

Janne Palo

Lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän suunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2014

Tekniikan yksikkö

Automaatiotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Sähköautomaatio

Tekijä: Janne Palo

Työn nimi: Lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän suunnittelu

Ohjaaja: Seppo Stenberg

Vuosi: 2014

Sivumäärä: 62

Liitteiden lukumäärä: 1

Tässä työssä oli tarkoituksena suunnitella ohjausjärjestelmä automaattiseen lumiaurarobottiin. Työn tavoitteena oli saada aikaan osaluettelo robotin ohjausjärjestelmää varten sekä saada aikaan toiminnallinen kuvaus laitteiston toiminnasta. Erityisesti työssä tarkasteltiin ja pohdittiin erilaisten ohjausjärjestelmän komponenttien toimintaa talvisissa olosuhteissa. Robottilumiauran talvinen toimintaympäristö asettaa erityisvaatimuksia sen sisältämälle ohjauselektroniikalle ja komponenteille. Erilaisia komponentteja verrattaessa otettiin huomioon osien pakkaskestävyys hinta, koko sekä liitettävyyys.

Ohjausjärjestelmän perusrakenne suunniteltiin ottamalla selvää erilaisista robottien ohjausjärjestelmistä ja rakennusprojekteista. Tässä työssä suunniteltu ohjausjärjestelmä sisältää toimivan prototyypin valmistamiseen tarvittavat komponentit. Työssä valitut komponentit ovat keskusyksikkö, pitkän matkan anturit, lyhyen matkan anturit, lämpötila- ja kosteusanturit, paikannuslaitteisto, kiihtyvyys- ja suuntaanturit sekä voima-anturit. Lisäksi järjestelmän toiminnasta tehtiin yleisluontoinen kuvaus, jotta komponenttien merkityksestä ja toiminnasta saisi mahdollisimman hyvän ja selkeän kuvan.

Avainsanat: robotti, lumiaura, suunnittelu, keskusyksikkö, anturit, ohjausjärjestelmä

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Electric Automation

Author: Janne Palo

Title of thesis: Control system of an automated snow plough robot

Supervisor: Seppo Stenberg

Year: 2014

Number of pages: 62

Number of appendices: 1

Harsh winter environment makes it difficult for robots to get information about their location and surroundings. For an automated snow plough robot it is important to know its precise location and whether there are objects nearby that need to be recognized and avoided. This would ensure a safe and precise operation of the robot.

The objective of this thesis was to study different kind of logic units, sensors and equipment that could give the robot good sufficient about its location and surroundings even in extreme winter conditions. Next step was to plan a basic control system for the automated snow plough which would utilize the studied methods for moving, sensing and locating itself. The resulting conclusions and findings could provide valuable information for future robots and machines which are used in winter.

During the project the reliability of several different kind of sensors were studied from the manufacturers websites and datasheets to find out their accuracy and durability in snowy ground and cold weather. It was easy to choose the right types of sensors based on the studies. The main unit of the basic control system for the robot was chosen from a large variety of different kinds of PLCs and controller devices. The chosen RaspberryPi microcomputer stood out as an affordable and good alternative for expensive industrial models.

The results are a good basis for anyone who is planning or studying anything related to robotics or surroundings sensoring in winter conditions. The sensoring and controlling components used would be a very good choice also for many kinds of industrial purposes in which the parts need to endure cold and extreme conditions.

Keywords: robots, control system, automation, snow plough, sensor, location, remote sensing

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ	4
Kuvio- ja taulukkoluetelo.....	7
Käytetyt termit ja lyhenteet	9
1 Työn tarkoitus	10
2 Robotti	11
3 Mekaaninen kuvaus	12
4 Elektroniikka.....	13
4.1 Keskusyksikkö.....	13
4.2 Anturit.....	13
4.3 Väylät	14
4.4 Moottorit	14
4.5 Akut.....	15
5 Keskusyksikkö	16
5.1 PLC vaihtoehdot.....	16
5.1.1 OMRON	17
5.1.2 Siemens.....	19
5.1.3 ABB.....	21
5.2 PC-pohjaiset ratkaisut	22
5.2.1 x86-pohjaiset laitteet	22
5.2.2 ARM -pohjaiset laitteet.....	26
5.3 Kontrollerit.....	30
5.3.1 Arduino.....	30
5.4 Keskusyksikön valinta ja perustelut.....	33
6 Anturit	34
6.1 Etäisyyksien mittaaminen.....	34
6.1.1 Laser anturit	35
6.1.2 Infrapuna-anturit.....	35

6.1.3	Ultraäänianturit.....	36
6.1.4	Konenäkö ja lämpökamera	37
6.2	Asennon mittaaminen	37
6.3	Suunnan mittaaminen	38
6.4	Paikan määrittäminen	38
6.4.1	GPS-paikannuspiirit	39
6.4.2	GLONASS-paikannuspiirit.....	39
6.5	Voiman mittaaminen	40
6.5.1	Työntökauhaan kohdistuvan voiman mittaaminen	41
6.6	Lämpötilojen mittaaminen	41
7	Turvallisuus.....	42
7.1	Esteiden tunnistaminen.....	42
7.1.1	Pienet esteet.....	42
7.1.2	Suuret esteet.....	42
7.2	Ihmisten tunnistaminen	43
8	Käyttöliittymä.....	44
8.1	Etäkäyttö	44
8.1.1	Wifi.....	44
8.1.2	Muut datayhteydet	45
8.2	Radio-ohjaus.....	45
9	Lumen tunnistus.....	46
9.1	Lumen paksuuden mittaaminen	46
9.2	Lumen painon mittaaminen	46
10	Olosuhteet joissa järjestelmän tulee toimia	48
11	Antureiden vertailu ja valinta	49
11.1	Pitkiä etäisyyksiä mittaavat laser-anturit	49
11.2	Lyhyitä etäisyyksiä mittaavat anturit.....	50
11.3	Asentoa ja kiihtyvyyttä mittaavat anturit	53
11.4	Lämpötilaa mittaavat anturit	54
11.5	Antureiden valinta ja perustelut.....	55
12	Yhteenvedo ohjausjärjestelmään valituista komponenteista.....	56
13	Loppupäätelmät	58

LÄHTEET	59
LIITTEET	63

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Radio-ohjattavan lumiauran prototyyppi.....	11
Kuvio 2. Väylään liitettyjä PLC-laitteita.....	14
Kuvio 3. OMRON CPM2C ohjelmoitava logiikka.....	17
Kuvio 4. OMRON CJ1M modulaarinen ohjelmoitava logiikka.	18
Kuvio 5. Siemens Simatic S7-300 ohjelmoitava logiikka.....	19
Kuvio 6. Siemens Simatic S7-mEC sulautettu ohjelmoitava logiikka	20
Kuvio 7. ABB AC500-eCo ohjelmoitava logiikka	21
Kuvio 8. Beckhoff CX2000 -sarjan tietokone.....	23
Kuvio 9. Portwell WEBS-1312 passiivinen minitietokone	24
Kuvio 10. Giada F102D -minitietokone	25
Kuvio 11. Raspberry PI yhden piirilevyn tietokone	27
Kuvio 12. CompuLab CM-FX6 yhden piirilevyn ARM-tietokone	28
Kuvio 13. VIA APC Rock yhden piirin ARM-tietokone.....	29
Kuvio 14. Arduino Mega 2560 -mikrokontrollerialusta.....	31
Kuvio 15. Arduino Tre -kontrollerialusta.....	32
Kuvio 16. Laser-etäisyysanturi.	35
Kuvio 17. Infrapuna-etäisyysanturi.....	36
Kuvio 18. Ultraäänietäisyysanturi.....	36
Kuvio 19. Teollisuuden konenäkökameroita.	37
Kuvio 20. Gyroskooppiiri.	38
Kuvio 21. Kompassisensoripiiri.	38
Kuvio 22. GPS-piiri.....	39
Kuvio 23. GLONASS-vastaanottimia.	40
Kuvio 24. Venymäliuska-voima-anturi.....	40
Kuvio 25. Digitaalinen lämpötila-anturi.....	41
Kuvio 26. Lämpökameran kuvassa olevia ihmisiä.....	43
Kuvio 27. Radio-ohjain sekä vastaanotinyksikkö	45
Kuvio 28. Jenoptic SHM 30 lumen paksuutta mittaava anturi	46
Kuvio 29. Jenoptic LDM 41/42/43 -laser-etäisyysanturi.	49
Kuvio 30. Parallax 15–122cm laser-etäisyysanturi.....	50
Kuvio 31. URM04 v2.0 -ultraäänianturi.	51

Kuvio 32. URM37 V3.2 -ultraäänianturi.....	52
Kuvio 33. MC005 säädettävä infrapunaetäisyysanturi.	52
Kuvio 34. AltIMU-10 v3 -monitoimianturi.....	53
Kuvio 35. MicroMag 3-akselinen magnetometri	54
Kuvio 36. TCN75A digitaalinen lämpötila-anturi.....	54

Käytetyt termit ja lyhenteet

PLC	Ohjelmoitava logiikka.
Anturi	Tiettyä suuretta mittaava laite
PC	Personal Computer
Robotti	Kone joka tekee sille käskettyä työtä
x86	Proessoriarkkitehtuuri
ARM	Proessoriarkkitehtuuri
WiFi	Langaton lähiverkkotekniikka
IO	Input Output eli tulo- ja lähtöliitännät
RAM	Random Access Memory, muistitekniikka
Linux	Avoimeen lähdekoodiin perustuva käyttöjärjestelmä
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannustekniikka

1 Työn tarkoitus

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin erilaisia mahdollisuuksia toteuttaa ohjausjärjestelmä automaattiseen lumiaurarobottiin. Erityisinä haasteina oli selvittää erilaisten antureiden ja komponenttien soveltuvuus erittäin kylmissä tai kosteissa olosuhteissa liikkuvan robotin ohjauselektronikaksi. Lumiaurarobotin täytyy toimia luotettavasti niin kovilla pakkasilla kuin leudolla suojasäällä, sekä osata havainnoida ja paikoittaa itsensä ympäristöönsä. Talvisin suuret lumikinokset ja kovat lumimyrskyt asettavat automaattiselle koneelle ja sitä ohjaavalle järjestelmälle erittäin suuret haasteet. Erilaisia anturivaihtoehtoja paikkatietojen saamiseksi ohjausjärjestelmään tutkittiin selvittämällä niiden pakkaskestävyyttä sekä aiempia tutkimustuloksia vertailemalla. Ohjauselektronikan muita komponentteja kuten ohjauksen logiikkaa ja dataa käsitteleviä keskusyksiköitä, vertailtiin niin hinnan, toimintavarmuuden kuin helppokäyttöisyyden perusteella. Tässä työssä otettiin vain vähän kantaa itse robotin fyysisiin ominaisuuksiin, kuten alustaan ja voimanlähteisiin, sillä tarkoituksena oli suunnitella ohjausjärjestelmä, joka olisi yhdistettävissä lähes mihin tahansa liikkuvaan koneeseen ruohonleikkurin kokoisesta pienestä robotista suureen teillä liikkuvaan lumiauraan. Työn tavoitteena oli siis tutkia, suunnitella ja vertailla erilaisia ohjausjärjestelmän komponentteja, joiden avulla olisi mahdollista alkaa rakentamaan toimivaa ohjausjärjestelmän prototyyppiä.

2 Robotti

Robotteja on nykyään lähes joka paikassa missä tarvitaan automatisoitua kappaleiden tai muiden osien käsittelyä. Lisäksi robotit hoitavat erilaisia töitä ja toimintoja joita hoitamaan tarvittiin aiemmin ihminen. Robotin tarkka määrittely on vaikeaa, sillä robotit voivat tehdä erilaisia tehtäviä ja niiden ominaisuudet riippuvat tehtävän asettamista vaatimuksista. Osa liikkuu pyörillä, osa kävelee ja osa pysyy paikallaan. Yleisesti ottaen robotin määritelmä on yksinkertainen: Robotti on laite joka jollain tavoin osaa toimia fyysisessä maailmassa. (Robotti [Viitattu 29.4.2014].)

Robotteja voidaan luokitella erilaisiin kategorioihin niiden käyttötarkoituksen mukaan. Erilaisia robottikategorioita ovat esimerkiksi teollisuusrobotit, asevoimien robotit, lääkintärobotit ja lelurobotit. Näistä teollisuusrobotit ovat nykyään tärkein osa nykyaikaisen tehtaan tai tuotantolinjan toimintaa. Ne suorittavat monenlaisia toimintoja aina hitsaamisesta pakkaamiseen ja kappaleiden siirtelystä siivoamiseen. Teknologian kehittyessä roboteille löydetään kokoajan uusia käyttötarkoituksia ja tehtäviä. (Suonvieri 2005.) Tässä työssä tutkittava lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän suunnittelu on hyvä esimerkki uudesta tarpeesta ja käyttötarkoituksesta. Liikkuvan robotin vaatimukset ja tarpeet laitteiston ja elektroniikan osalta ovat monipuoliset ja vaativat runsaasti taustatyötä.



Kuvio 1. Radio-ohjattavan lumiauran prototyyppi.
(Radio-ohjattava lumiaura 2012)

3 Mekaaninen kuvaus

Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin ohjausjärjestelmää lumiaurarobotille ja tutkittiin erilaisia mahdollisuuksia suunnitelman toteuttamiseksi. Ohjausjärjestelmä on olennainen osa jokaisen robotin toimintaa, sillä mikään kone ei liiku jollei sen toimintaa ohjata jollakin tavalla. Ohjausjärjestelmää varten tulee kuitenkin olla jonkinlainen suunnitelma siitä, millainen lumiaurarobotti tulisi olemaan fyysisesti.

Lumiauroja on olemassa monia erilaisia, mutta kaikilla niillä pyritään puhdistamaan tietty alue lumesta ja loskasta. Automatisoidun lumiaurarobotin tulisi olla fyysisiltä mitoiltaan ja mekaniikaltaan sellainen, että se toimii moitteetta vaativissa talvisissa olosuhteissa niin pakkasella kuin suojasäälläkin.

Liikkuakseen robotti tarvitsee pyörät tai telat, jotka ovat pitävät liukkaallakin säällä. Tässä työssä lähtökohtainen ajatus on, että kyseinen robotti olisi teloilla liikkuva, sähkökäyttöinen työntökauhalla varustettu kone, joka kykenee luomaan lumet esimerkiksi suurelta parkkipaikalta tai muulta alueelta, jossa lumi tulee kerätä tiettyyn paikkaan tai alueelle.

Lumiaurarobotin fyysiset osat ja kuvaus:

- telapyörästöt molemmilla puolilla
- kaksi sähkömoottoria telapyörästöjä varten
- akustot, joissa kapasiteettia vähintään suurehkon parkkipaikan auraamiseen.
- metallinen runko johon mahtuu akustot, moottorit, anturit sekä ohjausjärjestelmän elektroniikka
- työntökauha lumen työntämistä varten
- mekaniikka kauhan nostamista varten
- ohjauselektroniikka
- anturit
- valot ja vilkut.

4 Elektroniikka

Lumiaurarobotti tarvitsee toimiakseen elektronisia ja sähköisiä komponentteja. Erikoisvaatimuksia näille asettaa talvisin kylmät ja kosteat säät. Liikkuvan robotin ohjauselektroniikka suunniteltiin tässä työssä sijoitettavaksi suoraan robotin sisäpuolelle. Toisena mahdollisuutena olisi ollut suunnitella ulkoinen järjestelmä, joka ohjaa robottia etäyhteyden avulla. (Suonvieri 2005.)

4.1 Keskusyksikkö

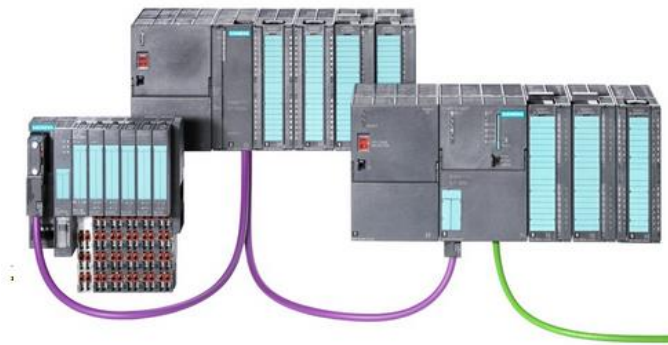
Keskusyksikkö toimii robotin aivoina ja ohjaa muita laitteita. Vaatimuksia keskusyksikölle oli hyvä toimintavarmuus ja hinta-laatusuhde. Keskusyksiköitä vertaillaan kappaleessa 5. Yleisesti robottien keskusyksikköinä toimii joko ohjelmoitava logiikka tai PC-pohjainen tietokone. Pienien ja yksinkertaisten robottien keskusyksikköinä voidaan käyttää hyvinkin pieniä mikrokontrollereita tai micro-kokoluokan tietokoneita. Tässä työssä vertailtiin useita erilaisia keskusyksikkövaihtoehtoja. Keskusyksiköt valittiin niiden hinnan, käyttötarkoitukseen sopivuuden ja fyysisten mittojen perusteella.

4.2 Anturit

Erilaisten anturien avulla keskusyksikkö tietää toimia oikealla tavalla ja ohjata robotin toimintaa. Anturit antavat robotille tietoa niin ympäristöstä kun laitteen sisäisestä toiminnasta. Etäisyysanturit mittaavat matkaa erilaisiin esteisiin ja objekteihin. Lämpötila-anturit mittavat laitteen ja ympäristön lämpötiloja, ja asento- ja voima-anturit antavat robotille tietoa sen liikkeistä ja tapahtumista. (Honkanen [Viitattu 29.4.2014].) Tässä työssä anturien tärkeimpinä ominaisuuksina pidettiin niiden hintaa ja pakkaskestävyyttä. Antureiden pakkaskestävyydet selvitettiin valmistajien ilmoittamista toiminta lämpötiloista. Kaikkien antureiden tarkkaa hintaa oli vaikea selvittää mutta ne jaoteltiin kalliimman ja edullisemman hintaluokan antureihin.

4.3 Väylät

Erilaisia väylätekniikoita käytetään roboteissa siirtämään dataa esimerkiksi antureilta keskusyksikölle. Väylätekniikoiden käyttö vähentää johtojen ja liittimien tarvetta, sillä yleisimmät väylätekniikat tukevat usean eri toimilaitteen, kuten anturin, yhdistämistä yhden kaapelin avulla keskusyksikköön. Yleisimpiä kenttäväyliä tukevia laitteita on olemassa paljon ja lähtökohtaisesti väylien käyttö helpottaa elektronikan suunnittelua ja mahdollista toteutusta. (Nykänen 2014.) Tässä työssä verrattiin laitteita, jotka tukevat yleisimpiä kenttä ja laiteväyliä. Niitä ovat esimerkiksi RS485, I2C sekä CAN- ja ProfiBus-väylät.



Kuvio 2. Väylään liitettyjä PLC-laitteita
(Siemens [Viitattu 28.4.2014])

4.4 Moottorit

Liikkuakseen robotti tarvitsee moottoreita. Yleisimmät teollisuusrobotit käyttävät sähkömoottoreita liikuttaakseen niveliään, mutta ulkokäytössä olevat robotit voivat käyttää myös polttomoottoreita. Erityisesti, mikäli robotti on liikkuva ja käyttää liikkuakseen pyöriä tai teloja, on polttomoottori erittäin varteenotettava vaihtoehto. Sähkömoottoreita käytettäessä taajuusmuuttajat ovat erinomainen tapa ohjata AC-moottorin toimintaa, mutta tämä ratkaisu saattaa olla kallis käytettäessä useita moottoreita ja taajuusmuuttajia. Samoin tilankäyttö on suuri käytettäessä taajuusmuuttajia. DC-moottoreita käytettäessä ei ole tarvetta taajuusmuuttajalla, mutta tällöin erillinen moottorinohjain on välttämätön. Polttomoottorikäyttöisen robotin huonona puolena ovat polttoaineen kanssa vastaantulevat ongelmat ja turvalli-

suustekijät, kuten polttoaineen säilytys lisääminen ja varastointi. Hyvänä puolena ovat kuitenkin pidemmät toiminta-ajat sähkökäyttöihin verrattuna olettaen että polttoainesäiliöt ovat tarpeeksi suuret. Etuna on myös sähkömoottoreilla toimiviin koneisiin verrattuna suhteellisesti kevyempi paino, sillä sähkömoottorikäyttöjen tarvitsemat akustot voivat kapasiteetista riippuen satojen kilojen painoisia. (Aarnio 15.9.2012.)

4.5 Akut

Erityisesti liikkuvissa roboteissa oleva elektroniikka ei voi toimia ilman jonkinlaista energianlähdettä. Jos robotti liikkuu sähkömoottorien avulla, tarvitsee se luotettavat akustot, jotta riittävä toiminta-aika toteutuu. Liikkuviin koneisiin on olemassa runsas valikoima erilaisia akkuratkaisuja aina pienien laitteiden akuista suurien teollisuustrukkien ja sähköautojen akustoihin.

Yleisin tavallisissa akkukäyttöisissä koneissa käytettävä akkutekniikka on lyijyaku, joista yleisimmät antavat 12 ja 24 voltin jännitteen ja niiden kapasiteetti vaihtelee 9 ampeeritunnin ja 200 ampeeritunnin välillä. Lyijyakkujen huonona puolena on niiden paino sekä kovalla pakkasella jännitteen voimakas aleneminen ja purkautuminen. Kevyemmät yleiset akkuvaihtoehdot, kuten nikkelimetallihydridiakut (NiMH), litiumioniakut (Li-ion) ja litiumpolymeeriakut (LiPo), eivät ole kapasiteetiltaan tarpeeksi järeitä lumiaurarobottiin, vaan sopivat paremmin pienempiin laitteisiin, kuten pieniin radio-ohjattaviin leluihin ja laitteisiin. Litium-akkujen käyttö tosin yleistyy jatkuvasti litium -tekniikan kehittyessä. (Nykänen 2014; Aarnio 15.9.2012.)

5 Keskusyksikkö

Vertailtavaksi tässä työssä otettiin yleisimmät vaihtoehdot liikkuvan koneen keskusyksiköksi. Tavalliset PC-tietokoneet jätettiin pois vaihtoehdoista koska niiden koko ja virrankulutus todettiin heti liian suuriksi, sillä tarkoituksena oli etsiä pieni, edullinen, varmatoiminen, helppokäyttöinen ja laajan tuen ja ohjeistuksen omaava vaihtoehto, joka pystyisi vastaamaan kaikista liikkuvan robotin toiminnoista myös pakkassäällä.

Talvisten olosuhteiden sietokyky oli keskusyksiköitä vertailtaessa yksi tärkeimpiä asioita. PC-pohjaiset laitteet ovat erityisesti herkkiä toimintalämpötilan suhteen ja niiden sekä muiden laitteiden osalta selvitettiin valmistajan ilmoittamat optimaaliset toimintalämpötilat (Tölli 2010).

5.1 PLC vaihtoehdot

Ohjelmoitavat logiikat ovat yleisiä teollisuuden ja automaatio-ohjauksen keskusyksiköitä. Useat suuret valmistajat kuten Omron, Siemens ja ABB tarjoavat monipuolisia ja hyvin laajennettavia ratkaisuja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Ohjelmoitavien logiikkojen hyviä puolia ovat niiden laajennettavuus modulaarisilla tulo- ja lähtöpor-teilla, sekä laajat valmiit ohjelmakirjastot ja ohjeet. Lisäksi useat laadukkaat ohjel-moitavat logiikat tukevat suoraan yleisimpiä kenttäväyliä kuten Profibusia tai Mod-busia joiden avulla esimerkiksi antureiden liittäminen logiikkaan on erittäin vaiva-tonta. (Ohjelmoitavat Logiikat [Viitattu 29.4.2014].)

Ohjelmoitava PLC-logiikka olisi erittäin varmatoiminen ratkaisu robotin ohjaami-seen. Tässä työssä vertailtavaksi valittiin eri valmistajilta pieniä ja vähävirtaisia malleja. Seuraavaksi esitellään eri valmistajien ohjelmoitavia logiikoita jotka voisi-vat sopia lumiaurarobotin keskusyksiköksi.

5.1.1 OMRON

CMPM2C. Omron valmistaa monenlaisia erilaisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettuja PLC-keskusyksiköitä. CMPM2C ohjelmoitava logiikka edustaa kevyttä ja pienikokoista sarjaa, joka on edullinen sekä vähävirtainen. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 3. OMRON CMPM2C ohjelmoitava logiikka (Omron [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- pienikokoinen
- vähävirtainen
- Omron ohjelmistojen laajuus. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- rajallinen määrä väylävaihtoehtoja
- rajallinen määrä IO liitäntöjä
- vaatii lämmitetyn koteloinnin, sillä valmistajan ilmoittama lämpötila optimaaliselle toiminnalle on 0–55 °C
- tehokkaampia malleja hitaampi tietojenkäsittelykyky sekä pieni muistin määrä. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)

CMPM2C-sarjan ohjelmoitava logiikka voisi kokonsa ja toiminnallisuutensa puitteissa olla sopiva vaihtoehto, mutta valmistajan ilmoittavat toiminta lämpötilat eivät ole optimaaliset pakkassäälle ja talvikäyttöön ilman erillistä lämmitettyä koteloa.

CJ1M. Modulaarisuutensa ansiosta CJ1M mahdollistaa monenlaisten laajennusosien liittämisen keskusyksikköön. Haittapuolena modulaarisuudessa on lisämoduulien koko, joka kasvattaa keskusyksikön kokonaismittoja. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 4. OMRON CJ1M modulaarinen ohjelmoitava logiikka. (Omron [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- pienikokoinen
- vähävirtainen
- modulaarinen eli laajennettavissa tarpeen mukaan. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- edullisia ratkaisuja huomattavasti kalliimpi
- vähäinen IO-porttien määrä ilman laajennuksia.
- Koko kasvaa moduuleja lisättäessä. (Omron [Viitattu 28.4.2014].)

CJ1M-sarjan ohjelmoitavat logiikat ovat monipuolisia ja luotettavia keskusyksiköitä. Modulaarisuus on CJ1M-sarjan valtti ja Omron tarjoaa järjestelmään kattavan valikoiman erilaisia lisäkortteja ja laajennusmahdollisuuksia. Ongelmaksi muodostuu laajennettaessa laitteen fyysisen koon kasvaminen sekä tehonkulutus. Valmistajan ilmoittavat toimintalämpötilat ovat myös haastavat, sillä laite tarvitsisi lämmitetyn kotelon toimiakseen talvella luotettavasti.

5.1.2 Siemens

SIMATIC S7-300. Siemensin valmistama SIMATIC S7-300 on erittäin laajassa käytössä oleva ohjelmoitava logiikka kevyeen teollisuuskäyttöön. Sille löytyy laaja tuotetuki sekä monipuolinen ohjeistus. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 5. Siemens Simatic S7-300 ohjelmoitava logiikka (Siemens [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- tehokas prosessori
- hyvin laajennettavissa
- hyvä tuki ja oppaat. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)

Huonoina puolina ovat tavalliset PLC järjestelmien ohjelmarajoitteet, kuten ohjelmien koko sekä käytettävien ohjelmointikielien rajallisuus. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)

Simatic S7 -sarjan ohjelmoitavat logiikat ovat yksi käytetyin logiikkatyyppi ja sille löytyy laaja ja kattava tuki ja ohjeistus. Ohjelmakirjastojen tarjonta on S7-sarjalle hyvä, niiden avulla on mahdollista toteuttaa monimutkaisiakin ohjauksia. Ohjelmoitavissa logiikoissa ongelmana on usein erilaisten ulkoisten kommunikaatioiden liittäminen. Esimerkiksi ulkoisen langattoman modeemin liittäminen S7-300 sarjan laitteisiin ei onnistu ellei välissä ole PC-pohjaista laitetta.

SIMATIC S7-mEC. Järeämpään teollisuuskäyttöön tarkoitettu SIMATIC S7-mEC ohjelmoitava logiikka mahdollistaa suurempienkin kokonaisuuksien ohjaamisen ja hallinnan. S7-mEC on laskentateholtaan ja suorituskyvyltään edullisempia malleja huomattavasti parempi. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 6. Siemens Simatic S7-mEC sulautettu ohjelmoitava logiikka (Siemens [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- tehokkaan PC-pohjaisen prosessorin ansiosta hyvä laskentateho
- ohjelmoitavissa muillakin tavoilla kuin perinteisillä siemensin työkaluilla
- hyvin laajennettavissa. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- erittäin kallis verrattuna edullisimpiin ratkaisuihin
- mahdollisesti liian järeä ratkaisu pienehköön lumiaurarobottiin.
- toiminta lämpötilat eivät täysin vastaa kylmien olosuhteiden vaatimuksia. (Siemens [Viitattu 28.4.2014].)

S7-mEC-sarjan ohjelmoitavat logiikat ovat järeitä ja laskentateholtaan tehokkaita verrattuna edullisempiin ja pienempiin ohjelmoitaviin logiikoihin. S7-mEC-sarjan laitteilla olisi mahdollista toteuttaa erittäin vaativiakin toimintoja, kuten langattomien yhteyksien hallintaa sekä monimutkaisia esteiden tunnistusohjelmia. Kokonsa puolesta S7-mEC sarjan logiikat ovat ehkä liian suuria laitteita liitettäväksi tässä työssä pohjana olevaan lumiaurarobottiin. Erityisesti, mikäli logiikkaan liitetään runsaasti laajennuskortteja ja muita laajennusosia, kasvaa se fyysisiltä mitoiltaan vaikeaksi sijoittaa liikkuvaan robottiin. Myös valmistajan ilmoittavat toimintalämpötilat eivät täysin vastaa tavoiteltuja arvoja, sillä laitteen tulisi toimia luotettavasti kovallakin pakkasella.

5.1.3 ABB

AC500-eCo PLC. ABB:n valmistamat ohjelmoitavat logiikat eivät ole yhtä yleisessä käytössä kuin Omron tai Siemens merkkiset logiikat, mutta ovat ominaisuuksiltaan ja suorituskyvyltään erittäin kilpailukykyisiä vaihtoehtoja. (ABB [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 7. ABB AC500-eCo ohjelmoitava logiikka
(ABB [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- tukee kuutta eri ohjelmointikieltä
- ohjelmien siirto onnistuu muistikortilla
- hyvin laajennettavissa erilaisilla IO- ja lisäkorteilla
- hajautettujen moduulien tuki CS31-väylän kautta. (ABB [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- koko kasvaa laajennusosia lisätessä
- vaatii 24 voltin jännitteen toimiakseen
- ei kestä liian kylmiä lämpötiloja ilman lämmitettyä koteloa. (ABB [Viitattu 28.4.2014].)

Ohjelmoitavuudeltaan ja laajennettavuudeltaan AC500 olisi erinomainen ratkaisu lumiaurarobotin keskusyksiköksi, mutta laajennettavuus kasvattaa laitteen fyysisiä mittoja lisäkorttien muodossa. 24 voltin toimintajännitevaatimus saattaa myös aiheuttaa ongelmia pienen robotin virransyötölle.

5.2 PC-pohjaiset ratkaisut

PC-pohjaiset ratkaisut yleistyvät teollisuuskäytössä jatkuvasti niiden monipuolisuuden ja ohjelmitavuuden ansiosta. ARM ja X86 -pohjaisilla prosessoreilla oleviin ratkaisuihin löytyy tuki lähes kaikille mahdollisille kenttäväylätekniikoille ja niitä on mahdollista ohjelmoida lähes kaikilla kehitetyillä ohjelmointikielillä Linux-käyttöjärjestelmätuen ansiosta. Robotin keskusyksikkönä niiden käyttömahdollisuudet ovat erittäin laajat sillä laajan väylätuen lisäksi niiden tietoliikenne- ja kommunikaatituki erilaisia langattomia ja langallisia yhteyksiä varten on yleisesti ottaen erittäin hyvä.

5.2.1 x86-pohjaiset laitteet

x86-prosessorit ovat yleisin prosessorikanta ja sitä käytetään todella laajasti niin tavallisissa kotitietokoneissa kuin pienissä erikoistietokoneissakin. Lumiaurarobotia varten keskusyksikön tulisi olla erittäin pienikokoinen, mutta sisältää kaikki PC-pohjaiselle ratkaisulle tärkeät ominaisuudet, kuten oman massamuistin, hyvän liitäntävalikoiman sekä tuen ulkoisille langattomille modeemeille ja vastaanottimille.

x86-ratkaisuja löytyy niin halvasta kuin erittäin kalliista teollisuuskäyttöön tarkoitettujen laitteiden hintaluokasta. Kalliimmassa hintaluokassa käytetään parempia ja laadukkaampia komponentteja, kun taas halvimmassa hintaluokassa komponenttien ja osien alkuperää saattaa olla erittäin vaikea selvittää. (x86 [Viitattu 28.4.2014].) Tässä työssä valittiin vertailuun kolmen eri hintaluokan laitteita, jotka käyttävät x86-pohjaisia prosessoreja.

Beckhoff Embedded PC series CX2000. Beckhoff valmistaa erittäin yleisessä käytössä olevia x86 prosessoriarkkitehtuuriin perustuvia ohjelmoitavia logiikoita ja tietokoneita. Niitä on mahdollista ohjelmoida monilla eri ohjelmointikielillä ja ne pystyvät suorittamaan erittäin monimutkaisiakin tehtäviä. (Beckhoff [Viitattu 29.4.2014].)



Kuvio 8. Beckhoff CX2000 -sarjan tietokone (Beckhoff [Viitattu 29.4.2014])

Hyvät puolet

- hyvä erilaisten väylien tuki
- modulaarinen eli erittäin kattavat laajennusmahdollisuudet
- tehokas keskusyksikkö
- hyvä kylmänsietokyky (-25...+60 °C). (Beckhoff [Viitattu 29.4.2014].)

Huonot puolet

- kallis ratkaisu (yli 1000 euroa)
- vie paljon tilaa mikäli paljon lisäosia liitettynä.
- Virrankulutus suurempi kuin kevyemmällä ratkaisulla. (Beckhoff [Viitattu 29.4.2014].)

Beckhoff CX2000-sarja olisi ominaisuuksiltaan hyvä vaihtoehto lumiaurarobotin keskusyksiköksi, mutta erittäin kallis hinta tekee siitä muihin vaihtoehtoihin nähden hinta-, ominaisuus-suhteeltaan vähemmän houkuttelevan kuin edullisemmat mallit.

Portwell WEBS-1312. Edullisen hintaluokan PC-pohjaisista ratkaisuksista Portwell valmistaa WEBS-1312 mallista tietokonetta. Se voisi suhteellisen pienen kokonsa, sekä ominaisuuksiensa ansiosta olla hyvä vaihtoehto lumiaurarobottiin. (Portwell [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 9. Portwell WEBS-1312 passiivinen minitietokone (Portwell [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- pienikokoinen
- vähävirtainen
- passiivisesti jäähdytetty. (Portwell [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- tarvitsee lisää IO liitäntöjä erillisen kortin avulla
- verraten kallis (noin 600 euroa)
- vaatii talvella lämmitetyn kotelon. (Portwell [Viitattu 28.4.2014].)

WEBS-1312 voisi olla erittäin hyvä ja tehokas vaihtoehto lumiaurarobotin keskusyksiköksi. Sille on mahdollista tehdä ohjelmia lähes kaikilla mahdollisilla ohjelmointikielillä ja siinä on hyvät liitännät ja tuki ulkoisille modeemeille. Ongelmana Portwell WEBS-1312-laiteella on hinta, joka on moninkertainen verrattuna edullisempiin yhden piirin ratkaisuihin.

Giada F102D. Tässä työssä PC-pohjaisista keskusyksiköistä edullisin on Giada F102D -minitietokone. Se on liitännöiltään huonompi kuin kalliimmat vaihtoehdot, mutta muilta ominaisuuksiltaan varteenotettava vaihtoehto lumiaurabottiin. (Giadatech [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 10. Giada F102D -minitietokone
(Giadatech [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- edullinen (noin 250 euroa)
- hyvä ohjelmoitavuus
- tuki ulkoisille modeemeille. (Giadatech [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- vähäinen liitännöjen määrä
- laadultaan kalliimpia malleja heikompi
- ei kovin yleisessä käytössä oleva laite, joten tuen ja ohjeistuksen saatavuus heikko. (Giadatech [Viitattu 28.4.2014].)

Giada F102D on tässä työssä verrattavista x86-prosessoripohjaisista minitietokoneista edullisin. Siitä löytyy silti ominaisuuksia, jotka tekevät siitä varteenotettavan vaihtoehdon muihin laitteisiin nähden. F102D on kooltaan erittäin pieni ja vähävirtainen. Siitä löytyy WIFI lähetyvastaanotin sisäänrakennettuna ja Linux-käyttöjärjestelmätuen ansiosta sen ohjelmoitavuus on huippuluokkaa.

5.2.2 ARM -pohjaiset laitteet

ARM prosessoripohjaiset tietokoneet yleistyvät koko ajan sillä ARM -pohjaisista ratkaisuista voidaan saada todella vähävirtaisia, mutta tehokkaita. ARM on ollut yleinen prosessori tekniikka mobiilipuolella jo pitkään, mutta suurempiin ratkaisuihin se on löytänyt tiensä sen laskentatehon, luotettavuuden ja tuen kehittyttyä tarpeeksi hyvälle tasolle. Huonona puolena ARM –laitteissa voidaan pitää x86-prosessoriarkkitehtuuriin perustuvia laitteita heikompaa ohjelmistotukea. Tässä työssä otettiin vertailtavaksi kolme erilaista ARM prosessoreihin perustuvaa keskusyksikköä. (Rintala 2013.)

Raspberry PI. Raspberry PI on yhden piirilevyn tietokone, joka on niin virrankulutukseltaan kuin lämmöntuotoltaan todella hyvä vaihtoehto robottien ohjaamiseen. Rasperryn ytimenä toimii 700 Mhz:n ARM-pohjainen prosessori ja siinä on mallista riippuen 215 tai 512 Megatavua RAM-muistia. (Raspberry PI [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 11. Raspberry PI yhden piirilevyn tietokone
(Raspberry PI [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

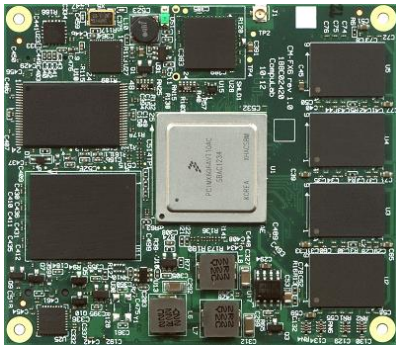
- vähävirtainen
- ei tuota paljon lämpöä
- hyvä laite- ja väylätuki
- hyvä ohjelmoitavuus
- tukee Debian- ja Arch Linux-käyttöjärjestelmien ARM-versioita
- edullinen (noin 35 euroa). (Raspberry PI [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- x86-ratkaisuja heikompi laskentateho
- ei sisällä valmista kotelointia
- ei ole komponenteiltaan kovin luotettava, sillä teollisuus standardit täyttäviä komponentteja käyttävä mallia ei ainakaan vielä ole saatavilla. (Raspberry PI [Viitattu 28.4.2014].)

Raspberry PI on tällä hetkellä yksi maailman suosituimpia minitietokoneita. Sille löytyy laaja tuki ja siinä on erinomainen liitettävyyys ja pieni virrankulutus. Raspberry PI:n laskentateho riittäisi hyvin lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän tarpeisiin.

CompuLab CM-FX6. CM-FX6 on yhden piirilevyn tietokone, johon saa valinnan mukaan erilaisia määriä RAM-muistia, flash-muistia sekä laskentatehoa erilaisten ARM-pohjaisten prosessorien muodossa. Myös erilaisten lämpötilojen sietokykyyn on mahdollista vaikuttaa tilaus- ja ostovaiheessa valitsemalla parempia teollisuuskäyttöön tarkoitettuja komponentteja. CM-FX6 kestää jopa -25...+60 °C asteen lämpötiloja, mikäli siinä käytetään valmistajan industrial-tason komponentteja. (Compulab [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 12. CompuLab CM-FX6 yhden piirilevyn ARM-tietokone (Compulab [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

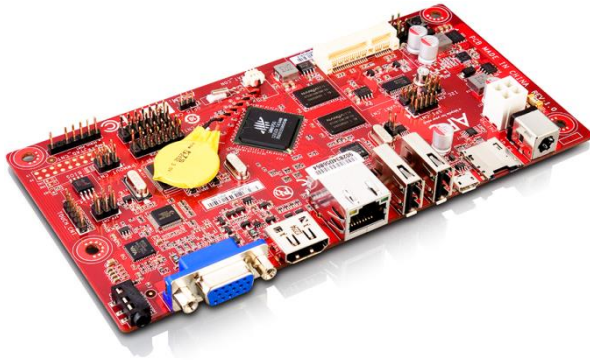
- tarkoitettu sulautettuihin sovelluksiin
- tuki Linux käyttöjärjestelmälle
- laadukkaat ja hyvät komponentit
- vähävirtainen
- useat tekniset ominaisuudet muokattavissa tilausvaiheessa tarpeen mukaan. (Compulab [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- heikko saatavuus
- heikompi tuki ja ohjeistus kuin yleisimmillä malleilla. (Compulab [Viitattu 28.4.2014].)

CM-FX6 olisi tehoiltaan ja ominaisuuksiltaan hyvä valinta lumiaurarobotin keskusyksiköksi. Huonona puolena on sen harvinaisuus yleisessä harrastekäytössä, eikä sille siten löydy tarpeeksi kattavaa tukea ja ohjeistusta. CM-FX6 Tarvitsisi myös erillisen kotelon.

VIA APC Rock. VIA APC Rock on yhden piirin ARM-pohjainen tietokone joka sisältää tehokkaan prosessorin 512 megatavua RAM-muistia sekä hyvät liitäntämahdollisuudet. Ensimmäinen VIA APC -alusta on tullut markkinoille vuonna 2012, eikä se ole yleistynyt vielä yhtä paljon kuin kilpailijansa Raspberry PI. (Via APC [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 13. VIA APC Rock yhden piirin ARM-tietokone (Via APC [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- erittäin suorituskykyinen
- hyvät liitännät
- laadukkaat komponentit. (Via APC [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- uutuudesta johtuen ei vielä paljoa valmiita sovelluksia tai lisälaitteita
- toistaiseksi harvinainen joten tuki ja ohjeistus on vielä puutteellinen.
- ei tietoa toiminnasta kylmissä olosuhteissa joten vaatisi lämmitetyn kotelon. (Via APC [Viitattu 28.4.2014].)

VIA APC Rock on VIA:n uusin ARM-pohjainen minitietokone. Siinä on tehokas prosessori ja hyvät liitännät. Virrankulutukseltaan APC Rock on myös erinomainen vaihtoehto lumiaurarobottiin. Huonoina puolina on laitteen vajavainen tuki ja muita minitietokoneita kovempi hinta.

5.3 Kontrollerit

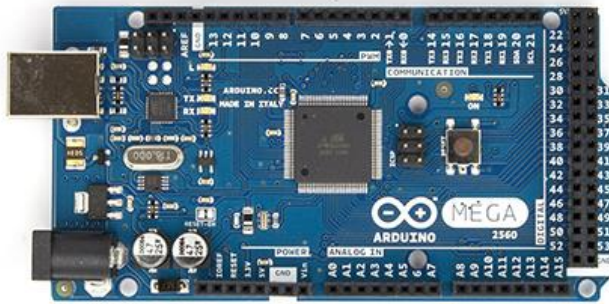
Erilaisia mikrokontrollereja käytetään nykyään lähes kaikissa laitteissa jotka tarvitsevat pientä ja yksinkertaista keskusyksikköä. Esimerkiksi kodinkoneet kuten pyykinpesukoneet ja digitaaliset mikroaaltouunit ovat nykyään mikrokontrolleriohjattuja. (Honkanen [Viitattu 29.4.2014])

Mikrokontrollerialustojen tarjonta on nykyään niin laaja ja monipuolinen, että niiden joukosta pitäisi löytyä oikeanlainen kontrolleria lähes jokaiseen tarpeeseen. Tässä työssä valittiin yleisimpien ja käytetyimpien mikrokontrollerialustojen joukosta tarkasteltavaksi sellaisia jotka laskentakykynsä, laajennettavuutensa ja toimintavarmuutensa puolesta voisivat olla sopivia lumiaurarobotin keskusyksiköksi.

5.3.1 Arduino

Arduino lienee tällä hetkellä yleisin ja käytetyin mikrokontrollerialusta. Siitä on tehnyt suositun sen avoimen laitteiston käyttö sekä laaja yhteisön tuki. Arduino laitteistot perustuvat 8-bittiseen Arduino AVR-mikrokontrolleriin jota ohjelmoidaan C++-tyyppisellä Arduino-ohjelmointikielellä. Arduino-alustojen vahvuuksia on niiden pieni koko, vähävirtaisuus sekä ohjelmoitavuus. Arduino-laitteisiin on olemassa myös runsaasti yhteensopivia lisäosia ja laajennusosia erilaisista antureista GPS-vastaanottimiin ja näyttöpaneeliin. Arduino-alustat tukevat myös erilaisten väylätekniikoiden käyttöä. Tässä työssä päätettiin verrata yleisimpiä Arduino-pohjaisia mikrokontrollerialustoja, joissa on valmiiksi tarpeeksi IO-liitäntöjä, automaattisen lumiaurarobotin tarpeisiin.

Arduino Mega 2560. Arduino tuoteperheen yksi suosituimpia laitteita on Mega 2560, joka on proto- ja harrastekäytössä erittäin yleinen. Sille on olemassa runsaasti ohjelmakirjastoja sekä laajennusosia. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 14. Arduino Mega 2560 -mikrokontrollerialusta (Arduino [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- vähävirtainen
- 54 digitaalista IO liitintä
- erittäin pienikokoinen
- saatavilla runsaasti erilaisia laajennusosia. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- heikko laskentateho
- huono käsittelemään suuria datamääriä
- rajalliset ohjelmointimahdollisuudet. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)

Arduino Mega 2560 on yksi suosituimpia mikrokontrollerialustoja, ja sille löytyy runsaasti lisäosia ja valmiita ohjelmakirjastoja. Digitaalisten IO-porttien määrä Mega 2560 -alustassa olisi riittävä pieneen robottilumiauraan, mutta ohjatakseen kaikkia lumiaurarobotin toimilaitteita olisi ohjausta hoitavan ohjelman olla erittäin hyvin optimoitu, sillä Mega 2560 on laskentateholtaan heikko verrattuna tehokkaammilla prosessoreilla varustettuihin keskusyksilöihin.

Arduino Tre. Uusi Arduino Tre -kontrollerialusta tarjoaa laskentatehoa ja kapasiteettia enemmän kuin edullisemmat mikrokontrollerit. Ulkoisia liitäntöjä ja IO-portteja löytyy myös tarvittava määrä. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 15. Arduino Tre -kontrollerialusta
(Arduino [Viitattu 28.4.2014])

Hyvät puolet

- tehokkaan prosessorin ansiosta paljon laskentatehoa
- erittäin laajat ohjelmointimahdollisuudet
- vähävirtainen
- suuri määrä digitaalisia IO-liittimiä. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)

Huonot puolet

- heikko tuki johtuen tuotteen uutuudesta
- valmiiden laajennusosien puute
- kalliimpi kuin muut Arduino kontrollerit. (Arduino [Viitattu 28.4.2014].)

Tehokkaan prosessorin ansiosta Arduino Tre -alusta olisi erittäin hyvä ratkaisu liikkuvaan robottilumiauraan. Tehokas prosessori mahdollistaisi monimutkaisen paikanmäärittämisen ja jopa kuvantunnistuksen suorittamisen samalla alustalla. Huonoina puolina ovat alustan heikko tuki johtuen sen uutuudesta. Laitetta käytetään tällä hetkellä hyvin vähän ja sille ei löydy vielä juurikaan valmiita laajennuksia tai ohjelmakirjastoja.

5.4 Keskusyksikön valinta ja perustelut

Erilaisia keskusyksiköitä vertailtaessa tässä työssä tärkeänä pidetyt ominaisuudet olivat hinta, koko, virrankulutus, ohjelmoitavuus ja liitettävyyys sekä lisäosien ja valmiiden ohjelmakirjastojen määrä.

PLC-vaihtoehtoista Omronin CJ1M ja Siemensin Simatic s7-300 olivat varteen- otettavimmat vaihtoehdot, mutta ne todettiin lopulta liian järeiksi vaihtoehtoiksi lumiaurabottiin.

Mikrokontrollerivaihtoehtoista Arduino TRE olisi ollut muuten erittäin hyvä vaihto- ehto lumiaurabotin keskusyksiköksi, mutta sen ollessa vielä niin uusi laite on sille oleva tuki todella vähäistä ja hajanaista. Arduino Mega 2560 on liitännöiltään hyvä vaihtoehto, mutta sen laskentateho jää heikoksi, kun tullaan vertailussa PC- pohjaisiin vaihtoehtoihin.

PC-pohjaiset laitteet ovat laskentateholtaan ja ohjelmoitavuudeltaan ylivoimaisia verrattuna muihin tässä työssä vertailtavina olleisiin keskusyksikkövaihtoehtoihin. x86-prosessoriarkkitehtuuriin perustuvan laitteet olisivat olleet toiminnaltaan ja te- hoiltaan erittäin kelpoisia, mutta eivät pärjänneet hinnaltaan ja kooltaan ARM- pohjaisille ratkaisuille.

Tässä työssä päädyttiin valitsemaan robotin keskusyksiköksi PC-pohjainen ARM- prosessoriarkkitehtuuriin perustuva Raspberry PI -minitietokone. Sille on olemassa erittäin laaja tuki ja ohjeistus, sekä se on Linux-käyttöjärjestelmää tukevana erittäin hyvin ohjelmoitavissa tarpeen mukaan. Raspberry PI on kooltaan erittäin pieni, mut- ta vaatii erillisen lämmitetyn kotelon toimiakseen luotettavasti pakkasella. Siinä on hyvät liitännämahdollisuuden niin erilaisille väylille kuin ulkoisille IO-korteille sekä laitteille. Raspberry PI tukee erilaisia langattomia tekniikoita WiFi-tekniikasta ulkois- ten modeemien käyttöön, eikä siinä ole USB-porttien ansiosta rajoitettuja ominai- suuksia ulkoisten tietokoneille tarkoitettujen lisälaitteiden lisäämiseen.

6 Anturit

Anturit ovat erittäin tärkeä osa mitä tahansa automaattista konetta joka tarvitsee tietoa ympärillään tapahtuvista asioista. Erilaisten anturien avulla voidaan mitata niin etäisyyksiä, kuin asentoa, voimaa ja lämpötiloja. Anturit voidaan kytkeä koneessa suoraan keskusyksikköön tai ne voidaan usein kytkeä myös käyttämällä väylää. Anturien valikoima on erittäin kattava ja monipuolinen ja niitä löytyy jokaiseen mahdolliseen käyttötarkoitukseen. (Honkanen [Viitattu 29.4.2014].) Hintahaitari antureilla on erittäin suuri ja tässä työssä vertaillaan pääasiassa edullisen ja keskitasoisen hintaluokan antureita.

Lumiaurarobotin yksi tärkeimpiä ominaisuuksia on pystyä liikkumaan vaikeissa olosuhteissa turvallisesti ja varmasti törmäämättä vastaan tuleviin objekteihin. Antureiden avulla robotti tunnistaa ympärillään olevat esteet ja logiikka toimii sille annettujen ohjeiden mukaan. Anturit kertovat robotille myös ympäristön lämpötilan, robotin asennon sekä voima-antureiden avulla työnnettävän lumen määrän.

6.1 Etäisyyksien mittaaminen

Etäisyyksien mittaamiseen on olemassa paljon erilaisia anturivaihtoehtoja. Tässä työssä vertaillaan yleisimpien etäisyyksien mittaamiseen tarkoitettujen antureiden ominaisuuksia ja sopivuutta liikkuvan robotin ohjausjärjestelmän komponenteiksi. Lumiaurarobotti vaatii antureilta hyvän pakkaskestävyyden lisäksi hyvää tarkkuutta sekä suhteellisen edullista hintaa.

6.1.1 Laser anturit

Laser-anturit ovat tarkka ja luotettava tapa mitata paikkaa, nopeutta ja etäisyyttä esteisiin kosketuksettomasti. Laser-antureiden avulla on mahdollista mitata tarkasti niin lyhyitä kuin pitkiäkin etäisyyksiä. Laser-antureiden avulla robotti voi jopa luoda kuvan ympäristöstään ja lähellä olevaista esteistä ja objekteista. Laser-antureita on käytetty roboteissa monenlaisissa projekteissa, ja robotti pystyy toimimaan hyvin jopa vain yhden anturin varassa. Tästä löytyy esimerkki artikkelissa, jossa on suunniteltu ja toteutettu laser-anturin avulla liikkuva robotti. (Duinoprojects [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 16. Laser-etäisyysanturi.
(Sensorola.fi [Viitattu 28.4.2014])

6.1.2 Infrapuna-anturit

Infrapuna-anturien toiminta perustuu siihen miten kappale heijastaa infrapuna valoa. Infrapuna-antureilla on mahdollista mitata kohteista myös lämpötiloja ja lämpötila eroja.



Kuvio 17. Infrapuna-etäisyysanturi.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

6.1.3 Ultraäänianturit

Ultraäänianturit käyttävät nimensä mukaan ultraääntä etäisyyksien mittaamiseen. Ultraäänianturissa on yleensä kaksi osaa, joista toinen lähettää ultraääntä ja toinen vastaanottaa. Lähettämiseen ja vastaanottamiseen kulunut aika voidaan mitata ja näin saada laskettua etäisyys kohteeseen mistä ääni on heijastunut.



Kuvio 18. Ultraäänietäisyysanturi.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

6.1.4 Konenäkö ja lämpökamera

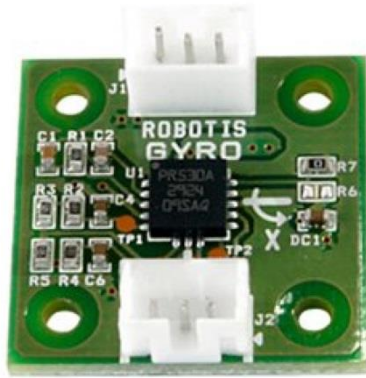
Jos roboteissa halutaan käyttää kuvantunnistusta ympäristön havaitsemiseen, on erilaisia konenäköratkaisuja tarjolla runsaasti. Teollisuudessa konenäköä käytetään kappaleiden laadun valvontaan sekä muotojen tunnistamiseen. Myös erilaisilla lämpökameroilla on mahdollista luoda kuva kameran kuvaamasta kohteesta, mutta tämä vaatii kohteissa lämpötilaeroja. Lämpökameroilla tehty kuvantunnistus ei ole lähellekään yhtä tarkkaa kuin tavallisiin kameroihin perustuvilla konenäköratkaisuilla. (Kauria 2013.)



Kuvio 19. Teollisuuden konenäkökameroita.
(Orbis.fi [Viitattu 28.4.2014])

6.2 Asennon mittaaminen

Gyroskoopit. Nykyisin on tarjolla monenlaisia gyroskooppeihin perustuvia laitteita asennon, kulman ja kiihtyvyyden tunnistamista varten. Nykyään jo lähes jokaisesta älypuhelimesta löytyy gyroskooppi, jonka avulla puhelimen asento on mahdollista määrittää. Roboteissa gyroskoopit tarkkailevat laitteen kiihtyvyyksiä ja asentoa. Jos robotti saa tarpeeksi tarkkaa tietoa omasta asennostaan pystyy se toimimaan oikealla tavalla esimerkiksi kallistuessaan tai liukuessaan. (Juvén 2011.)



Kuvio 20. Gyroskooppipiiri.
(Robotshop.com [Viitattu 28.4.2014])

6.3 Suunnan mittaaminen

Kompassipiirit ovat nykyään pieniä ja edullisia, niiden avulla robottien on helppo tarkkailla suuntaa mihin ne ovat liikkumassa. (Robotiikan komponentteja [Viitattu 29.4.2014].)



Kuvio 21. Kompassisensoripiiri.
(Robotiikan komponentteja [Viitattu 29.4.2014])

6.4 Paikan määrittäminen

Lumiaurarobotti tarvitsee jonkinlaisen sijaintitiedon voidakseen luotettavasti alkaa suorittaa sille annettua tehtävää, joka tässä tapauksessa on lumen luonti. Paikan-

määrityksen avulla robotille voidaan määrittää koordinaattipisteet, joihin sen on kasattava aurattava lumi tai sille voidaan määrittää reittejä tiettyjen koordinaattien kautta.

6.4.1 GPS-paikannuspiirit

GPS-piirien avulla voidaan määrittää tarkka sijainti lähes missä tahansa päin maailmaa. GPS-piirit käyttävät hyväkseen avaruudessa olevia GPS-satelliitteja joiden lähettämien signaalien avulla on mahdollista laskea piirin sijainti. GPS on Yhdysvaltojen armeijan kehittämä järjestelmä, siihen kuuluu 24 satelliittia, jotka kukin kiertävät maapallon kahdesti päivässä. Liikkuvan robotin sijainnin mittaamiseen GPS-piirit ovat erittäin käytännöllinen vaihtoehto. Haasteina GPS-järjestelmien käyttämisessä paikannukseen on niiden suhteellinen epätarkkuus, joka vaihtelee vaakasuunnassa kahdesta viiteen metriä. (Mäkelä 2008; Perälä 2009.)



Kuvio 22. GPS-piiri.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

6.4.2 GLONASS-paikannuspiirit

GLONASS on Venäjän kehittämä satelliittipaikannusjärjestelmä, johon kuuluu 20 satelliittia ja 30 varasatelliittia. GLONASS-piirien saatavuus ja yleisyys ei ole yhtä hyvä kuin GPS-piireillä mutta ne yleistyvät jatkuvasti. Yhdistelmä GPS-GLONASS-

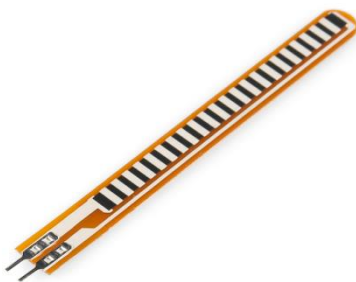
piirejä on jo olemassa ja niillä saatava tarkkuus paranee sillä piirin on mahdollista olla yhtä aikaa yhteydessä useampaan satelliittiin. (Perälä 2009.)



Kuvio 23. GLONASS-vastaanottimia.
(Directindustry.com [Viitattu 28.4.2014])

6.5 Voiman mittaaminen

Roboteissa voiman mittaaminen ei ole välttämätöntä, mutta se parantaa koneen tarkkuutta silloin kun esimerkiksi liikkuvassa robotissa oleva kuorma vaihtelee. Jos robottilumiauran työntökauhaan kertyy paljon lunta, voidaan työnnettävän lumen massa mitata ja moottoreille syötettävää tehoa säätää sen mukaan.



Kuvio 24. Venymäliuska-voima-anturi
(Robomaa.com [viitattu 28.4.2014])

6.5.1 Työntökauhaan kohdistuvan voiman mittaaminen

Lumiaurarobotin työntäessä lunta edellään kertyy kauhaan lumen paksuudesta ja märkyydestä riippuen erilaisia määriä kuormaa. Tätä voidaan mitata esimerkiksi kauhaan kiinnitetyillä venymäliuska-tyyppisillä voima-antureilla, jotka antavat kauhan edessä olevasta massasta tietoa ohjaavalle logiikalle.

6.6 Lämpötilojen mittaaminen

Pystyäkseen toimimaan optimaalisesti on liikkuvan lumiaurarobotin oltava tietoinen niin laitteen sisäisistä kuin ulkoisistakin lämpötiloista. Jos laite alkaa ylikuumentua sisältä, tai kovalla pakkasella laitteisto on sisäpuolelta liian kylmä, on koneen osattava menetellä tarpeen mukaan oikealla tavalla. Ulkolämpötilojen muuttuessa on robotin osattava ennustaa mahdolliset vaikutukset liikkumiseen ja virrankulutukseen. Lämpötila-antureita ja piirejä on olemassa paljon erilaisia ja erilaisiin käyttö-tarkoituksiin.



Kuvio 25. Digitaalinen lämpötila-anturi
(Robomaa.com [viitattu 28.4.2014])

7 Turvallisuus

Robotteja suunniteltaessa ja käytettäessä on otettava huomioon monenlaisia erilaisia turvallisuustekijöitä. Erityisesti liikkuvan robotin on osattava ottaa huomioon esteet ja vaaratekijät.

7.1 Esteiden tunnistaminen

Liikkuvan robotin on osattava tunnistaa luotettavasti erilaiset kiinteät esteet ja rakennukset. Laitteen pitää olla suunniteltu siten, että törmäysmahdollisuus on robotilla täysin olematon tai sitä ei ole ollenkaan. Robotin logiikan täytyy olla ohjelmoitu siten, että robotin havaitessa esteen se muuttaa suuntaansa tai hidastaa vauhtia tai pysähtyy tarpeen mukaan.

7.1.1 Pienet esteet

Pienten esteiden havaitseminen saattaa olla erittäin hankalaa, mikäli ne ovat esimerkiksi lumen alla piilossa, tai muuten niin pieniä että robotin on vaikea havaita niitä. Pieniä esteitä voivat olla esimerkiksi viemäreiden kannet, katukivetykset, hidastetöyssyt tai muut objektit, jotka eivät suuresti erotu lumen alta.

7.1.2 Suuret esteet

Suuret esteet voidaan havaita käyttämällä etäisyysantureita ja mittareita. Esimerkiksi seinien, autojen ja muiden suurten esteiden havainnointi on helppo ja yksinkertainen toteuttaa ohjelmoimalla keskusyksikköön etäisyyksiä havainnoivia ja mittaavia ominaisuuksia.

7.2 Ihmisten tunnistaminen

Tärkeimpiä asioita turvallisuuden kannalta on tunnistaa ja erottaa ihmiset muista esteistä. Lumiaurarobotti ei missään tapauksessa saa erehtyä luulemaan esimerkiksi maassa istuvaa pikkulasta lumikinokseksi tai pieneksi esteeksi, jonka lähellä on turvallista liikkua. Ihmisten tunnistamiseksi on täten välttämätöntä käyttää etäisyysantureiden lisäksi lämpökameraa tai jotain muuta tekniikkaa, jolla ihmisistä heijastuva lämpö voidaan havaita kone voi toimia oikealla tavalla.



Kuvio 26. Lämpökameran kuvassa olevia ihmisiä.
(Lämpökamerakuva [Viitattu 29.4.2014])

8 Käyttöliittymä

Robotille täytyy olla mahdollista antaa erilaisia käyttäjän määrittämiä käskyjä ja ohjeita. Tapoja tiedon syöttämiseen ohjaavalle logiikalle on monenlaisia ja erilaisiin tarpeisiin sopivia. Käyttäjän on pystyttävä kertomaan robotille, missä alueella sen pitää toimia ja mitä tehdä. Käyttäjän on pystyttävä myös tarkkailemaan robotin toimintaa ja tapahtumia etäyhteyden avulla sekä säätämään asetuksia ja määrittäviä, kuten toiminta-aikaa ja -paikkaa.

8.1 Etäkäyttö

Nykytekniikka mahdollistaa helposti komentojen syöttämisen laitteille pitkienkin matkojen päästä, kunhan laite on vain jollain tavalla yhteydessä käyttäjään. Erilaisia langattomia tekniikoita on olemassa monenlaisiin tarpeisiin sopivia ja tässä työssä tutkittiin ja verrattiin yleisimpiä langattomia tekniikoita, joilla robottia voisi käyttää etäyhteyden avulla ilman fyysisesti koneen logiikkaan liitettyjä johtoja.

8.1.1 Wifi

Wifi- tai wlan-termeillä tarkoitetaan IEEE 802.11 -standardia, joka on langaton lähiverkkotekniikka. Yleisimmin käytetty IEEE 802.11 -versio on versio 802.11g, joka mahdollistaa jopa 54 megabitin langattomat siirtonopeudet. Wifi-tekniikan avulla voidaan ottaa langaton yhteys esimerkiksi käyttäjän tietokoneelta lumiaurarobotin keskusyksikköön liitettyyn wifi-modeemiin. Muihin langattomiin datayhteyksiin verrattuna wifi-tekniikoilla saavutettava kantomatka on verraten lyhyt, se on herkkä esteille, jotka saattavat olla käyttäjän ja robotin välissä. Esimerkiksi välissä olevat rakennukset tai metsiköt saattavat heikentää wifi-signaalia huomattavasti tai jopa estää yhteyden muodostamisen kokonaan. (Leppänen 2013.)

8.1.2 Muut datayhteydet

Mikäli robottiin halutaan saada tiedonsiirtoyhteys pitkänkin matkan päästä, on 3G-modeemien käyttö paras ratkaisu. 3G-modeemit käyttävät tiedonsiirtoon samoja taajuuksia kuin matkapuhelimet käyttävät datayhteyksissä. Suomessa on tällä hetkellä erittäin laaja ja kattava 3G-verkko, jonka avulla tiedonsiirtoyhteyksien luominen on mahdollista lähes missä vain. (Nikander 2011.) Kun robotin keskusyksikköön on liitetty 3G-modeemi, ja se on määritetty pitämään yhteys aina avoinna, on yhteyden muodostaminen robottiin mahdollista monilla erilaisilla tekniikoilla ja ohjelmilla.

8.2 Radio-ohjaus

Robotin yleistä hallintaa ja liikuttelua varten sen tulisi olla kauko-ohjattavissa jollain tavalla. Yksi helpoimmista tavoista on radio ohjaus jossa robottia on mahdollista liikuttaa lähettämällä sille käskyjä radio ohjainta käyttäen. Tämä vaatisi sitä että robottiin tulisi olla asennettuna radiovastaanotin, joka on säädetty toimimaan sitä ohjaavan radion kanssa. (Radio-ohjaus [Viitattu 29.4.2014].)

Erilaisia radio-ohjattavia laitteistoja on saatavilla erittäin laaja valikoima ja niitä valmistetaan monenlaisiin erilaisiin tarpeisiin. Tässä työssä robotin manuaaliseksi ohjaimeksi riittäisi hyvinkin yksinkertainen radio, jolla robottia olisi mahdollista ajaa haluttuun suuntaan sekä mahdollisesti hallita työntökauhan kippiliikettä.



Kuvio 27. Radio-ohjain sekä vastaanotinyksikkö (Robotshop [Viitattu 29.4.2014])

9 Lumen tunnistus

Lumiaurarobotin tarkoituksena on saada puhdistettua haluttu alue lumesta mahdollisimman hyvin ja tehokkaasti. Tämän vuoksi robotin olisi hyvä pystyä havaitsemaan ja mittaamaan aurattavan lumen paksuus ja mahdollinen määrä ja paino.

9.1 Lumen paksuuden mittaaminen

Lumen paksuutta voidaan mitata monella eri tavalla. Helpoin tapa on käyttää valmiita ratkaisuja. Esimerkiksi Jenoptic-niminen yritys valmistaa SHM 30 -mallista lumen paksuuden mittaamiseen tarkoitettua anturia, joka olisi erittäin hyvä ratkaisu lumiaurarobottiin liitettäväksi. (Jenoptic [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 28. Jenoptic SHM 30 lumen paksuutta mittaava anturi (Jenoptic [Viitattu 28.4.2014]).

9.2 Lumen painon mittaaminen

Lumen painon mittaaminen auttaa robottia arvioimaan mahdollisen tehonkulutuksen lunta auratessa. Mikäli lumi on kevyttä eikä aiheuta suurta kuormaa, kuluttaa robotti vähemmän virtaa kuin märkää ja painavaa lunta auratessa. Lumen painoa on mahdollista arvioida ja mitata vertaamalla lumen paksuutta ja robottia liikuttavien moottorien tehonkulutusta. Mikäli lunta on paksultti eikä se siitä huolimatta lisää moottorien tehonkulutusta on lumi oletettavasi kevyttä ja mikäli moottorien tehonkulutus kasvaa merkittävästi on lumi oletettavasti painavaa tai jäistä. Lumen painon tai toisinsanottuna vesiaron mittaamisesta löytyy lisätietoa monista lähteistä, mutta ne ovat tarkoitettu pääasiassa katoilla makaavan lumen painon mittaami-

seen. (Lumen teknisiä ominaisuuksia [Viitattu 29.4.2014].) Käytännössä lumen tarkan painon määrittäminen saattaisi olla mahdotonta, mutta suuripiirteisenkin arvion laskeminen vaatisi lisätutkimuksia. Varsinkin vuoristojen lumisia olosuhteita on tutkittu runsaasti ja niistä löytyi tietoa esimerkiksi internetlähteistä. (Lumikuor-
mat [Viitattu 30.4.2014].)

10 Olosuhteet joissa järjestelmän tulee toimia

Pohjoismaissa kylmimpinä talvipäivinä lämpötilat voivat laskea jopa lähelle -50 celsiusastetta. Lumimyrskyissä jäätävää lunta voi pyryttää yli metrin vuorokaudessa ja tuuli voi puhaltaa yli 35 metriä sekunnissa. (Talvisäätilastot 2000-2014.) Tällaiset olosuhteet vaativat ulkona liikkuvan robotin elektroniikalta erityistä kestävyyttä ja toimintavarmuutta. Lisäksi nopeat lämmönvaihtelut voivat vaikuttaa elektronisten komponenttien toimintaan merkittävästi. Jos ilma viilenee nopeasti plusasteilta kovalle pakkaselle ja sitten takaisin, on ohjausjärjestelmän sopeuduttava niin lämmön kuin kosteudenkin vaihteluihin ongelmitta. Talvisin vaihtelut voivat olla rajuja lyhyenkin ajan sisällä. Lumimyrskyn kohtaavan robotin on pystyttävä paikoittamaan itsensä ilman, että koneen toiminta häiriintyy tai keskeytyy, eikä kone saa aiheuttaa vaaraa ympäristölleen. Sen toiminnan on oltava luotettavaa säällä kuin säällä.

Vaikeissa olosuhteissa robotin tarkkojen paikkatietojen saaminen saattaa häiriintyä tai hetkeksi keskeytyä. Tällöin ohjausjärjestelmän on pystyttävä käsittelemään luotettavaa ja tarkkaa tietoa, jota se mittaa lähiympäristöstään koneen eri puolille sijoitetuilla antureilla. Erittäin kovia olosuhteita kestävien antureiden vertailu oli tässä työssä ensimmäinen tärkeä asia.

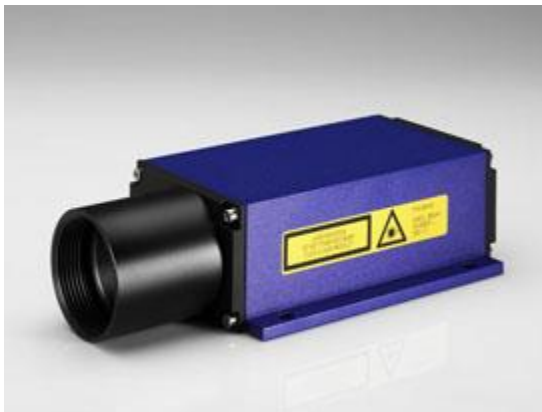
11 Antureiden vertailu ja valinta

Erilaisia anturivaihtoehtoja lumiaurarobotin lähiympäristön havainnointiin ja mittaamiseen oli useita. Niiden toimintavarmuus pakkasella oli tärkeimpiä kriteerejä oikeantyyppisiä antureita valittaessa. Antureiden avulla robotti mittaa niin etäisyyttä erilaisiin esteisiin kuin liikkumaansa matkaa ja lumen paksuutta. Robotin on hyvä mitata myös omaa asentoaan ja suuntaa johon se on liikkumassa. GPS paikannäytystä käsitellään erikseen omassa kappaleessaan.

11.1 Pitkiä etäisyyksiä mittaavat laser-anturit

Pitkiä etäisyyksiä mittaavia antureita valittiin tässä työssä vertailtavaksi kaksi erilaista. Niiden pakkaskestävyys selvitettiin valmistajien ilmoittamista lukemista.

Jenoptic LDM 41. Jenoptic valmistaa monenlaisia mittaamiseen käytettäviä antureita ja valikoimasta löytyi hyvä vaihtoehto lumiaurarobotin käyttöön. LDM 41 -mallin tarkkuus on 5 mm, jos lämpötila on $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Jenoptic [viitattu 28.4.2014].) Tämä riittää hyvin, vaikka kovemmallakin pakkasella tarkkuus heikentyisi, se on silti riittävä Robotti lumiaurarobotille.



Kuvio 29. Jenoptic LDM 41/42/43 -laser-etäisyysanturi. (Jenoptic [viitattu 28.4.2014]).

Parallax 15–122cm, laser-etäisyysanturi. Robotshop.com-verkkosivusto myy robotteihin liittyvää laitteistoa. Valikoimista löytyi pienikokoinen ja edullinen laser-etäisyysanturi. Parallax 15–122 cm laser-etäisyysanturi sopisi lumiaurarobotin käyttöön erinomaisesti sen yksikertaisuuden ja kompaktin koon vuoksi. Valmistajan ilmoittavat toimintalämpötilat eivät kuitenkaan ole niin hyvät kuin robottilumiaura vaatisi. Valmistajan mukaan anturi kestää vain 0 ... +50 °C asteen lämpötiloja. (Robotshop [viitattu 28.4.2014].) Tämä tarkoittaa sitä että mikäli anturia käytettäisiin lumiaurarobotissa, tulisi se asentaa lämmitettyyn koteloon toimintavarmuuden takaamiseksi.



Kuvio 30. Parallax 15–122cm laser-etäisyysanturi. (Robotshop [viitattu 28.4.2014]).

11.2 Lyhyitä etäisyyksiä mittaavat anturit

Lyhyiden etäisyyksien mittaamista varten valittiin tässä työssä vertailtavaksi kolme erilaista anturia. Lyhyiden etäisyyksien anturit ovat mallista ja merkistä riippuen todella edullisia ja niitä on hyvin saatavilla. Tästä johtuen vertailussa otettiin huomioon myös niiden mahdollinen väylään liittäminen, sillä lyhyitä etäisyyksiä mittaavia antureita tulisi lumiaurarobottiin sijoittaa useita tarkan ja turvallisen liikkumisen takaamiseksi.

URM04 v2.0 –ultraäänianturi. Robomaa.com-verkkosivusto tarjoaa laajan valikoiman erilaisia robottien ja prototyyppien rakentamiseen tarvittavia osia ja komponentteja. Kyseiseltä sivustolta löytyy URM04 v2.0 -mallinen ultraäänianturi, joka olisi ominaisuuksiltaan erinomainen vaihtoehto tunnistamaan lumiaurarobotin ympärillä lyhyitä etäisyyksiä. URM04 v2.0 on pienikokoinen ja melko edullinen (noin 35 euroa) laite. Se pystyy mittaamaan etäisyyksiä välillä 4–500 cm, ja toimii valmistajan mukaan -10...+70 °C asteen lämpötiloissa. Lisäksi URM04 v2.0 -mallisia laitteita on mahdollista kytkeä samaan väylään jopa 32 kappaletta. (Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 31. URM04 v2.0 -ultraäänianturi.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

URM37 V3.2 –ultraäänianturi. URM37 V3.2 -anturi on saman valmistajan anturi kuin URM04 v2.0. Erona laitteilla on URM37 V3.2 -mallin lyhyempi etäisyyksien mittausalue joka on 4–300 cm. Anturista löytyy myös sisäänrakennettu lämpötilasensori, joka voisi tässä työssä suunniteltavaa robottia varten olla erittäin järkevä ratkaisu. (Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 32. URM37 V3.2 -ultraäänianturi.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

MC005 säädettävä infrapunaetäisyysanturi. MC005 on edullinen (noin 11 euroa) infrapuna anturi jonka voi säätää tunnistamaan etäisyyksiä 3–80 cm välillä. (Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 33. MC005 säädettävä infrapunaetäisyysanturi.
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

11.3 Asentoa ja kiihtyvyyttä mittaavat anturit

AltIMU-10 v3 gyroskooppi, kiihtyvyysanturi, kompassi ja korkeusmittari. Robottilumiaura tarvitsee jonkinlaisen asentotiedon osatakseen välttää kaatumiset ja liiallisen kallistukset. Lisäksi kiihtyvyysanturin avulla voidaan havaita törmäykset, liukumiset sekä muut koneen liikkeen muutokset. AltIMU-10 v3 -monitoimianturi olisi ihanteellinen ratkaisu tässä työssä suunniteltavan lumiaurarobotin asentoa ja liikettä mittaavaksi komponentiksi sen monipuolisuuden, edullisuuden sekä pienen koon ansiosta. (Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 34. AltIMU-10 v3 -monitoimianturi
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

MicroMag 3-Akselinen magnetometri. MicroMag 3 on pienikokoinen magnetometri joka pystyy mittaamaan ja havaitsemaan suuntaa ja asennon muutoksia magneettikenttien avulla. (Ilmatieteenlaitos [Viitattu 29.4.2014].) Robottilumiauran asennon tunnistamiseen se voisi olla hyvä ratkaisu, mutta huolta aiheuttavat mahdolliset magneettiset häiriöt esimerkiksi sähkömoottoreista, jotka voivat aiheuttaa anturiin virheellistä toimintaa.



Kuvio 35. MicroMag 3-akselinen magnetometri
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

11.4 Lämpötilaa mittaavat anturit

TCN75A digitaalinen lämpötila-anturi. Voidakseen toimia oikealla tavalla erilaisilla keleillä on robotin saatava tietoa ympäristössä vallitsevasta lämpötilasta, mutta myös koneen sisäisistä lämpötiloista. Tämä olisi mahdollista toteuttaa erittäin yksinkertaisilla lämpöantureilla, joita on olemassa valtava määrä erilaisia malleja erilaisiin käyttötarkoituksiin. Tässä työssä valittiin suoraan käytettäväksi edullinen TCN75A digitaalinen lämpötila-anturi, joka toimii tarkasti $-40...+125$ celsiusasteen lämpötiloissa tarkkuudella ± 1 celsiusaste. (Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014].)



Kuvio 36. TCN75A digitaalinen lämpötila-anturi
(Robomaa.com [Viitattu 28.4.2014])

11.5 Antureiden valinta ja perustelut

Antureita valittaessa otettiin huomioon niiden hinta, koko, liitettävyyden sekä soveltuvuus liikkuvan lumiaurarobotin toimilaitteiksi. Erityistä haastetta tuotti löytää tietoa tiettyjen antureiden toimintalämpötiloista ja luotettavuudesta kovalla pakkasella. Antureiden kuitenkin ollessa erittäin pienikokoisia otettiin huomioon niiden kotelointimahdollisuus lämmitettyyn ja suojattuun asennuskoteloon.

Pitkän matkan antureiden valinta oli lopulta melko helppoa, sillä vertailussa olleista laser-antureista molemmat olivat toimintansa ja teknisten tietojensa valossa täysin kelpollisia lumiaurarobotin pitkänmatkan antureiksi, mutta toinen oli hinnaltaan liian arvokas (yli 1000 euroa), kun taas robotin ohjausjärjestelmään valittu pitkä matkaa mittaava Parallax 15–122 cm laser-anturi on hinnaltaan vain noin 100 euroa.

Lyhyitä etäisyyksiä mittaaviksi antureiksi valittiin URM04 v2.0 -ultraäänianturit. Niiden hinta oli kohtuullinen ja niiden ominaisuudet sellaiset, että ne täyttivät lumiaurarobotin antureilta vaaditut perusteet. Lisäksi niitä olisi mahdollista laittaa samaan RS485-väylään jopa 32 kappaletta. URM04 v2.0 -antureita käytettäessä on Raspberry PI -keskussyksikköön liitettävä RS485-lisäkortti.

Asentoa ja kiihtyvyyttä mittaamaan valittiin AltIMU-10 v3 -monitoimianturi. Siitä löytyvät kattavat tekniset ominaisuudet olisivat juuri sellaiset, mitä liikkuvaan lumiaurarobottiin sijoitettavalta asento ja kiihtyvyyksianturilta vaaditaan.

Lämpötilaa mittaamaan valittiin edullinen, yksinkertainen ja pienikokoinen TCN75A digitaalinen lämpötila-anturi. Vertailussa ei ollut muita malleja mukana, sillä edullisen hintaluokan lämpötila-antureiden erot ovat niin pieniä, että niillä ei tässä työssä havaittu olevan mitään käytännön merkitystä.

12 Yhteenveto ohjausjärjestelmään valituista komponenteista

Tässä työssä vertailtiin erilaisia ohjausjärjestelmän komponentteja, joiden avulla olisi mahdollista toteuttaa toimiva ohjausjärjestelmä automaattiseen robottilumiauraan. Komponenttien valinnassa otettiin huomioon useita robotin toiminnan kannalta tärkeitä seikkoja toimintalämpötiloista hintaan ja kokoon. (LIITE 1.) Työn tarkoituksena oli suunnitella ohjausjärjestelmä komponentteineen niin valmiiksi että tämän työn pohjalta olisi mahdollista alkaa rakentamaan toimivaa, edullisen hintaluokan prototyyppiä. Työssä päädyttiin valitsemaan vertailluista komponenteista sellaisia joiden saatavuus on hyvä, ja ne vastaavat asetettuja määreitä.

Yhteenvetona voidaan tehdä osaluettelo osista, joiden avulla olisi mahdollista rakentaa toimiva lumiaurarobotin prototyyppi sekä kuvata ohjausjärjestelmän suunniteltu toiminta.

Keskusyksikkö: Raspberry PI -minitietokone

Pitkän matkan anturit: Parallax 15–122 cm laser etäisyysanturi

Lyhyen matkan anturit: URM04 v2.0 -ultraäänianturit

Paikannus: yksinkertainen Raspberry PI -yhteensopiva GPS-paikannin.

Langattomat yhteydet: 3G modeemi, WiFi sekä radio-ohjaus

Antureiden liitännät: liitännät RS485-väyläkorttiin

Lämpötila anturit: TCN75A digitaaliset lämpötila-anturit.

Kiihtyvyys ja suunta anturit: AltIMU-10 v3 -monitoimianturi.

Lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän kuvaus:

Robotin keskusyksikkö ohjaa koko koneen toimintaa sille syötettyjen käskyjen ja ohjeiden mukaisesti. Keskusyksikkönä toimivaa Raspberry PI -minitietokonetta on mahdollista ohjelmoida monilla erilaisilla ohjelmointikielillä sen Linux-järjestelmätuen ansiosta. Keskusyksikköön on liitetty laitteen toimintaa ja ympäristöä mittavat anturit ja komponentit. Liittämistä varten on Raspberry PI -

minitietokoneeseen hankittava USB-liitäntäinen IO-lisäkortti sekä RS485-väyläkortti.

Pitkiä etäisyyksiä mitataan kahdella Parallax 15–122 cm laser-etäisyysanturilla, jotka on koteloitu lämmitettyyn koteloon. Kotelot on kiinnitetty robotin etuosaan ja robotin logiikka osaa kääntää antureita mittaamaan etäisyyksiä halutusta suunnasta. Laser-antureiden avulla robotti osaa mitata välimatkat suuriin kaukana oleviin esteisiin. Laser-antureiden avulla robotin on myös teoriassa mahdollista luoda kolmiulotteinen kuva ympäristöstään.

Lyhyitä etäisyyksiä robotti mittaa kuudella ultraäänianturilla, jotka on sijoitettu laitteen nurkkiin, sekä eteen ja taakse. Ultraääniantureiden avulla robotti osaa väistää törmäykset ja liikkua turvallisesti ahtaissakin paikoissa. Ultraäänianturit voidaan kytkeä RS485-väylään jonka avulla ne saadaan liitettyä keskusyksikköön.

Raspberry PI -minitietokoneelle on olemassa suoraan yhteensopivia RS485-väylää tukevia lisäkortteja. Niitä ei käyty tässä työssä läpi, sillä lisäkortin mallilla ei ole käytännön merkitystä.

Paikoituksesta huolehditaan GPS-vastaanottimen avulla. Robotin keskusyksikköön liitetty GPS-vastaanotin kertoo robotin logiikalle koneen suhteellisen tarkan sijainnin. Sijaintitiedon avulla robotille on mahdollista esimerkiksi antaa koordinaattipisteet, joihin sen tulee työntää lumi kinoksille. Koordinaattien avulla robotille voi myös määrittää kulkureittejä sekä rajata auraisalueita. Mikäli robotin liikkumista haluttaisiin ohjata puhtaasti koordinaattien avulla, olisi erilaisia kiinteitä GPS-ratkaisuja tutkittava enemmän.

Robottiin liitetty lämpötila ja kosteusanturit kertovat logiikalle robotin ja sen ympäristön yleisestä tilasta. Erityisen lämpimällä säällä robotti voi esimerkiksi sammuttaa virtaa syövästä lämpövastuksesta sellaisista koteloiduista komponenteista, jotka eivät tietyssä lämpötilassa lämmitystä tarvitse. Erittäin kovalla pakkasella robotti osaa lisätä herkkien laitteiden ja komponenttien lämmitystä ja taata varman toiminnan erilaisissa olosuhteissa.

13 Loppupäätelmät

Työn suorittaminen vaati runsasta perehtymistä erilaisiin ohjauselektroniikan laitteisiin ja komponentteihin. Työssä suunniteltua robottilumiauran ohjausjärjestelmää voisi toteuttaa myös käytännössä. Vertailluista komponenteista ja laitteista mahdollisesti rakennettava ohjausjärjestelmä olisi nykyaikainen, edullinen ja helposti toteutettavissa. Lisäksi se olisi helposti liitettävissä lähes millaiseen alustaan tahansa, aina pienistä lumiauraroboteista suuriin teitä auraaviin koneisiin. Tärkeimpien komponenttien valinnassa huomioon otetut seikat eivät välttämättä kaikissa tapauksissa ole niin kriittisiä kuin mitä ne olivat tässä työssä, mutta yleisellä tasolla valintaperusteet olivat harkitut ja järkevät. Tarkimpiin teknisiin yksityiskohtiin ei tässä työssä keskitytty ja asetettu tavoite saavutettiin käsittelemällä eri osat alueet yleisellä tasolla ilman liiallista teknisten ominaisuuksien kanssa suoritettavaa vertailua. Pääpisteinä olivat sellaisten yhteensopivien laitteiden ja tekniikoiden löytäminen, jotka olisivat myös käytännön tasolla prototyyppiä rakennettaessa järkeviä vaihtoehtoja.

LÄHTEET

Aarnio, M. 15.9.2012. Sähköajoneuvon keskeisimmät komponentit. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.4.2014]. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2012111515386>

ABB. 2014. ABB ohjelmoitavat logiikat. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.abb.fi/product/fi/9AAC100143.aspx>

Beckhoff. 2014. Beckhoff ohjelmoitavat logiikat. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://beckhoff.fi/>

Compulab. Ei päiväystä. Compulab CM-FX6 yhden piirilevyn ARM tietokone. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://compulab.co.il/>

Directindustry.com. Ei päiväystä. Glonass paikannuspiirejä. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.directindustry.com/tab/glonass.html>

Duinoprojects. Ei päiväystä. Projekti jossa käytetty laser-anturia ohjaamaan robotia. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://duino4projects.com/arduino-laser-3d-tracking-or-range-finder/>

Giadatech. Ei päiväystä. Giada F102D minitietokone. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.giadatech.com/>

Honkanen, H. Ei päiväystä. Anturit. [Verkkojulkaisu]. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/ELE_A%20N%20T%20U%20R%20I%20T.pdf

Honkanen H. Ei päiväystä. Mikrokontrollerit [Verkkojulkaisu]. Kajaanin Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: http://gallia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honHar/ma/TVMonitor_MIKROKONTROLLERIT.pdf

Ilmatieteenlaitos. Ei päiväystä. Magneettikentän mittaaminen [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/magnetometrit>

Jenoptic. 2014. Jenoptic SHM 30 lumen paksuutta mittaava anturi. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: http://www.jenoptik.com/en_40633_shm_30

Juvén V. 2011. Gyroskoopit ja magnetometrit työkonessa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.5.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201105096778>

- Kauria, T. 2013. Robotin ja konenäköjärjestelmän liittäminen. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.4.2014]. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201305168964>
- Leppänen, V. 2013. WLAN. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.4.2014]. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013121020715>
- Lumikuormat. 2014. University Corporation for Atmospheric Research. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.4.2014]. Saatavissa: <http://stream2.cma.gov.cn/pub/comet/MountainMeteorology/SnowpackandItsAssessment/comet/afwa/snowpack/print.htm>
- Lumen teknisiä ominaisuuksia. 2014. Lapin yliopisto. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: http://ace.ulapland.fi/talvitaide/oppimateriaalia/lumimateriaali_nettti.pdf
- Lämpökamerakuva. Ei päiväystä. wired.com. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://www.wired.com/2012/12/how-does-gollum-see-in-the-dark/>
- Mäkelä, M-R. 2008. GPS -järjestelmän toiminta ja periaatteet. [Verkkojulkaisu]. Tampereen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003065017>
- Nikander, S. 2011. Etähallinta 3G-reitittimellä. [Verkkojulkaisu]. Lahden Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2011101113719>
- Nykänen, V. 2014. Sähköauto: Akkujärjestelmä. [Verkkojulkaisu]. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201402202509>
- Ohjelmoitavat logiikat. Ei päiväystä. Ohjelmoitavat Logiikat Johdanto. [Verkkojulkaisu]. Vaasan Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: http://www.cc.puv.fi/~ot/ISA0503_Ohjelm_logiikat/ISA0503-Ohjelmoitavat%20logiikat,%20Johdanto.pdf
- Omron. 2014. Omron ohjelmoitavat logiikat. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/programmable_logic_controllers/default.html
- Orbis.fi. Ei päiväystä. Teollisuuskamerat. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.orbis.fi/teollisuuskamerat>
- Perälä, P. 2009. Mobiilipaikannusmenetelmät ja -järjestelmät. [Verkkojulkaisu]. Tampereen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003065085>

- Portwell. Ei päiväystä. Portwell WEBS-1312 passiivinen minitietokone. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.portwell.com.tw/products/WEBS-1312.html>
- Radio-ohjaus. 2014. RCvechiles RC. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://rcvehicles.about.com/od/glossary/g/rc.htm>
- Radio-ohjattava lumiaura. 2012. Interesting Engineering. [Verkkosivu]. [Viitattu 30.4.2014]. Saatavissa: <http://interestingengineering.com/roboplow/>
- Raspberry PI. Ei päiväystä. Raspberry PI, yhden piirilevyn minitietokone. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.raspberrypi.org/>
- Rintala J-M. 2013. ARM Cortex-m -arkkitehtuuri. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013112919044>
- Robomaa.com. 2014. Robotiikan komponentteja. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://robomaa.com/>
- Robotshop. Ei päiväystä. Parallax 15-122cm Laser etäisyysanturi. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://www.robotshop.com/en/parallax-15-122cm-laser-range-finder.html>
- Robotti. Maaliskuu 2002. Uudenmaan alueen insinööri. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavilla: <http://www.studiolumi.com/koke/uaitkn/robot.html>
- Siemens. 2014. Siemens ohjelmoitavat logiikat. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic.php
- Suonvieri, T. 2005. Miehittämättömät maa-ajoneuvot. [Verkkojulkaisu]. Tampereen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201003063676>
- Talvisäätilastot. 2000-2014. Ilmatieteenlaitos. [Verkkosivu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/talvitilastot>
- Tölli, J. 2010. Automaation PC-laitteiden ympäristöolosuhteet paperitehtaassa. [Verkkojulkaisu]. Metropolia Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201005068168>
- Vaasan Ammattikorkeakoulu. Ei päiväystä. Ohjelmoitavat Logiikat. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 29.4.2014]. Saatavissa: http://www.cc.puv.fi/~ot/ISA0503_Ohjelm_logiikat/ISA0503-Ohjelmoitavat%20logiikat,%20Johdanto.pdf

Via APC. Ei päiväystä. VIA APC Rock yhden piirin ARM tietokone. [Verkkosivu].
[Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa: <http://apc.io/products/>

x86. 2014. Definition of: x86. [Verkkosivu]. [Viitattu 28.4.2014]. Saatavissa:
<http://www.pcmag.com/encyclopedia/term/54979/x86>

LIITTEET

LIITE 1 Lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän komponenttien vertailutaulukko

Lumiaurarobotin ohjausjärjestelmän komponenttien vertailutaulukko								
Keskusyksiköt	Tyyppi	Hintaluokka			Vaatii kotelon		Tuki ja ohjeistus	
		Edullinen	Keskitaso	Korkea	Kyllä	Ei	Hyvä	Huono
Omron CPM2C	PLC		x		x		x	
Omron CJ1M	PLC		x		x		x	
Siemens SIMATIC S7-300	PLC		x		x		x	
Siemens SIMATIC S7-mEC	PLC			x	x		x	
ABB AC500-eCo PLC	PLC			x	x		x	
Beckhoff CX2000	PC			x	x		x	
Portwell WEBS-1312	PC		x			x		x
Giada F102D	PC	x				x		x
Raspberry PI	ARM	x			x		x	
CompuLab CM-FX6	ARM		x		x			x
VIA APC Rock	ARM		x		x			x
Arduino Mega 2560	Mikrokontrolleri	x			x		x	
Arduino Tre	Mikrokontrolleri	x			x			x
Anturit								
Jenoptic LDM 41	Laser			x		x	x	
Parallax 15–122 cm	Laser		x		x		x	
URM04 v2.0	Ultraääni	x			x		x	
URM37 V3.2	Ultraääni	x			x		x	
MC005	Infrapuna	x				x	x	
AltIMU-10 v3	Gyroskooppi	x			x		x	
MicroMag 3-axel	Magnetometri	x			x			x
TCN75A	Lämpötila	x			x		x	