



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

LOTTA VILPAS

Mobiilirobottien hyödyntäminen sosiaali- ja terveysalalla

SÄHKÖ- JA AUTOMAATIOTEKNIIKAN
TUTKINTO-OHJELMA
2023

TIIVISTELMÄ

Vilpas, Lotta: Mobiilirobottien hyödyntäminen sosiaali- ja terveysalalla
Opinnäytetyö, AMK
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Toukokuu 2023
Sivumäärä: 43

Koronapandemia on vaikuttanut koko yhteiskuntaan. Sosiaali- ja terveysala on kuormittunut pandemian aikana. Pandemia-aika on saanut aikaan sen, että myös sosiaali- ja terveysalalle on kehitetty, kokeiltu ja otettu käyttöön uusia tapoja toimia. Haasteita, joihin ei etukäteen ollut osattu varautua, on teknologian avulla saatu ratkaistua. Tekoälyn ja erilaisten teknologioiden avulla voidaan merkittävästi tehostaa terveydenhuollon prosesseja ja tukea lääkäreiden ja hoitohenkilökunnan työtä.

Sairaalaympäristössä suurimmat hyödyt mobiiliroboteista saadaan yksinkertaisten ja säännöllisten kuljetusten automatisoinnissa. Ne voivat kuljettaa esimerkiksi erilaisia välineitä, pyykkiä, lääkkeitä ja jätteitä. Näin saadaan vapautettua hoitohenkilökunnan aikaa varsinaiseen hoitotyöhön. Sosiaalisia robotteja käytetään sosiaali- ja terveysalalla esimerkiksi vanhusten ja lasten kanssa. Ne voivat viihdyttää tai suorittaa yksinkertaisia neuvontatehtäviä.

Tähän opinnäytetyöhön kerättiin sosiaali- ja terveysalalle tarkoitettuja mobiilirobottisovelluksia, joihin on yhdistetty erilaisia teknologiaratkaisua. Esitellyistä sovelluksista toiset ovat jo käytössä ja toiset ovat kehitystyön alla. Jo käytössä olevat mobiilirobottisovellukset olivat Seinäjoen keskussairaalassa oleva logistiikkarobotti, Ohmni-etäläsnäolobotti, AIDBOT, SARA-hoivarobotti, Lio-, LEA- ja Reachy-robotit. Vielä lisää tutkimustyötä ja kehitystä tarvitsevat robotit ovat ARNA, ROS-pohjainen mobiilirobotti, YuMi-mobiiliyhteistyörobotti, Kiinassa suunniteltu etäohjausrobotti sekä mobiilirobottijärjestelmä kontaktittomaan elintoimintojen seurantaan. Mobiiliroboteihin oli yhdistetty RFID- ja kokenäköteknologiaa, Kinect for Xbox 360-anturi, lämpökamera, Doppler-ultraäänitelaite, VR-lasit ja Myo-käsivarsinauha.

Ihmisten asenteet ovat muuttuneet ja yleisesti robotteihin suhtaudutaan positiivisesti. Robotit tekevät määrättyä työtä väsymättä ja tarkasti ja vapauttavat hoitajien ja lääkäreiden resursseja eri tehtäviin. Tulevaisuudessa mobiilirobottisovellukset tulevat lisääntymään kaikilla aloilla, mutta erityisesti sosiaali- ja terveysalalla.

Avainsanat: mobiilirobotti, sosiaalinen robotti, yhteistyörobotti

Abstract

Vilpas, Lotta: Utilization of mobile robots in the social services and health care
Bachelor's thesis

Electrical and Automation Engineering

May 2023

Number of pages: 43

The whole society has been affected by the covid-19 pandemic. The social and health care sector has been strained during the pandemic. The pandemic has also led to the development, experimentation and introduction of new ways of operating in the social and health care sector. Technology has been used to solve challenges that had not been prepared for in advance. Artificial intelligence and various technologies can significantly improve the efficiency of healthcare processes and support the work of doctors and nursing staff.

In a hospital environment, the greatest benefits of mobile robots come from the automation of simple and regular transports. For example, they can transport various utensils, laundry, medicines and waste. This frees up the nursing staff's time for actual nursing work. Social robots are used in the social and health care sector, for example, with the elderly and children. They can entertain or perform simple counseling tasks.

The purpose of this thesis was to collect mobile robot applications intended for the social and health care sector combined with various technology solutions. Of the featured apps, some are already in use and others are under development. The mobile robot applications already in use were the logistics robot at the Seinäjoki Central Hospital, the Ohmni remote presence robot, the AIDBOT, the SARA care robot, the Lio, LEA and Reachy robots. The robots that require more research and development are ARNA, ROS-based mobile robot, YuMi mobile collaboration robot, China-designed remote-controlled robot and mobile robot system for contactless vital signs monitoring. The mobile robots were combined with RFID and machine vision technology, a Kinect for Xbox 360 sensor, a thermal imager, a Doppler ultrasonic device, VR glasses and a Myo armband.

People's attitudes have changed, and people generally have a positive attitude towards robots. Robots do specific work tirelessly and accurately, freeing up nurses' and doctors' resources for different tasks. In the future, mobile robot applications will increase in all fields, but especially in the social and health care sector.

Keywords: Mobile robot, social robot, collaborative robot

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA	6
3 ERILAISET ROBOTIT JA NIIHIN YHDISTETYT TEKNOLOGIAT	7
3.1 Mobiilirobotit	7
3.2 Sosiaaliset robotit	8
3.3 Yhteistyörobotit	9
3.4 Mobiilirobotteihin yhdistetyt teknologiat	10
3.4.1 Konenäkö	10
3.4.2 RFID	10
3.4.3 Kinect for Xbox 360 -anturi	11
3.4.4 Lämpökamera	11
3.4.5 Doppler-ultraäänitelaite	12
3.4.6 VR-lasit	12
3.4.7 Myo-käsivarsinauhaa	12
4 MOBIILIROBOTIT SOSIAALI- JA TERVEYSALALLA	14
4.1 Satakunnan ammattikorkeakoulussa kehitetyt mobiilirobottisovellukset	14
4.1.1 MiR250 –mobiilirobotti ja siihen integroidut RFID-teknologia ja konenäköjärjestelmä	15
4.1.2 Satasairaalan kuljetusrobotti asiakaskohtaisessa lääketilauksessa	16
4.2 Kuljetusrobotti Seinäjoen keskussairaalassa	16
4.3 Mukautuva hoitoavustajarobotti (ARNA)	19
4.4 Ohmni-etäläsnäölorobotti	20
4.5 AIDBOT-desinfiointirobotti	22
4.6 ROS-pohjainen mobiilirobotti DiaVire-kuntoutuskodissa	23
4.7 SARA-hoivarobotti	25
4.8 Lio-mobiilirobotti	27
4.9 LEA-robottikävelijä	29
4.10 YuMi-mobiiliyhteistyörobotti	30
4.11 Etäohjattu robotti	32
4.12 Mobiilirobottijärjestelmä kontaktittomaan elintoimintojen seurantaan	33
4.13 Reachy	34
5 YHTEENVETO JA POHDINTAA	37
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on selvittää, miten mobiilirobotteja on hyödynnetty sosiaali- ja terveysalalla. Lisäksi selvitetään, mitä erilaisia teknologioita mobiilirobotteihin on integroitu ja millaisia käyttäjäkokemuksia on saatu.

Koronapandemia aiheutti koko yhteiskuntaa koskevan digiloikan. Kun kasvokkain tapahtuvia tapaamisia ei saanut enää järjestää, monessa asiassa alettiin hyödyntämään erilaisia teknologioita.

Myös sosiaali- ja terveysalalla koronapandemia vaikutti siihen, että alettiin pohtimaan ja kokeilemaan uusia tapoja toimia. Haasteita, joihin ei etukäteen ollut osattu varautua, on teknologian avulla saatu ratkaistua. (Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2021.)

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisussa, Suomen tekoälyaika, vuodelta 2017 todetaan, että tekoälyä ja erilaisia teknologioita tullaan tarvitsemaan, sillä väestö kasvaa ja elää koko ajan vanhemmaksi ja samalla terveyden- ja vanhustenhoidon kustannukset kasvavat. Tekoälyn ja erilaisten teknologioiden avulla voidaan merkittävästi tehostaa terveydenhuollon prosesseja ja tukea lääkäreiden ja hoitohenkilökunnan työtä. Myös palvelurobotiikan merkitys tulee kasvamaan terveydenhuollossa. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2017, 24-27.)

2 TYÖN TOIMEKSIANTAJA

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja on RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskuksen RoboRFID-hanke. RoboAI perustettiin Satakuntaliiton rahoittamassa Robocoast R&D Center -hankkeessa vuonna 2019. Keskus sijaitsee SAMKin Porin kampuksella. Se on SAMKin ja Tampereen yliopiston yhteinen keskus. (RoboAI, 2023a.)

Suomen akatemian erityisrahoituksella toteutettavan, Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologian avulla: Uudenlainen mobiilirobottien ja passiivisen RFID-teknologian fuusio, RoboRFID-hankkeen tarkoituksena on kehittää robotiikkaa ja älyvaateteknologiaa edistämään hyvinvointia ja terveyttä. Tarvitsija voi olla joko yksilö, organisaatio tai yhteiskunta. Hankkeen älyvaatteita ja robotiikkaa testataan aidoissa ympäristöissä vuosina 2021-2023. Hankkeen tuotoksena saadaan tieteellisiä julkaisuja ja demovideoita, mitkä ovat jokaisen saatavilla. (RoboAI, 2023b.)

Tämä opinnäytetyö tukee RoboRFID-hanketta. Tarkoituksena on selvittää ja kerätä yhteen mobiilirobottisovelluksia, joita on kokeiltu eri sosiaali- ja terveysalan ympäristöissä sekä oppilaitoksissa ja tutkimuslaitoksissa. Näissä sovelluksissa on käytetty mobiilirobotin lisäksi erilaisia teknologioita. Tarkoituksena on siis löytää erilaisia mobiilirobottisovelluksia.

3 ERILAISET ROBOTIT JA NIIHIN YHDISTETYT TEKNOLOGIAT

Seuraavissa kappaleissa esitellään opinnäytetyössä tutkitut mobiilirobotit ja niihin integroidut teknologiat. Nämä erilaiset teknologiat esiintyvät myöhemmin mobiilirobottisovelluksissa kappaleessa 4.

3.1 Mobiilirobotit

Mobiilirobotti on sellainen robotti, joka pystyy liikkumaan itsenäisesti. Mobiilirobotit voidaan jakaa kahteen alatyypin autonomisiin ja ei-autonomisiin. Autonomiset mobiilirobotit pystyvät itsenäisesti liikkumaan ja suorittamaan tehtäviä sekä tekemään päätöksiä. Useat ei-autonomiset mobiilirobotit toimivat kauko-ohjauksella tai seuraavat tarkasti ennalta määrättyä reittiä. (Ben-Ari & Mondada, 2018, s. 4–5.)

Robotin ja esteiden välisen etäisyyden mittaamiseen käytetään erilaisia etäisyysantureita. Niiden toiminta perustuu hyvin usein signaalin lähettämiseen ja esteestä heijastuneen signaalin vastaanottamiseen. Etäisyyden mittaamiseen voidaan käyttää myös ultraäänianturia. Ultraäänianturin tapauksessa esteiden väri, vaihteleva valon määrä ja valon heijastuskyky eivät vaikuta anturin toimintaan. Koska äänen nopeus on huomattavasti pienempi kuin valon nopeus, ultraäänianturilla etäisyyden mittaaminen on hidasta verrattuna valoa käyttäviin antureihin. Jos käytössä on infrapuna-anturi, voidaan etäisyyslaskenta perustaa infrapunavalon intensiteetin mittaamiseen. Valon intensiteetti pienenee etäisyyden kasvaessa. Tämä on kuitenkin epätarkka tapa, sillä intensiteettiin vaikuttaa myös kohteen heijastuskyky. (Ben-Ari & Mondada 2018, s. 22-24.) Laskenta voidaan myös perustaa trigonometriaan ja säteen heijastumiseen kohteesta. Infrapuna-anturien hyvänä puolena voidaan mainita, ettei näkyvä valo häiritse mittauksia. Ne ovat halvempia kuin laser-anturit. Huonona puolena on se, että havainnoitavan kohteen väri vaikuttaa paljon mittauksen tarkkuuteen. (Wang ym., 2021, kohta Obstacle perception and identification.)

Laser-antureita voidaan käyttää etäisyyksien määrittämiseen. Myös niiden etäisyyden määrittäminen perustuu lähetetyn signaalin ja heijastuneen signaalin väliseen aikaeroon. (Wang ym., 2021, kohta Obstacle perception and identification.) Laserantureilla voi mitata pitkiäkin etäisyyksiä. Ne pystytään kohdistamaan tarkasti tiettyyn kohteeseen. Silloin niiden mittaustarkkuus on hyvä. (Ben-Ari & Mondada 2018, s. 24; Wang ym., 2021, kohta Obstacle perception and identification.) Laser-anturit ovat kalliimpia kuin ultraääni- ja infrapuna-anturit (Wang ym., 2021, kohta Obstacle perception and identification).

Ympäristöä voidaan havainnoida myös kameroilla. Kun käytössä on kaksi kameraa, vertaamalla kameroiden kuvia keskenään voidaan määrittää etäisyys. Jos käytössä on yksi kamera, kameran ottamaa kuvaa voidaan verrata esimerkiksi robotin tietokannassa oleviin kuviin. Kameroiden käytössä haasteena on esimerkiksi kalliit kustannukset. (Wang ym., 2021, kohta Obstacle perception and identification.)

Mobiilirobotti pyrkii väistämään esteet. Esteiden välttäminen koostuu kolmesta osasta. Ensimmäiseksi havainnoidaan ympäristö ja mahdolliset esteet. Toisena lasketaan törmäyksen todennäköisyys. Viimeisenä vältetään este, johon on erilaisia tapoja. (Wang ym., 2021, kohta Abstract.)

3.2 Sosiaaliset robotit

Yksi autonomisten robottien luokista on sosiaaliset robotit. Sosiaaliset robotit ovat ihmistenkaltaisia ja niiden kanssa voi kommunikoida. Sosiaaliset robotit kykenevät esimerkiksi tunnistamaan keskustelukumppaninsa sekä ilmaisemaan tunteitaan. Ne voivat olla se osapuoli, joka aloittaa sosiaalisen kanssakäymisen. Sosiaalisia robotteja käytetään yleensä viihdyttämiseen ja yksinkertaisiin neuvontatehtäviin. Ne suoriutuvat ympäristöissä, joissa robottien suorittamat tehtävät ja kommunikointitilanteet pysyvät melko samanlaisina. (Fong ym., 2003, s. 143-145; Neittaanmäki & Hänninen, 2018.)

Ikääntyneet ja lapset ovat asiakasryhmiä, joiden hoitotyössä sosiaaliset robotit koetaan erityisen hyödyllisiksi. Tutkimuksissa on saatu tuloksia, joissa vanhukset ovat tulleet aktiivisemmiksi ja oma-aloitteisuus kasvoi sekä mieliala koheni sosiaalisen robotiikan käyttöönoton myötä. (Huisman & Kort, 2019, kohta Results; Chu ym., 2016, s. 16-18.)

Myös lapsiin sosiaaliset robotit vaikuttavat positiivisesti. Trostin ym. (2020, kohta Discussion) tekemän tutkimuksen mukaan, empatiaa tarjoava sosiaalinen robotti lievitti kivun tunnetta ja helpotti ahdistusta lapsilla, jotka olivat sairaalassa hoidossa.

3.3 Yhteistyörobotit

Yhteistyörobotit eli cobotit mahdollistavat sen, että ihminen ja robotti voivat työskennellä turvallisesti rinnakkain ilman teollisuusrobotin tarvitsemia turvratkaisuja. Toisin kuin perinteiset robotit, cobotit on suunniteltu toimimaan ihmisten kanssa eikä korvaamaan niitä. Ihmisen ja robotin yhteistyössä hyödynnetään molempien parhaita puolia. Roboteilla näitä ovat väsymättömyys, tarkkuus sekä tasalaatuisuus ja ihmisellä tiedonkäsittelykyky, laaja-alaiset taidot ja luovuus. (Luomanmäki & Palomäki, 2020, s. 84-86; Ojanperä, 2022, s. 1.)

Yhteistyörobotteja voidaan käyttää terveydenhuollon eri tehtävissä. Kun niille annetaan ominaisuuksia, jotka ovat tunteisiin perustuvia, silloin mahdollistetaan ihmisystävällinen ja ihmistä avustava vuorovaikutus. (Röning, 2022, s. 59.) Yhteistyörobotit tulevat olemaan yhä tärkeämpiä terveydenhuollon alalla esimerkiksi potilaiden hoitotyössä tai hoitotyön apuvälineenä (Suleiman, 2023, s.3).

Mobiilirobotteja voidaan käyttää monilla tavoin sairaalaympäristössä. Ne voivat kuljettaa monenlaisia esineitä ja materiaaleja. Mobiilirobotit ovat varsin ketteriä kuljetuksissa sekä pystyvät mukautumaan muuttuviin ympäristöihin. Mobiilirobottien liikkuminen sairaalaympäristöissä ja erilaisten esteiden väistely sekä vuoropuhelu ihmisten, ovien ja hissien välillä, on koettu sujuvaksi.

Teknologiaa tulee hyödyntää entistä enemmän tiukentuvien henkilöstöresurs-sien ja lisääntyvän hoitotarpeen takia. (Hólmen ym, 2023.)

3.4 Mobiilirobotteihin yhdistetyt teknologiat

Seuraavissa kappaleissa esitellään lyhyesti erilaisia teknologioita. Näitä tek-nologioita on käytetty kappaleen neljä mobiilirobottisovelluksissa.

3.4.1 Konenäkö

Konenäössä kamera ottaa kuvan ja sitä käytetään automaattiseen päätösten tekoon laskentaa hyödyntäen. Tätä voidaan käyttää esim. laitteen ohjaukseen. Konenäkökokonaisuus pitää sisällään kuvan ottamisen yhdellä tai useammalla kameralla, kuvan tai kuvien käsittelyn, valaistuksen ja analysoinnin. (Hirvonen, 2021.)

Time of Flight -konenäkö (ToF) perustuu usein kokonaisuuteen, johon kuuluu anturin tai kamera sekä lähetin. Lähetin lähettää tietyn aallonpituuden omaa-vaa valoa, jonka anturi havaitsee. Anturi tekee etäisyysmittauksen heijastus-aikaan perustuen. ToF-tekniikan etäisyysmittaustarkkuus on erittäin hyvä. Heikkoutena voidaan pitää huonoa kuvan laatua, mikä johtuu esimerkiksi huo-nosta resoluutiosta. (Keller & Kolb, 2009, kohta Abstract.)

Mobiilirobottisovelluksissa konenäköä voidaan käyttää esteiden tunnistami-seen ja navigointiin. Robottikäsissä konenäkö soveltuu hienomotoriikan luomi-seen. (Leino ym., 2022, s. 85-86; Mick ym, 2019, kohta Gaze-Driven Control; Piispanen, 2021, s. 15; Tampereen yliopisto, 2019.)

3.4.2 RFID

RFID-lyhenne tulee sanoista Radio Frequency Identification. RFID on yleisnimi radiotaajuuksilla toimiville tekniikoille, joita käytetään asioiden ja esineiden

tunnistamiseen, havainnointiin ja yksilöintiin. Erilliselle RFID-tunnisteelle, eli tagille, tallentuu tieto ja se luetaan langattomasti lukijalla radioaaltojen välityksellä. Lukija ja tagi voivat olla yhteydessä toisiinsa ilman suoraa näköyhteyttä. (Rinta-Ruusala & Tallgren, 2004, s. 8.) RFID-tekniikkaa käytetään mobiilirobotisovelluksissa tunnistamaan ja yksilöimään ympärillä olevat ihmiset ja esineet (Leino ym., 2022, s. 85-86).

3.4.3 Kinect for Xbox 360 -anturi

Kinect on Xbox 360-pelikonsolille kehitetty ohjaintekniikka. Pelatessa kinect -anturi pystyy seuraamaan jopa kahden vartalon liikkeitä. Kinect -anturin toiminta perustuu infrapunakameraan ja -lähettimeen, joiden avulla se näkee edessä olevan alueen kolmiulotteisena. Kinectin ohjelmoinnin avulla se tunnistaa käyttäjien ruumiinosat ja kasvot, sekä seuraa koko kehon liikettä. (Cooper, 2020.)

Tämän opinnäytetyön yhdessä robotisovelluksessa on käytössä kinect-anturia. Siinä anturia käytettiin esteiden tunnistamiseen. (Viljanen, 2020, s.12, 30, 38.)

3.4.4 Lämpökamera

Lämpökamera toimii lämpösäteilyn vastaanottimena. Sillä mitataan kuvauskohteen pinnasta lähtevää lämpösäteilyä, mistä muodostuu reaaliajassa digitaalinen lämpökuva. Lämpökamerat toimivat joko keskipitkätai pitkäaaltoisella infrapunakaistalla. (Infradex, 2022.)

Esimerkiksi Lio-robotissa on lämpökamera. Sen avulla mitataan henkilöiden ruumiinlämpö etänä. (Miseikis ym., 2020, kohta System description.)

3.4.5 Doppler-ultraäänitelaite

Ultraäänitekniikka perustuu äänen läpäisyyn ja heijastumiseen. Ultraäänianturin pietsokiteet muodostavat lyhyitä ultraäänipulsseja. Ne heijastuvat kudoksista takaisin vastaanottimeen. Pietsokiteet ovat kristalleja, jotka värähtelevät niihin johdettaessa vaihtovirtaa. (Cosby & Kendall, 2014, s.11-12.)

Kappaleessa 4.11 esitellyssä etäohjatussa robotissa käytetään Doppler-ultraäänilaitetta. Etäultraäänitutkimukset suoritetaan robottivarren päähän kiinnitetyllä Doppler-ultraäänitelaitteella, mikä mahdollistaa terveydenhuollon työntekijöiden tekemät ultraäänitutkimukset eristysosaston ulkopuolelta. (Yang ym, 2020.)

3.4.6 VR-lasit

Virtuaalitodellisuus on kolmiulotteinen, tietokoneella luotu ympäristö. Siellä käyttäjä voi tutkia aluetta sekä vuorovaikuttaa asioihin. Virtuaalitodellisuus pyrkii simuloimaan oikeaa ympäristöä mahdollisimman tarkasti. VR-lasit mahdollistavat virtuaalitodellisuuden kokemisen. VR-lasien avulla luodaan käyttäjälle 3D-kuva näyttämällä molempiin silmiin eri kuvaa samanaikaisesti. (Virtual Reality Society, 2017.)

Kappaleessa 4.13 esitellään Reachy-robotti. Sitä voi ohjata käyttämällä VR-laseja. Lisäksi käyttäjä voi nähdä, mitä robotti näkee etukameroidensa kautta. (Knoxlabs, 2021.)

3.4.7 Myo-käsivarsinauha

Myo-käsivarsinauha on Thalmic Labsin kehittämä liikkeentunnistin. Kun Myo on asennettu käsivarteeseen, se alkaa lukemaan lihasten sähköistä toimintaa, jonka avulla pystytään ohjaamaan esim. tietokonepelin lentokonetta. Myo ei tarvitse kameraa. (Eadicicco, 2016.) Tuotetta ei enää valmisteta.

Myon avulla käynnistetään Reach-robotin käden liike (Knoxlabs, 2021). Tämä robotti on esitelty kappaleessa 4.13.

4 MOBIILIROBOTIT SOSIAALI- JA TERVEYSALALLA

Robotiikka ja automaatio voivat muuttaa hoitotyöntekijöiden työn sisältöä ja työtehtäviä sen sijaan, että ne vähentäisivät nykyisiä työpaikkoja. Sairaanhoidajien ja lähihoitajien töiden hoidolliset tulokset sekä työn taloudellisuus ja tehokkuus paranevat, kun ne kohdistetaan uudella tavalla. Robotit voivat hoitaa yksitoikkoiset, raskaat ja terveydelle vaaralliset tehtävät. (Kangasniemi & Andersson, 2016, s. 38.)

Palvelurobotit tekevät yhteistyötä potilaan ja hoitohenkilökunnan kanssa sekä ovat vuorovaikutuksessa heidän kanssaan. Palvelurobotit pystyvät liikkumaan työnsä ääreen. Ne toimivat ääni-, kuva- tai kosketusohjauksella ja niiden toiminta pystytään personoimaan käyttäjälleen sopivaksi. (Kangasniemi & Andersson, 2016, s. 38.)

Suurimmat hyödyt mobiiliroboteista saadaan yksinkertaisten ja säännöllisten kuljetusten automatisoinnissa. Sairaalaympäristössä ne voivat kuljettaa esimerkiksi erilaisia välineitä, pyykkiä, lääkkeitä ja jätteitä. Näin saadaan vapautettua hoitohenkilökunnan aikaa varsinaiseen hoitotyöhön. Seinäjoen keskussairaalaan on hankittu Suomen ensimmäiset sairaalamobiilirobotit 2016. (Hólmen, 2019, kohta Useita etuja.)

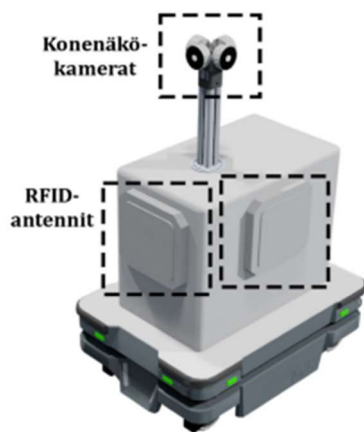
4.1 Satakunnan ammattikorkeakoulussa kehitetyt mobiilirobottisovellukset

Koska tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Satakunnan ammattikorkeakoulun (myöhemmin SAMK) alaisuudessa toimiva RoboRFID-hanke, SAMK:ssa kehitetyt mobiilirobottisovellukset esitellään lyhyesti. Ne halutaan kuitenkin ottaa mukaan, jos Satakunnan ammattikorkeakoulun ulkopuolinen taho lukee tätä opinnäytetyötä. Tällöin ko. sovellukset eivät jää huomiotta.

4.1.1 MiR250 –mobiilirobotti ja siihen integroidut RFID-teknologia ja konenäköjärjestelmä

Tässä kappaleessa kuvailtavassa mobiilirobotissa on yhdistetty RFID-teknikkaa ja konenäköä. Hanke on 'Kriittisten terveydenhuoltoympäristöjen toiminnan varmistaminen modernin teknologian avulla' ja se on Suomen Akatemian rahoittama. (Leino ym., 2022, s. 82.)

RFID-tekniiikan tarkoitus on tunnistaa mobiilirobotin ympärillä olevat ihmiset ja esineet ja hyödyntää tätä tietoa. RFID-tunnisteita voi olla esim. ihmisten vaatteissa. RFID-järjestelmän tueksi tarvitaan konenäköä havaitsemaan henkilöt, joita ei RFID:llä tunnisteta. Tietoa kerätään eri lähteistä, tiedot yhdistetään ja niiden pohjalta tuotetaan toimintaohjeet mobiilirobotille. Tähän tarvitaan ohjelmisto, mikä yhdistää robotin sijaintitiedon, paikallaan olevien ja liikkuvien RFID-tunnisteiden ID:et, konenäön tiedot ympärillä olevista ihmisistä, anturitiedot, signaalien voimakkuudet ja tietokantojen tiedot. Mobiilirobotina toimii Mobile Industrial Robotsin MiR250 (kuva 1). (Leino ym., 2022, s. 85-86.)



Kuva 1. MiR250 –mobiilirobotti ja siihen integroidut RFID-teknologia ja konenäköjärjestelmä (Leino ym., 2022, s. 86)

Kyseistä robottia voisi käyttää palvelutalon yöaikaisen turvallisuuden parantamiseen. Se tunnistaa yöaikaan kulkevia asukkaita ja saattaa heidät takaisin huoneisiinsa. Robottia voisi käyttää myös hoitolaitoksen uusien työntekijöiden perehdytykseen. Yksi tai useampi uusi työntekijä voi seurata robottia ja tutustua rakennukseen, erilaisiin tehtäviin ja uusiin työtovereihin. Mobiilirobotit

tekevät normaalisti logistisia tehtäviä, mutta tarvittaessa suorittavat perehdytyksiä. Ne voivat myös toimia oppaina tulipalotilanteen evakuoinneissa. (Leino ym., 2022, s. 88-91.)

4.1.2 Satasairaalan kuljetusrobotti asiakaskohtaisessa lääketilauksessa

Kuljetusrobottia testattiin osana SAMK:in testbed-toiminnan ja Satasairaalan yhteistyönä. Mobiilirobottikokeilussa testattiin asiakaskohtaista lääketilausta sekä reittiä eri laboratorioden ja tähystys- sekä leikkausosaston välille. Testissä mukana ollut Mervi Vähätalo kommentoi: ”Toimintaympäristön havainnoinnissa huomattiin, että kuljetusrobotin liikkumisesta ja työskentelystä tarvitaan luonnollisesti paljon ohjeistusta ja toimintaohjeita sekä henkilökunnalle että sairaalan asiakkaille. Sen kulkureitit tulee olla näkyvillä ja ilmoittaa selkeästi. Hissiverkoston laajuus ja yhtenäisen verkon puute estivät vielä mobiilirobotin kulun yksin ja etäseurannan.” (Karttunen & O’Rourke, 2021.)

4.2 Kuljetusrobotti Seinäjoen keskussairaalassa

Sairaalaympäristöissä mobiilirobotit voivat vapauttaa sairaalahenkilöstön aikaa hoitotyöhön kuljettamalla esimerkiksi lääkkeitä, pyykkiä, ruokaa, instrumentteja. (Hólmen, 2019, kohta Useita etuja.) Tällä hetkellä Seinäjoen keskussairaalassa on käytössä 10 mobiilirobottia (Piispanen, 2021, s. 7).

Seinäjoen keskussairaalassa käytössä olevat kuljetusrobotit ovat TUG T3 -automaatteja (kuva 2). Ne ovat autonomisia mobiilirobotteja, jotka muokkaavat kulkureittiään tarvittaessa itsenäisesti. Nämä automaattit käyttävät kulkemiseen laser-, infapuna- ja ToF-antureita. Ne tarvitsevat lähiverkon pystyäkseen toimimaan ympäri sairaalaa. (Piispanen, 2021, s. 15.)



Kuva 2. TUG T3 -kuljetusautomaatti (Aethon, 2018)

TUG T3 -kuljetusautomaateilla voidaan kuljettaa maksimissaan 453 kg kuormaa. Ne pystyvät työskentelemään 10 tuntia satunnaisilla latauksilla. (Aethon, 2018.)

Kuljetusautomaatti lähettää radiosignaalin ovenavaus- ja äänihälytysyksikölle. Parhaassa mahdollisessa tilanteessa robotti ei joudu pysähtymään lainkaan ovella. Äänimerkki ilmoittaa henkilökunnalle, että robotti on saapunut. (Piispanen, 2021, s. 16.)

Fleet management -verkkosovelluksen avulla seurataan ja hallinnoidaan kuljetusautomaatteja. Sovelluksesta nähdään mitkä kuljetusautomaateista ovat liikkeellä, minkä osan reitistään ne ovat menneet, ja mikä on juuri sen hetkinen status. Status voi olla esim. "Kuljetusautomaatti navigoi kerroksessa kaksi". Fleet management -sovelluksesta saadaan myös kuljetuksiin liittyviä erilaisia raportteja. Sovelluksella määritetään kuljetuksiin kuuluvat nostot, lastaukset ja pysähdykset sekä aikataulut ja mahdolliset toistot. (Piispanen, 2021, s. 16.)

Map'N'Zap- karttaohjelman avulla määritetään kuljetusautomaattien kulkuun liittyvät asiat. Ensimmäiseksi karttaohjelmaan skannataan reittiin kuuluvat alueet. Tämän jälkeen karttaan lisätään kaikki tarpeelliset asiat, kuten ovet,

portaat, hissit. Näiden asioiden jälkeen karttaan pystytään määrittämään reitit, joissa on nosto-, lasku- ja pysähdyspaikat. (Piispanen, 2021, s. 16.)

Seinäjoen keskussairaalassa olevat mobiilirobotit eivät saa aiheuttaa vaaratilanteita potilaille, henkilökunnalle tai kenellekään sairaalassa liikkuvalla. Kuljetusautomaattien reittejä suunniteltaessa on mietittävä, millaista ja kuinka paljon liikennettä on niiden reiteillä. On huomioitava esimerkiksi kuljetusautomaattien nopeus, miten tehdään mahdollinen käytävän puolen vaihto, tarvitaanko hissiä ja etteivät ne vaikeuta, saati estä potilaan siirtoa. (Piispanen, 2021, s. 17-18.)

Erilaiset heijastukset aiheuttavat haasteita mobiiliroboteille Seinäjoen keskussairaalassa. Ikkunoista paistava aurinko tai erilaiset kiiltävät metallipinnat aiheuttavat heijastuksia, mitkä saattavat aiheuttaa roboteille viiveitä. Talvella suunniteltu ja ohjelmoitu reitti ei välttämättä toimikaan enää keväällä auringon paistaessa, jolloin ohjelmointiin täytyy tehdä muutoksia. Esteettisistä syistä johtuen ikkunoita ei voida peittää tai metallipintoja maalata. (Piispanen, 2021, s. 18, 23.)

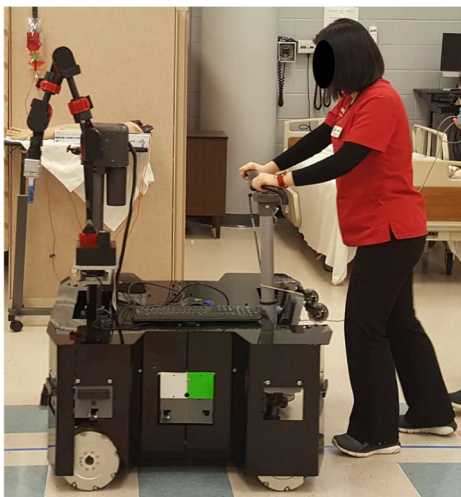
Jotta vältettäisiin kuljetusautomaattien kohtaaminen ahtaissa paikoissa, täytyy tällaisiin paikkoihin ohjelmoida vain yhden kuljetusautomaatin pääsy kerrallaan. Tällaisia aluetta kutsutaan lukoksi. Kun lukkoalueella on jo yksi robotti, seuraava odottaa vuoroaan alueen reunalla. Lukkoalueet tulee miettiä tarkkaan, ettei alueelle pääsyä odottavat robotit aiheuta ruuhkaa tai estä kulkua. Lukkoalueet eri puolilla sairaalaa aiheuttaa kuljetusten viivästymistä, kun mobiilirobotti jää odottamaan omaa vuoroaan päästäkseen ahtaaseen paikkaan. (Piispanen, 2021, s. 21-22.)

Tavarakärryn nostaminen kuljetusautomaatin kyytiin saattaa aiheuttaa ongelmia. Kuljetusautomaatin turvaetäisyydet eivät välttämättä toteudu, jos kärry on liian lähellä seinää tai toista kärryä, tällöin nostoa ei pysty suorittamaan. Kun kärry on väärinpäin tai nostoalueella on sinne kuulumatonta tavaraa, estävät ne tavarakärryn nostamista kuljetusautomaatin kyytiin. Tekniset häiriöt, kuten anturien vikaantuminen tai akselin kuluminen voivat olla syy

epäonnistuneeseen nostoon. Nosto-ongelmat havaitaan melko nopeasti, sillä kuljetusautomaatti voi yrittää kolme kertaa nostoa, jonka jälkeen nosto-ongelma näkyy Fleet management -sovelluksessa. (Piispanen, 2021, s. 29-30.)

4.3 Mukautuva hoitoavustajarobotti (ARNA)

ARNA eli mukautuva hoitoavustajarobotti (kuva 3) on Louisvillen Kentuckyn yliopiston johtama projekti. Robottia on kehitetty yhdessä hoitotyönopiskelijoiden kanssa. ARNA on suunniteltu auttamaan hoitajia erilaisissa asioissa. ARNA pystyy kommunikoimaan potilaiden kanssa, hakee potilaan pyytämiä tavaroita, hälyttää hoitajan paikalle tarvittaessa, tukee potilasta kävelyn aikana ja pystyy tarvittaessa kantamaan potilasta hänen väsyessään. (National Science Foundation, 2019.)



Kuva 3. ARNA eli mukautuva hoitoavustajarobotti (Saadatzi ym., 2020, kohta Background)

ARNA koostuu manipulaattorista eli yksinkertaisella ohjauksella varustetusta automaattisesta siirtolaitteesta, 7-vapausasteisesta robottikäsivarresta, tangosta, jossa on voima-/vääntömomenttianturista, ultraääniantureista ja näytöstä. (Abubakar ym., 2020, kohta System.)

ARNAn eripuolilla on yhteensä 12 ultraäänianturia, joilla havaitaan lähestyvät esteet ja 10 infrapuna-anturia, jotka on sijoitettua lähelle maata, joiden avulla pystytään havaitsemaan maan pinnankorkeuden muutokset. Kuvausantureita

käytetään paikantamisessa ja karttajärjestelmässä, jotka auttavat robottia kulkemaan itsenäisesti. Tangossa on voima-/vääntömomenttianturi, mikä tunnistaa käyttäjän vuorovaikutusvoimaa. Toinen voima-/vääntömomenttianturi on robotin käsivarressa. Tämän avulla arvioidaan robotin käsivarteen tulevia ulkoisia voimia ja näin ollen mahdollistetaan käden ja robotin käyttäjän välinen kontakti. Robotin käyttöönotto tapahtuu Android-pohjaisella tabletilla. Sen avulla voi myös antaa ohjauskomentoja näyttöpainikkeilla ja äänikomentoja. (Abubakar ym., 2020, kohta System.)

Eräässä Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa 24 hoitajaopiskelijaa kokeilivat ARNA:a. Puolet opiskelijoista toimi potilaina ja toinen puoli hoitajina. Testaajat toivoivat, että robotin käyttö olisi joustavampaa. Tämä voisi olla toteutettavissa lisäämällä käyttöliittymiä mahdollistaen erilaisia vuorovaikutustyyplejä. Opiskelijat kuitenkin kokivat, että ARNA on helppokäyttöinen. (Saadatzi ym., 2020, kohta Discussion.)

Tutkimukseen osallistunut testiryhmä ei kokenut, että ARNA olisi säästänyt huomattavasti heidän aikaansa. Tämä johtuu varmasti siitä, että ARNA vaatii sairaanhoitajan, joka kulkee robotin ja potilaan mukana, kun robottia käytetään kävelyavustajana. (Saadatzi ym., 2020, kohta Discussion.)

4.4 Ohmni-etäläsnäölorobotti

Ohmni-etäläsnäölorobotti on yhdysvaltalaisen Ohmnilabsin kehittämä etäläsnäölorobotti. Etäläsnäölorobotin avulla ihmiset voivat kommunikoida videoyhteydellä verkon yli. Sen avulla terveydenhuollon henkilökunta voi olla kontaktissa potilaansa kanssa ilman, että he ovat samassa huoneessa. Näin pystytään vähentämään terveydenhuollon henkilöstön altistumista erilaisille tartuntataudeille ja säästetään henkilöstön aikaa, kun yhtä usein ei tarvitse pukea suojavarusteita, joita osastolla tarvitaan. Ohmnia voidaan ohjata täysin etänä. (Ohmnilabs, n.d.)

Ohmni-etäläsnäolorobotti (kuva 4) on 142 cm pitkä, n. kahdeksan kg painava, pyörillä kulkeva, kosketusnäytöllä, kaiuttimella, mikrofonilla ja kahdella kameralla varustettu mobiilirobotti. Robotin kamerat ovat etu- eli pääkamera ja alaspäin osoittava navigointikamera, jossa on pienempi resoluutio. Ohmnin akku kestää puhelussa n. 4-5 tuntia ja valmiustilassa 8-10 tuntia. Jos laitteeseen on asennettu lisävarusteena saatavat 2D-LiDAR -laseranturit, etäläsnäolorobotti pystyy tunnistamaan lähellä olevat esteet ja pysähtyy niin, ettei törmää mihinkään esimerkiksi ihmisiin. Ohmniin pystyy ottamaan yhteyden millä tahansa puhelimella, tabletilla tai tietokoneella verkon yli. Ohmnin tulee olla wifi-yhteydellä internetissä. (Ohmnilabs, n.d.)



Kuva 4. Ohmni-etäläsnäolorobotti (Ohmnilabs, n.d.)

HyvinRobo-hankkeessa, jonka tavoitteena oli kokeilla vuorovaikutteisia palvelurobotteja sairaaloissa ja palvelukodeissa, yhtenä testattavana robottina oli Ohmni-etäläsnäolorobotti. HyvinRobo-projektin toteuttivat yhteistyössä Savon ammattiopisto ja Itä-Suomen yliopisto, ja sen mahdollisti Pohjois-Savon liitto sekä Euroopan aluekehitysrahasto. Ohmnin testauksessa huomattiin, että ahtaissa tiloissa, kuten pienissä kerrostaloasunnoissa, robotin liikkuminen oli haastavaa. Törmäyksenestoantureille, jotka määrittävät, kuinka lähelle estettä

robotti voi mennä, täytyisi asettaa rajat mahdollisimman pieniksi. Näiden rajojen muuttaminen ei kuitenkaan onnistu ilman ohjelmointiosaamista. Lisäksi Ohmini ulkomuoto koettiin pelottavaksi. Ohminin ajateltiin olevan hyvä apu esim. yöhoitajille, jolloin se voisi kysellä asukkaan vointia sekä toimia hoitajille apusilminä. (Väisänen, 2020, s. 24.)

4.5 AIDBOT-desinfiointirobotti

Korealainen tohtori KangGeon Kim on kehittänyt AIDBOT-desinfiointirobotin (kuva 5), mikä liikkuu itsenäisesti käyttäen desinfioinnissa ultraviolettisäteitä ja desinfiointiaineita. Se lähettää UV-säteitä rungosta ja suihkuttaa desinfiointiainetta yläosasta tappamaan bakteerit ja virukset. (KIST Robot Vision Lab, n.d.)



Kuva 5. AIDBOT-desinfiointirobotti (KIST Robot Vision Lab, n.d.)

AIDBOTISSA on viisi RGB-D-kameraa, 2D LiDAR-laserantureita ja UV-C-valoja. 2D-LiDAR-antureita käytetään esteiden törmäämisen välttämiseksi. AIDBOT käyttää järjestelmää, joka pystyy tekemään desinfiointisuunnitelmia riippuen siitä, missä kosketuksia pintoihin tulee enemmän ja missä vähemmän. Robotille opetetaan kohteet, jotka sen tulee desinfioida, kuten pöydät, tuolit, painikkeet ja toisaalta sille opetetaan kohteet, kuten ihminen, jonka lähestyessä robotti sammuttaa UV-C-valot ja varoittaa henkilöitä varoitusäänellä. (Hong ym., 2021, s.2-4.)

Desinfiointirobotit eivät kokonaan korvaa manuaalista puhdistusta, mutta täydentävät sitä (Shahawi, 2021, kohta Abstract). UV-C-valon haasteina on kohteet, jotka jäävät erilaisten esteiden varjoon. Tämä rajoittaa desinfioinnin tehokkuutta. (Shahawi, 2021, kohta Description of the technology and the devices.)

Potilashuoneiden täyttöaste on korkea todella monessa maassa. Kun huoneessa on potilas, desinfiointirobotti, joka käyttää UV-C-valoa, ei voi työskennellä siellä. Potilashuoneissa ei välttämättä ole sellaista tilannetta, että se olisi tyhjä, jolloin robotti pääsisi siivoamaan huoneen. (Shahawi, 2021, kohta Limitations.)

Desinfiointirobotti tekee työnsä aina samalla intensiteetillä, kun taas ihmisen motivaatio voi vaikuttaa työn laatuun. UV-valo ei jätä kemikaalijäämiä, mikä tekee tästä ympäristöystävällisen desinfiointimenetelmän. (Shahawi, 2021, kohta Advantages of UVC disinfection robots.)

4.6 ROS-pohjainen mobiilirobotti DiaVire-kuntoutuskodissa

Eräässä diplomityössä pyydettiin Porissa sijaitsevan Diavire-kuntoutuskodin hoitohenkilökunnalta ideoita ja ajatuksia siitä, miten robotista voisi olla heille hyötyä heidän työssään. Mobiilirobotin toiminnoiksi valikoitui karttapohjan luominen siten, että mobiilirobotti on etäohjattava, liikkuminen ko. karttapohjalla ja siirtyminen ennalta määritettyihin pisteisiin niin, että robotti pystyy väistämään myös liikkuvia kohteita, kuten ihmisiä. Robotin tulisi myös tunnistaa kohde tai ihminen esimerkiksi, istuuko tuolissa ihminen vai onko se tyhjä. Robottiin toivottiin suurta kosketusnäyttöä helpolla käyttöliittymällä ja sen pitäisi pystyä kommunikoimaan. (Viljanen, 2020, s. 13-15.)

Robottina (kuva 6) käytettiin laitekoonpanoa, mikä rakennettiin OpenCRP-hankkeessa. Tampereen teknillisen yliopiston Porin yksikössä kehitetty mobiilirobotti on rakennettu TurtleBot2 robottisarjasta ja siinä on ROS-

käyttöjärjestelmä. Tässä projektissa käyttöliittymä oli rakennettu niin, että se toimi vain paikallisesti robotin päällä olevassa kosketusnäytössä. Nykyinen tarve oli kuitenkin erilainen. Toiveena oli, että käyttöliittymän tulee olla helposti muokattava ja sen tulisi toimia päätelaitteessa, jotka liittyivät tähän robottiin. Toiveena oli myös se, ettei uusia ohjelmia tarvitsisi asentaa. Käyttöliittymä päätettiin toteuttaa toimimaan kokonaisuudessaan web-selaimella, sillä jokaisesta päätelaitteesta löytyy nykyään web-selain. Lisäksi robottiin on lisätty Kinect for Xbox 360 -anturi, ultraäänianturi, liiketunnistin ja RFID-lukija. Kinect for Xbox 360 -anturi sisältää IR-projektorin, RGB-kameran ja IR-kameran. Infrapunakameraa voidaan käyttää pimeässä, eikä se häiriinny suorasta aurin-
gonvalosta.

Ultraäänianturin avulla robotti havaitsee lattiatasossa olevat esteet. RFID-lukijaa käytetään henkilöiden tunnistamiseen. Diplomityössään Viljanen kuvailee seuraavan esimerkin: ”Käyttökohteena voi olla esimerkiksi asiakirjojen toimitaminen kohdehenkilölle siten, että kohteeseen saavuttua robotin päällä oleva RFID-lukija tunnistaa käyttäjän RFID-tunnisteen ja avaa kuljetuksen aikana lukossa olleen laatikon.” (Viljanen, 2020, s.12, 30, 38.)



Kuva 6. ROS-pohjainen mobiilirobotti DiaVire-kuntoutuskodissa (Viljanen, 2020 s. 31)

Robotissa on käytössä myös konenäkötekniikkaa. Sen avulla robotti selvittää, istuuko tuolissa joku vai ei. Jos robotti tulee päätelmään, että tuolissa istuu henkilö, se kysyy häneltä ”Haluatko pelata?”. (Viljanen, 2020 s. 40.)

Robottialustan toiminta-aika vakioakulla on kolme tuntia. Haaste on se, että siinä olevan kannettavan tietokoneen akun kesto on vain tunnin. Tietokoneen akun keston tulisi olla vähintään sama kuin robottialustan akun kesto. (Viljanen, 2020 s. 41.)

Mobiilirobotti toimii ainoastaan tasaisella ja kovalla lattialla. Kynnyksen tai maton korkeus voi olla enintään 12 mm. Robotin anturit myös estävät sen kulke-
masta yli viiden cm esteen yli. 3D-anturin avulla kartoitetaan alue, jossa robotti liikkuu, toteutuksen kannalta riittävän tarkasti ja nopeasti. Kuitenkin aivan robotin eteen jää alue, jota 3D-anturin ei pysty havaitsemaan. Tämän takia robotti saattaa törmätä sivulta eteen siirtyneeseen ihmiseen. Lisäksi robotin siirtyminen itsenäisesti lataustelakkaan ei aina onnistu, vaan robotti voi tarvita avustajaa. (Viljanen, 2020 s. 41-42.)

4.7 SARA-hoivarobotti

SARA-hoivarobotti on kehitetty neljän tahon kanssa Social and Autonomous Robotic Health Assistant -projektissa EIT Digital -rahoituksella. Mukana kehityksessä Suomesta on Forum Virium Helsinki ja GIM Robotics, mikä on kehittänyt robotin naviogaatioalustaa, Hollanista Bright Cape Holdin, joka koordinoi projektia sekä Saksasta Berliinin tekninen yliopisto. Tavoitteena oli kehittää henkilökuntaa helpottava ja heidän työkuormaansa keventävä sosiaalinen hoivarobotti hoitolaitoksiin. SARA oli testikäytössä Suomessa Kustaankartanon palvelukodissa Helsingissä vuonna 2019, josta se palasi Hollantiin. Hollanissa startup-yritys SARA Robotics toi hoivarobotin markkinoille 2020. (Tapiovaara, 2020.)

SARA on n. 90 cm pitkä hoivarobotti (kuva 7). Tämä hoivarobotti navigoi itsenäisesti ja se kykenee yksinkertaisiin keskusteluihin. Siinä on kosketusnäyttö, jonka avulla pääsee valitsemaan robottiin luotuja erilaisia sosiaalisia sisältöjä. SARA voi myös avustaa lääkejakelussa. SARA tunnistaa, kenen kanssa se on tekemisissä. Tästä hoivarobotista on mahdollista saada ulos raportteja, joista

saa selville esim. kuinka usein robotti on työskennellyt asukkaiden kanssa ja mitä toimintoja on tehty. (Sara Robotics, 2023.)



Kuva 7. SARA-hoivarobotti (Dembski, 2020, 37)

Hollannissa vuonna 2020 tehdyssä tutkimuksessa, jossa SARA oli ollut käytössä kahdessa eri hoivakodissa kolmen kuukauden ajan. Hoitohenkilökunta koki, ettei SARA vähennä heidän työtaakkaansa. Tämä johtuu siitä, että robotia käytettiin enimmäkseen viihdytystarkoituksessa. Ja kun asukkaat käyttivät 'aivojumppa'-sovelluksia, niihin usein tarvittiin hoitajien avustusta. Asukkaiden oli vaikea nähdä ja ymmärtää kosketusnäyttöä. Myös robotin puheen ymmärtäminen aiheutti vaikeuksia, sillä se ei toista sanomaansa automaattisesti. (Dembski, 2020, 49-51.)

SARA-robotti oli kokeilussa neljän viikon ajan helsinkiläisessä Kustaankartanon hoivakodissa dementiaosastolla. Robottiin suhtauduttiin erittäin positiivisesti. Suosituimmaksi sovellukseksi nousi musiikin kuuntelu. Samaan lopputulokseen päädyttiin hollannissa tehdyssä tutkimuksessa. Kustaankartanon hoitajat kokivat saavansa hyötyä SARASTA omaan työhönsä, toisin kuin hoitohenkilökunta hollantilaisissa hoivakodeissa. Molemmissa maissa koettiin kuitenkin, että SARA toi iloa asukkaiden arkeen. (Dembski, 2020, 44, 49-51; Tapiovaara, 2020.)

4.8 Lio-mobiilirobotti

Lio-robotin on lanseerannut vuonna 2017 sveitsiläinen yritys F&P Robotics. Lion on mobiilirobotti (kuva 8), joka on suunniteltu auttamaan ja tukemaan potilaita ja hoitohenkilökuntaa. Sillä on monitoimikäsivarsi. Se osaa kommunikoida ihmisten kanssa, viihdyttää heitä ja auttaa hoitohenkilökuntaa heidän jokapäiväisissä tehtävissään. (F&P Robotics, n.d.)



Kuva 8. Lio-mobiilirobotti (F&P Robotics, n.d.)

Liossa on 6-vapausasteinen käsivarsi. Se on suunniteltu ihmisen ja robotin väliseen vuorovaikutukseen. Käsivarsi on asennettu mobiilialustan päälle. Robottikäsivarressa on tarttuja, jossa on lähestymisanturi ja neljä infrapuna-anturia havaitsemassa, onko esine tarttujan sisällä ja millä etäisyydellä se on tarttujasta. Lisäksi tarttujan päässä on voimaa tunnistava anturi havaitsemassa mahdolliset henkilön kosketukset ja lämpökamera henkilöiden ruumiinlämmön mittaamiseen etänä. Lio pystyy poimimaan esineitä maasta ja pöydältä. Robotissa on pehmustetut keinonahkaiset suojat pehmentämässä mahdollisia törmäyksiä. Mobiilialustassa on kaksi LiDAR-laseranturia, jotka kattavat koko mobiilialustan. Lisäksi siinä on etäisyysantureita ja 4 alaspäin suunnattua infrapuna-anturia havaitsemaan portaat ja reunat. Robotissa on kaksi syvyyskameraa. Toinen osoittaa alas lattiatason havaitsemiseksi ja toinen ylös korkeampien esteiden havaitsemiseksi. Lisäksi edessä on ns. kalansilmäkamera ja

näyttö. Ympäristön kartta luodaan LiDAR-antureiden avulla. (Miseikis ym., 2020, kohta System description.)

Lion näyttö ei ole kosketusnäyttö. Tutkimukset ovat osoittaneet, että vuorovai-
kutuksen ääntä käyttäen ja koskettamalla robottikättä ovat mielekkäämmät kuin
kosketusnäytön kautta kommunikointi. Näytöltä näkee robotin tilan ja joitakin
tekstiohjauksia ja visualisointeja. (Miseikis ym., 2020, kohta System descrip-
tion.)

Lio voidaan mukauttaa myös tekemään desinfiointia UV-C-valolla. Sitä on käy-
tetty niiden pintojen desinfiointiin, joihin kosketaan usein, kuten ovenkahvoi-
hin, valokatkaisijoihin ja hissin nappuloihin. Toimenpiteen aikana Lio näyttää
varoituskylttejä näytöllä, heijastaa lattiaan valonauhan ja sanallisen varoituk-
sen, jos robotin läheltä havaitaan henkilö. (Miseikis ym., 2020, kohta System
description.)

Yhtenä haasteena Lion kohdalla on ollut tietosuoja. Liossa on monta kameraa
ja tällöin on varmistuttava, että kameroiden kautta ei tule ns. ei toivottuja -ha-
vainintoja. Jotta tietosuojavaatimukset täytettäisiin Lion kaikki kuvatiedostot,
jotka on tallennettava, esim. kasvojentunnistusdata robotin oppimista varten,
koodataan niin, että alkuperäisiä kuvia ei voida palauttaa. (Miseikis ym., 2020,
kohta Robot operation.)

Vaikka yleisesti ottaen Lio on saanut paljon positiivista palautetta, siinä on
myös joitain haasteita. Lion saattaa olla vaikea ymmärtää henkilöitä, joiden
puhe on epäselvää. Se ei myöskään pysty liikkumaan kapeissa paikoissa.
Tarttujassa ei ole syvyyskameraa, mikä aiheuttaa sen, että lattialta esineiden
poimiminen robotille on helpompaa kuin korkeammalta, kuten pöydältä. (Mi-
seikis ym., 2020, kohta Experiments and use cases.)

4.9 LEA-robottikävelijä

LEA-robottikävelijä (kuva 9) on liikkuva henkilökohtainen avustaja, joka on suunniteltu mahdollistamaan vanhusten asuminen itsenäisesti kotona. LEA on osa EU:n rahoittamaa SILVER-projektia. (Supporting Independent LiVing for the Elderly through Robotics.) Projektin tavoitteena oli löytää uusia teknologioita, jotka pystyvät olemaan vanhuksille avuksi heidän jokapäiväisessä elämässään. LEA-robotti sai sopimuksen prototyypin testaamisesta loppukäyttäjillä viidessä maassa Iso-Britanniassa, Suomessa, Ruotsissa, Hollannissa ja Tanskassa. Toukokuussa 2018 hollantilainen yritys Hittec Multin aloitti LEAn tuotannon. (Cordis, 2016; Hittec Group, 2018.)



Kuva 9. LEA-robottikävelijä (Hittec Group, 2018)

LEA-robotti on vakaa ja tukee kävelemisessä. Jos henkilö kuitenkin kaatuu, robotin putoamistunnistusjärjestelmä kutsuu automaattisesti apua. Se auttaa myös sängystä ylösnousemisessa ja tukee hyvää kävelyasentoa. LEA tulee käyttäjän luo sitä kutsuttaessa. Järjestelmästä on mahdollista saada muistutuksia päivittäisistä tehtävistä. Robotin avulla voi soittaa myös videopuheluita. Robotissa on tekoälyä, antureita, kameroita, tabletti, kaiuttimia ja moottoreita. (Cordis, 2016.)

Kolme LEAa oli testattavana Oulun kaupungin kotihoidossa ja päivätoiminnassa vuonna 2016. Robotin koettiin auttavan toimintakyvyn säilymisessä ja vaikutti fyysiseen ja kognitiiviseen hyvinvointiin positiivisesti. Robottirollaattorin turvin seisomaan nouseminen oli helpompaa kuin tavallisen rollaattorin avulla. Muistutustoiminnot loivat itsenäisyyden tuntua etenkin lievästi muistisairailla henkilöillä, sillä kotihoidon tarve väheni. LEAn opastamat liikuntatuokio-ohjelmat motivoivat henkilöitä liikkumaan ja aktiivisuus lisääntyi. (Autio, 2019, s. 22.)

4.10 YuMi-mobiiliyhteistyörobotti

Prototyyppi YuMi-laboratoriorobotista (kuva 10) on kehitetty ABB:n maailmanlaajuisessa terveydenhuollon tutkimuskeskuksessa Houstonissa. YuMi-mobiiliyhteistyörobotissa on kaksi 7-vapausasteista robottikättä ja se pystyy aistimaan työtoverinsa eli se toimii yhteistyössä ihmisen kanssa ja navigoi heidän ympärillään itsenäisesti. Samanaikaisesti se pystyy löytämään uusia reittejä paikasta toiseen. Yumi pystyy valmistamaan lääkkeitä, täyttämään ja tyhjentämään sentrifugeja, pipetoimaan sekä poimimaan ja lajittelemaan koeputkia. Tätä robottia voidaan käyttää myös sairaaloissa erilaisiin logistisiin tehtäviin kuten lääkkeiden jakamiseen ja kuljettamiseen, sekä esimerkiksi erilaisten sairaalatarvikkeiden sekä liinavaatteiden kuljetuksiin. (ABB, 2019.)



Kuva 10. AAB:n YuMi-mobiiliyhteistyörobotti (ABB, 2019)

YuMi-mobiiliyhteistyörobotin käsissä on sormitarraimet ja kamerat käsivarsiensä päissä. Hienomotoriikkaa saadaan vielä parannettua integroidun kokenäön avulla. YuMi voidaan opettaa liikuttamalla manuaalisesti YuMin käsi- varsia haluamansa liikeradan mukaan. Tämän jälkeen liikerata tallennetaan ja se jää muistiin. (Tampereen yliopisto, 2019.)

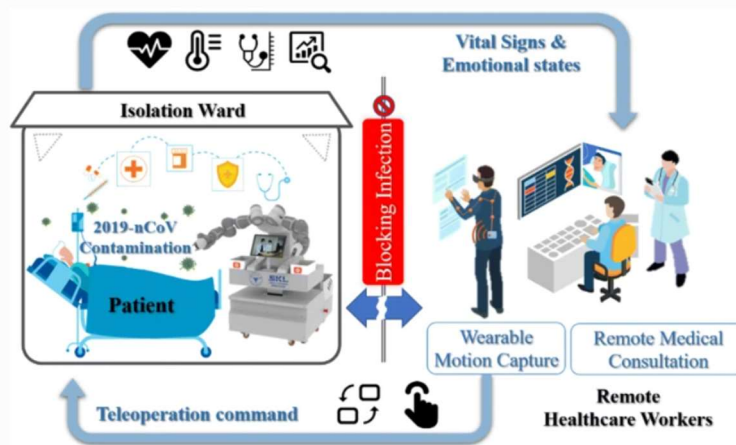
YuMi-mobiiliyhteistyörobotti muodostuu yhteistyörobotista, kahdesta kädestä ja mobiilialustasta. Alustassa on neljä pyörää. Alusta ja yhteistyörobotti on yhdistetty toisiinsa teleskooppivarrella. Ylimmäisenä on RGB-D-kamera, joka havaitsee esimerkiksi pöytätasot. Alustan yläosassa on kaksi 2D-LiDAR-laseranturia, mitkä mahdollistavat esteiden näkemisen edestä, takaa ja sivuilta. Edessä on yksi tutka, joka auttaa havaitsemaan läpinäkyvät esteet. (Martini, 2021, s. 9.)

YuMi-mobiiliyhteistyörobotti helpottaa sellaisia rutiinitöitä laboratoriossa, jotka vaativat korkeaa suorituskykyä ja toistoja on paljon. Se mahdollistaa kapasiteetin lisäämisen laadun parantuessa ja kustannuksia pystytään minimoimaan. (ABB, 2019.)

4.11 Etäohjattu robotti

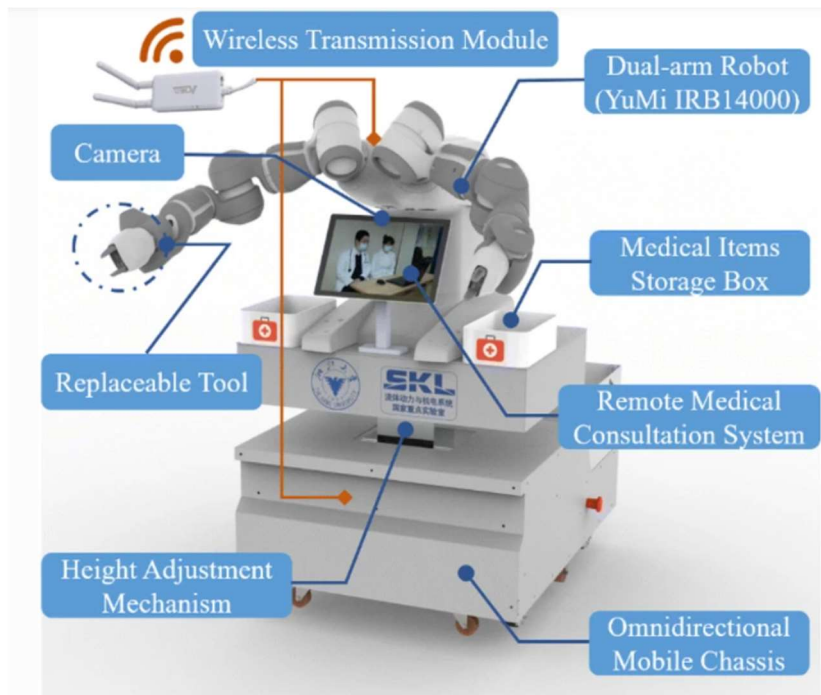
Kiinassa on suunniteltu etäohjausrobottia, jonka avulla pystyttäisiin hoitamaan eristyksessä olevia potilaita niin, ettei hoitohenkilökunnalla ole tarvetta mennä huoneeseen niin usein tai se voisi jopa korvata kokonaan hoitohenkilökunnan käynnit. Se koostuu kahdesta osajärjestelmästä: etäoperointiyksiköstä ja etäläsnäölorobotista (kuva 11). Etäoperointiyksikkö koostuu alkuperäisen liikkeen -kopiointilaitteesta ja kaksikätisestä yhteistyörobotista (ABB YuMi). Käyttämällä alkuperäisen liikkeen -kopiointilaitetta voidaan kopioida hoitohenkilökunnan yläraajan liikerata ja sitä käytetään robotin käsivarren liikkeen etäohjaukseen. Datakäsineiden avulla saadaan kopioitua sormien liikkeet kopioimaan YuMin tarttujiin. Etäläsnäöloyksikkö koostuu tabletista, mikä on kiinnitetty etäoperointiyksikössä olevaan Yumiin ja sen avulla käydään etälääkärikäyntien videokeskustelut. (Yang ym, 2020.)

Figure 1



Kuva 11. Etäohjatun robotin kaaviokuva (Yang ym, 2020)

Etäoperointiyksikön robotti koostuu neljästä pääosasta: mobiilialusta, kaksikä-
tinen yhteistyörobotti, korkeudensäätömekanismi ja muut lisälaitteet (kuva 12).
Mobiilialusta pystyy liikkumaan pienissä tiloissa. Korkeudensäätömekanismi
mahdollistaa Yumin työskentelemisen eri tasoissa. Potilaiden tunnetiloja pys-
tytään seuraamaan tabletin kameran ottamien kuvien perusteella. Kauko-oh-
jaukseen tarvitaan WiFi-yhteys. (Yang ym, 2020.)



Kuva 12. Robotin pääkomponentit (Yang ym, 2020)

Puettava alkuperäisen liikkeen kopiointi -laite koostuu 18 inertiamittausyksiköstä. Inertiamittausyksikkö on laite, joka pystyy mittaamaan liiketilaa ja asentoa. Ultraäänitutkimukset suoritetaan etänä robottikäsivarren päähän kiinnitetyllä Doppler-ultraäänitelaitteella. Tämä mahdollistaa terveydenhuollon työntekijöiden ultraäänitutkimusten tekemisen eristysosaston ulkopuolelta. YuMin kahden sormen tarttujaa käytetään mm. lääkkeiden antamiseen potilaalle. Tarttujaan voidaan myös kiinnittää UV-desinfiointilaite usein kosketettavien pintojen puhdistamiseen. (Yang ym, 2020.)

Etäohjattu robotti on ollut vuonna 2020 kliinisissä testeissä ja sitä on testattu Kiinassa FAZHU:n (The First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine) teho-osastolla. Robotti on saanut positiivista palautetta terveydenhuollon työntekijöiltä infektioiden tarttumisen ehkäisyssä. (Yang ym, 2020.)

4.12 Mobiilirobottijärjestelmä kontaktittomaan elintoimintojen seurantaan

Mobiilirobottijärjestelmä kontaktittomaan elintoimintojen seurantaan koostuu Boston Dynamicsin nelijalkaisesta Dr. Spotista (kuva 13) ja infrapuna- sekä kolmesta mustavalkokameroista, jotka seuraavat automaattisesti henkilöitä ja

mittaavat heidän ihonsa lämpöä ja sykettä samalla, kun seulotaan kuumetta, tiheää hengitystaajuutta ja rytmihäiriöitä. Infrapunakameraa käytetään ihon lämpötilan ja hengitystiheyden määrittämiseen. Kehittäjät ovat tehneet algoritmin, joka korjaa ihmisestä mitatun lämpötilan ympäristön lämpötilan ja robotin ja henkilön välisen matkan suhteen. Hengitystiheyden mittaaminen perustuu IR-kuvien lämpötilakontrasteihin hengityksensuojaimen alueella. Sykkeen arviointiin käytetään yksivärikameroita. (Huang ym., 2022.)



Kuva 13 Dr. Spot (Huang ym., 2022)

Sykearvio on erittäin herkkä valaistusolosuhteille sekä potilaiden ihon värille. Testaukset tehtiin rajalliselle määrällä terveitä ihmisiä. Lisää tutkimustyötä tarvitaan. Dr. Spotin käyttö auttaa säästämään henkilönsuojaimia, hillitsemään infektioiden leviämistä ja auttaa kliinisesti havaitsemaan tärkeimmät elintointojen poikkeavuudet. (Huang ym., 2022.)

4.13 Reachy

Pollen Roboticsin Reachy on avoimen lähdekoodin humanoidirobotti. Reachy pystyy ottamaan ja antamaan tavaroita sekä antamaan ohjeita ihmisille. Reachy (kuva 14) koostuu kahdesta 7-vapausasteisesta robottikädestä, joissa on tarttujat, sekä päästä ja mobiilialustasta. Päässä olevat antennit välittävät tunteita. Mobiilialustassa on erilaisia antureita kuten esim. LiDAR-laseranturi. (Pollen Robotics, n.d.)



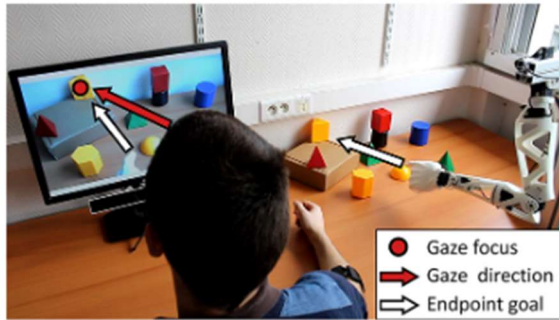
Kuva 14. Reachy (Pollen Robotics, n.d.)

Reachy-robottia voi ohjata käyttämällä VR-laseja. Käyttäjä voi nähdä, mitä robotti näkee etukameroidensa kautta ja ohjata robotin käsiä VR-ohjaimien kautta. Tätä menetelmää voidaan käyttää myös Reachyn nopeaan opettamiseen hienomotorisiin tehtäviin sen sijaan, että ohjelmoitaisiin näitä liikkeitä manuaalisesti. (Knoxlabs, 2021.)

Reachy:ssä on 3D-tulostettu rakenne sekä valmiit toimilaitteet. Ne tekevät siitä edullisen suhteessa teollisuusluokan robottien hintaan. Koska tässä robotissa käytetään avoimen lähdekoodin arkkitehtuuria, sitä pystyy muokkaamaan ja sen voi integroida moniin sovelluksiin. (Mick ym, 2019, kohta Abstract.)

2019 tehdyssä tutkimuksessa testattiin Reachyyn katseohjattua komentoa, jolla robotti saataisiin liikkeelle. Eli tarkoituksena oli saada robotin käsi liikkeelle ainoastaan katseen avulla. Tässä kokoonpanossa käytettiin robotin edessä olevaa näkymää kuvaamaan kameraa ja tietokoneen näyttöä, mikä näyttää videokuvaa. Näytön alle asennettiin Gazepointin GP3 HD -katseen-seurantalaite. Robotin käsi voidaan saada kohti esinettä etukäteen tallennettujen liikkeiden avulla tai käänteisen kinematiikan ja konenäön yhdistelmän

avulla. Lopuksi käytetään Thalmic Labsin Myo-käsivarsinauhaa, joka käyttää elektromyografia-antureita (EMG) mittaamaan ja tallentamaan lihasten lähettämiä sähköisiä impulsseja. Tämän avulla saadaan käynnistettyä robotin käden liike (kuva 15). (Mick ym, 2019, kohta Gaze-Driven Control; Osborne, 2018.)



Kuva 15. Katseohjauksen kokoonpano (Mick ym, 2019, kohta Gaze-Driven Control)

Tutkimuksessa käytetty katseenkohdistustekniikka oli hyvin yksinkertaistettu. Jokapäiväisessä elämässä kohde voi olla missä tahansa useiden erilaisten esineiden joukossa. Uudet näkymät aiheuttavat haasteita. (Mick ym, 2019, kohta Gaze-Driven Control.)

5 YHTEENVETO JA POHDINTAA

Sosiaali- ja terveysalalla on käytössä paljon erilaisia robotteja. Käytössä mobiilirobotteja, joiden käyttö on kohdistunut aiemmin lähinnä erilaisiin logistisiin tehtäviin, kuten pyykkien, erilaisten tarvikkeiden ja jätteiden kuljettamiseen. Koronapandemian myötä mobiilirobotteja alettiin entistä enemmän käyttää ja kehittämään sosiaali- ja terveysalalla myös erilaisiin tehtäviin, kuten sosiaaliseen kanssakäymiseen, henkilöiden opastamiseen ja desinfiointiin.

Opinnäytetyöhön keräsin erilaisia tekniikoita omaavia mobiilirobotteja, joita on käytössä sosiaali- ja terveysalalla tai jotka ovat kehitysasteella ja saattavat olla jossain vaiheessa käytettävissä sosiaali- ja terveysalalla. Materiaalia löytyi paljon, mitkä käsittelivät mobiilirobotteja tai yleensäkin robotteja sosiaali- ja terveysalalla. Kun lähdin tarkastelemaan asiaa syvemmin ja etsin eri teknologioita, huomasin, että tämä ei enää ollutkaan niin helppoa. Saman tyyliisiä ratkaisuja oli paljon. Esimerkiksi erilaisia logistiikkaan käytettäviä mobiilirobottiratkaisuja löytyi useita kymmeniä lyhyellä etsinnällä, samoin sosiaalisia robotteja, joita käytetään opastamiseen.

Jo käytössä olevat mobiilirobotit, jotka tässä opinnäytetyössä esiteltiin ovat Seinäjoen keskussairaalassa oleva logistiikkarobotti, Ohmni-etäläsnäolorobotti, AIDBOT, SARA-hoivarobotti, Lio-, LEA- ja Reachy-robotit. Vielä lisää tutkimustyötä ja kehitystä tarvitset robotit ovat ARNA, ROS-pohjainen mobiilirobotti, YuMi-mobiiliyhteistyörobotti, Kiinassa suunniteltu etäohjausrobotti sekä mobiilirobottijärjestelmä kontaktittomaan elintoimintojen seurantaan.

Koronapandemian alkamisesta on vasta muutama vuosi aikaa. Kehitystyö monessa eri robottisovelluksessa on vielä käynnissä. Uskon myös, että sovelluksia tulee koko ajan lisää ja niihin tullaan saamaan rahaa niin Suomen valtion kuin EU:nkin taholta. Vaikka olemme päässeetkin jo pahimmasta pandemia-ajasta, se opetti, että tällaisia tilanteita saattaa tulla vastaan ja niihin on hyvä varautua. Siksi erilaisten mobiilirobottisovellusten kehittäminen on tärkeää.

Samanlaisen aiheen ympäriltä olisi hienoa lukea uusi opinnäytetyö viiden vuoden päästä. Mitä kaikkea uutta on kehitetty? Onko mahdottomasta tullut mahdollista? Onko tässä opinnäytetyössä esiteltyt sovellukset korvattu paremmilla versioilla? Entä onko vielä kehitysvaiheessa olevista roboteista saatu käyttökelpoisia?

Sosiaali- ja terveysala on tullut jäljessä mobiilirobottisovelluksissa verrattuna esimerkiksi teollisuuteen. Ihmisten asenteet ovat muuttuneet. Useimmat potilaat ja terveydenhuoltoalan ammattilaiset ovat valmiita ottamaan avun vastaan roboteilta.

LÄHTEET

ABB. (9.10.2019). ABB News. <https://new.abb.com/news/detail/37301/abb-demonstrates-concept-of-mobile-laboratory-robot-for-hospital-of-the-future>

Abubakar, S., Das, S., Robinson, C., Saadatzi, M. N., Logsdon, M. C., Mitchell, H., Chlebowy, D. & Popa, D. O. (2020). ARNA, a Service robot for nursing assistance: System overview and user acceptability. IEEE Xplore. <https://doi.org/10.1109/CASE48305.2020.9216845>

Aethon. (2018). Products. <https://aethon.com/products/>

Autio, T. (2019). Hoivarobotiikan hyödyntäminen ikääntyvien hoidossa [AMK-opinnäytetyö, Oulun ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201905077920>

Ben-Ari, M. & Mondada, F. (2018). Elements fo robotics. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-62533-1>

Chu, M., Khosla, R., Khaksar, S. M. S. & Nguyen, K. (2016). Service Innovation through Social Robot Engagement to Improve Dementia Care Quality. Assistive Technology, 29(1), 8-18.

Cooper, D. (4.11.2020). Ten years on, Kinect's legacy goes beyond Xbox. Engadget. <https://www.engadget.com/kinect-10-years-retrospective-150011349.html>

Cordis. (9.9.2016). Robotic walker equals independent living for Europe's elderly citizens. <https://cordis.europa.eu/article/id/188523-robotic-walker-equals-independent-living-for-europes-elderly-citizens>

Cosby, K. S. & Kendall, J. L. (2014). Practical guide to emergency ultrasound (second edition). Lippincott Williams & Wilkins, a Wolters Kluwer business

Dembski, A. V. (2020). Robotic socialites the implementation of socially assistive robotics in closed elderly care facilities in the Netherlands [diplomityö, Eindhovenin teknillinen yliopisto]. Eindhoven University of Technology research portal. https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/163401728/MSc_thesis_report_Dembski.pdf

Eadicicco, L. (20.1.2016). This Futuristic Armband Lets You Control Your Computer Like Magic. Time. <https://time.com/4173507/myo-armband-review/>

F&B Robotics. (n.d.). Lio. Haettu 15.3.2023 osoitteesta <https://www.fp-robotics.com/en/lio/>

Fong, T., Nourbakhsh, I. & Dautenhahn, K. (2003). A survey of socially interactive robots. Robotics and Autonomous Systems, (43), 143-166. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00372-X](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00372-X)

Hirvonen, J. (3.5.2021). Konenäköjärjestelmät ja -menetelmät tutuksi. SeAMK verkkolehti. <https://lehti.seamk.fi/alykkaat-ja-energiatehokkaat-jarjestelmat/konenakojarjestelmat-ja-menetelmat-tutuksi/>

Hittec Group. 4.6.2018. LEA from Robot Care Systems in production. <https://hittech.com/en/lea-from-robot-care-systems-in-production/>

Hólmen, J., Korhonen, R. & Leinonen, K. (22.3.2023). Robota-hanke edistämässä teknologian käyttöönottoa sosiaali- ja terveysalalla. Laurea Journal. <https://journal.laurea.fi/robota-hanke-edistamassa-teknologian-kayttoonottoa-sosiaali-ja-terveysalalla/#59fd0b72>

Hong, H., Shin, W., Oh, J., Lee, S., Kim, T., Lee, W., Choi, J., Suh, S. & Kim, K. (2021). Standard for the quantification of a sterilization effect using an artificial intelligencedisinfection robot. *Sensors*, 21(21). <https://doi.org/10.3390/s21237776>

Hólmen, J. (2019). Kuka kuljettaa tarvikkeita sairaalan käytävillä?. XAMK READ. (1). <https://read.xamk.fi/2019/logistiikka-ja-merenkulku/kuka-kuljettaa-tarvikkeita-sairaalan-kaytavilla/>

Huang, H., Chen, J., Cahi, P. R., Ehmke, C., Rupp, P., Dadabhoy, F. Z., Feng, A., Li, C., Thomas, A. J., Silva, M., Boyer, E. W. & Traverso, G. (2022). Mobile Robotic Platform for Contactless Vital Sign Monitoring. Cyborg and bionic systems. <https://doi.org/10.34133/2022/9780497>

Huisman, C. & Kort, H. (2019). Two-Year Use of Care Robot Zora in Dutch Nursing Homes: An Evaluation Study. *Healthcare*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/healthcare7010031>

Infradex. (2022). Lämpösäteily & infrapuna. <https://www.infradex.com/lamposateily-ja-lampokamera/>

Kangasniemi, M. & Andersson, C. (2016). Enemmän inhimillistä hoivaa. Elinkeinoelämän valtuuskunta. Robotit töihin: Koneet tulivat – mitä tapahtuu työpaikoille? <https://www.eva.fi/wp-content/uploads/2016/09/Robotit-t%C3%B6ihin.pdf>

Karttunen, N. & O'Rourke, P. (18.8.2021). Mobiilirobotti autonomisena kuljetusrobottina – toimintoja optimoimalla kohti tavoitetta. SAMKin uutiset. <https://www.samk.fi/uutiset/mobiilirobotti-autonomisena-kuljetusrobottina-toimintoja-optimoimalla-kohti-tavoitetta/>

Keller, M. & Kolb, A. (2009). Real-time simulation of time-of-flight sensors. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 17(5), 967-978. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2009.03.004>

KIST Robot Vision Lab. (n.d.). Research. AIDBOT. Haettu 13.3.2023 osoitteesta <https://kistrobot.vision/research/>

Knoxlabs. (16.1.2021). Reachy the robot, remote VR operation. <https://knoxlabs.medium.com/reachy-the-robot-remote-vr-operation-1624f60c3fb5>

Leino, M., Merilampi, S. & Virkki, J. (2022). Mobiilirobotiikka yhdessä radio-
taajuuden tunnistusteknologian ja konenäön kanssa palvelutalojen turvallisuu-
den parantamisessa ja työntekijöiden perehdytyksessä. Teoksessa E. Vara-
mäki, S. Joensuu-Salo & A. Viljamaa (toim.) SeAMK-SAMK Tutkimusfoorumi
2022: Digitaalisuus (s. 81-95). Seinäjoen ammattikorkeakoulu.
<https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022122873920>

Luomanmäki, T. & Palomäki, T. 2020. Yhteistyörobotiikkaa EteläPohjan-
maalle. Teoksessa: P. Junell, J. Hirvonen, A. Sivula, H. Rasku & S. Saari-
koski (toim.) SeAMK Tekniikan tutkimus, kehittäminen ja opetus rakenta-
massa alueellista innovaatioekosysteemiä. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikor-
keakoulu. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. Raportteja ja sel-
vityksiä 155, 83-105. <http://urn.fi/URN:NBN:fife2020091769971>

Martini, A. (2021). Intuitive programming of mobile manipulation applications:
A functional and modular GUI architecture for End-User robot programming
[pro gradu -työ, Tukholman teknillinen korkeakoulu]. DiVa.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2560768>

Mick, S., Lapeyre, M., Rouanet, P., Halgand, C., Benois-Pineau, J., Paclet,
F., Cattaert, D., Oudeyer, P.-Y. & Rugey, A. (2019). Reachy, a 3D-Printed Hu-
man-Like Robotic Arm as a Testbed for Human-Robot Control Strategies.
Frontiers in Neurorobotics – Editor's Pick 2021.
<https://doi.org/10.3389/fnbot.2019.00065>

Miseikis, J., Caroni, P., Duchamp, P., Gassser, A., Marko, R., Miseikiene, N.,
Zwilling, F., Castelbajac, C., Eicher, L., Fruh, M. & Fruh, H. (2020). Lio-A Per-
sonal Robot Assistant for Human-Robot Interaction and Care Applications.
PubMed Central. <https://doi.org/10.1109/LRA.2020.3007462>

National Science Foundation. (26.11.2019). Awards.
<https://www.nsf.gov/awards/about.jsp>

Neittaanmäki, P. & Hänninen, P. (10.12.2018). Sosiaaliset robotit ovat miel-
lyttäviä ja ihmisenkaltaisia. Jyväskylän yliopiston tutkimusuutiset.
<https://www.jyu.fi/fi/ajankohtaista/arkisto/2018/12/sosiaaliset-robotit-ovat-miellyttavia-ja-ihmisenkaltaisia>

Ohmnilabs. (n.d.). Healthcare. Ohmni telepresence. Haettu 12.3.2023 osoit-
teesta <https://ohmnilabs.com/healthcare/>

Ojanperä, E. (2022). Moniaistiset käyttöliittymät ihmis-robotti-käyttöliittymissä
[pro gradu -työ, Tampereen yliopisto]. Trepo. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202211308783>

Osborne, C. (15.10.2018). Thalmic Labs shuts sales of Myo gesture con-
trol armband: The armband had incredible potential in the field of prosthetics.
ZDnet. <https://www.zdnet.com/article/thalmic-labs-shuts-down-myo-gesture-control-armband-project/>

Piispanen, R. (2021). Kuljetusautomaattien optimaalinen käyttö sairaalaympäristössä [AMK-opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202102282776>

Rinta-Ruusala, E. & Tallgren, M. (2004). RFID-tekniikan hyödyntäminen asiakkuudenhallinnassa. VTT Tietotekniikka. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/julkaisut/muut/2004/rfid-raportti.pdf>

Pollen Robotics. (n.d.). Reachy. Haettu 19.3.2023 osoitteesta <https://www.pollen-robotics.com/reachy/>

RoboAI. (2023a). Tietoa meistä. <https://www.roboai.fi/tietoa-meista/>

RoboAI. (2023b). RoboAI:n projektit. Haettu 15.1.2023 osoitteesta <https://www.roboai.fi/tutkimus-ja-tuotekehitys/projektit/roborfid/>

Röning, J. (2022). Tekoäly liikkuu ja tekee. Teoksessa Tulevaisuusvaliokunta (toim.), Tekoälyratkaisut tänään ja tulevaisuudessa (s. 56-61). Tulevaisuusvaliokunta. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_1+2022.pdf

Saadatzi, M. N., Logsdon, M. C., Abubakar, S., Das, S., Jankoski, P., Mitchell, H., Chlebowy, D. & Popa, D. O. (2020). Acceptability of Using a Robotic Nursing Assistant in Health Care Environments: Experimental Pilot Study. <https://doi.org/10.2196/17509>

Sara Robotics. (2023). FAQ. <https://sara-robotics.com/faq/>

Satakunnan ammattikorkeakoulu. (21.9.2021). SAMKin uutiset. <https://www.samk.fi/uutiset/alyvaatteet-ja-robotit-tyokavereiksi-sotealalle-aktiivisten-ammattilaisten-merkitys-keskeinen/>

Shahawi, M. D.-E., Zingg, W., Vos, M., Humpreys, H., Lopez-Cerero, L., Fueszl, A., Zahar, J. R. & Prestler, E. (2021). Ultraviolet disinfection robots to improve hospital cleaning: Real promise or just a gimmick?. *Antimicrobial resistance & infection control* 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13756-020-00878-4>

Suleiman, S. (2023). Yhteistyörobotiikka Suomessa [AMK-opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu]. Theseus. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202302042028>

Tampereen yliopisto. (13.3.2019). ABB:n YuMi ja TAMK laajentavat robotiikan rajoja. <https://www.tuni.fi/fi/ajankohtaista/abbn-yumi-ja-tamk-laajentavat-robotiikan-rajoja>

Tapiovaara, R. (8.1.2020). Sosiaalinen SARA-robotti otettiin positiivisesti vastaan Helsingissä. Forum Virium Helsinki. <https://forumvirium.fi/sosiaalinen-sara-robotti-otettiin-positiivisesti-vastaan-helsingissa/>

Trost, M. J., Chrysilla, G., Gold, J. I. & Mataric, M. (2020). Socially-Assistive Robots Using Empathy to Reduce Pain and Distress during Peripheral IV

Placement in Children. PubMed Central.
<https://doi.org/10.1155/2020/7935215>

Työ- ja elinkeinoministeriö. (2017). Suomen tekoälyaika. Suomi tekoälyn soveltamisen kärkimaaksi: Tavoite ja toimenpidesuosituksset. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/80849/TEMap_41_2017_Suomen_teko%C3%A4lyaika.pdf

Viljanen, J. (2020). ROS-robotiikkaratkaisun kehitystyö hoitoalalle [diplomityö, Tampereen yliopisto]. Trepo. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202105185151>

Virtual reality society. (2017). What is Virtual Reality?.
<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>

Väisänen, T. (2020). Kokemuksia robotiikan kokeilusta hoiva-alalla. Teoksessa T. Arvola, A. Kinnunan & T. Väisänen (toim.), HyvinRobo: puhetta ja tekojarobotiikasta Pohjois-Savossa (s. 19-24). Savonia-ammattikorkeakoulu. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2020092475798>

Wang, Y., Li, X., Zhang, J., Li, S., Xu, Z. & Zhou, X. (2021). Review of wheeled mobile robot collision avoidance under unknown environment. Science Progress 104(3). <https://doi.org/10.1177/00368504211037771>

Yang, G., Lv, H., Zhang, Z., Yang, L., Deng, J., You, S., Du, J. & Yang, H. (2020). Keep Healthcare Workers Safe: Application of Teleoperated Robot in Isolation Ward for COVID-19 Prevention and Control. Chinese Journal of Mechanical Engineering. <https://doi.org/10.1186/s10033-020-00464-0>