Tampereen yliopisto

Jasmin Vainikainen

KONEIDEN VÄLINEN VIESTINTÄ TERVEYDENHUOLLOSSA

Talouden ja johtamisen tiedekunta
Kandidaatintyö
11/2020

TIIVISTELMÄ

Jasmin Vainikainen: Koneiden välinen viestintä terveydenhuollossa
Machine-to-machine communications in Healthcare
Kandidaatintyö, 32 sivua
Tampereen yliopisto
Tietojohtaminen
Marraskuu 2020
Tarkastaja Hannele Väyrynen

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, mitä koneiden välisen viestinnän eli M2M-viestintään (machine-to-machine communications) perustuvia toteutuksia on terveydenhuollossa sekä tarkastella, minkälaisia mahdollisia innovaatioita on kehitteillä. Löydettyjen M2M-viestinnän ratkaisuiden pohjalta tarkastellaan myös, mitä haasteita M2M-viestinnällä ja sen ratkaisuilla on terveydenhuollossa. Työssä keskitytään erikoissairaanhoitoon sekä tarkastellaan ratkaisuja ennakoivan ja reagoivan terveydenhuollon näkökulmasta. Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena hyödyntäen Finkin kirjallisuuskatsausmallia.

M2M-viestinnällä tarkoitetaan suurta määrää langallisilla ja langattomilla yhteyksillä yhdistettyjä älykkäitä laitteita, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään ilman ihmisen suoraa puuttumista asiaan. Terveydenhuollon ratkaisuissa hyödynnetään suurimmaksi osaksi langattomia ratkaisuja. M2M-viestintä koostuu kolmesta toimialueesta, jotka ovat laitetoimialue, verkkotoimialue sekä sovellustoimialue. Terveydenhuollon M2M-viestinnän ratkaisut perustuvat sensoreihin sekä etämonitorointiin. Sensori- ja etämonitorointilaitteet sijaitsevat M2M-viestinnän laitetoimialueella, josta ne lähettävät terveydenhuollon yhdyskäytävien kautta dataa verkkotoimialueen yli sovellustoimialueelle. Sovellustoimialueella terveydenhuollon taustapalvelin tallentaa ja lähettää saadun sensoridatan eteenpäin terveydenhuollon sovellukselle. M2M-viestinnän sensorit ja yhdyskäytävät pystyvät tekemään niin sanottuja älykkäitä päätöksiä eli päätöksiä, joihin ihmisen ei tarvitse puuttua.

M2M-viestinnän sensori- ja etämonitorointiratkaisuista tunnistettiin kolme sovelluskohdetta, jotka ovat: sairauden hallinta, kotihoidon tukeminen ja hyvinvointi. Sairauksien hallinnan -sovelluksia ovat erilaiset sydämen toimintaa ja verensokeripitoisuutta mittaavat laitteet. Kotihoidon ratkaisuja ovat erilaiset seurantajärjestelmät, kuten aktiivisuuden ja kaatumisen seuranta järjestelmät, sekä hätäapujärjestelmät ja muistutukset. Myös älylaastarit voidaan hyödyntää kotihoidossa. Hyvinvoinnin M2M-viestinnän sovellusratkaisuita ovat erilaiset älykellot, joilla voidaan mitata muun muassa unta tai aktiivisuutta.

Saatavia hyötyjä M2M-viestinnän ratkaisuista terveydenhuollossa ovat kustannussäästöt, resurssien parempi allokointi, hoidon parempi laatu, diagnoosien paraneminen ja lääketieteellisten virheiden väheneminen. Kustannussäästöjä saadaan muun muassa vähentämällä potilaan tarvetta sairaalakäynneille sekä potilaiden nopeammalla kotiuttamisella. Myös ratkaisut ennakoivaan terveydenhuoltoon voivat luoda kustannussäästöjä, kun erikoissairaanhoidon palveluiden tarvetta voidaan vähentää. Ratkaisuilla voidaan lisätä myös potilastyytyväisyyttä ja hoito-ohjelmaan sitoutumista lisääntyneen tiedon avulla. Myös laitteiden langattomuus ja huomaamattomuus voivat lisätä potilastyytyväisyyttä.

Haasteita M2M-viestinnän terveydenhuollon ratkaisuissa ovat potilaiden käyttöönoton haasteet, tietoturvauhkat sekä, miten potilas- ja terveystietojen eheys, luottamuksellisuus ja saatavuus voidaan turvata. Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuutta voidaan toteuttaa valtuutustasojen avulla, missä hyödynnetään käytäntöjen hallinta- ja valtuutuspalvelinta M2M-palveluntarjoajan palvelimen ja sovelluspalvelimen rinnalla. M2M-viestinnän ominaisuudet tuovat myös haasteita, sillä laitetoimialue sisältää useita erilaisia ratkaisuja, joiden välinen turvallinen kommunikointi ja liitettävyys voivat olla vaikeata toteuttaa. M2M-laitteiden suuri määrä sekä niiden ominaisuus lähettää samanaikaisia lähetyksiä voivat ruuhkauttaa verkkoja, mikä voi johtaa odottamattomiin viivästyksiin sekä lisääntyviin pakettihäviöihin. Tämä on erityisesti ongelmallista terveydenhuollon ratkaisuiden kanssa, sillä ne tarvitsevat luotettavaa ja nopeaa tiedonsiirtoa potilaan turvallisuuden takaamiseksi.

Avainsanat: M2M-viestintä, koneiden välinen viestintä, terveydenhuolto

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ALKUSANAT

Tämä tutkimus on toteutettu kandidaatintyönä Tampereen yliopiston tietojohtamisen koulutusohjelmaan syyslukukaudelle 2020. Tutkimuksen aihe valikoitui tietoliikennetekniikka- ja health informatics -sivuaineitteni perusteella. Tutkimusta olikin mielenkiintoista tehdä, kun pystyin yhdistämään kaksi mielenkiinnon kohdettani.

Haluan kiittää kandityöni ohjaajaani Hannele Väyrystä, joka ohjasti kirjoitusprosessin läpi ja auttoi muokkaamaan työn nykyisenlaiseksi. Kiitokset myös kanssakirjoittajille, jotka auttoivat selviytymään tästä prosessista.

Tampereella 26.11.2020

Jasmin Vainikainen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
1.1 Aiheen tausta 1
1.2 Tutkimusongelma ja sen rajaus 2
1.3 Tutkimuksen rakenne 3
2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO 5
2.1 Tutkimusmenetelmä 5
2.2 Tutkimusaineisto 6
3. M2M-VIESTINNÄN TEORIAA JA YLEISKUVA TERVEYDENHUOLLOSSA 8
3.1 M2M-viestintäjärjestelmämalli 8
3.2 M2M-viestintämalli terveydenhuollossa 9
3.3 M2M-viestintäteknologian ominaisuuksia ja vaatimuksia 12
3.4 Terveydenhuollon vaatimukset M2M-viestinnälle 13
4. M2M-VIESTINNÄN ETÄMONITORINNIN JA SENSORIEN HYÖDYNTÄMINEN TERVEYDENHUOLLOSSA 15
4.1 Potilaiden etämonitorointi terveydenhuollossa 15
4.2 Etämonitoroinnin sovelluskohteita 16
4.2.1 Sairauden hallinta 17
4.2.2 Kotihoidon tukeminen 18
4.2.3 Hyvinvointi 19
5. M2M-VIESTINNÄN VAIKUTUKSIA TERVEYDENHUOLLOSSA 21
5.1 M2M-viestinnän toteutuksien hyötyjä terveydenhuollossa 21
5.1.1 Etämonitoroinnista saatavia hyötyjä 22
5.1.2 Potilastyytyväisyys 22
5.2 M2M-viestinnän haasteita terveydenhuollossa 23
5.2.1 Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuuden varmistaminen 25
5.2.2 M2M-viestinnän ominaisuuksista johtuvia haasteita 26
6. YHTEENVETO 28
6.1 Työn tulokset 28
6.2 Tutkimuksen arviointi ja jatkotutkimus 30
LÄHTEET 31

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Bluetooth on langaton tiedonsiirtotekniikka, joka mahdollistaa lyhyen kantaman tiedonsiirron useiden laitteiden välillä. Se on yleisesti käytössä useissa mobiililaitteissa. (Labiod et al., 2007)

EKG (elektrokardiografia) eli sydänfilmi hyödyntää sähköisiä signaaleja ja mittareita selvittääkseen sydämen toimintaa (Mustajoki & Kaukua, 2008).

Erikoisterveydenhuolto (secondary care) tarkoittaa erikoislääkärien tekemiä tutkimuksia ja hoitoja, kuten lääkinnällistä kuntouttamista, kardiologisia tutkimuksia tai tuki- ja liikuntaelinsairauksien todentamista ja hoitamista. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2013)

GSM- ja GPRS-lähettimet eli Global System for Mobile Communications (GSM) ja General Packet Radio Service (GPRS) lähettimet ovat kumpikin 2G-matkapuhelinverkon toteutuksia, jotka välittävät pääsääntöisesti puheluita (Jain et al., 2014).

IoT (Internet of Things) eli esineiden internet muodostuu laitteista, jotka pystyvät käsittelemään, tallentamaan ja lähettämään tietoa verkon yli keskenään. (Rubí & Gondim, 2019)

Matkapuhelinverkot ovat pitkänmatkan langallisia ja langattomia toteutuksia, mitkä kuljettavat puheluita ja muuta dataa maailmanlaajuisesti. Matkapuhelinverkkoista on kehittynyt eri toteutuksia, joita ovat 2G, 3G, 4G ja 5G-verkot. (Jain et al., 2014)

M2M (machine-to-machine) -viestintä eli laitteiden välinen viestintä tarkoittaa yhden tai useiden laitteiden välistä itsenäistä viestintää ja päätöksentekoa ilman ihmisen apua. M2M-viestinnän kokonaisuus muodostuu ETSI M2M-standardin mukaisista laitteista, yhdyskäytävistä ja verkkoinfrastruktuurista. (ETSI, 2013a)

M2M-palveluntarjoaja tuottaa M2M-viestintäpalveluja M2M-sovelluksille sekä M2M-viestinnän ratkaisujen tarjoajille, kuten sähköisen terveydenhuollon sovelluksen tarjoajille. (ETSI, 2013b)

Palvelin (server) tarjoaa erilaisia palveluita palvelinta käyttäville sovelluksille ja ohjelmistoille. Palvelin voi toimia esimerkiksi integrointipisteenä, joka tallentaa ja lähettää eteenpäin sovelluksista saapuneita tietoja. (Verma et al., 2016)

Perusterveydenhuolto (primary care) on potilaan ensimmäinen yhteydenotto terveydenhuollon tarjoajaan, kun potilas tarvitsee hoitoa, apua tai neuvontaa. Perusterveydenhuoltoa toteuttavat muun muassa paikalliset terveysasemat. Perusterveydenhuollon palveluihin kuuluvat muun muassa seksuaaliterveyttä edistävät palvelut, mielenterveys- ja päihdeongelmien varhainen toteaminen sekä jatkohoitoon ohjaus. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2013)

QoS-indikaattori (Quality of Service*)* eli palvelunlaadun indikaattorien avulla tietoliikennettä voidaan luokitella ja priorisoida verkossa. Priorisoinnin perusteella osaa liikenteestä voidaan hidastaa tai jopa pudottaa kokonaan pois, mikäli verkon suorituskyky ei riitä kaikkeen viestintään. Indikaattoreita voivat olla esimerkiksi tietoliikenteen viiveen sieto tai kaistanleveys. (oneM2M, 2016)

RFID (radio frequency identification) on taajuuksia hyödyntävä etätunnistus, joka voi etälukea tietoa ja tallentaa sitä. RFID tarkoituksena on yksilöidä laite. (Fennani et al., 2020)

Sähköinen terveydenhuolto (E-health) tarkoittaa terveydenhuoltoa, jossa hyödynnetään tieto- ja viestintätekniikkaa (ICT). Yksi sähköisen terveydenhuollon osa-alue on mobiiliratkaisut. (de Mattos & Gondim, 2016)

Sähköiset terveystiedot (Electronic Health Record, EHR) avulla yllä pidetään potilaan sairaushistoriaa yksilöllisillä tunnisteilla, kuten henkilötunnuksella. Sähköisten terveystietojen avulla on tarkoitus varmistaa potilastietojen saatavuus terveydenhuollon eri yksiköissä. (Rubí & Gondim, 2019)

Terveydenhuollon tarjoajat tuottavat sosiaali- ja terveyspalveluita. Terveydenhuollon tarjoajia voivat olla esimerkiksi kunnat, terveyskeskukset, sairaalat, järjestöt ja yksityiset yritykset. (Sosiaali- ja terveysministeriö, 2013)

Tiedon eheys tarkoittaa, että tietoja ei muuteta luvatta, vahingossa tai tarkoituksella. Näin tietojen eheys säilyy (Popescul, 2011).

Tiedon luottamuksellisuus tarkoittaa, että tietoihin on pääsy vain valtuutetuilla henkilöillä ja että tietoja käytetään vain ennalta määrättyihin tehtäviin. Tiedon luottamuksellisuudessa voidaan hyödyntää esimerkiksi tietojen luokittelua. (Popescul, 2011)

Yhdyskäytävä (gateway) toimii erilaisten verkkojen rajapinnassa ja välittää tullutta dataa eteenpäin oikeaan verkkoon (Verma et al., 2016).

Zigbee on langaton lyhyen kantaman tiedonsiirtotekniikka, joka yhdistää useita pieniä ja yksinkertaisia laitteita keskenään. Zigbee kuluttaa vähän virtaa ja sopii sen takia hyvin terveydenhuollon ratkaisuihin. (Labiod et al., 2007)

WAN (Wide Area Network) on laaja tietoliikenneverkko, joka voi muodostaa yhteyden alueellisten ja kansallisten rajojen yli. WAN voi yhdistää erilaisia verkkoja niin, että yhdessä paikassa olevat käyttäjät ja tietokoneet voivat olla yhteydessä käyttäjien ja tietokoneiden muihin sijainteihin. (Zhang et al., 2012)

.

1. JOHDANTO

1.1 Aiheen tausta

Kuten muillakin liiketoiminta-aloilla myös terveydenhuollon puolella vaikuttavat digitalisaation ja tietoliikennetekniikan kehitys. Terveydenhuollossa vaikuttavia tietoliikennetekniikoita on erityisesti 5G, esineiden internet (IoT), ja koneiden välinen viestintä (M2M-viestintä). 5G-matkapuhelinverkkojen tuomat ominaisuudet, kuten nopeus ja luotettavuus, luovat uusia mahdollisuuksia terveydenhuoltoon muun muassa potilaiden etävalvontaan. Tietoliikennetekniikoita voidaan hyödyntää lääketieteellisten ratkaisujen kehittämisessä, jotka mahdollistavat potilastietojen saatavuuden, milloin ja missä tahansa (de Mattos & Gondim, 2016). 5G, Iot sekä M2M-viestintä mahdollistavat jokainen uusia toimintatapoja ja sovelluksia terveydenhuollossa. On tärkeää huomata kuitenkin, että 5G, Iot sekä M2M-viestintä kietoutuvat osittain toisiinsa ja ratkaisuissa onkin usein näiden tekniikoiden yhdistelmiä. Tutkimuksessa keskitytään kuitenkin ratkaisuihin, joissa M2M-tekniikka on vallitsevana osana terveydenhuollon sovelluksissa.

M2M-viestinnällä tarkoitetaan suurta määrää langallisia ja langattomia yhteyksillä yhdistettyjä älykkäitä laitteita, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään ilman ihmisen suoraa puuttumista viestintään. Laitteiden välinen vuorovaikutus tarkoittaa laitteiden itsenäistä kommunikointia ja päätöksien tekemistä. M2M-viestintä on peräisin valvonta- ja tiedonhankintajärjestelmistä, joissa antureita ja muita langallisen verkon tai radiotaajuusverkon kautta liitettyjä laiteita käytetään tietokoneiden kanssa teollisten prosessien valvontaan ja hallintaan. (Verma et al., 2016)

Kuluneen vuosikymmenen aikana matkaviestintätekniikka on saavuttanut merkittäviä parannuksia kattavuudessa, palvelujen käytössä ja siirtonopeuksissa, mikä on edellytys M2M-viestinnän hyödyntämiselle. Mobiiliteknologian kehitys, kuten 5G:n kehitys, on keskeinen osa M2M-viestinnän kehittämistä. (de Mattos & Gondim, 2016) Yksi keskeinen tekijä M2M-viestinnän kasvussa on kaikkialla olevien yhteyksien laaja saatavuus (de Mattos & Gondim, 2016; Verma et al., 2016).

Potilaiden etämonitorointi on yksi M2M-tekniikan toteutus terveydenhuollossa. On ennustettu, että M2M-viestinnän hyödyntäminen terveydenhuollon etämonitoroinnissa kasvaa vuosien 2016-2020 aikana yli 42% (PR Newswire, 2016). De Mattos ja Gondim (2016) ennustavat, että vuoden 2020 lopussa sadat miljoonat laitteet käyttävät terveydenhuoltoon liittyvää M2M-viestintätekniikkaa. Vaikuttava tekijä M2M-viestinnän

kasvuun voi olla myös puettavan teknologian kysynnän kasvu (Rubí & Gondim, 2019; Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018).

Suomessa tärkeänä hankkeena on ollut kehittää kotihoitoa, minkä tarkoituksena on parantaa palveluiden laatua ja hillitä kustannusten kasvua. Koska iäkkään väestön määrä Suomessa kasvaa myös ikääntymisen myötä krooniset sairaudet, kuten verenpainetauti, sepelvaltimotauti ja diabetes yleistyvät. Niinpä myös erikoissairaanhoidon, pitkäaikaishoidon ja kotihoidon kustannukset tulevat myös kasvamaan. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018) M2M-viestintä mahdollistama etämonitorointi keskittyy pääsääntöisesti kroonisten tautien hallintaan ja itsenäisen asumisen tukemiseen (de Mattos & Gondim, 2016; oneM2M, 2016), joten mahdollisia M2M-viestinnän sovelluskohteita voidaan löytää myös Suomen terveydenhuollosta.

1.2 Tutkimusongelma ja sen rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on luoda käsitys, mitä M2M-viestintään perustuvat toteutukset mahdollistavat terveydenhuollossa. Erityisesti tarkastellaan sähköistä terveydenhuoltoa ja sen sovelluksia. M2M-viestintää tutkittaessa terveydenhuollossa ei huomioida, miten M2M-viestintää otetaan käyttöön terveydenhuollossa.

Päätutkimuskysymys:

- Mitä vaikutuksia M2M-viestinnällä on terveydenhuollossa?

Alatutkimuskysymys:

- Mitä M2M-viestintään perustuvia toteutuksia ja innovaatioita on jo kehitetty terveydenhuollossa?

Tutkimuksen tarkoituksena on keskittyä, mitä M2M-viestinnän ratkaisuja terveydenhuollossa on käytössä sekä, mitä mahdollisuuksia sekä haasteita M2M-viestintä tuo. Mahdollisuuksilla tarkoitetaan teknologiasta saatavia hyötyjä, kuten uuden arvon luomista, potilastyytyväisyyttä tai tehokkuuden parantamista. Mahdollisuuksien tarkastelussa huomioidaan sekä terveyspalveluiden tarjoajien että potilaan saama hyöty. Huomioitavaa on, että näiden kahden osapuolen kokema hyöty voi poiketa toisistaan huomattavasti. Vaikka päätutkimuskysymyksessä mainitaan vaikutuksien tarkkailu, ei työssä suoriteta vaikutusmittauksia eikä tehdä vaikutustutkimusta, vaan työ keskittyy M2M-viestinnän mahdollisuuksien ja haasteiden selvittämiseen kirjallisuuskatsauksen avulla.

Tarkasteltaessa terveydenhuollon M2M-viestinnän sovelluksia, tärkeimmäksi sovelluskohteeksi muodostuu etämonitorointi. Potilasmonitorointia voidaan suorittaa erilaisissa kliinisissä olosuhteissa, kuten sairaalassa, tai ei-kliinisissä olosuhteissa, kuten

kotona, töissä, koulussa, matkoilla tai avohoitopalveluissa (Boswarthick et al., 2012). Tässä työssä keskitytään ei-kliinisissä ympäristössä tapahtuvaan monitorointiin.

Terveydenhuolto voidaan jakaa kahteen osaan: reagoivaan ja ennakoivaan terveydenhuoltoon. Reagoivassa terveydenhuollossa reagoidaan sairauteen, vammaan tai oireeseen jo sen ollessa kriittisellä hoitoa tarvitsevalla tasolla. Ennakoivassa terveydenhuollossa reagointi tapahtuu jo ennen oireita. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018) Ennakoiva terveydenhuolto on tärkeää muun muassa terveydenhuollon kustannusten säästämisessä, sillä erikoissairaanhoidon palveluita voidaan vähentää edistämällä terveyttä ennalta ehkäisevästi (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Tässä työssä keskitytään tarkastelemaan sekä reagoivan että ennakoivan terveydenhuollon ratkaisuja.

Tutkimuksessa ei rajata M2M-viestinnän mahdollistamia toteutuksia vain yksityiseen tai julkiseen puoleen, vaan rajaus toteutetaan perusterveydenhuollon ja erikoisterveydenhuollon välillä. On todettu, että terveydenhuollon menoista vain pieni osa syntyy perusterveydenhuollosta, vaikka näitä palveluita käytetään eniten (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Koska suurimmat menot keskittyvät erikoisterveydenhuoltoon, niin myös terveydenhuollon tehostaminen, kustannussäästöt ja lisäarvon luominen keskittyvät erikoisterveydenhuoltoon. Tämän takia tässä työssä tarkastellaan M2M-viestinnän mahdollisuuksia erikoisterveydenhuollossa.

Koska M2M-viestintäteknologialla pyritään vastaamaan terveydenhuollon toimintaympäristön muutoksiin ja tarpeisiin, rajataan terveydenhuollon tarkastelu Suomen terveydenhuoltoon ja keskitytään Suomessa todettuihin terveydenhuollon haasteisiin ja muutoksiin, joihin M2M-viestintä voisi soveltua. Huomioitavaa kuitenkin on, että Suomessa esiintyvät terveydenhuollon trendit ovat osaksi myös maailmalla esiintyviä trendejä.

Tutkimuksen odotuksena on löytää erilaisia M2M-viestinnän toteutuksia terveydenhuollossa. Odotuksena on myös saada tuloksia, joiden mukaan M2M-viestinnän hyödyntäminen terveydenhuollossa luo lisäarvoa terveydenhuollon tarjoajille ja potilaille. Koettu hyöty kuitenkin poikkeaa todennäköisesti tarkastelijan mukaan. Tavoite on perehtyä myös M2M-viestinnän toimintaan sekä luoda selvitys M2M-viestinnän käytöstä terveydenhuollossa.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimuksen luvussa 2 käydään ensin läpi tutkimusmenetelmä, jolla tutkimus on toteutettu. Luvussa 2 esitellään myös keskeisimmät tutkimusaineistot työlle sekä millä perusteilla aineistoa on valittu. Tämän jälkeen luvussa 3 luodaan yleinen ymmärrys

M2M-viestinnän toiminnasta sekä käydään läpi M2M-viestinnän osia, jotka ovat oleellisia terveydenhuollon kannalta. M2M-viestinnän käyttämiä protokollia, eli tarkkoja toimintatapoja ja viestisanomia sekä niiden rakenteita, ei käydä läpi, sillä niiden ymmärrys ei ole oleellista työn kannalta. Tarkoituksena on luoda yleiskäsitys M2M-viestinnän toiminnasta. Luvussa 3 esitellään M2M-viestintämalli sekä M2M-viestinnän ominaispiirteitä.

Luvussa 4 puolestaan perehdytään tarkemmin, minkälaisia nykyisiä toteutuksia ja innovaatioita M2M-tekniikasta on terveydenhuollossa. Tarkoitus on siis luoda yleiskatsaus nykyisestä tilasta M2M-viestinnän hyödyntämisestä terveydenhuollossa. Luvussa 5 käydään löydettyjen toteutuksien ja innovaatioiden tuomia vaikutuksia terveydenhuollossa. Luvussa 6 esitellään työn tulokset sekä kerrotaan jatkotutkimusehdotuksia.

2. TUTKIMUSMENETELMÄ JA -AINEISTO

2.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimus toteutetaan kirjallisuustutkimuksena, jonka tarkoituksena on rakentaa kokonaiskuvaa tutkittavasta aiheesta arvioiden esitettyjä teorioita ja tutkimuksia. Tarkoituksena on koota tutkimuksien tuloksia ja tarkastella näiden keskinäisiä yhteyksiä. Tässä työssä käytetään avuksi Finkin mallia kirjallisuuskatsauksesta, jossa kirjallisuuskatsaus nähdään systemaattisena, täsmällisenä ja toistettavana menetelmänä, jolla todennetaan, tarkastellaan kriittisesti sekä tiivistetään asiantuntijoiden ja tutkijoiden julkaisemia artikkeleita ja tutkimusaineistoja. (Fink, 2005)

Finkin mallissa on seitsemän vaihetta kirjallisuuskatsauksen toteuttamiseen. Seuraavaksi käydään läpi nämä vaiheet sekä, miten ne toteutetaan tässä työssä. Ensimmäinen kirjallisuuskatsauksen vaihe on tutkimuskysymysten asettaminen. Tämä voi sisältää pää- ja alatutkimuskysymyksiä. Alatutkimuskysymysten avulla on tarkoitus auttaa päätutkimuskysymykseen vastaamisessa. (Fink, 2005) Tämän työn pää- ja alatutkimuskysymykset on esitetty luvussa 1.2 *Tutkimusongelma ja sen rajaus.*

Toinen Finkin mallin vaihe on kirjallisuuden ja tietokantojen valinta (Salminen, 2011). Tässä työssä tutkimusaineistoa etsitään pääsääntöisesti Google Shcolar, Andor sekä ProQuest-tietokannoista. Tutkimusaineistona toimivat artikkelit, kirjat sekä aikakausilehtien julkaisut. Kolmas vaihe kirjallisuuskatsauksessa on hakutermien valinta, missä on oleellista pyrkiä rajaamaan hakutulokset vastaamaan tutkimuskysymyksiä (Salminen, 2011). Tietokantojen hakuja suoritetaan taulukon 1 mukaisilla hakusanoilla. Hakulausekkeet ovat englanniksi, koska aiheesta on tehty vain vähän suomenkielistä tutkimusta. Erilaisten ratkaisuiden ja innovaatioiden etsimisessä myös suomenkielisillä hakusanoilla löydettiin tuloksia.

Taulukko 1: Hakusanat ja käytetyt tietokannat

Hakusanat	Andor	Google Scholar	ProQuest
"health care" & "M2M"	197 551	9 700	2 370
“machine-to-machine communication”	20 918	29 300	3710
M2M AND "health care" AND challenges	79 128	6630	1444
“puettava teknologia”	0	163	0

Neljännessä Finkin mallin vaiheessa keskitytään rajaamaan hakuja vielä tarkemmin eri kriteerien avulla (Salminen, 2011). Kun taulukon 1 hakutuloksia rajataan

vertaisarvioituihin teoksiin sekä vuosien 2015-2020 mukaan, saadaan jo tarkempia hakutuloksia sekä löydetään tutkimuksen kannalta oleelliset lähteet. Nämä tulokset on esitetty taulukossa 2. Huomioitavaa on, että Google Scholar-tietokannassa rajaaminen onnistuu vain vuosilukujen perusteella.

Taulukko 2: Hakutuloksien määrä kriteereillä

Hakusanat	Andor	Google Scholar	ProQuest
"health care" & "M2M"	27 804	7 710	80
“machine-to-machine communication”	1 460	17 300	142
M2M AND "health care" AND challenges	27 804	5250	69
“puettava teknologia”	0	141	0

Viidennessä vaiheessa saatuja hakutuloksia käydään läpi selailemalla lähteiden tiivistelmät, otsikot ja kuvat läpi. Kuudennessa vaiheessa perehdytään puolestaan tarkemmin lähteisiin lukemalla ne ajatuksen kanssa läpi. (Salminen, 2011) Samalla kun lähteisiin perehdyttiin, löydettiin lähdemateriaalin lähdeluettelosta myös tähän työhön sopivia lähteitä. Löydettyä lähdemateriaalia ja niiden keskeisiä sisältöjä avataan seuraavassa *1.2 Tutkimusaineisto* luvussa. Seitsemännessä vaiheessa löydettyjen lähteiden ydin ajatuksia esitetään, arvioidaan sekä verrataan toisiin lähteisiin (Salminen, 2011).

2.2 Tutkimusaineisto

Taulukossa 3 esitellään tutkimuksen kannalta oleellisimpia lähteitä. Mehmood et al. (2015) avulla löydettiin työn keskeiseksi lähteeksi muodostuneet oneM2M ja ETSI (European Telecommunications Standards Institute) TR 102 732 -tekniset raportit, joissa on koottu yhteen sähköisen terveydenhuollon M2M-viestinnän ratkaisuita sekä minkälaisia ominaisuuksia ja vaatimuksia M2M-viestinnän ratkaisuilta odotetaan terveydenhuollossa. OneM2M (2016) teknisessä raportissa on erikseen kohta terveydenhuollolle, jossa kerrotaan erityisesti sensoreiden ja monitoroinnista M2M-viestinnän sovelluskohteena. ETSI (2013b) tekninen raportti keskittyy puolestaan kokonaan tarkastelemaan M2M-viestintää sähköisessä terveydenhuollossa.

Taulukko 3: Tärkeimmät lähteet

Kirjoittaja	Vuosi	Otsikko	Sisältö
ETSI	2013b	ETSI TR 102 732	M2M-viestinnän sovelluksia ja käyttötapauksia sähköisessä terveydenhuollossa.
Kaasalainen, K., Neittaanmäki, P.,	2018	Terveys- ja hyvinvointiteknologian sovelluksia ikääntyneiden terveyden edistämisessä ja kustannusvaikuttavien palvelujen kehittämisessä.	Suomen terveydenhuollon haasteita ja muutoksia. Kotihoidon tukemisen ratkaisuja.
Mehmood, Y., Görg, C., Muehleisen, M., Timm-Giel, A.	2015	Mobile M2M communication architectures, upcoming challenges, applications, and future directions.	M2M-viestinnän haasteita. ETSI standardit: 102 725 & 102 732. OneM2M
oneM2M	2016	Use Cases Collection	M2M-tekniikan toteutuksia ja ratkaisuja terveydenhuollossa
Verma, P.K., Verma, R., Prakash, A., Agrawal, A., Naik, K., Tripathi, R., Alsabaan, M., Khalifa, T., Abdelkader, T., Abogharaf, A	2016	Machine-to-Machine (M2M) communications: A survey	Yleiskatsaus, mitä M2M-tekniikka on ja miten se rakentuu.
Vähäkainu, P., Neittaanmäki, P.,	2018	Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia	Sensori ja puettavia teknologia ratkaisuita. Ennakoiva ja reagoiva terveydenhuolto.

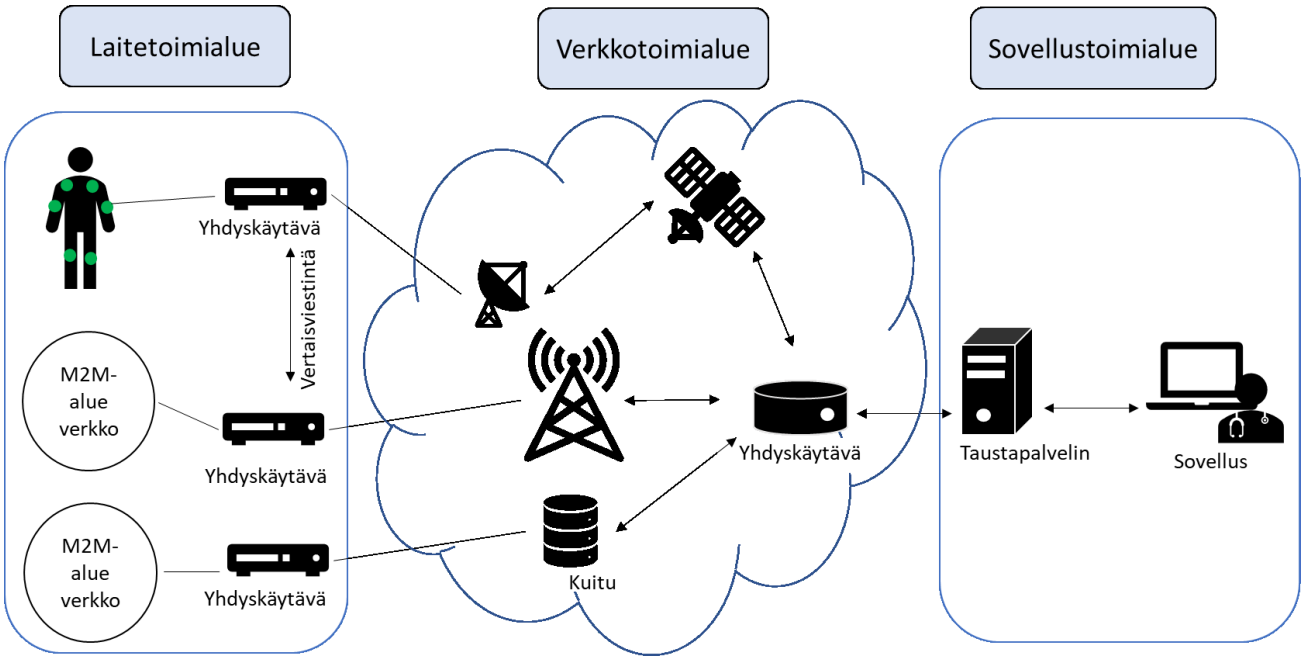
OneM2M (2016) ja Etsi (2013b) tekniset raportit luovat enemmän yleisymmärrystä terveydenhuollon sensorien ja monitoroinnin toiminnasta M2M-viestinnässä. Puolestaan Vähäkainu ja Neittaanmäki (2018) sekä Kaasalainen ja Neittaanmäki (2018) esittelevät terveydenhuollon sekä käytössä olevia että mahdollisia innovaatioita, joissa hyödynnetään sensoriteknologiaa ja joihin olisi mahdollista hyödyntää M2M-viestintää. Vähäkainu ja Neittaanmäki (2018) tuovat esiin muun muassa useita puettavan teknologian ratkaisuita, kun taas Kaasalainen ja Neittaanmäki (2018) kertovat ikäihmisten kotihoidon tukemisen ratkaisuista.

Oleelliseksi lähteeksi nousee myös Verma et al. (2016) artikkeli, jossa esitellään M2M-viestinnänmalli, sekä mitä ominaispiirteitä M2M-viestinnällä on. Artikkelin pohjalta saadaan hyvä yleiskäsitys M2M-viestinnästä menemättä liian teknisiin yksityiskohtiin, minkä takia se on oleellinen lähde työlle.

3. M2M-VIESTINNÄN TEORIAA JA YLEISKUVA TERVEYDENHUOLLOSSA

3.1 M2M-viestintäjärjestelmämalli

M2M-viestintäjärjestelmämalli esittää kolme toisiinsa kytkettyä toimialuetta, jotka ovat laitetoimialue, verkkotoimialue ja sovellustoimialue (Pencheva & Atanasov, 2016). Nämä sekä toimialueiden keskinäiset yhteydet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: M2M-viestintämalli (Verma et al., 2016; de Mattos & Gondim, 2016)

M2M-laitetoimialueessa M2M-laitteet keräävät dataa, esimerkiksi sensorien ja mittareiden avulla, ja lähettävät saatua dataa eteenpäin verkkotoimialueelle. M2M-laitetoimialueessa tapahtuu myös päätöksentekoa kuten, datan priorisointia sekä yhdistelemistä. M2M-laitetoimialue muodostuu yhdyskäytävistä ja alueverkoista, kuten antureista, toimilaitteista ja älykkäistä mittareista. Yhdyskäytävien tehtävä on välittää alueverkosta saatua dataa eteenpäin verkkotoimialueen laitteille. Yhdyskäytäviä tarvitaan, sillä alueverkon osilla, kuten mittareilla tai sensoreilla, on usein vain lyhyen kantaman langattomia teknologioita käytössä, joilla pystytään lähettämää dataa muutamista senteistä kymmeniin metreihin. Niinpä tarvitaan yhdyskäytäviä, jotka pystyvät lähettämään dataa runko- ja matkapuhelinverkoille asti. (Pencheva & Atanasov, 2016; Verma et al., 2016) Lyhyen kantaman teknologeja ovat muun muassa RFID (Radio Frequency Identification), ZigBee ja Bluetooth (Labiod et al., 2007).

Alueverkossa M2M-laitteet keräävät laajasti sensoridataa ja yhdistävät näitä tehden päätöksiä, mitä tietoa siirretään yhdyskäytävälle. M2M-laitteiden tekemiä päätöksiä kutsutaan ”älykkäiksi päätöksiksi”, sillä päätöksien tekoon ei tarvita henkilöresursseja. Päätöksenteko voi tapahtua esimerkiksi asetettujen raja-arvojen perusteella sekä tarkastelemalla datan tai verkon ominaisuuksia. M2M-laitetoimialueen yhdyskäytävät voivat myös tehdä ”älykkäitä päätöksiä" ja hallita näin datapaketteja. Yhdyskäytävät voivat olla myös yhteydessä toisiinsa tehdäkseen yhteistyöpäätöksiä, mitä kutsutaan vertaisviestinnäksi (peer-to-peer communications). (Verma et al., 2016)

Verkkotoimialue toimii laitetoimialueen ja sovellustoimialueen liittymäkohtana. Verkkotoimialueella hyödynnetään pitkän kantaman langallisia ja langattomia verkkoja, kuten kuitua tai 3G/4G/5G-matkapuhelinverkkoja. Verkkotoimialue tarjoaa kustannustehokkaita ja luotettavia kanavia, joilla on laaja kattavuus datan välittämiseksi laitetoimialueesta sovellustoimialueelle. (Verma et al., 2016)

Sovellustoimialue koostuu taustapalvelimesta (backend-server) ja M2M-sovellusasiakkaista. Taustapalvelin on yksi tärkeimmistä M2M-järjestelmän osista, ja se toimii integrointipisteenä, joka tallentaa kaikki laitetoimialueesta lähetetyt tiedot. Taustapalvelin välittää myös saamansa tiedot eteenpäin asiakassovelluksiin. Taustapalvelin tarjoaa myös reaaliaikaisen seurantatiedon erilaisiin asiakassovelluksiin, kuten reaaliaikaiseen etävalvontaan sähköisessä terveydenhuollossa. (Verma et al., 2016)

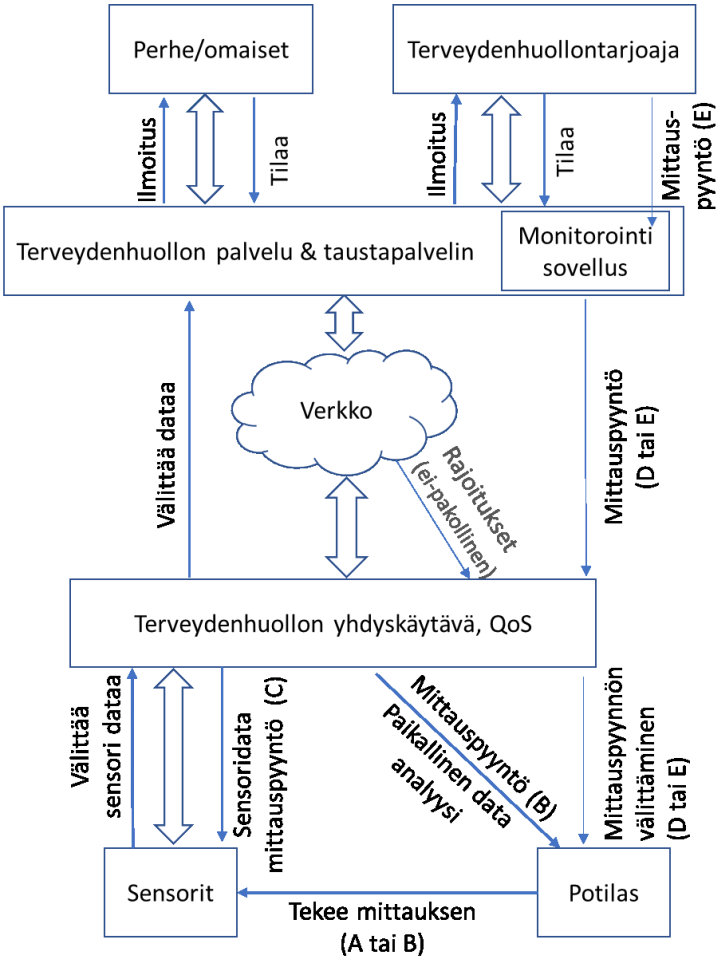
3.2 M2M-viestintämalli terveydenhuollossa

Tässä luvussa käydään läpi, miten M2M-viestintämalli voi käytännössä toteutua terveydenhuollossa sekä minkälaista dataa ja viestejä sovellusten, laitteiden, potilaiden ja käyttäjien välillä liikkuu. Terveydenhuollon yhdyskäytävät voivat olla esimerkiksi mobiililaitteet, kuten tabletit tai älypuhelimet, sekä seinään kytketyt laitteet, joissa on langallinen tai langaton yhteys. Terveydenhuollon yhdyskäytävät siirtävät potilaista saatua sensori dataa taustapalvelimelle (vrt. kuva 1). Yhteys toimii myös toiseen suuntaan ja voi sisältää muun muassa mittauspyyntöjä hoitohenkilökunnalta. (oneM2M, 2016)

Terveydenhuollon yhdyskäytävä voi jatkuvasti käsitellä ja välittää dataa sekä havaita potilaaseen liittyviä terveysongelmia. Jos yhdyskäytävässä havaitaan poikkeavuuksia saadussa datassa, yhdyskäytävä voi lähettää hälytyksen esimerkiksi terveydenhuollon tarjoajalle. (oneM2M, 2016) Hälytysrajat voidaan asettaa joko terveydenhuollon tarjoaja tai M2M-palveluntarjoajan puolesta. Hälytysrajat voivat perustua aikaisempaan

potilasdataan tai tieteellisiin tutkimuksiin. Hälytyksen lähetys riippuu ennalta määritellyistä ilmoitustilauksista.

Alueverkossa sijaitsevat sensorit ja monitorointilaitteet voivat aktivoitua usealla eri tavalla ja käynnistää esitetyn mittausprosessin. Sensorit käyttävät usein lyhyen kantaman langattomia yhteyksiä yhdistyäkseen yhdyskäytävään, jossa on yhteys verkkotoimialueeseen (Boswarthick et al., 2012). Seuraavaksi käydään läpi erilaisia mittauspyyntöjä ja toimintalogiikkoja koneiden välisessä viestinnässä. Nämä on esitetty tiivistetysti kuvassa 2.



Kuva 2: M2M-viestintä terveydenhuollossa (oneM2M, 2016)

Potilaan aloittamassa mittauspyynnössä potilas itse käynnistää mittausprosessin. Esimerkiksi verensokeriarvon mittaaminen voi olla tällainen prosessi (A). Toinen mahdollisuus potilaan käynnistämässä prosessissa on staattinen käytäntö, joka tarkoittaa, että terveydenhuollon yhdyskäytävältä on tullut pyyntö aloittaa mittaus, mutta mittausta ei kuitenkaan aloiteta automaattisesti potilaan puolesta. Pyyntö voi olla suora viesti yhdyskäytävältä potilaslaitteelle, ponnahdusviesti tai merkkivalo, mitkä voidaan ajastaa aikataulun pohjalta. (B) (oneM2M, 2016)

On myös mahdollista, että tarvittavia mittaustietoja potilaasta on mitattavissa tai saatavissa ilman potilaan toimenpiteitä. Tällöin yhdyskäytävä on suoraan yhteydessä potilassensoreihin datan saamiseksi, eikä tällöin vaadita potilaalta toimenpiteitä (C). Myös terveydenhuollon taustapalvelin voi lähettää mittauspyynnön potilaan seurantasovellukseen (D). Tämä voi perustua ennalta määriteltyihin käytänteisiin tai esimerkiksi tarpeeseen, joka todennetaan potilastietojen prosessoinnissa. (oneM2M, 2016)

Dynaamisessa potilaanseurantapyynnössä terveydenhuollon palveluntarjoaja luo mittauspyynnön, joka lähetetään terveydenhuollon taustapalvelimen kautta yhdyskäytävälle ja siitä potilaslaitteeseen (E). Mittauspyyntö sensoreille voi siis tulla joko potilaalta itseltään, yhdyskäytävältä, taustapalvelimelta tai valtuutetulta hoitohenkilökunnalta. (oneM2M, 2016) Mittauspyyntöjen tulokset voidaan myös välittää terveydenhuollon tukijärjestelmiin, kuten sähköiseen potilastietojärjestelmään eli EHR-järjestelmään (Electronic Health Record), tai potilaan henkilökohtaisiin terveystietoihin (ETSI, 2013b).

Kun lähetetään mittauspyyntöjä, on huomioitava, että potilaslaitteella, kuten älypuhelimella, tai matkapuhelimen yhdyskäytävällä, ei ole aina aktiivista verkkoyhteyttä. Näissä tapauksissa mittauspyyntö saapuu herätyslaukaisijana (wake-up trigger) terveydenhuollon yhdyskäytävään, joka voi muodostaa yhteyden taustapalvelimelle määrittääkseen pyynnön tarkoituksen ja käsittelee sitten potilasta koskevan mittauspyynnön. (oneM2M, 2016)

Yhdyskäytävässä voidaan säädellä alueverkoista saadun datan lähetystä verkon rajoitteiden tai datan palvelulaadun eli QoS-indikaattoreiden mukaan. Verkon rajoitteitta ovat esimerkiksi tehokkuus, huippukuormien välttäminen, tiettyjen taajuuksien suojaaminen, verkkoyhteyksien peiton kattavuus ja laiterajoitukset, joita ovat energiankulutus ja tiedonsiirtomaksut. QoS-indikaattoreita voidaan määrittää saadulle datalle ja niitä voivat olla viive, kaistanleveys tai viivetoleranssi. QoS-indikaattorien avulla yhdyskäytävä pystyy priorisoimaan liikennettä ja päättämään, lähetetäänkö data välittömästi, puskuroidaanko tieto vai lähetetäänkö tieto myöhemmin. Puskuroinnilla tarkoitetaan, että dataa yhdistetään aikaisemman tai tulevan tiedon kanssa, mitkä siirretään yhtenä kokonaisuutena myöhemmin sopivana ajankohtana verkon yli. Puskurointia voidaan hyödyntää datan kanssa, joka sietää viivettä. Puskuroinnin avulla voidaan vähentää verkon käyttöä, mutta siinä on huomioitava datan ominaisuuksia, kuten viivetoleranssi. Jos viivetoleranssi on hyvin pieni, edellyttää tämä välitöntä kuljetusta. Terveydenhuollon yhdyskäytävän on siis sopeuduttava verkon suorituskyvyn, saatavuuden ja datan ominaisuuksien mukaan. (oneM2M, 2016)

Kuten kuvassa 2 on esitetty, terveydenhuollon taustapalvelimelle saapuvat tiedot välitetään eteenpäin valtuutetulle tilaajalle, joka voi olla omainen, sairaanhoitaja tai lääkäri. Tilaukset tiedoista voidaan asettaa etukäteen taustapalvelimeen, jotta tilaaja saa ilmoituksen tietojen saapuessa. Huomioitavaa kuitenkin on, että vain todennetut ja valtuutetut käyttäjät voivat tilata mittaustietoja, saada ilmoituksia tai käyttää mitattuja tietoja. Niinpä M2M-järjestelmän vaatimus on sallia pääsy tietoihin, joita siirretään tai puskuroidaan vain todennettuihin ja valtuutettuihin sovelluksiin. Välitettävän tiedon luotettavuutta voidaan edistää tilaajakohtaisilla suodattimilla, joita voidaan asettaa taustapalvelimelle niin, että tilaajat saavat vain ilmoituksen, kun heille merkityksellistä tietoa tai tapahtumia on saatavilla. (oneM2M, 2016)

3.3 M2M-viestintäteknologian ominaisuuksia ja vaatimuksia

M2M-viestinnän ominaispiirteitä sekä vaatimuksia ovat samanaikaiset datalähetykset, yhteyden luotettavuus, lähetettävien tietojen priorisointi, laitteiden pieni virrankulutus, suuri tietoliikennemäärä, matala viive sekä seuranta ja tietoturva. Yleisesti nämä ominaisuudet ja vaatimukset voivat vaatia muutoksia erilaisiin protokolliin ja laitteiden välisiin yhteistöihin. (Verma et al., 2016)

M2M-viestinnälle on ominaista, että lähetysten määrä vaihtelee paljon ajankohdittain. M2M-dataliikenteen huipputunnit osuvat osittain samoihin tunteihin kuin ihmispohjainen viestintäliikenne, minkä takia ruuhkan hallinnassa ei voida hyödyntää liikenteen hajautuneita huippuja. Niinpä verkon vakauden ja kustannustehokkuuden varmistamisessa on hyödynnettävä muita menetelmiä, kuten ylikuormituksen hallintaa sekä datan viiveiden sietokykyä, jota palveluntarjoaja voi säädellä. Verkon ruuhkautumista voidaan estää osaksi sovellustason hallinnalla, jossa verkonhaltijat voivat priorisoida M2M-viestinnän etusijalle sekä asettaa verkkokäytäntöjä. M2M-viestinnän ensisijaisilla ja toissijaisilla taajuusalueilla voidaan myös välttää verkon ruuhkautumista sekä säästää energiaa. (Pencheva & Atanasov, 2016; Verma et al., 2016) Jos M2M-viestintään tarkoitettu ensisijainen taajuusalue on ruuhkainen, voidaan liikennettä siirtää toissijaiselle taajuusalueelle. Tällöin on kuitenkin huomioitava, että toissijaisilla taajuusalueilla lähetetyt lähetykset, eivät saa häiritä taajuuksien ensisijaisia lähetyksiä.

M2M-viestinnän luotettavuudella tarkoitetaan, että yhteys laitteiden, verkon, taustapalvelimen ja sovelluksen välillä on varmistettava riippumatta ympäristöstä, kuten laitteiden liikkuvuudesta, häiriöistä tai kanavan laadusta. Tätä on toteutettu esimerkiksi lähetyksien priorisoimisella sekä toissijaisten taajuuksien avulla. M2M-laitteet altistuvat käytössä laitteisto-, ohjelmisto- ja verkkohyökkäyksille, kuten hakkeroinnille.

Hyökkäyksien estämiseksi M2M-laitteiden on kyettävä havaitsemaan epätavalliset tapahtumat, kuten laitteen sijainnin muuttumisen sekä tarjoamaan suojattua viestintää, esimerkiksi tietojen salauksella ja todentamisella. Hyökkäyksiltä voidaan myös välttyä hyödyntämällä M2M-laitteiden ja yhdyskäytävien todentamista, esimerkiksi kaksisuuntaisella autentikoinnilla, verkon sertifioinnin tarkistamisella, viestinnän rytmiä sekä verkon syöttö- ja paluumenettelyn todentamisella. (Verma et al., 2016)

Muita tärkeitä M2M-viestinnän ominaispiirteitä ovat lähetyksen priorisoiminen esimerkiksi aikataulun mukaan. Pieni virrankulutus on puolestaan tärkeä vaatimus, jota toteutetaan siten, että laita on päällä vain tarvittaessa, ja tehtävän jälkeen M2M-laite siirtyy lepotilaan. M2M-laitteiden on myös tarvittaessa pystyttävä tukemaan eri viivettä sietäviä sovelluksia. Jotta voidaan tukea matalaa viivettä, on minimoitava sekä verkon yhteys- että tiedonsiirtoviive. (Verma et al., 2016)

Huomioitavaa on, että M2M-viestinnän eri ominaisuudet korostuvat erilailla eri sovelluksissa. Yksi rajaava tekijä on viiveen sietokyky. Sovellukset voivat olla joustavia, jolloin viive ei vaikuta niiden suorituskykyyn. Toisaalta osa sovelluksista reagoivat herkemmin viiveeseen ja voivat tarvita reaaliaikaista datan siirtoa. Näissä tilanteissa tiedonsiirtopalvelu on tarjottava tietyssä sovitussa viiveessä. Viiveeseen mukautuvia sovelluksia ovat esimerkiksi ääni- ja videopalvelut. (Verma et al., 2016)

Puolestaan nopeuteen mukautuvat sovellukset säätelevät lähetysnopeuksiaan käytettävissä olevien siirtoteiden mukaan säilyttäen kohtuulliset viiveet. Nopeuteen mukautuvien sovellusten suorituskyky riippuu aikataulutuskaavioista sekä kanavan laadusta. (Verma et al., 2016)

3.4 Terveydenhuollon vaatimukset M2M-viestinnälle

Terveydenhuollossa on omia erityispiirteitä ja vaatimuksia M2M-viestinnälle, joita käydään seuraavaksi läpi. M2M-laitteen rekisteröintiin, todentamiseen ja M2M-laitteesta tapahtuva tiedonvaihtoon liittyvät vaatimukset sähköisessä terveydenhuollossa vastaavat paljon yleisiä M2M-viestinnän vaatimuksia. Erityisiä vaatimuksia ovat sijainnin seuranta, tuki kriittisen viestin käsittelylle ja jakamiselle, tarkkojen aikaleimojen tuki sekä laitteiden häiritsemättömyys. Sijainnin seuranta on oleellinen ominaisuus, sillä M2M-laitteet ja tukijärjestelmien on pystyttävä seuraamaan ja raportoimaan tarvittaessa potilaan sijainti. Sijaintitiedot voivat olla kriittisiä esimerkiksi hätätilanteissa, jossa vaaditaan ambulanssia. Hätätilanteissa korostuu myös tuki kriittisten viestien käsittelylle ja välittämiselle. (Boswarthick et al., 2012) Tähän myös perustuu tarve tiedon priorisoimiseen sekä verkkoyhteyksien luotettavuuteen ja saatavuuteen. Yhteyden

luotettavuus ja saatavuus voivat olla palvelusopimuksen alaisia, esimerkiksi terveydenhuollon tarjoajan ja verkko-operaattorin välillä (Boswarthick et al., 2012).

Tarkat aikaleimat ovat terveydenhuollossa oleellisia onnistuneiden analyysiprosessien kannalta. Koska analysoitavana on potilaan terveyteen liittyvää tietoa, analysointiprosessin virheensietokyky on minimaalinen. Lääketieteellisten laitteiden häiritsemättömyys on myös piirre, joka korostuu terveydenhuollossa. M2M-järjestelmien tai sen osien tulee välttää häiriöt, joita voi syntyä järjestelmän käyttämien erittäin matala jännitteisten signaalien havaitsemisessa ja mittaamisessa. M2M-järjestelmissä on käytettävä matalia jännitteitä potilaan turvallisuuden takaamiseksi. Kuitenkin sähköisessä terveydenhuollossa sensoreilla mitattaessa, esimerkiksi sydänfilmiä eli EKG-signaaleja (elektrogardiografia), mittaus ja kehon verkko voivat häiriintyä lähellä olevista sähkölaitteiden GSM- (Global System for Mobile Communications) tai GPRS-lähettimistä (General Packet Radio Service). (Boswarthick et al., 2012) GSM- ja GPRS-lähettimiä käytetään pääsääntöisesti 2G-matkapuhelinverkkojen kanssa välittämään puheluita (Jain et al., 2014).

M2M-laitteet, joita käytetään terveydenhuollon sovelluksissa, voidaan luokitella viiveherkiksi, sillä onnistuneen hoidon sekä potilaan turvallisuuden takaamiseksi tarvitaan reaaliaikaista tietoa. (Balcı & Sokullu, 2017) Niinpä sähköisessä terveydenhuollossa korostuvat M2M-laitteiden ominaisuus samanaikaisiin lähetyksiin sekä matalaan viiveeseen (Verma et al., 2016). Useista terveydenhuollon sensoreista voi tulla dataa samanaikaisesti yhdyskäytävään, minkä takia terveydenhuollon yhdyskäytävän on pystyttävä käsittelemään samanaikaisia tietovirtoja (oneM2M, 2016). Myös kaksisuuntainen viestiliikenne, verkon tietoturva, suojattu laiteosoitteet sekä viestien merkitseminen korostuvat potilasturvallisuudessa ja onnistuneessa hoidossa. (ETSI, 2013b)

Mobiiliverkkojen kehityksessä erityisesti 5G-yhteyksien ominaisuudet, kuten skaalautuvuus ja joustava tapa jakaa kaistanleveyttä, vaikuttavat M2M-sovelluksiin terveydenhuollossa. Skaalautuvuutta ja kaistanleveyden joustavaa jakotapaa tarvitaan, sillä verkkoyhteyksien määrä nouse M2M-viestinnän myötä huomattavasti. Lisäksi 5G-matkapuhelinverkkojen tarjoama viestintätuki mahdollistaa M2M-ratkaisujen laajan käyttöönoton ja laajentamisen lääketieteen alalla. (de Mattos & Gondim, 2016)

4. M2M-VIESTINNÄN ETÄMONITORINNIN JA SENSORIEN HYÖDYNTÄMINEN TERVEYDENHUOLLOSSA

4.1 Potilaiden etämonitorointi terveydenhuollossa

Terveydenhuollon tarjoajat voivat seurata ja diagnosoida potilaan terveydentilaa keräämällä, tallentamalla, hakemalla ja analysoimalla potilaan terveyteen liittyviä tietoja etämonitoroinnin avulla (Boswarthick et al., 2012). Potilaan etämonitorointisovellusten avulla voidaan lukea ja analysoida potilaan ympäristössä olevia erilaisia lääketieteellisiä ja ei-lääkinnällisiä laitteita etänä (oneM2M, 2016). Lääketieteellisiä laitteita voivat olla esimerkiksi EKG-mittarit ja ei-lääketieteellisiä eri hyvinvointisensorien toteutukset kuten älykellot.

Etämonitorointilaiteet voidaan määritellä seuraavasti: se on elektroninen M2M-laite, jossa on sensori, käyttöliittymä tai toimilaite ja liitäntä M2M-verkkoon. Etävalvontalaite kerää sensorien avulla potilastietoja ja viestii M2M-verkon kautta asianmukaiselle yhteystaholle, kuten M2M-palveluntarjoajalle, hoitohenkilökunnalle tai M2M-sovellukselle. Lisäksi laite voi vastaanottaa yhteystahon käskyjä ja toimia niiden perusteella tai antaa tietoa potilaalle. (ETSI, 2013b)

Etämonitorointilaitteet sijoittuvat M2M-viestintämallin alueverkkoon, jossa monitorointi laitteet ovat erilaisilla lyhyen kantaman teknologioilla yhteydessä terveydenhuollon yhdyskäytävään. Lyhyen kantaman teknologioita on esimerkiksi Bluetooth, joka on yleisesti käytössä monitorointilaitteissa. (Boswarthick et al., 2012) Monitoroinnista saatavia hälytyksiä ja tietoja välitetään sensoreilta terveydenhuollon tarjoajalle sekä terveydenhuollon tarjoajalta sensoreille eri viestintätapojen mukaisesti, jotka on esitetty luvussa 3 kuvassa 2.

Etämonitoroinnissa terveydenhuollon yhdyskäytävänä voi toimia kiinteä laite, kuten tietokone, digiboksi, matkapuhelin tai erillinen laite, jota voidaan pitää esimerkiksi avaimenperänä tai potilaan ranteessa tai kaulassa. Joillain sensoreilla on myös valmiudet tukea yhteyttä suoraan taustapalvelimelle ilman yhdyskäytävälaitteen apua. Tällaiset sensorit ovat muun muassa sensorit, jotka tukevat itsenäisesti WAN-yhteyttä. (ETSI, 2013b)

Etävalvonnan yksi tärkeä ominaisuus on etäkonfigurointi, sillä sen avulla voidaan asettaa käyttöönotettavan valvontalaiteen asetukset potilaille yksilöllisten tarpeiden mukaan. Etäkonfiguroinnin avulla M2M-sovelluskokonaisuudet voivat määrittää etävalvontalaitteen parametreja M2M-verkon yli. Etäkonfigurointia voidaan soveltaa

yksinkertaisten parametrien muuttamiseen. Tällaisia parametreja ovat muun muassa raportointi tiheys, tapahtumien ja hälytysten laukaisu, annostuskoot, uuden käyttöohjelmiston lataaminen sekä uudelleen käynnistys turvallisesti. Jotta etäkonfigurointia voidaan toteuttaa, odotetaan etävalvontalaitteelta suojattua ja vahvistettua viestintää, esimerkiksi etäkonfigurointiviestin kuittaus valvontalaitteelta halutun kokoonpanotilan saavuttamisesta. (ETSI, 2013b)

Myös laitteen etäohjaus on tärkeä ominaisuus, sillä sen avulla voidaan hallita aikakriittisiä tai tilattuja tapahtumia, kuten lääkkeiden annosteluita. Ohjauksen avulla voidaan myös lähettää erilaisia viestejä, jotka voivat esimerkiksi edellyttää potilaan toimintaa tai vastausta. (ETSI, 2013b)

4.2 Etämonitoroinnin sovelluskohteita

Etämonitoroinnin toteutuksia ovat sairauden hallinta, kotihoidon tukeminen sekä hyvinvoinnin edistäminen. Etämonitoroinnissa lääkkeiden, kuten insuliinin, annostusmuutoksia voidaan tarvittaessa antaa myös etäkäskyjen perusteella (oneM2M, 2016), mikä korostuu erityisesti sairauksien hallinnassa sekä itsenäisessä ikääntymisessä. Potilaan etähoidossa ja -monitoroinnissa potilas käyttää puettavia tai implementoitavia sensoreita (de Mattos & Gondim, 2016), joita voivat olla muun muassa älyrannekkeet tai puettavat teknologiset vaatteet, kuten älytekstiilit, joihin on implementoitu sensoreita mittaamaan esimerkiksi potilaan lämpötilaa (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018). Tulevaisuudessa voidaan kehittää implantteja, jotka voidaan asettaa kehon sisään mittaamaan potilaan elintoimintoja (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018).

Kotihoitosovellukset, kuten liiketunnistin järjestelmä ja erilaiset turvaratkaisut, käyttävät erilaisia sensoreita, jotka kommunikoivat M2M-alueverkon avulla ja muodostavat yhteyden internetiin kodin yhdyskäytävän ja laajakaistayhteyden avulla. (Boswarthick et al., 2012; Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018) Näin havaitut hälytykset voidaan ilmoittaa omaisille tai hoitohenkilökunnalle kuten läheiseen vanhainkotiin. Kotiin voidaan asentaa huomaamattomia järjestelmiä, joiden sensorit voivat olla esimerkiksi sijoitettuna maton alle tai nojatuoliin, josta voidaan mitata potilaan elintoimintoja. Näiden avulla voidaan toteuttaa ennakoivaa terveydenhuoltoa ja havaita hoitoa vaativa lääkinnällinen tila, kuten sydänkohtaus, useita tunteja etukäteen. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018). Huomaamattomien järjestelmien avulla voidaan myös esimerkiksi valvoa muistisairaiden aktiivisuutta ja liikkumista talossa. Tulevaisuudessa voidaan puhua jopa älykodeista. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018) Seuraavaksi käydään läpi etämonitoroinnin sovelluksia ja käyttökohteita seuraavissa alaluvuissa.

4.2.1 Sairauden hallinta

Sairauksien hallinta on yleinen M2M-viestinnän sovelluskohde sähköisessä terveydenhuollossa. Tästä yleisiä esimerkkejä ovat diabeteksen ja sydämen rytmihäiriöiden seuraaminen. Joissakin sairauksienhallintasovelluksissa tarvitaan hälytystoiminto potilaan tai lääkärin huomion saamiseksi sekä kriittisen terveydentilan reagoimiseen. (Boswarthick et al., 2012) Tämän tapaisten hälytyksien viiveen sieto riippuu reaktiotarpeesta, esimerkiksi onko tapaus hengenvaarallinen vai vaikutus mukavuuteen. Sairauksien hallinnassa korostuu myös laitteiden konfigurointi mahdollisuudet, kuten raportointijaksojen säätäminen, sekä laitteen toiminnan tarkistaminen, kuten sensorien ja liitettävyyksien tarkistaminen. (ETSI, 2013b)

Sydämen rytmihäiriöitä voidaan hallita esimerkiksi Cardionet-järjestelmällä, joka tallentaa epänormaalit sydämen rytmit ja lähettää ne yhdyskäytävän kautta eteenpäin analysoitavaksi. Palvelimelle kerralla kerättävien ja edelleen lähetettävien tietoja määrä sekä raportoinnin tiheys riippuvat sairauden ominaispiirteistä sekä erityistarpeista. (ETSI, 2013b) Sydämen toimintaa voidaan tarkastella myös päälle puettavalla EKG-monitorointilaitteella, joka muistuttaa sykevyötä ja se laitettaan rinnan alle tarkkailemaan sydämen terveystilaa ja yleistä terveyttä. (QardioCore, 2020)

Päälle puettavan teknologian avulla voidaan myös tutkia ihonterveyttä muun muassa ihon pintaa muistuttavien sensorien avulla, jotka tarkkailevat veden virtauksia ja ihon nestetasapainoa. Laite muotoutuu ihon mukaisesti ja tunnistaa lämpötilan muutoksia sekä se voi hälyttää käyttäjää värien avulla. Laitteen algoritmit ja sensorit analysoivat ja lähettävät dataa eteenpäin. (Whiteman, 2014)

Diabeteksen etämonitoroinnissa voidaan mitata potilaan verensokeripitoisuutta jatkuvasti sensorien avulla solujen välissä olevasta nesteestä (Abbott, 2020) sekä säätää insuliiniannostuksia (ETSI, 2013b). Tällaiset mittarit ovat jo hyvin yleisiä terveydenhuollossa (Blum & Rayfield, 2018). Verensokerin mittaukseen ollaan kehitetty myös älykkäitä kontaktilinssejä, joilla voidaan mitata potilaan kyynelnesteestä silmän pinnalta verensokeri (King, 2014).

Muita puettavan teknologian innovaatiota etämonitoroinnissa on rintasyövän tunnistaminen urheiluliivien tapaisella vaatteella. Liiveissä olevat sensorit tarkastavat millaisia lämpötilan muutoksia tapahtuu vuorokausirytmin aikana ja voivat tämän avulla havaita epänormaalin solun kehityksen ja lisääntymisen jo syövän alkuvaiheessa. Innovaatio on kuitenkin ollut vasta testikäytössä. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Etämonitorointia ja sensoreita voidaan käyttää myös tunnistamaan epilepsia kohtauksia. Esimerkiksi lapsella voi olla älykello, joka hälyttää vanhempien puhelimeen yön aikana, jos lapsi saa yöllä epilepsia kohtauksen. (Kosir, 2015) Epilepsia kohtauksista

saatavaa tieto voidaan lähettää myös terveydenhuollon tarjoajille ja jaetulla tiedolla voidaan tukea epilepsia hoitoa.

4.2.2 Kotihoidon tukeminen

Sähköisen terveydenhuollon M2M-sovellukset voivat antaa vanhuksille mahdollisuuden elää itsenäistä elämää ja jäädä kotiinsa tapauksissa, joissa apua yleensä tarvittaisiin. Kotihoito koostuu potilaan elintoimintojen sekä aktiivisuuden seurannasta sekä sen varmistamisesta, että potilaat käyttävät lääkkeitä. Seurattavia elintoimintoja ovat muun muassa pulssi, lämpötila, paino ja verenpaine. (Boswarthick et al., 2012)

Aktiivisuustasoa voidaan mitata muun muassa potilaan päivittäisen sängyssä vietetyn ajan sekä potilaan liikkumisen määrästä kodissaan. Aktiivisuustason mittauksella voidaan päätellä yleistä terveyttä sekä havaita muutoksia, jotka saattavat tarvita lääkärin tai muun henkilön puuttumista. Tämä on tärkeää, sillä on todettu, että kodissa kaatuminen on yleinen vammautumisen syy vanhuksilla. Automaattiset kaatumisenilmaisujärjestelmät hyödyntävät sensoreita, jotka aiheuttavat hälytyksen, kun sekä henkilön suunta että kiihtyvyys ylittävät ennalta asetetut kynnykset. Hätätilanteessa hälytys lähetetään välittömästi hätäpalvelukeskukseen, mahdollisesti yhdessä kuvien tai videoiden kanssa, jotka potilaan kotiin asennettava kamera on ottanut. (ETSI, 2020)

M2M-viestinnällä voidaan myös tuoda turvaa hätätilanteisiin esimerkiksi henkilökohtaisella hätäapujärjestelmällä, joka mahdollistaa potilaan pääsyn ympärivuorokauden toimivaan puhelinkeskukseen. Hätäapujärjestelmä voidaan sijoittaa esimerkiksi potilaan kaulakoruun tai rannekkeeseen, jolloin ne mahdollistavat välittömän pääsyn apuun yhdellä painikkeella. (Boswarthick et al., 2012) On myös mahdollista, että potilaan terveydentilaan liittyvät sensorit, sijaitsevat potilaan ympäristössä (ETSI, 2013b).

M2M-viestinnällä voidaan lähettää muistutuksia potilaalle päivittäisistä toimista, kuten lääkkeiden ottamisesta (Boswarthick et al., 2012). Suomessa yleisimmin käytettyjä virtuaalipalveluja ovatkin ilta- ja aamulääkkeiden muistutukset sekä asiakkaan voinnin seuranta (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Hyvinvoinnin etävalvonta ja kotihoito mahdollistavat tukea ja apua ihmisten turvalliseen ikääntymiseen omassa kotonaan.

Kotihoitoa voidaan tukea myös erilaisilla seurantajärjestelmillä, joita voidaan hyödyntää esimerkiksi Alzheimer potilaiden seurannassa. Seurantajärjestelmän sensorit voidaan esimerkiksi sisällyttää potilaan sukkaan tai laittaa kenkiin älypohjallisilla. Sensorien avulla voidaan paikantaa vaeltamaan lähteneet potilaat sekä asettaa

ilmoituksia omaisille tai terveydenhuollon tuottajille potilaan poistuessa tietyltä alueelta. (Sottile, 2014; GPS SmartSole, 2020)

Kotihoidossa voidaan hyödyntää myös älylaastareita, joilla voidaan kerätä muun muassa tietoja potilaan lämpötilasta, liikkeestä, sijainnista tai muista kehon toiminnoista. Niiden avulla saadaan reaaliaikaista tietoa terveydenhuollon ammattilaisten käyttöön. Älylaastareiden etuna on, että ne ovat pienikokoisia sekä ihoon mukautuvia. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018; VTT, 2020)

4.2.3 Hyvinvointi

Hyvinvointi sensoreilla voidaan seurata potilaan kuntoa ja terveyden paranemista. M2M-viestinnän sovelluksia voidaan käyttää kuntoilun aikana kirjaamaan eri parametreja, kuten hengityksen tiheyttä, energian kulutusta, verenpainetta, sykettä, ruumiinlämpöä sekä rasvanpolttonopeutta. Myös harjoitusten tiheyden, keston ja voimakkuuden, kuten juoksumatkojen, tallentaminen on mahdollista. Kun hyvinvointisensorien kautta saatu data tallennetaan taustapalvelimelle, voivat terveydenhuollon ammattilaiset hyödyntää tietoja osana potilaan terveysprofiilia. Näin voidaan sovittaa liikuntaohjelmat ja fysioterapiat tarkemmin ja nopeammin potilaan tarpeiden mukaan sekä antaa tarvittaessa palautetta. (Boswarthick et al., 2012; ETSI, 2020) Tästä voisi olla erityisesti hyötyä liikalihavuuden hoidossa, kun potilasta pystyttäisiin tukemaan prosessin aikana, eikä potilas jäisi yksin ongelmansa kanssa. Liikalihavuus on kasvava hoitoa ja tukea vaativa kansanterveyden ongelma.

Hyvinvointisensorien on selviydyttävä useista vaatimuksista, kuten akun ja virran kulutuksesta sekä prosessointikapasiteetistä (de Mattos & Gondim, 2016). Kuitenkin toisin kuin sairauksien hallintaa ja ikääntymistä tukevat M2M-sovellukset, kunto- ja terveystilan mittaamisen sovellukset vaativat todennäköisesti harvemmin tietojen kirjaamista ja lataamista. Kunto- ja terveyssovellukset ovat myös suvaitsevampia viiveelle kuin muut terveydenhuollon M2M-sovellukset. (ETSI, 2013b)

Kuten etämonitoroinnissa hyvinvointisensorit hyödyntävät myös ensin lyhyen kantaman tekniikkaa ja välittävät yhdyskäytävälle, kuten puhelimelle, kerätyt tiedot. (Boswarthick et al., 2012) Koska terveys- ja kuntodata kestävät tässä yhteydessä viivettä, voidaan kerätyt tiedot säilyttää yhdyskäytävässä ja lähettää myöhemmin verkon kapasiteetin ja ruuhkan mukaan (de Mattos & Gondim, 2016)

Hyvinvointisensoreita voidaan myös hyödyntää puettavassa teknologiassa (oneM2M, 2016). Tällaista on esimerkiksi unen mittaaminen ja edistäminen älykelloilla tai älyunimaskilla. Unen vähäisyys tai heikko laatu vaikuttavat jaksamiseen, sydämen toimintaan sekä korostaa riskiä aikuisiän diabeteksen syntymiseen. Uni on tärkeä osa

myös liika lihavuuden ehkäisemisessä ja laihduttamisessa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018) Älykellojen avulla voidaan tarkkailla vuorokausirytmiä, unen vaiheita ja ympäristön valonvoimakkuutta. Nämä mittaukset toteutetaan kellon sensorien avulla, jotka voivat mitata esimerkiksi sydämen sykettä ja hengitystiheyttä. (AntiGraph, 2020) Älynaamio puolestaan mittaa silmän liikettä, uniaaltoja, sydämen sykettä ja lihasten jännitystä sekä voi hyödyntää valoterapiaa unen laadun parantamisessa (Kosir, 2015). Älykelloja ja älyunimaskeja ei kuitenkaan vielä käytetä terveydenhuollossa, mutta voisivat toimia tulevaisuudessa ennakoivan terveydenhuollon tukena.

5. M2M-VIESTINNÄN VAIKUTUKSIA TERVEYDENHUOLLOSSA

5.1 M2M-viestinnän toteutuksien hyötyjä terveydenhuollossa

Terveydenhuollon M2M-viestinnän käyttöönotossa odotettavissa olevat suurimmat edut ovat sairaalapalveluiden kustannussäästöt, terveydenhuoltopalvelujen parempi laatu, kuten kotihoidon laatu, kroonisten sairauksien itsehallinta sekä väestön yleinen hyvinvointi. (Verma et al., 2016; Balcı & Sokullu, 2017) Nämä edut vastaavat paljon sähköisen terveydenhuollon tavoitteita, ja M2M-viestintä voidaankin nähdä sähköisen terveydenhuollon toteutuksen yhtenä komponenttina, joka hyödyntää erilaisia mobiiliratkaisuja. Mattos ja Gondim (2016) onkin todennut, että mobiiliratkaisuilla voidaan vähentää lääketieteellisiä virheitä ja parantaa terveyspalveluiden tehokkuutta ja siten vähentää toimintakustannuksia.

Tarkasteltaessa Suomen terveydenhuoltoa väestön ikärakenteen muutos luo lisä paineita sähköisen terveydenhuollon toteutukseen ja kustannussäästöihin, sillä väestön vanhetessa tarve erikoissairaanhoidolle ja vanhuspalveluille kasvaa. Samalla myös terveydenhuollon kustannukset nousevat. Suurimmalla osalla yli 75-vuotiaista onkin vähintään yksi pitkäaikaissairaus. Terveydenhuollon palveluiden osittainen korvaaminen ja niiden täydentäminen sähköisillä ratkaisuilla mahdollistavat peruspalveluiden turvaamisen kaikille niitä tarvitseville. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018) Sama trendi on todettavissa myös muualla maailmassa (Rubí & Gondim, 2019).

Sähköisen terveydenhuollon ratkaisuilla, kuten potilaiden etähoidolla ja seurannalla voidaan vähentää tarvetta sairaala- ja kotikäynteihin (oneM2M, 2016). Ratkaisuista saatujen datan avulla kotihoitokäyntejä voidaan myös kohdentaa uudelleen tai lisätä (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018), eli saadaan toteutettua tehokasta ja potilaan huomioon ottavaa resurssien allokointia. Potilaiden seurantasovellukset voivat tuoda lisäarvoa erityisesti hyvässä hoito tasapainossa oleville, kun rutiinitarkastuksia varten ei ole tarvetta matkustaa terveyskeskuksiin (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Näin voidaan saada huomattavia kustannussäästöjä sekä parannuksia terveydenhuoltoon (oneM2M, 2016).

Myös Boswarthick et al. (2012) on huomannut samoja vaikutuksia ja on kirjoittanut, että etälaitteiden avulla terveydenhuollon tarjoajat voivat hoitaa potilaita ennen kuin heidän tilansa pahenevat. Tällöin voidaan välttää tarpeettomat matkat hätäosastoille ja takaisin sairaalaan. Etämonitoroinnissa kerättyjen tietojen avulla voidaan ehkäistä

esimerkiksi kaatumistapaturmia ja pitkäaikaisen sairaanhoidon tarvetta. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Niinpä etävalvontalaitteet mahdollistavat sairaalahoidon minimoinnin, mikä vähentää terveydenhuollon menoja. (Boswarthick et al., 2012)

5.1.1 Etämonitoroinnista saatavia hyötyjä

Terveydenhuollossa potilaiden takaisin ottaminen sairaaloihin aiheuttaa huomattavaa kapasiteettiongelmia. Jos potilaat kotiutetaan mahdollisimman pian ja sänkypaikat saadaan seuraavan potilaan käyttöön samalla, kun varmistetaan, että potilaiden ei tarvitse palata takaisin sairaalaan, voidaan välttyä kapasiteettiongelmalta. Potilaiden etävalvonnan tarve johtuu terveydenhuollon palveluiden saatavuuteen liittyvistä ongelmista ja ikääntyvän väestön määrän kasvusta. (Sawant & Mrurgan, 2013; Balcı & Sokullu, 2017)

Etämonitoroinnilla voidaan toteuttaa ennakoivaa terveydenhuoltoa ja voidaan lyhentää sairaalajaksoja ja tukea avohoitoa. Erityisesti päälle puettava teknologia on tärkeä osa etämonitorointi mahdollisuuksia. Kun sairauksia voidaan ennakoida, terveyden ja toimintakyvyn parantamiseen voidaan vaikuttaa vielä elintapoihin puuttumisella, mikä vähentää kalliiden erikoissairaanhoidon palvelujen tarvetta. Ennakoivat terveyspalvelut ovatkin edullisempia kuin korjaavat terveyspalvelut, joten hyvinvointi sovelluksista voi olla säännöllisessä käytössä taloudellisia hyötyvaikutuksia. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018; Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Etämonitoroinnin avulla voidaan esimerkiksi jatkuvalla hengityksen tiheyden, sydämen sykkeen ja liikkeen mittaamisella voidaan saada useampi tunti etukäteen varoitus sydänkohtauksesta. Varoitus mahdollisesta hengenvaarallisesta tilasta voidaan saada jopa kahdeksan tuntia ennen uhkaavaa tilannetta. Niinpä etämonitoroinnin avulla voidaan säästää jopa ihmishenkiä. (Sawant & Mrurgan, 2013; Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Etämonitoroinnin avulla potilaista saatua jatkuvaa dataa voidaan hyödyntää muun muassa kroonisten sairauksien hallinnassa sekä potilaiden tilan seuraamisena sairaalajakson jälkeen. Etämonitoroinnin avulla voidaan saada arvokasta tietoa hoitomenetelmien ja kuntoutuksen toimivuudesta, mitä voidaan hyödyntää hoidon ja palveluiden parantamisessa. Kun etämonitoroinnissa kerättyä dataa tallennetaan, voidaan sitä hyödyntää analyysi- ja diagnostiikkatyökalujen kanssa, jolloin voidaan parantaa potilaan terveydentilan diagnooseja. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018).

5.1.2 Potilastyytyväisyys

Potilaat saavat terveydenhuollon etämonitorointilaitteiden avulla enemmän informaatiota omasta tilastaan ja hoito-ohjelmastaan (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018), minkä voidaan olettaa parantavan potilastyytyväisyyttä. Lisääntynyt tieto omasta hoidosta ja terveydentilasta lisäävät myös sitoutumista hoito-ohjelmaan (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018).

Aikaisemmin etämonitorointilaitteet ovat olleet langallisia ja kookkaita, mutta langattoman tietoliikennetekniikan ja sensorien avulla etämonitorointilaiteista on saatu suhteellisen huomaamattomia. Tämä helpottaa laitteiden käyttämistä ja lisää potilastyytyväisyyttä, sillä monille potilaille on tärkeää, että terveydenhuollon teknologiat ovat huomaamattomia, jotta ne eivät leimaa potilasta heikoksi tai toimintakyvyttömäksi (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Tulevaisuudessa päälle puettavat laitteet voivat olla vielä helpompia käyttää, sillä sensoreita saadaan yhä paremmin piilotettua pois näkyvistä ja niistä saadaan ihonmyötäisiä, jolloin laitteista saadaan vielä huomaamattomampia. Myös tulevaisuudessa sensoreita voidaan asettaa implanttien avulla kehon sisälle, jolloin laitteiden käytöstä tulee miellyttävämpää ja huomaamattomampaa. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

Potilastyytyväisyys voi myös kasvaa, kun etämonitoroinnin avulla voidaan yksilöidä tarvittavaa hoitoa ja palvelua paremmin. Sähköisessä terveydenhuollossa on todettu, että tehokkaat potilaskeskeiset prosessit lisäävät potilastyytyväisyyttä. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018; Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018)

5.2 M2M-viestinnän haasteita terveydenhuollossa

Iäkkäiden potilaiden kanssa haasteeksi M2M-viestinnän sovelluksien hyödyntämisessä voi nousta etämonitorointilaitteen teknologian käyttäminen. Esimerkiksi muistisairaiden potilaiden on vaikeata oppia uuden teknologian käyttäminen sekä uudet laitteet voivat aiheuttaa pelkoa ja ahdistusta muistisairaissa potilaissa mikä luo haasteita M2M-viestinnän sovellusten tehokkuuden ja koko hyödyn saamiseksi. (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018) Myöskin teknologia vastaisuus sekä muutosvastarinta ovat myös M2M-viestinnän sovelluksien haasteita.

M2M-viestinnän ratkaisuissa on useita päälle puettavan teknologian ratkaisuita, joihin liittyy tietoturvauhkia, kuten viruksia, hakkerointeja sekä tietomurtoja. Koska päälle puettavissa teknologioissa kerätään arkaluonteista dataa, vaarana on, että dataa joutuu ulkopuolisille tahoille, joille tieto ei ole tarkoitettu. (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018) Tällöin tiedon eheys, luottamuksellisuus ja jäljitettävyys ovat vaarassa. Niinpä tietoturvauhat korostuvat M2M-viestinnässä.

Verma et al. (2016) esittääkin M2M-viestinnän haasteeksi, miten voidaan säilyttää tietojen luotettavuus ja yksityisyys rajoittamatta mahdollisesti muita tulevia sovelluksia sekä miten nykyisen ja tulevan teknologian turvallinen liitettävyys on mahdollista. Haastetta lisää, että M2M-laitetoimialue koostuu suuresta määrästä laitteita, joilla on erilaiset ominaisuudet ja toiminnot, minkä seurauksena käytössä on monia eri verkkoprotokollia sekä erilaisia teknologioita viestinnässä. Tämä luo haasteita laitteiden yksilöintiin ja turvalliseen kommunikointiin. Liitettävyyden, turvallisuuteen ja useiden protokollien käytön haasteisiin voidaan vaikuttaa standardien ja verkon arkkitehtuurin määrittelemisellä. (Verma et al., 2016)

Potilasturvallisuus ja tietoturva tuovat haasteita M2M-viestinnän hyödyntämiseen sähköisessä terveydenhuollossa. Haasteita voidaan muun muassa ratkoa tekemällä erityisiä määritteitä M2M-viestintätekniikkaan. Esimerkiksi sähköisten terveystietojen lähettäminen ja käsittely vaatii erityistä huomioimista teknologian määrittelyissä (oneM2M, 2016). Myös M2M-viestintää hyödyntävien ratkaisuiden, kuten puettavan teknologian, tietoturvallisuutta, luotettavuutta sekä potilaan turvallisuutta voidaan parantaa standardoinnin avulla (Verma et al., 2016). Jotta M2M-viestinnän ja sen ratkaisut voivat yleistyä terveydenhuollossa, tulee varmistaa laitteiden saumaton yhteen toimiminen, omavaraisuus sekä laitteiden toimivuus ilman lisävaiheita, kuten synkronointia ja käynnistämistä (Vähäkainu & Neittaanmäki, 2018).

Turvallisuuden haasteisiin liittyy myös, että terveydenhuollossa voidaan ulkoistaa taustalla oleva tietoliikenneverkon yksityiskohtia sekä tiedonhallintaa (data management) sähköisen terveydenhuollon sovellusten ja ratkaisujen tarjoajille. (oneM2M, 2016) Ulkoistamiseen liittyy aina haasteita ja tietoturvallisuuteen liittyvien asioiden ulkoistaminen voi erityisesti olla ongelmallista potilastiedon yksityisyyden ja luottamuksellisuuden turvaamisessa.

Sähköisen terveydenhuollon tarjoajat voivat puolestaan hyödyntää M2M-palveluntarjoajan palveluita, kuten liitettävyyttä tai laitteiden hallintaa. M2M-palveluntarjoajan palveluita voivat olla myös verkon käytön, laitteen akkuun tai käyttäjän mukavuusominaisuuksiin optimoiminen, kuten verkkopalveluiden kykyyn päästä sovellustietoihin yleisestä verkkoselaimesta. Osana liitettävyys palveluja M2M-palveluntarjoaja voi myös tarjota suojattuja istuntoja tiedonsiirtoa varten ratkaisun tarjoajille. Koska potilaan terveystietojen yksityisyyttä koskevat tarkat lainsäädännölliset velvoitteet, niin terveydenhuollon ratkaisujen tarjoaja ei voi suoraan luottaa M2M-palveluntarjoajan tarjoamaan tietoturvaan. Niinpä terveydenhuollon ratkaisujen tarjoajat joutuvat toteuttamaan omaa tietojen salausta, mikä voi johtaa haasteisiin tarjota optimointia salatuille tiedoille. (oneM2M, 2016)

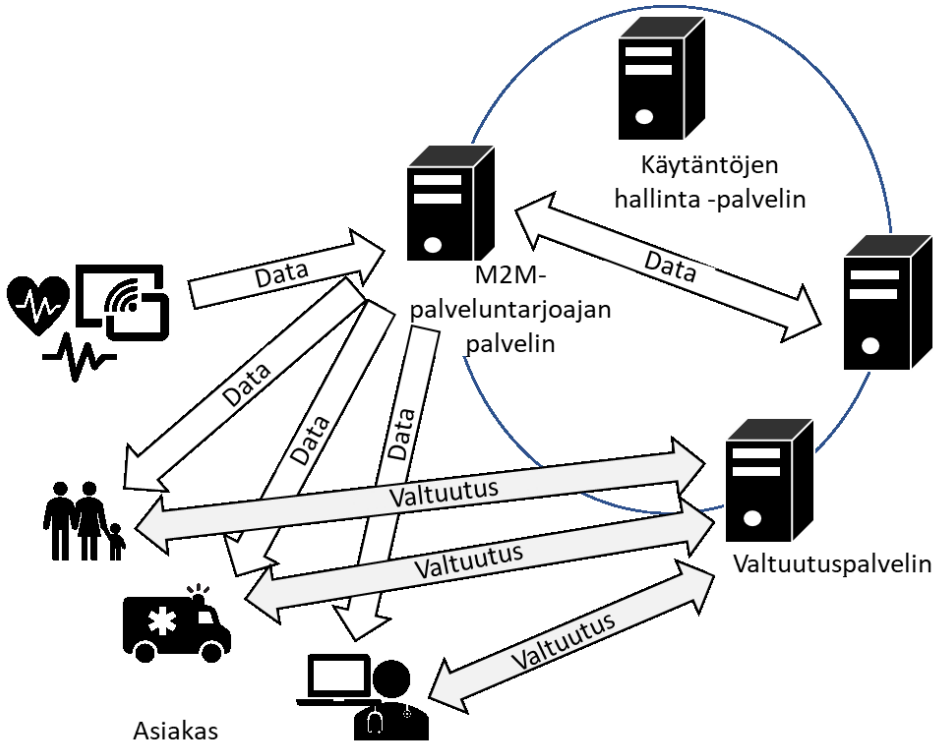
5.2.1 Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuuden varmistaminen

Potilas- ja terveystiedon luottamuksellisuus on tärkeä osa terveydenhuollon tietoturvaa. Luottamuksellisuudella tarkoitetaan, että vain ne henkilöt saavat käsitellä tietoa, joilla on oikeus niihin, esimerkiksi työtehtävien kannalta oleelliset tiedot. Tällöin muilta kuin näiltä oikeutetuilta henkilöiltä on estettävä pääsy kyseisiin tietoihin.

Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuuden varmistamiseksi voidaan hyödyntää tiedon käyttäjien valtuutustasoilla sekä tietojen herkkyystasojen määrittelemisellä. Eri terveydenhuollon toimijoilla voi olla eritasoinen lupa käyttää potilas- ja terveystietoja, joten tietojärjestelmän on huolehdittava potilas- ja terveystietojen esittämisestä kullekin käyttäjälle kyseisen käyttäjän valtuutustason mukaisesti. (oneM2M, 2016) Tällaisia eri terveydenhuollon alan toimijoita voivat olla esimerkiksi sairaalan henkilökunta, vakuutusyhtiöt, lääkeyhtiöt tai tutkijat (Sawant & Mrurgan, 2013).

Valtuutustasojen yhteensovittaminen tietojen herkkyystasojen kanssa aloitetaan asiakirjasta, joka sisältää alun perin tietoja kaikista herkkyystasoista. Tällaisesta asiakirjasta poistetaan kaikki tiedot, joiden herkkyystaso on korkeampi kuin käyttäjän ennalta määritetty valtuutustaso kattaa. Näin alkuperäisestä versiosta syntyy useita muokattuja versioita, yksi kutakin valtuutustasoa kohden. (oneM2M, 2016) Valtuutustasojen määrittäminen ja toteuttaminen voivat kuitenkin olla monimutkaisia, kalliita ja aikaa vieviä prosesseja, sillä käyttäjien valtuutustaso on varmistettava ja ylläpidettävä jatkuvasti. Valtuutustasojen ohella on myös pidettävä huolta, että oleellinen tieto on edelleen saatavilla sitä tarvitseville.

Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuuden varmistamisessa hyödynnetään käytäntöjen hallinta- ja valtuutuspalvelinta M2M-palveluntarjoajan palvelimen ja sovelluspalvelimen rinnalla. Eri palvelimet, niiden keskinäinen toiminta sekä käyttäjien sijoittaminen tähän on esitetty kuvassa 3. Käytäntöjen hallinta -palvelin sisältää tiedot eri käyttäjien valtuutustasoista. Valtuutuspalvelin on puolestaan vastuussa käyttäjien todentamisesta ja käyttäjän oikean valtuutustason määrittämisestä ja varmistamisesta. Jos terveydenhuollon ratkaisuista halutaan ottaa ilmoituksia käyttöön, valtuutuspalvelimen arvioi käyttäjän henkilöllisyyden, roolin ja väitetyn valtuutustason ennen ilmoituksen käyttöönottoa. (oneM2M, 2016)



Kuva 3: oneM2M, 2016

Kuvassa 3 esitetään myös, miten tietojen luottamuksellisuus toteutuu vaiheittain. Kun sähköisen terveydenhuollon sovelluspalvelin on vastaanottanut salatut potilas- ja terveystietoja M2M-palveluntarjoajan palvelimelta, se purkaa tietojen salauksen, analysoi ja luo tiedoista eri versioita valtuutustasojen ja niiden käytäntöjen perusteella, jotka se saa käytäntöjen hallinta -palvelimelta. Tämän jälkeen sovelluspalvelin salaa erikseen jokaisen luodun version ja lähettää koodatut tiedot M2M-palveluntarjoajan palvelimelle. M2M-palveluntarjoajan palvelin lähettää salatut ja valtuutetut tiedot käyttäjälle, jos heidän valtuutustasonsa on sama tai sitä korkeampi, mitä vaaditaan juuri vastaanotettujen tietojen katseluun. Käyttäjä pystyy sitten purkamaan salatut tiedostot valtuutuspalvelimelta saadulla salausavaimella. (oneM2M, 2016)

5.2.2 M2M-viestinnän ominaisuuksista johtuvia haasteita

M2M-laitteiden oletetaan yleistyvän huomattavasti, minkä seurauksena M2M-laitteita voi olla pienelläkin alueella paljon, jolloin M2M-laitteet käyttävät samoja tukiasemia. M2M-laitteiden suuri määrä sekä niiden ominaisuus lähettää samanaikaisia lähetyksiä voivat tuoda yhdelle tukiasemalle paljon samanaikaisia yhteys yrityksiä, jolloin verkkoyhteyksien muodostamiseen liittyvien prosessien onnistumisaste heikkenee. Tämä ruuhkauttaa verkkoa, jolloin verkossa ja lähetyksissä voi seurata odottamattomia viivästyksiä, lisääntyviä pakettihäviöitä sekä tehotonta radioresurssien käyttöä. Tämä

onkin M2M-viestinnän yksi merkittävistä haasteista matkaviestintäverkoille. (Mehmood et al., 2015; Balcı & Sokullu, 2017)

Nykyiset matkapuhelinverkot eivät pystykään tukemaan M2M-laitteiden määrää maailmanlaajuisesti, minkä takia tarvitaan muutoksia muun muassa verkkoarkkitehtuuriin sekä sen standardointiin. Ruuhkan takia myös verkkoyhteyksien muodostamisessa on tunnistettava viiveherkät terveydenhuollon M2M-laitteiden lähetykset ja priorisoitava ne, jotta voidaan taata terveydenhuollon vaatimaa yhteyksien luotettavuutta. Tässä on kuitenkin huomioitava, että ihmisten välinen tietoliikenne ei saa häiriintyä. Tässä korostuukin M2M-viestinnän matalan viiveen sekä korkean luotettavuuden tarjoamisen haasteet. (Mehmood et al., 2015; Balcı & Sokullu, 2017)

Koska M2M-laitteet lähettävät paljon pieni kokoisia lähetyksiä, lähetyksien käsitteleminen ja lähettäminen energiatehokkaasti on haastavaa. Energiatehokkuutta ja akun elinikää on pyritty lisäämään laittamalla M2M-laitteet lepotilaan lähetysten jälkeen, jolloin virran kulutus pienenee. Huomioitavaa kuitenkin on, että tämä voi vaikuttaa M2M-laiteyhteyden saatavuuteen. (Amodu & Othman, 2018; Mehmood et al., 2015). M2M-laitteiden energiatehokkuus vaikuttaa muun muassa terveydenhuollon etämonitorointiin, jossa M2M-viestinnän ratkaisuiden usea tai jatkuva lataaminen tekevät ratkaisun käytöstä vaikeata. Myöskin virran loppuminen etämonitorointilaitteesta vaarantaa potilasturvallisuutta.

6. YHTEENVETO

6.1 Työn tulokset

Koneiden välisessä viestinnässä eli M2M-viestinnässä on suuri määrä langallisia ja langattomia viestintäteknologioilla yhdistettyjä älykkäitä laitteita, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään ilman ihmisen suoraa puuttumista asiaan. M2M-viestintä muodostuu kolmesta toimialueesta, jotka ovat laitetoimialue, verkkotoimialue ja sovellustoimialue. M2M-viestinnän ominaispiirteitä ja vaatimuksia ovat samanaikaiset datalähetykset, yhteyden luotettavuus, lähetettävien tietojen priorisointi, laitteiden pieni virrankulutus, suuri tietoliikennemäärä, matala viive sekä seuranta ja tietoturva. Erityisiä vaatimuksia terveydenhuollossa ovat sijainnin seuranta, tuki kriittisen viestin käsittelylle ja jakamiselle, tarkkojen aikaleimojen tuki, laitteiden häiritsemättömyys, verkkoyhteyksien luotettavuus ja saatavuus. Terveydenhuollon M2M-viestinnän ratkaisut ovat myös viiveherkkiä.

Suomessa ikärakenteen muuttuessa terveydenhuollossa on luotava kustannussäästöjä ja tehostettava prosesseja. Terveydenhuollon toimintaympäristön ja toimintatapojen muuttuessa sähköinen terveydenhuolto ja M2M-viestintä tarjoavat mahdollisuuden tukea tätä muutosta. Yksi M2M-viestinnän ratkaisu on etämonitorointi, jossa terveydenhuollon tarjoajat voivat seurata ja diagnosoida potilaan terveydentilaa keräämällä, tallentamalla, hakemalla ja analysoimalla potilaan terveystietoja. Yleisimpiä etämonitoroinnin kohteita ovat kroonisten sairauksien hallinta, kotihoidon sekä hyvinvoinnin tukeminen. M2M-viestinnässä etämonitoroinnin mittaus tai valvonta voidaan aloittaa joko potilaan, terveydenhuollon tarjoajan tai taustapalvelimen puolesta automaattisesti. Mittauksen tuloksia voidaan lähettää salattuina valtuutetulle henkilöille. Valtuuttamisessa voidaan hyödyntää valtuutus- ja käytäntöjen hallinta -palvelinta.

Tutkimuksen tavoitteena oli havainnollistaa, minkälaisia M2M-viestinnän ratkaisuja terveydenhuollossa on sekä minkälaisia innovaatiota mahdollisesti on kehitteillä. Löydetyt ratkaisut, jotka hyödyntävät tai voisivat hyödyntää M2M-viestintää, on esitelty taulukossa 4. Taulukossa 4 tarkastellaan myös, voidaanko ratkaisuja hyödyntää ennakoivassa vai reagoivassa terveydenhuollossa.

Taulukko 4: Löydetyt sensoriratkaisut, joissa mahdollista hyödyntää M2M-viestintää

	Ratkaisu	Ennakoiva	Reagoiva
Sairauden hallinta	CardioNet		X
	EKG-monitorointivyö	X	X
	Ihosensorit		X
	Verensokeripitoisuus-sensorit		X
	Verensokeripitoisuus-kontaktilinssit		X
	Rintasyövän tunnistavat sensoriliivit	X	
	Epilepsiaälykello		X
Kotihoidon tukeminen	Aktiivisuustason seuranta	X	
	Kaatumisen-ilmoitusjärjestelmä		X
	Hätäapujärjestelmä		X
	Muistutukset	X	X
	Seurantajärjestelmät	X	X
	Älylaastarit	X	
Hyvinvointi	Älykellot	X	
	Älyunimaskit	X	

Työssä myös tarkasteltiin, minkälaisia mahdollisuuksia ja haasteita löydetyillä ratkaisuilla on. M2M-viestinnän mahdollisuudet ja haasteet ovat osittain hyvin samanlaiset kuin sähköisen terveydenhuollon, sillä M2M-viestintä on yksi työkalu sähköisen terveydenhuollon toteutuksessa. Havaittuja mahdollisuuksia olivat sairaalapalveluiden kustannussäästöt, terveydenhuoltopalvelujen laadun paraneminen, kuten kotihoidon laatu, kroonisten sairauksien itsehallinta, potilastyytyväisyys sekä väestön yleinen hyvinvointi. Kustannussäästöjä saadaan aikaiseksi erityisesti vähentämällä sairaalakäyntien määrää, resurssien paremmalla allokoinnilla kotihoidossa sekä ennaltaehkäisevän hoidon tukemisella.

M2M-viestinnän haasteita todettiin olevan sekä itse ratkaisuissa että M2M-viestintäteknologiassa. Kummassakin tapauksessa esille nousi erityisesti potilas- ja terveystietojen tietoturvallisuus ja sen osa-alueet: eheys, luottamuksellisuus ja saatavuus. Potilas- ja terveystietojen luottamuksellisuudessa esille nousi valtuutustasojen määrittäminen sekä tietojen salaaminen. M2M-viestintää liittyviä haasteita on saada toteutettua ominaisuuksissa mainittuja vaatimuksia, kuten pientä virrankulutusta, liikkuvuutta ja luotettavuutta. Haasteiden ratkaisuiksi esitettiin standardien ja verkkoarkkitehtuurien muuttaminen. Nämä ovat kuitenkin pitkiä, kalliita ja haastavia projekteja.

6.2 Tutkimuksen arviointi ja jatkotutkimus

Kaikkia esiteltyjä M2M-viestinnän ratkaisuja terveydenhuollossa eivät ole vielä käytössä, joten niistä saatavia hyötyjä ja haasteita ei ole vielä tarkasti tutkittu. Myöskin käytössä olevat ratkaisut ovat hyvin uusia ja niiden vaikutuksia terveydenhuoltoon voidaan tarkemmin käsitellä, kun teknologiaa saadaan laajemmin hyödynnettyä sekä tarkasteltuna pitkällä aikavälillä, miten terveydenhuollon toiminta ja prosessit kehittyvät mukana.

Tutkimuksessa ei käyty läpi muiden teknologioiden, kuten IoT-teknologian, tarjoamia ratkaisuja sekä, voisivatko muut teknologiat tarjota tehokkaampia tai parempia ratkaisuja. Tutkimuksessa ei myöskään käsitelty teknologian käyttöönottoon liittyviä haasteita. Uuden teknologian käyttöönotto ei suoraan anna positiivisia tuloksia, ellei prosesseja sen taustalla osata myös uudistaa toimintaympäristön vaatimusten mukaisesti. Onkin hyvä huomioida, että sähköisen terveydenhuollon ratkaisuiden tehokkuus ja kustannushyödyt riippuvat suuresti käyttäjien taustasta, palvelujärjestelmien ominaisuuksista ja käytetyistä teknologioista (Kaasalainen & Neittaanmäki, 2018). Niinpä suoraviivaisia kustannussäästöjä ja toiminnan tehokkuuden parantamista on vaikea ennustaa. Myöskään päätelmät, mitkä ovat M2M-viestinnän aikaan saamia hyötyjä on osaksi vaikea erotella muista muutoksista.

Yhteenvetona voidaan todeta, että M2M-viestinnän yleistyessä avaa se tarvetta ja mahdollisuuksia tarkemmalle jatkotutkimukselle, mitä mahdollisuuksia ja haasteita M2M-viestintä voi tuoda terveydenhuoltoon. Myöskin on huomioitavaa, että tässä työssä keskityttiin ei-kliinisen ympäristön ratkaisuihin, vaikka myös terveyskeskuksissa ja sairaaloissa voidaan myös hyödyntää M2M-viestintää. Niinpä jatkotutkimuksessa olisikin hyvä keskittyä myös kliinisen ympäristön ratkaisuihin sekä tarkentaa ei-kliinisen ympäristön M2M-viestinnän käyttöönotto prosessia. M2M-viestinnän käyttöönotossa olisi hyvä huomioida potilaiden kokemat hyödyt ja haasteet.

LÄHTEET

Abbott, 2020. Continuous Glucose Monitoring | FreeStyle Glucose Meters. Saatavilla osoitteessa: https://freestylediabetes.co.uk/managing-and-monitoring/continuous-glucose-monitoring (24.11.2020).

Amodu, O.A. & Othman, M., 2018. Machine-to-Machine Communication: An Overview of Opportunities. Comput. Netw. 145, 255–276.

AntiGraph, 2020. ActiGraph. Saatavilla osoitteessa: https://actigraphcorp.com/ (24.11.2020).

Balcı, A. & Sokullu, R., 2017. Effects of LTE Random Access Methods on Healthcare M2M Applications. Procedia Comput. Sci. 113, 597–602.

Blum, J.R. & Rayfield, E.J., 2018. An endocrine clinic's perspective and experience with the abbott freestyle libre CGM. Saatavilla osoitteessa: http://search.proquest.com/docview/2015775732?accountid=14242&rfr_id=info%3Axri%2Fsid%3Aprimo (24.11.2020).

Boswarthick, D., Elloumi, O. & Hersent, O. (Eds.), 2012. M2M communications: a systems approach. Wiley, Chichester, West Sussex, U.K.

ETSI, 2020. ETSI TR 103 714: SmartM2M; Study for oneM2M Discovery and Query use cases and requirements.

ETSI, 2013a. ETSI TR 102 725: Machine-to-Machine communications (M2M); Definitions.

ETSI, 2013b. ETSI TR 102 732: Machine-to-Machine Communications (M2M); Use Cases of M2M applications for eHealth.

Fink, A., (2005). Conducting Research Literature Reviews: From the Internet to the Paper. Thousand Oaks: Sage Publications, Inc

Fennani, B., Hamam, H. & Dahmane, A.O., 2020. RFID overview. Kanada

GPS SmartSole, 2020. GPS SmartSole®. Saatavilla osoitteessa: https://gpssmartsole.com/gpssmartsole/ (24.11.2020).

Jain, V.S., Jain, S., Kurup, L. & Gawade, A., 2014. Overview on Generations of Network: 1G,2G,3G,4G,5G.

Kaasalainen, K. & Neittaanmäki, P., 2018. Terveys- ja hyvinvointiteknologian sovelluksia ikääntyneiden terveyden edistämisessä ja kustannusvaikuttavien palvelujen kehittämisessä. Jyväskylän Yliopisto, Jyväskylä

King, L., 2014. Google Smart Contact Lens Focuses On Healthcare Billions. Forbes. Saatavilla osoitteessa: https://www.forbes.com/sites/leoking/2014/07/15/google-smart-contact-lens-focuses-on-healthcare-billions/ (24.11.2020).

Kosir, S., 2015. Ten Sleep Wearables to look for in 2015 | Wearable Technologies. Saatavilla osoitteessa: https://www.wearable-technologies.com/2015/05/ten-sleep-wearables-to-look-for-in-2015/ (24.11.2020).

Labiod, H., Afifi, H. & De Santis, C., 2007. Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee and WiMax. Springer, Dordrecht.

de Mattos, W.D. & Gondim, P.R.L., 2016. M-Health Solutions Using 5G Networks and M2M Communications. IT Prof. 18, 24–29.

Mehmood, Y., Görg, C., Muehleisen, M. & Timm-Giel, A., 2015. Mobile M2M communication architectures, upcoming challenges, applications, and future directions. EURASIP J. Wirel. Commun. Netw. 2015, 250.

Mustajoki, P. & Kaukua, J., 2008. EKG (sydänfilmi). Duodecim - Terveyskirjasto. Saatavilla osoitteessa: https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03210 (26.11.2020).

oneM2M, 2016. TR-0001-V2.4.1 Use Cases Collection.

Pencheva, E. & Atanasov, I., 2016. Engineering of web services for internet of things applications. Inf. Syst. Front. 18, 277–292.

Popescul, D., 2011. The Confidentiality - Integrity - Accessibility Triad into the Knowledge Secuirty. A reassessment from the point of view of the knowledge contribution to innovation.

PR Newswire, 2016. World M2M Healthcare Market is Growing at 43.52% CAGR During 2016 to 2020: ReportsnReports.com adds Global M2M Healthcare Market 2016-2020 latest research report, the analysts forecast global M2M healthcare market to grow at a CAGR of 43.52% during the period 2016-2020. Saatavilla osoitteessa: https://www-proquest-com.libproxy.tuni.fi/docview/1848684680?accountid=14242 (14.10.2020).

QardioCore, 2020. Smart Wearable ECG EKG Monitor - QardioCore. Saatavilla osoitteessa: https://www.getqardio.com/en/qardiocore-wearable-ecg-ekg-monitor-iphone/ (24.11.2020).

Rubí, J.N.S. & Gondim, P.R.L., 2019. IoMT Platform for Pervasive Healthcare Data Aggregation, Processing, and Sharing Based on OneM2M and OpenEHR 25.

Salminen, A., 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin.

Sawant, Y. & Mrurgan, S.G., 2013. M2M: The Wave at Indian Coast. Telecom Bus. Rev. SITM J.
Sosiaali- ja terveysministeriö, 2013. Terveydenhuolto Suomessa.

Sottile, C., 2014. Teen Invents Sensor to Help Alzheimer's Patients. NBC News. Saatavilla osoitteessa: https://www.nbcnews.com/feature/making-a-difference/teen-invents-sensor-help-alzheimers-patients-n203231 (24.11.2020).

Vähäkainu, P., Neittaanmäki, P., 2018. Digitaalinen terveys ja älykäs terveydenhuollon teknologia. Jyväskylän Yliop. 123.

Verma, P.K., Verma, R., Prakash, A., Agrawal, A., Naik, K., Tripathi, R., Alsabaan, M., Khalifa, T., Abdelkader & T., Abogharaf, A., 2016. Machine-to-Machine (M2M) communications: A survey.

VTT, 2020. Puettava teknologia | Palvelut | VTT. Saatavilla osoitteessa: https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/puettava-teknologia (19.11.2020).

Whiteman, H., 2014. Wearable, skin-like device "monitors cardiovascular, skin health 24/7". Saatavilla osoitteessa: https://www.medicalnewstoday.com/articles/283022 (24.11.2020).

Zhang, Y., Ansari, N., Wu, M. & Yu, H., 2012. On Wide Area Network Optimization.