

Santeri Saarinen

Esineiden internet vanhustenhoidon apuvälineenä

Tietotekniikan kandidaatintutkielma

7. toukokuuta 2020

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Santeri Saarinen

Yhteystiedot: santeri.j.saarinen@student.jyu.fi

Ohjaaja: Tytti Saksa

Työn nimi: Esineiden internet vanhustenhoidon apuvälineenä

Title in English: Internet of things as an aid for elderly care

Työ: Kandidaatintutkielma

Opintosuunta: Tietotekniikka

Sivumäärä: 22+0

Tiivistelmä: Tämän tutkimuksen tarkoituksena on perehtyä IoT-tekniikoihin sekä niiden hyötyihin ja haittoihin osana vanhustenhoitoa. Tutkimusmetodiksi on valittu kirjallisuuskartoitus. IoT-tekniikat voivat helpottaa terveydenhuollon ammattilaisten työtä ja lisätä vanhusturvaa, mutta voivat myös olla alttiita tietoturvaongelmille.

Avainsanat: Esineiden internet, IoT, vanhustenhoito, Tietotekniikka, monitorointi, puettava, sensori, teknologia

Abstract: The purpose of this study is to examine Internet of things technologies and their benefits and drawbacks as part of elderly care. Literature survey has been chosen as the research method. IoT technologies can facilitate the work of healthcare professionals and increase the security of the elderly, but may also be vulnerable to information security issues.

Keywords: Internet of things, IoT, elderly care, Information Science, monitoring, wearable, sensors, technology

Sisältö

1	JOHDANTO	1
2	ESINEIDEN INTERNET JA VANHUSTENHOIDON TARPEET	3
3	ESINEIDEN INTERNET HYVINVOINNIN MONITOROINNIN VÄLINEENÄ ..	5
	3.1 Puettavat teknologiat	6
	3.2 Ulkoinen hyvinvoinnin monitorointi	8
4	ESINEIDEN INTERNETIN HYÖDYT JA ONGELMAT MONITOROINNIN VÄLINEENÄ	10
	4.1 Hyödyt	10
	4.2 Ongelmat	12
5	YHTEENVETO.....	16
	LÄHTEET	18

1 Johdanto

Elinajanodotteen kasvun myötä ikääntyneiden suhteellinen osuus ympäri maailmaa on kasvanut. Tämän seurauksena myös vanhustenhoidon tarve on lisääntynyt ja hoitoajat pidentyneet. Terveysongelmien lisääntyessä iän myötä, iäkkäiden on vaikeampi jatkaa itsenäistä elämää ja kuolemaan johtavien onnettomuuksien riski kasvaa. Vanhustenhoidon apuvälineeksi on esitetty esineiden internet (engl. Internet of things) -teknologioita, joiden avulla vanhusturvaa pyritään parantamaan ja hoitotyön resursseja jakamaan akuutimpiin työtehtäviin. Esimerkki tämän kaltaisista teknologioista on Roberta De Michelen ja Marco Furinin tutkimuksessa esille otettu vanhuksille puettava älyranneke, jonka avulla pystyttiin mittaamaan fysiologisia signaaleja. Lääkärit pystyivät seuraamaan näitä signaaleja reaaliajassa olematta samassa tilassa (De Michele ja Furini 2019). Vastaavia teknologioita käytetään mm. iäkkäiden asuintilojen monitoroimiseksi onnettomuuksien varalle sekä elintoimintojen seurantaan.

Tämän tutkielman aikana esineiden internetistä käytetään lyhennettä IoT. Tutkielmassa perehdytään vanhustenhoitoon tarkoitettujen IoT-teknologioiden käyttötarkoituksiin, hyötyihin ja mahdollisiin ongelmiin. Monitorointiteknologialla tarkoitetaan tässä tutkielmassa IoT-laitteita, joiden avulla pystytään tarkkailemaan vanhuksia ja heidän asuttamiaan ympäristöjä terveyttä uhkaavien vaarojen ja onnettomuuksien tunnistamiseksi ja estämiseksi. Tutkielma aloitetaan avaamalla yleisesti käsitettä IoT ja tunnistamalla monitoroinnin tarpeita vanhustenhoidon yhteydessä. Tämän jälkeen jatketaan perehtymällä IoT-teknologioihin kahdesta näkökulmasta: päälle puettavista teknologioista ja ulkoisesta monitorointi teknologiasta. Tästä jatketaan IoT:n hyötyihin sekä tunnettujen IoT-laitteiden haittoihin ja tutkimus päätetään lopuksi yhteenvedolla.

Tutkielma on jaettu, johdanto ja yhteenveto mukaan lukien, viiteen lukuun. Luvussa "Esineiden internet ja vanhustenhoidon tarpeet" avataan termiä esineiden internet ja perehdytään vanhustenhoidon tarpeisiin IoT-laitteiden näkökulmasta. Luvussa "Esineiden internet hyvinvoinnin monitoroinnin välineenä" perehdytään lähemmin IoT-teknologioihin. Tässä tutkielmassa teknologiat jaetaan puettaviin teknologioihin ja ulkoiseen hyvinvoinnin monitorointiin. Luvussa "Esineiden internetin hyödyt ja ongelmat monitoroinnin välineenä" perehdytään lähemmin teknologioiden tuomiin hyötyihin niin vanhusten kuin myös terveydenhuol-

lon ammattilaisten näkökulmasta sekä teknologioiden riskeihin ja haittoihin.

2 Esineiden internet ja vanhustenhoidon tarpeet

Esineiden internet (engl. internet of things), lyhennettynä IoT, on laaja termi, joka käsittää useita erilaisia laitteita. IoT-laitteet toimivat ja keräävät dataa internet yhteyden avulla usein vaatimatta toimenpiteitä käyttäjiltään ja ne käsittävät paljon enemmän kuin pelkästään laitteistoja terveydenhuollon tukemiseksi.

Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis määrittävät tutkimuksessaan IoT:n globaaliksi ja dynaamiseksi tietoverkoksi, johon sisältyy toisiinsa kytkettyjä laitteita ja esineitä. IoT:n tavoitteiksi he määrittävät ihmisten, palveluiden ja laitteiden keskinäisen yhteen liittämisen ja vuorovaikutuksen ajasta tai sijainnista riippumatta (Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis 2018). Samankaltaista määritelmää käyttää myös Kangli He ym. määritelleessään IoT:n joustaviksi ja mukautuviksi yhteyksiksi asioiden välillä, joissa internetiä, reaaliaikaisia järjestelmiä ja paikallisia verkkoja voidaan pitää IoT:n osana (He ym. 2019). Tämän tutkielman aikana IoT:ta käsitellään kuitenkin lähinnä välineenä vanhustenhoidon hyväksi, jakaen teknologiat kahteen osa-alueeseen: puettaviksi teknologioiksi ja ulkoisiksi monitoroinnin välineiksi.

Vanhustenhoidon tarpeen lisääntyminen on johtanut siihen, että uutta teknologiaa ollaan alettu tutkimaan sekä määrittelemään keinoja terveydenalan ammattilaisten työtehtävien helpottamiseksi sekä vanhusturvan parantamiseksi. Lampropoulos ym. toteavat tutkimuksessaan lääketieteen alan olevan yksi ensimmäisistä teollisuudenaloista, jotka ottivat käyttöönsä IoT-laitteita nykyisten palveluiden laadun ja tehokkuuden parantamiseksi (Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis 2018). Uuden teknologian tarve ja halukkuus niiden nopeaan implementointiin on ymmärrettävä seuraus keski-ikänsä nousuun. Nicola Palmarinin tutkimuksessa arvioidaan, että hoitokotien ulkopuolella asuvista 8% yli 65 vuotiaista ja jopa 33% yli 85 vuotiaista tarvitsee apua ainakin yhdessä päivittäisessä normaali aktiviteetissa (Alam, Heching ja Palmarini 2019). IoT-teknologioiden avulla on mahdollista parantaa niin hoitokodeissa, kuin niiden ulkopuolella, asuvien vanhusten arkea.

IoT-laitteita voidaan soveltaa asteittain erilaisille tilanteille. Sondes Titin ym. tutkimuksessa nostetaan esille keinoja, joiden avulla eri terveydentilan omaavien terveydestä kyetään pitämään huolta. Tutkimuksessa kerrotaan tämän alkavan potilaan terveydentilan määritelmällä,

joka johdetaan havaittujen mittausten perusteella. Jos potilaan tila on terve, järjestelmä voi kehottaa potilasta ylläpitämään terveyttään. Jos potilaan tila on kohtalainen, järjestelmä suosittelee lääkitystä automaattisesti ja voi myös ilmoittaa potilaalle mahdollisista komplikaatioista. Potilaan tilan ollessa vakava järjestelmä lähettää hälytykset lääkäreille ja voi esimerkiksi suositella lääkityksen vaihtamista (Titi, Elhadj ja Chaari 2019). Täten voidaan todeta, että IoT-laitteiden hyödyt eivät rajoita pelkästään sairaiden hoitoon vaan ne voivat toimia myös terveyden ylläpidon ja sairauksien ennaltaehkäisyn apuvälineinä.

Itse vanhusten arjen ja turvallisuuden parantamisen lisäksi, myös terveydenhuollon ammattilaisten työmäärää pyritään parantamaan IoT-laitteiden avulla. Mohammad Alamin ym. suorittamassa tutkimuksessa nostetaan esille terveydenhuollon asiantuntijoiden ja tutkijoiden tarve IoT-pohjaisille etäluettaville terveyden seurantajärjestelmille (Khayat, Barka ja Sallabi 2019). Kyseisessä tutkimuksessa huomioidaan myös Gearingin ym. suorittaman tutkimuksen tuloksia. Gearingin tutkimuksessa nostettiin esille terveydenhuollon ongelmakohtia, joita voitaisiin parantaa teknologioita hyväksikäyttäen. Tutkimuksen mukaan jopa 25.6% käsin kirjoitetuista sairauskertomuksista sisälsi vähintään yhden virheen, 7,2% hoitajien työajasta kului vanhusten elinmerkkien seuraamiseen ja 35.3% ajasta tulosten dokumentointiin (Gearing ym. 2006). On siis selvää, että vanhustenhoidon tehostamiseksi ja vanhusturvan parantamiseksi löytyy osa-alueita, joita on mahdollista parantaa IoT-teknologioiden avulla.

3 Esineiden internet hyvinvoinnin monitoroinnin

välineenä

Tässä tutkimuksessa keskitymme lähtökohtaisesti jo olemassa olevaan IoT-teknologiaan, jota voidaan käyttää työvälineenä vanhustenhoidossa. Teknologiat voivat olla testausvaiheessa tai jo yleistyneitä terveydenhuollon ammattilaisten apuvälineiksi. IoT-teknologioiden avulla vanhustyön ammattilaiset pystyvät monitoroimaan etänä vanhusten elintoimintoja sekä ympäristöä potentiaalisten vaaratilanteiden välttämiseksi. Jose K. Reenan ja R. Parameswarin suorittamassa tutkimuksessa IoT:ta kerrotaan käytettävän potilaiden, kalliiden laitteiden, tarvikkeiden ja muiden arvoesineiden seuraamiseen sairaalassa (Jose Reena ja Parameswari 2019). Tutkimuksessa puhutaan yleisistä IoT:n hyödyistä terveydenhoidon alalla, mutta niitä voidaan suurilta osin soveltaa myös vanhustenhoidossa.

Sondes Titin ym. tutkimuksessa ehdotetun järjestelmän kerrotaan olevan tarkoitettu apuvälineeksi kroonisesti sairaiden potilaiden valvontaan ja seurantaan jatkuvan päivittäisen terveydentilan ja ympäristön seurannan avulla (Titi, Elhadj ja Chaari 2019). De Michelen ym. tutkimuksessa reaaliaikaisen seurannan kerrotaan voivan sisältää esimerkiksi IoT-laitteita, jotka keräävät ja antavat lääkäreille terveystietoja, kuten painoa, EKG:ta ja verenpainetta, happipitoisuutta sekä verensokerin. Tietojen avulla voidaan mahdollistaa nopea hoito esimerkiksi sydän- ja verisuonitaudeista kärsiville (De Michele ja Furini 2019). Samanlaisista hyödyistä kirjoittivat myös Sumit Majumder, Tapas Mondal ja M. Jamal Deen tutkimuksessaan kuvaillessaan monitoroinnin kykenevän mittaamaan fysiologisia oireita, kuten elektrokardiogrammia (EKG), elektromyografiaa (EMG), sykettä (HR), kehon lämpötilaa, elektrodermaalista aktiivisuutta (EDA), valtimoiden happisaturaatiota (SpO₂), verenpainetta (BP) ja hengitysnopeutta (RR) (Majumder, Mondal ja Deen 2017).

Edellä mainittujen tutkimuksien esimerkeissä on selkeitä yhtäläisyyksiä. Mainitut tutkimukset nostavat esille teknologioita, joiden avulla seurattavan henkilön elintoimintoja tai ympäristöä pystytään tarkkailemaan mahdollisten vaaratilanteiden havaitsemiseksi. Terveyttä monitoroivilla teknologioilla on kuitenkin keskenään eroja. Osa laitteista keskittyy elintoimintojen mittaamiseen, kun taas toiset mittaavat sijaintia tai esimerkiksi askelten liikerataa. Näin

ollen terveydenhuollon ammattilaiset pystyvät monitoroimaan, yhtä tai useampaa teknologiaa hyväksikäyttäen, kattavasti vanhusten terveyttä ja toimintaa. Läpikäydyissä tutkimuksissa esiin nousseita teknologioita on jaettu tässä tutkielmassa puettaviin ja ulkoisiin hyvinvointia monitoroiviin teknologioihin.

3.1 Puettavat teknologiat

Puettavat teknologiat (engl. wearable technology) koostuu älylaitteista ja vaatekappaleista, joiden tehtävänä on antaa tietoa käyttäjän liikkeistä ja elintoiminnoista. Puettavia teknologioita käytetään mm. urheilu- ja ammattilaisurheilussa niin ammattilaisurheilussa kuin kaupallisessa käytössä ja niiden hyötyjä on alettu soveltamaan myös lääketieteessä. Puettaviin teknologioihin sisältyy mm. liikettä, elintoimintoja sekä sijaintitietoja kerääviä teknologioita, joita käyttämällä erikseen, tai yhdessä, voidaan tarkkailla terveyttä ja lähettää apua vaaratilanteen tapahtuessa.

Tässä tutkielmassa perehdytään puettaviin teknologioihin pääsääntöisesti terveydenhuollon työvälineenä. Puettavien teknologioiden hyötyihin kuuluvat niiden liikuteltavuus, keveys ja useissa tapauksissa huomaamattomuus. Majumderin ym. suorittamassa tutkimuksessa puettavia teknologioita kuvaillaan puettaviksi anturipohjaisiksi terveysseurantajärjestelmiksi, jotka voivat käsittää erityyppisiä joustavia tekstiileihin, vaatteisiin, joustaviin nauhoihin tai suoraan ihmiskehoon liitettäviä antureita (Majumder, Mondal ja Deen 2017). Mainitut teknologiat voivat toimia vanhustenhoidon lisäksi myös muilla terveydenhuollon aloilla sekä yleisen terveyden ja toiminnallisuuden seurannan apuvälineinä.

Majumderin ym. tutkimuksessa perehdytään myös käsiin ja jalkoihin kiinnitettäviin antureihin ja niiden hyötyihin terveyden tilan arvioinnissa. Tutkimuksessa todetaan fyysisen toiminnan ja liikkumisen seuraamisesta voivan olevan hyötyä mm. kuntoutuksessa, urheilussa, tuki- ja liikuntaelinsairauksien tai kognitiivisten sairauksien varhaisessa havaitsemisessa. Samassa tutkimuksessa kerrotaan teknologioiden avulla pystyttävän tutkimaan henkilöiden kävelytapaa, joka tutkimuksen mukaan vaihtelee sairaiden ja terveiden ihmisten välillä (Majumder, Mondal ja Deen 2017). Antureiden keräämän tiedon avulla lääketieteen ammattilaiset pystyvät seuraamaan kehon liikkeitä ja täten arvioimaan potentiaalisen hoito- tai jatkotutkimus-

tarpeen.

Shaownin ym. tutkimuksessa tutkittiin etäluettavan sydänsähkökäyrän (EKG), mittalaitteiden ominaisuuksia. Tutkimuksessa esitetty järjestelmä koostui ECG AD8232-sykemittarista, yhden piirilevyn tietokoneesta Raspberry Pi Model 2:sta ja Arduino Uno-kehitysalustasta. Järjestelmä keräsi sykemittareiden avulla käyttäjän sykkeen ja pystyi lähettämään Wi-Fi-yhteyden avulla tietoa potilaan sydämen toimintaan liittyvistä sähköimpulsseista lääkärin analysoitavaksi (Shaown ym. 2019). Saadun tiedon avulla lääkärit pystyivät havaitsemaan, mikäli potilas kärsi esimerkiksi rytmii- tai muista sydämen toimintahäiriöistä sekä pystyivät reagoimaan tilanteen vaatimalla tavalla. Mainitun järjestelmän pieni koko ja matala hinta voivat mahdollistaa teknologian yleistymisen laajempaan käyttöön.

Puettavat teknologiat voivat toimia yksikseen, mutta niitä on myös mahdollista käyttää yhdessä esimerkiksi ympäristöä seuraavien anturien kanssa. Kemal Serdaroglu ym. tutkimuksessa kuvailtiin terveyden seurantajärjestelmää, joka kokonaisuudessaan koostui niin puettavista teknologioista kuin ulkoisesta hyvinvoinnin monitoroinnista. Puettavaa teknologiaa järjestelmässä edusti älypuhelimeen verkkoyhteydellä yhdistetty T1 Chronos eZ430-älyranneke. Järjestelmä toimi siten, että ennalta määrättyyn aikaan älypuhelin lähetti viestin älyrannekkeelle, joka puolestaan huomautti vanhusta lääkkeiden otosta. Samaan aikaan älyranneke alkoi lähettämään keräämiään terveystietoja älypuhelimelle. Seuraavaksi järjestelmä tarkkaili ulkoista hyvinvoinnin monitorointia edustavaa osuutta. Järjestelmä seurasi vanhuksen lääkelistoihin sijoitettuja radiotaajuiseen etätunnistukseen (engl. Radio-frequency identification) käytettäviä RFID-tunnisteita selvittääkseen ottaako vanhus oikeat lääkkeensä. Mikäli vanhus otti oikean lääkityksensä, älypuhelin lakkasi keräämästä terveystietoja. Tapauksessa, jossa potilas ei suorita lääkkeenottoa seurantajakson aikana tai käyttää väärää lääkitystä, tieto lähetetään terveydenhuollon ammattilaisille. Terveydenhuollon ammattilaisia viestitettiin myös tilanteessa, jossa älylaitteiden akku oli tyhjentynyt väärin hälytysten välttämiseksi (Serdaroglu, Uslu ja Baydere 2015).

3.2 Ulkoinen hyvinvoinnin monitorointi

Tässä tutkielmassa termillä "ulkoinen hyvinvoinnin monitorointi" tarkoitetaan IoT-laitteita joita voidaan hyväksikäyttää vanhustenhoidossa, mutta eivät ole päälle puettavia. Tämän kaltaisia teknologioita voivat olla esimerkiksi lämpöantureihin, paineentunnistukseen tai kiihtyvyyden mittaamiseen tarkoitettuja laitteita ja antureita. IoT-teknologioita on implementoitu vanhustenhoitoon mm. huoneen lämpötilaa ja ilmaa monitoroivissa teknologioissa sekä liikkeen seurannassa.

Alam, Heching ja Palmari esittelivät tutkimuksessaan vuodesensoria, jonka avulla pystyttiin seuraamaan käyttäjän nukkumista sekunnin tarkkuudella (Alam, Heching ja Palmarini 2019). Tällä tekniikalla terveydenalan ammattilaiset pystyvät seuraamaan esimerkiksi muistisairaiden toimintaa yöaikaan, ilman että työntekijöiden tarvitse olla itse paikalla. Näin ollen, mikäli vanhus sattuisi heräämään kesken yötä ja lähtemään vuoteeltaan, pystyttäisiin ennalta ehkäisemään riskitilanteita, joissa vanhus voisi olla omalle turvallisuudelleen vaaraksi.

Jiaye Yangin ym. suorittamassa tutkimuksessa tutkittiin älykainalosauvojen mahdollisuuksia vanhustenhoidon yhteydessä. Tutkimuksen älykainalosauva oli varustettu gyroskoopilla, sykeanturilla ja GPS-navigointijärjestelmällä. Näistä saatavan datan avulla pystyttiin seuraamaan, onko kainalosauvan liike normaalia, tai onko tapahtunut esimerkiksi kaatuminen. Sykeanturilla pystyttiin seuraamaan vanhuksen sykkeen muutoksia tapahtuman aikana ja vaaratilanteen sattuessa GPS-järjestelmän avulla paikalle saatiin mahdollisimman nopeasti apua (Yang ym. 2019). Älykainalosauva voisi myös toimia yhteistyössä esimerkiksi puettavien sykeantureiden kanssa, jolloin itse kainalosauvan ei tarvitsisi mitata sykettä. Tilanteessa, jossa älykainalosauva mittaa sykkeen on potentiaalinen riski, että sykkeen mittaaminen katkeaa, mikäli vanhus päästää sauvasta irti. Yhdistettynä erilliseen puettavaan sykeanturiin, sykkeen mittaaminen ei katkeaisi myöskään tilanteessa, jossa vanhus sattuisi kaatuessaan päättämään kainalosauvastaan irti. Pelkän älykainalosauvan sykeanturin tulkinta voisi johtaa tilanteeseen, jossa sykkeen mittaamisen katkeaminen kaatumisen takia tulkitaan virheellisesti esimerkiksi kävelysauvan tiputtamisena.

Jose Reena, ja Parameswarin tutkimuksessa käytiin läpi asuintiloihin sijoitettuja sensoreita, joiden avulla valvottiin kehonlämpötilaa syömishäiriöisten potilaiden tiloissa. Tämän tek-

niikan tarkoituksena oli valvoa muutoksia kehon lämpötilassa ja yhteistyössä muiden sensoreiden kanssa, kiinnittää työntekijöiden huomion esimerkiksi potentiaaliseen terveydentilan laskemiseen ja tarvittaessa lääkannostusten muuttamiseen (Jose Reena ja Parameswari 2019). Syömishäiriöisten seuraamiseen tarkoitettuja teknologioita, voitaisiin soveltaa esimerkiksi muistisairaiden hoidossa. Syömisen seurannan lisäksi teknologialla voitaisiin esimerkiksi varmistaa, että vanhukset ovat muistaneet ottaa lääkkeensä. Teknologia voisi toimia esimerkiksi Kemal Serdaroglun ym. tutkimuksesta edellä mainittujen RFID-tunnistimia hyväksikäyttäneiden järjestelmien rinnalla.

4 Esineiden internetin hyödyt ja ongelmat monitoroinnin välineenä

IoT-teknologioilla on paljon laaja-alaisia hyötyjä mm. turvallisuuden lisäämiseen, palvelujen tehokkuuden parantamiseen sekä ennaltaehkäisevän hoidon mahdollistamiseen. Jose Reenan ja R. Parameswarin suorittamassa tutkimuksessa todetaan terveyttä monitoroivien laitteiden asennuksen helpottavan niin hoitotyöntekijöiden kuin potilaidenkin taakkaa (Jose Reena ja Parameswari 2019). IoT-teknologiat eivät kuitenkaan ole täysin ongelmattomia. De Michelen ja Marco Furinin suorittamassa tutkimuksessa IoT:n potentiaalisiksi uhiksi mainitaan turvallisuus, luottamuksellisuus, yksityisyys ja laitteen väärinkäyttö käyttäjän toimesta (De Michele ja Furini 2019). Tutkimuksessa tutkittiin IoT:n ongelmia yleisesti terveydenhoitoon liittyen, mutta suurta osaa tuloksista voidaan soveltaa myös vanhustenhoitoon.

4.1 Hyödyt

Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis ovat luetelleet terveydenhoidon IoT-laitteiden hyödyiksi mm. työvoiman ja toiminnan optimoinnin, toimintakustannusten vähentämisen, potilaiden hoidon ja hyvinvoinnin parantamisen, automatisoitujen päätösten hyödyntämisen sekä jatkuvan edistyneen potilaan etävalvonnan (Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis 2018). IoT:n avulla on mahdollista pienentää virheiden todennäköisyyttä ja vapauttaa henkilökuntaa vanhusten monitoroinnista kriittisempiin tehtäviin, samalla potentiaalisesti helpottaen työtä. Näin ollen on myös mahdollista parantaa vanhusten turvallisuutta, elinolosuhteita ja vanhus-tenhoidon tehokkuutta sekä edesauttaa jokapäiväistä arkea. De Michelen ja Furinin suorittamassa tutkimuksessa käsiteltiin samankaltaisia hyötyjä kuin Lampropoulos ym. tutkimuslistasi. Tutkimuksissa näkyy selviä yhtäläisyyksiä lueteltujen IoT-laitteiden hyödyissä.

Etäluettavat monitorointitekniologiat mahdollistavat jatkuvan tiedon saannin potilaiden terveyden tilasta ja täten vapauttavat resursseja muihin hoitotehtäviin. De Michelen ym. tutkimuksessa kerrotaan potilaiden etävalvonnan suoritettavan käyttämällä etäluettavia älyensoreita, jotka mittaavat potilaiden arvoja ja täten soveltuvat erityisesti kroonisesti sairaisiin potilaisiin ja vanhuksiin (De Michele ja Furini 2019). Näiden mittaustulosten reaaliaikai-

nen seuranta mahdollistaa laajan kirjon potentiaalisia hyötyjä vanhustenhoidossa. Sondes Titin ym. suorittamassa tutkimuksessa todetaan, että potilaan terveydentilaa ja mahdollisia komplikaatioita seuraamalla on mahdollista estää vaaratilanteiden syntyä ja ehkäistä sairaustapauksia (Titi, Elhadj ja Chaari 2019). Terveydenseurannan teknologioiden avuksi, voidaan implementoida esimerkiksi paikannusteknologioita. Näin ollen mittaustuloksia ja paikannustietoja seuraamalla on mahdollista varmistaa avun nopea saaminen paikalle vaaratilanteiden ja sairauskohtauksien sattuessa.

Terveydentilaa etävalvovien teknologioiden ansiosta avautuu myös muita hyötyjä. De Michelen ym. tutkimuksessa nostetaan esille mm. lääkärikäyntien ja sairaaloiden vuodehoitojen todennäköinen väheneminen sekä potentiaalinen diagnoosien tarkentuminen (De Michele ja Furini 2019). Lääkärikäyntien väheneminen voi ilmentyä esimerkiksi tarpeettomien testien vähenemisellä, mikä puolestaan madaltaa kustannuksia. Diagnoosien tarkentuminen voi leikata kustannuksia, mutta myös mahdollistaa vaaratilanteiden ennakoimista sekä lyhentää reaktionopeutta hätätilanteissa. Vuodepaikkoja ja resursseja vapautuminen vaikeasti sairaille sekä huonokuntoisemmille voi selittyä myös tilanteissa, joissa teknologioiden käyttö on helpottanut ja mahdollistanut kotona asumisen vanhuksille, jotka kaipaavat apua arjen askareissa. De Michelen ym. tutkimuksessa mainitaan myös potilastietojen saatavuuden, potilaan sijainnista riippumatta, mahdollistavan terveydenhuollon toiminnan resurssirajallisissa ja syrjäisissä asuinpaikoissa (De Michele ja Furini 2019).

Etäluettavien laitteiden avulla on mahdollista kerätä potilaan terveydentilan mittaustuloksia ja tallentaa niitä automaattisesti rekisteriin. Sähköisten terveydenhoitorekistereiden avulla potilaiden tiedot voidaan kerätä potilasrekisteriin, josta terveydenhuollon ammattilaiset, kuten lääkärit, sairaanhoitajat sekä laboratoriot voivat löytää potilaiden tiedot reaaliajassa. Etäluettavuus mahdollistaa tiedon kulun riippumatta potilaiden tai terveydenhuollon ammattilaisten sijainnista. IoT-laitteiden automaattisesti keräämät mittaustulokset voivat potentiaalisesti estää virheellisten tulosten kirjaamista ja täten omalta osaltaan parantaa potilasturvaa. De Michelen ym. tutkimuksessa potilastietojen saatavuuden kerrotaan mahdollistavan henkilökohtaisen, yhteistyöhön perustuvan ja ennaltaehkäisevän hoidon. Tämä tarkoittaa esimerkiksi tilanteita, joissa potentiaalisia ongelmia havaitaan. Tällöin IoT-laitteet voivat antaa ennaltaehkäisevän hälytyksen potilaan lääkärille (De Michele ja Furini 2019).

De Michelen ym. tutkimuksessa IoT:n avulla kerrotaan pystyttävän monitoroimaan noudatavatko potilaat hoitosuunnitelmiaan, kuntoutusta ja leikkauksen jälkeistä hoitoa (De Michele ja Furini 2019). Tällä tiedolla terveydenhuollon ammattilaiset pystyvät esimerkiksi ohjaamaan potilasta hoidoissaan tapauksessa, jossa hoitojen noudattaminen on jäänyt. Kemal Serdaroglu ym. tutkimuksessa esitellyn potilaan huomautusjärjestelmän (engl. Patient Notification System) kerrotaan mahdollistavan esimerkiksi muistisairaiden oikean lääkkeiden saannin (Serdaroglu, Uslu ja Baydere 2015). Yhdistettynä elintoimintojen etävalvontaan mainituilla teknologioilla voidaan potentiaalisesti estää ja havaita myös yliannostustapauksia ja toimia nopeasti ja tehokkaasti potilaan terveyden turvaamiseksi.

4.2 Ongelmat

Monet IoT:n ongelmat kumpuavat tiedosta, sen käsittelystä ja suojaamisesta. Uusien teknologioiden implementointi ja henkilökunnan kouluttaminen luovat omat haasteensa varsinkin tilanteissa, joissa uusia teknologioita otetaan käyttöön nopeampaa tahtia, kuin henkilökuntaa ehditään kouluttaa. De Michelen ja Marco Furinin tutkimuksessa nostetaan esille kolme esimerkkitapausta, joissa IoT-laitteiden heikkouksia hyväksikäyttäen, on pyritty tai onnistuttu tuottamaan harmia potilaille. Vuonna 2011 huomattiin, että insuliinipumppu on mahdollista kaapata etäkäyttöön. Insuliinin syöttöä ohjaamalla, potilaalle on potentiaalisesti mahdollista antaa tappava määrä insuliinia. 2014 suoritettiin terveystietovarkauksia, joiden aikana Yhdysvaltojen 206 sairaalasta varastettiin 4,5 miljoonan potilaan kirjat, jotka sisälsivät arkaluontoisia tietoja, kuten nimiä, osoitteita, syntymäpäiviä, puhelinnumeroja ja sosiaaliturvunnuksia. 2017 huomattiin, että sydämentahdistimilla ja sydäniskureilla on haavoittuvuuksia, jotka mahdollistavat hakkereiden tyhjentää akun tai muuttaa sydämentahdistimien ylläpitämää tahtia tai iskuja (De Michele ja Furini 2019). On mahdollista, että vastaavanlaisia haavoittuvuuksia on vielä tuntematon määrä teknologioissa, joita vanhusten hoidon yhteydessä jo käytetään tai jotka ovat vielä testivaiheessa.

De Michelen ym. lisäksi myös Bakarın, Ramlin ja Hassanin suorittamassa tutkimuksessa käsitellään IoT-laitteiden ongelmia terveydenhoidon työvälineinä useista eri näkökulmista. Tutkimuksessa nostetaan esille tietoturvaongelmat niin laitteiden kuin käyttäjien osalta. Tutkimuksessa mainitaan mm. teknologioiden kiireellisen implementoinnin ongelmat, kerätyn

datan yksityisyys ja turva sekä data-analyysin monimutkaisuus. Lampropoulos ym. tutkimus listaa yllä mainittujen tutkimusten tavoin näkemyksensä IoT:n riskeistä. Tutkimus erittelee ongelmat mm. tietojen luottamuksellisuuteen, turvallisuuteen ja yksityisyyteen, skaalautuvuuteen ja yhteentoimivuuteen, tietojen, toiminnan, resurssien ja energian hallintaan, toiminnallisuuden turvallisuuteen ja vikasetoisuuteen, saatavuuteen sekä luotettavuuteen (Lampropoulos, Siakas ja Anastasiadis 2018). Näin ollen on selvää, että IoT-laitteilla kaikkien potentiaalisten hyötyjensä lisäksi on myös paljon potentiaalisia uhkia.

Bakar ym. toteavat tutkimuksessaan, että useimmat IoT-laitteet eivät sisällä hallintalaitteita, joilla suojattaisiin verkkoon kytkettyjä laiteita uhilta (Bakar, Ramli ja Hassan 2019). Monet IoT-laitteet eivät siis sisällä itsessään tarvittavaa suojaa ulkopuolisten iskujen ennaltaehkäisemiseksi, eivätkä potentiaalisesti edes järjestelmiä, jotka huomaisivat laitteeseen kohdistuneen hyökkäyksen tapahtuneen. Bakar:n lisäksi myös De Michelen ja Furinin tutkimuksessa läpikäydään IoT-laitteiden turvallisuusriskejä. Tutkimuksessa kerrotaan IoT-laitteiden turvallisuuden muodostuvan fyysisistä, teknologisista sekä hallinnollisista suojusta sekä työkaluista. Tutkimus jatkaa kertomalla, että terveystietoja pyritään suojaamaan luvattomalta käytöltä back-endissä (IT-järjestelmissä), front-endissä (antureissa) ja verkkotasolla (De Michele ja Furini 2019). IoT-laitteiden turvallisuutta voitaisiin siis parantaa niin teknologisten kuin hallinnollisten asetusten, kuten lainsäädännön avulla, jotta tietoturvariskejä voitaisiin pienentää.

Bakar ym. nostavat esille myös IoT-teknologioiden tietoturvatietoisuuden puutteen terveydenhuollon sidosryhmien keskuudessa. Käyttäjän näkökulmasta IoT-tietoturvan ymmärtäminen on haastavaa internetin käytön lisääntymisen ja muuttumisen seurauksena. Teknologioiden turvattua käyttöä voidaan potentiaalisesti edistää terveydenhoitoviranomaisten, lääketieteiden ja tietotekniikan ammattilaisten avustuksella tukemalla, ohjaamalla ja edistämällä terveydenhoidon IoT-teknologioita (Bakar, Ramli ja Hassan 2019). Virheellisen datan syöttäminen järjestelmille ja laitteiden kaappaaminen käyttäen laitteiden tietoturva-aukkoja voi johtaa jopa hengenvaarallisiin tilanteisiin. palvelunestohyökkäyksillä, jolla tarkoitetaan IoT-laitteiden kommunikoinnin estämistä, voidaan päästä yhtä haitallisiin lopputuloksiin.

Terveydenhoito alana yleisesti pyrkii implementoimaan toimintaansa uusimpia teknologioita mahdollisimman nopeasti niiden valmistuttua. Tämä voi kuitenkin johtaa puutteelliseen henkilökunnan kouluttamiseen sekä tietoturvan laiminlyömiseen. Bakar ym. kuvailevat tä-

tä tutkimuksessaan terveydenhuollon organisaatioiden tapana ottaa uusia teknologioita kiireellisesti käyttöön. Tutkimus myös kertoo organisaatioiden usein priorisoivan, tietoturvallisuuden sijasta, teknologioiden mukavuuden ja helppokäyttöisyyden turvallisuuden edelle. Tutkimus lisää organisaatioiden pyrkivän teknologioiden vaihdoksista syntyvien seisokkien minimoimiseen, vaarantaen näin tietoturvallisuuden (Bakar, Ramli ja Hassan 2019). Näistä syistä voi olla turvallisempaa käyttää enemmän aikaa henkilökunnan kouluttamiseen, jo olemassa olevien teknologioiden käyttöön, sen sijaan että terveydenhuollon toimipisteet pyrkivät ottamaan mahdollisimman paljon uutta teknologiaa haltuun.

Vanhuksista kerättyjen terveystietojen yksityisyys ja pelko tiedon päätymisestä väärin käsiin luo myös oman ongelmansa IoT-teknologioiden kanssa. De Michele ym. jakavat yksityisyyden neljään osaan: laitteen tietosuojan tai laitteiston ja ohjelmiston luvattomaan käsittelyyn, yksityisyyteen laiteviestinnän aikana, varastoinnin yksityisyyteen sekä tietosuojan tietojenkäsittelyn yhteydessä (De Michele ja Furini 2019). Konkreettisia seurauksia yksityisyyden rikkomisesta voi olla esimerkiksi Bakar ym. tutkimuksessa mainittu tilanne, jossa hakkerin oli mahdollista tehdä väärennettyjä henkilöllisyystodistuksia potilaiden tietoja käyttäen ostaakseen lääkkeitä tai lääkinnällisiä laitteita jälleenmyyntiä varten (Bakar, Ramli ja Hassan 2019). Vastaavassa tapauksessa on mahdollista, että potilaan, joka tarvitsee lääkkeitä, ei ole mahdollisuutta lunastaa omia lääkkeitään, koska ne on jo lunastettu väärennettyjä henkilötodistuksia käyttäen. Kyseinen tapahtuma voi jälleen vaarantaa ihmishenkiä. Yksityisyyttä ja sen turvaa voidaan parantaa mm. henkilökuntaa kouluttamalla, vain tärkeitä terveystietoja säilyttämällä, tulosten ja potilastietojen erillään pitämällä ja tietoihin käsiksi pääsyä rajoittamalla.

Potilastietojen yksityisyyden hallinnan yksi tärkeistä ylläpitäjistä on tiedonhallinnan luottamuksellisuus. De Michelen ym. määrittelevät luottamuksellisuuden kaikkien ammattilaisten, jotka osallistuvat potilastietojen saatavuuteen ja käsittelyyn, velvollisuudeksi pitää kyseiset tiedot luottamuksellisina, jolla tarkoitetaan että terveystietoja ei jaeta kolmansille osapuolille ilman potilaan suostumusta (De Michele ja Furini 2019). Luottamuksellisuus on tärkeää mm. potilaiden oikeuksien turvaamiseksi ja terveydenhoitoala yleisen luotettavuuden säilyttämiseksi. Jos terveystietoja luovutettaisiin kolmansille osapuolille, niitä voitaisiin käyttää potilasta vastaan. Esimerkiksi tilanne, jossa vakuutusyhtiöt tai työnantajat pääsisivät tutkimaan

ihmisten terveystietoja vapaasti, voisi johtaa vaikeuksiin saada vakuutusta tai jopa työpaikkaa. On siis äärimmäisen tärkeää, että tietojen luottamuksellisuutta turvataan esimerkiksi lakipykälien ja kirjallisten sopimusten avulla.

Yksityisyys, fyysiset teknologiat ja tietoturva eivät ole kuitenkaan ainoita ongelmia IoT-laitteiden turvallisuudessa. Omia ongelmiaan aiheuttaa myös tietojen ja tiedon analysoinnin monimutkaisuus. Bakarın ym. kommentoivat yleisen käytännön olevan potilaista kerätyn datan lähettäminen suoraan pilvipalveluun tai datakeskukseen, joka voi potentiaalisesti luoda viivettä, nostaa kustannuksia ja aiheuttaa potilaan turvallisuuden vaarantamia tietoturvariskejä (Bakar, Ramli ja Hassan 2019). Tiedon analyysiin liittyy myös käyttäjälähtöisiä riskejä. De Michelen tutkimuksessa muistutetaan käyttäjiä, että vaikka he pääsisivätkin tietoihinsa käsiksi, ne eivät lopulta korvaisi terveydenhuollon ammattilaisten neuvoja (De Michele ja Furini 2019). Esimerkkitalanne voisi olla syömishäiriöstä kärsivä henkilö, jonka elintointoja seurataan etäluetusti. On mahdollista, että henkilö saattaisi poiketa lääkäreiden suosittelemasta ruokavaliosta monitoroinnin tuottamien tulosten itseanalyysin seurauksena. On siis tärkeää valistaa IoT-teknologioita käyttöön ottaessa potilaita itseanalysoinnin riskeistä ja muistuttaa terveydenhuollon ammattilaisten roolista teknologioiden tuottaman tiedon analysoinnissa. On selvää, että vaikka IoT-laitteet yleistyisivätkin, terveydenhuollon ammattilaisia tarvitaan ja nykyisellä hoitomallilla viimeisen terveydentilan arvioinnin suorittaa lääketieteen ammattilainen.

5 Yhteenveto

IoT-teknologioilla on mahdollista parantaa niin vanhusten kuin terveydenhuollon ammattilaisten arkea. Teknologiat voivat olla puettavia esimerkiksi elintoimintoja reaaliajassa mittaavia antureita, tai ympäristöä tarkkailevia sensoreita sekä antureilla varustettuja apuvälineitä arjen helpottamiseen. IoT voi potentiaalisesti vapauttaa terveydenhuollon resursseja kriittisimpiin tehtäviin ja mahdollistaa kotona asumisen vanhuksille, jotka eivät siihen pystyisi ilman teknologian apua. IoT-laitteiden ei ole tarkoitus korvata terveydenhuollon ammattilaisia, vaan toimia apuvälineenä työntekijöiden rinnalla.

IoT:n laaja-alaisiin hyötyihin kuuluu mm. turvallisuuden lisääminen, palvelujen tehokkuuden parantaminen, ennaltaehkäisevän hoidon mahdollistaminen ja potilastietojen sekä rekisterin etäluettavuus. IoT:ta voidaan käyttää mm. potilaiden, laitteiden, tarvikkeiden ja lääkkeiden seurantaan sairaaloissa, sekä muissa terveydenhuollon laitoksissa. Terveydenhuololle kerätty tieto voi olla esimerkiksi potilaan paino, EKG ja verenpaine. IoT:lla voidaan helpottaa esimerkiksi kroonisesti sairaiden vanhusten terveyden valvontaa, päivittäisen terveydentilan ja ympäristön seurannan avulla.

IoT:n käyttöön liittyy myös ongelmia, jotka kumpuavat mm. tiedosta ja siitä, kuinka sitä käsitellään ja suojataan. Uusien teknologioiden implementointi ja henkilökunnan kouluttaminen luovat omat haasteensa varsinkin tilanteissa, joissa uusia teknologioita otetaan käyttöön nopeampaa tahtia, kuin henkilökuntaa ehditään kouluttaa. On mahdollista, että vanhustenhoitoon tarkoitetuissa IoT-laitteissa on vielä haavoittuvuuksia, joita ei ole vielä tunnistettu.

IoT-laitteiden lisääminen helpottaa terveydenalan ammattilaisten työtä, vapauttaa resursseja kiireellisimpiin työtehtäviin ja mahdollisesti vähentää onnettomuuksia. IoT-laitteet ovat kuitenkin vielä monessa tapauksessa tietoturvariskeille alttiita, mikä voi pahimmillaan kasvattaa vanhusten turvallisuutta uhkaavia riskejä. On mahdollista myös, ettei kaikkia IoT:n ongelmia pystytä korjaamaan, mutta pyrkimys riskien minimointiin ja ongelmien tiedostaminen voivat pienentää IoT:n käytöstä seuraavien uhkien yleisyyttä ja vakavuutta. Laitteiden käyttö vaatii henkilökunnan koulutusta, jotta työntekijöiden toimesta tapahtuvat virheet voidaan minimoida. IoT-laitteiden lisääntyminen vanhustenhoidon työvälineenä on todennäköistä ja oikein

toteutettuna ne helpottavat terveydenalan työntekijöiden työtehtäviä ja parantavat vanhusten turvallisuutta.

Lähteet

- Alam, M.A.U., A. Heching ja N. Palmarini. 2019. “Scaling longitudinal functional health assessment in multi-inhabitant smarthome”, nide 2019-July, 2206–2216. doi:10.1109/ICDCS.2019.00217.
- Bakar, N.A.A., W.M.W. Ramli ja N.H. Hassan. 2019. “The internet of things in healthcare: An overview, challenges and model plan for security risks management process”. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 15 (1): 414–420. doi:10.11591/ijeecs.v15.i1.pp414-420.
- De Michele, R., ja M. Furini. 2019. “IoT Healthcare: Benefits, issues and challenges”, 160–164. doi:10.1145/3342428.3342693.
- Gearing, Pauline, Christine Olney, Kim Davis, Diego Lozano, Laura Smith ja Bruce Friedman. 2006. “Enhancing patient safety through electronic medical record documentation of vital signs”. *Journal of healthcare information management : JHIM* 20 (helmikuu): 40–5.
- He, Kangli, Holger Hermanns, Hengyang Wu ja Yixiang Chen. 2019. “Connection models for the Internet-of-Things”. *Frontiers of Computer Science* 14, numero 3 (joulukuu): 143401. ISSN: 2095-2236. doi:10.1007/s11704-018-7395-3.
- Jose Reena, K., ja R. Parameswari. 2019. “A Smart Health Care Monitor System in IoT Based Human Activities of Daily Living: A Review”, 446–448. doi:10.1109/COMITCon.2019.8862439.
- Khayat, M., E. Barka ja F. Sallabi. 2019. “SDN_{Based}SecureHealthcareMonitoringSystem(SDN–SHMS)”, nide 2019-July. doi:10.1109/ICCCN.2019.8847097.
- Lampropoulos, Georgios, Kerstin Siakas ja Theofylaktos Anastasiadis. 2018. “Internet of Things (IoT) in Industry: Contemporary Application Domains, Innovative Technologies and Intelligent Manufacturing”. 4 (lokakuu): 109–118. doi:10.31695/IJASRE.2018.32910.

- Majumder, Sumit, Tapas Mondal ja M. Deen. 2017. “Wearable Sensors for Remote Health Monitoring”. *Sensors* 17, numero 12 (tammikuu): 130. ISSN: 1424-8220. doi:10.3390/s17010130. <http://dx.doi.org/10.3390/s17010130>.
- Serdaroglu, K., G. Uslu ja S. Baydere. 2015. “Medication intake adherence with real time activity recognition on IoT”, 230–237. doi:10.1109/WiMOB.2015.7347966.
- Shaown, T., I. Hasan, M.M.R. Mim ja M.S. Hossain. 2019. “IoT-based Portable ECG Monitoring System for Smart Healthcare”. doi:10.1109/ICASERT.2019.8934622.
- Titi, S., H.B. Elhadj ja L. Chaari. 2019. “An ontology-based healthcare monitoring system in the internet of things”, 319–324. doi:10.1109/IWCMC.2019.8766510.
- Yang, J., Y. Liu, Y. Chen, H. Nie, Z. Wang, X. Liu, M.A. Imran ja W. Ahmad. 2019. “Assistive and monitoring multifunctional smart crutch for elderly”, 397–401. doi:10.1109/DASC/PiCom/CBDCom/CyberSciTech.2019.00081.