

Mika Hänninen

# Automaatioväylien soveltuvuuden tutkiminen rakennusautomaatioon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Automaatioteknologia

Opinnäytetyö

17.6.2016

## Alkulause

Tämä opinnäytetyö on tehty Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:lle, tarpeesta saada lisää tietoa rakennusautomaatioväylistä ja niiden ominaisuuksista. Haluan kiittää työni ohjaajaa, diplomi-insinööri Jari Kärkeä työni ohjauksesta. Haluan myös kiittää työni valvojaa lehtori, Jukka-Pekka Pirstä Metropolia Ammattikorkeakoulusta.

Helsingissä 16.7.2016

Mika Hänninen

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Mika Hänninen Automaatiöväylien soveltuvuuden tutkiminen rakennusautomaatioon  44 sivua + 2 liitettä 17.6.2016
Tutkinto	Insinööri YAMK
Koulutusohjelma	Automaatioteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	DI Jukka-Pekka Pirinen DI Jari Kärki
<p>Tässä opinnäytetyössä tutkitaan rakennusautomaatiotekniikan yleisimpiä väylätekniikoita ja niiden integrointia keskenään. Tietoa eri rakennusautomaatiöväylien teoreettisista ominaisuuksista on saatu internetistä, alan asiantuntijoilta, laitetoimittajilta ja eri kirjallisista lähteistä.</p> <p>Tässä työssä on käsitelty seuraavia väyläprotokollia: Modbus, KNX/EIB, TCP/IP, Ethernet, DALI, M-Bus, BACnet, CAN ja LonWorks. Työn teoriaosassa vertailtiin eri väyläprotokollia keskenään ja on selvitetty jokaisen väyläprotokollan ominaisuuksia, sekä esitetty käytettävissä olevia erilaisia väylätopologioita.</p> <p>Työssä tutkittiin väyläprotokollien ominaisuuksia, mahdollisia puutteita, ongelmakohtia ja asioita, joihin suunnittelijan tulisi kiinnittää huomiota ennen suunnittelun aloittamista. Työn tulokset on saatiin omien käyttökokemusten, kirjallisen materiaalin ja asiantuntijahaastatteluiden perusteella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin koottua yksityiskohtaista teoreettista tietoa väylistä ja käytännön kokemuksia rakennusautomaatiöväylistä haastatteluiden perusteella.</p>	
Avainsanat	automaatio, automaatiöväylä, rakennusautomaatio

Author Title	Mika Hänninen Automation Bus in Building Automation
Number of Pages Date	44 pages + 2 appendices 17.6. 2016
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Jukka-Pekka Pirinen, Master of Science Jari Kärki, Master of Science
<p>This thesis examines the most common automation bus technologies in building automation, and their integration with each other. Information on the theoretical properties of various building automation buses was obtained from the Internet, industry experts, equipment manufacturers and suppliers, and other literature sources.</p> <p>This thesis analyses the following bus protocols: Modbus, KNX / EIB, TCP / IP, Ethernet, DALI, M-Bus, BACnet, LonWorks and CAN. The theoretical part compares different bus protocols, presents each bus protocol feature, and the variety of different available bus topology.</p> <p>In addition, the thesis researches field bus protocol features, possible shortcomings, problems, and issues the system designer should pay attention to prior to starting the design. The results of the study were compiled based on personal experience, written material, and expert interviews.</p> <p>As a result of this study, detailed theoretical knowledge of automation buses was gained, as well as practical experience was recorded on building automation buses on the basis of interviews.</p>	
Keywords	automation, automation bus, building automation

## Sisällys

Alkulause

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Rakennusautomaatioväylien perusteet	1
2.1	Automaatioväylän tiedonsiirto-standardit	1
2.2	OSI-mallin eri tiedonsiirto-rajapinnat	2
2.2.1	Fyysinen kerros	2
2.2.2	Siirtoyhteyserros	3
2.2.3	Verkkokerros	3
2.2.4	Kuljetuserros	4
2.2.5	Yhteyserros	4
2.2.6	Esitystapakerros	4
2.2.7	Sovelluserros	4
3	Avoin järjestelmäarkkitehtuuri	4
3.1	Keskitetty järjestelmäarkkitehtuuri	5
3.2	Hajautettu järjestelmäarkkitehtuuri	6
3.3	Väylätopologiat	7
3.3.1	Tähtimallin väylä	8
3.3.2	Rengasmallin väylä	9
3.3.3	Puumallin väylä	10
3.3.4	MESH-mallin väylä	10
4	Eri rakennusautomaatioväylät	10

4.1	BACnet	11
4.2	M-Bus	16
4.2	Modbus	19
4.3	DALI	22
4.4	CAN	24
4.5	LonWorks	26
4.6	KNX/EIB	29
4.7	TCP/IP	33
4.8	Ethernet	34
5	Väylätoimiset kenttälaitteet	36
6	Väylien varmennustavat	37
7	Rakennusautomaatiosuunnittelussa huomioitava	37
8	Tulevaisuuden näkymät	38
9	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liite 1. Laittevalmistajien haastattelut ja vastaukset	
	Liite 2 BACnet-sertifikaatti ja todistus laitteen testauksesta	

## Lyhenteet ja käsitteet

ANSI	American National Standards Institute. Yhdysvaltalainen standardointiinstituutti
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
ASCII	American Standard Code for Information Interchange. Sisältää amerikkalaisen englantilaisen tietokonemerkin
BACnet	Building Automation and Control Networks. BACnet on 1987 kehitetty rakennusautomaation ja säätöpiirien tarpeisiin oleva tiedonsiirtoprotokolla, joka on ANSI-, ISO- 16484-5 ja ASHRAE standardoitu
CAT5/6	Tiedonsiirtoon tarkoitettu kierretty parikaapeli
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection. Kilpavarausmenetelmä. Jos mikään muu laite ei lähetä dataa, voivat kaikki laitteet lähettää dataa.
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Itsenäinen, osoitteellinen valaistusohjausprotokolla. DALI on standardoitu kansainvälisen sähköteknisen komission IEC 60929 mukaan, joka on loisteputkivalaisinstandardi.
DDC	Direct Digital Control. Digitaalinen ohjaustekniikka
DMX	Digital Multiplex. Valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu tiedonsiirtoprotokolla
DSI	Digital Serial Interface. Suljettu sarjaliikenneprotokolla, jolla ohjataan valaistusta
EIB	European Installation Bus. Rakennusautomaatiokäyttöön kehitetty väylätekniikka

EIBA	European Installation Bus Association. Eurooppalainen kenttäväyläyhdistys
EN 1434	Mittausväylille tarkoitettu tiedonsiirtostandardi
Ethernet	Yleisimmin käytetty pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu (LAN)
ETS	EIB Tool Software. Windows-pohjainen ohjelmointityökalu EIB/KNX-protokollan ohjelmointia varten
FO	Fiber Optic
FTT	Free Topology Receiver
Gateway	Oletusyhdykäytävä jonka kautta aliverkon on mahdollista liitettyä ulkoiseen verkkoon
IEEE 802.3	Institute of Electrical and Electronics Engineers. Ethernetlähiverkkotekniikan käyttämä standardi
KNX	Eurooppalainen rakennusautomaatiostandardi
LC	Line Coupler. Linjaliitin eli reititin
LON	Local Operating Network. Automaatioväylä, jonka avulla liitetään verkkolaitteita toisiinsa
LonTalk	Echelon Corporationin kehittämä LonWorks-väylätekniikan tiedonsiirto-protokolla
LonWorks	Teknologia on alun perin Echelon Corporationin valmistamien logiikoiden väylätekniikka, nykyään käytössä rakennusautomaatiossa ja teollisuudessa
LPT	Link Power Transceiver



MAC	Medium Access Control. LAN-verkossa käytössä oleva tiedonsiirtotaso, jonka avulla eri verkkolaitteet tunnistetaan
M-bus	Mittauskäyttöön tarkoitettu automaatiöväylä
Modbus	Rekisteripohjainen tiedonsiirtoprotokolla, jonka avulla voidaan yhdistää verkkolaitteita keskenään
MS/TP	Master-slave/token-passing. Isäntä-renki-/vuoronsiirtoperiaateprotokolla
OSI-malli	Open Systems Interconnection Reference Model. Malli kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa
PCC	PC Card
PCLTA	PC LonTalk Adapter
PLT	Power Line Transceiver
PPP	Point-To-Point Protocol. Tiedonsiirtoprotokolla verkkolaitteesta suoraan toiseen verkkolaitteeseen
Profibus	Teollisuudessa käytettävä kenttäväyläprotokolla
RF	Radio Frequency
RS-232	Tiedonsiirtostandardi joka on tarkoitettu tiedonsiirtoon verkkolaitteiden välillä
RS-422	TIA/EIA-422 balansoitu sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita saman aikaisesti ja jonka maksiminopeus on 10 Mbit/s ja maksimipituus 1500 m
RS-485	balansoitu sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti. Liikennöinti tapahtuu vuorosuuntaisesti. RS-485 sisältää

32 lähetintä ja vastaanotinta

SLTA	Serial LonTalk Adapter
TCP / IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Tiedonsiirtoprotokolla, jota käytetään internetliikennöintiin.
TPT	Twisted Pair Transceiver
WAN	Wide Area Network. Laajaverkko
XML	Extensible Markup Language. Eräänlainen standardi, jonka avulla tiedon merkitys on kuvattavissa tiedon sekaan

## 1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Insinööritoimisto Äyräväinen Oy:lle, joka on Suomen arvostetuimpia suunnittelutoimistoja talotekniikassa. Tällä hetkellä rakennusautomaatio suunnittelussa on valittavana useita eri väyläprotokollia, ja tästä syystä Insinööritoimisto Äyräväisellä oli tarve tutkia eri automaatioprotokollien hyviä ja huonoja ominaisuuksia, sekä väylien varmistettavuutta rakennusautomaatiossa.

Työssä tarkastellaan eri rakennusautomaatiöväylätyyppien ominaisuuksia, puutteita ja etuja yksityiskohtaisesti. Työn tarkoitus on auttaa suunnittelijaa valitsemaan eri rakennusautomaation suunnittelukohteisiin väyläprotokolla.

Monipuolisen laitekannan ansiosta yleensä voidaan eri väyläprotokollilla toimivia laitteita liittää toisiinsa laitemerkistä riippumatta, mikä tuo säästöjä esimerkiksi vanhaa järjestelmää laajennettaessa.

Insinööritoimisto Äyräväinen Oy on Suomen suurin, pelkästään LVIA-suunnitteluun erikoistunut insinööritoimisto. Insinööritoimisto Äyräväinen Oy toimii Helsingissä, sisäryritys Äyräväinen Rovaniemi Oy Rovaniemellä. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Helsingissä. Insinööritoimisto Äyräväinen Oy on erikoistunut turvatala-, konesali-, toimisto-, hotelli-, kokoontumistila-, koulu- ja päiväkotisuunnitteluun. Insinööritoimisto Äyräväinen Oy Helsingin ja Insinööritoimisto Äyräväinen Oy Rovaniemen yhteenlaskettu liikevaihto vuonna 2015 oli 3,3 miljoonaa euroa, ja ne työllistivät 39 työntekijää. [1.]

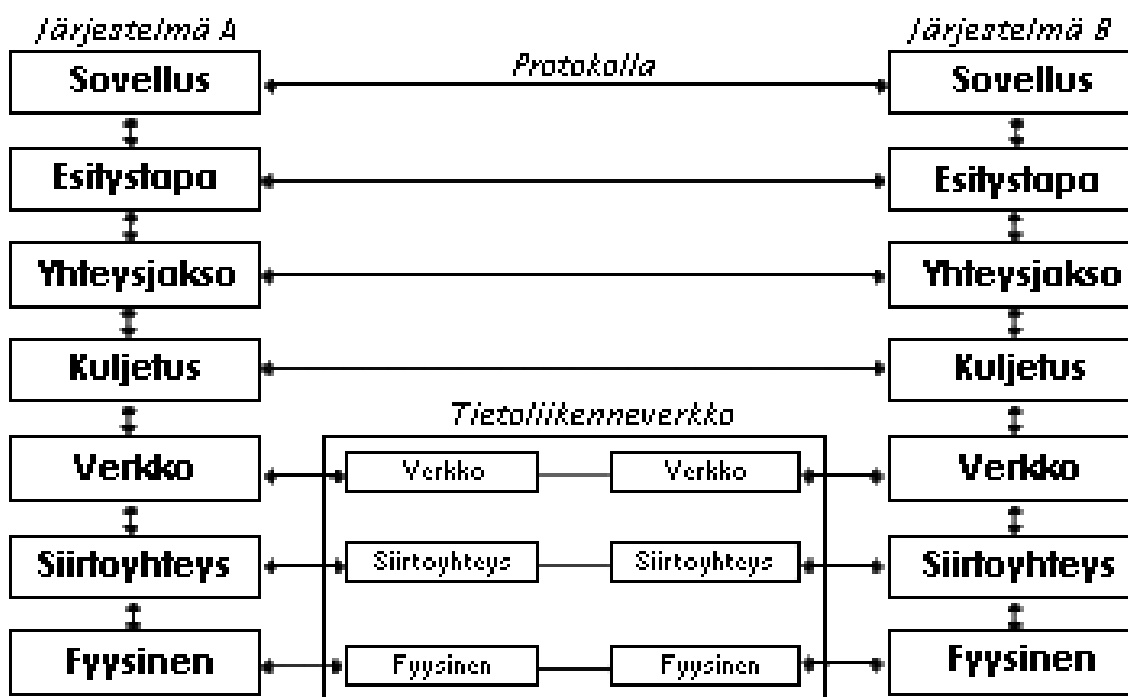
## 2 Rakennusautomaatiöväylien perusteet

### 2.1 Automaatiöväylän tiedonsiirtostandardit

Rakennusautomaatiöväylän tiedonsiirto perustuu kansainväliseen viitekehykseen, OSI-malliin (Open Systems Interconnection). ISO (International Organization for Standardization) kehitti OSI-mallin 1980-luvun alussa [2].

Eri automaatiojärjestelmien yhteensopivuuden kannalta on tärkeää, että laitteet ovat OSI-mallin viitekehyksen täyttäviä laitteita, jotta laitteet ymmärtävät toisiaan oikein ja luotettavasti. OSI-malli (Kuva 1.) muodostuu seitsemästä eri tiedonsiirron rajapinnasta, joiden välillä tiedonsiirto tapahtuu [3]. OSI-malli mahdollistaa protokollan ja tiedonsiirtoyhteyden välisen protokollan muunnoksen.

OSI-mallissa jokainen kerros käyttää yhden ylemmän kerroksen palveluita ja tarjoaa palveluita yhtä kerrosta alemmalle OSI-mallin tasolle.



Kuva 1. OSI-mallin seitsemän eri tiedonsiirtorajapintaa [3].

## 2.2 OSI-mallin eri tiedonsiirtorajapinnat

### 2.2.1 Fyysinen kerros

Fyysinen tiedonsiirtokerros on OSI-mallin alin kerros. Fyysinen kerros on ainut seitsemästä kerroksesta, jossa on fyysisesti nähtäviä asioita. Fyysiseen kerrokseen liittyvät loogiset, sähköiset jännitetasot ja mekaaniset toiminnot. Muut OSI-mallin kerrokset suorittavat tiedonsiirtoa ohjelmallisesti.

Sarjamuotoisessa tiedonsiirrossa bittejä siirretään yksi bitti kerrallaan. Tämän tiedonsiirtotavan etuna on se, että johtimia ei tarvita kuin kaksi, tai jos tiedonsiirto on kaksisuuntaista, niin johtimia ei tarvita kuin kolme. Sarjamuotoisessa tiedonsiirrossa täytyy lähetettävien bittien ja tavujen alku sekä loppu merkitä, jotta peräkkäiset bitit eivät sekoitu keskenään. [3.]

Rinnakkaismuotoisessa tiedonsiirrossa siirretään merkin kaikki bitit yhtä aikaa omia johtimiaan pitkin, jolloin myös tiedonsiirto on paljon nopeampaa kuin sarjamuotoisessa tiedonsiirrossa. Rinnakkaismuotoisessa tiedonsiirrossa käytetään usein peräkkäisten merkkien erottelemiseksi signaalijohdinta, joka antaa signaalin merkiksi uuden merkin alkamisesta. [3.]

Varsinkin pitkillä tiedonsiirtomatkoilla rinnakkaismuotoisessa tiedonsiirrossa ongelmana on johtimien suuri määrä, jolloin johtimen paksuus kasvaa suureksi [3]. Rinnakkaismuotoista tiedonsiirtoa käytetään pääasiassa tietokoneiden sisällä olevien komponenttien väliseen tiedonsiirtoon ja esimerkiksi tietokoneen ja modeemin väliseen yhteyteen.

### 2.2.2 Siirtoyhteyserros

Siirtoyhteyserros hoitaa tiedonsiirtoyhteyden yhdistämisen, virheiden korjauksen ja yhteyden katkaisemisen. Yhteys luodaan fyysisen kerroksen kautta, joka huolehtii siitä, ettei dataa lähetetä nopeammin, kuin vastaanottaja pystyy vastaanottamaan dataa. Siirtoyhteyserroksen tehtävänä on taata datan virheettömyys käyttämällä virheitä havaitsevia koodeja ja tarvittaessa lähettämällä virheellinen data uudelleen vastaanottajalle. [3.]

### 2.2.3 Verkkokerros

Verkkokerroksen tehtävänä on tuottaa tiedonsiirtoa eli reitittää paketteja erilaisten aliverkkojen yli, sekä verkon rakenteesta riippumatta ”salata” tiedonsiirron fyysiseen tiedonsiirtoon liittyvät piirteet. Ajatuksena tässä on se, että samanlainen verkko voidaan rakentaa monella eri tavalla, esimerkiksi IP-protokollaa voidaan käyttää niin puhelinlinjan, LAN-verkon kuin satelliittiyhteydenkin kautta. Verkkokerros valitsee tiedonsiirtomedian tietokoneverkossa. [3.]

#### 2.2.4 Kuljetuskerros

Kuljetuskerroksen tehtävänä on turvata oikean tiedon siirtyminen paikasta toiseen, vaikka väylään tulisi katkos esimerkiksi laiterikon tai kaapelin katkeamisen vuoksi. Jos väylään tulee jostain syystä vikaa, alkaa kuljetuskerros etsiä automaattisesti uutta yhteystapaa, ilman että yhteys katkeaa. Usein kuljetuskerroksen protokollat tarjoavat mahdollisuuden virheenkorjaukseen. [3.]

#### 2.2.5 Yhteyskerros

Yhteyskerros jaksottaa tiedonsiirtoa ja varmistaa, ettei tiedonsiirto mene sekaisin, jos esimerkiksi verkko katkeaa fyysisesti. Yhteyskerroksen tehtävä on myös tiedonsiirron salaaminen. [3.]

#### 2.2.6 Esitystapakerros

esitystapakerros muuttaa tiedon oikeaan muotoon tiedonsiirron aikana. Esitystapakerros tekee päätöksen siitä, missä muodossa eri mediamuodot, esimerkiksi kuva, teksti, video tai ääni, ovat tiedonsiirron yhteydessä. [3.]

#### 2.2.7 Sovelluskerros

Sovelluskerros on linkkinä siihen ohjelmaan, joka tarvitsee tiedonsiirtoa [3]. Tämän kerroksen päällä toimii esimerkiksi BACnet-protokolla.

### 3 Avoin järjestelmäarkkitehtuuri

Avoin järjestelmäarkkitehtuuri tarkoittaa tiedonsiirtoprotokollaa, joka käyttää tiettyä standardia ja on vapaasti kaikkien käyttäjien käytössä. Jotkut valmistajat ovat kehittäneet omia väylästandardejaan, jotka eivät välttämättä ole yhteensopivia yleisten standardien kanssa, ja tästä syystä ne eivät ole levinneet kovinkaan laajalle. Erilaisia uusia standardeja on kuitenkin syntynyt useita. Suuri osa laitevalmistajien omista standardeista on jäänyt niiden päämarkkina-alueelle, sillä muut laitevalmistajat eivät ole

lähteneet valmistamaan laitteita niihin. Yleensä avoimuudesta joutuu kuitenkin maksamaan lisenssimaksuja tai muita maksuja protokollan kehittäjälle [2].

Avoimen järjestelmäarkkitehtuurin protokollat tehdään usein hajautetulla automaatiojärjestelmällä. Hajautetun järjestelmän etuja verrattuna keskitettyyn järjestelmään on sen parempi häiriönsietokyky. Hajautetussa automaatiojärjestelmässä jokaisen eri prosessin takana voi olla oma keskusyksikkönsä. Tästä syystä jonkin yksittäisen keskusyksikön vikaantuminen ei vaikuta muiden automaatioprosessien toimintaan.

Hajautetuissa järjestelmissä on yleensä käytössä tapahtumaohjelmat, mikä tarkoittaa automaatiojärjestelmän keskusyksikön kykyä tehdä ennalta määritellyt tarvittavat ohjaus-, säätö-, tilatieto- tai hälytysmuutokset. Myös keskitetyssä järjestelmässä voidaan käyttää avointa järjestelmäarkkitehtuuria.

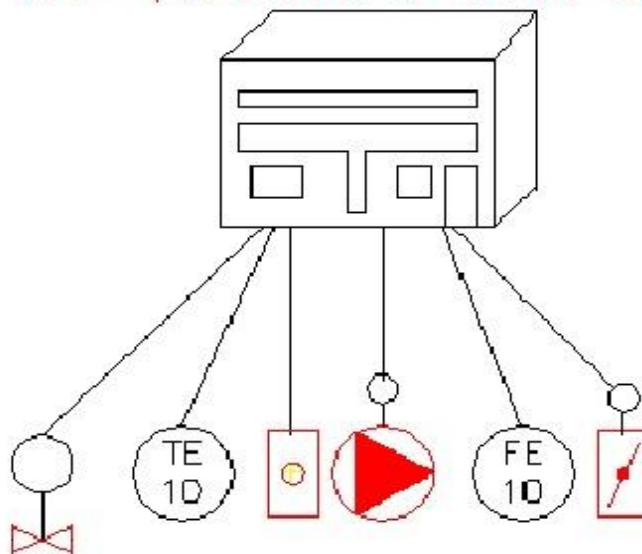
Hajautetussa avoimen järjestelmäarkkitehtuurin järjestelmissä ei tarvita välttämättä valvomokonetta lainkaan, vaan mitä tahansa järjestelmään liitettyä keskusyksikköä voidaan ohjata miltä tahansa keskusyksiköltä, johon on liitetty järjestelmän operointiin tarvittava käyttöpääte.

### 3.1 Keskitetty järjestelmäarkkitehtuuri

Rakennusautomaation yleistyminen kiinteistöissä alkoi 1980-luvulla. Ensimmäisissä rakennusautomaatiojärjestelmissä väylät olivat osa sitä automaation osa-aluetta, jota ne palvelivat, kuten lämmitystä, ilmanvaihtoa, valaistusta tai hälytysjärjestelmää [2].

Nämä rakennusautomaatiojärjestelmät olivat valmistajakohtaisia, ja niitä ei useinkaan saanut liitettyä toisen valmistajan alakeskuksiin sujuvasti. Tällaiset valmistajakohtaiset rakennusautomaatiojärjestelmät olivat melkein aina keskitettyjä [2]. Jotkin alakeskukset kuitenkin voidaan linkittää muihin järjestelmiin. Keskitetty automaatiojärjestelmä (Kuva 2.) tarkoittaa, että järjestelmässä on vain yksi keskusyksikkö, joka ohjaa alakeskuksen I/O-moduleihin kytkettyjä laitteita. Tämän järjestelmäarkkitehtuurin huono puoli on se, että jos keskusyksikkö vikaantuu, koko järjestelmä lakkaa toimimasta.

## VAK (VALVONTA ALAKESKUS)



Kuva 2. Keskitetty automaatiojärjestelmä

### 3.2 Hajautettu järjestelmäarkkitehtuuri

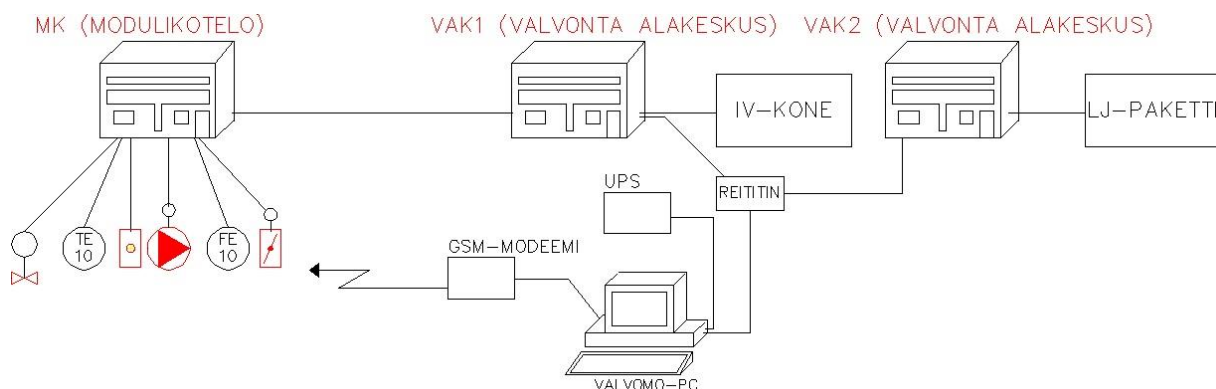
Hajautetussa järjestelmässä (Kuva 3.) on yleensä useita eri keskusyksiköitä, jotka on liitetty väylällä toisiinsa, ja jokainen keskusyksikkö ohjaa siihen liitettyjä I/O-moduleita tai väylän perässä olevan toisen keskusyksikön perään liitettyjä I/O-pisteitä.

Toisessa keskusyksikössä sijaitsevia I/O-pisteitä kutsutaan globaaleiksi pisteiksi, ja niitä voidaan hyödyntää muissakin alakeskuksissa kuin ne on fyysisesti kytketty, esimerkiksi ulkolämpötilan tai valoisuuden (LUX) mittauksessa. Globaalipisteiden käytöstä hyötyy automaatiourakoitsija, jolloin ei tarvitse ostaa niin montaa toimilaitetta saman asian mittaamiseen.

Hajautetun automaatiojärjestelmän keskusyksiköt rakennusautomaatiossa liitetään usein TCP/IP-yhteyden kautta toisiinsa. Tällöin eri keskusyksiköille annetaan IP-osoite, joka on samassa aliverkossa kaikkien järjestelmään liittyvien muiden verkkolaitteiden kanssa. Hajautettuun avoimeen rakennusautomaatiojärjestelmään liitetään usein valvomo, josta kaikki järjestelmän perässä olevat toiminnot ovat operoitavissa.

Avoimeen järjestelmäarkkitehtuuriin perustuvia ja hajautettuja automaatiojärjestelmiä on helpompi kilpailuttaa, kuin suljetun järjestelmän, sillä usean eri valmistajan laitteet ovat yhteensopivia keskenään, eivätkä näin ollen ole laitevalmistajariippuvaisia, jos järjestelmää halutaan myöhemmin laajentaa.





Kuva 3. Hajautettu automaatiojärjestelmä

Jos automaatiöväylä on standardin mukainen, voidaan käyttää useiden eri valmistajien laitteita.

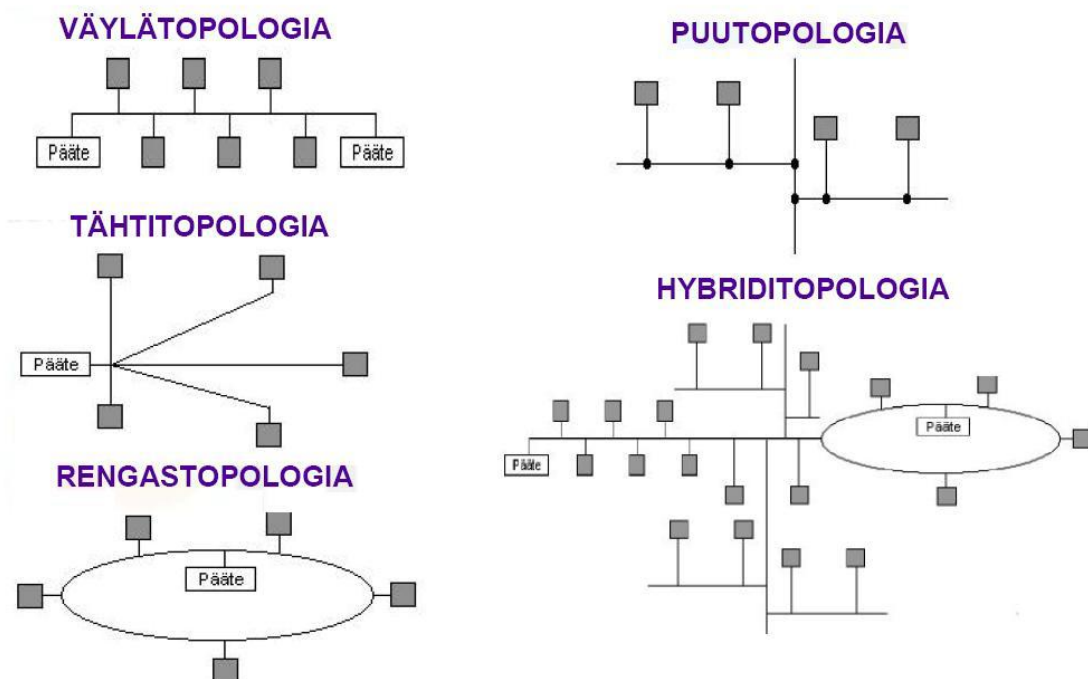
### 3.3 Väylätopologiat

Väylän topologialla tarkoitetaan väylän kaapeloinnin fyysistä kytkemistä tiettyyn muotoon eri verkkolaitteiden välille (Kuva 4.). Verkkolaitteita voivat olla esimerkiksi palvelimet, työasemat, reititin, alakeskus. Erilaisia väylätopologioita on olemassa neljä erilaista tähti-, rengas-, puu-, vapaamallin eli edellisten yhdistelmä ja MESH. Kaikilla eri väylätyypeillä on omat hyvät ja huonot puolensa sekä rajoitteensa, riippuen mitä mallia käytetään.

Väylän kytkentätavan eri muotoihin on suunnittelussa kiinnitettävä huomiota, sillä joidenkin valmistajien käyttämät väyläratkaisut rajaavat tiettyjen valmistajien laitteita pois. Jos esimerkiksi kohteessa saneerataan rakennusautomaatiolaitteita vain pieneltä osin, on viisainta valita topologia jo olemassa olevien laitteiden mukaisesti.

Rakennusautomaatiossa väylät toteutetaan pääsääntöisesti sarjaliikenteisenä parikaapelia käyttäen. Väylät voidaan tapauskohtaisesti kahdentaa; tämä kuitenkin riippuu laitevalinnoista.

## Verkkojen muodot



Kuva 4. Erilaisia verkkotopologioita [4].

### 3.3.1 Tähtimallin väylä

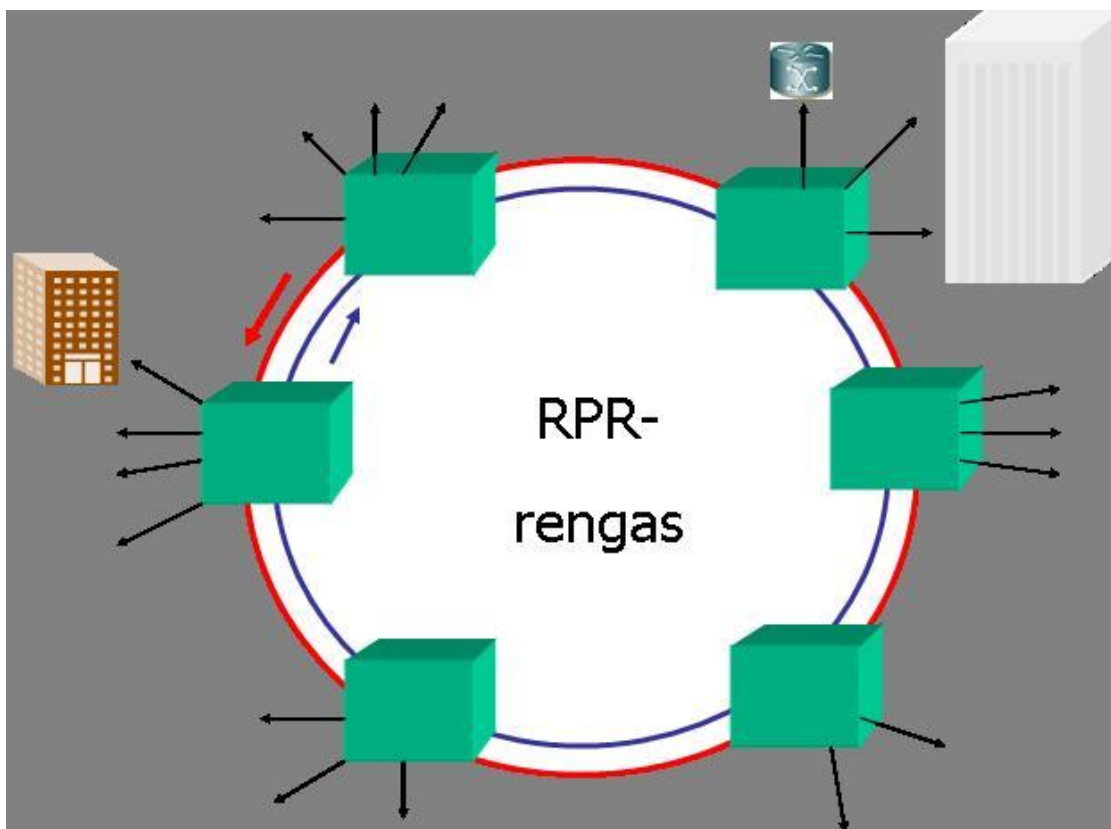
Tähtimallin topologiassa verkkolaitteiden tiedonsiirto kulkee yhden ainoan solmun kautta (Kuva 4.). Solmu voi olla esimerkiksi reititin, kytkin tai keskitin, johon kaikki väylään liitetyt verkkolaitteet liitetään. Tähtiverkon rakenteen etuja on se, että yhden verkkolaitteen tai kaapelin rikkoutuminen ei vaikuta muihin verkkolaitteisiin, ellei tällä kyseisellä verkkolaitteella ole jokin jaettu resurssi käytössä. Tällaisia jaettuja resursseja rakennusautomaatiossa voisi olla esimerkiksi ulkolämpötilan mittaus.

Tähtiverkko on helppo rakentaa sen yksinkertaisen rakenteen vuoksi, ja tähtiverkosta on helppo rajata vika-alue vikatilanteissa. Tähtiverkon huonoihin puoliin voidaan laskea verkon riippuvuus solmun toiminnasta. Jos solmu rikkoontuu, ei koko verkko enää toimi. Tähti verkon rakentamiseen tarvitaan myös enemmän kaapelia, kuin esimerkiksi puumallin verkkoon, joten tämä on myös kalliimpi tapa tehdä väylä.

### 3.3.2 Rengasmallin väylä

Rengastopologia ei ole enää kovin yleisesti käytössä. Rengastopologian verkossa verkkolaitteella on aina kaksi naapuri verkkolaitetta (Kuva 4.). Verkkolaitteet liitetään rengasverkkoon MAU-yksikön avulla (Multistation ACCESS UNIT). Renkaassa kiertää lähetyslupa (Token), joka antaa aina yhden verkkolaitteen kerrallaan lähettää dataa, jolloin rengasväylässä ei pääse syntymään törmäyksiä. Jos verkkolaitteella ei ole mitään lähetettävää dataa, siirtyy lähetyslupa seuraavalle verkkolaitteelle. Rengasmallin verkossa data siirtyy aina samaan suuntaan, eli sama verkkolaite vastaanottaa tai lähettää saman naapurin kanssa aina dataa. [5.] Kun verkkolaite vastaanottaa datan, kuittaa se datan saapuneeksi perille alkuperäiselle lähettäjälle. Rengastopologian haittapuolena on vian hankala paikallistaminen verkossa.

Rengastopologiaa voidaan käyttää myös varmennettuna (kaksi eri väylää), jolloin toiminta on sama kuin rengastopologiassa, sillä erotuksella että dataa lähetetään ja vastaanotetaan kahta eri väylää pitkin. Eri väylissä data kulkee vastakkaisiin suuntiin (Kuva 5.). Tällaista varmennettua verkkoa kutsutaan RPR-renkaaksi (Resilient Packet Ring). RPR-verkkoja käytetään pääasiassa kaupunki- ja alueverkoissa. [5.]



Kuva 5. RPR-verkko ja toimintaperiaate [5].

### 3.3.3 Puumallin väylä

Puumallin verkossa verkkolaitteet lähettävät ja vastaanottavat dataa vuorotellen.

Väyläverkko ruuhkautuu sitä helpommin, mitä enemmän verkossa on verkkolaitteita kilpavarausmenettelyn takia. Ruuhkautumiseen vaikuttavat myös datan määrä, väyläkaapelin tyyppi ja verkkolaitteiden keskinäinen etäisyys sekä lähetyskertojen määrä.

Ruuhkautuessa verkkolaitteiden välinen vasteaika kasvaa eli tiedonsiirtonopeus pienenee.

Puumallin väylässä pitää väylän päähän lisätä terminointi tai puoliterminointi eli päätevastus (Kuva 4.). Tämä on kuitenkin yleensä integroitu rakennusautomaatilaiteisiin ja se kytketään DIP-kytkimellä tai yhdistämällä hyppyjohtimella terminointinastat. Yleensä puumallin tiedonsiirtonopeus on ainakin rakennusautomaatioväylissä riittävän nopea ja tästä syystä yleinen topologiaratkaisu.

### 3.3.4 MESH-mallin väylä

MESH-topologiassa kytketään kaikki verkkolaitteet suoraan toisiinsa, joten jokaiseen verkkolaitteeseen tulee  $N-1$  kpl verkkokaapelia. Verkon rakentaminen on hidasta ja kallista suuren kaapelimäärän takia, ja tästä syystä MESH-verkkoa ei juurikaan käytetä kuin aivan kriittisissä kohteissa, joissa vaaditaan korkeaa luotettavuutta, esimerkiksi sotilastekniikassa.

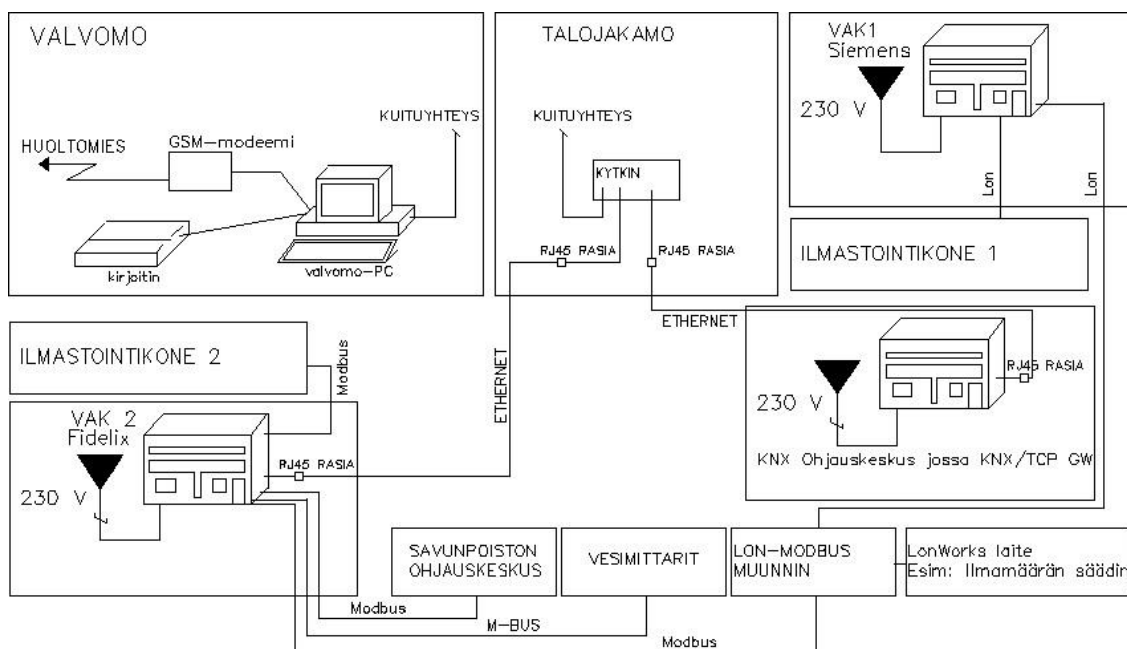
MESH-verkon vikasetoisuus on kuitenkin hyvä, verrattuna muihin topologioihin, ja MESH-verkkoa voidaankin suositella sellaisissa kohteissa, jotka ovat ns. kriittisiä kohteita, mainittakoon esimerkiksi maanpuolustukseen liittyvät ratkaisut. MESH-verkkoja käytetään yleisimmin langattomissa väyläratkaisuisissa, jolloin väylässä pystytään käyttämään pitkiäkin matkoja, koska verkkolaitteet toimivat samalla toistimina, tällaisia ovat esimerkiksi Zigbee ja RFID.

## 4 Eri rakennusautomaatioväylät

Eri väylätyyppien verkkolaitteille on myös omat valmistajansa, joten on hyvä selvittää eri valmistajien käyttämien standardien yhteensopivuus. Rakennusautomaatiossa on ollut yleisessä käytössä TCP/IP-, Lon-, BACnet-, KNX-, DALI- ja Modbus-protokollat,

mutta Lon-protokollan osuus rakennusautomaatiokäytössä on 2010-luvulla ollut vähenemään päin.

Eri rakennusautomaatioväyliä voidaan liittää toisiinsa, käyttäen erilaisia ratkaisuja. Jotta eri väylät ymmärtäisivät toisiaan, tarvitaan väliin aina jonkinlainen mediamuunnin, joka muuttaa luetun datan vastaanottavan laitteen ymmärtämään muotoon (Kuva 6.).



Kuva 6. Esimerkki eri automaatiöväylien integroinnista keskenään.

#### 4.1 BACnet

BACnet-protokolla on kehitetty erityisesti rakennusautomaation tarpeisiin.

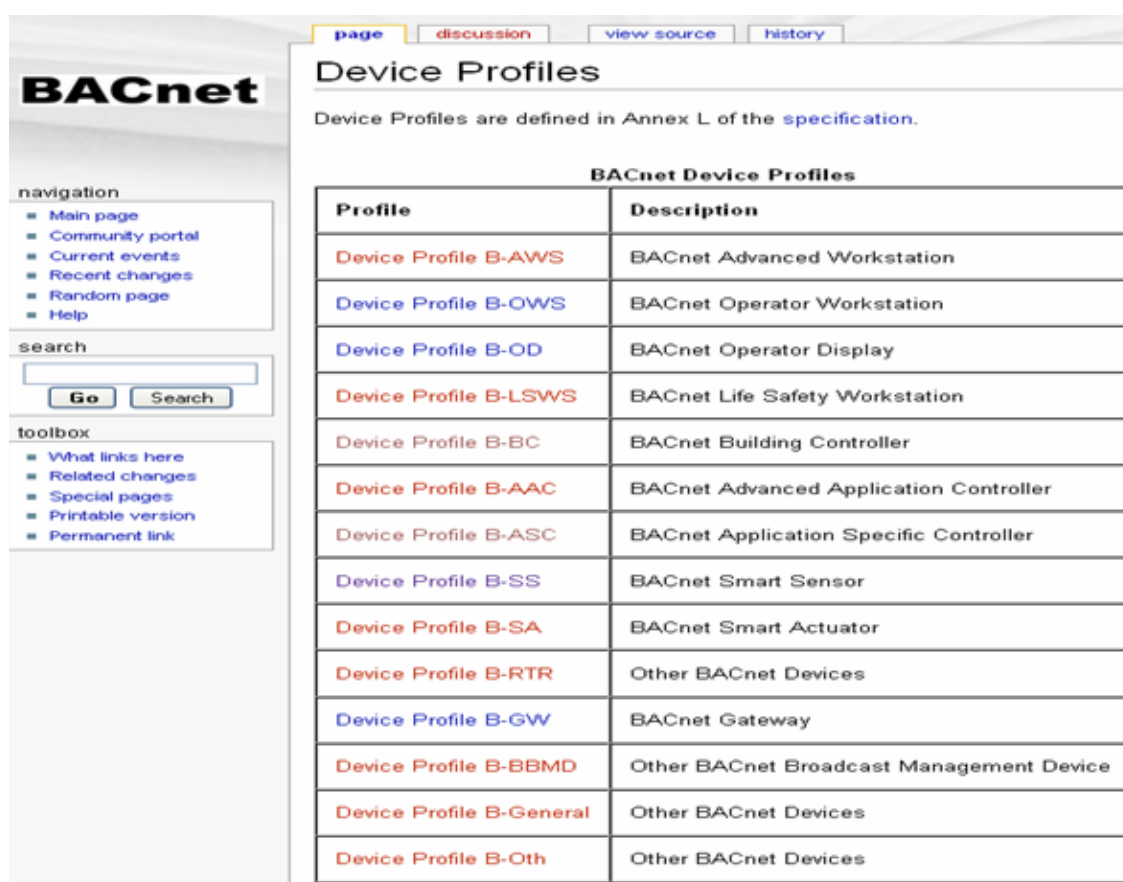
BACnetin kehitystyö alkoi jo vuonna 1987 SPC:n kokouksessa Nashvillessä, Tennesseessä [6]. Vuonna 1995 BACnet-protokollasta tuli ASHRAE/ANSI-standardi ja vuonna 2003 standardi ISO 16484-5 [6]. Nykyään BACnet-protokollaa ylläpitää lähes samat henkilöt, jotka ovat olleet BACnetin kehitystyössä alusta asti mukana [2].

BACnetin perusajatuksena on, että se ei ole laite tai ohjelmistoriippuvainen. BACnet-standardin laajuus on noin 700 sivua. Standardissa määritellään BACnet:iin sopivat tekniset erityispiirteet, aina kaapelityypeistä yksittäisiin ohjelmakäskyihin. BACnet-verkossa olevat laitteet esitetään standardin mukaisina objekteina ja objektien välinen tietoliikenne muodostetaan standardiviesteillä (Kuva 7.). [6.] BACnet-verkossa voidaan käyttää normaalia ethernetkaapelointia (Kohta 4.9).

BACnet-protokollan hyvinä puolina mainittakoon, että standardissa on otettu myös turvajärjestelmät huomioon. Life Safety-objekti mahdollistaa tiedonsiirron alakeskusten, kulunvalvontajärjestelmien ja palohälytysjärjestelmien kesken. Standardin käyttö mahdollistaa eri standardiversioiden yhteensopivuuden ja on käyttöjärjestelmien päivityksistä täysin riippumaton. [7.]

BACnetin etuja on sen laitevalmistajariippumattomuus, joten kaikki laitetoimittajat jotka tukevat BACnet-protokollaa, voidaan ohjelmoida toimimaan samalta valvomokoneelta (Kuva 9.), jonkin valmistajan valvomo-ohjelmistoa käyttäen. Yli 700 eri yritystä valmistaa tai tuottaa BACnet-laitteita ja/tai -palveluja. Valtaosa näistä yrityksistä toimii Euroopassa ja ne kuuluvat BACnet-standardia edistävään BACnet Interest Group Europeen (BIG-EU). Suomessa BACnet-standardin leviämistä laitteisiin edistää BIG Fi. [7.]

BACnet-standardissa profiilit määrittävät kuinka paljon verkkolaitteen tai ohjelmiston tulee ymmärtää BACnet-protokollaa. Kaikkien laitteiden ei tarvitse ymmärtää koko protokollan sisältöä, vaan ainoastaan ne osat, jotka ovat laitteen toiminnan kannalta välttämättömiä [7]. Kuvassa 8. on esitetty BACnet-profiileita ja niiden kuvauksia.



BACnet Device Profiles	
Profile	Description
Device Profile B-AWS	BACnet Advanced Workstation
Device Profile B-OWS	BACnet Operator Workstation
Device Profile B-OD	BACnet Operator Display
Device Profile B-LSWS	BACnet Life Safety Workstation
Device Profile B-BC	BACnet Building Controller
Device Profile B-AAC	BACnet Advanced Application Controller
Device Profile B-ASC	BACnet Application Specific Controller
Device Profile B-SS	BACnet Smart Sensor
Device Profile B-SA	BACnet Smart Actuator
Device Profile B-RTR	Other BACnet Devices
Device Profile B-GW	BACnet Gateway
Device Profile B-BBMD	Other BACnet Broadcast Management Device
Device Profile B-General	Other BACnet Devices
Device Profile B-Oth	Other BACnet Devices

Kuva 7. Laitteiden yhteensopivuus ja BACnet-profiilit [7].

## BACnet-profiileita

- Valvomotason profiili B-AWS tai B-OWS
- Alakeskustason profiili B-BC
- Taajuusmuuttajatasen profiili B-ACS
- Toimilaitetasen profiili B-SA

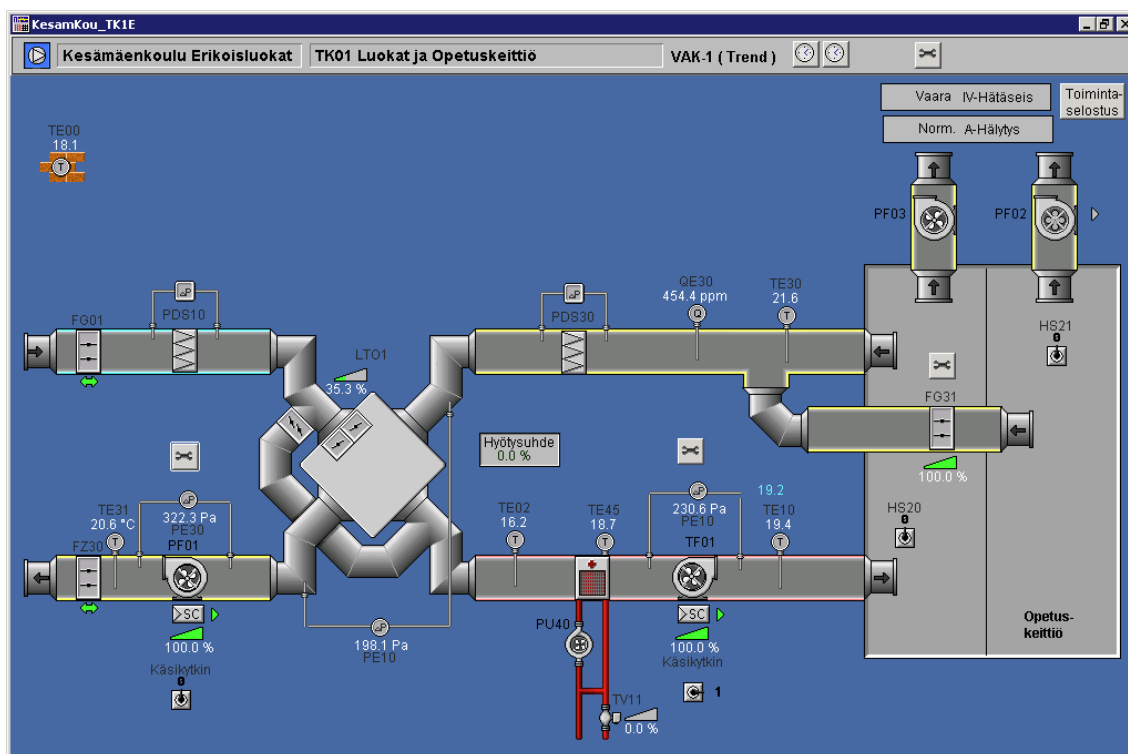
Yhteensopivan BACnet-laitteen tunnistaa laitteen mukana tulevasta BACnet-sertifikaatin BTL-logosta, joka takaa standardinmukaisuuden. (Sertifikaatti ja laitevalmistajan testaustodistus on esitetty liitteessä 2). BACnet-tuotteita testaa eri sertifioidut BACnet Testing Laboratoriesit ympäri maailman [7].

The screenshot shows the BACnet website interface. At the top, there are navigation links for 'DE EN', 'Contact | Imprint', 'Sitemap', and a search bar. The main header features the BACnet logo with 'ASHRAE' and 'INTEREST GROUP EUROPE' text, and navigation links for '/ BACnet / BIG-EU / News / Events / Products / Service'. The main content area is titled 'Certified Products' and includes a sidebar with links for 'Certified Products', 'Open Product Catalogue', and 'BTL Product Listings'. The main table lists various certified products with columns for Manufacturer, Product, Model, Version, and Cert Listing. The table shows 10 entries, with a search bar and a 'Show 10 entries' dropdown. At the bottom, it indicates 'Showing 1 to 10 of 158 entries' and has 'Previous' and 'Next' navigation buttons.

Manufacturer	Product, Model	Version	Cert Listing
ABB Drives	Drive for HVAC ACH550	0511	22.03.2013
ABB Drives	HVAC micro drive ACS320	0526	22.03.2013
ABB Drives	RBIP-01 BACnet/IP router for ACH550	41641	22.03.2013
Aquametro AG	CALEC® ST with BACnet MS/TP	V1.00.01	22.02.2012
Beckhoff Automation GmbH	TwinCAT BACnet/IP with CX9001, CX9010, CX5010 or CX5020	1.0.0.7	14.02.2012
ConnexSoft	CXS BACnet DA Server	CXS BACnet V4.78	13.07.2012
Delta Controls Inc.	DAC Application Controller DAC-1146	V3.40R1.2	07.01.2014
Delta Controls Inc.	DAC Application Controller DAC-1146E	V3.40R1.2	07.01.2014
Delta Controls Inc.	DAC Application Controller DAC-1180	V3.40R1.2	07.01.2014
Delta Controls Inc.	DAC Application Controller DAC-1180E	V3.40R1.2	07.01.2014

Kuva 8. BACnetin verkkosivustolla <http://www.big-eu.org/en/> esitetty sertifioituja BACnet-laitteita [7].

Kaikkien maailman laitevalmistajien sertifoituidut BACnet-laitteet löytyvät osoitteesta <http://www.big-eu.org/en/>



Kuva 9. Siemansin valvomo-ohjelmistoon on liitetty trendin alakeskus BACnet:n avulla [7].

Automaatiojärjestelmän valvomoon liitetään laitetoimittajien alakeskukset EDE-tiedostojen kautta (Engineering Data Exchange file). EDE-tiedostojen nimeämisessä on suositeltavaa käyttää seuraavia sääntöjä, jotta laitetiedot näkyisivät samalla tavalla laitemerkistä riippumatta. [7.]

Mandatory object name (BACnet-osoite, pakollinen)

- ilman välilyöntejä
- ilman erikoismerkkejä
- kuvaava yksilöllinen nimi
- maksimi merkkimäärä 25 `puolilainausmerkkien` välissä
- `puolilainausmerkit` ovat sallittuja merkkejä
- pisteeseen liittyvät toiminnot erotellaan etumerkillä A = ilmastointi, H = lämmitys, C = jäädytys, E = sähköpiste ja XXX = alakeskuksen positio.
- laitetunnus eroteltava `merkillä`



Ilmastointikoneen TK05 lämpötila-anturin laitetunnus mandatory object name voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen: A`TK05`TE05

Optional description (Pisteen nimi, pakollinen)

- Kaikilla pisteillä on oltava nimi ja selitys, mikä piste on kyseessä. Tämä teksti tulee valvomon näytölle esim. hälytyksen aktivoituessa.

Device Name (Laitteen nimi)

- Laitteen nimi tulee olla helposti tunnistettavissa muista samankaltaisista.
- Optional state-text, tähän tulee kirjoittaa suomenkielinen laitteen nimi ja valitaan pisteen yksikkö esim. %, °C, Käy, SEIS.

BACnetin suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on BACnet:n suunnitteluvaiheessa määritettävä tiettyjä asioita työselostukseen, jotta BACnet voi toimia oikein, suunnitelmien mukaisesti ja luotettavasti.

Työselostukseen määriteltäviä asioita ovat:

- Järjestelmän tiedonsiirron on oltava standardin EN ISO 16484-5 mukainen.
- Kiinteistön valvomon ohjelmiston on oltava BACnet sertifioitu, joko B-AWS (BACnet Advanced workstation) tai B-OWS (BACnet Operator Workstation).
- Kaikkien automaatiojärjestelmään liitettävien alakeskusten pitää olla BACnet standardin mukaisesti sertifioituja ja niiden laiteprofiiliin tulee olla B-BC (BACnet Building Controller).
- Taajuusmuuttajien on oltava BACnet-profiiltaan B-ACS (BACnet Advanced Application Controller).
- Pisteet ja toiminnot on oltava BACnet-protokollan muodossa.
- Kaapelityyppien määrittely.
- BACnet käyttää samoja topologioita, kuin ethernet.

Lisäksi suunnittelija selvittää mahdollisesti jo olemassa olevan valvomon yhteensopi-  
vuuden. Eri valmistajan valvomoon on mahdollista liittää toisen valmistajan laitteita, jos  
kaikki laitteet ovat BACnet-standardin mukaisia. BACnetiä käyttäviä laitevalmistajia  
ovat esimerkiksi Trend ja Siemens.

## 4.2 M-Bus

M-Bus on eurooppalaisen standardin (EN 13757-2 fyysisen- ja siirtoyhteystason, EN  
13757-3 sovellustason) mukainen tiedonsiirtoprotokolla, joka on tarkoitettu mittaustie-  
don kaukolukuun tai suoraan alakeskukselta luettavaksi kiinteistöautomaatiossa. M-  
Bus-protokollasta on olemassa myös langaton versio, joka on standardoitu EN 13757-4  
mukaiseksi [9]. M-Bus-väylän topologiaksi voi valita joko rinnan tai tähteen kytkettynä,  
myös näiden yhdistelmät ovat mahdollisia [8].

M-Bus-väylässä voi olla erilaisia verkkolaitteita, kuten keruuyksiköitä (Kuva 10.), kes-  
kusyksiköitä (master yksikkö) ja alakeskuksia. Kaikilla M-Bus-verkon laitteilla on oma  
osoitteensa, ensisijainen osoite ja toissijainen osoite. Ensisijainen osoite konfiguroi-  
daan asennuspaikalla tai valmiina jo tehtaalla, ja toissijainen osoite on tehtaalta peräi-  
sin valmistukseen liittyvä osoite, jonka avulla laite on mahdollista löytää vikatapauksis-  
sa.

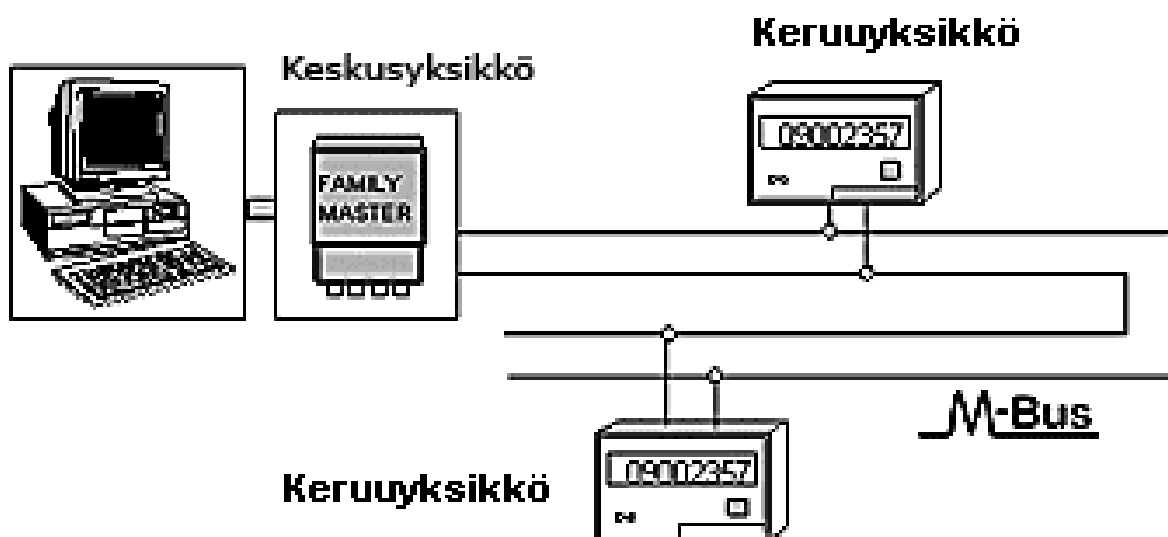
Yleisimpiä mittaushkohteita rakennusautomaatiossa ovat esimerkiksi vesi-, kaukolämpö-  
ja sähkömäärämittaukset. M-Bus-väylään liitettävät laitteet valitaan aina tapauskohtai-  
sesti, mutta yleensä rakennusautomaatiossa luetaan tieto suoraan mittariin integroidul-  
ta keruuyksiköltä keskusyksikön kautta alakeskukseen. Tämä kuitenkin edellyttää, että  
alakeskus tukee M-Bus-tiedonsiirtoprotokollaa. M-Bus-väylän tiedonsiirtonopeus on  
300-38400 bps. Väyläkaapelina käytetään yleensä suojattua parikaapelia. M-Bus verk-  
ko voi toimia myös langattomana, jolloin käytetään radioverkkoa hyväksi.

M-Bus-verkon toimintaperiaateena on, että keruuyksiköt saavat mittaustiedon mittarilta  
ja tallentavat sen muistiinsa. Keskusyksikön tehtävänä on määräajoin lähettää luku-  
käsky keruuyksiköille, ja tallentaa mittaustiedot sekä muuntaa media sopivaan muo-  
toon. Keskusyksikön tehtävänä on myös välittää data eteenpäin valitulle verkkolaitteel-  
le, esimerkiksi valvomotietokoneelle tai suoraan alakeskukseen (Kuva 11.). M-Bus-

väylässä tiedonsiirto on mahdollista vain yhden laitteen kanssa ja yhteen suuntaan kerrallaan. Keruuyksiköt eivät kykene tiedonsiirtoon keskenään. [8.]

M-Bus-verkon hyväksi puoliksi voidaan lukea ainakin seuraavat:

- Mittarilukemat voidaan lukea myös suoraan mitattavasta kohteesta esimerkiksi sähkömittarista.
- Mittarin lukemia voidaan verrata alakeskuksen ilmoittaman ja mittarin näytössä olevan välillä.
- Väylään voidaan kytkeä jopa 500 mittaria (kaksi mittaria/keruuyksikkö) [8] ja verkkoa voidaan laajentaa jopa 1250 mittaria, jos väylään lisätään masteryksiköjä [10]
- Väylän pituus voi olla jopa 2800 m (jopa 14000 m jos master lisätty toistinasemaksi) [10]
- Erillistä syöttöjännitettä mittaukselle ei välttämättä tarvita, vaan väylän kautta tulee tarvittava syöttö (24 V). Osassa mittareista on kuitenkin varauduttu vikatapauksiin ja sisältävät pitkäikäisen pariston (jopa 16 V käyttöikä).
- Luotettavuus hyvä.
- Suurin osa laitevalmistajista tukee standardin EN 1434-4 mukaista protokollaa [8].



Kuva 10. M-Bus-väylän kautta luetaan mittaustiedot keruuyksiköiltä, keskusyksikön kautta valvomokoneelle [8].



Kuva 11. M-Bus-väylän keskusyksikkö [10].

M-Busia käyttäviä laitevalmistajia ovat esimerkiksi Kamstrup, B-Meters ja Fidelix.

M-Bus-verkon suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on määritettävä työselostukseen M-Bus-verkon suunnitteluvaiheessa seuraavia asioita:

- M-Bus-väylässä verkkolaitteiden on oltava standardien EN 13757-2, EN 13757-3 (langaton EN 13757-4) ja EN 1434-4 mukaisia.
- Mastereiden ja keruuyksiköiden määrät.
- Mittaustiedon haluttu lukumuoto.
- Mittaustulosten halutut lukemat (usein mittareilta saa useita tietoja).

- Tarvittavat lisävarusteet, esimerkiksi sovitusholkit, erikoistiivisteet.
- Mittarin tyyppi.
- Asiakaskohtainen konfiguraatio mittarille.
- Keruuyksikön mahdolliset valinnaiset luettavat rekisterit.
- Luentaohjelmisto laitevalmistajalta.
- Tiedonsiirtonopeuden määrittely.
- Väylälaitteiden määrittely.
- Topologian määrittely.
- Väyläkaapelin määrittely.

## 4.2 Modbus

Modbus-protokolla on Modiconin 1979 julkistama. Alun perin Modbus-väylä oli tarkoitettu Modiconin omien ohjelmoitavien logiikoiden (PLC) tiedonsiirtoprotokollaksi [11]. Modbus-standardin mukaiset protokollat ovat kaikkien ilmaiseksi internetissä ladattavissa (<http://www.modbus.org>). Modicon ei vaadi korvausta standardista, ja laitevalmistajat voivatkin valmistaa standardin mukaisia modbus-laitteita, ilman korvauksen maksamista Modiconin kehittäjille.

Modbus-protokolla on yleinen rakennusautomaatiossa, teollisuudessa ja erilaisissa ohjauspaneelita käytävissä laitteissa. Modbus-väylää voidaan käyttää sekä sarjaportin tai ethernetin kautta [11]. Modbus/RTU (Remote Terminal Unit), ja Modbus/ASCII (American Standard Code for Information Interchange) ovat sarjaliikenteeseen tarkoitettuja ja Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) -ethernet väylään [11]. Rakennusautomaatiossa yleisin näistä on Modbus/RTU ja ohjattavana laitteena voi olla esimerkiksi ilmastointikone, huonesäädin tai ilmamääränsäädin.

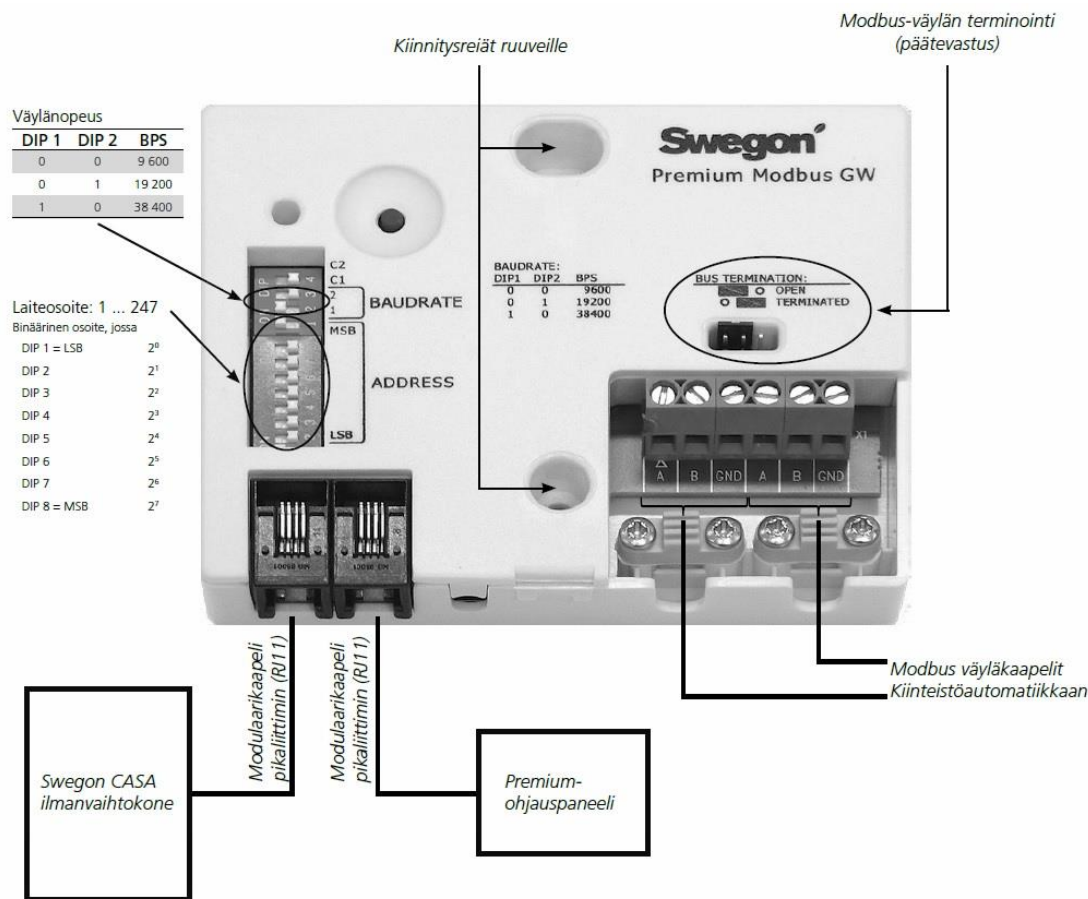
Modbus-verkkoon liitettävää verkkolaitetta, joka ohjaa laitteen toimintoja, ja sisältää väyläsovittimen kutsutaan Modbus GW:ksi [12]. Modbus GW:sta asetellaan väylän nopeus DIP-kykimillä, ja laitteen Modbus-osoite. Modbus GW-laitteen ollessa väylän viimeisenä, asetetaan terminointi eli päätevastus [12]. Myös mediamuunninta voidaan kutsua GW:ksi. Modbus-väylän toiminta perustuu master-slave-periaatteeseen, eli master ”käskee” lähettämään tietty datamäärä halutusta kohtaa rekisteriavaruutta, jolloin slave ”tekee” eli lähettää datan masterin käytettäväksi. Yhteen Modbus-väylään

voidaan liittää enintään 254 laitetta, joka kuitenkin yleensä riittää rakennusautomaatiossa. Jos Modbus-väylän laitteiden maksimimäärä uhkaa ylittyä, voidaan laitteiden määrää kasvattaa rakentamalla useampi Modbus-väylä. Modbus-osoite konfiguroidaan laitteeseen, jolloin master-laite tunnistaa sen väylältä ja osaa antaa käskyjä laitteelle. Modbus käyttää OSI-mallista (1) fyysistä-, (2) siirtoyhteys- ja (7) sovelluskerrosta. Väylän nopeus riippuu siitä, kuinka hyvin fyysisen- ja siirtoyhteysmallin toteutus on toteutettu [2].

Modbus-väylän hyviä ominaisuuksia ovat seuraavat

- valmistajien ei tarvitse maksaa lisenssimaksuja
- modbus-standardin mukaisia laitteiden valmistajia paljon
- avoin standardi
- helposti käyttöönotettava verkko
- ei laitevalmistajien asettamia rajoituksia

Rakennusautomaatiossa Modbus RTU/ASCII -laitteiden välillä yleensä käytettävä väyläkaapeli on suojattu parikaapeli esimerkiksi jamak  $2 \times (2+1) \times 0,5$ . Modbus/RTU-topologiassa kaikki laitteet pitää kytkeä samaan väylään sarjassa ja viimeisessä laitteessa pitää olla väylän terminointi, väylän heijastumien estämiseksi (Kuva 12.). Modbus-väylän pituus voi olla RS-232-liitännällä maksimissaan 15 metriä, ja tätä liitännää käytetään yleensä kahden laitteen välillä. Modbus/TCP-topologia on sama, kuin ethernet-verkossa. Modbus-väylän maksiminopeus on 187,5 kt/s [2].



Kuva 12. Swegon ilmastointikoneen modbus gateway-yksikkö [12].

Modbusia käyttäviä laitevalmistajia ovat esimerkiksi Fidelix, Athmostec, Swegon, Halton ja Chiller.

Modbus-verkon suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on määritettävä työselostukseen Modbus-verkon suunnitteluvaiheessa seuraavia asioita:

- Modbus-tyyppi
- verkkolaitteiden tukema väylänopeus
- alakeskuksen on tuettava vähintään yhtä montaa eri Modbus-väylää kuin laitteiden maksiminopeus on
- pariteetti- ja loppubittien vaatimukset on huomioitava
- laitevalmistajalta Modbus rekisterilista

- väylälaitteiden määrittely.
- topologian määrittely.
- väyläkaapelin määrittely.

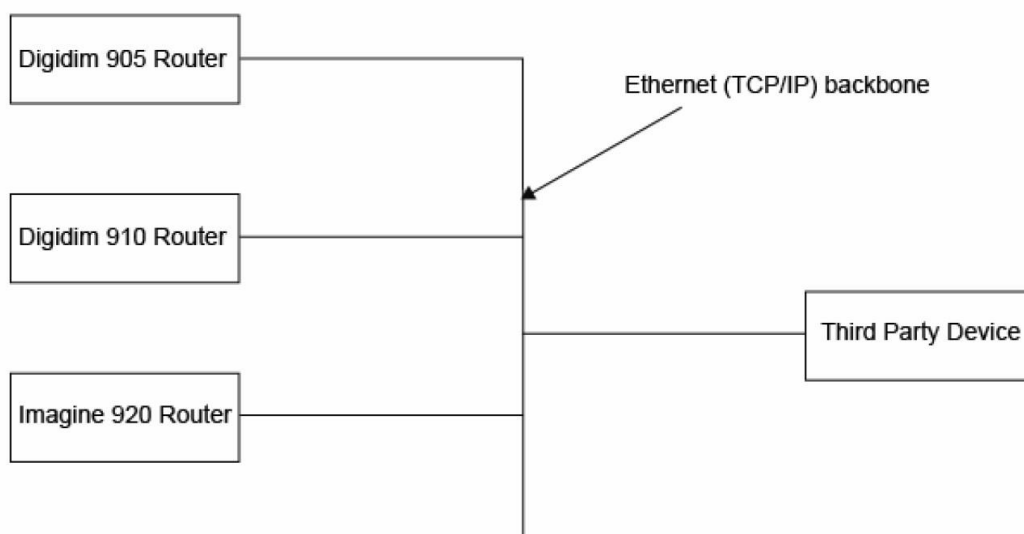
### 4.3 DALI

DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) -väylä on tarkoitettu valaistuksenohjaukseen ja on standardoitu kansainvälisen sähköteknisen komission IEC 60929 mukaan, joka on loisteputkivalaisinstandardi. DALI-valaistuksenohjausväylä on avoin ja digitaalinen väyläprotokolla, ja sen ovat kehittäneet yhteistyössä Helvar, Osram, Philips ja Tridonic. DALI on hajautettu järjestelmä ja jokaisessa laitteessa on oma prosessorinsa ja väyläosoitteensa. [2.]

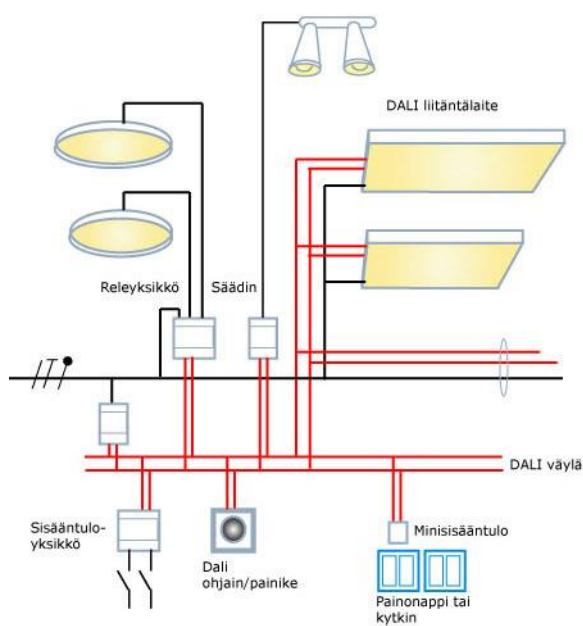
DALIn etuihin verrattuna muihin järjestelmiin kuuluu sen edullisuus ja avoin järjestelmä, joten kaikki tätä standardia käyttävät eri laitevalmistajien laitteet toimivat keskenään. DALI on helppokäyttöinen, ja siihen voidaan liittää jopa 64 eri valaistuslaitetta ja luoda 16 eri valaistusryhmää (Kuva 14.) [13]. DALI-verkkoa on mahdollista laajentaa DIGI-DIM-reitittimen avulla, jolloin siihen voidaan liittää jopa 128 laitetta (Kuva 13.). DALI:n Helvar-reitittimessä on valmius mitata valaistuksen käyttämän sähköenergian määrää. Ohjelmoitaessa DALI-järjestelmää, syötetään kaikkien valaisimen tiedot ohjelmaan, jonka jälkeen DALI-järjestelmä osaa mitata verkosta ottamansa sähkötehon. Järjestelmän sähköenergian laskeminen perustuu vertaamalla sen hetken säätötasoa eri valaisimien ohjelmaan syötettyyn tehoon. [14.] Huonoiksi puoliiksi DALI:ssa voidaan lukea, että sillä ei voida ohjata muuta kuin valaistusta.

DALI-verkkoa voi käyttää itsenäisesti tai se on mahdollista liittää muihin automaatiojärjestelmiin eri laitetuottajien valmistamilla väylämuuntimien avulla, näitä ovat esimerkiksi DALI-LON ja DALI-EIB. DALIn väylätopologia on sarja-, tähti-, tai näiden yhdistelmä kytkentä. Väyläkaapeliksi yleensä valitaan normaali 5-johtiminen ohjauskaapeli, kaksi johdinta väylää varten, ja L-, N- sekä PE-johtimet [2].





Kuva 13. DALI-verkon esimerkkikytkentä [15].



Kuva 14. DALI-verkon esimerkkikytkentä [15].

DALI-verkkoon liitettäviä laitteita ovat esimerkiksi:

- loisteputkien säädettävät liitäntälaitteet
- DO-modulit
- DALI väyläsäätimet
- ohjauspaneelit ja painikkeet

- verhomootorit
- läsnäolo- ja valoisuusanturit
- DI-modulit
- reitittimet
- verkkosovittimet
- elektroninen muuntaja

DALLa käytäviä laitevalmistajia ovat esimerkiksi Helvar ja Zumtobel.

DALI-verkon suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on määritettävä työselostukseen DALI-verkon suunnitteluvaiheessa seuraavia asioita:

- topologian määrittely.
- laitteiden yhteensopivuuden määrittely standardinmukaiseksi.
- väylälaitteiden, kuten esimerkiksi väylämuuntimien määrittely.
- väyläkaapelin määrittely.
- laitevalmistajilta tarkistettava yhteensopivuus.

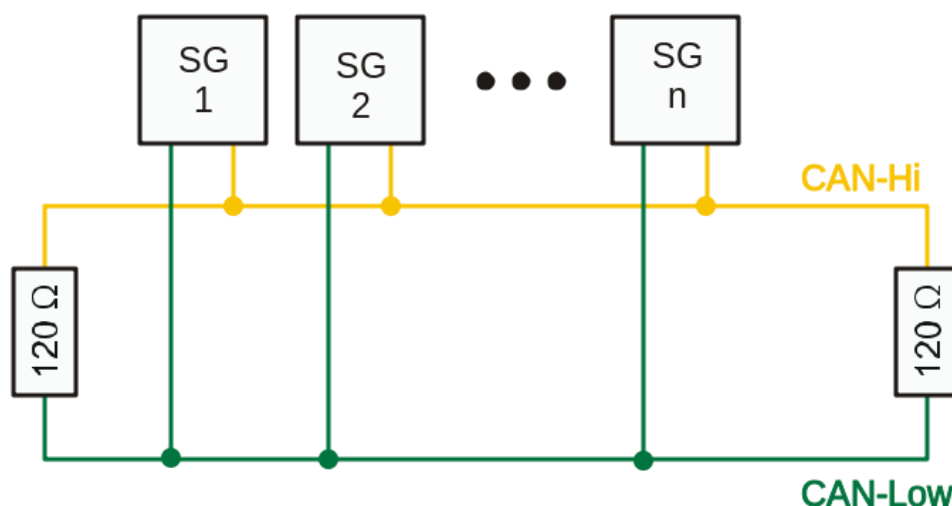
#### 4.4 CAN

CAN-väylä (Controller Area Network) on automaatioväylä, jota käytetään rakennusautomaatiossa, autoissa, junissa, hisseissä, erilaisissa koneissa ja teollisuudessa. CAN-väylän kehitti, vuonna 1983 saksalainen ajoneuvojen elektroniikkavalmistaja BOSCH. [16.]

CAN-väylän toimintaperiaatteena on välittää kaikki tieto kaikille väylässä oleville laitteille. Jokaisessa datapaketissa on tunniste, jonka perusteella laite päättää ottaako se datan vastaan vai ei. CAN-verkossa lähetetään arvo nolla, kun high-johtimen jännite on 3,5 V ja low-johtimen jännite 1,5 V. CAN-verkossa lähetetään arvo 1, kun molempien johtimien jännite on 2,5 V. [16.]

CAN-väylän toimintaperiaate mahdollistaa saman tiedon yhtäaikaisen käsittelyn useilla eri laitteilla, eikä samaa tietoa näin ollen jouduta lähettämään uudelleen [16]. CAN-väylällä on eri sovelluksille määritetty standardeja, jotta yhteensopivuus muiden valmistajan laitteiden kanssa olisi varmistettu. Tällaisia ovat esimerkiksi raskaalle kalustolle määritetty standardi SAE J1939 ja henkilöautoille standardi J22584. Tiedonsiirron ollessa nopeampi kuin 125 kbit/s, ISO-standardi ISO 11898-2 määrittelee CAN-väylän ominaisuudet [16].

CAN-väylän kaapelointi on kaksi johtiminen suojattu tai suojaamaton impedanssiltaan  $120 \Omega$ :n parikaapeli, joka on standardin ISO 11898 mukaan 40 kierrosta/metri. CAN-väylässä on oltava  $120\Omega$ :n päätevastukset molemmissa päissä (Kuva 15.). [16.]



Kuva 15. CAN-väylän topologia [16;].

Rakennusautomaatiossa CAN-väylää käyttävät ainakin laitevalmistajat DEOS ja GEA.

CAN-verkon suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on määritettävä työselostukseen CAN-verkon suunnitteluvaiheessa seuraavia asioita:

- topologian määrittely
- laitteiden yhteensopivuuden määrittely standardinmukaiseksi
- väylälaitteiden määrittely

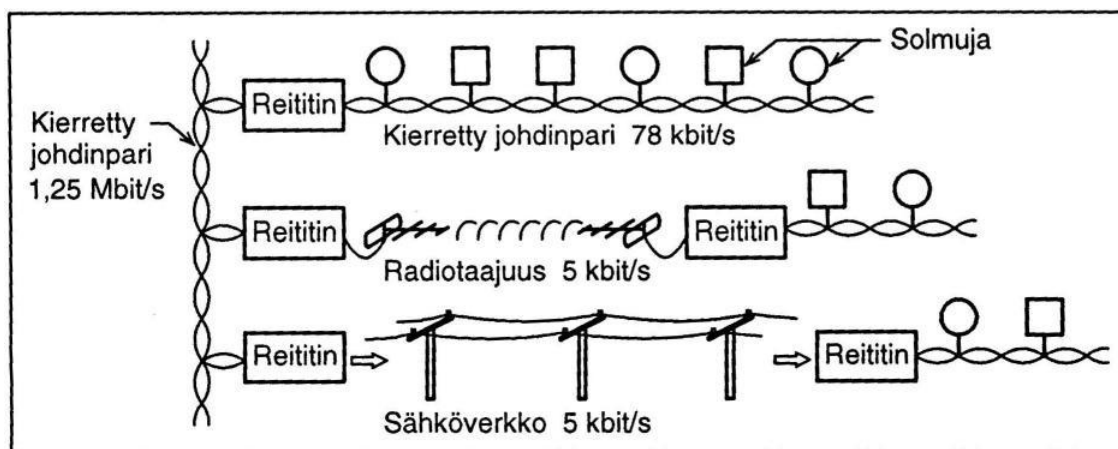
- väyläkaapelin määrittely
- laitevalmistajilta tarkistettava yhteensopivuus

#### 4.5 LonWorks

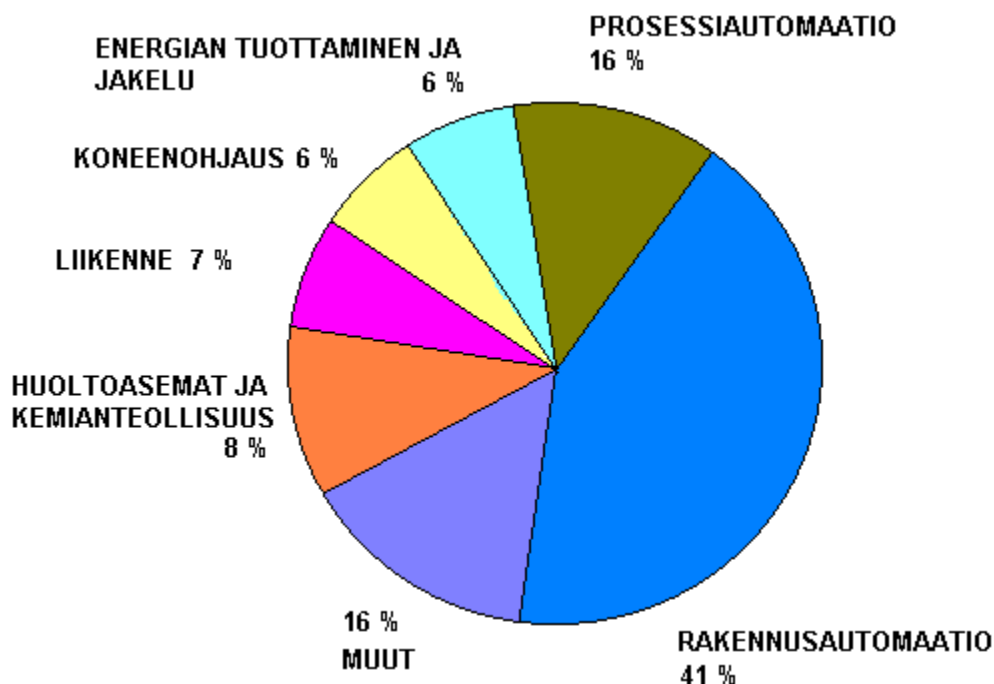
LonWorks-tekniikan (Local Operating Network) on kehittänyt yhdysvaltalainen Echelon Corporation, joka aloitti LonWorksin kehitystyöt vuonna 1990 [4]. Echelonin päätoimialue on kenttäväylät ja niihin liittyvien laitteiden kehittäminen. Echelon on kehittänyt LonWorks-tekniikassa käytettäväksi kaksi eri prosessoria, Neuron 3120 johon on ohjelmoitu valmiiksi avoin LonTalk-protokolla ja Neuron 3150, johon ohjelmisto on valmiiksi käännettynä lohkona [2]. Eri laitevalmistajien käyttäessä joko Neuron 3120 tai Neuron 3150-prosessoria, varmistetaan laitteiden yhteensopivuus keskenään.

LonWorks-tekniikan käyttämä tiedonsiirto-protokolla on nimeltään LonTalk ja tiedonsiirto verkkolaitteiden välillä perustuu verkkomuuttujiin (network variable). LonWorks:n ohjelmointikieli on C-kielen tapaan Neuron-C-kieltä. LonWorks-tekniikassa on kolme tiedonsiirtotapaa, kierretty väyläkaapeli, radiotaajuinen langaton ja sähköverkon avulla (Kuva 16.) [4].

LonWorks-tekniikka on vuosien kuluessa levinnyt teollisuudessa ja rakennusautomaatiossa eri laitevalmistajien käyttöön (Kuva 17.) [4]. Nykyisin rakennusautomaatiossa on laitevalmistajia, jotka tukevat useampaa eri tiedonsiirtotekniikkaa, ja usein toinen näistä on LonWorks.



Kuva 16. Lon-verkon esimerkkitiedonsiirtotapoja [4].



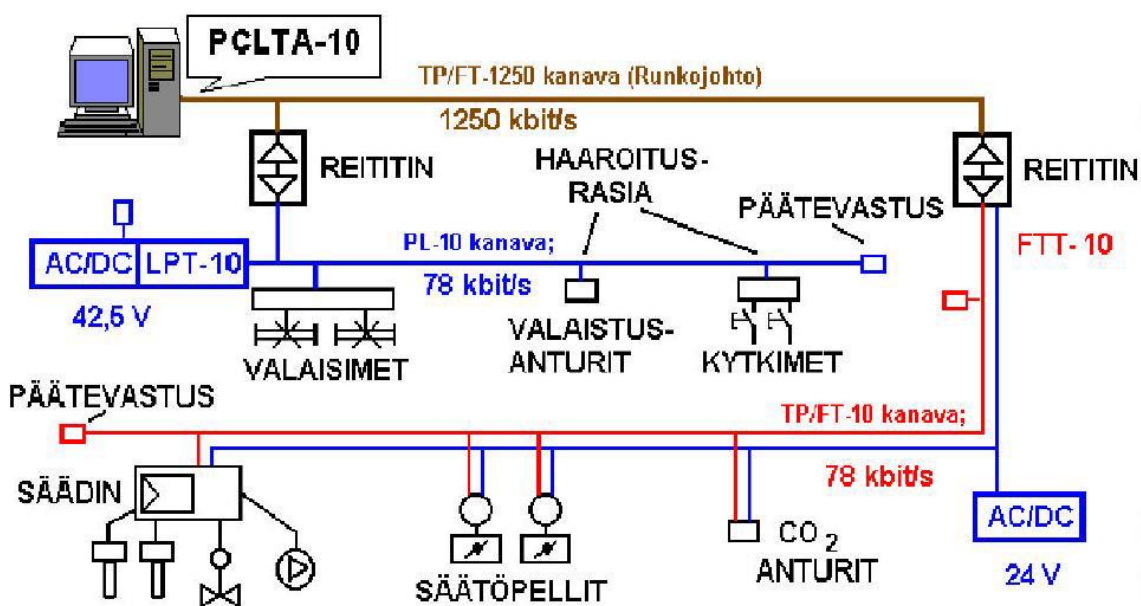
Kuva 17. LonWorks-tekniikan käytön jakautuminen eri osa-alueille [4].

LonWorks-tekniikan toimintaperiaatteeseen kuuluu, että jokaisessa verkon laitteessa on oma prosessori ja väyläsovitin. Tällaista laitekokonaisuutta kutsutaan solmuksi (node). Yhdessä väylän segmentissä voi olla yhteensä 127 laitetta, jonka lisäksi tarvitaan reititin, jolla liitytään runkoverkkoon.

Segmentin tiedonsiirtonopeus parikaapelilla voi olla 78 kbp/s ja langatonta radio- sekä sähköverkkoa käyttävän 5 kbp/s. Muita tiedonsiirtomediaa ovat esimerkiksi valokuitu [4]. Segmenttejä voi olla yhdellä alueella runkoväylässä 255, eli laitteita voi olla maksimissaan  $127 \times 255 = 32385$  kappaletta. Runkoväylän tiedonsiirtonopeus voi olla maksimissaan 1,25 Mbp/s. Tällaista tiedonsiirtonopeutta ei kuitenkaan edellytetä rakennusautomaatiossa (Kuva 18.) [4]. Rakennusautomaatiossa käytetään lähes poikkeuksetta parikaapeliverkkoa. Rakennusautomaatiossa lähes aina laitteiden enimmäismäärää ei yleensä saavuteta.

Lon-verkon topologia voi olla joko puumalli tai vapaatopologia. Väylän molemmissa päissä on oltava puoliterminointi eli päätevastus (Kuva 17.) [4].

Lon-verkon kaapelointina käytetään kierrettyä parikaapelia. Lon-verkossa oleva laite saa väylän kautta syöttöjännitteensä (24-48 V) [4].



Kuva 18. LonWorks järjestelmän toimintaperiaate [4].

Lon-väylän hyviä ominaisuuksia ovat seuraavat:

- Helppo laajentaa, eikä laitteiden maksimimäärä tule nopeasti vastaan.
- Kentälaitteissa on itsessään älyä, joten väylän vikaantuessa viimeinen asetusarvo säilyy.
- Tukee useaa eri tiedonsiirtomediaa.
- Vapaa topologia.

LonWorks käyttää kaikkia OSI-mallin kerroksia kuvan 19 mukaisesti.

	OSI kerros	Tarkoitus	Palvelun lupaa	CPU
7	Sovellus	Ohjelmien yhteensopivuus	LonMarks objektit, asetukset, verkon vakio muuttujat (SNV Ts) Kokoelma valmiiksi määriteltyjä standardi- verkkomuuttujia	APP
6	Esitystapa	Datan tulkkauk	Verkko muuttujat, ohjelmien viestit, vieraan kehityksen lähetyk. Verkkomuuttujien käyttömahdollisuus	NET
5	Sessio Yhteysjakso	Kauko toiminnot	Kysely/vastauspalvelu, laillisuus, verkkopalvelut	NET
4	Kuljetus	End-to-end luotettavuus	Myöntää / ei myönnä viestejä, yleinen järjestys, tuplaa havainnot. Erilaiset tietotyypit, autentisointi	NET
3	Verkko	Kohde osoite	Hallitsee kohde osoitteet ts. osoittaminen, verkottaa informaation; oppivat reitittimet	NET
2	Siirtoyhteys	Median muokkaus ja kehystämisen	Kehystämisen, datan koodaus, CRC virheiden tarkistus, törmäysten estäminen, prioriteetti; 16-bittinen CRC	MAC
1	Fyysinen	Elektroninen kontakti	Modulointi tavat; Tukee useita eri tiedonsiirtotapoja	MAC

Kuva 19. LonWorks järjestelmän käyttämät OSI-mallin mukaiset kerrokset [4].

Lonin käyttäviä laitevalmistajia ovat esimerkiksi Siemens, Trend, Lonix ja PM-Luft.

Lon-verkon suunnittelussa huomioitava

Rakennusautomaatiosuunnittelijan on määritettävä työselostukseen Lon-verkon suunnitteluvaiheessa ainakin seuraavat asiat

- LonWorks laitteiden standardi
- tarvittavat mediamuuntimet
- jo olemassa oleva Lon-verkko
- sopiva LonWorks yhteensopiva laite
- topologian määrittely
- väylälaitteiden määrittely
- väyläkaapelin määrittely

#### 4.6 KNX/EIB

KNX on (CENELEC EN 50090, ISO/IEC 14543) standardin mukainen tiedonsiirtoprotokolla, joka on tarkoitettu rakennusautomaatio käyttöön [17]. KNX-tiedonsiirtoprotokolla on eurooppalaisten tiedonsiirtoprotokollien BatiBUS, EIB ja EHS:n kehityksen tulos.

Kaikista näistä protokollista on otettu parhaat osat KNX:aan, mutta suurimmaksi osaksi EIB:sta [2].

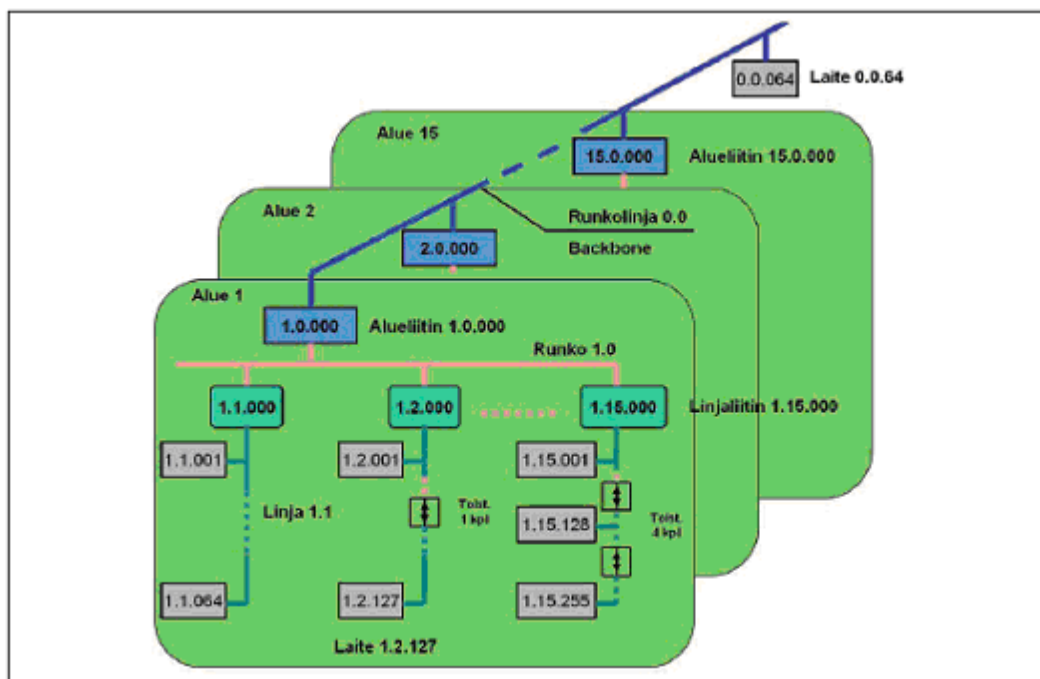
KNX-verkkoon tulevat verkkolaitteet ohjelmoidaan PC:tä käyttäen ETS EIB Tool Software -ohjelmaa, joka perustuu ANSI-C-kieleen. Kaikki sähkökeskukseen tulevat moduulit voidaan asentaa suoraan tiedonsiirtoon tarkoitettulle alustalle DIN-kiskoon, joten turhaa kaapelointia keskuksessa ei tarvita. Yhdelle moduulille voidaan ohjelmoida useampi toiminto, joka pienentää moduuleiden määrää keskuksessa [2].

KNX-standardia valmistavat laitevalmistajat kuuluvat European Installation Bus Associationiin (EIBA), joka takaa kaikkien EIB-laitteiden yhteensopivuuden keskenään. EIBA on määrittänyt Instabus-standardin. [2.]

KNX-verkon mahdolliset topologiat voivat olla joko puu, väylä tai tähti, myös näiden yhdistelmät ovat mahdollisia [6]. KNX-verkon tiedonsiirtomediana voidaan käyttää kierrettyä parikaapelia, radioverkkoa, infrapunaa tai sähköverkkoa [2]. KNX-verkon väyläkaapelina voidaan käyttää kaksijohtimista väyläkaapelia, esimerkiksi jamak,  $2 \times (2+1) \times 0,5$  tai nomak  $2 \times 2 \times 0,5$ , ja KNX-väylälaitteet saavat syöttöjännitteen samaa väyläkaapelia pitkin, joten erillistä syöttöjännitettä ei tarvita. KNX-verkon nopeus on 9,6 kbp/s [2]. KNX-verkon laitteet voidaan liittää muihin kiinteistöautomaatiojärjestelmiin tarvittavan väyläsovittimen avulla. Väylän maksimipituus voi olla 1000 m, ja kahden eri verkkolaitteen väli voi olla maksimissaan 700 m. Virtalähteen välimatka verkkolaitteeseen saa olla maksimissaan 350 m [7].

KNX-verkon toimintaperiaatteeseen kuuluu, että kaikilla verkkoon liitetyillä laitteilla on oma osoitteensa. Osoitteessa on ensin alue- ja sitten linjaosoite sekä viimeisenä laitteen yksilöllinen osoite esimerkiksi 12.5.021, jossa 12 on alueosoite, 5 on linjaosoite ja 021 laitteen yksilöllinen osoite (Kuva 20.) [18]. Suurin määrä alueita on 15 aluetta ja jokaiseen alueeseen voidaan liittää 15 linjaa, sekä jokaisessa linjassa laitteiden maksimimäärä on 64. Yhdessä järjestelmässä voi siis olla maksimissaan 14 400 laitetta, käytettäessä suurinta mahdollista määrää osoitealueita ja linjoja. Väylän haaran pituutta on mahdollista kasvattaa enintään neljän toistimen avulla, jolloin laitteiden määräksi saadaan 256/linja, tällöin laitteiden maksimimäärä kasvaa 57 375 laitteeseen, joka on täysin riittävä rakennusautomaation tarpeisiin [2].





Kuva 20. KNX-verkon toimintaperiaate [18].

KNX-verkossa linjaliittimet (LC Line Couplers) liittyvät alueet linjoihin [2]. EIB-verkossa jokaiselle linjalle pitää olla oma virtalähde [2]. Verkkolaitteet vaativat minimissään 21 V:n jännitteen ja 150 mW:n tehon, toimiakseen oikein ja luotettavasti [2].

Liittimelle on asetettu osoite ja se päästää datan läpi alueelta linjaan, jos linjaliitin sallii sen pääsyn eli verkkolaite sijaitsee sen toisella puolella. Kaikilla KNX-verkkoon liitetyillä laitteilla on oma mikroprosessorinsa, joten väylässä ei tarvita erillistä keskusyksikköä [2].

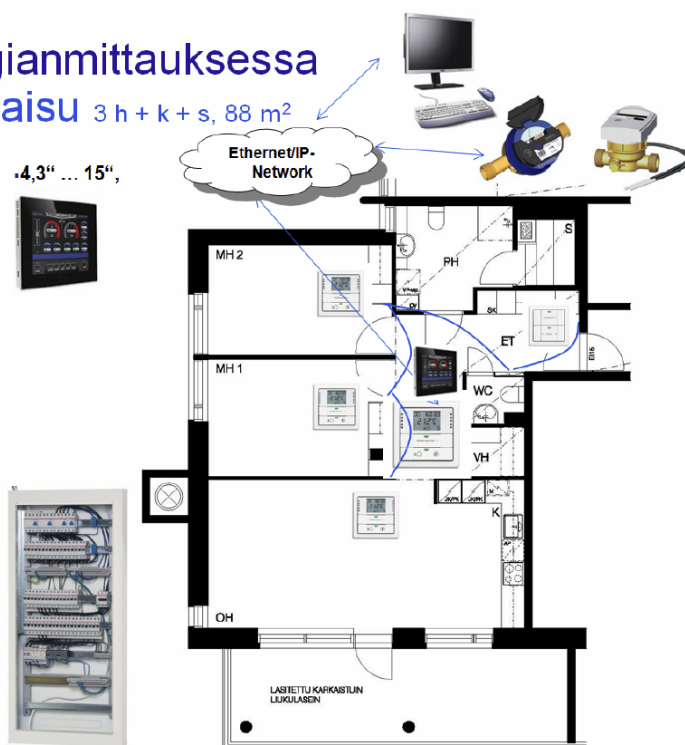
KNX/EIB-verkossa olevat laitteet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään niiden toimintatapojen mukaisesti [2].

- Peruslaitteet, esimerkiksi virtalähde (PSU Power Supply Unit), signaalinsuodattimet ja kuristimet.
- KNX/EIB-verkkolaitteet, esimerkiksi ohjauspaneelit, mitta-anturit ja toimimootorit.
- Järjestelmälaitteet, esimerkiksi väyläliityntäyksikkö (BCU), linjaliittimet (LC).

KNX-verkkoa käytetään usein asuntorakentamisessa, jolloin ei välttämättä tarvita muita järjestelmiä (Kuva 7.).

## KNX-ratkaisut energianmittauksessa Asuntojen perusratkaisu 3 h + k + s, 88 m<sup>2</sup>

- IP-Gatewayn kautta 2-suuntainen yhteys
  - Visualisointi PC-näytölle
  - Kotona/Poissa-kytkin
- 12 ohjauspistettä 16A + 3 ohjausta energianmittauksella
  - Mitatut ohjaukset
    - Valaistuspisteet 3 ryhmää
    - (Kiuas)
    - (Mukavuuslattialämmitys)
    - Liesi
    - Keittiön pistorasiat
    - Astianpesukone
    - Pyykinpesukone
    - Kuivausrumpu
    - OH:n ohjattu pistorasia
    - Jääkaappi/Pakastin
- Kellokytkin 2 kanavaa
  - MH:n ja OH:n huonetermostaatin pudotus/nosto
- Näpsä-keskus IT-osalla
- Asennustarvikkeet
- Impressivo-asennuskalusteet



Kuva 21. Kerrostaloasunnon verkkolaitteet ovat kytkettyinä KNX-järjestelmään [14].

KNX/EIB:ta käyttäviä laitevalmistajia ovat esimerkiksi: ABB, ENSTO, Gycom, Schneider Electric ja Steinel. Lisäksi pelkkää EIB:ta käyttää ainakin Beckhoff.

KNX-verkon suunnittelussa huomioitava

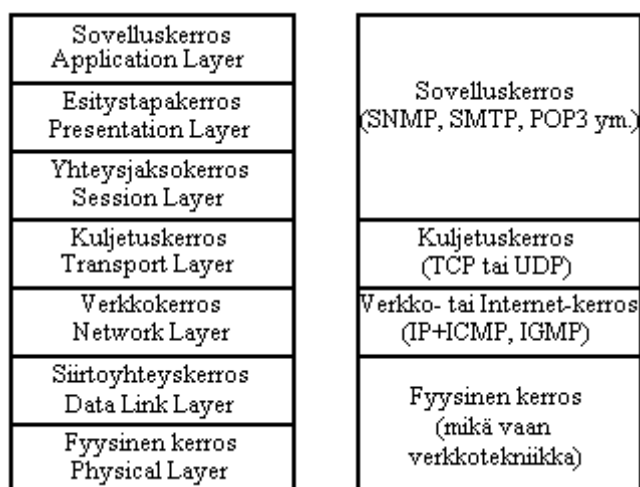
Rakennusautomaatiosuunnittelijan on otettava huomioon KNX-verkon suunnitteluvaiheessa seuraavia asioita:

- asiakkaan tarpeet
- kaapelointi selvitettävä sähkösuunnittelijan kanssa
- väylän maksimipituus 1000 m
- topologian määrittely
- väylälaitteiden määrittelyväyläkaapelin määrittely
- kaikkien verkkoon tulevien laitteiden KNX yhteensopivuus
- mahdollisesti tarvittavat mediamuuntimet

- kiinteistössä mahdollisesti jo olemassa oleva KNX-verkko
- laitevalmistajalla on juuri tiettyyn tarkoitukseen sopiva KNX-yhteensopiva laite
- väylälaitteiden määrittely

#### 4.7 TCP/IP

TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) on monen eri internet-liikenteessä käytettävän tiedonsiirtoprotokollan yhdistelmä [2]. Suurin osa internetissä tapahtuvasta tiedonsiirrosta käyttää TCP/IP-protokollaa, näin ollen TCP/IP onkin yksi maailman käytetyimmistä tiedonsiirtoprotokollista. TCP-protokolla on OSI-mallin neljännessä kerroksessa, eli kuljetuskerroksessa, joka puolestaan hoitaa verkkolaitteiden osoitteiden välisen tiedonsiirron ja reitittää datapaketit perille. IP-protokolla puolestaan on erinomainen yhdistämään eri verkkoja suuremmiksi verkkokokonaisuuksiksi (Kuva 22.) [2]. TCP/IP on yhdistelmä näistä protokollista ja dataliikenteen hoitaa näistä TCP-protokolla IP-protokollan päällä [2]. Koska TCP/IP-protokollalla on näin hyvä yhteensopivuus OSI-mallin kanssa, sopii TCP/IP-protokolla mainiosti rakennusautomaation runkoverkoksi.



Kuva 22. OSI-mallin kerrokset ja vastaavat kerrokset TCP/IP-protokollassa [19].

TCP/IP-protokollaa käytettäessä suunnittelussa huomioitava

- kaikkien TCP/IP verkkoon tulevien laitteiden yhteensopivuus
- mediamuuntimien tarve
- laitevalmistajalla TCP/IP-yhteensopiva laite

- topologian määrittely
- väylälaitteiden määrittely
- väyläkaapelin määrittely

#### 4.8 Ethernet

Ethernet (LAN) on yleisin käytössä oleva lähiverkkoratkaisu, joka perustuu pakettipohjaiseen tiedonsiirtoon. Ethernetin alku voidaan sijoittaa vuoteen 1972, jolloin Xeroxin Palo Alton tutkimuskeskuksessa tämä verkkotekniikka otettiin käyttöön nimellä Alto ALOHANet. Tällöin tiedonsiirtonopeutena oli 2,94 Mbit/s [20]. Yleisemmin käyttöön Ethernet levisi 1980-luvulla. Nykyisillä ethernet-verkoilla voidaan saavuttaa jopa 10 Gbit/s nopeus, joko optisella kuituyhteydellä tai kuparikaapelilla [20].

Ethernet-verkon standardina on IEEE 802.3 ja sen useat eri kehitysversiot. Ethernet-verkko käyttää OSI-mallin ensimmäistä, eli fyysistä ja toista eli siirtoyhteyskerrosta [20].

Nykyään ethernet-verkossa käytetään yleisesti standardoitua suojattua parikaapelia (EN 50173)(CAT6/CAT7), joka voi olla myös sama kuin puhelinverkonkaapeli, eli voidaan käyttää yhteiskaapelointia [20]. Ethernet-verkon tärkeimpiä laitteita ovat toistin, kytkin ja reititin, joiden ansiosta verkon topologiana voi olla lähes mikä tahansa. Reitittimen avulla LAN-verkko voidaan liittää WAN-verkkoon ja lähiverkossa tiedonsiirto tapahtuu kytkimen ja toistimen kautta. Runkokaapeloinnin maksimipituus on 90 metriä kytkentärasialta ja laitteelle menevän kaapelin maksimipituus 10 metriä (Kuva 23.) [20].

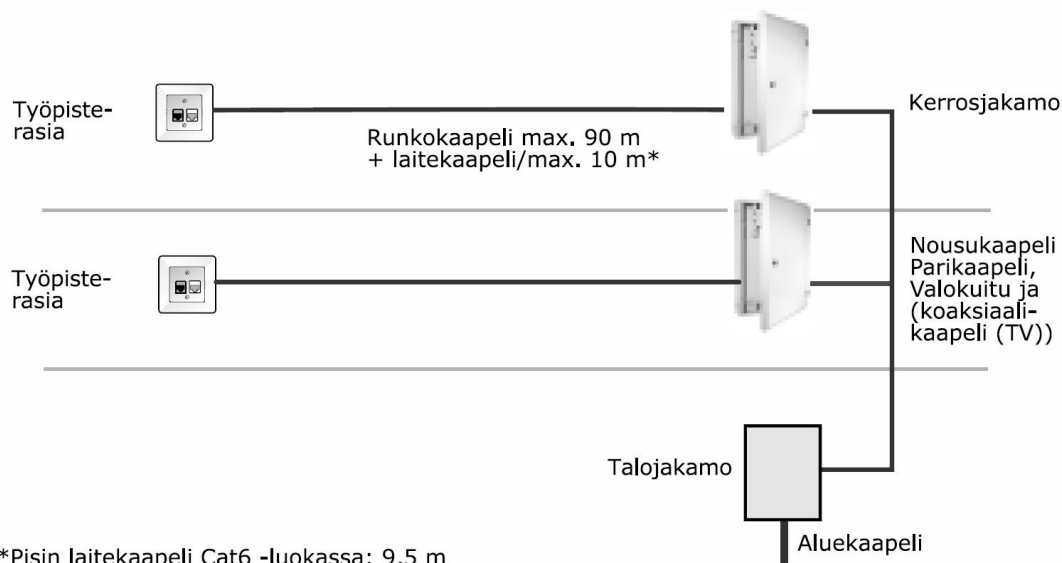
Ethernet-verkon toiminta perustuu verkkolaitteiden, kytkinten ja reitittimien välillä liikkuviin tiedonsiirtopaketteihin. Verkkolaitteen lähettäessä paketin kytkimelle tallentaa kytkin saapuvan paketin portin ja MAC-osoitteen reitittimen muistissa olevaan osoitteeseen. Tämän jälkeen kytkin vertaa MAC-osoitetta ja porttia muistissa jo oleviin osoitteisiin. Jos samoja osoitetta ei löydy, lähettää kytkin paketin kaikkiin portteihin. Portin ollessa sama, kuin mistä se on lähetettykin, paketti hävitetään. Ethernet-verkon laitteet tunnistavat toisensa MAC-osoitteiden perusteella, joka on jokaisella verkkolaitteella yksilöllinen. [20.]

Nykyään kaikista yli 100 Mbit/s nopeudella toimivista ethernet-verkoista käytetään nimitystä Fast Ethernet, ja yli 1 Gbit/s nopeudella toimivista ethernet-verkoista käytetään nimitystä Gigabit Ethernet [21].

Kytkimeen liitettävän ethernet-kaapelin ollessa Cat5-standardin mukainen tai uudempi versio, mahdollistaa ethernetin kaapelointi full-duplex-tiedonsiirtotavan. Myös kytkimen pitää tukea full-duplex-tiedonsiirtotapaa. Tämä puolestaan mahdollistaa kahdensuuntaisen tiedonsiirtotavan. Tämä tarkoittaa sitä, että jokaisella portilla on oma kaista, eli teoriassa kymmenellä portilla varustettu 10/100 Mbit/s kytkimen maksiminopeus olisi 2,0 Gbit/s. Yleensä ethernet-verkko ei ole kuitenkaan näin nopea, mikä rajoittaa tiedonsiirtoa. [21.]

Kytkinten avulla voidaan laajentaa ja parantaa verkon tietoturvasuutta, jakamalla verkko pienempiin väyläsegmentteihin. Kytkimen avulla on myös helppo rakentaa varayhteys, sillä kytkin ottaa varayhteyden automaattisesti käyttöön ensisijaisen yhteyden vikaannuttua. [21.]

Reitittimen tehtävänä ethernet-verkossa on välittää datapaketteja eri verkkolaitteiden välillä. Sen pitää myös tietää eri verkkolaitteiden suhde ethernet-verkkoon, jotta se osaa reitittää datapaketit oikeaan paikkaan [22]. Reititin tekee valinnan paketin reitistä ja saajasta ihmisen tekemien konfigurointi asetusten perusteella ja samalla pyrkii mahdollisimman lyhyeen reittiin. Yleensä reititin sisältää myös palomuurin, joka voidaan konfiguraation kautta aktivoida tai jättää aktivoimatta. Reititin käyttää OSI-mallin kerrosta kolme eli verkkokerrosta.



Kuva 23. Ethernet-kaapeloinnin esimerkki [23].

Ethernet-verkon suunnittelussa huomioitavia asioita:

- verkon laajuus
- työpisteiden lukumäärä ja sijainnit
- asennustarvikkeet/kaapelit oltava standardin EN50173 mukaisia
- urakoitsijan mittaa kaapeloinnin oikeanlaisen kytkennän
- kaapelin mittauksesta saatava ainakin ominaisimpedanssi, vaimennus, lähipään ylikuuluminen, vaimennus/ylikuulumissuhde, tasavirtaresistanssi, kapasitanssi, pituus ja (datan kulku-aika), mahdolliset oikosulut/ huonot kytkennät ja suojan tasavirtaresistanssi [23].

## 5 Väylätoimiset kenttälaitteet

Rakennusautomaatiossa voidaan liittää paljon eri laitteita väylän avulla rakennusautomaatiojärjestelmään, jolloin säästytään turhalta kaapeloinnilta ja voidaan valita laitevalmistajan rekisterilistasta vain ne muuttujat, joita asiakas haluaa rakennusautomaatiojärjestelmäänsä liittää.

Nykyään rakennusautomaation laitevalmistajat lisäävät vähänkin enemmän ominaisuuksia sisältävään laitteeseen lähes poikkeuksetta jonkin väyläliitännämahdollisuuden. Tästä ominaisuudesta on hyötyä, jos esimerkiksi ilmastointikonetta halutaan käyttää

ensin paikallisesti omalta ohjauspaneelilta, tällöin voidaan ilmastointikone myöhemmin lisätä rakennusautomaatioon väylän kautta. Koneen lisääminen onnistuu helposti, asentamalla väyläkaapeli koneen ja alakeskuksen väliin, sekä ohjelmoimalla alakeskus keskustelemaan ilmastointikoneen masterin kanssa.

Väylätoimisia laitteita voivat olla esimerkiksi alakeskukset, ilmastointikoneet, taajuusmuuttajat, ilmamääränsäätimet, huonesäätimet ja erilaiset mittausyksiköt. Kun kenttälaite halutaan liittää väylän kautta alakeskukseen, pitää yleensä kaikki konfigurointi tehdä ensin kenttälaitteelta esimerkiksi asetella osoitteet ja väylänopeudet. Väylätoimisia kenttälaitteita valittaessa on syytä keskustella asiakkaan kanssa, toteutetaanko liitettä I/O-pisteinä vai valittua väylätyyppiä käyttäen.

## **6 Väylien varmennustavat**

Rakennusautomaatioväylässä on harvoin niin kriittisiä säätöjä/toimintoja, että ne tarvitsivat erityistä varmistusta. Jos rakennusautomaatiossa olevan prosessin toiminta ei aiheuta vikaantuessaan merkittävää haittaa tai kustannuksia, riittää hälytystietona huoltomiehelle tuleva tieto viasta, jotta hän voi aloittaa korjaustoimenpiteet. On kuitenkin olemassa tiettyjä tapauksia, jolloin väylän varmennusta tarvitaan ja siihen on olemassa erilaisia ratkaisuja.

Riippuen väylän topologiasta ja tyypistä voidaan automaatioväylä rakentaa kahdennettuna, mikä käytännössä kaikissa väylätopologioissa tarkoittaa kaikkien tietoliikennelaitteiden ja kaapeleiden lukumäärän kaksinkertaistamista, jotta kaikki segmentit toimisivat. Jos sallitaan yhdenkin solmun vikaantuminen, ei topologialla ole väliä. Jos rakennusautomaatiossa olevan prosessin toiminta ei aiheuta vikaantuessaan merkittävää haittaa tai kustannuksia, riittää hälytystietona huoltomiehelle tuleva tieto viasta, jotta hän voi aloittaa korjaustoimenpiteet.

## **7 Rakennusautomaatiosuunnittelussa huomioitava**

Rakennusautomaation suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon ja selvittää valmiiksi tiettyjä asioita mm. seuraavia asioita:

- verkkolaitteet oltava halutun standardin mukaisia

- mastereiden, modulikoteloiden ja keruuyksiköiden määrät
- mittaustiedon lukumuoto
- eri mittaustulokset mittalaitteelta (usein väylälaitteelta saa useita tietoja)
- lisävarusteet, esimerkiksi sovitusholkit, väyläsovittimet
- laitteen tyyppi
- asiakaskohtainen konfiguraatio laitteelle
- luentaohjelmisto laitevalmistajalta
- väylänopeus, kaikkien verkkolaitteiden tuettava samaa nopeutta
- väylälaitteiden määrittely
- topologian määrittely
- sähkökeskusten sijainnit
- väyläreitit (vaikka niiden määrittäminen yleensä kuuluukin sähkösuunnittelijalle)
- kaapelointi

## 8 Tulevaisuuden näkymät

Rakennusautomaatio on kehittynyt viimevuosina nopeasti, ja tiukentuneiden energiamääräysten takia lähes kaikki uudet rakennukset tulevat olemaan rakennusautomaatiojärjestelmän ohjauksessa. Rakennusautomaatiojärjestelmien määrä on kasvanut huomattavasti laitteiden kehittyessä ja vaatimusten noustessa.

Ennen 2000-lukua rakennusautomaatiojärjestelmissä ei juurikaan ole käytetty laitteiden väliseen tiedonsiirtoon älykkäitä automaatiöväyliä, vaan kaikki toimilaitteet, anturit ja laitteet on liitetty perinteisillä I/O-pisteillä alakeskuksiin. Älykkäiden automaatiöväylien vähäinen suosio olikin suurelta osin johtunut laitevalmistajien suppeasta laitetarjonnasta. Koska ei ole ollut laitetarjontaa, ei myöskään urakoitsijoilla ollut tarpeeksi osaamista liittää laitteita väylän kautta rakennusautomaatiojärjestelmään.

Nykyään tekniikan kehittyessä lähes kaikki laitevalmistajat tarjoavat laitteidensa liitännä- tavaksi perinteisen I/O-pisteiden rinnalla jonkin väyläliitännäraajapinnan, esimerkiksi Modbus, Lon tai BACnet. Useat laitevalmistajat ovat alkaneet integroimaan enemmän elektroniikkaa ja älyä laitteisiinsa, jolloin myös eri automaatiöväylien tuki on lisätty laitteisiin vakiona. Nämä seikat ovat vaikuttaneet siihen, että yhä useammin rakennusautomaatio-verkon laitteet on liitetty alakeskuksiin automaatiöväylän avulla. Automaatio-



tioväylät mahdollistavat teollisen internetin lisäämisen automaatiojärjestelmään. Tekniikan kehittyessä tulevaisuudessa langattomat väylät tulevat lisääntymään rakennusautomaatiossa enemmän.

Suurimpia haasteita automaatiöväylien yleistymiseen, voidaan pitää eri laitevalmistajien välisten laitteiden yhteensopivuutta keskenään ja sitä kuinka täsmällisesti laitevalmistajat käyttävät olemassa olevia standardeja laitteissaan. Tällä hetkellä löytyy joitakin laitevalmistajia, joiden laitteet eivät ole suoraan minkään standardin mukaisia, ja näiden laitteiden liitettävyyden standardoituihin rakennusautomaatiojärjestelmiin onkin kyseenalaista.

## 9 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella yleisimpiä rakennusautomaatiossa käytössä olevia väylätekniikoita ja niiden yhteensopivuutta keskenään. Opinnäytetyössä on tarkasteltu rakennusautomaatioon soveltuvia automaatiöväyliä niiden teknisten ominaisuuksien, urakoitsijoiden haastatteluiden (liite 1), laitetoimittajien ja oman automaatiourakointikokemukseni perusteella. Työssä on käyty läpi jokaisen yleisimmin käytössä olevan automaatiojärjestelmän ominaisuuksia ja pyritty tuomaan esiin niitä asioita, joita rakennusautomaatiosuunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon. Työssä pyritään helpottamaan rakennusautomaatiosuunnittelua, siltä osin kuin se liittyy automaatioverkkoihin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin kattava tietopaketti yleisimmistä rakennusautomaatiöväylistä ja niiden teknisistä tiedoista. Opinnäytetyössä ei ollut tarvetta käsitellä normaaleita alemman tason kenttäväyliä, jotka käyttävät joko resistiivistä-, virta- tai jänniteviestiä, vaan keskityttiin enemmänkin älykkäisiin kenttäväyliin.

Ongelmana rakennusautomaatiojärjestelmien yhteensovittamisessa on ollut standardoinneista huolimatta yhteensopivuusongelmat. Uusien automaatiojärjestelmien yhteensovittaminen eri verkkolaitteiden kanssa on lähes poikkeuksetta helpompaa, kuin saneerauksissa, jolloin vanhat laitteet eivät välttämättä tue joitakin ominaisuuksia, ohjelmistot ovat vanhoja tai ne eivät vain ole syystä tai toisesta laajennettavissa.

Usein automaatioväylien ongelmat johtuvat vääränlaisesta väyläkaapelista tai väärästä tai viallisesta kytkennästä. Urakoitsijoiden tulisikin olla tarkkana, että asentavat vain suunnitellulla väyläkaapelilla ja tekevät kytkennät huolellisesti. Myös väyläkaapeleiden asennus väärään paikkaan, esimerkiksi voimavirtahyllylle tai sähkömoottorin viereen, saattaa aiheuttaa ongelmia automaatioväylän tiedonsiirtoon.

Automaatioväylien kaapelin tyyppitys kuuluu pääsääntöisesti sähkösuunnittelijalle, ja jos sähkösuunnittelija on epävarma kaapelin suojauksen tarpeesta tai johtimien määrästä, tulee hänen olla yhteydessä automaatio-suunnittelijaan. Pienemmissä urakoissa, joissa ei välttämättä ole sähkösuunnittelijaa, valitsee automaatio-suunnittelija väyläkaapelin tarvittavien ominaisuuksien perusteella.

Usein rakennusautomaatioväylissä toimivien laitteiden yhteensovittaminen johtuu myös tietokatkoksista suunnittelun ja-/tai urakoinnin aikana. Tästä syystä automaatio-suunnittelijan ja sähkösuunnittelijan olisikin hyvä heti suunnittelun alusta asti laittaa suunnitelmansa toisilleen ja informoida mahdollisista muutoksista. Suunnitelmien valmistuttua ja kun urakoitsijat on valittu, olisi hyvä pitää palaveri, jossa on kaikki osapuolet läsnä. Tämä hyödyttäisi urakoitsijaa, jotta hän osaa tilata suunnitelman mukaiset laitteet, eikä asioita jää epäselväksi.

Työn tuloksena voidaan todeta, että rakennusautomaatioväylällä saavutetaan merkittäviä etuja verrattuna perinteisiin I/O-pisteisiin alakeskuksen ja kenttälaitteen välillä.

## Lähteet

- 1 Äyräväinen, Mikko. 2016. Powerpoint yritysesittely, sisäinen koulutusmateriaali. . Insinööritoimisto Äyräväinen Oy. Luettu 4.5.2016.
- 2 Ylitalo, Jesse. 2012. Rakennusautomaation väylät ja integraatio. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/52138/Rakennusautomaation%20vaylat%20ja%20integraatio.pdf?sequence=1>>. Luettu 11.12.2015.
- 3 Rintala, Matti; Savikko, Vespe; Palviainen, Jarmo. 1996-2002. Etäopetus materiaali luku19. Tampereen yliopisto. <<http://www.cs.tut.fi/etaopetus/titepk/luku19/OSI.html>>. Luettu 1.3.2016.
- 4 Hokkanen.H. 2013. Kajaanin ammattikorkeakoulu. <[galia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honhar/ma/KAT\\_LonWorks.pdf](galia.kajak.fi/opmateriaalit/yleinen/honhar/ma/KAT_LonWorks.pdf)>. Luettu 4.5.2016.
- 5 Melkko, Lasse. 2007. Harjoitusmateriaali verkkotopologioista. Lappeenrannan yliopisto <[www.htk.tlu.ee/ictcert/intranet/curriculum/6-developing-training-material-for-the-modules/network-topologies.doc/](http://www.htk.tlu.ee/ictcert/intranet/curriculum/6-developing-training-material-for-the-modules/network-topologies.doc/)>. Luettu 4.5.2016.
- 6 Wikipedia. 2004. BACnet. <<https://en.wikipedia.org/wiki/BACnet>>. Päivitetty 12.4.2016. Luettu 1.4.2016.
- 7 Vainikka, Pertti. 2014. BACnet webinaari 4.6.2014 Lappeenrannan kaupungin siirtyminen BACnet väylään. Granlund Saimaa Oy. <<https://cc.readytalk.com/partlogin/9ijg931gp6qa>>. Luettu 4.6.2014.
- 8 Saint Gobain Pipe Systems. 2005. Saint Gobain Pipe Systems. <<http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=4&id=6>>. Luettu 4.5.2016.
- 9 Wikipedia. M-Bus. 2008 <<https://en.wikipedia.org/wiki/Meter-Bus>>. Päivitetty 19.4.2016. Luettu 1.4.2016.
- 10 Saint Gobain Pipe Systems. 2005. Saint Gobain Pipe Systems. <<http://www.sgps.fi/sivu.asp?taso=4&id=6>>. Luettu 4.5.2016.
- 11 Wikipedia. 2008. Modbus. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Modbus>>. Päivitetty 28.5.2016. Luettu 4.5.2016.
- 12 Swegon. 2013. <<http://www.swegon.com/fi/Tukimateriaali/Etsi-PDF-tiedosto/?q=modbus>>. Luettu 4.5.2016.
- 13 Wikipedia. 2009. Dali. <[https://fi.wikipedia.org/wiki/Digital\\_Addressable\\_Lighting\\_Interface](https://fi.wikipedia.org/wiki/Digital_Addressable_Lighting_Interface)>. Päivitetty 17.6.2015. Luettu 4.5.2016.
- 14 Eskelinen, Heikki. 2014. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. <<http://www.theseus.fi/handle/10024/72936>>. Luettu 4.5.2016.

- 15 Ensto Building Technology, Tampereen ammattikorkeakoulun ja Virtuaaliammattikorkeakoulu. 2009. Ensto Building Technology, Tampereen ammattikorkeakoulun ja Virtuaaliammattikorkeakoulu.  
<<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228466781352/1231503046191/1231503057256.html>>. Luettu 4.5.2016.
- 16 Wikipedia. 2009. CAN-väylä. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/CAN-väylä>>. Päivitetty 9.2.2015. Luettu 4.5.2016.
- 17 Wikipedia. 2003. KNX(standard). <[https://en.wikipedia.org/wiki/KNX\\_standard](https://en.wikipedia.org/wiki/KNX_standard)>. Päivitetty 19.4.2016. Luettu 1.4.2016.
- 18 Alaste, Marko; Lyijynen, Juha. 2011. KNX-väyläjärjestelmä omakotitalossa. Opinnäytetyö, Mikkelin Ammattikorkeakoulu.  
<<https://www.theseus.fi/handle/10024/36610>>. Luettu 4.5.2016.
- 19 Rintala, Matti. 2001. TCP/IP-protokollat. Tampereen teknillinen yliopisto. Päättötyö. <[http://mrin.mbnet.fi/paattotyö/tcp\\_ip.html](http://mrin.mbnet.fi/paattotyö/tcp_ip.html)>. Luettu 4.5.2016.
- 20 Wikipedia. 2004. Ethernet. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Ethernet>>. Päivitetty 8.2.2016. Luettu 4.5.2016.
- 21 Wikipedia. 2004. Kytkin (tietoliikenne).  
<[https://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin\\_%28tietoliikenne%29](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kytkin_%28tietoliikenne%29)>. Päivitetty 3.2.2015. Luettu 4.5.2016.
- 22 Wikipedia. 2004. Reititin. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/Reititin>>. Päivitetty 8.12.2015. Luettu 4.5.2016.
- 23 Tietosähkö Oy. 2007. Lähiverkkojen rakentaminen pdf.  
<[www.tietosahko.fi/pdf/parikaapelointi.pdf](http://www.tietosahko.fi/pdf/parikaapelointi.pdf)>. Luettu 4.5.2016.

**YLEMMÄN AMK:N INSINÖÖRITYÖN  
KYSYMYSLOMAKE  
LAITEVALMISTAJILLE  
JA AUTOMAATIOURAKOITSIJOILLE**

**Liite 1. Laitevalmistajien haastattelut ja vastaukset**

**YLEMMÄN AMK:N INSINÖÖRITYÖN  
KYSYMYSLOMAKE  
LAITEVALMISTAJILLE  
JA AUTOMAATIOURAKOITSIJOLLE**

**KYSELYYN VASTANNUT YRITYS**

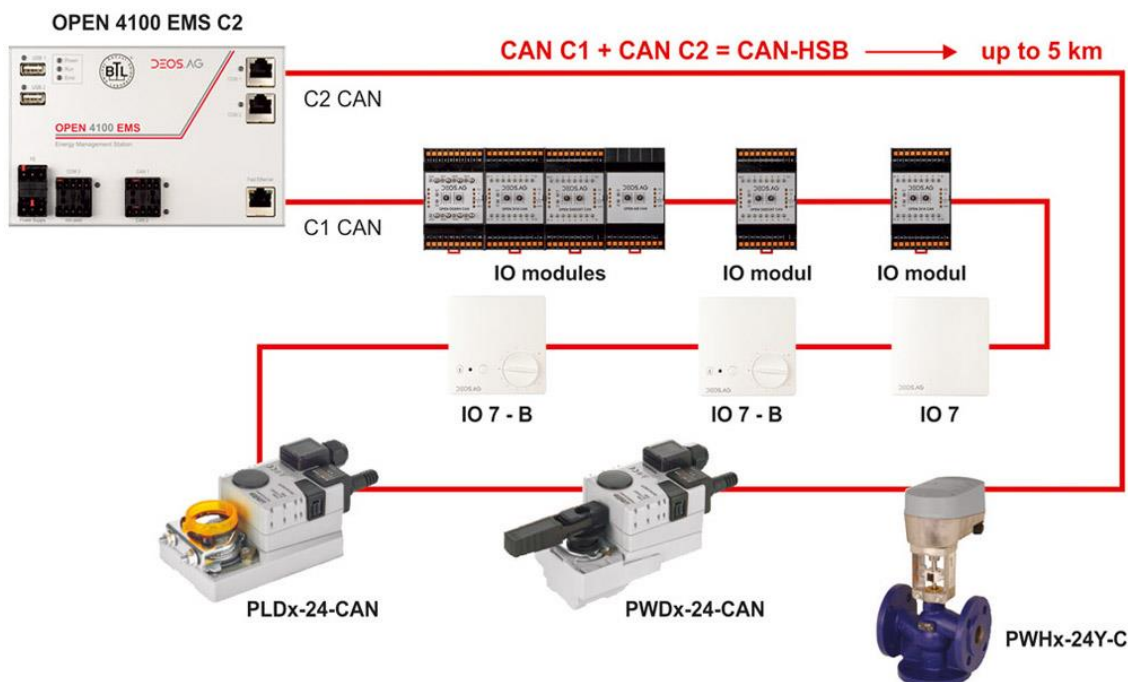
**Arealtec OY**

## Laitteisto

- Keiden valmistajien alakeskus laitteita käytätte pääasiassa automaatiourakoinnissa?  
Vastaus: DEOS.AG
- Keiden valmistajien laitteita järjestelmässänne on mahdollisuutta käyttää?  
- Vastaus: DEOS.AG, Trend Control Systems
- Onko automaatiojärjestelmänne avoin vai keskitetty ja mitä yleisiä standardeja järjestelmä tukee?  
- Vastaus: avoin, CAN (ISO 11898), BACnet (ISO 16484), TCP/IP (ISO 7498), M Bus (EN 13757-2 ja -3)
- Onko käyttämänne automaatiojärjestelmä vapaastiohjelmoitava vai ns. yksikkösäädin tyyppinen jossa ohjelmat on ladattu valmiiksi keskusyksikköön?  
- Vastaus: vapaastiohjelmoitava
- Montako käyttäjää voi samanaikaisesti käyttää automaatiojärjestelmänne automaatioväylän kautta?  
- Vastaus: ei rajoitusta
- Onko yrityksellänne omia väylälaitteita, jos on niin mitä ja mihin tarkoitukseen? (Vain laitevalmistajat vastaavat tähän)  
- Vastaus:
- Miten käyttämänne automaatiojärjestelmän tietoturva on toteutettu? (esim: fyysinen palomuri väylässä, ohjelmallinen palomuri...)  
- Vastaus: RAU-järjestelmä lähes poikkeuksetta omassa verkossaan, yhdistäminen toiseen verkkoon palomuurilla

## Rakennusautomaatiojärjestelmän väyläarkkitehtuuri

- Mitkä ovat käyttämänne automaatiojärjestelmän kenttä- ja väyläprotokollat?  
- Vastaus: CAN-väylä IO-moduuleille, MBus-mittareille, Modbus RTU/IP, BACnet MTSP/IP
- Mikä on käyttämänne automaatioväylän topologia?  
- Vastaus: TCP/IP → tähti
- Miten käyttämässänne automaatiojärjestelmässä voidaan toteuttaa väylän varmennus/kahdennus väylän vikaantuessa (rakennusautomaatio kohteet joissa tiedonsiirron toimivuus on välttämätöntä)?  
- Vastaus: HSB-tekniikalla (High Safety Bus):



- Alakeskusyksikkö voidaan myös kahdentaa (redundanttinen), jolloin sekä alakeskus että väylä on turvattu
- Saadaanko automaatiojärjestelmään hälytys väylän ollessa vikaantunut?
- Vastaus: kyllä
- Millaisia väyläliityntöjä automaatiojärjestelmässä on ja kuinka monta?
- Vastaus: 1 x ethernet, 2 x RS485, 2 x RS232, 2 x CAN, 4 x DALI
- Tukeeko on käyttämäne automaatiojärjestelmä langatonta tiedonsiirtoa, ja jos tukee niin mitä tekniikkaa (esim: GSM, WLAN, BLUETOOTH...)?
- Vastaus: TCP/IP:n kautta mahdollista
- Jos automaatiojärjestelmäme tukee useita eri väyläprotokollia, niin mitä väyläprotokollaa käytätte runko-/kenttäväylässä ja miksi?
- Vastaus: runkoväylässä alakeskusten välisessä tiedonsiirrossa DEOSin omaa tiedonsiirtoa (TCP/IP), se on nopea ja helppo ohjelmoida
- IO-väylässä CAN, erittäin nopea ja sisäänrakennettu järjestelmään
- Tukeeko käyttämäne automaatiojärjestelmä-/järjestelmät muita väyläprotokollia?
- Vastaus: RS-485, RS-232
- Kuinka monta laitetta järjestelmäänne voidaan enintään liittää yhteen segmenttiin?
- Vastaus: TCP/IP:n rajoitukset
- Mitkä ovat automaatiojärjestelmäme tiedonsiirtonopeudet? (jos tuki useille eri nopeuksille)
- Vastaus: verkkokortti on 10/100 Mbs



- Millaisissa tilanteissa kannattaa käyttää automaatiöväylän maksimi tiedonsiirtonopeutta pienempää nopeutta?
- Vastaus: vanhoja kytkimiä verkossa(?)
  
- Onko nykyisen järjestelmänne automaatiöväylien tiedonsiirtonopeus riittävä nykyisiin rakennusautomaatio vaatimuksiin nähden?
- Vastaus: kyllä
  
- Millaisia etuja/heikkouksia käyttämässänne automaatiojärjestelmässä on muihin järjestelmiin nähden?
- Vastaus: käytännössä rajoittamaton ohjelmatila, erittäin monipuoliset grafiikat, kirjastopohjainen, tukee useita standardeja ja vakioituja protokollia, alakeskuslaitteet ovat pienikokoisia, CAN-väylä voi olla 5 km, skaalautuu erittäin hyvin pienistä sovelluksista valtaviin sovelluksiin
  
- Mitä etuja saavutetaan käyttämällä automaatiöväylää verrattuna laitteiden kytkemisellä suoraan I/O pisteisiin modulille?
- Vastaus: nopeus, tällöin toimii tapahtumapohjainen tiedonsiirto, I/O-pisteet ovat monipuolisesti konfiguroitavissa (käsikäytöt, skaalaukset, vaimennukset, rajoitukset, hälytysrajat, anturityypit)
  
- Mitä heikkouksia voi esiintyä käyttämällä automaatiöväylää verrattuna laitteiden kytkemisellä suoraan I/O pisteisiin modulille?
- Vastaus: tämä olisi kyllä oman gradun aihe. Lukematon määrä heikkouksia ja täynnä teknologia- sekä elinkaariskejä. Parhaimmillaan saadaan näyttäviä järjestelmiä.
  
- Onko automaatiöväylien ja laitteiden välillä pullonkauloja joista on haittaa?
- Vastaus: katso edellinen vastaus
  
- Mitkä ovat automaatiöväylien maksimivälimatkat ja yleisimmin käytetty kaapelityyppi, voidaanko väylän pituutta jatkaa loputtomasti käyttämällä toistinta?
- Vastaus: Alakeskusten välisessä tiedonsiirrossa TCP/IP-rajoitukset, CAN-väylä 5 km, RS-485 1200 m, RS-232 20 m
  
- Onko jokin ympäristö sellainen, jossa automaatiöväylä tarvitsee erityistä häiriösuojausta?
- Vastaus: ei tiedossa

## Automaatiöväylien käyttökohteet

- Milloin pääsääntöisesti laite kannattaa liittää alakeskukseen automaatiöväylän avulla? (ohjaukset, tilatiedot, hälytykset, säädöt ja mittaukset)
- Vastaus: silloin, kun halutaan lisäarvotietoja, kuten energiakulutuksia, tehot, virrat jne.
  
- Mitä eri laitteita yleensä liitetään alakeskukseen automaatiöväylän kautta?
- Vastaus: energiamittarit ja taajuusmuuttajat

- Onko automaatioväylään liitettävissä laitteissa yleensä automaatioväyläliitäntä integroituna vai pitääkö siihen hankkia erillinen laite tätä varten?
- Vastaus: hieman yleisempää on se, että väyläliitos on valmiina
  
- Mitä tietoja yleensä halutaan kulutusmittauksista (Lämpö-, sähkö-, vesi-, ...mittaukset)
- Vastaus: mittarilukema ja teho
  
- Mitä väylätyyppejä eri laitevalmistajien kulutusmittaukset tukevat? (esim: M-Bus, Modbus...)
- Vastaus: MBus ja modbus

## Liitettävyys muihin automaatiojärjestelmiin

- Voidaanko automaatiojärjestelmänne liittää muiden valmistajien järjestelmiin, jos voidaan keiden?
- Vastaus: BACnet-tukevia
  
- Onko järjestelmien versio eroista tullut ongelmia liitettäessä rakennusautomaatioon?
- Vastaus: ei ole tehty, mutta voin kuvitella, että on ongelmia, jos edes ns. kiinteäohjelmaisia (pumput, taajarit) ei saada liitettyä
  
- Millaisia ongelmia laitteiden liitettävydessä automaatioväylän kautta on ollut, yhteensopivuus ongelmat?
- Vastaus: liian laaja kysymys, lukematon määrä heikkouksia ja täynnä teknologia- sekä elinkaaririskejä
  
- Millaisiin asioihin rakennusautomaatiosuunnittelijan pitäisi kiinnittää huomiota jos laitteet halutaan liittää väylän kautta automaatioon?
- Vastaus: kysellä RAU-toimittajilta, minkä laitteiden kanssa on ollut vähiten ongelmia. Lisäksi harkintaan ns. kriittisten toimintojen varmistus IO-pisteinä
  
- Usein rakennuttaja haluaa käyttää automaatioväylää kaapeloinnin vähentämiseksi ja kustannusten minimoimiseksi, onko urakoitsijan kannalta parempi tehdä väylällä vai suoraan I/O:lle ja miksi?
- Vastaus: jos on tuntematon laite → IO-pisteillä.
  
- Mitä muuttaisitte automaatioväylällä toimivissa laitteissa ja miksi?
- Vastaus: liian laaja kysymys, mutta jotain:
  - dokumentaatio kunnolliseksi
  - tiedonsiirtoasetukset monipuolisiksi
  - hyödynnettäisiin käytettävän väylän ominaisuuksia, esim. BACnetissä hyvin harva laite tukee COV, jolloin arvoja joudutaan pollaamaan → hidasta!!, modbusissa yleisesti käytettävät rekisterit peräkkäin → vähemmän tiedonsiirtoa jne.
  - valmistajan pitäisi testata väyläliityntä kunnolla ennen kuin laite pistetään myyntiin. Todellisuudessa väyläliityntän teko on ulkoistettu jollekin ohjelmistoyritykselle.

## Referenssikohteet

- Urakointikohteen nimi, mitä laitteita liitetty automaatioväylällä ja miten tietoturva toteutettu?
- Vastaus:

**YLEMMÄN AMK:N INSINÖÖRITYÖN  
KYSYMYSLOMAKE  
LAITEVALMISTAJILLE  
JA AUTOMAATIOURAKOITSIJOLLE**

**KYSELYYN VASTANNEET YRITYKSET:**

**Trend Control Systems**

## Laitteisto

- Keiden valmistajien alakeskus laitteita käytätte pääasiassa automaatio-rakoinnissa?  
Vastaus: Trend Control Systems ja apulaitteina Produal mm. Jäätymisvaaratermostaatti, releet yms.
- Keiden valmistajien laitteita järjestelmässänne on mahdollisuutta käyttää?  
- Vastaus: Trend
- Onko automaatiojärjestelmänne avoin vai keskitetty ja mitä yleisiä standardeja järjestelmä tukee?  
- Vastaus: avoin, valvotasolla BACnet/IP, kenttätasolla BACnet/mstp, Modbus, M-bus. Myös Lonworks on mahdollinen mutta ei enää käytössä nykyisessä järjestelmäarkkitehtuurissamme
- Onko käyttämänne automaatiojärjestelmä vapaastiohjelmoitava vai ns. yksikkösäädin tyyppinen jossa ohjelmat on ladattu valmiiksi keskusyksikköön?  
- Vastaus: vapaastiohjelmoitava
- Montako käyttäjää voi samanaikaisesti käyttää automaatiojärjestelmänne automaatioväylän kautta?  
- Vastaus: 25
- Onko yrityksellänne omia väylälaitteita, jos on niin mitä ja mihin tarkoitukseen? (Vain laitevalmistajat vastaavat tähän)  
- Vastaus: myyntiohjelmassa on sähkö-, vesi- ja energiamittareita mutta tulevat konsernin (Honeywell) muilta tehtailta. Lisäksi taajuusmuuttajat ovat väyläliitännäisiä (BACnet, modbus) mutta ovat Vacon:in valmistamia
- Miten käyttämänne automaatiojärjestelmän tietoturva on toteutettu? (esim: fyysinen palomuuuri väylässä, ohjelmallinen palomuuuri...)  
- Vastaus: Fyysinen palomuuuri väylässä. Myös säätimien käyttöjärjestelmää kehitetään jatkuvasti tietoturvan ehdoilla mm. Viimeisen päivituksen jälkeen IQ4-säätimet eivät enää näy hakkerien nykyisin käyttämällä hakuohjelmilla vaikka palomuuria ei olisikaan ja käyttäjäsuojauksia ei voi ohjelmoinnin yhteydessä jättää laittamatta, muuten kuin tarkoituksella.

## Rakennusautomaatiojärjestelmän väyläarkkitehtuuri

- Mitkä ovat käyttämänne automaatiojärjestelmän kenttä- ja väyläprotokollat?  
- Vastaus: BACnet, Modbus, M-bus
- Mikä on käyttämänne automaatioväylän topologia?  
- Vastaus: DDC-säätimet ja valvomo TCP/IP 10/100, kenttäväylissä sarjaliikenne

- Miten käyttämässänne automaatiojärjestelmässä voidaan toteuttaa väylän varmennus/kahdennus väylän vikaantuessa (rakennusautomaatio kohteet joissa tiedonsiirron toimivuus on välttämätöntä)?
- Vastaus: LAN redundantisilla kytkimillä, kettäväyliä tai säätimiä ei ole suunniteltu redundantisiksi
  
- Saadaanko automaatiojärjestelmään hälytys väylän ollessa vikaantunut?
- Vastaus: kyllä
  
- Millaisia väyläliityntöjä automaatiojärjestelmässä on ja kuinka monta?
- Vastaus: säätimiä on eri tarkoituksiin ja väyläliityntöjä saa myös optioina jälkeensä esim. Jos ei ole vielä tarvetta BACnet:iin sen saa lisenssin päivittämällä, pienellä maksulla
  
- Tukeeko on käyttämänne automaatiojärjestelmä langatonta tiedonsiirtoa, ja jos tukee niin mitä tekniikkaa (esim: GSM, WLAN, BLUETOOTH...)?
- Vastaus: GSM-etäyhteys ja SMS. Huonesäätöjärjestelmiin on saatavana langattomia lähettäjiä (EnOcean), jotka liittyvät BACnet/mstp-väylään.
  
- Jos automaatiojärjestelmänne tukee useita eri väyläprotokollia, niin mitä väyläprotokollaa käytätte runko-/kenttäväylässä ja miksi?
- Vastaus: ensisijaisesti Trendin omaa Trend-lan-protokollaa yksinkertaisuuden vuoksi.
  
- Tukeeko käyttämänne automaatiojärjestelmä/-järjestelmät muita väyläprotokollia?
- Vastaus: kaikkia yleisimpiä kts. edellä
  
- Kuinka monta laitetta järjestelmäänne voidaan enintään liittää yhteen segmenttiin?
- Vastaus: TCP/IP:ssä ”riittävästi”, huonejärjestelmissä 40 kpl
  
- Mitkä ovat automaatiojärjestelmänne tiedonsiirtonopeudet? (jos tuki useille eri nopeuksille)
- Vastaus: TCP/IP:ssä ”riittävä”, BACnet/mstp 76,8 kbps, Trend-lan 19,2kbps
  
- Millaisissa tilanteissa kannattaa käyttää automaatiiväylän maksimi tiedonsiirtonopeutta pienempää nopeutta?
- Vastaus: Mikäli joudutaan käyttämään hyväksi vanhaa väyläkaapelia, jonka impedanssi ei ole täysin sopiva.
  
- Onko nykyisen järjestelmänne automaatiiväylien tiedonsiirtonopeus riittävä nykyisiin rakennusautomaatio vaatimuksiin nähden?
- Vastaus: On
  
- Millaisia etuja/heikkouksia käyttämässänne automaatiojärjestelmässä on muihin järjestelmiin nähden?
- Vastaus: laitteiden käyttöikä ylivoimaisesti markkinoiden pisin, koska Trend on tunnettu siitä, että vanhat järjestelmät ovat aina yhteensopivia uusien kanssa. Häiriöiden- ja ylijännitteen sieto ovat erinomaiset.

- **Mitä etuja saavutetaan käyttämällä automaatioväylää verrattuna laitteiden kytkemisellä suoraan I/O pisteisiin modulille?**
- **Vastaus:** Kenttäkaapeloinnin väheneminen tuo kustannussäästöjä.
  
- **Mitä heikkouksia voi esiintyä käyttämällä automaatioväylää verrattuna laitteiden kytkemisellä suoraan I/O pisteisiin modulille?**
- **Vastaus:** Jos joku ammattitaidoton käyttää väylää myös varolaitteiden lukitusten välittämiseen esim. jäätymisvaara
  
- **Onko automaatioväylien ja laitteiden välillä pullonkauloja joista on haittaa?**
- **Vastaus:** Trend-järjestelmä on suunniteltu niin, että sellaisia ei ole.
  
- **Mitkä ovat automaatioväylien maksimivälimatkat ja yleisimmin käytetty kaapelityyppi, voidaanko väylän pituutta jatkaa loputtomasti käyttämällä toistinta?**
- **Vastaus:** 1200 m ja suosittelemme välttämään toistimia
  
- **Onko jokin ympäristö sellainen, jossa automaatioväylä tarvitsee erityistä häiriösuojausta?**
- **Vastaus:** ei

## **Automaatioväylien käyttökohteet**

- **Milloin pääsääntöisesti laite kannattaa liittää alakeskukseen automaatioväylän avulla? (ohjaukset, tilatiedot, hälytykset, säädöt ja mittaukset)**
- **Vastaus:** etäällä olevat taajuusmuuttajat esim. huippuimurit
  
- **Mitä eri laitteita yleensä liitetään alakeskukseen automaatioväylän kautta?**
- **Vastaus:** Taajuusmuuttajat (puhaltimet, pumput), paketti IV-koneet, vedenjäähdytyskoneet, varavoimakoneet
  
- **Onko automaatioväylään liitettävissä laitteissa yleensä automaatioväyläliitäntä integroituna vai pitääkö siihen hankkia erillinen laite tätä varten?**
- **Vastaus:** Yleensä on
  
- **Mitä tietoja yleensä halutaan kulutusmittauksista (Lämpö-, sähkö-, vesi-, ...mittaukset)**
- **Vastaus:** kumulatiivinen kulutus, teho
  
- **Mitä väylätyyppejä eri laitevalmistajien kulutusmittaukset tukevat? (esim: M-Bus, Modbus...)**
- **Vastaus:** M-bus, Modbus ja yhä enemmän BACnet

## **Liitettävyyden muihin automaatiojärjestelmiin**

- Voidaanko automaatiojärjestelmänne liittää muiden valmistajien järjestelmiin, jos voidaan keiden?
- Vastaus: BACnet-valvomoihin, OPC:llä periaatteessa kaikkiin sitä tukeviin
  
- Onko järjestelmien versio eroista tullut ongelmia liitettäessä rakennusautomaatioon?
- Vastaus: Aina kun integroidaan on vaara ongelmiin, jos osapuolet eivät vaihda riittävästi tietoa keskenään eikä varsinaista integraattoria ole nimetty.
  
- Millaisia ongelmia laitteiden liitettävyydessä automaatioväylän kautta on ollut, yhteensopivuus ongelmat?
- Vastaus: maahantuojalta puuttuu tekninen tuki ja ongelmien osoittaminen jää RAU-urakoitsijan vastuulle.
  
- Millaisiin asioihin rakennusautomaatiosuunnittelijan pitäisi kiinnittää huomiota jos laitteet halutaan liittää väylän kautta automaatioon?
- Vastaus: Vastuut pitää määritellä selkeästi asiapapereissa (kts. edellinen). Hyväksynät pitää vaatia esim. BACnet BTL-sertifikaatti.
  
- Usein rakennuttaja haluaa käyttää automaatioväylää kaapeloinnin vähentämiseksi ja kustannusten minimoimiseksi, onko urakoitsijan kannalta parempi tehdä väylällä vai suoraan I/O:lle ja miksi?
- Vastaus: Nykyisillä urakkarajoilla ei ole merkitystä, koska kaapelointi ja ryhmäkeskukset on yleensä sähköurakassa.
  
- Mitä muuttaisitte automaatioväylällä toimivissa laitteissa ja miksi?
- Vastaus: Ohjeet liitynnän toteuttamiseksi pitäisi olla selkeämpiä ja paremmin dokumentoitu (esim. BACnet: EDE-tiedosto selkokielenä ja jos objekteja on paljon pikaohje tärkeimmistä)

## Referenssikohteet

- Urakointikohteen nimi, mitä laitteita liitetty automaatioväylällä ja miten tietoturva toteutettu?
- Vastaus: Tässä muutamia:
  - o Eduskunta (kulutusmittarit, IT-osaston vastuulla)
  - o Suomenlinna (erittäin pitkät välimatkat ja vanhat puhelinkaapelit, VPN)
  - o Olkiluoto ( ??? , VPN)
  - o Logomo, Turku (???, VPN)
  - o >2000 kohdetta, joiden Cyber-turvallisuus on varmistettu 2014.



**Liite 2 BACnet-sertifikaatti ja todistus laitteen testauksesta**

**GRANT TO USE THE BTL-MARK**

The BACnet Interest Group Europe (BIG-EU) grants

**Siemens Schweiz AG**

the right to use the BTL mark for BACnet  
conformance tested products for the BACnet conformance of

**PX  
PXC22-E.D**

with

Firmware revision: FW=V4.00.023 / SBC=05.10 / FLI=04.00 / BBI=10.02  
BACnet protocol revision: 5  
Device profile: B-BC



The right is granted according to the listing rules of the BACnet Interest Group Europe based on the test report no. 08.61.SBT.006.1 issued by WSPLab.

The right granted here to use the BTL mark is limited to the above mentioned product and firmware revision and may only be used on the product itself and product related documentation.

Dortmund, April 6<sup>th</sup>, 2008  
The Executive Board of the BIG-EU

  
Volker Röhl

  
William O. Susan

  
Roger Braun

  
Gijs de Koning

BACnet® is a registered trademark of ASHRAE. BTL® is a registered trademark of the BACnet International.

# WSPCert Certificate

**No. BAC-0013-01**

WSPCert attests the conformance of following BACnet implementation to the BACnet standard ISO 16484-5 of 2004, protocol revision 5. The attested conformance refers to the BACnet Interoperability Building Blocks (BIBBs) listed in the Annex of this certificate.

The BACnet Building Controller (B-BC)

**DESIGO PX  
PXC22-E.D**

with the software version:

**FW=V4.00.023 / SBC=05.10 / FLI=04.00 /  
BBI=10.02**

of

**Siemens Schweiz AG**  
Gubelstraße 22, 6301 Zug, Switzerland

has fulfilled the requirements according to the test standard ISO 16484-6, the BTL/WSPLab Test Plans 1.0 and the Certification Rules of the BACnet Interest Group, see **WSPLab Test Report No. 08.61.SBT.006.1**.

The certificate is valid  
due to 2009/04/01



WSPCert is accredited by  
DAP GmbH according to EN 45011



2008/04/06

date of issuing

A handwritten signature in black ink, likely belonging to G. Weinmann.

Dipl.-Ing. G. Weinmann  
Head of Certification Body

WSPCert, Kapuzinerweg 7, 70374 Stuttgart, Germany  
phone: +49 (0)711 9539220, fax: +49 (0)711 95392266  
email: info@wspcert.de