



Rakennusautomaatiojärjestelmän pilvivalvomo

Lassi Niemenmaa

OPINNÄYTETYÖ
Huhtikuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

NIEMENMAA, LASSI:
Rakennusautomaatiojärjestelmän pilvivalvomo

Opinnäytetyö 38 sivua
Huhtikuu 2019

Tässä opinnäytetyössä kehitettiin yritykselle omavarainen rakennusautomaatiojärjestelmän pilvivalvomoratkaisu. Omavaraisella ratkaisulla tarkoitetaan kokonaisuutta, jossa kaikki pilvivalvomoon liittyvät laitteet ja konfiguraatiot ovat yrityksen omassa hallinnassa ja seurannassa.

Pilvivalvomolla tarkoitetaan rakennusautomaatiojärjestelmän selainpohjaista käyttöliittymää, jonka käyttäminen on mahdollista pelkän Internet-yhteyden avulla. Erilaisten etähallintatarpeiden ja mahdollisuuksien lisääntyminen on kasvava trendi myös rakennusautomaatiossa. Pilvivalvomon käyttöjärjestelmänä käytettiin Tridiumin Niagara-käyttöjärjestelmää. Niagara-käyttöjärjestelmä mahdollistaa eri laitteiden ja järjestelmien integroimisen yhdeksi järjestelmäksi, jota voidaan hallita yhdestä rajapinnasta. Logiikkalaitteina käytettiin Trend Control Systemsin valmistamia logiikkalaitteita. Automaatiojärjestelmän tiedonsiirtoprotokollana käytettiin TrendIP-Networkia, joka käyttää TCP/IP-protokollaa.

Opinnäytetyössä toteutettiin asiakkaalle toimiva pilvivalvomo, johon on liitetty asiakkaan kymmenen eri kiinteistöä hallittavaksi yhdestä rajapinnasta. Huhtikuussa 2019 asiakkaan pilvivalvomo on ollut käytössä jo usean kuukauden. Asiakas on ollut tyytyväinen pilvivalvomom ominaisuuksiin, helppokäyttöisyyteen sekä helppoon muunneltavuuteen.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi hyvä, kustannustehokas ja kehityskelpoinen pilvivalvomoratkaisu, jota yritys käyttää ja soveltaa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Automation Technology

NIEMENMAA, LASSI:
Cloud Control of Building Automation System

Bachelor's thesis 38 pages
April 2019

The purpose of this thesis was to develop a self-sufficient cloud control solution for a building automation system. A self-contained solution means that all the cloud-related devices and configurations are controlled and monitored by the company alone.

Cloud control is a browser-based user interface for the building automation system, which can be accessed via an Internet connection. The increasing need for remote management systems and opportunities they offer is a growing trend in building automation also. The cloud control was operated via the Tridium Niagara operating system. Niagara enables the integration of different devices and systems into a single system. All of the logic devices used (in the system) were manufactured by Trend Control Systems. Trend IP Network, which uses the TCP/IP protocol, was used for communications in the automation system.

In this study the client's cloud control was connected to ten different buildings owned by the client and all individual building automation systems were connected to one interface. During the writing of this thesis the cloud control room had been in use for several months and the feedback was been positive. The customer has been satisfied with the features of the cloud control room, such as ease of use and easy modifiability.

As a result of this thesis the client company found a good, cost-effective and developable cloud control solution which is developed and used by the company.

Key words: building automation, cloud control, VPN, interface, integration

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1	MMTek Automation Oy.....	6
2	RAKENNUSAUTOMAATIO	8
2.1	RAU-Järjestelmä.....	8
2.2	Suora digitaalinen ohjaus.....	8
2.3	Järjestelmärakenne.....	9
3	PILVIVALVOMO	11
3.1	Edut.....	11
3.2	Heikkoudet.....	12
3.3	Protokollat.....	13
3.4	Virtuaaliset yksityisverkot	14
3.4.1	OpenVPN.....	15
4	KOKOONPANO.....	16
4.1	Palvelin	16
4.2	Reititin	17
4.3	Ohjelmisto.....	18
5	YHTEYKSIEN MÄÄRITTÄMINEN	19
5.1	Salaus- ja autentikointitiedostot.....	20
5.2	Reitittimet	21
5.3	PLC	23
5.4	HOST-laite.....	24
6	KÄYTTÖLIITTYMÄN TEKO.....	26
6.1	Hierarkia	26
6.2	Taso 1.....	27
6.3	Taso 2.....	28
6.3.1	Erillispisteet	30
6.3.2	Tilatiedot	31
6.3.3	Käsitkäytöt	31
6.3.4	Aikaohjelmat	31
6.4	Taso 3.....	32
6.4.1	Lämmitysverkko	33
6.5	Häilytykset	34
6.5.1	Ristiriita.....	34
6.5.2	Poikkeama.....	35
7	POHDINTA.....	36
	LÄHTEET.....	38

LYHENTEET JA TERMIT

TCP	Transmission Control Protocol. Tietoliikenneprotokolla.
PLC	Programmable Logic Controller. Ohjelmoitava logiikkaohjain.
VPN	Virtual Private Network. Virtuaalinen yksityisverkko.
DDNS	Dynamic Domain Name Server. Dynaaminen nimipalvelu.
RAU	Rakennusautomaatio
DDC	Direct Digital Control. Suora digitaalinen ohjaus. Järjestelmätyyppi.
ISP	Internet Service Provider. Internetin palveluntarjoaja eli operaattori.
VAK	Valvonta-alakeskus
vCNC	Virtual Communications Node Controller. Virtuaalinen kommunikointiportti PLC-laitteessa.
WAN	Wide Area Network. Laajaverkko.
IoT	Internet of Things. Asioiden ja esineiden Internet.
CPU	Central Processing Unit. Prosessori.
TLS/SSL	Transport Layer Security/Secure Sockets Layer. Standardi suojausmenetelmä Internetissä tapahtuvalle liikenteelle.
CA	Certification Authority. VPN-tunnelin autentikointitiedosto.
LTE	Long-Term Evolution. Neljännen sukupolven matkapuhelinverkko.
I/O	Inputs/Outputs. Tulot ja lähdöt.
TONN8	Trend Open Network Node. Trendin palvelin- ja integraatioalusta
V	Voltage. Voltti.
AC	Alternating Current. Vaihtovirta.
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol. Verkkoprotokolla, joka jakaa IP-osoitteet lähiverkon laitteille.

1 JOHDANTO

Nykypäivänä ilmastonmuutoksen ja sen aiheuttaman kehityssuunnan pakottamana energiatehokkuus on tullut yhä oleellisemmaksi osaksi rakennusten suunnittelussa, rakentamisessa ja hallinnassa. Euroopassa rakennukset kuluttavat jopa 40 % kaikesta energiasta (hms-networks, 2019). Tutkimusten mukaan energiankulutusta olisi mahdollista pudottaa jopa viidennes nykyisestä parantamalla säätöjen ja ohjauksien energiatehokkuutta (Harju, 2002). Rakennusautomaatio (RAU) on merkittävässä osassa, kun puhutaan kiinteistön energiankulutuksesta sekä sen hallinnasta. Laadukkaalla rakennusautomaatiojärjestelmällä ja sen oikeanlaisella käytöllä voidaan pienentää huomattavasti kiinteistön automaatiikalla ohjattavien laitteiden ja prosessien energiankulutusta kuten ilmastoinnin, lämmityksen ja valojen automaatiikkaa optimoimalla.

Yksinkertaisia säästötoimenpiteitä ovat esimerkiksi lämmitysjärjestelmän säätöjen optimointi mahdollisimman energiatehokkaaksi sekä asentamalla ilmastointikoneeseen lämmön talteenottojärjestelmä. Energian seurannan perusteella voidaan laskea uusien investointien kannattavuutta kuten vanhojen lamppujen vaihtaminen uusiin ja energiatehokkaisuun LED-lamppuihin (Lamberg, 2019).

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja kehitettiin RAU-järjestelmälle luotettavaa ja omavaraisesti toteutettavaa pilvivalvomoratkaisua. Pilvivalvomo mahdollistaa mm. rakennuksen automaatiojärjestelmän reaaliaikaisen seurannan, analysoinnin, ohjauksen sekä hälytysten käsittelyn ympäri vuorokauden. Valvomoa voidaan käyttää mistä tahansa missä on käytössä tietokone tai mobiililaitte ja toimiva Internet-yhteys.

1.1 MMTek Automation Oy

Työn tilaajana toimi MMTek Automation Oy, joka on Pirkanmaalla toimiva rakennusautomaatioon keskittyvä yritys. Yritys työllistää kuusi henkilöä, joihin kuuluu automaatioasentajia ja -insinöörejä. Yritykselle yleisimpiä toimeksiantoja ovat rakennusten ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmien automaatioasaneerukset, säätöjen optimoinnit, energiansäästöprojektit sekä automaatiojärjestelmien valvomot (Lamberg, 2019). MMTek Automation käyttää pääasiassa Trend-merkkisiä PLC-laitteita.

MMTek Automation Oy:llä on automaatioalasta vahva ja ammattitaitoinen yli 50 vuoden kokemus, jonka aikana se on luonut vakiintuneen ja tyytyväisen asiakaskunnan. Yritys pystyy hoitamaan kaikki automaatioprojektiin liittyvät toimenpiteet sekä toimittamaan tarvikkeet ja varaosat. Vuonna 2017 MMTek Automationista tuli Suomessa virallinen Trend-yhteistyökumppani.

Trend Control Systems on 1980 perustettu yksi maailman johtavista rakennusautomaatiojärjestelmien toimittajista. Sillä on kumppaneita ja jakeluverkostoja yli 50 maassa. Trendin valmistamat täysin integroidut ohjausjärjestelmät edustavat alan kärkeä. Trendin parhaita ominaisuuksia ovat uusien laitteiden ja järjestelmien yhteensopivuus vanhan laitekannan kanssa sekä reaaliaikainen ohjelmointi. Reaaliaikaisella ohjelmoinnilla (Live Edit) tarkoitetaan ohjelmointitilaa, jossa prosessi on koko ajan käynnissä ja ohjelmaa voidaan muuttaa prosessin ajon aikana ilman prosessin keskeytystä tai logiikkalaitteen (PLC) uudelleenkäynnistystä (Trend Control Systems, 2019).

Trendin toiminta kattaa laadunvalvontastandardin BS EN ISO 9001: 2000 vaatimukset. Vaatimukseen kuuluvat osa-alueet ovat myynti, markkinointi, suunnittelu, valmistus ja tuki (Trend Control Systems, 2019).

2 RAKENNUSAUTOMAATIO

Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan rakennuksen automaattisesti ohjattuja teknisiä toimintoja. Yleisimmät automatisoidut toiminnot ovat ilmanvaihto- ja lämmitysprosessit sekä valo- ja oviohjaukset. Rakennusautomaation osuus on yleensä pieni noin muutama prosentti rakennuksen kustannuksista, mutta tärkeä osa rakennusten kokonaisuutta. Rakennusautomaation avulla rakennuksen talotekniset osa-alueet yhdistyvät hallitukseksi kokonaisuudeksi. Hyvällä rakennusautomaation hallinnalla ja seurannalla voi olla huomattavia vaikutuksia rakennuksen eri olosuhteisiin, kuten lämpötilaan, kosteuteen ja hiilidioksidimääriin. Toimivalla RAU-järjestelmällä voidaan säästää energiaa, pitää rakennus hyvässä kunnossa, pidentää rakennuksen elinkaarta sekä pienentää kustannuksia.

2.1 RAU-Järjestelmä

Rakennusautomaatiojärjestelmä sisältää rakennuksen automaattisesti ohjattujen prosessien ohjaukseen, hallintaan, säätöön ja valvontaan käytettävät laitteet ja ohjelmistot. Rakennusautomaatiojärjestelmä koostuu tyypillisesti kolmesta tasosta, jotka ovat kenttälaitetaso, alakeskustaso sekä valvomotaso (Harmo, 2019). RAU-järjestelmään voidaan lisätä myös muita kiinteistön järjestelmiä kuten hälytys- tai valvontakamerajärjestelmä.

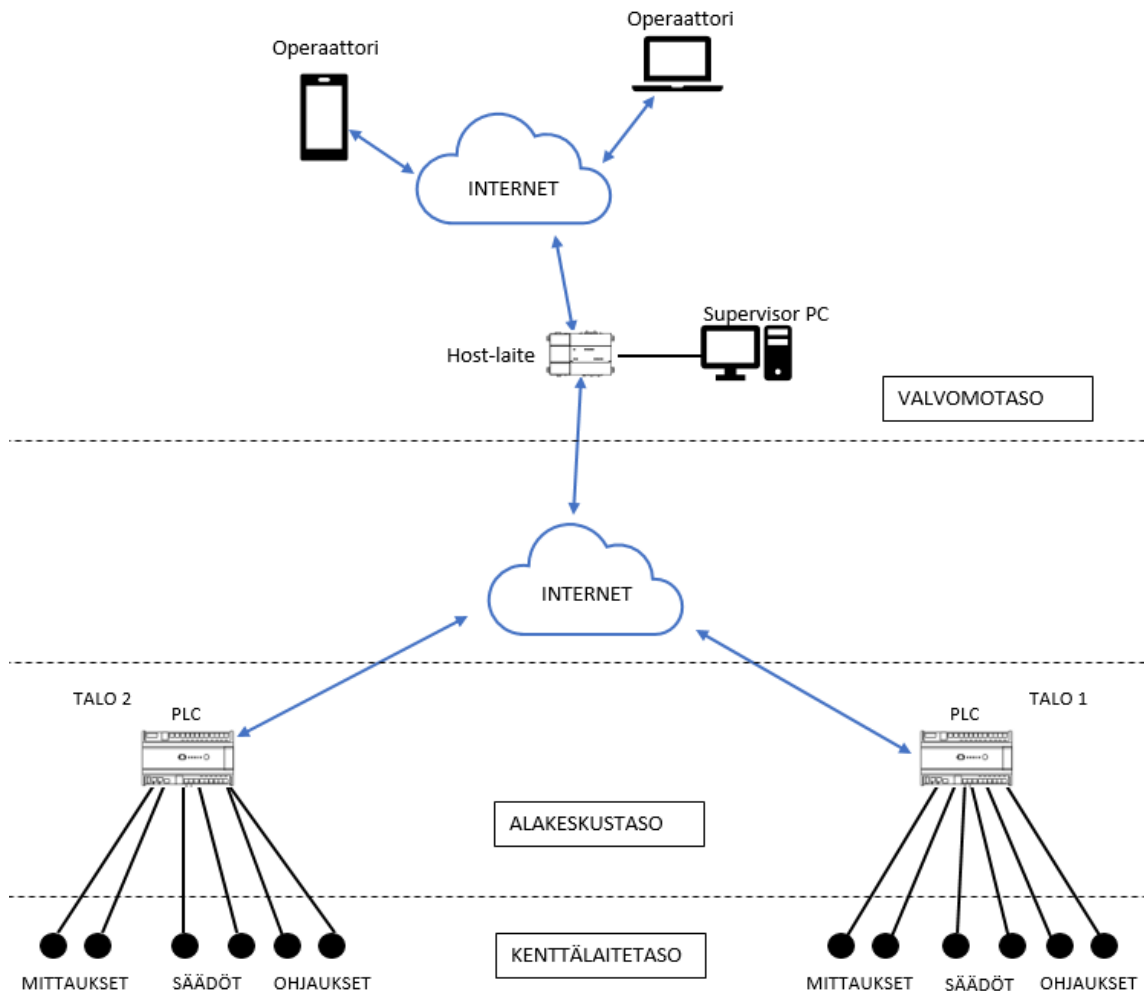
2.2 Suora digitaalinen ohjaus

Yleisin rakennusautomaatiossa käytössä oleva järjestelmätyyppi on suora digitaalinen ohjaus (DDC). DDC-järjestelmässä jokaisessa rakennuksessa sijaitsee oma logiikkaohjain (PLC), joka hoitaa kyseisen talon prosessinohjauksen, mittausten käsittelyn sekä hälytysten lähettämisen. DDC-järjestelmässä kaikki tulot ja lähdöt (I/O) ovat kytketty fyysisesti I/O-kortille. Yhdistetyssä järjestelmässä kaikkien kohteiden valvonta on koottu yhteen valvomoon. DDC-järjestelmässä prosessisäätimet ovat ohjelmallisia ja sijaitsevat PLC:ssä.

2.3 Järjestelmärakenne

Järjestelmärakenne esittää pilvivalvomolla toteutettuun rakennusautomaatiojärjestelmään kuuluvat laitteet ja niiden yhteydet toisiinsa.

Opinnäytetyön kohdejärjestelmässä käytetty järjestelmärakenne on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Järjestelmärakenne

Rakennusautomaatiossa järjestelmät voidaan jakaa kolmeen eri tasoon: kenttälaitetaso, alakeskustaso ja valvomotaso. Kenttälaitetasolle kuuluvat prosessiin suoraan liitettävät laitteet kuten anturit, sensorit, pumput, puhaltimet, venttiilit ja peltitoimilaitteet. PLC:hen liitettyjä laitteita kutsutaan automaatiokielessä pisteiksi. Esimerkiksi yksi lämpötilamittaus on yksi automaatiojärjestelmän piste. Järjestelmään liitettävää pistemassaa käytetään usein tarjouslaskennan perusteena. Rakennusautomaatiossa yleisin tapa ohjata kenttälaitteita on 0-10 voltin (V) ohjausviestillä tai pelkällä auki/kiinni ohjauksella käyttäen 24 V vaihtojännitettä (AC). Suurin osa aktiivisista antureista, venttiileistä ja peltitoimilaitteista toimivat 24 V-käyttöjännitteellä. Opinnäytetyön kohteissa kaikki kenttälaitteet kaapeloitiin suoraan PLC-laitteille. Väylätekniikoita ei käytetty.

Alakeskustasolle kuuluvat kaikki valvonta-alakeskuksiin (VAK) sijoitettavat laitteet kuten PLC, I/O-moduulit, pienmuuntajat, suojalaitteet ja Internet-laitteet. VAK sijaitsee yleensä mahdollisimman lähellä prosessia, jolloin kenttäkaapelointi saadaan mahdollisimman lyhyeksi.

Valvomotasolla sijaitsee automaatiojärjestelmän valvomiseen ja hallintaan tarkoitetut laitteet ja ohjelmistot. Perinteinen valvomotaso sijaitsee yhdessä kiinteistössä fyysisten yhteyksien päässä PLC-laitteista. Perinteisen valvomon laitteistoon kuuluu yleensä tietokone, ohjelmisto sekä kommunikointilaitteet kuten reititin.

3 PILVIVALVOMO

Pilvivalvomolla tarkoitetaan automaatiojärjestelmän valvomoa, johon käyttäjällä on mahdollisuus päästä käsiksi Internet-yhteyden avulla mistä tahansa sijainnista.

Pilvivalvomo tarjoaa mahdollisuuden valvomon käyttämiselle pelkän Internetin ja mobiililaitteen tai PC:n avulla, ilman käyttäjälle erikseen asennettavia ohjelmistoja.

Pilvivalvomoon voidaan yhdistää asiakkaan useita eri kohteita yhdeksi kokonaisuudeksi, jota voidaan hallita yhdestä rajapinnasta. Kohteiden välille ei tarvita fyysisiä yhteyksiä. Pilvivalvomolla voidaan päästä huomattaviin kustannussäästöihin useiden kiinteistöjen kokonaisuuksissa. Pilvivalvomoon voidaan tulevaisuudessa integroida myös uusien valmistajien järjestelmiä, jolloin yksittäisen investoinnin tekeminen on edullisempaa eikä kokonaan uutta järjestelmää tarvita.

Opinnäytetyössä rakennetun pilvivalvomon käyttöön käyttäjä tarvitsee vain oman päätelaitteen kuten tietokoneen, älypuhelimien tai tabletin. Käyttäjän ei tarvitse huolehtia valvomon ylläpitoon tarvittavasta laitteistosta tai tekniikasta. Valvomon käyttämiseen ei tarvita perus ATK-taitoja suurempia valmiuksia.

Laitteiston ylläpitäminen, päivittäminen sekä huoltaminen kuuluu automaatiojärjestelmän toimittajalle. Näin asiakkaan vastuu, laiteinvestoinnit, asennus, konfigurointi sekä muut valvomon käyttöön ja käyttöönottoon liittyvät toimenpiteet hoitaa automaatiojärjestelmän toimittaja. Asiakas saa valmiin lopputuotteen suoraan käytettäväksi esimerkiksi IP- tai domain-osoitteen muodossa. Pitkällä aikavälillä asiakas säästää elinkaarikustannuksissa välttymällä uusien tietoteknisten laitteiden ostamiselta tai päivittämiseltä.

3.1 Edut

Pilvivalvomolla saavutettavia etuja vanhaan paikallisvalvomoon verrattuna.

Ei kiinteää valvomopistettä:

Valvomo kulkee aina käyttäjän mukana. Käyttäjän ei tarvitse miettiä valvomon sijoittamista käyttämisen kannalta oleelliseen ja mieluisaan paikkaan.

Skaalautuvuus:

Sopii pieniin ja suuriin järjestelmiin. Samaa järjestelmää voidaan laajentaa, jolloin kokonaan uuden järjestelmän rakentamista ja hankintaa ei tarvita. Järjestelmän kustannukset tulevat asteittain laajentamisen mukana. Alkuun pääsee pienellä investoinnilla, vaikka tulevaisuudessa järjestelmä kasvaisi suureksi.

Avoimet rajapinnat:

Samaan järjestelmään voidaan liittää useiden eri valmistajien laitteita ja järjestelmiä. Uuden investoinnin kulut ja kynnykset pienenevät, koska uudet laitteet ja järjestelmät voidaan integroida olemassa olevaan järjestelmään.

Kustannustehokas:

Yhdellä järjestelmällä voidaan hallita kaikkia toimintoja. Ei monia ohjelmistoja ja rajapintoja. Yksi rajapinta, josta päästään käsiksi kaikkiin toimintoihin.

Hälytysten ohjaus:

Hälytykset voidaan ohjata eri laitteisiin kuten puhelin, sähköposti tai tulostin. Hälytysten monipuolinen jatkolähetys sekä suodattaminen eri hälytysluokkiin.

Raportointi:

Kattavat raportit esimerkiksi energiankulutuksesta, lämpötiloista ja sisäilman laadusta. Datan tallennus helppoa ja automaattista.

Jatkuva kehitys:

Valvomon jatkuva kehittäminen ja päivittäminen hoituu automaattisesti ohjelmistojen ollessa järjestelmätoimittajan hallinnassa.

Rajaton määrä käyttäjiä:

Käyttäjät voivat olla kirjautuneena samanaikaisesti. Käyttäjiä voidaan lisätä eri oikeuksilla ja näkymillä. Käyttäjille voidaan helposti määritellä sallittavat toiminnot esimerkiksi aseman tai kykyjen mukaan.

3.2 Heikkoudet

Heikkouksia verrattuna perinteiseen paikallisvalvomoon.

Monimutkaisempi järjestelmä rakenne:

Valvomon rakentaminen ja konfigurointi vie urakoitsijalta enemmän aikaa kuin perinteinen paikallisvalvomo. Yhteyden muodostamiseen vaaditaan paikallisvalvomoa enemmän laitteita, jolloin laitteiden konfigurointiin menee paikallisvalvomoa enemmän aikaa.

Vaaditaan Internet-yhteys:

Nykyään lähes joka paikassa on tarjolla Internet-yhteys. Jos yhteyttä ei kuitenkaan ole, ei valvomoa voi käyttää.

Järjestelmän päivitys ja muokkaaminen, järjestelmätoimittajan hallinnassa:

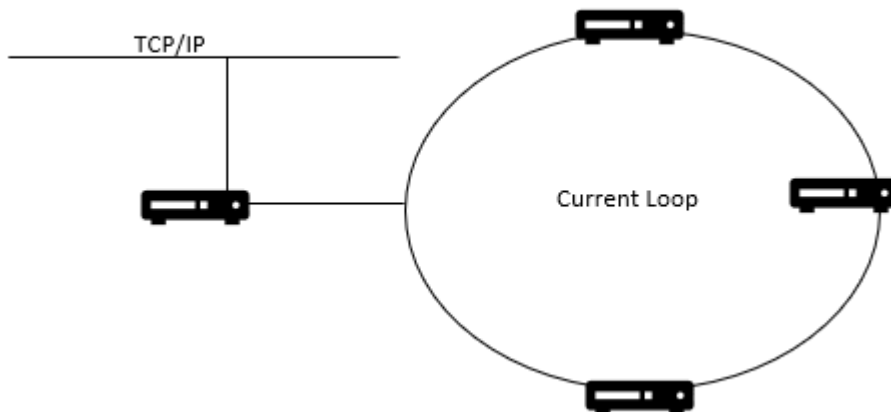
Ilman erillistä sopimusta ja ohjelmistoa asiakkaalla ei ole mahdollista konfiguroida tai muokata valvomoa itse.

Kuukausimaksu:

Yleensä pilvalvalvomoiden ylläpito sekä Internet-liittymät perustuvat kuukausimaksuun.

3.3 Protokollat

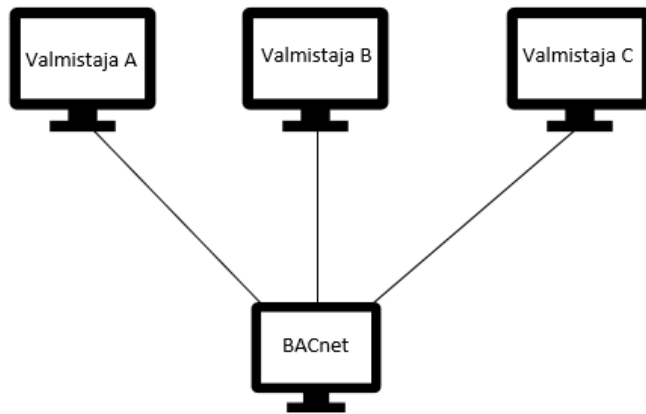
Protokollalla tarkoitetaan automaatiojärjestelmän laitteiden väliseen tiedonsiirtoon käytettävää tapaa. Eri protokollat vaativat järjestelmiltä eri ominaisuuksia. Opinnäytetyössä käytetty Niagara-käyttöjärjestelmä mahdollistaa eri protokollia käyttävien laitteiden integroimisen yhdeksi järjestelmäksi. TrendIP-Network-ajuri (driver) mahdollistaa vanhojen Trend-laitteiden yhdistämisen Niagara-käyttöjärjestelmällä toimiviin rajapintoihin. Sen avulla järjestelmään voidaan integroida Trendin vanhoja laitteita, jotka eivät käytä TCP/IP-protokollaa (kuvio 2). Vanhaa Trendin kommunikaatioväylää kutsutaan virtasilmukkaverkoksi (Current Loop) (Trend Control Systems, 2019).



KUVIO 2. Virtasilmukkaverkko

Building Automation Controls Network (BACnet) on rakennusautomaatioon kehitetty tiedonsiirtoprotokolla. BACnetin kehitys aloitettiin vuonna 1987. BACnet mahdollistaa eri valmistajien laitteiden välisen kommunikaation ja järjestelmän käyttämisen yhdestä

rajapinnasta. Virallinen BACnet-standardi julkaistiin vuonna 1995. Vuonna 2003 BACnet saavutti ISO 16484-5 standardin mukaisen luokituksen. Nykyinen BACnet-standardi on ANSI/ASHRAE 135-2010 (BACnet, 2019). Kuviossa 3 on esitetty BACnetin periaatekuva.



KUVIO 3. BACnetin periaatekuva

3.4 Virtuaaliset yksityisverkot

Virtual Private Network (VPN) tarkoittaa virtuaalisesti luotua yksityisverkkoa. VPN-verkot ovat yleisesti käytettyjä verkkoratkaisuja, jotka mahdollistavat turvallisen tavan yhdistää eri toimistojen, työkohteiden tai laitteiden väliset lähiverkot yhdeksi näennäiseksi yksityisverkoksi julkisen verkon kautta (Kaario, 2002).

VPN-tekniikat mahdollistavat edullisen tavan korvata kiinteät yksityiset laajaverkko-yhteydet (WAN) eri kohteiden välillä. Kiinteän yhteyden sijaan yhteyden muodostamiseen käyttää Internetiä luopumatta hyvästä tietoturvasta. VPN-verkoilla on seuraavia ominaisuuksia, jotka tekevät niistä erittäin suosittua ja kasvavan tavan luoda yksityisverkkoja:

- Yhteydet voivat olla hyvin nopeita
- Kulkee käyttäjän mukana
- Käyttäjä voidaan kätkeä muilta käyttäjiltä
- Alhaiset käyttökustannukset

VPN-yhteyksien luomiseen on olemassa monia eri tapoja ja protokollia. Protokollat eroavat toisistaan niiden tavalla suojata kohteiden välinen liikenne. Viisi yleisesti käytettyä

protokollaa ovat PPTP, SSTP, L2TP, OpenVPN sekä IKEv2. Esimerkkikohteen yhteyksissä käytettiin OpenVPN-protokollaa (Thomas, 2005).

3.4.1 OpenVPN

OpenVPN on uusin ja kehittynein VPN-teknologia. OpenVPN-teknologia mahdollistaa epäsymmetriseen Secure Sockets Layer / Transport Layer Security (SSL/TLS) protokollaan perustuvan todentamisen ja salauksen käyttämisen. SSL/TLS-teknologiaa käytetään mm. pankki- ja verkkokauppamaailmassa, missä yksityisyys ja tietoturva ovat erittäin tärkeässä roolissa. VPN-yhteyden salaustyypiksi tuleekin aina kun mahdollista valita SSL/TLS-teknologiaan perustuvat menetelmät. OpenVPN pystyy toimimaan lähes kaikkien palomuurien kanssa (Feilner, 2009).

SSL/TLS menetelmiin perustuvassa OpenVPN-yhteydessä palvelimen ja asiakkaiden väliseen salaukseen ja todennukseen tarvitaan neljä eri vaihetta. Nämä neljä eri vaihetta ovat:

1. Luodaan varmentajan sertifikaatti (CA). Tämän tiedoston tarkoitus on allekirjoittaa tai estää asiakkaiden sertifikaatit.
2. Luodaan asiakkaan avain ja sertifikaatti (Client key ja Client CA). Asiakkaan avain ja allekirjoituspyyntö ovat asiakaskohtaisia tiedostoja, joilla asiakkaan yhteys tunneliin voidaan hyväksyä tai hylätä.
3. Allekirjoitetaan asiakkaan pyyntö käyttämällä CA-tiedostoa, jolloin asiakkaan sertifikaatti on voimassa.
4. Asennetaan tai annetaan luodut asiakasavaimet ja varmenteet VPN-tunnelin asiakkaille.

Tunnelin määrittämiseen tarvittavat salaus- ja todennustiedostojen luominen tehdään Windows tietokoneella käyttäen Easy-rsa-ohjelmaa (Feilner, 2009).

4 KOKOONPANO

Kokoonpanossa käydään läpi pilvivalvomon käyttöönottoon tarvittavat laitteet ja ohjelmistot. Erilaisia ratkaisuja tarjoavat niin laitevalmistajat kuin erilliset ohjelmointiyrietykset. Pilvivalvomossa ajatuksena on, että ohjelmisto pyörii automaatioyrietyksen tai kolmannen osapuolen hallinnassa olevalla palvelimella esimerkiksi PC:llä tai vastaavalla alustalla.

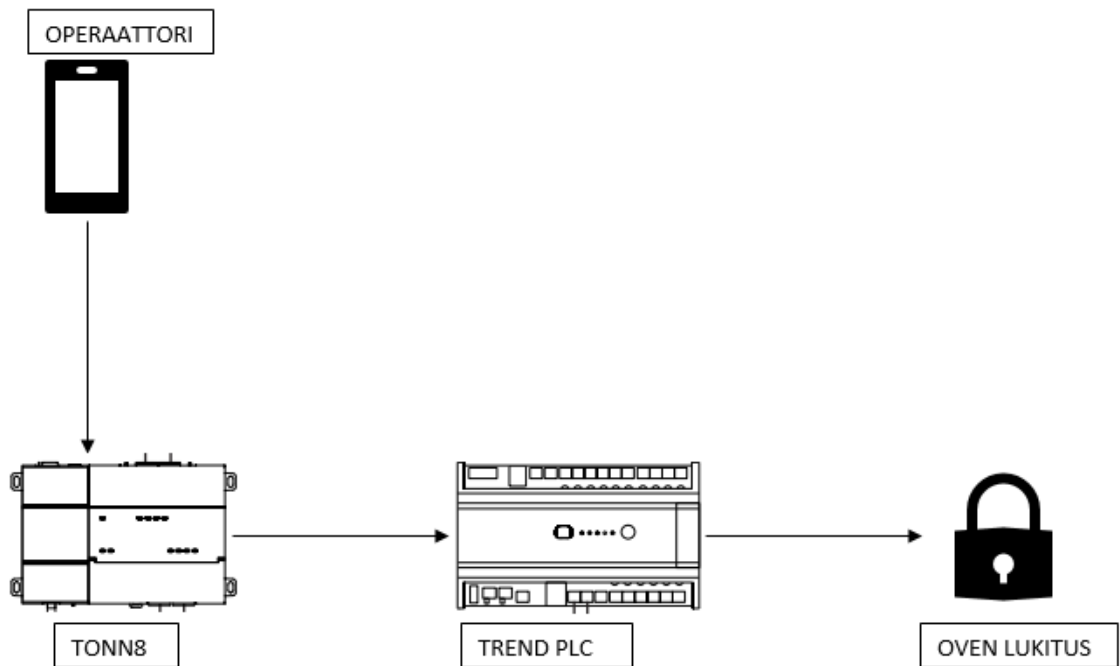
Opinnäytetyön valvomo-ohjelmisto asennettiin siihen käyttötarkoitukseen tehdyille palvelinalustalle. Pilvivalvomon toteutukseen tarvittava laitteisto koostuu kolmesta eri laitteesta. Laitteet ovat tietokone, palvelin (HOST) ja reititin.

4.1 Palvelin

Palvelimella tarkoitetaan laitetta tai tietokonetta, jolla valvomo-ohjelmisto pyörii ja johon loppukäyttäjä on yhteydessä. Palvelinta kutsutaan tässä yhteydessä HOST-laitteeksi. HOST-laite on valvomon graafista käyttöliittymää ja ohjelmallista sovellusta pyörittävä laite. Opinnäytetyössä HOST-laitteena käytettiin Trend Control Systemsin valmistamaa Trend Open Network Node (TONN8) -laitetta. TONN8 toimii avoimella Niagara-käyttöjärjestelmällä.

TONN8 on kompakti asioiden Internetin (IoT) ohjain sekä palvelin- ja integraatioalusta. Sen avulla voidaan yhdistää monilla eri tiedonsiirtoprotokollilla toimivia laitteita ja järjestelmiä yhdeksi hallittavaksi kokonaisuudeksi. Opinnäytetyössä tiedonsiirtoprotokollana käytettiin TrendIP-Network-protokollaa. HOST-laitteen konfiguroinnissa tulee laitteelle asentaa TrendIP-Network-ajurit. Laitteelle voidaan asentaa myös esimerkiksi BACnet-ajuri, jolloin voidaan ottaa käyttöön mitä tahansa BACnet yhteensopivia laitteita (Trend Control Systems, 2019).

TONN8 tukee kaikkia yleisimpiä rakennusautomaatiossa käytössä olevia avoimia tiedonsiirtoprotokollia, kuten BACnet, OBIX, LONWORKS, KNX, MODBUS, M-BUS. TONN8 mahdollistaa operaattorin verkkoselaimessa syöttämien tietojen kirjoittamisen Trend-ohjaimelle (kuvio 4).



KUVIO 4. Havainnekuva tiedonsiirrosta

4.2 Reititin

Jotta järjestelmän eri laitteet voivat olla yhteydessä toisiinsa tarvitaan laitteiden välille toimivat Internet-yhteydet. Yhteyksien rakentamiseen valittu tekniikka määrittää minkälaisia yhteyslaitteita tulee käyttää. Koska yhteydet toteutettiin VPN-tekniikan avulla, täytyi valita siihen käyttötarkoitukseen soveltuvat laitteet. Opinnäytetyössä käytettiin reitittiminä Teltonika RUT240 LTE -reitittimiä.

Teltonika RUT240 on pieni ja kustannustehokas teollisuustason LTE-reititin. Sen hyvät VPN-ominaisuudet, tehokas prosessori (CPU) ja pieni koko olivat valintaan vaikuttaneet tekijät. Reitittimet tukevat OpenVPN-tekniikkaa ja toimivat niin 3- kuin 4G-verkoissa. Reitittimien helppo konfigurointi helpottaa ja nopeuttaa käyttöönottoa. Kuvassa 1 Teltonika RUT240 -reititin. (Teltonika, 2019)



KUVA 1. Teltonika RUT240 (Teltonika, 2019)

4.3 Ohjelmisto

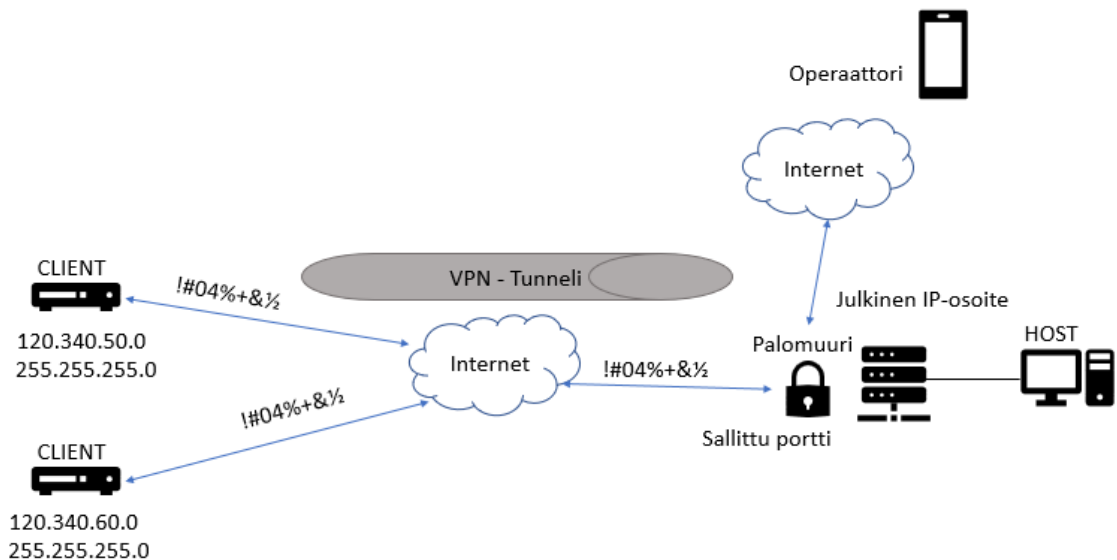
Rakennusautomaatiojärjestelmän valvomo-ohjelmistona käytettiin Trend Control Systemsin toimittamaa IQVISION-ohjelmistoa. IQVISION on Niagara-käyttöjärjestelmällä toimiva valvomo-ohjelmisto. Niagara on avoin alusta, jolle kuka tahansa voi kehittää omia sovelluksia ja toiminnallisuuksia. Näitä sovelluksia kutsutaan ajureiksi (Driver). Opinnäytetyössä käyttämämme TrendIP-Network ajuri on Trend Control Systemsin kehittämä ajuri, joka mahdollistaa Trend-automaatiojärjestelmän hallinnan IQVISION-ohjelmistolla.

Ohjelmistolla konfiguroidaan valvomon yhteydet PLC-laitteisiin, tehdään graafiset käyttöliittymät, käyttäjätasot, konfiguroidaan hälytykset sekä kaikki muut valvomoon liittyvät ominaisuudet ja toiminnallisuudet. Valvomo-ohjelmistossa on graafinen käyttöliittymä. IQVISION-ohjelmistolla voidaan myös ohjelmoida loogisia toimintoja ja ohjata niillä PLC:n lähtöjä.

5 YHTEYKSIEN MÄÄRITTÄMINEN

Pilvivalvomon yhteydet eri laitteiden välille luotiin käyttämällä VPN-tekniikkaa. VPN-tekniikka valittiin, koska kohteiden väliltä ei löytynyt luotettavia kiinteitä kaapeliyhteyksiä. VPN-yhteyksien avulla voidaan PLC-laitteita etäohjelmoida ilman tarvetta päästä fyysisesti paikalle. Näin tuottavuutta sekä palveluherkkyyttä voidaan parantaa sekä asiakkaan kustannuksen pienenevät. VPN-yhteyksien luominen vaatii aina laitteiden erillistä konfigurointia. Miten laitteet tulee konfiguroida, riippuu laitteesta, Internet-liittymästä ja käytettävästä VPN-tekniikasta.

VPN-tunnelin konfigurointi vaatii vähintään yhden julkisen IP-osoitteen. Julkinen IP-osoite tarkoittaa laitteen ulkoverkkoon näkyvää IP-osoitetta. Kaksi yleistä tapaa yhteyksien määrittämiselle on käyttää joko kiinteää julkista IP-osoitetta (Static IP-address) tai dynaamista nimipalvelua (DDNS). Opinnäytetyössä käytimme kiinteää IP-osoitetta. Kiinteä IP-osoite on Internetin palveluntarjoajalta (ISP) ostettava lisäpalvelu, jolla julkinen IP-osoite saadaan muuttumattomaksi. Käyttämämme järjestelmä vaatii neljän eri laitteen konfiguroimista yhteyksien toteuttamiseksi. Kuviossa 5 on esitetty yhteyden muodostamisen periaatekuva.



KUVIO 5. Yhteyden muodostamisen periaatekuva

Asiakasreitittimet ottavat yhteyden palvelimen julkiseen IP-osoitteeseen. Kun yhteys on avattu ja VPN-tunneli toiminnassa on kaikki kohteiden välinen liikenne salattua. Palvelimelta avataan palomuurista tarvittavat portit, jotta VPN-tunnelin liikenne pääsee läpi

HOST-laitteelle. Myös operaattorille, joka ottaa palvelimeen yhteyden julkisesta verkosta ilman VPN-yhteyttä, avataan palomuurista tarvittavat portit palvelun käyttöä varten.

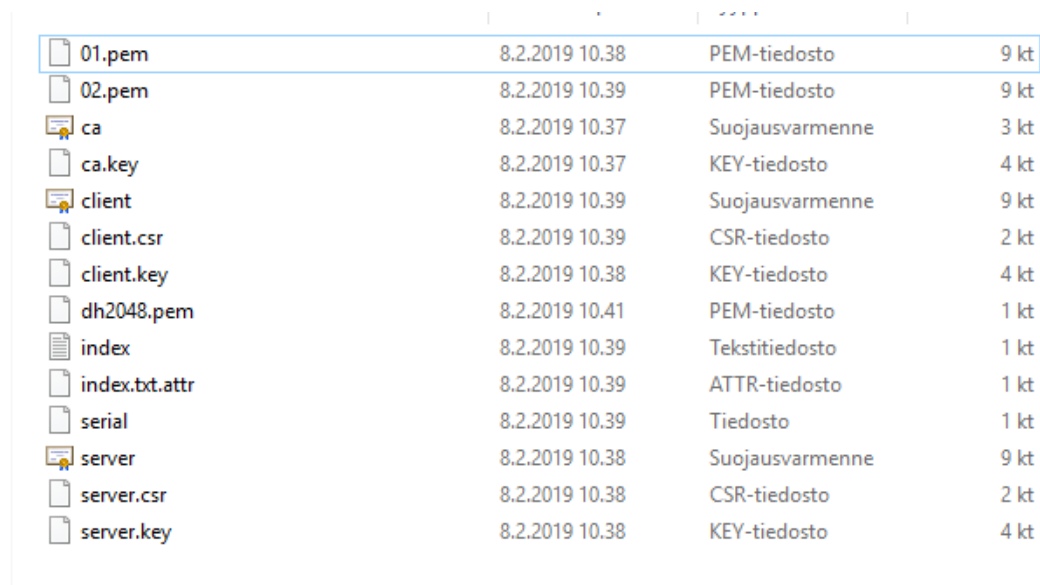
5.1 Salaus- ja autentikointitiedostot

Salaus- ja autentikointitiedostot mahdollistavat laitteen yhteyden VPN-tunneliin sekä tiedonsiirtopakettien salauksen purkamisen. Salaus- ja autentikointitiedostot luodaan käyttämällä Easy-rsa-ohjelmistoa. Easy-rsa-ohjelmisto on OpenVPN-ohjelman mukana tuleva lisäsovellus, jonka avulla voidaan luoda ja hallita tarvittavia salaus- ja autentikointitiedostoja. Ohjelma toimii komentorivipohjaisesti (Feilner, 2009). Ohjelmassa käytettävät komennot tiedostojen luomiseen on esitetty taulukossa 1.

Komento	Selite
cd "C:\Program Files\OpenVPN\easy-rsa"	Siirrytään komentorivillä kohdekansioon
init – config	Alustetaan konfiguraatio
build-dh	Generoidaan diffie-helman tiedosto
build-key	Generoidaan tarvittavat avaimet
build-ca	Generoidaan ca-tiedosto

TAULUKKO 1. Tiedostojen luontiin käytettävät komennot.

Luodut sertifikaatti- ja avaintiedostot on esitetty kuvassa 2.



Nimi	Luotu	Tyyppi	Koko
01.pem	8.2.2019 10.38	PEM-tiedosto	9 kt
02.pem	8.2.2019 10.39	PEM-tiedosto	9 kt
ca	8.2.2019 10.37	Suojausvarmenne	3 kt
ca.key	8.2.2019 10.37	KEY-tiedosto	4 kt
client	8.2.2019 10.39	Suojausvarmenne	9 kt
client.csr	8.2.2019 10.39	CSR-tiedosto	2 kt
client.key	8.2.2019 10.38	KEY-tiedosto	4 kt
dh2048.pem	8.2.2019 10.41	PEM-tiedosto	1 kt
index	8.2.2019 10.39	Tekstitiedosto	1 kt
index.bt.attr	8.2.2019 10.39	ATTR-tiedosto	1 kt
serial	8.2.2019 10.39	Tiedosto	1 kt
server	8.2.2019 10.38	Suojausvarmenne	9 kt
server.csr	8.2.2019 10.38	CSR-tiedosto	2 kt
server.key	8.2.2019 10.38	KEY-tiedosto	4 kt

KUVA 2. Luodut sertifikaatit ja avaimet.

Taulukossa 2 on esitetty tärkeimmät tiedostot ja niiden selitteet.

ca.crt	CA-sertifikaatti. Oltava käytössä kaikilla VPN-tunnelin laitteilla.
server.crt	VPN-palvelimen allekirjoitettu varmenne. Oltava VPN-palvelimella.
server.key	VPN-palvelimen yksityinen RSA-avain. Oltava VPN-palvelimella.
client.crt	VPN-asiakkaan allekirjoitettu varmenne. Oltava VPN-asiakkaalla.
client.key	VPN-asiakkaan yksityinen RSA-avain. Oltava VPN-asiakkaalla.

TAULUKKO 2. VPN-yhteyden autentikointi ja salaustiedostot. (Feilner, 2009)

5.2 Reitittimet

Asiakasreitittimellä (Client) tarkoitetaan PLC-laitteeseen fyysisesti yhteydessä olevaa reititintä. Tämä reititin mahdollistaa kyseisen PLC-laitteen yhteydet Internetiin ja VPN-tunneliin. Valituissa reitittimissä oli graafinen käyttöliittymä, jonka kautta VPN-yhteyksien konfiguroiminen voitiin tehdä. Asiakasreitittimelle määritellään VPN-tunnelin asetukset, sekä asennetaan yhteyden sallivat salaus- ja autentikointitiedostot. Taulukossa 3 on esitetty reitittimelle määriteltävät asetukset.

Asetus	Selite	Käytetty asetus
TUN/TAP	Laitteen/verkon tyyppi	TUN. Reititetty moodi
Protocol	Pakettien siirtämiseen käytettävä protokolla.	TCP. Yhteydellinen protokolla
Port	Palomuurissa käytettävä portti	Oletus ****
LZO	Datan pakkaus	Tarvittaessa
Encryption	Pakettien salausalgoritmi	BF-CBC-128
Authentication	Tunnistautumistapa	TLS. Erillisten tiedostojen avulla
TLS cipher	Salausalgoritmien kirjoitus	Oletus
Remote Host/IP address	Palvelimen IP-osoite	Julkinen IP-osoite
Resolve retry	Palvelimen osoitteen etsiminen ennen virhettä	Ääretön
Keep alive	Aikaväli ICMP-pyynnön lähettämiseksi palvelimelle. Aika, jonka jälkeen palvelu käynnistetään uudelleen, mikäli vastausta ei saada.	10 120
HMAC authentication algorithm	HMAC-algoritmityyppi	SHA1
Certificate authority	Sertifikaatin allekirjoitus-tiedosto	Tiedosto
Client certificate	Asiakaskohtainen sertifikaatti	Tiedosto
Client key	Asiakaskohtainen avain	Tiedosto

TAULUKKO 3. Reitittimelle määriteltävät VPN-asetukset

Palvelinreititin on valvomon HOST-laitteeseen fyysisesti liitetty reititin (kuvio 5). Tämä reititin on kaikkien asiakasreitittimien yhteispiste. Palvelinreitittimeen määritellään samat asetukset kuin asiakasreitittimellekin kuten VPN-tunnelin tyyppi, salaustavat, protokolla, sekä käytettävät salaus- ja autentikointitiedostot. Lisäksi palvelinreitittimelle määritellään tunnelin reititykset sekä Diffie Hellman -tiedosto. Palvelinreitittimelle määriteltävät asetukset on esitetty taulukossa 4.

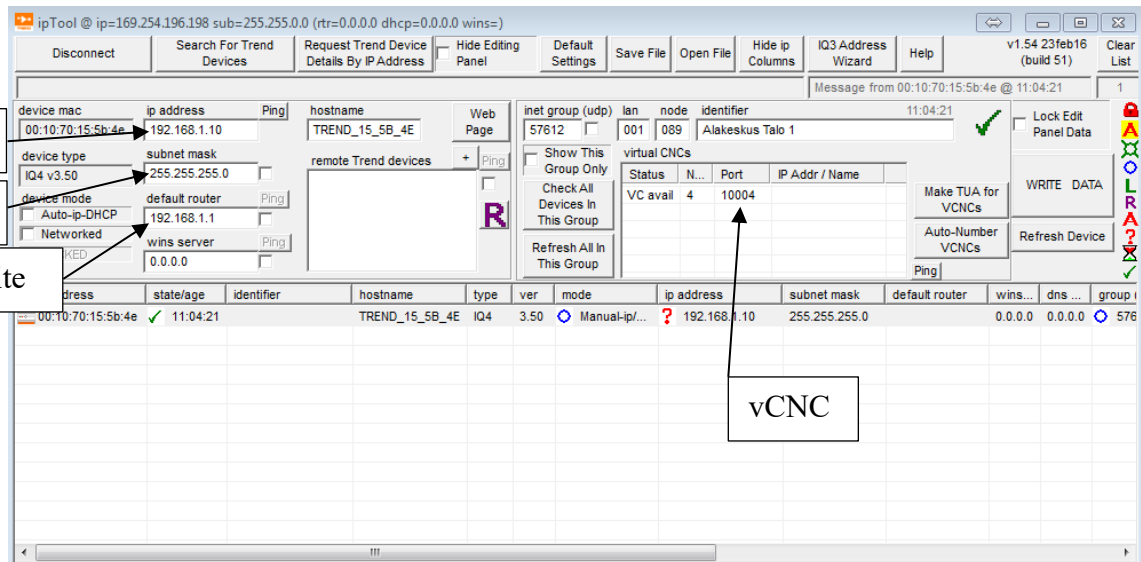
Asetus	Selite	Käytetty asetus
Client to client	Sallii asiakkaiden välisen viestinnän virtuaalisessa verkossa.	Sallitaan
Push option	Reititystaulukko	Lisätään tarvittavat aliverkot reititystaulukkaan.
Allow duplicate certificates	Sallitaanko asiakkaille samat sertifikaatit.	Ei
Diffie Hellman parameters	DH-salaustiedosto	Tiedosto

TAULUKKO 4. Palvelinreitittimelle määriteltävät asetukset

Palvelinreitittimelle määritellään palomuurin asetuksista tarvittavat porttiosuhteet palvelimen IP-osoitteelle.

5.3 PLC

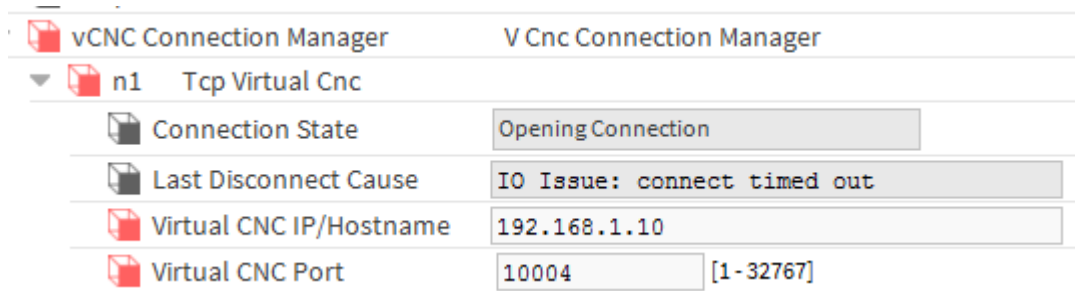
PLC-laitteen IP-osoitteen oikeanlainen määrittäminen on tärkeää, sillä muuten laitteeseen ei saada yhteyttä, vaikka reitittimien välinen konfiguraatio olisi kunnossa. PLC-laitteelle voidaan antaa kiinteä käytössä olevan aliverkon mukainen IP-osoite tai käyttää auto DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) -toimintoa, jolloin reititin antaa laitteelle IP-osoitteen määrittelystä aliverkosta. PLC:hen luodaan tarvittavat virtuaaliset viestintäsolmuohjaimet (vCNC), jotka mahdollistavat tietokoneen ja PLC:n välisen kommunikoinnin. Kuvassa 3 PLC:n konfiguraatio.



KUVA 3. PLC-laitteen konfiguraatio

5.4 HOST-laite

HOST-laite on fyysisesti kytketty Ethernet-kaapelilla palvelinreitittimeen. HOST-laite on siis yhteydessä VPN-tunneliin palvelinreitittimen kautta. HOST-laitteelle on kuitenkin valvomo-ohjelmiston avulla määriteltävä yhteyksien päässä olevien laitteiden IP-osoitteet. TrendIP-Network-ajuri tarvitsee yhteyden luomiseen PLC-laitteen IP-osoitteen sekä vapaan käytössä olevan virtuaalisen viestintäsolmuohjain (vCNC) portin. vCNC-portti on verkkorakenteeseen luotu virtuaalinen viestintäsolmuohjain. Kuvassa 4 on HOST-laitteen yhteyksien määrittely.



KUVA 4. HOST-laitteen yhteyden määrittely PLC-laitteeseen

Yhteydenmuodostamisen jälkeen valvomo-ohjelmistossa nähdään yhteyden päässä olevat kohteet (kuva 5), kohteen laitteet ja niiden I/O-pisteet (kuva 6). Näiden avulla rakennetaan operaattoreille graafinen käyttöliittymä sekä hallitaan automaatiojärjestelmää.

Driver Manager				
Name	Type	Status	Enabled	Fault Cause
NiagaraNetwork	Niagara Network	[ok]	true	
Pyysalo (SITE00002) TrendIpNetwork	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
Sahalahden kirrko(SITE00003) TrendIpNetwork	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
Syysyn Sulkkis (SITE00004) TrendIpNetwork	Trend Ip Network	[down]	true	
SITE00005 Meclift	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
(SITE00006) Suoraman Seurakuntakeskus	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
(SITE00008) Akaan Portti	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
(SITE00009) Lempaala	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
(SITE00010) EVLvatiala	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	
(SITE00011) RautalanLampo	Trend Ip Network	[unackedAlarm]	true	

Kohde

Protokolla

Tila

KUVA 5. Kohteet

Yhteyksien päässä olevat kohteet, kohteen käyttämä tiedonsiirtoprotokolla ja yhteyden tila nähdään helposti yhdestä näkymästä.

The screenshot shows a software interface with a network tree on the left and a database table on the right. The network tree is titled 'My Network' and contains several entries, including 'Sahalahden Kirrko(SITE00003) TrendIpNetwork', 'Syysyn Sulkkis (SITE00004) TrendIpNetwork', 'SITE00005 Meclift', '(SITE00006) Suoraman Seurakuntakeskus', '(SITE00008) Akaan Portti', '(SITE00009) Lempaala', and '(020) LAN 20'. The database table is titled 'Database' and has columns for Name, Type, Out, and Trend Item Reference. The table contains 12 rows of data, including 'TE00 Ulkolampotila', 'TE10 Tulolima', 'TE45 Patteri Paluovesi', 'TE12 Huoneilma Elektronikka', 'TE13 Huoneilma Puuversta', 'TE2 Patteriverkko meno', 'DIM1 Multiplakseri', 'Paine-ero ulkoilmaan', 'Asetus kayrasta', 'TV2 Patteriverkko', and 'TK01 tulolima-asetus'.

LAN

Laite

Mittaukset

KUVA 6. Kohteen laitteet ja mittauspisteet

6 KÄYTTÖLIITTYMÄN TEKO

Käyttöliittymällä tarkoitetaan automaatiojärjestelmän käyttäjälle luotua rajapintaa, jonka kautta operaattori voi seurata, ohjata ja säätää automaatiojärjestelmän laitteita ja prosesseja. Opinnäytetyössä automaatiojärjestelmälle luotiin graafinen käyttöliittymä. Graafinen käyttöliittymä koostuu erilaisista kuvista, napeista, väreistä, ikkunoista ja muista graafisista elementeistä. Tätä graafista käyttöliittymää kutsutaan valvomoksi. Valvomon graafisessa käyttöliittymässä käytettiin skaalautuvia SVG-grafiikoita. Näin se soveltuu myös mobiililaitteille.

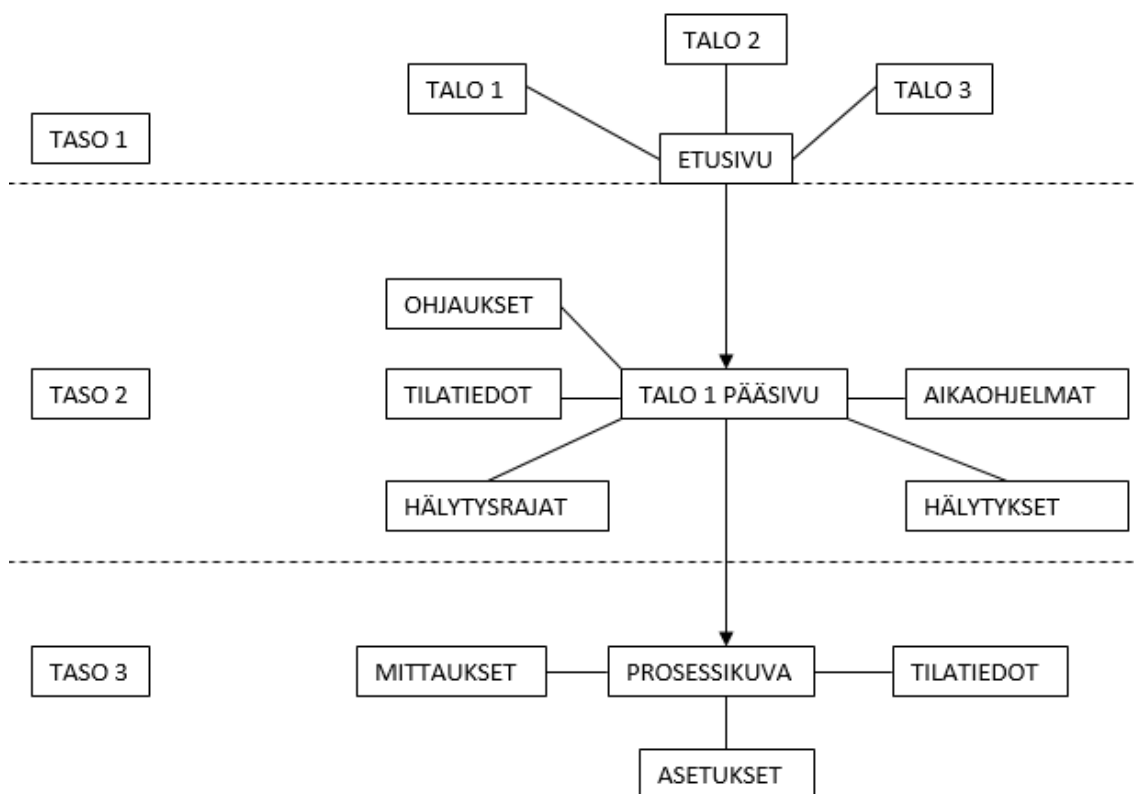
Valvomo on rakennusautomaatiojärjestelmän käyttäjän tärkein työkalu. Valvomosta käyttäjä voi seurata ja hallita kiinteistön toimintoja ja prosesseja, kuten lämpötiloja, ilmanlaatua, ilmastointikoneita, lämmitysjärjestelmiä, ohjauksia, säätöjä sekä hälytyksiä. Valvomosta voidaan tarkastella mm. mittauksen, ohjauksien, säätöjen sekä tilatietojen käyttäytymistä historiatietojen avulla.

Valvomon käyttöliittymän grafiikat ja toiminnot ovat räätälöitävissä asiakkaan toiveiden mukaisesti lähes rajattomasti käytössä olevan valvomo-ohjelmiston ominaisuuksien puitteissa. Käyttöliittymän on kuitenkin oltava helppokäyttöinen ja selkeä, jolloin sen käyttäminen on sujuvaa ja helposti opittavissa. Valvomon käyttöliittymä tehtiin vastaamaan asiakkaan tottumusten mukaisesti perinteistä ja ennen käytössä ollutta paikallisvalvomon käyttöliittymää vastaavaksi.

6.1 Hierarkia

Hierarkialla tarkoitetaan valvomon eri tasoja eli näkymiä. Rakennusautomaatiossa eri tasot koostuvat yleensä automaatiojärjestelmän eri kohteet tai prosessit esittävästä etusivusta ja eri prosessien prosessikuvista. Yleisesti on järkevää käyttää vähintään kahta eri tasoa, jotta valvomo pysyy selkeänä ja johdonmukaisena eikä kuvien ja informaation määrä yhdellä sivulla kasva liian suureksi.

Esimerkkikohteessa kymmenen rakennuksen pilvivalvomo toteutettiin kolmitasoisena. Kuviossa 6 on esitetty valvomon hierarkiakuva.

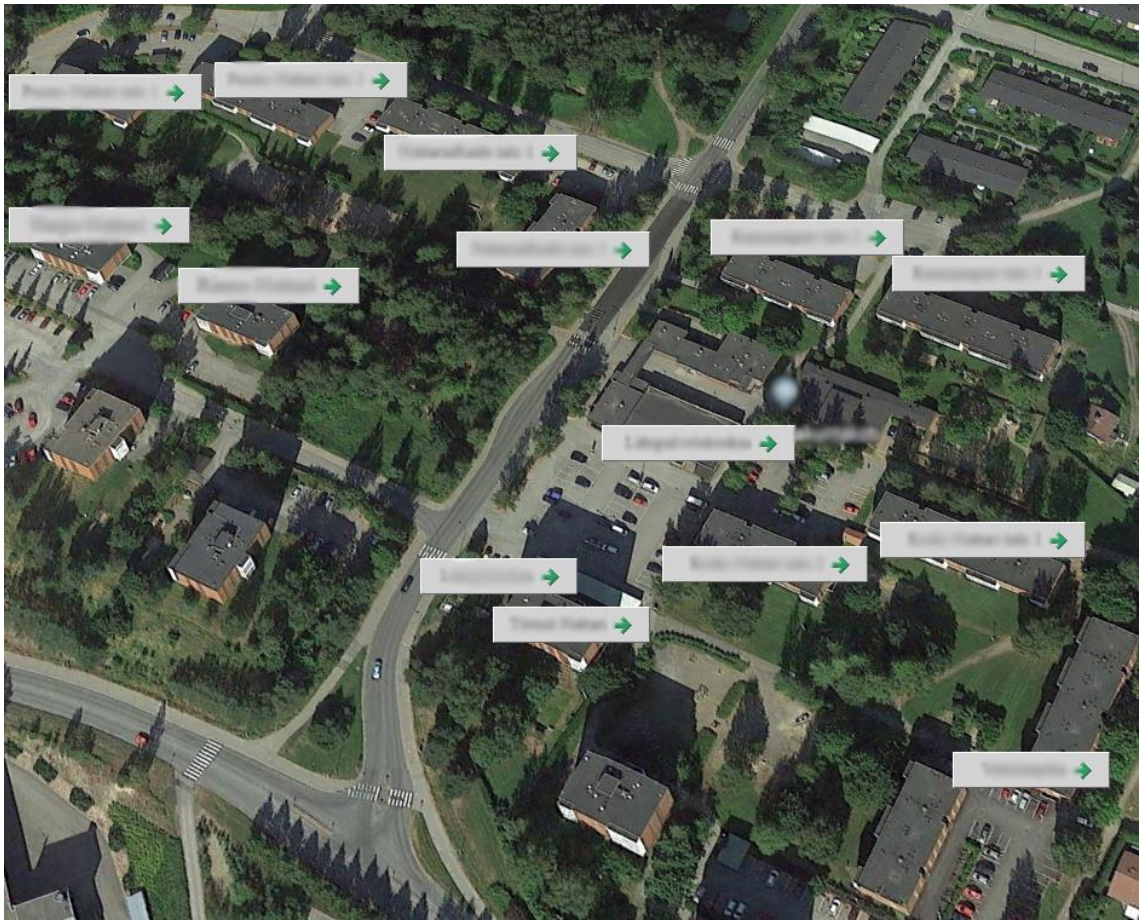


KUVIO 6. Valvomohierarkia

6.2 Taso 1

Rakennusautomaatiojärjestelmän käyttöliittymä voidaan jakaa eri näkymiin ja toiminnallisuuksiin, joita ovat prosessikuvat, käsiohjaukset, aikaohjelmat, tilatiedot, hälytykset sekä erillispisteet. Näiden toimintojen sijoittelu on tärkeässä osassa valvomon käyttöliittymän suunnittelua. Toimintojen hyvällä sijoittelulla valvomosta saadaan selkeä ja helposti käytettävä kokonaisuus.

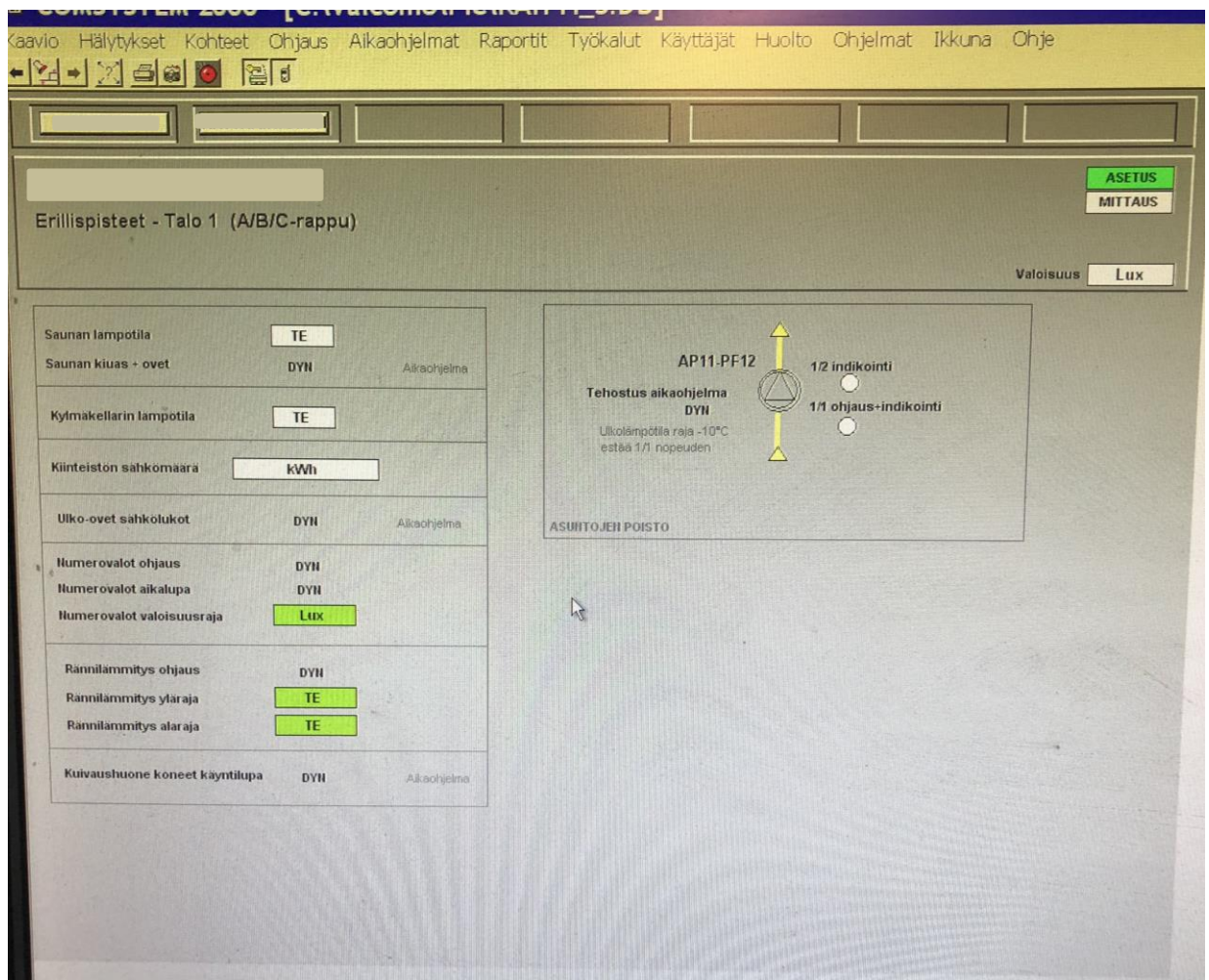
Yhdistetyssä valvomossa tasolle 1 on tehty etusivu. Etusivulle sijoitetaan yleiskuva kaikista kohteista ja niiden suhteellisesta sijainnista toisiinsa. Esimerkkikohteessa etusivulla on karttakuva kohdealueesta ja siihen on liitetty siirtymät jokaiseen kohteeseen. Etusivu haluttiin pitää selkeänä ja yksinkertaisena, jolloin käyttäjä saa selkeän kuvan kohteista ja niiden sijainnista (kuva 7).



KUVA 7. Etusivu

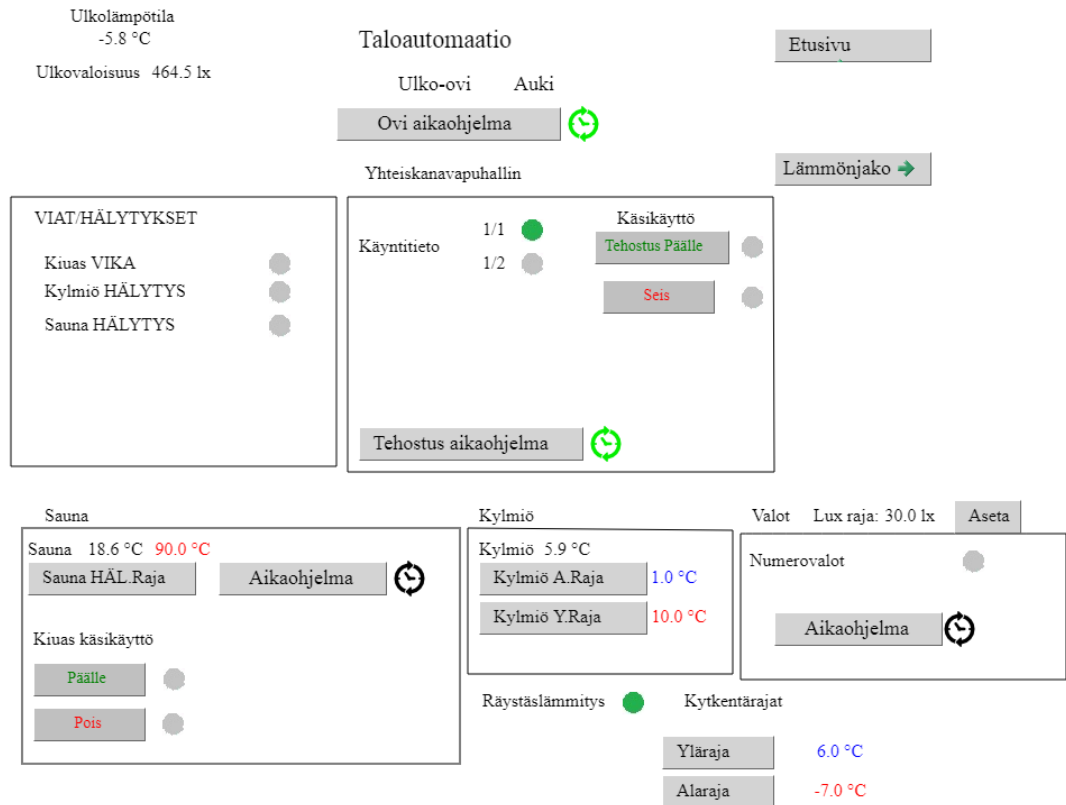
6.3 Taso 2

Tasolla 2 sijaitsee jokaiselle rakennukselle tehty pääsivu. Pääsivun tarkoituksena on esittää selkeästi rakennuksen automaatiojärjestelmään liitetyt laitteet ja prosessit. Pääsivulta nähdään ohjausten, erillispisteiden sekä hälytysten tilat. Kuvassa 8 on esitetty vanhan paikallisvalvomon pääsivu.



KUVA 8. Vanha pääsivu

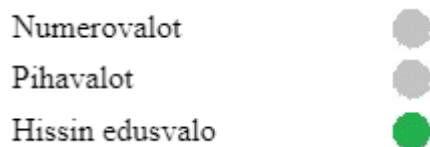
Pääsivulla käytettiin tekstin lisäksi paljon graafista informaatiota, jonka avulla automaatiojärjestelmän tilasta on helppo saada käsitys. Uuden pääsivun suunnittelussa käytettiin apuna vanhaa paikallisvalvomon pääsivua. Näin käyttäjien oppimiskynnys uuden valvomon käytössä saadaan mahdollisimman pieneksi. Kuvassa 9 uuden valvomon pääsivu.



KUVA 9. Uusi pääsivu

6.3.1 Erillispisteet

Erillispisteillä tarkoitetaan yksittäisiä muista riippumattomia ohjauksia ja tilatietoja, kuten valot, ovien sähkölukot, saunan kiuas ja poistoilmapuhallin. Erillispisteiden ohjaukset ja tilatiedot haluttiin tuoda pääsivulle, jolloin niiden seuranta on helppoa (kuva 10).

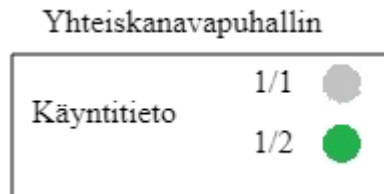


KUVA 10. Valojen ohjaukset

Vihreä valo kertoo kyseisen ohjauksen olevan päällä ja harmaa ohjauksen olevan pois. Erillispisteiden yhdistäminen pääsivulle pienentää myös valvomon hierarkiaa, jolloin sen käyttäminen ja oikean tiedon etsiminen on helpompaa.

6.3.2 Tilatiedot

Tilatiedot ovat digitaalisia 1-0 tietoja. Tilatiedot tuovat valvomoon tärkeää tietoa eri laitteiden käynti- sekä vikatiloista. Tilatietojen avulla käyttäjän on helppo todentaa koneen tai laitteen olevan käynnissä, pysähtynyt tai vikatilanteessa. Kuvassa 11 nähdään yhteiskanavapuhaltimen käyntinopeuden tilatieto.



KUVA 11. Yhteiskanavapuhaltimen käyntitieto

6.3.3 Käsikäytöt

Käsikäytöt ovat operaattorille luotuja toimintoja, joilla voidaan ohittaa laitteet tai säätimen automaattinen toiminta ja asettaa itse haluttu ohjaus- tai säätöarvo. Käsikäytöllä voidaan esimerkiksi kytkeä erillispiste, kuten poistoilmapuhallin päälle tai pois päältä poikkeavan tarpeen tullessa, esimerkiksi huoltotoimenpiteiden ajaksi (kuva 12).

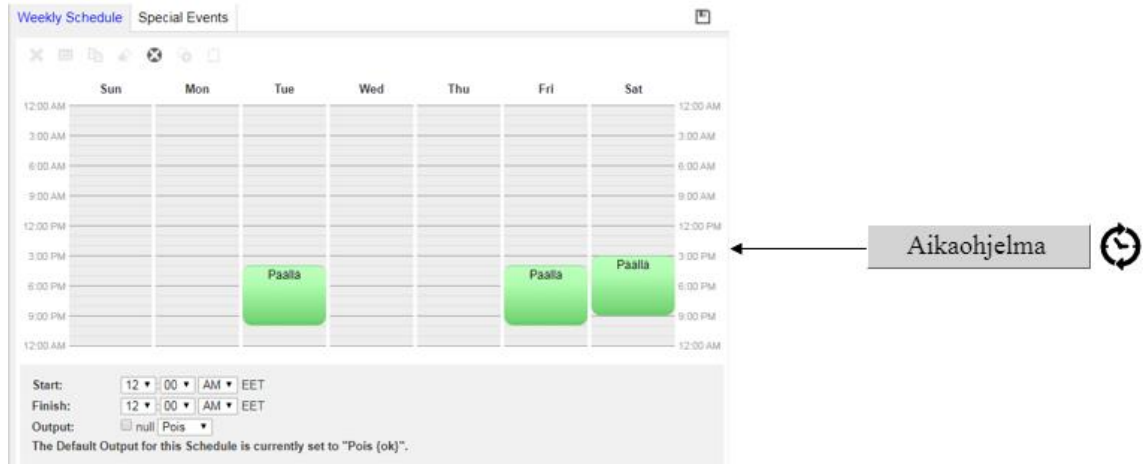


KUVA 12. Käsikäytön periaate

6.3.4 Aikaohjelmat

Aikaohjelmilla voidaan määrittää eri laitteiden ja koneiden käyntiaikoja. Aikaohjelmat ovat yksinkertainen tapa säästää energiaa ja optimoida laitteiden käyntiaikoja. Aikaohjelmien avulla voidaan jokaiselle päivällä määritellä erikseen laitteen käyntiajat, joita se

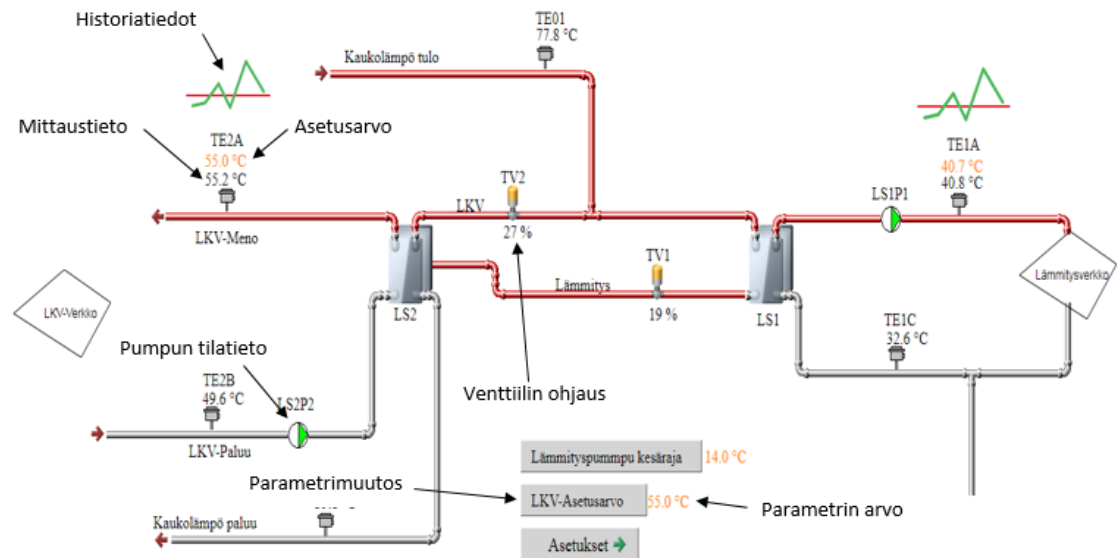
noudattaa aina kyseisen aikaohjelman mukaisesti. Aikaohjelmaan voidaan tehdä normaalia poikkeavia aikoja, esimerkiksi tilaisuuksia tai loma-aikoja varten. Kuvassa 13 aikaohjelma.



KUVA 13. Aikaohjelma

6.4 Taso 3

Tasolla 3 on jokaisen talon lämmitysprosessin prosessikuva (kuva 14).

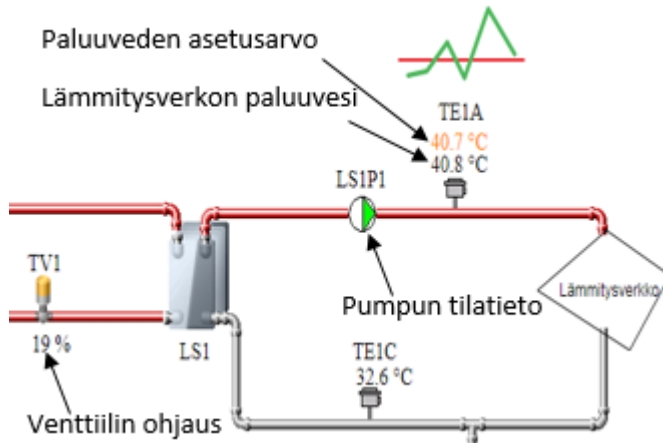


KUVA 14. Lämmitysprosessin prosessikuva

Prosessikuvat piirretään suunnittelijan toimittaman prosessikuvan mukaisesti. Kuvaan liitetään kaikki prosessin kannalta olennaiset mittaus- ja ohjaustiedot. Kohteen rakennuksissa oli kaikissa vähintään kaksi säädettävää verkostoa, lämmitysverkosto ja lämpimän käyttöveden verkosto.

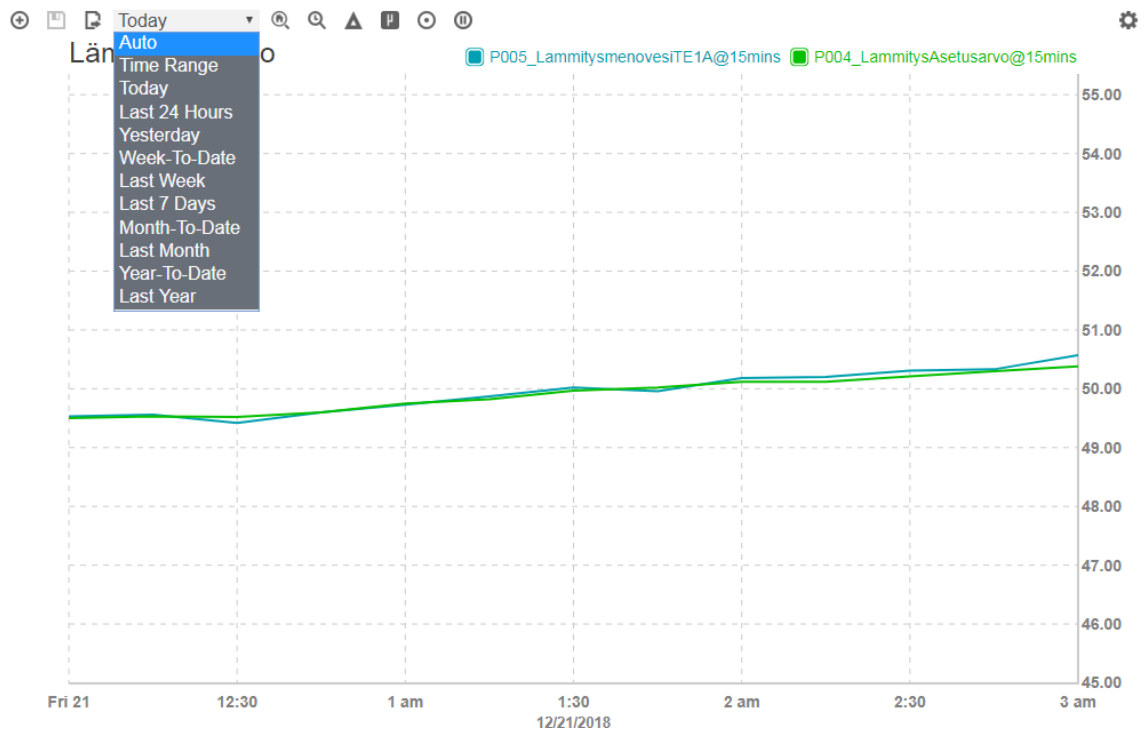
6.4.1 Lämmitysverkko

Lämmitysverkolla säädetään rakennuksen patterivesien lämpötilaa. Valvomoon tuodaan tiedot lämmitysverkon meno- ja paluuveden lämpötiloista, säätöventtiilin ohjauksesta sekä lämmitysverkoston pumpun tilatieto (kuva 15).



KUVA 15. Lämmitysverkko

Mittaustietojen yläpuolella olevaa kuvaketta painamalla, käyttäjälle avautuu lämmitysverkoston menoveden ja asetussarvon trendi-ikkuna (kuva 16).



KUVA 16. Trendi-ikkuna

Trendi-ikkunassa nähdään menoveden lämpötila ja asetusarvo x- ja y- koordinaatistossa. Tämän näkymän avulla voidaan seurata säädön toimivuutta sekä tarkastella mittauksen historiatietoja. Molempia akseleita voidaan säätää liikuttamalla niitä hiirellä. Aika-akselille voidaan tehdä myös valmiita näkymiä kuten *tänään*, *viimeviikolla* tai *viime vuonna*. Näiden toimintojen avulla käyttäjän on helppo päästä käsiksi haluamaansa aikaan ja mitaustietoon. Historiatietoja voidaan myös tallentaa selaimesta tietokoneelle esimerkiksi .cvs tiedostona, jota voidaan käsitellä Excelissä.

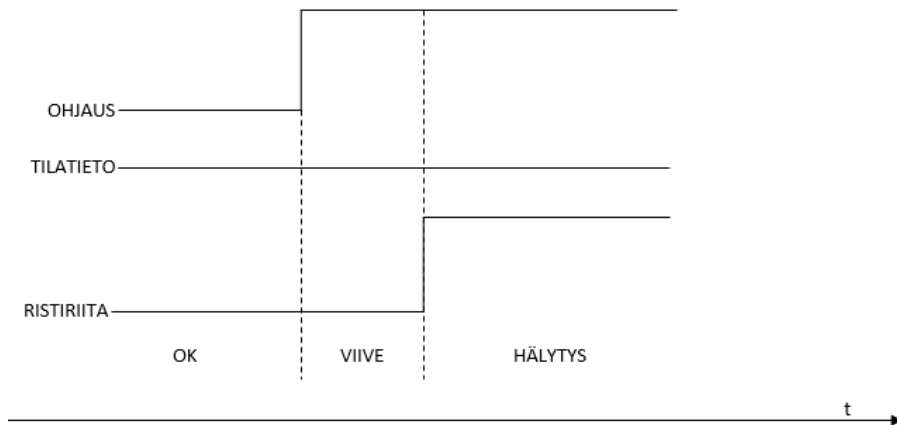
6.5 Hälytykset

Hälytykset ovat valvomon tärkeimpiä ominaisuuksia. Hälytysten avulla voidaan estää kiinteistön ajautuminen huonoihin ja ei-haluttuihin olosuhteisiin. Hälytysten avulla voidaan myös estää laitteiden vikaantumisia tai hajoamisia. Pilvivalvomossa hälytykset voidaan ohjata eteenpäin esimerkiksi käyttäjän ilmoittamiin sähköpostiosoitteisiin tai puhelinnumeroihin. Sähköpostiin tai puhelimeen ohjatut hälytykset mahdollistavat nopean reagointiajan ja pienemmät vika-ajat. Hälytyksiä voidaan ohjelmoida käyttäjän toiveiden mukaisesti erilaisista poikkeama- ja vikatilanteista.

Hälytykset voidaan jakaa eri prioriteetti-tiluokkiin, jolloin jokaisen hälytyksen eteenpäin-ohjaus sekä kiireellisyys voidaan määritellä erikseen. Priorisoimalla hälytyksiä vältetään ylimääräinen informaatiotulva. Eri kiireellisyysluokat helpottavat huoltomiesten työjärjestyksen organisoimista. Hälytysten perusteella voidaan suoraan määrittää työtehtävät tärkeysjärjestykseen.

6.5.1 Ristiriita

Ristiriitahälytykset kertovat laitteen toiminnan olevan ohjauksesta poikkeavaa. Ristiriitahälytys vertailee esimerkiksi moottorin ohjaus- ja tilatietoa keskenään. Mikäli näiden tietojen kesken tapahtuu poikkeama, aktivoidaan ristiriitahälytys. Kuviossa 7 on esitetty ristiriitahälytyksen toiminta.

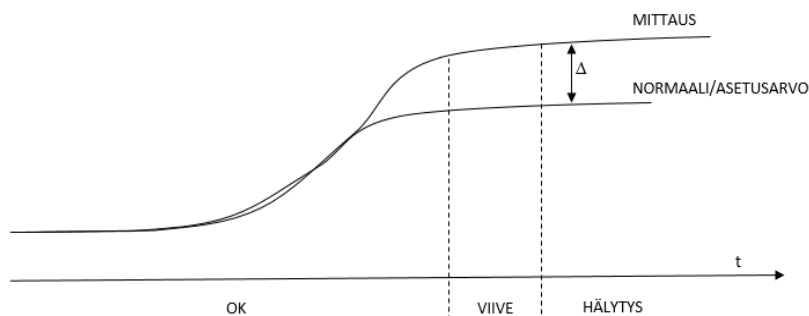


KUVIO 7. Ristiriitahälytyksen periaate

Ristiriitahälytyksen viive on määriteltävä ohjattavan laitteen toiminnan mukaan. Laitteen käynnistymiseen vaikuttavat tekijät esimerkiksi viivereleet tai muut kytkentäilmiöt sekä PLC-laitteen ohjelmakierto voivat aiheuttaa jopa sekunnin viiveen tilatiedon nousemiselle. Viiveellä estetään turhien hälytysten syntyminen.

6.5.2 Poikkeama

Poikkeamahälytyksellä tarkoitetaan hälytystä, joka kertoo jonkin tilanteen, säädön tai esimerkiksi lämpötilan olevan normaalista tai halutusta arvosta poikkeavassa tilassa. Poikkeamahälytys vertailee esimerkiksi säätimelle annettua asetusarvoa ja mittausarvoa. Mikäli mittausarvo poikkeaa säätimen asetusarvosta asetetun poikkeama-arvon verran, aktivoidaan poikkeamahälytys. Poikkeamahälytyksillä voidaan estää energiahukkaa ja huonoja olosuhteita kiinteistön eri tiloissa. Poikkeamahälytystä voidaan soveltaa monissa eri tilanteissa. Poikkeamahälytyksen avulla voidaan huomata esimerkiksi vioittunut venttiili, joka hukkaa energiaa. Kuviossa 8 on esitetty poikkeamahälytyksen periaate.



KUVIO 8. Poikkeamahälytyksen periaate

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa yritykselle omavarainen ja kehityskelpoinen pilvivalvomoratkaisu. Työn tavoitteisiin kuuluivat toimivien VPN-yhteyksien luominen, käyttöliittymän tekeminen ja eri toiminnallisuuksien kehittäminen ja käyttöönotto. Tämän opinnäytetyön tulosten pohjalta yrityksessä voidaan kehittää ja toteuttaa tulevaisuudessa yhä parempia ja monipuolisempia rakennusautomaatiojärjestelmien pilvivalvomoita ja kehittyneempiä käyttöliittymiä.

Suurimpina haasteina projektin toteuttamiselle oli vähäinen kokemus VPN-tekniikalla toimivien etäyhteyksien luomisesta. Tämä tuotti monia haasteita, mutta oli samalla myös palkitsevaa ja erittäin kehittävää tutkimus- ja kehitystyötä niin henkilökohtaisesti kuin yritykselle. VPN-tunnelin toteuttamiseen tarjolla olevat monet eri mahdollisuudet ja toteutustavat sekä niiden edut ja haittapuolet olivat ensimmäinen paneutumisen aihe. Toteutuksessa päädyimme käyttämään OpenVPN-protokollaa sen suosion, turvallisuuden ja monipuolisuuden vuoksi. Opinnäytetyön aikana kasvanut ymmärrys erilaisista verkkoratkaisuista mahdollistaa jatkossa asiakkaan tarpeita parhaiten vastaavan verkkoratkaisun tarjoamisen. Etuna projektin toteuttamiselle oli yrityksen erittäin vahva kokemus ja osaaminen RAU-järjestelmistä. Pystyin keskittymään valvomon toteuttamiseen ja tarvittaessa sain tärkeää tukea prosesseihin liittyvissä kysymyksissä.

Projektin toinen suuri vaihe oli käyttöliittymän tekeminen IQVISION-ohjelmistolla. Minulla oli jo aikaisempaa kokemusta kyseisestä ohjelmistosta, joten käyttöliittymää oli helppompaa lähteä toteuttamaan. Opinnäytetyön aikana IQVISION-ohjelmistoa käyttäessä tuli vastaan ominaisuuksia, joita kannattaa käyttää, kun käsitellään suuria pistemassoja ja useita eri etäkohteita. Opinnäytetyön yhtenä päätelmänä oli Niagara-käyttöjärjestelmän soveltuvuus myös suurten ja keskisuurten kohteiden toteuttamiseen. Valvomon käyttökoulutuksissa huomattiin selvästi, että valvomon eri toiminnallisuudet ja niiden tarpeellisuutta tulee harkita aina tapauskohtaisesti käyttäjän kokemuksen ja tietotaidon mukaan. Käyttäjän ymmärrys prosesseista ja laitteista tulee kartoittaa parhaan mukaan, jotta valvomon ominaisuudet ja käytettävyys vastaavat mahdollisimman hyvin käyttäjän vaatimustasoa. Projektin tekeminen oli motivoivaa ja innostavaa, koska ratkaisut tulivat todelliseen käyttöön ja työn tuloksen pystyi näkemään heti. Projektin jälkeen koen olevani huomattavasti kehittyneempi verkkotekniikassa ja Niagara-käyttöjärjestelmässä. Tämä on varmasti suuri etu tulevaisuudessa minulle ja yritykselle.

Projektin edetessä tulevaisuudensuunnitelmat ja tavoitteet selkeytyivät. Tulevaisuudessa tarkoituksena on tutustua, kehittää ja käyttöönottaa yhä enemmän muilla kuten BACnet-protokolla toimivia laitteita ja järjestelmiä, sekä käyttää myös itse yhä enemmän BACnet-protokollaa Trend-kohteissa. BACnet-protokollan hyvä hallinta ja ymmärrys mahdollistaa monien laitteiden ja erilliskoneiden integroinnin Niagara-järjestelmään ja osaksi valvomoa. Kohteissamme on usein esimerkiksi jokin omavarainen ilmastointikone, joka hoitaa itse säädöt ja ohjaukset. Nämä koneet ovat jatkoissa mahdollista integroida suoraan valvomoon BACnet-protokollalla ilman, että niiden automaatiolaitteita tarvitsee uusia. Projektin aikana huomasin, kuinka paljon automaatioala kehittyy koko ajan. Tämän vuoksi työntekijöiden ja yritysten on tärkeä kehittää itseään ja pysyä mukana kehityksen kärjessä.

LÄHTEET

BACnet. Verkkodokumentti.

www.bacnet.org (verkkosivu, luettu 8.2.2019)

Feilner, Markus. Beginning OpenVPN 2.0.9. Packt Publishing, 2009

Harju, Pentti. Talotekniikan Automaatio Oppilaan kirja. Penan Tieto-Opus Ky, 2002

Harmo, Panu. Automaatio 2, Rakennusautomaatio luento 3. Verkkodokumentti.

www.mycourses.aalto.fi (luettu 25.1.2019)

hms-networks. Verkkodokumentti.

www.hms-networks.com (luettu 11.1.2019)

Kaario, Kimmo. TCP/IP-verkot. Docendo, 2002

Lamberg, Juho. (keskustelu, 31.1.2019)

Teltonika. Verkkodokumentti.

www.wiki.teltonika.lt (luettu 25.1.2019)

Thomas, Tom. Verkkojen tietoturva. Cisco Systems, 2005

Trend Control Systems. Verkkodokumentti.

www.partners.trendcontrols.com (luettu 31.1.2019)