

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
Infotehnoloogia teaduskond
Tarkvarateaduse instituut

Heleri Aitsam 142647 IABB

**TARGA KODU TERVISE ALLSÜSTEEMI
ARHITEKTUURI JA ANDMEBAASI
VÄLJATÖÖTAMINE**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: Enn Õunapuu
PhD

Tallinn 2017

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Autor: Heleri Aitsam

22.05.2017

Annotatsioon

Maailm areneb, nii ka seadmed, mille abil oma tervist jälgida. Et andmed erinevatest seadmetest ja andmebaasidest kokku koondada, kavandatakse targas kodus tervise allsüsteem. Selle saavutamiseks püstitati tööle kolm eesmärki:

- Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja väljatöötamine
- Targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi prototüübi analüüs ja väljatöötamine
- Targa kodu tervise allsüsteemi infovahetusstandardite valik.

Töö käigus pandi paika printsiibid, millele targa kodu tervise allsüsteem peab vastama. Nendeks on ühekordse sisestamise printsiip, primaarsuse printsiip, arvutatavate suuruste mittedalvestamise printsiip ja kasutaja tulemuse saavutamine minimaalse energiakuluga printsiip. Töös kirjeldati targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri ja vastavalt sellele koostati arhitektuuri kirjeldav mudel. Kirjeldatud arhitektuuri heaks omaduseks on tema laiendatavus ja stabiilsus. Targa kodu tervise allsüsteemi andmebaas töötati välja tervisestandardite, e-tervise, aktiivsusmonitori rakenduse ja Eesti rahvastikuregistri põhjal. Antud projekti andmebaasiks valiti hetkel NoSQL andmebaas. Tervise infovahetusstandarditest kirjeldati 4 kõige enamlevinumat: openEHR, HL7, SNOMED CT ja FHIR.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 38 leheküljel, 5 peatükki, 18 joonist, 1 tabel.

Abstract

Developing Architecture and Database for Smart Home Health Subsystem

The world is constantly changing, so are the devices, with what it is possible to monitor individual's health parameters. But the problem is that health data is scattered around different databases and devices. To solve this problem, smart home health subsystem is being developed. In the first part of the paper background of the subject is being explained and on the ground of that three main goals are set. These are as following:

- Analyzing and developing the architecture of smart home health subsystem.
- Analyzing and developing the logical database prototype of smart home health subsystem.
- Choosing information exchange standard for smart home health subsystem.

In the second part of the work four principles are set for the smart home health subsystem – single input principle, primaries principle, not recording computable values principle and minimal action energy principle. Also smart home health subsystems architecture is being described. In the basis of this description a model is being constructed using ArchiMate modelling tool Archi (version 4.0.0). The smart home health subsystems architecture, described in this paper, is expandable, when there is need to add additional parties. The architecture basis stays the same, in other words the constructed architecture is stable in time.

The logical database description of smart home subsystem is being created on the ground of HL7 (health standard), openEHR (health standard), eHealth, Fitbit App (heart rate monitor) and Estonian population register. Described database is the first version and lots of future work is needed to have it done. Similarly to health subsystems architecture the logical database is expandable, for example, when new kind of data is needed to be stored in smart home health subsystems database. For this project NoSQL database is chosen currently. Also 4 popular information exchange standards are chosen and described – HL7, openEHR, SNOMED CT and FHIR.

The thesis is in Estonian and contains 38 pages of text, 5 chapters, 18 figures, 1 table.

Lühendite ja mõistete sõnastik

AHA	<i>American Heart Association.</i>
Android Wear	Kantavate seadmete jaoks spetsiaalselt disainitud Google Androidi operatsioonisüsteemi versioon [1].
ANSI	<i>American National Standards Institute.</i>
App Store	Apple Inc. poolt pakutav iOS-i operatsioonisüsteemile arendatud rakenduste jagamise platvorm [2].
BMI	<i>Body mass index.</i> Kehamassi indeks [3].
CDA	<i>Clinical Document Architecture.</i> Kliiniliste dokumentide arhitektuur on dokumentide loomise standard, mis tagab nende struktuuri ja semantika, selleks et vahendada kliinilisi dokumente patsiendi ja teenusepakkuja vahel [4].
EHR	<i>Electronic Health Record.</i>
EHRScope	OpenEHR-l põhinev standard, mis pakub teenuse raamistiku, mille abil saab ehitada terviserakendusi veebisõbralikus keskkonnas [5].
FHIR	<i>Fast Healthcare Interoperability Resources.</i> Tervishoiuandmete elektroonilise vahetamiseks standard [6].
Fitbit App	Fitbiti poolt arendatud rakendus oma terviseandmete vaatamiseks [7].
Fitbit tracker	Fitbiti poolt arendatud seadmed, mille abil jälgitakse inimese pulssi, liikumist ja muid parameetreid.
Google Play	Google poolt pakutav Android operatsioonisüsteemile arendatud rakenduste jagamise platvorm [8].
HITSP	<i>Healthcare Information Technology Standards Panel.</i>
HL7	<i>Health Level Seven.</i>
iCloud	Apple Inc. pilve salvestusruumi ja andmetöötluse teenus [9].
Inc.	<i>Incorporation.</i>
iOS	Mobiili operatsioonisüsteem, mis on arendatud Apple poolt [10].
IoT	<i>Internet of Things.</i>

	Asjade Internet ehk v\u00e4rkv\u00f6rk [11].
iPod touch	Apple poolt arendatud seade, mis \u00fchendab endas juhtmevaba Interneti\u00fchenduse ja iPod-i muusikam\u00e4ngija funktsionaalsused [12].
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
iTunes	Heli- ja videom\u00e4ngija, mis v\u00f5imaldab juhtida iOS seadmeid ning alla laadida materjali iTunes poest ja kasutada Apple Music'ut [13].
RFID	„ <i>Radio-Frequency Identification.</i> Raadiosagedustuvastus. Andmekogumistehnoloogia, kus tuvastusandmete salvestamiseks kasutatakse elektroonilisi lipikuid ja nende h\u00f5iveks raadiotransmitterit“ [14].
RIM	<i>Reference information model.</i>
SNOMED CT	Kliiniline terminoloogia, mis on loodud tervishoiuspetsialistide poolt, et toetada kliiniliste otsuste tegemist ja tarkvara programmide anal\u00fc\u00fcsimist [15].
WHO	<i>World health organization.</i>
Windows Store	Microsofti rakenduste pood Windows8-le ja uuematele [16].
X-tee	„Infos\u00fcsteemide andmevahetuskiht X-tee on tehniline ja organisatsiooniline keskkond, mis korraldab turvalist internetip\u00f5hist andmevahetust infos\u00fcsteemide vahel“ [17].

Sisukord

1 Sissejuhatus	10
2 Taust	11
2.1 Miks on valitud nimetatud teema?.....	11
2.2 Targa kodu lahenduste ülevaade.....	11
2.3 IoT valdkonnamudel.....	14
2.4 Miks tervise allsüsteemi vaja on?.....	17
2.5 Sarnased lahendused.....	17
2.6 Analoogete suunitlusega tööd	19
2.7 Ülesande püstitus.....	19
2.8 Metoodika.....	20
3 Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja andmebaasi väljatöötamine... 21	
3.1 Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur.....	21
3.2 Nõuded andmebaasile.....	24
3.3 Loogilise andmebaasi kirjeldus	24
3.4 Arvutatavad suurused	32
3.5 Andmebaasi valik	39
3.6 Standardi vajalikkus	40
4 Tulemuste analüüs	44
5 Kokkuvõte	46
Kasutatud kirjandus	48

Jooniste loetelu

Joonis 1. IoT lahenduste üldine arhitektuur [22].	13
Joonis 2. IoT valdkonnamudel [20].	16
Joonis 3. Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur.	24
Joonis 4. Ajateljel olevate andmete kavand.	28
Joonis 5. Ööpäeva jooksul tehtud sammud [42].	29
Joonis 6. Ööpäeva jooksul läbitud distants [42].	30
Joonis 7. Läbitud korruste graafik ühe ööpäeva kohta [42].	30
Joonis 8. Põletatud kalorite graafik ööpäeva lõikes [42].	33
Joonis 9. Aktiivsete minutite arv ööpäeva lõikes [42].	33
Joonis 10. Üldandmete kavand.	34
Joonis 11. Kodulaboratooriumi tulemuste kavand.	34
Joonis 12. Nädala andmed magatud aja kohta päevade kaupa [42].	35
Joonis 13. Pulsisoonid ööpäeva kohta [42].	36
Joonis 14. Ühe ööpäeva pulsigraafik [42].	37
Joonis 15. Ühe nädala pulsigraafik [42].	37
Joonis 16. Ühe kuu pulsigraafik [42].	38
Joonis 17. Ühe treeningu andmed [42].	39
Joonis 18. Ühe standardi kasutamise kasud [55].	41

Tabelite loetelu

Tabel 1. Rasvaprotsendid vastavalt vanusele ja soole [47].	31
--	----

1 Sissejuhatus

Meie elukeskkonda ümbritsevad erinevad seadmed ning neid luuakse pidevalt juurde. Paljud neist on mõeldud selleks, et inimesel oleks võimalik oma tervist jälgida. Selleks et neid andmeid saaks analüüsida ja edastada, on vaja, et neid hoitaks ja vahetataks süstematiseeritud kujul. Antud töö eesmärgiks ongi välja selgitada, milline peaks olema targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur ja loogiline andmebaasisüsteem.

Antud töö on osa suuremast projektist, mille eesmärgiks on välja töötada tervise allsüsteem targas kodus. See on meeskonnatöö, kus osaleb mitmeid inimesi, kaasa arvatud üliõpilasi. Samas projektis osaleb näiteks Getter Keerd, kes uurib täpsemalt Fitbitis (aktiivsusmonitor, mille abil jälgitakse oma pulssi, käidud samme ja muid parameetreid) olevaid andmeid ja seda, kuidas Fitbiti andmebaasist edastatakse andmeid tervise allsüsteemi andmebaasi. Getter Keerd ja käesoleva töö autor tegelevad rohkem ärianalüüsiga, lisaks on veel kaks tudengit, kes tegelevad süsteemianalüüsiga.

Antud töö esimeses osas räägitakse lähemalt teema taustast: tehakse ülevaade targa kodu lahendustest, räägitakse lähemalt targa kodu tervise allsüsteemist ja tutvustatakse olemasolevaid lahendusi ning kirjeldatakse IoT üldist arhitektuuri ja valdkonnamudelit. Samuti pannakse paika töö eesmärgid, uurimisküsimus ja selle alamülesanded ning selgitatakse, miks see teema valiti ja milleks sellist lahendust vaja on.

Töö teises osas kirjeldatakse targa kodu tervise allsüsteemi loogilist andmebaasi. Samuti seletatakse standardi vajalikkust ning tuuakse välja standardid, mida kasutatakse tervisega seotud lahendustes. Töö ühe põhitulemusena valmib targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri kirjeldav mudel.

Töö kolmandas osas tehakse tööst kokkuvõtte ja analüüsitakse tulemusi.

2 Taust

Antud peatükis käsitletakse lähemalt teema tausta. Esmalt seletatakse, miks antud teema valiti. Seejärel antakse ülevaade targa kodu lahendustest ja IoT valdkonnamudelid. Samuti kirjeldatakse, miks tervise allsüsteem vajalik on ja tuuakse välja analoogsed lahendused. Lisaks mainitakse ära teised tööd, mis antud valdkonnas tehtud on. Käesoleva peatüki lõpus pannakse paika ülesandepüstitus ja metoodika, kuidas seda lahendada hakatakse.

2.1 Miks on valitud nimetatud teema?

Kuna praegu on targas kodus arendamisel tervise allsüsteem ning konkreetset lahendust pole varem pakutud, ongi nimetatud teema valitud. Meid ümbritsevad erinevad seadmed ning pidevalt mõeldakse välja uusi lahendusi, kuidas meie igapäevaelu mugavamaks muuta. Nii ka tervise vallas. Järjest rohkem tekib võimalusi, kus inimene ei pea oma tervise kontrollimiseks arsti juurde minema, vaid saab vajalikud testid kodus tehtud. Samuti on muutunud populaarseks erinevad aktiivsusmonitorid ja pulsikellad, millega oma tervist jälgida saab. Allika [18] järgi oli aastaks 2015 loodud Androidile ja iOS-le 110 000 tervise ja (tervise)spordi rakendust ning ennustatakse, et aastaks 2018 kasvab kantava tehnoloogia (nagu aktiivsusmonitorid ja pulsikellad) müük US \$30 miljardini. Väikeses osas juba praegu, aga üha kasvavas tempos hakkavad ka muud tervise jälgimise seadmed, näiteks nagu kodus kasutatavad vererõhuaparaadid ja kaalud, andmeid automaatselt edastama. Erinevatest seadmetest saadud andmete ühte kohta kokku koondamine ja vajadusel väljajagamine näiteks arstiga, kes saab neid andmeid kasutada, et paremaid otsuseid vastu võtta, on aga keeruline, kuna puudub ühtne lahendus.

2.2 Targa kodu lahenduste ülevaade

Tänapäeval, mil enamik toiminguid koondub Internetti, on hakatud kasutama terminit asjade internet ehk vārkvōrk (*Internet of Things*, edaspidi IoT) [11]. Terminit vārkvōrk

võidakse tõlgendada erinevalt. Artikkel [19] toob välja järgnevad kolm erinevat mõistet termini asjade internet kohta:

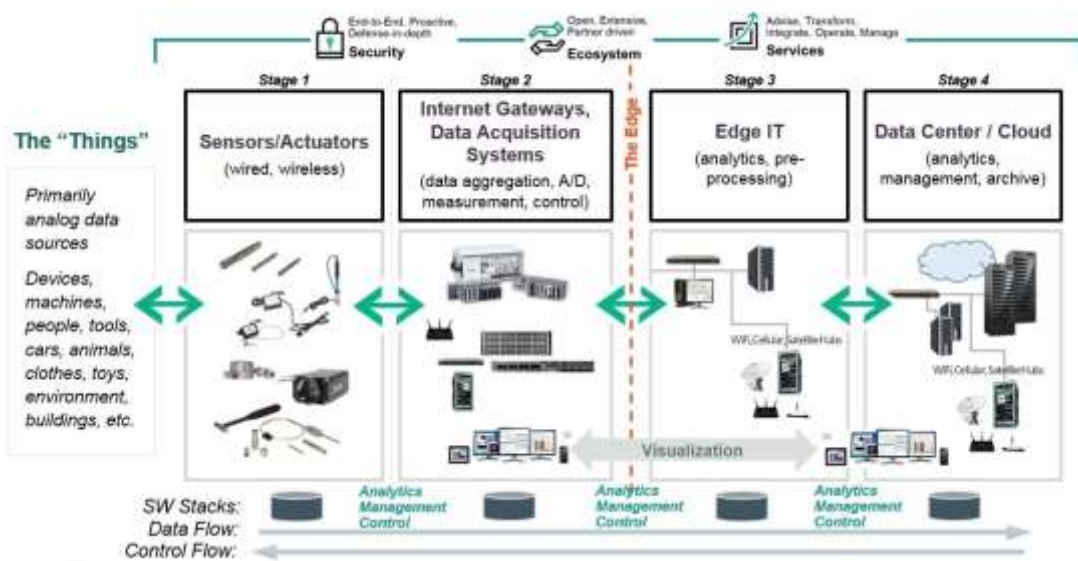
- „See on lõpptulem globaalsest võrku ühendatud nutikatest seadmetest, kasutades laiendatud Interneti tehnoloogiaid.
- Valik eelmises punktis kirjeldatud visiooni realiseerimist võimaldavaid tehnoloogiaid (kaasa arvatud RFID, andurid/täiturid ja masin-masin suhtlus).
- Rakenduste ja teenuste koostöö selliste tehnoloogiatega, mis avab uusi äri- ning turuvõimalusi.“

Artikkel [20] toob IoT definitsiooniks: “Maailm, kus füüsilised objektid on veatult integreeritud teabevõrku ja kus füüsilised objektid võivad saada aktiivseteks osalejateks äriprotsessides. On olemas teenused, mille kaudu suhelda nende “tarkade objektidega” üle Interneti, pärida ja muuta nende olekut ning muud informatsiooni, võttes arvesse turvalisuse ja privaatsuse aspektid”.

IoT abil saab erinevaid andmeid reaajas pärida ja edastada sensorite ja muude seadmetega [21]. See tagab, et andmed on kõige ajakohasemad ja täpsemad. Reaalajalise informatsiooni abil saab teha kaalutletumaid ja paremaid otsuseid.

IoT arhitektuur koosneb neljast osast. Seadmete, inimeste, riiete ja muude esemete küljes on juhtmega või juhtmeta sensorid, aktuaatorid või märgised (näiteks kiipkaart). Need seadmed koguvad informatsiooni ning saadavad selle Interneti lüüsi või andmehõivesüsteemi. Seal andmed koondatakse kokku ja kontrollitakse. Andmete struktureeritud kujul hoidmine on vajalik, et võimalik oleks kiire andmeanalüüs. Seejärel toimub andmete analüüs ning eeltöötlemine. Töödeldud andmed saadetakse andmekeskusesse või pilve, kus toimub nende põhjalik analüüs, haldamine ja archiveerimine. Arvutused peavad toimuma seadme juures, et reageerimine oleks hetkeline. Näiteks kui linnapilti ilmuvad isesõitvad autod, siis ei ole mõeldav, et reageerimiseks peab auto ootama, kuni pilves toimub analüüs ja otsuse vastuvõtmine. Selle ajaga võib juba õnnetus juhtuda. Joonis 1 esitab IoT üldise arhitektuuri.

The 4 Stage IoT Solutions Architecture



Joonis 1. IoT lahenduste üldine arhitektuur [22].

Erinevates eluvaldkonnades on rakendusi IoT tehnoloogiale mitmeid [23]. Üks tuntumaid neist on tark kodu [19], [23]. Tark kodu on allika [24] definitsiooni kohaselt „...kodu sarnane keskkond, mis omab teadlikkust ümbritseva keskkonna kohta ning võimekust automaatselt reageerida elanike käitumisele ja pakkuda mitmesuguseid mugavusi. Ta on jagatud suurematesse allsüsteemidesse: tervishoiul, multimeedial ja meelelahutusel, turvalisusel ning energiatõhususel põhinevad targad kodud“. Autor lisaks sellele loetelule veel ka valgustuse kategooria. Samuti dokumendihalduse allsüsteemi, kuna selle järele on tekkinud vajadus.

Energia allsüsteemi põhiliseks eesmärgiks on vähendada majapidamises energia kulusid ilma inimese heaolu ohverdamata [24]. Artikli [24] järgi on kodumajapidamise energia juhtsüsteemi ülesanneteks kontrollida kodutehnika aktiveerimist/deaktiveerimist, koguda reaalajalist energia tarbimise infot tarkadest arvestitest ja erinevatest kodumasinatest, genereerida hetkeolukorra monitoorimise infotabloo, et pakkuda tagasisidet energiakasutuse kohta, pakkuda juhtmenüüsid seadmete kontrollimiseks ning võimaldada ka universaalset liidestust Internetiga.

Turvalisuse allsüsteemi eesmärgiks on hoida kodu või muud ruumid, näiteks kontor, kaitstud varaste ja õnnetuste eest ning anda hoiatusi, kui on märgata midagi ebatavalist. Ta hõlmab erinevaid kodu turvalisena hoidmise funktsioone, nagu näiteks ruumi sissepääsemine, uste ja akende lukustamine, turvakaamerate kasutamine, maja valve alla panemine ja valve mahavõtmine ja suitsuanduri hoiatused.

Multimeedia allsüsteemi eesmärgiks on pakkuda kodus oleva meedia ja meelelahutusseadmete kontrollimist. Selle alla kuuluvad näiteks muusikakeskuse ja televiisori juhtimine, juurdepääsetavus Internetile ja filmide salvestamine.

Valgustuse allsüsteem on mõeldud selleks, et kontrollida ja reguleerida kodus olevaid valgustusseadmeid. Näiteks vastavalt õues olevale valgusele reguleeritakse automaatselt siseruumides olevat valgust või näiteks kui inimesele meenub kodust kaugemal olles, et mingis ruumis jäi tuli põlema, siis on tal võimalik see kaugjuhtimise abil kustutada.

Dokumendihalduse allsüsteem hõlmab erinevate tehingute järel tekkinud lepingute, arvete ja kviitungite salvestamist ühtsesse süsteemi nii, et inimesel on nendele igal ajal ligipääs. Näiteks kui peaks juhtuma, et kaotatakse ära kviitung mingi toote kohta, siis vajadusel garantiisse seda viia ei saa. Dokumendihalduse allsüsteemi korral seda probleemi ei tekiks.

Tervishoiu poole pealt on targa kodu eesmärgiks ennetada haigusi, jälgida tervist ja assisteerida terviseiga seotud teemadel, et parandada tervise kvaliteeti [25]. Allika [19] järgi võib IoT tehnoloogiaid leida erinevates tervishoiusektorites. Personaliseeritud tervishoid ja heaolulahendused on üheks nendest. Kaasaskantavate seadmete kasutamine koos kokkusobivate mobiili- või arvutirakendustega võimaldab inimestel jälgida oma igapäeva aktiivsust (näiteks kui palju on samme käidud, kaloreid põletatud ja harjutusi tehtud). Samuti pakuvad rakendused lahendusi ja soovitusi, kuidas parandada oma elukvaliteeti, tervist ja lahendada terviseprobleeme [19].

2.3 IoT valdkonnamudel

Targa kodu tervise allsüsteemi valdkonnamudel vastab IoT valdkonnamudelile. Järgnevalt on kasutatud allikate [20] ja [26] käsitlust IoT valdkonnamudeli teemal. Kõige tavalisem IoT stsenaarium on, et kasutajal on vaja suhelda füüsilise asjaga (Joonisel 2: Physical Entity) füüsilises maailmas. Kasutaja (Joonisel 2: User) on kas inimene (Joonisel 2: Human User) või digitaalne artefakt (Joonisel 2: Digital Artefact, näiteks teenus, rakendus). Kui füüsilises maailmas tuleb tegevusi teha otse (näiteks liigutada ese punktist A punkti B), siis IoT abil saab suhelda kaudselt või vahendatult, see tähendab, et kutsutakse teenus, mis kas hangib informatsiooni füüsilise asja kohta või tegutseb vastavalt sellele. Füüsiline asi on füüsilise keskkonna eristatav osa, mis on mõeldud

selleks, et kasutaja saaks oma eesmärgi täidetud. Füüsilised asjad võivad olla peaaegu ükskõik millised objektid või keskkonnad, elus või eluta [26].

Füüsilisi objekte kujutatakse IT-s virtuaalsete asjadena (Joonisel 2: Virtual Entity). Füüsilisi objekte kujutatakse allikate [20], [26] järgi digitaalsel kujul erinevalt:

- Andmebaasi kirjed
- Objektid
- 3D mudelid

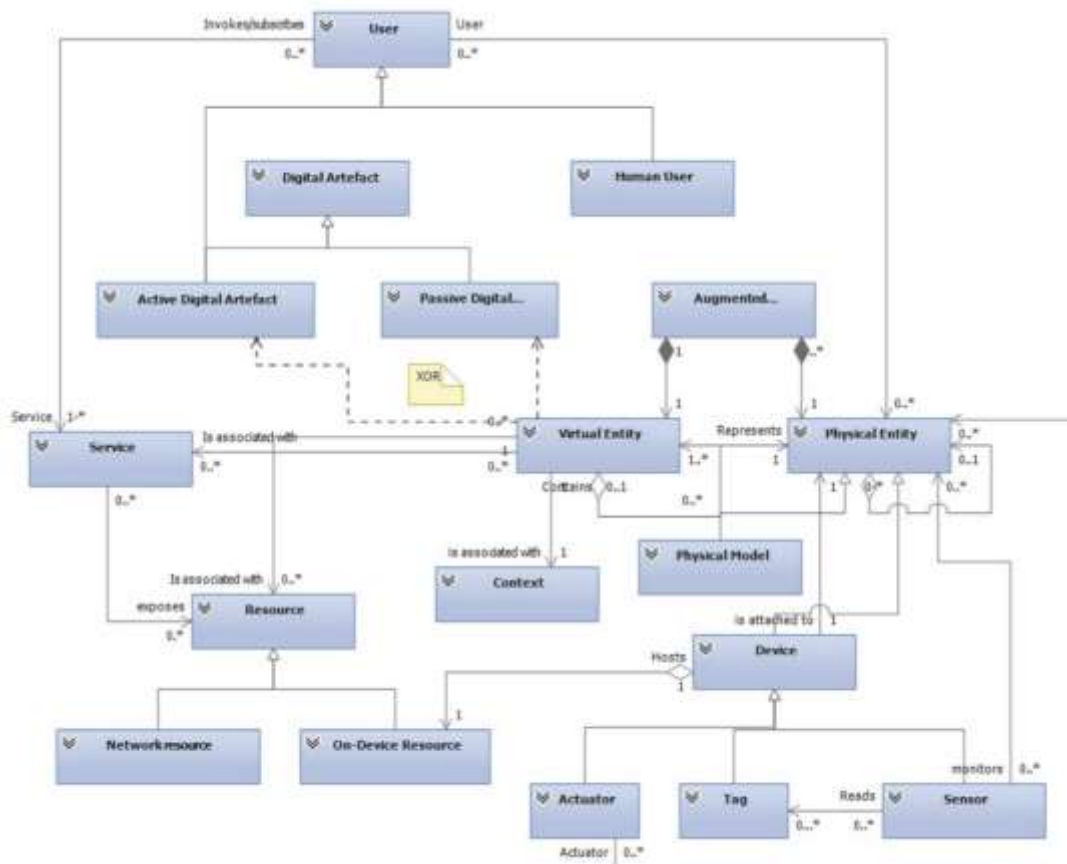
Virtuaalsed asjad on digitaalsed artefaktid. Neid võib olla kahte tüüpi: aktiivsed digitaalsed artefaktid (Joonisel 2: Active Digital Artefact) ja passiivsed digitaalsed artefaktid (Joonisel 2: Passive Digital Artefact). Aktiivsed digitaalsed artefaktid on tarkvararakendused, agendid või teenused, mis pääsevad ligi teistele teenustele või ressurssidele. Passiivsed digitaalsed artefaktid on passiivsed tarkvara elemendid, näiteks nagu andmebaasi kanded, mis võivad olla digitaalsed füüsilise asja esitused [26].

Artikli [20] järgi on füüsilise ja virtuaalse asja vahel oluline erinevus. Virtuaalne asi kuulub virtuaalsesse maailma, füüsiline asi aga reaalsesse. Sellest hoolimata peaksid nad olema sünkroniseeritud. Selle saavutamiseks kasutatakse ICT seadet (Joonisel 2: Device), mis pakub liidest, et suhelda või koguda informatsiooni füüsilise asja kohta. Nendeks seadmeteks on allika [26] järgi:

- Sensorid (Joonisel 2: Sensor) – sensorid pakuvad informatsiooni ja andmeid füüsilise asja kohta, mida nad jälgivad. Nii nagu ka teisi seadmeid, saab ka sensoreid kinnitada asja struktuuri või asetada teda ümbritsevasse keskkonda ja kaudselt jälgida [26].
- Märjitudused (Joonisel 2: Tag) – märjitudused kasutatakse, et identifitseerida füüsilisi asju, mille külge märjitudused tavaliselt füüsiliselt on kinnitatud. Identifitseerimise protsessi viiakse läbi teatud sensoriseadmetega. Märjituduste peamine eesmärk on lihtsustada ja suurendada identifitseerimisprotsessi täpsust. Märjitudusteks on näiteks kiipkaardid [26].
- Aktuaatorid (Joonisel 2: Actuator) – aktuaatorid saavad muuta füüsilise asja olekut (näiteks sisse/välja lülitada) [26].

IoT-s on võimalik ka masin-masin suhtlus. Sellisel juhul esimese masina juhtimistarkvara on aktiivne digitaalne artefakt ja teine masin füüsiline asi. Laiendatud reaalsus (Joonisel 2: Augmented entity) on kompositsioon ühest virtuaalsest asjast ja sellega seotud füüsilisest asjast. Sellega rõhutatakse, et need kaks mõistet kuuluvad kokku. Laiendatud reaalsust võib pidada „asjaks“ Asjade Internetis [26].

Ressursid (Joonisel 2: Resource) on tarkvara komponendid, mis vahendavad informatsiooni või käitavad füüsilisi asju. Eristatakse seadmes (Joonisel 2: On-Device Resource) ja võrgus olevaid ressursse (Joonisel 2: Network Resource). Seadmega koosolevad ressursid paiknevad seadmetes - tarkvara, mida kasutatakse lokaalselt seadmes, mis on seotud füüsilise asjaga. Võrgu ressursid on ressursid, mis on kättesaadavad kuskilt võrgust (näiteks pilvepõhine andmebaas). Virtuaalne asi võib olla samuti seotud nendesamade ressurssidega, mis võimaldavad suhtlemist füüsiliste seadmetega, mida virtuaalne seade esindab [26]. Joonis 2 võtab kokku eelpool kirjeldatud IoT valdkonnamudeli.



Joonis 2. IoT valdkonnamudel [20].

2.4 Miks tervise allsüsteemi vaja on?

Tervise allsüsteem on mõeldud selleks, et inimesel oleks võimalik oma tervist jälgida ühest kohast ning vajadusel kogutud andmeid arstiga jagada. Kui andmed on ühes kohas koos, on inimesel seda mugavam kasutada ning oma andmeid analüüsida. Samuti võib ta anda kasutajale, kes näiteks pidevalt oma tervist jälgida ei viitsi, hoiatusi, kui on märgata muutusi. Arstile võivad need andmed vajalikuks osutada, et paremini mõista, mis on tinginud tervise halvenemise või vastupidi - selle paranemise. On teada, et haigekassa rahastust napib [18]. Seetõttu ei ole ka mõistlik olemasolevat raha mõttetult kulutada. Kui on võimalik kodus vajalikud testid ära teha või siis tervise jälgimisega ennetada arstiabi vajalikkust, hoiaks see ära haigekassa raha üleliigse kulutamise. Samuti võib ta kasulikuks osutada tulevikus, kui meie järglastel on vaja teada tervise andmeid meie kohta, näiteks pärilike haiguste uurimiseks. Sellisteks seadmeteks on näiteks aktiivsusmonitorid, millega saab igapäevaselt oma käidud samme ja pulssi jälgida, ning tulevikus ka vererõhuaparaadid, kaalud ja muud kodused vahendid, mis on automatiseeritud. Siinkohal tuleb aga rõhutada, et tervise allsüsteem on mõeldud esmase ülevaate saamiseks, põhjalikum uurimine ja diagnoos jääb kindlasti spetsialistide ja spetsiaalse aparatuuri valdkonda.

2.5 Sarnased lahendused

Hetkel on mitmed ettevõtted loonud tervise jälgimiseks erinevaid lahendusi. Näiteks, nagu Apple Health, Google Fit, Garmin ja Fitbit. Nendest lahendustest tehakse töös ülevaade, kuna tulevikus tahetakse võimaldada ka nendest andmeid üle kanda targa kodu allsüsteemi. Järgnevalt on neid lähemalt kirjeldatud.

Apple Health (edaspidi Health) on Apple Inc. poolt arendatud iOS-l põhinev tervise jälgimise rakendus, mis ühendab endas iPhone'i, Apple Watchi ja kolmandate osapoolte rakendused. Terviseiga seotud andmed on jagatud nelja suuremasse kategooriasse: aktiivsus, toitumine, magamine ja teadlikkus (ingl *mindfulness*). Health-i puuduseks on aga see, et osa teenuseid ei ole kõigis riikides võimalik kasutada ning seda rakendust saab kasutada ainult iPhone 4 või uuemate versioonidega või iPod touch'ga (alates 5.-ndast generatsioonist) [27]. Samuti võib keeruliseks osutada uuele iOS-i seadmele üleminek nii, et säiliks andmed Apple Health rakendusest. Vanade andmete hoidmine on aga oluline, kuna nii saab oma tervise kohta täpsemaid järeldusi teha. Selleks et Health

rakenduse andmed säilitatakse iCloudis või iTunesis, tuleb teha manuaalselt varundus ja hiljem uues seadmes andmed taastada või kasutada kolmanda osapoolse rakendust [27], [28], [29]. Puuduseks on ka see, et arsti visiidilt saadud andmed tuleb manuaalselt sisestada või kui andmed on ZIP või XML kujul, tuleb need Health rakendusse importida [30].

Google Fit (edaspidi Fit) on Google Inc. poolt arendatud tervise jälgimise rakendus Androidi seadmetele, mida saab kasutada mobiiliseadmetes, arvutis ja Android Wear seadmetes. Nii nagu ka Apple Health koondab Fit enda poolt pakutavad võimalused ning kolmandate osapoolte lahendused. Fit rakendus on seotud kasutaja Google kontoga ja seetõttu on ta ligipääsetav erinevatest seadmetest. Tänu sellele ei teki ka sellist probleemi nagu Apple Healthi andmete kadumaminemisega seadme vahetamisel. Fiti miinuseks on aga see, et rakenduse kasutamiseks mobiiliseadmetes on vajalik Androidi seade. Samuti on ta orienteeritud põhiliselt (tervise)spordi andmete hoidmiseks ja esitamiseks [31].

Fitbit App on Fitbit Inc. poolt arendatud rakendus, millega saab jälgida oma tervist. Fitbit App'i saab mobiiliseadmesse alla laadida App Store'st, Google Play'st või Windows Store'st. Samuti saab andmeid vaadata arvutist [7]. Ehk võrreldes Google Fit'i ja Apple Healthiga, on Fitbit App kõige vähem operatsioonisüsteemist sõltuv. Lisaks Fitbit App'i enda mobiilirakendusele ühildub Fitbit App ka kolmandate osapoolte rakendustega [7], [32]. Fitbit App'i miinuseks on aga see, et ta on suuremalt jaolt mõeldud kasutamiseks koos Fitbit tracker'iga, et saada võimalikult täpsed andmed [7].

Garmin on ettevõtte, mis toodab erinevaid seadmeid ja lahendusi. Üheks nende poolt arendatavaks seadmete valdkonnaks on erinevad spordiga seotud aktiivsusmonitorid ja spordikellad. Garmin'i spordiseadmeid kasutades saab oma tulemusi vaadata Garmin Connect'is. Sarnaselt Fitbit App'ile saab ka Garmin Connect'i kasutada arvutis ja oma mobiiliseadmes, kui alla laadida Garmin Connect Mobile rakendus App Store'ist, Google Play'st ja Windows Store'st. Miinuseks on aga see, et ta on mõeldud kasutamiseks Garmini seadmetega ja kolmandate osapoolte andmeid sinna lisada ei saa [33].

Kõigi nende lahenduste, Apple Health, Google Fit, Fitbit App ja Garmin, probleemiks on see, et nad on liialt ühe ettevõtte vaatepunktist loodud, puudub laiem, ühtne käsitlus. Apple Health on oma iOS platvormi põhine, Google Fit on orienteeritud suuremalt jaolt

(tervise)spordi tulemustele ja Fitbit App ja Garmin Connect on ainult oma aktiivsusmonitoride ja spordikellade põhine lahendus. Samuti on keeruline jagada andmeid nende lahenduste, Garmin Connect, Fitbit App, Fit ja Health, vahel. Need lahendused on loodud suurettevõtete poolt, kelle eesmärgid ja võimalused on olnud teised kui käesolevas projektis. Nende poolt arendatavad võimalused on väga head lahendused ja neil polegi olnud vaja ühilduda antud projekti käigus loodava tervise allsüsteemiga.

2.6 Analooorse suunitlusega tööd

Targa kodu tervise allsüsteem on alles projekteerimise faasis ja sobivat lahendust ei ole varem tehtud, küll aga on tehtud mitmeid katseid selles suunas, näiteks nagu kirjeldab Valeria Gay ja Peter Leijdekkersi artikkel „Bringing Health and Fitness Data Together for Connected Health Care: Mobile Apps as Enablers of Interoperability“ [18]. Suurt tööd on teinud ka Fitbit, kes on loonud Fitbit Research Library. Sinna andmebaasi on koondatud uurimistööd ja artiklid, mis on tehtud, kasutades Fitbit'i seadmeid. 20.05.2017 seisuga sisaldab ta 330 publikatsiooni [34]. Selgub, et huvi antud teema vastu on suur ja aina rohkem uuritakse antud valdkonna kohta. Seetõttu kavandatakse antud töö käigus loogilise andmebaasi kirjeldus, mis on mõeldud targa kodu tervise allsüsteemi andmete hoidmiseks.

2.7 Ülesande püstitus

Töö taustast tulenevalt püstitati tööle järgnevad eesmärgid:

- Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja väljatöötamine.
- Targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi prototüübi analüüs ja väljatöötamine.
- Targa kodu tervise allsüsteemi infovahetusstandardite valik.

Alamküsimused:

- Välja töötada printsiibid targa kodu tervise allsüsteemi jaoks.
- Analüüsida ArchiMate modelleerimisvahendit Archi (versioon 4.0.0).
- Kirjeldada nõudeid targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi projekteerimiseks.
- Valida sobiv andmebaas targa kodu tervise allsüsteemi andmebaasile.

2.8 Metoodika

Töö käigus analüüsitakse ja töötatakse läbi teema- ja ajakohane kirjandus. Teadusartiklite leidmiseks kasutatakse Google Scholar'it ning esmajärgus tutvutakse artiklitega, mis on kirjutatud viimasel kümnendil. See ajavahemik valiti, et saada kõige ajakohasemat materjali – infotehnoloogia on kiiresti arenev valdkond. Kui selles ajavahemikus sobivat artiklit ei leita, tutvutakse ka vanema kirjandusega. Lisaks Internetis olevatele artiklitele tutvutakse ka raamatutega. Neist põhilisim on „*Principles of Health Interoperability: SNOMED CT, HL7 and FHIR (Health Information Technology Standards)*“ (kolmas väljaanne), mis on välja antud aastal 2016 Tim Bensoni ja Grahame Grieve poolt.

Lähtuvalt töö taustas kirjeldatud IoT üldisest arhitektuurist kirjeldatakse targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri, mille põhjal valmib ka targa kodu tervise allsüsteemi kirjeldav mudel, mida kirjeldatakse ArchiMate modelleerimisvahendiga Archi (versioon 4.0.0). Targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi väljatöötamiseks püstitakse andmebaasile eelnevad nõuded. Nõuded põhinevad enamasti esitlusel „*Tutorial - Design and Implementation of Clinical Databases with openEHR*“, mis on koostatud Pablo Pazos Gutiérrez, Koray Atalag, Luis Marco-Ruiz, Erik Sundvall, Sérgio Miranda Freire poolt. Targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi loomiseks võetakse aluseks HL7-e ja openEHR poolt loodud raamistik EHRscape, mis on mõeldud tervise rakendusteks ja teenusteks. Samuti tutvutakse lähemalt Fitbit App rakendusega ja digilugu.ee ja eesti.ee lehel olevate tervise ja kodaniku isikuandmeid puudutava infoga. Nende allikate põhjal konstrueeritakse targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi esimene versioon. Lähtuvalt varem kirjutatud töödest, mis võrdlevad NoSQL ja SQL andmebaase, valitakse targa kodu tervise allsüsteemi jaoks sobivaim andmebaasisüsteem. Lisaks andmebaasile kirjeldatakse tuntumaid infovahetusstandardeid.

Käesolevas peatükis anti ülevaade töö valdkonnast ja põhimõistetest. Järjest rohkem tekib seadmeid, mille abil on võimalik oma tervist jälgida. Selleks et neid andmeid ühest kohast mugavalt käsitleda on vaja ühtset süsteemi – targa kodu tervise allsüsteemi. Antud suunas on tehtud erinevaid lahendusi, nagu näiteks Apple Health, Fitbit App, Google Health ja Garmin. Need lahendused valiti, kuna tulevikus tahetakse valmis olla ka nendelt andmeid vastu võtma. Antud peatükis püstitati ka tööle ülesanne ja kirjeldati metoodikat, kuidas antud ülesannet lahendada hakatakse.

3 Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja andmebaasi väljatöötamine

Käesolevas peatükis kirjeldatakse targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri ja printsiipe, millele ta peab vastama. Seejärel pannakse paika nõuded tervise allsüsteemi andmebaasile. Loogilise andmebaasi kirjeldus põhineb viiel allikal: HL7, openEHR, Fitbit App, Eesti rahvastikuregister ja e-tervis. Samuti tuuakse välja suurused, mida arvutatakse, ja mille tulemusi ei hoita tervise allsüsteemi andmebaasis. Peatüki lõpus valitakse tööle andmebaasisüsteem ja standardid.

3.1 Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur

Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur vastab üldisele IoT arhitektuurile – ta on üldise arhitektuuri konkretiseering. Tark kodu koosneb erinevatest allsüsteemidest. Energia, valgustuse, multimeedia, dokumendihalduse, turvalisuse ja tervishoiu allsüsteemide andmebaasid moodustavad targa kodu keskse süsteemi (Joonisel 3: Smart Home central). Tema operatsioonisüsteemiks võib olla näiteks Raspbian. Andmed kesksesse süsteemi tulevad vastavate allsüsteemide seadmetest. Juuresoleval mudelil (Joonis 3) vaadeldakse lähemalt targa kodu tervise allsüsteemi. Tervise andmebaasi (Joonisel 3: health database) koonduvad andmed erinevatest allikatest. Hetkel on ta loodud arvestades HL7-t, openEHR'i, Fitbit App'i, Eesti rahvastikuregistrilt ja e-tervist. Siinkohal tuleb aga rõhutada, et see andmete kogum ei ole lõplik, teda uuendatakse ja arendatakse pidevalt. Tervise andmebaas on kaasajal NoSQL andmebaas, milleks on valitud antud töös MongoDB's.

Tervise allsüsteemil on loodud liidesed erinevate osapooltega. Ühenduste loomiseks on vajalik Interneti olemasolu. Üheks osapoolteks, kes võib olla huvitatud tervise allsüsteemi andmetest, on perearst (Joonisel 3: Family doctor) ja e-tervise (Joonisel 3: E-health) süsteem. Nende käest andmete saamiseks ja enda andmete jagamiseks plaanitakse kasutada FHIR standardit. FHIR-i heaks omaduseks on see, et ta on rahvusvaheline ja laialt kasutatav standard. Lisaks sellele kogutakse andmeid erinevatest seadmetest, nagu näiteks Fitbiti või Apple aktiivsusmonitor või vererõhuaparaat. Juuresoleval mudelil

(Joonis 3) on ära kirjeldatud Fitbiti käest andmete saamine. Fitbiti seadmest (nt aktiivsusmonitor) edastatakse andmed Fitbiti andmebaasi (Joonisel 3: Fitbit Database). See toimub erinevate teenuste, nagu seadme registreerimise teenuse (Joonisel 3: Device registration service), seadme toimimise teenuse (Joonisel 3: Device operation service) ja teavitusteenuse (Joonisel 3: Notification service), abil. Andmete edastamiseks on vajalik, et sisse oleks lülitatud Bluetooth ja olemas oleks Internetiühendus. Kui kumbki nendest puudub, jäävad ka andmed üle kandmata. Fitbiti andmebaasist andmete saatmiseks tervise andmebaasi, kasutatakse Fitbit API-t. Fitbiti andmebaas on ligipääsetav ka veebirakendusest (Joonisel 3: Web application). Kuna Apple andmeedastus toimub sarnaselt Fitbiti omale, on siin mudelil (Joonis 3) ära näidatud ainult Fitbiti ühendus.

Inimesel on võimalik oma andmeid, nii tervise kui ka muid targa kodu lahenduse andmeid vaadata veebirakendusest (Joonisel 3: Web application) Internetiühenduse olemasolul. Andmete analüüs ja uurimine toimub aga pilves (Joonisel 3: Cloud computing). Pilveandmetöötluse käigus toimub andmete eelanalüüs (Joonisel 3: Data preanalysis), andmete kaevandamine (Joonisel 3: Data mining) ja õppimine (Joonisel 3: Deep learning) näiteks IBM Watsoni (edaspidi Watson) abil. IBM Watson on arvutisüsteem, mis saab aru igasugustest andmetest olenemata sellest, mis kujul need on. Tema abil saab analüüsida ja tõlgendada andmeid ning pakkuda personaalseid soovitusi ja tagasisidet [35].

Targa kodu tervise allsüsteemi andmehõive lähtub neljast põhilisest printsiibist. Nende printsiipide järgi leitakse lahendus, kui tekib mingisugune otsustuse valiku vajadus. Nendeks printsiipideks on:

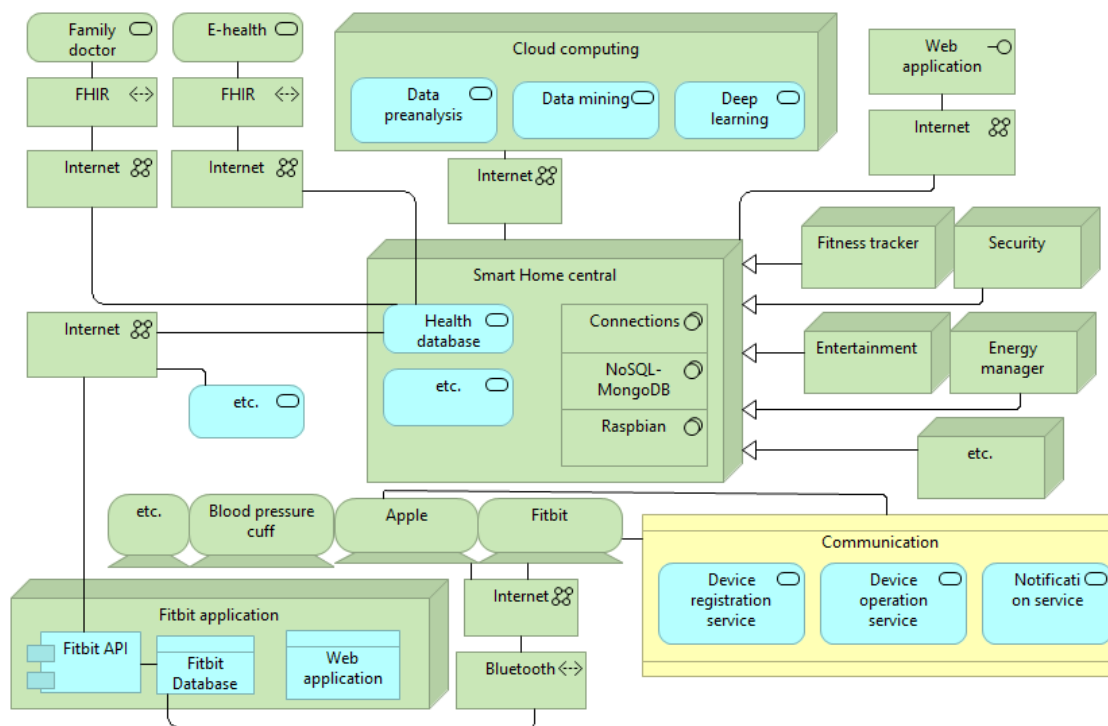
- Kasutaja tulemuse saavutamise minimaalse energiakulu printsiip – toimingute tegemiseks valitakse kõige minimaalsema energiakuluga lahendus [36]. Näiteks nagu mobiilne parkimine. Tänu tehnoloogia arengule on võimalik ilma ühegi lisaliigutusega auto parkima panna. Sensorid saavad automaatselt aru, mis tsoonis auto on, arvestab selle järgi hinna ja muud vajalikud andmed. Samuti saavad selle kohta automaatselt infot parkimiskontrolörid [37].
- Ühekordse sisestamise printsiip – andmeid sisestatakse ainult üks kord. Kui andmed on juba kuskile sisestatud, siis inimene ei pea samu andmeid enam uuesti sisestama. Näiteks kui inimene sisestab oma toitumise andmed Fitbit Appi ja ta

tahab neid näha ka targa kodu tervise allsüsteemis, siis ta ei pea neid uuesti sisestama, vaid need kantakse automaatselt üle.

- Primaarsuse printsiip – mõningad registrid, mille kohta on teada, et andmed on korrektsed, muudetakse kas seadusandlikult primaarseteks või kujuneb reaalses elus primaarseks. Näiteks nagu rahvastikuregister on seadusandlikult kodaniku andmete primaarne allikas. Kui nendes registrites andmed muutuvad, tuleb ka mujal registrites korrekture teha.
- Arvutatavate suuruste mittesalvestamise printsiip – arvutatavaid suurusi ei salvestata andmebaasi, kuna andmete muutumisel on vaja kõik arvutused, mis nendega seotud on, üle kontrollida. Kui arvutatavad suurused arvutatakse, siis kui neid on vaja, on andmed kõige uuemad ja õigemad.

Arhitektuuri loomiseks on kasutatud ArchiMate modelleerimisvahendit Archi (versioon 4.0.0). Archi on tasuta ja avatud lähtekoodiga modelleerimisvahend, mis on mõeldud, et luua ArchiMate mudeleid ja eskiise. ArchiMate modelleerimiskeel on iseseisev ja avatud Enterprise Architecture standard, mis toetab arhitektuuri kirjeldamist, analüüsimist ja visualiseerimist ärivaldkonnas [38].

Modelleeritud mudelil on kujutatud järgmised plokid: targa kodu keskne süsteem, pilvetöötlus, Fitbiti rakendus ja suhtlus (Joonisel 3: Communication). Targa kodu keskse süsteemi plokk koondab endas targa kodu andmebaasid (tervise, valgustuse, energia ja muud eespool nimetatud allsüsteemid), pilvetöötlus plokk andme eelanalüüsi, andmekaeve, õppimise. Pilveandmetöötlus võimaldab analüüsida suuri andmehulki. Kuigi antud mudelil on kujutatud pilveandmetöötlust, ei ole selle kasutamine kohustuslik: selle võib asendada ka muude andmete töötlemise lahendusega. Fitbiti rakendus hõlmab Fitbit API, Fitbiti andmebaasi ja veebirakenduse. Kuna antud projektiga tegelev kaastudeng Getter Keerd uurib oma töös lähemalt Fitbitist andmete edastamist, siis juuresoleval mudelil on täpsemalt näidatud andmete edastamist Fitbitist [39]. Töö käigus selgus, et nii nagu edastatakse andmeid Fitbitist, tehakse seda ka Apple'ist. Lisaks Apple'ile ja Fitbitile tahetakse tulevikus ka muudest seadmetest (näiteks Google Fitist ja vererõhuaparaatidest) andmeid targa kodu tervise allsüsteemi edastada. Suhtluse plokk koondab enda alla teenused, mille abil andmeid targa kodu tervise allsüsteemi edastatakse, nendeks on seadme registreerimise teenus, seadme toimimisteenus ja teavitusteenus.



Joonis 3. Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur.

3.2 Nõuded andmebaasile

Targa kodu tervise allsüsteem peab allika [40] järgi:

- Olema suuteline toime tulema erinevat tüüpi informatsiooniga, nagu näiteks kliiniline, demograafiline, administratiivne, rahaline ja statistiline.
- Kaotama erinevad andmestruktuurid.
- Olema üldine ja paindlik.
- Olema järjekindel, standardiseeritud ja tulevikukindel.
- Olema efektiivne ja lihtne.

3.3 Loogilise andmebaasi kirjeldus

Käesoleva töö käigus on loogilise andmebaasi kirjeldus loodud viie allika põhjal. Nendeks on:

- HL7
- openEHR
- Fitbit App
- E-tervis

- Eesti rahvastikuregister

HL7 ja openEHR kirjeldavad rohkem haigustega seotud andmeid. Fitbiti poolt edastatavate andmete kohta teeb bakalaureusetööd Getter Keerd. Antud töö põhjal luuakse ka osa targa kodu tervise allsüsteemist. Fitbitist saadavad andmed kirjeldavad inimese tervist, magamise kvaliteeti ja toitumist [39]. E-tervise põhjal kirjeldatakse inimese ravimite lugu, arsti juures käikude ajalugu ja diagnoose. Rahvastikuregistri põhjal kirjeldatakse inimese isikuandmeid. Võimalik on, et tulevikus lisandub eespool nimetatud allikatele veel mõni siinkohal märkimata jäänud allikas.

Igas riigis on omad standardid, milliseid andmeid ja kuidas neid hoidma peaks. See aga tekitab keerulise probleemi. Kuidas erinevatest riikidest kogutud andmeid hoida nii, et need oleksid kõigile osapooltele arusaadavad ja ühtselt mõistetavad? Selle probleemi lahendamiseks valitakse targa kodu tervise allsüsteemi häälestades keel ja riik, mis võimaldaks andmeid ja süsteemi üles seada vastavalt valitud riigile. Käesoleva töö käigus vaadatakse lähemalt Eesti loogilist andmebaasi. Kuna antud probleem on keeruline ja vajab täpsemat käsitlust, ei vaadata seda teemat käesolevas töös täpsemalt.

Kõik väljad võivad andmete puudumisel jääda tühjaks, küll aga ei tohi nad omandada sellisel juhul 0 väärtust.

Unikaalne ID – kasutaja isikukood, Eesti kodanikust kasutaja korral. Unikaalne ID on vajalik identifitseerimiseks ja turvalisuse tagamiseks. Isiku identifitseerimiseks tuleks kasutada Eestis mobiili ID-d, ID-kaarti või smart ID-d. Teistes riikides tuleks kasutada muid elektroonilisi isikutuvastusvahendeid. Andmete krüpteerimiseks kasutatakse avalikke ja salajasi võtmeid. Andmevahetuseks riigi registritega kasutatakse X-teed.

Nimi - nime väärtuse kohta hoitakse järgnevaid andmeid:

- Perekonnanimi või perekonnanimed - nt Mets.
- Eesnimi või eesnimed - nt Mari.
- Neiupõlvenimi – nt Põld.

Sugu - nt NAINE.

Sünniaeg - nt 01.01.1991.

Telefoni nr - nt +372 55555555 Esimene osa on riigi suunakood ja sellele järgneb telefoni number.

E-maili aadress - nt mari.mets@gmail.com.

Elukoht - nt „Lääne-Viru maakond, Rakvere linn, J. Kunderi tn 30“ [41]. Aadressi kohta hoitakse Aadressiandmete Süsteemi (edaspidi ADS) [41] kohaselt järgnevaid andmeid:

- Riik
- Maakond
- Omavalitsus
- Asula (küla, alevik, alev, vallasisene linn) või linnaosa
- Väikekoht (AÜ, SÜ, GÜ, vkt)
- Liikluspind (tee, tänav, puiestee, maantee)
- Nimi (kohanimi, maaüksuse nimi)
- Aadressinumber (maaüksuse või hoone erilisand)
- Korterite või muu hooneosa number

Perearst - perearsti kohta hoitavad andmed:

- Kood – perearsti registri kood, mille abil saab toimuda side arsti ja kasutaja vahel. Tema avalikku võtit on vaja sideme loomiseks. Nt D00001
- Nimetus – nt Kati Maasikas
- Telefoni nr - nt +372 55555555

Allergiad – allergiad, mis kasutajal on esinenud või hetkel esinevad (nt nisutooted). Juurde lisatakse aegrida, millal allergia on andmebaasi lisatud.

Ravimid – ravimid, mida praegu kasutatakse ja on kasutatud. Retsepti- ja käsimüügiravimite kohta hoitakse erinevaid andmeid.

Retseptiravimid:

- Tervishoiuasutus – asutus, kus ravim väljastati. Nt Dermatoonkoloogia kliinik OÜ.
- Registreerimiskood – tervishoiuasutuse registrikood. Nt 10101010.
- Koostaja nimi – nt Mari Mets.

- Kood – arsti registrikood. Nt D00001.
- Retsepti number – nt 1010101010.
- Diagnoos – tekstiline kirjeldus, mis põhjusel ravim määrati. Nt Vinnid.
- Preparaadi nimetus - nt DUAC GEL.
- Kehtivus – mis kuupäevast, mis kuupäevani retsepti välja osta on võimalik.
- Alguse kuupäev – nt 01.01.2017.
- Lõpu kuupäev – nt 01.02.2017.
- Ravikuuri pikkus (päevades) – nt 90 päeva.
- Ravimi tarvitamise juhend – tekstiline kirjeldus kuidas ravimit tarvitama peab. Nt Fikseeritud ravikuur: 1 annus 1 kord päevas, ravikuuri pikkus 50 päeva.
- Aegrida - millal ravim on lisatud.

Käsimüügiravimid:

- Diagnoos – tekstiline kirjeldus, mis põhjusel ravimit kasutati/kasutatakse. Nt Peavalu.
- Preparaadi nimetus - nt IBUMETIIN.
- Ravikuuri pikkus (päevades) – mitu päeva ravimit tarvitati/tarvitatakse. Nt 3 päeva.
- Ravimi tarvitamise juhend – tekstiline kirjeldus kuidas ravimit tarvitama peab. Nt 1 annus 1 kord päevas, ravikuuri pikkus 3 päeva.
- Aegrida - millal ravim on lisatud.

Ajatelg – ajateljel märgitakse ära arsti visiidi kohta järgnevad andmed (Vaata joonis 4):

- Tervishoiuasutus - nt Tallinna Lastehaigla.
- Registreerimiskood - nt 10101010.
- Koostaja nimi – arst, keda külastati. Nt Mari Maasikas.
- Kood – arsti registrikood. Nt D00001.
- Visiidi kuupäev – nt 03.01.201.
- Probleem – nt köha.
- Probleemi ilmnemine – nt 25.12.2016.
- Diagnoos – nt bronhiit.
- Väljastatud ravimid – vaata ravimite lõiku.
- Aegrida – millal rida lisati.



Joonis 4. Ajateljel olevate andmete kavand.

Andmed genoomika kohta – oma geneetika testimine kodus on muutunud viimaste aastatega kättesaadavamaks ja odavamaks. Näiteks pakub Geenitestide Labor (<http://www.geenitestid.ee/>) võimalust kodust lahkumata ennast testida. Testi tulemused saab samuti andmebaasi lisada.

Vererõhk (mm[Hg]) – iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus mm[Hg]-s (nt 120/80 mm[Hg]) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Keha temperatuur (°C) – iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus kraadides (Celsius) (nt 36,6 °C) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Pikkus (cm) - iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus cm-des (nt 170 cm) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Kuigi praegu toimub pikkuse sisestamine käsitsi, siis tulevikus automatiseeritakse tõenäoliselt ka see. Sellisel juhul salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Eelpool kirjeldatud andmeid – nimi, sugu, sünniaeg, telefoni nr, e-mail, elukoht, perearst, allergiad, ravimid, keha temperatuur ja pikkus - kirjeldab ka joonis 10.

Pulss (lööki/minutis) - iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus lööki/minutis (nt 68 lööki/min) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Kaal (kg) - iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus kg-des (nt 55kg) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Hapniku sisaldus veres (%) – iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus %-des (nt 97,50%) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

Rasvaprotsent (%) – iga mõõtmise järel salvestatakse andmebaasi mõõtmistulemus %-des (nt 16,50%) ja aegrida, millal mõõtmine toimus. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID.

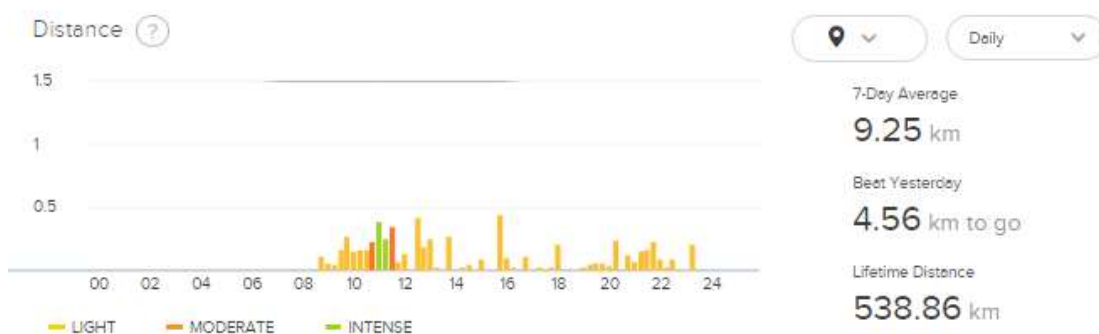
Sammud – mitu sammu on minutis käidud (nt 9 sammu). Igas minutis kokku loetud sammud ning aegrida salvestatakse andmebaasi. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID. Joonis 5 kirjeldab päeva jooksul tehtud sammude arvu.



Joonis 5. Ööpäeva jooksul tehtud sammud [42].

Distants (km) – kui pikk maa on kõnnitud (nt 0,10 km). Igas minutis kokku arvatatud läbitud distants ning aegrida salvestatakse andmebaasi. Samuti salvestatakse seadme

nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID. Joonis 6 kujutab päeva jooksul läbitud distantsi.



Joonis 6. Ööpäeva jooksul läbitud distants [42].

Korruste arv - mitu korrust on minutis läbitud (nt 2 korrust). Igas minutis kokku loetud korruste arv ning aegrida salvestatakse andmebaasi. Samuti salvestatakse seadme nimetus, kust andmed saadud on, ja selle seadme ID. Joonis 7 kirjeldab päeva jooksul läbitud korruste arvu.



Joonis 7. Läbitud korruste graafik ühe ööpäeva kohta [42].

Toidu logi – kasutajal on võimalik säilitada oma toidukordade kohta informatsiooni, et jälgida oma toitumist. Kuna toitumise informatsioon on väga lai teema, siis käesolevas töös seda lähemalt ei käsitleta.

Normid – targa kodu tervise allsüsteemi andmebaasis hoitakse ka andmeid selle kohta, milline on mõõdetava suuruse normaalne väärtus. Siin väljatoodud normid ei ole lõplikud. Hetkel on ära kirjeldatud järgnevad normid:

- Vererõhk (mm[Hg]): <130/<85 mm[Hg] täiskasvanud inimesel õlavarrelt mõõtes [43]. Allika [43] järgi muutub vererõhk „...ööpäevas vastavalt organismi

vajadusele. Kõige madalam on vererõhk öösel, kõige kõrgem erutuse või kehalise koormuse korral.“

- Keha temperatuur (°C): 36-37°C [44].
- Pulss (lööki/minutis), rahuolekus: 60-100 (lööki/minutis). Pulssi mõjutavad erinevad tegurid nagu näiteks aktiivsuse tase, milliseid ravimeid tarvitatakse ja emotsioonid [45].
- Hapniku sisaldus veres (%): 95-100%. Vere hapnikusisaldus näitab, kui palju hapnikku punased verelibled kannavad [46].
- Rasvaprosent (%): rasvaprosendi tabel on võetud allika [47] järgi (Tabel 1). Antud tabel on koostatud Jackson A.S. ja Polloc M.L. poolt ning on muutunud oma valdkonna standardiks [47].

Tabel 1. Rasvaprosendid vastavalt vanusele ja soole [47].

Vanus (aastates)	Rasvaprosent (%)	
	Mehed	Naised
20	8,5%	17,7%
25	10,5%	18,4%
30	12,7%	19,3%
35	13,7%	21,5%
40	15,3%	22,2%
45	16,4%	22,9%
50	18,9%	25,2%
55	20,9%	26,3%

- Sammud (sammu/päevas): 10 000 (sammu/päevas). 10 000 sammu on soovituslik sammude arv päevas, mida peaks tervena püsimiseks tegema. Antud soovitusi on andnud nii WHO kui ka AHA. 10 000 sammu kontseptsioon pärineb Jaapanist [48].
- BMI ehk *body mass index* ehk kehamassi indeks (kg/m^2) on jaotatud allika [3] järgi neljaks osaks: alakaaluline (BMI<18,5), normaalkaaluline (BMI 18,5-25), ülekaaluline (BMI 25-30) ja rasvumine (BMI>30). Kehamassiindeks on suhteline suurus, mis põhineb indiviidi massil ja pikkusel [3].

Siin kirjeldatud loogiline andmebaasi kirjeldus on esimene ja algne versioon (versioon 2017.1). Sarnaselt standarditele tuleb ka antud lahendust pidevalt täiendada ja uuendada, kuna ühe korraga ei ole võimalik kõike täpsustusi ja probleeme ette näha.

3.4 Arvutatavad suurused

Lisaks sellele, mida andmebaasis hoitakse, arvutatakse andmebaasis olevate andmete põhjal järgnevat väärtusi.

Vanus (aastat) - nt 45. Vanus arvutatakse sünnikuupäeva järgi valemiga (1).

$$\text{Vanus} = \text{tänapäev} - \text{sünnikuupäev} \quad (1)$$

BMI ehk kehamassiindeks (kg/m^2) - nt $22 \text{ kg}/\text{m}^2$. BMI arvutatakse valemiga (2).

$$\text{Kehamassiindeks} = \frac{\text{kaal}(\text{kg})}{(\text{pikkus}(\text{m}))^2} \quad (2)$$

kus $\text{kaal}(\text{kg})$ on päeva keskmine kaal ja $\text{pikkus}(\text{m})$ on viimati mõõdetud pikkus, pikkuse meetriteks teisendamiseks jagatakse $\text{pikkus}(\text{cm})$ 100-ga.

BMI kommentaar - kommentaar, mis gruppi inimene kuulub (alakaaluline, normaalkaaluline, ülekaaluline või rasvumine), vastavalt arvutatud BMI-le. Nt Normaalkaaluline.

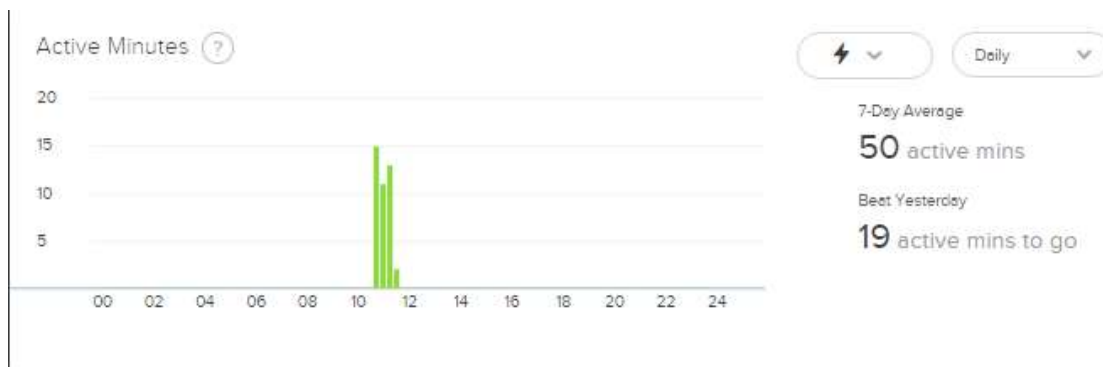
Päevane energiavajadus (kcal) – päevane energiavajadus arvutatakse vastavalt soole, vanusele, pikkusele, kaalule ja eluviisile (näiteks sportlik või istuv). Konkreetset valemit siinkohal ei esitata.

Põletatud kaloreid (kcal) – põletatud kaloreid arvutatakse vastavalt pulsile, juurde arvestatakse ka energiahulk, mis kulub organite töös hoidmiseks. Joonis 8 kirjeldab päeva jooksul põletatud kaloreid.



Joonis 8. Põletatud kalorite graafik ööpäeva lõikes [42].

Aktiivsete minutite arv (min) – arvutatakse pulsi kiiruse järgi. Joonis 9 kirjeldab aktiivsete minutite arvu päevas.



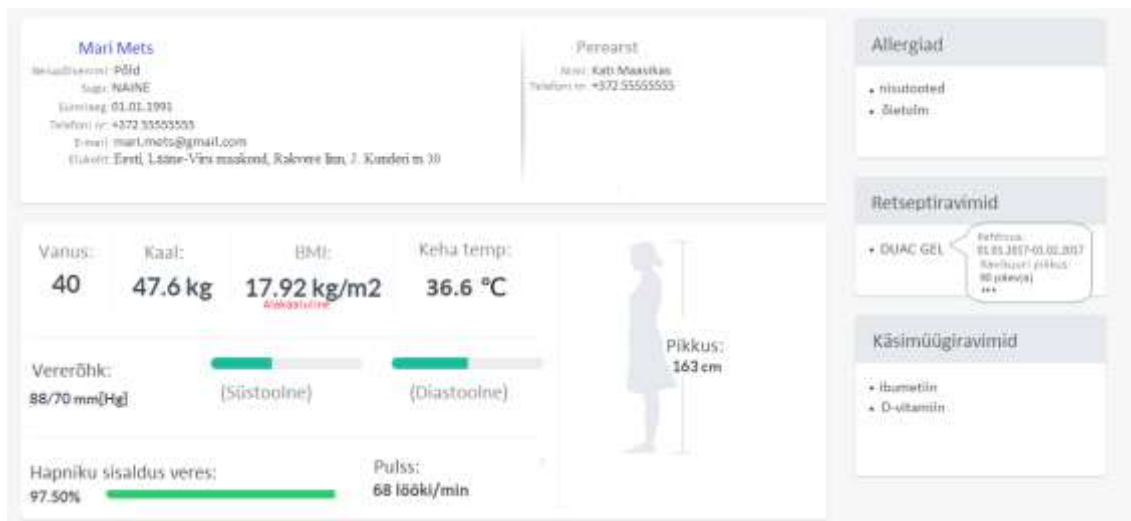
Joonis 9. Aktiivsete minutite arv ööpäeva lõikes [42].

Päeva keskmine vererõhk (mm[Hg]) – arvutatakse päeva jooksul mõõdetud vererõhkude aritmeetiline keskmine. Nt 88/70 mm[Hg].

Päeva keskmine hapnikusisaldus veres (%) – arvutatakse päeva jooksul mõõdetud vere hapnikusisalduste aritmeetiline keskmine. Nt 97,50%.

Päeva keskmine pulss (lööki/minutis) - arvutatakse päeva jooksul mõõdetud pulsside aritmeetiline keskmine. Nt 75 (lööki/minutis).

Eelpool kirjeldatud andmeid – vanus, BMI, BMI kommentaar, päeva keskmine vererõhk, päeva keskmine hapnikusisaldus veres ja päeva keskmine pulss – kirjeldab joonis 10.



Joonis 10. Üldandmete kavand.

Kodulaboratooriumi tulemused – kodus mõõtmise seadmete viimased tulemused (Joonis 11). Kasutajale näidatakse järgmisi väljasisid:

- Mida mõõdeti – Nt vererõhk.
- Normaalne väärtus/vahemik – Nt <130/<85 mm[Hg] [43].
- Tegelik väärtus – Nt 110/75.
- Ühik – nt mm[Hg].
- Aegrida, millal mõõtmine toimus.

Nimetus	Normaalne väärtus/vahemik	Tegelik väärtus	Ühik	Aeg
Vererõhk	<130/<85	110/75	mm[Hg]	23.04.2017 19.46
Hapniku sisaldus veres	>94	93	%	23.04.2017 18.25

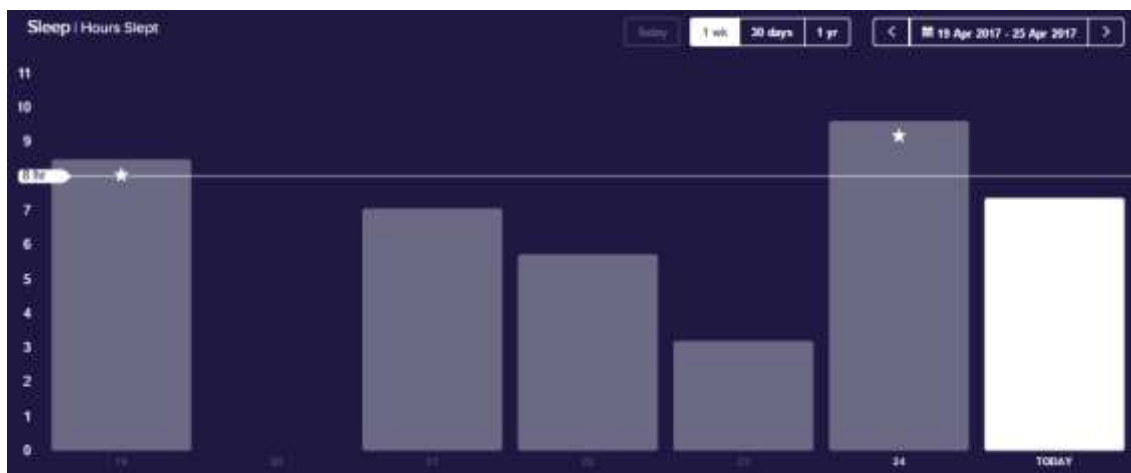
Joonis 11. Kodulaboratooriumi tulemuste kavand.

Une kvaliteet – vastavalt magamise ajal mõõdetud pulsile hinnatakse inimese une kvaliteeti. Pulsi järgi määratakse kindlaks, millal inimene on uinunud, millal ärrganud, kui palju on olnud rahutuid ja ärkveloldud hetki ning vastavalt sellele arvutatakse välja, kui kaua inimene on maganud kvaliteetselt und (Joonis 12) [49]. Magatud aeg arvutatakse valemiga (3) allika [49] eeskujul.

Magatud aeg = ärkamise aeg - magama jäämise aeg – ärkveloldud aeg – rahutu aeg (3)

Inimene saab vaadata andmeid magatud tundide kohta allika [49] eeskujul järgi järgmistel kujudel:

- Päeva kaupa on võimalik vaadata täpsemaid andmeid, millal jääd magama, millal ärgati, mis ajal olid rahutud hetked.
- Nädala kaupa näidatakse magamise aega päevade kaupa: kui kaua ühes päevas magati.
- Kuu kaupa näidatakse magamise aega päevade kaupa: kui kaua ühes päevas magati.



Joonis 12. Nädala andmed magatud aja kohta päevade kaupa [42].

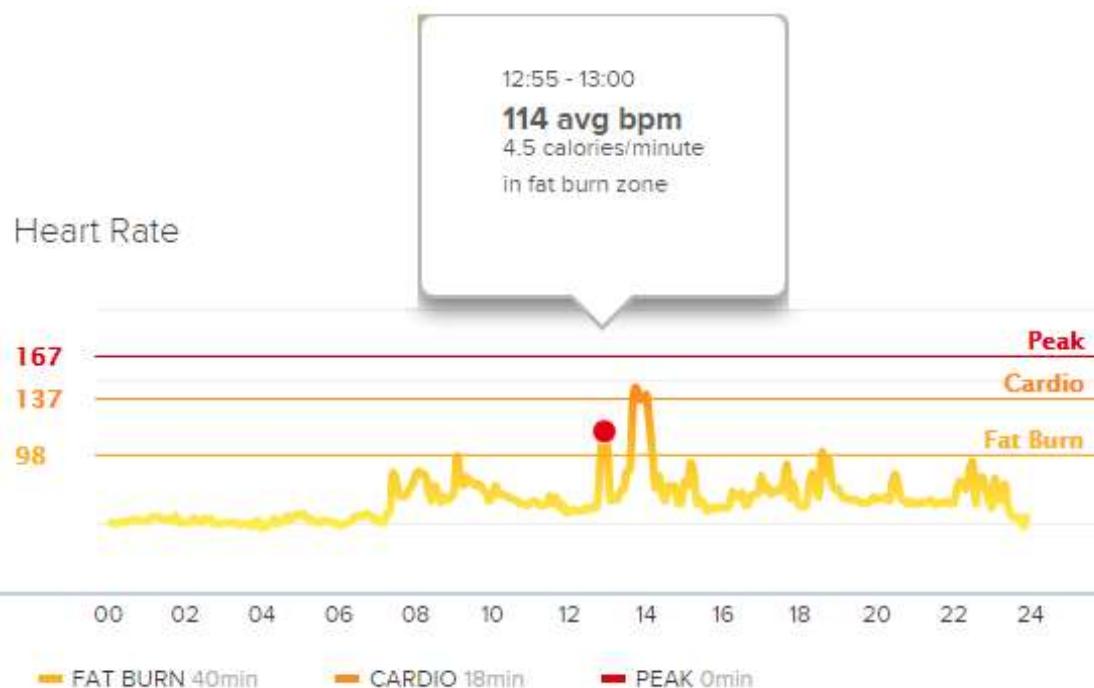
Pulsi tsoonid - mõõdetud pulsi tulemused jaotatakse tsoonideks vastavalt sellele, kui kõrge on inimese pulss (Joonis 13) [50]. Hinnanguliselt arvutatakse inimese maksimaalne pulss valemiga (4) allika [50] eeskujul.

Maksimaalne pulss = 220 - inimese vanus (4)

Allika [50] eeskujul jaotatakse pulss järgmisteks tsoonideks:

- Tipp (ingl *Peak zone*) – inimese pulss on kõrgem kui 85% tema maksimaalsest pulssist.

- Vastupidavus (ingl *Cardio zone*) – inimese pulss on 70-84% maksimaalsest pulssist.
- Rasvapõletus (ingl *Fat burn zone*) – inimese pulss on 50-69% maksimaalsest pulssist.
- Tsoon puudub (ingl *Out of zone*) – inimese pulss on madalam kui 50% maksimaalsest pulssist.
- Rahulolek (ingl *Resting hart rate*) – normaalne pulss, mis on inimesel puhkeoleku hetkel.



Joonis 13. Pulsi tsoonid ööpäeva kohta [42].

Kasutajal on võimalik oma mõõdetud (näiteks vererõhk ja pulss) tulemusi vaadata erineva perioodi vältel. Kõiki mõõdetud tulemusi on võimalik jälgida nii erinevate graafikute pealt eraldi kui ka ühe graafiku peal vaadata erinevaid mõõtmistulemusi, näiteks pulssi ja vererõhku paralleelselt.

- Ühe päeva andmed – kasutajal on võimalik vaadata ühe päeva jooksul kogutud andmeid viie minuti kaupa. Kui andmeid mõõdetakse tihedamini kui iga viie minuti järel (näiteks iga minut) arvutatakse iga viie minuti jooksul mõõdetud andmetest keskmine. Kui mõõdetakse harvemini kui iga viie minuti (näiteks korra päevas) järel näidatakse ainult neid andmeid, mis selle päeva jooksul mõõdetud

on. Näiteks ühe päeva jooksul mõõdetud pulsid (Joonis 14). Pulsi graafikul näidatakse ka pulsi tsoone.



Joonis 14. Ühe ööpäeva pulsograafik [42].

- Ühe nädala andmed – kasutajal on võimalik vaadata ühe nädala jooksul kogutud andmeid päevade kaupa. Kui andmeid mõõdetakse tihedamini kui iga päeva järel (näiteks iga tund või veel tihedamini), arvutatakse iga päeva jooksul mõõdetud andmetest keskmine. Kui mõõdetakse harvemini kui iga päev (näiteks nädalas korra või kaks), näidatakse ainult neid andmeid, mis selle nädala jooksul mõõdetud on. Näiteks ühe nädala jooksul mõõdetud pulsid (Joonis 15). Pulsi graafikul näidatakse ka pulsi tsoone.



Joonis 15. Ühe nädala pulsograafik [42].

- Ühe kuu andmeid - kasutajal on võimalik vaadata ühe kuu jooksul kogutud andmeid päevade kaupa. Kui andmeid mõõdetakse tihedamini kui iga päeva järel (näiteks iga tund või veel tihedamini), arvutatakse iga päeva jooksul mõõdetud andmetest keskmine. Kui mõõdetakse harvemini kui iga päev (näiteks nädalas korra või kaks), näidatakse ainult neid andmeid, mis selle kuu jooksul mõõdetud

on. Näiteks ühe kuu jooksul mõõdetud pulsid (Joonis 16). Pulsi graafikul näidatakse ka pulsi tsoone.



Joonis 16. Ühe kuu pulsograafik [42].

Treeningu informatsioon – läbitud treeningu kohta kuvatav informatsioon (Joonis 17).

Treeningu kohta näidatakse järgmisi andmeid:

- Treeningu tüüp – missugune treening läbiti.
- Algusaeg – millal treeningut alustati.
- Lõpuaeg - millal treening lõpetati.
- Keskmise pulss – milline oli keskmine pulss treeningu jooksul.
- Põletatud kalorid – kui palju põletati kaloreid treeninguga.
- Sammude arv – mitu sammu treeningu jooksul tehti.
- Aktiivsed minutid – mitu minutit treeningust olid aktiivsed.
- Pulsi tsoonid



Joonis 17. Ühe treeningu andmed [42].

3.5 Andmebaasi valik

Eristatakse SQL ja noSQL andmebaase. Relatsioonilised ehk SQL andmebaasid on olnud tööstuse standardiks juba mitmeid aastakümneid. Tänu nii pikale perioodile on saadud palju kogemusi ning ta on hästi dokumenteeritud. Enamus võimalusi on avastatud ja optimeeritud [51]. NoSQL andmebaas on mitterelatsiooniline andmebaas [52], mis järgib BASE (*Basically available, Soft state, Eventually consistent*) paradigmat [51]. Antud töös mõistetakse NoSQL all *Not only SQL*. NoSQL andmebaasi soovitatakse allika [51] kohaselt kasutada, kui esmajärgus on tähtis mastaapsus, kättesaadavus ja lihtsus. Kõige paremini on ta kasutatav struktureerimata andmete jaoks [51].

Eelpool kirjeldatud loogilises andmebaasis hoitakse üksikuid andmeid aegridade kaupa, et oleks võimalik nende täpne analüüs. Oluline on teada, millal mingi kirje täpselt lisati. Sellise andmebaasi jaoks on sobilik NoSQL andmebaas, kuna andmeid hoitakse

töötluks sobival kujul – muutuva pikkusega tabelid on käesolevas töös efektiivsemad, SQL andmebaasis andmeid hoides tekiks ebaefektiivne struktuur, kuna tabelid on fikseeritud suurusega.

Targa kodu tervise allsüsteemi üheks eduka toimimise eelduseks on, et ta töötab kiiresti ja efektiivselt. Targa kodu tervise allsüsteemi andmebaasi lisatakse andmeid pidevalt. Näiteks kui kasutada aktiivsusmonitori, mõõdetakse pulssi pidevalt. Erinevatest artiklitest ja töödest, kus on võrreldud SQL ja NoSQL andmebaase, on järeldunud, et töökiirus sõltub konkreetsest andmebaasist. Küll aga on enamasti leitud, nii nagu ka artikkel [53], et MongoDB, mis on NoSQL andmebaas, võib sobida suurematele andmehulkadele, kus skeem ehk andmebaasi struktuur pidevalt muutub. MongoDB sobib neile, kellel ei ole vaja väga range struktuuriga andmebaasi.

3.6 Standardi vajalikkus

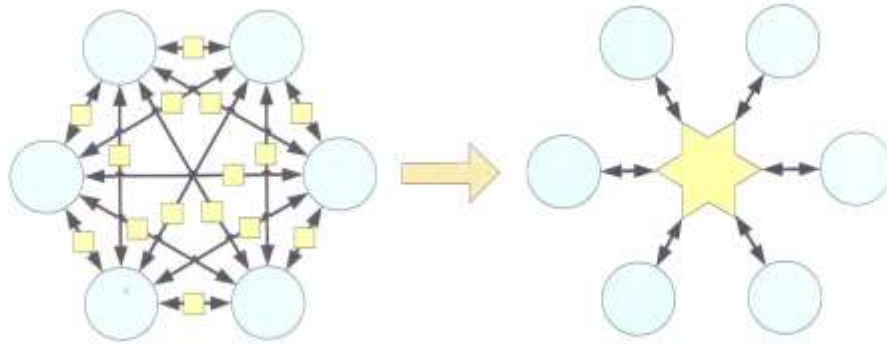
Andmebaasis hoitakse andmeid erinevatest seadmetest. Nendeks seadmeteks võivad olla näiteks erinevad aktiivsusmonitorid, vererõhuaparaadid ja kaalud. Samuti võib tulevikus olla võimalik, et andmeid jagatakse ja saadakse eesti.ee ning digilugu.ee andmebaasidest. Antud lehtedel on võimalik vaadata oma meditsiinilisi terviseandmeid: epikriise, retseptiravimeid, tervisetõendeid jne. Puudub aga võimalus lisada enda poolt kodus kogutud andmeid ja neid arstiga jagada. Selleks et andmeid vahetada, on vaja kasutada standardeid.

Allika [54] järgi on standard: “...konsensuse alusel koostatud ja tunnustatud kehami poolt kinnitatud normdokument, mis on suunatud standardimiseesmärkide saavutamiseks”.

Standardi vajalikkus tuleb selgelt välja, kui on vaja ühendada omavahel n süsteemi. Seda kirjeldab valem (5) [55].

$$\text{Ühenduste arv} = \frac{n(n-1)}{2} = \binom{n}{2} \quad (5)$$

Kui vaja on ühendada ainult 2 süsteemi, võib selle osapoolte vahel kergesti kokku leppida, aga 100 süsteemi ühendamiseks on vaja juba 4950 liidest ja selles pole võimalik enam nii lihtsalt kokku leppida. Kui aga kasutada ühtset spetsifikatsiooni, hoiaks see kokku erinevate liideste loomise vajaduse, eriti kui me ei tea veel, kas ja kui palju oleks vaja selliseid ühendusi luua. Joonis 18 kirjeldab eespool seletatud olukorda [55].



Joonis 18. Ühe standardi kasutamise kasud [55].

Enimlevinumateks terviseiga seotud standarditeks HL7, FHIR, SNOMED CT ja openEHR.

OpenEHR - openEHR-i abil viiakse tervise andmed, mis on füüsilisel kujul, elektroonilisele kujule. OpenEHR lähenemine on mitmetasandiline, ühel allikal põhinev modelleerimine, teenus-orienteeritud tarkvara arhitektuur, milles valdkonna ekspertide loodud mudelid on igaüks omas kihis. OpenEHR lähenemise vundamendiks on etalonmudel – väga stabiilne informatsiooni mudel, mis defineerib EHR-i (*Electronic Health Record*) loogilised struktuurid ja demograafilised andmed. Kõik EHR-i andmed kõigis openEHR süsteemides alluvad sellele etalonmudelile. Komponentid ja süsteemid, mis on kooskõlas openEHR'ga, on andmete, mudelite ja API-de (*Application Programming Interface*) poolest „avatud“. Nad jagavad openEHR-i innovatsiooni kohandatavust, kuna andmetüübid on tarkvarast sõltumatud ja suured osad tarkvarast on masinprogrammeeritud lähtudes andmetüüpidest. Andmetüüpe spetsifikatsioonid on kirjeldatud ISO standardis (ISO 13606-2) [56].

Raamatu [55] käsitluse järgi on EHR kõikehõlmav, struktureeritud komplekt kliinilisi, demograafilisi, keskkonnateemalisi, ühiskondlikke ja rahalisi andmeid ning informatsiooni digitaalsel kujul, dokumenteerimaks indiviidi tervist. EHR ei ole ainult kogum fakte, vaid pigem arstide poolt tehtud tähelepanekud konkreetse patsiendi kohta. Igal sellisel märkusel on oma kindel aeg, koht ja kontekst [55].

HL7 – HL7 pakub raamistikku elektroonilise terviseinformatsiooni vahetamiseks, ühendamiseks, jagamiseks ja taastamiseks. Tema standardid defineerivad, kuidas informatsioon kokku pakitakse ja ühelt osapoolelt teisele edastatakse, kui on määratud keel, struktuur ja andmetüüp, mis on vajalikud veatuks integratsiooniks süsteemide vahel.

Kõik HL7 standardid võib leida ka teistes klassifikatsioonides, nagu ANSI, ISO ja HITSP [57].

HL7 Version 2 (edaspidi v2) on kõige rohkem kasutatav tervise infovahetusstandard maailmas. Seda kasutab rohkem kui 90% USA haiglatest. v2 standard on olnud pidevas arengus juba aastast 1988. Tänu sellele on ta põhjalikult läbi mõeldud ja dokumenteeritud. HL7 v2 disaini tõttu ei ole võimalik ilma standardi dokumentatsioonita ja konkreetse realisatsiooni kasutusjuhendita mõista v2 sõnumit. Terve dokumentatsioon on aga väga mahukas, peaaegu 2500 lehekülge pikk. Sõnumeid saadetakse vastusena trigeri sündmustele [55].

HL7 v2 arendati vastavalt vajadusele ja planeerimata viisil. Näiteks kui vaja on lisada uus element, lisatakse see järgmisesse vabasse kohta. Samuti on võimalik v2 sama asja teha mitmel viisil. Kuigi ta võimaldab suurt paindlikkust, siis samal ajal on võimatu teostada töökindlaid vastavusteste üheski realisatsioonis. See sunnib implementeerijaid kasutama rohkem aega analüüsile ja oma liidestuste planeerimisele tagamaks, et mõlemad pooled kasutavad samu lisafunktsioone. Ehk tema paindlikkus tekitab palju lisatööd [55].

HL7 v3 RIM (edaspidi v3) kavandati, et lahendada enamik v2 probleeme, kasutades täpselt määratletud metoodikat, mis põhineb etalonmudelil. HL7 peamine eesmärk v3-ga oli pakkuda standardit, mis oleks lõplik ja testitav. HL7 v3 disainiti olema laiaulatuslik, üksikasjalik, muutustega kohanev, ajakohane, mudelil põhinev, vastastikku testitav ja tehnoloogiast sõltumatu. Ta kasutab objekt-orienteeritud arendust ja etalonmudeli (RIM) sõnumite koostamiseks [55]. HL7 standardite miinuseks on aga see, et tema tooted ja väljaõpe on väga kallis, samuti on tema dokumentatsioonid väga mahukad ja keerulised.

FHIR – ehk Fast Healthcare Interoperability Resources on avatud litsentsiga standard [6], [55], mis põhineb kogemustel, mis on saadud arendades ja rakendades HL7 v2, HL7 v3 RIM ning CDA-d [6]. Ta ehitati, et jäljendada veebivõrku, peamiselt RESTful liideseid [55]. FHIR-i võib kasutada kui eraldiseisvat infovahetusstandardit, aga ka partnerluses teiste olemasolevate, laialt kasutatavate standarditega. FHIR-i eesmärk on lihtsustada realiseerimist ilma informatsiooni terviklikkust ohtu seadmata. Ta tasakaalustab olemasolevaid loogilisi ja teoreetilisi mudeleid, et tagada püsiv, lihtsalt juurutatav ja kokkulepitud mehhanism infovahetuseks erinevate terviserakenduste vahel [6].

SNOMED CT – SNOMED CT on laiaulatuslik tervishoiu terminoloogia, mis sisaldab unikaalse tähendusega termineid ja formaalsel loogikal põhinevaid definitsioone, mis on organiseeritud hierarhiasse. Kui SNOMED CT-d tarkvaraarenduses kasutada, siis võimaldab ta meditsiinilist informatsiooni täielikult, usaldusväärset ja kõikehõlmavalt defineerida ja salvestada [58]. EHR-s kasutatakse seda, et lihtsustada kliinilist dokumentatsiooni, aruandlust ning andmete analüüsimist. Kõige kasulikum on SNOMED-st mõelda kui kodeerimissüsteemist, kus kasutatavad koodid on ühetahenduslikud ja arvuti poolt töödeldavad [55].

SNOMED CT on praktiliselt tuleviku-kindel tänu oma arenemisvõimele. Mõisteid ja nende koode saab ilma piiranguteta lisada ja eemaldada (koode, mis on juba lisatud, ei saa kustutada) ning nende seoseid omavahel saab muuta. Samuti toetab ta mitmeid keeli ja dialekte [55].

Tänu oma laialdasele ulatusele vähendab ta piire, mis tulenevad erinevate terminoloogiate või kodeerimissüsteemide kasutamisest. Samuti võimaldab ta andmeid töödelda ja esitada erinevate eesmärkide täitmiseks ning vähendab geograafilisi piire erinevates organisatsioonides ja riikides [59].

Antud peatükis projekteeriti targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur ning koostati seda arhitektuuri kirjeldav mudel ArchiMate modelleerimisvahendiga Archi (versioon 4.0.0). Loogilise andmebaasi kirjeldus loodi HL7-e, openEHR-i, e-tervise, Eesti rahvastikuregistri ja Fitbit App'i põhjal. Fitbiti kohta saadi andmeid Getter Keerdi bakalaureuse tööst. Eraldi alampeatükina toodi välja ka suurused, mida ei hoita andmebaasis, vaid arvutatakse andmebaasis olevate andmete põhjal, näiteks nagu päeva keskmine pulss või vanus. Peatüki lõpus valiti targa kodu tervise allsüsteemi andmebaasiks NoSQL andmebaas ja standarditeks openEHR, HL7, FHIR ja SNOMED CT.

4 Tulemuste analüüs

Järjest rohkem liigub maailm suunas, kus inimene jälgib oma tervist isiklikult. Kõikvõimalikud tervise monitoorimise vahendid, näiteks nagu aktiivsusmonitorid ja vererõhuaparaadid, koguvad andmeid inimese kohta. Need andmed on aga igal pool laiali. Selleks et inimesel oleks võimalik oma andmeid ühest kohast vaadata, arendatakse targas kodus tervise allsüsteemi. Targa kodu lahendus on sobilik selliste andmete hoidmiseks, kuna inimene on järjest vähem fikseeritud kindla asukohaga. Inimesed liiguvad ringi, asuvad uutes riikides elama, seetõttu on neil ka vaja võimalust oma andmed endaga kaasa võtta, et neid näiteks välismaal oleva arstiga jagada. Samuti võib andmeid vaja minna järeltulevatel põlvvedel, et paremini uurida geneetilisi haigusi. Lähtuvalt sellest said töö alguses püstitatud eesmärgid.

Esimene eesmärk, targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja väljatöötamine, sai töö käigus täidetud. Arhitektuuri kirjelduse järgi sai konstrueeritud ka arhitektuuri kirjeldav mudel ArchiMate modelleerimisvahendiga Archi (versioon 4.0.0). Käesolevas töös kirjeldatud arhitektuuri heaks omaduseks on see, et ta on laiendatav. Kui tulevikus on vaja liita süsteemi uusi osapooli saab seda kergesti teha ilma põhilist arhitektuuri muutmata. Kui näiteks tekib vajadus jagada andmeid välismaal oleva arstiga, ei ole vaja selleks arhitektuuris muudatusi teha. Niisamuti uute seadmetega. Kui lisandub uus seade, mille abil saaks inimese tervise kohta andmeid, ei ole vaja selle seadme kasutuselevõtuks tervise allsüsteemi arhitektuuri muuta - targa kodu tervise allsüsteem on stabiilne. Käesolevas targa kodu tervise allsüsteemi projektis tegeleb teine tudeng Getter Keerd Fitbiti andmete edastamisega tervise allsüsteemi. Selle käigus selgus, et samamoodi, nagu edastatakse Fitbiti Appi andmeid, edastatakse ka Apple Healthi andmeid. See näitab, et targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri sobivust, kuna pole vaja teha lisaliigutusi ega muudatusi seadme lisamiseks.

Töö teise eesmärgi, targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi prototüübi analüüs ja väljatöötamine, kirjeldamiseks võeti aluseks HL7-e, openEHR, Fitbit App, Eesti rahvastikuregister ja e-tervise süsteemid. Samuti kirjeldati nõuded andmebaasile. Sarnaselt arhitektuurile on ka loogiline andmebaas laiendatav vastavalt vajadusele. Näiteks kui lisanduvad mingisugused andmed, mida hetkel ei hoita andmebaasis, saab

andmebaasi laiendada. Kui andmebaas on normaliseeritud, tagab see tema stabiilsuse ajas, kuna väga keeruline on muuta andmeid, mis on erinevates kohtades laiali. Stabiilsuse hoidmiseks on vajalik, et andmebaas oleks loodud, arvestades nelja põhilist printsiipi, mida kirjeldati peatükis „Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuur“: ühekordse sisestamise printsiip, primaarsuse printsiip, arvutatavate suuruste mittedalvestamise printsiip ja kasutaja tulemuse saavutamise minimaalse energiakulu printsiip.

Töö kolmandaks eesmärgiks seati targa kodu tervise allsüsteemi infovahetusstandardite valik. Standardi kasutamine on vajalik, et hoida ühenduste arv minimaalne ning kõik osapooled üksteist samamoodi mõistaksid. Töö käigus kirjeldati käesoleval hetkel kõige enamlevinuid infovahetusstandardeid: FHIR, HL7, openEHR ja SNOMED CT. HL7 ja openEHR on standardid, mis katavad suure osa maailmast, kuna nendest on saanud primaarsed standardid. Kui otsida www.google.com otsinguaknas töös käsitletud standardeid, HL7, openEHR, FHIR ja SNOMED CT, tuleb välja, et kõige rohkem vasteid on HL7-mel (2 280 000 tulemust, seisuga 09.05.2017). Talle järgneb FHIR (1 580 000 tulemust, seisuga 09.05.2017), SNOMED CT (386 000 tulemust, seisuga 09.05.2017) ja openEHR (67 400 tulemust, seisuga 09.05.2017). Antud tulemused näitavad, et töö käigus käsitletud infovahetusstandardid on laialt levinud ja kasutatavad.

5 Kokkuvõte

Antud töös sai püstitatud kolm eesmärki:

- Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja väljatöötamine.
- Targa kodu tervise allsüsteemi loogilise andmebaasi prototüübi analüüs ja väljatöötamine.
- Targa kodu tervise allsüsteemi infovahetusstandardite valik.

Peatükis „Targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri analüüs ja andmebaasi väljatöötamine“ leiti lahendus töö eesmärkidele. Esmalt kirjeldati targa kodu tervise allsüsteemi arhitektuuri ning modelleeriti selle järgi tervise allsüsteemi kirjeldav mudel ArchiMate modelleerimisvahendiga Archi (versioon 4.0.0). Käesolevas töös kirjeldatud mudel on hea selle poolest, et ta kergesti laiendatav. Näiteks kui peaks olema vaja lisada uus osapool, kellega andmeid vahetada, ei ole selleks vaja tervise allsüsteemi muuta. Arhitektuuri sobivust näitab ka see, et nii nagu edastatakse andmeid Fitbit Appist, edastatakse neid ka Apple Health'ist. Ehk kui üks ühendus on loodud (käesolevas projektis on loodud ühendus Getter Keerdi poolt Fitbit Appiga), ei ole teisega eraldi ühendust vaja luua.

Töö teise eesmärgi täitmiseks kirjeldati esmalt nõuded, millele targa kodu tervise allsüsteemi loogiline andmebaas peab vastama. Tervise allsüsteemi loogiline andmebaas loodi HL7-e, openEHR-i, Fitbit App'i, Eesti rahvastikuregistri ja e-tervise põhjal. Antud loetelu ei ole lõplik, tulevikus täieneb ta tõenäoliselt veel. Fitbit'st edastatavate andmete kirjeldamiseks kasutati juuresoleva projektiga tegelevat teise tudengi Getter Keerdi tööd. Antud töös kirjeldatud loogilise andmebaasi heaks omaduseks on sarnaselt tervise allsüsteemi arhitektuurile tema kerge laiendatavus. Näiteks kui lisandub osapool, kelle edastatavate andmete hoidmiseks ei ole veel kohta loodud, saab antud väljad juurde luua. Peatükis „Andmebaasi valik“ valiti käesoleva projekti jaoks hetkel sobivaimaks andmebaasiks NoSQL andmebaas.

Töö kolmanda eesmärgi täitmiseks kirjeldati peatükis „Standardi vajalikkus“ enamlevinuid infovahetusstandardeid: HL7, FHIR, SNOMED CT ja openEHR. openEHR abil viiakse andmed, mis on füüsilisel kujul elektroonilisele kujule, HL7 pakub raamistikku, mille abil elektroonilisi andmeid vahetada ja jagada, niisamuti FHIR, kes pakub infovahetuse võimalust terviserakenduste vahel. SNOMED CT on aga mõeldud tervise terminoloogia kirjeldamiseks.

Antud projektiga tegelev grupp jätkab oma tööd, et tervise allsüsteem välja töötada ja arendada. Samuti on võimalus jätkata töö autoril ja teistel bakalaureusetudengitel samas projektis magistritööga. Antud tööd kirjutades tuli välja, et uurida tuleks veel täpsemalt tervise allsüsteemi turvalisust ja seda, kuidas andmebaasi kohandada vastavalt riigile ja keelele.

Kasutatud kirjandus

- [1] D'Orazio, D. Google reveals Android Wear, an operating system for smartwatches. [WWW] <https://www.theverge.com/2014/3/18/5522226/google-reveals-android-wear-an-operating-system-designed-for> (12.05.2017)
- [2] Hopf, J.M. Framework for the Integration of Mobile Device Features in PLM. Saksamaa : Scientific Publishing, 2016.
- [3] Kolimechkov, S. Body Mass Index. - *STK Sport UK*, 2014. [E-ajakiri] (<https://www.stk-sport.co.uk/images/sports-science-projects-body-mass-index-article.pdf>) (05.04.2017)
- [4] CDA Release 2 [WWW] http://www.hl7.org/implementation/standards/product_brief.cfm?product_id=7 (12.05.2017)
- [5] EHR Scape Documentation. [WWW] <https://www.ehrscape.com/documentation.html> (12.05.2017)
- [6] FHIR Overview. [WWW] <https://www.hl7.org/fhir/overview.html> (11.03.2017)
- [7] Fitbit App. [WWW] <https://www.fitbit.com/eu/app> (01.04.2017)
- [8] Google Play. [WWW] https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Play (12.05.2017)
- [9] iCloud. [WWW] <https://en.wikipedia.org/wiki/iCloud> (12.05.2017)
- [10] Christensson, P. iOS Definition. [WWW] <https://techterms.com/definition/ios> (12.05.2017)
- [11] Jakovitš, P., Srirama, S., Neudorf, R. Tartu ülikoolis avati asjade interneti ehk värvõrgu labor. [WWW] <https://reaalteadused.ut.ee/et/uudised/tartu-ulikoolis-avati-asjade-interneti-ehk-varvõrgu-labor> (04.04.2017)
- [12] Beal, V. iPod Touch. [WWW] http://www.webopedia.com/TERM/I/ipod_touch.html (12.05.2017)
- [13] Riggall, J. iTunes. [WWW] <https://itunes.en.softonic.com/#app-softonic-review> (12.05.2017)
- [14] Vallaste, H. e-Teatmik [WWW] <http://vallaste.ee/> (12.05.2017)
- [15] SNOMED CT. [WWW] <http://www.snomed.org/about> (12.05.2017)
- [16] Windows Store [WWW] <http://www.windowcentral.com/windows-store> (12.05.2017)
- [17] Andmevahetuskiht X-tee. [WWW] <https://www.ria.ee/ee/x-tee.htm> (12.05.2017)
- [18] Gay, V., Leijdekkers, P. Bringing Health and Fitness Data Together for Connected Health Care: Mobile Apps as Enablers of Interoperability. - *Journal of medical internet research*, 2015, 17(11), 2. [Online] JMIR Publications (01.04.2017)
- [19] Miorandi, D., Sicari, S., Pellegrini, F.D., Chlamtac, I. Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges - *Ad Hoc Networks*, 2015, 10(7), 1497-1498, 1509-1510. [Online] ResearchGate (21.03.2017)
- [20] Õunapuu, E. Fusion of Smart, Multimedia and Computer Gaming Technologies : Teaching and promoting smart internet of things solutions using the serious-game approach. In *Fusion of smart, multimedia and computer gaming technologies 2015*. Sharma, D., Favorskaya, M., Jain, L.C., Howlett, R.J. Intelligent Systems Reference Library : Springer International Publishing, 2015.

- [21] Tao, F., Cheng, Y., Zhang, L., Li, B. H. CCIoT-CMfg: Cloud Computing and Internet of Things-Based Cloud Manufacturing Service System - *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2015, 10(2), 1436. [Online] ResearchGate (21.03.2017)
- [22] Fuller, J. The 4 stages of an IoT architecture [WWW] <https://techbeacon.com/4-stages-iot-architecture> (04.04.2017)
- [23] Wortmann, F., Flüchter, K. Internet of Things [WWW] https://www.researchgate.net/profile/Felix_Wortmann/publication/276439592_Internet_of_Things/links/561e5c8c08aecd1acc0b54.pdf (21.03.2017)
- [24] Mendes, T.D.P., Godina, R., Rodrigues, E.M.G., Matias, J.C.O., Catalão, J.P.S. Smart Home Communication Technologies and Applications: Wireless Protocol Assessment for Home Area Network Resources – *Energies*, 2015, 8(7), 7281-7282. [Online] MDPI (22.03.2017)
- [25] Solaimani, S., Keijzer-Broers, W., Bouwman, H. What we do – and don't – know about the Smart Home: An analysis of the Smart Home literature - *Indoor and Built Environment*, 2015, 24(3), 371. [Online] SAGE journals (18.03.2017)
- [26] Enabling Things to Talk : Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model / A. Bassi, M. Bauer, M. Fiedler, T. Kramp, R. V. Kranenburg, S. Lange, S. Meissner. 1st ed. Berlin : Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [27] Apple Health. [WWW] <http://www.apple.com/ios/health/> (31.03.2017)
- [28] Zibreg, C. How to import your old Health and Activity data into your new iPhone. [WWW] <http://www.idownloadblog.com/2015/09/23/how-to-import-health-data-into-new-iphone/> (01.04.2017)
- [29] Chartler, D. Quick Tip: iCloud Can Now Backup and Restore Health Data. [WWW] <https://www.macobserver.com/tips/quick-tip/quick-tip-icloud-can-now-backup-and-restore-health-data/> (01.04.2017)
- [30] Use the Health app on your iPhone or iPod touch. [WWW] <https://support.apple.com/en-us/HT203037> (31.03.2017)
- [31] Google Fit Abi. [WWW] <https://support.google.com/fit/?hl=et> (01.04.2017)
- [32] Works with Fitbit. [WWW] <https://www.fitbit.com/eu/partnership> (01.04.2017)
- [33] Garmin Connect. [WWW] <https://connect.garmin.com/en-US/> (29.04.2017)
- [34] Fitbit Research Library. [WWW] <http://www.fitabase.com/research-library/> (20.05.2017)
- [35] IBM Watson. [WWW] <https://www.ibm.com/watson/> (30.04.2017)
- [36] Dubakov, M. Minimal Action Energy Principle in User Interface Design [WWW] <https://www.targetprocess.com/blog/2015/07/minimal-action-energy-principle-in-user-interface-design/> (18.05.2017)
- [37] Automaatne parkimine. [WWW] <http://www.europark.ee/parkimise-abi/automaatne-parkimine> (19.05.2017)
- [38] Archi. [WWW] <https://www.archimatetool.com/> (29.04.2017)
- [39] Keerd, G. Targa kodu tervise allsüsteemi integratsiooni analüüs ja kavandamine : bakalaureusetöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2017.
- [40] Gutiérrez, P.P., Atalag, K., Marco-Ruiz, L., Sundvall, E., Freire, S.M. Tutorial - Design and Implementation of Clinical Databases with openEHR. [WWW] <https://www.slideshare.net/pablitox/design-and-implementation-of-clinical-databases-using-openehr> (15.04.2017)

- [41] Kivisalu, M., Pärn, K. Aadressiandmete süsteemi (ADS) tutvustus ja liidestumine ADS-iga. [WWW]
http://geoportaal.maaamet.ee/docs/aadress/161111_inads_infopaev_Mall_Keiti.pdf?t=20161111153329 (08.04.2017)
- [42] Fitbit. [WWW] <https://www.fitbit.com/eu/home> (29.04.2017)
- [43] OÜ Lege Artis. Kõrge vererõhk: Kuidas kaitsta südant? [WWW]
http://www.kliinikum.ee/attachments/article/107/korge_vererohk-_kuidas_kaitsta_sydan.pdf (12.04.2017)
- [44] Houdas, Y., Ring, E.F.J. Human Body Temperature: Its Measurement and Regulation. 1st ed. New York : Springer US, 1982.
- [45] Laskowski, E.R. What's a normal resting heart rate? [WWW]
<http://www.mayoclinic.org/healthy-lifestyle/fitness/expert-answers/heart-rate/faq-20057979>
 (14.04.2017)
- [46] Holland, K. Is My Blood Oxygen Level Normal? [WWW]
<http://www.healthline.com/health/normal-blood-oxygen-level#overview1> (14.04.2017)
- [47] Perry, M. Ideal Body Fat Percentage Chart: How Lean Should You Be? [WWW]
<http://www.builtlean.com/2010/08/03/ideal-body-fat-percentage-chart/> (03.05.2017)
- [48] Tudor-Locke1, C., Bassett Jr, D.R. How Many Steps/Day Are Enough? Preliminary Pedometer Indices for Public Health. – *Sports medicine*, 2004, 34(1), 3. [Online]
<http://www.trilliumfitness.co.uk/wp-content/uploads/2016/05/Tudor-Lock-2004-NEAT.pdf>
 (09.05.2017)
- [49] How do I track my sleep? [WWW]
https://help.fitbit.com/articles/en_US/Help_article/1314 (02.05.2017)
- [50] What should I know about my heart rate data? [WWW]
https://help.fitbit.com/articles/en_US/Help_article/1565#zones (01.05.2017)
- [51] Hammes, D., Medero, H., Mitchell, H. Comparison of NoSQL and SQL Databases in the Cloud - *Proceedings of the Southern Association for Information Systems Conference : March 21st –22nd 2014, Macon, GA, USA*, 2014, 2-3.
- [52] Venkatraman, S., Fahd, K., Kaspi, S., Venkatraman, R. SQL Versus NoSQL Movement with Big Data Analytics – *I.J. Information Technology and Computer Science*, 2016, 8(12), 59. [Online] MECS (25.03.2017)
- [53] Parker, Z., Poe, S., Vrbsky, S.V. Comparing nosql mongodb to an sql db - *Proceedings of the 51st ACM Southeast Conference : April 4th-6th 2013, Savannah, GA, USA*, 2015, 6.
- [54] Tepandi, J. Tarkvara protsessid, kvaliteet ja standardid. [WWW] <http://tepandi.ee/tks-loeng.pdf> (18.04.2017)
- [55] Benson, T., Grieve, G. Principles of Health Interoperability: SNOMED CT, HL7 and FHIR. 3rd ed. London : Springer-Verlag London, 2016.
- [56] openEHR. [WWW] http://www.openehr.org/what_is_openehr# (12.03.2017)
- [57] HL7 standards. [WWW] <http://www.hl7.org/implement/standards/index.cfm?ref=nav>
 (12.03.2017)
- [58] SNOMED CT Basics. [WWW]
<https://confluence.ihtsdotools.org/display/DOCSTART/4.+SNOMED+CT+Basics>
 (12.03.2017)

[59] Using SNOMED CT in Clinical Information. [WWW]

<https://confluence.ihtsdotools.org/display/DOCSTART/3.+Using+SNOMED+CT+in+Clinical+Information> (11.03.2017)