

Simeon Sarkkinen

## **Porausaseman virtuaalinen käyttöönotto**

IoT-Compass Hubin pilottien suunnittelu ja toteutus

Opinnäytetyö

Kevät 2019

SeAMK Tekniikka

Automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma

**SeAMK** 

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan Yksikkö

Tutkinto-ohjelma: Automaatiotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Koneautomaatio

Tekijä: Simeon Sarkkinen

Työn nimi: Porausaseman virtuaalinen käyttöönotto

Ohjaaja: Ismo Tupamäki

Vuosi: 2019 Sivumäärä: 40 Liitteiden lukumäärä: -

---

Tämä opinnäytetyö suoritettiin osana Seinäjoen Ammattikorkeakoulun IoT Compass Hub -projektia. Tavoitteena oli suorittaa Siemens NX 12 CAD -ohjelman Mechatronics Concept Designer -sovelluksessa mallinnetun porausaseman digitaalisen kaksosen virtuaalinen käyttöönotto. Työssä haluttiin mahdollistaa tämän kokonpanon ohjaus virtuaalisessa ympäristössä. Työssä tutkitaan Digital Twin -teknologiaa ja virtuaalista käyttöönottoa sekä muita aiheeseen liittyviä aiheita ja teknologioita. NX 12 MCD -sovelluksen virtuaalisen porausaseman ohjaukseen käytetään Siemens Totally Integrated Automation Portal V15 -ohjelmointityökalua ja S7-PLCSIM Advanced V2.0 soft PLC -ohjainta.

Avainsanat: MCD, CAD, TIA Portal, Ethernet, IoT, PLC, simulointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## **Thesis abstract**

Faculty: School of Technology

Degree programme: Automation Engineering

Specialisation: Machine Automation

Author: Simeon Sarkkinen

Title of thesis: Virtual Commissioning of a Drilling Station

Supervisor: Ismo Tupamäki

Year: 2019      Number of pages: 40

---

The thesis was made as a part of the IoT Compass Hub-project in Seinäjoki University of Applied Sciences. The goal of this work was to virtually commission the digital twin of a drilling station in the Mechatronics Concept Designer application of the Siemens NX 12 -program. This work investigated Digital Twin -technology, virtual commissioning and other related subjects and technologies. The virtual commissioning of the digital twin was done using Siemens NX 12 MCD -application, Totally Integrated Automation Portal -programming tool and S7-PLCSIM Advanced V2.0 soft PLC.

Keywords: MCD, CAD, TIA Portal, Ethernet, IoT, PLC, simulation

# SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	1
Thesis abstract.....	2
SISÄLTÖ.....	3
Kuva- ja taulukkoluetelo .....	5
Käytetyt termit ja lyhenteet .....	7
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>10</b>
1.1 Työn tausta .....	10
1.2 Työn tavoite .....	11
1.3 Työn rakenne .....	12
1.4 IoT-Compass Hub .....	12
<b>2 TESTAUSYMPÄRISTÖ JA TEORIA .....</b>	<b>13</b>
2.1 Virtuaalinen käyttöönotto.....	13
2.2 Digital Twin .....	15
2.2.1 Historiaa.....	16
2.3 Siemens NX 12.....	16
2.3.1 Mechatronics Concept Designer .....	17
2.3.2 Fysiikkaperusteinen simulointi .....	17
2.4 Siemens TIA Portal V15.....	18
2.4.1 SIMATIC STEP 7 .....	19
2.5 S7-PLCSIM Advanced V2.0.....	19
2.5.1 TCP/IP .....	20
2.5.2 TCP/IP-viitemallin kerrokset.....	21
2.5.3 SOFTBUS.....	22
2.6 M2M-teknologia.....	22
2.6.1 OPC UA .....	23
2.6.2 Viestintäkerrokset .....	24
<b>3 TOTEUTUS.....</b>	<b>25</b>
3.1 Suunnitelma .....	25
3.1.1 Ohjelmisto.....	25
3.2 Porausaseman 3D-mallin fyysisten ominaisuuksien määrittely.....	26

3.2.1	Liikkeet ja kiinnitykset .....	27
3.3	Porausaseman Anturit.....	28
3.3.1	MCD-signaalien kartoitus .....	29
3.4	S7-PLCSIM Advanced -yhteyden laatiminen .....	30
3.4.1	Virtuaalisen porausaseman ohjaus .....	31
3.5	Porausaseman ohjelma .....	33
3.6	Haasteet.....	35
4	TULOKSET .....	36
5	YHTEENVETO JA POHDINTA .....	37
	LÄHTEET .....	38

## Kuva- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. IoT-Compass Hub.....	10
Kuva 2. Todellinen porausasema vasemmanpuoleisessa kuvassa ja virtuaalinen oikeassa.....	11
Kuva 3. Esimerkki virtuaalisen käyttöönoton suunnitteluprosessista .....	14
Kuva 4. Digitaalisen kaksosen kyky viitata dataan.....	15
Kuva 5. NX 12 Modeling -käyttöliittymä .....	17
Kuva 6. TIA Portal -ohjelman X-akselin refenssiajoloikko.....	18
Kuva 7. Esimerkki S7-PLCSIM Advanced:in toiminnasta .....	19
Kuva 8. TCP/IP: protokollapinon datan kapselointi .....	22
Kuva 9. OPC UA:n perusta .....	23
Kuva 10. OPC UA-arkkitehtuurin asiakkaan ja palvelimen välinen kommunikaatio .....	24
Kuva 11. Fyysisten ominaisuuksien määrittely kelkkaan Rigid Body -komennolla. ....	26
Kuva 12. Sliding Joint ja Cylindrical Joint MCD-sovelluksessa .....	27
Kuva 13. Antruin luonti Collision Sensor -komennolla.....	28
Kuva 14. Signaalien kartoitus MCD-sovelluksessa .....	30
Kuva 15. S7-PLCSIM Advanced V2.0 -ohjauspaneeli .....	31
Kuva 16. Parametrien määrittely objekteille .....	32
Kuva 17. Käyttöliittymän autoajo- ja käsiajoruudut.....	34
Kuva 18. Pulssilaskin TIA Portalissa.....	35

Taulukko 1. Yleiskatsaus S7-PLCSIM Advanced kommunikointireiteistä .....	20
--	----

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>API</b>	Application Programming Interface eli sovellusohjelmointirajapinta tai sovellusliittymä. Ohjelmointiliitäntä, joka sallii useiden sovellusten kommunikoinnin toistensa kanssa.
<b>CAD</b>	Computer Aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
<b>CPU</b>	Central Processing Unit eli mikroprosessori tai suoritin. Koordinoi tiedonsiirron tietokoneen eri osien välillä ja suorittaa tiedon käsittelyn ja laskennan.
<b>Constraint</b>	Rajoite. Toimintaa rajoittava asia
<b>Digital Twin</b>	Digitaalinen kaksonen, tarkka virtuaalinen malli/kopio kapaleesta, laitteesta tai prosessista. Tämän avulla voidaan kerätä dataa tuotteen tai laitteen kunnossapitoon sekä tuotekehitykseen.
<b>ERNACT</b>	European Regions Network for the Application of Communications Technology. Euroopalainen kansainvälinen innovaatiohankkeisiin keskittyvä verkosto.
<b>HMI</b>	Human Machine Interface eli käyttöliittymä. Laitteen tai ohjelmiston osa, jonka kautta käyttäjä voi käyttää/ohjata tuotetta.
<b>Host</b>	Isäntä. Yleisnimitys internetverkkoon kytketylle palvelinkoneelle, jossa tietty verkkopalvelu toimii tai johon käyttäjä on kirjautuneena.
<b>IoT</b>	Internet of Things. Esineiden internet -teknologian avulla kytketään laitteita verkkoon esim. datan keruuta varten.

<b>IP</b>	Internet Protocol. TCP/IP-mallin internetprotokolla, joka vastaa IP-tietoliikennepakettien toimittamisesta perille pakettikytkentäisessä internetverkossa.
<b>M2M</b>	Machine-to-machine. Laitteista kerätään antureiden avulla tietoa itsestään sekä ympäristöstään ja tuotetaan hyödyllistä dataa, jota voidaan hyödyntää liiketoiminnassa.
<b>MCD</b>	Mechatronics Concept Designer, Siemens NX 12 CAD -ohjelman sisäinen sovellus, käytetään korkean tason 3D-suunnitteluun, se on varustettu omalla fysiikkamoottorilla.
<b>OPC</b>	Open Platform Communications. Joukko tiedonsiirron standardeja, joita käytetään teollisuuden automaatio-sovelluksissa.
<b>PLC</b>	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikkaohjain.
<b>PLM</b>	Product Lifecycle Management eli tuotteen elinkaaren hallinta. Ohjelma, jolla pyritään hallitsemaan kaikkia tuotteisiin liittyviä tietoja ja suunnitteluprosesseja ohjelmistokokonaisuuden avulla.
<b>Profinet</b>	Profinet on teollisuuden Ethernet -standardi, jossa aikakriittiset toiminnot on tehty mahdollisiksi reaaliaikaisilla protokollaisäyksillä.
<b>Soft PLC</b>	Software Programmable Logic Controller, tietokoneella simuloitu ohjelmoitava logiikkaohjain.
<b>SOA</b>	Service Oriented Architecture eli palveluskeskeinen arkkitehtuuri. Ohjelmistotekniikassa käytetty arkkitehtuuritason suunnittelutapa.
<b>Tagi</b>	Tag on termi, jolla tarkoitetaan jonkin asian tai sisällön merkitsemistä jollain yksinkertaisella merkillä.

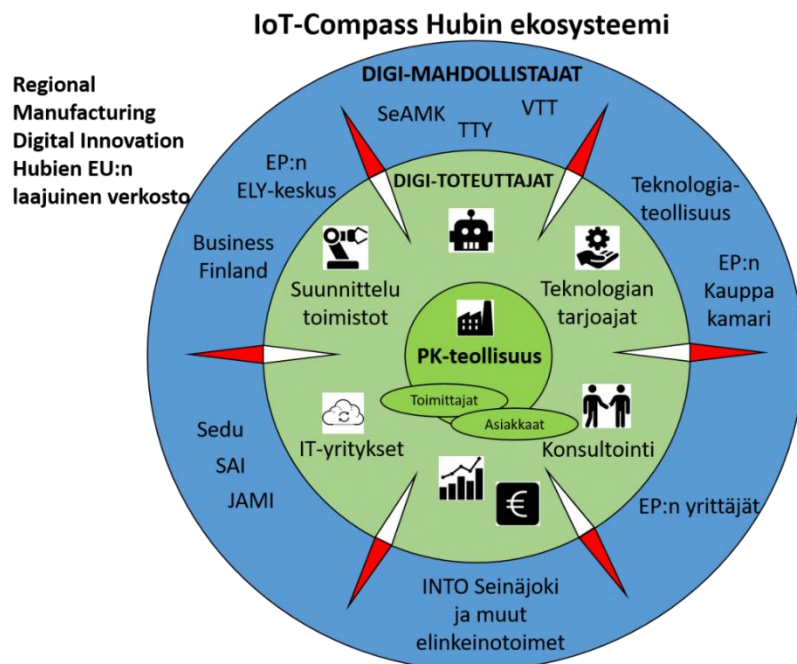
<b>TCP</b>	Transmission Control Protocol. Tietoliikenneprotokolla, jonka avulla luodaan yhteyksiä internetiin kytkettyihin tietokoneisiin.
<b>TIA Portal</b>	Totally Integrated Automation Portal, Siemensin tietokonekäyttöinen ohjelmointityökalu.
<b>Tilaton</b>	Eng. Stateless. Järjestelmä tai protokolla, joka tila ei ole pysyvä toimitusten välein.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

IoT-Compass Hub -projekti aloitettiin Seinäjoen Ammattikorkeakoulussa osana EU:n Factories of the Future -aloitetta, jossa halutaan varmistaa tutkimustulosten ja osaamisen laajamittainen leviäminen kaikille EU:n alueille pk-yritysten saataville perustamalla uusiin kehittyneisiin valmistusmenetelmiin keskittyviä hubeja. SeAMK ja Tampereen Teknillinen Yliopisto saivat rahoitusta IoT-Compass Hubin toimintasuunnitelman laatimiseen ja SeAMKin Hub on ainakin toistaiseksi Suomen ainoa hub.

Hubin valmistelun yhteydessä järjestetyissä työpajoissa yhtiöt nostivat esiin kehittämistarpeita, joihin hankkeen sisältö perustuu. Yritykset haluavat enemmän digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin osaajia. Yritykset haluavat toteutettuja pilotteja, joiden pohjalta voidaan arvioida niiden soveltuvuutta yrityksen toimintaan. Kasvavat pk-yritykset tietävät, että kehitystyö on aloitettava, mutta ne tarvitsevat neuvontaa tai opastusta alkuun pääsemisessä.



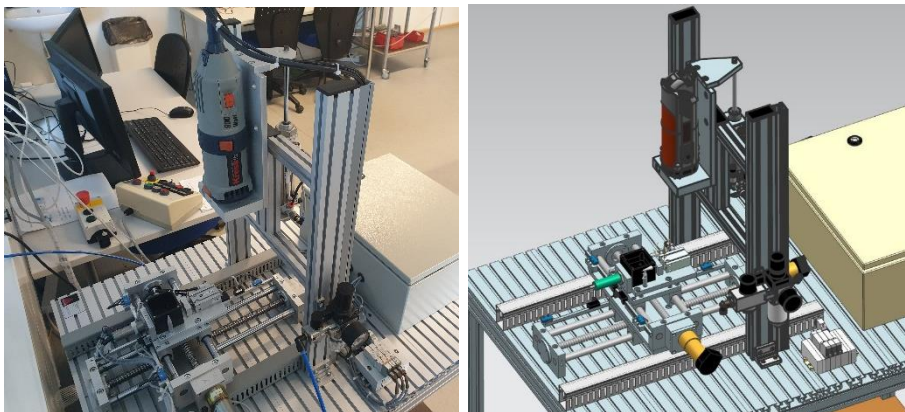
Kuva 1. IoT-Compass Hub (SeAMK [Viitattu 18.3.19])

Hankkeen päätavoite ja osatavoitteet ovat:

- Päätavoite on IoT-Compass Hubin toiminnan käynnistys sekä toiminnan jatkamisen edellytysten selvitys.
- Digital Factory Akatemia -toimintamallin kehitys osajien saatavuuden varmistamiseksi.
- Yrityksien digitaalisen valmistuksen aktivoiminen ja teolliseen internetin kehittäminen pilottien ja benchmarkingin avulla.
- PK-teollisuuden verkostointi saamalla IT-ala sekä teknologiayritykset yhteistyöhön.
- Tuottavuuden nousua edistetään hyödyntämällä digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin teknologioita.
- Uusien, asiakkaalle lisäarvoa tuottavien digitaalisten liiketoimintakonseptien syntymistä edistetään.
- KV-hankeyhteistyön käynnistäminen hubien kesken myös ERNACT-verkostossa. (SeAMK [Viitattu 5.4.2019].)

## 1.2 Työn tavoite

Tämän työn tavoitteena oli luoda digitaalinen kaksonen Seinäjoen Ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön automaatiotekniikan laboratoriossa (Frami A130.1) sijaitsevasta porausasemasta ja suorittaa tälle virtuaalinen käyttöönotto osana Seinäjoen Ammattikorkeakoulun IoT-Compass Hub -projektia. Tavoitteena oli myös tutkia Digital Twin -teknologiaa ja -simulointia sekä perehtyä virtuaalisen käyttöönoton prosessiin kokonaisuutena.



Kuva 2. Todellinen porausasema vasemmanpuoleisessa kuvassa ja virtuaalinen oikeassa

### 1.3 Työn rakenne

Työ alkaa johdannolla, jossa kerrotaan työn tavoitteet ja tähän liittyvän IoT-Compass Hub -projektin taustaa. Työn teoriaosuudessa käydään läpi työssä käytettävien ohjelmien ja teknologioiden teoriaa. Lisäksi tarkastellaan virtuaalisen käyttöönoton teoriaa ja suunnitteluprosessia sekä tämän hyötyjä ja heikkouksia. Teoriaosuudessa käsitellään myös Digital Twin -teknologiaa, kuinka tämä vaikuttaa nykypäivän simulointiin ja mikä on tämän teknologian historia. Toteutusosuudessa perehdytään tehtyyn työhön ja tämän eri vaiheisiin sekä siihen, kuinka virtuaalinen käyttöönotto saatiin suoritettua. Tuloksissa käydään läpi mitä työssä saavutettiin ja katsotaan että päästiinkö tavoitteeseen. Yhteenvedossa ja pohdinnassa käydään työ lyhyesti läpi ja kerrotaan omia ajatuksia käytetystä ohjelmistosta ja työhön liittyvistä teknologioista.

### 1.4 IoT-Compass Hub

Seinäjoen Ammattikorkeakoulun IoT-Compass Hub -hankkeen tavoite on kehittää digitaalisen valmistuksen ja teollisen internetin ekosysteemiä Etelä-Pohjanmaalla. Hanke tukee valmistavaa pk-teollisuutta yhteistyössä yritysten kanssa. Kolme esimerkkiä IoT-Compass Hubin tarjoamista palveluista ovat:

1. Digikyvykkyys
2. Digital Factory Academy
3. IoT-pilotit. (SeAMK [Viitattu 18.3.2019].)

Laatimalla digitaalisen kyvykkyuden kartoitus yritykselle, voidaan sitä auttaa kehittämään digitaalista valmistusta ja kannustaa teollisen internetin käyttöä tuotannossa, liiketoiminnassa sekä tuotekehityksessä. IoT-Compass Hub tarjoaa myös mentoointia kehitystyöhön. Seinäjoen Ammattikorkeakoulun teollisen internetin laboratoriossa (Digital Factory Academy) yritys pääsee päivittämään henkilökuntansa osaamista. Osaamisen päivitys toteutetaan asiantuntijan ohjaamana. Yritys voi hyödyntää laboratoriota omassa teollisen internetin kehitystyössään. Yritys voi esittää teemoja laboratoriossa toteutettavia nopeita IoT-pilotteja varten. Laboratorioympäristöä voi myös käyttää yrityksen omaan testaukseen. (SeAMK [Viitattu 18.3.2019].)

## 2 TESTAUSYMPÄRISTÖ JA TEORIA

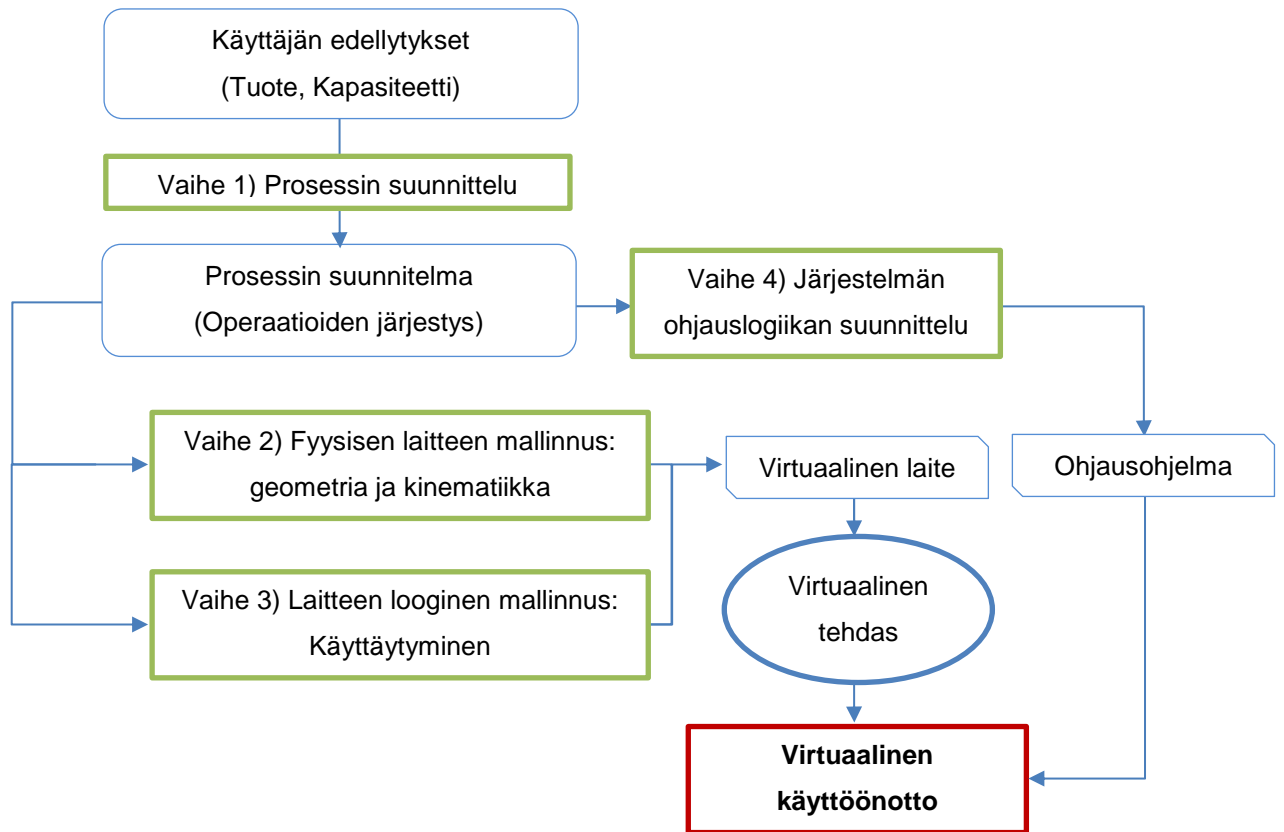
Tässä luvussa kerrotaan työssä käytetyistä ohjelmista ja teknologioista. Keskeisinä aiheina kappaleessa ovat virtuaalinen käyttöönotto ja Digital Twin -teknologia. Luvussa tullaan myös selvittämään ja tutkimaan muitakin virtuaaliseen käyttöönottoon liittyviä teknologioita.

### 2.1 Virtuaalinen käyttöönotto

Nykyisin tuotantojärjestelmien suunnittelussa teollisuudessa on havaittavissa tunnusomaisia piirteitä, kuten huomattavat maksurajoitteet, tuotteiden lyhenevä käyttöikä ja nopeampi markkinoilletuontiaika. Näistä syistä tuotannon järjestelmiin kohdistuvaan suunnitteluun ja rakentamiseen varattava aika lyhenee jatkuvasti, kun taas suunnittelun tarkkuuden ja laadun vaatimukset kasvavat. Virtuaalisella käyttöönotolla voidaan helpottaa sekä nopeuttaa fyysistä käyttöönottoa. Virtuaalisessa käyttöönotossa simuloitua mallia, esim. tuotantojärjestelmää, voidaan käyttää laitteiston testaamiseen sekä suunnittelun aikana tehtyjen virheiden havaitsemiseen ennen laitteiston rakentamisen aloittamista. (Hoffman, Schumann, Maksoud & Premier 2010, 194.)

Tärkeä etu virtuaalisessa käyttöönotossa on parantunut kommunikaatio automaation kehittäjien kanssa virtuaalisten kokoonpano- tai kappaletiedostojen sisältämien teknillisten tietojen ansiosta. Muita tärkeitä etuja ovat merkittävämpi suunnitelmien valmius, automatisointiohjelmat ja huomattavasti lyhentynyt käyttöönottoaika. (Sidel, Donath & Haufe 2012.)

Koska virtuaalinen käyttöönotto vaatii virtuaalisista laitteista ja osista koostuvan virtuaalisen tehtaan, on otettava käyttöön järjestelmällinen suoritustapa tuotantojärjestelmien suunnittelulle. Yksi suurimmista virtuaalisen käyttöönoton esteistä on virtuaalisten kappaleiden ja komponenttien luomiseen kuluva liiallinen aika ja työ. Virtuaalinen tehdas koostuu monista virtuaalisista laitteista, kuten roboteista, kuljetushihnoista, kiintokalustosta, koneistus- ja kokoonpanotyökaluista. Monet näistä laitteista tarvitsevat geometrisen sekä kineettisen mallikappaleen. (Lee & Park 2014.)



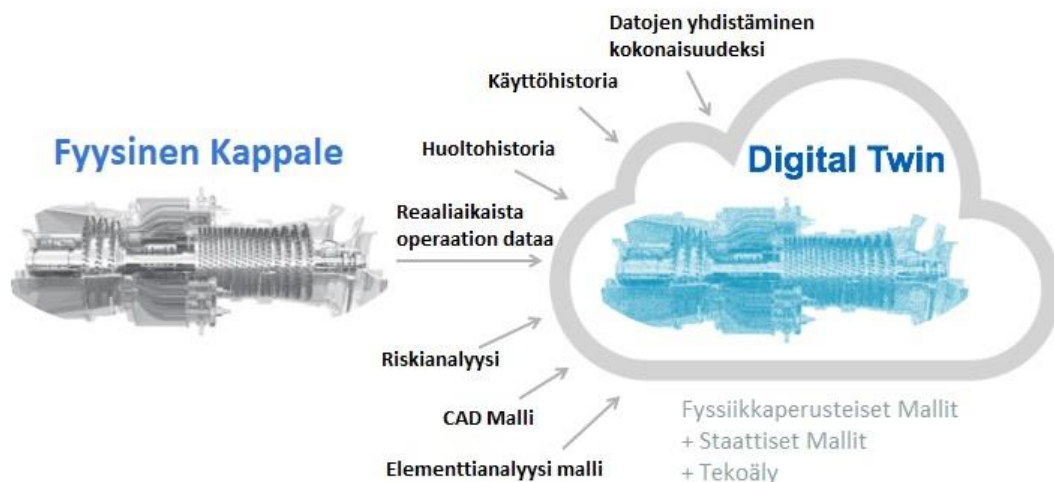
Kuva 3. Esimerkki virtuaalisen käyttöönoton suunnitteluprosessista (Lee & Park 2014)

## 2.2 Digital Twin

Digitaalinen kaksonen on tarkka virtuaalinen mallinnus prosessista, tuotteesta tai palvelusta. Liittämällä virtuaalinen ja fyysinen maailma yhteen Digital Twin -teknologialla mahdollistetaan datan analysointi ja järjestelmällinen seuranta. Näin voidaan ehkäistä ongelmia. Simulaatioiden avulla voidaan välttää seisokkiaikaa ja helpottaa suunnittelua tulevaisuutta varten. (Forbes 6.3.2019.)

Simuloinnin näkökulmasta katsottuna Digital Twin -teknologia on mallinnus-, simulointi- ja optimointiteknologioiden tulevaisuus. Simulointi on yksi järjestelmän ydin-toiminnoista koska tämä pystyy tukemaan operaatiota sekä palvelua suoralla yhteydellä käyttöönoton teknisiin tietoihin. Digital Twin -perusteiset simuloinnit koetaan kuitenkin vielä suurimmaksi osaksi tutkimus- ja tuotekehitysosastojen työkaluiksi. (Rosen, Winchert, Lo & Bettenhausen 2015.)

Yksi digitaalisen kaksosen keskeisistä hyödyistä on sen kyky viitata moneen eri paikkoihin varastoituun dataan yhdestä yleisestä Digital Twin -hakemistosta (kuva 4). Digitaalinen kaksonen kykenee välittämään dataa, jota voidaan tarvita erilaisissa käyttötapauksissa tuotteen elinkaaren muissa vaiheissa. (ABB [Viitattu 21.7.2019].)



Kuva 4. Digitaalisen kaksosen kyky viitata dataan (Loginworks 6.3.2018)

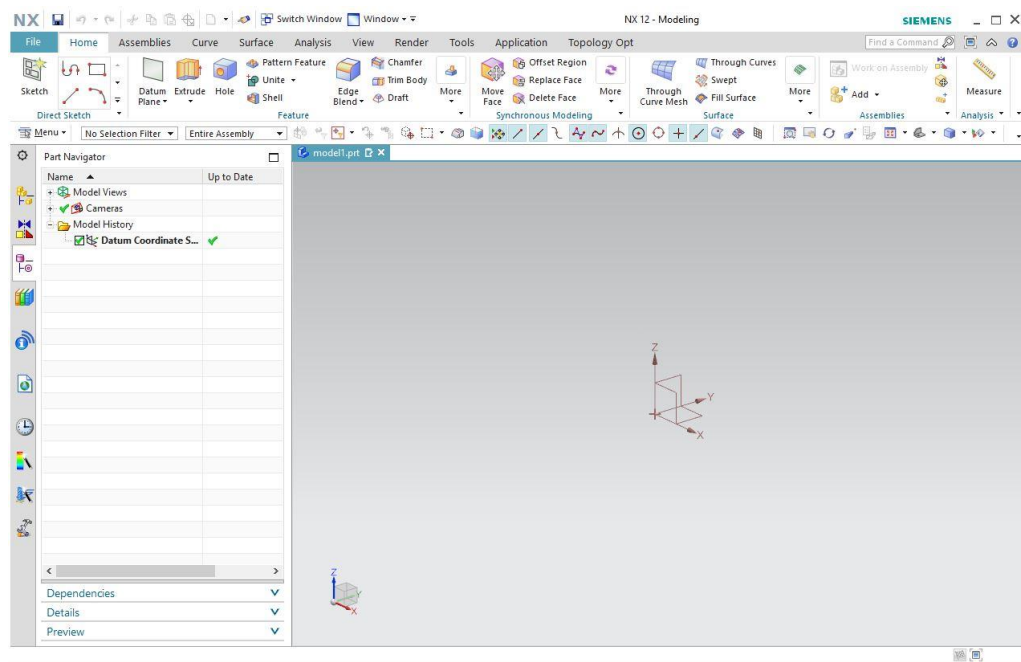
### **2.2.1 Historiaa**

Digitaalisen kaksosen teknologiakonsepti on ollut käytössä jo 1960 -luvulta lähtien. NASA käytti tällöin Digital Twin -teknologian tapaisia ideoita rakentamalla fyysisiä kaksosia avaruudessa sijaitsevista järjestelmistään. Teknologia tuli teollisuusalojen huomioon vasta vuotena 2002 Michiganin teknillisessä yliopistossa (MTU) teollisuudelle pidetyssä esityksessä. (Challenge Advisory 3/2019.)

Tätä Tri Grievesin esittämää konseptia kutsuttiin aikanaan ”Konseptuaaliseksi ideaaliksi tuotteen elinkaaren hallinnalle” ja se sisälsi kaikki digitaalisen kaksosen perusteet: virtuaaliset ja fyysiset tilat sekä näiden välisen yhteyden tiedon keruuta varten. (Grieves & Vickers 2016.)

### **2.3 Siemens NX 12**

Siemens NX 12 on CAD-ohjelma, jonka tavoite on olla kokonaisvaltainen ratkaisu suunnittelua, simulointia ja tuotantoa varten. Yksi ohjelman tavoitteista on auttaa yhtiöitä huomaamaan Digital Twin -teknologian todellinen arvo. NX 12 mahdollistaa joustavan tuotesuunnittelun joko 2D- tai 3D-muodossa tarpeiden mukaan. Ohjelma yhdistää lanka- ja pintamallinnuksen sekä kiinteän, parametrisen ja suoran mallinnuksen yhteen ohjelmistoratkaisuun, joka antaa käyttäjän valita työkalut tehtävään. (Siemens [Viitattu 4.4.2019].)



Kuva 5. NX 12 Modeling -käyttöliittymä

### 2.3.1 Mechatronics Concept Designer

Siemens NX 12 MCD-sovellus sisältää erilaisia ratkaisuja, jotka mahdollistavat monitieteellisen yhteistyön sähkö-, mekaniikka- ja automaatioinsinöörien välillä. MCD-sovelluksen avulla pystytään myös kierrättämään valmiiksi saatavilla olevaa tietoa. Sen avulla voidaan lyhentää tehtaalta-myyntiin kuluva aikaa ja parantaa päätöksentekoa ideasta tuotantoon. (Siemens [Viitattu 25.3.2019].) MCD mahdollistaa nopean 3D-mallinnuksen ja monikappalesimuloinnin. Kun MCD-sovelluksen kokoonpanoon määritetään liikeradat ja akselisto sekä erilaisia niveltietoja, antureita ja ohjaimia, syntyy ohjelman mallinnettuun kokoonpanoon automatisoitu toiminta. (BCT [Viitattu 25.3.2019].)

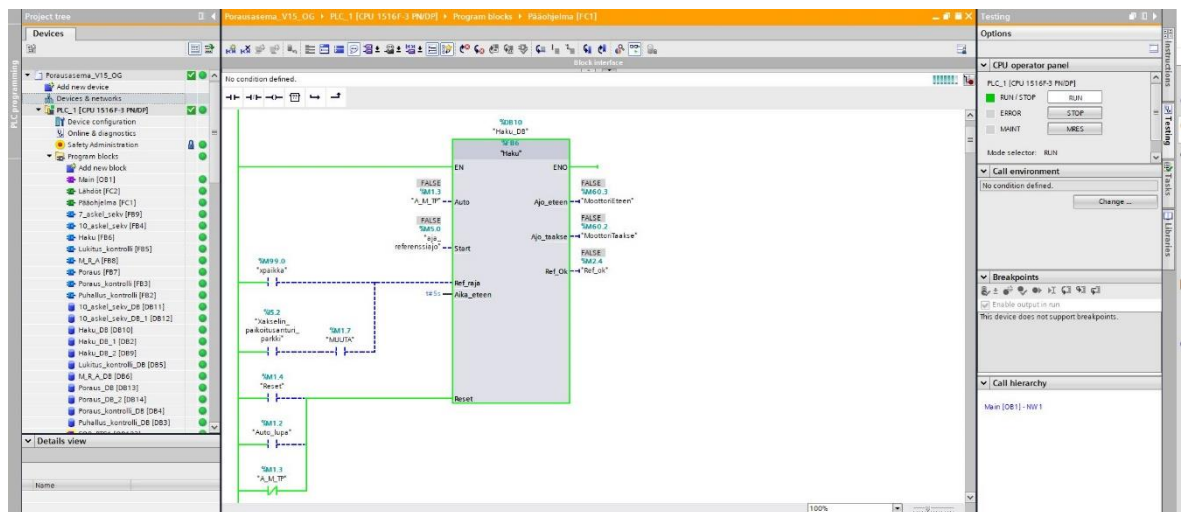
### 2.3.2 Fysiikkaperusteinen simulointi

MCD-sovelluksen simuloinnin teknologia perustuu videopelin fysiikkamoottoriin, joka tuo reaali maailman fyysisen käyttäytymisen virtuaaliseen ympäristöön käyttäen yksinkertaistettuja matemaattisia malleja (Siemens 2010).

Helppokäyttöisellä modernisoidulla fyysisen maailman mallinnuksella mahdollistetaan mekaanisten konseptien määrittäminen ja haluttu laitteen käyttäytyminen nopeasti vain muutamalla työvaiheella. Simulaatio on interaktiivinen, joten käyttäjä voi soveltaa voimia kappaleita kohden tai siirtää niitä hiiren avulla. (Siemens 2010.)

## 2.4 Siemens TIA Portal V15

Totally Integrated Automation Portal on Siemensin valmistama ohjelmointityökalu, jonka tavoitteena on nopeuttaa ja tehostaa suunnittelua. TIA Portal yhdistää logiikkaohjelmoinnin (SIMATIC STEP 7) ja käyttöliittymäsuunnittelun (SIMATIC WinCC) sekä myös taajuusmuuttajat (SINAMICS StartDrive). TIA Portalilla pystytään myös tekemään suunnittelu- ja tuotantoprosessit koko tuotantoketjulle. Ohjelman tavoite on tehostaa työskentelyä, korostaa kilpailukykyä ja parantaa tuottavuutta. Ohjelmisto on kenttätestattu ja osoittautunut toimivaksi ja käyttäjäystävälliseksi. Ohjelmisto voidaan integroida lähes kaikkiin olemassa oleviin ympäristöihin. Se laajentuu tai supistuu tarpeiden mukaan ja on yhteensopiva vanhempienkin tuotteiden kanssa. (Siemens [Viitattu 26.3.2019].)



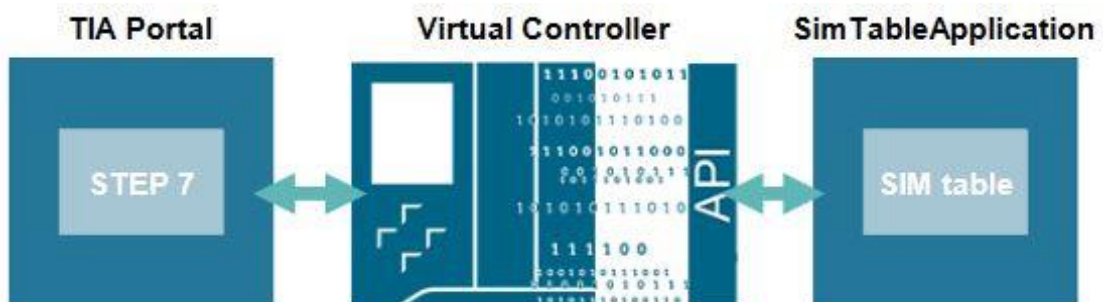
Kuva 6. TIA Portal -ohjelman X-akselin refenssiajohdlo.

### 2.4.1 SIMATIC STEP 7

SIMATIC STEP 7 on osa Totally Integrated Automation Portal -ohjelmointityökalujen kehystä. Keskeisenä suunnitteluohjelmistona se on perustana kaikkien SIMATIC-ohjelmoitavien logiikoiden ohjelmoinnissa. STEP 7 on tärkeä osa suunnittelua kaikissa vaiheissa. Sen keskeisenä lähtökohtana on aina ollut helppokäyttöisyys, helposti opittavuus ja suunnittelun tehokkuus. Tämä ohjelmisto on suunniteltu niin pienten kuin suurten logiikkaohjainten ohjelmointiin. Ohjelman tavoitteena on kattaa kaikki tarpeet yksittäisistä koneohjauksista laajoihin turvatoimintoja sisältäviin kokonaisuuksiin. (Siemens [Viitattu 27.3.2019].)

### 2.5 S7-PLCSIM Advanced V2.0

Siemensin S7-PLCSIM Advanced V2.0 mahdollistaa kattavan tehtävien simulaation konfiguroinnin ja suunnittelun aikana TIA Portalilla ilman fyysistä yhteyttä S7-1500 tai ET 200SP -laitteistoon. Tämä tarkoittaa, että STEP 7 -ohjelman testaukseen ei välttämättä tarvita oikeaa fyysistä ohjainta, vaan sitä voidaan simuloida S7-PLCSIM -ohjelmiston avulla. S7-PLCSIM -ohjelmalla luotujen virtuaalisten ohjainten toiminta voidaan varmistaa ja testata liitetyn järjestelmän tai laitteen kanssa. Sovellusliittymää (API) käytetään virtuaalisen ohjaimen liittämiseksi haluttuun virtuaaliseen laitteeseen, mallinnukseen tai tehtaaseen. (Siemens 2018.)



Kuva 7. Esimerkki S7-PLCSIM Advanced:in toiminnasta (Siemens 2018)

Ohjelma mahdollistaa virtuaalisen ohjaimen liitännän simulointiohjelmistoihin, kuten SIMIT tai NX Mechatronics Concept Designer. Lisäksi tämä ohjelma tarjoaa ”SimTableApplication” -sovelluksen, missä voidaan kätevästi ja itsenäisesti valvoa ja ohjata PLC-muuttujia virtuaalisella ohjaimella simulointipöydän kautta. (Siemens 2018.)

Taulukko 1. Yleiskatsaus S7-PLCSIM Advanced kommunikointireiteistä (Siemens 2018)

Kommunikointireitti	Local	Local	Hajautettu
Protokolla	Softbus	TCP/IP	TCP/IP
Tiedonsiitrolitöntä PLCSIM Advance- dissä	PLCSIM	PLCSIM Virtual Et- hernet Adapter	PLCSIM Virtual Et- hernet Adapter
STEP 7 ja instanssit	PC tai VM	PC tai VM	Hajautettu
Kommunikaatio...			
... STEP 7 ja instanssien kanssa	Kyllä	Kyllä	Kyllä
... instanssien välillä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
... OPC UA ja verkkopalvelimen kautta	Ei	Kyllä	Kyllä
... instanssin ja fyysisen CPU:n välillä	Ei	Ei	Kyllä
... instanssin ja fyysisen HMI:n välillä (V14 tai korkeampi)	Ei	Ei	Kyllä
... instanssin ja simuloitun HMI:n vä- lillä (V14 tai korkeampi)	Kyllä	Kyllä	Kyllä

### 2.5.1 TCP/IP

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) on tietoliikenneverkkojen viitemalli, joita käytetään laitteiden yhdistämiseen verkossa. TCP/IP-protokolla määrittää kuinka dataa siirretään verkon kautta. Protokolla määrittää tiedonsiirron, joka tunnistaa kuinka tieto jaetaan datapaketteihin sekä lähetetään, reititetään ja vastaanotetaan määränpäässä. TCP/IP-protokolla käyttää asiakas-palvelin-mallia, jossa käyttäjälle tai laitteelle tarjotaan palvelua toiselta tietokoneelta verkossa. TCP/IP-protokollapaketti luokitellaan tilattomaksi, mikä tarkoittaa, että jokainen saatu pyyntö käsitellään uutena. Protokollapaketin tilattomana oleminen vapauttaa toimintaverkkopolkuja, jotta niitä voidaan käyttää jatkuvasti. Kuljetuskerros on tilallinen, mikä tarkoittaa, että jokainen paketti vertaillaan palomuurin säännöstöön. Sitä ei päästetä läpi, jos paketti ei ole sallittu. (Rouse 2019.)

## 2.5.2 TCP/IP-viitemallin kerrokset

TCP/IP-viitemalli koostuu neljästä kerroksesta:

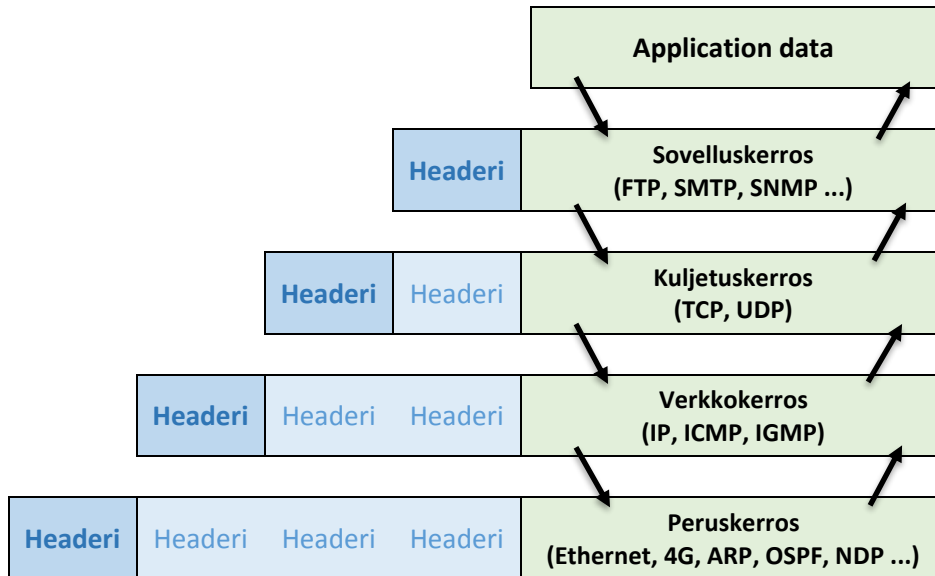
- Sovelluskerros (Application Layer)
- Kuljetuskerros (Transport Layer)
- Verkkokerros (Network Layer)
- Peruskerros (Link/Physical Layer). (OmniSecu [Viitattu 6.9.2019].)

Sovelluskerros on TCP/IP-viitemallin ylin kerros. Sovelluskerros määrittää TCP/IP-viitemallin sovellusprotokollat ja kuinka isännöivät (host) ohjelmat toimivat kuljetuskerroksen palveluiden kanssa käyttääkseen verkkoa. Esimerkkejä sovelluskerroksessa käytettävistä korkean tason protokolleista ovat: HTTP, Telnet, SSH, FTP, TFTP, SNMP, SMTP ja DHCP. (OmniSecu [Viitattu 6.9.2019].)

Kuljetuskerros on TCP/IP-viitemallin kolmas kerros ja sijaitsee sovelluskerroksen ja verkkokerroksen välissä. Kerroksen tarkoitus on sallia paketin lähtöpisteen ja määränpään isäntälaitteiden välinen keskustelu. Kuljetuskerros määrittää palveluksen tason ja yhteyden tilan datan kuljetuksessa. Kuljetuskerroksen pääprotokollit ovat: TCP ja UDP. (OmniSecu [Viitattu 6.9.2019].)

Verkkokerros on TCP/IP-viitemallin toinen kerros. Verkkokerros pakkaa dataa IP-paketteihin, jotka sisältävät paketin lähtöpisteen ja määränpään osoitetiedot. Näitä tietoja käytetään pakettien edelleen lähetykseen isäntälaitteiden tai verkkojen välillä. Kerroksen tehtävä on sallia isäntälaitteen pakettien lisäys mihinkä tahansa verkkoon ja toimittaa nämä itsenäisesti määränpäähän. Määränpäässä paketit voivat olla eri järjestyksessä kuin ne lähetettiin. Ylempien tasojen tehtävä on järjestää paketit oikeaan järjestykseen, jotta ne voidaan toimittaa oikeaan verkkoapplikaatioon sovelluskerroksessa. Verkkokerroksen pääprotokollat ovat: IP, ICMP, ARP, RARP ja IGMP. (OmniSecu [Viitattu 6.9.2019].)

Peruskerros on TCP/IP-viitemallin ensimmäinen kerros. Se määrittää, kuinka dataa lähetetään fyysisesti verkon läpi. Kerros määrittää myös, kuinka bitit viestitetään elektronisesti tai optisesti laitteistoilla, jotka liittyvät verkkoon koaksiaalikaapelilla tai optisella kuidulla. Esimerkkejä peruskerroksen sisältämistä protokollista ovat: Ethernet, Token Ring, FDDI ja Frame Relay. (OmniSecu [Viitattu 6.9.2019].)



Kuva 8. TCP/IP: protokollapinin datan kapselointi (TechnologyUK [Viitattu 24.4.2019])

### 2.5.3 SOFTBUS

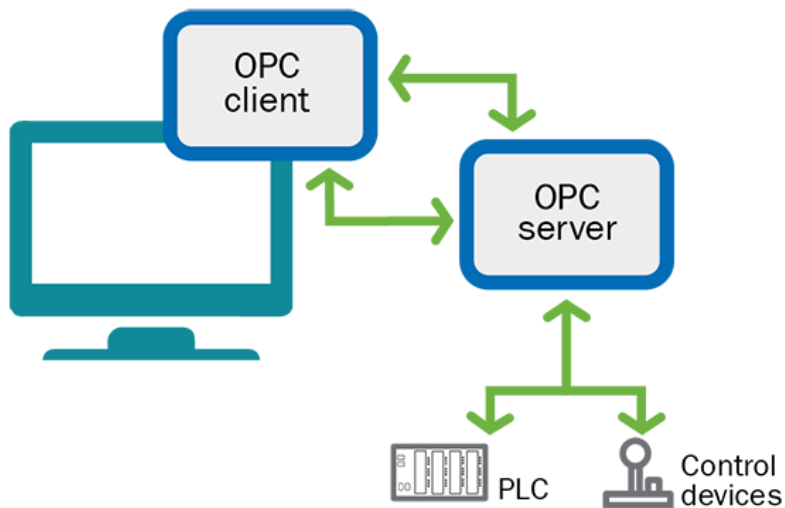
Softbus on tietoliikennepolku, joka kulkee virtuaalisen ohjelmiston käyttöliittymän kautta. Tämä tiedonvälityksen tapa on rajoitettu paikalliseen PC-laitteeseen tai virtuaalikoneeseen. Etuna tämän käytössä on se, että tietoa ei voida vahingossakaan ladata CPU-laitteistoon tai kommunikoida väärän laitteiston kanssa. (Siemens 2017.)

### 2.6 M2M-teknologia

M2M-teknologian keskeinen idea on, että laitteet keräävät itsestään ja ympäristöstään tärkeää dataa, jota voidaan hyödyntää liiketoiminnassa monella eri tapaa. Esimerkkejä tämän teknologian mahdollisista käytöistä ovat kuljetuksien sijainnin ja lämpötilan valvonta, sähkömittareiden etäluenta tai laitteiden huoltotarpeiden ilmoitusten vastaanottaminen. Nykyään lähestulkoon kaikesta toiminnasta on mahdollista kerätä dataa ja M2M-teknologiaa voidaan hyödyntää lähes rajattomasti. (Telia 20.10.2016.)

### 2.6.1 OPC UA

OPC Unified Architecture on vuonna 2008 julkaistu itsenäinen palveluskeskeinen arkkitehtuuri (SOA), joka integroi kaikki aikaisempien versioiden yksityiset spesifiikaatiot yhteen laajenevaan runkoon. OPC perustuu asiakas-palvelin-kommunikaatiomalliin. Se tarkoittaa, että käytössä on vähintään yksi palvelin, joka odottaa, kunnes asiakasohjelmat tekevät pyyntöjä. Kun palvelin saa pyynnön, se vastaa siihen ja palaa odotustilaan. Asiakasohjelma pystyy myös ohjeistamaan palvelinta lähettämään päivityksiä, kun näitä saadaan. OPC-arkkitehtuurissa asiakasohjelma saa päättää, minkälaista tietoa palvelin kerää, ja milloin sen alla olevista järjestelmistä. (Novotek 20.10.2016.)

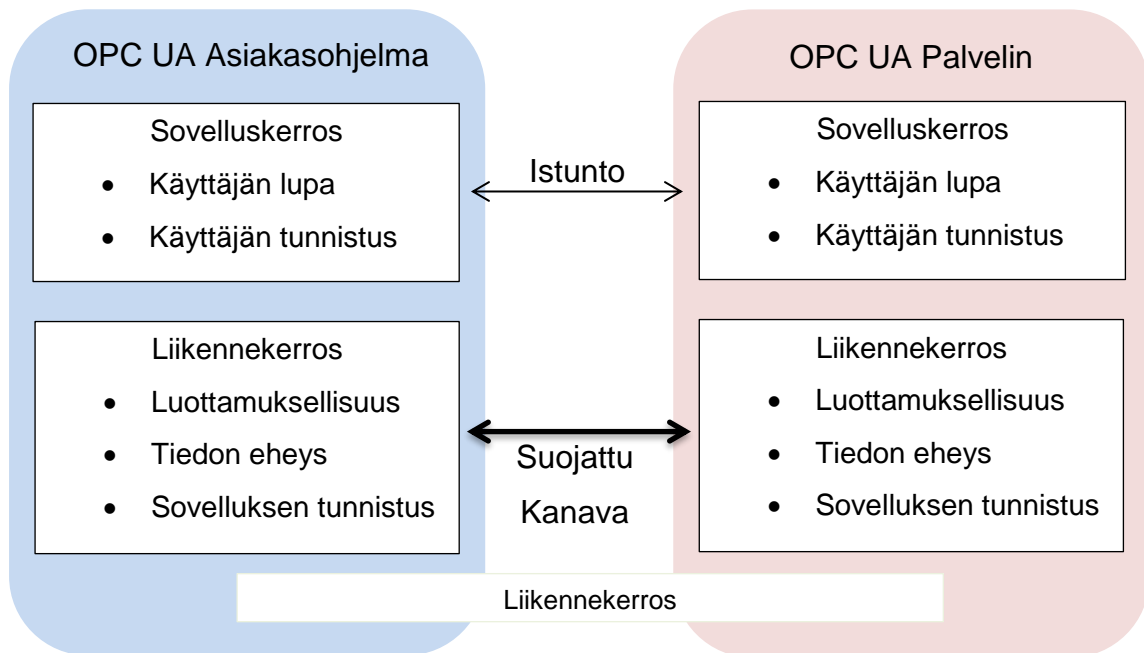


Kuva 9. OPC UA:n perusta (Novotek 20.10.2016)

OPC UA-arkkitehtuuria käytetään eri OPC-palvelimien yhteenliittämiseen (tunnelointiin). Tähän pystyvät myös seuraavat ohjelmat: KEPServerEX OPC UA ja GE Global discovery server. Ohjelmisto ei ole riippuvainen Microsoftin OLE- tai DCOM-tekniologioista, joten sitä voidaan käyttää Applen, Microsoftin sekä Linuxin käyttöjärjestelmillä. (Novotek 20.10.2016.)

## 2.6.2 Viestintäkerrokset

OPC UA-arkkitehtuurin kommunikointi on rakennettu kerroksittain TCP/IP-nipun li- säksi. Kuljetuskerros muodostuu TCP/IP-, SSL-, http- tai HTTPS-liikenneprotokol- lista. Kuljetuskerroksen päällä on kaksi kerrosta. Yksi näistä on kerros, joka käsitte- lee istuntoa. Toinen kerros muodostaa suojatun kanavan asiakasohjelman ja palve- limen välille. (Novotek 20.10.2016.)



Kuva 10. OPC UA-arkkitehtuurin asiakkaan ja palvelimen välinen kommunikaatio (Novotek 20.10.2016)

## **3 TOTEUTUS**

Tässä luvussa käydään läpi työn eri vaiheet ja selvitetään, kuinka porausaseman kokoonpanosta luotiin digitaalinen kaksonen, ja kuinka tälle suoritettiin virtuaalinen käyttöönotto. Lisäksi kerrotaan käytetyistä ohjelmista.

### **3.1 Suunnitelma**

Tässä työssä tavoitteena oli tehdä virtuaalinen käyttöönotto porausaseman digitaaliselle kaksooselle. Opinnäytetyön tekijän oli määriteltävä porausaseman kokoonpanolle sen kaikki liikkeet, luoda soft PLC -instanssi ja tämän kautta luoda yhteys käytettyjen ohjelmien välille ja saada nämä kommunikoimaan toistensa kanssa.

Työ aloitettiin Siemens NX -ohjelmistolla valmiiksi mallinnetusta porausaseman kokoonpanosta. Malli avattiin MDC-sovellukseen, jolloin tähän oli määriteltävä fyysiset geometriat ja kinematiikat, akselit, liittimet, liitokset ja liikkeet. Kokoonpanon simuloinnin ja virtuaalisen käyttöönoton mahdollistamiseksi MCD liitettiin TIA Portaliin soft PLC -ohjaimen kautta (S7-PLCSIM Advanced V2.0). Porausaseman liikkeiden ohjelmointi suoritettiin TIA Portalilla ja tämän signaalit liitettiin MDC-sovelluksen virtuaaliseen ympäristöön soft PLC -ohjaimen kautta.

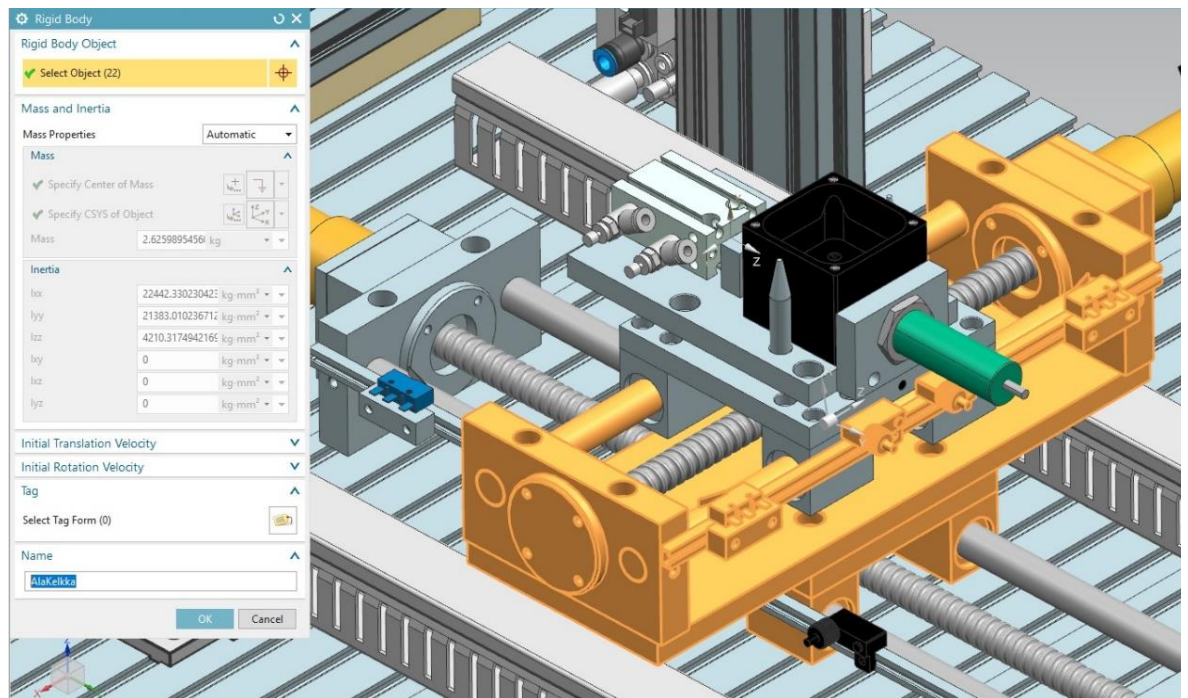
#### **3.1.1 Ohjelmisto**

Työssä porausaseman ohjaus toteutettiin TIA Portal V15 -ohjelmalla ja ohjauslaitteena käytettiin S7-PLCSIM Advanced software PLC-ohjainta. Porausaseman digitaalisen kaksooson virtuaalisen käyttöönoton perustana toimii Siemensin NX 12 Mechatronics Concept Designer.

### 3.2 Porausaseman 3D-mallin fyysisten ominaisuuksien määrittely

Työ aloitettiin porausaseman siirrolla Mechatronics Concept Designer -sovellukseen, jotta asemasta pystyttiin tekemään täydellinen digitaalinen kaksonen. Porausaseman fyysiset ominaisuudet ja liikkeet laadittiin manuaalisesti MCD-sovelluksen sisällä.

Ensimmäinen vaihe porausaseman virtuaalisessa käyttöönotossa oli osien fyysisten ominaisuuksien laatiminen. Rigid Body -komentoa käyttäen pystyttiin määrittämään valitulle kappaleelle fyysiset ominaisuudet joko automaattisesti tai käyttäjän määrittelemien arvojen mukaan. Kuvassa 11 määritellään valitulle kappaleelle fyysiset ominaisuudet.

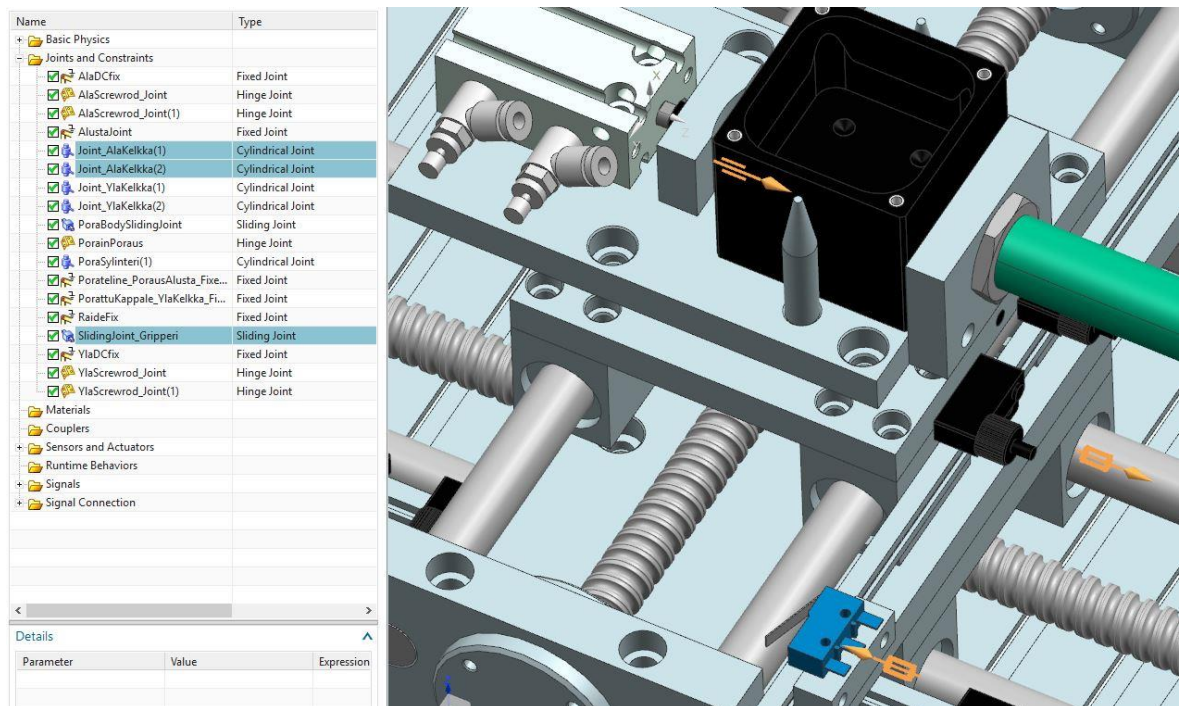


Kuva 11. Fyysisten ominaisuuksien määrittely kelkkaan Rigid Body -komennolla.

Kun kaikille tarvittaville komponenteille on määritetty ominaisuudet Rigid Body -komennolla, vaikuttaa niihin MCD-sovelluksen fysiikkamoottori. Simuloinnin käynnistyksessä kappaleisiin vaikuttaa painovoima ja ne putoavat ohjelman avaruuteen. Jotta tämä saadaan korjattua, oli näihin kappaleisiin luotava tarvittavat Joint-komennot.

### 3.2.1 Liikkeet ja kiinnitykset

Kappaleille, joille on määritelty fyysiset ominaisuudet Rigid Body -komennolla, luodaan liitokset, jotka voivat joko kiinnittää kappaleen paikalleen tai mahdollistaa lineaarisen tai angulaarisen (pyörivän) liikkeen. Fixed Joint -komennolla pystytään kiinnittämään kappale paikalleen tai kiinni toiseen, näin kappaleet saadaan pysymään paikoillaan. Sliding Joint -komennolla saadaan kappale liikkumaan lineaarisesti, ja Cylindrical Joint -komennolla voidaan lineaarisen liikkeen lisäksi laatia myös angulaarinen pyörimisliike (kuva 12).

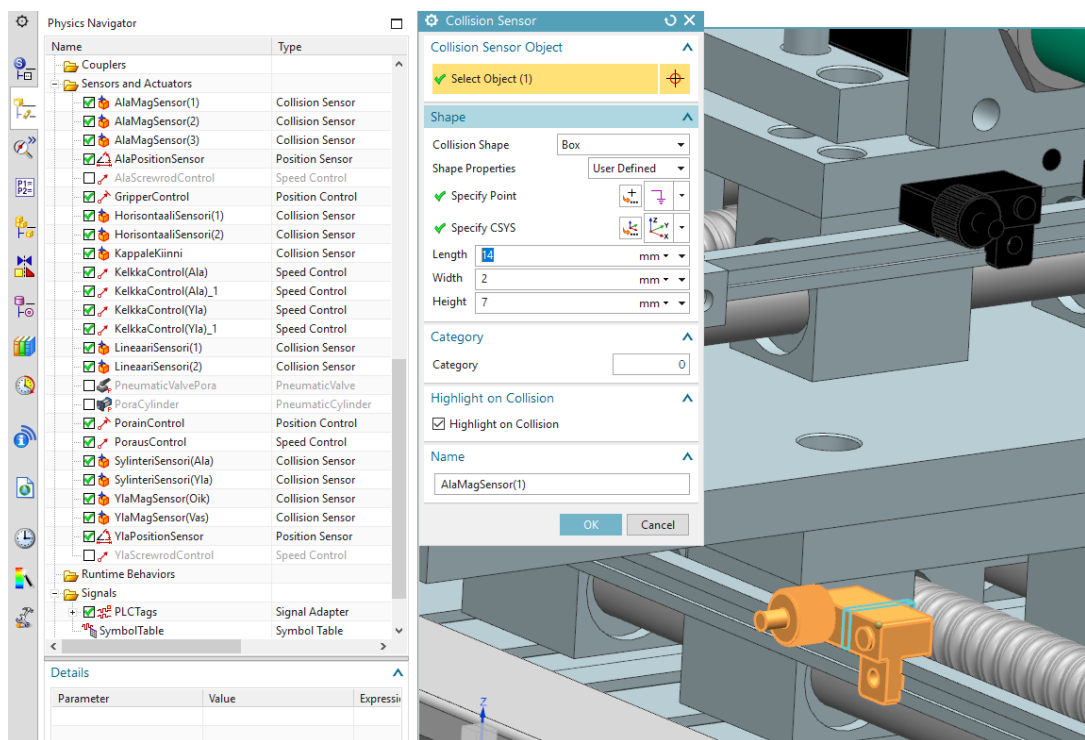


Kuva 12. Sliding Joint ja Cylindrical Joint MCD-sovelluksessa

Kun kokoonpanon liikkuviin kappaleisiin on määritelty halutut liikeradat ja kiinnitykset oikein, eivät nämä enää putoa ohjelman avaruuteen simulaation käynnistyksessä. Jotta näitä pystyttiin ohjamaan halutuilla tavoilla, luotiin liikkeisiin joko nopeuden ohjaus Speed Control -komennolla tai sekä nopeuden ja määrän ohjaus Position Control -komennolla.

### 3.3 Porausaseman Anturit

Mechatronics Concept Designerissä pystytään luomaan erityyppisiä antureita tarpeen mukaan, kuten Distance-, Position-, Collision-, Velocity- tai Collision Sensor. Tässä työssä kokoonpanossa määriteltiin Collision Sensoreita porausaseman kaikille antureille paitsi mekaanisille päätyantureille. Nämä mekaaniset päätyanturit ovat vastuussa molemmista kelkoista ja näitä liikuttavien DC-moottorien pysäyttämisestä, kun kelkat saapuvat päättyyn. Näitä päätyantureita ei tarvinnut määritellä MCD-sovelluksen virtuaalisessa ympäristössä, koska kelkkojen liikealue voitiin määritellä Sliding- tai Cylindrical Joint -komennon yhteydessä. Työssä määritetyille Collision Sensoreille oli myös laadittava Collision Body -komennolla pintoja tai osia, joita nämä tunnistavat niiden tullessa kosketusyhteyteen.



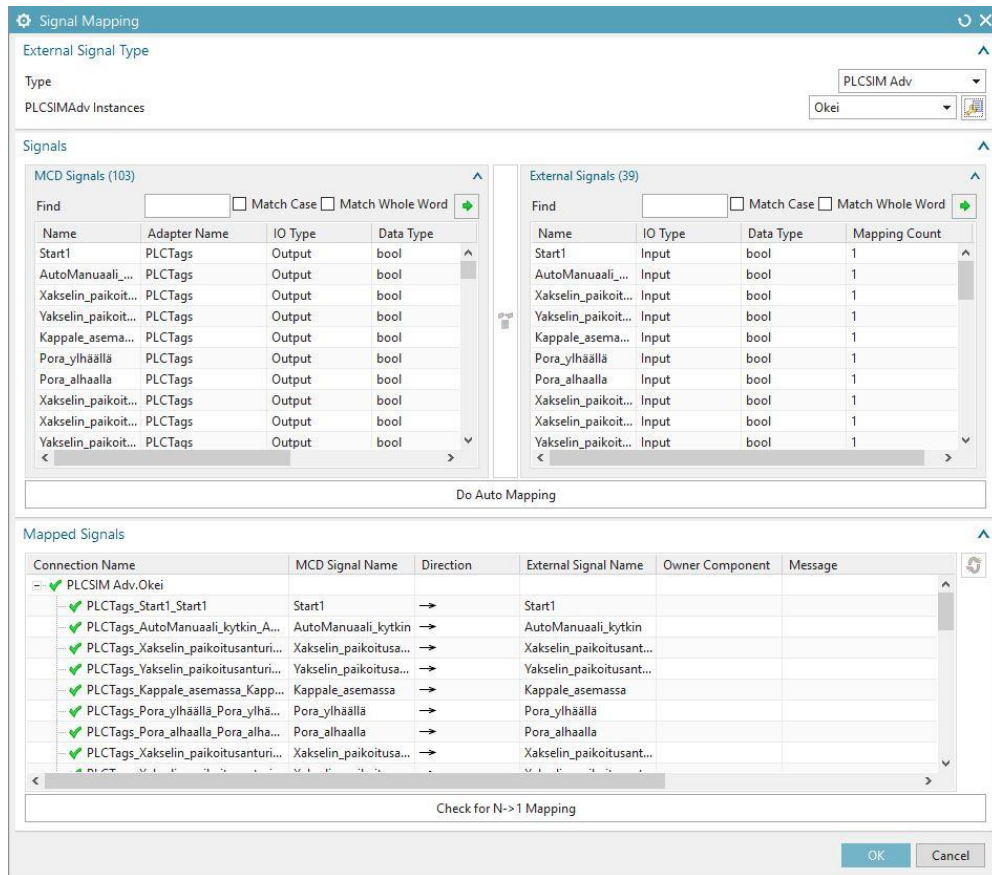
Kuva 13. Antruin luonti Collision Sensor -komennolla

Antureiden luonnin yhteydessä valittiin kappale, joka kuvaa anturin fyysisiä ominaisuuksia ja laadittiin tälle tunnistusalue. Tunnistusalueen sisällä anturi tunnistaa kaikki kosketusyhteyteen tulevat Collision Bodyt (kuva 13). Työssä määriteltiin myös Position Sensorit kokoonpanon x- ja y-suunnan kelkoille.

Nämä Position Sensorit seuraavat kelkkojen sijaintia ja antavat näille omat vakioarvot. Tätä tietoa käytetään referenssiajossa TIA Portalin puolella ne pyritään määrittelemään mahdollisimman saman suuruiseksi verrattuna oikean porausaseman liiketietoihin.

### 3.3.1 MCD-signaalien kartoitus

Työssä liitettiin S7-PLCSIM Advancedilla laaditun soft PLC -ohjaimen kautta yhteen muuttujia MCD-sovelluksesta ja TIA Portalista. MCD-sovellukseen luotiin Symbol Table, johon lisättiin muuttujia, ja määritettiin näille IO- ja datatyypit. Tässä työssä käytettävät datatyypit olivat suurimmaksi osaksi joko bool- tai double (real) -tyyppejä. MCD-sovelluksen oma symbolitaulukko ja tämän tagit voitiin joko kopioida muualta tai laatia manuaalisesti sovelluksen sisällä. Tässä työssä kopioitiin TIA Portal -ohjelman PLC tagit MCD-sovelluksen symbolitaulukkoon signaalien pohjaksi käyttäen tätä tuonti/vienti-menetelmää. Kun soft PLC -instanssi oltiin luotu S7-PLCSIM Advancedilla ja TIA Portalissa tehty ohjelma oli ladattu, voitiin MCD-sovelluksen muuttujat liittää tähän Signal Mapping -komennolla. Signal Mapping ikkunassa (kuva 14) valittiin ulkoisen signaalin tyyppiä (External Signal Type) PLCSIM Adv (muuta vaihtoehtoja: OPC DA, OPC UA, SHM, MATLAB, TCP, UDP tai Profinet). Seuraavaksi valittiin ulkoisen signaalin konfiguroinnin (External Signal Configuration) valikosta käynnissä oleva S7-PLCSIM Advanced -instanssi, jonka yhteydessä valitaan TIA Portalin puolelta joko kaikki muuttujat tai vain muutama testausta varten.

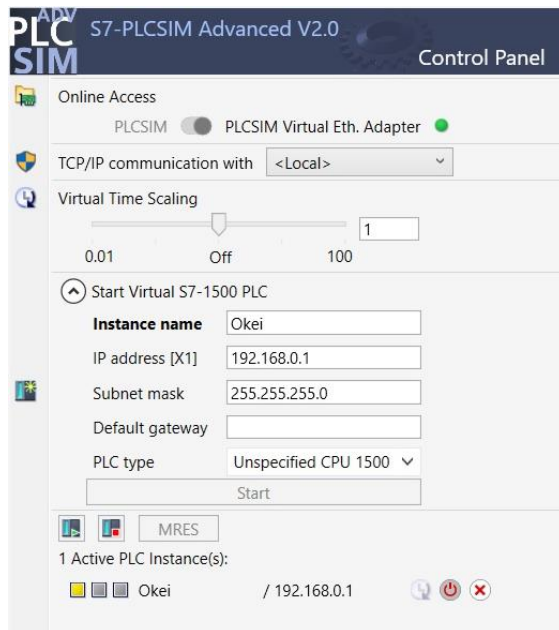


Kuva 14. Signaalien kartoitus MCD-sovelluksessa

Kun ulkoisen signaalin tyyppi oliin määritelty oikein ja valittu oikea instanssi MCD-sovelluksessa sekä ladattu TIA Portal ohjelma soft PLC -ohjaimen, voitiin aloittaa signaalien kartoitus. Kartoitus voidaan suorittaa automaattisesti tai manuaalisesti, automaattisessa kartoituksessa ohjelma liittää samannimiset ulkoiset ja sisäiset signaalit yhteen. Manuaalisessa kartoituksessa käyttäjä liittää signaalit itse. Yhteen liitettävien signaalien on aina oltava datatyyppiltään samat. Työn signaalikartoitukset aloitettiin automaattisella kartoitusmenetelmällä ja täydennettiin manuaalisella.

### 3.4 S7-PLCSIM Advanced -yhteyden laatiminen

Yhteyden laatimisessa S7-PLCSIM Advancedin kautta, valittiin ensiksi Online Access -valintaruudun kautta haluttu tiedonvälityksen tila (communication mode). PLCSIM -vaihtoehto sallii vain lokaalin tiedonvälityksen, kun taas PLCSIM Virtual Ethernet Adapter perustuu TCP/IP-viitemalliin eikä ole sidottu lokaaliin tiedonvälitykseen. Lokaalissa kommunikoinnissa luodut instanssit kommunikoivat vain saman tietokoneen sisällä.

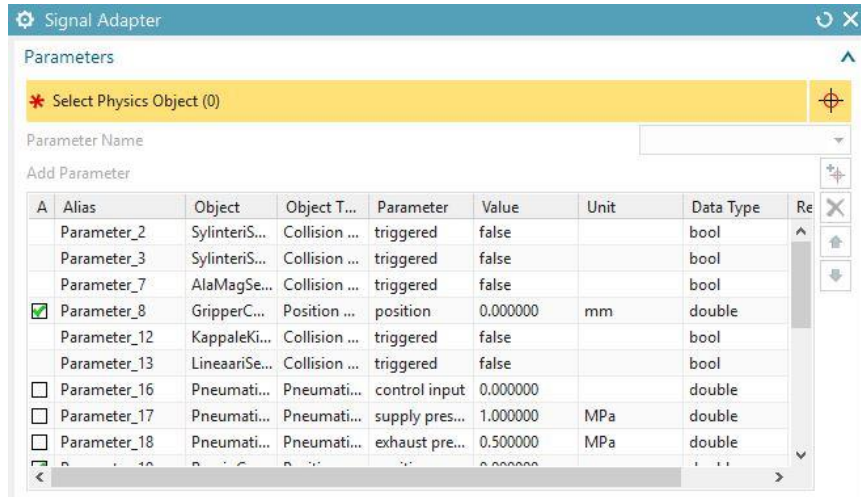


Kuva 15. S7-PLCSIM Advanced V2.0 -ohjauspaneeli

Tässä työssä käytettiin PLCSIM Virtual Ethernet Adapter -tilaa. Jotta tämä saatiin toimimaan, oli mentävä tietokoneen ohjauspaneeliin ja konfiguroitava Siemensin käyttöliittymien kommunikoinnit. Tämä pystyttiin määrittämään ohjauspaneelista Set PG/PC Interface (32-bit) -asetuksista. Asetus -ikkunan auettua siirryttiin Access Path -välilehdelle, josta valittiin Interface Parameter Assignment Used -valikosta Siemens PLCSIM Virtual Ethernet Adapter.TCPIP.1 -vaihtoehto ja painettiin OK -painiketta.

### 3.4.1 Virtuaalisen porausaseman ohjaus

Virtuaalisen porausaseman ohjaus suoritettiin, kun oltiin varmistettu, että kaikki tarvittavat signaalit oli määritetty oikein. Työssä virtuaalisen porausaseman ohjaus saatiin aikaiseksi luomalla parametrit kokoonpanon antureille ja liiketiedoille MCD-sovelluksen Signal Adapter -ikkunassa. Parametreille määritettiin ehdot C#-ohjelmointikielellä ja ohjauksen mahdollistamiseksi käytettiin Signal Mapping -ikkunassa kartoitettuja signaaleita.



Kuva 16. Parametrien määrittely objekteille

Signal Adapter -ikkunassa parametrit luotiin valitsemalla jokin objekti kokoonpanosta. Parametrin luonnissa oli määriteltävä, mitä objektin tilaa ohjataan, muutetaan tai seurataan, riippuen valitun objektin tyypistä. Esimerkiksi, kun luotiin parametri Collision Sensorille, seurattiin 'triggered'-ominaisuutta. Tämä parametri lähettää signaalia, kun sensorin tunnistusalue tulee kosketusyhteyteen Collision Bodyn kanssa. Kaavoja laadittiin joko parametreille tai suoraan signaaleille Signal Adapterissa riippuen siitä, onko näiden IO-tyyppi tulo tai lähtö. MCD-sovelluksen Signal Adapter -ikkunaan luotujen parametrien kaavoilla ohjattiin TIA Portaliin menevien ja sieltä palautuvien signaalien arvoja ohjelmointikielellä käyttäen aiemmin määriteltäviä signaaleita. Yksi esimerkki kuinka liikkeiden ohjauksia toteutetaan parametrin kaavalla, on porauksen ohjaus:

```
If (Pora_Autoajo = true) Then (200) Else If (Pora_päällä_ok = true) Then (200) Else (0)
```

Tämä koodi ohjaa poran automaattiajon Speed Control -komentoa. Porauksen Speed Control -komento vakiintuu nolaksi aina, kun Pora\_Autoajo -muuttujan IO-signaali on false. Muuttujan ollessa true, pora käynnistyy ja pyörii määritetyllä nopeudella (rad/s).

### 3.5 Porausaseman ohjelma

Työssä pohjana käytetyn TIA Portal -ohjelman alkuperäiset tekijät olivat AUTE16KA-luokan opiskelijat. Ohjelman sisälle määriteltiin tarvittava laitteistokoonpano. Laitteiston avulla saatiin suoritettua porausaseman ohjaus. Ohjelmaan määritetyt laitteet ovat:

- Virtalähde: PM 190W 120/230VAC
- PLC: CPU 1516F-3 PN/DP
  - DI 32x24VDC HF
  - DQ 32x24VDC/0.5A ST
- IO-laite: IM 155-6 PN ST
  - DI 16x24VDC ST
  - F-DI 8x24VDC HF
  - DQ 16x24VDC/0.5A ST
  - F-DQ 4x24VDC/2A PM HF
  - TM Count 1x24V x2
  - Server-moduuli
- HMI: KTP700 Basic PN.

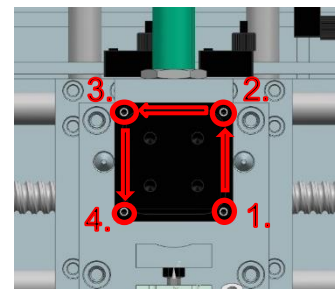
Porausasemaa voitiin ohjata joko manuaalisesti tai automaattiajolla, ohjausmuoto valitaan käyttöliittymästä. Käyttöliittymässä on kaksi eri ruutua, ohjaus- ja hälytysruutu. Ohjausruudussa on hätäseis ja automaattisen ohjauksen yhteydessä voidaan valita, montako kertaa poraus halutaan suorittaa. Hälytysruudussa ilmoitetaan häiriöt niiden ilmestyessä. Kun poraukset on suoritettu, on kierroslaskin resetoitava painamalla 'RESET'-painiketta, mikäli halutaan suorittaa lisää porauksia.



Kuva 17. Käyttöliittymän autoajo- ja käsiajoruudut

Ohjelmaan lisättiin ominaisuus, jonka avulla käyttäjä voi valita alueelta 1–5, montako kertaa poraus suoritetaan yhdessä ajossa. HMI-käyttöliittymän päänäyttöön liisättiin hätäseis-painike sekä porausmäärän valikko. Jotta automaattiajo pystytään käynnistämään, on kelkkojen oltava referenssipajoissaan. Kelkat saadaan referenssipajoilleen painamalla referenssiajo-painiketta. Automaattiajossa kappaleen lukitusylinteri menee ensimmäiseksi kiinni, ja Y-akselissa liikkuva ylempi kelkka siirtyy oikealle, kunnes oikean reunan anturi tunnistaa tämän. X-akselissa liikkuva alempi kelkka siirtyy akselin takarajalle. Kun kelkat ovat saapuneet määritetyille paikoilleen, suorittaa ohjelma porauksen. Ohjelman aikana porauksia suoritetaan 4 kpl ja poraukset suoritetaan samassa järjestyksessä:

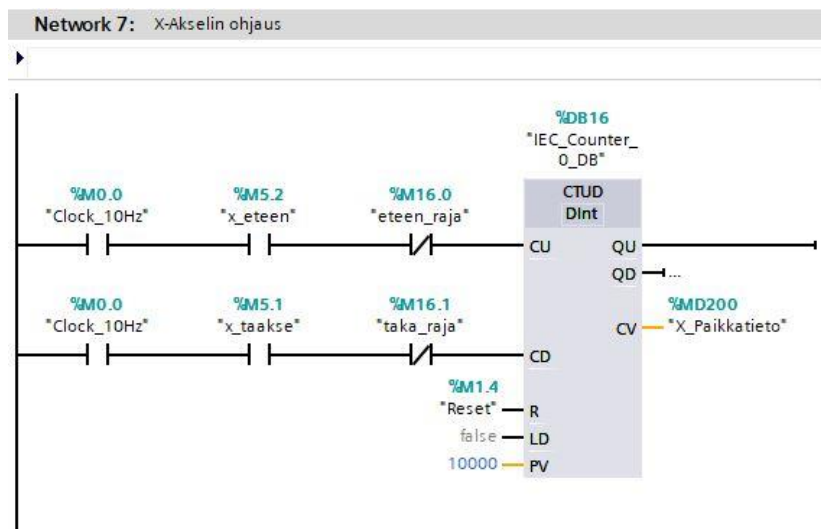
1. Takaraja ja Oikea raja
2. Eturaja ja Oikea raja
3. Eturaja ja Vasen raja
4. Takaraja ja Vasen raja



Kun poraukset on suoritettu, kelkat siirtyvät takaisin referenssipajoilleen joko aloittamaan uutta kierrosta tai odottamaan uutta ohjausta. Kokoonpanon käsiajolla pystytään siirtämään molempia kelkkoja ääri rajoilleen asti. Myös erillinen poraus ja kappaleen lukitus onnistuu käsiajolla. Jos halutaan suorittaa porausliike käsiajossa, kappaleen lukituksen on oltava kiinni.

### 3.6 Haasteet

Haasteita työssä oli muutamia. Ensimmäinen näistä ilmeni kelkkojen liikkeiden määrittämisessä. Kelkkoja ohjattiin aluksi sijaintitiedolla (mm) pulssilaskimen avulla, mutta tämä koettiin vääräksi, koska fyysistä porausasemaa ei tällaisella periaatteella ohjattu. Tämä pulssilaskimen (kuva 18) ohjaus korvattiin Speed Control -komentoilla MCD-sovelluksen puolella.



Kuva 18. Pulssilaskin TIA Portalissa

Seuraava haaste ilmeni MCD-sovelluksessa ja liittyi porausaseman kokoonpanoon. Porausaseman kokoonpanossa poran teline ei ollut oikeassa kohdassa. Tämä ongelma johtui joko siitä, että fyysistä porausasemaa oltiin muutettu vuoden 2014 jälkeen (jolloin kokoonpano oli luotu) tai että tämä virhe ilmestyi vahingossa kokoonpanon luonnin yhteydessä virheellisen mittauksen takia. Kokoonpanon korjaaminen ei ollut helppoa koska kokoonpanon luonnissa oltiin asetettu niin monta rajoitetta (constraint), jotka estivät telineen siirron. Teoriassa telinettä pystyttäisiin siirtämään tiettyssä akselissa, kun nämä liikkeen estävät rajoitteet poistettiin. Siirtäminen oli kuitenkin hyvin hankalaa johtuen rajoitteiden suuresta määrästä. Lopuksi koettiin, että telineestä oli luotava oma erillinen kokoonpano ja käytettävä tätä vanhan tilalla. Telineen kokoonpanosta tehtiin uusi erillinen Parasolid-tiedosto, joka liitettiin porausaseman kokoonpanoon ja asetettiin oikealle paikalle. Parasolid-kappaleeseen liitettiin samat liiketoiminnot, jointit ja anturit, mitä aikaisemmassa telineessä oli. Kokoonpanon mittausvirhe saatiin korjattua ja työssä päästiin eteenpäin.

## 4 TULOKSET

Työssä suoritettiin virtuaalinen käyttöönotto porausaseman mallinnukselle ja saatiin aikaiseksi realistinen digitaalinen kaksonen. Työlle laadittiin virtuaalinen testausympäristö, joka koostui pääosin Siemens NX 12 Mechatronics Concept Designer -koonpanosta sekä TIA Portal ja S7-PLCSIM Advanced v2.0 -ohjelmista. Nämä työssä käytetyt ohjelmat yhdistettiin toisiinsa ja asetettiin kommunikoimaan keskenään. Näiden ohjelmien avulla saatiin luotua realistinen virtuaalinen ympäristö digitaaliselle kaksoselle. Porausasemaa pystyttiin testaamaan virtuaalisessa sekä fyysisessä testausympäristössä, Digital Factory Akatemian tiloissa ja luokan A130.3 fyysisellä porausasemalla. Testauksien yhteydessä suoritettiin vianetsintä, kunnes sekä fyysinen että virtuaalinen porausasema toimivat samalla ohjelmalla seuraten samoja toimenpiteitä ja komentoja. Työn aikana käytiin *Siemens Innovation Tour 19 - Digitalisaatio tehostaa suunnittelua* -teknologiatapahtumassa 14.3.19 Seinäjoen Ammattikorkeakoululla sekä työtä esiteltiin Digital Akatemian tiloissa vierailleville yrityksille ja muille vierailijoille, joista yksi oli pääministeri Juha Sipilä.

## 5 YHTEENVETO JA POHDINTA

Tämän työn porausaseman digitaalisen kaksosen virtuaalinen käyttöönotto tehtiin osana IoT Comapss Hub -projektia. Työn tavoitteina oli korostaa Digital Twin -teknologian hyötyjä ja toimia mallikappaleena virtuaalisen käyttöönoton hyödyistä. Työ tehtiin Digital Factory Akatemian tiloissa ja esiteltiin vieraileville yhtiöille sekä henkilöille. Tässä työssä fyysinen porausasema oli jo valmiiksi kokoonpantuna, mutta työelämässä uuden laitteiston hankinnan ja suunnittelun yhteydessä tullaan digitaalinen kaksonen luomaan ensiksi. Työn yhteydessä perehdyttiin myös OPC UA M2M -teknologiaan. Vaikka tämä työ ei tätä palveluskeskeistä arkkitehtuuria käyttänyt hyödykseen, se on silti erittäin keskeinen arkkitehtuuri Digital Twin -teknologiassa ja virtuaalisessa käyttöönotossa. Työssä virtuaalisen ympäristön luomisen yhteydessä käytetyt ohjelmat NX 12, TIA Portal ja S7-PLCSIM Advanced V2.0 olivat joustavia, oivallisia ja helppokäyttöisiä ohjelmia. Ohjelmien yhteen liittäminen virtuaalisen ympäristöön ja käyttöliittymän luominen onnistui jouhevasti.

Työssä käytetty Siemens NX12 Mechatronics Concept Designer on monitoiminen 3D CAD -ohjelma, jolla oli helppoa luoda malleille tai kokoonpanoille erilaisia haluttuja liikkeitä Joint-komennoilla sekä antureita Sensor-komennoilla. MCD-sovelluksessa signaalien luonti on olennaista, ehtojen luonti näille on helppoa. Ehtojen luonti vaatii vain alhaisen ohjelmointikielen taidon. Ohjelma sisältää toiminnon, joka voi tässä auttaa. S7-PLCSIM Advanced V2.0 on joustava ohjelma yksinkertaisella käyttöliittymällä. Simuloidun PLC-ohjaimen luominen oli helppoa ja ohjelma muisti luodut PLC-simulaatiot aina ohjelman tai tietokoneen uudelleen käynnistäessä. Ohjelman avulla NX 12 MCD ja TIA Portalin yhteen liittäminen onnistui helposti ja ilman ongelmia.

## LÄHTEET

- ABB. Ei päivystä. Digital twin applications. [Verkkosivu]. ABB Oy. [Viitattu 21.7.2019]. Saatavissa: <https://new.abb.com/control-systems/features/digital-twin-applications>
- BCT. Ei päivystä. Mechatronics Product Development and Virtual Commissioning. [Verkkosivu]. BCT Technology AT. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavissa: <https://www.bct-technology.com/en/support/tips-tricks/virtual-commissioning-mechatronics-concept-designer.html>
- Challenge Advisory. 2019. The history and creation of the digital twin concept. [Verkkosivu]. Challenge Advisory Oy [Viitattu 5.9.2019]. Saatavissa: <https://www.challenge.org/insights/digital-twin-history/>
- Forbes. 6.3.2017. What Is Digital Twin Technology - And Why Is It So Important? [WWW-artikkeli]. Forbes. [Viitattu 21.3.2019]. Saatavissa: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2017/03/06/what-is-digital-twin-technology-and-why-is-it-so-important/#706184052e2a>
- Grieves, M. & Vickers, J. 2016. Origins of the Digital Twin Concept. [WWW-dokumentti]. ResearchGate. [Viitattu 22.3.2019]. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/307509727\\_Origins\\_of\\_the\\_Digital\\_Twin\\_Concept](https://www.researchgate.net/publication/307509727_Origins_of_the_Digital_Twin_Concept)
- Hoffman, P. Schumann, R. Maksoud, T. & Premier, G. 06/2010. VIRTUAL COMMISSIONING OF MANUFACTURING SYSTEMS A REVIEW AND NEW APPROACHES FOR SIMPLIFICATION. s.194. [WWW-dokumentti]. Researchgate. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Andrzej\\_Bargiela/publication/235991499\\_Proceedings\\_of\\_the\\_24th\\_European\\_Conference\\_on\\_Modelling\\_and\\_Simulation/links/0deec516006eaa13e0000000/Proceedings-of-the-24th-European-Conference-on-Modelling-and-Simulation.pdf#page=194](https://www.researchgate.net/profile/Andrzej_Bargiela/publication/235991499_Proceedings_of_the_24th_European_Conference_on_Modelling_and_Simulation/links/0deec516006eaa13e0000000/Proceedings-of-the-24th-European-Conference-on-Modelling-and-Simulation.pdf#page=194)
- Lee, C.G. & Park, S.C. 2014. Survey on the virtual commissioning of manufacturing systems. [WWW-dokumentti]. Elsevier. [Viitattu 28.3.2019]. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2288430014500292>
- Loginworks. 6.3.2018. How Digital Twin is transforming Internet of Things (IoT). [Verkkosivu]. Loginworks Oy. [Viitattu 27.9.2019]. Saatavissa: <https://www.loginworks.com/blogs/digital-twin-transforming-internet-things-iot/>
- Novotek. 20.10.2016. OPC and OPC UA explained. [Verkkosivu]. Novotek Oy. [Viitattu 17.4.2019]. Saatavissa: <https://www.novotek.com/en/solutions/kepware-communication-platform/opc-and-opc-ua-explained>

- OmniSecu. Ei päiväystä. Four Layers of TCP/IP model, Comparison and Difference between TCP/IP and OSI models. [Verkkosivu]. OmniSecu.com. [Viitattu 6.9.19]. Saatavissa: <http://www.omnisecu.com/tcpip/tcpip-model.php>
- Rosen, R. Winchert, G. Lo, G. & Bettenhausen, K. 2015. About the Importance of Autonomy and Digital Twins for the Future of Manufacturing. [WWW-dokumentti]. Elsevier. [Viitattu 9.4.2019]. Saatavissa: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405896315003808?to-ken=AD255A1D49EB4C3172DCCAB1FEC7A0A1E8568CF383C047103CAB0B14DC79694D329CFF75DC0893D7903FD492F9E8BB09>
- Rouse, M. 2019. TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). [WWW-artikkeli]. TechTarget. [Viitattu 23.4.2019]. Saatavissa: <https://search-networking.techtarget.com/definition/TCP-IP>
- SeAMK. Ei päiväystä. IoT-Compass Hubin startti. [Verkkosivu]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 5.4.19]. Saatavissa: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/projektitietokanta/?RepoProject=411033>
- SeAMK. Ei päiväystä. IoT-Compass Hub. [Verkkosivu]. Seinäjoen Ammattikorkeakoulu. [Viitattu 18.3.19]. Saatavissa: <https://www.seamk.fi/yrityksille/tki-projektit/iot-compass-hub/>.
- Seidel, S. Donath, U. & Haufe, J. 2012. Towards an integrated simulation and virtual commissioning environment for controls of material handling systems. s. 3. [WWW-dokumentti]. ACM Inc. [Viitattu 2.4.2019]. Saatavissa: <http://deli-very.acm.org/10.1145/2440000/2430099/a252-sei-del.pdf?ip=192.84.177.118&id=2430099&acc=ACTIVE%20SER-VICE&key=74A0E95D84AAE420%2E9A879731BAAF7D58%2E4D4702B0C3E38B35%2E4D4702B0C3E38B35&acm=1554196230417da1e7e0f1d60673b7d62ceead2e57>
- Siemens. Ei päiväystä. NX. [Verkkosivu]. Siemens Oy. [Viitattu 4.4.2019]. Saatavissa: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>
- Siemens. Ei päiväystä. Get to market faster by reducing machine development time with MCD. [Verkkosivu]. Siemens Oy. [Viitattu 25.3.2019]. Saatavissa: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/mechanical-design/mechatronic-concept-design.html>
- Siemens. 2010. Mechatronics Concept Designer; A functional approach to machine design. [WWW-dokumentti]. Siemens Oy. [Viitattu 12.4.2019]. Saatavissa: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/Images/Siemens-PLM-NX-Mechatronics-Concept-Designer-fs\\_tcm1023-111907.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/Siemens-PLM-NX-Mechatronics-Concept-Designer-fs_tcm1023-111907.pdf)

- Siemens. Ei päiväystä. TIA Portal -ohjelmointityökalu. [Verkkosivu]. Siemens Oy. [Viitattu 26.3.2019]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/tia\\_portal.php](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/tia_portal.php)
- Siemens. Ei päiväystä. TIA Portal (Step 7). [Verkkosivu]. Siemens Oy. [Viitattu 27.3.2019]. Saatavissa: [http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden\\_tuotteet\\_ja\\_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat\\_logiikat\\_simatic/ohjelmistot/tia\\_portal\\_step7.htm](http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/ohjelmoitavat_logiikat_simatic/ohjelmistot/tia_portal_step7.htm)
- Siemens. 2018. Getting started with S7-PLCSIM Advanced and simulation tables. [WWW-dokumentti]. Siemens Oy. [Viitattu 5.4.2019]. Saatavissa: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/047/109759047/att\\_962042/v3/109759047\\_PLCSIMAdv\\_SimTable\\_DOC\\_V10\\_en.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/047/109759047/att_962042/v3/109759047_PLCSIMAdv_SimTable_DOC_V10_en.pdf)
- Siemens. 2017. SIMATIC S7-1500 S7-PLCSIM Advanced. [WWW-dokumentti]. Siemens Oy. [Viitattu 23.4.2019]. Saatavissa: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109739153/simatic-s7-1500-s7-plcsim-advanced?dti=0&lc=en-AF>
- TechnologyUK. Ei päiväystä. The TCP/IP Protocol Stack. [Verkkosivu]. Technologyuk.net. [Viitattu 24.4.2019]. Saatavissa: <http://www.technologyuk.net/computing/computer-networks/internet/tcp-ip-stack.shtml>
- Telia. 20.10.2016. M2M-teknologia luo yrityksille mahdollisuuksia, joissa vain mielikuvitus on rajana. [Verkkosivu]. Telia Oyj. [Viitattu 17.4.2019]. Saatavissa: <https://www.telia.fi/yrityksille/artikkelit/artikkeli/m2m-teknologia-luo-mahdollisuuksia>