos režimą 2.
- **Apsaugos režimas 3:** šis režimas inicijuoja saugumo procedūras prieš prisijungimą. Autentifikavimas bei šifravimas naudojami visiems prisijungimas prie įrenginio ir iš jo, be to jie naudoja atskirą slapto ryšio kodą, kurį dalijasi tik su prieš tai prisijungusiai prietaisais.
- **Apsaugos režimas 4:** apsaugos procedūros prasideda prieš prisijungimą. Naudojamas *SSP* (angl. *Secure Simple Pairing*), kuris naudoja *ECDH* (angl. *Elliptic Curve Diffie Hellman*) techniką, kuri apsieičia kodais ir prijungia kodų generatorių. Naudojami tie patys autentifikavimo ir šifravimo algoritmai kaip ir režime 3.

Bluetooth kaip ir *Wi-Fi* taip pat gali blokuoti adresus su netinkamu *Bluetooth* ID kodu ar limituoti prisijungiamų prietaisų skaičių. [39]

6 lentelė. *Wi-Fi* ir *Bluetooth* versijų palyginimas

	Wi-Fi 802.11n	Bluetooth v5.0
Dažnis, GHz	5	2,4
Didžiausias duomenų perdavimo greitis, Mbps	600	2
Vidutinis veikimo atstumas be kliūčių, m	250	400
Saugumas	WPA ir MAC protokolai, taip pat įvairios papildomos funkcijos, kurios apriboja kitų vartotojų prieigą.	Apsaugos režimai nustatantys kada ir kokių apsaugos priemonių imtis
Naudojama įranga	Wi-Fi adapteris visiems tinklo prietaisams, Wi-Fi modemas ar maršrutizatorius.	Bluetooth adapteris visiems prietaisams, kurie nori prisijungti vienas prie kito.
Energijos sunaudojimas siunčiant 75 bytes, mW	80	2

Atsižvelgus į visų bevielių ryšių privalomus bei trūkumus (6 lentelė), galima teigti, jog *Bluetooth* vartoja mažiau energijos, ypač LE arba ULE režime, taip pat naudoja mažesnę įrangą, kuri yra dar ir pigesnė. Tačiau *Bluetooth* neperduoda duomenis tiesiogiai į internetą, tad teks pasikliauti įranga kuri surinks duomenis *Bluetooth* ryšiu ir juos perduos *Wi-Fi* ryšiu į minėtą internetą.

Priedas 2

Sistemos tinklalapio prisijungimo MVC kodas

Tinklalapio valdiklių kodas:

```
<?php

namespace frontend\controllers;

use common\models\LoginForm;
use frontend\models>PasswordResetRequestForm;
use frontend\models\ResetPasswordForm;
use frontend\models\SignupForm;
use Yii;
use yii\base\InvalidParamException;
use yii\filters\AccessControl;
use yii\helpers\ArrayHelper;
use yii\web\BadRequestHttpException;
use yii\web\Response;
use yii\widgets\ActiveForm;

/**
 * Site controller
 */
class SiteController extends Controller
{
    // permission for all actions
    protected $userPermission;

    /**
     * @inheritdoc
     */
    public function behaviors()
    {
        return ArrayHelper::merge(parent::behaviors(), [
            'access' => [
                'class' => AccessControl::className(),
                'only' => ['logout', 'signup'],
                'rules' => [
                    [
                        'actions' => ['signup'],
                        'allow' => true,
                        'roles' => ['?'],
                    ],
                    [
                        'actions' => ['logout'],
                        'allow' => true,
                        'roles' => ['@'],
                    ],
                ],
            ],
        ]);
    }
}
```

```

/**
 * @inheritdoc
 */
public function actions()
{
    return [
        'error' => [
            'class' => 'yii\web\ErrorAction',
        ],
        'captcha' => [
            'class' => 'yii\captcha\CaptchaAction',
            'fixedVerifyCode' => YII_ENV_TEST ? 'testme' : null,
        ],
    ];
}

/**
 * Displays homepage.
 *
 * @return mixed
 */
public function actionIndex()
{
    if (Yii::$app->request->post('SignupForm')) {
        $this->signup();
    }

    return $this->actionLogin();
}

/**
 * Logs in a user.
 *
 * @return mixed
 */
public function actionLogin()
{
    $modelSignUp = new SignupForm();

    $model = new LoginForm();
    if ($model->load(Yii::$app->request->post()) && $model->login()) {
        return $this->goBack();
    } else {
        return $this->render('login', [
            'model' => $model,
            'modelSignUp' => $modelSignUp
        ]);
    }
}

```

```

/**
 * Signs user up.
 *
 * @return mixed
 */
public function signup()
{
    $model = new SignupForm();
    $isLoading = $model->load(Yii::$app->request->post());

    if (Yii::$app->request->isAjax) {
        echo json_encode(ActiveForm::validate($model));
        die;
    }

    if ($isLoading && $user = $model->signup('doctor')) {
        if (Yii::$app->getUser()->login($user)) {
            return $this->redirect(['/doctor/dashboard']);
        }
    }

    return $this->goBack();
}

/**
 * Requests password reset.
 *
 * @return mixed
 */
public function actionRequestPasswordReset()
{
    if (Yii::$app->request->post('SignupForm')) {
        $this->signup();
    }

    $modelSignUp = new SignupForm();

    $model = new PasswordResetRequestForm();
    if ($model->load(Yii::$app->request->post()) && $model->validate()) {
        if ($model->sendEmail()) {
            Yii::$app->session->setFlash('success', Yii::t('app', 'Check your email for further instructions.));

            return $this->goHome();
        } else {
            Yii::$app->session->setFlash('error', Yii::t('app', 'Sorry, we are unable to reset password for email provided.));
        }
    }
}

```

```

        return $this->render('requestPasswordResetToken', [
            'model' => $model,
            'modelSignUp' => $modelSignUp
        ]);
    }

    /**
     * Resets password.
     *
     * @param string $token
     * @return mixed
     * @throws BadRequestHttpException
     */
    public function actionResetPassword($token)
    {
        try {
            $model = new ResetPasswordForm($token);
            $modelSignUp = new SignupForm();
        } catch (InvalidParamException $e) {
            throw new BadRequestHttpException($e->getMessage());
        }

        if (Yii::$app->request->post('SignupForm')) {
            $this->signup();
        }

        if ($model->load(Yii::$app->request->post()) && $model->validate() && $model->resetPassword()) {
            Yii::$app->session->setFlash('success', Yii::t('app', 'New password was saved.));

            return $this->goHome();
        }

        return $this->render('resetPassword', [
            'model' => $model,
            'modelSignUp' => $modelSignUp
        ]);
    }
}

```

Tinklalapio vaizdo kūrimo kodas:

```
<?php

/* @var $this yii\web\View */
/* @var $form yii\bootstrap\ActiveForm */
/* @var $model \common\models\LoginForm */

use yii\bootstrap\ActiveForm;
use yii\helpers\Html;

$this->title = Yii::t('app', 'Login');
$this->params['breadcrumbs'][] = $this->title;
?>
<div class="login-panel">
    <div class="login">
        <?php
        $form = ActiveForm::begin([
            'id' => 'login-form',
            'fieldConfig' => [
                'template' => "{label}\n{input}\n{hint}\n",
            ]
        ]);
        ?>
        <div class="login-logo"><? = Yii::t('app', 'Logo') ?></div>
        <h2 class="payment-heading text-center pb90"><? = Yii::t('app', 'Sign In to Your Account') ?></h2>

        <? = $form->field($model, 'username')->textInput(['placeholder' => Yii::t('app', 'Login')])->
        label('<img src="" . Yii::$app->request->baseUrl . '/images/user.png' alt="user" height="23px;">') ?>
        <? = $form->field($model, 'username', ['template' => '{error}']) ?>

        <? = $form->field($model, 'password')->passwordInput(['placeholder' => Yii::t('app', 'Password')])->
        label('<img src="" . Yii::$app->request->baseUrl . '/images/password.png' alt="user" height="23px;">') ?>
        <? = $form->field($model, 'password', ['template' => '{error}']) ?>

        <? = Html::submitButton(Yii::t('app', 'Sign In'), ['class' => 'signin', 'name' => 'login-button']) ?>

        <p class="login-psw">
            <? = Html::a(Yii::t('app', 'Forgot your password?'), ['site/request-password-reset'],
                ['id' => 'form-action-btn', 'data-href' => '#']) ?>
        </p>

        <p class="add-account" data-toggle="modal" data-target="#signin">
            <? = Yii::t('app', 'Don't have an account?') ?> <a href="#"><? = Yii::t('app', 'Get Started') ?></a>
        </p>
        <?php ActiveForm::end(); ?>
    </div>
</div>

<?php echo Yii::$app->view->render('signup', ['modelSignUp' => $modelSignUp]); ?>
```

Tinklalapio modelio kodas:

```
<?php

namespace common\models;

use Yii;

/**
 * Login form
 */
class LoginForm extends Model
{
    public $username;
    public $password;
    public $rememberMe = true;

    private $_user;

    /**
     * @inheritdoc
     */
    public function rules()
    {
        return [
            // username and password are both required
            [['username', 'password'], 'required'],
            // rememberMe must be a boolean value
            ['rememberMe', 'boolean'],
            // password is validated by validatePassword()
            ['password', 'validatePassword'],
        ];
    }

    /**
     * Validates the password.
     * This method serves as the inline validation for password.
     *
     * @param string $attribute the attribute currently being validated
     * @param array $params the additional name-value pairs given in the rule
     */
    public function validatePassword($attribute, $params)
    {
        if (!$this->hasErrors()) {
            $user = $this->getUser();
            if (!$user || !$user->validatePassword($this->password)) {
                $this->addError($attribute, Yii::t('app', 'Incorrect username or password.'));
            }
        }
    }
}
```

```

/**
 * Logs in a user using the provided username and password.
 *
 * @return boolean whether the user is logged in successfully
 */
public function login()
{
    if ($this->validate()) {
        return Yii::$app->user->login($this->getUser(), $this->rememberMe ? 3600 * 24 * 30 : 0);
    } else {
        return false;
    }
}

/**
 * Finds user by [[username]]
 *
 * @return User|null
 */
protected function getUser()
{
    if ($this->_user === null) {
        $this->_user = User::findByUsername($this->username);
    }

    return $this->_user;
}

public function attributeLabels()
{
    return [
        'send' => \Yii::t('app', 'Send'),
        'name' => \Yii::t('app', 'Name'),
        'surname' => \Yii::t('app', 'Surname'),
        'email' => \Yii::t('app', 'E-mail'),
        'username' => \Yii::t('app', 'Username'),
        'login' => \Yii::t('app', 'Login'),
        'password' => \Yii::t('app', 'Password'),
        'repeat_password' => \Yii::t('app', 'Repeat Password'),
    ];
}
}

```

Priedas 3

Kompaktinis diskas kuriame pateikiami:

- darbo aprašymas;
- sistemos tinklalapio kodas ir failai