

TARTU ÜLIKOOL  
Arvutiteaduse instituut  
Informaatika õppekava

Richard Õnnis

Haiglatöötajatele kontekstipõhise informatsiooni  
kuvamine nende asukoha määramise abiga  
Bakalaureusetöö (9 EAP)

Juhendajad: Ahti Peder, Igor Bossenko

Tartu 2020

## **Haiglatöötajatele kontekstipõhise informatsiooni kuvamine nende asukoha määramise abiga**

### **Lühikokkuvõte:**

Bakalaureusetöös kirjeldatakse haiglatöötajate infosüsteemis navigeerimist lihtsustavat rakendust, lahenduse loomisel kasutatud tehnoloogiat, selle olemasolevaid kasutusalasid erinevates valdkondades ning töö käigus valminud süsteemi edasiarendusvõimalusi.

### **Võtmesõnad:**

Haigla, Tervishoid, Haigla infosüsteem, Navigeerimine, Haiglatöötaja, Andur, Majakas, Asukoha tuvastus, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, Nutiseade

### **CERCS:**

P175

## **Displaying Contextual Information to Healthcare Workers by Identifying Their Location**

### **Abstract:**

This bachelor's thesis describes the solution created to simplify healthcare workers' navigation in the health information system, the technology used to create this solution, existing use cases of this technology and possibilities for further development.

### **Keywords:**

Hospital, Healthcare, Health information system, Navigation, Healthcare worker, Sensor, Beacon, Location detection, Bluetooth, Bluetooth Low Energy, Smart device

### **CERCS:**

P175

## Sisukord

1. Sissejuhatus.....	4
2. Süsteemi tööpõhimõtte ja tehnoloogia valik .....	5
2.1 Eeldused tehnoloogiale.....	5
2.2 Tehnoloogia valik.....	6
3. Bluetooth Low Energy tehnoloogia erinevates valdkondades.....	8
3.1 BLE tehnoloogia kaubanduses.....	8
3.2 BLE tehnoloogia navigeerimissüsteemides .....	9
3.3 BLE tehnoloogia tervishoiusüsteemides .....	10
3.3.1 Haiglatöötajate automatiseeritud autentimine.....	10
3.3.2 Ühenduses koduravi.....	11
3.3.3 Ühenduses ravi haiglates.....	11
3.3.4 Haigla küllastajate navigeerimine haiglates .....	12
4. Haigla infosüsteemis navigeerimist lihtsustav lahendus .....	13
4.1 Lahenduse loomisel kasutatav riist- ja tarkvara .....	13
4.2 Majakate seadistamine .....	14
4.3 Majakate signaali tuvastav mobiilirakendus .....	15
4.4 Edasiarendamise võimalused .....	19
5. Kokkuvõte .....	22
6. Viidatud kirjandus.....	23
Lisad.....	26
Litsents.....	26

## 1. Sissejuhatus

Haiglates üle maailma on kasutusel haigla infosüsteemid, mis võimaldavad laiapõhjalist info-töötlust kõikides haiglaprotsessides. Aina rohkem kasutatakse ja arendatakse infosüsteeme, mida haiglatöötajad saavad kasutada läbi nutiseadmete, näiteks tahvelarvutite. Sellised info-süsteemid võimaldavad haiglatöötajatel teha päringuid ja sissekandeid kiiremini, kuna nad ei pea selleks kasutama statsionaarseid tööjaamasid ning saavad ligipääsu haigla infosüsteemile läbi kaasaskantava nutiseadme, olenemata nende asukohast.

Siinse töö eesmärk on luua lahendus haigla infosüsteemis navigeerimise lihtsustamiseks, kus palatitel ja haiglatöötajatel on andurid, mille abil oleks võimalik määrata töötajate asukohta ja selle abil kuvada nende seadmetele asukohale vastavat informatsiooni. Näiteks lähenedes palatite kuvatakse haiglatöötajale automaatselt selles palatis asuvate patsientide andmed.

Bakalaureusetöö teema on oluline, kuna loodav süsteem lihtsustab ja kiirendab oluliselt paljude haiglatöötajate tööd. Tehes hommikuti ülevaatus, peab arst palatist palatisse liikudes kulutama väärtuslikku aega oma seadmes õigete palatite ja patsientide andmete otsimiseks. Automati-seerides haigla infosüsteemis navigeerimise protsessi, saavad arstid rohkem aega pühendada patsientide eest hoolitsemisele või muude kohustuste täitmisele. Western Ontario ülikooli tea-durid on järeldanud, et inimressursi haldamine on üks olulisemaid tegureid, et saavutada paremaid tulemusi haiglates üle terve maailma [1].

Rakenduslik bakalaureusetöö on jagatud kolmeks osaks. Esimeses kirjeldatakse loodava süs-teemi tööpõhimõtet ning põhjendatakse süsteemi realiseerimisel kasutatud tehnoloogia valikut. Teises osas uuritakse esimeses peatükis valitud tehnoloogia kasutusviise erinevates vald-kondades, sealhulgas tutvustatakse olemasolevaid lahendusi tervishoiusüsteemides. Kolmandas osas kirjeldatakse lõputööna loodud lahendust ning uuritakse selle edasiarendamise võimalusi.

Töö võiks pakkuda huvi kõikidele inimestele, kes soovivad tutvuda asukohapõhist informatsiooni kasutavate tehnoloogiatega, kuid eelkõige on mõeldud tervishoiusüsteemide arendajatele, kes soovivad integreerida asukohatuvastussüsteeme oma lahendustesse.

## **2. Süsteemi tööpõhimõte ja tehnoloogia valik**

Haiglatöötajate asukoha määramise süsteemi loomisel tuleb leida kõige sobivam tehnoloogia, mis selle ülesandega toime tuleks. Vajatakse lahendust, kus saab paigutada andurid palatite või haiglakabinettide uste kõrvale, mis oleksid võimelised tuvastama, kui nendele läheneb haiglatöötaja. Lisaks peab ukse kõrval paiknev andur olema suuteline tuvastama, millise konkreetse haiglatöötajaga on tegu, et tema seadmele kuvada õige informatsioon.

### **2.1 Eeldused tehnoloogiale**

Loodava süsteemi eeliseks teiste asukohta või liikumist tuvastavate süsteemide [2] ees on see, et haiglatel on piiratud arv kindlaid haiglatöötajaid, kelle lähenemist tahame tuvastada. Ei ole oluline jälgida suvaliste inimeste lähenemist või möödumist, mis on tähtis teistes sarnastes tuvastussüsteemides – näiteks kaubanduskeskustes, mis loevad oma külastajate arvu, või kodus, mis automaatselt panevad toas tuled tööle, kui sinna siseneb inimene.

Haiglatöötajad ning nende poolt kasutatavad seadmed on teada, seega saab anda haiglatöötajatele teist tüüpi andurid, mis lähenedes palatile võtaksid vastu signaali ukse kõrval olevalt andurilt ning seejärel saadaksid informatsiooni haiglatöötaja nutiseadmele, kus tulemusena kuvatakse vastava palati kohta käiv informatsioon. Arvestades nutiseadmete arenevat võimekust, oleks võimalik kasutada Bluetooth signaali püüdva andurina haiglatöötaja nutiseadet ennast, st ukse kõrval olev andur saadaks informatsiooni otse töötaja nutiseadmele.

Tehnoloogia valikul tuleb arvestada, et mitmed haiglapalatite ukсед võivad asuda üksteisele üsna lähedal, seega andurite mõjupiirkond peab olema reguleeritav ning piisavalt täpne, et nende mõjupiirkonnad ei kattuks. Olukord, kus haiglatöötajale kuvatakse vale palati ja patsiendi andmed, võib olla väga ohtlik, sest väär informatsiooni näitamine võib viia sobimatute ravi-meetmete rakendamisele.

Tähelepanu tuleb pöörata ka asjaolule, et realiseerides süsteemi, kus haiglatöötaja kaasaskantav andur on tema nutiseadmes, ei tohiks süsteem olla energiakulukas ehk kulutada liiga suurt hulka nutiseadme akust, mida töötaja kasutab muude oluliste ülesannete täitmiseks.

## 2.2 Tehnoloogia valik

Haigla infosüsteemis navigeerimise lihtsustamiseks olid kaalumisel kaks erinevat lahendust: NFC (Near Field Communication) ehk lähiväljaseadmed ja Bluetooth majakad [3]. Mõlemad lahendused võimaldavad tuvastada, millise palati kõrval haiglatöötaja asub ning saata tema seadmele vastav informatsioon, küll aga lähenevad süsteemid ülesande lahendamisele mõnevõrra erinevalt.

NFC-tehnoloogia võimaldab lähiväljas teha kontaktivabu autentimistoiminguid: NFC toimib kõige paremini ühe kuni paari või vähema sentimeetri mõjupiirkonnas [3]. Selleks, et haiglatöötaja saaks oma seadmele tema kõrval oleva palati andmed, peaks haiglatöötaja viibutama oma nutiseadet palati kõrval oleva NFC-seadme lähedal. Selle tulemusena saadetakse nutiseadmele signaal, mis määrab, millise palatiga seotud andmed kuvada.

NFC kasutamise eeliseks on, et see välistab võimaluse, et mitme erineva palati andurite mõjupiirkonnad kattuvad, kuna NFC-seadmete mõjupiirkond ei ole suurem kui mõni sentimeeter. See-eest puuduseks on asjaolu, et kasutades NFC tehnoloogiat peab haiglatöötaja iga kord palatisse sisenemisel viibutama oma seadet NFC-seadme kõrval, mis lisaks ajakulule on lisakohustus, mida peab meeles pidama.

Bluetooth majakad kasutavad BLE (Bluetooth Low Energy) tehnoloogiat, mis on eriliselt väikese võimsusega versioon Bluetooth-ist. Nende mõjupiirkond on ühest-kahest meetrist kuni kümne meetrini [3]. Bluetoothi majakad edastavad pidevalt mingit konkreetset andmepaketti oma mõjupiirkonnas nii, et kui mõni nutiseade siseneb selle mõjupiirkonda, saab nutiseade selle kätte. Seejärel seade dekodeerib paketi, mis sisaldab majakat identifitseerivat numbrit. Vastavalt sellele numbrile oskab seade kuvada haiglatöötajale õige palati andmed koos selles viibivate patsientide ja muu olulise informatsiooniga.

Bluetooth majakate põhiliseks eeliseks haiglasüsteemis oleks see, et haiglatöötajad ei peaks mitte kuidagi õigete palatite valimise pärast muretsema, sest kogu töö teeks nende eest süsteem ning nad saaksid keskenduda muudele olulistele ülesannetele ja vastutustele. Puuduseks võiks nimetada asjaolu, et lähestikku asuvate majakate mõjupiirkonna määramisel tuleks olla täpne ja

ettevaatlik, et erinevate haiglapalatite asukohad oleksid väga konkreetselt ja teineteist välistavalt paika pandud.

Bluetooth majakate süsteem sobib selle töö eesmärgi saavutamiseks paremini kui NFC-seadmete süsteem, sest [4]:

- Bluetooth majakad on spetsiifiliselt disainitud asukoha tuvastamise eesmärgil.
- Bluetooth majakad on väga sõbralikud lõpp-kasutajate ehk haiglatöötajate suhtes, st ei nõua haiglatöötajatelt lisatööd süsteemi kasutamiseks.
- sarnaseid Bluetooth majakaid kasutavaid haiglatöötajate või patsientide asukoha tuvastamise süsteeme kasutatakse juba edukalt haiglates nii Ameerika Ühendriikides, Euroopas kui ka mujal maailmas.

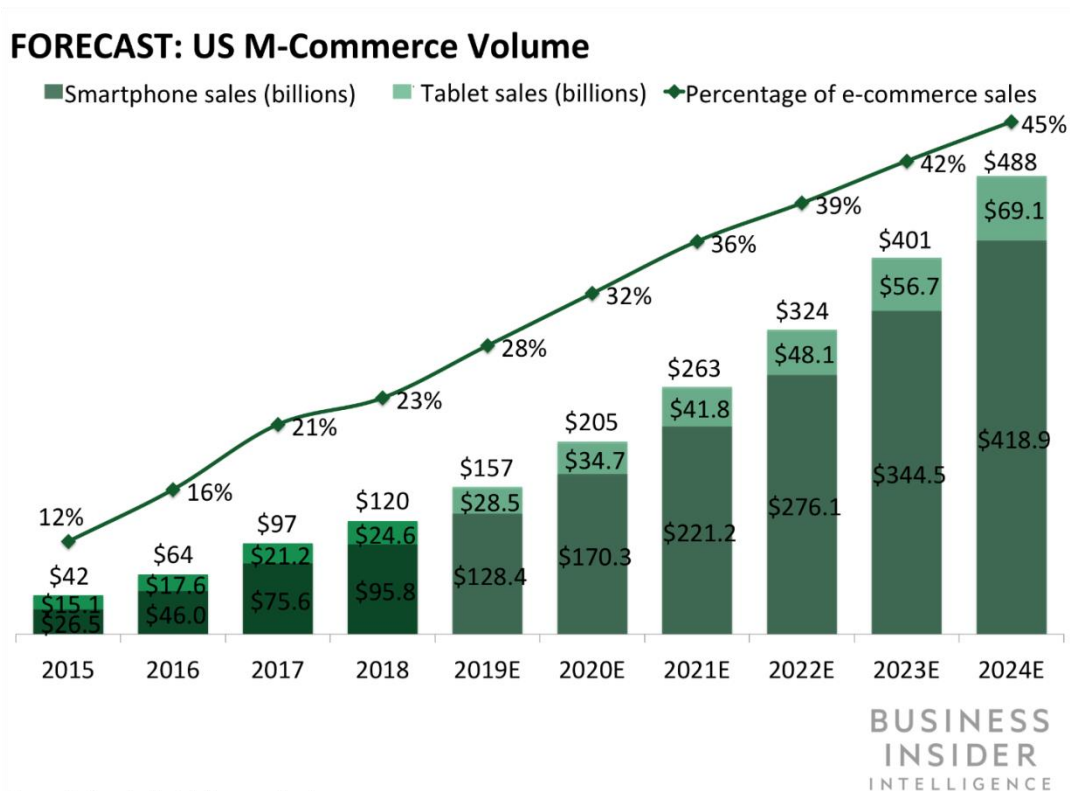
Eelnevat arvestades keskendutakse siinses töös Bluetoothi majakate kohandamisele, et parandada Eesti haiglate igapäevatööd. Järgnevalt tutvustatakse, millistes valdkondades veel on kasutatud Bluetooth Low Energy tehnoloogiat.

### 3. Bluetooth Low Energy tehnoloogia erinevates valdkondades

Bluetooth Low Energy (BLE) tehnoloogia loodi Nokia poolt Wibree nime all aastal 2006 [5]. Kolm aastat hiljem avalikustas Bluetooth Special Interest Group (SIG) selle tehnoloogia Bluetooth 4.0 spetsifikatsiooni osana. Bluetooth Low Energy madal energiakulu, hind, edastatava informatsiooni hulk ning tehnoloogia kasutamise lihtsus on võimaldanud luua kiireid ja innovaatilisi lahendusi probleemidele, mida klassikaline Bluetooth lahendada ei suutnud tema kõrge energiakulu ning tihedate ühendusekatkestuste tõttu [6].

#### 3.1 BLE tehnoloogia kaubanduses

Üks edukamaid ja suuremaid tööstuseid, mis on integreerinud BLE tehnoloogia lahendusi oma süsteemidesse, on kaubandus. Mobiilkaubanduse ehk nutiseadme abil poodlemise populaarsus on püsivalt tõusnud läbi aastate (joonis 1) ning Business Insider ennustab, et aastaks 2024 moodustab mobiilkaubandus 44% kogust e-kaubandusest Ameerika Ühendriikides, jõudes 488 miljardi dollarini [7].



Joonis 1. Mobiilkaubanduse osakaalu prognoos e-kaubanduses Ameerika Ühendriikides [7].

Selline tõus näitab, et nutiseadmete kasutamine poodlemise eesmärgil muutub aina tava-pärasemaks ja inimesed on huvitatud uutest tehnoloogiatest, mis hõlbustavad nende poodlemise protsessi ja tõstavad selle kvaliteeti.

BLE tehnoloogia võimaldab kauplustel klientidega suhtlemises realiseerida palju innovatiivseid, põnevaid ja kaasavaid süsteeme, mis võivad tuua neile uusi kliente ning teha kaubanduskeskuse külastuse mitmekesisemaks ja kasulikumaks. Sellised süsteemid sisaldavad endas näiteks ostu-protsesside mängustamist (ingl *gamification*) [8], klientidelt tagasiside küsimist, allahindluste ja pakkumiste reklaamimist ja abi navigeerimises.

BLE tehnoloogia on juba edukalt kasutuses mitmetes kaubanduskeskustes üle maailma. Werribee Plaza kaubanduskeskus, mis asub Melbourne'i linnas Austraalias, kasutab tehnoloogiat iBeacon [9] selleks, et teavitada oma kliente sooduspakkumistest poodides, millest nad parasjagu mööda kõnnivad [10]. Sarnane süsteem on loodud ka Londonis Regent Street'il, kuid kaubanduskeskuse asemel on majakatega varustatud üle pooleteise kilomeetri pikkune tänav, mis võimaldab näha üle 130 erineva kaupluse pakkumise [11].

Maailma kõige suurem kaubandusele orienteeritud BLE majakate lahendus asub Türgis, Ankara linnas paiknevas ANKA mall kaubanduskeskuses, kus 112 000 ruutmeetrine kaubanduskeskuse ala on kaetud 356 majakaga [12]. Lisaks sooduspakkumistega seotud teavitustele saavad kaubanduskeskuse kliendid erinevaid poode külastades koguda „Boni“-punkte läbi spetsiaalse „Walk&Win“ mobiilirakenduse. Neid punkte saavad ostlejad kasutada hiljem erinevate ostude tegemiseks samas kaubanduskeskuses.

### **3.2 BLE tehnoloogia navigeerimissüsteemides**

Bluetooth Low Energy tehnoloogia võimaldab luua täpseid navigeerimissüsteeme välis- kui ka siseruumides ning see on üks tugev eelis GPS-süsteemide ees. Nimelt on võimalik BLE-tehnoloogia abiga luua lahendusi, mis eristavad, millisel korrusel inimene asub. Kuna majakad on pidevas omavahelises suhtluses, saavad nad määrata inimese nutiseadme kaudu tema asukohta ligikaudu ühemeetrise täpsusega.

Miami rahvusvaheline lennujaam, mida 2015. aastal külastas enam kui 21 miljonit reisijat, kasutab 400-st majakast koosnevat võrgustikku, mis aitab igapäevaselt reisijatel lennujaamas navigeerida [13]. Vastavalt reisija asukohale ning mobiilirakenduses tema poolt valitud sihtkohale, suudab süsteem juhtida teda erinevate restoranide, teenusepakkujate ning pagasikarusellideni.

Majakate kasutamine navigeerimise ja reklaaminduse eesmärgil on väga populaarne ja edukas ka Ameerika Ühendriikide spordiareenidel. Ameerika Ühendriikides on 93% pesapalliliiga MLB, 75% Ameerika jalgpalliliiga NFL, 53% korvpalliliiga NBA ja 47% jäähokiliiga NHL väljakuid kaetud BLE majakatega [14], mis lisaks mugavale navigeerimisteenusele võimaldavad jälgida fännide kohalolu ja reklaamida söögipunkte ning meeskondadega seotud kaupsid.

BLE majakate tehnoloogia on samuti väga levinud ja kasulik muuseumides. Lisaks kasutaja valitud konkreetsete eksponaatide ja näitusteni lühima tee leidmisele, võimaldab majakate süsteem näha külastajatel täiendavat informatsiooni eksponaatidest, mille lähedal nad antud hetkel asuvad. American Museum of Natural History kasutab 700 majakat, et juhatada külastajaid eksponaatide, populaarsete dioraamide, lähimate tualettruumide või restoranideni [15].

### **3.3 BLE tehnoloogia tervishoiusüsteemides**

Arstiabi võib tihti olla väga kulukas ning tugineda kallile varustusele ja kõrgelt treenitud personalile. Eelnimetatud inim- ja füüsiliste ressursside efektiivne kasutus võib tuua olulist kulude kokkuhoidu, seda eelkõige lihtsaid ja rutiinseid tööülesandeid automatiseerides [16]. Seetõttu on tervishoiutööstus alati innovatiivsete ja eksperimentaalsete tehnoloogiate vastu huvi tundnud ning neid kiirelt ja efektiivselt kasutusele võtnud. Bluetooth Low Energy tehnoloogia pole erand ning juba on loodud väga mitmeid lahendusi ning süsteeme tervishoius, mis seda kasutavad.

#### **3.3.1 Haiglatöötajate automatiseeritud autentimine**

Tihti kasutavad haiglates haigla infosüsteemile ligipääsemiseks tervishoiutöötajad spetsiaalseid statsionaarseid arvuteid ehk tööjaamasid. Enne igat haigla infosüsteemi kasutuskorda peavad nad sellesse sisse logima, kuna sama tööjaama kasutab mitu erinevat haiglatöötajat. Seda

triviaalset, kuid ajakulukat protsessi, mida tervishoiutöötajad peavad läbima mitmeid kordi päevas, saab kiirendada ja lihtsustada BLE tehnoloogia abil.

Varustades haiglatöötajaid spetsiaalsete BLE-tehnoloogiaga ühilduvate ametimärkidega ning ühendades tööjaamasid BLE-süsteemiga võimaldaks arendada lahendust, kus vastavalt haiglatöötaja kaugusele tööjaamast logib haigla infosüsteem töötajat süsteemi sisse ja välja automaatselt, küsides temalt turvalisuse eesmärgil seadistatud lühikest PIN-koodi [17].

### **3.3.2 Ühenduses koduravi**

Asjade internet (ingl *Internet of Things*) [18] pakub tervishoiutööstusele raha ning ressursside kokkuhoidu, tõstab erinevate protsesside efektiivsust ja panustab patsientide mugavusse, liigutades haiglaravi olulisi elemente palatitest inimeste kodudesse [16]. Järjest paremaks muutub ravil olevate patsientide tervise jälgimine olenemata patsientide asukohast. Patsiendi kodus paiknevad seadmed nagu kaalud, pulsikellad ja vererõhuandurid saavad teavitada patsienti ennast, tema lähedasi ning tema eest vastutavaid hooldetöötajaid muutustest tema tervise seisundis.

Bluetooth Low Energy tehnoloogia omadused nagu madal energiakulu, lihtne kasutusviis ja töökindlus sobivad suurepäraselt eelnimetatud seadmete poolt tuleva informatsiooni liitmiseks. Patsiendi tervist jälgivate erinevate seadmete poolt tulev informatsioon saadetakse juhtmevabalt näiteks patsiendi nutiseadmesse. Seal saab siduda need andmed ühte kokkuvõtvasse vormi, millest saab teha järeldusi patsiendi tervise kohta. Need andmed saab saata edasi läbi nutiseadme patsiendi lähedastele ja/või arstile.

### **3.3.3 Ühenduses ravi haiglates**

Haiglaravil olevad patsiendid on tihti ühendatud mitmete haiglapalatis olevate seadmetega. Sellised seadmed teevad omavahel tihedat koostööd, et jälgida patsiendi tervist ning hõlbustada ja kiirendada raviprotsessi. Tavahaiglates seadmeid ühendavate juhtmete asendamine juhtmevaba BLE-süsteemiga säästab haiglatöötajate aega, vähendab riski, et mõned seadmed ühendatakse valesti ja muudab patsiendi viibimist haiglas palju mugavamaks [16].

Lisaks eelnimetatud mugavustele, mida toob juhtmevaba süsteem, on võimalik luua innovatiivseid viise, kuidas BLE kaudu ühendatud seadmed omavahel suhtlevad. Näiteks on haiglatöötajal spetsiaalne skanner, millega saab skaneerida haiglaravil oleva patsiendi randmepaelal olevat vöötkoodi. See skanner suhtleb BLE tehnoloogia abil infusioonipumbaga [19], mis on patsiendiga ühendatud, ning eelnevalt skaneeritud vöötkoodi abil antakse pumbale teada, millise patsiendiga tegu on. Seejärel saab infusioonipump teha päringu haigla infosüsteemile, kust saab vastuse, millist ja mis koguses ravimit patsiendile anda.

BLE tehnoloogiaga ühendatud seadmed kiirabiautodes saavad saata informatsiooni kiirabiautos haigla poole sõitva kriitilises olukorras oleva patsiendi kohta. Sellise informatsiooni abiga saavad haiglas patsienti ootavad haiglatöötajad paremini valmistuda patsiendi kiireks ja efektiivseks vastuvõtuks ja raviks.

### **3.3.4 Haigla küllastajate navigeerimine haiglates**

Haiglat küllastades võib niigi stressirohket protsessi veelgi raskemaks teha õigete korpuste, palatite või kabinetide ülesleidmine. Mida suurem haigla, seda kauem aega kulutavad haigla küllastajad õige sihtkoha otsimisele ning lisaks stressile võib sellega kaasneda arsti vastuvõtule hiljaksjäämine ning haiglavisiidi planeerimata pikenedamine. Vastavalt 2013 eClinicalWorksi läbi viidud uuringule, leidsid 93% haiglatöötajaid, et telefonirakendused võivad oluliselt parandada haiglas viibivate patsientide elukvaliteeti ja haiglavisiitide tulemuslikkust [20].

Kasutades BLE majakaid, on võimalik realiseerida haiglates navigeerimissüsteem, kus haigla küllastaja saab tõmmata oma nutiseadmesse spetsiaalse haiglas navigeerimise mobiilirakenduse. See näitaks kasutajale, kus ta asub ning rakenduses saaks ta sisestada otsingusse kabineti, osakonna, palati või muu haiglas asuva nime või numbri, mille järel rakendus saaks kuvada kasutajale tema sihtkohta ning kui kaugel ta sellest asub. Lisaks saaks luua funktsionaalsuse, kus rakendus leiaks kõige kiirema ja lühema tee haigla küllastaja valitud sihtkohani, arvestades erinevaid parameetreid, mida küllastaja saaks ise määrata, nagu näiteks kas ta saab liikuda mööda treppe või vajab ta mööda korruseid liikumiseks lifti. Seejuures poleks haigla küllastajal kunagi muret haiglas liikudes ära eksida, kuna süsteem jälgiks pidevalt kasutaja asukohta ning saaks iga kord uuesti leida kasutajale parima trajektoori tema sihtkohani.

## 4. Haigla infosüsteemis navigeerimist lihtsustav lahendus

Lõputöö kirjutamise ajal oli riigis eriolukord (märts-aprill 2020), mis tingis selle, et haiglates töötava füüsilise lahenduse asemel sai luua vaid lahenduse prototüübi, mida oleks võimalik hiljem integreerida haiglate infosüsteemidega. Arenduse käigus valmis mobiilirakendus, mis kuvab kasutajale nupud palatite nimedega, mille läheduses (ehk mille andurite mõjupiirkonnas) kasutaja asub. Integreerides prototüübi haigla infosüsteemiga, saab siduda nupud olemasolevate palatite haigla infosüsteemi lehekülgedega, tagades kasutajatele kiire ligipääsu nendele. Järgnevalt loodud rakendust tutvustataksegi.

### 4.1 Lahenduse loomisel kasutatav riist- ja tarkvara

Haiglapalatite märgistamiseks ja haiglatöötajate asukoha jälgimiseks kasutatakse selles töös ettevõtte Estimote Proximity Beacon seadmeid. Aastast 2012 tegutsev Estimote pakub suurt valikut erinevaid andureid, mis võimaldavad kasutajatel infovahetust füüsiliste objektidega läbi nutiseadmete [21]. Estimote on üks juhtivaid majakate ettevõtteid maailmas ning nende tooteid kasutavad sellised firmad nagu Amazon, Nike, Apple, FedEx, NASA ja paljud teised.

Kasutatavate Estimote Proximity Beaconite ehk lähedusetuvastuse majakate aku kestvus on 3 kuni 5 aastat ning maksimaalseks mõjupiirkonnaks 100 meetrit. Majakaid saab seadistada keeltes Objective-C, Swift, Java ja Kotlin ning prototüübi arenduseks kasutatakse joonisel 2 kujutatud neljast majakast koosnevat arenduskomplekti [21].



Joonis 2. Estimote Proximity Beacon Developer Kit [21].

Prototüüp loodi Android seadmetele ning kirjutati programmeerimiskeeles Java, kasutades integreeritud programmeerimiskeskonda (IDE) Android Studio [22] ning arendustarkvara (SDK) Estimote Proximity SDK. Majakate seadistamiseks kasutati Estimote Cloud süsteemi, kus saab määrata füüsilistele majakatele virtuaalsed võtmed, mis näitavad, millise majakaga tegu on.

## 4.2 Majakate seadistamine

Majakate eristamiseks virtuaalses maailmas tuleb need märgistada vastavalt nende asukohale füüsilises. Erinevate palatite ja haiglakabinettide uste kõrval olevad majakad tuleb identifitseerida vastavate koodidega. Kuna selles prototüübis on kasutusel vaid neli majakat, lisatakse kõik majakad kategooriasse *wards* ehk palatid ning märgistatakse majakad lihtsate koodidega 1, 2, 3 ja 4, mis eristavad erinevaid palatinumbreid teoreetilises haiglakoridoris.

Lisaks majakate märgistamisele on võimalik määrata ja muuta läbi Estimote Cloud süsteemi Bluetooth-signaali edastamise sagedust ja võimsust. Signaali edastamise sagedus määrab, kui tihti majakas ennast identifitseerivat koodi laiali saadab ning selleks saab määrata alates 10st sekundist kuni 0.1 sekundini. Selles lahenduses kasutavate majakate edastussageduseks on määratud 0.5 sekundit, et tagada piisavalt kiire programmi töö, kuid samal ajal hoida kokku majakate akusid.

Majakate signaali edastamisvõimsus määrab, kui tugev on signaal, mida majakas levitab. See parameeter määrab, kui kaugemale signaal levib, kuid ka tõstab tõenäosust, et nutiseade selle signaali kätte saab. Madalaim seadistatav võimsus on -40 dBm ehk detsibellmillivatti, mille puhul signaal ulatub vaid ligikaudu 1 meetri kaugusele, ja kõige kõrgem 4 dBm, mille puhul signaal ulatub 70 meetri kaugusele. Signaali võimsus mõjutab samuti majakate aku kestvust.

Kuigi selles lahenduses kasutavate majakate signaal ei peaks ulatuma üle 5 meetri, seadistatakse majakad -12 dBm, ehk 15 meetri kaugusele ulatuvale võimsusele, et tagada signaali stabiilsus. Seda, kui kaugelt nutiseade majaka lähedusele reageerib, saab määrata nutiseadme rakenduses, st kuigi majakate signaali tuvastavad seadmed juba 15 meetri kauguselt, võib reageerida programm vaid siis, kui seade tuleb majakale lähemale kui nutiseadmes sätestatud piirang, näiteks 5 meetrit.

### 4.3 Majakate signaali tuvastav mobiilirakendus

Prototüübi loomiseks kirjutati Android operatsioonisüsteemiga nutiseadmetele programm, mis suudab majakate signaale tuvastada, eristada ning kasutajale ehk haiglatöötajale vastavaid haiglapalatite nimedega nuppe kuvada.

Esmalt tuli programmile lisada Estimote SDK ehk arendustarkvara programmipakett, mis võimaldab arenduses kasutada Estimote rakendusliideseid ja programmeerimisvahendeid, läbi mille saab üles seada suhtluse majakatega. Samuti kasutati programmis Estimote Mustard liidest, mis küsib kasutajalt asukoha jälgimise õiguseid, kontrollib kasutaja seadme Bluetooth ühilduvust ning kas see on kasutajal sisse lülitatud. Joonisel 3 on näha lisatud sõltuvusi ja liidest, mis võimaldab kasutada seda rakendust ka Android 10 seadmetel.

```
dependencies {  
    implementation fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])  
    // . . .  
  
    implementation 'com.estimote:proximity-sdk:1.0.4'  
    // SDK  
  
    implementation 'com.estimote:mustard:0.2.1'  
    // asukoha pärimise õigused  
  
    implementation 'com.estimote:scanning-plugin:0.25.4'  
    // ühilduvus Android 10-ga  
}
```

*Joonis 3. Programmile lisatud SDK, asukoha pärimisõigusi küsiv liides ja ühilduvus Android 10 kasutatavate seadmetega.*

Programmi sidumiseks nelja kasutatava majakaga tuli lisada Estimote Cloud mandaadid, mis tagavad programmis kasutatava Estimote SDK ja Estimote Cloud süsteemivahelise suhtluse. Estimote Cloud süsteemis genereeritakse selleks spetsiaalne identifikaator ja luba (ingl *token*), mis tuli lisada programmi joonisel 4 näidatud kujul.

```
EstimoteCloudCredentials cloudCredentials =  
    new EstimoteCloudCredentials("GENEREERITUD ID", "GENEREERITUD LUBA");
```

*Joonis 4. Programmile lisatud mandaadid.*

Tulemuseks on Estimote Cloud süsteemis registreeritud majakad seotud kirjutatava programmi-  
ga ning rakendus on valmis majakate poolt tuleva signaali tuvastamiseks ja rakendamiseks.

Majakatelt tuleva signaali tuvastamiseks loodi lähedusetuvastaja objekt (*Proximity Observer*), mis tuvastab, kui seade jõuab mõne süsteemis registreeritud majaka mõjupiirkonda. Joonisel 5 näidatud *proximityObserver* objekt kasutab õigete majakate signaali tuvastamiseks eelnevalt seadistatud mandaate (joonis 4) ning lisaks logib majakate signaali püüdmisel tekkinud vigu.

```
this.proximityObserver =  
    new ProximityObserverBuilder(getApplicationContext(), cloudCredentials)  
        .onError(new Function1<Throwable, Unit>() {  
            @Override  
            public Unit invoke(Throwable throwable) {  
                Log.e("app", "proximity observer error: " + throwable);  
                return null;  
            }  
        })  
        .withBalancedPowerMode()  
        .build();
```

Joonis 5. Majakate signaali tuvastav *proximityObserver* objekt.

Majakate mõjupiirkonda sisenemise ja väljumise jälgimiseks tuli luua läheduseala (*Proximity Zone*) objekt, mis tuvastab kindlasse kategooriasse kuuluvate majakate mõjupiirkondasid. Kuna eelnevalt majakate seadistamisel määrati kõik majakad kategooriasse *wards* ehk palatid, oli vaja ka ühte lähedusala. Joonisel 6 kirjutatud *ProximityZone* objekt tuvastab meetodiga *onEnter*, kui kasutaja siseneb kategooriasse *wards* kuuluvate majakate mõjupiirkonda ja meetodiga *onExit*, kui kasutaja majakate mõjupiirkonnast väljub.

```
final ProximityZone zone = new ProximityZoneBuilder()  
    .forTag("wards")  
    .inCustomRange(5.0)  
    .onEnter(new Function1<ProximityZoneContext, Unit>() {  
        @Override  
        public Unit invoke(ProximityZoneContext context) {  
            String wardNumber = context.getAttachments().get("ward-number");  
            Log.d("app", "Welcome to ward number " + wardNumber);  
            return null;  
        }  
    })  
    .onExit(new Function1<ProximityZoneContext, Unit>() {  
        @Override  
        public Unit invoke(ProximityZoneContext context) {  
            Log.d("app", "Leaving wards area");  
            return null;  
        }  
    })  
    })
```

Joonis 6. *ProximityZone* objekt, mis jälgib *wards* kategooriasse kuuluvate majakate mõjupiirkondi.

*ProximityZone* objektis määratakse ka kui kaugelt majaka signaalile kasutaja nutiseade reageerib, selles lahenduses on meetodiga *inCustomRange* selleks kauguseks määratud 5 meetrit (joonis 6).

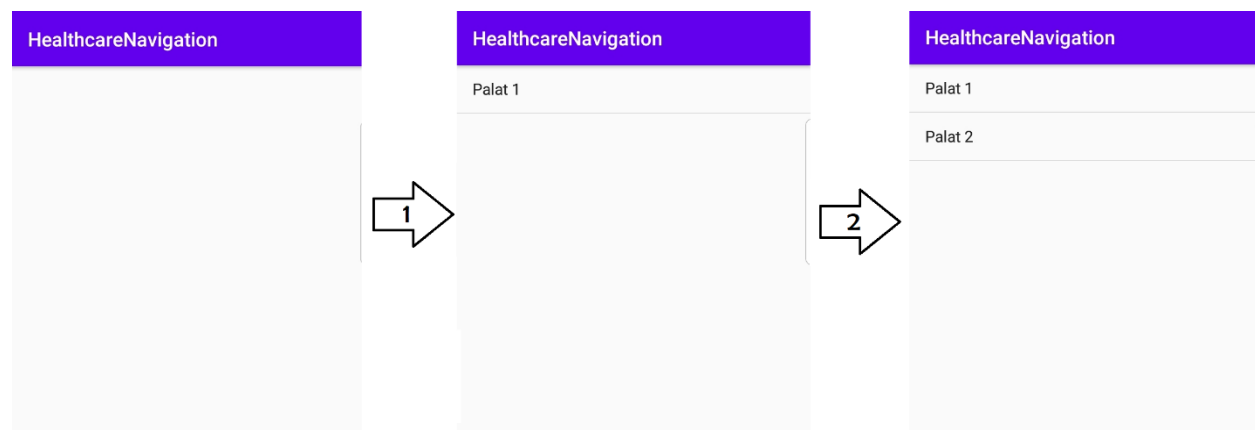
*ProximityZone* objekti kõige olulisem osa meie lahenduse kontekstis on meetod *onContextChange*, mis on kujutatud joonisel 7.

```
final ProximityZone zone = new ProximityZoneBuilder()
    .forTag("wards")
    .inCustomRange(5.0)
    // ...

    .onContextChange(new Function1<Set<? extends ProximityZoneContext>, Unit>() {
        @Override
        public Unit invoke(Set<? extends ProximityZoneContext> contexts) {
            wardNumbers.clear();
            for (ProximityZoneContext context : contexts) {
                wardNumbers.add("Palat " + context.getAttachments().get("ward-
                    number"));
            }
            arrayAdapter.notifyDataSetChanged();
            Log.d("app", "In range of wards: " + wardNumbers);
            return null;
        }
    })
    .build();
```

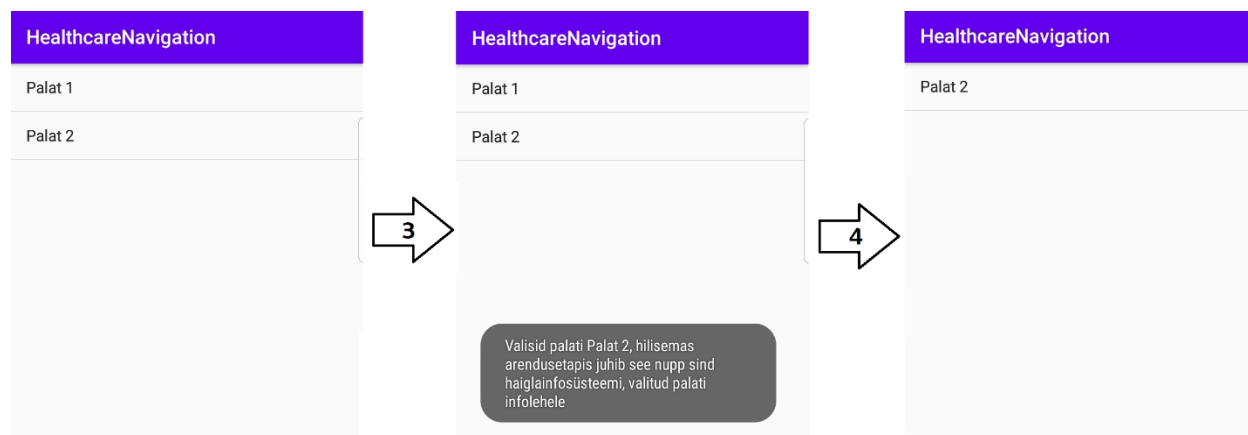
Joonis 7. *ProximityZone* objekti meetod *onContextChange*.

Iga kord, kui kasutaja siseneb või väljub oma nutiseadmega mingi majaka 5-meetrisest mõju-  
piirkonnast, tuvastab seda meetod *onContextChange* ning värskendab vastavalt kasutajale  
näidatud nimekirja palatitest *wardNumbers*, mida kasutaja saab valida.



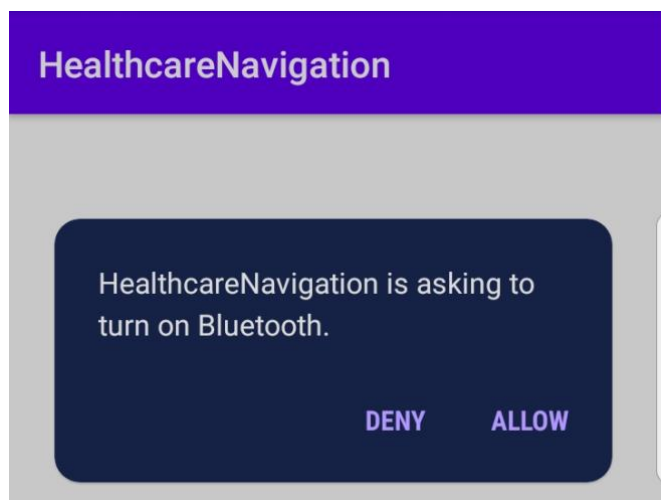
Joonis 8. Kasutaja vaate rakendusele, sammud 1 ja 2.

Kui kasutaja ei asu mitte ühegi majaka mõjupiirkonnas, siis tema nutiseadmele ei kuvata ühtegi valitavat palatit. Lähenedes palatile 1, siseneb kasutaja vastava majaka mõjupiirkonda ning tema mobiilirakenduses kuvatakse valikuna Palat 1, seda olukorda illustreerib samm 1 joonisel 8. Kasutaja liigub palatist 1 mööda ning läheneb palatile 2, sisenedes selle majaka mõjupiirkonda. Seejuures kasutaja ei välju veel palat 1 majaka mõjupiirkonnast, ehk kasutajale kuvatakse valikuna mõlemad palatid (joonis 8). Seejärel soovib kasutaja siseneda palati number 2 informatsiooni sisaldavale leheküljele.



Joonis 9. Rakenduse kasutajavaade, sammud 3 ja 4.

Kasutaja vajutab nupule „Palat 2“ ja nagu näidatud joonise 9 sammul 3, kuvatakse praeguses programmi arenguetapis kasutajale sõnum, et ta valis palati 2, kuid palati veebilehele ümbersuunamise funktsionaalsus on veel realiseerimata. Kasutaja liigub edasi ning väljub palat 1 majaka mõjupiirkonnast. Joonis 9 näitab, kuidas „Palat 1“ kaob ning järele jääb vaid palat number 2.



Joonis 10. Estimote Mustard liides küsib kasutajalt Bluetooth sisselülitamist.

Olukorras, kus rakenduse käivitamisel on nutiseadmes Bluetooth välja lülitatud, palub programm selle sisselülitamist, nagu on kujutatud joonisel 10. Koodiplokk, mis vastutab kasutaja nutiseadme vastavust erinevatele programmi nõuetele (näiteks Bluetooth), on kuvatud joonisel 11.

```
RequirementsWizardFactory
    .createEstimateRequirementsWizard()
    .fulfillRequirements(this,
        // onRequirementsFulfilled
        new Function0<Unit>() {
            @Override public Unit invoke() {
                Log.d("app", "requirements fulfilled");
                proximityObserver.startObserving(zone);
                return null;
            }
        },
        // onRequirementsMissing
        new Function1<List<? extends Requirement>, Unit>() {
            @Override public Unit invoke(List<? extends Requirement>
                requirements) {
                Log.e("app", "requirements missing: " + requirements);
                return null;
            }
        },
        // onError
        new Function1<Throwable, Unit>() {
            @Override public Unit invoke(Throwable throwable) {
                Log.e("app", "requirements error: " + throwable);
                return null;
            }
        }
    ));
```

Joonis 11. Programmi nõuetele vastavust kontrolliv koodiplokk.

Kokkuvõttes, kui kasutaja avab nutiseadmes rakenduse, kontrollib joonisel 11 kujutatud koodiplokk seadme vastavust programmi nõuetele. Kui kõik on korrektne, alustab objekt *ProximityObserver* parameetrina etteantud *ProximityZone* ala jälgimist meetodiga *startobserving(zone)*. Seejärel jätkub töö *ProximityZone* objektis seadistatud *onEnter*, *onExit* ja *onContextChange* meetodite järgi, mis jälgivad kui kasutaja väljub või siseneb mõne majaka mõjupiirkonda. Kasutaja asukohale vastavalt kuvatakse tema nutiseadmes nimekiri palatitest, mille lähedal ta asub.

#### 4.4 Edasiarendamise võimalused

Esimesi edasiarendusi, mida saaks valminud prototüübile lisada, on loodud lahenduse sidumine haigla infosüsteemiga nii riistvaraliselt kui ka tarkvaraliselt. Riistvaraliselt tuleks tellida ning paigaldada palatitele ja kabinettidele vastav arv majakaid ning realiseerida koodisüsteem majakate

märgistamiseks ja eristamiseks. Tarkvaraliselt tuleks siduda palateid kujutavad nupud haigla infosüsteemis eksisteerivate lehekülgedega. Rakvere Haigla oleks üks esimestest haiglatest, kus lõputööna loodud süsteem realiseeritakse ja testitakse.

Järgmise sammuna tuleks loodud mobiilirakendus muuta haigla infosüsteemis eseks rakenduseks, et kasutajad ei peaks palati valimiseks haigla infosüsteemi kinni panema. Seda saaks realiseerida nupuna, mis olenemata kasutaja asukohast haigla infosüsteemis asub lehekülje ülemises paremas nurgas. Nupule vajutades avaneb sarnane vaade praeguse mobiilirakenduse vaatega, kus kasutajale kuvatakse kõik lähedal olevad palatid ja kabinetid.

Lisaks kaasaskantavatele nutiseadmetele võetakse haiglates aina rohkem kasutusele teisaldatavaid Computer on Wheels (COW) tööjaamasid [23], mida võib kirjeldada kui liikuvatele kärudele paigutatud arvuteid (joonis 12). Kui haiglas on kasutusel sellised tööjaamad, saab ka need siduda loodud majakate süsteemiga ning kuvada nendel asukohapõhist informatsiooni.



Joonis 12. Teisaldatav COW tööjaam [23].

Olles realiseerinud haiglas majakate võrgustiku, saab luua uusi tarkvaralisi lahendusi, mis kasutavad majakate signaale. Oleks võimalik luua peatükis 3.3.4 kirjeldatud rakendust, mis aitaks haigla külastajatel efektiivsemalt navigeerida haiglas. Riistvaraliselt ei peaks mitte midagi lisama, kuna navigeerimiskirakendus saaks kasutada täpselt samu majakate poolt edastatavaid signaale, mida kasutab selle töö käigus valminud haigla infosüsteemis navigeerimist lihtsustav lahendus.

Varustades haiglatöötajaid spetsiaalsete käepaeltega, mis sisaldaksid endas Bluetooth tehnoloogiat, oleks võimalik kriitilises olukorras määrata nende asukohta haiglas. Tavaliselt sellistes olukordades, kui haiglas otsitakse taga kirurgi, on aeg üks olulisemaid tegureid [24]. Süsteem, kus haiglatöötajad on kohustatud kandma käepaelu, mille abil oleks võimalik neid kiiresti haiglas leida, võiks päästa inimeste elusid. Haiglatöötajate asukoht haiglas oleks konfidentsiaalne ning

sellele oleks ligipääs vaid kriitilistes olukordades. Käepaelad saaksid sarnaselt nutiseadmetele majakatelt kätte signaali, mille abil oleks võimalik määrata nende asukohta.

Sarnaselt haiglatöötajate asukoha jälgimisele oleks võimalik jälgida ka haiglas asuvate riskigrupis patsientide asukohta. Riskigrupis patsiendid on näiteks patsiendid vaimse tervise probleemidega või kes peavad tarbima väga tugevaid ravimeid, mis võivad nende käitumist mõjutada. Kui mõni patsient lahkub omavoliliselt oma palatist, oleks võimalik teda selle tehnoloogia abiga haiglast üles leida ja taastada talle turvaline keskkond.

Lisaks inimeste asukoha jälgimisele saaks varustada Bluetooth tehnoloogiaga erinevaid haiglas kasutatavaid aparate ja masinaid. Haiglavarustus on tihti väga kallis ning selle efektiivne kasutamine on väga oluline. Leiti, et haiglad kulutavad 10-20% rohkem raha üleliigsele haiglavarustusele lihtsalt selleks, et haiglatöötajatel oleks vajadusel suurem tõenäosus see üles leida [25]. Kui haiglatöötaja vajaks mingit seadet, leiaks ta selle asukoha haigla infosüsteemist vaid mõne nupuvajutusega.

## 5. Kokkuvõte

Töö eesmärk oli luua süsteem, mis võimaldaks tuvastada haiglatöötajate asukohta ning selle abil lihtsustada ja kiirendada nende navigeerimisprotsessi haigla infosüsteemis. Töö käigus valmis lahendus, mis kasutab Bluetooth Low Energy andureid ja haiglatöötajate nutiseadmeid töötajate asukoha määramiseks. Navigeerimise lihtsustamiseks kuvatakse mobiilirakenduses haiglatöötajatele palatite nimekiri, mille lähedal nad parajasti asuvad. Kui ühendada lahendus olemasoleva haigla infosüsteemiga, on võimalik nimekirjas olevad palatid siduda haigla infosüsteemi palatite lehekülgedega. Töös kirjeldati olemasolevaid Bluetooth Low Energy tehnoloogiat kasutavaid lahendusi erinevates valdkondades ning tehnoloogiat võrreldi teiste alternatiividega. Samuti leiti mitmeid edasiarendamise võimalusi, mis kasutaksid lõputöö käigus valminud prototüübi süsteeme.

## 6. Viidatud kirjandus

[1] Kabene S M, Orchard C, Howard J M, Soriano M A, Leduc R. The importance of human resources management in health care: a global context. 2006.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1552082/> (06.05.2020)

[2] Gudino M. How Do Motion Sensors Work? Types & Applications. 2018.

<https://www.arrow.com/en/research-and-events/articles/how-motion-sensors-work>

(06.05.2020)

[3] Keenan M. NFC vs. Bluetooth beacons: More different than similar. 2019.

<https://www.avnet.com/wps/portal/abacus/resources/article/nfc-vs-bluetooth-beacons/>

(06.05.2020)

[4] Babu P. How Beacons can Revolutionise Healthcare. 2018.

<https://blog.beaconstac.com/2015/12/how-beacons-can-revolutionise-healthcare/> (06.05.2020)

[5] Rouse M. Wibree (Baby Bluetooth). 2006.

<https://searchmobilecomputing.techtarget.com/definition/Wibree> (06.05.2020)

[6] EDN. The basics of Bluetooth Low Energy (BLE). 2016.

<https://www.edn.com/the-basics-of-bluetooth-low-energy-ble/> (06.05.2020)

[7] Meola A. Rise of M-Commerce: Mobile Ecommerce Shopping Stats & Trends in 2020. 2019.

<https://www.businessinsider.com/mobile-commerce-shopping-trends-stats> (06.05.2020)

[8] Growth Engineering. What is the Definition of Gamification?. 2018.

<https://www.growthengineering.co.uk/definition-of-gamification/> (06.05.2020)

[9] ibeaconinsider. What is iBeacon? A Guide to Beacons.

<http://www.ibeacon.com/what-is-ibeacon-a-guide-to-beacons/> (06.05.2020)

[10] Wolf P. Melbourne mall uses iBeacon to promote shopping offers. 2014.

<https://www.itnews.com.au/news/melbourne-mall-uses-ibeacon-to-promote-shopping-offers-391003> (06.05.2020)

- [11] ibeaconinsider. London's Regent Street adopts iBeacon. 2014.  
<http://www.ibeacon.com/londons-regent-street-adopts-ibeacon/> (06.05.2020)
- [12] Girish D. How Beacons can make the Mall Experience more Delightful. 2019.  
<https://blog.beaconstac.com/2014/08/how-beacons-can-make-the-mall-experience-more-delightful/> (06.05.2020)
- [13] Harpham B. How the Internet of Things improves air travel. 2016.  
<https://www.cio.com/article/3074125/how-the-internet-of-things-improves-air-travel.html>  
(06.05.2020)
- [14] Business Insider. Beacons are thriving in sports arenas. 2016.  
<https://www.businessinsider.com/beacons-are-thriving-in-sports-arenas-2016-8> (06.05.2020)
- [15] American Museum of Natural History. Bluetooth Beacons Help Navigate Museum Halls. 2015.  
<https://www.amnh.org/explore/news-blogs/news-posts/bluetooth-beacons-help-navigate-museum-halls> (06.05.2020)
- [16] Flockett A. Bluetooth low energy possibilities in healthcare. 2017.  
<https://www.electronicsspecifier.com/news/blog/bluetooth-low-energy-possibilities-in-healthcare> (06.05.2020)
- [17] Centrak. The Buzz about BLE: Bluetooth Low Energy in Healthcare.  
<https://centrak.com/blog/bluetooth-low-energy-in-healthcare/> (06.05.2020)
- [18] Clark J. What is the Internet of Things?. 2016.  
<https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/> (06.05.2020)
- [19] U.S Food and Drug Administration. Infusion Pumps. 2018.  
<https://www.fda.gov/medical-devices/general-hospital-devices-and-supplies/infusion-pumps>  
(06.05.2020)

- [20] eClinicalWorks. 2013 Physician Survey: Mobile Health Applications. 2013.  
<https://www.slideshare.net/eclinicalworks/eclinicalworks-patient-engagement-survey>  
(06.05.2020)
- [21] Estimote. About Estimote. 2020.  
<https://estimote.com/about/> (06.05.2020)
- [22] Android Studio. Android Studio. 2020.  
<https://developer.android.com/studio> (06.05.2020)
- [23] medicow. The importance of Computer on Wheels (COW) in Healthcare. 2016.  
<https://medium.com/@medicowonline/the-importance-of-computer-on-wheels-cow-in-healthcare-6a32378c7312> (06.05.2020)
- [24] Augur H. 15 Top Bluetooth-Based IoT Uses in Healthcare. 2017.  
<https://kontakt.io/blog/10-top-bluetooth-tag-uses-in-healthcare/> (06.05.2020)
- [25] Boulos M N K, Berry G. Real-time locating systems (RTLS) in healthcare: a condensed primer. 2012.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3408320/> (06.05.2020)

## Lisad

### Litsents

#### **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Richard Önnis

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose *Haiglatöötajatele kontekstipõhise informatsiooni kuvamine nende asukoha määramise abiga*, mille juhendajad on Ahti Peder ja Igor Bossenko, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 3.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Richard Önnis

06.05.2020