

Tapio Ohtonen

Lääkintälaitteiden seuranta Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymässä



Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka
Kevät 2021



KAMK • University
of Applied Sciences

Tiivistelmä

Tekijä: Ohtonen Tapio

Työn nimi: Lääkintälaitteiden seuranta Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymässä

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), tieto- ja viestintätekniikka

Asiasanat: BLE, WLAN, RFID, magneettipaikannus, RSSI, laitepaikannus, reaaliaikainen paikannus

Työn tilaajana toimi Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymän Kainuun keskussairaalan teknisten palveluiden laitetekniikka. Laitetekniikan tehtäviä ovat terveydenhuollon laitteiden ja apuvälineiden ylläpito. Tähän kuuluvat asennukset, ennakoiva huolto ja korjaus. Laitetekniikka vastaa myös laiterekisterin ylläpidosta, uusien laitteiden hankintatuesta, vastaanottotarkastuksista, sähköturvallisuusmittauksista, kalibroinneista sekä laadunvarmistusmittauksista.

Työn tavoitteena oli käyttöönottaa 9Solutionsin laitepaikannusjärjestelmä Kainuun keskussairaalalle. Käyttöönottoon kuului opetusmateriaalien tuottaminen ja henkilöstön kouluttaminen. Opinnäytetyön tavoitteena oli perehtyä laitepaikannukseen, aiheeseen liittyviin teknologioihin ja tehdä perehtymisen perusteella selvitystä lääkitäilaitteiden paikannukseen Kainuun keskussairaalalle. Perehdytyt teknologiat olivat Bluetooth low energy, langaton lähiverkko, radiotaajuinen etätunnistus ja magneettipaikannus.

Reaaliaikaista laitepaikannusta hyödynnetään erilaisissa ympäristöissä erilaisiin tarpeisiin. Hankitut teknologiat ja järjestelmäratkaisut heijastavat näitä tarpeita. Lääkitäilaitteiden seurannassa laitteiden tulee olla käyttöympäristöön sopivia, eivätkä ne saa aiheuttaa häiriöitä hoitotyölle. Tämän vuoksi laitteiden tulee olla hyvin standardisoituja sekä liikkuvia.

Opinnäytetyön sisältö tehtiin ohjausryhmän toiveiden mukaan. Ohjausryhmä pyysi selvittämään, minkälaisia laitepaikannusteknologioita Kainuun keskussairaalalla voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa ja onko tarvetta hankkia uusia järjestelmiä nykyisten järjestelmien lisäksi. Opinnäytetyön perusteella Kainuun keskussairaala on tehnyt itselleen sopivan laitepaikannusratkaisun, eikä tarvitse hankkia nykyisiin tarpeisiinsa uusia järjestelmiä lääkitäilaitteiden paikannukseen.

Tuloksena saatiin aikaan lääkitäilaitteiden paikannusjärjestelmän käyttöönotto sekä laitepaikannukseen perehtynyt opinnäytetyö. Tulevaisuudessa opinnäytetyötä voidaan hyödyntää laitehankintoja suunniteltaessa. Työtä voitaisiin jatkokehittää vertaamalla eri sairaaloiden käyttämiä lääkitäilaitteiden paikannusteknologioita ja ratkaisuja.

Abstract

Author: Ohtonen Tapio

Title of the Publication: Monitoring of Medical Devices in Kainuu Social and Health Care Joint Authority

Degree Title: Bachelor of Engineering, Information and Communication Technology

Keywords: BLE, WLAN, RFID, magnetic positioning, RSSI, device positioning, real-time positioning

The work was commissioned by Kainuu Social and Health Care Association, more precisely Kainuu Central Hospital's technical services device technology department. The tasks of the device technology department are the maintenance of healthcare equipment and aids. This includes installations, preventive maintenance, and repair. The department is also responsible for maintaining the equipment register, purchasing support for new equipment, acceptance inspections, electrical safety measurements, calibrations, and quality assurance measurements.

The aim of the work was to implement 9Solutions device positioning system for Kainuu Central Hospital. Deployment included the production of teaching materials and staff training. The aim of the thesis was to get acquainted with device positioning, technologies related to device positioning and to make a study of the positioning of medical devices for Kainuu Central Hospital. Studied technologies included Bluetooth low energy, wireless local area network, radio frequency identification, and magnetic positioning.

Real-time device positioning is utilized in different environments for different needs. Acquired technologies and system solutions reflect these needs. When monitoring medical devices, the devices must be suitable for the operating environment and must not interfere with nursing work. Therefore, the equipment must be well standardized as well as mobile.

The content of the thesis was made according to the wishes of the steering group. The steering group asked to find out what kind of device location technologies could be utilized at Kainuu Central Hospital in the future and whether there is a need to acquire new systems in addition to the existing ones. Based on the thesis, Kainuu Central Hospital has made a suitable device positioning solution for them. Furthermore, they do not have to acquire new systems for locating medical devices for their current needs.

The result was the introduction of a medical device positioning system and a thesis familiar with device positioning. In the future, the thesis can be utilized when planning equipment purchases. The work could be further developed by comparing the medical device location technologies and solutions used by different hospitals.

Alkusanat

Työssä käydään läpi useita teknologioita ja tehdessä piti harkita tarkkaan, miten syvälle missäkin aiheessa on menty. Työn valmistumista avustivat useat henkilöt. Haluan kiittää erityisesti insinööriyön ohjauksesta Asko Kinnusta, kielellisestä ohjauksesta Eero Soinista ja työnantajan edustajaa Juha Kyllöstä.

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Mitä on laitepaikannus.....	3
2.1	Paikannustarkkuus	3
2.2	Luotettavuus.....	3
2.3	Sisäpeittoalan kattavuus	4
2.4	Laajennettavuus	4
2.5	Hankinta- ja elinkaarikustannukset.....	4
2.6	Tietoturvallisuus	5
3	Reaaliaikainen laitepaikannusjärjestelmä	6
3.1	Lähetin	8
3.2	Vastaanotin	8
4	Laitepaikannusteknologiat	10
4.1	Bluetooth LE (BLE)	10
4.2	Bluetooth 5.....	12
4.2.1	BLE-majakka	13
4.2.2	RSSI (vastaanotetun signaalin tehon indikaattori).....	14
4.2.3	BLE-laitepaikannus	15
4.3	WLAN.....	16
4.3.1	WLAN laitepaikannuksessa	16
4.4	RFID (radiotaajuinen etätunnistus)	17
4.4.1	Passiivinen RFID.....	18
4.4.2	Aktiivinen RFID	19
4.5	Magneettipaikannus.....	19
5	Laitepaikannus Kainuun Sotessa	21
6	Opinnäytetyön toteutus	22
7	Opinnäytetyön tekeminen.....	23
7.1	Laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotto	23
8	Pohdinta	25
8.2	Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys	25

9	Yhteenveto	27
	Lähteet	30
	Liitteet.....	33

Symboliluettelo

ACK	Signaali, jota lähetetään prosessien välissä kuittauksena osana kommunikaatioprotokollaa.
AES	Lohkosalausmenetelmä.
BLE	(Bluetooth low energy) lyhyen matkan likiverkkotekniikka.
bps	Bittiä sekunnissa.
Broadcast	Verkkotopologia, jota käytetään yhdestä moneen yhteyksissä.
CCM mode	Salaustekniikan salauslaitteiden toimintatila.
CRC	(Cyclic redundancy check) virheen tunnistuskoodi, jolla on tarkoitus tunnistaa vahingollista raakadatan vaihtoa. Yleisesti käytetty digitaalisissa verkoissa.
dB	Desibeli, dimensioton yksikkö, joka vertailee tehosuurteiden suhteita logaritmisella asteikolla.
FFC	(Forward error correction) tekniikka, jolla hallitaan virheitä datasiirrossa. Tekniikkaa käytetään epäluotettavissa tai meluisissa kanavissa.
GNSS	(Global Navigation Satellite System) Globaali satelliittinavigointijärjestelmä.
GPS	(Global Positioning System) maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä
Hz	Hertsi on SI-järjestelmän taajuuden yksikkö.
ID	(Identification) tarkoittaa yksilöllistä tunnusta.
IEEE	(Institute of Electrical and Electronics Engineers) kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
IoT	(Internet of things) tavaroiden internetti.

Mesh	Verkkotopologia, jota käytetään monesta moneen laitteen kommunikoinnissa.
Point-to-Point	Kahden laitteen välinen verkkotopologia.
RFID	(Radio frequency identification) radiotaajuinen etätunnistus.
RSSI	(Received signal strength indicator) vastaanotetun signaalin voimakkuuden ilmaisin.
RTLS	(Real time locating system) reaaliaikainen paikannussysteemi.
WLAN	(Wireless local area network) langaton lähiverkko, josta monesti käytetään kaupallista nimitystä Wi-Fi.

1 Johdanto

Työn tilaaja Kainuun keskussairaala kuuluu Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymään, joka vastaa Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollosta. Kainuun keskussairaala vastaa Kainuun erikoissairaanhoidon tasoista terveydenpalveluista. Sairaalan toiminta kattaa suurten erikoisalojen polikliinisen toiminnan, vuodeosastotoiminnan ja niiden tarvitsemat tukipalvelut. Sairaalasi-joja sairaalassa on yhteensä 221. Palveluiden tuottamiseen osallistuu vajaat tuhat terveydenhuollon ammattilaista. (1)

Laittepaikannus tapahtuu nykyään lähes aina reaaliaikaisesti. Reaaliaikaista laitepaikannusta voidaan toteuttaa useilla eri tavoilla ja tekniikoilla. Kulunvalvontaa ja kulkuaukkojen kautta tapahtuvaa laite-seuranta-toteutetaan yleensä passiivisilla RFID (radiotaajuuden etämitta-
us) tunnistilla. Aktiivista laitteen sijainnin tarkkailua voidaan toteuttaa esimerkiksi BLE-majakoilla, aktiivisilla RFID-tunnisteilla, WLAN-tunnisteilla tai magneettipaikannuksella. (2,3)(29)

Kainuun keskussairaalassa lääkintälaittepaikannus toteutetaan tällä hetkellä 9Solutionsin toimit-
tamalla järjestelmällä. Järjestelmä käyttää olemassa olevaa BLE-verkkoa, jota käytetään hoitaja-
kutsujärjestelmässä. Laittepaikannuksessa seurattaviin lääkintälaitteisiin on lisätty ohjelmoitavat BLE-tagit. Kainuun keskussairaalassa hyödynnetään myös passiivisia RFID-tunnisteita henkilökun-
nan kulunvalvonnassa, muttei laitepaikannuksessa. (4,5)

Laittepaikannusjärjestelmän tehtävänä on mahdollistaa laitteiden valvonta ja seuranta, vähentää
työn määrää automaation kautta, lisätä tehokkuutta säästämällä aikaa sekä resursseja. (6) Reaa-
liaikaisen paikannusjärjestelmän tavoitteena on asiakkaan tarpeiden mukaan paikantaa, seurata,
hallita omaisuutta ja tavaroita tai henkilöitä sekä helpottaa asiakasta tekemään tietoisia ratkai-
suja. (2,6)

Työn teoriaosuus on kaksiosainen. Ensimmäisessä osuudessa perehdytään laitepaikannukseen ja
laittepaikannusteknologioihin. Toisessa osuudessa vedetään yhteen esitettyä teoriatietoa ja poh-
ditaan tehtyjen yhteenvetojen perusteella lääkintälaitteiden paikannusta Kainuun keskussairaa-
lan näkökulmasta. Työn käytännön osuudessa esitellään 9Solutionsin laitepaikannusjärjestelmän

käyttöönotto. Työ päättyy kerätyn tiedon ja kokemusten perusteella syntyneeseen pohdintaan ja yhteenvetoon.

2 Mitä on laitepaikannus

Laitapaikannus tarkoittaa erilaisten ja erikokoisten laitteiden seuranta, paikannusta ja kulunvalvontaa. Laitapaikannus voidaan toteuttaa useilla erilaisilla teknologioilla ja tavoilla. Nykyään laitepaikannus toteutetaan lähes aina reaaliaikaisesti. (2)

Sisätilan laitepaikannusjärjestelmää suunniteltaessa on huomioitava tiettyjä asioita kuten tavoiteltava paikannustarkkuus, luotettavuus, sisäpeittoalan kattavuus, järjestelmän mahdollinen laajentaminen myöhemmin, liityntärajapinnat toisiin järjestelmiin, hankinta- ja elinkaarikustannukset, systeemin tietoturvasuus ja kyseisen järjestelmän huollettavuus. (7)

2.1 Paikannustarkkuus

Laitapaikannuksessa tarkkuus on yksi tärkeimmistä määrittävistä tekijöistä. Laitapaikannuksessa tarkkuudella tarkoitetaan sitä, miten tarkasti käytetty järjestelmä pystyy tunnistamaan laitteen todellisen sijainnin suhteutettaessa järjestelmän arvioimaan sijaintiin. Esimerkkinä järjestelmän tarkkuudesta järjestelmä ilmoittaa, missä huoneessa tai kerroksessa seurattava laite on. Järjestelmiä pystytään myös yhdistämään päästökseen haluttuun tarkkuuteen. (7)

2.2 Luotettavuus

Luotettavuus laitepaikannuksessa tarkoittaa sitä, miten erilaiset ongelmat kuten dataliikenteen häiriöt, sähkönsyötön ongelmat sekä määräaikaishuollot vaikuttavat järjestelmän toimivuuteen. Laitapaikannusta hankittaessa pitää miettiä ympäristön kriittisyyden mukaan, miten erilaisiin ongelmatilanteisiin pystytään reagoimaan. Esimerkiksi miten voidaan varmistaa hätätilanteessa varavoimansyöttö ja miten tärkeitä on, että tähän varaudutaan. (7)

2.3 Sisäpeittoalan kattavuus

Laitapaikannusjärjestelmältä vaadittu sisäpeittoalue pystyy käsittämään rakennuksen osan, koko rakennuksen tai jopa useamman rakennuksen joukon. Sisäpeittoalueesta voi olla tarpeen myös pystyä rajoittamaan tiettyjä alueita pois esimerkiksi intiimisyistä. Sisäpeittoalueen lisäksi järjestelmään voidaan haluta lisätä ulkopaikannusta. Tämä yleensä kannattaa toteuttaa jollain muulla teknologialla kuin sisätilanpaikannus. (7)

2.4 Laajennettavuus

Hankittaessa laitepaikannusjärjestelmää on tärkeää selvittää laajennusmahdollisuudet. Hankittaessa pitää selvittää, pystyykö tulevaisuudessa järjestelmää yhdistämään muiden laitevalmistajien laitteiden kesken tai pystytäänkö samaa järjestelmää laajentamaan sekä hyödyntämään tarvittaessa suuremmalla alueella tai suuremmalla käyttäjä/laitemäärällä. (7)

2.5 Hankinta- ja elinkaarikustannukset

Paikannusjärjestelmänkustannuksia voidaan mitata rahassa, ajassa, tilassa ja energiassa. Näihin pystyy vaikuttamaan järjestelmän useat eri vaiheet kuten järjestelmän asennus ja huolto, infrastruktuurin komponentit sekä itse paikannuslaitteisto. (7)

Järjestelmän asennus- ja huoltokustannukset kattavat laitteiston käyttöönoton ja mitä tarvitaan käyttöönoton jälkeen järjestelmän ylläpidossa. Infrastruktuurikustannuksiin vaikuttaa, se voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa verkostoa. Tämän vuoksi useasti langattomia lähiverkko-yhteyksiä hyödyntävät järjestelmät ovat kustannustehokkaita. (7)

Energiankulutus on katsottu kriittiseksi osaksi laitepaikannusta, koska se vaikuttaa järjestelmäkatkoihin ja siihen, miten liikkuvia ratkaisuja paikannusjärjestelmistä pystytään tekemään. Jotkin järjestelmät käyttävät paljon energiaa ja vaativat käytännössä verkkovirtaa virransyötöksi, kun taas BLE-tagit pystyy toimimaan vuosia yhdellä paristolla ja passiiviset RFID-tagit ovat energiapassiivisia. (7)

2.6 Tietoturvallisuus

Laitapaikannusjärjestelmillä pystytään seuraamaan henkilöiden liikkumista laitteiden paikannuksen perusteella. Tämän vuoksi järjestelmä on suojattava riittävällä tasolla henkilöiden yksityisyyden turvaamiseksi. Turvallisuusmenetelmät tulisi asentaa ja ylläpitää siten, että ne suojelevat dataa häiriöiltä, varkauksilta ja väärinkäytöltä. (7)

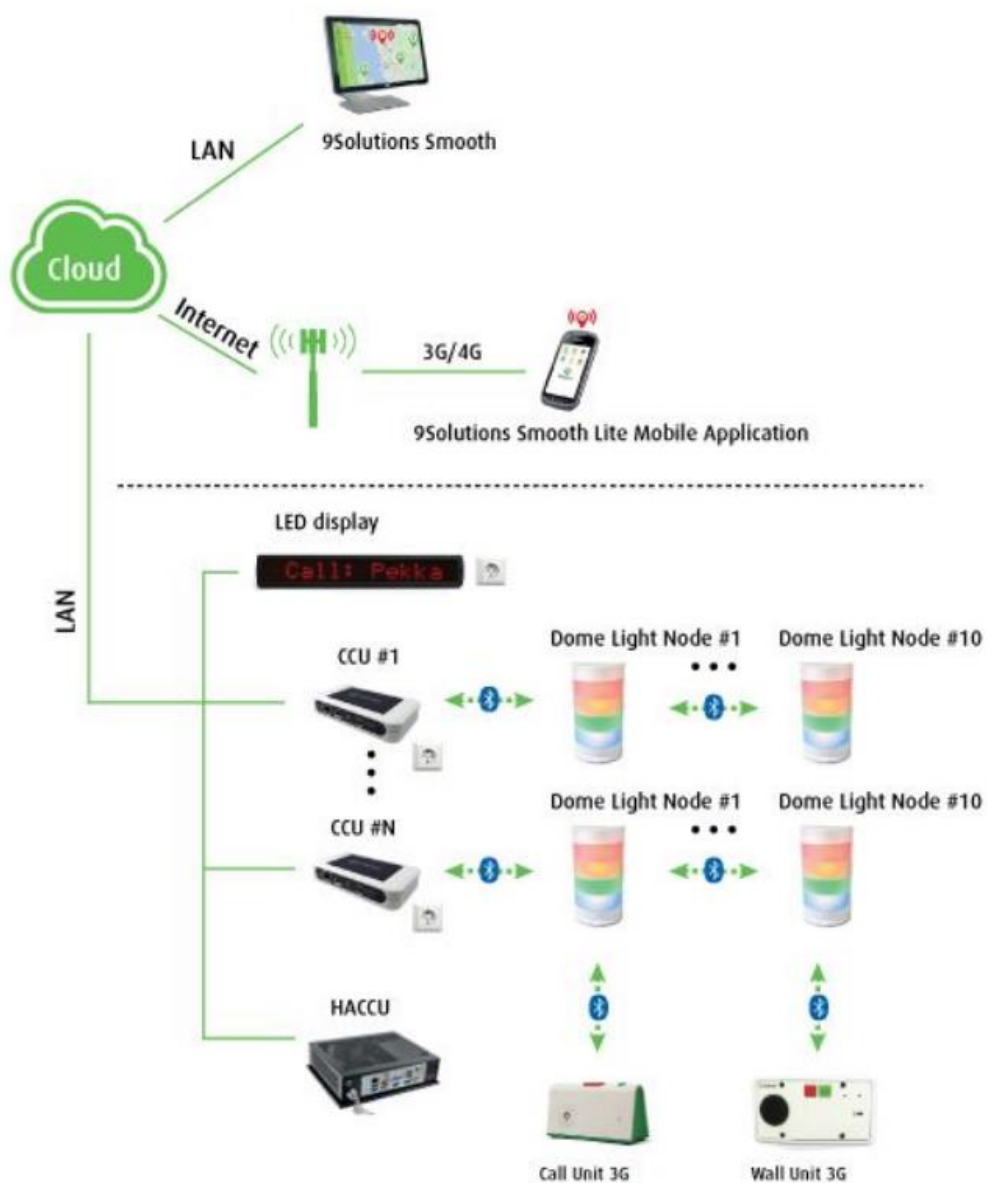
3 Reaaliaikainen laitepaikannusjärjestelmä

Reaaliaikainen laitepaikannusjärjestelmä paikannus RTLS (Real-time locating systems) perustuu erilaisiin teknologioihin. On olemassa järjestelmiä, joissa seurattaviin laitteisiin kiinnitetään paikannustunnisteet ja erilaiset muut laitteet toimivat paikannuksen tukiasemina. (5)

RTLS on käytännöllinen niin teollisuudessa kuin sairaalamaailmassa. Erikokoiset organisaatiot ovat ottaneet niitä käyttöön moniin erilaisiin käyttötarkoituksiin. Sairaalamaailmassa RTLS:ää käytetään esimerkiksi laitepaikannuksessa ja kulunvalvonnassa. (3)

Mitä RTLS tarkoittaa? RTLS tarkoittaa reaaliaikaista paikannussysteemiä, mikä voi viitata mihin tahansa systeemiin, joka tarkasti esittää kohteen sijainnin. RTLS ei siis ole mikään yksittäinen systeemi tai teknologia. RTLS on kooste erilaisista paikannusratkaisuista. Datan käyttö vaihtelee sovelluksien käyttötarkoituksen mukaan. Joissakin järjestelmissä seurataan ainoastaan laitteiden kulkua, kun ne ohittavat kiintopisteen. Toisenlaisissa järjestelmissä dataa lähdetetään jatkuvasti. Ideaalinen RTLS pystyy tarkasti paikantamaan, seuraamaan, hallitsemaan omaisuutta sekä henkilöitä ja helpottamaan yrityksiä tekemään tietoisia ratkaisuja kerätyn datan perusteella. (2).

Kuvassa 1 on esitetty 9Solutionsin RTLS-järjestelmän arkkitehtuuri. Kuvasta nähdään, että palvelimena toimii pilvi. Pilveen dataa tulee LAN-yhteyden kautta. LAN-verkko saa datansa Bluetoothin kautta erilaisilta vastaanottimilta. Vastaanottimilta saatu data tuodaan käyttäjälle pilven kautta. Käyttäjä pystyy sitten tarkastelemaan dataa erilaisten päätteiden läpi. 9Solutionsin tapauksessa tämä tarkoittaa tietokone- ja puhelinsovelluksia.



Kuva 1. 9Solutions RTLS esimerkinä. (8)

RTLS-järjestelmä koostuu seuraavista peruskomponenteista: lähettimestä, vastaanottimesta ja ohjelmistosta, joka tulkitsee samaansa dataa lähettimistä ja vastaanottimista. Systemin monimutkaisuus, valitut teknologiat ja sovelluksen syvyys tulevat ratkaisemaan sen, miten paljon laitteistoa ja ohjelmistoa ideaalisen reaaliaikaisen laitepaikannusjärjestelmän tekemiseen vaaditaan.

(2)

3.1 Lähetin

Lähetin liitetään henkilöön tai laitteeseen yksilöimään kyseinen henkilö tai laite. Lähetin yleensä vastaanottaa signaalin vastaanottimelta ja vastaa takaisin yksilöllisellä ID:llä. Lähetin pystyy myös lähettämään aloitussignaalin, jos lähetin omaa sisäisen voimanlähteen. (2)

Käytetyn teknologian ja sovelluksen käyttötarkoitusten mukaan lähetin pystyy olemaan:

- ❖ RFID-tunniste
- ❖ Bluetooth-majakka
- ❖ Älykäs laite
- ❖ Wi-Fi-tunniste
- ❖ GPS/GNSS-tunniste
- ❖ Ultraääni-tunniste
- ❖ Infrapuna-tunniste

3.2 Vastaanotin

Vastaanotin on laitteisto virtalähteellä, joka on yhdistetty verkkoon. Se lähettää ja vastaanottaa signaaleja lähettimeltä. Vastaanotin lähettää eteenpäin kerätyn datan taustalla toimivalle järjestelmälle tai tietokannalle. Joissakin järjestelmissä vastaanottimet pystyvät olemaan osa olemassa olevaa infrastruktuuria. Toisissa järjestelmissä vastaanottimet pitää hankkia erikseen ja sisällyttää sovellusympäristöön. (2)

Riippuen käytetystä teknologiasta ja sovelluksen tarkoituksesta laitteistona pystyy käyttämään:

- ❖ Lukijoita
- ❖ Paikannussensoreita

- ❖ Tukiasemia
- ❖ Vastaanottimia
- ❖ Majakkoja
- ❖ Älykkäitä laitteita

4 Laitapaikannusteknologiat

Useat eri teknologiat ovat kykeneviä reaaliaikaiseen laitepaikannukseen. Jokaisella on omat etunsa ja haittansa. Se, mitä teknologiaa halutaan käyttää, riippuu aina asiakkaasta ja hänen tarpeestaan. Joillakin teknologioilla pystytään toteuttamaan hyvinkin tarkkaa seuranta reaaliaikaisesti, mutta usein se tarkoittaa lyhentynyttä akunkestoa. Joissakin teknologioissa käyttöönotto-kustannukset voivat nousta hyvinkin korkeiksi. Toisissa järjestelmissä voidaan hyödyntää asiakkaalla jo olemassa olevaa infrastruktuuria. (9)

4.1 Bluetooth LE (BLE)

BLE on saanut alkunsa Nokian kehittämästä Weber-teknologiasta. Nokia aloitti teknologian kehityksen 2001, Weber julkaistiin 2006. 2007 Weber lisättiin osaksi BLE. Bluetooth SIG (Bluetooth Special Interest Group) on standardisointiorganisaatio, joka on vastuussa Bluetooth standardien kehittämisestä sekä Bluetooth-teknologian ja tavaramerkkien lisensoinnista yrityksille. (10)

BLE on lyhyenmatkan lähiverkkotekniikka, jota langattomat laitteet käyttävät. Tällaisia BLE-laitteita voivat olla esimerkiksi kännykät, sykemittarit ja laitepaikantimet. BLE perustuu Bluetoothiin. BLE:n tavoitteena on pieni energiankulutus, mikä saavutetaan pelkistetyllä liikennöinnillä. BLE-laitteet voivat toimia paristolla useita vuosiakin ilman vaihtoa. (11,10)

Taulukosta 1 nähdään, että Bluetooth ja BLE ovat hyvin samankaltaisia. BLE:n etuina, kuten edellä onkin mainittu, on sen virran kulutus ja muokattavuus erilaisiin sovelluksiin.

Taulukko 1. Bluetooth ja BLE teknisiä tietoja.

	Bluetooth teknologia	Bluetooth Low Energy teknologia
Etäisyys	100 m	<100 m
Ilmassa kulkeva datanopeus	1–3 Mbps/s	125 kbit/s – 1 Mbit/s – 2 Mbit/s
Sovelluksen ulostulo	0,7–2,1 Mbps/s	0,27–1,37 Mbps/s
Aktiiviset rennit	7	Ei ole määritetty, riippuu käyttötar-koituksesta
Turvallisuus	56/128-bit ja käyttäjäpuoli määrittää	128-bit AES in CCM mode, käyttäjäpuolen sovellus määrittää
Rotevuus	Muokkautuva nopea taajuushyp-pely, FEC, Nopea ACK	Muokkautuva nopea taajuushyp-pely, 24-bit CRC, 32-bit viestin yhte-näisyyden tarkastus
Viive	yleensä 100 ms	6 ms
Vähimmäisaika lähettää dataa	0,625 ms	3 ms
Puhetuki	Kyllä	Ei
Verkon topologia	Point-to-Point, Broadcast	Point-to-Point, Broadcast, Mesh
Voiman kulutus	1 W	0,01–0.50 W (riippuu käyt-tökohteesta)
Virran huippu kulutus	<30 mA	<15 mA
Palvelun löydet-tävyys	Kyllä	Kyllä
Pääasialliset käyttökohteet	Matkapuhelimet, pelit, kuulokkeet, stereoäänen suoratoisto, älykkäät kodit, puettavat tarvikkeet, autoteollisuus, tietokoneet, turvallisuus, läheisyys, terveydenhuolto, urheilu ja kunto jne.	Matkapuhelimet, pelit, älykkäät ko-dit, puettavat tarvikkeet, autoteolli-suus, tietokoneet, turvallisuus, lä-heisyys, terveydenhuolto, urheilu ja kunto, teollisuus jne.

4.2 Bluetooth 5

Bluetoothista on tehty useita versioita vuosien varrella. Uusien versioiden mukana on tullut uusia ominaisuuksia ja toimintoja. Uudet versiot tukevat edellisiä versioita ja pystyvät toimimaan vanhojen versioiden kanssa. Bluetooth 5 (julkaistu 2016) toi mukanaan useita parannuksia sekä uusia ominaisuuksia edellisiin versioihin nähden. Bluetooth versio 5 keskittyi pääasiassa BLE:n ominaisuuksien parannuksiin. Nämä ominaisuudet lisäsivät Bluetoothin toimivuutta IoT:ssa sekä majoissa merkittävästi. (12)

Bluetooth 5 tarjoaa jopa neljä kertaa pidemmän kantaman edellisiin versioihin nähden. Uusi pitkän kantaman tila käyttää "Forward Error Correction"-tekniikkaa. Tämä tekniikka mahdollistaa vastaanottimien palauttaa dataa virheistä. Datan palautus on mahdollista, jos virhe johtui sähköisestä kohinasta tai häiriöistä. Pitkän kantaman tilan heikkoutena on kuitenkin lisääntynyt virrankulutus sekä hitaampi datansiirtonopeus. Datansiirtonopeus on joko 125 Kbps tai 500 Kbps riippuen koodauksesta. (13)

Bluetooth 4.2:een verrattuna datan siirtonopeus on kaksinkertaistunut. 4.2 datan siirtonopeus oli rajoitettu 1 Mbps ja 5.0 tarjoaa uuden tilan, joka mahdollistaa 2 Mbps nopeuden. Tämä mahdollistaa datan lähettämisen ja saamisen nopeammin. Koska datan kuljettamiseen kuluu vähemmän aikaa, laitteen virrankulutus pienenee merkittävästi. 2 Mbps tilan heikkoutena on kuitenkin lyhentynyt kantama. (13)

Lähetyskapasiteetti on 800 % suurempi edeltäjään verrattuna. BLE-laitteet toimivat kolmessa eri tilassa. Nämä tilat ovat mainostaminen, skannaus ja yhdistetty. Jotta kaksi BLE-laitetta pystyy yhdistymään, tulee ensimmäisen BLE-laitteen mainostaa itseään ja toisen tarvitsee skannata ensimmäinen laite ja sitten aloittaa yhdistyminen. (13)

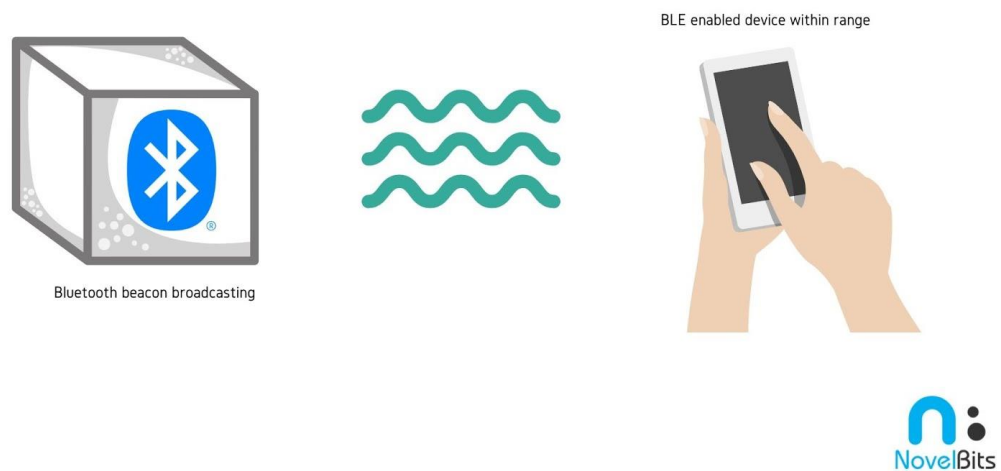
Aikaisemmin mainostamisdatan hyötykuorman koko oli rajoitettu 31 bittiin. Jatketun mainostamisen tilassa hyötykuorman koko pystyy olemaan 255 bittiä. Mainostamista käytetään kaikissa BLE-laitteissa. Näkyvin laite, joka hyödyntää ominaisuutta, on majakkateknologia. 5.0 teknologian ansiosta majakat pystyvät lähettämään enemmän dataa avaten uusia mahdollisuuksia IoT-sovelluksille ja ratkaisuille. (13)

4.2.1 BLE-majakka

Bluetooth-majakat ovat pieniä langattomia paristoilla toimivia radiolähettämiä, mitkä käyttävät BLE:tä lähetyksprotokollanaan. Tämän radiolähettimen pystyvät näkemään kaikki BLE-skannerit kantaman sisällä. Majakat eivät kuitenkaan näe ketään takaisin. (14)

Majakkan siirtoetäisyys on noin 10–30 metriä sisätiloissa. Laitteisto on kustannustehokasta ja vaatii vähän huoltoa. Tämä johtuu siitä, että majakka koostuu ainoastaan mikroprosessorista, radiosta ja akusta. (14)

Kuvista 2 ja 3 kolme näkee, miten majakat toimivat. Majakat lähettävät datapaketteja, jotka noudetaan yhteensopivilla laitteilla radioaaltojen avulla. Datapaketit pitävät joko itse sisällään halutun tiedon tai sitten laukaisevat tapahtuman laitteessa. Näihin tapahtumiin kuuluvat ”push notification”, sovellustoiminnot ja kehoitteet. (14)



Kuva 2. BLE-majakkan toiminta. (14)

4.2.2 RSSI (vastaanotetun signaalin tehon indikaattori)

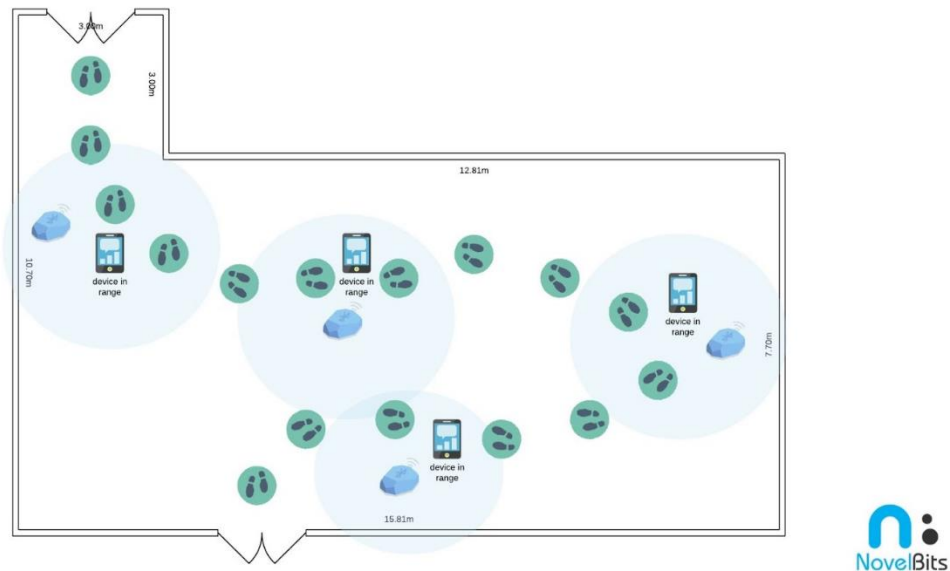
Bluetooth ja BLE hyödyntävät laitepaikannuksessa RSSI:ta. RSSI (received signal strength indicator) tarkoittaa vastaanotetun signaalin tehon indikaattoria. RSSI mittaa sitä, miten hyvin laite pysyy kuulemaan signaalin tukiasemalta tai reitittimeltä. RSSI on suhteellinen arvo, missä mitataan signaalin suhteellista laatua. Taulukossa 2 on esitetty, miten Metageek esittää RSSI:n signaalin suhteellisuuden. (15)

Taulukko 2. RSSI:n suhteellisuus.

Signaalin vahvuus	Toimivuus
-30 dBm	Loistava
-67 dBm	Erittäin hyvä
-70 dBm	Kohtalainen
-80 dBm	Huono
-90 dBm	Käyttökelvoton

4.2.3 BLE-laitepaikannus

BLE-laitepaikannus perustuu edellä mainittuun RSSI:iin ja BLE-majakkoihin. BLE-majakat ovat BLE-laitteita, jotka lähettävät signaalia, minkä perusteella saadaan RSSI-arvoja laitteista. Kuvassa 3 on esitetty, miten BLE-majakat voivat toimia. Käyttäjä kulkee kännykän tai BLE-laitepaikantimen kanssa ja majakat tunnistavat käyttäjän. Tämän tunnistamisen avulla voidaan seurata käyttäjää. RSSI-arvolla voidaan arvioida käyttäjän etäisyyttä majakkoihin. BLE-laitepaikannus kykenee antamaan sijainnin noin metrin tarkkuudella. RSSI-pohjaiset laitepaikannusjärjestelmät antavat laitteiden sijainnin yleensä huonetarkkuudella. (15) (11) (14)



Kuva 3. Esimerkki BLE-majakkasysteemistä. (14)

BLE-järjestelmät koostuvat yleensä BLE-tunnisteista tai majakoista, BLE-vastaanottimista tai Bluetooth-tukiasemista, BLE-yhdyskäytävistä ja isäntätietokoneista tai verkosto/pilvitietokannasta. Tunnisteet ja majakat saavat virtansa lähettimen signaalista, paristosta tai älykkästä laitteesta. (2)

BLE-järjestelmät soveltuvat parhaiten alueelliseen kattavuuteen ja kuristuskohtien kattamiseen. BLE:n parhaisiin ominaisuuksiin kuuluu, että Bluetooth-laitteita pystytään hyödyntämään sen

kanssa. Muita hyviä puolia BLE:ssä ovat standardoitu teknologia ja telemetriavaihtoehdot. BLE:n heikkouksia ovat tagien kalleus ja se, että tageja tarvitaan paljon. (2)

4.3 WLAN

WLAN (wireless local area network) eli langaton lähiverkko on paikallinen tietoliikenneverkko, missä internetiin kytketty reititin toimii tukiasemana. Tukiasema muodostaa langattoman yhteyden internetiin mikroaaltokentän avulla. WLAN-alueella sijaitsevat päätelaitteet pystyvät hyödyntämään reititintä internetin käytössä. Samassa lähiverkossa olevat laitteet pystyvät kommunikoi- maan keskenään ja tätä kykyä voidaan hyödyntää laitepaikannuksessa. Lähiverkot käyttävät useimmiten IEEE 802.11-standardin mukaista teknologiaa. Taulukossa 3 on vertailtu erilaisia WLAN-protokollia keskenään. (16)

Taulukko 3. WLAN-protokollien vertailua.

Standardi	Taajuus	Kaista	Kantama
802.11	2.4 GHz	1–2 Mbps	100 m
802.11a	5 GHz	54 Mbps	50 m
802.11b	2.4 GHz	11 Mbps	100 m
802.11g	2.4 GHz	54 Mbps	100 m
Home	2.4 GHz	10 Mbps	50 m
HIPERLAN/1	5 GHz	teoriassa 20 Mbps	-
HIPERLAN/2	5 GHz	54 Mbps	150 m

4.3.1 WLAN laitepaikannuksessa

Langattomaan lähiverkkoon perustuvat paikannusjärjestelmät ovat suosittuja, koska niissä voidaan hyödyntää jo olemassa olevaa infrastruktuuria ilman erillisiä kustannuksia. WLAN-tagit tai

älykkäät laitteet, joissa on sisäiset lähiverkkoradiot, pystyvät lähettämään signaaleja tukiasemille tai toisinpäin. Riippuen signaalin kantama-alueella olevista tukiasemista, useita erilaisia paikannusosoittimia pystytään hyödyntämään laskettaessa laitteen sijaintia tukiasemaan nähden. (2)

WLAN-järjestelmä sopii parhaiten lähialueen ja alueelliseen valvontaan. Järjestelmän etuihin kuuluu sen kyky hyödyntää olemassa olevaa WLAN-infrastruktuuria. WLAN:lle on olemassa useita erilaisia asetusmahdollisuuksia. Älykkäät laitteet pystyvät toimimaan WLAN-tageina. WLAN on standardisoitu tietoliikenneverkkoteknologia. WLAN-verkon heikkouksiin kuuluvat tagien kalleus ja paikannustarkkuuden vaihtelevuus järjestelmien välillä riippuen laitteistosta sekä ympäristöstä. Lisäksi paikannuksen käyttäminen lisää lähiverkon ruuhkaa. (2)

4.4 RFID (radiotaajuinen etätunnistus)

RFID (Radio Frequency Identification) on yleisnimitys radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille, joita käytetään tuotteiden ja asioiden havainnointiin, tunnistamiseen sekä yksilöintiin. RFID-teknologia perustuu tiedon tallentamiseen RFID-tunnisteeseen sekä RFID-tunnisteen langattomaan lukemiseen RFID-lukijalla radioaaltojen avulla. Kuvassa 4 on erilaisia RFID-laitteita. (17)



Kuva 4. Erilaisia RFID-laitteita. (17)

4.4.1 Passiivinen RFID

Passiivista RFID:tä voidaan käyttää useilla eri tavoilla RTLS:n tehokkuuden luomisessa. Yksinkertaisin tapa on hyödyntää rakennuksen kulkuaukkoja asentamalla RFID-lukijoita ja antenneja kulkuaukkoihin ja lisäämällä RFID-tagit seurattaviin laitteisiin ja henkilöihin. Näin pystytään tarkasti seuraamaan henkilöiden ja laitteiden liikettä. Alueellinen kattavuus voidaan toteuttaa jakamalla huoneet tai huoneiden osat alueisiin ja asentamalla RFID-tageja strategisesti sopiviin paikkoihin. Asentamalla antenneja muutaman metrin välein ja laskukaavojen avulla pystytään selvittämään hyvinkin tarkasti jokaisen tagin sijainti. (2)

Perustasoisen reaaliaikaisen passiivisen RFID-järjestelmän toteuttamiseen tarvitaan RFID-tageja, jotka saavat virtansa vastaanotetusta signaalista. RFID-lukijoita sekä antenneja tarvitaan toimimaan vastaanottimina. Järjestelmän hallintaan tarvitaan Isäntätietokone tai verkotettu/pilvitietokanta. (2)

Passiivinen RFID-järjestelmä sopii parhaiten kulkuaukkojen kattamiseen sekä alueellisen ja paikallisen aluekattavuuden luomiseen. RFID-järjestelmän hyviä puolia ovat halvat tagit ja pienet asen- tamisesta aiheutuvat kustannukset sekä standardisoitu teknologia. Teknologian heikkouksia ovat vedestä ja metallista aiheutuvat häiriöt sekä monitiestä (lukijan ja antennin välillä on vähintään kaksi suotuisaa radiopolkua) johtuvat ongelmat. (18,2)

4.4.2 Aktiivinen RFID

Aktiivista RFID:tä käytetään RTLS:ssa yleensä suurissa ulkoalueissa. Riippuen asetuksista, aktiivi- nen RFID pystyy omaamaan jopa satoja metrejä olevan lukukantaman. Aktiivinen RFID-tagit omaa akun mahdollistaakseen jatkuvan signaalin lähettämisen. Tagien lähettämisen väli pystytään aset- tamaan valmistajan toimesta. Tagit yleensä lähettävät niiden ainutlaatuista henkilötunnusta yh- dessä kaiken muun tiedon kanssa, mitä on ohjelmoitu. Tämä voi tarkoittaa osoittimia kuten sig- naalin voimakkuutta tai ympäristöstä saatuja mittauksia. Paikalleen asennetut ja määrätyn välein olevat lukijat sekä liikkuvat lukijat vastaanottavat edellä mainittuja tietoja vastaan. Lukijat ottavat talteen paikannusosoittimet mahdollistaen tarkan sijainnin antamisen isäntätietokoneelle. (2)

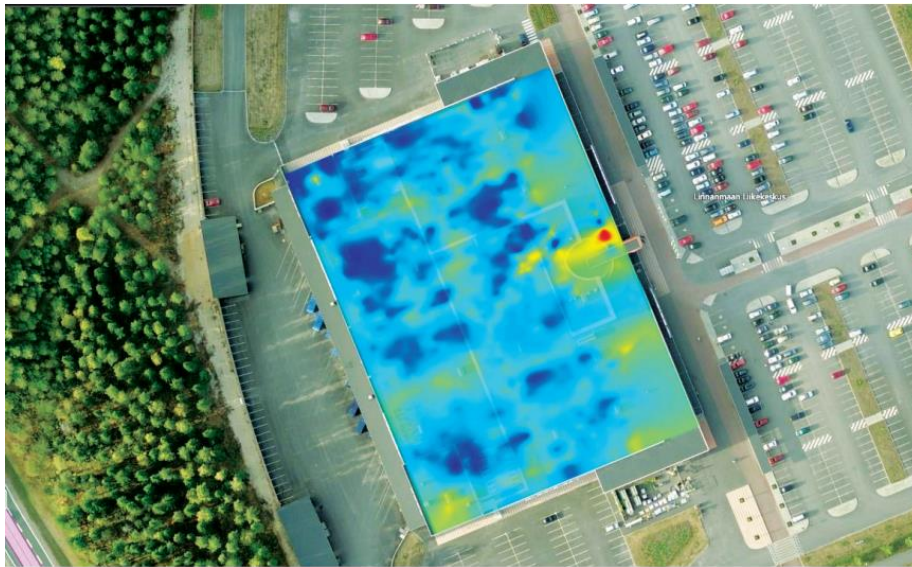
Perustasoisen aktiivisen RFID-systeemin toteuttamiseen tarvitaan RFID-tageja, jotka toimivat akulla ja vastaanottimia, jotka voivat olla joko RFID-lukijoita tai RFID-antenneja. Hallitsemaan tar- vitaan isäntätietokone tai verkotettu/pilvitietokanta. (2)

Sopivin käyttökohde aktiiviselle RFID-paikannukselle on paikallinen aluekattavuus tai alueellinen kattavuus. Parhaita puolia aktiiviselle RFID-teknologialle ovat sen tagien sopivuus ulkoilmaan ja telemetriavaihtoehdot. Haittapuolina ovat kalliit tagit ja kalusto. (2)

4.5 Magneettipaikannus

Magneettipaikannus perustuu magneettikenttien voimakkuuksien tarkkailuun. Magneettipaikan- nuksessa älylaitteen magnetometrin avulla pystytään määrittämään esineiden tai ihmisten sijainti

rakennuksen sisällä. Magneettipaikannusta varten ei tarvitse rakentaa vastaanotininfrastruktuuria. Magnetometrillä varustelluilla mobiililaitteilla pystytään kartoittamaan syntyvät vaihtelut. Tämän kautta pystytään luomaan magneettinen kartta sisätiloista. (19,20) Kuvassa 5 on esitetty magneettipaikannuksella luotua karttaa.



Kuva 5. Sisätilan magneettipaikannus. (21)

Järjestelmän heikkoutena on se, että liikkuvat metalliesineet muuttavat sisäistä magneetikarttaa ja aiheuttavat epätarkkuutta paikannukseen. Magneettinen paikannus on kykenevä 2–3 metrin tarkkuuteen paikannuksessa. (19,20)

5 Laittepaikannus Kainuun Sotessa

Kainuun uusi keskussairaala sai käyttöönsä viimeisintä tekniikkaa edustavan hoitajakutsu-, henkilöturva-, henkilö- ja laitepaikannusjärjestelmän 9Solutionilta. 9Solutions on terveydenhuollon turvallisuus- ja viestintäratkaisuihin erikoistunut yritys. Tehty sopimus kattaa laitteiden ja järjestelmien lisäksi näihin liittyviä palveluja, jotka 9Solutions tuottaa pilvipalveluina. (4)

Kainuun keskussairaala hyödyntää RFID-tekniologiaa kulunvalvonnassa. Lähes kaikista kulkuaikoista tapahtuva liike ja työntekijöiden kulunvalvonta tapahtuu RFID-tekniologiaan perustuvilla kulkukorteilla.

Lääkintälaittepaikannus Kainuun keskussairaalassa on toteutettu 9Solutionsin BLE-tekniologiaan perustuvilla laitepaikantamilla. Laittepaikantimet on liitetty seurantaan tarvitseviin laitteisiin. Laittepaikantamien on tarkoitus hyödyntää laitteiden reaaliaikaisessa seurannassa. Seurannan avulla, mikäli laite on hukassa, lainassa toisella osastolla tai huollossa talon sisällä, laite pystytään paikantamaan paikantimien ansiosta. Esimerkkinä entisessä sairaalassa potilassängyt jäivät herkästi potilassiirtojen aikana väärille osastoille.

Kainuun keskussairaalassa on myös tarkoitus siirtyä osittain yhteisten lääkitäilaitteiden käyttöön. Yhteisten lääkitäilaitteiden avulla pystyttäisiin vähentämään turhien lääkitäilaitteiden määrää sekä parantamaan lääkitäilaitteiden käyttöastetta. Tulevaisuudessa osastot käyttäisivät varastohissejä lääkitäilaitteiden säilyttämiseen yhteisesti. Laittepaikannus on varsinkin tämän osa-alueen kannalta tärkeää. Esimerkiksi jos huomataan laitteiden puuttuvan yhteisvarastosta, laitepaikantimien avulla pystytään selvittämään laitteiden sijainti reaaliajassa.

6 Opinnäytetyön toteutus

Toiminnallisen opinnäytetyön yksi mahdollinen toteutustapa on projektityyppinen opinnäytetyö. Toiminnallinen opinnäytetyö pystyisi myös olemaan käytännön toiminnan ohjeistamista, opastamista, oppaan tekeminen tai jonkin toiminnan järjestämistä. Työssä käytetyn kielen ja ulkoasun tulee olla mahdollisimman tarkoituksenmukaista, joka vastaa parhaimmalla tavalla sisältöä, tavoitteita, vastaanottajaa, tekstinlajia sekä viestintätilannetta. Esimerkiksi lähdekritiikki on tärkeitä. Opinnäytetyössä tulevat tiedot ovat sellaisista luotettavista lähteistä, joissa tiedon oikeellisuus ja luotettavuus on varmaa. Käytettyjen tietojen tulee olla ajan tasalla. (22)

Työ oli toiminnallinen opinnäytetyö, koska siinä tehtiin laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotto Kainuun keskussairaalle. Työssä tuotettiin Kainuun keskussairaalle aiheeseen liittyvää materiaalia ja opinnäytetyö on kohdistettu Kainuun sosiaali- ja terveystieteiden tarpeisiin. Aihe on valittu, koska siinä on päästy yhdistämään tekijän työkokemusta ja koulutusta työntekijälle kannattavasti. Opinnäytetyössä käytyt aiheet lisäävät tekijän ammatillista kehittymistä. Työ on työelämälähtöinen ja tarkoituksenmukainen, eli siitä on konkreettista hyötyä opinnäytetyön tekijälle ja muille.

7 Opinnäytetyön tekeminen

Opinnäytetyön tekeminen alkoi aiheenvalinnalla. Kainuun keskussairaalassa 9Solutionsin laitepaikannusjärjestelmän parissa työskentelyn myötä tarjottiin mahdollisuutta tehdä laitepaikannukseen liittyvä opinnäytetyö. Aiheeksi muodostui laitepaikannusteknologioihin perehtyminen Kainuun keskussairaalan näkökulmasta. Työn toiminnallisena vaiheena toimi 9Solutionsin BLE-laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotto ja siihen liittyvien ohjeistuksien tekeminen, mistä on esimerkkinä opinnäytetyön lopussa oleva liitetiedosto.

7.1 Laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotto

9Solutionsin BLE-laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotto aloitettiin 2020 heinäkuussa. Järjestelmän käyttöönotto jatkui elokuun loppuun asti. Järjestelmän käyttöönoton aikana tuotettiin ohjeita käyttäjille intranettiin, lisättiin järjestelmään noin 200 laitetta ja koulutettiin osaston työntekijöitä hyödyntämään 9Solutionsin laitepaikannusjärjestelmää.

BLE-laitepaikannusjärjestelmän käyttöönotossa perehdyttiin järjestelmän opetusmateriaaliin sekä konsultoiitiin muita työntekijöitä, jotka olivat olleet tekemisissä 9Solutionsin järjestelmän kanssa. Perehtymisen jälkeen suunniteltiin lääkintälaitepaikannustunnisteiden kiinnitys ja käyttöönotto. Alkuperäisenä suunnitelmana oli, että osastojen laitehoitajat pystyisivät itse lisäämään osastojen laitteita järjestelmään. Laitehoitajia varten tehtiin liitteenä oleva ohjeistus. Kuitenkin tämä osoittautui hankalaksi vaihtoehdoksi toteutuksen kannalta. Lopulta laitetekniikka vastasi laitepaikannustunnisteiden liittämistä lääkintälaitteisiin.

Käyttöönotto oli varsin hankalaa, koska lähes kaikki laitteet olivat aktiivisessa käytössä hoitotyössä. Siksi laitteita ei voinut hakea työpisteelle ja tehdä käyttöönottoa asteittain. Tämän vuoksi laitetekniikka kävi asentamassa paikannustunnisteet osastolla paikan päällä. Asennuksen yhteydessä otettiin talteen tagien ID:t sekä kiinnitetyn laitteen laitekirjasto-ID. Asennuksen jälkeen tunnisteiden ID ja laitteen laitekirjasto-ID merkattiin 9Solutionsin järjestelmään. Seuraavaksi lisättiin tunnisteiden ID laitekirjastoon. Tämä oli hyvin aikaa vievää työtä. Mahdollisesti tulevaisuudessa

laitekirjastojärjestelmä ja 9Solutionsin järjestelmä pystyisivät keskustelemaan keskenään. Tämän avulla tulevaisuudessa välttyttäisiin kaksoiskirjaamiselta.

Järjestelmän käyttöönoton aikana informoitiin osastojen työntekijöitä BLE-laitepaikannusjärjestelmän toiminnoista ja käytettävyydestä. Työntekijöitä ohjeistettiin siitä, että tageihin pystytään ohjelmoimaan toimintoja painikkeen taakse. Esimerkkinä annettiin defibrillaattorit, miten niissä olevaa tagia painamalla pystyy antamaan hoitajakutsuhälytyksen kerroksen hoitajille. Kesällä 2020 ainoastaan kuljetuskärryissä oli hyödynnetty painiketoimintoja. Kuljetuskärryt ilmoittivat osastoille, että sinne on saapunut kuljetuskärryssä tavaraa.

8 Pohdinta

Oman opinnäytetyön arvioiminen kokonaisuudessaan on oppimisprosessin osa ja sitä on toteutettu kriittisellä ja tutkivalla asenteella. Arviointi kohdistuu toiminnallisen vaiheen toteutukseen, liitteen ideaan, aihepiiriin, tietoperustaan ja asetettuihin tavoitteisiin. Aina ei voi päästä tavoitteisiin, mutta tärkeää on pohtia, miksi tavoitteita ei saavutettu ja mitä on muutettu opinnäytetyön prosessin aikana. Opinnäytetyö yhdistää koulutuksen, tutkimuksen ja käytännön perustelluksi ja loogiseksi kokonaisuudeksi. (22)

8.2 Opinnäytetyön luotettavuus ja eettisyys

Toiminnallisen opinnäytetyön luotettavuus kokonaisuutena muodostuu käsitteistä reliabiliteetti sekä valideetti. Reliabiliteetti tarkoittaa tulosten toistettavuutta ja toteutuksen tarkkuutta. Valideetti tarkoittaa aineistoista tehtyjen johtopäätösten kautta tehtyä arviota. Valideetti ja reliabiliteetti pystytään soveltamaan toiminnalliseen opinnäytetyöhön sekä sen tarkasteluun. Opinnäytetyössä olevaa tietoa voidaan pitää luotettavana sen julkaisuhetkenä. (23)

Opinnäytetyön kokonaisuutta pitää arvioida työn tuottamisen aikana. Työn arviointi on osa oppimisprosessia. Opinnäytetyössä arvioinnin kannalta tärkeitä aiheita ovat aihepiiri, idea sekä opinnäytetyön kuvaaminen, tavoitteet, kohderyhmä ja tietoperusta. (22)

Opinnäytetyötä tehdessä tavoitteena on valikoida erilaisia lähteitä sekä yhdistää niiden tietoa luotettavaksi kokonaisuudeksi. Opinnäytetyö sisältää luotettavaa tiedonkeruuta sekä niiden pohjimista. (24). Tärkeätä on arvioida tiedonlähteen auktoriteettia ja ilmaisun sävyjä sekä tyyliä. Lähteen arvioinnissa on perehdyttävä lähteen iän lisäksi tunnettavuuteen, laatuun sekä uskottavuuden asteeseen. Tekijän tulee olla asiantuntijaksi tunnustettu ja tunnettu. Oleellista lähteissä on niiden laatu määrän sijaan. (22)

Työssä on pyritty vähentämään riskejä käyttämällä luotettavia lähteitä sekä mahdollisimman uusia lähteitä. Luotettavina lähteinä oli pidetty väitöskirjoja ja tieteisartikkeleita. Työssä on käytetty myös yrityksien verkkosivuilta saatua tietoa uusimman tiedon saamiseksi. Verkkosivuilta saatua

tietoa oli verrattu myös johonkin toiseen lähteeseen. Yli kymmenen vuotta vanhaa olevaa tietoa työhön ei hyväksytty, ellei vastaava tietoa ollut saatavilla uudemmista lähteistä ja jos tietoa voitiin iästä huolimatta pitää luotettavana.

Luotettavuusongelmaa opinnäytetyössä aiheuttavatyössä käytetyt englanninkieliset lähteet. Näitä käytettäessä pystyy tapahtumaan käännösvirheitä tai ne on voitu ymmärtää väärin. Opinnäytetyön luotettavuutta parantaa, että tämä on tekijän toinen toiminnallinen opinnäytetyö.

Etiikka tarkoittaa ihmisten hyviä sekä oikeita tapoja toimia ja elää maailmassa, missä ympärillä on ihmisiä, joiden kanssa elämää rakennetaan. Ihmiset tekevät elämässään erilaisia valintoja ja arvioita sekä ohjaavat oman elämänsä lisäksi toisten yksilöiden toimintaa ja miettivät toiminnoilleen perusteita. Etiikka ei anna vastauksia näihin toimintoihin suoraan. Se kuitenkin pystyy auttamaan ihmisiä selvittämään asioita. Etiikka on väline pohdintaan ja ajatteluun. (25)

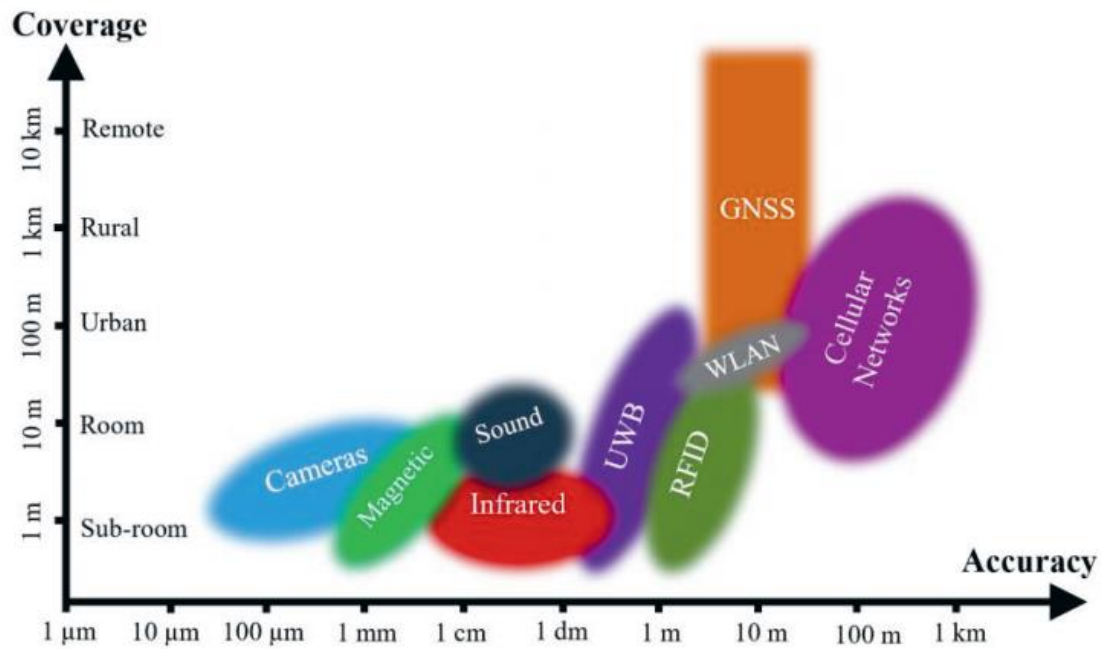
Hyvää tieteellistä käytäntöä on toteutettu onnistuneesti. Se sisältää yleisen huolellisuuden, tarkkuuden ja rehellisyyden toiminnassa. Tavat, joilla tietoa on hankittu sekä arvioitu, ovat eettisesti hyvällä pohjalla. Opinnäytetyö tehtiin asetettujen vaatimusten mukaisesti sisältäen suunnitelman, toteutuksen sekä arvioinnin. Nämä toiminnot eivät loukanneet ketään, mitään yhteisöä tai tieteellistä toimintatapaa. (22)

9 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli perehtyä erilaisiin lääkintälaittepaikannusteknologioihin Kainuun keskussairaalan hyötynäkökulmasta. Kaikilla teknologioilla ja järjestelmillä on omat hyvät ja huonot puolensa. Taulukossa 4 sekä kuvassa 6 on esitetty käsiteltyjen teknologioiden pääpiirteitä.

Taulukko 4. Teknologioiden vertailu.

	Tarkkuus	Kantama	Käyttökohde (suositeltu)	Virtalähde	Akun kesto
<i>BLE</i>	n. 3 m	< 75 m	Aluepaikannus	Paristo	Riippuu sovelluksesta (voi kestää vuosia)
<i>WLAN</i>	< 15 m	< 150 m	Aluepaikannus	Ulkoisen virtalähde	Kohtalainen
<i>RFID (passiivinen)</i>	lähikontakti	< 1 m	Kohdepai- kannus	passiivinen	passiivinen
<i>RFID (Aktiivinen)</i>	n. 3 m	< 100 m	Ulkoaluepai- kannus	Ulkoisen virtalähde	hyvä
<i>Magneetti- paikannus</i>	n.1 cm m (ympäristön mukaan)	<10 m	Aluepaikannus	Ulkoisen virtalähde	Huono



Kuva 6. Yhteenveto RTLS-tekniologioiden kantamasta ja tarkkuudesta. (26)

Työssä esitettyjen tietojen pohjalta ja 9Solutions BLE-laitepaikannusjärjestelmän käyttökokemuksen pohjalta pystytään toteamaan, että Kainuun keskussairaala on tehnyt sille sopivan hankinnan lääkintälaitteiden paikannukseen. 9Solutionsin järjestelmä vastaa Kainuun keskussairaalalle toimivasti sisätilan laitepaikannusjärjestelmään koskeviin vaatimuksiin. Huonetarkkuudella tapahtuva paikannustarkkuus on riittävä. BLE-teknologia on luotettava standardisoitu teknologia. Sisäpeittoalan kattavuus on toteutettu peittävästi sairaala-alueella jo ennestään hoitajakutsujärjestelmää varten. Järjestelmää on mahdollista laajentaa myöhemmin tarvittaessa vain hankkimalla lisää paikannustageja. Järjestelmän vähäinen huollon tarve ja huollon helppous vähentävät elinkaarikustannuksia.

Tulevaisuudessa, jos lääkintälaitteiden paikannustarpeet muuttuvat, Kainuun keskussairaala pystyisi hyödyntämään sairaalan WLAN-verkkoa. Passiivista RFID-teknologiaa pystyisi hyödyntämään joissakin paikoissa laitteiden kulunvalvonnan seurantaan. Aktiivista RFID:tä voitaisiin hyödyntää, jos lääkintälaitteita haluttaisiin seurata sairaalan ulkopuolella. Magneettipaikannuksen toimivuudesta sairaalaympäristössä pitäisi saada konkreettista tietoa, koska sairaalaympäristössä on pal-

jon magneettikenttää häiritseviä ominaisuuksia. BLE-järjestelmää pystyisi tulevaisuudessa päivittämään siten, että järjestelmä hyödyntäisi Bluetooth 5.0-versiota tai tulevaisuudessa hankittavat laitteet käyttäisivät Bluetooth 5.0:aa.

Lähteet

1. Kainuun sosiaali- ja terveydenhuollon kuntayhtymä. Kainuun sote. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 19 10. Saatavissa: <https://sote.kainuu.fi/palvelut/keskussairaala>.
2. atlasRFIDstore. atlasRFIDstore. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.atlasrfidstore.com/what-is-rtls-an-introduction-to-real-time-location-systems/>.
3. Kenneth. Syook. [Verkkolähde].; 2018 [viitattu 2020 10 16. Saatavissa: <https://syook.com/rfid-vs-ble-vs-uwband-vs-wi-fi/>.
4. 9Solutions. 9Solutions. [Verkkolähde].; 2017 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://9solutions.com/uutiset/9solutions-oy-hoitajakutsu-turva-ja-paikannusjarjestelma-kainuun-uuteen-sairaalaan/>.
5. 9Solutions. 9Solutions.com. [Verkkolähde].; 2018 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://9solutions.com/uutiset/essote-investoi-laitepaikannus-ja-hoitajakutsujarjestelmiin/>.
6. M T. Medium. [Verkkolähde].; 2019 [viitattu 2020 09 25. Saatavissa: <https://medium.com/zeux/the-internet-of-things-iot-5-reasons-why-the-world-needs-it-125fe71195cc>.
7. Abdulrahman A, AbdulMalik AS, Mansour A, Ahmad A, Suheer AH, Mai AAA, et al. Ultra Wideband Indoor Positioning Technologies: Analysis and Recent Advances. Sensors. 2016; 1-12.
8. 9Solutions. Suunnitteluohje. Oulu; 2020.
9. Sewio. Sewio. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.sewio.net/uwb-technology/rtls-technology-comparison/>.
10. Abet M. ELA INNOVATION. [Verkkolähde].; 2019 [viitattu 2020 10 19. Saatavissa: <https://elainnovation.com/what-is-ble.html>.

11. Bluetooth. Bluetooth. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/range/>.
12. Amar InfoTech. Amar InfoTech. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.amarinfotech.com/differences-comparisons-bluetooth-5-vs-4-2.html>.
13. Afaneh M. IoT for all. [Verkkolähde].; 2018 [viitattu 2020 10 29. Saatavissa: <https://www.iotforall.com/bluetooth-5-iot>.
14. Afaneh M. NovelBits. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 10 19. Saatavissa: <https://www.novelbits.io/overview-bluetooth-beacons-part-1/>.
15. Metageek. Metageek. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi.html>.
16. eTutorials.org. eTutorials.org. [Verkkolähde].; 2020 [lainattu 2020 10 15. Saatavissa: <http://etutorials.org/Mobile+devices/mobile+wireless+design/Part+One+Introduction+to+the+Mobile+and+Wireless+Landscape/Chapter+3+Wireless+Networks/Wireless+Local+Area+Networks+WLANs/>.
17. RFID Lab Finland ry. <https://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/>. [Verkkolähde].; 2020 [viitattu 2020 19 10. Saatavissa: <https://www.rfidlab.fi/rfid-teknologia/mita-on-rfid/>.
18. atlasRFIDstore. atlasRFIDstore. [Verkkolähde].; 2014 [lainattu 2020 10 24. Saatavissa: <https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/rfid-multipath-em-waves>.
19. Bernhard Preim CB. Magnetic Tracking. ScienceDirect. 2014.
20. IndoorAtlas. IndoorAtlas. [].; 2020 [lainattu 2020 11 15. Saatavissa: <https://www.indooratlas.com/positioning-technology/>.
21. Sterling G. Magnetic Positioning. San Francisco; 2014.
22. Vilkkä H, Airaksinen T. Toiminnallinen opinnäytetyö. 2nd ed. Helsinki: Tammi; 2003.
23. Eskelinen H, Karsikas S. Tutkimusmetodiikan perusteet: Tammertekniikka; 2014.

24. Malmivaara A. Systemoitu kirjallisuuskatsaustyökalu tutkimusnäytön tavoittamiseen Helsinki: Duodecim; 2002.
25. Heikkerö T. Tekniikka ja etiikka johdatus teoriaan ja käytöntään Helsinki: Tekniikan Akateemisten Liitto TEK ry; 2009.
26. Jachimczyk B. REAL-TIME LOCATING SYSTEMS FOR INDOOR APPLICATIONS THE METHODOLOGICAL CUSTOMIZATION APPROACH. Karlskrona: Blekinge Institute of Technology, Department of Applied Signal Processing; 2019.
27. Handojo A, Octavia T. Indoor positioning system using BLE beacon to improve knowledge about museum visitors. Telkomnika. 2020; 7.
28. Surian D KVMRDASVCE. Tracking a moving user in indoor environments using Bluetooth low energy beacons. Journal of biomedical informatics. 2019 Sep.
29. Blaz. Locatify. [.] ; 2015 [lainattu 2020 11 14. Saatavissa: <https://locatify.com/blog/indoor-positioning-systems-ble-beacons/>].

Kuva 1 9Solutions RTLS esimerkkinä. (8)	7
Kuva 2 BLE-majakan toiminta. (14)	13
Kuva 3 Esimerkki BLE-majakka systeemistä. (14)	15
Kuva 4 Erilaisia RFID-laitteita. (17)	18
Kuva 5 Sisätilan magneettipaikannus. (21)	20
Kuva 6 Yhteenveto RTLS teknologioiden kantamasta ja tarkkuudesta. (26)	28

Taulukko 1 Bluetooth ja BLE teknisiä tietoja.	11
Taulukko 2 RSSI:n suhteellisuus.	14
Taulukko 3 WLAN-protokollien vertailua.....	16
Taulukko 4 Teknologioiden vertailu.....	27

Liitteet

9S LAITEPAIKANNUS TAGIEN KIIINNITYS 9S OHJELMASSA

The screenshot displays the 'Laitteet' (Devices) section of the 9S application. The left sidebar contains navigation options, with 'Laitteet' highlighted. The main area shows a list of devices, with 'X3 L201032' selected. A context menu is open over this device, offering actions like 'Lisää uusi laite' and 'Vie tiedot Excel työpohjalle'. The right-hand 'Tiedot' (Details) panel shows fields for 'Kuva', 'Tiedot' (Name: X3 L201032, Device ID: L201032), 'Tag' (42983201 (Asset Tag)), 'Oma huone', 'Ryhmät' (Lääkintälaitteet), and 'Tiimit' (Laitetekniikka). Blue arrows indicate the sequence of actions: 1 (bottom bar), 2 (context menu), 3 (Name field), 4 (Tag field), 5 (Room field), 6 (Group field), and 7 (Team field).

Kuva 1 9S selainnäkö

Laitteet –valikossa

1. Avaa valikko
2. Valitse "Lisää uusi laite"
3. Anna laitteelle nimi* ja laite-ID* ja paina enter →lisäkenttiä tulee näkyviin
4. Lisää tagin viivakoodin sarjanumero ks. kuva 2.
 - 4.1. Jos tagi on jo olemassa järjestelmässä, valitse se.
 - 4.2. Jos tagia ei ole järjestelmässä valitse jokin toinen tagi → Paina Korvaa tag uudella -painiketta ja kirjoita laitepaikannustagin sarjanumero viivakoodin päältä tai lue viivakoodi**(ks. kuva 2).
 - 4.3. Jos ei ole tageja mitä korvata, joudut lisäämään tagin ensin järjestelmään. ***

VAIHEET 5-7 tarpeen mukaan

5. Jos haluat määrittää laitteelle huoneen missä laitetta pitäisi säilyttää, valitse listasta huone.
6. Valitse minkä laiteryhmän alle laite kuuluu (yleensä Lääkintälaitte). Jos kyseiselle laitteelle ei ole sopivaa laiteryhmää, voit kokeilla tehdä uuden laiteryhmän (riippuu riittääkö käyttöoikeudet). Jos sopivaa ryhmää ei ole tai et voi tehdä ota yhteyttä lääkintälaittehuolto puh. 044 797 4139.
7. Valitkaa tiimit, kenelle haluatte tagista lähtevien hälytyksien tuleva (voit valita useampia tiimejä).
8. Paina tagin painiketta vähintään kerran ja varmista, että vihreä valo vilkkahtaa.
9. Ilmoita s.postilla Juha.Kyllonen@kainuu.fi, että tagi on lisätty. Viestissä pitää ilmoittaa laite mihin tagi on liitetty (Sai koodi Lxxxxx) ja tagissa oleva viivakoodi (ks. kuva 2). Kyllönen lisää laitteen sitten lääkintälaittejärjestelmään.
10. Jos haluat tagissa hyödyntää tagissa olevaan painiketta, ota yhteyttä lääkintälaittehuoltoon asiasta.



Kuva 2 9S laitetagi takapuoli

*Lääkintälaitteet nimetään lääkintälaiterekisterillä olevan nimen ja ID:n mukaisesti 9S-järjestelmään

*Lääkintälaitteen ID (Lxxxxxx) ja laitteen nimi löytyvät laitteessa olevalta Sai-tarrasta. Laitattakaa kiinnitettävän laitteen nimi ja ID sovelluksen nimi kohtaan. ID kohtaan laitetaan sama ID kuin nimessä.

*Muiden kuin lääkintälaitteiden osalta käytettävät nimet ja laitteiden ID:t voit kysyä lääkintälaittehuollosta **Voi olla, että selainta pitää korvauksen jälkeen päivittää (paina f5) jotta uusi lisätty sarjanumero löytyy tagi valikosta.

***Mene asetukset valikkoon -> valitse tagit -> valitset lisää uusi laite -> kirjoita kuva 2 SN -> jatka 4.1 kohdasta ohjetta

FYYSINEN KIINNITYS

Laitteet ja kiinnittimet löytyvät Eteläisestä tavarahissistä tasolta **133** (tekniikan taso). Siellä on erikseen merkattu kohta käytettäville välineille, mistä voi ottaa tagit ja tarvittavat kiinnitysvälineet, otettuja tavaroita ei tarvitse merkata (tavaranhissi järjestelmään), mutta jos jotain puuttuu tai alkaa loppua niin mielellään ilmoitusta puh. 044 797 4300.

Esimerkkejä tagin kiinnityksen lääkintälaitteeseen (saa toki tehdä muutenkin):

Nippusiteellä kiinnitys tankoon kiinni



Kuva 3 tagi nippuside

Kaksipuoleisella teipillä suoraan laitteeseen



Kuva 4 tagi kaksipuoleinen teippi

Laitteeseen tarranauha ja siitä sitten nippuside tagiin



Kuva 5 tagi tarranauha

- jos ei onnistu seuraavilla tarpeilla tai tarvitsee pysyvämpää/vaikeampaa kiinnitystä. Ottaa tarvittaessa yhteyttä laitetekniikkaan 044 797 4139.