



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Toni Hyvönen

Bacnet-protokollaan perustuvan rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

13.5.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Toni Hyvönen Bacnet-protokollaan perustuvan rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutus 27 sivua 13.5.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine	automaatiotekniikka
Ohjaajat	lehtori Timo Tuominen johtava asiantuntija Rami Hursti
<p>Insinööritö tehtiin yritykselle Granlund Oy. Granlund on talotekniikan suunnittelun, kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultoinnin sekä ohjelmistojen asiantuntijakonserni.</p> <p>Työn aiheena oli Bacnet-tiedonsiirtoprotokollaan perustuvan rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Tavoitteena oli saada yritykselle lisää informaatiota Bacnet-järjestelmän toimintamallien toteutuksesta erilaisissa kiinteistöissä, ja hyödyntää saatua tietoa tulevaisuuden rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelussa ja toteutuksessa.</p> <p>Työssä selvitetään Bacnet-protokollan suunnittelu- sekä toimintaperiaatteita rakennusautomaatiototeutuksessa, ja minkälaisia vaatimuksia Bacnet-protokollan käyttö edellyttää, jotta asiakas saa toimivan järjestelmän kiinteistöönsä.</p> <p>Työn alussa esitellään Bacnetin taustaa, kehitystä ja Bacnet-protokollan toimintaperiaatteita sekä käydään läpi Bacnet tuotteiden laiteprofileja. Työn loppupuolella paneudutaan Bacnet rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluun ja sen toteutukseen. Suunnitteluvaiheessa perehdytään yleisesti rakennusautomaation toimintamalleihin ja sen perusteisiin. Lopussa käydään lyhyesti läpi, mitä Bacnet-järjestelmän toteutukselta vaaditaan.</p> <p>Insinööritöön tuloksilla Granlund Oy:llä pystymme kehittämään Bacnet-protokollaan perustuvan automaatiojärjestelmän suunnittelua, ja sen lisäksi saimme kerättyä lisää tietoa protokollan toimintaperiaatteista.</p>	
Avainsanat	Bacnet, rakennusautomaatio, RAU

Author Title Number of Pages Date	Toni Hyvönen Design and Implementation of Building Automation System Based on Bacnet protocol 27 pages 13 May 2019
Degree	Bachelor of engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation technology
Instructors	Timo Tuominen, Senior Lecturer Rami Hursti, Senior Advisor
<p>This study was commissioned by Granlund Oy. Granlund works in Building Services Planning and is focused on property, energy and environmental consulting and software.</p> <p>The subject of the thesis study was the design and implementation of a building automation system based on the Bacnet communication protocol. The aim was to provide the company with more information on the implementation of Bacnet operating models in various properties and to utilize the information obtained in the design and implementation of future building automation systems.</p> <p>The thesis clarifies the design and operating principles of the Bacnet protocol for building automation implementation, and what kind of requirements are required for using the Bacnet protocol in order to get a working system for their property.</p> <p>Bacnet's background, development and Bacnet protocol operating principles are introduced at the beginning of the thesis, and the device profiles of Bacnet products are reviewed. Towards the end of the thesis, the focus is on designing and implementing the Bacnet building automation system. In the part concerning the design stage, the building automation operating models and their foundations are generally handled. Finally, what is required for the implementation of the Bacnet system is briefly reviewed.</p> <p>With the results of this bachelor's study, Granlund Oy is able to develop the design of the automation system based on the Bacnet protocol. In addition, more information about the protocol was obtained.</p>	
Keywords	Bacnet, Building Automation, RAU

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Bacnet-protokollan perusteet	2
2.1	Tausta ja kehitys	2
2.2	PICS-dokumentit	3
2.3	EDE-tiedostot	3
2.4	BIBBs-rakennuspalikat	4
2.5	Bacnet-turvajärjestelmä ja -prioriteetit	6
2.6	Laiteprofiilit	8
3	Bacnet-tuotteet	10
4	Suunnitteluvaihe	14
4.1	Rakennusautomaation toimintamalli	14
4.2	Suunnittelumallin rakenne	14
4.2.1	OSI-malli	14
4.2.2	Bacnet-protokollaan perustuva supistettu OSI-malli	16
4.3	Bacnet-järjestelmän tiedonsiirron vaatimukset	17
5	Bacnet-verkon toteutus	18
6	Erytisvaatimukset Bacnet-järjestelmän toteutuksessa	20
7	Hyödyt kiinteistön omistajalle	23
8	Yhteenveto	25
	Lähteet	26

Lyhenteet

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers BACnet standardin kehittäjä.
BIBB	A BACnet Interoperability Building Block, käytetään osoittamaan minkä tahansa Bacnet-laitteen toiminnallisuutta.
BTL	BACnet Testing Laboratories, Bacnet International -järjestö, joka vastaa protokollaan liittyvistä asioista sekä laite hyväksynnöistä.
ISO	Maailmanlaajuinen standardi EN ISO 16484-5. ISO/TC205 on Bacnet tuotteiden testaamiseen ja sertifiointiin määritelty standardi
MAC	Media acces control. Laitteen yksilöivä osoitteistus verkossa. Bacnet protokollassa fyysinen osoite verkossa
Multipleks	Prosessi, jossa yksittäiset digitaali- tai analogitiedot yhdistetään yhtenäiseksi signaaleiksi lähetettäessä niitä fyysistä yhteyttä pitkin.
MS/TP	Master-Slave/Token Passing, tietoliikenneprotokolla.
Objekti	Kuvataan verkon laitteiden välistä viestinnän rajapintaa. Objekteilla voidaan mallintaa esimerkiksi laitteen osaa, laitteessa olevaa tietoa tai ohjaus-algoritmeja.
PICS	The Protocol Implementation and Conformance Statement, Protokollan toteutuksen vaatimustenmukaisuusilmoitus.
RAU	Rakennusautomaatio.
Vendor ID	Jokaiselle laitetoimittajalle annettava yksilöity valmistajatunnus.

1 Johdanto

Insinööriyö tehtiin Granlund Oy:lle. Granlund perustettiin vuonna 1960 ja sen toiminta perustuu talotekniikan suunnitteluun, kiinteistö-, energia- ja ympäristöasioiden konsultointiin sekä ohjelmistojen kehittämiseen. Granlundin yksi tärkeimmistä osaamisalueista on energiatehokkuus. Granlund toimii Suomessa johtavana asiantuntijakonsernina kaikilla palvelualueillaan, joka panostaa voimakkaasti innovaatio- ja kehitystoimintaan. Toiminnan keskiössä on hyvinvoinnin edistäminen rakennetussa ympäristössä. [1.]

Rakennusautomaatiosuunnittelu on tärkeänä osana Granlundin osaamisessa ja siihen kuuluvat vaativimmat uudisrakennuskohteet sekä saneerauskohteet. Merkittäviin tehtäviin kuuluu myös kiinteistöjen rakennusautomaation ja energiatehokkuuden parantamiseen liittyvät peruskorjaus- ja saneeraushankkeet sekä erilaiset selvitystehtävät. [2.]

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli tutustua Bacnet-tiedonsiirtoprotokollan suunnitteluvaiheisiin ja sen toteutukseen rakennusautomaatiojärjestelmässä. Työn tavoitteena oli kerätä informaatiota Bacnet -järjestelmän toimintamallien toteutuksesta erilaisissa kiinteistöissä ja hyödyntää saatua tietoa tulevaisuuden rakennusautomaatiojärjestelmien suunnittelussa sekä niiden toteutuksessa.

Työn alussa esitellään Bacnetin taustaa, kehitystä ja Bacnet-protokollan toimintaperiaatteita sekä käydään läpi Bacnet tuotteiden laiteprofiileja. Työn loppupuolella paneudutaan Bacnet rakennusautomaatiojärjestelmän suunnitteluun ja sen toteutukseen. Suunnitteluvaiheessa perehdytään yleisesti rakennusautomaation toimintamalleihin ja sen perusteisiin. Lopussa käydään lyhyesti läpi mitä Bacnet-järjestelmän toteutuksessa vaaditaan sekä minkälaisia hyötyjä Bacnet-protokollan käyttö voi kiinteistönomistajalle tuottaa.

2 Bacnet-protokollan perusteet

2.1 Tausta ja kehitys

Bacnet-protokolla on suunniteltu ja kehitetty käytettäväksi vastaamaan juuri rakennusautomaation tarpeita. Bacnet-protokollan avulla pystytään kontrolloimaan tiedonsiirto-prosessia sekä sillä mahdollistetaan eri laitevalmistajien laitteiden kommunikointi riippumatta laitetyypistä tai prosessista, johon laitteet ovat liitetty. Bacnet-verkkoon kytkettävien laitteiden on tuettava Bacnet-protokollaa, jotta niiden välinen tiedonsiirto on mahdollista. Bacnet-standardin käyttö mahdollistaa eri standardiversioiden yhteensopivuuden ja se on käyttöjärjestelmien päivityksistä täysin riippumaton.

Bacnet-protokollaa aloitettiin kehittämään kesäkuussa vuonna 1987 ASHRAE Bacnet -komitean avajaiskokouksessa Nashville Tennesseeessä. Vuonna 1995 Bacnet määriteltiin ANSI-standardiksi sekä vuonna 2003 ISO-standardiksi. Nykyään BACnet ASHRAE:lla on useampi alajärjestö, jotka toimivat BACnet Interest Groups-nimen alla. [5.]

Bacnet-protokollan kehityksestä vastaa ASHRAE SSPC 135 -komitea, joka muodostuu pääosin samoista jäsenistä, jotka ovat olleet mukana alusta alkaen kehittämässä Bacnet-protokollaa. ASHRAE SSPC 135 -komitea sisältää monia työryhmiä, jotka toimivat itsenäisesti ja kehittävät eri osa-alueita protokollasta. [8.]

Bacnet International -järjestö vastaa protokollaan liittyvistä asioista ja sen valvonnasta. Järjestöllä on muun muassa valtuus päättää Bacnet-tuotteiden BTL-hyväksynnöistä. Jokaisen laitevalmistajan tulee testauttaa laitteet validoiduissa BTL-laboratorioissa. Hyväksytyjä testilaboratorioita on tällä hetkellä neljä eri puolilla maailmaa, joista yksi sijaitsee Yhdysvalloissa Atlantassa, kaksi Saksassa ja viimeisin Sveitsissä. Testin läpäisseet tuotteet saavat Bacnet sertifikaatin ja BTL-logon tuotteeseen, sekä sertifikaatin saaneet tuotteet listataan BIG EU:n sivuille. [7.]

Suomessa on myös oma Bacnet Interest Group (BIG-FI), joka toimii BIG-EU:n alajaostona. BIG-FI järjestää vuotuisia tapaamisia, joihin yritykset voivat osallistua. Yleensä tapahtumiin on kuitenkin kutsulista. [4.]

BIG-FI:llä on myös tapana järjestää plugfest-tapahtumia, jossa yritykset pääsevät kokeilemaan laitteitansa muiden yrityksiensä kanssa. Plugfest-tapahtuman tarkoituksena on, että osallistujilla on mahdollisuus testata tuotteitaan muiden Bacnet-toimittajien kanssa ja parantaa yhdessä Bacnet-protokollan käyttöönotto- ja testausmenetelmiä. [4.]

2.2 PICS-dokumentit

Kaikilla Bacnet-laitteilla on erilaiset ominaisuudet ja toiminnot, ja ne vaihtelevat laitteittain, ei ole olemassa vain yhden koon Bacnet-laitetta. Standardiin on määritelty formaatti, johon on listattuna laitteiden eri ominaisuudet. Määritelmän mukaisia dokumentteja laitteista kutsutaan PICS-dokumenteiksi (The Protocol Implementation and Conformance Statement). [10.]

PICS-dokumentilla eli "protokollantäytäntöönpanon vaatimustenmukaisuusilmoitus" kuvataan tietyn Bacnet-laitteen Bacnet-ominaisuuksia. Bacnet standardin mukaan PICS on laitteen valmistajan laatima kirjallinen asiakirja, jolla pystytään tunnistamaan Bacnetin määrittelemät ja erityiset asetukset laitteessa. Bacnet PICS on julkinen asiakirja, joka laaditaan asianomaisen osapuolen käyttöön. [10.]

Kaikissa Bacnet-protokollan mukaisista laitteista on laadittu PICS-dokumentti, joka määrittää kaikki Bacnet-laitteen osat, jotka on toteutettu. PICS-dokumentin avulla saadaan esimerkiksi selville laitteen tunnistamiseen tarvittavat perustiedot, laitteen tukemat Bacnet-yhteensopivuudet ja onko laite Bacnet standardoitu. [10.]

2.3 EDE-tiedostot

Engineering Data Exchange -malli tarjoaa yhteisen keinon kuvata datapistepalvelimen kohteita Microsoft Excel -laskentataulukossa. EDE-tiedoston käyttöä voidaan, suositellaan osapuolien välisten teknisten tietojen vaihtamiseen, kuten datapistetyyppien, datapisteosoitteiden sekä datapisteiden esitystietoja standardoiduissa muodoissa. [11.]

Bacnet näkökulmasta datapistelueteloita ei välttämättä tarvita, koska minkä tahansa Bacnet-laitteen ominaisuuksien tiedot voidaan löytää verkosta. Joissakin tapauksissa voi tulla tarpeen antaa nämä tiedot asiakkaalle, myös offline-datapisteluetelona. Tämä voi

olla tarpeen myös, jos asiakas on määritettävä ennen kuin palvelinlaite on toiminnassa verkossa tai verkko ei ole vielä valmis käytettäväksi. Näiden lisäksi myös monet asiakkaat voivat vaativat tietokantojensa ”offline-tekniikkaa” valvontakeskuksille sekä automaatioasemille. [11.]

2.4 BIBBs-rakennuspalikat

BIBBs tulee sanoista ”A Bacnet Interoperability Building Block”. BIBBs rakennuspalikoita käytetään osoittamaan minkä tahansa Bacnet-laitteen toiminnallisuutta, ja niitä käytetään virallisesti kuvaamaan Bacnet-profiilia ja tuotteen PIC-lausekkeita. [4.]

Rakennuspalikoista saadaan toiminnallisia kokonaisuuksia, joita pystytään muodostamaan käyttäen käsitteitä objekti, ominaisuus, laite ja palvelu. Alueita on viisi ja niistä käytetään nimitystä yhteistoiminta-alueet:

- tiedonvälitys
- hälytys- ja tapahtumahallinta
- trendit
- laitehallinta
- verkonhallinta

BIBBs luettelossa on ilmoitettu kyseiset toimialueet (BACnet Interoperability Building Blocks), esimerkki BIBBs-luettelosta on taulukossa 1.

Taulukko 1. BIBB-luettelo tiedonjako (Data Sharing)

BIBB type	BIBB	Description	Comment
Data Sharing	DS-RP-A	Read Property (Client)	Ask
	DS-RP-B	Read Property (Server)	Answer
	DS-RPM-A	Read Property Multiple (Client)	Ask
	DS-RPM-B	Read Property Multiple (Server)	Answer

Tiedonsiirron rakennuspalikat (BIBBs) on luokiteltu Bacnet-ympäristössä viiteen eri lohkoon, jotka ovat:

- Tiedonjako (DS)
- Hälytys ja tapahtuma hallinta (AE)
- Aikataulutus (SCHED)
- Trendi (T)
- Laitehallinta ja verkonhallinta (DM)

Bacnet-protokollassa käytetään asiakas-/ palvelinprotokollaa (client/server). BIBB-tiedonsiirronrakennuspalikoita kuvataan laitepareina ja asiakaslaiteesta käytetään nimitystä A-laite, sen lähettämiin viesteihin reagoivaa palvelinlaitetta kutsutaan B-laitteeksi. Laitepareille A ja B määritellään ominaisuudet, jotka toteuttavat samat toiminnallisuudet vuorovaikutusalueessa ollakseen yhteensopivat. BIBBs rakennuspalikoilla kuvataan ominaisuudet, jotka ovat vuorovaikutusalueen sisällä. Seuraavassa on esimerkki tiedonjaon (DS) BIBBs-parista. [4.]

Tiedonjaon BIBBs pari. (DS-RP-A) - (DS-RP-B)

DS tulee sanoista Data Sharing. RP taas sanoista ReadProperty ja tässä tapauksessa laitteen on tarkoitus kysyä, eli A kuvaa sanaa Ask. Alla olevassa kuvassa x- kirjain kuvaa sitä, mitä tiedonsiirtoblokin on tarkoitus tehdä, eli aloittaa (initiate) tai suorittaa (execute) tehtävä. Taulukossa 2 on havainnollistettu, kun A-laite käyttää datan, jonka laite B on sille lähettänyt.

Taulukko 2. Tiedonjaon BIBB Pari (DS-RP-A)

BACnet palvelu	Initiate	Execute
ReadProperty	x	

Seuraavassa taulukossa 3. laitteelta B lähetetään vastaustieto laitteelle A. Tässä tapauksessa laite B suorittaa A laitteelta tulleen tiedon.

Taulukko 3. Tiedonjaon BIBB Pari (DS-RP-B)

BACnet palvelu	Initiate	Execute
ReadProperty		x

Tiedonvälitys laitteiden välillä

Tiedonvälitys Bacnet-laitteiden välillä on joko yksi- tai kaksisuuntaista. Tietoa voidaan tallentaa tiedostoiksi, raporteiksi tai graafeiksi. Laitteiden, esimerkiksi yhteisten antureiden välillä välitetään mittaustietoja. Tiedonvälityksen toiminta laitteiden välillä perustuu siihen, että tietoa haluava asiakaslaite lähettää palvelinlaitteelle pyynnön tiedon saamiseksi. Esimerkimmallisissa (taulukko 1) on mahdollisuus, että asiakas siirtää dataa palvelimelle ja muuttaa palvelimen ominaisuuden arvoa. Tiedon siirtyminen laitteiden välillä voi kulkea kumpaan suuntaan vain. [9.]

Hälytys- ja tapahtumienhallinnan käsittely

Hälytys- ja tapahtumatietojen käsittelystä määrittelee ja vastaa hälytys- ja tapahtumienhallinta, josta hälytys- ja tapahtumatiedot varastoidaan lokitiedostoiksi tai ne voidaan lähettää eteenpäin. Lokitiedostoista taas voidaan tehdä koosteita ja yhteenvetoja. Bacnetissä hälytykset ja tapahtumat tarkoittavat samaa asiaa. Objekti, jolla käsitellään tapahtumia käyttää eri tapahtumaluokkia määrittelemään, miten tapahtuma käsitellään. Bacnetissä esimerkiksi tapahtuma tasoja voivat olla normaali (NORMAL), epänormaali (OFFNORMAL) ja vika (FAULT). [4.]

2.5 Bacnet-turvajärjestelmä ja -prioriteetit

Bacnet-standardissa on myös huomioitu turvajärjestelmät, joita nimetään Life Safety Objektiksi. Objekteilla mahdollistetaan luotettava tietojen vaihtaminen esimerkiksi LVIA ja palo-/kulunvalvonta järjestelmien kesken. Prioriteeteistä vain osa on tarkasti määriteltynä standardissa, mutta prioriteetit on kuitenkin järjestetty yksiselitteisesti 1–16, joista vahvin prioriteetti on numero 1 (Manual Life Safety) ja heikoin prioriteetti on 16. (taulukko 2.)

Prioriteettien kannalta varsinaisia sääntöjä ei ole, mutta Bacnetilla on suositus sekä ohjaus- että hälytysprioriteeteille. Ohjusprioriteetteja on edellä mainitun mukaisesti 16, joista viisi (P1, P2, P5, P6 ja P8) on jo BACnetin puolelta ehdotettu ja ainakin suuremmat laitetoimittajat ovat sopineet, että P15 olisi varattu aikaohjelmalle. [4.]

Myös hälytysprioriteeteille on BACnet tehnyt ehdotuksen, jota kaikkien ohjelmoijien tulisi käyttää. Taulukossa 2 on malli, kuinka urakoitsijan tulisi ohjelmoida Bacnet ohjauspisteet standardin mukaisesti. [4.]

Taulukko 4. Bacnet ohjausprioriteetit [5.]

Standard Command Priorities	
Value	Description
1	Manual Life Safety
2	Automatic Life Safety
3	
4	
5	Critical Equipment Control
6	Minimum On/Off
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	Time program
16	

Bacnet-järjestelmän kojeiden sekä laitteiden ohjelmointiin tulee määritellä seuraavat ohjausprioriteetit:

Prioriteetti 1: Hengenvaara, käsiohjaus (esimerkiksi palokunta)

Prioriteetti 2: Hengenvaara, automaattiohjaus (esimerkiksi paloilmotinkeskus)

Prioriteetti 5: Kriittinen ohjaus, esimerkiksi jäätymisvaara

Prioriteetti 6: Minimikäyntiaika

Prioriteetti 8: Käsiohjaus (esimerkiksi laitteiden käsiohjaus valvomosta käsin tai paikallisella käsipäätteellä)

Prioriteetti 10: Paikallisohjaus, esimerkiksi jatkoaikapainike

Prioriteetti 15: Automaattiohjaus, esimerkiksi aikaohjelma

Taulukossa 5 on esitetty, kuinka urakoitsijan tulisi ohjelmoida hälytysprioriteetit Bacnet standardin mukaisesti.

Taulukko 5. Bacnet hälytysprioriteetit [5.]

	Class	Application	Example
1	Urgent	Security alarms, life safety	Fire, Gas, Emergency-off, Security
2	High priority	Detectors	thermocontact, Feedback. etc.
3	Normal alarm	to warn earlier about a problem	Filter Temperature warnings
4	Low priority	Non time Event	
5	User defined		
6	Offline Trend	Message from trend object	

Bacnet standardissa hälytykset ovat eritelty kuuteen eri ryhmään seuraavasti:

1. Turvallisuushälytykset
2. Kiireelliset hälytykset
3. Yleishälytykset
4. Huoltohälytykset
5. Kohdekohtaiset erillishälytykset
6. Tilastointi ilmoitukset (trendi)

2.6 Laiteprofiilit

Bacnet-standardissa on profiileja, joilla pystytään määrittämään esimerkiksi, kuinka paljon laitteen tai ohjelman on hyvä ”ymmärtää” Bacnet-protokollaa. Yhtenä ajatuksena protokollaa kehittäessä on ollut, että jokaisen laitteen ei välttämättä tarvitsisi ymmärtää kaikkea tietoa vaan sen osan tiedosta, joka on kyseisen laitteen toiminnolle tarpeellista tai välttämätöntä. Jokainen laite voidaan näin ollen luokitella omaan profiiliin riippuen siitä, minkälaista tietoa kyseisellä laiteella halutaan. [4.]

BACnet-protokollassa käytetään kolmea työasemaprofiilia, joista korkein ja ominaisuuksiltaan laajin on B-AWS eli Advanced Operator Workstation. Toiseksi korkein työasemaprofiili on Operator Workstation (B-OWS), jonka ominaisuudet ovat hieman rajoitetumman verrattuna korkeampaan B-AWS-profiiliin. Viimeisenä profiilina on Operator Display (B-OD). Se on operaattoriprofiileista kaikista rajoitetuin ja profiili sisältää pääosin vain kriittisimmät toiminnot, jotka ovat tarpeellisia käyttöä varten. [3.]

Erittäin rajattu Bacnet Operator Display (B-OD) -profiili on tarkoitettu käytettäväksi pienemmissä rakennusautomaatiokohteissa. Käyttöpäätteenä voidaan käyttää hyvin esimerkiksi kosketusnäyttöpaneelia tai käsikäyttöistä päätettä. Sen valvomo-ohjelmistovaatimukset ovat useimmiten myös suppeammat, sillä toimintojen ei tarvitse olla niin laajat kuin suuremmissa kohteissa [3.]

Työasema profiileissa B-AWS ja B-OWS on monia yhteisiä ominaisuuksia. Profiilien välinen ero on lähinnä siinä, että B-AWS -profiilissa päästään ominaisuksiin kiinni syvemmin. Valvomoprofiilin minivaatimus nykytekniikan tasolla tulisi olla vähintään B-OWS, mutta voisi jo lähteä harkitsemaan B-AWS tason profiilia. Nykyään suurin osa Bacnet toteutuksista tehdään jo B-AWS tason tuotteilla. Taulukossa 4 pystytään havainnollistamaan, minkä tasoinen Bacnet-laite on kyseessä. [3.]

Seuraavassa esimerkkejä profiililuokituksista sekä minkälaisia laitteita kyseisen profiililuokituksen alla on.

Valvomotasokohtaisia laiteprofiileita ovat BACnet Advanced Workstation (B-AWS) ja BACnet Operator Workstation (B-OWS).

Alakeskuslaiteprofiili: BACnet Building Controller (B-BC)

Laiteprofiili taajuusmuuntajalle/huonesäätimelle: BACnet Application Specific Controller (B-ASC)

Laiteprofiili venttiilimoottorille: BACnet Smart Actuator (B-SA)

Laiteprofiili verkon "hallintalaitteelle": BACnet Broadcast Management Device (B-BBMD)

Taulukossa 6. pystytään havainnollistamaan, minkä tasoinen ja tyyppinen Bacnet-laite on kyseessä.

Taulukko 6. BACnet standardoidut laiteprofiilit. [4.]

Device type							
IOB	B-OWS	B-BC	B-AAC	B-ASC	B-SA	B-SS	B-GW
Data Sharing	DS-RP-A,B	DS-RP-A,B	DS-RP-B	DS-RP-B	DS-RP-B	DS-RP-B	DS-RP-B
	DS-RPM-A	DS-RPM-A,B		DS-WP-B	DS-WP-B		DS-RPM-B
	DS-WP-A	DS-WP-A,B					DS-WP-B
	DS-WPM-A	DS-WPM-A					
		DS-COVU-A,B					
Alarm & event mgmt	AE-N-A	AE-N-B	AE-N-B				AE-N-B
	AE-ACK-A	AE-ACK-B	AE-ACK-B				AE-ACK-B
	A-ASUM-A	A-ASUM-B	A-ASUM-B				A-ASUM-B
	AE-ESUM-B	AE-ESUM-B					AE-ESUM-B
Scheduling	SCHED-A	SCHED-B	SCHED-B	SCHED-B			
Trending	T-VMT-A	T-VMT-B					T-VMT-B
	T-ATR-A	T-ATR-B					T-ATR-B
Device & Network mgmt	DM-DDB-A,B	DM-DDB-A,B	DM-DDB-A,B	DM-DDB-A,B			DM-DDB-A,B
	DM-DOB-A,B	DM-DOB-A,B	DM-DOB-A,B	DM-DOB-A,B			DM-DOB-A,B
	DM-DCC-A	DM-DCC-B	DM-DCC-B	DM-DCC-B			DM-DCC-B
		DM-TS-B oder DM-UTC-B	DM-TS-B oder DM-UTC-B				DM-TS-B oder DM-UTC-B
	DM-TS-A						
	DM-UTC-A						
	DM-RD-A	DM-RD-B	DM-RD-B				DM-RD-B
	DM-BR-A	DM-BR-B					DM-BR-B
NM-CE-A	NM-CE-A					NM-CE-A	

Device type eli laitetyyppi kertoo, minkälainen Bacnet-tuote on kyseessä esimerkiksi B-OWS on valvomo-ohjelmistoprofiili (BACnet Operating Workstation), B-BC on alakeskusprofiili (BACnet Building Controller) ja B-ASC profiililuokitusta käytetään taajuusmuuntajissa sekä huonesäätimissä (BACnet Application Specific Controller). [4.]

IOB määrittää laitteissa, minkälaisia ominaisuuksia laitetoimittajien on tuotteisiinsa implementoitava esimerkiksi Data Sharing, Alrm & Event mgmt, Scheduling jne. [4.]

3 Bacnet-tuotteet

Bacnet-laitteiden toiminta

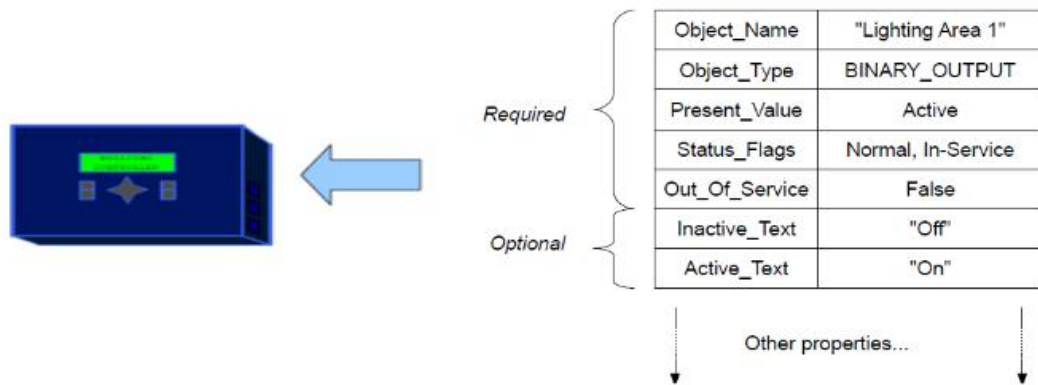
Bacnet-laite koostuu useimmiten ohjelmiston ja mikroprosessorin muodostamasta kokonaisuudesta. Bacnet-laitteet ovat useimmiten käyttöliittymiä, ohjainlaitteita (kontrollo-

reita) tai yhdyskäytäviä (gateway), ja niiden välinen kommunikointi tapahtuu Bacnet sanomilla. Jokaisella Bacnet-laitteella on laiteobjekti, josta selviää laitteen tunnus ja tyyppi. Laitetunnus on ohjelmoitavissa, ja se on laitekohtainen Bacnet-verkossa, johon laite on liitetty. Selkeyden vuoksi tunnusta nimitetään instanssitunnukseksi. Tämän lisäksi laitteissa on tietoa, joka kuvaa laitteen lähtöjä ja tuloja, joita laite ohjaa ja monitoroi. Laitteiden ohjelmistot koostuvat hallintaohjelmista, logiikkaohjelmista sekä sisältävät dataa laitteiden ohjattavista kohteista ja ohjausarvoista. [9.]

Objektit ja niiden ominaisuudet

Objekteilla kuvataan Bacnet -verkon laitteiden välistä viestinnän rajapintaa. Objekteilla voidaan mallintaa esimerkiksi laitteen osaa, laitteessa olevaa tietoa tai ohjausalgoritmeja. Mallinnettavat kohteet voivat olla fyysisiä sekä virtuaalisia. Fyysisiä kohteita voivat esimerkiksi olla I/O pisteiden arvot ja tilat. Virtuaalisia kohteita taas ovat algoritmit ja sovellukset (applikaatiot). Bacnet -standardissa määritellään 54 objektiä laitteiden lähdöille sekä tuloille, päivämäärille sekä ajalle, laitteen hallintaan sekä käyttöön, verkon ominaisuuksille ja tapahtumien käsittelyyn. Standardoitujen objektien käyttö on perusteltua, sillä ne ovat hyvin testattuja ja määriteltyjä. Objektien toteutusta ja testausta tehdään jatkuvasti. Standardi mahdollistaa myös epästandardin ja sovelluskohtaisten (priority) objektien käytön ja luonnin. Jokaisella objektilla on oma yksilöllinen 32-bittinen tunnus, jonka perustella voidaan päätellä objektin tyyppi ja instanssi. [9.]

Ominaisuudet koostuvat kahdesta eri osasta, ominaisuuden arvosta ja ominaisuuden tunnisteesta. Ominaisuudet ovat tietoa, joka perustuu laitteen toimintaan ja sen ominaisuuksiin (kuva 1). Ominaisuudet ovat kirjoitettavia ja luettavia. Objektista riippuen siihen kuuluu pakollisia ja valinnaisia ominaisuuksia. Pakollisia ominaisuuksia ovat objektin nimi/tunnus, objektin tyyppi ja arvo. Standardissa oleviin objekteihin on valmiiksi ominaisuuksien osalta määritetty valinnaiset sekä pakolliset tiedot. [9.]



Kuva 1. BACnet objekti ja sen ominaisuudet. [9.]

Yleistä Bacnet testaus laboratorioista

Bacnet International on perustanut Bacnet-testauslaboratoriota (BTL) tukemaan vaatimustenmukaisuuden ja yhteen toimivuuden testaustoimintaa, ja Bacnet International -järjestö koostuu BTL Managerista ja BTL-WG:stä. [13.]

Bacnet-yhteisö perusti vuonna 2000 voittoa tavoittelemattoman yhdistyksen listaamaan laitteiden yhteensopivuutta ja tekemään luetteloja palveluista Bacnet -laittevalmistajille. Organisaation nimeksi tuli Bacnet Testing Laboratories (BTL). Testauslaboratoriot toimivat kansainvälisen Bacnet-yhteisön suojassa. Bacnet-testauslaboratorioiden yleisiin toimintoihin kuuluvat:

- toteutusohje asiakirjan julkaiseminen
- jokavuotisen Bacnet internationalin sponsoroiman työpajan järjestäminen, jossa yritykset voivat tulla testaamaan laitteitaan ja niiden yhteensopivuutta muiden yritysten laitteiden kanssa
- maailmanlaajuisista BTL-listatuista laitteista parhaan palkitseminen ja BTL-WG:n toiminnan tukeminen
- tuen tarjoaminen ja testauspaketteihin liittyviin kysymyksiin vastaaminen
- BTL-testauspakettien julkaiseminen ja ylläpitäminen BTL-WG:n teknisen tuen avulla testaajien ja hyväksytyjen Bacnet testauslaboratorioiden käyttöön.

- uusien testauslaboratorioiden hyväksyminen testaamaan laitteita
- testauspalvelujen tarjoaminen hallinnoidun Bacnet-laboratorionsa kautta.

Bacnetin testauslaboratorioiden työryhmä (BTL-WG) tarjoaa Bacnet-testauslaboratorioiden (BTL) valvontaa ja ohjausta. BTL vastaa Bacnet Internationalin testaus- ja luetteloitointitoimintojen teknisistä näkökohdista, joiden keskeisenä tavoitteena on parantaa Bacnet-yhteentoimivuutta rakennustuotteiden välillä. [13.]

Laitehyväksyntä ja hintataso

Varsinaisen Bacnet-laitteen hyväksyntä ja BTL-sertifikaatin saamisen hintataso riippuu useasta seikasta, kuten minkä tasoinen laite halutaan testata eli onko kyseessä valvomotaso (B-AWS/B-OWS), alakeskus- eli automaatiotaso (B-BC) tai esimerkiksi älykäs kenttälaitte (B-SA) (taulukko 4). Hintaan vaikuttaa myös se, kuinka hyvin on valmistauduttu BTL-laboratorion testaukseen, eli ovatko dokumentit valmiina ja ohjelma valmiiksi esitestattu jne. [4.]

Valvomotason (B-OWS / B-AWS) sertifiointi maksaa satoja tuhansia, alakeskustaso (B-BC) kymmeniä tuhansia, kuitenkin lähemmäksi sataa tuhatta ja kenttälaitetaso (B-SA / B-SS) on mahdollista sertifioida muutamalla kymmenellä tuhannella eurolla. [15.]

Vendor ID

ASHRAE tarjoaa "vendor ID" -tunnuksen yrityksille tai yhteisöille, jotka toimivat mukana Bacnet -protokollan tuotekehityksessä ja laitevalmistuksessa. Tällä heikellä vendor ID:tä on luovutettu yrityksille 1133 kappaletta (20.3.2019). Suomessa on yhdeksän yritystä, joilla on Bacnet vendor ID. Ensimmäinen suomalainen yritys, joka sai vendor ID:n on Vacon Plc. Vendor ID tunnuksset ovat julkisia, ja niitä pystytään tarkastelemaan Bacnetin verkkosivuilta. [12.]

4 Suunnitteluvaihe

Toimiva rakennusautomaatiojärjestelmä perustuu laadukkaaseen suunnitteluun. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida rakennusautomaation toimintamallin eri vaiheet. Bacnet-protokollan suunnitteluun on hyödynnetty OSI-mallin rakennetta, josta on karsittu järjestelmän toimivuuden kannalta turhat vaiheet pois.

4.1 Rakennusautomaation toimintamalli

Valvomotaso on kiinteistöautomaatiotoimintamallin ylin taso. Automaatiojärjestelmässä valvomotason tarkoitus on vastata raportoinneista, hälytysten reitityksistä ja muista hallintotoimista. Valvomotason ja automaatiotason yhdistää toisiinsa väylä ja sen kommunikaatio perustuu LAN-verkkoon ja TCP/IP protokollaan. [4.]

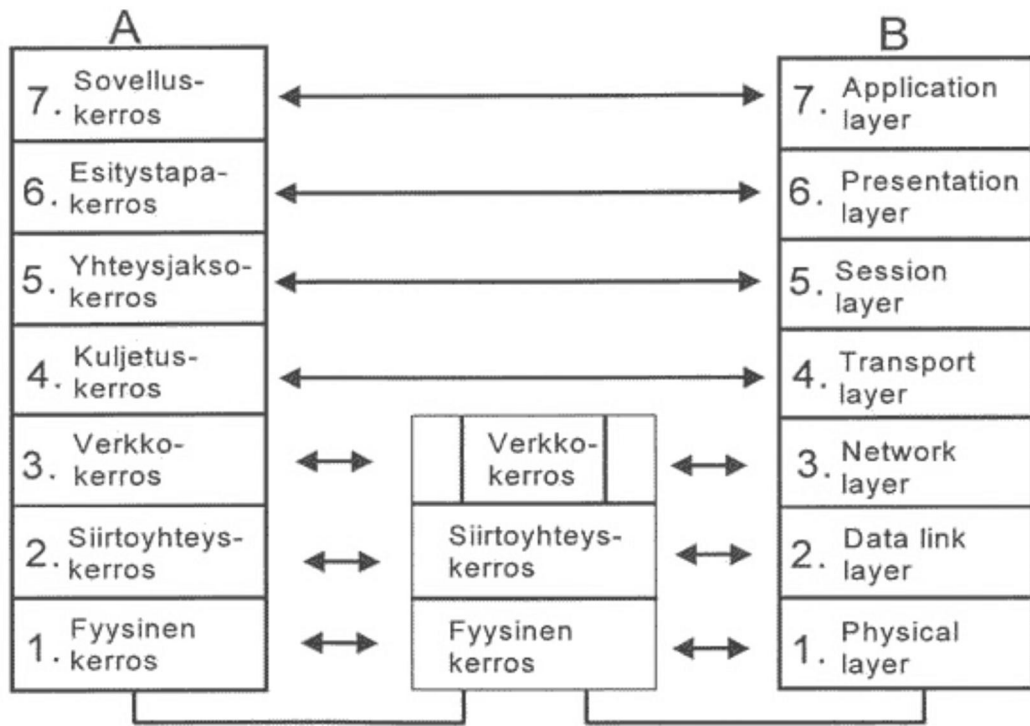
Automaatiotaso toimii valvomo- ja kenttätason välissä, ja siellä sijaitsevat myös valvomoalakeskukset (VAK) ja niihin liittyvät I/O-moduulit. Tason tarkoituksena on käsitellä ja välittää tietoa esimerkiksi säätö -ja ohjaustoimista, hälytysvalvonnasta ja optimoinneista. [4.]

Kenttätasoa kutsutaan automaatiojärjestelmän asentajatasoksi. Kenttätasolla sijaitsevat instrumentit eli anturit ja toimilaitteet, jotka liittyvät alakeskuksiin kenttäväylällä. Antureilta tuodaan reaaliaikaista tietoa prosessien eri tiloista ja niiden toiminnoista. Tarkoituksena on ohjata toimilaitteita niin, että niiden säätöjen tavoitteet toteutuisivat. [4.]

4.2 Suunnittelumallin rakenne

4.2.1 OSI-malli

OSI-mallilla tarkoitetaan vertailumallia, jolla pystytään kuvaamaan tiedon siirtymistä paikasta A paikkaan B. OSI-mallia hyödyntäen voidaan kuvata esimerkiksi tietokoneiden välistä viestintää suhteellisesta näkökulmasta. Mallissa on määritelty jokainen tiedonsiirron vaihe omassa kerroksessa, joista jokaisella kerroksella on oma tehtävänsä (kuva 2). Erilaisissa televiestinnässä käytetyissä standardeista suurin osa perustuu juuri OSI-malliin.



Kuva 2. OSI-malli

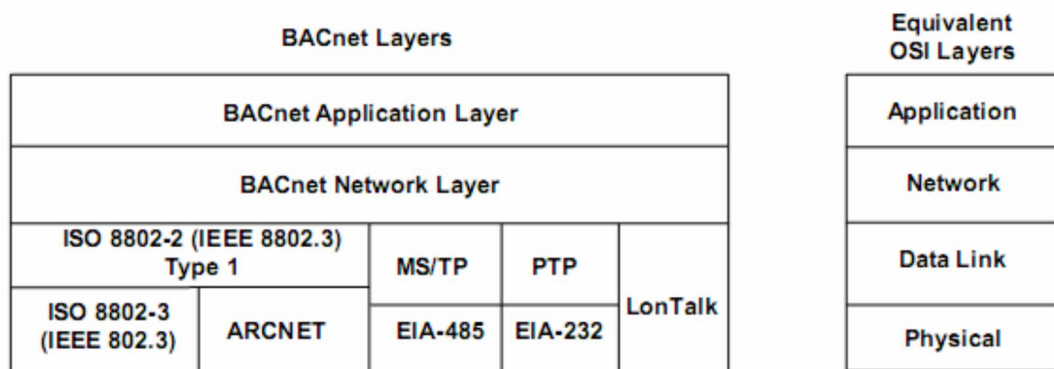
Mallissa jokaisella kerroksella on oma yksilöllinen tehtävä, joka niiden pitää suorittaa, ja yksittäiseltä kerrokselta lähtee tieto ylemmille kerroksille. Kerroksien toiminta on myös riippuvaista alempien kerroksien toiminnoista, joista tieto siirtyy kerroksien omista rajapinnoista eteenpäin. Esimerkiksi käyttäjän näkökulmasta ajateltuna tiedonsiirto tapahtuu naapurikerroksissa. Tiedonsiirto tapahtuu pelkästään virtuaalisesti ja sen todellinen yhteys muodostuu fyysisessä kerroksessa. [6, s. 20–21.]

RAU-protokollille ei ole järkevää kehittää vastaavanlaista mallia, koska se veisi liikaa aikaa ja sen mahdollinen hyöty olisi vähäinen. Tämän vuoksi jo olemassa olevien mallien käyttäminen ja niiden muokkaaminen RAU-tarpeisiin soveltuviksi on järkevämpää. [6, s. 20–21.]

RAU-protokollan kannalta OSI-mallin käyttäminen on hyödyllistä, koska mallista voidaan käyttää vain niitä kerroksia, jotka ovat tiedonsiirron kannalta tarpeellisia. [6, s. 20–21.]

4.2.2 Bacnet-protokollaan perustuva supistettu OSI-malli

Bacnet-protokollassa käytetään yksinkertaistettua OSI-malliarkkitehtuuria. Arkkitehtuurimallissa määritellään vain kerrokset, jotka ovat protokollan toiminnan kannalta tärkeitä. Bacnetin osalta tärkeät kerrokset ovat sovelluskerros, verkkokerros, siirtoyhteyskerros ja fyysinen kerros (kuva 3). Edellä mainituilla kerroksilla saadaan mahdollistettua protokollan virheetön toiminta, siirtoviestien pysyessä kuitenkin lyhyinä. [6, s. 21–23.]



Kuva 3. Bacnet-protokollaan perustuva supistettu versio OSI-mallista. [6, s. 21.]

Fyysisessä kerroksessa muodostetaan tiedonsiirto kahden eri laitteen välille. Bacnetin kohdalla fyysisessä kerroksessa on useampia eri vaihtoehtoja, kuten ARCNET, Ethernet, PTP, LonTalk ja MS/TP. [6, s. 21–23.]

Siirtoyhteyskerroksella pystytään jaottelemaan siirrettävä tieto paketteihin tai kehyksiin ja osoitteistaa paketit sekä kehykset tekemään esimerkiksi virhetarkistuksen. [6, s. 21–23.]

Verkkokerroksen tehtäviin kuuluu muun muassa muuttaa globaalit verkko-osoitteet paikallisiksi osoitteiksi. Verkkokerroksessa reititetään ja siirretään paketit verkosta toiseen, sekä limitetään paketteja tai siirtokehyksiä. Bacnet-laitteiden välillä tiedonkulku tapahtuu vain yhtä mahdollista siirtotietä käyttäen, joten verkkokerroksessa ei tarvita erillistä reititystä. Esimerkiksi yksittäinen Bacnet-verkko on sijoitettu aina yhteen paikalliseen verkkoon. Tällaisissa yhden verkon ratkaisuihin toiminnot verkkokerroksessa jäävät tarpeettomiksi, tai verkkokerroksessa suoritetaan samoja tehtäviä uudestaan samalla tavalla kuin siirtoyhteyskerroksessa. Joissakin erikoistapauksissa voidaan tarvita kuitenkin verk-

kokerroksen toimintoja. Tämänkaltaisen tilanne syntyy esimerkiksi silloin, jos tietoa siirretään kahden erillisen Bacnet-verkon välillä. Tällöin molemmissa verkoissa olevien Mac-osoitteistuksen tunnistettavuusasetuksien on oltava erilaiset, jotta samankaltaiset laitteet verkoissa saadaan eroteltua eri verkoissa sijaitseviksi. Tällä tavoin viestille saadaan määriteltyä paikallisen sijaan globaali vastaanottaja. Bacnetin verkkokerroksessa tarjotaan siis samankaltaisia toimintoja ja ominaisuuksia kuin OSI-mallin vastaavassa kerroksessa. Bacnetin verkkokerroksessa toiminnot ovat kuitenkin huomattavasti rajallisempia. [6, s. 21–23.]

Sovelluskerros on olennainen osa Bacnet-protokollan toimintamallia, jossa sen toimintoilla pystytään toteuttamaan toiminnallisuuden vaatima tiedonsiirto. Tässä kerroksessa rakennusautomaation tiedonsiirrolla tarkoitetaan lähinnä pisteiden ohjausta ja valvontaa. [6, s. 21–23.]

4.3 Bacnet-järjestelmän tiedonsiirron vaatimukset

Bacnet-rakennusautomaatiojärjestelmässä on, tarkkaan laadittu millaisia vaatimuksia järjestelmän toteutus tulee sisältää. Järjestelmän tiedonsiirrossa on yleisesti vaadittu, että tiedonsiirron tulisi perustua Bacnet-standardin mukaiseen tiedonsiirtoprotokollaan (EN ISO 16484-5) sekä laitteiden, ohjelmistojen ja valvontajärjestelmien tulisi olla Bacnet sertifioituja. Valvomo-ohjelmistojen vaatimuksissa tulisi mainita, että ne on oltava hyväksytyt Bacnet-työasemaksi. Valvomo-ohjelmisto on oltava vähintään B-OWS (BACnet Operator Workstation) tasoa. Nykyään voidaan jo vaatia, että valvomo-ohjelmisto tulisi toteuttaa B-AWS-profiili (BACnet Advanced Workstation) tason ohjelmistolla, joka on ominaisuuksiltaan laajempi verrattuna B-OWS-profiilin ohjelmistoon. [14.]

Kaikki järjestelmään liitettävät Bacnet-laitteet tulisi olla sertifioitu. Mikäli laitetta ei ole sertifioitu, laitteen toimittaja vastaa siitä, että liityntä on Bacnet-standardin mukainen. Järjestelmään liitettävien alakeskusten tulisi täyttää vähintään Bacnet-alakeskustason vaatimukset (B-BC = BACnet Building Controller). Alakeskusten tulisi myös tukea eri aliverkoissasijaitsevien laitteiden välistä BBMD-reititystä (BACnet Broadcast Management Device). Toimintaselostuksessa määritellyt fyysiset ja ohjelmalliset pisteet sekä toiminnot tulisi julkaista järjestelmässä Bacnet-protokollamuodossa. Myös laitteiden PICS ja BTL -dokumentit tulisi olla liitettynä erillisinä dokumentteina tarjousasiakirjoihin. [14.]

Huonesäätimien sekä taajuusmuuntajien vaatimuksissa tulisi määritellä, että niiden profiilit tulisi olla ohjelmoitavien säätimien mukaisia (B-ASC = BACnet Application Specific Controller) sekä toimintaselostuksessa määritettyjen pisteiden ja toimintojen tulee olla Bacnet-protokolla muodossa. [14.]

5 Bacnet-verkon toteutus

Bacnet-järjestelmän vaatimuksissa on määritelty, että järjestelmän tiedonsiirto tulee perustua Bacnet-standardin mukaiseen tiedonsiirtoprotokollaan, sekä valvontajärjestelmän, ohjelmistojen ja laitteiden tulee olla Bacnet-sertifioituja. Työselityksessä pitää tarkkaan määritellä, millaisia ominaisuuksia valituissa Bacnet-tuotteissa pitää olla ja millaisia toimintoja niiltä vaaditaan. Esimerkki vaatimus voisi olla ” Taajuusmuuttajien ja huonesäädinten tulee olla ohjelmoitavien säätimien profiiliin mukaisia (B-ASC = BACnet Application Specific Controller)”. [4.]

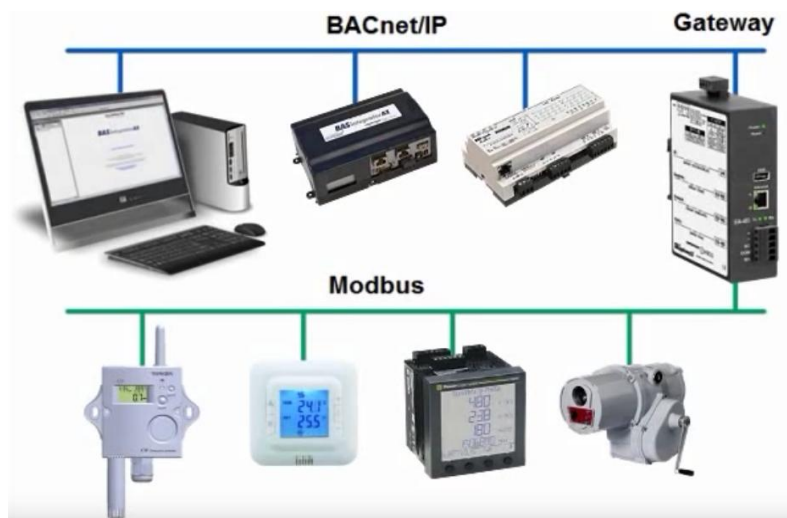
ISO/TC205 on standardi, jota käytetään Bacnet-tuotteiden testauksessa ja sertifiointissa. Laitteiden sertifikaateilla voidaan varmistaa ja taata niiden yhteensopivuus muiden laiteparien kanssa, joita käytetään toteutettavassa Bacnet-järjestelmässä. BTL-logolla varustetut tuotteet takaavat standardinmukaisuuden ja BTL-sertifikaatti varmistaa laitteiden yhteensopivuuden ja toimivuuden muiden Bacnet-tuotteiden kanssa. [4.]

Bacnet-verkko ratkaisu voidaan esimerkiksi toteuttaa käyttämällä MS/TP RS-485 -väyläprotokollaa. RS-485 on balansoitu sarjaväylä. Väylään voidaan liittää useita laitteita/säätimiä sarjaan. Liikennöinti väylässä tapahtuu vuoro suuntaisesti ja protokolla sisältää 32 lähetintä sekä vastaanotinta. [4.]

Tiedonsiirtonopeudella (baud rate) voidaan määrittää, kuinka nopeasti tieto liikkuu verkkoa pitkin. Mitä nopeampi baud rate on, sitä lyhyempi on laitteiden vastausaika. On kuitenkin tärkeää, että kaikilla laitteilla verkossa on oltava sama tiedonsiirtonopeus.

Bacnet-verkkoon laitteiden lisääminen on yksinkertaista. MS/TP tietoliikenne protokollan avulla tietoviesti kulkee väylässä laitteelta toiselle sarjaliikenteen avulla, kun väylään liitetään uusi laite, protokolla etsii laitteen automaattisesti ja lisää sen verkkoon. Näin ollen tietoviestiketju ei katkea ja laitteiden välinen informaation vaihto jatkuu uuden laitteen

kautta. Hyvin usein laitteet, kuten lämpöpumput tai IV-koneet, tukevat Bacnet-protokollaa. On myös sellaisia tapauksia, jolloin laitteet eivät tue protokollaa. Tällöin Bacnet-verkko joudutaan jakamaan toiseen väylään gatewayn avulla. Vesimittareissa voidaan käyttää Bacnet-protokollaa, mutta toistaiseksi yleisempi toteutustapa mittaroinnissa on ollut liittää mittarit Mbus-väylään. Mbus-väylään liittäminen Bacnet toteutukseen vaatii, joko erillisen gatewayn tai Bacnetin ”sisäänrakennetun natiiviajurin” Mbus-protokollaa varten. Sama verkon jakaminen gatewayn avulla pätee myös huoneohjauskohteissa, joissa suositaan KNX-väylää sekä valaistusohjauksessa, jossa käytetään DALI-väylää. (Kuva 4.)



Kuva 4. BACnet verkon jakaminen gatewayn avulla.

Jokaiselle laitteelle väylässä on asetettava yksilöity Mac-osoite. Mac-osoitteen perusteella pystytään tunnistamaan, miltä laitteelta/säätimeltä verkossa tieto saadaan valvomojärjestelmään. [4.]

6 Erityisvaatimukset Bacnet-järjestelmän toteutuksessa

Yleisenä vaatimuksena järjestelmän toteutuksessa pitäisi olla ”avoin Bacnet”. Nyt Bacnetin laitevalmistajat ovat saattaneet tehdä Bacnet-tuotteista huolimatta pisteiden siirron joko omalla tai jollain muulla protokollalla. Tällöin puhutaan ”suljetuista järjestelmistä”, eli Bacnet-muuttajat eivät ole väylässä muiden luettavissa. Käyttöönoton yhteydessä tulisi varmistaa, että urakoitsija on avannut Bacnet-protokollan myös kaikkien muiden toimijoiden käyttöön. Pahimmassa tapauksessa, jos asia on jäänyt huomaamatta käyttöönoton yhteydessä ja järjestelmää halutaan laajentaa tai lisätä uusia laitteita, voi Bacnet-protokollan avaamisesta vapaaseen käyttöön aiheutua lisäkustannuksia. [14.]

Väylät ja tiedot valvomo-operaattoreille

Väylissä tulee luonnollisesti huomioida muun muassa kaapelointi ja osoitteistus. Lisäksi on myös hyvä huomioida MSTP-väylässä olevien laitteiden määrä. [14.]

Tarvittavien tietojen saanti valvomo-operaattoreille tapahtuu valvomoalakeskusten kautta, joiden välinen liikenne suoritetaan Bacnet-protokollaa käyttäen. Valvomoalakeskuksille on hyvä sopia urakoitsijoiden kesken yhteisesti muuttajat (pisteet) sekä niiden tietotyypit ja käytettävät kirjoitusprioriteetit. Samat asiat on käytävä läpi myös hälytysprioriteettien kanssa. [14.]

Huomioitavat asiat tiedonsiirrossa ja tietoturvasa

Bacnetin heikoimmat osa-alueet ovat tiedonsiirrossa ja tietoturvasa. Käytännössä tiedon salaaminen tai pisteiden autentikointi ei edes teoriassa ole mahdollista. Tästä syystä Bacnettia käytettäessä verkko tulisi suunnitella erikseen ja vain rakennusautomaatiota varten. Yksi tapa on rakentaa Bacnet-liikenteelle kokonaan oma verkko ja muulle talotekniikalle/rakennusautomaatiolle omansa. Esimerkiksi alakeskukset voivat jutella valvomon kanssa omalla protokollallaan ja siten, että huonesäätimet ovat kokonaan omassa verkossa alakeskusten takana. ”Bacnetin avaamista ei ikinä suositella, ellei niin ole erikseen tilattu ja koko järjestelmää niin suunniteltu” Edellä mainituista syistä johtuen aliverkot tulisi aina pitää mahdollisimman pieninä, esimerkiksi kampus- tai kuntaverkoissa

maksimissaan kohdekohtaisina eli koko kaupungille ei yhtä isoa aliverkkoa. Portteja pystytään luomaan esimerkiksi toimittajakohtaisesti. Se ei kuitenkaan estä verkon ylikuormittumista, eikä auta tietoturvassa. [14.]

Yleisesti IT-verkon toimivuuden kannalta on tärkeä myös huomioida, että normaali reititetty verkko on riittävä BACnetin käyttöön, sekä heikon tietoturvallisuuden takia datan siirtäminen julkisen verkon läpi ei ole suositeltavaa. [14.]

Pisteiden nimeämisen vaatimukset

Pisteiden nimeämisessä on tällä hetkellä hyvin kirjava käytäntö. Pääsääntöisesti, kun suunnitellaan usean laitetoimittajan kokonaisuutta eli automaattioratkaisua, jossa on mukana useamman eri laitevalmistajan laitteita tai tuotteita, tällöin pisteiden nimeämiseen tulisi määritellä yhteinen käytäntö. Näin ollen piste-/positiotunnukset tulisi myös olla järjestelmän toiminnan sekä käytettävyyden kannalta yhteneväisesti. Seuraavassa on esitetty positiointi periaatteet, mutta tarkemmat positioniohjeet ovat yleensä asiakas-/kohdekohtainen. [14.]

BACnet-osoite (Mandatory object-name)

- Ei välilyöntejä
- Ei erikoismerkkejä
- Yksilöllinen osoite
- Alaviiva _ on sallittu merkki

Esim. A_TK01_TE10 Tuloilmapuhaltimen jälkeinen anturi
 H_PV01_TE40 Patteriverkoston menovesianturi
 C_JK01_TE60 Jäähdytyskoneen menovesianturi
 E_PI01_PE01 Paineilmaverkoston paineanturi

Seuraavassa on kuvattu järjestelmälyhenne, johon piste kuuluu

A_ = Ilmastointi
 H_ = Lämmitys
 C_ = Jäähdytys
 E_ = Sähkö/Erillispisteet

Laitetunnukset tulisi erotella sallittuja merkkejä käyttäen esimerkiksi _ (alaviivaa) ' (heitto-merkkiä tai jotakin muuta sallittua merkkiä käyttäen, jotta tunnuksen luettavuus on mahdollisimman selkeä. [14.]

Seuraavassa on kuvatta kone tai verkosto, johon laite kuuluu.

TK01_ = ilmanvaihtokone

JK01_ = jäähdytyskone

PV01_ = patteriverkosto

Laiteen nimi:

TE10 = tuloilma-anturi

TE40 = menovesianturi

Pisteen selväkieliteksti (Optional Description)

- selväteksti kirjoitetaan suomenkielellä. Se on kuvaus pisteelle, joka näkyy edellisissä esimerkeissä

Osoitteistuksen vaatimukset

Osoitteet (IP-osoite) BACnet-maailmassa verkkosuunnittelun kannalta (ei pelkästään ip-osoitteet vaan myös reititys, tietoturva, ulkoiset yhtedet jne.) tulisi olla hyvin hallussa. Bacnet-järjestelmän toteutukseen on suositeltavaa myös ottaa mukaan erillinen integraattori, joka voi muun muassa määritellä verkko-osuuden projekteissa. [14.]

7 Hyödyt kiinteistön omistajalle

Bacnet-protokollan käyttö mahdollistaa yhteisen rajapinnan kautta eri toimijoiden käyttämisen, vaikka valvomo olisi yhdeltä toimijalta ja laitteet toiselta. Laite tasolla se mahdollistaa urakan sisällä paljon isomman laitevalikoiman käytön, koska protokolla ei ole merkiriippuvainen. Integraatioissa se taas helpottaa muun muassa IV-koneiden, lämpöpumppujen sekä muiden laitteiden tehokkaan liittämisen ilman ongelmia. [4.]

Tilaaaja voi kilpailuttaa vapaasti eri laitetoimittajia, joilla on Bacnet -hyväksytyt laitteet. Olisi myös suositeltavaa, että tuotteet ovat vähintään B-BC-tasolla. Tilaaajalla on mahdollisuus kilpailuttaa ja hyväksyä myös sertifioiduttomia laitteita. Jos sertifioiduttomien laitteiden profiili on ”pienempi” kuin B-BC, niin laitteet olisi hyvä liittää järjestelmään alakeskusten kautta. [4.]

Kunnossapidon tehostuminen, kun kunnossapitohenkilökuntaa ei tarvitse kouluttaa useamman eri valvomo-ohjelmiston käyttöä ja yhdeltä valvomopääteeltä voidaan päästä, myös käsiksi useamman eri kiinteistön valvomoihin. [4.]

Turvallisuus kasvaa, kun järjestelmät ovat suunniteltu samalla tavalla, jolloin voidaan käyttää esimerkiksi master-käskyjä (IV-hätä seis) kaikkien Bacnet-järjestelmään liitettyjen kojeiden ohjaamiseen. Myös esimerkiksi huipputehon rajoitus on huomattavasti helpompi toteuttaa, kun sähkökuormat voidaan ohjata sovittujen prioriteettien perusteella pois päältä. [4.]

Elinkaarikustannukset alenevat, kun standardin mukaisia tuotteita on markkinoilla laajalti ja esimerkiksi vioittuneet laitteet voidaan korvata toisen valmistajan laitteilla tarvittaessa. Sama asia pätee riskienhallintaan. Laitteet ovat helposti korvattavissa muiden laitetoimittajien tuotteilla, jos järjestelmätoimittajan tuki laitteille loppuu. [4.]

Bacnet ratkaisun edut verrattuna ”perinteisiin” järjestelmiin

Periaatteessa eri protokollat ovat ”samanarvoisia”, eli kaikki järjestelmät toimivat, jos ne tehdään oikein. Yksittäiselle kiinteistölle on periaatteessa yhdentekevää, millä protokollalla se tehdään, kunhan se tehdään oikein. [15.]

BACnet-järjestelmän edut tulevat esille, kun asiakkaalla on useita kiinteistöjä, joiden käyttöä hän haluaa harmonisoida. Kuitenkin periaatteessa kaikki kiinteistöt, joissa tarvitaan kiinteistöautomaatiota, voidaan toteuttaa Bacnet-protokollaan perustuvilla ratkaisuilla. Laajojen kiinteistömassojen omistajat (kaupungit ja kunnat jne.) voivat hyödyntää BACnet-protokollan antamia mahdollisuuksia esimerkiksi kilpailuttamiseen ja kiinteistön hoitoon. Taulukossa 7 on tiivistetty Bacnet-protokollan vahvuudet, heikkoudet, mahdollisuudet sekä uhat. [15.]

Taulukko 7. Analyysi BACnet protokollan hyödyntämiseen liittyvistä asioista

Vahvuudet (strengths)	Mahdollisuudet (opportunities)
Mahdollistaa eri laitevalmistajien laitteiden kommunikointi riippumatta laitetypistä tai prosessista.	Bacnet protokollalla on mahdollisuudet voimakkaaseen kasvuun. Asiakaskunnan ja sen tietoisuuden lisääntymisen myötä.
Verkon laajentaminen → uuden laitteen lisääminen verkkoon on yksinkertaista ja helppoa.	Integraatio Smart buildings → teknologian lisääntyminen rakennuksissa.
Globaali-protokolla, käyttö levinnyt laajasti ja kaupallisesti menestyvänä standardina varmistaa jatkuvuuden	
Pienentää tilaajan riskiä toimittajariippuvuudesta esim. laitteiden tuen tai elinkaaren loppuessa	
ISO/EN Standardoitu.	
Heikkoudet (weaknesses)	Uhat (threats)
Tiedonsiirto → tiedon salaaminen on lähes mahdotonta.	Laitetoimittajien yhteistyöhaluttomuus.
Tietoturva on itse protokollassa.	Verkkohyökkäykset sekä haittaohjelmat.
BACnet objektien määrä ja ominaisuudet saattavat tuoda rajoituksia toteutukseen tietyissä tapauksissa.	Hintataso, pystyykö vastaamaan hintakilpailuun.
	Kehitys ei pysy nykyvaatimusten tahdissa.

8 Yhteenveto

Työn tavoitteina oli tutustua Bacnet-tiedonsiirtoväylän perusteisiin ja selvittää, minkälaisia vaiheita Bacnet-rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu ja toteutus sisältää. Työn alussa käytiin läpi lyhyesti Bacnet-protokollan historiaa ja sen kehityksen alkuvaiheita sekä Bacnet-tuotteiden hyväksyttämistä ja BTL-sertifikaatin saamista tuotteille. Työn loppupuolella paneuduttiin taas enemmän Bacnet-järjestelmän suunnittelun vaiheisiin ja siihen minkälaisia asioita tulee ottaa huomioon, kun aiotaan toteuttaa Bacnet-järjestelmä. Viimeisenä asiana on kerrottu, minkälaisia hyötyjä Bacnet voi tuoda kiinteistön omistajalle, ja otetaan kantaa, onko järjestelmä järkevä verrattuna muihin protokolliin.

Työ aiheena oli mielestäni mielenkiintoinen ja haastava lähtökohtiin nähden. Ennen insinööriyön aloittamista käsitys kenttäväylistä oli rajallinen ja niiden käyttökokemus lähes olematon. Opin työn ohella myös paljon yleisesti rakennusautomaatiojärjestelmän toimintaperiaatteista sekä niiden suunnittelussa ja toteutuksessa huomioitavista asioista. Työn tekemällä sain kokonaisvaltaisen kuvan Bacnet-protokollan toiminnasta rakennusautomaatiojärjestelmässä.

Rakennusautomaation kehitys viime vuosina on ollut nopeaa. Rakennuksien tiukentuneet energiamääräykset ovat olleet osasyynä siihen, että lähes jokaiseen uuteen rakennukseen suunnitellaan automaatiojärjestelmä energiatehokkuuden parantamiseksi. Nykyään tekniikan kehittyessä lähes jokaisella laitetoimittajalla on tarjota laitteidensa liitännätavaksi väyläliitännärajoituksen perinteisen I/O-pisteiden rinnalle. Näinä päivinä laitevalmistajat ovat alkaneet integroimaan laitteisiinsa enemmän elektroniikkaa sekä älyä. Tästä johtuen myös automaatiotietoliikenne on lisätty laitteisiin vakiona. Tekniikan kehittyessä tulevaisuudessa langattomien väylien ratkaisut lisääntyvät rakennusautomaatiojärjestelmien toteutuksissa kasvaa.

Työn tuloksilla pystytään kehittämään Bacnet-protokollaan perustuvan automaatiojärjestelmän suunnittelua, ja sen lisäksi saimme kerättyä lisää tietoa protokollan toimintaperiaatteista.

Lähteet

- 1 Meistä. 2018. Verkkoaineisto. Granlund Oy <<https://www.granlund.fi/granlund/meista/>>. Luettu 31.10.2018.
- 2 Rakennusautomaatio. 2018. Verkkoaineisto. Granlund Oy <<https://www.granlund.fi/suunnittelu/palvelut/rakennusautomaatio/>>. Luettu 31.10.2018.
- 3 BACnet International / BTL. Verkkoaineisto. <<http://www.bacnet.org/Contact/BI.htm>>. Luettu 28.10.2018.
- 4 Heikkilä, T. 2008. Avoimen rakennusautomaatiojärjestelmän suunnittelu. 2008. Verkkoaineisto. <http://automaatioseura.planeetta.com/index/tiedostot/BACnet-Forum08_T_Heikkila_Avoimen_rakennusautomaatiojarjestelman_suunnittelu.pdf>. Luettu 17.2.2019.
- 5 Introduction to BACnet. Verkkoaineisto. <http://www.big-eu.org/fileadmin/downloads/Introduction_to_BACnet-V3-1.pdf>. Luettu 17.2.2019.
- 6 SFS-EN ISO 16484-5: Building automation and control systems, Part 5: Data communication protocol. Suomen standardisoimisliitto, 2004.
- 7 BACnet International. Verkkoaineisto. BACnet International. <<http://www.bacnetinternational.org>>. Luettu 28.11.2018.
- 8 SSPC Working Groups. Verkkoaineisto. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/WG/index.html>>. Luettu 28.11.2018.
- 9 The Language of BACnet-Objects, Properties and Services. 2014. Verkkoaineisto. <<http://www.bacnet.org/Bibliography/ES-7-96/ES-7-96.htm>>. Luettu 28.11.2018.
- 10 PICS. 2018. Verkkoaineisto. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/DL-Docs/index.html>> Luettu 28.11.2018
- 11 EDE. 2019. Verkkoaineisto. Cimetrics. <<https://www.cimetrics.com/blogs/news/new-bacnet-explorer-with-engineering-data-exchange-ed-export>>. Luettu 3.3.2019
- 12 Vendor ID. 2018. Verkkoaineisto. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/VendorID/index.html>> Luettu 2.1.2019
- 13 BTL. 2018. Verkkoaineisto. ASHRAE SSPC 135. <https://www.bacnet-labs.org/page/btl_background> Luettu 2.2.2019

- 14 BIG-FI BACnet-työselitys. 2016. Verkkoaineisto. <https://www.automaatioseura.fi/site/assets/files/1432/tyoselitys_bacnet_by_big-fi_v26102016.pdf> Luettu 2.2.2019
- 15 Hursti, Rami. 2019. Johtava asiantuntija, Granlund Oy, Helsinki. Keskustelut 28.11.2018–30.3.2019.