



Bacnet-alijärjestelmän integroiminen Fidelix-järjestelmään

Annika Olli

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma
LVI-talotekniikka

OLLI, ANNIKA:
Bacnet-alijärjestelmän integroiminen Fidelix-järjestelmään

Opinnäytetyö 32 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli integroida Schneider Electricin RP-C -huonesäädin Fidelix-järjestelmään BACnet yhteydellä sekä tutkia, mitä toimintoja voidaan ohjata Fidelix-järjestelmän kautta. Työtoimeksiantaja oli DDC-Tekniikka Oy, joka on jo 30 vuotta toiminut rakennusautomaatioalan yritys.

Alkuvalmisteluina RP-C-säätimeen ohjelmoitiin I/O-pisteitä ja laitteeseen liitettiin neljä toimilaitetta. Tämän jälkeen laite yhdistettiin Fidelixin keskusyksikköön BACnet TCP/IP -yhteydellä. Keskusyksikköön ohjelmoitiin ohjelma, joka käyttää RP-C-säätimen I/O-pisteitä. Prosessi mallinnettiin Fidelixin valvomoon, josta pystytään seuraamaan I/O-pisteiden tilaa ja toimintaa.

Työn lopputuloksena todettiin sovelluksen toimivan, mutta integroinnin heikkou-
tena on RP-C-säätimen muokattavuus yhdistämisen jälkeen. Mittaus-, ohjaus-,
indikointi- ja säätöpisteitä pystytään ohjaamaan Fidelixin keskusyksiköllä. RP-C-
säädintä pystytään siis käyttämään I/O-moduulina BACnet TCP/IP -yhteydellä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
HVAC Systems

OLLI, ANNIKA:
Integration of a BACnet Subsystem into a Fidelix System

Bachelor's thesis 32 pages
May 2024

The purpose of this thesis was to integrate Schneider Electric RP-C room controller into Fidelix system with BACnet connection. In addition, the aim was to examine which functions can be controlled via the Fidelix system. Building automation contractor DDC-Tekniikka Oy commissioned the thesis.

As initial preparations, I/O-points were programmed into the RP-C controller and four actuators were connected to the controller. After preparations, the controller was connected to central processing unit of the Fidelix with a BACnet TCP/IP connection. A program which uses the controller's I/O points was created for the central processing unit. The process was modelled for the Fidelix control room, from which the status and operation of I/O points can be monitored.

As a result of this study, the application was found to work, but the customisability of the RP-C controller after connecting to the Fidelix system became limited because of the integration. Measure, control, indication and adjustment points can be controlled by the Fidelix central processing unit. The RP-C controller can be used as an I/O-modul over the BACnet TCP/IP connection.

Key words: building automation, Fidelix, BACnet TCP/IP, RP-C

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ	7
	2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne	7
	2.2 Hajautettu automaatio	8
	2.3 I/O-pisteet	9
3	JÄRJESTELMIEN INTEGROINTI	11
	3.1 Integrointi	11
	3.2 Integroinnin hyödyt ja haitat	11
4	LAITTEET	13
	4.1 AS-P automaatiopalvelin	13
	4.2 RP-C-säädin	13
	4.3 FX-3000-C	15
5	BACNET TIEDONSIIRTOPROTOKOLLA	17
	5.1 BACnet	17
	5.2 IP-osoite	18
6	KÄYTÄNNÖN SOVELLUKSEN TOTEUTUS	20
	6.1 Sovelluksen toteutus	20
	6.1.1 Alkuvalmistelut	20
	6.1.2 BACnet-yhteyden aktivointi Fidelixissä	21
	6.2 RP-C-säätimen I/O-pisteet	23
	6.3 Ohjelmointi	27
7	POHDINTA	30
	LÄHTEET	32

1 JOHDANTO

Rakennusautomaatiojärjestelmän tavoitteena on ylläpitää rakennuksen olosuhteita, parantaa energiatehokkuutta ja ilmoittaa häiriö- ja vikatilanteista järjestelmässä. Keskeistä on oikea tieto rakennuksen tilasta ja olosuhteista, jonka mahdollistaa nykyaikaiset säätö- ja valvontajärjestelmät. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 21.)

Työn tarkoituksena on tutkia kahden eri valmistajan laitteiden yhteensopivuutta liittämällä Schneiderin RP-C huonesäädin Fidelix-alakeskukseen BACnet TCP/IP -yhteydellä. Työn tavoitteena on tutkia, miten sovellukset osaavat kommunikoida keskenään ja mitä toimintoja voidaan ohjata toisen järjestelmän kautta.

Nykyaikaisessa rakennusautomaatiossa käytetään paljon huonesäätimiä, sillä tilojen olosuhteita halutaan hallita tarkasti ja tarpeenmukaisesti. Huonesäätimeen voidaan liittää olosuhdemittaukset tilasta, esim. lämpötila ja hiilidioksidipitoisuus, ja näiden mukaan voidaan esim. tehostaa ilmanvaihtoa ohjaamalla IMS-peltiä ilmanvaihtokanavassa tai ohjata kattosäteilijän venttiilejä.

Yhteensopivuuden tutkiminen laajentaa mahdollisuuksia esim. saneerauskohteissa, joissa halutaan vaihtaa järjestelmästä toiseen. Silloin olemassa olevia käyttökelpoisia komponentteja pystytään halutessa hyödyntämään. Saneerauskohteissa saatetaan myös haluta laajentaa rakennusautomaation toimintoja, jolloin voidaan hyödyntää pienoislogiikoita, joihin voidaan liittää I/O-pisteitä enemmän kuin alkuperäisessä ratkaisussa.

Yhteensopivuuden suurimpia hidasteita ovat käytettyjen protokollien suuri määrä ja toimittajakohtaiset ratkaisut. Avoimien standardien yleistyminen lisää järjestelmien liitettävyyttä, mutta eri protokollien välillä on käytettävä muuntimia ja rajapintoja. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 107.)

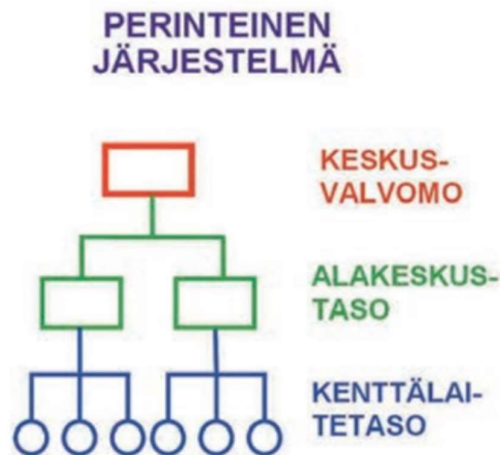
Työn on antanut toimeksi DDC-Tekniikka Oy, joka on pirkanmaalainen rakennusautomaatioalan yritys. Yritys on perustettu vuonna 1992 ja vuosien saatossa se

on urakoinut noin 800 kohdetta. Rakennusautomaatiojärjestelmistä se operoi Fidelixillä, Schneiderilla ja Siemensillä. Tammikuussa 2024 DDC-Tekniikka yhdistyi yrityskauppojen myötä JIS-Automation Oy:n ja Integrio Oy:n kanssa. (DDC-Tekniikka 2024.)

2 RAKENNUSAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

2.1 Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne

Rakennusautomaatiojärjestelmässä on kolme päätasoa. Ylimpänä on hallintotaso, johon kuuluvat paikallisvalvomot ja etävalvomot. Automaatiotasolla on alakeskukset I/O moduuleineen. Itsenäiset huonesäätimet, jotka sisältävät pienoislogiikan, sijoittuvat automaatiotasolle, sillä ne pystyvät ohjaamaan toimilaitteita keräämässä tiedon avulla. Kenttätasolle sijoittuu anturit ja toimilaitteet. (Härkönen, P. Liedes, R 2018, 59.) Kuviossa 1 on esitelty päätasojen sijoittuminen suhteessa toisiinsa.



Kuvio 1. Perinteinen järjestelmä. Järjestelmien rakenteet (Piikkilä & Sahlstén 2017, 16)

Hallintotaso toimii käyttäjärajapintana järjestelmään päin. Valvomon kautta käyttäjä voi tarkastella graafisia prosessikuvia, saa tiedon hälytyksistä ja voi tehdä haluttuja muutoksia esim. asetusarvoihin ja aikaohjelmiin. Kommunikaatioon hallintotasolla käytetään paikallisesti yleisesti LAN-verkkoa, joka pohjautuu TCP/IP-protokollaan. (Spangar, T. 2012, 93–94.)

Automaatiotasolla tapahtuu prosessien ohjaus ja säätö. Itsenäiset alakeskukset muodostavat yhdessä I/O-moduulien kanssa kokonaisuuden, joka mahdollistaa rakennusautomaation toiminnan. Alakeskukset voidaan liittää toisiinsa CAT 6-

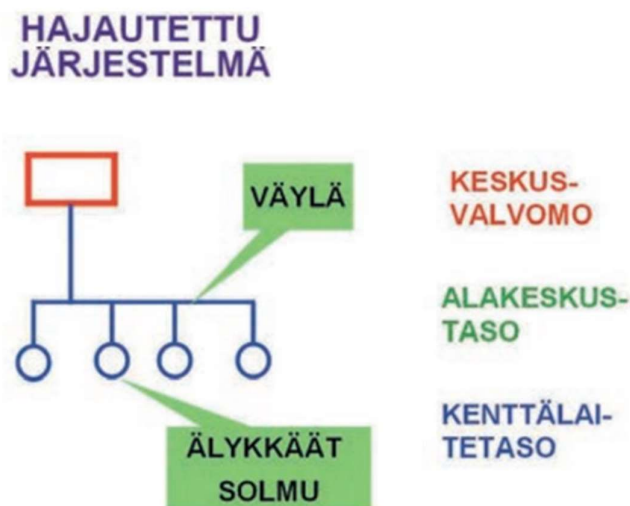
kaapelilla, joka mahdollistaa tarpeellisen tiedonsiirron keskusten välillä. (Spangar, T. 2012, 93–94.)

Kenttätasolle sijoitetut anturit ja toimilaitteet keräävät tietoa prosessin tilasta ja välittävät tiedot automaatiotasolle, joka hallitsee prosesseja. Jos kenttätasolle on sijoitettu esim. taajuusmuuttajia, I/O-moduuleja, käytetään kommunikaatioon kenttäväylää. Tunnettuja kenttäväyläteknikoita on esim. BACnet, ModBus, Mbus. (Spangar, T. 2012, 95.)

2.2 Hajautettu automaatio

Hajautetussa automaatiojärjestelmässä on jaettu kokonaisjärjestelmä pienempiin osakokonaisuuksiin. Prosessin valvonta ja ohjaus on tuotu lähemmäksi kenttätasoa. Silloin jokainen yksikkö toimii omalla älyllä, riippumatta muista yksiköistä. Yksiköt jakavat tietojaan toisilleen yhteisellä kielellä. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 9. 16.)

Hajautetun järjestelmän rakenne (kuvio 2) eroaa perinteisestä järjestelmästä, kun kenttätasolta voidaan siirtää väylän kautta tietoa keskusvalvomotasolle, sekä ohjata prosesseja pienoilogiikoilla ilman alakeskusta.



Kuvio 2. Hajautettu järjestelmä. Järjestelmien rakenteet (Piikkilä & Sahlstén 2017, 16)

Osakokonaisuuden esimerkkinä voidaan käyttää paketti-ilmanvaihtokonetta, jossa ohjaava logiikka on koneessa ja tiedonsiirto toteutetaan kenttäväylän kautta. Tämä vähentää tarvittavan kaapeloinnin määrää, kun koneen I/O-pisteet kaapeloidaan suoraan koneen ohjaavaan logiikkaan. Myös huonesäätimet voivat toimia osakokonaisuutena, kun huoneen I/O-pisteet kaapeloidaan huonesäätimelle ja säätimen pienislogiikka ohjaa prosessia.

2.3 I/O-pisteet

Kenttätason laitteet kytketään I/O-moduuleihin, joissa on neljää erilaista pistetyyppiä. AO- ja DO- pisteet ovat ohjauspisteitä. AO-piste ohjaa toimilaitetta portaattomalla jänniteviestillä (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 74.). Tyypillinen esimerkki AO-pisteohjauksesta on venttiili, joka avautuu/sulkeutuu 0–10 V jännitevirran määrän mukaan. DO-piste on päälle/pois tyyppinen ohjaus, jolloin toimilaitte, esim. pumppu, kytkeytyy päälle, kun virta kulkee releen läpi ja sammuu, kun rele vaihtaa tilaa. DO-pisteellä pystytään ohjaamaan sekä 24 V että 230 V toimilaitteita ja kontaktoreja (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 73.).

DI- ja AI-pisteet ovat tulopisteitä, joiden kautta luetaan järjestelmän tilaa. DI-piste voi välittää esim. pumpun tilatiedon järjestelmälle, jolloin nähdään etävalvomosta, onko pumppu päällä vai ei. AI-pisteet välittävät mittaustietoja, eli lämpötilaa, painetta, hiilidioksidipitoisuutta yms. Tieto kulkee jänniteviestissä, joka muunnetaan muunnostaulukon avulla haluttuun yksikköön.

Usein I/O-pisteitä kutsutaan fyysisiksi pisteiksi erotuksena ohjelmallisista pisteistä, joita kutsutaan myös fiktiivisiksi pisteiksi. Ohjelmalliset pisteet luodaan keskusyksikköön tai pienislogiikkaan. Ohjelmallisia pisteitä käytetään paljon esim. mittauspisteiden yhteydessä. Niiden avulla arvioidaan mittaustietojen luotettavuutta, toimilaitteen toimivuutta ja voidaan ohjata prosessia. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 72–74).

Esimerkkinä ohjelmallisten pisteiden toiminnallisuudesta on, kun käyttöveden menoveden lämpötila on asetusravon kautta vakioitu. Prosessi pyrkii pitämään menoveden 58 °C asteessa, ja hälyttää jos menoveden lämpötila laskee alle x °C

asteen, sillä matala lämpötila aiheuttaa terveysvaaran. Menoveden asetusarvo ja alaraja on ohjelmoitu ohjelmallisiin pisteisiin.

3 JÄRJESTELMIEN INTEGROINTI

3.1 Integrointi

Nykyaikaisen rakennusautomaatiojärjestelmän täytyy selvitä yhä vaativammista ja moninaisemmista tehtävistä. Tämä luo tarpeen järjestelmien integroimiselle, sillä yhden järjestelmän toiminnallisuudet eivät välttämättä mahdollista kaikkia haluttuja toimintoja.

Järjestelmien integroinnilla tarkoitetaan järjestelmien yhteen liittämistä. Integraation tarkoitus on hyödyntää järjestelmän tuottamaa tietoa tai toimintaa tehokkaasti, eli integraatiossa tulee välttää saman tiedon tuottamista useammalla järjestelmällä. Integraatiossa on myös tärkeää huomioida järjestelmän käytettävyys, ylläpito ja muunneltavuus. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 110.)

Väylätason integroinnissa käytetään tiedonsiirtoprotokollaa, jonka molemmat osapuolet tuntevat. Yleisesti käytettyjä kenttäväyläprotokollia ovat BACnet, Modbus ja KNX. Kun käytetään standardiin perustuvaa protokolla, voidaan yhdistää usein eri laitevalmistajien laitteita. I/O-tason integraatioon verrattuna etuina on väyläkaapeloinnin yksinkertaisuus sekä laajempi tietotyypivalikoima. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 112.)

3.2 Integroinnin hyödyt ja haitat

Parhaimmillaan integraatiolla voidaan poistaa päällekkäisiä laitteita ja toimintoja, joka laskee investointi- ja käyttökustannuksia sekä lisätä järjestelmän automatisia toimintoja ohjaamalla osajärjestelmää toisen osajärjestelmän tiedoilla. Myös osajärjestelmien yhdistäminen samaan käyttöliittymään helpottaa järjestelmien hallintaa kokonaisuutena. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 109.)

Integraatio voi kuitenkin myös luoda riskejä. Järjestelmän testaaminen on monimutkaisempaa ja saattaa vaatia useamman ohjelmiston käyttöä. Eri järjestelmien välisten riippuvuuksien ymmärtäminen voi olla haastavaa, sekä esim. vikatiedot eivät välttämättä välitykään järjestelmästä toiseen. Myös järjestelmän tietoturva

voi heikentyä, kun integraatiossa avataan järjestelmien välistä kommunikaatiota varten verkkoliikennettä. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 109. 117.)

Integraatiossa on tärkeää ymmärtää täysin, mihin integraatio vaikuttaa, miten järjestelmä toimii häiriötilanteessa sekä aiheuttaako integraatio poikkeustilanteita. Täytyy myös varmistaa mitä tapahtuu, jos järjestelmien välinen kommunikaatio katkeaa. Eli miten järjestelmä toimii, kun tarvittavia tietoja ei ole saatavilla. Hyvän tietoturvan varmistamiseksi integraatiota varten avataan mahdollisimman rajatut oikeudet järjestelmään ja verkkoon. (Piikkilä, V. Liedes, R 2018, 118.)

4 LAITTEET

4.1 AS-P automaatiopalvelin

AS-P-automaatiopalvelin on tehty ohjaamaan I/O-moduuleja sekä valvomaan ja hallitsemaan kenttäväylälaitteita. Se on tehokas ja monipuolinen palvelin, joka voi toimia myös itsenäisesti.

AS-P-automaatiopalvelin on BACnet-laitteiden kanssa yhteensopiva ja se käyttää standardina TCP/IP-tiedonsiirtokäytäntöä. AS-P-automaatiopalvelimen ohjelmointiin on kaksi vaihtoehtoa, Script ja Function Block-ohjelmointi. (Schneider Electric 2024.)

4.2 RP-C-säädin

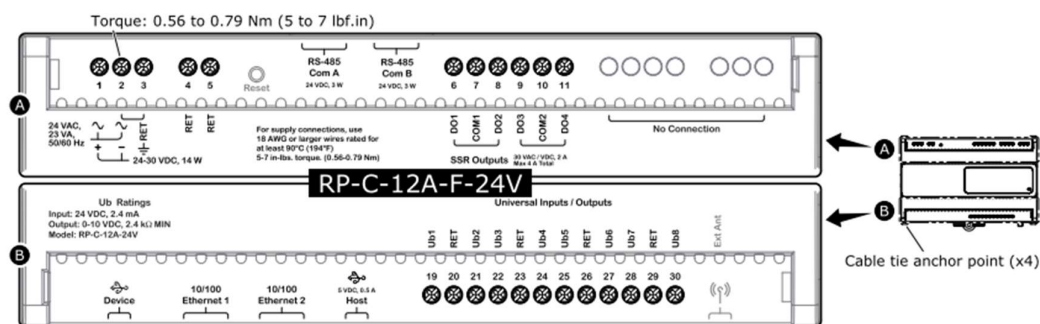
RP-C-säädin on vapaasti ohjelmoitava BACnet/IP-huonesäädin, johon voidaan liittää muita moduuleja toiminnallisuuksien lisäämiseksi. RP-C-säätimellä ohjataan huoneilmaa, mutta sitä voidaan käyttää myös esimerkiksi valaistuksen ohjaamiseen lisämoduulilla. RP-C-säädintä voidaan käyttää itsenäisesti, yhdessä AS-P-palvelimen kanssa tai se voidaan integroida Schneider Electricin omaan kiinteistönhallintajärjestelmään tai kolmannen osapuolen järjestelmään. (Schneider Electric 2024. AS-P)

RP-C-säätimien käyttökohteet ovat tyypillisesti isot kiinteistöt kuten toimistorakennukset, hotellit ja terveydenhuoltolaitokset. Säädin soveltuu esimerkiksi puhallinkonvektoreille, jäähdytyspalkeille ja muille vastaaville päätelaitesovelluksille. (Schneider Electric 2024. RP-C)

RP-C-säätimen yleistulo ja -lähtöpisteisiin voidaan liittää digitaalisia tulopisteitä, pulssimittauksia, analogisia 0–10 V tulo- ja lähtöpisteitä ja lämpötilamittauksia, eli DI-, AI- ja AO-pisteitä. DO-pisteitä ei voida liittää yleispisteisiin, joten niille on omat lähdöt huonesäätimessä. Tulo- ja lähtöpisteiden määrä riippuu RP-C:n mallista. (Schneider Electric 2024. Datasheet)

RP-C-säätimessä voi myös olla kahdenlaisia DO-pisteitä, niin sanottuja kovan sähkön pisteitä, että pienjännitesähköllä ohjattavia pisteitä, riippuen laitteen mallista. Kovan sähkön pisteisiin liitetään 230 V sähkönsyöttö, pienjännitesähköllä ohjattavat pisteet toimivat 24 V sähkönsyötöllä. Yleensä esim. ulkovalojen ohjaukseen tarvitaan 230 V ohjaussähköä.

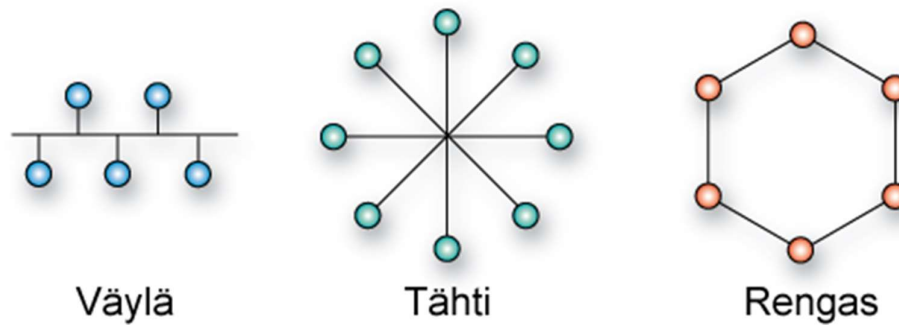
Kuvassa 1 on esimerkki RP-C-säätimestä, mallista riippuen I/O-pisteiden määrä vaihtelee. Laitteessa I/O-pisteet sijaitsevat aina oikealla, tiedonsiirtokytkenät ja virransyöttö vasemmalla puolella.



Kuva 1. Schneider RP-C-12A-F huonesäädin

Tiedonsiirto RP-C-säätimestä voidaan toteuttaa joko Ethernet- tai RS-485-yhteydellä. RS-485-yhteys käyttää tiedonsiirtoprotokollana MS/TP:tä, Ethernet TCP/IP-protokollaa. RP-C-säätimessä on kaksi paikkaa molemmille tiedonsiirtotavoille, joka mahdollistaa huonesäätimien yhdistämisen väylätopologialla toisiinsa. Kuvassa 2 on esitelty kolme erilaista verkkotopologian rakennetta. Väylätopologiassa laitteet ovat ketjutettu toisiinsa ja yhdistyvät viimeisestä laitteesta muuhun järjestelmään.

Verkkotopologiat



Kuva 2. Tiedonsiirron verkkotopologiat

4.3 FX-3000-C

FX-3000-C on Fidelixin keskusyksikkö (kuva 3), joka ohjaa rakennusautomaatiojärjestelmää. Keskusyksikköön voidaan liittää Modbus- ja BACnet sarjaväylät. Yksikössä on kolme LAN-puolen liitäntää, jotka mahdollistavat laitteiden liittämisen keskusyksikköön BACnet IP-yhteydellä. Jos keskusyksikköön halutaan liittää Modbus-laitteita tai BACnet MS/TP-yhteydellä, täytyy yksikköön liittää lisäkortti, jolla portit 4 ja 5 voidaan ottaa käyttöön. Keskusyksikön 3 porttiin liitetään RS-485 yhteydellä I/O-moduulit.



Kuva 3. FX-3000-C keskusyksikkö

Grafiikat luodaan keskusyksikköön FX-Editor-ohjelmistolla, jota voidaan hyödyntää myös keskusyksikön ohjelmoinnissa. Fidelixin keskusyksikön ohjelmoinnissa käytetään kuitenkin usein OpenPCS-ohjelmistoa. Ohjelmointikieli on Strukturoitu teksti, eli ST-kieli, joka perustuu IEC 61131-3-standardin tukemaan kieleen. FX-Editorin kautta voidaan syöttää myös tiedot I/O-pisteistä ja tuoda halutut tiedot näkyviin grafiikalle. (Fidelix 2024.)

5 BACNET TIEDONSIIRTOPROTOKOLLA

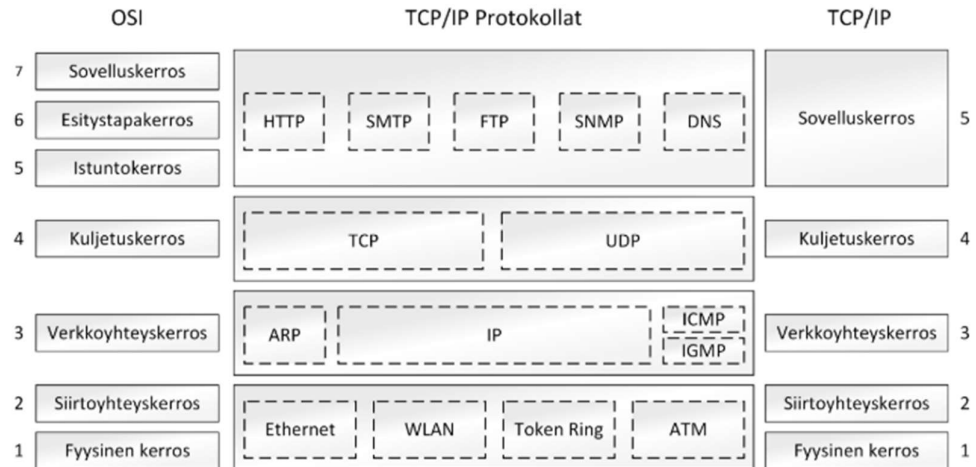
Tässä työssä laitteiden väliseen tiedonsiirtoon on käytetty BACnet/IP-protokollaa. Se on avoin tietoliikenneprotokolla, jota monien eri laitevalmistajien laitteet tukevat. Protokolla eli yhteyskäytäntö tarvitaan, jotta hajautetun järjestelmän osapuolet ymmärtävät toisiaan. BACnet TCP/IP -protokollassa jokaiselle laitteelle annetaan oma IP-osoite ja sisäverkkoon määritellään oma osoiteavaruus (Piikkilä & Sahlstén 2017, 126).

5.1 BACnet

BACnet lyhennetään sanoista Building Automation and Control Network. Se on maailmanlaajuinen tietoliikennestandardi rakennusautomaatio ja -ohjausverkkoihin, jota voidaan hyödyntää kiinteistöautomaation tarpeisiin. BACnet mahdollistaa laitteiden ja järjestelmien yhdistelemisen toimittajasta riippumatta, sillä BACnet yhteensopivat laitteet käyttävät samaa kommunikointikieltä. (BACnet International 2024.)

BACnet-protokollan on kehittänyt ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ja sen työstäminen aloitettiin vuonna 1987. Se luotiin vastaamaan tarpeeseen kustannustehokkaasta tavasta integroida eri järjestelmät yhdeksi yhtenäiseksi automaatio- ja ohjausjärjestelmäksi. BACnet julkistettiin vuonna 1995 ja vuonna 2003 se hyväksyttiin kansainväliseksi ISO-standardiksi. (Big EU 2024.)

BACnet perustuu neljän toimintakerroksen rakenteeseen, jotka ovat fyysinen-, siirtoyhteys- verkko- ja sovelluskerros OSI-mallin mukaan (Piikkilä & Sahlstén 2017, 127). Kuviossa 3 on esitelty kaikki 7 OSI-mallin kerrosta, joista BACnet käyttää edellä mainittuja.

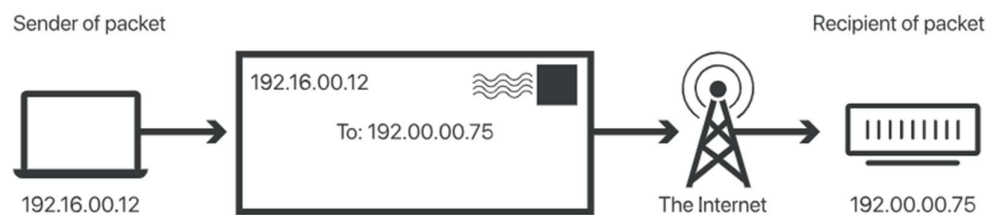


Kuvio 3. OSI-viitemallin ja TCP/IP-viitemallin välinen riippuvuus sekä TCP/IP-protokollapino (Kaurto 2018, 17).

BACnet-verkkoon liitettävät laitteet mallinnetaan objekteina, jotka koostuvat joukosta ominaisuuksia (properties). Objekteja voivat olla esim. I/O-pisteet. (Piikkilä & Sahlstén 2017, 125–126.)

5.2 IP-osoite

Internet-protokolla on kehitetty Ethernet-verkossa tehtävää tiedonsiirtoa varten laitteiden välille. Jokainen internetiin kytkettävä laite saa oman IP-osoitteen, joka mahdollistaa datapakettien siirtämisen verkon yli oikeaan määränpäähän. Kuvassa 4 havainnollistetaan, kuinka tiedonsiirto IP-osoitteiden avulla toimii. IP-tieto liitetään jokaiseen datapakettiin, joka mahdollistaa reititintä lähettämään paketit määränpäähensä.



Kuva 4. Havainnollistus IP-osoitteen toiminnasta

IP-protokollan kanssa käytetään siirtoprotokollaa, joista yleisimmät ovat TCP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) ja UDP (User Datagram Protocol). Siirtoprotokollaa tarvitaan datapakettien määränpäässä tiedon käsittelyyn. TCP varmistaa, että vastaanotetut tiedostot saapuvat oikeassa järjestyksessä. UDP on nopeampi tiedonsiirrossa, mutta se ei varmista, että tiedot ovat vastaanotettu ja oikeassa järjestyksessä. (Cloudflare 2024.)

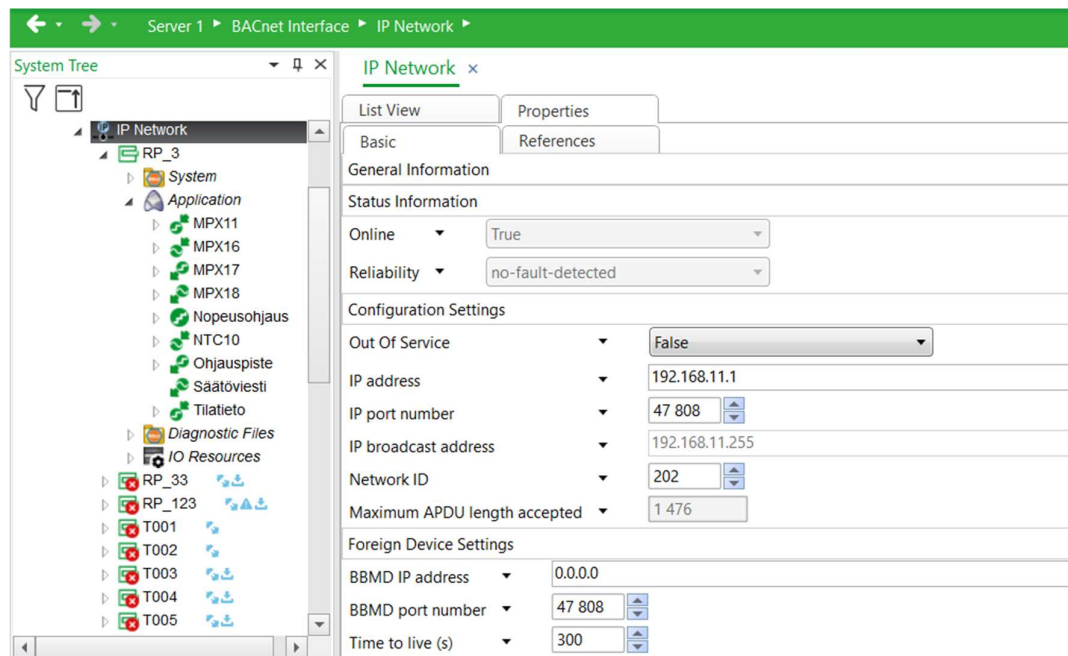
6 KÄYTÄNNÖN SOVELLUKSEN TOTEUTUS

6.1 Sovelluksen toteutus

Sovelluksen testaus toteutettiin yrityksen tiloissa. Alkutilanteessa RP-C yhdistettiin AS-P-automaatiopalvelimeen Ethernet-yhteydellä. AS-P-automaatiopalvelin on yhdistetty yrityksen lähiverkkoon, joten Schneiderin Workstation-työkalulla pystyttiin aloittamaan RP-C:n isännöiminen AS-P:llä. Tämä mahdollistaa RP-C:n tietojen muokkaamisen, eli antamaan RP-C:lle ID-tunnuksen, vaihtamaan IP-osoitteen Fidelixin keskusyksikön mukaiseksi sekä luomaan halutut I/O-pisteet.

6.1.1 Alkuvalmistelut

RP-C:n IP-osoitetiedot vaihdettiin IP Network välilehdeltä (kuva 5), josta vaihdettiin IP address, sekä IP port number ja BBMD port number. IP-osoite vaihdettiin Fidelixin keskusyksikön mukaiseksi, jotta säädin on löydettävissä helpoiten, kun laitteen isännöitsijäksi vaihdetaan Fidelixin keskusyksikkö.



Kuva 5. IP-osoitteen asetukset

Kun valmistavat toimet RP-C:lle oli tehty, ladattiin tiedot RP-C:n muistiin, poistettiin se AS-P:n alaisuudesta ja lopetettiin isännöinti. Jotta RP-C:n irrotus AS-P-automaatiopalvelimen alaisuudesta onnistuu ongelmitta, täytyy RP-C:n ja AS-P käyttöjärjestelmien olla yhtä uusia. Jos toisessa laitteessa on uudempi käyttöjärjestelmä, tietojen lataaminen RP-C:lle epäonnistuu. Tämän jälkeen RP-C kytkettiin Ethernet-kaapelilla Fidelixin keskusyksikköön (kuva 6).



Kuva 6. Fidelixin keskusyksikkö ja RP-C yhdistettynä Ethernet-kaapelilla

6.1.2 BACnet-yhteyden aktivointi Fidelixissä

Fidelixin keskusyksikköön kirjaututtiin tietokoneella yksikön paikallisverkon kautta. Järjestelmän asetuksista aktivoitiin BACnet-toiminnallisuus ja IP-osoitteet välilehdeltä vaihdettiin BACnet-yhteys käyttöön paikallisverkossa, johon RP-C kytkettiin Ethernet-kaapelilla. Kuvissa 7 ja 8 järjestelmän välilehdet, joista BACnet-asetuksia hallinnoidaan.

Hälytykset

Asetukset

IP osoitteet

- Suomi
- English
- Swedish
- Dutch
- French
- Russian
- German
- Italian

Korjaa

IP osoitteet

Ulkoverkon (WAN) asetukset, reitittimen portti 4

DHCP käytössä

IP osoite Bacnet

Oletusyhdykäytävä (gateway)

Nimipalvelin (DNS)

MAC osoite

Internet connection

Paikallisverkon (LAN) asetukset, reitittimen portit 1,2,3

IP osoite Bacnet

Oletusyhdykäytävä (gateway)

MAC osoite

Internet connection

Langattoman verkon (WiFi) asetukset

Käytössä

IP osoite

Verkon nimi

Salausavain Näytä avain

MAC osoite

4g/3g (WWAN) settings

Preferred mode Auto 4g 3g Disable

APN

Pincode

Healthcheck destination

IP address

Kuva 7. IP-osoitteen asetukset

Hälytykset

Asetukset

Aktivoinnit

- Suomi
- English
- Swedish
- Dutch
- French
- Russian
- German
- Italian

Korjaa

Ominaisuuksien aktivointi

Fx perusohjelmisto

Tuotekoodi F-dbf6-db06-2bf1-dc98-77d6-05e2

Aktivointiavain af2a52.12.30 Tuoteaktivointi Ok

INU I/O moduilit

Tarpeellinen vain kun ala-asemaan on liitetty INU I/O moduleita.

Tuotekoodi N-be93-be63-4e94-b9fd-12b3-1787

Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

EcoSmart energian säästö

Tuotekoodi A-6449-64b9-944e-6327-c869-005d

Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

Bacnet Toiminnallisuus

Tuotekoodi B-b29f-b26f-4298-b5f1-1ebf-038b

Aktivointiavain f1ae61.12.30 Tuoteaktivointi Ok

Modbus server

Tuotekoodi M-daf7-da07-2af0-dd99-76d7-1ce3

Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

Sisäinen Tosibox

Tuotekoodi T-cae7-ca17-3ae0-cd89-66c7-35f3

Aktivointiavain Tuoteaktivointia ei ole tehty

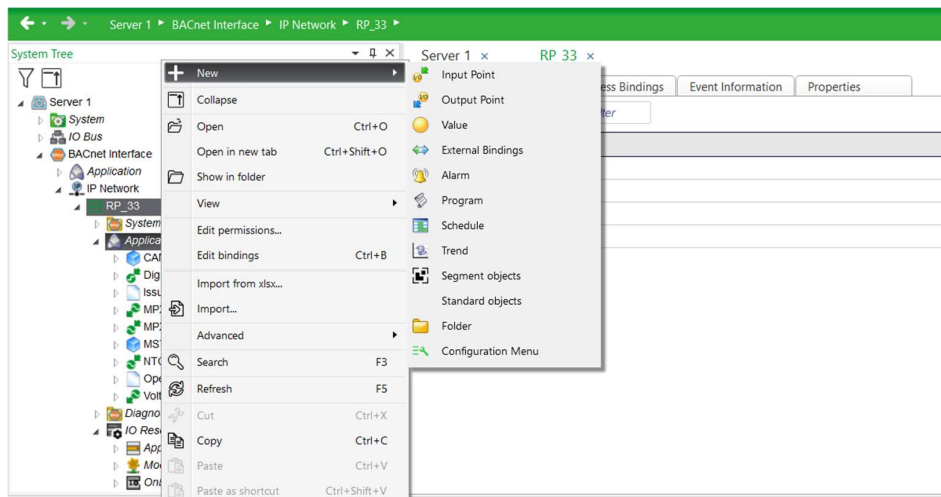
Kuva 8. BACnet-toiminnallisuuden aktivointi

BACnet laiteasetukset täytyi myös aktivoida Järjestelmäasetukset-välilehdeltä (kuva 9), sekä antaa keskusyksikölle BACnet ID. Keskusyksikön ja RP-C:n ID täytyy olla eri, jotta RP-C löytyy pisteitä yhdistäessä.

Kuva 9. Keskusyksikön BACnet laiteasetukset

6.2 RP-C-säätimen I/O-pisteet

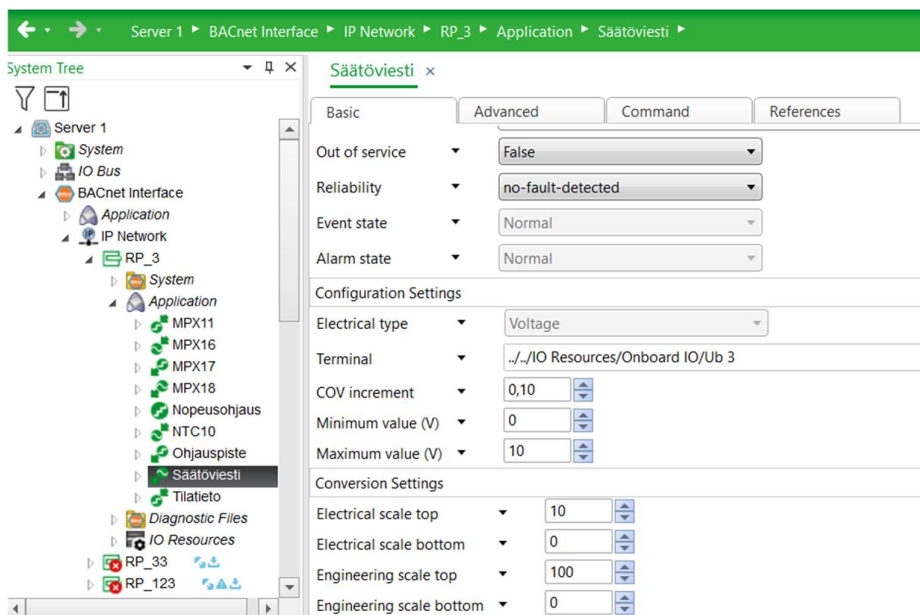
RP-C-säätimen luotiin halutut I/O-pisteet Schneiderin Workstation-työkalulla, RP-C:n ollessa AS-P-palvelimen alaisuudessa. Pisteitä luotiin 4 erilaista, indikointi, ohjauspiste, mittauspiste ja säätöpiste. Kuvassa 10 on esillä valikko, josta pisteiden luominen aloitetaan.



Kuva 10. I/O-pisteiden luomisen aloitusvalikko

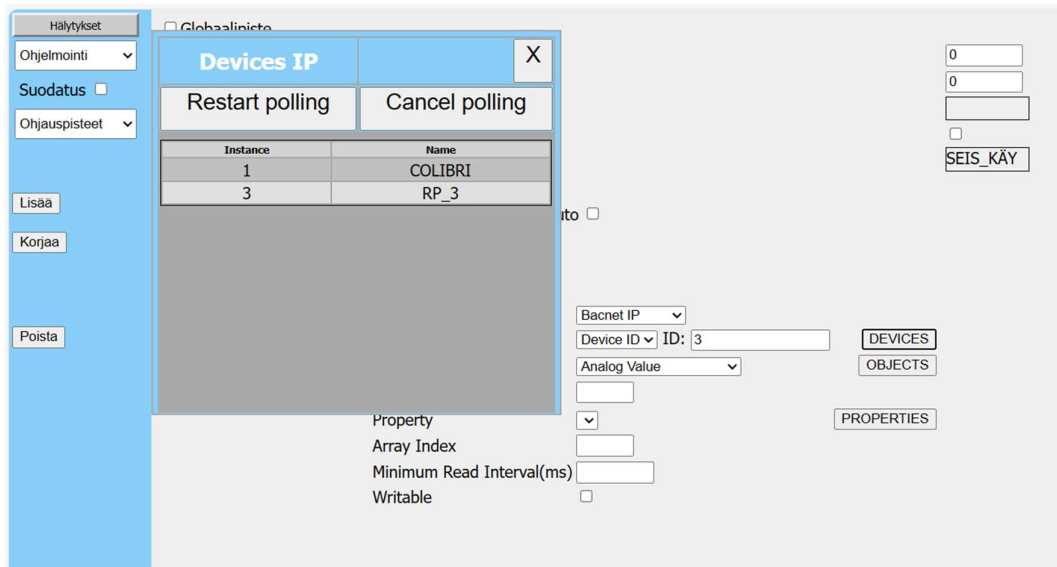
Fyysisille pisteille määriteltiin paikat, joihin ne kytketään RP-C:ssä. Indikointi, mitauspiste ja säätöpiste kytketään yleistulo ja -lähtöpaikoille, ohjauspiste kytketään DO-pisteeseen.

Pisteiden luomisen jälkeen niiden asetuksia vielä muokattiin yksitellen. Mittauspisteeseen määritettiin anturin tyyppi, minimi ja maksimi jänniteviesti. Kuvassa 11 on AO-pisteen asetukset, josta muokattiin minimi ja maksimi jänniteviesti sekä skaalaus. Jos esim. Engineering scale on virheellinen, skaalautuu säätöviesti virheellisesti järjestelmään.



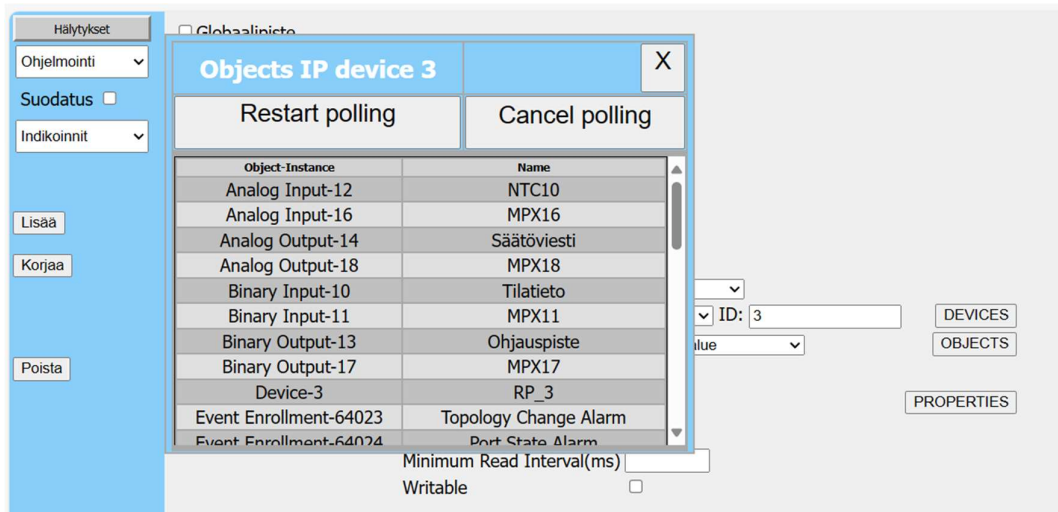
Kuva 11. AO-pisteen asetukset

Fidelixin puolella RP-C:n pisteet täytyy luoda järjestelmään ohjelmointi välilehdeltä. Pistettä luodessa se tehdään External Bacnet Objectksi, jonka jälkeen päästään valitsemaan Bacnet-yhteyden protokolla IP tai MS/TP. RP-C etsitään laitteen ID:n avulla ja Fidelixissä luotu piste liitetään vastaavaan pisteeseen RP-C:ssä. Kuvassa 12 näkyvillä on valikko, jossa on järjestelmään liitetyt BACnet-laitteet. Ensimmäinen laite on keskusyksikkö ja toinen laite on järjestelmään liitetty RP-C.



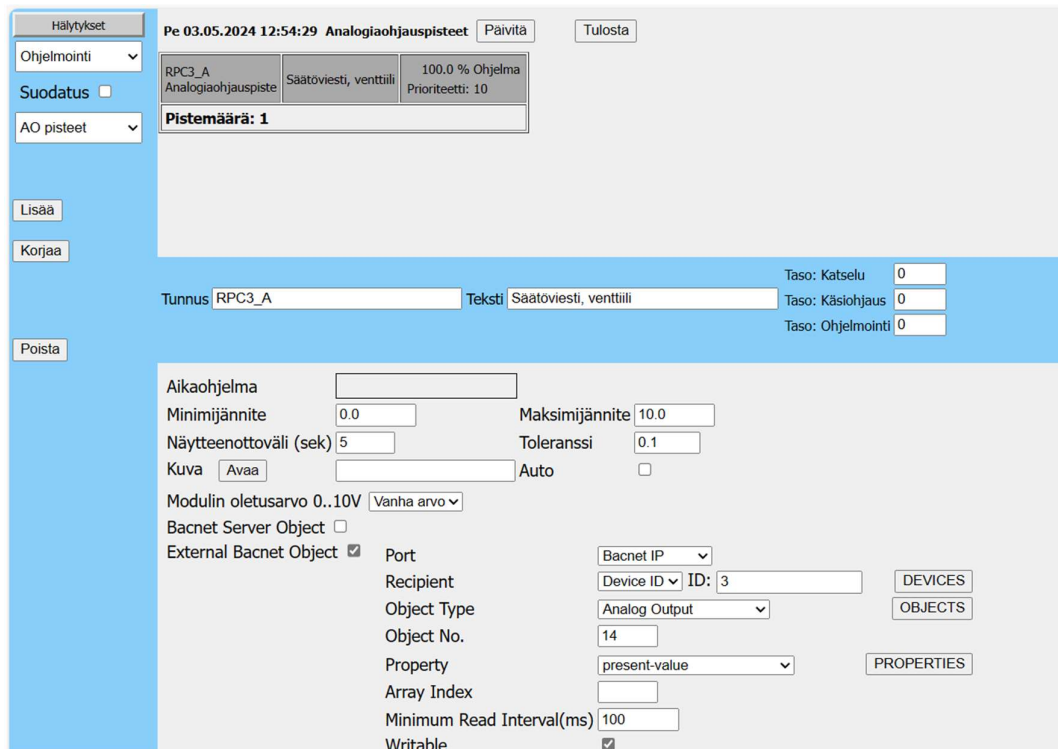
Kuva 12. BACnet-laitteiden valikko

Jos pisteitä ei ole luotu valmiiksi RP-C:lle, ei kuvassa 13 olevassa taulukossa ole pisteitä, joihin pisteet voitaisiin liittää. Pisteiden luonti ei onnistu RP-C:lle Fidelixin puolelta. Valintaluettelosta valitaan piste, johon Fidelixin puolella tehty piste halutaan liittää.



Kuva 13. Pisteiden valintaluettelo

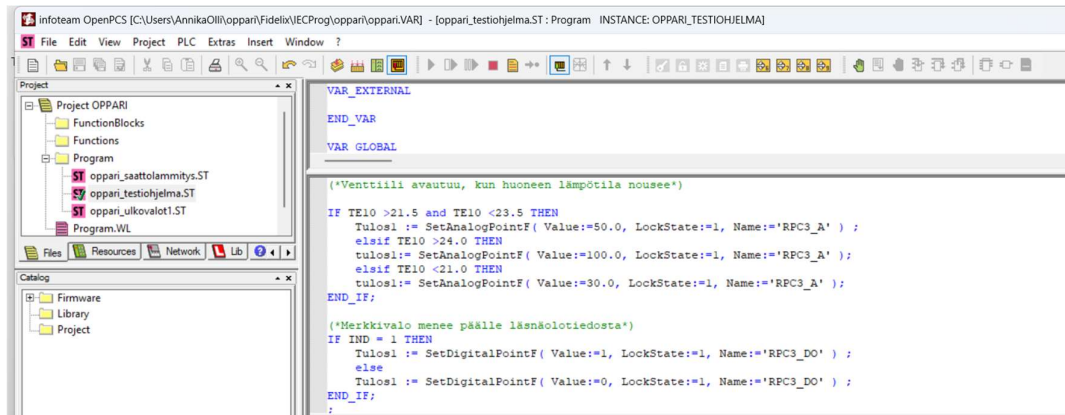
Samoin kuin aiemminkin, pisteitä luodessa määritellään niiden tyyppi, eli onko ne indikointi, mittaus-, ohjaus vai säätöpisteitä. Lisäksi ohjaus- ja säätöpisteeseen täytyy merkitä, että ne ovat kirjoitettavia pisteitä, eli writable, jotta ohjelma pystyy ohjaamaan toimilaitteita. Kuvassa 14 on säätöpiste, joka on liitetty RP-C:n pisteeseen. Property kohtaan valitaan present-value, jolloin toimilaitteen sen hetkinen tila välitetty Fidelix-järjestelmään.



Kuva 14. Säätöpiste liitettynä RP-C:n pisteeseen

6.3 Ohjelmointi

Kun RP-C ja I/O-pisteet on liitetty Fidelixin keskusyksikköön, voidaan I/O-pisteitä ohjelmoida normaalilla tavalla Fidelixin ohjelmointikielellä. Testausta varten tehtiin ohjelma, joka käyttää kaikkia luotuja pisteitä. Ohjelma (kuva 15) ladattiin keskusyksikköön ja sen jälkeen testattiin, että ohjelma toimii halutulla tavalla.



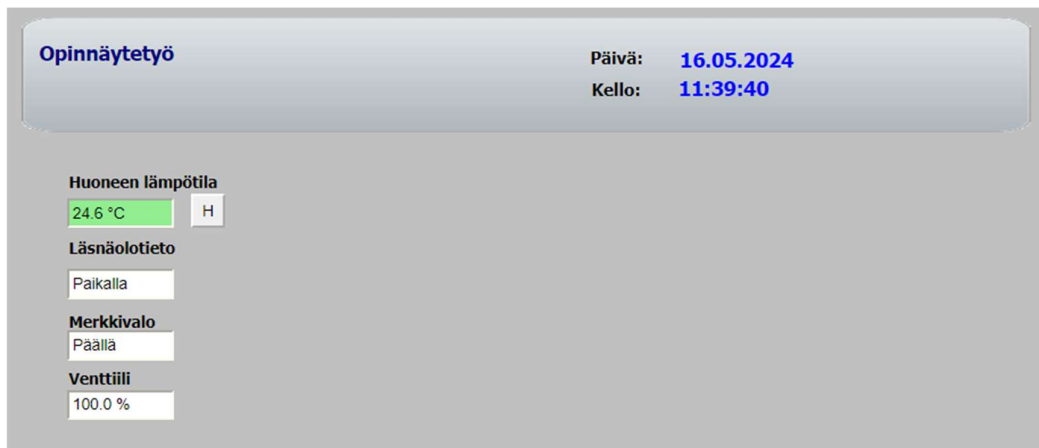
```

infoteam OpenPCS [C:\Users\AnnikaOlli\oppari\Fidelix\IECProg\oppari\oppari.VAR] - [oppari_testiohjelma.ST : Program INSTANCE: OPPARI_TESTIOHJELMA]
File Edit View Project PLC Extras Insert Window ?
Project
  Project OPPARI
    FunctionBlocks
    Functions
    Program
      oppari_saattolammitus.ST
      oppari_testiohjelma.ST
      oppari_ulkovalot1.ST
      Program.WL
Files Resources Network Lib
Catalog
  Firmware
  Library
  Project
VAR_EXTERNAL
END_VAR
VAR_GLOBAL
(*Venttiili avautuu, kun huoneen lämpötila nousee*)
IF TE10 >21.5 and TE10 <23.5 THEN
  Tulos1 := SetAnalogPointF( Value:=50.0, LockState:=1, Name:='RPC3_A' );
elseif TE10 >24.0 THEN
  Tulos1:= SetAnalogPointF( Value:=100.0, LockState:=1, Name:='RPC3_A' );
elseif TE10 <21.0 THEN
  Tulos1:= SetAnalogPointF( Value:=30.0, LockState:=1, Name:='RPC3_A' );
END_IF;
(*Merkkivalo menee päälle läsnäolotiedosta*)
IF IND = 1 THEN
  Tulos1 := SetDigitalPointF( Value:=1, LockState:=1, Name:='RPC3_DO' );
else
  Tulos1 := SetDigitalPointF( Value:=0, LockState:=1, Name:='RPC3_DO' );
END_IF;
;

```

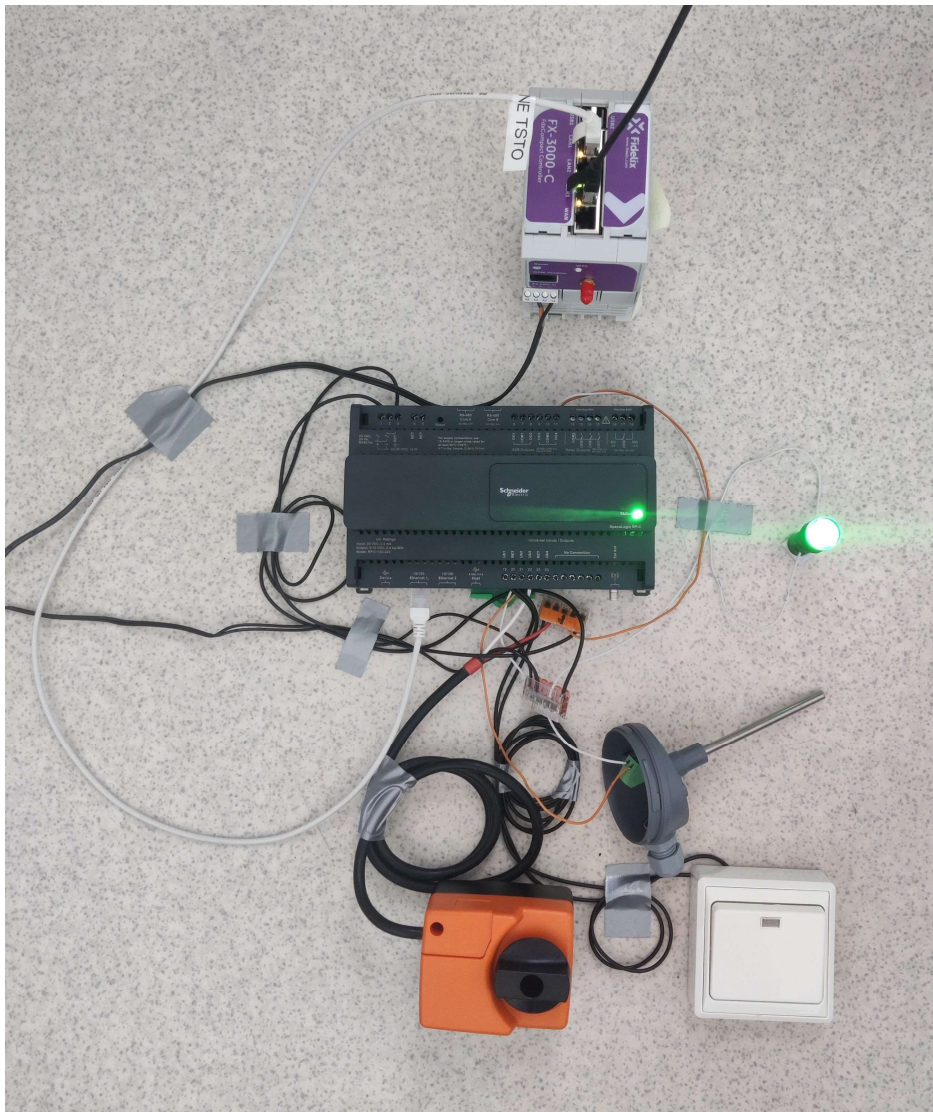
Kuva 15. Ohjelma OpenPCS:ssä

RP-C:hen kytkettiin lämpötilamittari, säätöventtiili, tilatietokytkin sekä merkkivalo. Ohjelmaan kirjoitettiin, että venttiili säätyy lämpötilan mukaan ja merkkivalo palaa tilatiedon mukaan. Toimilaitteet havainnollistavat toimintaa, joten virheiden huomaaminen helpottui järjestelmää testatessa toimilaitteiden avulla. Myös grafiikalle (kuva 16) tuotiin näkyviin toimilaitteiden tila.



Kuva 16. Grafiikkakuva

Järjestelmää testatessa huomattiin esim. virheellinen skaalaus säätöviesti-pisteessä, kun venttiili ei jäänyt puoliksi auki ollenkaan. Fidelix-järjestelmä ilmoittaa BACnet-virheestä, kun laitteiden yhteys katkeaa, mutta ei ilmoita anturivikaa, jos anturia ei ole kytketty RP-C-säätimeen. Kun NTC10 lämpötila-anturi irrotettiin kytkentäpaikastaan, järjestelmä ilmoittaa mittaustulokseksi $-62,5\text{ °C}$ astetta. Järjestelmän alarajahälytyksellä voidaan kuitenkin varmistaa, että mittaustulokset ovat mittausalueen sisällä, jota kautta anturin vikaantuminen voidaan huomata. Kuvassa 17 on toimilaitteet kytkettynä RP-C:hen.



Kuva 17. Toimilaitteet kytkettynä RP-C:hen

Toimilaitteiden kytkentäpaikat määritellään Schneiderin Workstationilla, eikä niitä voi muuttaa Fidelix-järjestelmän puolelta. RP-C-säätimeen voi kuitenkin ottaa yhteyden Building Commission-sovelluksella IP-verkon kautta ja varmistaa kytkentäpaikat, jos niitä ei ole muistanut dokumentoida alkuvalmisteluiden yhteydessä. Silloin RP-C:tä ei tarvitse yhdistää takaisin AS-P-automaatiopalvelimen alaisuuteen.

7 POHDINTA

Järjestelmien integroiminen yhteen onnistui. Fidelixin keskusyksiköllä pystyttiin ohjaamaan kaikkia I/O-pisteitä sekä seuraamaan niiden tilaa Fidelixin valvomosta. BACnet-yhteydellä tiedonsiirto integraatiossa onnistuu helposti. TCP/IP-protokolla on käytettävyydeltään helppo ja Ethernet-kytkentä laitteiden välillä vaioton.

Integraation heikkous on kuitenkin se, että I/O-pisteitä ei voi lisätä RP-C-säätimeen sen jälkeen, kun RP-C on irrotettu AS-P automaatiopalvelimen isännöinnistä. Pisteet täytyy siis tehdä kerralla oikein RP-C-säätimeen, jotta sitä ei tarvitse liittää takaisin AS-P:n alaisuuteen muokkauksia varten.

Myöskään I/O-pisteiden muokkaus ei onnistu ilman, että RP-C-säädintä liitettäisiin takaisin AS-P:n alaisuuteen. Esimerkiksi lämpötila-anturien tyyppi on määriteltävä valmiiksi alkuvalmisteluissa, jolloin jos anturityyppi onkin eri kuin on oletettu, täytyy muokkaus tehdä suoraan RP-C:n pisteeseen Workstation-työkalulla. Mittauspisteiden tulosta ei onnistunut muuntaa Fidelixin puolella muunnostaulukolla.

Tässä sovelluksessa ei RP-C:n pienoislogiikka hyödynnetty ollenkaan, vaan ohjaus tapahtui Fidelixin keskusyksikön kautta. Jos yhteys laitteiden välillä katkeaa, ei RP-C siis enää toteuta ohjelman mukaisia säätöjä, vaan I/O-pisteet jäävät siihen tilaan, johon ne on asetettu yhteyden katketessa. Tällaista tilannetta varten voisi olla mahdollista, että RP-C:hen ohjelmoitaisiin ohjelma Workstationin puolella, jota RP-C alkaa suorittamaan, jos yhteys keskusyksikköön katkeaa.

Integraation toteuttaminen eri järjestelmien välillä vaatii työntekijältä laajemmat ohjelmistotaidot, kun täytyy käyttää eri toimittajien ohjelmistoja. Jos ohjelmistotaidot ovat jommankumman järjestelmän osalta puutteelliset, voi se hidastaa ja vaikeuttaa projektia enemmän kuin mitä integraatiosta voitaisiin saada hyötyä. Itselläni ei ollut aikaisempaa kokemusta Schneiderin ohjelmointityökalun käytöstä, joten työn toteuttaminen opetti uusia ohjelmistotaitoja.

Rakennusautomaation elinkaari on lyhyempi kuin rakennuksen, joten rakennusautomaation saneeraukset ovat hyvin yleisiä. Myös tekniikka kehittyy ja monipuolistuu, joten on hyvä tutkia ristiinkäytön mahdollisuuksia.

RP-C-säädin on hyvä, monipuolinen laite, jota voidaan käyttää I/O-moduulina Fidelixin järjestelmän kanssa. Se on halvempi vaihtoehto kuin Fidelixin I/O-modulit, ja tiedonsiirto on helppoa väyläyhteydellä. RP-C:hen saa myös yhdistettyä enemmän I/O-pisteitä kuin useimpaan TC-huonesäätimeen.

Tätä sovellusta voitaisiin hyödyntää mielestäni kohteessa, jossa on jo Fidelixin-järjestelmä, mutta huonesäätimiä halutaan lisätä, eikä TC-huonesäädin riitä kaikkia mitattavia/säädettäviä parametrejä varten. Silloin voitaisiin valita RP-C TC-huonesäätimen tilalle.

Jatkotutkimuksena voisi tutkia, kuinka RP-C toimii pienoislogiikkana Fidelixin järjestelmän alla. Silloin RP-C:hen ohjelmoitaisiin oma ohjelma sen ollessa AS-P:n alaisuudessa ja isännöinnin vaihdettua Fidelix-järjestelmään, tuotaisiin tiedot näkyviin grafiikalle, jotta prosessia voidaan seurata. Parantaisiko se RP-C:n hyötyjä järjestelmässä vai hankaloittasiko se järjestelmän hallintaa?

LÄHTEET

BAC-net International 2024. About BACnet. Viitattu 5.2.2024
<https://bacnetinternational.org/about/>

Big EU. A Brief History of BACnet. Viitattu 5.2.2024
<https://www.big-eu.org/history/>

Cloudflare 2024. What is the Internet Protocol? Viitattu 14.2.2024
<https://www.cloudflare.com/learning/network-layer/internet-protocol/>

DDC-Tekniikka 2024. Rakennusautomaation edelläkävijä. Viitattu 7.2.2024
<https://ddc-tekniikka.fi/yrittys/>

Fidelix 2024. FX-3000-C. Viitattu 7.2.2024
<https://www.fidelix.com/fi/tuotteet/fx-3000-c/>

Härkönen, P. Mikkola, J. Piikkilä, V. Sahala, A. Sahlstén, T. Sandström, B. Sirviö, A. Spangar, T. & Sulku, J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo oy.

Härkönen, P. Liedes, R. Mikkola, J. Piikkilä, V. Pusa, K. Sahala, A. Sahlstén, T. Sandström, B. Sirviö, A. Spangar, T. & Sulku, J. 2018. Rakennusautomaatiojärjestelmän rakenne. Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo oy.

Kaurto, A. 2018. Ethernet-pohjaisten automaatioverkkojen reaaliaikainen kunnonvalvonta. Automaatiotekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö. Viitattu 18.04.2024
<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/26818/Kaurto.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

Schneider Electric 2024. AS-P-Automaatiopalvelin. Viitattu 6.3.2024
<https://www.se.com/fi/fi/product-range/106275233-spacelogic-asp-automatiopalvelin/#overview>

Schneider Electric 2024. RP-C-kontrolleri. Viitattu 6.3.2024
<https://www.se.com/fi/fi/product-range/66378-spacelogic-rpc-kontrolleri/?parent-subcategory-id=104130293&filter=business-2-kiinteist%C3%B6nhallinta-ja-turvallisuusratkaisut#overview>

Schneider Electric 2024. Datasheet. Viitattu 8.4.2024
[tmp_Ty2rhj \(schneider-electric.com\)](tmp_Ty2rhj (schneider-electric.com))

Piikkilä, V. & Sahlstén, T. 2017. Järjestelmien rakenne. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo: Sähköinfo oy.