

Jesse Ylitalo

# Rakennusautomaation väylät ja integraatio

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinööriytyö

11.12.2012

## **Alkulause**

Tämä insinöörityö on tehty Granlund Oy:lle. Kiitän työni ohjaajaa, projektipäällikkö, insinööri Markku Vuorta työni ohjauksesta. Lisäksi kiitän työni aiheesta osastopäällikkö diplomi-insinööri Anders Strandia. Haluan myös kiittää työni valvojaa lehtori, diplomi-insinööri Heikki Saarelaista Metropolia Ammattikorkeakoulusta.

Helsingissä 11.12.2012

Jesse Ylitalo

Tekijä Otsikko	Jesse Ylitalo Rakennusautomaation väylät ja integraatio
Sivumäärä Aika	32 sivua + 4 liitettä 11.12.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	elektroniikka ja automaatio
Ohjaajat	diplomi-insinööri Heikki Saarelainen insinööri (AMK) Markku Vuori
<p>Tämä insinöörityö käsittelee nykyisiä rakennusautomaatiotekniikan yleisimpiä väyläprotokollia ja niiden integrointia keskenään. Työssä on selvitetty eri väylien teoreettisia ominaisuuksia eri kirjallisista lähteistä. Työhön kuului myös alan eri toimijoiden haastatteluja väylien ja integroinnin käytännön toiminnan selvittämiseksi. Tässä työssä on käsitelty seuraavia väyläprotokollia: BACnet, ModBus, TCP/IP, KNX/EIB, DALI, M-Bus ja LON.</p> <p>Työn alussa on kerrottu perusteet väylistä, keskitetystä ja avoimesta järjestelmästä yleisesti ja esitetty käytettävissä olevat erilaiset väylätopologiat. Teoria osuudessa on kerrottu yksityiskohtaisesti jokaisen käsiteltävän väylän ominaisuuksista, heikkouksista ja vahvuuksista. Integroinnin hyötyjä, mahdollisia ongelmakohtia ja asioita, joihin tulisi suunnittelun alusta lähtien kiinnittää huomiota, on pohdittu haastatteluista saatujen vastausten perusteella.</p> <p>Työn tuloksena saatiin koottua yksityiskohtaista, teoreettista tietoa väylistä ja käytännön kokemuksia integraatiosta haastatteluiden perusteella. Työssä saatiin myös koostettua taulukko väylien ominaisuuksista, haastattelussa mukana olleiden toimijoiden palveluista ja heidän järjestelmiensä ominaisuuksista. Mielenkiintoisia asioita, joihin suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota, sisällyttiin myös toimija taulukkoon. Haastatteluaineistosta voidaan huomata, että väylätekniikkaan ja erityisesti integraatioon on suuria odotuksia, ja että tulevaisuudessa tähän panostetaan jatkuvasti enemmän rakennusautomaatiotekniikan helpomman hallittavuuden, energiatehokkuuden parantamiseksi ja rakennuskustannusten alentamiseksi.</p>	
Avainsanat	integraatio, kenttäväylä, rakennusautomaatio, väylä

Author Title	Jesse Ylitalo Building Automation Buses and Integration
Number of Pages Date	32 pages + 4 appendices 11 December 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electronics and Automation
Instructors	Heikki Saarelainen, M. Sc. (Eng.) Markku Vuori, B. Eng.
<p>This study deals with building automation and control technology of today's most common bus protocols and their integration with each other. The study examines different bus protocols theoretical properties from different literary sources. The project also included interviews with various actors to find out the practical side of building automation and integration. This work focuses on the following bus protocols: BACnet, Modbus, TCP/IP, KNX/EIB, DALI, M-Bus and LON.</p> <p>At the beginning of this work, general basics concerning bus protocols and centralized and transparent systems are explained and different bus topologies are introduced. In the theoretical part, each bus characteristics, strengths and weaknesses are described in detail. Integration benefits, potential problems and issues that should be paid attention to from the start are considered from the perspective of the responses from the interviews.</p> <p>As a result, detailed theoretical knowledge and practical experience on bus integration based on interviews was obtained. Also, an aggregated table of bus features and based on the interviews, a table of actor services and their system characteristics were obtained. Opinions of the actors on matters which the design should pay attention to, was also included to the actors' table. From the interview data it can be noticed that the bus technology, and in particular the integration, has high expectations, and that in the future this will be focused on for easier manageability of building automation technology, improved energy efficiency and reduction of the cost of construction.</p>	
Keywords	Building Automation, Bus, Fieldbus, Integration

## Sisällys

### Alkulause

### Tiivistelmä

### Abstract

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

<b>1</b>	<b>Johdanto</b>	1
<b>2</b>	<b>Väylien perusteet</b>	1
2.1	Keskitetty järjestelmä	1
2.2	Avoin järjestelmä	2
2.3	Väylätopologiat	3
<b>3</b>	<b>OSI-malli</b>	5
<b>4</b>	<b>Yleisimmät väylät</b>	5
4.1	BACNet-väylä	5
4.2	Modbus-väylä	7
4.3	TCP/IP-protokolla	11
4.4	KNX/EIB-väylä	12
4.5	DALI-väylä	19
4.6	M-Bus-väylä	22
4.7	LON-väylä	24
<b>5</b>	<b>Integraatio</b>	26
<b>6</b>	<b>Yhteenveto</b>	29

Liitteet

Liite 1. OSI-viitemalli

Liite 2. Haastattelulomake ja vastaukset

Liite 3. Taulukko väylien ominaisuuksista

Liite 2. Taulukko toimijoiden palveluista

## Lyhenteet ja käsitteet

ANSI	American National Standards Institute. Amerikan kansallinen standardointijärjestö
ASCII	American Standard Code for Information Interchange. 7-bittinen amerikan englantiin perustuva tietokonemerkistö
ASI	Actuator Sensor Interface. Pääasiassa teollisuuden kenttäväyläprotokolla
ATA/ANSI 878.1	vertaisverkon vuoronsiirtoperiaatteen standardi
BACnet	Building Automation and Control Networks. Rakennusautomaatiokäyttöön kehitetty tiedonsiirtoprotokolla, joka on ANSI-, ISO- ja ASHRAE-standardoitu
CAT5/6	kierretty parikaapeli-tyyppiä tiedonsiirtoon
C-Bus	koti- ja rakennusautomaatioväyläprotokolla
Crestron	koti- ja rakennusautomaatio sovellusten valmistaja
CSMA/CA	Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance. Tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä
DALI	Digital Addressable Lighting Interface. Digitaalinen, osoitteellinen valaistusohjaus protokolla
DDC	Direct Digital Control. Digitaalinen ohjaustekniikka
DeviceNet	teollisuudessa käytössä oleva väyläprotokolla
DMX	Digital Multiplex. Digitaalinen valaistusohjaus protokolla, jota käytetään pääasiassa himmentimien ja kiinteiden valaisimien kaukosäätöön teatteriympäristössä

DSI	Digital Serial Interface. Digitaalinen valaistusohejaus protokolla
EIB	European Installation Bus. Rakennusautomaatiokäyttöön kehitetty väyläteknikka
EIBA	European Installation Bus Association. Eurooppalainen kenttäväylä yhdistys
EnOcean	saksalaisen EnOcean yhtiön kehittämä patentoitu, paristoton ja langaton anturitekniikka
EN 1434	Eurooppalainen standardi mittarointiväylien tiedonsiirtoon
Ethernet	pakettipohjainen lähiverkkoratkaisu
ETS	EIB Tool Software. Työkalu EIB/KNX-protokollan ohjelmointia ja määrittelyä varten
Gateway	yhdyskäytävä, joka sovittaa eri tiedonsiirtojärjestelmiä toisiinsa
IEC 60929	IEC:n (International Electrotechnical Commission) standardi vaihtovirran elektroniseen kuristukseen
IEEE 802.3	IEEE:n standardi Ethernet-lähiverkkotekniikkaa varten
ISO	International Standard Organization. Kansainvälinen standardointijärjestö.
KNX	yhteiseurooppalainen rakennusautomaatiostandardi
LC	Line Coupler. Reitittimiä kutsutaan myös linjaliittimiksi
LCC	Logical Link Control. IEEE 802 ja ISO 8802-2 standardien määrittelemä lähiverkon tiedonsiirron protokollataso
LON	Local Operating Network. Tiedonsiirtoväylä, jolla voidaan liittää toisiinsa automaatiojärjestelmän antureita ja toimilaitteita
LonTalk	LonWorks-väyläteknikan tiedonsiirtoprotokolla



LonWorks	Amerikkalaisen Echelon Corporationin kehittämä yleiskäyttöinen väylätekniikka, niin rakennus- kuin teollisuusautomaatioon soveltuvaksi väyläratkaisuksi
MAC	Medium Access Control. Lähiverkkotekniikan tiedonsiirtotaso
M-bus	mittarointiväylä
Modbus	Modiconin vuonna 1979 julkaisema sarjaliikenneprotokolla, joka mahdollistaa samaan verkkoon kytkettyjen laitteiden kommunikoinnin keskenään
MP-Bus	isäntä/renki pohjainen väyläprotokolla
MS/TP	Master-slave/token-passing. Isäntä-renki/vuoronsiirtoperiaate protokolla
OPC	Open connectivity via open standards. Avoin väylästandardi, jota käytetään pääasiassa teollisuudessa
OPC-UA	Unified Architecture. Uudempi versio OPC-väylästandardista
OSI-malli	Open Systems Interconnection Reference Model. Malli kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa
PICS	Protocol Implementation Conformance Statement. Tuotteen valmistajan laatima tuoteseloste
PPP	Point-To-Point. Verkkolaitteiden suorayhteysprotokolla
Profibus	kenttäväyläprotokolla, jota käytetään pääasissa teollisuudessa
RS-232	tiedonsiirtostandardi tiedonsiirtoon sarjamuotoisesti kahden laitteen välillä
RS-422	differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti. Liikennöinti tapahtuu vuorosuuntaisesti. RS-422 sisältää yhden lähettimen ja 10 vastaanotinta

RS-485	differentiaalinen sarjaväylä, johon voi liittyä useita väylälaitteita samanaikaisesti. Liikennöinti tapahtuu vuorosuuntaisesti. RS-485 sisältää 32 lähetintä ja vastaanotinta
Ryhti	kiinteistöjen tiedonhallintasovellus ja huoltokirjajärjestelmä
Tampuuri	Talokeskuksen alunperin kehittämä kiinteistötieto- ja huoltojärjestelmä
TCP / IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol. Usean tiedonsiirtoprotokollan yhdistelmä, jota käytetään internetliikennöintiin
XML	Extensible Markup Language. Rakenteellinen kuvauskieli, jolla kuvataan tiedon merkitystä tiedon seassa

## 1 Johdanto

Tämä insinööriö on tehty Granlund Oy:lle, joka on Suomen johtavia suunnittelutoimistoja talotekniikassa. Rakennusautomaatioväylät, toisin kuin teollisuusautomaatioväylät, eivät ole vielä kovin tarkoin standardien säätelemiä. Tästä syystä markkinoilla on lukuisia erilaisia väyläprotokollia, joista toiset ovat täysin avoimia ja toiset suljettuja ratkaisuja. Työssä kartoitetaan käytössä olevia väyliä ja näiden integrointimahdollisuuksia niin keskenään kuin myös toisten järjestelmien kanssa.

Työssä pyritään selvittämään Suomessa yleisimmin käytössä olevat väyläprotokollat rakennusautomaatiosovelluksissa. Työssä käydään läpi väyliä ominaisuuksia yksityiskohtaisesti. Lopuksi väyliä ominaisuuksista esitetään taulukko, josta on helppo nähdä väyliä tärkeimpiä ominaisuuksia halutun sovelluksen kannalta. Taulukosta ilmenee myös väylän mahdolliset erityisominaisuudet, jotka oleellisesti erottavat väylän muista väylistä.

## 2 Väyliä perusteet

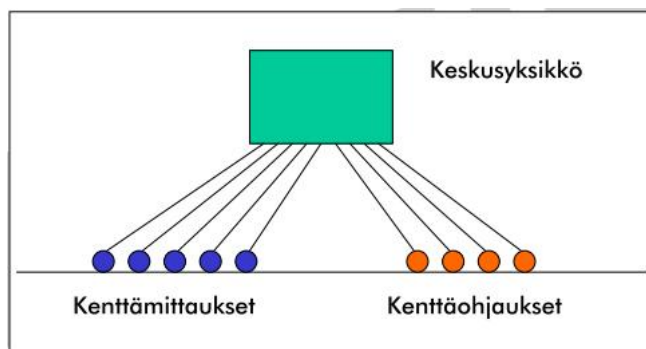
### 2.1 Keskitetty järjestelmä

Erilaisia väyläteknikoita on ollut olemassa jo 1980-luvulta lähtien. Väylät ovat kuitenkin olleet jonkin tietyn valmistajan suljettuja ratkaisuja, jotka ovat palvelleet jotain tiettyä automaation osaa, kuten valaistusta, ilmanvaihtoa tai kulunvalvontaa. Nämä järjestelmäratkaisut ovat myös yleensä olleet keskitettyjä, mikä tarkoittaa, että järjestelmällä on vain yksi keskusyksikkö, joka ohjaa kaikkea kyseisen järjestelmän toimintaa (kuva 1, ks. seuraava sivu). Keskusyksikön vikaantuessa, koko järjestelmä on siis mennyt epäkuuntoon, ja yhden järjestelmän laajuus on riippunut keskusyksikön kapasiteetista.

Toiminta on käskypohjainen, eli keskusyksikkö tekee päätöksen tarvittavasta toiminnosta saamiensa viestien pohjalta ja lähettää käskyn edelleen laitteelle tai järjestelmälle, jonka käsketty toiminto täytyy suorittaa. Jokaista järjestelmää kohtaan tarvitaan myös oma valvomonsa, josta hallinnoidaan kyseistä järjestelmää, joten suurissa kiinteistöissä valvomoita voi olla useita. [1.]

Suljettujen järjestelmien kilpailuttaminen on kuitenkin ollut vaikeaa. Varsinkin kiinteistön remontointi- tai uudistamisvaiheessa kilpailuttaminen on ollut melkein mahdotonta, koska eri valmistajien laitteet eivät ole olleet yhteensopivia keskenään. Tämän takia kaikki laitteet on täytynyt aina tilata vain yhdeltä valmistajalta, jonka tekniikkaa on alunperin suunniteltu käytettäväksi. Tämä on myös lisännyt järjestelmän käyttöhenkilöstön koulutustarvetta suuresti, koska valmistajilla on ollut keskenään niin erilaisia järjestelmiä.

Nykyään ollaan kuitenkin menossa enemmän avoimien väylien suuntaan, jolloin eri valmistajien laitteet ovat yhteensopivia toistensa kanssa ja niitä voidaan yhdistellä keskenään. Tämä kehityssuunta edistää myös valmistajien tarjouksien parempaa kilpailuttamista.



Kuva 1. Keskitetty järjestelmä [1]

## 2.2 Avoin järjestelmä

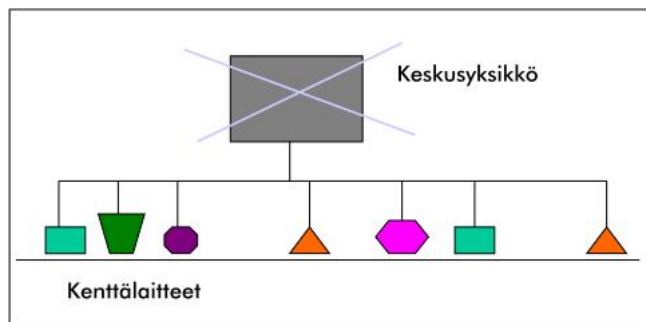
Avoimella väylällä tarkoitetaan protokollaa, joka on avoin kaikille käyttäjille ja joka noudattaa tiettyä avointa standardia. Avoimuus on kuitenkin usein protokollan kehittäjälle maksettavan lisenssimaksun takana. Suuret yritykset ovat kehittäneet omia standardejaan yrittäen näin saada markkinat haltuunsa, joten erilaisia standardeja on syntynyt lukuisia. Useat näistä standardeista ovat kuitenkin jääneet vain kansallisiksi standardeiksi.

Avoimet protokollat käyttävät usein hajautettua järjestelmää kuvan 2 mukaisesti (ks. seuraava sivu). Hajautetussa järjestelmässä jokaisella toimilaitteella, anturilla ja säätimellä voi olla oma keskusyksikkönsä, jolloin ne voivat toimia täysin itsenäisesti ilman

yhtä ohjaavaa keskusyksikköä. Tällöin yhden yksikön vikaantuminen vaikuttaa vain kyseiseen laitteeseen eikä koko järjestelmään.

Hajautetussa järjestelmässä on tyypillisesti käytössä tapahtumapohjainen ohjaus, mikä tarkoittaa, että jokainen laite tekee ennalta asetettujen asetusarvojen piirissä itsenäisesti päätöksen toimistaan saatujen viestien pohjalta. Myös hajautetuissa järjestelmissä voi kuitenkin olla käytetty suljettua protokollaa. [1.]

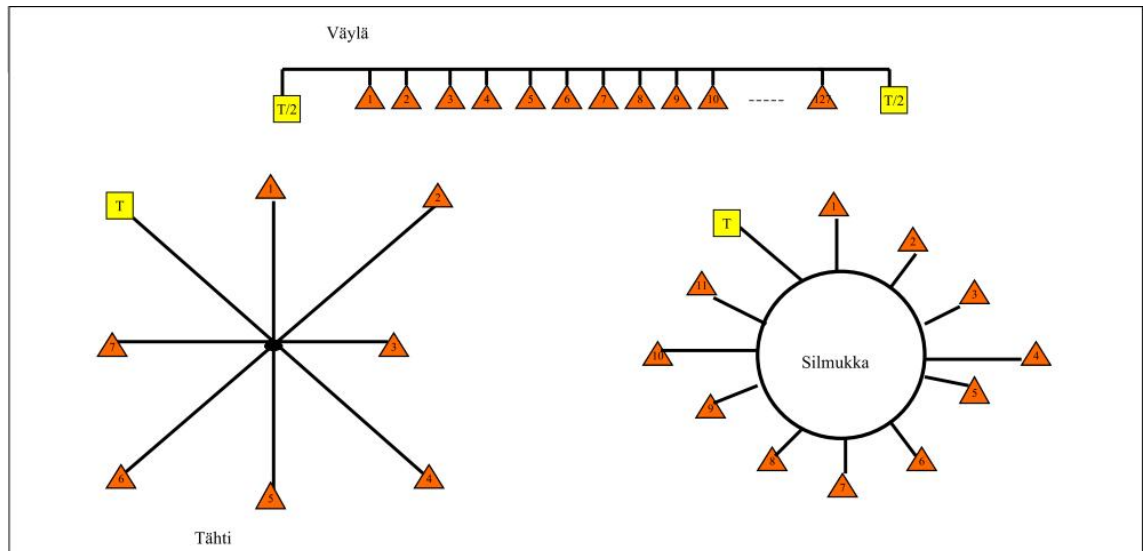
Tällaisten avoimien järjestelmien kilpailuttaminen on huomattavasti helpompaa kuin suljettujen järjestelmien. Avoimiin, hajautettuihin järjestelmiin voidaan myös helposti lisätä eri valmistajien laitteita, jotka voivat toimia itsenäisesti osana kokonaisuutta. Järjestelmän käyttö on myös helppoa, koska usein käytössä on vain yksi valvomo, jolla voidaan valvoa kaikkia osajärjestelmiä.



Kuva 2. Hajautettu järjestelmä [1]

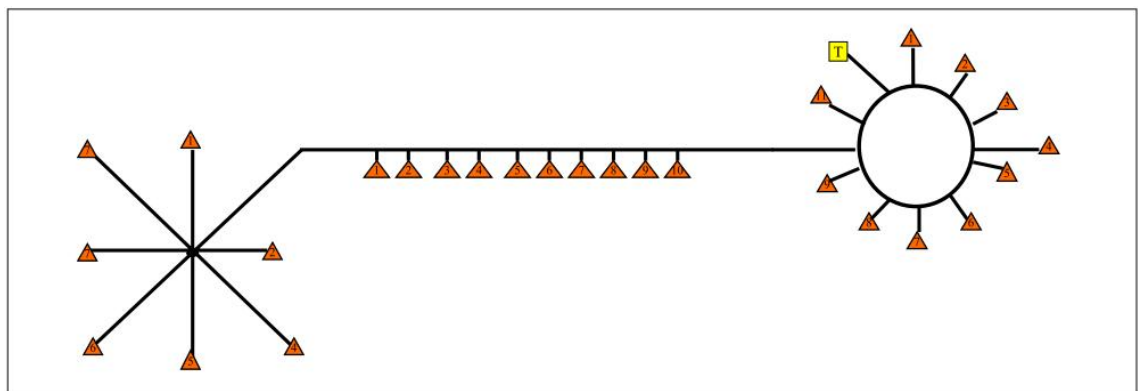
### 2.3 Väylätopologiat

Väylätopologialla tarkoitetaan järjestelmän fyysistä kaapeloinnin rakennetta. Väylätopologioita on olemassa silmukka-, tähti-, puu-, väylä- ja vapaa- eli yhdistelmätopologia. Kuvassa 3 (ks. seuraava sivu) esitetään eri väylätopologioita. Väylien enimmäispituuksilla on rajoituksensa, riippuen käytettävästä kenttäväyläprotokollasta ja topologiasta.



Kuva 3. Väylätopologioita [1]

Vapaaatopologisessa järjestelmässä voidaan käyttää mitä vain edellä mainituista kytkentätavoista tai kaikkien näiden yhdistelmää väylän enimmäispituuksia kuitenkin ylittämättä, kuten kuvassa 4 esitetään.



Kuva 4. Vapaa väylätopologia [1]

Riippuen käytettävästä kenttäväyläprotokollasta tulee joihinkin väyliin tehdä väyläpäätte eli terminointi. Kaikissa väylissä terminointia ei kuitenkaan vaadita. Terminointityyppejä on puoli- ja täysterminointi. Käytännössä terminointi tarkoittaa sitä, että kaapelin päihin lisätään noin 100 - 120 ohmin vastukset. Terminoinnin tarkoituksena on estää signaalin heijastumia väylässä.

### 3 OSI-malli

OSI-malli (*Open Systems Interconnection Reference Model*) kuvaa tiedonsiirtoprotokollien yhdistelmän seitsemässä kerroksessa. Malli on kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n (*International Standards Organization*) 1980-luvun alussa kehittämä malli. Mallissa jokainen kerros käyttää yhden alemman kerroksen tarjoamia palveluja ja tarjoaa omia palvelujaan ylemmälle kerrokselle. (OSI-mallin lohkokaaavio, ks liite 1.)

### 4 Yleisimmät väylät

#### 4.1 BACNet-väylä

BACNet eli *Building Automation and Control Network* (rakennusautomaatio ja ohjausverkko) on väylätekniikka, jonka kehitystyö alkoi kesäkuussa 1987 kun ensimmäinen *Standard Project Committee* (SPC) 135P kokous kokoontui ASHRAE:n vuosittaisessa tapaamisessa Nashvillessä, Tennesseessä. Vuonna 1995 BACNet määriteltiin ANSI standardiksi ja ISO standardiksi 2003. BACnet-protokollaa kehittää ja ylläpitää ASHRAE SSPC 135-komitea, joka koostuu pääasiassa kehitystyön alusta asti mukana olleista henkilöistä. [2; 3.]

BACNet-verkkoon liittyvät laitteet mallinnetaan objekteina, joilla on joukko ominaisuuksia. Objekteja ovat esimerkiksi järjestelmäpisteet, asetusarvot, aikaohjelmat ja kalentertiohjelmat. Fyysisenä tiedonsiirtomediana käytetään mm. IEEE 802.3 sekä RS-232- ja RS-485-liityntärajapintoihin perustuvia ratkaisuja.

Asiakaspalvelinarkkitehtuuria käyttämällä voidaan BACNet ja LON integroida. BACNet tai LON opc -serveriä täytyy käyttää kommunikointiväylien erottamiseen integroinnissa. ASI LinkOPC -serveri kommunikoi ASI Control -laitteiden kanssa, jolloin asiakas voi ohjelmistoillaan muuttaa datan eri järjestelmien välillä kaikkien järjestelmien ymmärtävään muotoon. ASI Weblinkin avulla pystytään käsittelemään dataa usealta OPC-serveriltä.

BACNetin vaatimuksesta laitetoimittajien on luotava tuoteseloste eli ns. PICS (*Protocol Implementation Conformance Statement*) BACNet-ominaisuuksista. Tämä dokumentti on välttämätön järjestelmähallinnassa.

BACNetiä tukevat LonWorks ja myös EIB/KNX, joten näiden yhdistelmä on varsin hyvä väyläratkaisuvaihtoehto. Esimerkiksi, kun käytetään XML-kieltä ja näiden kolmen väylätyypin toiminnalliset profiilit ovat informatiivisessa muodossa, voidaan niistä tehdä yhteensopivat web-palvelinarkkitehtuurin kanssa ja tarjota korkeatasoinen tiedonsiirto XML-muodossa. Tämä voidaan laajentaa käyttämään muunkin tyyppisiä tiedonsiirtoja XML-kielen joustavuuden ansiosta, kun käytetään web-palvelinarkkitehtuuria.

BACNet perustuu neljään OSI-mallin mukaiseen toimintakerrosarkkitehtuuriin. Kerrokset esitetään kuvassa 5 ja ne ovat fyysinen, siirtoyhteys-, verkko- ja sovelluskerros.

BACnet kerrokset				Vastaavat OSI kerrokset	
BACnet sovelluskerros				Sovellutus	
BACnet verkkokerros				Verkko	
ISO 8802-2 (IEEE 802.3) Tyyppi 1	MS/TP	PTP	LonTALK	Siirtoyhteys	
ISO 8802-3 (IEEE 802.3)	ARCNET	EIA-485 EIA-232		Fyysinen	

Kuva 5. OSI-mallin mukaiset BACNet-kerrokset ja -rajapinnat [4]

BACNet-standardissa on määritelty sovellutus- ja yksinkertainen verkkokerros. Siirtoyhteys- ja fyysistä kerrosta vastaavat viisi optiota, joilla BACNet on varustettu.

Optio 1 on logiikkayhteyden ohjauksen (*LCC; Logical Link Control*) protokolla. LCC on määritelty standardissa ISO 8802-2 tyyppissä 1, yhdistettynä ISO 8802-3 pääsynohjaukseen ja fyysisen kerroksen protokollaan. Pääsynohjaus eli Medium Access Control -alikerros (MAC) jakaa siirtokapasiteetin eri käyttäjien välille. ISO 8802-3 on yleisesti Ethernet-protokollana tunnetun menettelyn kansainvälinen standardiversio. Siirtonopeudet optiossa 1 ovat 10 Mbit/s tai 100 Mbit/s.

Optio 2 on ISO 8802-2 tyyppi 1 yhdistettynä ATA/ANSI 878.1 vertaisverkon vuoronsiirtoperiaatteeseen eli ARCNET:iin. Siirtonopeus optiossa 2 on 150 kbit/s-7,5 Mbit/s.

Optio 3 on isäntä-renki/vuoronsiirtoperiaate -protokolla, joka on suunniteltu erityisesti osana BACNet-standardia rakennusautomaatiolle ja ohjauslaitteille. Isäntä-renki/vuoronsiirtoperiaate (*MS/TP; Master-Slave/Token-Passing*) -protokolla ohjaa



pääsyä RS-485 fyysiseen kerrokseen aikaansaamalla käyttöliittymän verkkokerrokseen. RS-485 liittynällä siirtonopeudet voivat olla esim 9,6 kbit/s, 19,2 kbit/s, 38,4 kbit/s ja 76,8 kbit/s.

Optio 4 on Point-To-Point (PPP) -protokollaliityntä. Protokollaa käytetään muodostamaan yhteys verkkolaitteiden välille. PPP:tä on käytetty pääasiassa puhelinverko- ja modeemiyhteyksien muodostamiseen, mutta se on käytössä myös laajakaistayhteyksissä. Protokollassa käytetään RS-232 liityntää.

Optio 5 on liityntä LonTalk-protokollaan. Siirtonopeudet optiolla 5 voivat olla 78 Mbit/s tai 1,25 Mbit/s. [4.]

## 4.2 Modbus-väylä

Modbus-protokolla on julkaistu vuonna 1979, ja protokolla on alunperin ohjelmoitavien logiikoiden liittämiseen tarkoitettu avoimeen arkkitehtuurin perustuva väylä. Modbus-standardin spesifikaatiot voidaan ladata ilmaiseksi internetistä (<http://www.modbus.org>) ja laitteita voidaan valmistaa ilman korvausta väylän kehittäjille.

Modbus-protokolla on laajalti käytössä teollisuuden sovelluksissa, rakennuskohteissa, energian optimointijärjestelmissä, pitkän matkan tiedonsiirrossa ja ohjauspaneelien yhdistämisessä. Modbus-liikennöintiä käytetään myös etävalvontasovelluksissa, ja se onkin edullinen tapa liittää eri valmistajien laitteita yhteisellä protokollalla.

Modbus perustuu isäntä-renki-protokollaan. Yhdellä isännällä voi olla 247 renkiä. OSI-mallin kerroksista Modbus käyttää kerroksia 1 (fyysinen), 2 (siirtoyhteys) ja 7 (sovellus). Protokolla voidaan implementoida useiden erilaisten fyysisesten kerrosten toteutusten päälle niin, ettei sovelluskerros muutu. Modbus kattaa kolme kehystä: Modbus RTU (*Remote Terminal Unit*), Modbus ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*) ja Modbus over TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*). RTU ja ASCII kehyksiä käytetään yleensä sarjaväylien, esimerkiksi RS-485 päällä ja TCP/IP kehystä Ethernet-liitännöissä. Tiedonsiirron tehokkuus riippuu OSI-kerrosten 1 ja 2 toteutuksesta.

ASCII-viestissä jokainen viestin 8-bittinen tavu lähetetään kahtena ASCII-merkinä ja RTU-viestissä 8-bittinen tavu lähetetään kahtena 4-bittisenä heksamerkinä.

Taulukko 1. Modbus-viestin perusrakenne [5]

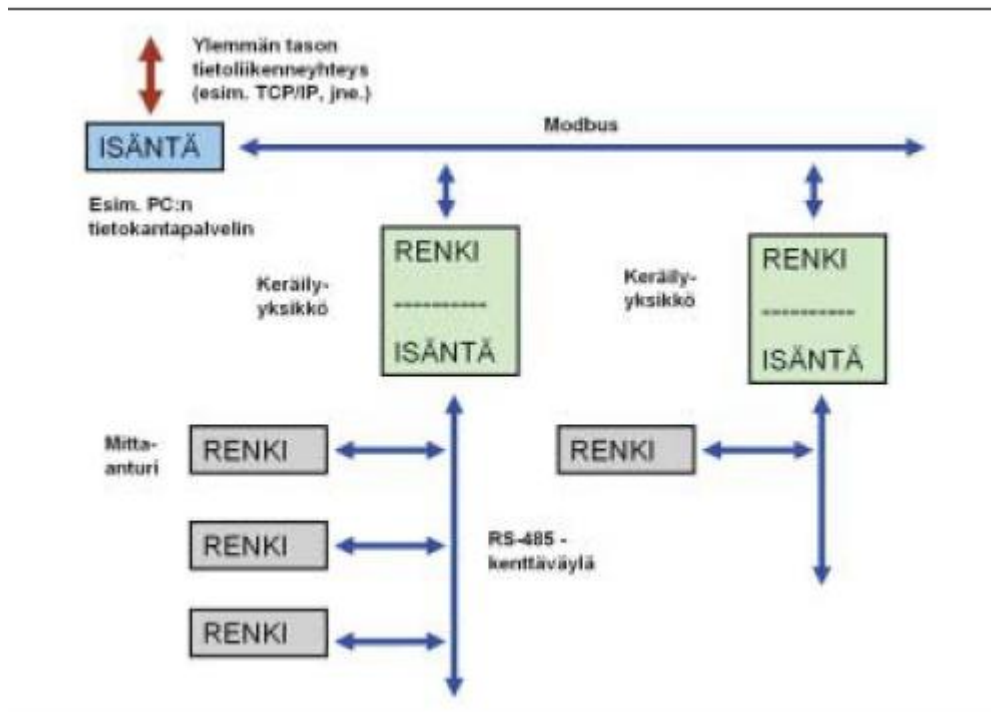
Aloitus	Osoite	Toiminto	Data	Tarkistussumma	Lopetus
4 merkkiä odotus	1 tavu	1 tavu	= 1 tavu	2 tavua	4 merkkiä odotus

Osoite koostuu ASCII:ssa kahdesta merkistä ja RTU:ssa kahdeksasta bitistä. Toimintokenttä koostuu myös kahdesta merkistä tai kahdeksasta bitistä. Datakenttä koostuu kahdesta heksamerkistä, ja se sisältää myös lisätietoa toimintokentän dataan. Taulukossa 1 on esitetty Modbus-viestin perusrakenne RTU-kehyksellä. Käytettävästä tiedonsiirtotavasta (ASCII vai RTU) riippuen Modbus-verkossa on käytössä kahta erilaista tarkistussummaa. Suomessa yleisemmin on käytössä Modbus RTU.

Modbus-liikenne perustuu funktioihin, esimerkiksi rekisterien kirjoittamis- ja lukufunktioihin. Kaikissa varianteissa isäntälaitte lähettää halutun funktion ja sen parametrit. Lisäksi lähetetään variantista riippuvat tiedot. Protokollan perusversiossa voi olla vain yksi isäntä (1 isäntä/247 renkiä).

RTU:ssa lähetetään renkilaitteen osoite, funktiokoodi, funktion data ja 16-bittinen CRC-tarkistussumma. RTU-variantissa luvut lähetetään heksalukuina ja ASCII-variantissa heksaluvut hajotetaan kahdeksi ASCII-merkiksi.

Tiedonsiirrossa isäntä lähettää renkilaitteelle käskyn palauttaa haluttu datamäärä tietystä kohdasta rekisteriavaruutta. Rengin saadessa käskyn isännältä, renkilaitte toteuttaa sen. Käskyn toteuttamisen onnistuessa, renkilaitte vastaa isännälle lähettämällä vastauskehyksen, joka sisältää funktiokoodin ja mahdollisen palautettavan datan. RTU:ta käytettäessä myös renkilaitteen osoite ja lähetettävästä paketista laskettu CRC-tarkistussumma lähetetään. Kuvassa 6 (ks. seuraava sivu) havainnollistetaan isäntä/renki topologiaa.



Kuva 6. PC:n keräily-yksiköiden ja antureiden välinen topologia [4]

Kuvassa 7 esitetään esimerkki, jossa isäntä pyytää renkiä lähettämään halutun määrän datapisteitä rekisteristään. Esimerkistä nähdään, että maksimi datamäärä on 250 tavua.

Isäntälaitte lähettää pyynnön				
1 tavu	1	2	2	2
Renkin ID	Funktiokoodi	Alkuosoite	Datapisteiden (16-bit) lkm	CRC

Renki lähettää vastauksen				
1 tavu	1	1	Enintään 250	2
Renkin ID	Funktiokoodi	Tavujen lkm	Data	CRC

Kuva 7. Esimerkki isännän ja rengin välisestä kommunikaatiosta [4]

Modbus-liitännät ovat yleensä vakio- tai valinnaisominaisuutena automaatiojärjestelmissä, jolloin tiedonsiirto voidaan helposti järjestää COM1- tai COM2-porttien kautta RS-232 tai RS-485 protokollia käyttäen. Tiedonsiirtomenetelmä on kiertokysely eli

pollaus, jolloin isäntä lähettää pyynnön, johon renki vastaa. Liityntöjä COM1 ja COM2 voidaan käyttää yhtä aikaa Modbus-liityntöinä. Liittymän Modbus-toimintatila määritetään halutuksi parametrintyökalulla.

Topologia voi olla Point-To-Point-yhteys PPP (RS-232/RS-422) tai monipisteyhteys (RS-485). RS-232-järjestelmässä kaapelin pituus voi olla enimmillään 15 metriä ja järjestelmässä voi olla vain yksi isäntä ja yksi renki. RS-485-järjestelmässä kaapelin pituus voi olla enimmillään 1,2 kilometriä, ja järjestelmässä voi olla enimmillään yksi isäntä ja 31 renkiä. RS-485-väylässä tulee käyttää päätevastuksia ja suojattua parikaapelia. Maksiminopeus on 187,5 kt/s ja jokainen sanoma sisältää 16-bittisen tarkistussumman (CRC; *Cyclic Redundancy Check*). Tiedot pakataan RTU-muodossa ja sanomarakenne sallii tietojen kirjoittamisen ja lukemisen yksitellen tai ryhmässä.

Tarvittavat tiedot määritetään laiterekisteriin laitetoimittajan toimesta. Esimerkiksi, jos siirrettävä tietomäärä on 65 536 tavua, mikä on talletettu anturin *input*-rekisteriin, kehyksiä tarvitaan yhteensä edellä todetun 250 tavun maksimimäärällä

$$N_{Kehyksiä} = \frac{65536}{250} \approx 262 \text{ kpl}$$

Pakettien koko, lukuun ottamatta viimeistä, on 256 tavua. Jokaista pakettia kohden tarvitaan myös isännän lähettämä lukupyyntö, jonka koko on 8 tavua. Tiedetään, että jokaista lähetettyä tavua varten lähetetään kolme ylimääräistä bittiä (*start*-, *stop*- ja *pariteetti*-bitti). Tällöin esimerkiksi, yhteen kiihtyvyyssmittaukseen tarvittava bittimäärä on

$$N_{Bittejä} = 262 \times (256 + 8) \times (8 + 3) = 769560$$

Siirrettävän datan määrän suhde siirrettävän hyötytiedon määrään on

$$P = \frac{769560}{65536 \times 8} \approx 1,47$$

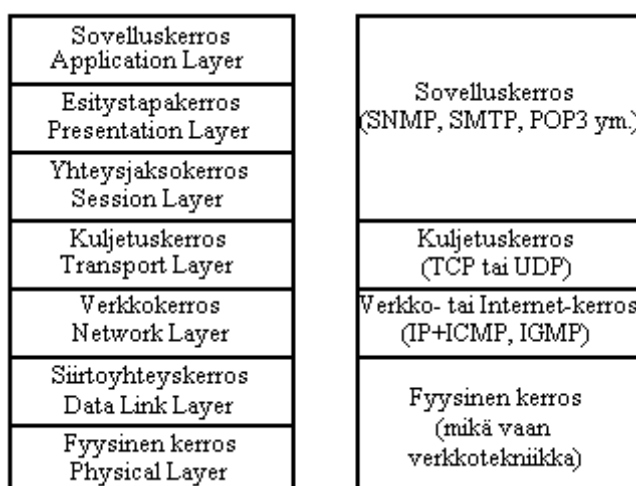
Toisena esimerkkinä kaksitavuisen mittatiedon siirtäminen, mikä voi olla vaikka lämpötilamittaus. Nyt anturin vastauspaketti on 8 tavua pitkä, kuten myös tarvittava isännän lähettämä pyyntöpaketti. Yhteensä siis 16 tavua, mikä tarkoittaa  $16 \times 11 = 176$  bitin siirtämistä. Laskemalla yhtälön

$$P = \frac{176}{16} = 11$$

saadaan kaiken siirretyn datan määrän suhteeksi siirretyn tiedon määrään 11. [4.]

#### 4.3 TCP/IP-protokolla

TCP (*Transmission Control Protocol*) on tietoliikenneprotokolla, jonka avulla luodaan yhteyksiä tietokoneiden välille. Valtaosa internetin tietoliikenteestä käyttää TCP-protokollaa. TCP:n paikka OSI-mallissa sijoittuu kuljetuskerrokseen. IP (*Internet Protocol*) on protokolla, joka vastaa päätelaitteiden osoitteistamisesta ja pakettien reitityksestä. IP-protokollaa voidaan ajaa lähes minkä tahansa verkon päällä ja IP:n päällä voidaan ajaa lähes mitä tahansa sovellusta. Näiden ominaisuuksien takia IP-protokollan avulla on helppo yhdistellä eri verkkoja laajemmiksi kokonaisuuksiksi, joista internet on nykyajan merkittävin aikaansaannos. TCP/IP on näiden kahden protokollan yhdistelmä, jossa liikennöinti tapahtuu pääosin TCP-yhteyksinä IP-protokollan päällä. TCP/IP-protokolla käyttää OSI-mallin kerroksia kuvan 8 mukaisesti.



Kuva 8. OSI-viitemallin ja TCP/IP-viitemallin vastaavuus [5]

TCP/IP-protokolla soveltuukin hyvin käytettäväksi kiinteistöjen runkoverkkona, joihin voidaan yhdistää eri kenttäväyliä ja rakennusautomaatiojärjestelmä. [5.]

#### 4.4 KNX/EIB-väylä

KNX on *CENELEC Home and Building Electronic Systems* -komitean hanke, joka alkoi vuonna 1996. Työnimellä *Convergence* edenneen projektin tarkoituksena on ollut yhdistää Eurooppalaiset kenttäväylät EHS, EIB ja BatiBUS yhteiseksi KNX-väylästandardiksi. Suurimpina syinä yhdistymishankkeeseen on ollut se, että Euroopan kokoisella alueella ei ole tilaa kolmelle merkittävälle väylälle ja että laitevalmistajien tilanne vaikeutuisi, jos niiden täytyisi varautua useiden erilaisten väylien liitännöihin.

KNX:n keskeisin väylätekniikka on EIB, mutta myös muista edellä mainituista tekniikoista on pyritty ottamaan parhaat puolet mukaan uuteen väylästandardiin. KNX:ssä pyritään ottamaan huomioon nykyiset rakennusten sisäiset tietoliikenteen vaatimukset ja uudet automaation ominaisuudet. KNX voi käyttää useaa erilaista tiedonsiirtomediaa, kuten kierretty pari, radioverkko, sähköverkko ja infrapunayhteys.

EIB on kiinteistötekniikkaan suunniteltu tiedonsiirtoväylä, joka tukee kaikkia neljää edellä mainittua siirtomediaa, ja se tarvitsee vain yhden kaksinapaisen kaapelin toimiakseen. Protokolla on mahdollista liittää sillalla muihin medioihin. Järjestelmän jo olemassa olevia tai uusia toimintoja voidaan muokata ohjelmallisesti jälkikäteen, eikä uusia kaapelointeja välttämättä tarvita.

EIB:ssä käytetään Windows-pohjaista suunnitteluohjelmistoa (*ETS; EIB Tool Software*), joka tukee kohteen suunnittelua eikä anna ohjelmoijan tehdä vääriä ratkaisuja. Esimerkiksi valaistukselle, ilmastoinnille ja lämmitykselle voidaan ohjelmoida kulloistakin käyttötilannetta vastaava ohjelma, jolloin voidaan optimoida käyttökustannukset.

Keskukseen asennettavat komponentit pystytään asentamaan suoraan tiedonsiirtokiskoon ja tätä kautta väylään, jolloin erillistä kaapelointia ei tarvita. Muualla kaapeleiden liitokset tehdään ruuvittomilla liittimillä. Samalle komponentille voidaan ohjelmoida eri toimintoja, joten komponenttien määrä on pieni. Kaikki valmistajat kuuluvat *European Installation Bus Association*:iin (EIBA), joka on standardoinut Instabus-järjestelmän.

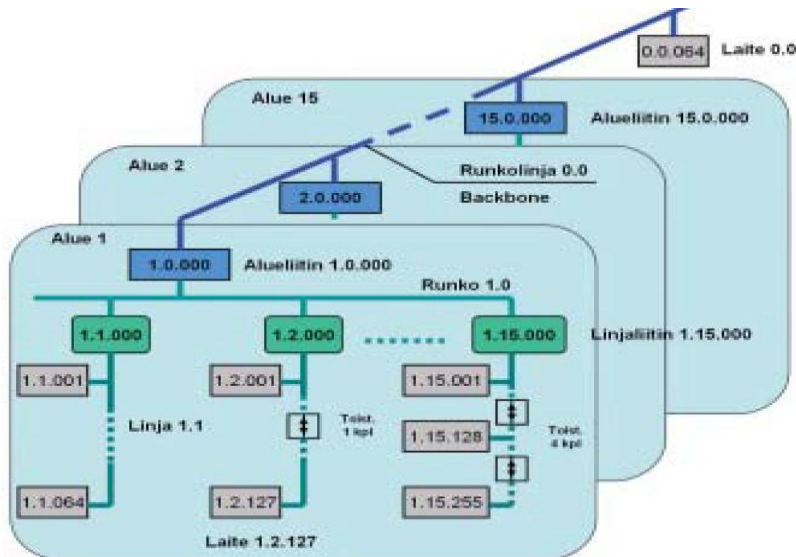
EIBA:n standardointi varmistaa, että kaikkien valmistajien EIB-tuotteet ovat keskenään yhteensopivia.

Väyläkaapelinä käytetään 2-napaista heikkovirtakaapelia, kuten NOMAK 2 x 2 x 0,5, JAMAK 2 x (2 x 1) x 0,5 tai KLM 4 x 0,8. Kojeet saavat kaapelia pitkin käyttöjännitteensä (24 VDC). Myös kytkentä-, valvonta- ym. ohjauskäskyt kulkevat samaa kaapeli pitkin kuin käyttöjännitekin. Kaapeleiden toista johdinparia voidaan käyttää toisiin järjestelmiin tai vain tulevaisuuden tarpeisiin varautumiseen. Lähetettävä sanoma on symmetrinen, jolloin häiriö ei muuta viestiä, ja kaapeli voidaan vetää samaan hyllyyn energiakaapeleiden kanssa.

Väylätopologioina voidaan käyttää väylä-, tähti, puu- tai yhdistelmätopologiaa. Silmukatopologiaa ei voida käyttää, koska sanoma voi mahdollisesti jäädä kiertämään verkkoon aiheuttaen näin verkon ylikuormittumisen.

Solmun ID on 16-bittiiä ja koko järjestelmässä voi olla (ilman toistimia) enintään 14 400 solmua, kun käytetään maksimimäärää osoitealueita ja linjoja eli 15 aluetta sekä 15 linjaa, eikä laitteita liitetä runkoverkkoon. Linjassa voi olla enintään 64 liittijää. EIB-järjestelmän aluejako esitetään kuvassa 9 (ks. seuraava sivu).

Segmentin pituutta toistimella tai reitittimellä kasvattamalla voidaan liittijien määrää lisätä, jolloin solmujen määrä kaksinkertaistuu. Segmentin pituutta voidaan kasvattaa enintään neljällä toistimella, jolloin solmujen määräksi saadaan 256/linja ja koko järjestelmän solmujen kokonaismääräksi 57 375. Uutta järjestelmää suunniteltaessa linjalle ei saa kuitenkaan määritellä kuin 64 solmua.



Kuva 9. EIB-järjestelmän aluejako [4]

Reitittimiä kutsutaan myös linjaliittimiksi (*LC; Line Couplers*), ja ne yhdistävät linjat alueisiin. Linjaliittimellä voidaan tehdä myös galvaaninen erotus. Liittimellä on fyysinen osoite, ja se kuittaa vastaanotetun kehyksen tasolla 2. Jos EIB-laite, jolle vastaanotettu kehys on osoitettu, sijaitsee linjaliittimen toisella puolella, lähettää liitin kehyksen edelleen kyseiselle laitteelle. Yli 16 linjan verkoissa alueeseen voidaan liittyä käyttäen enintään 15 linjaliittintä, mutta kahden EIB-laitteen väliseen polkuun voi olla määritelty enintään kaksi liittintä. Sisempää linjaa alueessa kutsutaan rungoksi (*Main line*) ja ulompaa linjaa kutsutaan aliverkoksi (*Subline*).

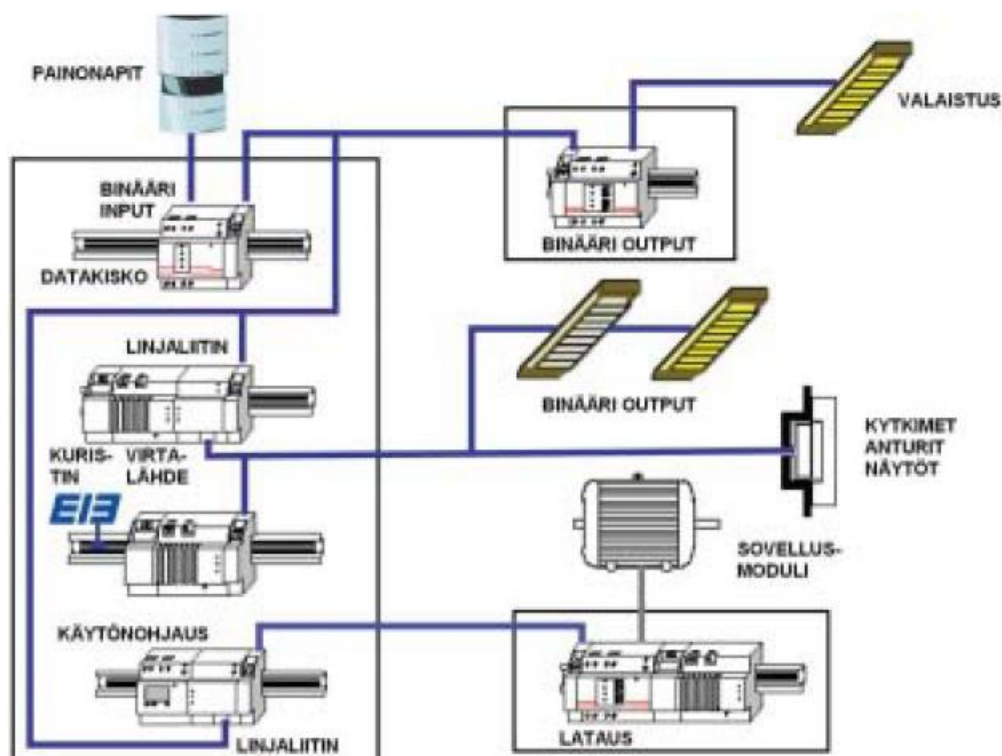
EIB-väyläjärjestelmässä jokaisella liittyjällä on oma mikroprosessorinsa, joten väylässä ei ole erillistä keskusyksikköä. Pienimmän järjestelmän voi siis muodostaa jo vain kaksi liittyjää ja virtalähde, jotka ovat yhdistetty toisiinsa väyläkaapelilla. Kuvassa 10 (ks. seuraava sivu) esitetään EIB-väylän asennusesimerkki.

Tunnistimet, kuten termostaatit, painonapit ja liiketunnistimet lähettävät tietyn osoitteen omaavia sanomia väylään. Sanoman vastaanottava toimilaite, kuten rele tai himmennin, suorittaa sanoman määrittelemän tehtävän. Sanoma kulkee pitkin koko väyläjärjestelmää, jolloin tunnistin voi ohjata laitetta, joka sijaitsee missä tahansa kohtaa väylää. Viesti kuitenkin välittyy vain kyseisen osoitteen omaavalle laitteelle.



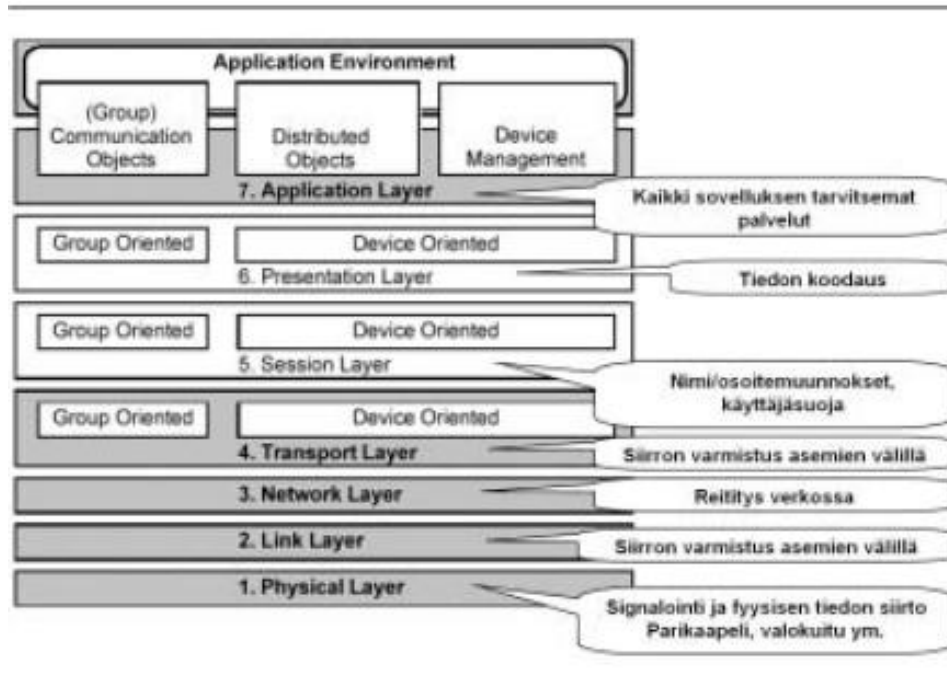
EIB-laitteet jaetaan kolmeen tyyppiin niiden käyttötarkoituksen perusteella, ja ne kytetään väylään EIB:n väyläliitäntäyksiköillä (*BCU; Bus Coupling Unit*) tai vastaavanlaisella sovitimella. Laitetyypit ovat

1. peruskomponentit, kuten virtalähteet (*PSU; Power Supply Unit*), kuristimet ja signaalifiltrit
2. järjestelmäkomponentit, jotka hoitavat perusoperaatioita, kuten väyläliityntäyksiköt (*BCU*), linjaliittimet (*LC*) ja reitittimet
3. EIB-laitteet, jotka ovat erikoissovelluksia, kuten tuntoelimet, toimielimet ja näyttöpaneelit.



Kuva 10. EIB-väylän asennusesimerkki [4]

Kuvasta 11 (ks. seuraava sivu) nähdään EIB-viestipalvelun soveltuvuus OSI:n 7. kerrokseen (sovelluskerros). Fyysinen kerros (1. kerros) ja siirtoyhteyserros (2. kerros) riippuvat käytössä olevasta fyysisestä yhteydestä. Kohteen osoite määrittää ryhmälle/laitteelle tarkoitettua sanomaa. 2. kerros suorittaa loogisen solmujen yhteyden. Yhteyksiä voi olla yhdeltä solmulta toiselle solmulle, yhdestä monelle solmulle (ryhmälähetys, *multicast*) ja yhdeltä solmulta kaikille solmuille (*broadcast*).



Kuva 11. EIB:n soveltuvuus OSI-malliin [4]

Jokaiselle linjalle tarvitaan oma virtalähde (*PSU; Power Supply Unit*) linjan liittyjien tarpeisiin. EIB-järjestelmää ei ole galvaanisesti erotettu, koska syöttöjännite (24 VDC) siirretään samaa kaapelia pitkin kuin data. Väylän tehon mitoitusta määriteltäessä täytyy ottaa huomioon, että paljon valodiodeja sisältävät laitteet kuormittavat väylää eniten. Myös jos enemmän kuin kaksi IR-dekooderia laitetaan rinnakkain, väylän kuormitus kasvaa huomattavasti.

Toimiakseen liittyjät tarvitsevat vähintään 21 V jännitteen ja 150 mW tehon. Tehonsyötön optimoimiseksi virtalähde tulee mahdollisuuksien mukaan asentaa linjan puoliväliin olettaen, että liittyjät jakaantuvat tasaisesti linjan varrelle. Jos liittyjät sijaitsevat ryhmissä (>30 liittyjää) suppealla alueella tulee virtalähde asentaa mahdollisimman lähelle kyseistä ryhmää. Jos ryhmiä on useita, on tehonsyöttöön mahdollista käyttää useampia virtalähteitä (huom. max. 64 liittyjää = 2 ryhmää). Virrankulutuksen kasvaessa liian suureksi, on käytettävä 630 mA:n lähdeä, jossa on sisäinen kuristin.

Linjan kaapelin enimmäispituus on 1 000 m. Sanomasignaalin heikkenemisestä ja datan törmäilyn hallittavuuden takia, kahden liittyjän väli voi kuitenkin olla enintään 700 m. Virtalähteen ja liittyjän välinen etäisyys saa olla enintään 350 m, mikä johtuu puoliallon heikkenemistä pitkillä etäisyyksillä. On myös muistettava, että kaapeloinnissa

linjasta ei saa muodostua silmukkaa, koska muutoin sanoma voi jäädä kiertämään silmukkaan. KNX-väylän tiedonsiirtonopeus on 9.6 kbit/s.

Liittyjän fyysinen osoitenumero koostuu 16 bitistä ja jokaiselle liittyjälle on määritettävä oma osoitteensa. Osoitteen avulla määritetään tunnistimien ja toimilaitteiden sijaintitiedot, joita tarvitaan järjestelmän käyttöönotossa ja huollossa. Kuvassa 12 esitetään sanoman muodostus.



Kuva 12. Liittyjän fyysisen osoitteen muodostus [4]

F = 0, liittyjä sijaitsee pääväylällä

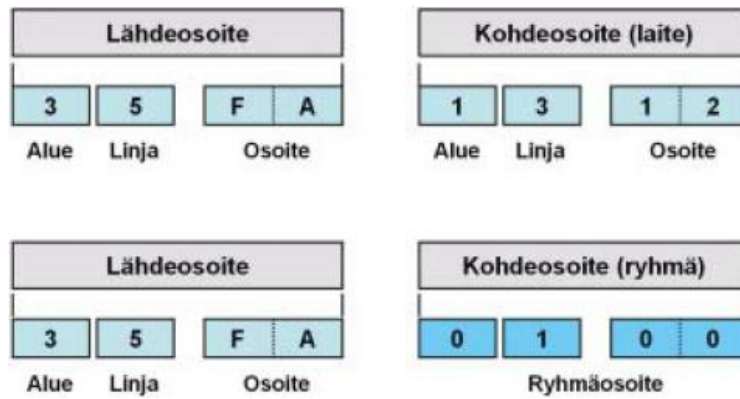
F = 1–15, osoittaa toiminta-alueen (1–15)

L = 0, liittyjä sijaitsee päälinjalla

L = 1–12, osoittaa linjan 1–12 toiminta-alueella F (1–15)

D = 1–64, osoittaa liittyjän linjalla L (1–12)

Normaalisti väyläjärjestelmä käyttää ryhmäosoitteita kuvan 13 mukaisesti (ks. seuraava sivu), jonka avulla liittyjät kommunikoivat toistensa kanssa ennalta määritellyillä toiminoillaan. Näin voidaan esimerkiksi vain yhdellä kytkimellä ohjata suurella alueella olevia lamppeja. Järjestelmän parametroinnilla voidaan ryhmäosoitteet jakaa 16 pääryhmään (valaistus, ilmastointi jne.). Yhdellä pääryhmällä taas voi olla 2 048 alaryhmää.



Kuva 13. Järjestelmän fyysinen osoitteutus [4]

Sanoma, jolla tapahtumat välitetään, sisältää EIB:n omia koodeja ja hyötytietoa. Sanoman rakenne nähdään kuvasta 14.

Bittejä 8	16	16+1	3	4	Max 16x8	8
Kontrolli kenttä	Lähde osoite	Kohde osoite	Kierros-laskuri	Pituus	Hyöty-tieto	Varmistus

Kuva 14. Sanoman rakenne [4]

Lähetysosoite on lähettäjän fyysinen osoite, mutta vastaanottajan osoite voi olla fyysinen tai ryhmäosoite. Vastaanottajan osoitteen bitin 17 ollessa 0 osoite on fyysinen ja bitin 17 ollessa 1 osoite on ryhmäosoite. Fyysiseen osoitteeseen lähetetty sanoma menee vain yhdelle tietylle laitteelle, joka omistaa kyseisen osoitteen, mutta ryhmäosoitteeseen lähetetty sanoma välitetään kaikille kyseisen ryhmän jäsenille.

Väylällä käytetään välitysprioriteettitasoja. Kun väylässä lähetetään useita sanomia samanaikaisesti, korkeimman prioriteetin omaava sanoma välitetään ensimmäisenä.

Prioriteettitasoja on viisi:

1. järjestelmätoiminto (korkein prioriteetti)
2. hälytystoiminto
3. korkea käyttöprioriteetti (käsihjaus)
4. matala käyttöprioriteetti (automaattiohjaus)
5. sanoman toisto.

EIB paketin mukana tulevalla ETS-ohjelmointityökalulla (*EIB Tool Software*) voidaan järjestelmään tehdä omia ohjelmia. ETS peustuu ANSI C -kieleen. EIB:ssä ei tarvitse käyttää mitään tiettyä prosessoria tai prosessorimallia, vaan prosessori voidaan valita vapaasti. Ohjelmoinnissa voidaan käyttää myös kaupallisia sovelluksia, kuten assembleria, kääntäjiä ja emulaattoreita. EIB-järjestelmällä on useita eri kaupallisia nimikkeitä, joita ovat EIBus, Instabus, Tebis, I-bus ja Powernet. Nykyään käytössä on KNX-väylä joka, kuten edellä mainittu, perustuu suurelta osin EIB:hen [4.]

#### 4.5 DALI-väylä

DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) on Helvar, Osram, Philips ja Tridonic yhtiöiden yhdessä luoma valaistuksenohjauksen digitaalinen väyläratkaisu. Väylän luonnin tarkoituksena on ollut luoda yksi yhteinen järjestelmästandardi valaistuksen ohjaukseen. Muuhun kuin valaistuksen ohjaukseen standardia ei ole tarkoitettu. DALI korvaa analogisen 1 - 10 VDC-ohjauksen ja sen siirtonopeus on 2,4 kbit/s.

Merkittävimpiin etuihin DALI-järjestelmässä kuuluu se, että prosessorit ja väyläsovittimet ovat niin edullisia, että niitä voidaan asentaa suoraan jokaiseen valaisimeen. Näin jokainen valaisin saa oman osoitteensa, joka mahdollistaa valaisimien ohjauksen yksitellen. Järjestelmä on rajoittunut 64 itsenäiseen osoitteeseen. DALI-laitteet voidaan liittää enimmillään 16 ryhmäksi, ja jokainen näistä ryhmistä voi sisältää edellä mainitut 64 osoitetta. Lisäksi jokaiselle laitteelle voidaan ohjelmoida 16 erilaista tilannetta käytötarkoituksen mukaan.

Muutamit valmistajat tarjoavat DALI-LON ja DALI-EIB-väylämuuntimia, jotka mahdollistavat DALI-väylän liittämisen LON- tai EIB/KNX-kiinteistöväylään. DALI:n yhtenä tarkoituksen on ollut myös tehdä järjestelmän käyttämisestä ja käyttöönotosta niin helppoa, ettei siihen vaadita mitään erikoistietämystä. Perustietämyksenä riittävät Windows-pohjainen ohjelmointi ja sähkötekniikan perustiedot. [1; 6.]

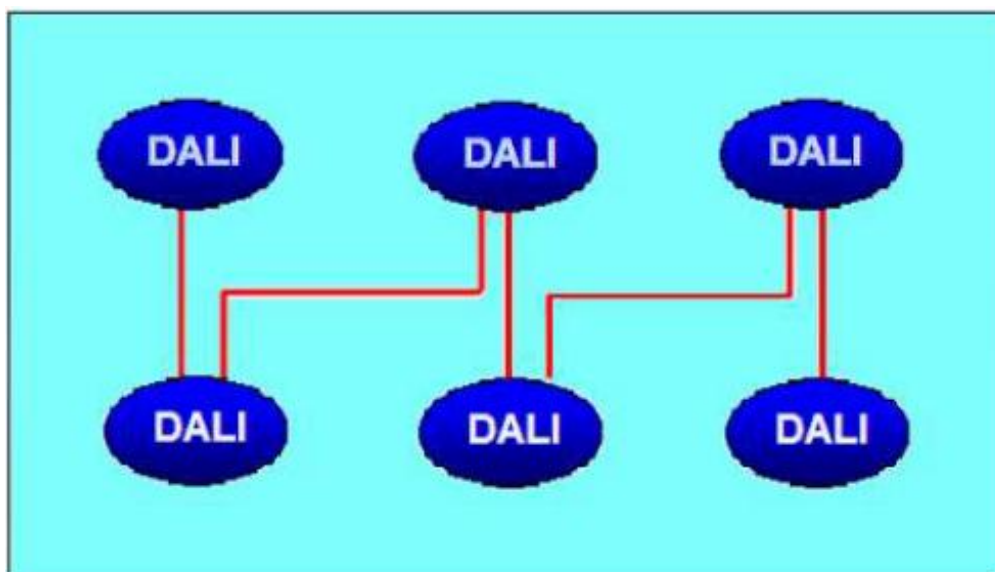
DALI on standardoitu maailmanlaajuisesti standardin IEC 60929 mukaan, joka määrittelee 1 - 10 V elektronisen liitäntälaitteiden ohjauksen. Useat alan johtavista yrityksistä kannattavat standardia. DALI:a ei ole suunniteltu monimutkaiseksi väyläjärjestelmäksi, eikä sitä pidä verrata LON- tai KNX-väylään. Sitä ei ole myöskään suunniteltu korvaamaan kehittyneempiä valaistuksensäätöjärjestelmiä.

DALI-järjestelmää voidaan käyttää myös erillisenä järjestelmänä, eikä sitä tarvitse liittää mihinkään rakennusautomaatiojärjestelmään. Tämä tarkoittaa, että toimintoja, kuten käynnistystä ja ylläpitoa käytetään paikallisesti. Laitteiden kytkennät ohjausyksikköön on tällöin toteutettu analogisesti tai digitaalisesti.

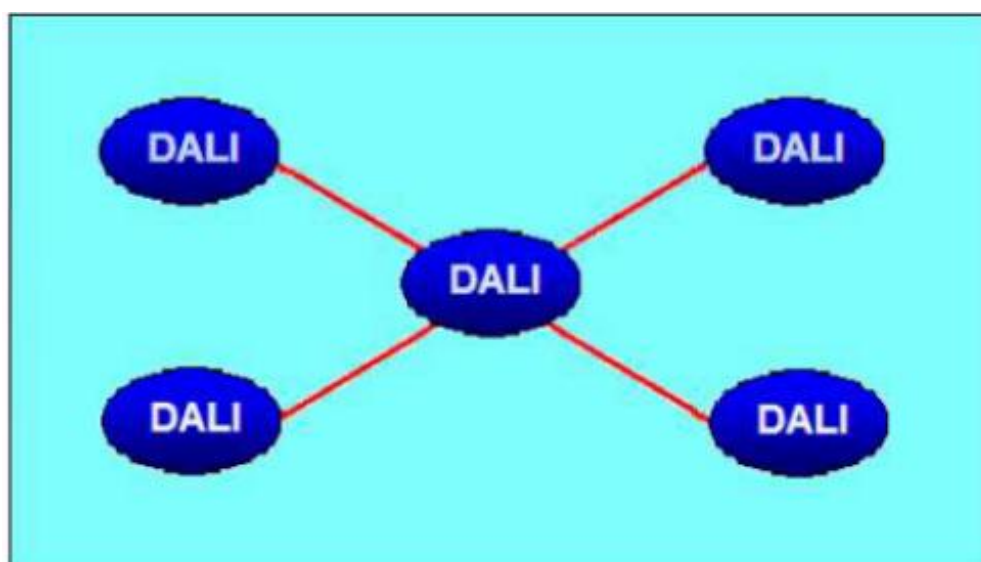
Erillisenä alajärjestelmänä käytettäessä DALI-järjestelmä on liitetty rakennusautomaatiojärjestelmään, kuten LON- tai KNX-järjestelmään. DALIn ollessa käytössä alajärjestelmänä kuitenkin vain tärkeimmät tiedot, kuten vikailmoitukset välitetään rakennusautomaatiojärjestelmään. Anturit, ohjainlaitteet, ohjelmoitavat yksiköt ja kauko-ohjaimet voidaan kytkeä normaalisti ohjainyksikköön, esimerkiksi langattomasti, parikaapelilla ja optisella kuidulla. [6.]

DALI-linja ei vaadi parikaapelia tai erikoiskaapeleita. Ohjausväylän topologia on vapaa, mutta silmukatopologiaa ei suositella. Signaalin hyvän häiriönsietokyvyn ansiosta ohjauspiirinjohtimet voidaan asentaa yhdessä jännitesyöttökaapeleiden kanssa yhteisen vaipan sisään. Suurin sallittu jännitteen alenema järjestelmässä on 2 V, joka vastaa järjestelmän maksimivirralla ja 1,5 mm<sup>2</sup>:n ohjauskaapelilla noin 300 metriä. Valaisimiin kytketään normaalisti L-, N- ja PE-johtimet, mutta näiden lisäksi täytyy kytkeä myös kaksi johdinta ohjaussignaaleja varten. [7.]

Kytkentäjärjestyksenä DALI sallii sarja-, tähti- ja yhdistelmäkytkennän. Seuraavalla sivulla esitetään DALI-väylän sarjakytkentä kuvassa 15 ja tähtikytkentä kuvassa 16.



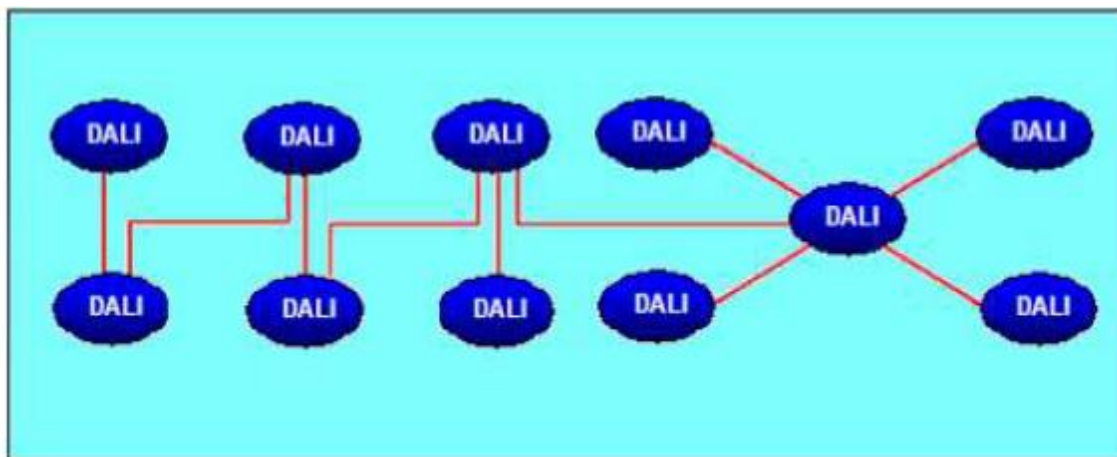
Kuva 15. Sarjakytkentä [7]



Kuva 16. Tähtikytkentä [7]

Kuvassa 17 (ks. seuraava sivu) esitetään yhdistelmäkytkentä, jossa sarja- ja tähtikytkentä on yhdistetty toisiinsa sarjakytkennällä. [7.]





Kuva 17. Yhdistelmäkytkentä [7]

#### 4.6 M-Bus-väylä

M-Bus on mittaustietojen siirtämiseen tarkoitettu, kustannustehokas kenttäväyläratkaisu. M-Bus-väylästä käytetään myös nimitystä Meter-Bus. Protokolla on määritelty Eurooppalaisen standardin EN1434 mukaan. Koska protokolla on suunniteltu mittaustietojen siirtämiseen, se ei suoraan sovellu hälytysten ilmaisemiseen. Päätelaitteilta mahdollisesti tulevat hälytystilat on muutettava hälytyksiksi rakennusautomaatiojärjestelmässä.

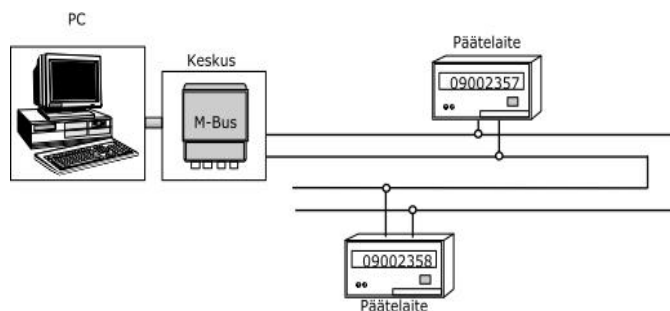
Useiden valmistajien mittareista ja automaatiojärjestelmistä löytyy nykyään M-Bus-tuki tiedonsiirtoon. Yksinkertaisimmillaan järjestelmässä on väylään liitetty tietokone, joka kerää tasomuuntimen välityksellä mittaustiedot päätelaitteilta. Päätelaitteita ovat esimerkiksi pulssinkeruuyksiköt, energia-, sähkö-, ja kaasumittarit, M-Bus-vesimittarit sekä erilaiset anturit ja toimilaitteet.

Suurimpia etuja M-Bus-järjestelmässä on, että eri valmistajien laitteet sopivat yhteen toistensa kanssa. Käyttöjännite voidaan syöttää kaksijohdinkaapelissa, eikä väyläkaapelille ole erityisvaatimuksia. Verkkotopologiana voidaan käyttää sarja-, tähti- ja yhdistelmäkytkentää. Silmukatopologiaa ei tule käyttää, koska tällöin yhden päätelaitteen mahdollinen vikaantuminen pysäyttää koko verkon toiminnan. Verkon pituus voi olla useita kilometrejä, mutta suositeltava maksimipituus on 4 km. M-Bus soveltuu hyvin niin teollisuus, kuin yksityissektorin käyttöön ja toistensa kanssa yhteensopivien laitteiden saatavuus on helppoa.



M-Bus-järjestelmä koostuu keskuksista ja väylän päätelaitteista kuvan 18 mukaisesti. Yleensä järjestelmään on kytketty myös tietokone mittaustietojen lukemisen helpottamiseksi. Päätelaitteet eivät kommunikoi keskenään, joten tiedonsiirto tapahtuu aina keskuksen lähettämistä kyselysanomista päätelaitteelle ja päätelaitteen lähettämistä vastaussanomista takaisin keskukselle. Samanaikaisesti tiedonsiirto voi tapahtua vain yhteen suuntaan ja vain yhden päätelaitteen ja keskuksen välillä.

Mittaustiedot on mahdollista lukea paikalliselta näytöltä, keskukseseen liitetystä tietokoneelta tai etäluentana, modeemin välityksellä käytännössä missä vain. Tiedonsiirtonopeus on verkon pituudesta riippuen 300 – 9 600 baudia. M-Bus-järjestelmässä on käytössä OSI-viitemallin kerrokset 1 - 3 ja 7 eli fyysinen-, siirtoyhteys-, verkko- ja sovelluskerros.



Kuva 18. M-Bus-järjestelmän rakenne [8]

Käyttämällä verkossa toistimia voidaan verkkoa laajentaa lähes rajattomasti, toisin sanoen voidaan lisätä verkon pituutta ja päätelaitteiden määrää. Verkkoa laajennettaessa suorituskyky kuitenkin pienenee suhteessa, mitä laajempi verkko, sitä matalampi nopeus. Kokemuksen mukaan M-Bus-väylän kaapeloinnissa ei tarvita häiriösuojauksia, mutta kaapelointi on kuitenkin pyrittävä pitämään erillään häiriölähteistä kuten taajuusmuuttajien ja suurten moottorien kaapeloinneista.

M-Bus-keskuksia on kahden tyyppisiä ja ne keräävät päätelaitteilta mittaustietoa. Ne myös yhdistävät M-Bus-väylän ja tietokoneen tai M-Bus-väylän ja rakennusautomaatiojärjestelmän. Keskuksen tyypit ovat nimeltään keskusyksikkö ja tasomuunnin. Keskusyksikkö on varustettu muistilla, näytöllä ja näppäimistöllä, jotta mittaustietoja voidaan lukea paikallisesti. Keskusyksiköltä mittaustiedot voidaan myös ladata tietokoneelle jatkokäsittelyä varten.

Keskusyksikköjä on kolmea eri kokoa: M-Bus 60, M-Bus 120 ja M-Bus 250, joissa numero määrittää maksimilaitekuorman, joka keskusyksikköön voidaan kytkeä. Tasomuuntimessa ei ole muistia, eikä siitä voi lukea paikallisesti mittaustietoja. Tasomuunnin onkin nimensä mukaisesti muunnin, joka muuntaa M-Bus-protokollan tietokoneen tai rakennusautomaation ymmärtämään muotoon.

Päätelaitteina väylässä toimivat erilaiset mittarit, pulssinkeruuyksiköt, anturit sekä toimilaitteet. Analogiset anturit voidaan liittää väylään käyttämällä A/D-muunninta. Yleisimpiä päätelaitteita ovat esimerkiksi pulssinkeruuyksiköt, joihin on liitetty impulssivesimittarit, vesi- ja energiamittarit (kaukolämpö, kaukokylmä, sähkö), jotka ovat varustettu M-Bus-moduulilla. [8.]

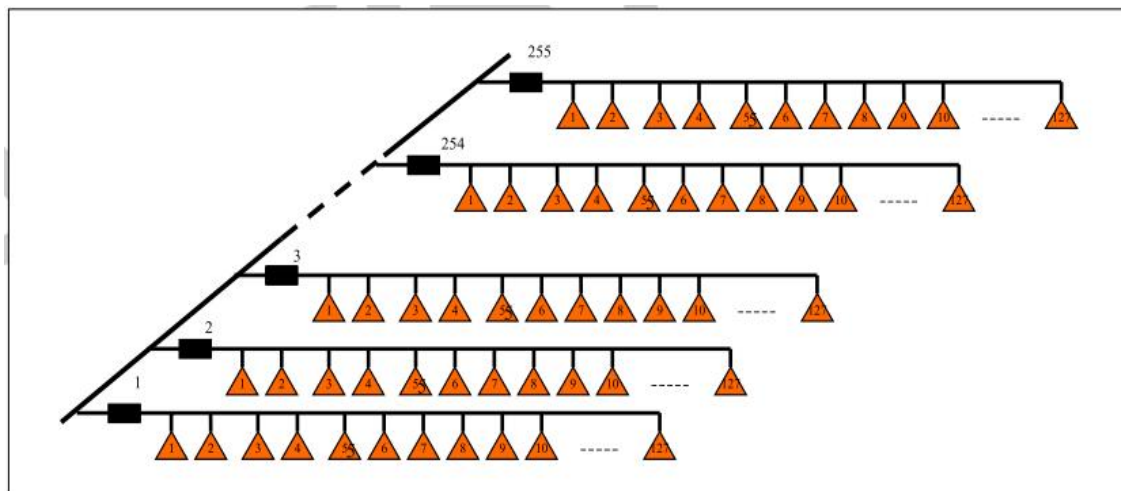
#### 4.7 LON-väylä

Yksi aikaisemmin yleisesti käytössä olleesta mutta nykyään vähälle käytölle jäänyt kenttäväylätekniikka on amerikkalaisen *Echelon Corporation*:in kehittämä LON eli LonWorks™-tekniikka. Echelon on pääosin kehitysyritys, joka huolehtii väylän ja siihen liittyvien tuotteiden kehityksestä. Yhtiö on kehittänyt myös Neuron®-prosessorin. Neuron®-prosessoriin 3120 on ohjelmoitu valmiiksi avoin LonTalk™-protokolla tai se on liitetty prosessorin 3150 ohjelmistoon valmiiksi käännettynä lohkona. Tällä varmistetaan, että eri valmistajien laitteet ovat keskenään yhteen sopivia ja valmistajat voivat keskittyä täysipainotteisesti protokollan ylläpidon ja muokkaamisen sijaan sovellusten kehittämiseen. Protokolla on optimoitu lyhyiden sanomien välittämiseen nimenomaan ohjaus- ja hallintasovelluksissa ja se toimii modifioidulla CSMA-periaattella. [1; 9.]

Jokaista laitetta, jotka omaavat prosessorin ja väyläsovittimen (*transceiver*) kutsutaan solmuksi (*node*), kuten esimerkiksi kytkin, rele, kello tai sähkölukko. Solmuista kootaan aliverkko eli segmentti. Yksi segmentti voi sisältää maksimissaan 127 kenttäsolmua ja reitittimen, jolla segmentti liitetään runkoverkkoon. Reitittimellä voidaan laajentaa verkkoa fyysisesti, ja se voi toimia myös mediamuuntimena. Yksi alue voi koostua 255 aliverkosta, jolloin saadaan solmujen maksimimääräksi yhdellä alueella 32 385. Alueita voi olla  $2^{48}$ . Topologia voi olla joko väylä- tai vapaatopologia.

Terminointi väylätopologia ratkaisussa on puoliterminointi väylän molemmista päistä ja vapaassa topologiassa täysterminointi aina jostain verkon ääripäästä. Reititin myös

suodattaa viestejä sen mukaan missä niitä tarvitaan. Viestin koskiessa vain kyseisen segmentin laitetta/laitteita, reititin ei päästä viestiä turhaan kuormittamaan runkoverkkoa, vaan suodattaa sen pois. Reitittimien ketjuttamista tulee välttää. Kuvassa 19 esitetään LON-verkon rakenne.



Kuva 19. LON-verkon rakenne [1]

Jokaisella Neuron®-prosessorilla on oma yksilöllinen 48-bittinen ID-tunnus ja Lon-Talk™-protokolla sisään poltettuna. Neuron®-prosessoreita on kauan ollut vain kahta tyyppiä: 3120 ja 3150, mutta nyt hiljattain on tullut markkinoille uudensukupolven Neuron® 5000 -prosessori.

Neuron® 5000 -prosessori on täysin yhteensopiva vanhan arkkitehtuurin kanssa. Uusi prosessori on monin tavoin edistyneempi kuin vanhat. Siinä on esimerkiksi enemmän muistia, se on nopeampi, se sisältää neljä prosessoria kolmen sijaan, ja käyttöjännite on viiden voltin asemasta 3,3 V. Prosessorit ovat: *Media-Access Control (MAC)* -prosessori, *network (NET)* -prosessori, *application (APP)* -prosessori. Korkeammilla kelloaajuuksilla piirin 5000 neljäs prosessori käsittelee keskeytyksiä.

Piiriä 3120 on ollut saatavilla erikokoisilla sisäisellä muistilla varustettuna, joista suurin on ollut 12 kilobittiä. Piirissä 3150 ei ole omaa sisäistä muistia, vaan se on varustetuna ulkoisella muistilla. Uudessa Neuron® 5000 -piirissä on sisäistä muistia 16 kilobittiä ja se voidaan myös varustaa ulkoisilla muisteilla. Kaikille Neuron® piireille on myönnetty ISO/EIC 14908-1 kommunikaatioprotokolla-standardi. [1; 2.]

Siirtoteinä LON-väylässä voidaan käyttää monia eri tyyppisiä, kuten parikaapeli, valo-kaapeli, koaksiaalikaapeli, sähköverkko, infrapuna ja radiotaajuus. Tiedonsiirtonopeus käytettäessä Neuron® 5000 -piiriä parikaapelissa FT 5000 Smart Transceiverillä (lähetin-vastaanotin) on 78 kbit/s, ja se on täysin yhteensopiva TP/TF-10 kanavan kanssa ja se pystyy kommunikoimaan laitteiden, jotka käyttävät Echelonin FTT-10/FTT-10A Transcevereitä, FT 3120/3150 Smart Transcevereitä ja LPT-10/LPT-11 Link Power Transcevereitä kanssa. TPT-1250 ratkaisulla saadaan suurin tiedonsiirtonopeus 1,25 Mbit/s. Valokaapelilla siirtonopeudet ovat 78 kbit/s tai 1,25 Mbit/s. Sähköverkossa nopeus on 4,8 kbit/s taajuudella 125 - 140 kHz, radiotaajuuksilla 4,8 kbit/s ja infrapunalla 9,6 kbit/s. [2.]

LonWorks™-tekniikkaa voidaan käyttää rakennusautomaatiossa lämmönsäädön, läsnäolon, ilmastoinnin ja valaistuksen ohjaukseen. Mahdolliset, mutta vähälle toteutukselle jääneet sovellukset ovat kulunvalvonnan- ja lukituksenohjaukset, rikos- ja palohälytyssovellukset, johtuen osittain toteutuksia hidastavista viranomais määräyksistä.

Nykyään LonWorks™-tekniikka on Suomessa hyvin vähäisessä käytössä ja suurimmaksi osin uudet väylätekniikat ovatkin syrjäyttäneet LonWorks™-tekniikan uusien järjestelmien toteutuksessa lähes kokonaan. [1.]

## 5 Integraatio

Perinteisesti rakennusautomaatiojärjestelmiä on rakennettu yksinkertaisilla I/O-ohjauksilla mutta nykyään on aloitettu panostamaan entistä enemmän väylätekniikoihin ja näiden integraatioon. Laajamittaisen väylätekniikan käyttö rakennusautomaation sovelluksissa on kuitenkin suhteellisen uusi asia, joten on myös olemassa lukuisia eri osapuolien kehittämiä erilaisia väyliä ja väylästandardeja. Tämä käytettyjen väylien laaja kirjo on johtanut siihen, että eri väyläprotokollia käyttäviä laitteita, ja järjestelmiä on lukuisia, jolloin vastaan tulee välttämättömästi väylien yhteensovittamisen tarve eli integraatio.

Integroinnissa pyritään saavuttamaan automaatiojärjestelmien kokonaisuuden helpompi hallittavuus, kun eri järjestelmiä voidaan hallita yhdestä valvomosta käsin. Tällöin myös henkilöstön määrää saadaan vähennettyä, kun järjestelmää käyttämään ei tarvita useita eri henkilöitä.

Järjestelmien kaapelointimatkat lyhenevät huomattavasti kun yhdessä kaapelissa saadaan siirrettyä paljon erilaista dataa eikä jokaiselle toiminnolle tarvitse vetää omaa kaapelia. Myös käyttöjännitteet ja data voidaan useassa järjestelmässä siirtää samaa kaapelia pitkin. Energiatehokkuusluokkaa saadaan näin ollen parannettua kun toiminnallisuuksia voidaan yhdistää. Tällöin saadaan myös rakentamisen kustannuksia alas päin ja rakentamiseen kuluva aikaa saadaan lyhyemmäksi, koska järjestelmä voidaan suunnitteleamalla esivalmistella entistä paremmin.

Integroiduissa avoimen protokollan järjestelmissä saadaan järjestelmään soveltuvien laitteiden valikoimaa suuremmaksi. Järjestelmiin voidaan helposti lisätä uusia laitteita miltä tahansa valmistajalta, jotka ovat valmistaneet laitteensa kyseisen väylästandardin mukaisesti. Kaapelointia ei yleensä tarvitse huomattavasti lisätä uusia laitteita lisättäessä, vaan väylä voidaan katkaista halutusta kohdasta ja yhdistää laite väylälle. Tällöin laitteen lisääminen aiheuttaa pääasiassa hieman ohjelmointityötä, millä lisätty laite ja ominaisuudet otetaan käyttöön, mutta fyysiset muutokset ovat suhteellisen vähäisiä.

Paras tapa olisi käyttää kiinteistössä vain yhtä väyläprotokollaa, jolloin ennalta arvaamattomia ongelmia saadaan vähennettyä. Usein tämä ei kuitenkaan ole mahdollista, kun halutaan yhdistää toiminnallisuuksia, joihin jokin toinen väylä on parempi kuin toinen.

Saneerauskohteissa, joissa on ollut käytössä jokin tietty väylä, mutta johon remontin yhteydessä asennetaan myös jokin toinen väylä, integrointi on useasti paljon järkevämpi vaihtoehto kuin se, että vanha järjestelmä purettaisiin kokonaan ja tilalle rakennettaisiin uusi järjestelmä. Varsinkin pitkällä aikavälillä kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmä voi koostua hyvinkin monesta väylätekniikasta, jotka ovat integroitu keskenään.

Teoriassa eri järjestelmien integraatio onnistuu yleensä hyvin. Käytännössä integraatioon tulee kuitenkin vastaan paljon ongelmia. Suuri ongelma on, että koska eri väyliä on paljon, ja ne ovat koodikieleltään monimutkaisia, ei löydy helposti ihmisiä, jotka osaisit monen väylän ominaisuudet tarpeeksi hyvin, jotta integraatio onnistuisi helposti ja nopeasti. On myös havaittavissa, että eri toimijoiden yhteistyössä on puutteita. Toimijat haluaisivat tietenkin, että käytettäisiin heidän laitteitaan ja järjestelmiä, jolloin rahat kilisivät omaan kassaan eikä kilpailijalle.

Markkinoilla on myös laitteita ja järjestelmiä, joiden väylämäärittelyt ovat itsessään huonosti toteutettuja. Kun näitä sitten yritetään integroida toiseen järjestelmään, se ei onnistukaan, niin kuin teoriassa pitäisi olla mahdollista.

Pienet projektit onnistuvat huomattavasti jouhevammin, kun projektia on hoitamassa vain muutama henkilö, ja kokonaisuus on helposti käsitettävissä. Suurien projektien yhteydessä, jossa on paljon eri suunnittelijoita ja muita toimijoita ja kokonaisuus on laajuudessaan vaikeasti käsitettävissä, voidaan joutua tilanteeseen, jossa kenelläkään ei ole tarpeeksi tarkkaa kuvaa koko järjestelmäkokonaisuudesta, jolloin tämä aiheuttaa sekaannuksia. Tässä tilanteessa myös vastuukysymykset nousevat esille, joten integroitujen järjestelmien toteutuksessa on tärkeää myös yksityiskohtaisten sopimusten laatiminen ennen projektin aloitusta kunkin toimijan vastuista.

Integroitujen järjestelmien huolto voi pidemmän päälle olla ongelmallista, kun monia eri järjestelmiä on yhdistetty. Tällöin tarvittaisiin laajan integroitujen järjestelmien ja väylien osaamisen omaavaa henkilöä, mutta sellaisia henkilöitä voi olla vaikea löytää. Päivitysten yhteydessä on mahdollista menettää järjestelmien yhteensopivuus toistensa kanssa, kun jonkin tietyn järjestelmät parametrit muuttuvat päivityksen yhteydessä. Tällöin pahimmassa tapauksessa ohjelmointityöt voidaan joutua aloittamaan alusta asti uudestaan.

Tapauksissa, jossa perus RAU-huoltomies ei omaa tarpeeksi laajaa asiantuntemusta järjestelmän muokkauksesta, joudutaan tilaamaan ulkopuolinen ja kallis asiantuntija korjaamaan ongelmat. Tällaisessa tilanteessa tulee taas vastaan se, että kenen vastuulla on maksaa kalliin asiantuntijan käytöstä, kun järjestelmät eivät syystä tai toisesta toimi suunnitellusti.

Suunnittelussa tulisi kiinnittää huomiota entistä laajempaan ja syvempään keskusteluun laitevalmistajien kanssa, jolloin saadaan syvempi tuntemus laitteen ominaisuuksista ja käyttömahdollisuuksista. Hankinnan kilpailutukseen tulisi myös panostaa ja laitehankintojen keskittämällä pienemmälle määrälle eri toimijoita ehkäistään useita yhteensopivuus- ja toimivuusongelmia. Myös laitehyväksymismenettelyjä tulisi kehittää, jotta ne vastaisivat paremmin tarkoitustaan ja tarkoitukseensa epäsovivien laitteiden hankintaa ei pääsisi tapahtumaan

Suunnittelun alusta asti tulisi huomioida energiatehokkuutta ohjauksien integraatiolla, kuten esimerkiksi lämmityksen ja valojen ohjauksenvalvonnan avulla. Kaapeloinnin minimoimiseen, toiminnallisuuksien mahdollisella yhdistämisellä samaan ohjaimen ja väylien integrointia samaan ohjaukseen, tulisi mahdollisuuksien mukaan miettiä kattavasti jo suunnitteluvaiheissa. Jopa fyysisten järjestelmien, kuten putkien yms. järjestelmien integrointia tulisi parantaa, joten eri alojen suunnittelijoiden keskinäinen keskustelu eri järjestelmien toteutuksesta olisi hyvä olla alusta asti säännöllistä ja perinpohjaista. [Haastattelulomake ja vastaukset, ks. liite 3.]

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena, oli kartoittaa mitä väylätekniikoita on yleisimmin käytössä rakennusautomaatiojärjestelmissä ja kuinka näiden integraatio toistensa kanssa on mahdollista. Ongelmana on, että väylätekniikoita on useita, ja näiden rajapintojen yhteensovittaminen on vaikeaa. Tarkoituksena oli saada koostettua aineistoa, joka tukisi suunnittelijoiden tarvetta tietää, mitä asioita olisi hyvä ottaa huomioon väyläjärjestelmiä ja -integraatiota suunnitellessa.

Työn tuloksena saatiin koottua väylien teoreettisia ominaisuuksia yksiin kansiin, laadittua taulukko, joista suunnittelija näkee helposti väylien tärkeimpiä ominaisuuksia ja ohjeita, mihin asioihin kannattaa erityisesti suunnittelussa kiinnittää huomiota. Työssä pohdittiin myös integraation ongelmia, mistä ne johtuvat ja kuinka näitä voitaisiin välttää kirjallisuuden ja haastatteluiden perusteella. Haastateltujen toimijoiden palveluista ja järjestelmien ominaisuuksista koostettiin heidän osaltaan taulukko.

Kenttäväyläprotokollia on useita erilaisia ja monilla eri ominaisuuksilla varustettuja. Työssä perehdyttiin tarkemmin seitsemään yleisimmin käytössä olevaan väyläprotokollaan ja näiden integrointiin. Merkittäviä asioita väyläjärjestelmiä rakennettaessa ovat väylän enimmäispituus, väyläliittyjien enimmäismäärä, väylän kautta siirrettävän datan määrä ja integrointimahdollisuudet muihin järjestelmiin.

Työn aikana huomattiin, että väylästä riippuen väylän pituudet vaihtelevat muutamasta sadasta metrillä jopa kilometreihin. Pitkissä väylissä saatetaan kuitenkin tarvita useita toistimia, joilla väylän pituus ja liittyjien lukumäärä saadaan suuremmaksi.

Kenttäväylien tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat useimmiten muutamasta kilobitistä pariin sataan kilobittiin riippuen käytetystä siirtotiestä ja siirrettävän datan tyypistä.

Integroinnin osalta huomattiin, että vaikka väylien yhteensovittaminen olisi teoriassa yksinkertaista ja helppoa, tätä se ei kuitenkaan käytännössä aina ole. Alusta asti uusien integroitujen järjestelmien rakentaminen on helpompaa kuin vanhojen järjestelmien saneeraus, koska tällöin pystytään rakentamaan täysin uutta omilla, hyväksi todetuilla menetelmillä ja laitteilla.

Saneerauksissa täytyy, usein tekijälle tuntemattomampaa, järjestelmää muokkaamalla yrittää päästä haluttuun lopputulokseen, ja jos asennettu laitekanta on vanhentunutta ja rinnalle vain lisätään uusia laitteita, voi tämä aiheuttaa ongelmia. Uusimalla kaikki laitteet vähennetään tätä ongelmaa, mutta samalla myös kustannukset saattavat kasvaa, mikä ei tietenkään ole haluttua.

Ongelmia aiheuttavat tekniset seikat, kuten huonosti väylämäärittelyjä tukevat laitteet ja useiden eri valmistajien laitteiden yhteensovitus. Pitkällä aikavälillä tarkasteltuna hyvin toteutetut järjestelmät voivat mennä sekaisin erilaisten päivitysten ja järjestelmän muokkausten seurauksena, varsinkin jos työtä tekevät useat eri toimitsijat. Päivitykset voivat huomaamatta sekoittaa jo aikaisemmin aseteltuja parametreja ja kun muokataan vain jotain pientä osa-aluetta, eikä oteta huomioon kokonaisuutta tarpeeksi laajasti, voidaan toisistaan riippuvaisten säätöjen ja mittausten toimivuus yhdessä pilata.

Ongelmia esiintyy myös muualla kuin teknisissä asioissa. Projektia voi olla liian monta henkilöä hoitamassa, jolloin suunnitelmat menevät sekaviksi, eikä kukaan enää oikein hahmota kokonaisuutta täysin. Vastuurajapintojen määrittelyn puutteellisuus ja eri osapuolten yhteistyöhaluttomuus ovat myös yleisiä ongelmia.

Suunnittelijoiden, laitetoimittajien ja urakoitsijoiden välisen keskustelun vähäisyys aiheuttaa ongelmia, jos suunnittelija ei täysin tiedä, mitä on teknisesti kyseisen toimittajan laitteilla mahdollista toteuttaa. Laajemmalla ja syvällisemmällä keskustelulla eri osapuolten välillä saataisiin monia ongelmia poistettua.

Insinööriyössä oli alunperin tarkoitus selvittää laajemmin myös rakennusautomaation integraatiomahdollisuuksia eri järjestelmien, kuten kulunvalvonta-, rikosilmoitus- ja palo-ilmoitusjärjestelmien kanssa ja pohtia rakennusautomaatiovalvomon ja etäluennan ja



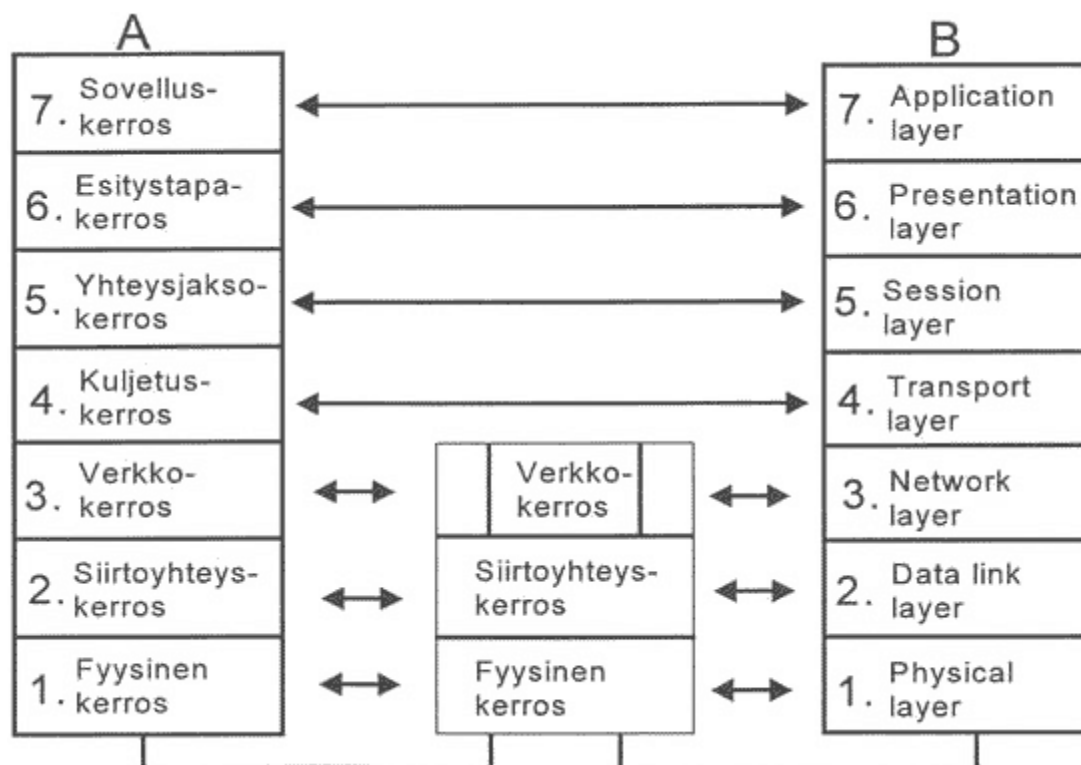
etäkäytön roolia integroinnissa. Työn edetessä kuitenkin huomattiin, että aihealueen laajuus on, jo ilman edellä mainittujen asioiden tarkempaa tarkastelua, riittävän laaja.

Tarkempi kulunvalvonta-, rikosilmoitus- ja paloilmoitusjärjestelmien ja rakennusautomaatiovalvomon ja etäluennan/-käytön selvitys olisi vaatinut huomattavan suuren lisäpanostuksen ja vienyt kohtuuttoman paljon aikaa ottaen huomioon insinööriyön nykyisen laajuuden. Mainittujen asioiden tarkempi tutkiminen olisi kuitenkin suotavaa ja hyödyllistä tehdä.

## Lähteet

- 1 Riikkula, Jukka. 2001. ST-kortti 711.30 Kenttäväyläteknikka. Espoo: Sähköinfo Oy
- 2 Overview. Verkkodokumentti. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/Overview/index.html>>. Luettu 3.6.2011
- 3 Goldschmidt, Ira. The Development Of BACnet™. Verkkodokumentti. ASHRAE SSPC 135. <<http://www.bacnet.org/Bibliography/SPEE-11-98.html>>. Luettu 3.6.2011
- 4 Piikkilä, Veijo & Sahlsten, Toivo. 2006. Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. Espoo: Sähköinfo Oy
- 5 Rintala, Matti. 2000. TCP/IP-protokollat. Verkkodokumentti. <<http://koti.mbnet.fi/mrin/paattotyto/index.html>>. 31.3.2001. Luettu 20.7.2011
- 6 Piikkilä, Veijo. 2009. ST-kortti 701.60 Kenttäväyläteknikka. Espoo: Sähköinfo Oy
- 7 Voutilainen, Samu Oskari. 2010. Dali - Digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä. Imatra: Saimaan Ammattikorkeakoulu
- 8 M-Bus- järjestelmän suunnitteluohjeet 2009. 2009. Verkkodokumentti. Saint-Gobain Pipe Systems Oy. <[www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=24](http://www.sgps.fi/linkkitiedosto.asp?taso=2&id=24)>. Luettu 20.7.2011
- 9 Neuron 5000®. 2009. Verkkodokumentti. Echelon Corporation. <[http://www.echelon.com/support/documentation/datashts/14305R\\_Neuron\\_5000\\_Processor.pdf](http://www.echelon.com/support/documentation/datashts/14305R_Neuron_5000_Processor.pdf)>. 1.3.2009. Luettu 2.6.2011
- 10 OSI-malli. 2002. Verkkodokumentti. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. <[http://www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/fin/yleista/osi\\_malli.html](http://www.ratol.fi/opensource/lahiverkot/fin/yleista/osi_malli.html)>. 31.10.2002. Luettu 15.7.2011

## OSI-viitemalli



Kuva 20. ISO:n (International Organization for Standardization) OSI-malli [6]

1. Fyysinen kerros / physical layer.

Huolehtii bittivirran siirtämisestä fyysisen median yli. Sen määrittelyihin kuuluvat liittimet, johtokoodit, jännitetasot ja toiminnalliset määrittelyt. Fyysinen kerros on ainoa kerroksista, joka sisältää konkreettisia nähtävissä olevia asioita. Muilla kerroksilla datansiirrosta huolehditaan ohjelmistojen avulla.

2. Siirtoyhteys- tai siirtokerros / data link layer.

Huolehtii tiedon luotettavasta siirtämisestä fyysisistä siirtotietä pitkin.

3. Verkkokerros / network layer.

Huolehtii pakettien reitittämisestä usein pitkän ja erilaisista aliverkoista koostuvan yhteyden yli.

4. Kuljetuskerros / transport layer.

Tarjoaa suoran yhteyden liikennöivien järjestelmien välillä ja samalla häivyttää näkyvistä alla olevat siirtojärjestelmät. Kuljetuskerroksen protokollat tarjoavat usein myös virheenkorjauksen.

5. Yhteysjakso- tai istuntokerros / session layer.  
Muodostaa ja purkaa yhteydet liikennöivien sovellusten välillä sekä jaksottaa liikenteen yhteyden aikana loogisiin osiin.
6. Esitystapakerros / presentation layer.  
Määrittelee siirron aikana käytettävän esitystavan ja sen miten siitä neuvotellaan.
7. Sovelluskerros / application layer.  
Määrittelee tietoliikennesovellukset, joita varten koko yhteys luodaan. Sovelluksia ovat esimerkiksi sähköposti, tiedostonsiirto ja päätekäyttö.



**INSINÖÖRITYÖN  
KYSYMYSLOMAKE  
AUTOMAATIOURAKOITSIJALLE  
JA LAITEVALMISTAJALLE**

**YRITYS:**

**BEUP Automation Oy**

**Fidelix Oy**

**Honeywell Oy**

**Siemens Oy**

**Arealtec Oy**

**Beckhoff Automation Oy**

Jesse Ylitalo  
Granlund Oy  
010 759 2102  
050 315 2723  
jesse.ylitalo@granlund.fi





## Järjestelmä

### ○ Mitä väyläprotokollaa käytätte järjestelmässänne?

- Beup Automation Oy
  - Bacnet/IP
- Fidelix
  - Modbus
- Honeywell
  - Honeywell C-bus XL-5000 järjestelmässä, kenttäväylä LON, IP-pohjaisissa BACnet, Ip station ja serverien välisessä tietoliikenteessä
- Siemens
  - Pääsääntöisesti BACnet, eräässä kohteessa runkona BACnet ja kentällä KNX ja Dali
- Arealtec
  - Trend
- Beckhoff
  - Beckhoff tukee useita eri väyliä ja protokollia

Runkoverkkona useimmissa toimii Ethernet TCP/IP

### ○ Mitä muita väyläprotokollia järjestelmänne tukee suoraan?

- Beup Automation Oy
  - Laajennuskorteilla M-bus ja Modbus RTU
- Fidelix
  - M-bus, muut liittäneet LONia, TCP/IP, (OPC server → enemmälti teollisuusväylä)
- Honeywell
  - Modbus
- Siemens
  - LON, Modbus, KNX, Dali, M-bus
- Arealtec
  - BACnet





- Beckhoff
  - Ethernet: TCP/IP, Modbus TCP, Bacnet
  - Langaton: EnOcean
  - RS232/422/485
  - KNX, LON
  - Valaistus: DALI/DSI, DMX
  - M-Bus, MP-Bus
  - (teollisuus: OPC, OPC UA, Profibus, DeviceNet...)
  
- **Mitä protokollaa suositte runko-/kenttäväylässä?**
  - Beup Automation Oy
    - BACnet/IP
  - Fidelix
    - Runko: TCP/IP Kenttä: ModBus, mittarointiin M-Bus
  - Honeywell
    - XL-5000: C-Bus
    - Muuten BACnet/IP
  - Siemens
    - BACnet
  - Arealtec
    - TCP/IP DDC:ssä
    - BACnet MS/TP tai ModBus RS485 huonesäädöissä ja hajaute-  
tussa I/O:ssa
    - Mittarointi: M-Bus
  - Beckhoff
    - Ethernet: TCP/IP, Modbus TCP, Bacnet
  
- **Mitä väyläliityntöjä järjestelmään kuuluu vakiona?**
  - Beup Automation Oy
    - BACnet/IP, Laajennuskorteilla M-bus ja Modbus RTU
  - Fidelix
    - TCP/IP, ModBus, M-Bus
  - Honeywell
    - C-Bus, BACnet, LON, ModBus





- Siemens
  - LON, Modbus, KNX, Dali, M-bus
- Arealtec
  - TCP/IP, BACnet IP ja MS/TP
- Beckhoff
  - Ohjain voidaan valita väylä perusteella jolloin voi sanoa että löytyy useita eri väyliä vakiona
  - Pääsääntöisesti Ethernet-liitännäiset
- **Keiden valmistajien laitteita järjestelmänne tukee?**
  - Beup Automation Oy
    - kaikkien BACnet, M-bus ja Modbus RTU valmistajien laitteita
  - Fidelix
    - useiden kymmenien valmistajien kanssa yhteensopiva esim. Danfoss, Camstrupp, ABB, Vacon, Fläkt, Siemens
  - Honeywell
    - Kaikkia jotka tekevät laitteensa em. protokolla-standardien mukaan
  - Siemens
    - Kaikkia jotka tekevät laitteensa em. protokolla-standardien mukaan
  - Arealtec
    - Kaikkia jotka tekevät laitteensa em. protokolla-standardien mukaan
    - Trend-tuoteperheen laitteita
  - Beckhoff
    - Kaikkia jotka tekevät laitteensa em. protokolla-standardien mukaan
- **Kuinka monta segmenttiä järjestelmässänne voi enintään olla? (Suositus)**
  - Fidelix
    - Yhteen ala-asemaan 3 kpl RS-485 kautta ja 5 kpl IP:n kautta







- Honeywell
    - Riittävästi..
  - Siemens
    - Riippuu segmentistä. Jokaisella väylällä on omat rajoitteensa..
  - Arealtec
    - TCP/IP:n rajoitukset
  - Beckhoff
    - Määrä määräytyy Ethernet-verkkorakenteen mukaisesti
- **Kuinka monta laitetta järjestelmässänne voidaan enintään liittää segmenttiin? (Suositus)**
- Fidelix
    - Modbus: teoreettisesti 250/segmentti, I/O-moduuleja 63/segmentti
  - Honeywell
    - Riittävästi
  - Siemens
    - Riippuu segmentistä. Jokaisella väylällä on omat rajoitteensa..
  - Arealtec
    - TCP/IP:n rajoitukset
  - Beckhoff
    - Ohjaimia löytyy useaan eri teholuokkaan, jolloin yhden ohjaimen perään voidaan liittää esimerkiksi useita eri I/O-terminaaleja sekä kenttäväyläliityntöjä. Ohjain valitaan aina tarpeen mukaisesti.
- **Järjestelmänne tiedonsiirtonopeus?**
- Fidelix
    - Riittävä
    - Modbus 9,6-57,6 kbit/s, VAKEissa 100 Mbit verkkokortti
    - Numeeriset arvot vain suuntaa antavia, eivät kerro järjestelmän koko totuutta
  - Honeywell
    - C-Bus: 76,8 kbit/s





- BACnet: Riittävä..
- Modbus: 76,8 kbit/s
- IP: Riittävä.. (Rajoitteena pistepalvelimien "point Server" kapasiteetti joita lisätään tarpeen mukaan)
- Siemens
  - Riippuu väylästä, yleensä käytetään ATK-verkkoa jossa nopeus ei ole relevantti asia
- Arealtec
  - TCP/IP: 10 Mbit/s
- Beckhoff
  - Ethernet: 10/100/1000 Mbit/s
  - Muissa riippuu käytettävän väylän nopeudesta
- **Järjestelmänne vahvuudet/heikkoudet?**
  - Beup Automation Oy
    - Vahvuudet: Modulaarisuus, natiivi BACnet/IP, graafinen Web-käyttöliittymä vakiona...
  - Fidelix
    - Vahvuudet: PC/selain-pohjainen, käyttää nopeasti ja suurilla voluumeilla kehittyvää tekniikkaa, luotettava koska järjestelmä tunnetaan alusta loppuun, helppokäyttöinen(kosketusnäyttö), integroitavuus murto/kulunvalvonnan kanssa
    - Heikkoudet: Huollon puute, visuaalinen ilme, käyttöliittymän viimeistely
  - Honeywell
    - Vahvuudet: Distributed System Architecture eli eri osajärjestelmien serverit hoitavat oman hommansa eikä vikaantumisen vaikuta muihin osajärjestelmiin, redundanttisten serverien mahdollisuus, mahdollisuus integroitua teollisuusautomaatiojärjestelmään
    - Heikkoudet: Ei heikkouksia





- Arealtec
  - Vahvuudet: Tuotteistettu ja hyvin dokumentoitu järjestelmä, Arealtec toimii myös Trendin järjestelmä integraattorina tarkoittaen että voi tehdä myös ajureita Trend-järjestelmään
  - Heikkoudet: Iso toimija takana (Honeywell) → massa hidastaa asioita
- Beckhoff
  - Vahvuudet: Vapaa ohjelmitavuus, tuki useille eri väylille ja protokollille, helposti muutettava I/O-terminaali kokonaisuus, muunneltavuus käytönaikana, etäkäyttö ominaisuus, ...
  - Heikkoudet: Ei oikein ole, järjestelmä ei juurikaan aseta rajoituksia suunnittelulle

## Käytetyt väylät

- **Väyliä pääkäyttöalue väyläkohtaisesti? (Valaistus, lämpösäätö, LVI-ohjaukset...)**
  - Fidelix
    - Modbus kaikkeen kommunikaatioon
  - Honeywell
    - LVI-säätö: C-bus, BACnet, LON
  - Siemens
    - Ei yksiselitteistä vastausta, paras käyttää yhtä väylää kiinteistöissä
  - Arealtec
    - DDC-järjestelmät: järjestelmän pääsäädot
    - Huonesäätö: Huonekohtaiset säädot
    - Hajautettu I/O: Erillispisteet, kuten kerrospellit, - valaistukset ja palopelti hälytykset
  - Beckhoff
    - Valaistus: DALI, DMX, KNX, EnOcean
    - Lämmitys: Modbus RTU, EnOcean, KNX...





- LVI-ohjaukset: Modbus RTU/TCP
  - Näiden lisäksi järjestelmästä löytyy I/O-terminaalit joilla voi ohjata ilman väyläliityntääkin
- **Mitä väyliä mielestänne kannattaa ylipäättään käyttää LVI-ohjauksiin?**
- Fidelix
    - Modbus
  - Honeywell
    - LON, BACnet, Modbus
  - Siemens
    - Standardin mukaisia
  - Arealtec
    - Edellä kerrotut: Modbus RS485, TCP/IP, BACnet MS/TP
  - Beckhoff
    - Järjestelmässämme liitämme LVI-ohjaukset suoraan omaan ohjaimemme ja siitä eteenpäin voimme kommunikoida esim Ethernetiä pitkin valvomoon tai muihin laitteisiin. Tarpeen vaatiessa liitymme muihin järjestelmiin / laitteisiin vaaditulla väylällä
- **Mitä väyliä käytätte kulutusmittauksissa? (Lämpö-, sähkö-, vesi-, ...mittaukset)**
- Fidelix
    - Modbus, M-bus oma vedenmittausjärjestelmä
  - Honeywell
    - LON, Modbus, M-bus
  - Siemens
    - Modbus, M-bus
  - Arealtec
    - M-bus toistaiseksi, koska laitevalikoima on laaja mutta myöskään Modbus ei ole pois suljettu vaikka laitteita ei löydy yhtä helposti





- Beckhoff
  - I/O-terminaalina löytyy KL3403 tehonmittauskortti (liityntä suoraan ohjaimeen)
  - M-Bus, Modbus RTU, pulssilaskenta
- **Väyliä vahvuudet?**
  - Fidelix
    - Modbus: Pitkään käytössä olleita ja toimivia ratkaisuja, ei lisenssimaksua, toimintavarma, ei häiriöherkkä (kohtuullisesti)
    - M-bus: kulutusmittaukset luotettavia koska suoraan mittareilta
  - Honeywell
    - Avoimuus
  - Arealtec
    - TCP/IP: halvat komponentit, käyttövarmuus hyvä, osajia löytyy, mahdollistaa etäyhteydet alakeskusverkkoon
    - RS485 pituus 1200m riittää useimpiin sovelluksiin, mutta käyttöjännitteen saaminen voi olla haasteellista
    - M-bus: vahva väylä (hurjat enimmäispituudet), tukee yhdistelmätopologiaa, mittarit saavat syötön väylän kautta (>20 VDC)
  - Beckhoff
    - Väyläliitynnät helpottavat kaapelointia ja säästävät täten kustannuksissa
    - Mikäli laitteet/järjestelmät ovat standardien mukaisia mahdollistetaan eri valmistajien laitteiden integrointi
- **Väyliä heikkoudet?**
  - Fidelix
    - Nopeus (järjestelmien kasvaessa suureksi esim. 30 taajaria), tuo lisähaastetta järjestelmien ylläpitoon, eri valmistajien laitteiden huolto periaatteessa vain ko. toimesta, LVIS-järjestelmien "isojen" säätöjen (lämmitys-, jäähdytysjärjestelmät..) huolto huoltomiesten kannalta vaikeaa varsinkin jos kooneissa omia säätimiä, suunnitelmissa piirretään usein vain





väylä-liityntä (ei sanota mitä tietoja halutaan ja joskus halutaan sellaista mitä ei voi saada)

- Honeywell
    - Mikään väylistä ei ole kaiken kattava
  - Arealtec
    - TCP/IP kaapelointi matkat CAT5/6 luokassa
    - RS485 hankalasti mitattavissa, tiukka topologia
    - M-bus enimmäismitta vaikeasti määriteltävissä
  - Beckhoff
    - Toisinaan järjestelmät/laitteet eivät ole täysin standardin mukaisia
- **Yleisimmät pullonkaulat?**
- Fidelix
    - Versioiden hallinta, eri osapuolten osaaminen
  - Honeywell
    - Verkkojen ja väylien suunnitteluun/dokumentointiin panostaminen ts. jos väylien ominaisuudet otetaan huomioon jo suunnittelussa ei ongelmia yleensä ole
  - Arealtec
    - Ei ole nykyään
  - Beckhoff
    - Usein tarve saada laitteet keskustelemaan eri väylien välillä, jolloin tulee tarve ohjausjärjestelmille jotka voivat toimia "integroitilustoina"
- **Reaalinen liittyjien määrä? (Esim. teoriassa voidaan liittää 100kpl mittauksia/laitteita, mutta käytännössä kannatta liittää vain 40, jotta järjestelmä toimii riittävällä varmuudella ja nopeudella.)**
- Fidelix
    - Laitetoimittajien määrämät nopeudet rajoittavat, teoreettista enimmäismäärää vaikea eikä järkevää saavuttaa
  - Siemens
    - Riippuu väylästandardista





- Arealtec
  - riippuu ihan täysin sovelluksesta, jotta voidaan antaa kattavaa vastausta. Esimerkiksi Trendin LonWorks huonesäätimien teoreettinen maksimi on 64 / segmentti. Yleisesti suositellaan 40 kpl LON-laitteita per segmentti, mutta Trendin laitteita voi huoletta asentaa maximimäärän
- Beckhoff
  - Riippuu väylästandardista ja vaaditusta nopeudesta

## Integrointi

- **Mihin muihin järjestelmiin/protokoliin omalla järjestelmällänne voi integroitua?**
  - Fidelix
    - XLM-Web service ylemmällä tasolla (Ryhti, Tampuuri..), OPC-rajapintaan
  - Honeywell
    - Mahdollisuus toimia BACnet serverinä ja OPC-Clientinä/serverinä
  - Siemens
    - Kaikkiin BACnetiä käyttäviin järjestelmiin (standardi)
  - Arealtec
    - Satoihin (Trend TONN sovellus, joka on Tridium Niagaran moottorilla ja sen ajurit käytettävissä)
  - Beckhoff
    - Beckhoff ohjausjärjestelmä perustuu avoimeen ja vapaasti ohjelmoitavaan automaatioon. Järjestelmämme tukee useita eri standardoituja ja yleisesti käytössä olevia kenttäväyliä ja protokollia, joita voidaan vapaasti liittää osaksi ohjausjärjestelmää kunkin kohteen tarpeiden ja suunnitelmien mukaisesti.
    - Tuemme useita eri laitteita, anturi- ja toimilaiteliityntään voidaan käyttää yleisesti käytössä olevia signaaleja (DI/DO: 24V,





230V, 400V sekä AI/AO: 0/4..20mA, +-10V, 0..10V, termoelementti, vastusmittaus,...)

- Lisäksi siis väylien kautta huonesäätimiä, valaisimia,...

○ **Tuetut laitteet? (Omat ja muiden valmistajien laitteet)**

- Honeywell
  - Laaja valikoima omia laitteita ja tukee myös kaikkia avoimia laitteita ja järjestelmiä
- Siemens
  - Laaja valikoima omia laitteita joita pääasiassa käytetään, mutta rajoitteita ei ole
- Arealtec
  - Ks. edellinen, toisaalta kokemuksia vain harvoista
- Beckhoff
  - Tuemme useita eri laitteita, anturi- ja toimilaiteliityntään voidaan käyttää yleisesti käytössä olevia signaaleja (DI/DO: 24V, 230V, 400V sekä AI/AO: 0/4..20mA, +-10V, 0..10V, termoelementti, vastusmittaus,...)
  - Lisäksi siis väylien kautta huonesäätimiä, valaisimia,...

○ **Oma tuotetarjontanne?**

- Fidelix
  - RAU-skaala järjestelmän kannalta, ala-asemat, valvomo-ohjelmisto, grafiikat, trendit, prosessorit, I/O-moduulit, huonesäätimet, lämpötila-anturit, näytöt, rikosilmoitinjärjestelmät (kamerat alihankkijalta)
- Honeywell
  - Lukuisia mittareita, säätimiä, antureita ja kokonaisia järjestelmiä
- Siemens
  - Tuotteita löytyy alusta loppuun, antureista järjestelmäkokonaisuuksiin







- Arealtec
  - Trend alakeskukset (TCP/IP, BACnet IP tai MS/tp tai 4-20 mA virtasilmukalla)
  - Trend XNC alakeskukset Arealtec Oy ajureilla
  - Trend TONN Tridium Niagara ajureilla
  - 963 valvomo-ohjelmisto TOPS ajurilla (Trend Open Protocol Server), mm. BACnet laitteiden liitos suoraan valvomoon.
- Beckhoff
  - Ohjelmoitavat logiikat ja I/O-terminaalit
  - Valvomo-ohjelmisto (myös liitynnät 3. osapuolen valvomoon esim. OPC)
  - Kenttäväyläliityntäterminaalit
  - Kosketusnäytöt ja paneeli PC
- **Videovalvonta-, rikosilmoitus-, paloilmoitus- ja kulunvalvontajärjestelmän integrointi rakennusautomaatiojärjestelmään? (Mitä/miten toteutettu? onnistuiko integrointi suunnitellusti?)**
  - Fidelix
    - Turvajärjestelmiin panostettu, useita kohteita toteutettu onnistuneesti
  - Honeywell
    - Useita kohteita toteutettu onnistuneesti
  - Siemens
    - Siemens tuoteperheen sisällä BACnetillä onnistuu helposti, kuitenkin myös integroituminen Simatic teollisuusautomaatiojärjestelmään
  - Beckhoff
    - Kamerajärjestelmät Ethernetin välityksellä
    - Rikos- ja paloilmoitinjärjestelmät väylän tai välityksellä tai karkitietona
    - Kulunvalvonta voidaan toteuttaa omilla ohjaimilla ja tarvittavat ohjukset tietokantaan syötetyillä kulkuoikeuksilla





○ **Integroinnin ongelmakohtia yleisesti?**

- Fidelix
  - RAU → Turvajärjestelmät: Markkinoilla esteitä (hankinta menettelyt, eri suunnittelijat eri suunnittelualoilla, suunnittelun hajanaisuus), integrointi tuotetarjonta (pieni bisnes, lisäsaatus huoltoon yms.), kysynnän puute (jos kysyntä kasvaa niin tarjontaa riittää)
  - Integroitujen järjestelmien huollon hankaluus, johtuen laajan integroitujen järjestelmien osaamisen omaavien henkilöiden vähyydestä
  - Fidelixin vahvuutena oma kulunvalvonta/rikosilmoitinjärjestelmä (poislukien kamerat), yhdistyy Ethernet tasolla, salasanoilla eriytetyt pääsyt toimintoihin
- Honeywell
  - Yhden toimittajan kanssa ei ongelmia mutta usean toimittajan kanssa vastuu kysymykset ongelmana
- Siemens
  - Suunnittelijoiden vähäinen keskustelu laitevalmistajien kanssa. Usein näkee suunnitelmia, joita ei ole teknisesti mahdollista toteuttaa
- Arealtec
  - Tehdään monimutkaisia ja sekavia integroitujajärjestelmiä, joista on vaikea saada jälkeensä selkoa
  - Yhteensopivuuden menetyksen mahdollisuus kun ohjelmistoa päivitetään (kokemusta Swegonin Gold koneiden kanssa)
  - Kahden vapaasti ohjelmoitavien järjestelmien kanssa yhteensopivuus menetetään 100 % varmuudella pidemmän aikavälin ennusteella
  - Vastuunjako ongelmatilanteissa (perus RAU-huoltomies ei löydä vikaa vaan tarvitaan yritykseltä kallis mies analysoimaan ongelmaa → kuka maksaa?)





- Beckhoff
  - Valitettavan harvoin suunnitelmia, joissa samaan ohjaimeen liitetyillä signaaleilla ohjattaisiin useita eri toimintoja (esim. valaistus/lämmitys läsnäolotiedolla)
  
- **Miksi mahdollinen väylien integrointi ei ole onnistunut suunnitellusti tai kuten teoriassa olisi mahdollista?**
  - Fidelix
    - Integroinnin osapuolten yhteistyöhaluttomuus
  - Honeywell
    - Gateway-tyyppisissä ratkaisuissa tulee aina joitain odottamattomia ongelmia, tästä syystä niitä yritetään välttää
  - Siemens
    - Tarvittavaa tietoa eri väylien soveltuvuudesta ja käytöstä ei löydy riittävästi eri osapuolilta
  - Arealtec
    - Vääriä laitteita toimitettu urakoitsijan puolesta
    - Liian monta henkilöä hoitamassa projektia
  - Beckhoff
    - Huonosti väylämäärittelyjä tukevat laitteet ja järjestelmät aiheuttavat ongelmia
  
- **Mihin mielestänne suunnittelussa pitäisi kiinnittää huomiota?**
  - Fidelix
    - Hankinnan kilpailuttamiseen
    - Toiminnallisuuteen
    - Kaapeloinnin vähentämiseen
    - Lämmityksen/valojen ohjaus kulunvalvonnalla
    - Rikosilmoitinhälytyksellä valojen ohjaus yms.
    - Jopa fyysisten (putki yms.) integrointia parannettava
  - Siemens
    - Laittevalmistajien kanssa käytäviin keskusteluihin





- Arealtec
  - Laitehankintojen keskittäminen pienemmälle määrälle toimijoita
  - Laittehyväksymismenettelyn kehittäminen
- Beckhoff
  - Toiminnallisuuksien yhdistäminen samaan ohjaimen ja eri väylien integroinnit samaan ohjaukseen
  - Energiatehokkuuden huomioiminen jo suunnitelmissa ohjauksen integraation näkökulmasta
- **Vastaako integroinnin toteutus yleensä suunniteltua ja/tai teoreettista tilannetta?**
  - Fidelix
    - Aina valittu laite ei täytä suunnitelmien vaatimuksia ja aina ei ole tarpeeksi kenttätason tietoa mitä voidaan hyvin toteuttaa
  - Honeywell
    - Kyllä
  - Siemens
    - Kyllä
  - Arealtec
    - Kyllä
  - Beckhoff
    - Kyllä
- **Oma suhtautumisenne integraatioon ja mietteitä sen mahdollisuuksista ja tulevaisuuden näkymistä?**
  - Fidelix
    - Suomessa huono yhteistyötoiminta ja valvomoympäristöt hyvin valmistajakohtaisia
  - Honeywell
    - Integraatio on välttämätöntä, jotta kiinteistöjen minimoiduilla henkilöresursseilla voidaan tehokkaasti hallita taloteknisiä järjestelmiä, niiden ylläpitoa ja päivityksiä





- Siemens
  - Hyvin järkevää
- Arealtec
  - On järkevää, jos sillä saadaan vähennettyä kenttätyöskentelyä laajempien esivalmistelujen ansiosta (läpimenoajat lyhenevät)
- Beckhoff
  - Integraatio on järkevää ja jatkossa integroitujen järjestelmien määrä tulee varmasti kasvamaan
  - Toiminnallisuuksien yhdistämisellä voidaan saavuttaa paras energiatehokkuusluokka sekä tehdä helpommin hallittava automaatiokonaisuus

## Referenssikohteet

- **Mitä, missä, miten toteutettu? Kohteiden keskimääräinen integrointiaste? Väyläintegroitikohteiden lukumäärä kaikista kohteista? Integrointikohteiden osuus liikevaihdosta?**
  - Fidelix
    - Integrointikohteiden osuus pienehkö mutta kasvussa (kuitenkin hitaammin kuin arvioitu)
    - Väyläintegrointia n. 30-50 % kohteista
    - Kylmäpuolen automaatiota: Stockmann Herkku
    - Tampuuri huoltokirjaohjelmistoon liittyminen, kymmenittäin kohteita
  - Honeywell
    - mm. Honeywell House – Kuopio, integrointiaste 100 % Kakkolan puhdistamo – Turku, integrointiaste 100 % Useita tulossa..
    - Integrointikohteiden osuus n. 20-30 % mutta tavoitteena huomattava kasvu
    - Ulkomailla kymmeniä integroitikohteita mm. Wembley Stadion Lontoossa
  - Siemens





- Suurin referenssikohde integroinnissa Lappeenrannan kaupungin aluevalvonta, jossa Siemensin Desigo-valvomoon on integroitu Siemens alakeskusten lisäksi myös Honeywell-, Trend- ja Delta-järjestelmien alakeskuksia
- Arealtec
  - Kluuvin kauppakeskus: M-Bus-väylässä 100 Carlo Cavazzin sähkömittaria (2 sukupolvea), 20 kpl vesimittareita ja Saint-Gobainin energiamittareita samassa väylässä (Arealtec ajurilla)
- Beckhoff
  - Eteläranta 10, Palace
    - Lämmitys/jäähdytys, IV, valaistus, AV-ohjaukset
    - Integraationaste korkea: DALI, M-Bus, Crestron, ...
  - Hyvinkään kaupungintalo:
    - Valaistus, IV, Lämmitys/jäähdytys
    - Integraation aste iso: Modbus RTU, KNX
  - YIT:n pääkonttori:
    - Ilmanvaihdon optimoiminen: MP-Bus ilmamääräsäätimien ohjaaminen Modbus TCP:n kautta
  - Bosh und Siemens Hausgeräte pääkonttori, Saksa
  - Holiday Inn Samara, Venäjä
  - Scala di Milano, teatteri Milanossa
  - Allianz Arena München, Saksa



Taulukko väylien ominaisuuksista

	BACnet*	ModBus	TCP/IP	KNX/EIB	Dali	M-Bus	LON
<b>Protokolla</b>	Isäntä-renki/vuoronsiirtoperi	Isäntä-renki	-	Osoitteellinen sanoma	Osoitteellinen sanoma	Kysely-vastaus Isäntä-renki	LONTalk
<b>Max. tiedonsiirtonopeus</b>	9,6 kbit/s-76,8 kbit/s	187,5 kbit/s	100 Mbit/s	9,6 kbit/s	2,4 kbit/s	3 kbit/s-9,6 kbit/s	4,8 kbit-1,25 Mbit/s
<b>Siirtotiet</b>	Kierretty pari	Kierretty pari	Ethernet-kaapeli	Kierretty pari, sähköverkko, RF, optinen	Kierretty pari, RF, optinen	Ei erityisvaatimuksia	Kierretty pari, sähköverkko, RF, optinen, IR, koaksiaali
<b>Topologiat</b>	Vapaa	Puu, tähti, väylä, yhdistelmä	Vapaa	Puu, tähti, väylä, yhdistelmä	Tähti, väylä, yhdistelmä	Tähti, väylä, yhdistelmä	Väylä, silmukka, tähti, yhdistelmä
<b>Tuotetuki</b>	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä	Kyllä	Kyllä	Kyllä
<b>Lisenssimaksu</b>	Standardikirja on maksullinen	Ei	Ei	Kyllä	Kyllä	Ei	Kyllä
<b>Integrointi</b>	LON, KNX/EIB, ASI Control-laitteet	LON, KNX, BACnet, DALI	Lähes minkä tahansa verkon kanssa	DALI	LON, KNX/EIB, BACnet, ModBus	Lähes minkä tahansa verkon kanssa	BACnet, DALI, KNX, ModBus
<b>OSI-kerrokset</b>	1, 2, 3, 7	1, 2, 7	1, 3, 4, 7	1, 2, 3, 4, 7	-	1, 2, 3, 7	2, 3, 4, 5, 6, 7
<b>Kaapeloinnin max. pituus</b>	1200 m	RS-232: 15 m RS-485: 1,2 km	-	1000 m	300 m	4 km	2000 m
<b>Liittyjien max. määrä/segmentti</b>	Ei määritelty	1 isäntä, 247 renkiä	Ei määritelty	64	64	250	127

\* Tässä vertailussa käytetty optiota 3

Taulukko toimijoiden palveluista

	BEUP Automation Oy	Fidelix Oy	Honeywell Oy	Siemens Oy	Arealtec Oy	Beckhoff Automation Oy
<b>Käytettävät väylät</b>	Bacnet/IP	Modbus	C-bus, LON, BACnet	BACnet, KNX	Trend	Useita
<b>Tuetut väylät</b>	M-bus, Modbus RTU	M-bus, LON	Modbus	LON, Modbus, KNX, DALI, M-bus	BACnet	Modbus, Bacnet, KNX, LON, DALI, M-bus
<b>Tiedonsiirtonopeus</b>	Riippuu väylästä mutta riittävä	Riippuu väylästä mutta riittävä	Riippuu väylästä mutta riittävä	Riippuu väylästä mutta riittävä	Riippuu väylästä mutta riittävä	Riippuu väylästä mutta riittävä
<b>Järjestelmän vahvuudet</b>	Modulaarisuus, natiivi BACnet/IP, graafinen Web-käyttöliittymä	Selain pohjainen, yleinen tekniikka, luotettava, kosketusnäyttö	Hajautettu arkkitehtuuri, redundantit serverit	-	Tuotteistettu, hyvin dokumentoitu, Arealtec voi tehdä Trend-ajureita	Ohjelmoitavuus, laaja tuettavuus, muunneltavuus, etäkäyttö
<b>Järjestelmän heikkoudet</b>	-	Huollon puute, visuaalinen ilme, käyttöliittymän viimeistely	Ei heikkouksia	-	Iso toimija takana (Honeywell) massa hidastaa asioita	Järjestelmä ei juurikaan aseta rajoituksia suunnittelulle
<b>Tuotetarjonta</b>	Tuotteita löytyy alusta loppuun...	Ohjelmistot, graafikat, näytöt, huonesäätimet, lämpötila-anturit...	Lukuisia mittareita, säätimiä, antureita ja kokonaisia järjestelmiä...	Tuotteita löytyy alusta loppuun...	Trend alakeskukset eri ajureilla, ohjelmistot...	PLC, I/O-terminaalit, ohjelmistot, paneeli PC, näytöt...
<b>Referenssit</b>	Hotelleja, kauppakeskuksia, julkisia rakennuksia...	Musiikkitalo, Stockmann, Nollaenergiatalo...	Honeywell House, Kakolan puhdistamo, Wembley Stadion...	Lappeenrannan kaupungin aluevalvonta...	Kluuvin kauppakeskus...	Hyvinkään kaupungintalo, YIT:n HQ, Holiday Inn Samara...
<b>Suunnittelussa kiinnitettävä huomiota</b>	-	Kilpailutus, toiminnallisuus, kaapeloinnin vähentäminen, kulunvalvonnalla ohjaus...	-	Keskustelu valmistajien kanssa...	Hankintojen keskittäminen, hyväksymismenettelyt...	Toiminnallisuksien yhdistäminen, energiatehokkuus...