



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Karim Ben Hassen

Koneoppimisen hyödyntäminen humalankasvatusprosessissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

22.02.2020

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Karim Ben Hassen Koneoppimisen hyödyntäminen humalankasvatusprosessissa</p> <p>39 sivua + 6 liitettä 22.02.2020</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Tutkinto-ohjelma</p>	<p>Konetekniikka</p>
<p>Ammatillinen pääaine</p>	<p>Koneautomaatio</p>
<p>Ohjaaja</p>	<p>Lehtori Antti Liljaniemi</p>
<p>Teollisen internetin (IoT) ratkaisut mahdollistavat teollisuudessa mittavia uusia keinoja säästää aikaa ja rahaa. Langattomat verkkoteknologiat ovat kehittyneet nopeiksi ja luotettaviksi sekä mahdollistaneet etäluettavat anturit vaikeasti saavutettaviin paikkoihin. Kehitysmahdollisuudet teknologialle ovat rajattomat.</p> <p>MindSphere on pilvipohjainen IoT-avoin käyttöjärjestelmä Siemensiltä. Se yhdistää tuotteita, tehtaita, järjestelmiä ja koneita digitaaliseen maailmaan. Lisäksi se antaa pääsyn kasvavalle määrälle sovelluksia ja dynaamiselle kehitysekosysteemille. MindSphere toimii kaikkien suosittujen selainten kanssa.</p> <p>Tämän insinööriyön tavoitteena oli saada mittaustietoja humalankasvatusprosessista pilvipalveluun, jossa niitä voitaisiin analysoida ja tallentaa jatkoa varten. Prosessista mitattiin lämpö, kosteus ja vedenpinnan korkeus. Dataa kerättiin antureista Beckhoffin logiikkaan TwinCAT 3 -ohjelmalla ja TF6701-kirjaston dataa saatiin liikkumaan logiikalta pilvipalveluun.</p> <p>Työn teoriaosuudessa perehdyttiin älykkäiden laitteiden esineiden internetiin ja eri pilvipalvelutyyppeihin. Lisäksi työssä on kerrottu käytetyistä antureista, ohjelmista ja laitteista.</p> <p>Testilaitteisto rakennettiin onnistuneesti, fyysiset suureet luettiin antureista tietokoneella TwinCAT 3:n ohjelmissa. Työ jatkuu tulevaisuudessa datan lähettämällä pilvipalveluun sekä MindSpheren toiminnan selvittämällä.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>PLC, Twincat, pilvipalvelu, MindSphere.</p>

Author Title	Karim Ben Hassen Machine Learning in the Hop Growing Process
Number of Pages Date	39 pages + 6 appendices 22 January 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Professional Major	Machine Automation
Instructors	Antti Liljaniemi, Senior Lecturer
<p>Industrial Internet (IoT) solutions enable industry-leading new solutions to save time and money. Wireless network technologies have evolved to be fast and reliable and have enabled remote-read sensors in hard-to-reach locations. The potential for technology development is endless.</p> <p>MindSphere is a cloud-based IoT open operating system from Siemens. It connects your products, plants, systems, and machines to the digital world. In addition, it gives you access to a growing number of applications and a dynamic development ecosystem. MindSphere works with all popular web browsers.</p> <p>The objective of this thesis was to obtain measurement data from the hop growing process and transfer it to cloud services, where it could be analyzed and stored for the future use. The system measured heat, humidity and the water level. The data was collected from sensors to Beckhoff logic. The data was gathered using the twincat 3 program and Beckhoff TF6701 library.</p> <p>For the theoretical basis of the thesis, the Internet of Things and different types of cloud services were examined. In addition the thesis describes the sensors, programs and devices used for the implantation of this project.</p> <p>As a result, the hardware was successfully built, and the physical data was read from sensors on a computer in Twincat 3 programs. In the future, the work on this topic will be continued by uploading data to the cloud and investigating the functioning of MindSphere.</p>	
Keywords	PLC, Twincat, Cloud Service, Mindsphere.

Sisällys

Lyhenteet ja termit

1	Johdanto	1
2	Toteutettava järjestelmä ja pilvipalvelu	3
2.1	Toteutettavan järjestelmän arkkitehtuuri	3
2.2	IoT, esineiden internet	4
2.3	Pilvipalvelu	5
2.3.1	Pilvitoimintamalli	5
2.3.2	Pilvipalvelut käsitteenä	5
2.3.3	Pilvipalvelut käytännössä	6
2.3.4	Palvelumallit	6
2.3.5	Pilvipalvelun käyttö	8
2.4	Siemens Mind Sphere	9
2.4.1	Yhteydet	9
2.4.2	Laitteet	10
3	Testilaitteiston ohjausjärjestelmä	13
3.1	Beckhoff CX8190	13
3.2	Terminaalit	14
3.2.1	EL3014 - analoginen tulokortti	14
3.2.2	EL 1008 - digitaalinen tulokortti	15
3.2.3	EL2008 - digitaalinen lähtökortti	15
3.3	Anturit	16
3.3.1	Lämpötila-anturi	16
3.3.2	Kosteusanturi	18
3.3.3	Vedenpinnan korkeus -anturi	19
3.3.4	Hiilidioksidianturi	20
3.3.5	EC-anturi	23
3.3.6	pH - anturi	23
3.4	TwinCAT3	24
3.5	Beckhoff TF6701 ja pilvipalvelu	25
3.6	MQTT - viestintä	26

	2
4 Ohjelmiston toteutus	28
4.1 Sähkökaavio	28
4.2 Asetus käyttöjärjestelmässä	29
4.3 Projektin toteutus	31
5 Yhteenveto	36
Lähteet	37

Lyhenteet ja termit

CPU	<i>Central Processing Unit</i> , suoritin tai prosessi, joka suorittaa tietokoneohjelman sisältämiä konekielisiä käskyjä
EC	<i>Electrical Conductivity</i> , ilmoittaa liuenneiden suolojen pitoisuuden sekä myös liuenneiden ravinneaineesosien kokonaistilavuuden
I/O	<i>Input / Output</i> , tulot ja lähdöt
IoT	Internet of Things, esineiden internet
IP	<i>Internet Protocol adress</i> , Internetin yhteyskäytäntöosoite, joka on numerosarjoja; tällaista käytetään IP-verkkoihin kytkettyjen verkkosovittimien yksilöimiseen

Kenttälaitteet Antureista ja toimilaitteista käytettävä yleisnimitys

pH	Happamuus, tarkoittaa positiivisten vetyionien (H ⁺) protonien aktiivisuutta liuoksessa
-----------	---

Pilvipalvelu Verkon yli käytettäviä IT-palveluja

PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> , ohjelmoitava logiikka
TCP	<i>Transmission Control Protoco</i> , tietoliikenneprotokolla, luo yhteyden internetiin pääsevien laitteiden välille
VAR	Muuttuja

1 Johdanto

Tekoäly on tietokoneohjelmisto, joka kykenee tekemään älykkäinä pidettäviä toimintoja. Sen sovelluksista suurin osa on ns. koneoppimista. Koneoppiminen on tekoälyn osa-alue, jossa toimintaa ei ole ohjelmoitu valmiiksi. Kone oppii itsenäisesti sille annetusta datasta, eikä sille määritellä toimintaohjetta jokaista erillistä tilannetta varten. Jokaisessa yrityksessä koneet ja järjestelmät sisältävät suunnattoman määrän dataa. Datan keräily ja analysointi voi lisätä tuottavuutta ja tehokkuutta läpi koko arvoketjun.

Pilvipalvelut ovat yksinkertaisesti määriteltynä verkon yli käytettäviä IT-palveluja yrityksille sekä yksityisille käyttäjille. Aihe on erittäin ajankohtainen, koska monet yritykset ovat jo siirtyneet käyttämään pilvipalveluja tai ainakin harkitsevat siirtyvänsä. Pilvipalveluiden käyttö on yleistynyt myös yksityisten käyttäjien keskuudessa. Tähän on vaikuttanut osaltaan esimerkiksi älypuhelinien yleistyminen. Älypuhelinien kautta käytetään useasti esimerkiksi Gmail-sähköpostisovellusta, joka on pilvipalvelu.

Tämän insinööriyön tavoitteena on tutkia, voisiko tekoälyä ja koneoppimista hyödyntää analysoinnissa tai jopa prosessien ohjaamisessa. Työssä mitataan antureiden avulla kolme suuretta. Signaalit kytketään tulokortteihin, jotka yhdistetään Beckhoffin logiikkaan. TwinCAT 3:lla kerätään mittaustulokset ja tallennetaan data pilveen. Dataa voidaan käsitellä tietokoneella. Työ tehdään yhteistyössä Urban Farming Labin ja Redono Oy:n kanssa.

Työssä tehdään älyprotoratkaisu, jolla kerätään dataa pilveen humalankasvatusprosessista. Projektissa mitataan lämpö, kosteus ja vedenpinnan korkeus. Mittaustulokset kerätään pilveen Beckhoffin järjestelmän ja TwinCAT3:n kautta. Työssä on tarkoitus selvittää, miten voidaan hyödyntää Siemensin MindSphereen DEMON-järjestelmää, joka yhdistää fyysiset laitteet digitaaliseen maailmaan prosessin analysoinnissa tai ohjaamisessa.

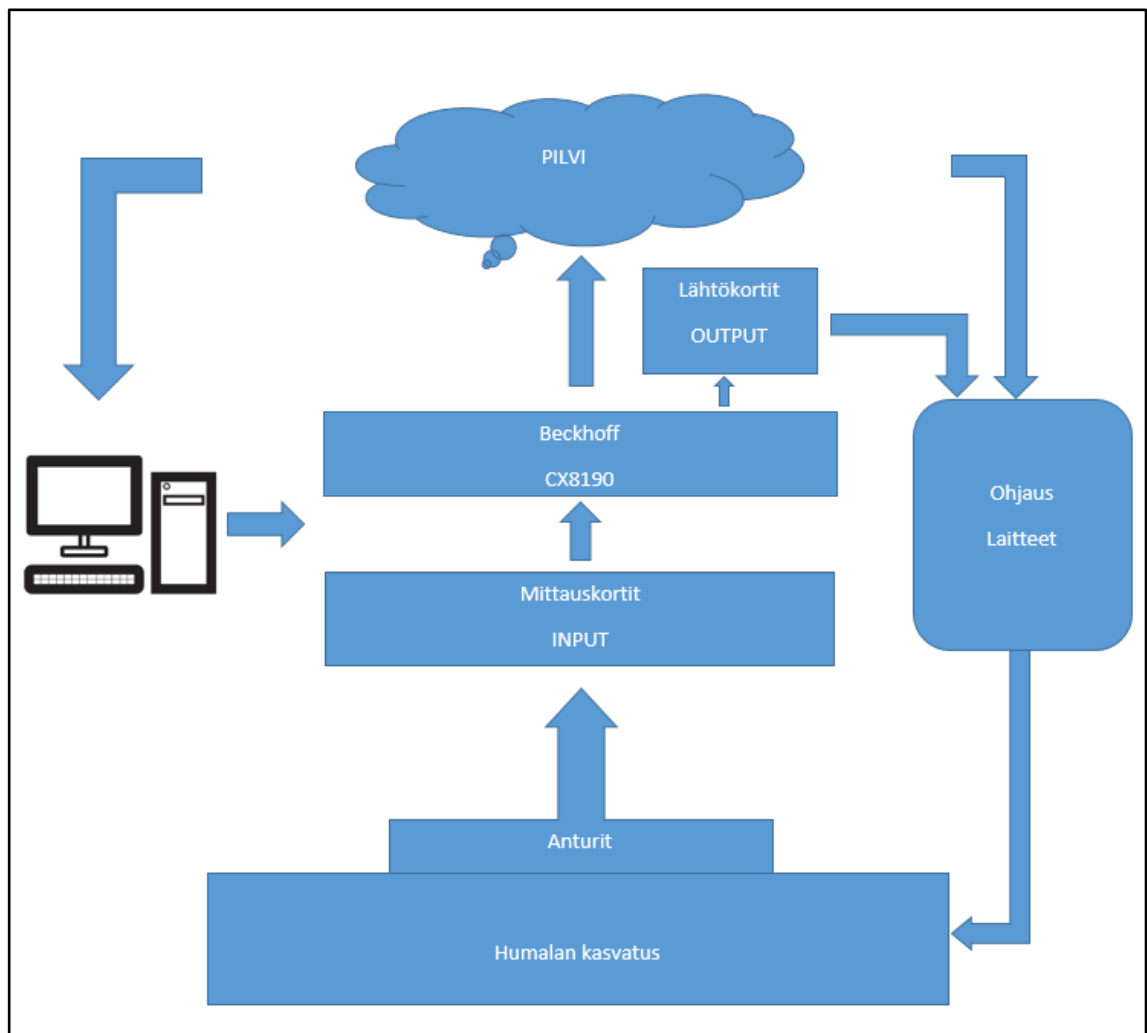
Insinööriyö on osa Digi-Salama -hanketta, jossa toteutetaan Uudenmaan pk-yrityksissä ketteriä Salama-projekteja viidessä digitaalisessa Industry 4.0 -teemassa: Cobotit, Autonomiset liikkuvat robotit, Digital Twin -teknologia, Tekoäly ja koneoppiminen automaatioissa sekä VR/AR/Holodeck.

Salamaprojekteja toteutetaan 25 kappaletta. Projektien toimialoja ovat logistiikka, elintarvike, kiertotalous, kiinteistö ja korkean osaamisen tuotanto. Hankkeen toimijat valmistelevat salamaprojektit yritysakohtaisesti. Jokaisen viiden teeman osalta tehdään toimialakohtaisesti viisi projektia. Projektien kimpussa tulee touhumaan noin 200 muutosagenttia, asiantuntijaa ja opiskelijaa. [1.]

2 Toteutettava järjestelmä ja pilvipalvelu

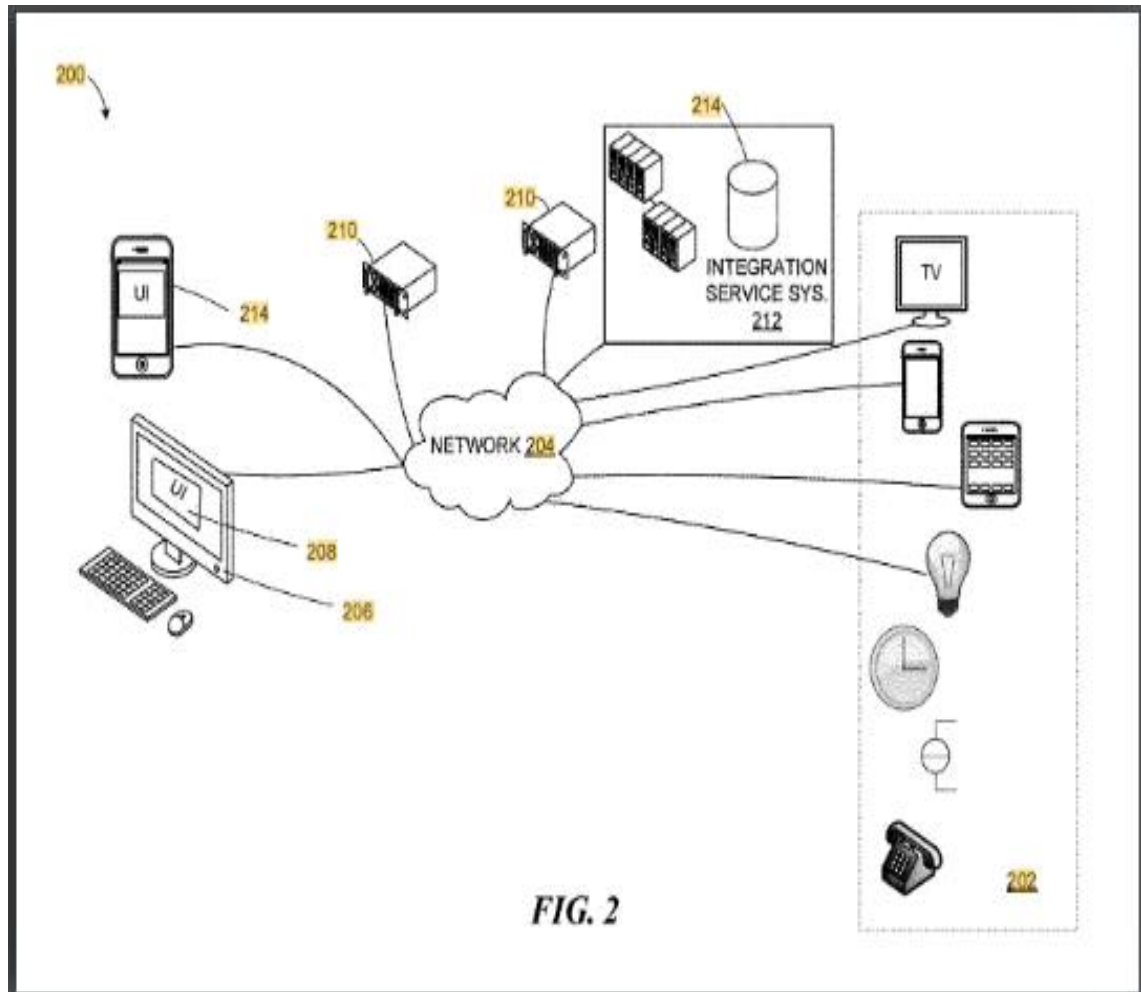
2.1 Toteutettavan järjestelmän arkkitehtuuri

Kuvassa 1 esitellään prosessissa käytetyt laitteet, vaiheet ja tiedon/signaalin kulku. Antureiden signaalit lähetetään logiikalle tulokorttien avulla. TwinCAT 3:lla luetaan logiikalla kerättyä dataa. Kertyneillä tiedoilla voidaan ohjata automaattisesti ohjaislaitteita kuten vesipumppua täyttämään vesisäiliö. Vesipumppu kytketään lähtökorttiin, joka saa signaalin logiikalta. Data lähetetään pilveen, josta voidaan analysoida tai ohjata prosessia.



Kuva 1. Järjestelmän arkkitehtuuri

2.2 IoT, esineiden internet



Kuva 2. Havainnekuva esineiden internetistä [2]

Esineiden internet (IoT, *Internet of Things*) osoittaa yksilöitävissä olevat laitteet ja virtuaaliset ilmaisut internetin kaltaisissa rakenteissa (kuva 2). Käsitteellä tarkoitetaan verkotettuja laitteita, jotka pystyvät kommunikoimaan palvelimien tai sovellusten kanssa käyttäen verkkoyhteyttä. Verkossa olevat laitteet voivat olla joko passiivisia tai aktiivisia laitteita. Passiivinen laite voi saavuttaa internetyhteyden aktiivisen laitteen avulla. IoT-laitteiden avulla on tarkoitus tavoittaa kaikkien läsnä olevien laitteiden älykkäät havainnoinnit, tunnistamiset ja hallinnat prosesseista sekä tuotteista. IoT:tä pidetään tietotekniikan ja internetin seuraavana kehitysaaltona. [2.]

IoT:sta on paljon sekä hyötyä että haittaa. Hyötyjä ovat esimerkiksi tiedon saanti ja siihen käsiksi pääseminen paikasta riippumatta, kustannusten säästäminen yrityksiltä sekä yrityksen tuotteiden laatua parantavat automatisoidut tehtävät. Huonoja puolia on, että monien laitteiden jakama yhteys voi joutua hyökkäyksen kohteeksi, jolloin yritetään tehdä tuhoa tai varastaa. Esineiden suuri määrä voi hankaloittaa tiedonkeruuta ja hallintaa. Jos järjestelmään tulee virhe, kytketyt laitteet voivat vioittua tai tiedot hävitä. Internet itsestään tuo jo haasteen, koska ei ole luotu kansainvälistä yhteensopivuusstandardia. Eri valmistajien laitteet eivät välttämättä kommunikoi keskenään. [3.]

2.3 Pilvipalvelu

2.3.1 Pilvitoimintamalli

Pilvitoimintamalli eli *Cloud Computing* on käsitteenä vasta muutamia vuosia vanha, mutta pilvipalveluja on todellisuudessa ollut saatavilla jo pidemmän aikaa. Käsite Cloud Computing on alkujaan kuvannut puhelin- ja tietoliikenneverkkojen dokumentointitapaa. Cloud Computing käännetään useasti pilvilaskennaksi. Pilvilaskenta on käsitteenä kuitenkin hivenen harhaanjohtava, koska tässä yhteydessä sana computing tarkoittaa tietojenkäsittelyä eikä perinteistä laskentaa. Cloud eli pilvi taas on metafora internetistä. [3.]

2.3.2 Pilvipalvelut käsitteenä

Pilvipalveluihin sisällytetään useasti esimerkiksi perinteiset *hosting*-palvelut, joissa palveluntarjoajat tarjoavat asiakkaille verkon yli käytettäväksi palvelintilaa vaikkapa kotisivuja varten. Melkein kaikki verkon yli käytettävät palvelut voidaan mieltää pilvipalveluiksi, mutta tällöin pilvipalveluilla ja esimerkiksi ASP -palveluilla ei olisi mitään käytännön eroja. ASP- palveluilla tarkoitetaan perinteisiä palveluntarjoajilta asiakkaille verkon yli käytettäviksi tarkoitettuja palveluita, kuten sähköpostipalvelut. ASP-palvelut ovat käsitteenä huomattavasti pilvipalveluita vanhempi. Palveluiden tulisi sisältää pilvipalveluille tyypillisiä ominaisuuksia, jotta ne voisi määritellä pilvipalveluiksi. Tällaisia ominaisuuksia ovat esimerkiksi virtualisointi ja käytön mukaan maksaminen. Seuraavissa kappaleissa käsitellään pilvitoimintamallin yleiset ja keskeiset ominaisuudet sekä pilvi- ja palvelumallit. [3.]

2.3.3 Pilvipalvelut käytännössä

Yksinkertaisia esimerkkejä pilvipalveluista ovat ohjelmistopalvelut, joita tarjotaan käytettäväksi verkon yli. Erinomainen yksinkertainen esimerkki on Googlen tarjoama Google Apps -työvälineohjelmisto. Google Apps sisältää esimerkiksi sähköpostin, kalenterin, taulukkolaskenta- ja tekstinkäsittelyohjelman. Pääperiaatteena on, että yritykset sekä yksityiset asiakkaat saisivat käyttöönsä sovelluksia, joiden käyttämiseen riittäisi pelkästään verkkoselain. Omille työasemille ei tällöin tarvitsisi asentaa verkkoselaimen lisäksi mitään muuta ja ohjelmiin pääsisi helposti käsiksi mistä tahansa. Sovelluksilla tehtävät tiedostot tallennettaisiin palveluntarjoajan palvelimille ja ohjelmistoista voitaisiin mahdollisesti maksaa käytön mukaan. Tämä taas toisi huomattavia kustannussäästöjä verrattuna perinteiseen ohjelmistolisenssien ostamiseen sekä omien palvelinten hankintaan ja niistä aiheutuviin sähkölaskuihin. Monet potentiaaliset käyttäjät suhtautuvat pilvipalveluihin kuitenkin vielä erittäin varautuneesti. Pilvipalvelut on käsitteenä vielä nuori ja tämän vuoksi jopa hivenen pelottava. Erityisesti yrityksiä askarruttaa pilvipalveluiden tietoturva. Tästä hyvänä esimerkkinä on se tosiasia, että monissa tapauksissa pilvipalveluihin pääsee käsiksi periaatteessa mistä tahansa. [3.]

2.3.4 Palvelumallit

a. Ohjelmisto palveluna (SaaS, *Software as a Service*)

SaaS-palvelumallin periaatteena on palvelut, joissa asiakkaat käyttävät palveluntarjoajien sovelluksia verkon yli. Sovellukset sijaitsevat palveluntarjoajien palvelimilla, joten käyttäjien ei erikseen tarvitse asentaa käytettäviä sovelluksia työasemilleen. Käyttäjät tarvitsevat ainoastaan toimivan verkkoyhteyden sekä selaimen käyttääkseen SaaS-palveluita. Palveluntarjoajat huolehtivat palveluiden ylläpidosta, päivityksistä, käyttäjätuesta sekä tietoturvasta. SaaS-palvelut tuovat lukuisia etuja käyttäjille. Yksi suurimmista eduista on, että palveluihin pääsee helposti käsiksi mistä tahansa. Useasti palveluista maksetaan ainoastaan käytön mukaan, joten SaaS on myös erittäin kustannustehokas sekä joustava ratkaisu. Aiemmin jo mainittiin, että SaaS on tavallaan ASP:n kehittyneempi versio. Voisikin ajatella, että SaaS on käsitteenä korvannut ASP:n verkon yli käytettävien ohjelmistopalvelujen kehityksen sekä esimerkiksi virtualisoinnin yleistymisen myötä. Eräs tunnetuimmista SaaS-palveluista on Googlen Google Apps, joka sisältää muun muassa gmail-sähköpostin. [3.]

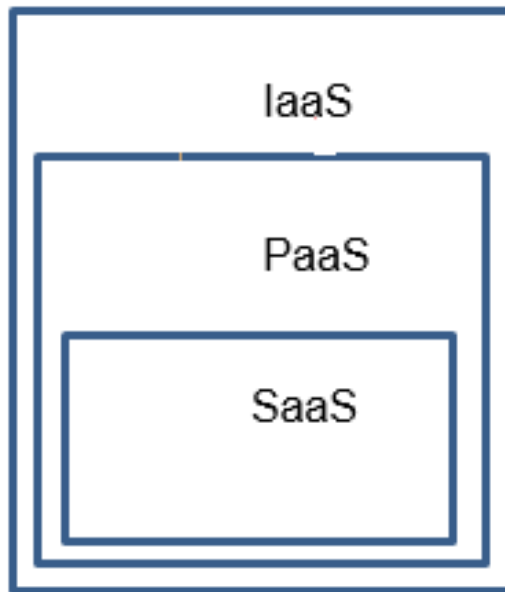
b. Alusta palveluna (PaaS, *Platform as a Service*)

PaaS-palvelumallissa käytetään verkon yli sovelluskehitysalustoja ja kehitystyökaluja. Käyttäjien tarvitsee käytännössä vain kirjoittaa koodia, ladata se sovelluskehitysalustaan ja ajaa koodi. Palveluntarjoaja tarjoaa tehokkaan kehitys- ja testiympäristön sekä huolehtii ylläpidosta. Käyttäjä tarvitsee jälleen käytännössä vain verkkoyhteyden sekä selaimen. Suurin osa palveluntarjoajista rajoittaa kehitysalustojaan toimimaan ainoastaan tietyillä ohjelmointikielillä. Tällaisia ohjelmointikieliä ovat esimerkiksi Java sekä Python. Yksi tunnetuimmista PaaS-palveluista on Googlen Google App Engine (GAE), joka tukee Java-, Python- sekä Googlen omaa Go-ohjelmointikieltä. [3.]

c. Infrastruktuuri palveluna (IaaS, *Infrastructure as a Service*)

Kolmas palvelumalli IaaS tarjoaa käyttäjilleen virtualisotuja laitteistoja sekä esimerkiksi tallennustilaa. Käyttäjät voivat asentaa virtuaalisiin laitteistoihin haluamansa käyttöjärjestelmät ja sovellukset sekä kontrolloida niitä, mutta itse pilvi-infrastruktuuria kontrolloi ainoastaan palveluntarjoaja. IaaS on erittäin kustannustehokas ja järkevä ratkaisu esimerkiksi juuri perustetuille yrityksille. Infrastruktuurin siirtäminen pilveen tulee huomattavasti edullisemmaksi kuin hankkia omat tehoyöasemat ja palvelimet. Virtuaalilaitteistoissa on myös se hyvä puoli, että niitä voi vaivattomasti skaalata tehokkaammiksi koska tahansa. Varastointipalveluista maksetaan yleensä käytettyjen gigatavujen mukaan, joten käyttäjät eivät maksa turhasta tilasta. IaaS:n edut ja ominaisuudet ovat varsin yhtäläiset muiden pilvipalvelumallien kanssa. IaaS-palveluita tarjoavat muun muassa Amazon, IBM sekä Microsoft. Suosittuja IaaS-palveluita ovat esimerkiksi Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) sekä Amazon Simple Storage Service (S3). [3.]

Palvelumallien voisi ajatella rakentuvan toistensa päälle kerroksittain. Alimmaisena on IaaS, koska se tarjoaa laitteiston, joka on edellytys seuraaville kerroksille. Keskimmäisenä on PaaS, joka tarjoaa kehitysalustan seuraavan kerroksen sovelluksille ja ylimpänä on SaaS. (Kuva 3.) Voisi myös ajatella, että ennen palvelumalleja täytyy tietysti olla palveluntarjoaja ja palvelin, jossa palvelut toimivat, sekä ylimpänä palvelumallien päällä itse käyttäjä. [3.]



Kuva 3. Palvelumallien arkkitehtuuri [3]

2.3.5 Pilvipalvelun käyttö

Metropolia tarjoaa kaikille käyttäjilleen Googlen ja Microsoftin pilvipalvelut. opiskelijoilla on käytössä oma pilvipalvelutili. Projektissa yritettiin kokeilla eri palveluntarjoajia avaamalla oman käyttäjätili. Seuraavaksi esitellään parhaiden pilvipalveluiden 2020 ominaisuudet ja hinnat [5]:

- IDrive: 3,48 \$ / Vuosi, 5TB
 - + Nopea
 - + Helppokäyttöinen
 - + Hyvä suojaus
 - + IDrive Express -palvelu on kätevä äkillisissä hätätilanteissa
 - Ei kaksivaiheista tunnistautumista
- pCloud: 3,99 \$ /kk 500 GB, 7,99\$/kk 2 TB, 175 \$ 175 \$ elinikäinen
 - + Siedettävän hintainen
 - + Elegantti, intuitiivinen käyttöliittymä
 - + Yksinkertainen käyttää
 - Ei kunnollisia yhteistoimintotyökaluja
- Zoolz Cloud Backup: 49,95 \$ / 5TB
 - + Hybridi-backup
 - + Vanhat versiot tiedostoista käytettävissä
 - + Hyvin edullinen
 - Ei live-backupia
 - Ei kaksivaiheista tunnistautumista

- Degoo: 99,99\$ / 2 vuotta / 10 TB
 - + Hyvät mobiilisovellukset
 - + Edullinen
 - Kaksivaiheinen tunnistautuminen vain Googlen kautta
- Mega: Maksuton/ 50 GB, 4,99€/ kk / 200 GB, 9,99€/ kk / 1 TB
 - + Helppo käyttöliittymä
 - + Erittäin antelias maksuton käyttö (50 GB)
 - + Käyttäjien synkronoisessa avoin lähdekoodi

2.4 Siemens Mind Sphere

MindSphere on Siemensin pilvipohjainen avoin IoT-käyttöjärjestelmä, joka yhdistää todellisia asioita digitaaliseen maailmaan. MindSpheressä analysoitu data voidaan taikaisinkytkä tuotteen ja tuotannon digitaaliseen kaksoseen, jolloin simulointi ja mallinnus voidaan toteuttaa kerätyllä datalla. Alusta on avoin, *Platform as a Service* (PaaS). Siemensin Mindsphere-pilvipalvelu tarjoaa hallintaliittymän ja alustan lisäksi ohjelmiston, joka on muokattavissa asiakkaan tarpeiden mukaan.

MindSphere voidaan ottaa käyttöön kolmannen osapuolen palveluntarjoajien isännöimissä julkisissa pilvissä ja tulevaisuudessa myös yksityisissä pilvissä, jotka on rakennettu yksinomaan yksittäiselle yritykselle. Asiakkaat voivat valita pilvipalvelut, jotka parhaiten vastaavat kustannuksia, valvontaa, konfiguroitavuutta, skaalautuvuutta, sijaintia ja turvallisuutta koskevia vaatimuksia. [5.]

2.4.1 Yhteydet

Yhteys voidaan muodostaa MindSphereen joko yhdyskäytävälaitteella tai ohjelmistokirjaston avulla. Yhdyskäytävälaitteita ovat Mindconnect Nano ja IoT2040. Siemens S7 -logiikoille on kehitetty myös oma kirjastonsa Mindconnect-FB, joka mahdollistaa suoran yhteyden Mindsphereen ilman yhdyskäytävälaitetta. Saatavilla on myös Mindconnect LIB -lähdekoodi, jonka avulla kehittäjät voivat yhdistää oman ohjelmistonsa Mindsphereen. Mindconnect Nano sekä IoT2040 käyttävät HTTPS-protokollaa portin 443 kautta yhdistääseen MindSphereen. Nanossa ja IoT2040-laitteessa ei ole yhtään porttia auki sisään tulevalle liikenteelle, vaan ne tekevät ainoastaan yhteyspyynnön MindSphereen. Molemmat laitteet keräävät dataa käyttämällä OPC UA -protokollaa tai keräävät tarvittavan tiedon suoraan Siemensin ohjelmoitavalta logiikalta. [5.]

2.4.2 Laitteet

Asiakas voi käyttää Mindsphere-sovelluksia muun muassa Amazon Web Service -, Microsoft Azure -, SAP Cloud Platform - ja Atos Canopy -pilvipalveluissa. OPC UA -standardin avulla. MindSphereen voidaan liittää muitakin kuin Siemensin laitteita. Siemensin laitteiden yhdistäminen onnistuu asettamalla Nanon asetuksiin PLC:n IP-osoite sekä halutut muistipaikat. MindConnect-ohjelmisto sallii lähes kaikkien laitteiden yhdistämisen MindSphereen erilaisten laajennuksien avulla. Järjestelmän avulla käyttäjät voivat pilvipalvelussa kehittää, luoda ja käyttää omia ja muiden toteuttamia palveluita. MindAppien luominen ja kehittäminen onnistuvat pilvipalvelussa. [5.]

MindConnect Nano

MindConnect Nano on teollisuustietokone tietojen keräämiseen eri protokollilla ja tietojen siirtämiseen MindSphere-laitteeseen (kuva 4). Laite tukee tiedonsiirtoa turvallisen Internet-yhteyden kautta pilvipohjaisten sovellusten ja palvelujen mahdollistamiseksi. Käyttölämpötila voi olla 0 °C – 60 °C. Sinetöity metallikotelo kestää hyvin ankarissakin olosuhteissa. Kotelo ehkäisee myös tärinää sekä iskuja. [3.]



Kuva 4. MindConnect Nano [5]

MindConnect Nanon hyötyjä ovat muun muassa nopea ja helppo teollisuuskoneiden ja automaatiojärjestelmien liitettävyyden MindSphere-järjestelmään sekä se, että tiedonkeruu onnistuu tavanomaisilla teollisuusprotokollilla. Ohjelmistopäivitysten hallinta on helppoa, rakenne kestävä ja huoltovapaa. Laite sisältää enintään 500 Mt:n paikallisen

datapuskurin, eli jos internetyhteys katkeaa, Nano aloittaa datan varastoimisen sisäänrakennettuun puskuriin. Yhteyden palaututtua Nano lähettää puskuroidun datan MindSphereen. Tietojen käsittelyjakso laitteella on enintään 250 datapistettä/sekunti sekä tiedonsiirtosykli 10 sekunnin välein. [5.]

Käytettäviä protokollia ovat Siemens S7 (tietojen keräämiseen S7-3xx / S7-4xx / ET-200s PLC: Itä), OPC UA (tietojen keräämiseksi kaikista tietolähteistä, jotka voivat toimittaa tietoja OPC UA -palvelimen kautta); MindSphere Nano tukee dataa OPC UA -määrityksen (Data Access) 8 osan kanssa. [5.]

MindConnect IoT2040

MindConnect IoT2040 on laite tietojen keräämiseksi eri protokollilla ja tietojen siirtäminen MindSphere-laitteeseen (kuva 5). Laite tukee tiedonsiirtoa turvallisen internetyhteyden kautta pilvipohjaisten sovellusten ja palvelujen mahdollistamiseksi. Se on muuten hyvin samanlainen laite kuin Nano, erona tietojen käsittelyjakso: enintään 30 datapistettä/sekunti sekä tiedonsiirtosykli 10 sekunnin välein. [5.]



Kuva 5. MindConnect IoT2040 [5.]

MindSphere AWS MindConnect API

MindConnect API on palomuuriystävällinen RESTful-sovellusliittymä, jonka avulla voi muodostaa yhteyden MindSphere-laitteeseen ilman erillistä laitteistoa tai ohjelmistoa. Se tukee agentin käyttöönottoa, turvallista internetyhteyttä salatulla tiedostojen siirrolla, tapahtumia, aikasarjoja tai mukautettuja tietoja MindSphereille. Se mahdollistaa pilvi-

pohjaiset sovellukset ja palvelut. API mahdollistaa yhteyden lähes jokaiseen laitteeseen sekä palomuuristävällisen viestinnän RESTfull API:n kautta. Yhteys paikallisesta laitteesta MindSphere-alustalle on turvallinen, suojausprofiilit voidaan valita jaetusta salaisuudesta tai RSA3072: sta. Tietolähteen konfigurointi kenttätasolta aikasarjaa varten on mahdollista. [5.]

MindSphere AWS MindConnect LIB

MindConnect Lib on C-lähdeohjelmisto, jonka avulla voi käyttää MindSphere yhteyksiä omien agenttiansa kanssa, esim. sulautettuja laitteita, ohjelmoitavia ohjaimia tai Linux-/Windows-tietokoneita. Se kapseloi MindConnect API:n näihin laitteisiin ja käsittelee salatun paikan päällä olevien tietojen siirtämisen MindSphere-verkkoon turvallisen internet-yhteyden kautta, jotta pilvipohjaiset sovellukset ja palvelut voidaan ottaa käyttöön. Tietojen käsittelyjakso alustavan laitteen suorituskyvystä riippuen voi olla enintään 250 datapistettä/sekunti. Tiedonsiirtosykli on 10 sekunnin välein. [5.]

MindSphere AWS MindConnect IoT Extension

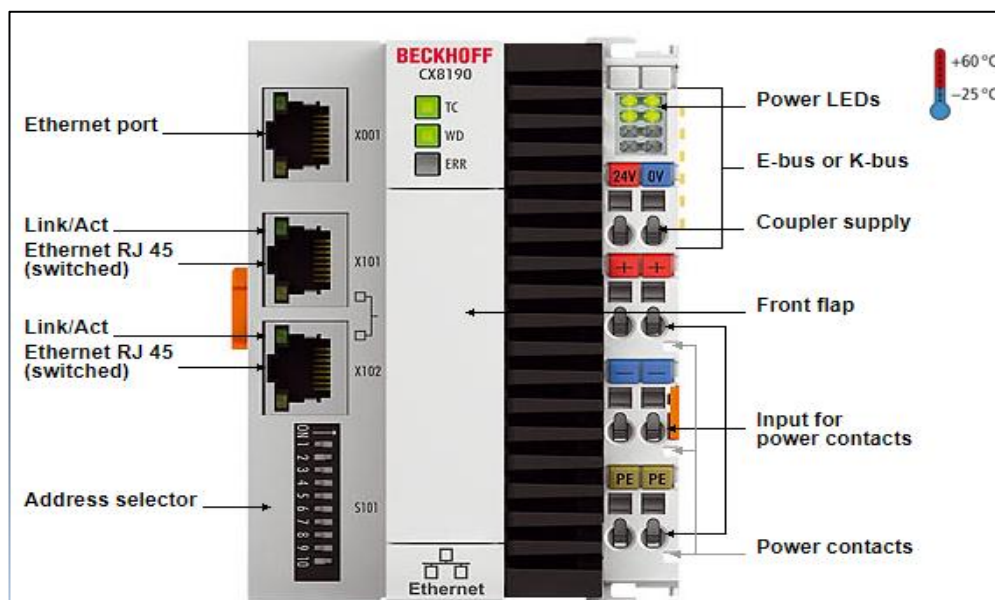
MindConnect IoT Extension on liitântäkerros, joka laajentaa niiden protokollien määrää, jotka voivat kommunikoida suoraan MindSpheren kanssa. Erilaisia kenttäväyläprotokollia tuetaan yhdessä lisääntyneen laitteistoyhteysagenttien valikoiman kanssa, ne luovat suoran yhteyden varoihin tuotantoympäristössä. MindConnect IoT Extension on mukana MindAccess IoT -arvosuunnitelmassa ja kehittäjäsuunnitelmassa, jossa on päivityksiä, jotka mahdollistavat tiedonsiirron lisäämisen ratkaisuvaatimusten perusteella. [5.]

3 Testilaitteiston ohjausjärjestelmä

Testilaitteiston ohjausjärjestelmänä käytettiin Beckhoffin CX8100-sarjan ohjelmoitavaa logiikkaa CX8190. Tässä luvussa kuvataan käytetty ohjausjärjestelmä, anturit, Twin-CAT 3 - ohjelmointiohjelma sekä tarvittavat kirjastot IoT-liitäntään.

3.1 Beckhoff CX8190

Ohjausjärjestelmänä käytetään Beckhoffin logiikkaa CX8190. Logiikka kuuluu CX8100 - sulautettujen PC-tietokoneiden tuoteperheeseen, joka perustuu 32-bittiseen ARM-pohjaiseen CPU:hun, jota voidaan käyttää PLC-ohjelmien suorittamiseen tai orjalaitteena ylemmän tason kenttäväyläjärjestelmiin. CX8100-laitesarja edustaa kehitystä, joka perustuu tuttuun ja todistettuun CX8000-sarjaan. Kuten kaikki CX-tuotteet, myös CX8100-laitteet ohjelmoidaan ja otetaan käyttöön Ethernet-liitäntän kautta. Käyttöjärjestelmänä logiikoissa on Microsoft Windows Embedded Compact 7 -käyttöjärjestelmä. Logiikkojen ohjelmointi ja konfigurointi tapahtuu käyttäen TwinCAT 3 -ohjelmistoa. TwinCAT 3 perustuu IEC 61131-3 -standardiin. Laitteisto on varustettu kahdella Ethernet-liitynnällä. Siihen voidaan liittää E- sekä K-tyyppin IO-kortteja. Se pystyy toimimaan myös isäntä- ja orja-laitteena kenttäväyläkonfiguraatioissa. Kuvassa 6 on CX8190:n keskusyksikkö.



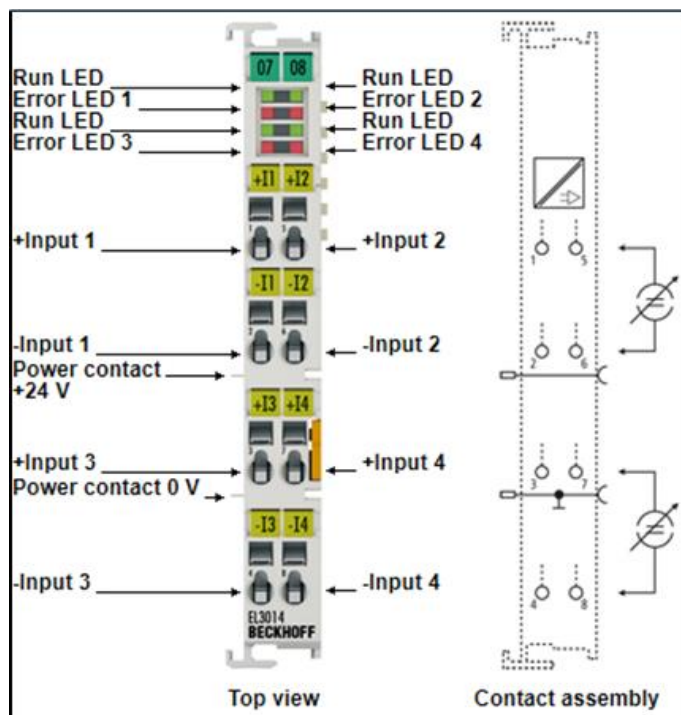
Kuva 6. Ohjelmoitava logiikka CX8190

3.2 Terminaalit

Tulo- ja lähtökortteina käytetään digitaalista tulokorttia EL1008, digitaalista lähtökorttia EL2008 ja analogista tulokorttia EL3014. Korttiin EL1008 on kytketty kaksi digitaalista ON/OFF-pinnankorkeusvahtia, korttiin EL2008 on kytketty vesipumpun ohjaus ja analogiseen tulokorttiin EL3014 lämpötila - ja kosteusmittaukset.

3.2.1 EL3014 - analoginen tulokortti

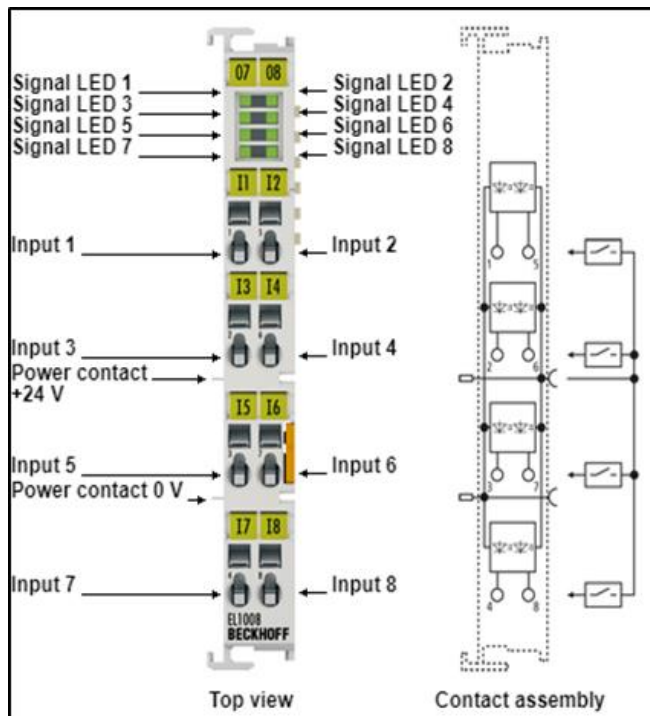
EL3014 - analogisessa tulokortissa (kuva 7) on neljä tuloliitäntää. Kortti prosessoi signaaleja alueella 0–20 mA. Virta digitalisoidaan 12 bitin tarkkuudella ja siirretään, sähköisesti eristettynä, ylemmän tason automaatiolaitteeseen. EtherCAT-päätteen tulokanavilla on differentiaalitulot ja niillä on yhteinen, sisäinen maapotentiaali. Ylikuormitustila havaitaan, ja päätteen tila välitetään ohjaimelle E-väylän kautta. EtherCAT-päätte osoittaa signaalitilansa valoa lähettävien diodien avulla. Mittalaitteiden liittäminen on mahdollista käyttäen 2-johdinkytkentää. [6.]



Kuva 7. EL3014 - analoginen tulokortti [6]

3.2.2 EL 1008 - digitaalinen tulokortti

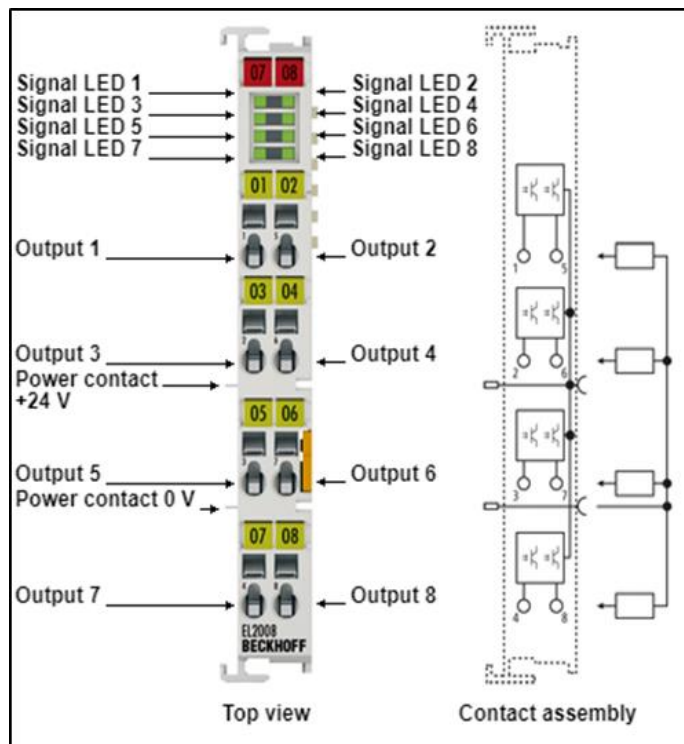
EL1008-digitaalitulopääte (kuva 8) hankkii binaariset ohjaussignaalit prosessitasolta ja lähettää ne sähköisesti eristetyssä muodossa ylemmän tason automaatioyksikköön. EL100x-sarjan digitaalisissa on 3 ms:n tuloviive. EL 1008 -terminaalikortti ilmaisee tilansa LED-valoilla. EL1008-digitaali-input-kortti saa käyttöjännitteensä kortin sivuissa olevilla koskettimelta. [6]



Kuva 8. EL1008 - digitaalinen tulokortti [7]

3.2.3 EL2008 - digitaalinen lähtökortti

EL2008-digitaali-output-korttissa (kuva 9) on täsmälleen samat tekniset ominaisuudet kuin EL1008-korttissa, paitsi että liitännät ovat lähtöliitäntöjä [8].



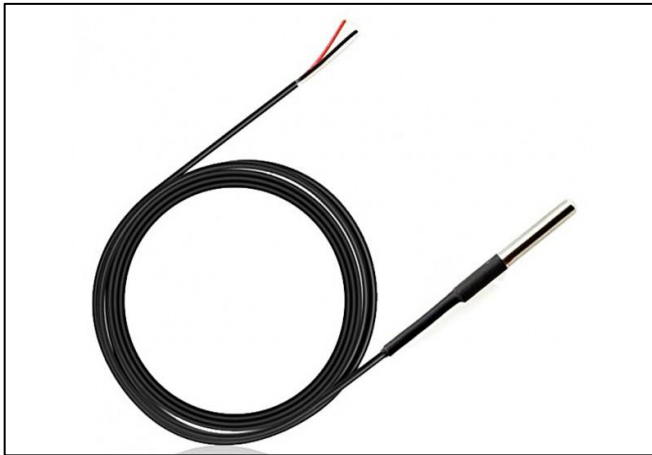
Kuva 9. EL2008 - digitaalinen lähtökortti [7]

3.3 Anturit

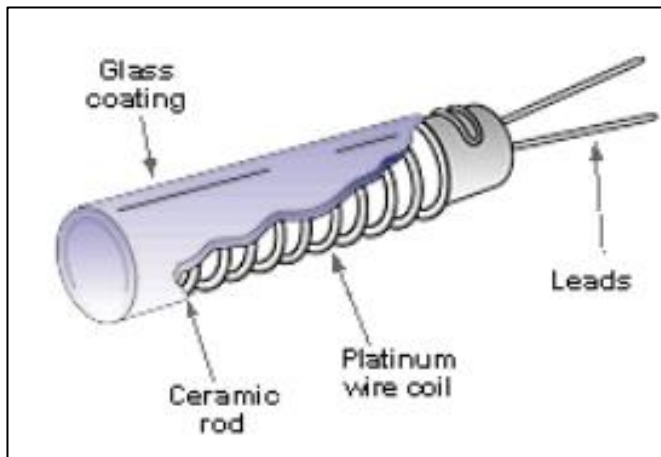
3.3.1 Lämpötila-anturi

Vastuslämpötila-anturin (kuva 10) toiminta perustuu anturissa olevan vastuslangan resistanssin muuttumiseen lämpötilan suhteen. Tämä suhde on riippuvainen anturin vastuslangan ominaisuuksista, ja se on anturivalmistajan määrittelemä. Anturissa on platinasta, nikkelistä tai kuparista tehty vastuslanka, joka on kierretty keraamisen tai lasisen ytimen ympärille ja suljettu suojaavaan kuoreen. Resistanssia mitataan johtamalla matala virta anturin vastuslankaan. Koska tämä voi lämmittää vastuslankaa, suunnittelussa tulee ottaa huomioon lämmön tehokas siirto pois vastuslangasta.

Kuvassa 11 esitetään vastuslämpötila-anturin rakenne ja tärkeimmät osat. Anturi kestää erittäin matalia sekä erittäin korkeita lämpötiloja, ja mittausala vaihtelee läheltä absoluuttista nolapistettä noin 600 °C:seen asti. Laajan mittausalueen ja korkeiden lämpötilojen keston ansiosta vastuslämpötila-antureita käytetään usein prosessi- ja muussa teollisuudessa. [10.]



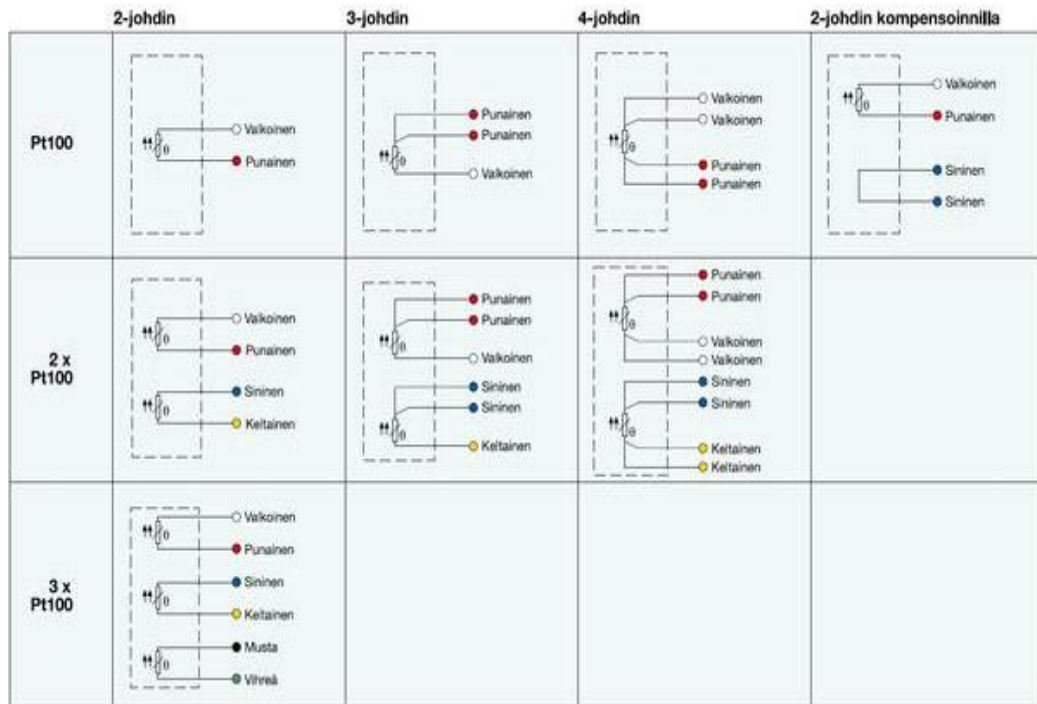
Kuva 10. Lämpötila-anturi Pt100



Kuva 11. Pt100-anturin rakenne

Yleisimmin vastuslämpötila-anturin vastuslanka valmistetaan platinasta, sillä sen resistanssin ja lämpötilan suhde on lähes lineaarinen laajalla lämpötila-alueella.

Pt100-vastukseen liitettävän kaapelin johdinvärit määritellään standardissa EN 60751. Tämän standardin mukaiset johdinvärit 2-, 3- ja 4-johdinliitettä varten on esitetty kunkin anturityypin yhteydessä kuvassa 12.



Kuva 12. Pt100-johtimien värimerkinnyt

Pt100-anturin yhteydessä tarvitaan lähetin, jota käytetään mittaamaan lämpötila Pt100-vastuslämpömittarien läpi (kuva13).



Kuva 13. Jumo-lähetin [11]

3.3.2 Kosteusanturi

Kosteusanturi eli hygrometri mittaa sitä ympäröivän ilman kosteuspitoisuutta. Yleisessä käytössä olevien elektronisten kosteusantureiden toiminta perustuu ilmakehän

muutoksesta johtuvaan signaalin muuttumiseen. Signaalin muutos syntyy, kun ilmakeuhuus vaikuttaa anturissa olevaan ilmakeuhuteen reagoivaan elementtiin. Elementin vaikutus signaaliin voi perustua ilmakeuhuden aiheuttamaan kapasitanssin, resistanssin, tai lämmönjohtavuuden muutokseen.

Edellä mainittujen anturityyppien lisäksi on olemassa erilaisia keuhusantureiden kalibrointiin tarkoitettuja huipputarkkoja anturityyppejä. Tällaisia ovat esimerkiksi gravimetrisen hygrometri, joka mittaa ilmasta otetusta näytteestä siinä olevan veden painon.

Keuhusantureita tarkastellessa tulee ottaa huomioon, mitaako anturi suhteellista vai absoluuttista ilmakeuhuteutta. Absoluuttinen ilmakeuhuus tarkoittaa ilmassa olevan veden massaa suhteutettuna ilman tilavuuteen ja ilmoitetaan yleisesti grammoina kuutiometriä kohden. Suhteellinen ilmakeuhuus ilmaisee ilmassa olevan veden määrää verrattuna korkeimpaan mahdolliseen määrään, mitä samassa lämpötilassa oleva ilma voi sisältää. Suhteellinen ilmakeuhuus ilmaistaan prosentteina, ja sitä käytetään yleisimmin ilmakeuhusantureiden mittaustulosten yksikkönä. [12.]

Projektissa käytettiin LINPICCO BASIC A420-G -keuhusmoduulia (kuva 14), joka pystyy mittaamaan keuhusalueen 0 % - 100 %, ja antaa lähtövirran 4–20 mA.



Kuva 14. Keuhusmoduuli

3.3.3 Vedenpinnan korkeus -anturi

Vesisäiliön vedenpinnan tarkastelu suoritetaan kahdella NO tasokytkimellä (kuva 15). Kun veden pinta on alimman kytkimen kohdalla, se antaa 24 V:n signaalin vesipumppuun ja pumppu täyttää vesisäiliötä. Kun veden pinta on ylimmän kytkimen kohdalla, se antaa signaalin vesipumppuun ja lakkauttaa vesisäiliön täyttämiseen. [14.]



Kuva 15. Tasokytin

3.3.4 Hiilidioksidianturi

Hiilidioksidianturi mittaa ilmassa olevan hiilidioksidin määrää. Anturi voi mitata hiilidioksidin määrää joko kemiallisesti tai optisesti. Hiilidioksidiantureita on käytössä esimerkiksi sisäilmaa valvovissa laitteissa ja kasvihuoneissa. Ne ovat myös oleellinen osa teollisuuden prosessivalvonnassa sekä erityyppisten palamisreaktioiden optimoinnissa, esimerkiksi polttomoottoreissa.

Kemiallisesti hiilidioksidia mittaavan anturin toiminta perustuu hiilidioksidin aiheuttamaan kemialliseen reaktioon anturielementissä. Optisesti toimiva hiilidioksidianturi mittaa hiilidioksidin määrää ilmassa hiilidioksidin aiheuttaman valon dispersion perusteella.

Kemiallinen hiilidioksidianturi

Kemiallinen hiilidioksidianturi mittaa hiilidioksidin määrää sitä ympäröivässä ilmassa. Anturin toiminta perustuu ilmassa olevan hiilidioksidin aiheuttaman kemiallisen reaktion synnyttämän jännitteen mittaamiseen anturielementissä.

Kemiallinen hiilidioksidianturi koostuu ilmaa läpäisevästä kuoresta ja sen sisällä olevasta anturielementistä. Anturielementistä lähtee jalkapari, jonka väliin syntyy hiilidioksidipitoisuudesta riippuvainen jännite. Koska anturin tulee olla ilmaa läpäisevä, sen kotelossa on reikiä tai ohut ilmaa läpäisevä verkko. Tämä tulee ottaa huomioon anturityyp-

piä valitessa, sillä kemiallinen hiilidioksidianturi ei kestä roiskevettä tai veden alle joutumista.

Kun ilmassa oleva hiilidioksidi joutuu kosketukseen anturielementin kanssa, aiheuttaa se kemiallisen reaktion. Tämä reaktio synnyttää jännitteen anturielementin ja elektrodin välille. Tämä jännite riippuu ilmassa olevan hiilidioksidin määrästä, ja sen voimakkuutta mittaamalla voidaan selvittää hiilidioksidin osuus ilmassa.

Kemiallisen hiilidioksidianturin suurimpana etuna on sen edullinen hinta. Anturi on rakenteeltaan yksinkertainen ja helppo valmistaa, ja sen tarkkuus riittää useimpiin sovelluksiin. Edellä mainittujen seikkojen takia kemiallisia hiilidioksidiantureita käytetään lähinnä opetus- ja harrastetarkoituksiin sekä muihin ei-kriittisiin sovelluksiin.

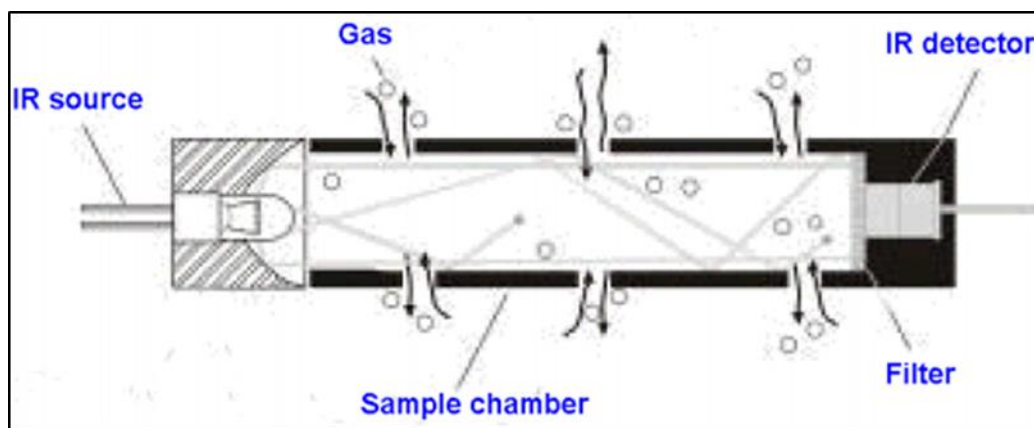
Kemiallisten hiilidioksidianturien suurin haittapuoli on niiden epästabiilisuus. Ajan mittaan anturielementtiin kertyy epäpuhtauksia, jotka vääristävät mittaustuloksia ja heikentävät anturin tarkkuutta. Tästä syystä anturien vaihtoväli on lyhyt, alle 6 kuukautta eikä niitä suositeta teollisissa tai kaupallisissa sovelluksissa.

[15.]

Infrapunahiilidioksidianturi

Infrapunahiilidioksidianturi eli NDIR (NON Dispersive Infra Red) -anturi mittaa ilmassa olevan hiilidioksidin määrää hiilidioksidin aiheuttaman valon absorption perusteella. Anturissa on infrapunavaloa säteilevä diodi, jonka lähettämän valon aallonpituuden muutosta tarkkailemalla saadaan selville ilman sisältämän hiilidioksidin määrä.

NDIR-anturi koostuu infrapunadiodista, kahdesta kaasukammioista sekä infrapunavalon vastaanottimesta. Anturissa on avoin kammio, johon mitattava ilma pääsee kulkeutumaan, toisessa kammiossa on referenssikaasua, joka on yleensä puhdasta typpeä. Anturissa oleva infrapunavaloa säteilevän diodin valo kulkee molempien kammioden läpi vastaanottimelle. Kuvassa 16 esitetään NDIR-anturin näytekammion rakenne. [15.]



Kuva 16. NDIR- anturin näytekammion rakenne [15]

Vastaanottimen edessä on optinen suodatin, joka päästää läpi vain haluttuja valon aallonpituuksia. Suodatin valitaan siten, että läpi pääsee vain aallonpituuksia, joihin hiilidioksidi ei vaikuta. Näin voidaan mittakammioista vastaanottimelle pääsevän valon ja referenssikammioilta pääsevän valon erojen perusteella selvittää hiilidioksidin määrä ilmassa. Suodattimen avulla voidaan myös optimoida anturin herkkyys hiilidioksidille tietyissä oloissa.

NDIR-antureita voidaan käyttää monien eri yhdisteiden mittaamiseen, mutta hiilidioksidin mittaaminen ilmasta on niiden yleisin käyttökohde. Menetelmän suurimpana etuna on antureiden tarkkuus, niiden erottelukyky on parhaimmillaan 1 - 10 ppm:n luokkaa. Anturi ei myöskään kärsi kemiallisen hiilidioksidianturin tapaan hitaasta mittaustavasta, vaan reagoi muutokseen lähes saman tien. NDIR-anturia ei myöskään tarvitse huoltaa, eikä sen suorituskyky heikkene ajan myötä.

NDIR-antureiden suurin haittapuoli on niiden monimutkainen rakenne ja tästä johtuva suuri koko. Anturin tarkkuus on osittain riippuvainen näyteputken pituudesta, joten tarkat anturit vievät paljon tilaa piirilevyiltä. NDIR-anturin kotelo on tyypillisesti pituudeltaan noin 2 cm ja muodoltaan sylinterimäinen. Kotelon koon kasvaessa paranee myös anturin tarkkuus, joten suunnitteluvaiheessa tulee valita oikea kompromissi näiden ominaisuuksien väliltä.

[15.]

3.3.5 EC-anturi

Ravinneveteen liuenneiden ravinteiden määrää kuvaa veden EC-arvo. EC tulee sanoista *Electrical Conductivity*, ja se kertoo nesteen sähkönjohtokyvyn. Mitä enemmän ravinteita ja epäpuhtauksia vedessä on liuenneena ionimuodossa, sitä korkeampi EC-arvo on.

EC-arvo on helpointa mitata digitaalisella mittarilla. Käytännössä EC-arvo muuttuu siis ravinneiksi lisättyjen ja siitä käytettyjen lannoitteiden määrän mukaan.

EC-arvon pienentämiseksi vesisäiliöön lisätään puhdasta vettä. EC-arvon nostamiseksi vesisäiliöön lisätään ravinteita.

[14.]



Kuva 17. EC-anturi

EC-anturin valmistajia: mm. Hanna Instruments, Wika, Bosch.

EC-anturin tuottajia: mm. Elfa Distrelec, Pietiko Oy.

3.3.6 pH - anturi

pH on määritelty suure. Se on käytännöllinen eikä sillä ole selvää fysikaalista merkitystä. pH:ta mitataan useilla eri prosessiteollisuuden aloilla, mm elintarvike-,

lääke-, sellu- ja paperiteollisuudessa, vedenkäsittelyssä sekä kemikaalien tuotannossa. Sitä mitataan prosessien eri vaiheissa.

Perinteisessä pH:n mittauksessa pH-lukema saadaan laskettua mittaus- ja vertailuelektrodien välille syntyvän potentiaalieron avulla. Tämä on yleisin pH:n mittausmenetelmä prosessiteollisuudessa. On olemassa myös muista mittausmenetelmiä, joita käytetään erilaisissa tilanteissa, mutta nämä menetelmät ovat harvemmin käytettyjä prosessi olosuhteissa.

[16.]

pH - anturin valmistajia: mm Hanna Instruments, Wika, Bosch.

pH - anturin Tuottajia: mm Elfa Distrelec, Pietiko Oy.



Kuva 18. pH anturi [16.]

3.4 TwinCAT3

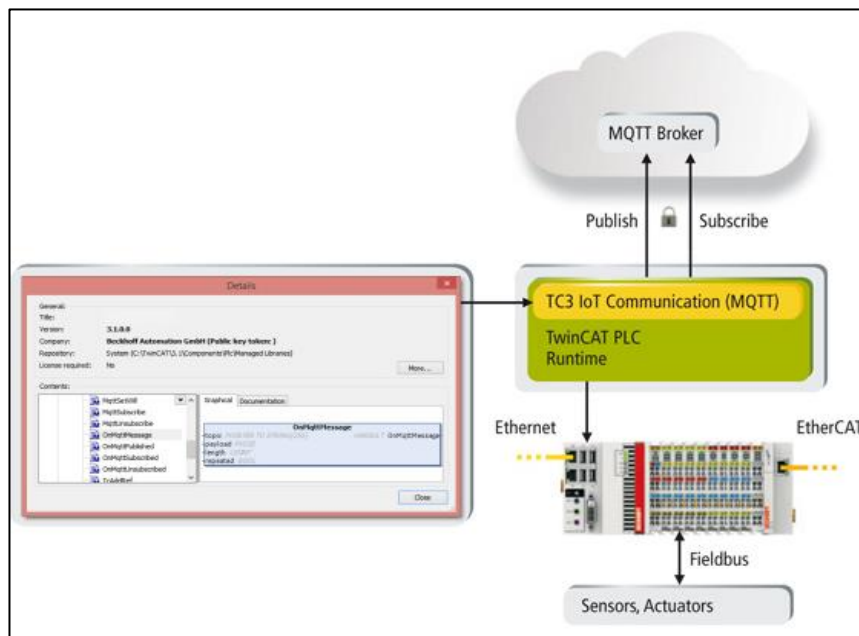
Beckhoff rakensi maailmanlaajuisen standardin PC-pohjaiselle automaatiolle. Ohjausteknologia otettiin käyttöön vuonna 1986. TwinCAT-automaatio-ohjelma muodostaa ohjausjärjestelmän ytimen. TwinCAT muuttaa melkein kaikki PC-pohjaiset järjestelmät reaaliaikaiseksi ohjaukseksi useimmilla PLC-, NC-, CNC- ja robotiikkajärjestelmillä.

[18.]

Työssä käytettiin TwinCATin kolmatta versiota, joka aloitti niin sanotusti uuden aikakauden PC-pohjaisille järjestelmille ja on samalla uusi saavutus Beckhoff Automationin historiassa. Erityisesti tekniikan alalla TwinCAT 3 on esimerkkinä modulaarisen ja joustavan järjestelmäarkkitehtuurin suhteen. TwinCAT 3:lla on mahdollista ohjata melkein mitä tahansa järjestelmää puuntyöstökoneista tuuliturbiineihin. Käyttäjällä on mahdollisuus käyttää erilaisia ohjelmointikieliä sovellusten toteuttamiseen. IEC 61131-3:n klassisen ohjelmointikielen lisäksi on korkeamman tason ohjelmointikieliä, kuten C ja C++. Lisäksi voidaan käyttää MATLAB/Simulink-ohjelmointikieliä. Integroitujen motion-ominaisuuksien avulla suunnittelu yksinkertaistuu, samoin kuin uusi, hyvin järjestetty editoijan SAFETY-Applications. Nämä kyseiset ominaisuudet näyttävät, miksi juuri TwinCAT 3 on nimetty myös eXtended Automation -ohjelmaksi. [18.]

3.5 Beckhoff TF6701 ja pilvipalvelu

Mitatun datan lähetykseen pilvipalveluun on olemassa paljon ohjelmia. Työssä käytettiin Twincat 3:ssä TF6701 kirjastoa. TC3 IoT -yhteys tarjoaa PLC-kirjastojen muodossa perustoiminnot datan lähettämiseksi ja vastaanottamiseksi MQTT: Message Queueing Telemetry Transport, protokollan kautta. [19] (Kuva 19.)



Kuva 19. TF6701:n toiminta

TF6701:n kanssa yhteensopivat pilvipalvelut ovat mm Bosch IoT Suite, Google IoT Core, IBM Watson IoT, ThingSpeak TM sekä Microsoft Azure IoT Hub, jotka sisältävät MQTT - viestinvälittäjä. [19.]

3.6 MQTT - viestintä

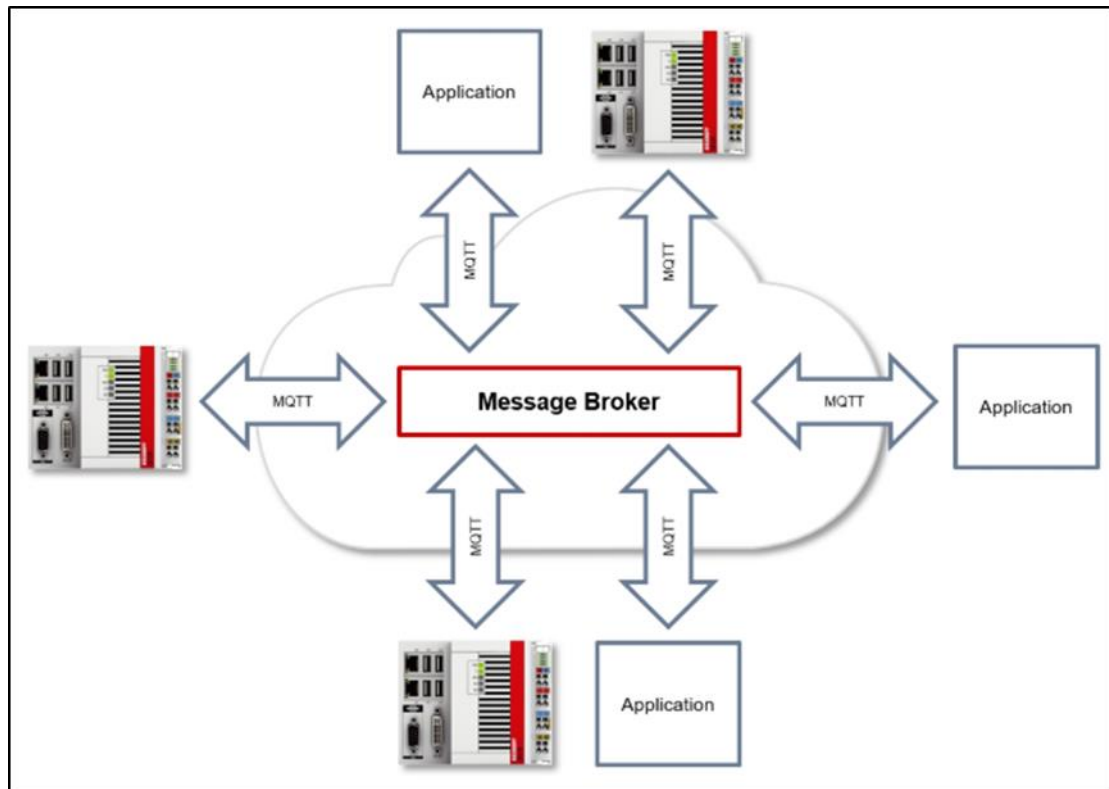
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) on julkaisija-/tilaaja-viestintäprotokolla, joka mahdollistaa viestien siirron sovellusten välillä. Tämän siirtotyypin keskeinen osa on ns viestinvälittäjä, joka jakaa viestit lähettäjän ja vastaanottajan välillä.

Viestinvälittäjä (kuva 20) erottaa lähettäjän ja vastaanottajan, jotta ei ole välttämätöntä, että lähettäjä ja vastaanottaja tietävät vastaavat osoitetiedot. Lähetysten aikana kaikkien viestintälaitteiden vastaanottaminen ottaa yhteyttä viestinvälittäjään, joka hoitaa viestejä.

MQTT-eritelmä tarjoaa MQTT-asiakkaille mahdollisuuden käyttää käyttäjänimen/salasanan todennusta viestinvälittäjä kanssa. Yhteisiä salausmekanismeja, kuten TLS (Transport Layer Security), voidaan käyttää tarjoamaan lisäsuojaa tiedonsiirtoon asiakkaan ja viestinvälittäjän välillä. Riippuen viestinvälittäjä voidaan käyttää erilaisia TLS-mekanismeja:

TLS-PreSharedKey (TSL-PSK) -menetelmä tarjoaa yksinkertaisen vaihtoehdon salauksen toteuttamiseksi asiakkaan ja viestinvälittäjä. Asiakas ja välittäjä tunnistavat yhteisen salasanan, jota käytetään salaamaan ja purkamaan tietoja.

TLS-CertificateAuthority (TLS-CA) Salaus ja todennus TLS: n kautta voidaan suorittaa myös varmenteen myöntäjän (CA) kautta. CA tarjoaa allekirjoituksen julkisen avaimen kautta viestinvälittäjälle (ns. palvelimen avain) ja yleensä myös kaikki yhdistävät asiakkaat. Kaikki viestintälaitteet voivat sitten luottaa toisiinsa, koska myöntäjävarmenne auktoriteettiin luotetaan. [19.]

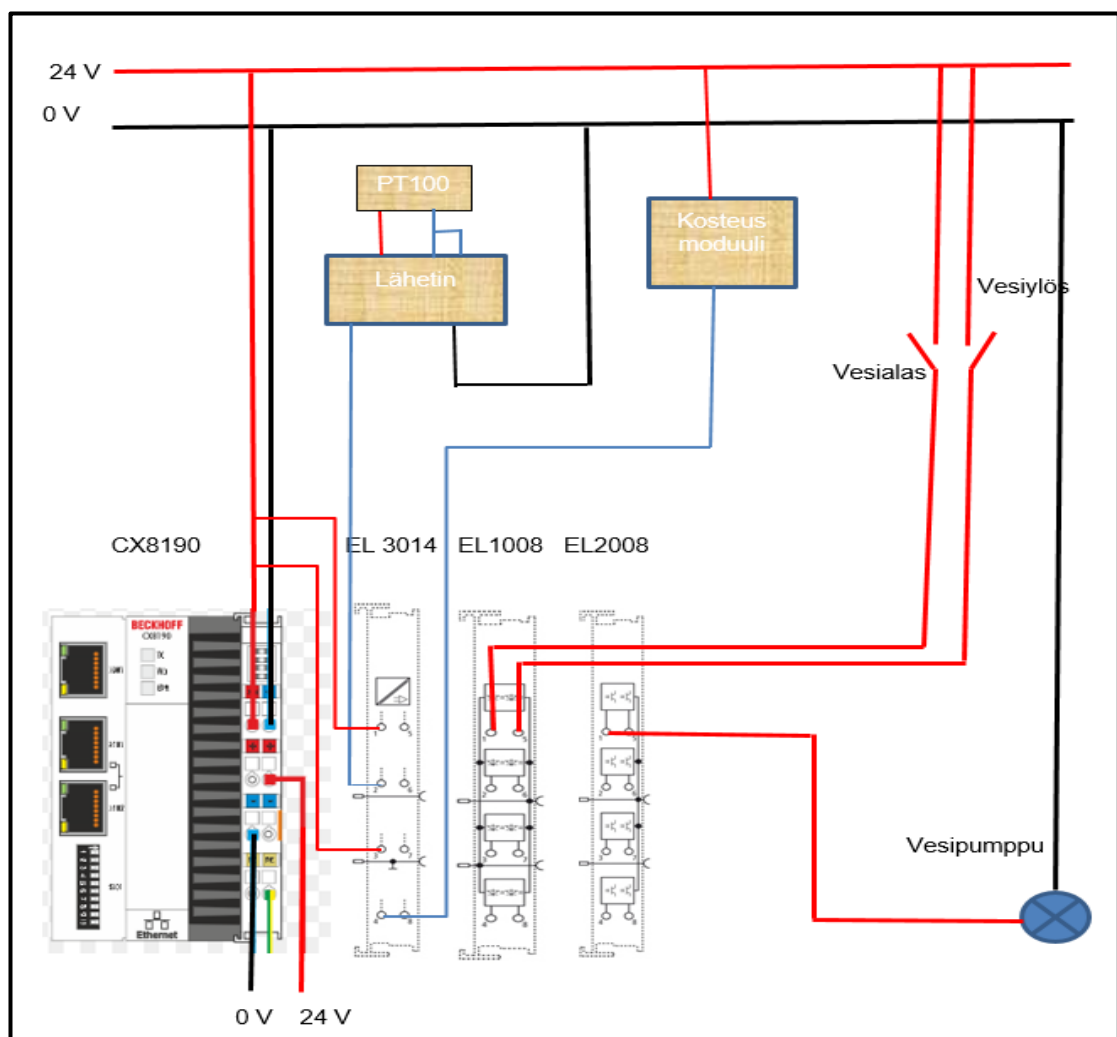


Kuva 20. MQTT:n toiminta

4 Ohjelmiston toteutus

4.1 Sähkökaavio

Kuvassa 21 esitetään laitteiston sähkökytkennät. Logiikkaan syötettiin 24 V ja 0 V. Pt100 kytkettiin lähettimeen ja lähettimestä tulokorttiin. Kosteusmoduuliin kytkettiin 24 V:n syöttöjännite ja lähtöjohto kytkettiin tulokorttiin ja sieltä 0 V:iin. Vesipinnankorkeus-anturit kytkettiin syöttöjännitteen ja tulokortin välille. Vesipumppu kytkettiin lähtökortin ja 0 V:n välille.



Kuva 21. Laitteiston sähkökaavio

4.2 Asetus käyttöjärjestelmässä

Logiikassa on kaksi Ethernet-liittymää X001 ja X101 / X102, näytetään Windows Embedded Compact 7 -sovelluksella EMAC1: nä ja TCCCATMP1: nä.

EMAC1 (X001):

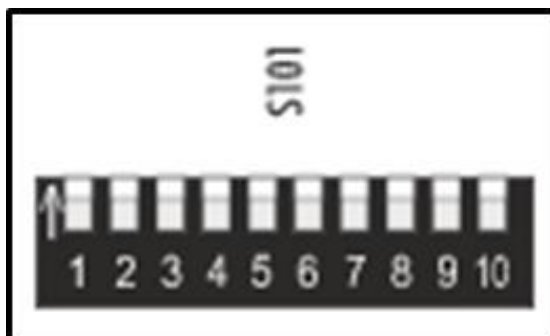
Vakiona DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) on aktiivinen ja IP-osoite määritetään automaattisesti. Voidaan poistaa DHCP: n käytöstä ja määrittää staattinen IP-osoite.

TCCCATMP1 (X101 / 102)

Voidaan asettaa kytkettyjen Ethernet-liittymien X101 / X102 IP-osoitteen DIP-kytkimillä S101 (kuva 22). DIP-kytkimillä ei ole merkitystä Ethernet-rajapinnalle X001.

Voidaan muokata IP-osoitteen viimeistä tavua DIP-kytkimillä 1- 8. DIP-kytkimet ovat etusijalla käyttöjärjestelmän asetusten kanssa. Muutokset hyväksytään vasta, kun sulautettu järjestelmä on käynnistetty uudelleen.

[20.]



Kuva 22. DIP-kytkin

Taulukossa 1 esitetään DIP-kytkimen eri asennusmahdollisuus ja sen merkitys.

Taulukko 1. DIP- kytkimen merkitys

DIP kytkimiä S101	Merkitys
10 ON ja 9 OFF	DHCP aktiivinen. Vakioasetus tehtaalla. DIP-kytkimillä 1-8 ei siten ole merkitystä.
10 OFF ja 9 OFF	DHCP ei aktiivinen. Kiinteää IP-osoitetta 192.168.1.xxx ja aliverkon peitettä 255.255.255.0 käytetään vakiona. IP-osoitteen 192.168.1.xxx viimeistä tavua muokataan DIP-kytkimillä 1-8. Voit muuttaa IP-osoitteen kolme ensimmäistä tavua käyttöjärjestelmässä tai verkkokäyttöliittymän (Beckhoff Device Manager) kautta. Voit muokata IP-osoitteen viimeistä tavua uudelleen DIP-kytkimillä.
10 OFF, 9 OFF ja 1-8 kaikki ON	Koko IP-osoite otetaan käyttöön käyttöjärjestelmästä tai verkkoliittymästä (Beckhoff Device Manager)

Esimerkki:

Haluttiin asettaa Ethernet-liittymän X101 / X102 IP-osoitteen arvoon 192.168.1.67 DIP-kytkimillä, määritettiin DIP-kytkimet seuraavasti:

DIP1	DIP2	DIP3	DIP4	DIP5	DIP6	DIP7	DIP8	DIP9	DIP10
ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	OFF	OFF	OFF

Seuraava IP-osoitteen viimeisen tavun arvo saatiin sitten kytketyistä DIP-kytkimistä:

$$2^0 + 2^1 + 2^6 = 67$$

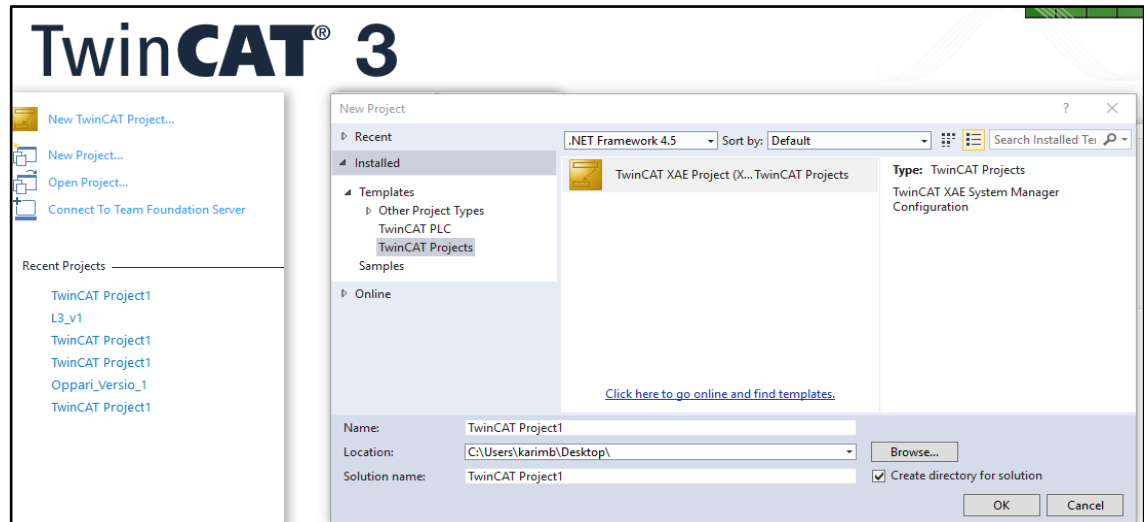
Yksittäisten DIP-kytkinten arvot:

	DIP1	DIP2	DIP3	DIP4	DIP5	DIP6	DIP7	DIP8
Arvo	2^0	2^1	2^2	2^3	2^4	2^5	2^6	2^7

4.3 Projektin toteutus

1. Uuden projektin luominen.

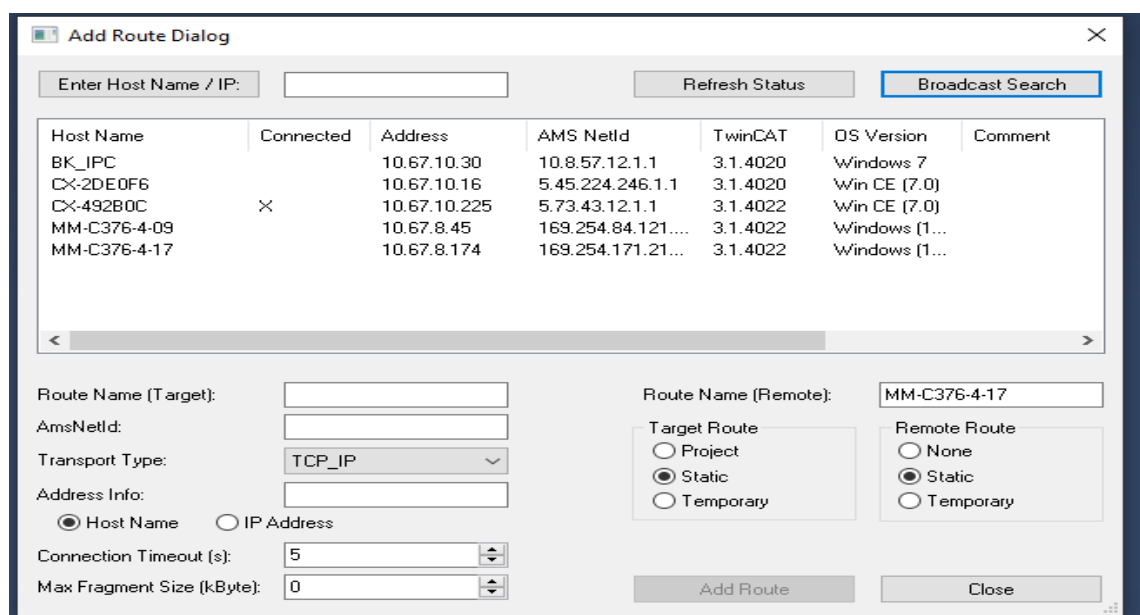
Twincat3:n aloitusnäytöllä luotiin uusi projekti (kuva 23).



Kuva 23. Uuden projektin luominen

2. Laitteen yhdistäminen

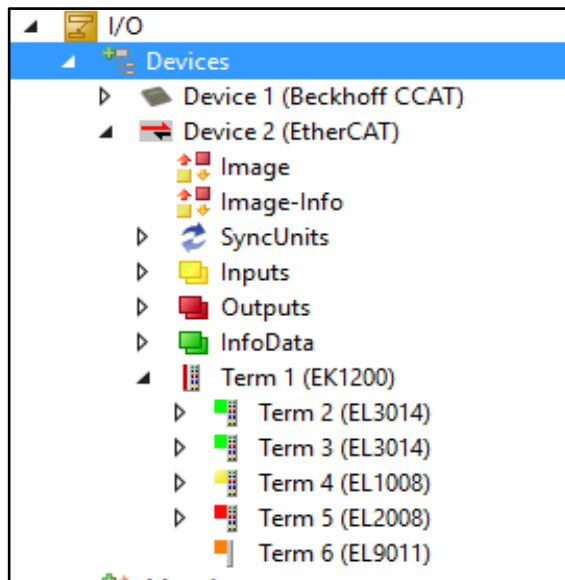
Choose target system -komennolla etsittiin laitteisto (kuva 24).



Kuva 24. Laitteiston yhdistäminen

3. Laitteiston skannaus

Kun testilaitteisto on yhdistetty TwinCAT 3:lle, I/O- ja Devices Scan -komennolla ja haettiin kaikki terminaalit (kuva 25).



Kuva 25. Terminaalien skannaus

4. Muuttujien ilmoittaminen

Jokaiselle suurelle ilmoitettiin muuttuja TwinCAT 3:lle (kuva 26).

```

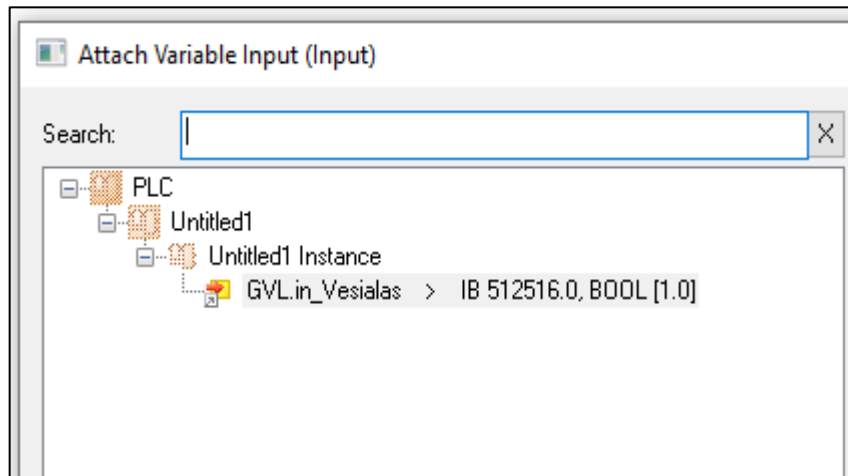
1  {attribute 'qualified_only'}
2  VAR_GLOBAL
3      // Tulot
4      in_lampo AT%I* :INT;      // lämpöanturi
5      in_kosteus AT%I* :INT;    // Kosteusanturi
6      in_Vesialas AT%I*:BOOL;   // Vedenkorkeus: alhaalla
7      in_Vesiylos AT%I*:BOOL;   // Vedenkorkeus: ylhaalla
8      // Lähdöt
9      Out_Pumppu AT%Q*:BOOL;    // Pumpuntoiminta
10     rLampoOlo:REAL;           //LämpöOlo
11     rKosteusOlo:REAL;        //KosteusOlo
12 END_VAR

```

Kuva 26. Muuttujien ilmoittaminen

5. Muuttujien linkittäminen

Jokainen muuttuja linkitettiin tarkoitettuun tuloon tai lähtöön (kuva 27).



Kuva 27. Muuttujien linkittäminen

6. Muuttujien skaalaus

Lämmön ja kosteuden luetut arvot ovat binaariset, joten mitatut suureet näkyvät normaalissa yksikössä skaalaus tehdään seuraavalla funktiolla (1):

$$T (^{\circ}\text{C}) = \frac{(\text{iRaw} - \text{iRawMin}) * (\text{rMax} - \text{rMin})}{(\text{iRawMax} - \text{iRawMin})} \quad (1)$$

Jossa:

iRaw: mitattu arvo binaarinen luku

iRawMin: minimi arvo mitatulle suurelle binaarinen luku

iRawMax: maksimi arvo mitatulle suurelle binaarinen luku

rMin: minimi arvo mitatulle suurelle SI-yksikölle

rMax: maksimi arvo mitatulle suurelle SI-yksikölle.

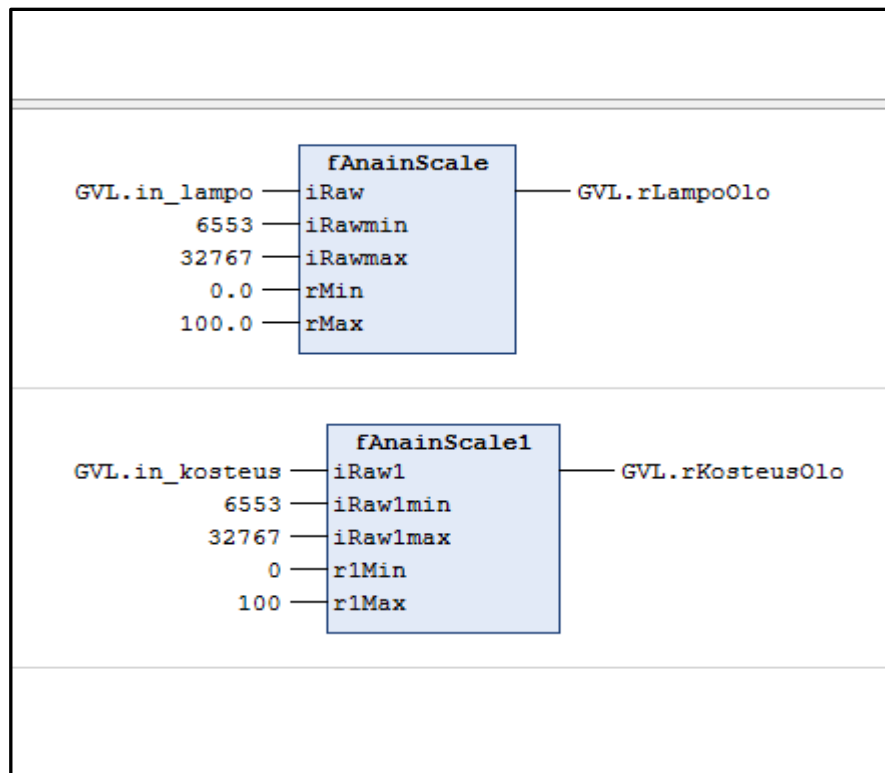
Kaikki funktion suureet ilmoitettiin muuttujaksi TwinCATille.

```

1 | FUNCTION fAnainScale : REAL
2 |
3 | VAR_INPUT
4 |     iRaw:INT;
5 |     iRawmin:INT;
6 |     iRawmax:INT;
7 |     rMin:REAL;
8 |     rMax:REAL;
9 | END_VAR
10 | VAR
11 | END_VAR
12 |
13 | fAnainScale := (INT_TO_REAL(iRaw)-iRawMin) * (rMax-rMin) / (iRawMax-iRawMin);

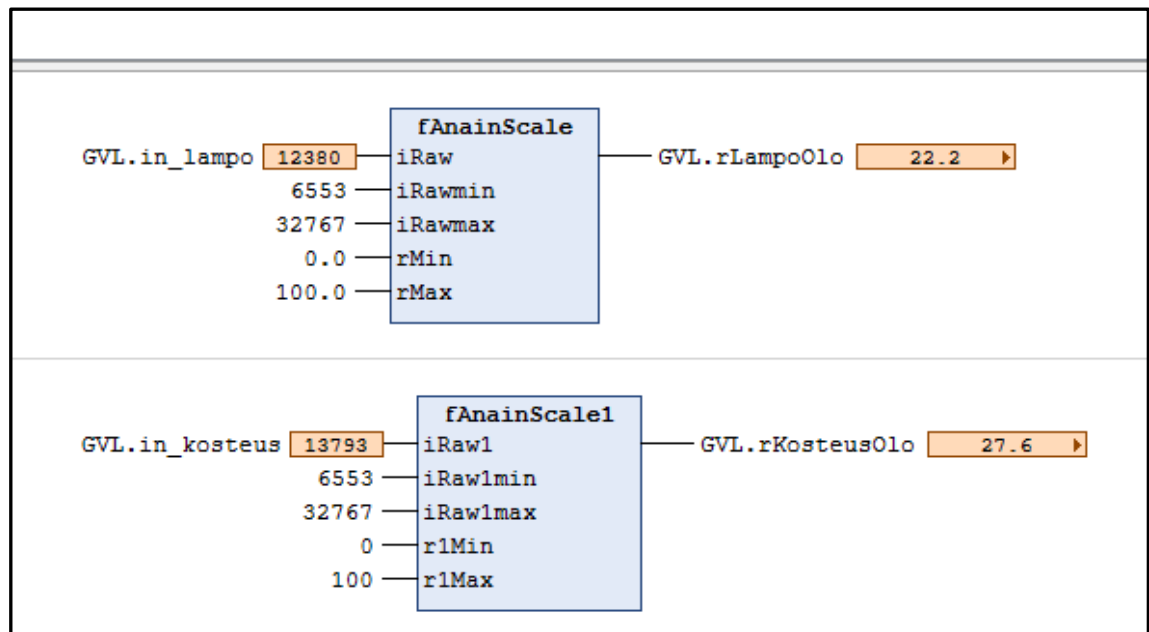
```

Kuva 28. Skaalauksen muuttujien ja funktio



Kuva 29. Skaalausboxit TwinCATilla

Skaalauksen jälkiset lämmön ja kosteuden arvot nähdään kuvassa 30, ja ne ovat 22,2 °C ja 27,6 %. Mitat tarkistettiin lämpö - ja kosteusmittareilla.



Kuva 30. Lämmön ja kosteuden arvot

5 Yhteenveto

Insinööriyössä keskityttiin fyysisen datan mittaukseen. EC:n, pH:n sekä CO₂:n mittaus jätettiin pois työstä kustannusten takia. Kaksi analogista ja kaksi digitaalista suuretta mitattiin ja luettiin TwinCAT 3:lla. Projektin alkutarkoitus on kerätä ja lähettää mitattu data pilveen. Työssä tehtiin teoreettisia osuuksia käytetyistä komponenteista, laitteista, pilvipalvelusta, TwinCAT 3:sta sekä TF6701- kirjastosta.

Testilaitteisto rakennettiin onnistuneesti, fysikaaliset suureet luettiin antureista tietokoneella TwinCAT 3: n ohjelmissa.

Työ jatkuu vielä datan lähettämällä pilvipalveluun sekä Siemensin MindSpheren toiminnan selvittämällä. Teoreettisessa osuudessa huomattiin, että pilvipalveluita ei voi käyttää ilman maksullisia lisenssejä. Projektin pilvipalvelun osuuden kokeiluun löydettiin pilvipalvelun demo, mutta se ei tarkoita, että se olisi vielä vuoden päästä käytettävissä.

Tulevissa lopputöissä voidaan esimerkiksi mitata samat suureet avoimeen laitteistoon perustuvalla mikro-ohjain/elektroniikka-alustalla ja ohjelmointiympäristö Raspberrylla tai Arduinolla. Datasta voidaan luoda esitysgrafiikka työntekijöille sekä vierailijoille.

Insinööriyön aihe on ollut todella mielenkiintoinen työstää, ja siitä on saanut paljon uutta tietoa pilvipalveluiden toiminnasta sekä fysikaalisten suureiden mittaamista. Pilvipalveluiden yleistyessä, antureiden ohjauksen ja datan sekä koneiden laskentatehon siirtyessä verkkoyhteyden päähän on erilaisten verkkoprotokollien osaaminen tärkeää tuleville koneinsinööreille.

Lähteet

1. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <https://www.metropolia.fi/ajankohtaista/uuset/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=6695&cHash=ca7814a2a03f2e8034d3bb380b20d57b> Luettu 15.12.2019.
2. Shaashua, Triinu Magi & Shaashua, Ori. 2016. Physical environment profiling through Internet of Things integration platform, Neura Inc. <<https://patents.google.com/patent/US10171586B2/en>> Luettu 27.11.2019.
3. Rouse, Margaret; Rosencrance, Linda; Shea, Sharon & Wigmore, Ivy. 2019. WhatIs.com. <<https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/Internet-of-Things-IoT>> Luettu 27.11.2019.
4. Siemens MindSphere. <<https://new.siemens.com/fi/fi/tuotteet/teollisuus/mind-sphere.html>> Luettu 30.10.2019.
5. Mäntylä, Pekka. Paras pilvipalvelu. <<https://global.techradar.com/fi/fi/news/paras-pilvipalvelu>> Luettu 15.12.2019.
6. Embedded PC CX 8190. <https://download.beckhoff.com/download/document/ipc/embedded-pc/embedded-pc-cx/cx8190_hwen.pdf> Luettu 13.11.2019.
7. EL3014. <<https://download.beckhoff.com/download/document/io/ethernet-terminals/el30xxen.pdf>> Luettu 13.11.2019.
8. EL1008. <https://download.beckhoff.com/download/document/io/ethernet-terminals/el10xx_el11xxen.pdf> Luettu 13.11.2019.
9. EL2008. <https://download.beckhoff.com/download/document/io/ethernet-terminals/EL20xx_EL2124en.pdf> Luettu 13.11.2019.
10. Anturi Pt100 <https://www.elfadistelec.fi/fi/laemppoetila-anturi-pt100-din-elektronik-ee461-tp2k2/p/30073018?q=*&pos=3&origPos=9&origPageSize=10&track=true>. Luettu 30.10.2019.

11. Jumo lähetin. <https://www.elfadistrelec.fi/fi/wire-transmitter-30vdc-jumo-707031-880-001-005-000-000-00/p/30142412?q=*&pos=40&origPos=127&origPageSize=100&track=true>. Luettu 30.10.2019.
12. How hard could that be? Practical humidity calibration experiences Vaisala Inc. <<https://www.veriteq.com/humidity/calibration.htm>>. Luettu 06.11.2019.
13. Kosteusmoduuli. <<https://www.elfadistrelec.fi/fi/kosteusmoduuli-20ma-laehtoe-100-20-ma-ist-linpicco-basic-a420/p/17661597?q=&pos=4&origPos=4&origPageSize=10&track=true>>. Luettu 02.11.2019.
14. Tasokytkin. <<https://www.elfadistrelec.fi/fi/tasokytkin-nc-no-25va-240-vac-cynergy3-rsf44y100rf/p/13588845?queryFromSuggest=true>>. Luettu 02.11.2019.
15. NDIR Gas Sensor Lamps experiences. Internation Light Technologies. <<Http://www.intl-lighttech.com/applications/light-source-apps/ndir-gassensor/ndir-gas-sensor-index>>. Luettu 25.10.2019.
16. EC-anturi. <<https://pavunvarsi.fi/ph-ja-ec-arvon-seuranta/varaosat/ec-mittarin-anturi-milwaukee-mw302.html>> Luettu 25.10.2019.
17. pH-anturi. < <https://www.labkotec.fi/fi/tuotteet/analyysimittaus/ph-anturit/phorp-anturit>> Luettu 27.10.2019.
18. Beckhoff, TwinCAT 3|eXtended Automation (XA). 2019. < <https://www.beckhoff.com/english.asp?twincat/twincat-3.htm>> Luettu 31.10.2019.
19. Beckhoff. TwinCAT 3. <<https://infosys.beckhoff.com/english.php?content=../content/1033/tcinfosys3/html/startpage.htm&id=>> Luettu 31.10.2019.
20. TwinCAT 3. <https://download.beckhoff.com/download/Document/Catalog/Main_Catalog/english/separate-pages/twincat/tf6701.pdf> Luettu 15.12.2019.

CX8190:n tekniset tiedot

Technical data	CX8190
Processor	ARM Cortex™-A9, 800 MHz (TC3: 20)
Flash memory	slot for microSD card, 512 MB included (expandable)
Main memory	512 MB DDR3 RAM (not expandable)
Protocol	real-time Ethernet, ADS UDP, ADS TCP, EAP (EtherCAT Automation Protocol)
Programming	TwinCAT 3
Interfaces	1 x RJ45 10/100 Mbit/s, 2 x RJ45 100 Mbit/s (RT Ethernet, internal switch)
Bus interface	2 x RJ45 (switched)
Data transfer rates	100 Mbit/s
I/O connection	E-bus or K-bus, automatic recognition
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery behind the front flap, exchangeable)
UPS	1-second UPS
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7
Current supply E-bus/K-bus	2 A
Max. power consumption	4 W
Max. power consumption (with loading UPS)	9 W
Dimensions (W x H x D)	71 mm x 100 mm x 73 mm
Weight	approx. 230 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protection class	IP 20
Approvals/markings	CE, UL
TC3 performance class	Economy (20); please see here for an overview of all the TwinCAT 3 performance classes

Kosteusmoduulin tekniset tiedot

<input type="checkbox"/>	Anturin tyyppi	Moduuli P14 SMD
<input type="checkbox"/>	Ilmankosteuden mittausalue, väh.	0 %
<input type="checkbox"/>	Ilmankosteuden mittausalue, enint.	100 %
<input type="checkbox"/>	Kosteusanturin lähdön tyyppi	4–20 mA
<input type="checkbox"/>	Tarkkuus (%)	5 %
<input type="checkbox"/>	Vasteaika	5 s
<input type="checkbox"/>	Käyttöjännite, väh.	8 V
<input type="checkbox"/>	Käyttöjännite, enint.	10 V
<input type="checkbox"/>	Lähtövirta	20 mA
<input type="checkbox"/>	Asennuksen tyyppi	Pinta-asennus
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, väh.	-25 °C
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, enint.	85 °C
<input type="checkbox"/>	Sarja	LinPicco Axxx Series
<input type="checkbox"/>	Pituus	47 mm
<input type="checkbox"/>	Leveys	10 mm
<input type="checkbox"/>	Korkeus	2.8 mm

Tasokytkimen tekniset tiedot

<input type="checkbox"/>	Tyyppi	Kompakti ulkoinen liitin
<input type="checkbox"/>	Tasoanturin lähdön tyyppi	NC / NO
<input type="checkbox"/>	Kytkeväjännite	240 VAC
<input type="checkbox"/>	Kytkeväävirta, enint. – DC	600 mA
<input type="checkbox"/>	Kytkeväteho	25 VA
<input type="checkbox"/>	Liitoksen tyyppi	Kaapeli
<input type="checkbox"/>	Tasoanturin väri	Musta
<input type="checkbox"/>	Kotelon materiaali	Nailon
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, väh.	-20 °C
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, enint.	75 °C
<input type="checkbox"/>	Halkaisija	18 mm
<input type="checkbox"/>	Pituus	88 mm

Pt-100:n tekniset tiedot

<input type="checkbox"/>	Tyyppi	Kaapelin lämpötila-anturi
<input type="checkbox"/>	Vasteaika (ilma)	60 s
<input type="checkbox"/>	Vasteaika (vesi)	30 s
<input type="checkbox"/>	Lämpömittarin lähdön tyyppi	Pt100 DIN B
<input type="checkbox"/>	Lähtövirta	1 mA
<input type="checkbox"/>	Resistanssi	100 Ohm
<input type="checkbox"/>	Johtimen pituus	500 mm
<input type="checkbox"/>	Mittapään pituus	55 mm
<input type="checkbox"/>	Kotelon materiaali	Polyvinyylikloridi Ruostumaton teräs
<input type="checkbox"/>	Sarja	EE461 Series
<input type="checkbox"/>	Suojausluokka	IP67
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, väh.	-30 °C
<input type="checkbox"/>	Käyttölämpötila, enint.	105 °C

Lähettimen tekniset tiedot

<input type="checkbox"/>	Analogilähdön tyyppi	4 ... 20 mA
<input type="checkbox"/>	Käyttöjännite, väh.	11 V
<input type="checkbox"/>	Käyttöjännite, enint.	35 V
<input type="checkbox"/>	Vastuslämpömittarin tulon tyyppi	Pt100
<input type="checkbox"/>	Sähköinen erotus	Kyllä
<input type="checkbox"/>	Poikkileikkaus	2.5 mm ²
<input type="checkbox"/>	Asennuksen tyyppi	Pääte
<input type="checkbox"/>	Suojausluokka	IP00 IP54 IP65

Sarja:

JUMO dTRANS T05 Series

EL3014:n tekniset tiedot

Technical data	EL3014 ES3014
Number of inputs	4 (differential)
Power supply	via the E-bus
Technology	differential input
Signal current	0...20 mA
Distributed clocks	–
Internal resistance	typ. 85 Ω + diode voltage
Input filter limit frequency	1 kHz
Common-mode voltage U_{CM}	max. 10 V
Conversion time	0.625 ms default setting, configurable, multiplex
Resolution	12 bit (16 bit presentation incl. sign)
Measuring error	< ± 0.3 % (relative to full scale value)
Surge voltage resistance	35 V DC
Electrical isolation	500 V (E-bus/signal voltage)
Current consumption power contacts	–
Current consumption E-bus	typ. 130 mA
Bit width in the process image	inputs: 16 byte
Configuration	no address or configuration setting
Special features	activatable FIR/IIR filters, limit value monitoring
Weight	approx. 55 g
Operating/storage temperature	-25...+60 °C/-40...+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protect. class/installation pos.	IP 20/variable
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals
Approvals/markings	CE, UL, ATEX
Ex-Marking	II 3 G Ex nA IIC T4 Gc