



Mohamed Dinle

Robottiikan ohjelmisto teollisuudessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

22.11.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Mohamed Dinle
Otsikko:	Robot Operating System
Sivumäärä:	13 sivua
Aika:	24 marraskuuta 2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	Automaatiotekniikka
Ohjaajat:	Lehtori Timo Tuominen

Teollisuusautomaatio on tekniikan ja koneiden käyttöä sellaisten tehtävien suorittamiseen, jotka aiemmin tehtiin manuaalisesti. Se sisältää erilaisten teknologioiden, kuten tekoälyn, antureiden ja ohjelmistojärjestelmien integroinnin valmistusprosesseihin. Sen tavoite on tehostaa tuotantoprosesseja ja parantaa samalla tehokkuutta ja tuottavuutta. Yksi teollisuusautomaation keskeisistä näkökohdista on, että se vähentää manuaalisen työn tarvetta – tämä voi olla erityisen hyödyllistä aloilla, joilla on toistuvia tai vaarallisia tehtäviä. Automatisoimalla nämä tehtävät koneilla yritykset voivat minimoida työntekijöiden tapaturmariskit ja samalla vähentää työvoimakustannuksia.

Se sisältää erilaisia sovelluksia eri teollisuudenaloilla, kuten autoteollisuudessa, elintarviketeollisuudessa, ilmailuteollisuudessa, lääketeollisuudessa jne. Itse asiassa jokainen teollisuus käyttää nykyään jonkinlaista teollisuusautomaatiota parantaakseen tuottavuuttaan. Se on tullut olennainen osa nykyajan tuotantoprosesseja monien etujensa ansiosta, kuten lisääntynyt tehokkuus ja tarkkuus sekä pienemmät käyttökustannukset ja seisokit. Insinööritöiden tavoitteena on tutkia ja esitellä robotiikan operointisysteemiohjelmistoa (ROS). Työssä käydään läpi myös teollisten kykyjen laajentumisen, sen vahvuudet ja rajoitukset ja lopulta elektroniikan näkökulmasta: Miksi ROSin käyttäminen leviää?

Lisäksi tutustutaan PrimeSense 3D-anturin käyttöön ROSin kanssa. Lopulta mainitaan yritykset, jotka hyödyntävät sitä omassa toiminnassaan.

Abstract

Author: Mohamed Dinle
Title: Robot Operating System
Number of Pages: 13 pages
Date: 24 November 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Automation Engineering
Supervisors: Timo Tuominen, Lecturer

Industrial automation refers to the application of technology and machinery to perform tasks that were previously done manually. This field encompasses a range of technologies, including artificial intelligence, integration of sensors and software systems into manufacturing processes. The primary objective is to optimize the production process while simultaneously increasing efficiency and productivity.

One of the key aspects of industrial automation is its ability to reduce the reliance on manual labour, thereby diminishing the necessity for physical presence at work – this can be particularly useful in industries with high repetitive or hazardous work tasks and environment. By automating these tasks with machines, companies can minimize and decrease the risk of accident for workers while simultaneously lowering labor expenses.

Industrial automation includes various applications in different industries, such as automation in the food industries, aerospace industry, pharmaceutical industries and many more. In fact, every industry today uses some form of industrial automation to improve productivity. It has become an integral part of modern production processes due to its many advantages such as; increased efficiency and accuracy and lower operating costs and downtime.

The goal of engineering work was to be studied and presented as robotics operating system software. The thesis presents ROS expanding industrial capabilities, strengths and limitations and the electronics perspective: Why ROS is proliferating? Thesis also presents the use of the PrimeSense 3D Sensor with ROS. Some companies that utilize ROS software are presented at the end of the thesis.

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	ROS teollisten kykyjen laajentamiseen	2
3	ROSin vahvuudet ja rajoitukset	4
4	Elektroniikan näkökulma: Miksi ROS leviää?	5
5	PrimeSense 3D- anturin käyttö ROSin kanssa	6
6	Yritykset	8
	Lähteet	12

Lyhenteet ja käsitteet:

ROS: Robot operating system. Alusta, joka käytetään teollisuusrobotiikan soveluksiin. Perinteisesti ROS on ollut käytössä akateemisessa maailmassa ja tutkimuksissa, mutta sen joustavat ja modulaariset ominaisuudet teollisuusympäristöjen vaatimuksiin, kuten tarkkuuteen, kestävyYTEEN ja turvallisuuteen.

ARM: Advanced Risc Machine, joka viittaa prosessoriarkkitehtuuriin, joka tunnetaan nimellä RIS (Eitel 2013.)

SoC: Järjestelmäpiiri, joka analysoi kuvan muutokset määrittääkseen 3D-kuvan.

RIC: ROS Industrial Consortium, joka on teollisuuden, tutkimuslaitosten ja akateemisten tahojen yhteistyöelin. Konsortion tavoitteena on edistää ROS Industrialin käyttöä ja kehitystä teollisuudessa tarjoten tukea ja standardeja, jotka mahdollistavat laajan käyttöönoton. (Eitel 2013.)

OEM: Lyhenne alkuperäistä laitevalmistajaa tarkoittavista sanoista. Se keskittyy teollisuusautomaation komponenttien toimitukseen. (Wong 2012.)

Overo Air COM: Tietokonemuoduuli, jossa Bluetooth ja 802.11 b/g langaton tietoliikenne.

Turtlecore: TurtleCore Robot on TurtleBotin leikattu variantti, joka käyttää pientä gumstix-prosessoria tavallisen netbookin sijaan.

OpenNI: Teollisuuden johtama tavoittelematon avoimen lähdekoodin ohjelmistoprojekti, joka keskittyy sertifoimaan ja parantamaan luonnollisten käyttöliittymien ja orgaanisten käyttöliittymien yhteentoimivuutta.

1 Johdanto

Robot Operating System (ROS) -ohjelmiston nousu alkoi 7. maaliskuuta 2013. Avoimen lähdekoodin ohjelmointi on luonut uudenlaista puolikaupallisten, prototyyppimäisten ja teollisten robottien kehityksen. Robot Operating System (ROS) -ohjelmisto – ohjelmistokirjastojen kokoelma, joka auttaa kehittäjiä luomaan robotisovelluksia – on nopeasti nousemassa hallitsevaksi tiedonvaihtokoodiksi sekä tutkimus- että teollisuusroboteissa.

Jopa robottien ohjelmointi on yhä enemmän joukkoistettua. Se kehitettiin vuonna 2007 Stanfordin yliopiston tekoälylaboratoriossa ja sitä on laajennettu hallitsemaan pääkoordinaation solmuja, prosessin toimilaitteiden, ohjauksen ja palautetietojen käsittelyä, tiedon monistamista sekä solmujen luomista ja tuhoamista hajautetussa toiminnassa, jopa useiden ohjaimien yli.

ROS ei ole käyttöjärjestelmä tai ohjelmistosovellus, vaan välikerros, joka voi toimia Java -, Windows - ja Linux-ympäristöissä (Linux on yleinen tutkimusasetelmissä sen avoimen lähdekoodin luonteen vuoksi) ja muissa käyttöjärjestelmissä. Se kommunikoi TCP/IP:n ja muiden protokollien kanssa.

Tällä hetkellä 33 palvelurobottia, miehittämättömiä maasovelluksia (UGV) ja liikuvia manipulaattoreita on ohjelmoitu ROSilla. Lisäksi muutamat huipputeknologiset teollisuusrobotiikan yritykset, kuten Rethink Robotics Bostonista, käyttävät ROSia. (Eitel, 2013.)

2 ROS teollisten kykyjen laajentamiseen

Kun tehdas lisää robotin toimintaansa, se asetetaan yleensä robottihardwaren mukana tulevan omaan ohjelmiston avulla. Tällainen ohjelmointi voi sisältää moduuleja, jotka auttavat robotteja sopeutumaan dynaamisiin ympäristöihin, joissa tarvitaan muokattavia liikkeitä esineiden käsittelemiseksi, välttämään törmäyksiä lähistöllä oleviin koneisiin ja suorittamaan ennalta määrättyjä tehtäviä, vaikka robotti siirtyykin paikkaan. Siitä huolimatta mukautuva toiminnallisuus on usein rajoitettua.

ROS-pohjainen koodi, jonka ovat kehittäneet ROS-Industrial-ohjelman insinöörit ja joka sai alkunsa Southwest Research Instituutista (SwRI) San Antoniosta, vie tehokkaammin joitain ei ennalta ohjelmoituja robottitoimintoja. Esimerkiksi SwRI:n tutkijat kehittäjät kehittivät äskettäin moduulin, joka mahdollistaa kahden robotin yhteistyön lajittelutehtävässä. Liikkeet perustavat pistemäisen pilvitiedon käsittelyyn kameroilta, jotka antavat stereonäön ja syvyytajunnan reaaliaikaiseksi ympäristön ymmärtämiseksi. Ohjelmointi toimii lähes kaikkien valmistajien roboteilla ja se on tällä hetkellä ohjelmoitu C++:lla ja pythonilla. Verkkoyhteys tapahtuu Ethernetin kautta, koska useimmat robotit tukevat sitä. EtherCAT ohjaa I/O:ta, koska silläkin on avoimen lähdekoodin ajuri jo kirjoitettuna, ja se on laajalle levinnyt.

”Lyhyen aikavälin robottisovellukset tälle ROS-pohjaiselle koodille ovat kaikki, jotka vaativat havaintoa: Voisi asentaa 3D-kameroita työsolun ympärille keräämään ja käyttämään dataa robottien ja niiden käsittelemien osien vuorovaikutuksesta”, selittää Shaun Edwards, SwRI:n Robottiikan ja automaation Insinööri -osaston vanhempi tutkimusinsinööri. (Eitel 2013.)

SwRI:n Robottiikan ja automaation tutkimusryhmää pidetään edistyksellisenä järjestelmäintegroijana. Se ei kilpaile suurten toimijoiden kanssa, jotka yhdistävät robotteja ja toimittajien ohjelmistoja. Sen sijaan tutkimusryhmä on keskittynyt harvinaisempia teknologioita vaativiin tehtäviin.

ROS-Industrialin pitkän aikavälin visio on teollisen käytön laajamittainen käyttöönotto, jotta robotiikan huipputeknologiat kehittyisivät nopeammin kuin nykyisin. ROS-Industrialin Shaun Edwardsin mukaan kehitys on kuitenkin tässä asiassa tällä hetkellä hidasta.

Uuden innovaation vauhdittamiseksi ROS-Industrial on perustanut ROS Industrial Consortiumin. Sen tavoite on tehdä tutkimus- ja kehittämissyhteistyötä.” SwRI rahoittaa myös tutkinto-ohjelman, joka kiihdyttää ROS-Industrial-kehitystä ja tukee Konsortion teknisiä tarpeita.

Yaskawa Motoman aloitti ROSin tukemisen varhain yritystasolla – ei kolmannen osapuolen robottien jakelijoiden kautta. Sen ohjelmistokehittäjät loivat rajapinnan, joka mahdollistaa ROS-toimintojen ohjaamisen Motoman-roboteilla.

Yaskawa Motoman -yhtiö on kiinnostunut ROSin oheisteknologiasta, kuten 3D-ohjauksesta, pistemäisen pilven käsittelystä, reittisuunnittelusta ja otteen suunnittelusta loppuefektoreille. Yhtiössä uskotaan, että ROSin hyödyntäminen tarjoaa etulyöntiaseman.

Toinen syy siihen, miksi Yaskawa Motoman tukee ROSia, ovat yrityksen tarjoamat kaksikäätiset robotit. Tällaiset mallit tulevat todennäköisesti olemaan etulinjassa automatisoimassa loppukokoonpanotehtäviä, jotka vaativat korkeaa koodointia ja jotka tehdään tällä hetkellä käsin.

SwRI:n ROS Industrial Consortiumin lopullinen tavoite on integroida ROS-suunnitelmat PLC:hin, HMI:hin ja OPC:hen (alkuperäisesti OLE -prosessikontrolli ja nykyään ”Open Connectivity” -yhteensopivuusstandardi kaikelle teollisuusautomaatiolle). Suunnitelmat noudattavat standardeja ja ohjaimessa on huomioitu turvallisuusominaisuudet. (Eitel, 2013).

3 ROSin vahvuudet ja rajoitukset

ROSilla on varmasti muitakin rajoituksia, erityisesti prosessiohjauksessa. ROSia ei ole alun perin suunniteltu esimerkiksi maalaus-, pistehitsaus- tai kaarihitsaus-toimintojen ohjaamiseen. Se on kuitenkin hyvä materiaalinkäsittelyssä, koska se tietää dynaamisesti muuttuvia ympäristöjä, kun uusia esteitä ilmestyy. Esimerkiksi useimmat teollisuusrobotiohjelmistot voivat kalibroida hitsauskoneen jännitteen ja virran kanavat varmistaakseen optimaalisen kostumisen hitsauspuksissa – tämä on jotain, joka on täysin ROSille saavuttamatonta tai mahdotonta.

ROSilla on kuitenkin synergiaa sovelluksissa, kuten maalaus. Jos insinööri haluaa maalata esineitä, jotka ovat geometrisia ja joita robotti ei ole aiemmin nähnyt. ROS voi automaattisesti luoda polut maalaavalle robotille kameroiden avulla.

Robotin ohjaimet, joita mainostetaan ROS-toiminnoilla, ovat usein kykeneviä reittisuunnittelun. Yksinkertaisissa poiminta- ja sijoitussovelluksissa robotteja koulutetaan opetuslaitteilla seuraamaan tiettyjä reittejä. Kiinteiden ja liikkuvien esteiden hallitsemiseksi ROS-yhteyteen on liitetty kameroita, jotka skannaavat ympäristön ja laskevat dynaamisesti uuden reitin robotille.

Tuotantorobottien, ja todennäköisesti ROSin mahdollistamana, välittömässä horisontissa on esineiden tunnistaminen käyttämällä pistemäisiä pilviä valitsemaan ja manipuloimaan kohde-esineitä, vaikka ne olisivat alun perin sekaisin ympäristössä. Ei ole yllättävää, että ROSista on tulossa teollisuusstandardi. Osa strategiaa onkin alustan avaaminen. Sen myötä annetaan kolmannen osapuolen kehittäjille mahdollisuus luoda robottisovelluksia muilla teollisuudenaloilla laitteiston pohjalta.

4 Elektroniikan näkökulma: Miksi ROS leviää?

Perinteiset laitevalmistajat tarjoavat laiteajureita tukeakseen ohjelmiston toimivuutta. Kunnes äskettäin, robottialustojen ohjelmoijat ovat alkaneet kehittää ohjelmistojaan erityisesti tukeakseen tiettyjä laitteistoja ja robotteja. Nykyään ohjelmintiohjelmisto yleensä toimii jonkin toisen päälle, riippuen siitä, mitä insinöörit haluavat tukea. Jos yritys luo ja myy robotin, joka käyttää ROSia tiettyihin toimintoihin, se tukee sitä jollain tavalla. Sen sijaan esimerkiksi Eclipse (integroitu kehitysympäristö, IDE), on tuettu sirujen valmistajien kautta Eclipse-versiona, jonka he ovat kehittäneet.

Miksi ROS on kehittynyt? Sen yhteensopivuus eri käyttöjärjestelmien kanssa on sen keskeinen vahvuus. ROS on verrattavissa Microsoftin avoimen lähdekoodin Robotics Studioon Windowsissa, koska niiden käyttötarkoitukset menevät osittain päällekkäin. Studio Windowsissa vaatii enemmän laskentatehoa X86-prosessorilta upotetussa tietokoneessa. Intelin matalan virrankulutuksen X86, joka perustuu kaksiytimiseen Atom-prosessoriin, mahdollistaa sen käytön pienemmissä sovelluksissa, mutta nämä sirut ovat silti suurempia ja virrankäyttöisempiä kuin Advanced Risc Machine (ARM) -alustat ja niitä tarjotaan harvemmin.

Sen sijaan ROSia voidaan käyttää mikrokontrollereilla, joita käytetään pienissä robottimalleissa, koska ROS voi toimia Linuxissa, jota voidaan kohdistaa melkein mihin tahansa. Tässä mikrokontrollerit ovat usein liian pieniä, jotta ne voisivat käyttää raskaampia käyttöjärjestelmiä, mutta tämä on muuttumassa ARM-pohjaisilla prosessoreilla, Gumstix-moduuleilla ja muilla, jotka ovat käytännössä yhtä tehokkaita kuin noin vuoden 2010 netbookit.

Suurempi virrankulutus ei ole ongelma suunnitelmissa, joissa on runsaasti sähköä, kuten autonomisissa ajoneuvoissa tai Willow Garage PR2:ssa (joka käyttää kahta moniydinsuoritinta X86). Roboteilla, jotka eivät siedä suurta virrankulutusta, kuten kämmeneen mahtuvat iRobot, tämä voi kuitenkin olla ongelma.

Haaste on siinä, että manipulaattorit ja käsivarsien anturit, useat kamerat ja videointi edellyttävät suurempia tietovirtoja ja reaaliaikaista kuvankäsittelyä, jolloin tarvitaan enemmän laskentatehoa. Tässä prosessorien osittainen konvergenssi antaa ROSille etulyöntiaseman.

ROS on järkevä startupeille (kuten Rethink Robotics), koska se tarjoaa runsaasti oheislaitteita ja pääsyn välikerrokseen, joka on tärkeää kaikessa kuvankäsittelyssä kuvankäsittelystä suunnitteluun ja navigointiin. Haittapuolena on se, että robotit, jotka tekevät muuta kuin vain poimimista ja sijoittamista tai toistuvia liikkeitä, ovat edelleen alkuvaiheessa. Tämän vuoksi navigointisuunnittelujärjestelmän, kuvantamisjärjestelmän ja muun laitteistonhankkiminen on mahdollista, mutta niiden yhteensovittaminen on monimutkainen ja haastava tehtävä, joka tällä hetkellä kuuluu integroijille. (Eitel 2013.)

5 PrimeSense 3D-anturin käyttö ROSin kanssa

PrimeSense tarjoaa teknologian Microsoftin Kinectiin. Teknologiatoimittaja Bill Wong tarkastelee PrimeSensen versiota, joka on suunnattu kehittäjille.

PrimeSense on yritys, joka toimitti teknologian Microsoftin Kinectiin. Kinectin voi ostaa kuka tahansa, ja se on tullut suosituksi tutkimusalustaksi, koska se toimitti 3D-kuvan isäntäkoneelle. Jotkut järjestelmät käyttävät verkkokameroita 3D-tietojen tuottamiseen, mutta tämä voi olla hyvin prosessoritehoista.

PrimeSense tarjoaa omaan anturinsa kehittäjille. PrimeSense-anturi näyttää hyvin samanlaiselta kuin Microsoftin Kinect, kuten voisi odottaa, mutta se vaatii vain USB-yhteyden toimiakseen. Wong on kirjoittanut, miten PrimeSense-teknologia toimii. Käytännössä järjestelmä projisoi infrapunasäteen kuvion käyttäen infrapunasäteilijää. Siinä on värivideokamera ja vastaava infrapunasensori. Viimeksi mainitun kuva syötetään PrimeSense-järjestelmäpiirille (SoC), joka analysoi kuvan muutokset määrittääkseen 3D-kuvan. (Wong 2013.)

Anturi voi toimittaa 3D-syvyyden kuvan isäntäkoneelle. Se voi myös yhdistää tämän tiedon videokehykseen. SoC voi suorittaa myös muita toimintoja. Kaikki tämä on saatavilla USB 2.0 -yhteyden kautta. Kinect tarvitsee lisäksi virtalähteen. PrimeSense anturi on robotiikan ammattilaisten suosima juuri tämän takia. (Wong 2013.)

PrimeSense-anturi tarjoaa samat toiminnot kuin Microsoftin Kinect, paitsi että se tarvitsee vain USB-yhteyden virransyöttöön. Siinä on myös korkea kuvataajuus, 60 kuvaa sekunnissa verrattuna Kinectin 30 kuvaan sekunnissa videosityönteessä. PrimeSense anturi oli saatavilla ASUS Xtion -versiona, mutta se on lopetettu, vaikka jotain voi edelleen löytyä newegg.com:sta. (Wong 2013.)

Suurin ero Kinectin ja PrimeSense-anturin välillä on ohjelmistotuki. PrimeSense on suunnattu OEM-valmistajille, kun taas Kinect on suunnattu pelaajille ja harrastajille.

Wong tarkastelee PrimeSensen tarjontaa robotiikan konteksteissa ja etenkin ROSin yhteydessä. Selvisi, että ROS tukee sekä PrimeSense-anturia että Microsoftin Kinectiä. Ainoastaan ajurit vaihdetaan. Tämä ei ole mikään yllätys, sillä toiminnallisesti molemmat ovat käytännössä samanlaisia. (Wong 2013.)

Wong suunnitteli käyttävänsä PrimeSense-anturia iRobot Createen (katso "Reaalirobotit: iRobot Create") kanssa, jota ohjasi Overo Air COM ja Turtlecore -järjestelmillä Gumstixiltä (katso "TurtleCore liittää Cortex-A8:n iRobot Createen"). Järjestelmä toimii ROS:lla ja Ubuntu Linuxilla. (Wong 2013.)

Ongelma on, että ROS:n ajaminen Gumstixillä ja iRobot-alustalla on vielä kesken. Wong suunnittelee sen tekemistä, mutta päätti kokeilla tavallista x86-PC:tä, joka käyttää Ubuntu Linuxia, aluksi, koska asennus on pelkkä pakettien asentaminen. Itse asiassa Ubuntu ja ROS:n asentaminen kesti pidempään kuin anturin saaminen toimimaan PrimeSense-anturin kanssa. (Wong 2013.)

iRobot Createn ohjaaminen x86-pohjaisella kannettavalla tietokoneella on myös yleinen kokoonpano. Wong kertoo käyttäneensä sitä itse ja olevansa tyytyväinen toimintaan, vaikka ei olekaan alustaa kannettavalle tietokoneelle. Toinen tapa hyödyntää anturia on käyttää OpenNI (Open Natural Interaction) -organisaation ohjelmistoa. OpenNI tarjoaa API:n ja tukee alustoja avoimen lähdekoodin OpenNI-ohjelmistolla (isännöi Githubissa). Tämä sisältää tuen PrimeSense-anturia varten.

OpenNI- ja PrimeSense-tuki on C koodia, joten sen tulisi olla helppo integroida moniin upotettuihin sovelluksiin. OpenNI tarjoaa korkeamman tason rajapinnan, joka tukee eleitä.

Microsoft on osoittanut PrimeSense-tekniikan toimivuuden peliteollisuudessa. Se on myös tarjonnut tukea kehittäjäyhteisölle, mutta OEM-valmistajien kysymys on, onko järkevää ostaa kasa Kinectic tai onko parempi ottaa suoraan yhteyttä PrimeSenseen. Wong uskoo että jälkimmäinen tulee olemaan suosituin, jos suunnittelijat aikovat valmistaa yli pari sataa yksikköä tai haluavat pitkäaikaista tukea. (Wong 2013.)

6 Yritykset

Useat yritykset ja organisaatiot ympäri maailmaa hyödyntävät ROS Industrialia teollisuusrobotiikan sovelluksissaan. Tässä luvussa kerrotaan esimerkkejä yrityksistä, jotka käyttävät ROS Industrialia tai ovat mukana sen kehityksessä.

Boeing

Boeing toimii ilmailu- ja avaruusteollisuuden toimialalla.

Boeing on yksi ROS Industrial Consortiumin (RIC) jäsenistä ja käyttää ROS Industrialia automatisoidussa kokoonpanoprosesseissa ja laadunvalvonnassa. (Eitel 2013.)

Siemens

Siemensin toimialaa ovat automaatio ja teknologia.

Siemens on aktiivinen toimija ROS Industrial -yhteisössä ja käyttää ROS Industrialia erilaisten robotiikkaan liittyvien ratkaisujen kehittämiseen ja optimointiin, erityisesti automatisoiduissa kokoonpanolinjoissa ja materiaalinkäsittelyssä. (Eitel 2013.)

ABB

ABB:n toimialaa ovat teollisuusautomaatio ja robotiikka.

ABB on yksi suurimmista teollisuusrobottien valmistajista, ja he ovat mukana ROS Industrial – ekosysteemissä tukeakseen robottiensa avoimen lähdekoodin integrointia. ABB:n robotit voivat hyödyntää ROS Industrialia erityisesti liikkeenohjauksessa ja joustavassa automaatiossa. (Eitel 2013.)

Southwest Research Institute

Southwest Research Institute (SwRI):n toimialaa ovat tutkimukset ja kehitykset.

SwRI on yksi ROS Industrialissa perustajajäsenistä ja aktiivinen kehittäjä, joka tarjoaa palveluja ja ratkaisuja eri teollisuudenaloille. Heidän tutkimuksensa keskittyy ROS Industrialin sovelluksiin esimerkiksi robotiikan hitsausteknologiassa ja laadunvalvonnassa. (Eitel 2013.)

Universal Robots

Universal Robotsin toimiala on yhteistyörobotiikka.

Universal Robots on mukana ROS Industrialissa tukemassa robottien ja ROS:n välistä integrointia. Heidän yhteistyörobotejaan käytetään laajasti teollisessa automaatioissa, jossa ROS Industrial mahdollistaa helpon konfiguroinnin ja ohjelmoinnin erilaisiin sovelluksiin. (Eitel 2013.)

KUKA

KUKA:n toimialaa ovat teollisuusrobotiikka ja automaatio.

KUKA-robotit tukevat ROS Industrialia ja hyödyntävät sitä erityisestiliikkeen suunnittelussa ja edistyneissä automaatiotratkaisuissa. KUKA on mukana kehittämässä avoimen lähdekoodin ratkaisuja, jotka tekevät heidän roboteistaan joustavampia teollisuuden tarpeisiin. (Eitel 2013.)

BOSCH

BOSCH:n toimialaa ovat autoteollisuus ja elektroniikka.

BOSCH on ollut aktiivinen toimija ROS Industrial -yhteisössä ja käyttää ROS Industrialia automatisoidussa tuotantoprosesseissaan sekä edistyksellinen kone näkö- ja robotiikkaratkaisujen kehittämisessä. (Eitel 2013.)

Ford

Fordin toimiala on autoteollisuus.

Ford on käyttänyt ROS Industrialia tehdasautomaatioissa ja erityisesti robotiikan käyttöön liittyvissä ratkaisuissa, kuten kokoonpanolinjojen automatisoinnissa ja laadunvalvontaprosesseissa. (Eitel 2013.)

Intel

Intelin toimialaa ovat teknologia ja puolijohteet.

Intel on käyttänyt ROS Industrialia kehittääkseen teollisuusrobottien ja kokenäköjärjestelmien ratkaisuja erityisesti robottien navigoinnissa ja anturien integroinnissa teollisuusympäristöissä. (Eitel 2013.)

Yaskawa Motoman

Yaskawa Motoman toimiala on teollisuusrobotiikka.

Yaskawa Motoman on mukana ROS Industrial -projekteissa tukemassa heidän robottiensa yhteensopivuutta ROS-ekosysteemin kanssa. (Eitel 2013.)

BMW

BMW:n toimiala on autoteollisuus.

BMW on käyttänyt ROS Industrialia tehdasautomatisoinnissa ja erityisesti robotiikan käyttöön liittyvissä ratkaisussa. (Eitel 2013.)

Lähteet

Dodd. 2023. *Mitä on teollisuusautomaatio? Verkkoaineisto. Fiberroad.* <<https://www.fiberroad.com/fi/resources/new-trends/what-is-industrial-automation-a-comprehensive-overview/>> Luettu 22.11.2024.

Eitel. 2013. An Introduction to robot operating system: *The Ultimate Robot Application Framework.* Verkkoaineisto. Toptal Developers. <<https://www.toptal.com/robotics/introduction-to-robot-operating-system/>>. Luettu 22.11.2024.

Eitel. 2013. *The rise of Robot Operating System (ROS) software.* Verkkoaineisto. MachineDesign. <<https://www.machinedesign.com/markets/robotics/article/21832901/the-rise-of-robot-operating-system-ros-software/>>. 22.11.2024.

Foote 2017. *Celebrating 9 Years of ROS, The Robot Operating System.* Verkkoaineisto. IEEE Spectrum. <<https://www.spectrum.ieee.org/celebrating-9-years-of-ros/>>. Luettu 22.11.2024.

Kanade 2024. *What is a Robot Operating System (ROS)? Meaning, Working, Applications, and Benefits.* Verkkoaineisto. Spiceworks. <<https://www.spiceworks.com/tech/artificial-intelligence/articles/what-is-robot-operating-system/>>. Luettu 22.11.2024.

Tawil 2017. *An Introduction to Robot Operating System (ROS).* Verkkoaineisto. All about circus. <<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/an-introduction-to-robot-operating-system-ros/>>. Luettu 22.11.2024.

Wong. 2012. *Using The PrimeSense 3D Sensor With ROS.* Verkkoaineisto. Electronic Design. <<https://www.electronicdesign.com/markets/robotics/article/21795457/using-th-primesense-3d-sensor-with-ros/>>. Luettu 22.11.2024.