



Mobiilirobotin käyttö- ja turvallisuuskoulutusohjelma

Antti Grén

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

GRÉN, ANTTI:
Mobiilirobotin käyttökoulutusohjelma

Opinnäytetyö 30 sivua
Huhtikuu 2019

LogiRobot™ on Tekno-Ants Oy:n 2018 lanseeraama autonominen mobiilirobotti teollisuuden logistiikan tarpeisiin. Robottia voidaan käyttää tehdasalueella sisä- ja/tai ulkotiloissa kuljettamaan raskaitakin taakkoja. LogiRobot™ erottautuu muista mobiilirobotteista vankalla rakenteellaan, taakankantokyvyllään ja ulkokäyttömahdollisuudella.

Tässä opinnäytetyössä esitellään robotin käyttämistä ja teknologiaa, joiden ympärille Tekno-Ants Oy tilasi puuttuneen käyttö- ja turvallisuuskoulutuksen kehittämisen. Koulutuksen jälkeisen käytön tueksi tilattiin kehitettäväksi myös kuvalliset komento-ohjeet mobiilirobotin autonomisessa ajossa käytettyihin komentoihin.

Kehitystyö toteutettiin laitteeseen ja sen komentoihin tutustumalla itsenäisesti ja opastetusti robottia käyttämällä. Myös asiakkailta suoritettujen esittelyiden ja testijaksojen kokemusta ja oppeja hyödynnettiin koulutusohjelman tekemisessä. Teknologiaan ja koulutuksen kannalta tärkeisiin oppimistyyliin tutustuttiin kirjallisuuden avulla. Näin kerätyn käyttökokemuksen ja tiedon pohjalta alettiin muodostaa tilattuja dokumentaatioita ja koulutuskokonaisuutta.

Opinnäytetyön tuloksena muodostettiin erilaisia oppimistyyliä tukeva kokonaisvaltainen koulutus, joka on paloiteltavissa eritasoisille käyttäjille sopivaksi. Käyttäjätasoa on kolme: peruskäyttäjä, edistynyt käyttäjä ja jälleenmyyjä. Käyttökoulutusohjelma soveltuu tilaajan asiakkaiden lisäksi jälleenmyyjien kouluttamiseen. Muodostetut komento-ohjeet täyttivät tilaajan vaatimukset ja tulevat tukemaan tehtävien muodostamista robotille. Tilaaajan toiveiden mukaisesti tässä työssä esitellään vain ohjeiden yleisrakenne yhden komento-ohjeen avulla. Myös koulutuksen käytännönharjoitus on esitelty tilaajan toiveiden takia yleisellä tasolla.

Asiasanat: autonominen, koulutus, teollisuusautomaatio, mobiilirobotti, sisälogistiikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

GRÉN, ANTTI:
Training Program for LogiRobot™

Bachelor's thesis 30 pages
April 2019

LogiRobot™, launched for industrial clients 2018, is an autonomous mobile robot created by Tekno-Ants Oy. The robot can be used indoors and/or outdoors in a factory area to transport burdens such as components, pallets and products.

Tekno-Ants Oy commissioned this thesis to create a training program for teaching the safety matters and usage of the robot for clients and dealers. This thesis also presents the technological solutions of LogiRobot™ because they are an important part of using the robot and understanding the possibilities and restrictions of these solutions. Graphical command instructions were also developed to aid users create tasks for the autonomous drive after training.

Information for the program was collected by getting user experience by using the robot and commands independently and with guidance. Field experience from client demos and test periods was also utilized. Information about the technological solutions and different learning styles was sought from literature. Knowledge and experience were used to develop the whole program and the documents needed.

The training program created in this study supports different learning styles and is modular so it can be divided into three different user stages: basic, advanced and dealer. The command instructions fulfilled commissioner's requirements and will support users after training. Because of the company's wishes, only one of the graphical command instructions is presented in this thesis to explain the structure of the instructions. Also, some details of the practical exercise have been left out for reasons of confidentiality.

Key words: autonomous, mobile robot, industrial automation, training, internal logistics

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	MOBIILIROBOTTI	7
2.1	Tekno-Ants Oy.....	8
2.2	Ominaisuudet	8
2.3	Navigointi	9
2.3.1	GNSS ja DGPS	9
2.3.2	Dead-reckoning -navigointi	10
2.4	Anturit	11
2.4.1	Laserskanneri	11
2.4.2	Ultraäänianturit	13
2.4.3	RFID-tunnistus.....	14
3	KÄYTTÖKOULUTUSOHJELMA	16
3.1	Erilaiset käyttökoulutusohjelmatasot	16
3.2	Oppimismallien huomioiminen	17
3.3	Rakenne.....	19
3.4	Komennot.....	22
3.5	Komento-ohjeen rakenne	23
3.6	Tehtäväesimerkki.....	25
4	POHDINTA.....	27
	LÄHTEET.....	29

LYHENTEET JA TERMIT

RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuus tunnistaminen
UHF	Ultra High Frequency (860-960 MHz), ultraäänitaajuus
NFC	Near Field Communication, lähialuetajuus
HF	High Frequency, korkeataajuus
ENKODERI	Kulma-anturi, pulssianturi
TOF	Time Of Flight, kulkuajamittaus
PTM	Pollution Tolerance Mode, pölyn suodatustila
LiDAR	Light Detection and Ranging, optinen tutka
GPS	Global Positioning System, Yhdysvaltalainen paikannusjärjestelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System, yleisnimi paikannusjärjestelmille
ODOMETRIA	Kuljetun etäisyyden mittaaminen renkaan pyörinnästä
DGPS	Differential Global Positioning System, paikannusjärjestelmän tarkennusmenetelmä
NTRIP	Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, tiedonkuljetusprotokolla
RTK	Real-Time Kinematic, paikannusjärjestelmän tarkennusmenetelmä
VRS	Virtual Reference Station, RTK:n virtuaalinen referenssiasema
INS	Inertial Navigation System, inertiasuunnistusjärjestelmä
IMU	Inertial Measurement Unit, inertiamittausyksikkö
IP	International Protection, kotelointien tiiviysluokitukset
VAC	Voltage Alternating Current, vaihtosähköjännite
VDC	Voltage Direct Current, tasasähköjännite
SFS-EN	Suomen Standardisoimisliiton julkaisema eurooppalainen standardi

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on kehittää mobiilirobotille käyttökoulutusohjelma, joka helpottaa ja nopeuttaa robotin käytön oppimista kaikilla käyttötasoilla. Mobiilirobotti on uusi ja innovatiivinen tuote, jonka on kehittänyt Tekno-Ants Oy, joka toimii myös työn tilaajana. Mobiilirobotti, LogiRobot™, joka on kehitetty yritysten sisäisen logistiikan kuljetustehäviin, on lanseerattu 2018 Logistiikkamessuilla ja käyttöönoton tueksi tarvitaan perusteellinen koulutusohjelma laitteen käyttäjille. Tähän asti mobiilirobotin kehittäjä on opettanut robotin käyttöä asiakkaille. Jatkossa käyttöönototiimi kouluttaa asiakasyritysten edustajat robotin käyttöön koulutusohjelman avulla.

Työn ensisijainen tavoite on muodostaa koulutusohjelma, jonka suorittanut henkilö osaa käyttää mobiilirobottia turvallisesti ja hyödyntää sen ominaisuuksia ja ymmärtää, mitä robotilla voi tehdä. Koulutusohjelman avulla voidaan kouluttaa tilaajan asiakkaiden lisäksi myös jälleenmyyjiä sekä tilaajan uutta henkilökuntaa. Edellä mainituille käyttäjille annetaan käyttötasoon sopiva koulutus. Myyjien osalta mobiilirobotin toimintojen ja toiminnallisuuden ymmärtäminen on erittäin tärkeää, jotta laitetta voidaan myydä oikeisiin tarkoituksiin ja saada näin parempaa asiakastytyväisyyttä. Toissijainen tavoite on muodostaa koulutuksen jälkeistä käyttöä tukevia kuvallisia käyttökomento-ohjeita, jotka liitetään myös laajennetun ohjekirjan osaksi.

Raportin toisessa luvussa esitellään LogiRobot™ yleisesti ja hieman Tekno-Ants Oy:n historiaa. Tämän jälkeen käydään läpi robotin käyttämien teknologisen ratkaisujen teoriaa ja sitä, miten robotti oikeasti käyttää ratkaisuja. Kolmannessa luvussa käsitellään lyhyesti oppimisen teoriaa ja käydään läpi käyttökoulutusohjelman rakenne ja ratkaisut. Komento-ohjeiden rakenne käydään läpi kolmannen luvun loppuosassa. Neljännessä luvussa pohditaan opinnäytetyön tuloksia ja käyttömahdollisuuksia.

2 MOBILIROBOTTI

LogiRobot™ on Tekno-Ants Oy:n kehittämä ja tuottama mobiilirobotti teollisuuden sisälogistiikan hallintaan. Sillä voidaan esimerkiksi kuljettaa puolivalmisteita tehdasalueen hallista toiseen. Teollisuudessa laitteen tarjoamiin etuihin kuuluvat yksitoikkoisten siirto tehtävien tekeminen, jolloin henkilöstölle jää enemmän aikaa varsinaiseen työhön. Lisäksi laitetta voidaan käyttää erinäisiin tehtäviin paikoissa, joihin halutaan turvallisuusriskien takia mahdollisimman vähän ihmisiä. Laitetta voidaan käyttää sisällä tai ulkona, kunhan pysytään teollisuusalueella. Mobiilirobottia voidaan ohjata manuaalisesti kauko-ohjaimella tai se voi liikkua autonomisesti antureidensa ja robottiin tallennettujen reittien avulla. Kuvassa 1 on LogiRobot™-mobiilirobotti.



KUVA 1. LogiRobot™-mobiilirobotti (Tekno-Ants Oy 2019)

2.1 Tekno-Ants Oy

Mobiilirobotin kehittäminen ja suunnittelu aloitettiin 2011 Tekno-Tikka Oy:ssä Tampereella. Tekno-Ants Oy on perustettu toukokuussa 2013 mobiilirobotin ympärille Tekno-Tikka Oy:n kanssa samoihin toimitiloihin Sarankulmaan Tampereelle. Yhtiöt kuuluvat TJB-yhtiöt konserniin, joka on 1996 perustettu perheyhtiö (Tekno-Tikka Oy n.d.). Konserni työllistää 10 henkilöä. (Tekno-Ants Oy 2019.)

Tekno-Ants Oy:n toimiala on muualla luokittelematon erikoiskoneiden valmistus, sillä valmistettava robotti on useisiin eri käyttötarkoituksiin soveltuva (Tilastokeskus n.d.). Yhtiön toiminnassa on painottunut, ja painottuu vielä lähivuosinakin, vahva panostus tuotekehitykseen (Tekno-Ants Oy 2019).

2.2 Ominaisuudet

LogiRobot™ on pikkuinen voimapakkaus. Vankka runko ja eturenkaiden kaksi 1,5 kW moottoria tuovat robotille painoa noin 480 kg. Mobiilirobotin päällä voidaan kuljettaa 200 kg kuormaa ja perään kiinnitettävään perävaunuun voidaan kuormata 2500 kg. Tehokkaat moottorit ja suuret renkaat varmistavat, etteivät ylämäet ja pienet kuopat tai muut alustan epätasaisuudet tuota ongelmia. LogiRobot™ on 78 cm korkea, 165 cm pitkä ja 99 cm leveä. Mobiilirobotti täyttää konedirektiivin 2006/42/EY vaatimukset ja on CE-merkitty. Robotin riskienarviointi on toteutettu SFS-EN ISO 12100: 2010 mukaisesti.

Mobiilirobotin virtalähteenä toimii lyijygeeliakusto, jonka jännite on 240 VDC. Täydellä akulla LogiRobot™ toimii normaalisti 6-8 tuntia. Tarvittaessa laitteesta saadaan 230 VAC lisälaitteille tavallisesta pistorasiasta. Robottiin voidaan asentaa tarvittaessa erinäisiä lisälaitteita ja -antureita. Laite on IP64-luokiteltu eli se on pölytiivis ja roiskeveden kestävä (SFS-EN 60529 2000).

2.3 Navigointi

LogiRobot™ käyttää navigointiin useampaa tekniikkaa. Tekniikan teorian ymmärtäminen edes karkealla tasolla auttaa ymmärtämään joitain navigoinnin rajoitteita ja ominaisuuksia. Tämä auttaa myös valitsemaan oikean navigointitavan erilaisiin ympäristöihin.

2.3.1 GNSS ja DGPS

GNSS-paikannus (Global Navigation Satellite System) tapahtuu maata kiertävien satelliittien avulla. Varmasti tunnetuin GNSS-järjestelmä on GPS, joka on Yhdysvaltojen omistama ja ylläpitämä. Muihin GNSS-järjestelmiin lukeutuvat mm. GLONASS, Beidou ja Galileo. Satelliitit lähettävät sijaintiaan ja tarkkaa atomikellon ylläpitämää kellonaikaa jatkuvasti. Kun satelliitteja on vähintään neljä, pystytään määrittämään GPS-laitteen sijainti tietyllä ajanhetkellä, satelliittien sijaintien ja signaalin lähetys- ja vastaanottamisajan perusteella. (Groves 2013, 299–308.)

Käyttämällä referenssivastaanottimia, joiden sijainnit tiedetään erittäin tarkasti, voidaan sijaintia tarkentaa. Tätä järjestelmää kutsutaan DGPS:ksi (Differential Global Positioning System). Referenssivastaanottimella selvitetään satelliitin antaman sijainnin virhe, joka suodatuksen jälkeen lähetetään korjaustietona käyttäjälle (Parkinson, Spilker, Axelrad & Enge 1996, 3–7).

RTK (Real-Time Kinematic) on DGPS:n kaltainen tarkennusmenetelmä, jossa käytetään referenssiasemia. Ero näissä tekniikoissa on se, että DGPS käyttää satelliittien ja referenssiasemien lähettämää dataa paikannuksessa, kun taas RTK pohjautuu kantoaallon aallonpituuteen ja jaksonaikaan. (NovAtel 2015.) RTK-tarkennusmenetelmässä on myös mahdollista käyttää VRS-menetelmää eli virtuaalista referenssiasemaa. VRS luodaan fyysisten referenssiasemien tiedoista laskennallisilla menetelmillä mittauspisteen lähistölle, jolloin joitain mittaukseen aiheuttavia virhetekijöitä voidaan pienentää ja päästään senttimetritarkkuuteen. (Geotrim n.d.)

Edellä mainitut korjaustiedot välitetään käyttäjälle usein NTRIP-protokollalla (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). Tieto voidaan välittää myös radiosignaaleilla, mutta NTRIP-protokollalla tieto voidaan kuljettaa internetillä välityksellä mihin

vain, kun taas radiosignaalit voivat kulkea vain tietyn matkan. NTRIP vaatii kuitenkin matkapuhelinverkon toimiakseen. Käytännössä NTRIP yhdistää matkapuhelinverkon ja internetin avulla referenssivastaanottimen käyttäjän laitteistoon. (Anatum Field Solutions 2017.)

Robottiin on saatavilla kaksi vaihtoehtoista GNSS-ratkaisua ulkokäyttöön. Tarkemmassa ratkaisussa käytetään kahta DGPS-antennia ja epätarkemmassa yhtä. Kaksiantenninen GNSS-ratkaisu käyttää RTK-tarkennusta, jolloin päästään 1 cm horisontaaliseen ja 2 cm vertikaaliseen tarkkuuteen. Yksiantennisella ratkaisulla perustarkkuus on ± 2 m horisontaalisti ja ± 5 m vertikaalisti. DGPS-tarkennuksella ja valmistajan tarkenteilla navigointiratkaisulla kuitenkin päästään riittävään paikannustarkkuuteen. Molemmat ratkaisut käyttävät NTRIP-protokollaa korjaustietojen välittämiseen ja hyödyntävät GPS-, GLONASS- ja Galileo-satelliitteja. (Tekno-Ants Oy 2019.) Kuten muutenkin GNSS-järjestelmiä käytettäessä, kasvillisuus, rakennukset ja luonnolliset muodostelmat varjostavat ja heijastavat satelliittiyhteyttä ja vääristävät paikannusta. Tällöin hyväksyttävään tarkkuuteen voidaan päästä seuraavassa kappaleessa käsiteltävällä dead-reckoning -navigoinnilla.

2.3.2 Dead-reckoning -navigointi

Dead-reckoning -navigoinnilla tarkoitetaan edelliseen tunnettuun pisteeseen perustuvaa navigointia. Liikkumista suhteessa ympäristöön mitataan, joko matkalla tai nopeuden integraalilla, ja se lisätään edelliseen pisteeseen. Kun liikkumiseen lisätään vielä liikkumissuunnan tieto, voidaan navigoida samaa reittiä, vaikkei reitin sijainti näillä tiedoilla vielä selviä. (Groves 2013, 5.)

Odometria tarkoittaa kuljetun matkan laskemista pyörän pyörähdyskerrat laskemalla, jolloin pyörän piirillä voidaan laskea kuljettu etäisyys. Magnetometri mittaa maan magneettikentän suuntaa, jolloin saadaan liikkeelle suunta. Kiihtyvyysanturi mittaa kiihtyvyyttä tietyllä akselilla, kun taas gyroskoopilla mitataan tietyn akselin kulman muuttumista. Inertiamittaussyksikössä (IMU) on kolmella akselilla omat kiihtyvyysanturit ja gyroskoopit, jolloin saadaan asento- ja nopeustieto. (Groves 2013, 6–7, 137–151.)

Sisätiloissa, joissa GNSS ei toimi, LogiRobotTM käyttää odometriaa ja inertiasuunnistusjärjestelmää (INS), jossa on IMU ja magnetometri. INS on integroitu kumpaankin GNSS-

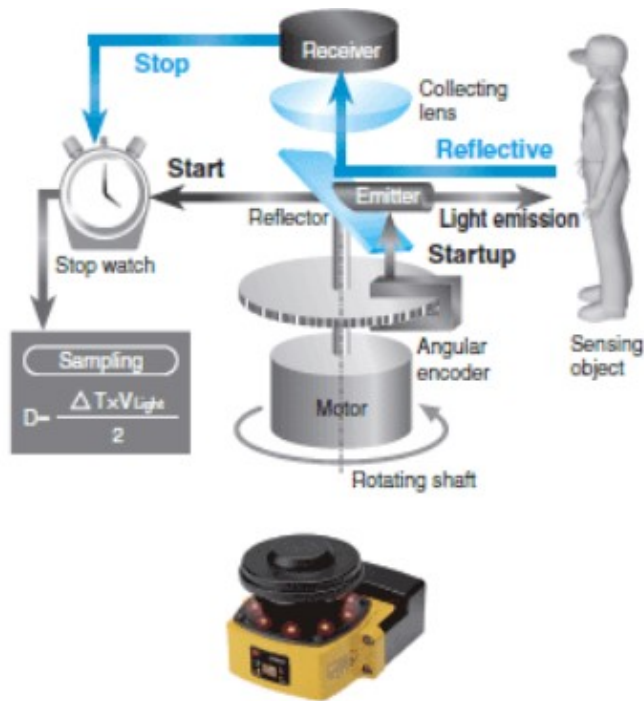
järjestelmään, joita mobiilirobotissa käytetään. Robotin renkaiden pyörimistä seurataan enkoodereilla eli pulssiantureilla, jotka seuraavat moottorin pyörimistä. Vaihteiston välityssuhteen ja renkaan halkaisijan avulla pystytään laskemaan robotin kulkema etäisyys. Tässä on huomioitava, että renkaiden pyöriessä tyhjää oikeasti kuljettu etäisyys ei vastaa laskennallista etäisyyttä. Tämä on huomioitu ohjelmoinnissa ja virhettä voidaan korjata tarkenteella. Jotta riittävä toistotarkkuus saavutetaan, on käytettävä ainakin yhtä tarkentetta, jonka paikka pysyy samana. Mobiilirobotti mittaa sijaintinsa ja suuntansa tästä tarkenteesta ja korjaa navigointiaan sen perusteella.

2.4 Anturit

Mobiilirobotti havainnoi ympäristöään kolmenlaisilla antureilla: laserskannerilla, ultraääniantureilla sekä RFID-järjestelmällä. Robotin etu- ja takaosissa on turvareunat, jotka pysäyttävät liikkeen, mikäli muut anturoinnit eivät jostain syystä havaitse estettä ja este osuu reunaan.

2.4.1 Laserskanneri

Laserskanneri mittaa esteiden etäisyyttä ja kulmaa skanneriin käyttäen valoa eli se on optinen tutka (LiDAR). Yleisin tapa mitata etäisyys esteeseen, jota myös mobiilirobotin skanneri käyttää, on kulkuaikamittaus (ToF), jossa käytetään laserpulsseja, joiden kulku-aika mitataan. Valonnopeuden ja mitatun ajan avulla voidaan laskea valon heijastaneen kohteen etäisyys. Kuvassa 2 on esitetty mobiilirobotissakin käytetyn Omron OS32C laserserturvaskannerin rakenne, toimintatapa sekä etäisyyden laskemiseen käytetty laskenta-kaava.



KUVA 2. Omron OS32C laserturvaskannerin rakenne (Omron Technical Guide n.d.)

Skannerin sisällä on pyörivä peili, jonka asentoa seurataan enkooderilla eli kulma-anturilla. Tämän ansiosta tiedetään, missä päin este sijaitsee. Kuvassa 2 esitetyssä kaavassa D on esteen etäisyys, ΔT laserin lähettämisestä vastaanottamiseen kulunut aika ja V_{Light} valonnopeus. Tätä mittaustapaa kutsutaan kulkuaikamittaukseksi.

Mobiilirobotissa skanneria käytetään esteiden havaitsemiseen ja niiden väistämiseen tai törmäyksen välttämiseen pysäyttämällä robotti. LogiRobot™ käyttää Omron OS32C- tai SICK TIM5XX -sarjan skanneria riippuen siitä, onko robottia tarkoitus käyttää sisätiloissa vai ulkona. Parempien suodatusominaisuuksien takia SICK:n valmistama laser-skanneri soveltuu paremmin ulkokäyttöön. Suodatuksella saadaan satunnaisten esteiden, kuten sateen, sumun tai vaikkapa heinän, aiheuttamat turhat liikkeet ja liikkeiden hidastumiset syyttä kitkettyä. Omronin skannerilla mittauksia tehdään $0,8^\circ$ välein. SICK:n laserskannerilla mittaukset tehdään 1° välein. (Tekno-Ants Oy 2019.)

Skanneria käytettäessä tulee huomioida, että skannaus tehdään kaksiulotteisesti vaakatasossa noin 25 cm korkeudella. Tämä tarkoittaa sitä, että skannerilla ei voida havaita kaikkea. Esimerkiksi lastauslaiturin reunaa tai alas vieviä rappusia mobiilirobotti ei pysty havaitsemaan. Robotti ei havaitse myöskään ylhäältä päin tulevia esteitä, kuten nosturista

roikkuvaa taakkaa. Tällaiset vaaranpaikat tulee ottaa huomioon reittejä ja tehtäviä tehtäessä. Tällaisissa käyttökohteissa voidaan myös käyttää kolmiulotteista laserskanneria, joka on saatavilla optiona robottiin.

Robotti tunnistaa skannerilla noin 10 metriin esteitä, joita se voi yrittää väistää ohjelmoinnin sallimissa rajoissa. Esteen lähestyessä, mobiilirobotti hidastaa liikettään. Esteen osuessa pysäytysalueelle LogiRobot™ pysähtyy odottamaan esteen poistumista. Normaali-tilassa pysäytysalue on 1600 mm leveä ja 500 mm pitkä ja peräkärätilassa 3000 mm leveä ja 1000 mm pitkä. Kun este poistuu robotin kulkureitiltä, se jatkaa kulkua reitillään. Jos este ei poistu tietyn ajan kuluessa, robotti lähettää tilanneraportin valittuun puhelinnumeroon. Mikäli reitti ei ole erittäin kriittinen, eli mobiilirobotti saa poiketa hieman reitiltään, LogiRobot™ hidastaa ja väistää esteen.

2.4.2 Ultraäänianturit

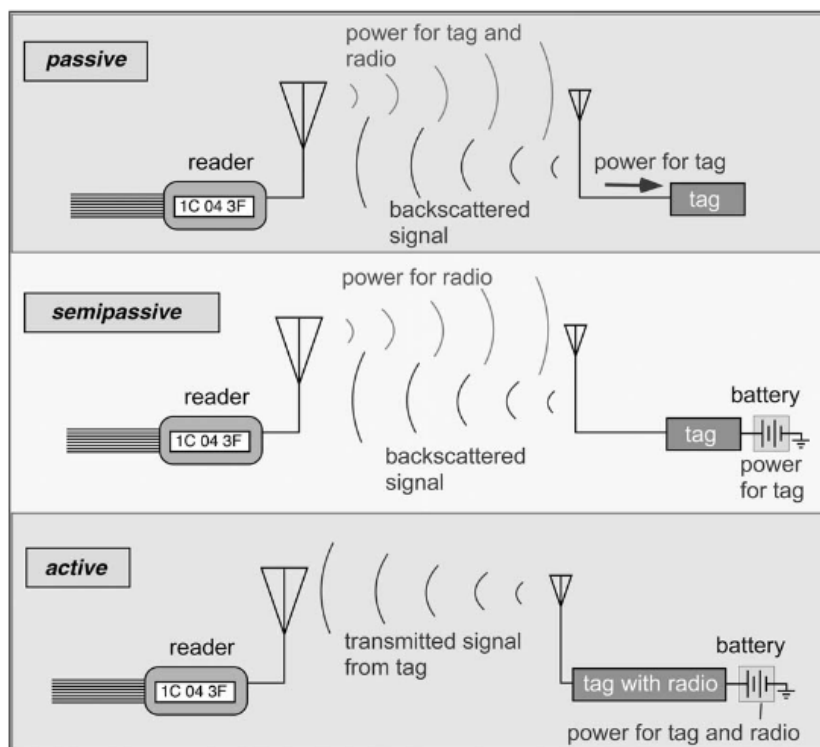
Ultraäänianturit käyttävät myös kulkuajamittausta eli ToF-mittausta. Toisin kuin laserskannerissa ultraäänianturissa ei ole asentotietoa vaan anturi ilmoittaa ainoastaan esteen etäisyyden. Anturi kattaa tietyn kulman, jolle se lähettää pietsosähköisellä komponentilla ultraääni-impulssin. Vastaanottaessaan äänen sama pietsosähköinen komponentti muuttaa äänen sähkösignaaliksi, joka pysäyttää laskurin ja etäisyys lasketaan samalla tavalla kuin laserskannerissa. Ultraäänianturilla voidaan havaita myös läpinäkyvät, kiinteät tai nestemäiset esteet. Liian lähellä oleva este on sokealla alueella, josta anturi ei voi tunnistaa estettä. Ääntä vaimentavat pinnat tai tunnistuskeilassa kulmassa olevat esteet saattavat olla hankalia havaita, koska lähetetty ääni voi absorboitua liikaa tai heijastua toiseen suuntaan, jolloin anturi ei saa kaikua takaisin. (Baumer 2004.)

LogiRobot™ käyttämien anturien nimelliskulma on 75 °. Tämä on anturin valmistajan ilmoittama tunnistuskulma. Anturit tunnistavat esteitä 0,2...6 m etäisyyksiltä. Toiminnan varmistamiseksi LogiRobot™:ssa antureita käytetään 0,2...2 m alueella. Estettä ei voida havaita sen ollessa alle 20 cm päässä anturista. Liian lähellä oleva este tai lika anturissa estää anturin havainnoinnin. Ultraäänianturien etäisyystarkkuus on 1 cm. (Jahan Kit Electronic n.d.)

Antureilla voidaan estää robotin kääntyminen tai eteneminen, jos antureilla havaitaan, ettei ympärillä ole riittävästi tilaa. Mobiilirobotin edustaa havainnoivat ultraäänianturit pystyvät havaitsemaan laserskannerin skannaaman tason yläpuolella olevat esteet. Kyljen ultraäänianturin ja laserskannerin avulla voidaan myös ottaa mobiilirobotille suunta vieressä olevasta seinästä.

2.4.3 RFID-tunnistus

RFID tarkoittaa radiotaajuuksilla tapahtuvaa esineiden tunnistamista. RFID-järjestelmään tarvitaan RFID-lukija ja RFID-tunniste. Tunniste voi olla passiivinen, puolipassiivinen tai aktiivinen. Aktiivisessa tunnisteessa on paristo ja lähetin. Aktiivinen tunniste käyttää paristoa tunnistesignaalin lähettämiseen. Lukija vastaanottaa signaalin. Puolipassiivisessa tunnisteessa on myös pieni paristo. Tunniste aktivoituu vasta lukijan signaalista ja käyttää signaalista muodostamaansa jännitettä tiedon lähettämiseen. Passiivinen tunniste ottaa kaiken tarvitsemansa jännitteen tiedon käsittelemiseen ja lähettämiseen lukijan lähettämästä signaalista. Kuvassa 3 on esitetty lukijan ja edellä esiteltyjen tunnisteiden välinen kommunikointi visuaalisesti. (Dobkin 2008, 34–35)

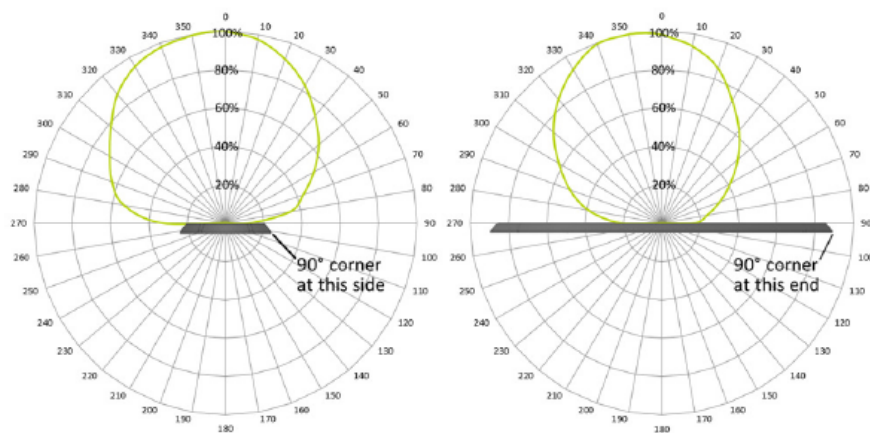


KUVA 3. Lukijan ja eri tunnisteiden välinen kommunikointi (Dobkin 2008, 35)

Käyttötarkoituksen mukaan signaalin tunnistaminen voi tapahtua muutamien senttien päästä tai yli 10 metrin päästä. Lukuetaisyys riippuu käytettävästä radiotaajuudesta. NFC-taajuudella (Near Field Communication), jota käytetään muun muassa lähimaksusoveluksissa, tunnistaminen tapahtuu senttien päästä ja siinä käytetään matalaa taajuutta. HF-taajuudella (High Frequency), 13,56 MHz, päästään noin metrin tunnistusetäisyyteen. Ultra High Frequency eli UHF-taajuus on Euroopan alueella rajattu 869 MHz taajuudelle. Tällä taajuudella päästään yli 10 metrin tunnistusetäisyyteen. (Top Tunniste n.d.)

LogiRobot™ käyttää passiivisia ja UHF-alueella toimivia tunnisteita. Robotissa on neljä antennia, jotka ovat suunnattu eteen ja etuviistoon. Tämän takia tunniste havaitaan, kun robotti on suunnilleen nokka kohti tunnistetta. Mobiilirobotti käyttää RFID-teknologiaa tarkentaakseen sijaintiaan ja tunnistaakseen esimerkiksi latausaseman tai oven. Tunnisteen maksimilukuetaisyys on 20 m. Tunnisteita voidaan käyttää myös osana robotille muodostettavia tehtäviä ja reittejä esimerkiksi merkitsemään aluetta, jolle ei saa mennä. Käytettävät tunnisteet ovat joko tarratunnisteita tai muovilla suojattuja.

Ympäristön ahtaus vaikuttaa tunnisteeseen ja lukijan lukutehon valintoihin. Sisätiloissa lukuteho ei voi olla suuri, sillä signaali voi heijastua pinnoista, jolloin takaisin saatava tieto tunnisteen suunnasta saattaa olla virheellinen. Carrier Tough II -tunniste on suuntaava eli tunniste lähettää signaaliaan vain tiettyyn suuntaan (kuva 4). Tämä tarkoittaa ahtaissa tiloissa tai sisällä tapahtuvaa tunnistamista, sillä tunniste ei voi esimerkiksi heijastaa takanaan olevan seinän kautta signaalialia. Toisen tunnisteen signaali taas vahvistuu muoville asennettuna ja on luettavissa joka suunnasta, jolloin esimerkiksi ulkona tunnistus voidaan tehdä mistä tahansa suunnasta lähestyttäessä.



KUVA 4. Carrier Tough II™ -tunnisteen lähetysmuoto (Confidex n.d.)

3 KÄYTTÖKOULUTUSOHJELMA

Käyttökoulutusohjelman tarkoituksena on opettaa laitteen käyttäjille robotin turvallinen ja oikeaoppinen käyttäminen sujuvasti. Koulutusohjelman rakentamista varten täytyi mobiilirobottiin ensin tutustua. Laitteeseen tutustuminen tapahtui laitteen kehittäjän avustuksella ja käytännön kokeilulla. Käyttökokemuksen myötä paneuduttiin syvemmälle LogiRobotTM:iin tutustumalla kirjallisuuden avulla robotissa käytettyihin teknologioihin.

Käyttökoulutusohjelman muodostamisessa huomioitiin erilaiset oppimistavat, joita ovat visuaalinen, auditiivinen ja kinesteettinen oppiminen. Visuaalinen oppiminen pohjautuu luettuun tekstiin, kuviin ja muihin nähtyihin asioihin. Auditiivinen oppiminen taas perustuu asioiden oppimiseen kuulemisen ja kyselemisen avulla. Kinesteettiseen oppimiseen kuuluu olennaisena osana tekemisen kautta oppiminen. (Repo & Nuutinen 2003, 33–38.) Koska kukaan ei opi ainoastaan yhdellä tavalla, tehokkainta on käyttää kaikkia oppimismalleja yhdessä. Repo ja Nuutilainen (2003, 149) arvioivat Viestintätaito-kirjassaan, että näön, kuulon, puheen ja tekemisen yhdistelmä vaikuttaa 90 % asioiden omaksumiseen, kun taas esimerkiksi pelkän kuulon vaikutus on vain 20 %.

3.1 Erilaiset käyttökoulutusohjelmatasot

Laitteen eri tasoilla käyttäjillä täytyy olla erilaiset käyttökoulutusohjelmat. Peruskäyttäjä-taso on kevyin. Peruskäyttäjälle riittää, että hän ymmärtää mobiilirobotin käyttämiseen liittyvät turvallisuusasiat ja osaa lähettää robotin tehtävälle. Edistyneempi käyttäjä on peruskäyttäjän tavoin asiakasyrityksen työntekijä. Hän tallentaa autonomisessa ajossa käytetyt reitit ja tehtävät, joille peruskäyttäjä lähettää LogiRobotTM:n. Jälleenmyyjien taas tulee tuntea edellä mainittujen asioiden lisäksi esimerkiksi laitteen tekniset tiedot.

Käsiteltävien asioiden määrä ja se kuinka syvällisesti asiat käydään läpi vaihtelevat käyttäjätasoin. Eri tasoilla käsiteltäviä asioita on esitetty taulukossa 1. Esimerkiksi antureiden toimintaperiaatteita, joita käsitellään koulutusmateriaalin Havainnointi-kapaleessa, käydään eri käyttäjätasoilla eri painotuksilla läpi. Peruskäyttäjälle riittää tieto antureiden sijainnista niiden puhdistamista varten. Edistyneen käyttäjän tulee tietää, miten

ottaa huomioon antureiden rajoitukset reittejä ja tehtäviä muodostettaessa. Jälleenmyyjien taas on tiedettävä antureiden toimintaperiaatteet, rajoitukset sekä antureiden käyttötavat robotissa. Kun jälleenmyyjät tuntevat käytetyt anturit, he pystyvät esimerkiksi autamaan asiakkaita ongelmatilanteissa. Turvallisuusasiat ovat tärkeitä käydä huolellisesti läpi kaikkien koulutettavien kanssa. Syvälinen turvallisuusasioiden opettelu varmistaa laitteen turvallisen ja ammattimaisen käyttämisen jokaisessa tilanteessa.

TAULUKKO 1. Eri käyttökoulutustasoilla käytävät asiat ja niiden painotukset

	Peruskäyttäjä	Edistynyt käyttäjä	Jälleenmyyjä
Turvallisuusasiat	Syvällisesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Anturoiden sijainti	Syvällisesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Antureiden toimintaperiaate	Ei käydä	Kevyesti	Syvällisesti
Navigointiratkaisut	Kevyesti	Kevyesti	Syvällisesti
Tehtävien käyttäminen	Syvällisesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Tehtävien tallentaminen	Ei käydä	Syvällisesti	Syvällisesti
Tekniset tiedot	Ei käydä	Kevyesti	Syvällisesti
Tekstiviestiraportit	Ei käydä	Syvällisesti	Syvällisesti
Peräkärri	Syvällisesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Rajapintaliitynnät	Ei käydä	Kevyesti	Syvällisesti
Autonominen ajo	Kevyesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Käsiajotilat	Kevyesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Käyttöliittymät	Kevyesti	Syvällisesti	Syvällisesti
Ylläpito	Kevyesti	Syvällisesti	Syvällisesti

3.2 Oppimismallien huomioiminen

Visuaalista oppimista tukemaan on muodostettu diaesitys, jossa käytetään tekstin lisäksi selventäviä kuvia ja videoita. Tärkeitä asioita on koottu värikkäille lapuille, jolloin ne ovat helpompia poimia esityksestä ja jäävät helpommin mieleen (kuva 5). Esitystä on myös tehostettu erilaisilla animaatioilla, jotta teoriaosuus olisi mielenkiintoisempi, kevyempi ja mieleenpainuvampi.

Huomioitavaa 2/2

- Esteiden tunnistus
 - Ei tunnista **alle 25 cm** korkeudella olevia esteitä tai pudotuksia
 - Ei tunnista yläpuolella olevia kappaleita (esim. nosturien liikuttelemat taakat)
- Robotin käyttöalustan pitää olla luja, vakaa ja esteetön
 - Ei suuria kiviä, roskia, jäälohkareita, johtoja yms.
- Käyttöalustan kaltevuus max. 10 %

Vain **tehdasalueille!**

Riittävä liikkumatila!

2D-skannaus 25 cm korkeudella!

Käyttöalustan **kaltevuus max. 10 %**

KUVA 5. Esimerkki tärkeiden asioiden korostamisesta koulutusmateriaalissa

Koulutusmateriaali avataan aina kouluttajan avulla. Tämä auttaa kuullun perusteella oppivia ja mahdollistaa vuoropuhelun kouluttajan ja koulutettavien välillä. Koulutuksessa varataan aikaa mahdollisille kysymyksille ja kommenteille. Vuoropuhelun tärkeimpiä tarkoituksia on varmistaa, että koulutettavat ovat ymmärtäneet asiat oikein. Vuoropuhelulla voidaan myös tuoda esille materiaalista mahdollisesti puuttuvat asiat.

Rauhallinen oppimisympäristö auttaa myös auditiivista oppimista, joten kouluttajan tulee aktiivisesti pyrkiä pitämään ylimääräinen melu poissa. Kouluttajan tulee myös pyrkiä rentouttamaan koulutettavat koulutuksen alussa. Jutustelu ja kuulumisien kysely murtaa jäätä, antaa kouluttajasta rennomman kuvan ja auttaa osaltaan koulutettavia rentoutumaan. Tämä taas parantaa keskittymistä ja auttaa käyttämään korkeampia aivotointoja ja oikeaa aivopuoliskoa, joka taas nopeuttaa oppimista (Prashnig 2000, 221–223).

Käytännönharjoituksilla tuetaan tekemisen kautta oppimista ja tuodaan teoria käytäntöön. Koulutettaville annetaan mahdollisuus tutkia ja testilla mobiilirobotia itsekseen, mutta myös opastetusti. Näin laitteeseen saadaan laajempi käyttökokemus lyhyehkössä ajassa. Esimerkiksi anturillisessa käsiajossa voidaan vapaasti testilla robotin pysähtymistä ja havainnointia. Autonomiseen ajamiseen tutustutaan opastetummalla harjoituksella. Koulutuksen materiaali jaetaan koulutettaville, jotta niihin voidaan tehdä muistiinpanoja. Tämä on myös yksi tapa tukea kinesteettistä oppimista.

3.3 Rakenne

Jottei tietoa tulisi kerralla liikaa, laajin käyttökoulutus on jaettu kahteen päivään. Kevyimmällä käyttökoulutustasolla taas päivä on riittävä aika perusasioiden opettamiseen. Helpokäyttöisen käyttöliittymän ansiosta robotin käyttämisen oppii nopeasti ja vaistomaisesti, joten koulutuksen ei tarvitse olla pidempi. Laajimman käyttökoulutuksen ensimmäisen päivän aiheina ovat turvallisuus- ja perusasiat. Tällöin kerrotaan tarvittavia tietoja esimerkiksi navigoinnista ja anturoinnista sekä robotin käyttötarkoituksesta. Toisena päivänä käsitellään LogiRobotTM:in autonomista käyttämistä sekä ylläpitoa ja huoltamista (kuva 6).

Koulutuksen ohjelma

<u>1. Päivä</u>	<u>2. Päivä</u>
1. LogiRobot TM -mobiilirobotti	7. Reitit ja tehtävät
2. Turvallisuus ensin!	8. Autonominen ajo
3. Turvallisuusohjeet	9. Virtaa!
4. Havainnointi	10. Lisälaitteet
5. Perustoiminnot	11. Ylläpito ja huolto
6. Navigointi	12. Tekniset tiedot



KUVA 6. Jälleenmyyjien koulutuksen ohjelma

Kuten kuvasta 6 nähdään, koulutukset aloitetaan mobiilirobotin yleisesittelyllä, jossa kerrotaan laitteen käyttötarkoituksesta ja yleistiedoista. Turvallisuutta painotetaan jokaisella käyttäjätasolla. Turvallisuus ensin! -kappaleessa käsitellään laitteen turvallisuusratkaisuja ja Turvallisuusohjeet-kappaleessa käydään läpi esimerkiksi turvalliset toimintatavat robottia käytettäessä. Havainnointi-kappaleessa jälleenmyyjille kerrotaan LogiRobotTM-mobiilirobotissa käytetyistä antureista ja niiden toiminnasta. Esimerkiksi robotin käynnistäminen ja sammuttaminen käsitellään Perustoiminnot-kappaleessa. Navigointi-kappaleessa käydään laitteen käyttämiä suunnistusratkaisuja.

Toinen päivä aloitetaan keskittymällä autonomisen ajon pohjana oleviin reitteihin ja tehtäviin. Silloin käsitellään reittien tallentaminen ja tehtävien rakentaminen. Autonominen ajo -kappaleessa opetetaan mobiilirobotin autonomiseen ajoon laittaminen ja sitä varten tehtävä paikan kalibrointi. Kappaleet 9, 10 ja 12 käsittelevät laitteen teknisiä ominaisuuksia, kuten latausta ja rajapintaliityntöjä. Ylläpito ja huolto -kappaleessa jälleenmyyjille koulutetaan, mitkä ylläpito- ja huoltotoimenpiteet käyttäjät voivat tehdä itse ja mitkä kuuluvat valmistajalle.

Rakenteessa on otettu huomioon myös koulutuspaikan vaihtelu. Koulutuksia ei pidetä keskitetysti tilaajan toimitiloissa vaan esimerkiksi asiakkaan tiloissa käyttöönoton yhteydessä. Koulutusmateriaali on esitettävissä kannettavan tietokoneen ja pienen videotykin avulla. Koska koulutuksen videoissa ei ole ääntä, ei äänentoistoonkaan tarvitse kiinnittää huomiota. Näin koulutus on helppo pitää missä vain eikä siitä muodostu ylimääräisiä kuluja. Käytännönharjoituksissa tarvitaan tietenkin mobiilirobotti, joka on helppo pakata pakettiautoon ja kuljettaa paikan päälle. Harjoitukset ovat myös suunniteltu missä vain pidettäviksi.

Koulutusohjelman rakenne on muodostettu niin, että sitä on helppo seurata. Diat pidetään mahdollisimman selkeinä pienellä määrällä tekstiä ja suurehkolla fontilla. Tästä esimerkkinä on kuvassa 7 anturien diagnostiikan tarkemmin esittävä kalvo. Rakenteessa mennään kokonaiskuvasta yksityiskohtiin. Ensin rakennetaan ymmärrys mitä robotilla tehdään ja karkea kuva, miten. Sen jälkeen sukellaan syvemmälle ja tutustutaan asia kerrallaan erilaisiin ratkaisuihin ja toimintoihin. Näin voidaan muodostaa koulutettaville selkeä kuva siitä mihin ollaan menossa. Suunnan asettamisen tarkoitus on ylläpitää koulutettavien motivaatiota. Materiaalista on tehty laajin ja yksityiskohtaisin versio siten, että osa materiaalista voidaan jättää pois alempia koulutustasoja varten. Tämä mahdollistaa myös käyttäjätasolta toiselle siirtymisen lyhyellä jatkokoulutuksella.

Anturien diagnostiikka

- Laserskanneri
 - Omronin omat diagnostiikkaedit
 - Tilastot-valikon palkit
 - Mobiilikäyttöliittymä
- Ultraäänianturit
 - Mobiilikäyttöliittymä



KUVA 7. Anturien diagnostiikasta kertova kalvo koulutusdokumentista

Tauot ovat myös tärkeä osa koulutusta. Keskittyminen vaatii paljon energiaa ja paikoillaan istuminen puuduttaa, joten liikkuminen ja mahdollisesti ulkona käyminen auttavat ylläpitämään vireyttä opiskella ja kuunnella. Pidempien kahvi- ja ruokataukojen lisäksi koulutuksessa pidetään kouluttajan ja koulutettavien tarpeen mukaan myös lyhyempiä muutamien minuuttien taukoja, joilla voi käydä jaloittelemassa. Tauot voivat kuitenkin myös katkaista ajatuksenjuoksun, joten kouluttajan tulee pyrkiä sovittamaan tauot esimerkiksi aihealueiden väleihin.

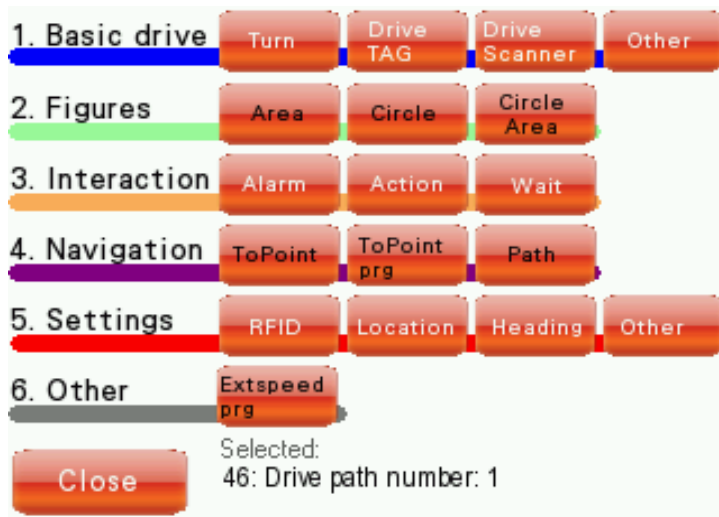
Jotta käytännön harjoitukset kulkisivat turvallisesti ja mahdollisimman sujuvasti, täytyy ensin käydä turvallisuus- ja perusasiat läpi teoriassa. Teorian ja käytännön vuorottelulla saadaan koulutus pysymään mielenkiintoisena ja teoria päästään sitomaan käytäntöön mahdollisimman pian. Tämä auttaa myös asioiden muistamisessa. Ensimmäisen päivän raskasta teoriaa tasapainotetaan käytännönsuudella, jossa testaillaan mobiilirobotin havainnointia, turvatoimintoja ja käsiajoa. Koska mobiilirobotin käsin ajaminen on kuin suurella radio-ohjattavalla ajamista, käytännön osuus on lähes leikkisä. Toisen päivän teoria yhdistetään vahvasti käytäntöön harjoittelemalla käytännössä reittien ja tehtävien tekemistä ja LogiRobotTM:n autonomiseen ajoon laittamista.

Koulutusmateriaali mukailee ohjekirjaa. Koulutettaville jäävän materiaalin asioita voidaan tämän ansioista tarkistaa helpommin ohjekirjasta, jossa asiat ovat yksityiskohtaisemmin selitetty. Toisaalta joitain asioita on taas nopeampi tarkistaa kevyemmästä dokumentista.

3.4 Komennot

Komennot ovat LogiRobot™:in tehtävien rakennuspalikoita. Tehtävällä voidaan yksinkertaisimmillaan esimerkiksi vain käynnistää huomiovalo. Monimutkaisempi tehtävä voi sisältää tämän lisäksi paljon muutakin, kuten latausasemaan ajon ja tekstiviestiraportin lähettämisen tiettyyn puhelinumeroon tietyssä tehtävän vaiheessa. Käytännössä tehtävä muodostetaan valitsemalla komentoja riveille, jotka LogiRobot™ suorittaa järjestyksessä. (Tekno-Ants Oy 2019.)

Tehtävissä käytetyt komennot jaetaan kuuteen ryhmään: perus- (Basic), muoto- (Figures), vuorovaikutus- (Interaction), navigointi- (Navigation) ja asetuskomentoihin (Settings) sekä muihin komentoihin (Other). Peruskäskyihin kuuluvat esimerkiksi yksittäiset kääntymis- ja liikkumiskomennot. Muotokomennoista löytyvät komennot, joilla robotti kulkee tietyn muotoisen alueen. Vuorovaikutuskomennoista löytyvät komennot, joiden avulla LogiRobot™ on vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa. Näihin kuuluvat esimerkiksi huomiovalo ja tekstiviestiraportti. Navigointikomennoista voidaan tehtävään valita erikseen tallennettuihin pisteisiin ja reitteihin ajaminen. Asetuskomennoilla voidaan vaihtaa esimerkiksi RFID-lukijan tehokkuutta kesken tehtävän. Muihin komentoihin kuuluu ainoastaan ulkopuolinen nopeusohje. Kuvassa 8 on esitetty mobiilirobotin komentovalikko. (Tekno-Ants Oy 2019.)

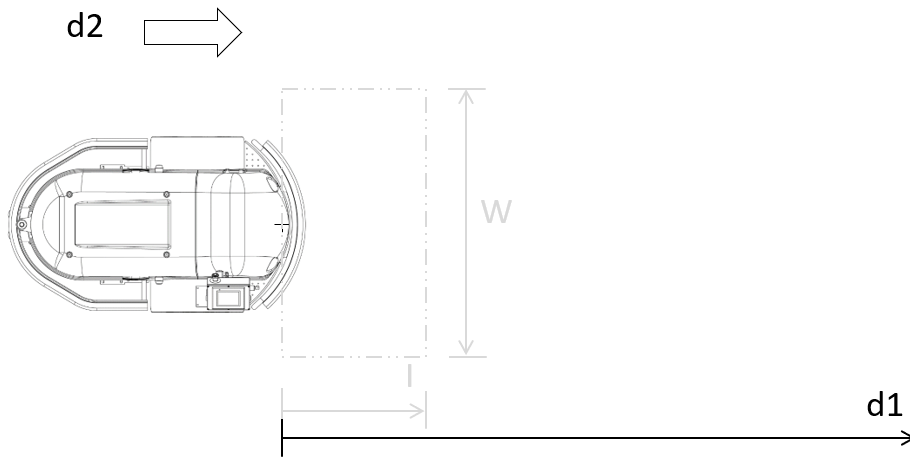


KUVA 8. LogiRobot™-mobiilirobotin komentovalikko (Tekno-Ants Oy 2019)

Komento-ohjeet ovat tarkoitettu koulutuksen jälkeisen käytön tueksi. Komennoista ei ole ollut aiemmin käyttöohjeita, joten käyttäjä on joutunut pärjäämään koneen kehittäjän antamalla koulutuksella ja kiinteässä käyttöliittymässä olevilla lyhyillä selityksillä. Komento-ohjeet liitetään myös osaksi LogiRobot™:n laajennettua ohjekirjaa. Tilaajan toiveiden mukaisesti opinnäytetyössä esitellään yleisesti komentojen rakenne ja esimerkkinä vain yksittäinen ohje.

3.5 Komento-ohjeen rakenne

Koska kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, komento-ohjeet alkavat kuvalla. Sillä kuvataan käskyn toiminto ja parametrit mahdollisimman selkeästi. Yksinkertaisesta hyvin muodostetusta kuvasta selviää mitä komento ja sen parametrit tekevät. Kuvassa 9 on esitetty Drive Distance -komento-ohjeen kuva.



KUVA 9. Drive Distance -komennon kuvaohje

Kuvaa tuetaan parametritaulukolla, jossa selitetään tiiviistettynä käsky ja siinä esiintyvät asetettavat parametrit, jotka esimerkkikomennossa ovat d1 ja d2. Taulukossa kerrotaan myös missä mittayksikössä arvot tulee antaa (taulukko 2). Myös pysäytysalueen mitat, joita käyttäjä ei voi itse määrittellä, on esitetty omassa taulukossaan (taulukko 3). Nämä mitat muuttuvat, jos LogiRobotTM on peräkärriytilassa.

TAULUKKO 2. Drive Distance -komennon parametritaulukko

DriveDistance	d1	d2
Ajaa määritetyn matkan	Käyttäjän määrittelemä kuljettava etäisyys senttimetreinä	Käyttäjän määrittelemä lähtökulma asteina

TAULUKKO 3. Pysäytysalueen mitat eri tiloissa

	Normaalitila	Peräkärriytila
Ajoleveys W	1600 mm	3000 mm
I-mitta	500 mm	1000 mm

Ohjeen lopussa on vielä lyhyehkö sanallinen selvitys komennosta. Siinä selitetään kuvan ja parametritaulukon esittämät asiat vielä tarkemmin. Vaikka kuva ja parametritaulukko kertovat paljon komennosta, voi jotain jäädä epäselväksi. Vastaavasti pelkkä komennon kuvaaminen sanallisesti ei avaa kaikille käyttäjille komentoa riittävän selkeästi, jolloin kuva on tarpeen. Lisäksi komennon selittäminen useammassa muodossa rakentaa toistoa, joka auttaa oppimaan komennon paremmin. Drive Distance -komennon kuvaus on esitetty ohjeesta otetussa kuvassa (kuva 10).

DriveDistance-käskyllä LogiRobot™ ajaa käyttäjän d1-parametriin senttimetreinä määrittelemän matkan. LogiRobot™ lähtee liikkeelle d2-parametriin asteina määritettyyn kulmaan kaartaen nopeudesta riippuvaisella säteellä. Kulmalla 0° LogiRobot™ lähtee suoraan, negatiivisella kulmalla vasemmalle ja positiivisella oikealle. Ajoleveys W ja l-mitta määrittelevät pysäytysalueen. Pysäytysalueella oleva este pysäyttää mobiilirobotin.

Annetut mitat ovat ohjeelliset ja toteutumaan vaikuttavat mm. tilannenopeudet ja anturiviiveet.

KUVA 10. Drive Distance -komennon sanallinen kuvaus

3.6 Tehtäväesimerkki

Edistyneempien käyttäjien ja jälleenmyyjien käyttökoulutusta varten kehitettiin myös monimutkaisemman tehtävän muodostamista varten esimerkki. Tätä esimerkkiä seuraamalla koulutuksen toisen päivän käytännönosuudessa muodostetaan tehtävä, jonka LogiRobot™ suorittaa. Esimerkistä on tarkoituksella tehty haastavampi, jolloin se on myös lähempänä todellisessa ympäristössä käytettäviä tehtäviä. Kuviossa 1 on esitetty esimerkkitehtävä vaiheineen. Tilaajan toiveesta koulutuksen harjoitustehtävää ei käydä yksityiskohtaisesti läpi, vaan ainoastaan vaiheiden sisällöt.



KUVIO 1. Esimerkkitehtävä harjoitusta varten, jossa T:t merkitsevät siirrettäviä tolppia, numerot tehtävän vaiheita ja nuoli osoittaa robotin liikkumissuunnan

Ensimmäisessä vaiheessa LogiRobot™ on latausasemassa, josta se lähtee tehtävälle. Robotti liikkuu katkoviivalla esitetyn reitin. Toisessa vaiheessa mobiilirobotti odottaa muutaman sekunnin, käynnistää vilkkuvalon ja ajaa siirrettävien tolppien välistä. Tolpat ovat merkitty kuvaan *T*-kirjaimella. Tehtävän kolmannessa vaiheessa LogiRobot™ lähettää tekstiviestin kouluttajalle ja jää odottamaan eteenpäin lähettämistä. Neljännessä vaiheessa vilkkuvalo sammutetaan. Lopuksi robotti ajaa latausasemaan odottamaan seuraavaa tehtävää.

4 POHDINTA

Tavoitteena tässä työssä oli kehittää käyttökoulutusohjelma LogiRobot™-mobiilirobotille ja kuvalliset komento-ohjeet koulutuksen jälkeisen käytön tueksi. Koulutusohjelmalle oli tarve, koska LogiRobot™ oli vasta työtä edellisenä vuonna lanseerattu ja käyttöönottoa täytyi kehittää sujuvammaksi. Vastaavasti komennoista, jotka muodostavat autonomisessa ajossa käytettävät tehtävät, ei vielä ollut kirjallisia ohjeita.

Kehitetyn ohjelman ja dokumentaation avulla kouluttamiseen saatiin yhtenäinen ja kokonaisvaltainen materiaali, joka sujuvoittaa asiakkaan ja kumppanien kouluttamista. Käyttökoulutuksen tehokkuus ja toimivuus selviävät kuitenkin vasta muutamien koulutuskerrojen jälkeen. Käyttökoulutusohjelma onnistuttiin rakentamaan siten, että asioita opetellaan useiden aistien avulla, jolloin oppiminen on tehostetumpaa. Koska koulutukseen vaadittavat tiedot ovat nyt kirjoitettuna ylös, ei kouluttamiseen tarvita enää laitteen kehittämistä, vaan käyttöönottotiimi pystyy hoitamaan koulutuksen itsenäisesti.

Työn oheistuotteena kehitettiin myös itse robottia. Laitteeseen ja sen ominaisuuksiin tutustuttaessa tuli ilmi kehitysehdotuksia, joiden avulla esimerkiksi käyttöliittymää kehitettiin intuitiivisemmaksi. Lisäksi mobiilirobotin käytöstä asiakasesittelyissä ja testijaksoilla saatiin käyttödataa, jolla pystyttiin kehittämään robotin toimintoja eteenpäin.

Dokumentaatioiden jatkuva päivittäminen on jatkossa erittäin tärkeää. LogiRobot™ on jatkuvassa kehityksessä ja jotkin toiminnot kehittyivät työtä tehdessä niin, että koulutusmateriaalia täytyi päivittää jo ennen sen valmistumista. Uusien tai parannettujen ominaisuuksien päivittäminen materiaaliin on käytön ja jälleenmyyjien myynnin kannalta erittäin oleellista ja tärkeää. Materiaalia voidaan myös räätälöidä asiakaskohtaisesti asiakkaan toimialaan, käyttökohteeseen ja valittuihin robotin lisälaitteisiin sopivaksi.

Työ luo hyvän pohjan myös koulutuksen ja sen materiaalin kehitykselle. Päivittämisen lisäksi palautteen keräämiseen kannattaisi jatkossa panostaa. Keräämällä eri käyttökoulutusasoilta palautetta erillisellä lomakkeella koulutusta voidaan kehittää paremmaksi. Luodulla käyttökoulutusohjelmalla voidaan tiettyyn pisteeseen kouluttaa myös tilaajan uusia työntekijöitä, mutta koulutusmateriaaliin voisi kehittää vielä lisäosan, joka keskit-

tyisi laitteen rakentamisen kannalta oleellisiin osioihin, kuten ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä tehtäviin toimenpiteisiin. Komento-ohjeita voitaisiin kehittää jatkossa siten, että ne saataisiin näkyviin LogiRobotTM:n kiinteällä käyttöliittymällä. Asiaa testattiin pikaisesti työn aikana, mutta aikaa käytännönratkaisun löytämiseen ei ollut riittävästi.

Työ ei edennyt täysin suunnitellulla tavalla. Yhteistyökumppanin lähtötietojen kartoittamiseen suunniteltu lomake todettiin työn edetessä turhaksi, sillä tietyn tasoisen koulutuksen muokkaaminen jokaista kertaa varten todettiin ajanhukaksi. Tämän sijaan kaikki asiat käydään joka tapauksessa läpi jälleenmyyjien kanssa. Näin vähemmän tekniikkaan perehtyneet jälleenmyyjät saavat tarvittavat tiedot ja perehtyneemmät kertausta. Varsinainen käyttökoulutusohjelma laajeni muutamaa otteeseen uusien näkökulmien myötä. Laajennuksien ansiosta tilaaja sai kattavamman ja paremman ohjelman, jota voidaan rakenteen ansiosta kehittää helposti lisäosilla vastaamaan erilaisten käyttäjien koulutustarpeita sekä asiakkaiden valitsemissä lisäominaisuuksissa.

Työ eteni kaikesta huolimatta sovitussa aikataulussa ja sujuvasti. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin ja tuloksena saadulla käyttökoulutusohjelmalla voidaan kouluttaa asiakkaita ja jälleenmyyjä ammatillisesti ja ihmisläheisesti.

LÄHTEET

Anatum Field Solutions. 2017. What is NTRIP? Luettu 12.2.2019.
https://www.anatumfieldsolutions.com/What-is-NTRIP_b_42.html

Baumer. 2004. Application report: With distance – measurably better. Tulostettu 19.1.2019. <https://www.baumer.com/it/en/product-overview/distance-measurement/ultrasonic-distance-sensors/c/290>

Confidex. N.d. Carrier Tough II Datasheet. Tulostettu 18.12.2018.
https://www.confidex.com/application/files/6714/5528/1037/Survivor_Datasheet.pdf

Dobkin, D. 2008. The RF in RFID. Passive UHF RFID in Practice. Amsterdam: Newnes.

Geotrim. N.d. Trimnet VRS. Luettu 12.2.2019.
<https://www.geotrim.fi/palvelut/trimnet-vrs>

Groves, P. 2013. Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems. Second Edition. Boston: Artech House.

Jahan Kit Electronic. N.d. JSN-SR04T-2.0. Manuaali. Tulostettu 2.3.2019.
<https://www.jahankitshop.com/market/d/8946>

NovAtel. 2015. An Introduction to GNSS. Resolving Errors. Luettu 12.2.2019.
<https://www.novatel.com/an-introduction-to-gnss/chapter-5-resolving-errors/>

Omron Technical Guide. N.d. Safety Components. Luettu 24.12.2018.
<http://www.ia.omron.com/support/guide/4/introduction.html>

Parkinson, B.; Spilker, J.; Axelrad, P. & Enge, P. 1996. Global Positioning System: Theory and Applications. Volume II. Washington, DC: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Prashnig, B. 2000. Erilaisuuden voima. Opetustyyliä ja oppiminen. Suom. Tossavainen, H. Jyväskylä: PS-Kustannus.

Repo, I. & Nuutilainen, T. 2003. Viestintätaito. Opas aikuisopiskelun ja työelämän vuorovaikutustilanteisiin. 1. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Otava.

SFS-EN 60529 2000. Sähkölaitteiden koteloitiluokat (IP-koodi). Helsinki: Suomen Standardoimisliitto SFS.

Tekno-Ants Oy. 2019. Yrityksen sisäiset materiaalit.

Tekno-Tikka Oy. N.d. Yritysesittely. Luettu 18.2.2019 <http://teknotikka.fi/yritys/>

Tilastokeskus. N.d. Toimialaluokitus. Muualla luokittelematon erikoiskoneiden valmistus. Luettu 1.9.2018. <https://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2008/28990.html>

Top Tunniste. N.d. RFID/NFC-tekniikka. RFID ja NFC. Luettu 18.12.2018.
<https://toptunniste.fi/rfidnfc-tekniikka/>