

Ilkka Syvälä

Robottisolun käyttöliittymän toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinööriytyö

9.12.2016

Tekijä(t) Otsikko	Ilkka Syväälä Robottisolun käyttöliittymän toteutus
Sivumäärä Aika	24 sivua 9.12.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Johtaja Jari Pohjasniemi Projektipäällikkö Teemu Eerola Projektipäällikkö Rauno Hakala Lehtori Timo Tuominen
<p>Opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ja toteuttaa kosketusnäyttöpohjainen käyttöliittymä sisällytettäväksi optiona MTC Flextek Oy Ab:n toimittamiin robottisoluihin. Yrityksen tarve omalle käyttöliittymälle perustui saatavilla olevien kaupallisten ratkaisujen epäsopivuuteen halutussa käytössä.</p> <p>Työssä esitellään pohditut toteutusvaihtoehdot, valittu laitteisto ja toteutetun sovelluksen toiminnot. Toteutuksessa käytetyistä tekniikoista keskeisimmät ovat C#, SQL ja FANUC Robot Interface.</p> <p>Robottisolujen keskinäisen toimintaperiaatteen samankaltaisuus ja vakiintunut laitteisto mahdollistavat käyttöliittymän mukauttamisen toimituskohtaisesti kohtuullisella vaivalla. Soluissa käytettävät robotit ovat FANUCin valmistamia.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin tuotantokäytössä testaamiseen valmis sovellus, jonka yritys tulee kaupallistamaan lisävarusteena toimittamilleen robottisoluille.</p>	
Avainsanat	Käyttöliittymä, C#, SQL, FANUC

Author(s) Title	Ilkka Syvälä Developing HMI for Robot Cell
Number of Pages Date	24 pages 9 December 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Technology
Specialisation option	
Instructor(s)	Jari Pohjasniemi, Director Teemu Eerola, Project Manager Rauno Hakala, Project Manager Timo Tuominen, Senior Lecturer
<p>The goal of this study was to design and develop a touchscreen HMI for robot cell. The developed HMI is meant to be an optional accessory for robot cells delivered by MTC Flextek Oy Ab. The need for company's own HMI was based on inadequacy of other commercial solutions for the intended use.</p> <p>This thesis goes through the process of considering options and choosing the hardware and introduces the functionalities of the software. Main techniques in use are C#, SQL and FANUC Robot Interface.</p> <p>The developed software can be customized to different robot cells with a reasonable effort. Delivered cells have the same basic setup and all used robots are manufactured by FANUC.</p> <p>As a result of the project the HMI application is ready to be tested in production.</p>	
Keywords	HMI, C#, SQL, FANUC

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Määrittely ja suunnittelu	2
2.1	Tavoitellut toiminnallisuudet	2
2.2	Laitteisto ja rajapinnan valinta	3
2.2.1	Tarkastellut vaihtoehdot	3
2.2.2	Paneeli-PC ja Robot Interface	4
3	Käytetyt ohjelmistot	6
3.1	Visual Studio	6
3.2	SQLite	6
3.3	DB Browser for SQLite	7
3.4	Roboguide	8
4	Käyttöliittymän toiminnot	9
4.1	Kiinteät elementit	9
4.1.1	Yläpalkki	9
4.1.2	Välilehdet ja alapalkki	11
4.2	Päänäkymä	12
4.3	Tuote	14
4.4	Statistiikka	16
4.5	Tuotantohistoria	19
4.6	Hälytyshistoria	20
4.7	Toiminnot	21
5	Testaus	22
6	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Lyhenteet

HMI	Human Machine Interface. Koneen käyttöliittymä.
IP	Internet Protocol. Verkkolaitteet yksilöivä osoitejärjestelmä.
numreg	Numeric register. Muistialue Fanuc-robotin ohjausyksikössä.
OEE	Overall Equipment Efficiency. Tuotantolaitteen tehokkuuden laskentamenetelmä.
ROS	Robot Operating System. Useiden robottivalmistajien tuotteiden kanssa yhteensopiva avoimen lähdekoodin ohjausjärjestelmä.
SQL	Structured Query Language. Tietokantojen hallinnassa käytettävä kieli.
USB	Universal Serial Bus. Standardoitu sarjaväylä ulkoisten laitteiden liittämiseksi tietokoneeseen.

1 Johdanto

Insinööriyö tehdään MTC Flextek Oy Ab:n robotiikan toimiyksikölle. Yritys tarjoaa laajan valikoiman työstökoneita, robotiikkaa, oheislaitteita ja teollisuuden palveluita sekä näistä muodostettuja kokonaisuuksia. MTC Flextek työllistää eri puolilla Suomea ja Baltian maissa noin 80 teollisuuden ammattilaista. [1.]

Työn aiheena on täysin kustomisovissa olevan kosketusnäyttökäyttöliittymän toteutus valinnaiseksi lisävarusteeksi yrityksen toimittamiin robottisoluihin. Yrityksessä on todettu kaupallisesti saatavilla olevien käyttöliittymäratkaisujen olevan epäsopivia tai kustannuksiltaan kilpailukyvyttömiä, joten yritykselle päätettiin kehittää oma käyttöliittymäsovellus insinööriyönä.

2 Määrittely ja suunnittelu

Projektin aloituspalaverissa 6.6.2016 käyttöliittymälle määriteltiin seuraavat reunaehdot:

- Käyttöliittymän ohjaus tapahtuu kosketusnäytöllä.
- Käyttöliittymään sisällytetään vain keskeisimmät robotin käsiohjaimen toiminnot
- Käyttöliittymän tarkoitus on yksinkertaistaa robottisolun käyttöä.
- Käyttöliittymä ei saa olla solun toiminnan kannalta kriittinen osa. Solua on kyettävä operoimaan robotin käsiohjaimella myös ilman käyttöliittymäpaneelia
- Käyttöliittymän on oltava kustannuksiltaan perusteltavissa oleva lisävaruste myös pienempiin robottisoluihin

Projektissa kartoitetaan mahdolliset toteutusvaihtoehdot, ja käyttöliittymä toteutetaan niistä parhaaksi katsotulla tavalla.

2.1 Tavoitellut toiminnallisuudet

Tiedonsiirto robotin ohjausyksikköön haluttiin toteuttaa Ethernet-yhteydellä. FANUC-ohjaukskaapeissa on tarkoitukseen sopivat RJ-45-liittimet ja niiden hyödyntäminen tiedettiin parhaaksi tavaksi toteuttaa yhteys. Toteutettavasta käyttöliittymästä ei kuitenkaan haluttu tehdä täysin langatonta, esimerkiksi puhelimeen asennettavaa sovellusta, vaan kiinteä osa robottisolua.

Käyttöliittymän vaatiman robotin rajapintadatan tiedettiin olevan lähinnä robotin num-reg- ja I/O-alueissa tai siirrettävissä toiseen näistä. Siirrettävää dataa tulisi olemaan käytettävän robottiohjelman ja turvapiirin tilatieto, prosessoitavan kappaleen dimensiot ja haluttu erä koko sen etenemisen valvonnan ohella.

Robotista saatavan datan perusteella käyttöliittymän on ilmaistava robottisolun tila ja kyettävä ohjaamaan sen muutoksia käyttäjän tavoittelemalla tavalla. Virhetilanteissa robotin uusimpien hälytysten on oltava näkyvissä käyttöliittymässä ja kuitattavissa sieltä.

Käyttöliittymän alustana käytettävien laitteiden kapasiteetin on riitettävä solun tuotantotilastojen keräämiseen ja esittämiseen. Tarkasteltavia tunnuslukuja solusta ovat käytöaste, tuotteiden laatu ja niiden läpimenoaika. Laskentaa todettiin olevan parasta lähestyä OEE-laskennan periaattein, jolloin tuloksista saadaan vertailukelpoisia muihin toteutuksiin.

2.2 Laitteisto ja rajapinnan valinta

2.2.1 Tarkastellut vaihtoehdot

Käytettävän alustan valinnan lähtökohtana oli yrityksen tarve tarjota hinnaltaan kilpailukykyinen käyttäjäpaneeli toimittamiinsa robottisoluihin. Projektin määrittelyn ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin mahdollisuutta käyttää tarkoitukseen selvästi teollisuuskäyttöön tarkoitettuja paneelitietokoneita edullisempia kuluttajakäyttäjille suunnattuja taulutietokoneita.

Ensimmäisenä vaihtoehtona pidettiin Android-pohjaista taulutietokonetta ja tarkastelun jälkeen todettiin laitteiden liitettävyyden olevan puutteellinen käyttötarkoitukseen. Taulutietokoneisiin on saatavissa USB-liitäntäisiä Ethernet-sovittimia, joiden laiteyhteensopivuus on käyttöjärjestelmäriippuvaista ja vahvasti puutteellista uusissa versioissa. Minkään valmistajan laitteissa ei ole taetta tuen jatkuvuutta, mikä koettiin tuotantokäytön jatkuvuuden takaamisen kannalta ongelmaksi. Lisäksi lähes kaikissa laitteissa samaa porttia tarvitaan laitteen lataukseen, joten latauskaapelin ja laitteen väliin olisi täytynyt lisätä jakaja.

Toteutusvaihtoehtoa tarkasteltaessa huolta aiheutti myös laitteen jatkuvan latauksen, sovittimen virrankulutuksen ja mahdollisesti suljetun kotelon yhteisvaikutuksen aiheuttama laitteen lämpötilan nousu ja sen seurauksena odotettavissa olevan eliniän lyheneminen.

Langattoman verkkoyhteyden luomista kiinteästi asennettuun kuluttajille suunnattuun taulutietokoneeseen tarkasteltiin myös vaihtoehtona, mutta toteutus olisi edellyttänyt tukiaseman sijoittamista ohjauskaappiin. Langattoman signaalin kuuluvuus, häiriösitoisuus ja luotettavuus koettiin kuitenkin puutteellisiksi jatkuvaan tuotantokäyttöön. Lisäksi hylkäävässä päätöksessä huomioitiin mahdollisen hyvän kuuluvuuden aiheuttama tietoturvanäkökulma sekä mahdolliset häiriöt muille laitteille.

Vaihtoehtona kuluttajille suunnattuun taulutietokoneeseen tarkasteltiin myös Linux-pohjaisia minitietokoneita, joista tarkastelussa keskeisimpänä oli Raspberry Pi. Kosketusnäyttöön yhdistettynä halutun toiminnallisuuden toteuttaminen onnistuisi ja toteutuksella vältettäisiin Windows-pohjaisen ratkaisun lisenssikulut.

Molemmissa vaihtoehtoisissa toteutuksissa käytettävä rajapinta olisi mitä luultavimmin ollut avoimeen lähdekoodiin perustuva useiden valmistajien robotteja tukeva Robot Operating System, ROS. Kyseisen rajapinnan viimeisin Android-tuellinen [2] jakelu on kuitenkin heinäkuussa 2014 julkaistu Indigo Igloo, jonka tuki päättyy huhtikuussa 2019 [3]. Linux-toteutuksessa uusimman Kinetic Kame -jakelun käyttö olisi ollut mahdollista. Versioiden lyhyehköjen elinkaarien katsottiin kuitenkin olevan riittämättömiä pitkäikäisissä robottisoluissa käytettäviksi. Jatkuvan uuteen versioon päivittämisen todettiin joko aiheuttavan kohtuuttoman työkuorman tai yhteensopivuusongelmia päivittämättömyyden rajatessa jossain vaiheessa uuden ohjelmistoversion robotin ohjausyksiköt käyttöliittymän piiristä. Käyttöliittymän kehityksessä pyritään välttämään useita kehityshaaroja.

Lisäksi rajapinnan FANUC-kirjaston kehityksellinen vaihe ROS-paketissa on ”developmental” [4], joka ei määritelmänsä mukaan ole tuotantovalmis toteutus ja vaatii virhekorjausta sekä kehittämistä. Edellä esitettyyn ja projektin aikarajoihin perustuen päätettiin hylätä ROS ja sen käyttöä edellyttäneet alustat toteutusvaihtoehdoista.

2.2.2 Paneeli-PC ja Robot Interface

Robotin ja käyttöliittymäpaneelin tiedonsiirron toimintavarmuuden takaamiseksi päädyttiin valitsemaan käytettäväksi FANUC Robot Interface -ohjelmistomoduli, jonka käyttöohjeessa mainituissa rajoissa projektia jatkettiin.

Robot Interface on Windows-ohjelmistomoduli, jolla pystytään lukemaan ja kirjoittamaan robotin dataa Ethernet-yhteydellä. Moduuli toimitetaan ActiveX-komponenttina, jonka rajallinen käyttöjärjestelmäyhteensopivuus on huomioitava toteutuksessa. Yhteensopivat Windows-versiot on listattu käyttöohjeessa. [5.]

Moduulin versiossa 2.0.7 uudeksi ominaisuudeksi on listattu tuki Visual Studio 2013:lle, joka valittiin kehitysympäristöksi. Moduulin tukemista kielistä mieluisimmaksi koettiin Microsoft Visual C#:n, jolla käyttöliittymäsovellus päätettiin toteuttaa.

Käyttöliittymäsovelluksen valmistuttua lähelle lopullista muotoaan pystyttiin muodostaman vaatimusmäärittely käytettävälle laitteistolle. Tarkastelluista vaihtoehdoista sopivimmaksi todettiin Advantechin paneeli-PC.

3 Käytetyt ohjelmistot

3.1 Visual Studio

Visual Studio 2013 on Microsoftin kehittämä useita kieliä tukeva ohjelmointiympäristö. Kehitettävän käyttöliittymän käyttäjälle näkyvä front end oli helppo luoda Windows Forms -projektissa hyödyntämällä kirjaston valmiita komponentteja. Back endin kirjoitusta helpottivat suuresti Visual Studion koodin automaattinen täydennys, värikorostukset ja muut toiminnot.

Ohjelman kääntäminen on mahdollista Visual Studiossa ja tapahtuvien virheiden paikallistaminen on helppoa selkeiden virheilmoitusten ansiosta. Virheilmoituksen tarvitessa tarkempaa selitystä löytyi ratkaisu lähes aina stackoverflow.com-verkkosivulta tai Microsoftin omien komponenttien dokumentaatiosta verkkosivuilta.

3.2 SQLite

SQLite on prosessikirjasto, joka sisältää itsenäisesti toimivan, huoltoa vaatimattoman ja konfigurointitarpeettoman tietokantamoottorin. SQLite:n lähdekoodi on vapaasti käytettävissä myös kaupalliseen tarkoitukseen. [6.] SQLite-tietokantamoottoria käytetään enemmän kuin muita tietokantamoottoreita yhteensä. Esimerkkejä sovelluksista ovat Android- ja iOS-pohjaiset matkapuhelimet ja laitteet sekä monet verkkoselaimet kuten Firefox, Chrome ja Safari. [7].

Useimmista muista tietokantamoottoreista poiketen SQLite on itseensä sulautettu, eikä sen käyttö vaadi erillistä palvelinprosessia. Tietokanta lukee ja kirjoittaa tietoa suoraan alkuperäisiin tiedostosijainteihin. Käytettävä tiedostotyyppi on alustariippumaton ja datan kopiointi alustojen välillä on vaivatonta. [6] Yhteen .sqlite-tyyppiseen tietokantatiedostoon on mahdollista sisällyttää useampia taulukoita. Käyttöliittymän tietokannassa taulukoita on kolme kappaletta.

Ensimmäinen taulukoista tallentaa solun tilan muutosajankohtia ja näiden erotuksena laitteen aikaa tarkastellussa tilassa. Kerätyllä tiedolla pystytään tarkastelemaan laitteen käyttöastetta käyttöliittymässä. Käytettävyyden, työvuorojen välisen käyttöasteen tai muun tilastollisen analyysin suorittaminen on mahdollista kopioimalla taulukko erillisellä

tarkoituksenmukaiseksi katsotulla sovelluksella tarkasteltavaksi. Kehitetystä käyttöliittymässä ei ole tähän tarkoitettua työkalua.

Tietokannassa on omat taulukot käyttäjän asettamalle tuotteittaiselle reseptiikalle ja tuotteen prosessoinnissa toteutuneiden arvojen tallennukselle. SQLite-tietokantatiedostojen kopioitavuus tekee toimivien reseptien varuuskopioinnista ja palautuksesta helppoa.

3.3 DB Browser for SQLite

DB Browser for SQLite on graafisen käyttöliittymän tietokantaselain SQLite-tyyppisille tietokanoille. Työkalulla on mahdollista luoda, suunnitella ja muokata tietokantataulukoita ilman tarvetta SQL-komennoille. Tietokantaselaimen kehitys on avoimen lähdekoodin projekti ja suunnittelussa on huomioitu sovelluskehittäjien sekä loppukäyttäjien tarpeet. Ohjelman keskeinen kehityksperiaate on tavoitella yksinkertaisuutta käytettävyydessä, jolloin tietokannan käsittely SQL-komennoin ei ole DB Browser for SQLiten käyttöä helpompaa. [8]

Ohjelma osoittautui käyttöliittymän kehityksessä varsin hyödylliseksi ja aikaasäästäväksi taulukon muodostamisen tietokantaan tapahtuessa ohjatusti graafisesta käyttöliittymästä. Taulukon nimeäminen, kenttien lisäys sekä niiden muokkaus ja ehtojen asettaminen syötteelle onnistuivat vaivattomasti muutamalla klikkauksella. Taulukon muokkaukselle käyttöliittymän elinkaaren aikana ei ole tarvetta, joten DB Browser for SQLite ei ole käyttöliittymän paneeliin sisältyvien ohjelmien joukossa.

Käyttöliittymän tietokantaintegraation kehityksen yhteydessä mahdollisuus suorittaa SQL-komentoja DB Browser for SQLitessä osoittautui korvaamattomaksi tavaksi tarkastaa käytetyn kyselyn muoto ja tulokset. Tiedon perusteella pystyttiin paikallistamaan nopeasti puutteellisen koodin tietokantayhteyteen, datan hakuun tai sen esitykseen.

Tuotekehityksen vaiheesta johtuen kuvaajiin ja taulukoihin ei ollut saatavilla tuotanto-käytössä muodostunutta todellista dataa. Kuvitteellisen datan syöttäminen kokeilumielessä käyttöliittymän statistiikkavälilehden ja tuotantohistorian toiminnallisuuden demonstroinnin pohjaksi osoittautui helpohkoksi DB Browser for SQLiten graafisen käyt-

töliittymän kautta. Ilman graafista pintaa tietokantaan jokaisen muokattavan rivin olisi joutunut syöttämään, tai kopioimaan ja muokkaamaan SQL-komennoin.

3.4 Roboguide

FANUC Roboguide on robottisimulaattori, joka mallintaa fyysisen robotin virtuaalisessa ympäristössään, sekä käsiohjaimen toiminnallisuuksineen. FANUC-robottien offline-ohjelmointi on mahdollista Roboguidella. [9]

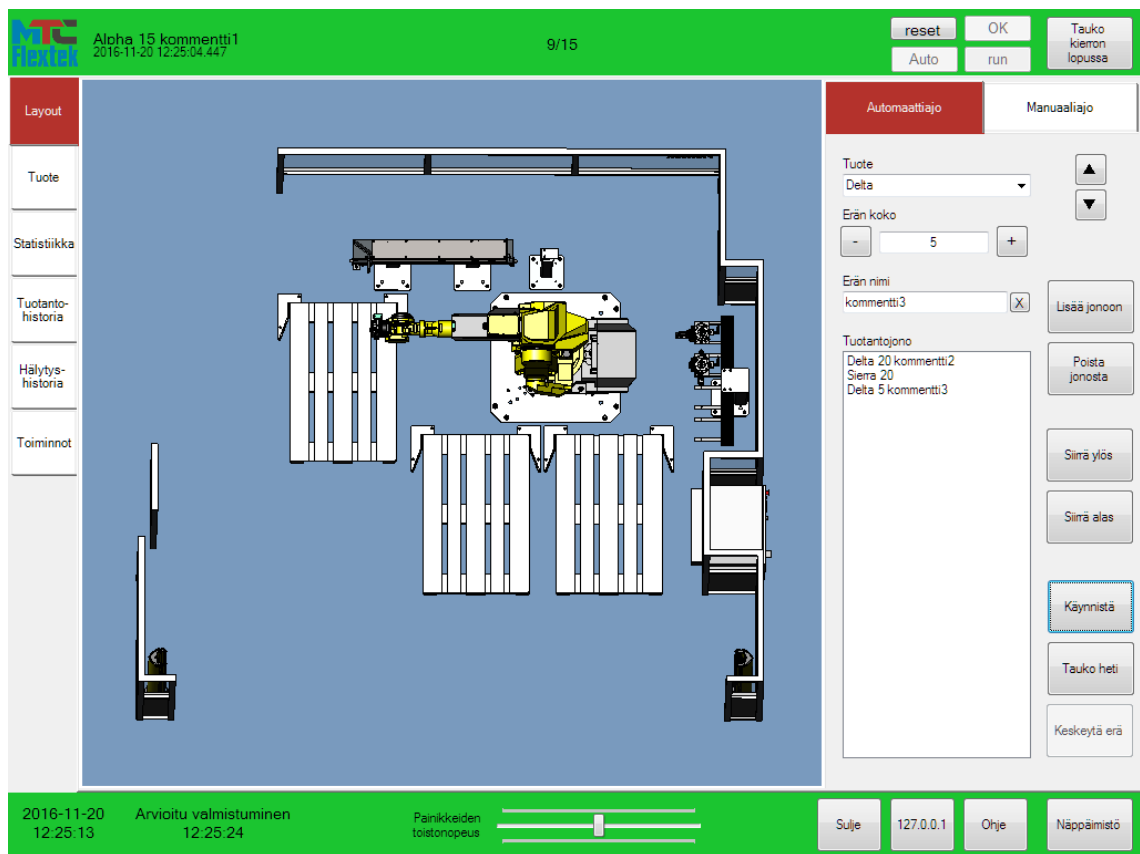
Käyttöliittymän robottirajapinnan kehityksen alkuvaiheessa testaus oli suoritettava fyysisen robotin ohjausyksikön ollessa kytkettynä lähiverkkokaapelilla ohjelmointikoneeseen. Robottisolun simuloiminen Roboguidella mahdollisti testaamisen ilman yhteyttä oikeaan robottiin ja helpotti suuresti testausta.

4 Käyttöliittymän toiminnot

Käyttöliittymän toiminnallisuudet muodostavassa lähdekoodissa on 3 313 riviä 19.11.2016, joten sen yksityiskohtainen läpikäyminen ei ole mielekäs. Hyvän käsityksen toiminnallisuuksista saa kuitenkin ymmärtämällä jäljempänä selitetyt käyttöliittymän toiminnot ja toimintaperiaatteet.

4.1 Kiinteät elementit

4.1.1 Yläpalkki



Kuva 1. Käyttöliittymän päänäkymä tuotannon ollessa käynnissä

Käyttöliittymässä aina näkyvissä olevat kiinteät elementit ovat yläreunan tilapalkki, vasemman reunan välilehtivalikko ja alareunan tilapalkki.

Yläpalkki ja alapalkki vaihtavat väriä prosessin tilan mukaan. Vihreä väri ilmaisee tuotannon olevan käynnissä ja etenevän normaalisti, keltainen kertoo tuotannon keskeytyneen tai valmistuneen ja solun odottavan operaattorin toimenpiteitä. Palkit muuttuvat sinisiksi, jos robotilla on aktiivisia tai kuittaamattomia hälytyksiä. Mikäli yhteys robottiin katkeaa, palkit näkyvät käyttäjälle harmaina. Tilatieto on esitetty yläpalkissa myös tekstimuotoisena värisokeiden käyttäjien huomioimiseksi ja tilojen erotettavuuden takaamiseksi harmaasävytulosteissa.

Yläpalkin vasemmassa reunassa olevan yrityksen logon koskettaminen avaa teknisen tuen yhteystiedot. Sen oikealla puolella kuvassa 1 tekstillä ”Tuote 10 kommentti1” on esitettyä tuotannossa olevan erän tiedot. Ensimmäinen sana on ajossa olevan reseptin nimi, toinen sana on eräko positiivisena kokonaislukuna ja kolmas on käyttäjän syöttämä valinnainen erän nimi. Erien nimeäminen helpottaa niiden seuranta tuotantohistoriassa.

Ajossa olevan tuotteen tietojen alapuolella on erän aloitusaika muodossa yyyy-MM-dd HH:mm:ss.fff. Ajan formaatissa merkitsevin osa on ensimmäisenä, jolloin aikojen järjestäminen ohjelmallisesti on helppoa ja ajan tallentaminen millisekunnin tarkkuudella minimoi riskin päällekkäisistä nimeämisistä manuaalisen kellon siirron tai talviaikaan siirtymisen yhteydessä. Tietokannassa aloitusaika oli luontevaa valita historiataulun pääavaimeksi.

Yläpalkin keskellä olevista vinoviivalla erotetuista luvuista ensimmäinen kertoo erän valmiiden kappaleiden lukumäärän jälkimmäisen kertoessa halutun valmiiden kappaleiden määrän erässä. Erän valmistuttua ja ohjelman käynnistyttyä kentän arvo on 0/0. Molemmat luvut luetaan suoraan robotin numreg-alueesta.

Oikeassa reunassa oleva painonappi ”reset” vastaa robotin käsiohjaimen reset-painiketta. Ylärivin tekstilaatikko kertoo robottiyhteyden tilan, toisen rivin vasen tekstilaatikko ohjauskaapin avaimen asennon ja kolmas tekstilaatikko robotin tilan. Muuttuvan tekstin lisäksi laatikon tausta korostuu siniseksi, mikäli arvo poikkeaa normaalista ja on olennainen operaattorin toiminnan kannalta.

”Tauko kierron lopussa” -painonappi on myös sijoitettu kiinteänä elementtinä yläpalkkiin, jotta sen koskettaminen onnistuu valitusta välilehdestä riippumatta. Painonappi on sallittuna vain robotin ollessa run-tilassa.

4.1.2 Välilehdet ja alapalkki

Käyttöliittymän eri toiminnallisuudet on ryhmitelty välilehtiin näytön vasempaan laitaan. Välilehdet ovat näkyvissä aina sovelluksen ollessa käynnissä. Aktiiviseksi valitun korostuksessa käytettävä väri perustuu yrityksen logossa käytettyyn värikarttaan.

Alapalkin vasemmassa reunassa on käyttöjärjestelmän aikaa näyttävä kello. Päivämäärän ja ajan esitysmuoto on valittu sovelluksen yhtenäisyyden saavuttamiseksi samaksi, jota käytetään tietokannassa. Millisekunteja ei kuitenkaan esitetä niiden ollessa käyttäjän toiminnalle merkityksettömiä.

Alapalkin seuraava elementti vasemmalta näyttää viimeisimmän robotissa tapahtuneen tilanvaihdon kellonajan. Yleisimmät näytettävät tapahtumat ovat erän valmistuminen tai keskeyttäminen. Aikaa koskettamalla elementin saa vaihdettua näyttämään kuluneen ajan ajastinmuodossa, jolloin käyttäjän ei tarvitse itse suorittaa laskutoimitusta edellisen tilan muutoksen ja nykyhetken välillä kuluneesta ajasta.

Kun tuotantojonossa on eriä tai tuotanto etenee normaalisti, käyttöliittymä pyrkii arvioimaan erän ja jonon yhteenlasketun valmistumisajan. Laskenta perustuu tietokannasta haettuun dataan viiden viimeksi ajatun erän kestosta ja kokonaiskappalemäärästä. Käyttöliittymä laskee ajon aikana 2000 ms välein tuotteittain aritmeettisen keskiarvon toteutuneesta tahtiajasta, jolla kerrotaan jonossa ja tuotannossa olevista eristä puuttuvien kappaleiden summa. Saatu tulo lisätään käyttöjärjestelmän kellonaikaan, jolloin muodostuu käyttöliittymän oppimilla tuotteilla tarkahko arvio kaiken jonossa vielä olevan tuotannon valmistumisesta. Saatu tulos näytetään formaatissa "Arvioitu valmistuminen\nHH:mm:ss".

Tuotannon siirtyessä taukotilaan arvio pysyy näkyvissä ja kasvaa pitäen arvion valmistumiseen oikeana. Valmistumisarvio lasketaan uudestaan normaalisyklin lisäksi aina tuotannon käynnistyessä, erän vaihtuessa ja jonon muuttuessa.

Käyttöliittymässä olevien numeeristen tekstilaatikkojen vieressä molemmin puolin olevien lisäys- ja vähennyspainonappien toistonopeutta niiden ollessa painettuina pystyy säätämään alapalkin keskellä olevasta liukuvalintaelementistä. Toistotaajuus kasvaa osoittimen siirtyessä kohti oikeaa reunaa.

Alapalkin oikean reunan ensimmäinen painonappi sulkee käyttöliittymän. Sama toiminnallisuus on lähinnä kehittämisen helpottamiseksi näppäimistön ESC-näppäimessä. Suunnittelussa ja toteutuksessa on kuitenkin pyritty välttämään tarve fyysisen näppäimistön liittämiseksi.

Toinen painonappi avaa robotin kotisivun käyttöjärjestelmän oletusselaimessa. Napissa näytetty teksti on config-tiedostossa määritetty robotin IP. Erillisen config-tiedoston käyttö mahdollistaa robotin IP:n vaihtamisen myös käyttöliittymän lähdekoodista sovellukseksi kääntämisen jälkeen.

”Ohje” -painonappi avaa käyttöliittymän käyttöohjeen.

”Näppäimistö”-painonapista toteutin kehitysvaiheessa kaksiasentoisen komentojonolla, joka etsii osk.exe-prosessia tasklist-listauksesta ja haun tuloksen perusteella joko käynnistää tai tappaa prosessin. Käytettävässä alustassa prosessi kuitenkin rekisteröityi system-käyttäjälle, jolloin kirjautuneena oleva käyttäjätunnus ei pysty suorittamaan prosessin sulkemista. Lopputuloksena nappi käynnistää osk.exe:n, joka on suljettava sen omasta rastista.

4.2 Päänäkymä

Päänäkymässä käyttäjä hahmottaa solun tilan ja hallitsee työjonoa. Välilehden näkymästä 70 % on varattu mallinnetulle kuvalle solun asetelusta. Skaalautumattoman kuvan päälle on helppo sijoittaa tiettyjen ehtojen toteutuessa näkyvissä olevia ikoneita esittämään valoverhon, lavapaikan tai muun solun osan tilaa.

Näkymän oikeassa laidassa on jaettu omiin välilehtiinsä työjonon hallinta ja keskeisimpien toimilaitteiden käsiajot. Työjonoon syötetään tuotteita valitsemalla pudotusvalikosta haluttu tuote, syöttämällä erän koko ja koskettamalla ”Lisää jonoon” -painonappia. Pudotusvalikossa näytetään vain tuotteiden hallinnassa aktiivisiksi valitut tuotteet aakkostettuna. Pudotusvalikon kosketusnäyttökäytön helpottamiseksi elementin oikealla puolella on painonapit liikkumiselle listan edelliseen tai seuraavaan tuotteeseen.

Haluttu erä koko yksittäisillä tuotteilla ei lähtökohtaisesti ole vakio, joten sen valinta on tuotevälilehden sijaan päänäkyvässä. Erän koko määritellään positiivisena kokonaislu-

kuna joko näyttönäppäimistöä tai tekstikentän reunoilla olevia painonappeja käyttäen. Painonapin pitäminen painettuna lisää tai vähentää tekstikentässä esitettyä lukua välillä 0–4000 käyttäjän alapalkissa määrittämällä nopeudella.

Erän nimen syöttäminen on valinnaista, mutta nimen käyttö helpottaa erän löytämistä myöhemmin tuotantohistoriasta. Erän nimeksi hyväksytään vapaamuotoinen välilyönnin ja enintään 32-merkkinen merkkijono. SQL-komentojen suorittaminen kentällä ei ole mahdollista. Tekstikentän oikeassa reunassa on kentän tyhjentävä painonappi.

Oikean reunan painonapeilla hallitaan listalaatikkoon muodostuvaa tuotantojonoa. Painonappien sallinta muuttuu käyttöliittymän tilan mukaan. Sallimattomat napit näytetään käyttäjälle harmaina eikä niiden koskettaminen aiheuta toimintoa.

Ylimpänä oleva ”Lisää jonoon” on aina sallittu. Painonapin koskettaminen lukee tuotevalinnan pudotusvalikon, erän kokokentän ja erän kommenttikentän arvot ja lisää ne välilyönnein erotettuna tuotantojonon viimeiseksi riviksi.

”Poista jonosta” on sallittu vain tuotantojonon sisältäessä tuotteita. Kosketettuna nappi poistaa tuotantojonossa aktiivisena olevan rivin ja valitsee aktiiviseksi poistetun rivin indeksiin nousevan rivin. Mikäli poistettu rivi on listan viimeisenä, aktiiviseksi riviksi valitaan uusi viimeinen rivi.

Mikäli jonossa on enemmän kuin yksi elementti, ”Siirrä ylös”- ja ”Siirrä alas”- painonapit muuttuvat sallituiksi. Painonapeilla siirretään aktiivisena olevaa riviä jonossa ylös tai alas ilman tarvetta poistaa ja lisää uudelleen kaikkia halutun jonopaikan jälkeen olevia eriä kokoineen ja kommentteineen.

”Käynnistä” -painonappi on sallittu, kun robotti on valmiina tuotantoajoon ja suoritettava oleva erä on keskeytynyt tai jonossa on vähintään yksi erä. Napin koskettaminen syöttää uuden erän parametrit robotin numreg-alueeseen, mikäli edellisen erän ajo on valmis. Käyttöliittymä esittää ajopyynnön robotille ja kierto käynnistyy.

”Tauko heti” pysäyttää robotin, ja painonappi on sallittuna aina ajon ollessa käynnissä. Painonappi ei korvaa tai vastaa hätäpysäytystä, koska yhteyden katkeaminen käyttöliittymän ja robotin välillä ei aiheuta solun pysähtymistä eikä käyttöliittymän alustana toimivassa PC:ssa ole turvalogiikkaa.

Ryhmän viimeisellä painonapilla on mahdollista keskeyttää tuotannossa oleva erä tuotannon ollessa pysäytettynä. Painonapin koskettaminen syöttää keskeytettävän erän tiedot tuotantohistoriaan ja tyhjentää etenemisen seurantaan käytettävän osan numreg-alueesta.

Päänäkymän manuaaliajovälilehdessä ovat toimituskohtaiset solun keskeiset toimilaitteiden mekaanista eheyttä tai käyttäjän turvallisuutta vaarantamattomat manuaaliajot, kuten tarttujan avaus tai työkalun puhalluksen tila. Materiaalista vahinkoa todennäköisesti aiheuttavat toiminnot, kuten tarttujan irrotus tai ajo kotipisteeseen, tullaan jättämään toimituksissa robotin käsiohjaimella suoritettaviksi.

4.3 Tuote

The screenshot shows a control room interface for product management. The top bar is green and contains the text 'Delta 20 kommentti2' and '2016-11-20 12:40:35.748'. On the right side of the top bar, there are buttons for 'reset', 'OK', 'Auto', 'run', and 'Tauko kierron lopussa'. The main area is divided into a sidebar on the left and a main content area. The sidebar has buttons for 'Layout', 'Tuote' (highlighted in red), 'Statistiikka', 'Tuotantohistoria', 'Hälytys-historia', and 'Toiminnot'. The main content area is titled 'Tuote' and shows the following parameters for the product 'Charlie':

- Tuotteen nimi: Charlie
- Pituus (mm): 1
- Halkaisija (mm): 1
- Pituuden -toleranssi (mm): 1
- Pituuden +toleranssi (mm): 1
- Näytteenottoväli: 10
- Ideaali tahtiika (s tai s.ss): 50
- Pinoja lavalla: 8
- Lavaussuunta: Pitkittäin (radio button selected), Poikittain (radio button unselected)
- Kappaleita lavalla enintään: 32
- Tarttuja: Somi (radio button selected), Imu (radio button unselected)
- Aktiivinen tuote

At the bottom of the main content area, there are buttons for 'Lisää uutena tuotteena', 'Tallenna', and 'Peruuta'. On the right side of the main content area, there is a list of products: Alpha, Bravo, Charlie (highlighted in red), Delta, Echo, Foxtrot, Golf, Hotel, India, Sierra. A 'Poista tuote' button is located to the right of the list. Below the list are two arrow buttons (up and down). At the bottom of the interface, there is a green status bar with the following information: '2016-11-20 12:40:45', 'Arvioitu valmistuminen 12:41:22', 'Painikkeiden toistonopeus' (with a slider), 'Sulje', '127.0.0.1', 'Ohje', and 'Näppäimistö'.

Kuva 2. Tuotevälilehden näkymä tuotannon ollessa käynnissä

Käyttöliittymään tallennettujen tuotteiden parametrejä hallitaan kuvassa 2 näkyvällä tuote-välilehdeltä. Kaikki tuotetieto on tallennettuna SQLite-tietokantaan, jonka kautta reseptien lisäys, muokkaus ja poistaminen olisi myös mahdollista. Käyttöliittymään ha-

luttiin kuitenkin sisällyttää toiminnallisuus tuotetiedon hallinnalle parametrien päivitettävyyden helpottamiseksi. Toteutettu ratkaisu mahdollistaa samalla monipuolisen, tietokannan omaa tarkistusta täydentävän syötteentarkastuksen ja estää taulun rakenteen muuttamisen.

Näkymän oikeassa reunassa oleva tuotelista näyttää aakkostettuna kaikki tietokannassa olevat reseptit. Näkymän muut parametrikentät päivittyvät tuotelistan aktiivisen indeksin vaihtuessa vastaamaan tietokantaan tallennettuja arvoja.

Käyttäjän halutessa muokata tuotteen parametreja kyseinen tuote valitaan aktiiviseksi listalaatikosta, minkä jälkeen tekstilaatikoissa olevat arvot vaihdetaan halutuiksi joko kentän vieressä olevilla vähennys- ja lisäyspainopeilla tai virtuaalinäppäimistöllä tekstiä muokkaamalla. Koskettamalla "Tallenna" käyttäjä saa siirrettyä valitsemansa arvot tietokantaan ja vastaavasti haettua kannassa olevat arvot takaisin muokkaamisen tilalle painamalla "Peruuta". Syötettä tallennettaessa tarkistus varmistaa numeerisuuden, epänegatiivisuuden ja sisältymisen vaadittuun lukualueeseen. Virheellisesti täytetyt ja tyhjät kentät aiheuttavat epäkelpoon arvoon viittaavan virheilmoituksen.

4.4 Statiikka



Kuva 3. Statiikkavälilehti tuotannon valmistuttua

Kuvassa 3 esitetyllä statiikkavälilehdellä käyttäjä pystyy seuraamaan solun toimintaa ja havaitsemaan mahdollisen tuottavuuden laskun tarkastelemalla saannon ja tahtiajan kuvaajaa haluamaltaan aikaväliiltä.

Välilehden yläreuna esittää ajossa olevan erän tilaa yläpalkin keskellä kiinteästi näkyvissä olevaa kenttää tarkemmin. Esitettävästä datasta käsiteltyä kappalemäärää edustavat lukuarvot on jaoteltu vasempaan ryhmään oikean edustaessa erän etenemistä aikatasossa sekä mittaustietoja. Molemmat ryhmät päivittyvät välilehden ollessa näkyvissä 2000 ms:n syklillä.

Kappaleryhmässä näytetään eräkoon lisäksi valmiiden kappaleiden lukumäärä ja hylättyjen kappaleiden määrä jaettuna syihinsä, mikäli solussa on useampi diskvalifioiva mitta. Oikeassa laidassa esitetyt arvot ovat ajossa olevan reseptin tavoitetahtiaika,

erän aikana toteutunut keskiarvotahti aika, edellisen kierron kesto ja esimerkkisolun tapauksessa edellinen pituusmittauksesta saatu arvo.

Alempana välilehdessä on Visual Studion datan visualisoinnilla toteutetut kuvaajat toteutuneesta kappalemääräisestä tuotannosta sekä suorituskyvystä käyttäjän määrittämän aikavälin funktiona. Kappalemäärä esitetään pinottuna pylväsdiagrammina, jossa vihreällä merkitty alin kerros edustaa onnistuneesti ja hyväksytysti prosessoituja kappaleita. Palkin yläreunassa esitetyt osat edustavat eri hylkysyistä muodostuvaa hukkatyötä. Esimerkkisolun tapauksessa kappaleiden hylkäystä aiheuttavat keltaisella merkitty reseptin asetusarvosta yli toleranssin poikkeava pituus sekä oranssilla merkitty sahauspinnan suoruusmittaus. Esimerkkisolun tapauksessa suoruuden raja-arvot on asetettu mittalaitteeseen, joka ilmoittaa robotille hyväksyntätiedon digitaalilähtönä. Palkkien korkeus näytetään numeroarvolla palkin keskipisteessä palkin horisontaalidimension ollessa tekstin pistekokoa suurempi. Muussa tapauksessa teksti asettuu alimpaan vapaaseen tilaan ja erottaa tarpeen vaatiessa itsensä alemmasta elementistä väliviivalla.

Kuvaajan vasen y-akseli skaalautuu suurimman esitettävän datan mukaan. Oikean reunan tahtiajasta suorituskyyä laskevan akselin asteikko on kiinteästi 0—100 %.

Käyttäjä valitsee esitettävien palkkien ryhmittelyvälin ja lukumäärän välilehden oikeassa reunassa olevista asetuksista. Kuvaajan aikavälin yksikkö valitaan radionapeilla vuorokausiksi, tunneiksi tai vapaaksi aikaväliksi, jonka jälkeen rivin tekstikenttään valitaan haluttu arvo. Vuorokausikentän mahdolliset arvot ovat kokonaisluvut 1—30 ja vuorokausikentässä kokonaisluvut 1—48 vapaan aikavälin tarjotessa mahdollisuuden asettaa tarkasteluväli päivämääräaikapojimijasta minuutin tarkkuudella. Vuorokausi- ja tunti-tarkasteluväleista poiketen vapaassa aikavälissä tuloksia ei ryhmitellä ajan perusyksikköä vastaaviin koontipylväisiin, vaan jokainen erä esitetään omana pylväänään.

Diagrammin päivitys on pakotettavissa ”Päivitä taulukko” -painikkeesta. Muuten diagrammi ja taulukko päivittyvät erän tilan muuttuessa. Oikeassa reunassa aikavälivalinnan yläpuolella olevat vuorokautisen tuotantoajan kentät vaikuttavat OEE-laskennan käyttöprosentin nimittäjään.

OEE-laskennan tulokset on esitetty välilehden alareunassa kolmelta aikaväliltä lasketuina. Laskennassa käytettävät aikavälit määräytyvät diagrammia ohjaavista tarkastelu-

jaksokentistä siten, että myös radionapeilla valitsemattomien kenttien arvo on linkitetty taulukkoon. Taulukossa vuorokausijaksoa ja tuntijaksoa keskenään vertaamalla pystytään päättämään solun tuottavuudessa toteutumassa oleva muutos tai kunnossapitotarve ilman tietoa taulukon arvoista esim. tunti sitten tai työvuoron alussa.

Taulukossa esitetyt prosenttiarvot muodostuvat OEE-laskennan periaatteen mukaisesti jakamalla toteutunut arvo teoreettisella maksimilla [10]. Käytön osalta tuotantoon käytetty aika (run-tila) jaetaan määritellyllä tuotantoajalla, suorituskyvyn määrittämisessä toteutunut tahtiaika reseptiin määritetyllä ja laadun kohdalla hyvät kappaleet jaetaan käsiteltyjen kappaleiden kokonaismäärällä. Saadut murto-osat kerrotaan prosenteiksi, joiden riveittäinen tulo muodostaa oikeanpuoleisimman OEE-sarakkeen arvon.

Suorituskyvyn laskennassa liian pitkäksi asetettu tahtiaika aiheuttaa skaalan ylittäviä lukuarvoja, jotka käyttöliittymä rajaa 110 %:iin vääristymisen estämiseksi. Kuvaaja ei skaalaudu virheelliseen dataan, vaan esittää suorituskyvyn satana prosenttina.

4.5 Tuotantohistoria

Hotel 5 valmis
2016-11-20 14:46:16.426

0/0

reset OK
Auto ready Tauko kierron lopussa

Layout 2016-11-20 2016-11-20 Päivitä

Tuote	ohjelma	tavoitekoko	erakoodi	aloitus	valmiita	hylättyjä_pituus	hylättyjä_suuruus	laatu	tahtiaika_s	suorituskyky
Tuote	Hotel	5		2016-11-20 14:46:16.426	5	0	0	100	13.14	83.71
	Bravo	5	kommentti	2016-11-20 14:45:08.643	5	0	0	100	13.48	110
Statistiikka	Hotel	5		2016-11-20 14:44:02.447	5	0	0	100	13.16	83.59
	India	10		2016-11-20 14:41:50.510	10	1	0	90	13.15	68.44
Tuotantohistoria	India	5		2016-11-20 14:40:42.502	5	0	0	100	13.53	66.52
	India	10		2016-11-20 14:38:30.472	10	0	0	100	13.16	68.39
Häilyshistoria	Hotel	10		2016-11-20 14:36:18.589	10	0	0	100	13.15	83.65
	Bravo	5	kommentti	2016-11-20 14:35:12.501	5	0	0	100	13.14	110
Toiminnot	India	10		2016-11-20 14:32:58.640	10	0	0	100	13.35	67.42
	Sierra	10		2016-11-20 14:30:44.515	10	1	0	90	13.37	67.31
Toiminnot	Charlie	5		2016-11-20 14:29:36.492	5	0	0	100	13.52	73.96
	Delta	5	kommentti	2016-11-20 14:28:30.506	5	0	0	100	13.12	87.65
	Sierra	10		2016-11-20 14:26:18.624	10	0	0	100	13.15	68.44
	India	10		2016-11-20 14:24:06.452	10	0	0	100	13.18	68.29
	Hotel	10		2016-11-20 14:21:56.542	10	0	0	100	12.95	84.94
	Golf	10		2016-11-20 14:19:44.515	10	0	0	100	13.16	75.99
	Alpha	5	kommentti	2016-11-20 14:18:38.543	5	0	0	100	13.11	76.28
	Foxtrot	10		2016-11-20 14:16:26.514	10	0	0	100	13.16	60.79
	Echo	10		2016-11-20 14:14:12.537	10	0	1	90	13.36	67.37
	Delta	10		2016-11-20 14:12:00.502	10	0	0	100	13.16	87.39
	Golf	5		2016-11-20 14:10:54.450	5	0	0	100	13.13	76.16
	Charlie	10		2016-11-20 14:07:08.605	14	0	0	100	16.1	62.11
	Bravo	10		2016-11-20 13:58:02.516	10	0	0	100	54.57	91.63
	Alpha	10		2016-11-20 13:53:55.630	18	0	0	100	13.69	73.05
	Delta	20		2016-11-20 13:44:20.448	20	0	0	100	13.18	87.25

2016-11-20 14:51:28 Erä suoritettu valmiiksi 14:47:22 Painikkeiden toistonopeus

Sulje 127.0.0.1 Ohje Näppäimistö

Kuva 4. Tuotantohistoriavälilehti tuotannon valmistuttua

Tuotantohistorian tarkastelu on mahdollista tuotantohistoriavälilehdellä. Kaikki solulla käyttöliittymän kautta ajettut erät tallennetaan niiden valmistuessa tai keskeytyessä SQLite-tietokantaan, jossa olevalla tiedolla kuvassa 4 oleva taulukko täytetään. Taulukko päivittyy aina käyttäjän vaihtaessa valitun välilehden tuotantohistoriaksi, vaihtaessa haun aikaväliä tai koskettaessa tuotantohistoriavälilehden ”Päivitä” -painiketta.

Dataruudukkonäkymäelementissä näytettävä aikaväli valitaan kokonaisina vuorokausina kahdesta sen yläpuolella olevista päivämääräaikalitsinelementistä. Kaikki aikavälillä oleva data näytetään oletuksena aloitusajan mukaan laskevasti järjestettynä. Sisältö on järjestettävissä sarakkeittain nousevaksi tai laskevaksi. Esitettäviä sarakkeita ovat käytetty ohjelma, erän tavoitekoko, valinnainen eräkoodi ja erän aloitusaika. Erän prosessoinnin päätyttyä määräytyvät arvot ovat valmiiden ja eri syistä hylättyjen kappaleiden lukumäärät, joiden perusteella lasketaan prosentuaalinen laatu. Myös toteutunut tahtiaika ja sen perusteella laskettu prosentuaalinen suorituskyky esitetään.

4.6 Hälytyshistoria

Hotel 5 valmis
2016-11-20 14:46:16.426

0/0

reset OK
Auto fault Tauko kierron lopussa

Layout Päivitä Kuittaa hälytykset

Tuote	Päivämäärä	Tapahtuma	Kommentti	Aktiivinen
	2016-11-20 14:54:04	INTP-105 (TESTTEST	2) Run request failed	Aktiivinen
	2016-11-20 14:54:04	INTP-670 Need ENDFOR for FOR in line 1		Aktiivinen
Statistiikka	2016-11-20 14:54:02	R E S E T		
	2016-11-20 14:54:02	R E S E T		
Tuotanto-historia	2016-11-20 14:54:02	SYST-039 Operation mode T2 Selected		
	2016-11-20 14:54:02	SYST-042 DEADMAN defeated		
	2016-11-20 14:54:02	SYST-045 TP enabled in AUTO mode		
Hälytyshistoria	2016-11-20 14:54:02	R E S E T		
	2016-11-20 14:54:02	SYST-040 Operation mode AUTO Selected		
	2016-11-20 14:54:02	SYST-042 DEADMAN defeated		
Toiminnot	2016-11-20 14:54:02	SYST-043 TP disabled in T1/T2 mode		
	2016-11-20 14:54:00	R E S E T		
	2016-11-20 14:54:00	R E S E T		
	2016-11-20 14:54:00	SYST-039 Operation mode T2 Selected		
	2016-11-20 14:54:00	SYST-042 DEADMAN defeated		
	2016-11-20 14:54:00	SYST-045 TP enabled in AUTO mode		
	2016-11-20 14:54:00	R E S E T		
	2016-11-20 14:54:00	SYST-040 Operation mode AUTO Selected		
	2016-11-20 14:54:00	SYST-043 TP disabled in T1/T2 mode		
	2016-11-20 14:53:28	INTP-105 (TESTTEST	2) Run request failed	
	2016-11-20 14:53:28	INTP-670 Need ENDFOR for FOR in line 1		
	2016-11-20 14:52:38	R E S E T		
	2016-11-20 14:52:38	R E S E T		
	2016-11-20 14:52:38	SYST-039 Operation mode T2 Selected		
	2016-11-20 14:52:38	SYST-042 DEADMAN defeated		

2016-11-20 14:54:29 Erä suoritettu valmiiksi 14:47:22 Painikkeiden toistonopeus

Sulje 127.0.0.1 Ohje Näppäimistö

Kuva 5. Hälytyshistoriavälilehti robotin ollessa fault-tilassa

Hälytyshistoriavälilehdessä (kuva 5) esitetään 25 uusinta riviä robotin hälytyslokista. Valitulla lukumäärällä dataruudukkonäkymäelementti täyttää käytettävissä olevan tilan kuitenkin ylittämättä sitä.

Näytettävä tieto päivitetään aina käyttäjän vaihtaessa valitun välilehden hälytyshistoriaksi ja sen jälkeen 5000 ms:n syklillä välilehden ollessa aktiivisena. Mikäli käyttäjä haluaa päivittää kentän manuaalisesti, on se mahdollista yläreunan "päivitä" -painonapilla.

Aktiivisia hälytyksiä edustavat rivit korostetaan sinisellä taustalla. Lisäksi näkymän oikeanpuoleisimmassa kentässä esitetään teksti "Aktiivinen". Hälytysten kuittaaminen on mahdollista näkymän yläreunassa olevalla "Kuittaa hälytykset" -painikkeella, joka vastaa toiminnaltaan robotin käsiohjaimen reset-painiketta. Painonapin toiminnallisuus ei eroa yläpalkissa olevasta.

4.7 Toiminnot

Toimintovälilehti on varattu toimituskohtaisesti räätälöitävälle erikoisominaisuuksille, joiden sijoittaminen muihin välilehtiin ei ole luontevaa. Tällaisia toimintoja voisivat olla esimerkiksi robotin ajo työkalun puhdistuspisteeseen, näytteenottopyyntö tai kokenäkökameran asetussivun avaus.

5 Testaus

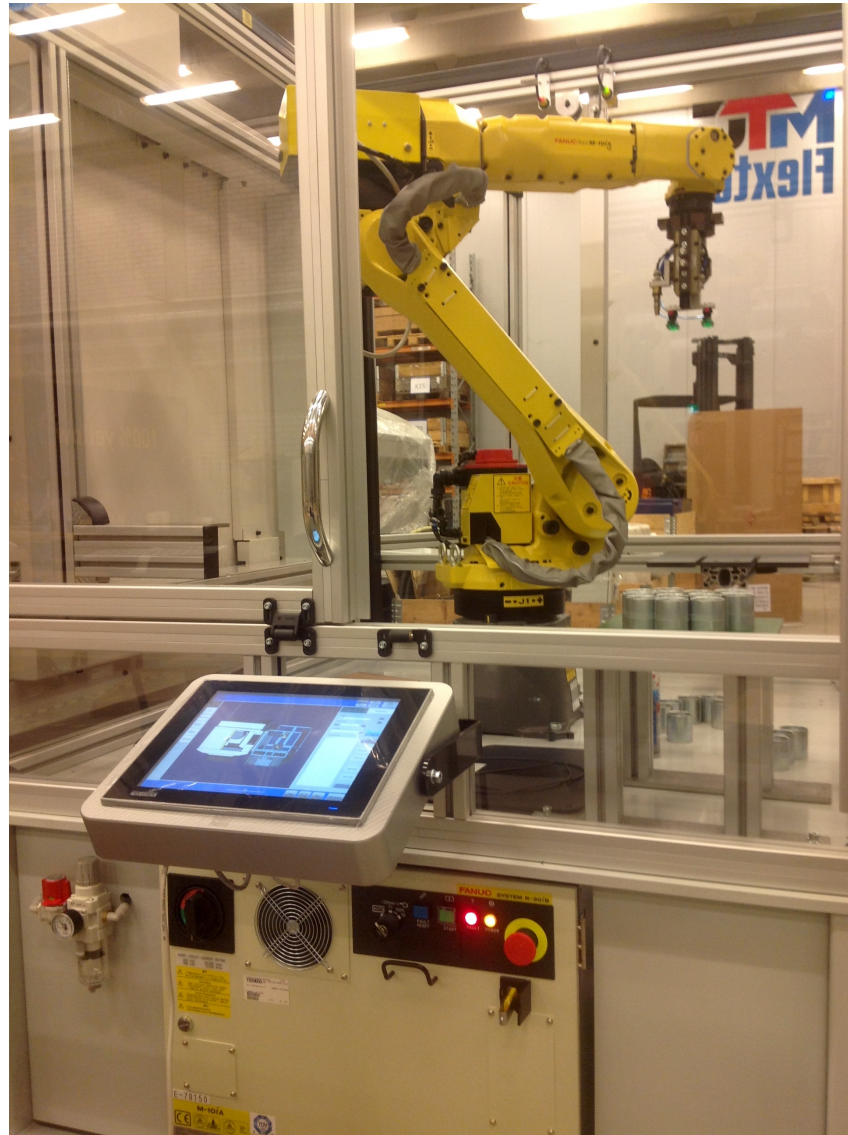
Käyttöliittymän kehityksessä robottirajapinnan toteutuksen alkuun asti ohjelman testaus onnistui kääntämällä uusin versio ajettavaksi ohjelmointikoneeseen. Robot Interfacen testauksessa ohjelmointikoneen oli oltava kytketty FANUC-ohjauskaappiin lähiverkko-kaapelilla. Testausta pystyttiin suorittamaan ilman yhteyttä fyysiseen robottiin ohjelmointikoneessa ohjauskaappia simuloivan FANUC Roboguide -ohjelmiston asentamisen jälkeen. Merkittävä osa käyttöliittymän testauksesta on tapahtunut kyseisellä järjestyllä virtuaalirobottia käyttäen.

Lopullisena alustana toimivan paneeli-PC:n testausta suoritettiin fyysistä robottia käyttäen syyskuun viimeiset viikot. Testauksessa keskityttiin ohjelmointikoneella ja virtuaalirobotilla testauksesta poikkeaviin ulottuvuuksiin, kuten paneeli-PC:n suorituskyvyn ja kosketusnäytön käytettävyyden tarkasteluun, mutta myös perustoiminnoissa havaittujen puutteellisten toiminnallisuuksien korjaukseen.

Käyttöliittymäsovelluksen todettiin käynnistyvän riittävän nopeasti ja komentojen vastaajan olevan hyvä. Minkään käyttöliittymän elementin ei koettu olevan paneeli-PC:n näytöllä häiritsevän pieni luettavuuden tai kosketettavuuden kannalta.

Kokonaisuuden todettiin olevan siirrettävissä tuotantokäytössä testattavaksi. Siirto tapahtui marraskuussa 2016. Tuotantotestauksesta saadun palautteen perusteella tullaan arvioimaan ja toteuttamaan vaaditut muutokset.

6 Yhteenveto



Kuva 6. Käyttöliittymä asennettuna robottisoluun

Työn tavoitteena oli luoda yritykselle toimitettaviin soluihin optiona myytävä käyttöliittymä, jolla robotin peruskäyttö pystytään suorittamaan ilman robotin käsiohjainta. Ensimmäinen käyttöliittymällä varustettu robottisolu on esitetty kuvassa 6. Työn teknisessä toteutuksessa päästiin sille asetettuihin tavoitteisiin ja käyttöliittymä on tuotantotestauksen jälkeen kaupallistettavissa.

Yhteensä projektiin käytin aikaa hieman yli 500 tuntia.

Lopuksi haluan kiittää yhteisesti kaikkia projektin etenemistä tukeneita.

Lähteet

- 1 MTC Flextek Oy Ab. Verkkodokumentti. <<http://mtcflextek.fi/>>. Luettu 19.11.2016.
- 2 Android. ROS Wiki. 2015. Verkkodokumentti. <<http://wiki.ros.org/android>>. Luettu 9.6.2016.
- 3 Distributions. ROS Wiki. 2016. Verkkodokumentti <<http://wiki.ros.org/Distributions>>. Luettu 9.6.2016.
- 4 Fanuc. ROS Wiki. 2015. Verkkodokumentti. <<http://wiki.ros.org/fanuc>>. Luettu 9.6.2016.
- 5 Fanuc. 2014. Käyttöohje. Robotif_eng.pdf. Versio 2.0.7.
- 6 About SQLite. Verkkodokumentti. <<https://sqlite.org/about.html>>. Luettu 20.6.2016.
- 7 Most Widely Deployed and Used Database Engine. Verkkodokumentti. <<https://sqlite.org/mostdeployed.html>>. Luettu 20.6.2016.
- 8 DB Browser for SQLite. Verkkodokumentti. <<http://sqlitebrowser.org/>>. Luettu 21.6.2016.
- 9 Intelligent offline 3D robot simulation with ROBOGUIDE. Verkkodokumentti. <<http://www.fanuc.eu/pt/en/robots/accessories/roboguide>>. Luettu 21.6.2016.
- 10 Calculate OEE. Vorne. Verkkodokumentti. <<http://www.oee.com/calculating-oee.html>>. Luettu 11.7.2016