

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2024

Petri Ratia

Jäljitettävyystietojen välittäminen
Yaskawa teollisuusrobotilta
Fronius hitsausvirtalähteen
lokikirjaan

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintäteknikka

2024 | 27 sivua

Petri Ratia

Jäljitettävyystietojen välittäminen Yaskawa teollisuusrobotilta Fronius hitsausvirtalähteen lokikirjaan

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia Yaskawa teollisuusrobotteihin, sekä Fronius hitsausvirtalähteisiin saatavilla olevien TCP/IP rajapintojen soveltuvuutta robotilla hitsattavan työkappaleen jäljitettävyystietojen välittämiseen robotilta virtalähteen lokikirjaan. Työn aiheen valinta perustui toimeksiantoon, jota motivoi jatkuvasti kasvava kysyntä kyseisenlaiseen toiminnallisuuteen hitsausautomaatioissa.

Työn teoriaosuudessa tutustuttiin jäljitettävyyden, sekä IIOT:n merkitykseen nykyaikaisen hitsausautomaation näkökulmasta, TCP/IP-protokollaan, sekä Yaskawa MotoGSI ja Fronius Data Channel rajapintojen toimintaan. Käytännön osuudessa hankittiin Yaskawalta ja Froniukselta tarvittavat lisenssit ja käyttöön otettiin rajapinnat. Toiminta testattiin Pemamek Oy:n tiloista löytyvällä robottihitsausasemalla lyhyellä hitsausohjelmalla, ja tuloksista pystyttiin päättämään rajapintojen toimivan tarkoituksenmukaisella tavalla. Lopuksi käytiin läpi mahdollisia jatkosovelluksia toimeksiantajan näkökulmasta.

Työn tuloksena toimeksiantajalla on dokumentoitua tietoa testattujen rajapintojen toiminnan edellytyksistä ja toiminnallisuudesta, sekä valmius tarjota työn mukaista jäljitettävyyttä toiminnallisuutta asiakkaalle osana robottihitsausasemaa.

Asiasanat:

Robottihitsaus, jäljitettävyyttä, robotiikka, TCP/IP, IIOT, Yaskawa, Fronius

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Information and Communications Technology

2024 | 27 pages

Petri Ratia

Relaying traceability information from a Yaskawa industrial robot to a Fronius welding power source's logbook

The purpose of this thesis was to study the suitability of the TCP/IP interfaces available for Yaskawa industrial robots and Fronius welding power sources for relaying traceability information of a workpiece being welded by the robot from the robot to the power source's logbook. The topic of this thesis was chosen based on an assignment, which was motivated by the constantly growing demand for traceability in welding automation.

In the theoretical part of the work, the importance of traceability and IIOT from the point of view of modern welding automation, the TCP/IP protocol, and the operation of the Yaskawa MotoGSI and Fronius Data Channel interfaces were introduced. In the practical part, the necessary licenses were obtained from Yaskawa and Fronius and the interfaces were implemented. The functionality was tested with a short welding program at the robot welding station found at Pemamek Oy's premises, and from the results it was possible to conclude that the interfaces work in an appropriate manner. Finally, possible follow-up applications were reviewed from the client's point of view.

As a result of the work, the client has documented information about the operating conditions and functionality of the tested interfaces, as well as the readiness to offer customers traceability functionality as part of a robot welding station.

Keywords:

Robotic welding, traceability, robotics, TCP/IP, IIOT, Yaskawa, Fronius

Sisältö

| | |
|--|-----------|
| 1 Johdanto | 7 |
| 2 Taustaa | 8 |
| 2.1 Pemamek Oy | 8 |
| 2.2 Jäljitettävyys | 8 |
| 2.3 IIOT | 9 |
| 3 TCP/IP | 10 |
| 4 Yaskawa Motoman | 11 |
| 4.1 MotoPlus | 11 |
| 4.2 MotoGSI | 12 |
| 5 Fronius | 13 |
| 6 Käytännön testi ja johtopäätökset | 15 |
| 6.1 Robotin valmistelu | 16 |
| 6.2 Virtalähteen valmistelu | 18 |
| 6.3 Verkkoasetukset | 20 |
| 6.4 Hitsausohjelma | 21 |
| 6.5 Testitulokset | 23 |
| 6.6 Johtopäätökset | 25 |
| 7 Mahdolliset jatkosovellukset | 26 |
| Lähteet | 27 |

Kuvat

| | |
|---|----|
| Kuva 1. Robottihitsausta. (Pemamek Oy kuvapankki, 2020.) | 7 |
| Kuva 2. Industry 4.0 avainkomponentit. (Tibco, 2023.) | 9 |
| Kuva 3. Kolmivaiheisen kättelyn vaiheet yhteyden muodostuksessa ja sulkemisessa. (Samariya, U. 2023.) | 10 |

| | |
|---|----|
| Kuva 4. Motoplus sovelluksen käytettävissä olevat resurssit. (HW1483600, 2018) | 11 |
| Kuva 5. MotoPlus vs MotoGSI. (MotoGSI Manual / V1.34. 2020) | 12 |
| Kuva 6. OPT/i Documentation aktivoitu. | 13 |
| Kuva 7. Fronius TPS 500i virtalähteen etu- ja takanäkymä. (42,0426,0114,EN, 2023.) | 13 |
| Kuva 8. Fronius Data Channel käytettävissä olevat parametrit. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.) | 14 |
| Kuva 9. Parametrit yhdellä rivillä. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.) | 14 |
| Kuva 10. Parametrit usealla rivillä. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.) | 14 |
| Kuva 11. Testissä käytetty laitteisto. | 15 |
| Kuva 12. MotoPlus monitor. | 16 |
| Kuva 13. TCP-yhteyden testausohjelma. | 17 |
| Kuva 14. Testissä käytetyn virtalähteen toimintopaketit. | 18 |
| Kuva 15. Virtalähteen todelliset järjestelmätiedot näkymä. | 19 |
| Kuva 16. Virtalähteen lokikirja. | 19 |
| Kuva 17. Robotin LAN3 verkkosovitin. | 20 |
| Kuva 18. Virtalähteen huoltoportin verkkoasetukset. | 20 |
| Kuva 19. Testiohjelman ensimmäiset 11 riviä. | 21 |
| Kuva 20. Testiohjelma hitsien välissä. | 22 |
| Kuva 21. Job header. | 22 |
| Kuva 22. Testihitsit. | 23 |
| Kuva 23. Lokikirja verkkokäyttöliittymästä tarkasteltuna. | 23 |
| Kuva 24. Todelliset järjestelmätiedot. | 24 |
| Kuva 25. Tietojen vienti virtalähteen lokikirjasta. | 24 |
| Kuva 26. PLC ohjattu tunnistetietojen välittäminen robotille ja virtalähteelle. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.) | 26 |

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

| | |
|---------|--|
| API | Application programming interface, ohjelmointirajapinta. |
| CSV | Comma separated value, tiedostomuoto. |
| IP | Internet-protokolla. |
| JBI | Yaskawa robottiohjelmien tiedostomuoto. |
| IDE | Integrated development environment, ohjelmointiympäristö. |
| IIOT | Industrial internet of things, teollinen esineiden internet. |
| Inform | Yaskawa robottiohjelmien ohjelmointikieli. |
| Pendant | Robotin käsiohjain. |
| PLC | Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka. |
| RS232 | Tietoliikenneprotokolla. |
| Telnet | Tietoliikenneprotokolla. |
| TCP | Transimmison control protocol, tietoliikenneprotokolla. |
| UDP | User datagram protocol, tietoliikenneprotokolla. |
| USB | Universal serial bus, sarjaväyläarkkitehtuuri. |
| XML | Extensible markup language, standardoitu merkintäkieli ja tiedostomuoto. |

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tavoite on tutkia Yaskawa MotoGSI sekä Fronius Data Channel TCP/IP rajapintojen soveltuvuutta jäljitettävyystietojen välittämiseen Yaskawa teollisuusrobotilta Fronius hitsausvirtalähteen lokikirjaan. Työn valmistuttua toimeksiantajalla tulisi olla valmius tarjota asiakkaalle kyseistä ominaisuutta osana robottihitsausaseman toiminnallisuutta.

Jäljitettävyys tarkoittaa, että käytettyjen raaka-aineiden, valmiiden tuotteiden ja käytettyjen komponenttien alkuperä pystytään tunnistamaan riittävällä tarkkuudella. Lisäksi valmistusprosessin jokaista vaihetta ja tuotteiden jakelua pystytään seuraamaan aukottomasti ja luotettavasti läpi toimitusketjun. (Talk by students, 2023.)

Aihe valittiin työnantajan toimeksiannon perusteella, hitsausprosessin jäljitettävyystietojen säilyttäminen yleistyy jatkuvasti, ja on joillain aloilla jo nyt toiminnan edellytys. Työn toimeksiantaja on loimaalainen hitsaus- ja tuotantoautomaattioratkaisuihin erikoistunut perheyritys Pemamek Oy.

Työssä käydään läpi työn toimeksiantaja, työn aiheen merkitys toimeksiantajan toimialalla, työn kannalta keskeiset teknologiat ja toimijat, käytännön testaus, sekä mahdollisia jatkosovelluksia.



Kuva 1. Robottihitsausta. (Pemamek Oy kuvapankki, 2020.)

2 Taustaa

2.1 Pemamek Oy

Yli puoli vuosisataa sitten perustetusta pienestä hitsauslaiteyrityksestä on kasvanut maailmanlaajuinen hitsausautomaation menestystarina. Meillä on yli 50 vuoden kokemus hitsaus- ja tuotantoautomaatioratkaisuiden valmistamisesta raskaalle teollisuudelle, ja olemme maailman johtava toimija alallamme. Meitä ohjaavat vahvasti Pemamekin peruseriaatteet: kuuntelemme, ymmärrämme, innovoimme ja toimitamme, kuten on luvattu. (Pemamek Oy, 2023.)

2.2 Jäljitettävyys

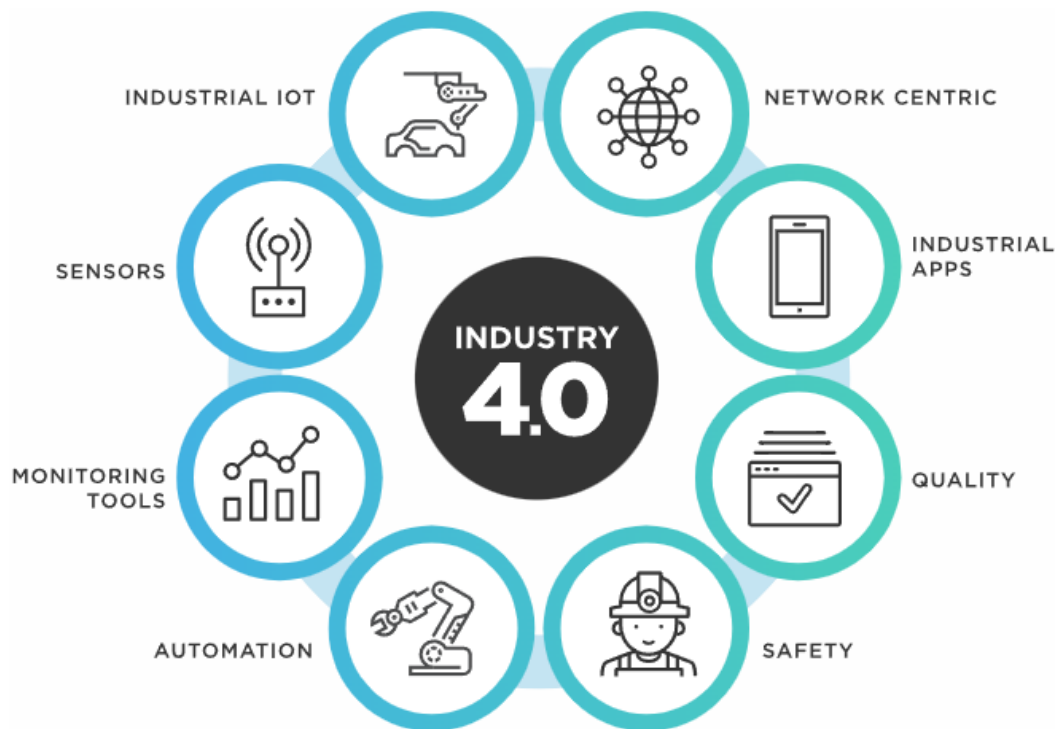
Jäljitettävyys on kyky tunnistaa ja jäljittää tuotteiden historia, jakelu, sijainti ja käyttötarkoitus, osat ja materiaalit kestävän kehityksen väitteiden luotettavuuden varmistamiseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa dokumentaatiota ja tuotannon jokaisen prosessointivaiheen seurantaan alkaen raaka-aineista ja päättyen tuotteen toimitukseen loppukäyttäjälle. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

Yhden tai useamman jäljitettävyysparametrin yksilöllisen tunnistamisen lisäksi kaikki asiaankuuluvat tiedot eri tuotantovaiheista dokumentoidaan. Seuranta voidaan määrittää useille tasoille, alkaen yksittäisistä tuotteista kokonasiin eriin riippuen yrityksen tavoitteista ja seurannan tuottamasta lisäarvosta. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

Jäljitettävyysvaatimukset hitsausautomaatioissa, sekä asiakkaan mielenkiinto jäljitettävyyttä kohtaan ovat jatkuvassa nousussa, jota kautta jäljitettävyiden tarve automaatiojärjestelmissä kasvaa. Toimeksiannon ensisijainen tavoite on testata minimi komponenttimäärällä jäljitettävyystietojen välittäminen robotilta virtalähteelle, työn aikana tulee myös testattua robotille TCP/IP socket-yhteyden muodostaminen Yaskawalta saatavilla olevaa valmista rajapintaa hyödyntäen. (Laine, V., haastattelu 21.12.2023)

2.3 IIOT

Industrial IoT eli teollinen esineiden internet (IIoT) on elintärkeä osa Teollisuus 4.0:aa. IIoT hyödyntää älykkäiden koneiden ja reaaliaikaisen analyysin tehoa hyödyntääkseen paremmin tietoja, joita teollisuuskoneet ovat keränneet vuosien ajan. IIoT:n päätekijä on älykkäät koneet kahdesta syystä. Ensimmäinen on se, että älykkäät koneet keräävät ja analysoivat reaaliajassa dataa, mitä ihmiset eivät pysty. Toinen on se, että älykkäät koneet viestivät havainnoistaan yksinkertaisella ja nopealla tavalla, mikä mahdollistaa nopeammat ja tarkemmat liiketoimintapäätökset. (Tibco, 2023.)



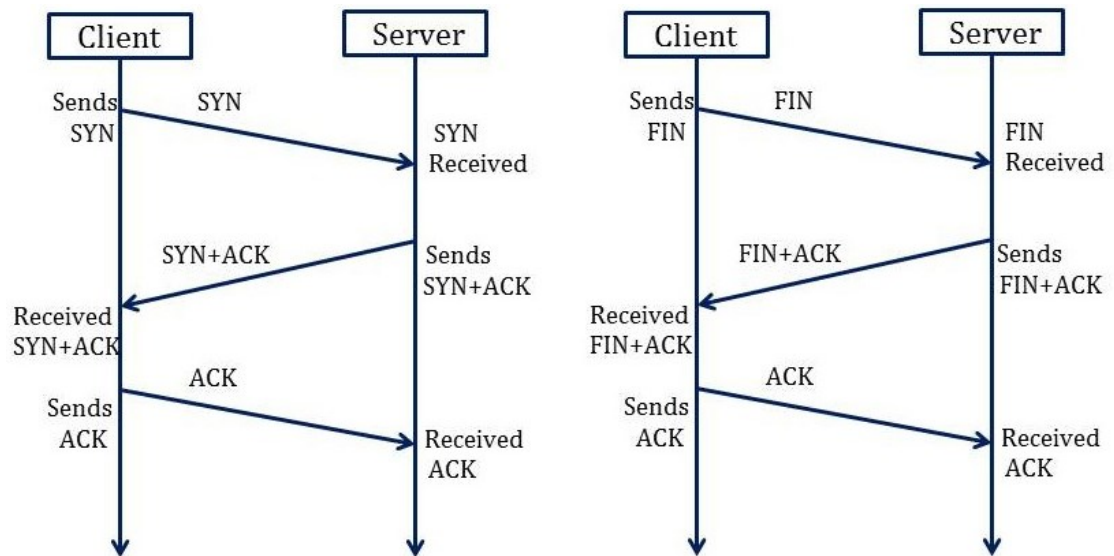
Kuva 2. Industry 4.0 avainkomponentit. (Tibco, 2023.)

IIoT-maailmassa jäljitettävyys on yksi menestyksen avaimista ja tunnetaan kilpailuetuna. Seuraamalla tuotteiden kehitystä yritykset voivat kerätä ja hyödyntää tietoa liiketoimintaprosessien parantamiseen. Jäljitettävyys on myös perusta todellisen tuotannon virtuaalisen peilin luomiselle dokumentointia, prosessianalyysiä ja optimointia varten. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

3 TCP/IP

TCP/IP sisältää useita tietokoneverkko-protokollia, ja se on nimetty kahden protokollan, TCP:n ja IP:n mukaan. TCP (Transmission Control Protocol) vastaa tiedon toimittamisesta laitteelta toiselle, IP (Internet Protocol) puolestaan vastaa kohdelaitteen IP-osoitteen etsimisestä. Molemmilla on tiedon siirtämisessä oma tehtävänsä, mutta ne toimivat yhdessä saman päämäärän saavuttamiseksi. (Klusaité 2023)

TCP tarjoaa turvallisen ja luotettavan yhteyden kahden laitteen välillä käyttämällä kolmevaiheista kättelyprosessia. TCP-yhteyttä muodostavat asiakas ja palvelin käyttävät kaksisuuntaista yhteyttä synkronoidakseen (SYN) ja kuitataksaan (ACK) toisiaan molemmilla puolilla. Sekä yhteyden muodostamisessa että sulkemisessa on kolme vaihetta, SYN, SYN-ACK ja ACK. Seuraava kuva näyttää, kuinka yhteys muodostetaan. (Samariya 2023.)



Kuva 3. Kolmivaiheisen kättelyn vaiheet yhteyden muodostuksessa ja sulkemisessa. (Samariya, U. 2023.)

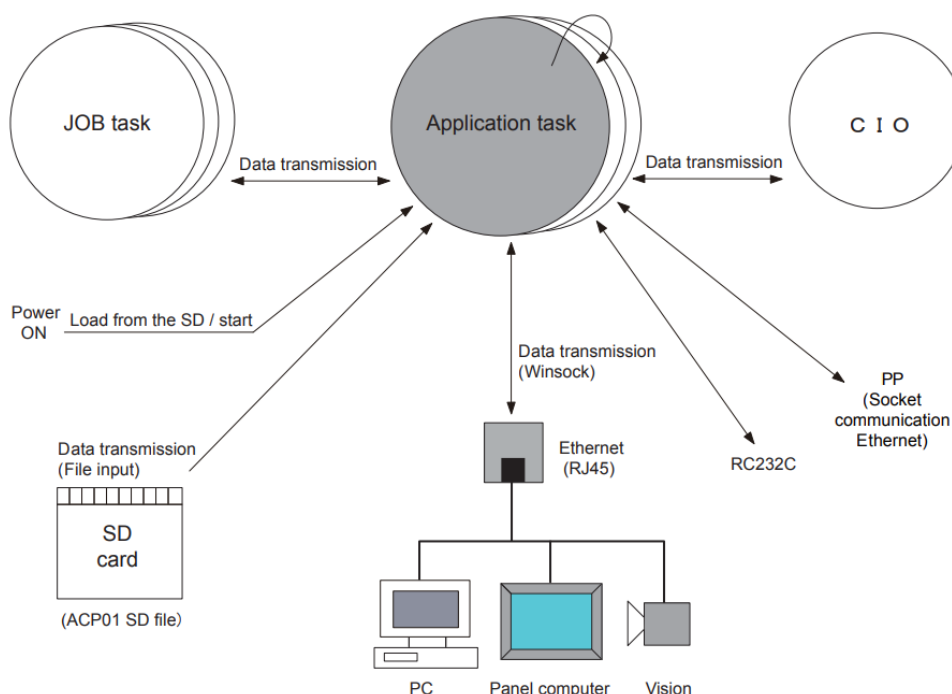
TCP-yhteys myös takaa tiedonsiirron eheyden varmistamalla, että jokainen lähetetty paketti toimitetaan perille, jos jokin paketti ei saavu perille, se lähetetään uudelleen.

4 Yaskawa Motoman

Yaskawa Motoman on yksi maailman johtavista teollisuusrobottien ja automaatiojärjestelmien valmistajista. Yli sadan vuoden kokemuksella yritys tunnetaan innovatiivisista ja korkealaatuisista tuotteistaan, jotka auttavat yrityksiä parantamaan tuottavuutta, tehokkuutta ja turvallisuutta valmistusprosesseissaan.

4.1 MotoPlus

MotoPlus toiminnon nimi on lyhenne sanoista **Motoman Professional Programming Language for Superior Use**. MotoPlus on ohjelmointi IDE, eli kehitysympäristö ammattilaisille, jonka kanssa PC:llä C-ohjelmointikielellä kehitetty ohjelmisto voidaan suorittaa robottiohjaimella. MotoPlus:n avulla käyttäjä voi kehittää paljon erilaisia sovelluksia, muokkaamatta robottiohjaimen alkuperäistä lähdekoodia. (HW1483600, 2018)



Kuva 4. Motoplus sovelluksen käytettävissä olevat resurssit. (HW1483600, 2018)

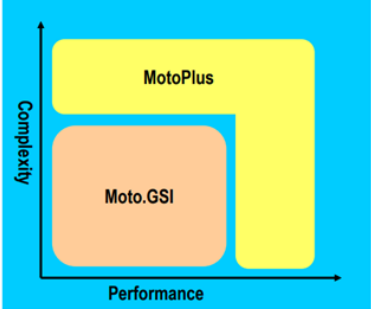
4.2 MotoGSI

MotoGSI työkalu laajentaa Yaskawa robottiohjaimen kommunikointikykyä lisäämällä mm. yleisimmät socket-viestintäkomennot Inform kieleen, jonka avulla robottioperaattori pystyy suorittamaan laajalti erilaisia robottiaseman verkon yli toteutettavia tiedonsiirtotehtäviä robottiohjelmassa. MotoGSI mahdollistaa socket-yhteyden muodostamisen TCP, UDP, Telnet, sekä RS232 protokollia hyödyntäen. (MotoGSI Manual / V1.34. 2020)

TCP-yhteys on tässä työssä välitettävän datan luonteen vuoksi looginen valinta, ja koska virtalähteen puoleinen rajapinta on TCP-palvelin, tässä työssä ei testata muita, kuin TCP-yhteyttä.

MotoGSI on rakennettu MotoPlus:n päälle, joten sen rajoitteet ja järjestelmävaatimukset ovat samat. Valittaessa MotoGSI:n ja MotoPlus:n väliltä tarvittavan sovelluksen toteutukseen, voidaan valintaa perustella alla olevan kuvan pohjalta. Karkeasti voidaan ajatella, että jos sovellus on mahdollista toteuttaa MotoGSI:llä, se on helppokäyttöisyytensä vuoksi todennäköisesti kustannustehokkaampi valinta. (MotoGSI Manual / V1.34. 2020)

| | MotoPlus | Moto.GSI |
|---|---|--|
| Where is the protocol implementation done ? | On a PC using MotoPlusSDK | Programming pendant. Job engine (Inform language). |
| Which tools do I need ? | MotoPlusSDK | Moto.GSI.SDK |
| Who will do the protocol implementation ? | Developer familiar with C or C++ & MotoPlus development (VXWorks platform): => Development section of Motoman subsidiary or high level System Integrators. | Every robot programmer: Service technicians, customer etc. |
| When to select this solution ? | Complex or time critical communication tasks/protocols. Standard protocols. | Simple protocols |



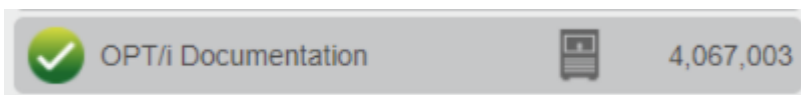
Kuva 5. MotoPlus vs MotoGSI. (MotoGSI Manual / V1.34. 2020)

5 Fronius

Fronius on hitsauksen teknologiajohtaja maailmanlaajuisesti ja markkinajohtaja Euroopassa, tarjoten laitteita hitsauksen eri aloille. (Fronius Oy, 2023.)

Fronius Data Channel

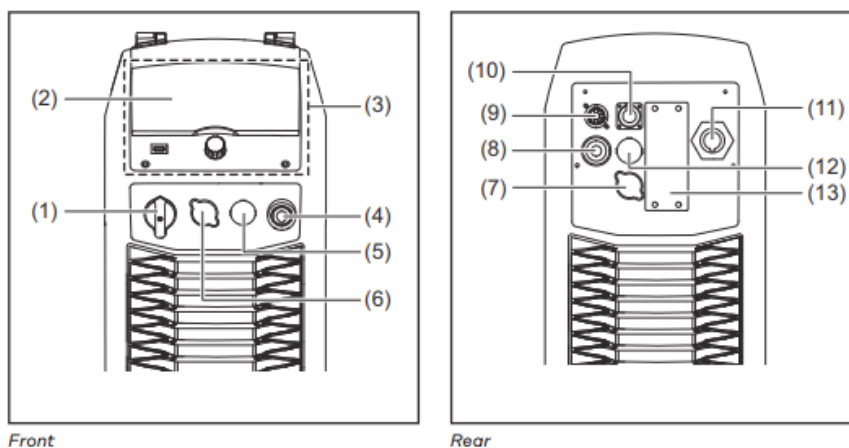
Fronius Data Channel on API, eli ohjelmointirajapinta, joka löytyy TPSi tyyppisistä Fronius hitsausvirtalähteistä, joissa on aktivoituna OPT/i Documentation (4,067,003) toimintopaketti.



Kuva 6. OPT/i Documentation aktivoitu.

TPSi virtalähteen takaosasta löytyy ethernet huoltoportti, jonka kautta on mahdollista muodostaa yhteys hallinta- ja dokumentointikäyttöön tarkoitettuun, 4714 porttia kuuntelemaan TCP/IP palvelimeen, josta Fronius käyttää nimeä Fronius Data server (Kuvan liitin numero 10).

TPS 320i / 400i /
500i / 600i, TPS
400i LSC ADV
power source



Kuva 7. Fronius TPS 500i virtalähteen etu- ja takanäkymä. (42,0426,0114,EN, 2023.)

Ohjaava laite, esim. PC, PLC tai robotti muodostaa TCP-yhteyden virtalähteen IP-osoitteeseen porttiin 4714. Kun yhteys on muodostettu, voidaan haluttuja parametreja lähettää virtalähteelle puolipisteellä erotettuina avain-arvo-pareina. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

| Key ID | Parameter | Description |
|--------|--------------------|---|
| 1 | Process Active | Passed from the power supply to the controller. When the value is 1, the power supply is in a 'process active' state. A 'process active' state is present from pre-weld gas flow to the completion of the post weld gas flow. |
| 2 | Current Flow | Passed from the power supply to the controller. When the value is 1, the power supply is passing current during a weld. |
| 3 | Part item Number | Passed from the controller to the power supply. This parameter identifies the series of the part being welded, e.g. model number. Supported characters are ASCII text A-Z, a-z, and 0-9. |
| 4 | Part serial Number | Passed from the controller to the power supply. This parameter identifies individual pieces being welded. Supported characters are ASCII text A-Z, a-z, 0-9. |
| 5 | Seam Number | Passed from the controller to the power supply. This parameter identifies the seam being welded (weld location). Supported characters are ASCII text 0-9. |

Kuva 8. Fronius Data Channel käytettävissä olevat parametrit. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

Asettaakseen osanumeron "1234", osan sarjanumeron "1000", ja hitsinumeron "1", käyttäjä lähettää seuraavat parametrit virtalähteelle:

```
3=1234;4=1000;5=1;
```

Kuva 9. Parametrit yhdellä rivillä. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

Parametrit voidaan lähettää joko yhdellä, tai useammalla rivillä:

```
3=1234;4=1000;
5=1;
5=2;
```

Kuva 10. Parametrit usealla rivillä. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

6 Käytännön testi ja johtopäätökset

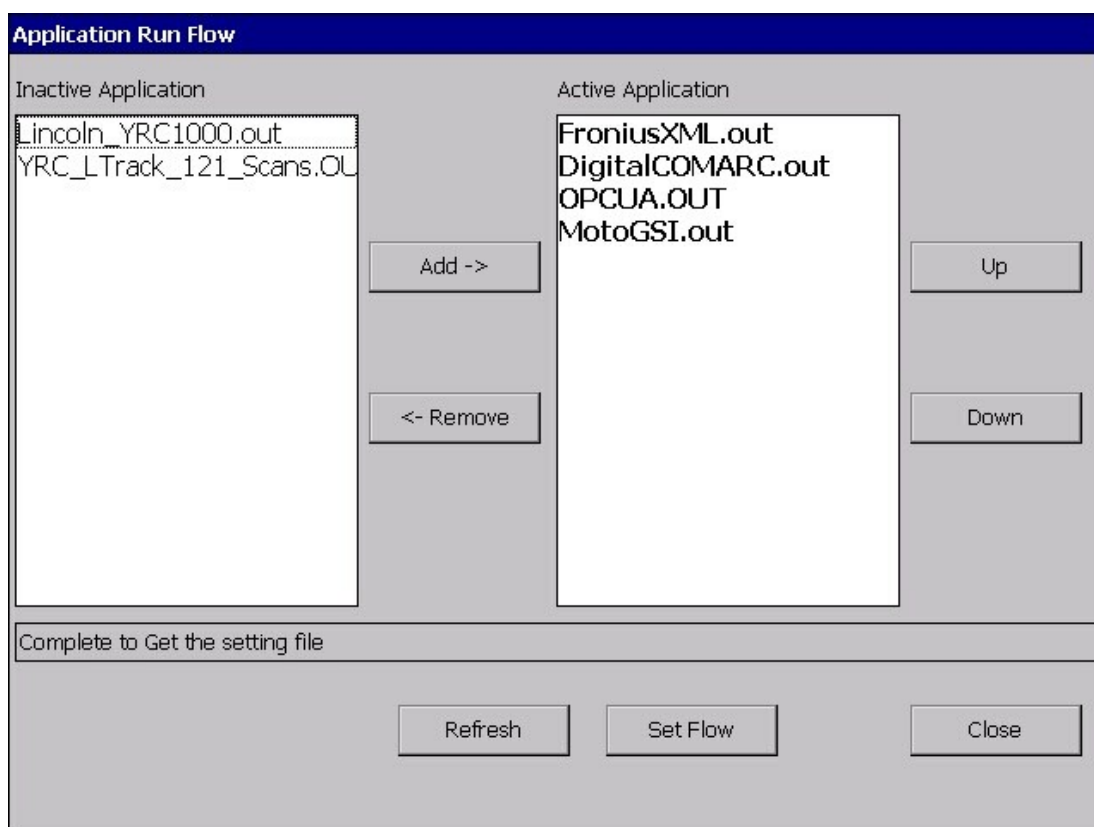
Käytännön testi suoritettiin Pemamek Oy:n tiloista löytyvällä, YRC1000 ohjaimella varustetulla Yaskawa AR2010 teollisuusrobotilla, sekä Fronius TPS 500i hitsausvirtalähteellä.



Kuva 11. Testissä käytetty laitteisto.

6.1 Robotin valmistelu

MotoGSI:n asennus, sekä sen vaatimat toimenpiteet robotilla vaihtelevat hieman eri robottiohjainten välillä, mutta yleisesti asennus tehdään kuten minkä tahansa muunkin MotoPlus sovelluksen asennus. Kun sovellus on asennettu, voidaan robotin pendantista MotoPlus monitor työkalulla varmistaa, että sovellus MotoGSI.out on aktiivinen. Testissä käytettiin MotoGSI versiota 1.34.



Kuva 12. MotoPlus monitor.

MotoGSI:n käyttö tapahtuu kutsumalla robottiohjelmassa tarvittavia .JBI tiedostoja, eli toisia robottiohjelmaa. Tarvittavat ohjelmat, sekä muutama esimerkkiohjelma niiden soveltamisesta sisältyvät MotoGSI toimitukseen. Ohjelmat ladataan käsin robotille kuten mikä tahansa robottiohjelma, esimerkiksi USB-muistitikulta robotin pendantin kautta.

Seuraavassa kuvassa tekstieditorissa tarkasteltuna yksi MotoGSI:n mukana toimitettavista esimerkkiohjelmista, jolla voidaan testata TCP-yhteyden toiminta. Tässä opinnäytetyössä ei perehdytä syvällisemmin Inform kielen syntaksiin, pääpiirteittäin työssä suoritetaan seuraavat toimenpiteet:

Rivi 12: Muodostetaan TCP-yhteys IP-osoitteeseen 10.0.0.5 porttiin 301, jos yhteyden muodostus onnistuu, saadaan paluuarvona kahva, jonka kanssa kommunikoidaan jatkossa.

Rivi 17: Muunnetaan merkkijono "HALLO" tavutaulukoksi.

Rivi 18: Lähetetään muodostettu data palvelimelle.

Rivi 22: Luetaan mahdolliset paluuarvot palvelimelta.

Rivi 23: Suljetaan kahva.

```
1  /JOB
2  //NAME GSI_TEST_TCP
3  //POS
4  ///NPOS 0,0,0,0,0,0
5  //INST
6  ///DATE 2012/08/02 12:18
7  ///ATTR SC,RW
8  ///LVAR5 10,10,0,0,0,0,0,0
9  NOP
10 SET LB000 0
11 SET LI000 10
12 CALL JOB:GSI_TCPCONNECT ARGFLB000 ARGFLI000 ARGF"10.0.0.5" ARGF"301"
13 SET LB001 B[LI000]
14 SET LI000 10
15 SET LI001 11
16 SET LI002 5
17 CALL JOB:GSI_MAKEBARRAY ARGFLI000 ARGFLI001 ARGFLI002 ARGF"HALLO"
18 CALL JOB:GSI_SENDDATA ARGFLB000 ARGFLI000 ARGFLB001 ARGFLI001 ARGFLI002
19 SET LI001 50
20 SET LI002 1
21 TIMER T=5.00
22 CALL JOB:GSI_READDATA ARGFLB000 ARGFLI000 ARGFLB001 ARGFLI001 ARGFLI002
23 CALL JOB:GSI_CLOSEHANDLE ARGFLB000 ARGFLI000 ARGFLB001
24 END
```






Kuva 13. TCP-yhteyden testausohjelma.

6.2 Virtalähteen valmistelu

Fronius virtalähteelle voidaan lisätä toimintopaketteja virtalähteen verkkokäyttöliittymästä, johon muodostetaan yhteys samaan verkkoon kytketyn PC:n verkkoselaimella navigoimalla virtalähteen huoltoportin IP-osoitteeseen. Lisenssit paketteihin toimitetaan XML-tiedostoina, ja lista paketeista löytyy virtalähteen Laajennus paketit välilehdellä. Fronius Data Channelin käyttöönotto vaatii OPT/i Documentation paketin. Testissä käytetyn virtalähteen ohjelmistoversio oli 3.2.0-27728.25429.

Seuraavat toimintopaketit ovat käytettävissä

▼ **Welding Packages**



| | | | |
|-------------------------------------|-------------|---|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | WP STANDARD |  | 4,066,012 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | WP PULSE |  | 4,066,013 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | WP LSC |  | 4,066,014 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | WP PMC |  | 4,066,015 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | WP CMT |  | 4,066,016 |

▼ **DB/i**

Asentamattomat lisenssit

| | | | |
|--------------------------|--------------------|--|-----------|
| <input type="checkbox"/> | DB/i Steel Edition | | 4,069,050 |
|--------------------------|--------------------|--|-----------|

▼ **Optio(t)**

| | | | |
|-------------------------------------|---------------------|---|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | OPT/i Jobs |  | 4,067,002 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | OPT/i Documentation |  | 4,067,003 |

Kuva 14. Testissä käytetyn virtalähteen toimintopaketit.

Virtalähteen verkkokäyttöliittymän oletusnäkyvä, kun TCP-yhteyttä ei ole muodostettu:

| MIG PMC | | testi | | JOB: 0001 | |
|-------------|--------------------------|-------|---------------------|-----------|------------|
| PIDÄ | | | | | |
| I | 245 A | U | 24.0 V | | 9.9 m/min |
| I | 247 A | U | 25.1 V | | 9.9 m/min |
| | -2.5 | | -2.0 | | 7.1 kW |
| | 0.2 | | 0.0 m/min | | 63.8 kJ |
| | 0.00 A | | 0.00 A | | |
| | 0 N | | 0 N | | |
| | 1.11 l/min | | 0.0 l/min | | 27960 l |
| | 21.0 °C | | 21.0 h | | 4551.5 h |
| | Steel M20 Ar+5-10%CO2 | | universal 1.2 mm | | ID 3245 |

Kuva 15. Virtalähteen todelliset järjestelmätiedot näkymä.

Virtalähteen lokikirjaan kirjataan jokaisesta hitsistä aikaleima ja oleelliset hitsausparametrit. Hitsattavan työkappaleen tuotenumero ja sarjanumero ovat oletusarvoisesti tyhjiä, ja hitsilaskuri on nolasta ylöspäin juokseva luku, joka nollaantuu aina kun virtalähteestä katkaistaan virta.

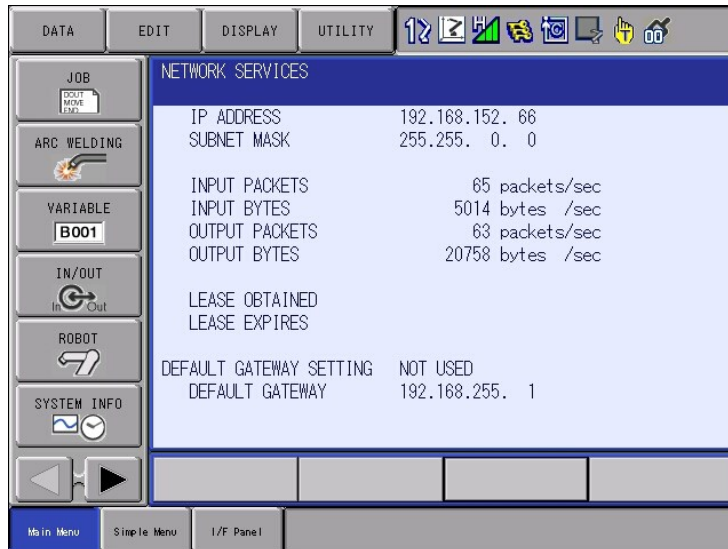
Dokumentaatio: Hitsit, Huomautukset, Tapahtumat (nro Virheet, Varoitukset)

| | Osan tuotenumero | Osan sarjanumero | Aloitusaika (pää...) | | I | U | | | | | | JO... |
|--|------------------|------------------|------------------------|--------|-------------------------|--------|-----------|------------|----------|---------|-------|-------|
| | 3 | | 12/12/2023, 11:00:2... | 11.5 s | 215 A | 23.7 V | 8.8 m/min | 0.0 cm/min | 6133.9 W | 70.7 kJ | 3.7 l | 1 |
| | 2 | | 12/12/2023, 10:59:4... | 11.7 s | 215 A | 24.2 V | 8.7 m/min | 0.0 cm/min | 6076.1 W | 71.5 kJ | 3.7 l | 1 |
| | 1 | | 12/12/2023, 10:59:1... | 11.5 s | 220 A | 23.8 V | 8.8 m/min | 0.0 cm/min | 6298.5 W | 72.6 kJ | 3.7 l | 1 |
| | 0 | | 12/12/2023, 10:25:1... | 11.3 s | 225 A | 23.0 V | 8.9 m/min | 0.0 cm/min | 6442.7 W | 73.1 kJ | 3.6 l | 1 |
| | | | 12/12/2023, 10:22:5... | | Kuittaa huomautus 18224 | | | | | | | |
| | | | 12/12/2023, 10:22:5... | | Huomautus 18224 | | | | | | | |

Kuva 16. Virtalähteen lokikirja.

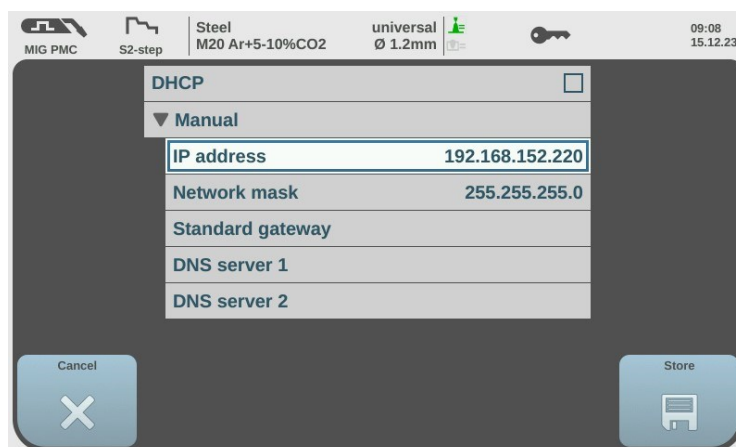
6.3 Verkkoasetukset

Testissä käytettävällä robotilla on kolme verkkosovitinta, joista yksi on kytketty robottisolun verkkokytkimeen. Jotta robotilta voidaan muodostaa TCP-yhteys virtalähteelle, tulee virtalähteen huoltoportin IP-osoitteen olla samassa aliverkossa kuin robotilta verkkokytkimelle kytketty verkkosovitin.



Kuva 17. Robotin LAN3 verkkosovitin.

Virtalähteen huoltoportin IP-osoite voidaan asettaa virtalähteen asetuksista, samaan IP-osoitteeseen muodostetaan yhteys myös solutietokoneen verkkoselaimella, jos halutaan käyttää virtalähteen verkkokäyttöliittymää.



Kuva 18. Virtalähteen huoltoportin verkkoasetukset.

6.4 Hitsausohjelma

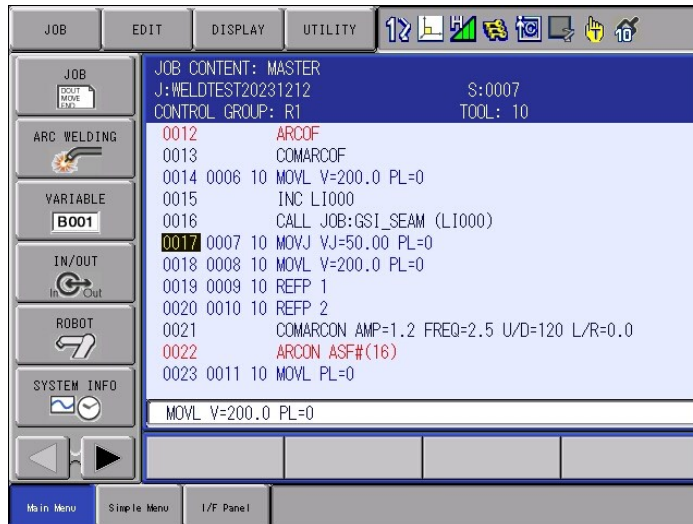
Robotille luotiin ohjelmat GSI_PART, GSI_SERIAL, sekä GSI_SEAM, jotka ottavat vastaan argumenttina kullekin virtalähteen lokikirjan tunnisteparametrille halutun arvon, kirjoittavat arvon paikalliseen muuttujaan, suorittavat tarvittavat toimenpiteet muuttujalle ja kutsuvat tarvittavia MotoGSI ohjelmia. Kutsumalla luotuja ohjelmia varsinaisissa hitsausohjelmissa saadaan parametrit välitettyä virtalähteelle yhdellä komennolla, joka tekee ominaisuudesta huomattavasti helppokäyttöisemmän, eikä robottioperaattorilta vaadita kovinkaan syvällistä ymmärrystä itse rajapintojen toiminnasta. Luotujen ohjelmien tarkkaa sisältöä ei julkaista.

Testiohjelmassa hitsinumeroa säilytetään paikallisessa kokonaislukumuuttujassa, osatunnus ja sarjanumero välitetään kutsuttavaan aliohjelmaan merkkijonoina. Ohjelman alussa alustetaan hitsinumeroa säilyttävän paikallisen kokonaislukumuuttujan arvoksi 1, ja välitetään työkappaleen tunnistetiedot virtalähteelle (rivit 1–4), ajetaan robotti hitsin lähestymispisteen kautta aloituspisteeseen, ja määritellään vaaputuksen referenssipisteet (rivit 5–8). Railon seuranta ja valokaari kytketään päälle, jonka jälkeen ajetaan hitsin päätepisteeseen (rivit 9–11).



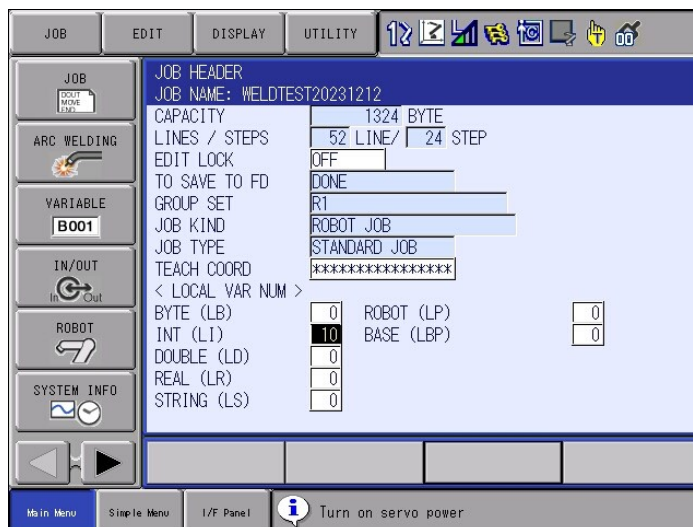
Kuva 19. Testiohjelman ensimmäiset 11 riviä.

Hitsien väleissä inkrementoidaan hitsinumeron sisältävää paikallista kokonaislukumuuttujaa, välitetään uusi hitsinnumero virtalähteelle, ja siirrytään seuraavaan hitsiin.



Kuva 20. Testiohjelma hitsien välissä.

Hitsinnumero voidaan myös välittää suoraan kutsuttavaan aliohjelmaan muiden tunnistetietojen tapaan, mutta siinä tapauksessa robottiohjelmoijan pitää muistaa mitä hitsiä ollaan tekemässä, jolloin virheen mahdollisuus kasvaa. Paikallisia muuttujia käytettäessä, tulee ohjelmassa tarvittavat paikalliset muuttujat määritellä ohjelman ”job header” valikossa.



Kuva 21. Job header.

6.5 Testitulokset

Testiohjelma suoritettiin, tuloksena neljä lyhyttä hitsiä.



Kuva 22. Testihitsit.

Virtalähteen lokikirja ohjelman jälkeen:

Dokumentaatio: Hitsit, Huomautukset, Tapahtumat (nro Virheet, Varoitukset)

| | Osan tuotenumero | Osan sarjanumero | Aloitusaika (pal...) | | I | U | | | IP | IE | | JO... | |
|---|------------------|------------------|------------------------|--------|-------|--------|-----------|------------|----------|---------|-------|-------------------------|-----------------|
| 4 | RUNKO12 | 12345 | 12/12/2023, 11:30:2... | 11.4 s | 210 A | 23.0 V | 8.9 m/min | 0.0 cm/min | 6042.6 W | 68.9 kJ | 3.6 l | 1 | |
| 3 | RUNKO12 | 12345 | 12/12/2023, 11:30:0... | 11.8 s | 201 A | 24.7 V | 8.7 m/min | 0.0 cm/min | 5821.1 W | 68.9 kJ | 3.8 l | 1 | |
| 2 | RUNKO12 | 12345 | 12/12/2023, 11:29:4... | 11.4 s | 220 A | 23.2 V | 8.9 m/min | 0.0 cm/min | 6230.4 W | 71.3 kJ | 3.6 l | 1 | |
| 1 | RUNKO12 | 12345 | 12/12/2023, 11:29:3... | 11.5 s | 222 A | 23.6 V | 8.8 m/min | 0.0 cm/min | 6205.9 W | 71.9 kJ | 3.7 l | 1 | |
| 3 | | | 12/12/2023, 11:00:2... | 11.5 s | 215 A | 23.7 V | 8.8 m/min | 0.0 cm/min | 6133.9 W | 70.7 kJ | 3.7 l | 1 | |
| 2 | | | 12/12/2023, 10:59:4... | 11.7 s | 215 A | 24.2 V | 8.7 m/min | 0.0 cm/min | 6076.1 W | 71.5 kJ | 3.7 l | 1 | |
| 1 | | | 12/12/2023, 10:59:1... | 11.5 s | 220 A | 23.8 V | 8.8 m/min | 0.0 cm/min | 6298.5 W | 72.6 kJ | 3.7 l | 1 | |
| 0 | | | 12/12/2023, 10:25:1... | 11.3 s | 225 A | 23.0 V | 8.9 m/min | 0.0 cm/min | 6442.7 W | 73.1 kJ | 3.6 l | 1 | |
| | | | 12/12/2023, 10:22:5... | | | | | | | | | Kuittaa huomautus 18224 | |
| | | | 12/12/2023, 10:22:5... | | | | | | | | | | Huomautus 18224 |

Kuva 23. Lokikirja verkkokäyttöliittymästä tarkasteltuna.

Seuraavan hitsin tiedot näkyvät myös virtalähteen verkkokäyttöliittymän oletusnäkylässä, jos työkappaleen tuotetunnus tai sarjanumero on määritelty.

| MIG PMC | | testi | | JOB: 0001 | |
|----------------------------|--------------------------|----------|---------------------|-----------|-----------|
| Osanumero (seuraava hitsi) | | | | | |
| | 5 | | RUNKO12 | | 12345 |
| PIDÄ | | | | | |
| I | 224 A | U | 25.0 V | | 9.9 m/min |
| I | 247 A | U | 25.1 V | | 9.9 m/min |
| | -2.5 | | -2.0 | | 6.9 kW |
| | 0.2 | | 0.0 m/min | | 63.3 kJ |
| | 0.00 A | | 0.00 A | | |
| | 0 N | | 0 N | | |
| | 1.12 l/min | | 0.0 l/min | | 27978 I |
| | 21.0 °C | | 21.0 h | | 4552.0 h |
| | Steel M20 Ar+5-10%CO2 | | universal 1.2 mm | | ID 3245 |

Kuva 24. Todelliset järjestelmätiedot.

Hitsikohtaiset jäljitettävyytiedot tallentuvat odotetulla tavalla virtalähteen lokikirjaan, josta ne voidaan tarvittaessa viedä jatkokäsittelyyn tai säilytykseen joko PDF tai CSV tiedostoina.



Kuva 25. Tietojen vienti virtalähteen lokikirjasta.

6.6 Johtopäätökset

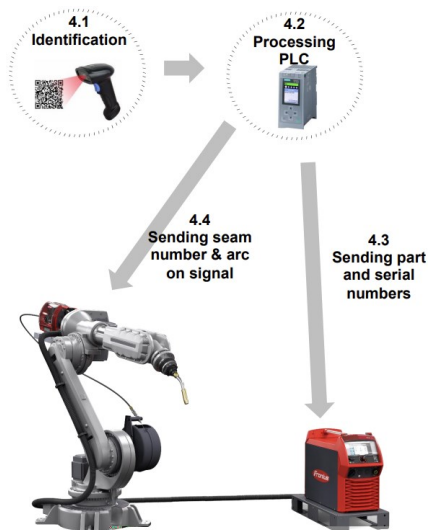
Toisin kuin esimerkiksi UDP, TCP protokolla varmistaa tiedonsiirron eheyden, joka on kriittinen ominaisuus tämän tyyppisessä sovelluksessa. Mahdollisissa ongelmatilanteissa, jos esimerkiksi yhteys robotin ja virtalähteen välillä katkeaa, MotoGSI ohjelmiin luotu virheenkäsittely keskeyttää robottiohjelman suorittamisen, eikä jatka ennen kuin ongelma on korjattu.

Opinnäytetyön tarkoitus oli tutkia soveltuvatko Yaskawa MotoGSI, sekä Fronius Data Channel rajapinnat jäljitettävyystietojen välittämiseen robotilta virtalähteen lokikirjaan. Testitulosten perusteella voidaan todeta rajapintojen toimivan luotettavasti ja soveltuvan kyseiseen tarkoitukseen hyvin.

7 Mahdolliset jatkosovellukset

Toimeksiantajalle luonnollinen jatkosovellus olisi sisällyttää jäljitettävyystietojen välittäminen robottiaseman solutietokoneelta käytettävään robottisolun hallintaohjelmistoon. Hallintaohjelmaan ladataan robotilta löytyvät hitsausohjelmat, jonka jälkeen operaattori muodostaa töistä tarkoituksenmukaisen työjonon ja käynnistää ohjelmien suorittamisen. Operaattori voisi esimerkiksi lukea solutietokoneen viivakoodinlukijalla työkappaleen osa- sekä tunnistenumerot, jotka lähetettäisiin hitsaustyötä käynnistäessä tietokoneelta suoraan virtalähteelle. Yksittäiset hitsinumerot olisivat ennalta ohjelmoitu robotilla suoritettavaan työhön ja ne lähetettäisiin robotilta virtalähteelle ohjelman edetessä, kuten tässä työssä esitellyssä testiohjelmassa. Robottihitsausasemat ovat usein asiakkaan yksilölliseen tarpeeseen räätälöityjä, ja aseman rakenne, sekä komponenttien määrä vaihtelee. Jos aseman kokoonpanoon ei kuulu solutietokonetta, voidaan tunnistetietojen välittäminen suorittaa myös PLC:llä.

Mikäli myös hitsinumero haluttaisiin lähettää PC:ltä / PLC:ltä, koska MotoGSI ei sisällä TCP-palvelinta, pitäisi PC:llä / PLC:llä olla TCP-palvelin, johon robotilla muodostettaisiin yhteys ja hitsinumero luettaisiin paluuarvoista.



Kuva 26. PLC ohjattu tunnistetietojen välittäminen robotille ja virtalähteelle. (Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i, 2018.)

Lähteet

Best practice Traceability with WeldCube Premium and TPS/i. 2018. Best practices for part based documentation. Fronius International GmbH. (Viitattu 12.12.2023)

HW1483600. 2018. User's Manual For New Language Environment MotoPlus. Yaskawa electric corporation. (Viitattu 12.12.2023)

Klusaitė, L. 2022. TCP IP -mikä se on, mihin sitä tarvitaan ja mitä se tekee? NordVPN -blogi 9.3.2022. Viitattu 12.12.2023 <https://nordvpn.com/fi/blog/tcp-ip-protokolla/>

Laine V. haastattelu. Pemamek Oy:n Robottiikkapäällikkö Ville Lainetta haastatteli 21.12.2023 opinnäytetyön tekijä Petri Ratia.

MotoGSI Manual / V1.34. 2020. Yaskawa Europe GmbH. (Viitattu 12.12.2023)

Pemamek Oy (2023). Saatavilla: <https://pemamek.com/fi/yritys/> (Viitattu 12.12.2023)

Pemamek Oy Kuvapankki. Saatavilla vain yhtiön työntekijöille. (Viitattu 12.12.2023)

Pronius Oy (2023). Fronius-hitsauslaitteet. Saatavilla: <https://pronius.fi/tuote-osasto/fronius-hitsauslaitteet/> (Viitattu 13.12.2023)

Samariya, U. 2023. TCP 3-Way Handshake Process. Tutorialspoint-blogi. Viitattu 8.1.2024 <https://www.tutorialspoint.com/tcp-3-way-handshake-process>

Talk by students (2023). Jäljitettävyyden merkitys valmistavassa teollisuudessa -Onko jäljitettävyyden avain menestykseen? Saatavilla: <https://talkbystudents.turkuamk.fi/lojistiikka/jaljitettavyuden-merkitys-valmistavassa-teollisuudessa-onko-jaljitettavyys-avain-menestykseen/> (Viitattu: 12.12.2023)

Tibco (2023). What is Industrial Internet of Things (IIoT)? Saatavilla: <https://www.tibco.com/reference-center/what-is-iiot> (Viitattu: 12.12.2023)

42,0426,0114,EN. 2023. Operating Instructions TPS 320i / 400i / 500i / 600i TPS 400i LSC ADV. Fronius International GmbH. (Viitattu 12.12.2023)