



Paiste Mäenpää

Taloteknisten järjestelmien integraatiot esitystiloissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Medianomi (AMK)

Esitys- ja teatteritekniikka

Opinnäytetyö

8.5.2025

Tiivistelmä

| | |
|-------------------|---|
| Tekijä(t): | Paiste Mäenpää |
| Otsikko: | Taloteknisten järjestelmien integraatiot esitystiloissa |
| Sivumäärä: | 34 sivua |
| Aika: | 8.5.2025 |
| Tutkinto: | Medianomi (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | Esitys- ja teatteritekniikka |
| Ohjaaja(t): | lehtori Timo Hiekkänen |

Opinnäytetyö käsittelee esitystilojen taloteknisten järjestelmien, kuten AV-järjestelmän, valaistuksen, sähkö- ja verho-ohjausten, ilmanvaihdon sekä turvajärjestelmien, integrointia. Työssä korostetaan, miten järjestelmien välinen integraatio parantaa käyttäjäkokemusta, tehostaa energiankäyttöä ja vähentää kustannuksia.

Teoriaosassa esitellään esitystiloissa esiintyvät talotekniset järjestelmät, tavallisimmat valaistuksenohjausjärjestelmät ja talotekniikan protokollat, kuten BACnet, KNX ja DALI, sekä niiden yhteensovittaminen. Erityisesti tarkastellaan eri integraatiotasoja, joilla järjestelmät vaihtavat tietoa – alkaen yksinkertaisista releohjauksista aina pilvipohjaisiin ratkaisuihin saakka. AV-järjestelmissä painotetaan käyttäjälähtöistä suunnittelua, jossa kaikki ohjaukset tapahtuvat intuitiivisesti yhdestä pisteestä ja esimerkiksi valaistus ja esitystekniikka reagoivat automaattisesti käyttötilanteisiin.

Tutkimusosuudessa haastateltiin kahdeksaa alan asiantuntijaa, jotka avaavat integraatioiden nykytilaa. Vaikka tekniset edellytykset integroinnille ovat parantuneet merkittävästi viime vuosina, käytännössä järjestelmien yhdistämistä vältellään. Haasteita aiheuttavat erityisesti kireät ja eriaikaiset suunnittelu- ja toteutusvaiheet, suunnittelualojen erillisyys, osaamispuutteet sekä huolet lisäkustannuksista. Usein esitystekniset järjestelmät jäävät suunnittelun loppuvaiheeseen, kun muiden järjestelmien ratkaisut on jo päätetty, mikä rajoittaa integraatiomahdollisuuksia.

Työssä ehdotetaan ratkaisuksi integraatiokoordinaattorin nimittämistä jo hankesuunnittelussa, suunnitteluvaiheessa tapahtuvaa yhteistyötä sekä kiinteistönhallintajärjestelmien tai pilvipohjaisten integraatioalustojen hyödyntämistä yhden integraatioväylän taktiikkana. Päätelmänä todetaan, että onnistunut integraatio edellyttää osaamista, määrätietoista suunnittelua ja yhteistyötä eri alojen asiantuntijoiden välillä, jotta tekniset ratkaisut voidaan suunnitella yhteensopiviksi. Lisäksi tarvitaan selkeitä toimintamalleja tiedonjakoon ja rajapintojen hallintaan. Hyvin toteutettuna integraation avulla voidaan rakentaa käyttäjäystävällisempiä ja tehokkaampia tiloja sekä toteutus- että elinkaarikustannuksissa säästään.

Avainsanat: taloteknisten järjestelmien integraatio, AV-järjestelmät, energiatehokkuus, käyttäjäkokemus, älykkäät rakennukset, rakennuksen tietoliikenne

Abstract

Author(s): Paiste Mäenpää
Title: Integrations of Building Technical Systems in Performance Spaces
Number of Pages: 34 pages
Date: 8. May 2025

Degree: Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme: Live Performance Technology
Instructor(s): Timo Hiekkanen, Senior Lecturer

The thesis explores the integration of building technical systems in venues, such as AV systems, lighting, electrical and curtain controls, ventilation, and security systems. The work emphasizes how system integration enhances user experience, improves energy efficiency, and reduces costs.

The theoretical section introduces the building technical systems commonly found in performance spaces, the most prevalent lighting control systems and building automation protocols such as BACnet, KNX and DALI, as well as their interoperability. Special attention is given to different integration methods through which systems exchange data – ranging from simple relay controls to cloud-based solutions. In AV systems, user-centric design is emphasized, where all controls operate from a single point and features such as lighting and presentation technology automatically adapts.

As part of this thesis, eight industry experts were interviewed, who shed light on the current state of integration. Although technical prerequisites for integration have significantly improved in recent years, system integration is often avoided in practice. Key challenges include tight and misaligned design and implementation schedules, the streamlined nature of the different areas of design, knowledge gaps, and concerns over additional costs. Frequently, design of the presentation systems are left to the final stages of planning, when solutions for other systems have already been finalized, limiting integration opportunities.

The thesis proposes solutions such as appointing an integration coordinator early in project planning, fostering collaboration during the design phase, and utilizing property management systems or cloud-based integration platforms as a single integration gateway strategy. The conclusion is that successful integration requires expertise, deliberate planning, and collaboration between experts from different areas to ensure technical solutions are designed to be compatible. Additionally, clear operational models are needed for data sharing and interface management. When implemented effectively, integration can help create more user-friendly and efficient spaces while saving on both construction and lifecycle costs.

Keywords: Integration of building technical systems, AV systems, Energy efficiency, User experience, Smart buildings, Building data communication

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Talotekniset järjestelmät | 2 |
| 2.1 | Esitystekniikkajärjestelmät | 4 |
| 2.1.1 | AV-järjestelmät | 4 |
| 2.1.2 | AV-ohjausjärjestelmät | 5 |
| 2.2 | Valaistuksenohjausjärjestelmät | 6 |
| 2.2.1 | Casambi | 6 |
| 2.2.2 | Dali | 7 |
| 2.2.3 | DMX512 | 8 |
| 2.2.4 | Helvar Imagine | 9 |
| 2.2.5 | Legrand Wattstopper Plus | 9 |
| 2.3 | Rakennusautomaatiojärjestelmät | 10 |
| 2.4 | Kiinteistönhallintajärjestelmät | 11 |
| 3 | Rakennuksen tietoliikenne | 12 |
| 3.1 | BACnet | 13 |
| 3.2 | enOcean | 14 |
| 3.3 | KNX | 15 |
| 3.4 | LonWorks | 15 |
| 3.5 | Modbus | 16 |
| 3.6 | MQTT | 16 |
| 3.7 | oBIX | 17 |
| 3.8 | OPC UA | 17 |
| 4 | Järjestelmäintegraatiot | 18 |
| 5 | Integraatioiden koordinointi | 20 |
| 6 | Haastattelututkimus taloteknisten järjestelmien integraatioista | 21 |
| 6.1 | Tutkimusongelma | 21 |
| 6.2 | Aineiston keruu, kohderyhmä ja otanta | 21 |
| 6.3 | Aineistolähtöinen sisältöanalyysi | 22 |
| 6.4 | Tutkimustulokset | 22 |
| 6.4.1 | Integraatiotrendi | 22 |
| 6.4.2 | Optimi-integraatio | 23 |
| 6.4.3 | Integraatiohaasteet | 26 |
| 6.4.4 | Kokonaisintegraatio ja keskitetty tiedonvaihto | 27 |
| 6.4.5 | Integraation suunnittelu | 28 |
| 6.4.6 | Integraatioiden toteutusvaihe ja ylläpito | 29 |
| 7 | Päätelmät | 30 |
| | Lähteet | 31 |

1 Johdanto

Nykyaikaisissa rakennuksissa on paljon tietoteknisiä taloteknisiä järjestelmiä, joiden integraatiolla esitysteknisiin järjestelmiin voidaan parantaa käyttäjän käyttökokemusta muun muassa toteuttamalla tekniikalle yksi käyttäjäkeskeisesti suunniteltu ohjauspiste. Integraatio mahdollistaa myös automaattisia esitystilanteisiin liittyviä toimintoja, esimerkiksi valojen himmentyminen ja läsnäolotunnistimien poistaminen käytöstä tai kirkastuminen hätätilanteessa.

Siirtyminen ethernet-verkkopohjaiseen tietoliikenteeseen ja avoimempiin rajapintoihin on tehnyt integroinnista teknisesti helpompaa. Kuitenkin havaintojeni mukaan hankkeissa eri osapuolet usein pyrkivät välttämään järjestelmien integrointia nähden sen hyödyt pieninä ja prosessin ongelmallisena sekä kalliina. Järkevämpänä ratkaisuna nähdään hankkia ja asentaa päällekkäisiä järjestelmiä ja laitteita järjestelmäkohtaisesti, jolloin ei tarvitse kommunikoida muiden suunnittelualojen ja osapuolien kanssa.

Tässä opinnäytetyössä on lueteltu esitystilojen mahdollisia taloteknisiä järjestelmiä ja esitelty lyhyesti esityskäytössä tarvittava AV-järjestelmä ja AV-ohjausjärjestelmä. AV-ohjausjärjestelmät integroidaan tavallisimmin valaistuksenohjausjärjestelmiin tai sähkönohjausjärjestelmiin ohjattujen pistorasioiden, verhojen ja valkokankaiden ohjaamiseksi. Teoriaosassa on kerrottu lyhyesti tavallisimmista valaistuksenohjausjärjestelmistä ja taloteknisten järjestelmien tietoliikenteestä sekä niissä käytetyistä protokollista.

Työn tutkimusosa toteutettiin työn aikana tehtyjen asiantuntijahaastatteluiden perusteella. Haastatteluihin osallistui asiantuntijoita esitystilojen taloteknisten integraatioiden eri osa-alueilta: rakennuttajia, suunnittelijoita, AV-ohjausjärjestelmäasiantuntijoita ja talotekniikka-asiantuntijoita. Haastattelujen tuloksia vertailtiin keskenään ja niiden avulla pyrittiin luomaan luotettava kuva integraation nykytilasta esitystiloiissa, onnistuneen integraation mahdollisuuksista ja esteistä sekä keinoista, joilla uusissa hankkeissa voitaisiin päästä vaivattomammin onnistuneeseen lopputulokseen.

2 Talotekniset järjestelmät

Talotekniikaksi kutsutaan kiinteistön teknisiä järjestelmiä, laitteita ja palveluita. Se kattaa tilojen käyttömukavuuteen ja viihtyisyyteen liittyvät tekijät sekä energiankäytön tehokkuuden ja ympäristötekijät: talotekniikka tuottaa tiloissa tapahtuvalle toiminnalle hallitut olosuhteet. Näihin kuuluu muun muassa ilman, veden, lämmön, energian, valon, äänen ja tiedon välittäminen sekä turvallisuus- ja liikumispalvelut. Keskeisen osan tekniikasta muodostaa LVI- ja sähkötekniikka. Näihin liittyvää ohjausautomaatiota kutsutaan rakennus- tai taloautomaatioksi. (Talotekninen teollisuus ja kauppa 2019, 4.)

Nykyaikaisessa rakennuksessa valtaosa näistä taloteknisistä järjestelmistä on tietoteknisiä ja samalla, kun tietoon perustuvat palvelut ovat kehittyneet, on tarve kerätä ja vaihtaa tietoa järjestelmien välillä kasvanut (Liedes ym. 2025, 7).

Rakennustiedon Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelon 2018 mukaan talotekniikkaan esitystilassa voivat kuulua esimerkiksi seuraavat järjestelmät:

- Lämpö, vesi ja ilma (LVI)
 - Lämmitysjärjestelmä (G1)
 - Vesi- ja viemärijärjestelmä (G2)
 - Ilmastointijärjestelmä (G3)
 - Ilmastoinnin jäähdytys (G4500)
 - Tilajäähdytysjärjestelmä
- Rakennusautomaatio (RAU)
 - Rakennusautomaatiojärjestelmä (J 71)/(T810)
- Sähkö (SÄH)
 - Asennus- ja apujärjestelmät (johtotiet yms.) (S1)
 - Pääjakelujärjestelmä 400/230 V (S222)
 - Laitteiden ja laitteistojen sähköistys (S23)
 - Valaistusjärjestelmät (S25)
 - Rakennuksen sähkölämmitysjärjestelmä (S261)
 - Turvavalaistusjärjestelmät (S6)
 - Rakennusautomaatiojärjestelmä (T810)

- Yleisäänentoistojärjestelmä (T120)
- Ovipuhelinjärjestelmä (T150)
- Pikapuhelin- tai informaatiojärjestelmä (T180)
- Henkilöhakujärjestelmä (T190)
- AV-järjestelmä (T210)
- Esitysäänentoistojärjestelmä (T230)
- Kuulolaitejärjestelmä (T240)
- Konferenssijärjestelmä (T250)
- Merkinantojärjestelmät (T310-T350)
- Vuoronumerojärjestelmä (T360)
- Hoitajakutsujärjestelmä (T370)
- Ajannäyttöjärjestelmä (T410)
- Informaatiopalvelujärjestelmä (T420)
- Opastevalojärjestelmä (T430)
- Säätilannäyttöjärjestelmä (T440)
- Ajanotto- ja tulospalvelujärjestelmä (T450)
- Sähkölukitusjärjestelmä (T510)
- Kulunvalvontajärjestelmä (T520)
- Murtoilmaisujärjestelmä (T530)
- Ryöstöilmaisujärjestelmä (T540)
- Kameravalvontajärjestelmä (T550)
- Monivalvontajärjestelmä (T560)
- Henkilöturvallisuusjärjestelmä (T570)
- Paikannusjärjestelmä (T580)
- Paloilmoitinjärjestelmä (T610)
- Palovaroitinjärjestelmä (T620)
- Poistumishälytys- ja turvakuulutusjärjestelmä (T670)

(RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2017, 30-31.)

Talotekniset järjestelmät suunnittelevat tyypillisesti talotekniikkasuunnittelijat, kuten sähkösuunnittelija, LVI-suunnittelija ja rakennusautomaatiosuunnittelija sekä erikoissuunnittelijat kuten AV-suunnittelija. Rakentamislain mukaisesti suunnitelmien yhteensovittamisesta vastaa pääsuunnittelija, jona toimii usein rakennussuunnittelija arkkitehti. (Rakentamislaki 751/2023, § 92)

2.1 Esitystekniikkajärjestelmät

2.1.1 AV-järjestelmät

AV-järjestelmien suunnitteluohjeen mukaan AV-järjestelmällä tarkoitetaan esitystiloissa äänen (audio) ja kuvan (video) esitykseen, siirtoon, tallennukseen ja AV-järjestelmän ohjaamiseen tarkoitettuja laitteita (Sähkötieto 2017, 1). Näitä järjestelmiä käytetään esimerkiksi kokoustiloissa ja auditorioissa, kouluissa ja kirkoissa, teattereissa, tapahtumissa sekä kotien viihdekeskuksissa. Erilaisten tilojen AV-järjestelmät poikkeavat paljon toisistaan: neuvotteluhuoneen AV-järjestelmä saattaa muodostua isosta näytöstä, verkkokamerasta ja kattomikrofonista, kun taas kirkon AV-järjestelmä voi koostua puheäänentoisto- ja streamausjärjestelmistä. AV-järjestelmä koostuu usein seuraavista osajärjestelmistä:

- Äänentoistojärjestelmä toistaa tilassa ääntä sekä mikrofoneista että muista ohjelmälähteistä. Järjestelmään kuuluvat esimerkiksi mikrofonit, mikserit, vahvistimet ja kaiuttimet.
- Kuvanesitysjärjestelmällä näytetään kuvia ja videoita. Siihen kuuluvat esimerkiksi näytöt, videoprojektorit ja dokumenttikamerat.
- Esitysvalo- tai kuvausvalojärjestelmä valaisee esiintyjät. Järjestelmään kuuluvat valaisimet, himmentimet ja muut ohjauslaitteet.
- Videoneuvottelu- ja streamausjärjestelmien avulla järjestetään etäneuvotteluita tai välitetään tapahtumia etäkatselijoille. Järjestelmän laitteita ovat videoneuvottelukoodit, Teams- ja Zoom-huonelaitteet sekä kamerat ja kattomikrofonit.
- Signaalinkäsittely- ja siirtojärjestelmään kuuluvat audioprosessorit ja kuvamatriisit, jakovahvistimet, valitsimet, signaalimuuntimet, enkooderit ja dekooderit sekä niihin liittyvät tietoverkkolaitteet.
- AV-ohjausjärjestelmän tehtävä on koota kaikki AV-järjestelmät yhdeksi loogisesti toimivaksi. Järjestelmään kuuluu AV-logiikat, kosketuspaneelit sekä erilaiset väyläsovittimet.

(Applied Global Technologies 2025)

Nykyään modernit AV-järjestelmät nojaavat pitkälti ethernet-lähiverkkoon. Kuva siirretään ohjelmälähteiltä projektoreille ja näytöille AV-over-IP-tekniikalla. Mikrofonit, audioprosessorit, vahvistimet ja kaiuttimet liitetään Dante- tai AES67-tekniikalla ja ohjaukset kulkevat verkossa. Tietokoneilta voidaan esittää myös kuvaa ja ääntä langattoman verkon ja esittimen avulla. (Grimes 2016, 401.)

2.1.2 AV-ohjausjärjestelmät

AV-ohjausjärjestelmä mahdollistaa monimutkaisen AV-järjestelmän ohjaamisen yksinkertaisella käyttöliittymällä. AV-ohjausjärjestelmä nivoo useista eri valmistajien laitteista koostuvan kokonaisuuden saumattomaksi järjestelmäksi, jota hallitaan käyttäjille sopivista paikoista, kuten puhujakorokkeelta, ovien läheisyydestä tai langattomalla ohjaimella. (Grimes 2016, 389.)

AV-ohjausjärjestelmävalmistaja AMX:n ensimmäinen AV-ohjain MX20 vuonna 1982 oli autotallin ovenavaajaan perustuva langaton 35 mm:n diaprojektorien kauko-ohjain (Harman a Samsung Company 2024, 4). Vuonna 1988 AMX esiteli ensimmäisen kosketusnäyttöohjaimen AXP-EL. Samoihin aikoihin Crestron julkaisi ensimmäisen langattoman kaksisuuntaisen RF-kosketuspaneelin. Aluksi AV-ohjausjärjestelmät pohjautuivat kokonaan releohjauksiin. Ensimmäiset isot muutokset tulivat infrapunaohjausten myötä ja AV-laitteet RS-232-sarjaporteilla mahdollistivat ohjaukset paluutiedoilla. Nykyisin valtaosa ohjauksista tehdään ethernet-verkossa ja internet-protokollilla. (Nelson 2008, 44.)

AV-ohjausjärjestelmät koostuvat tyypillisesti logiikkayksiköstä ja ohjaimista. Ohjausohjelmat suoritetaan logiikkayksikössä ja siihen liitetään sekä ohjaimet että ohjattavat laitteet. Ohjaimina voidaan käyttää kosketuspaneeleita, painikepaneeleita tai langattomia kauko-ohjaimia. AV-ohjausjärjestelmä voi toimia myös automaattisesti ilman ohjaimia antureiden ja tilatietojen perusteella. (Grimes 2016, 390–392.) AV-logiikka voi sisältyä myös ohjaimeen, etenkin jos kaikki ohjaukset on liitetty ethernet-väylään.

AV-järjestelmän ohjaus tulisi toteuttaa ihmiskeskeisesti. Käyttö tulisi suunnitella siten, että käyttäjän ei tarvitse tietää järjestelmän takana olevasta tekniikasta ja laitteista, vaan keskittyä helppoon ja selkeään käyttökokemukseen, jossa käyttäjälle tarjotaan ne toiminnot, joita hän oletettavasti tarvitsee kussakin käytön vaiheessa. (Grimes 2016, 392–393.)

2.2 Valaistuksenohjausjärjestelmät

ST-kortiston AV-järjestelmien suunnitteluohjeen mukaisesti logiikkaohjatuissa järjestelmissä valo-ohjaukset kannattaa liittää ohjauslogiikkaan (Sähkötieto 2017, 9). Tämä onkin tavallisin AV-järjestelmän ja muun talotekniikan integraatio. Tässä luvussa esitellään joitakin yleisimpiä valaistuksenohjausjärjestelmiä.

2.2.1 Casambi

Casambi-järjestelmä on suomalaisen Casambin vuonna 2001 kehittämä langaton mesh-verkko valaistusohjaukseen. Se perustuu Bluetooth Low Energy -teknologiaan, jossa solut luovat tasavertaisesti keskenään kommunikoivan mesh-verkon. Verkossa enintään 250 Casambin tai Casambin yhteistyökumppanin valmistamaa valaistuksenohjauslaitetta luovat verkon, jossa ei ole yhtään single-point-to-failure-pistettä, vaan järjestelmä on täysin hajautettu sekä symmetrinen ja verkosta pudonnut laite voi palauttaa itsensä muista verkon laitteista. Casambi-järjestelmä määritetään ja sitä hallitaan mobiililaitteen avulla Casambi app -sovelluksella. (Casambi, 2025, 2–3.)

Sovelluksen avulla järjestelmään liitetyt valaisimet voidaan ryhmitellä. Niille voidaan määritellä tilanteita ja animaatiota tai valon värilämpötila voidaan säätää mukaillemaan vuorokaudenaikaa. Valaistus voidaan ohjata lisäksi säätymään päivänvalon, läsnäolon, kalenterin tai ajastimien mukaan. (Casambi 2025, 13.)

Valaistuksenohjausjärjestelmään on saatavilla valaisimia, joissa on integroitu Bluetooth-moduuli, teholähteitä, releohjaimia, himmentimiä sekä sovittimia esimerkiksi DALI- ja DMX512-väyliin. Ohjausta varten järjestelmään on saatavilla valaistus- ja läsnäoloantureita sekä painikkeistoja. Casambi voidaan integroida ohjautumaan DALI- tai DMX-väylän mukaan tai se voidaan liittää sovittimella ethernet-pohjaisiin väyläohjauksiin, kuten BACnet tai KNX IP, tai se voidaan liittää pilvisovittimella Casambi Cloudiin, josta se voidaan integroida REST- tai WebSocket-rajapinnan avulla. (Casambi, 16–21.)

2.2.2 Dali

Dali-valonohjausprotokolla (Digital Addressable Lighting Interface) syntyi eurooppalaisten valaisinvalmistajien toimesta vuonna 1998 Itävaltalaisen Tridonicin kehittämän DSI:n pohjalta (Digital Serial Interface). Sitä hallinnoi Dali-allianssi ja se on standardoitu ensin vuonna 2002 osana standardia EN60929 ja vuonna 2009 omana standardinaan IEC 62386 (Tridonic 2020, 3).

Dali-väylä on sarjaliikenneväylä, joka toimii 1200 bps nopeudella häiriösietoisella Manchester-koodauksella, jossa loogiset bitit esitetään tilamuutoksella. Väylä voidaan kaapeloida samassa kaapeloinnissa valaistuksen sähkökaapeloinnin kanssa. (Dali 2001, 17–18).

Dali-järjestelmä perustuu hajautettuun älyyn. Väylässä voi useampi ohjain ohjata useampaa valaisinta. Väylässä voi olla enintään 64 laitetta. Valaisinten ryhmittely sekä valotasot tallennetaan laitteiden teholähteisiin. Väylässä on käytössä 16 ryhmää ja valaisimessa 16 valotasoasetusta. (Tridonic 2020, 4-6.) Laitteille ei tyypillisesti lähetetä valotasoja vaan tapahtumakomentoja, kuten ”asetta ryhmän 2 valaisimet esiasetukseen 4 häivytyksellä 10 sekuntia”.

Dali-järjestelmää on vuodesta 2017 laajennettu Dali-2-standardilla. Standardi on yhteensopiva Dali-valaisimien kanssa. Se parantaa yhteensopivuutta pakollisella sertifiointilla ja määrittelemällä ohjainlaitteet. Se lisää järjestelmään uusia laitetyppejä, kuten DT8 värisäädettäville valaisimille. Dali-2-järjestelmässä väylässä tarvitaan Application Controller, joka toimii siltana eri ohjainlaitteiden ja valaisinten välillä. (Ozuno 2024, 3-6.) Dali+ -standardi laajensi vuonna 2021 Dali-väylän toimimaan langattomasti esimerkiksi Bluetooth Mesh, Thread ja Zig-Bee-verkoissa sekä IP-pohjaisissa verkoissa, kuten ethernet (DiiA 2021, 1-2).

Dali-väylään on integrointia varten saatavilla sovittimia esimerkiksi RS-232-sarjaväylään ja ethernet-verkkoon. Joissakin AV-logiikoissa on DALI-väyläliitäntä. Nykyään DALI-väylää käytetään usein valaisimien ja mahdollisesti toimilaitteiden liittämiseen, mutta ohjaus toteutetaan jollakin toisella järjestelmällä.

2.2.3 DMX512

DMX512 on alun perin USITT:n (U.S. Institute of Theatre Technology) vuonna 1986 teattereiden himmentimien ohjaukseen kehittämä ohjausprotokolla. (Bennett 1994, 7). Se perustuu RS-485 väylään ja mahdollistaa 32 laitetta samassa enintään 500 m pitkässä väylässä (Bennett 1994, 14).

Protokollan viimeisin vuonna 2004 revisioitu versio DMX512-A on vakiintunut käyttöön erilaisissa esitystekniikan valaisimissa ja muissa ohjaussovelluksissa, kuten mediaserverit. Protokolla on yksisuuntainen ja varsin yksinkertainen: siinä yksi lähetävä laite lähettää enintään 512 kappaletta 8-bittistä arvoa alkaen aina arvosta numero 0 alkaen. Väylän nopeus on 250 kbit/s. (ESTA 2004, 15–20.) Standardi mahdollistaa myös joidenkin muiden pakettityyppien käyttämisen. Standardiin on myös lisätty DMX-kaapelin ja 5-napaisten XLR-liittimien lisäksi vaihtoehtoisia liittimiä ja kaapeleita, kuten CAT-kaapelit RJ45-liittimin.

Protokollaan on standardoitu vuonna 2006 RDM-laajennus (Remote Device Management), joka lisää väylään kaksisuuntaisia toimintoja sitä tukeville laitteille. Sen avulla on yleensä mahdollista tunnistaa laite väylästä, asettaa sen DMX-osoite ja asetukset sekä saada tila- ja virhetietoja. (Chisnall 2020, 1.)

DMX-tietoja välitetään nykyään usein erillisen väylän ja kaapeloinnin sijaan ethernet- tai IP-verkossa. Tätä varten on vaihtoehtoisia avoimia protokollia, kuten ArtNet, RDMnet ja sACN, sekä lukuisia valmistajakohtaisia protokollia, kuten MAnet, ETC Net3 ja ESP. (Chisnall 2020, 2.) Lisäksi tarjolla on useita erilaisia langattomia siirtoteitä.

Teatteri- ja esitysvaistuksen ulkopuolella DMX on yleistynyt erityisesti moniväristen LED-valaisimien ja pikseliohjattavien valaisimien ohjauksessa etenkin ennen Dali-2-standardia. Tätä varten esimerkiksi joissakin DALI-pohjaisissa valaistusohjausjärjestelmissä ja AV-ohjauslogiikoissa on DMX512-tuloja ja -läh- töjä.

2.2.4 Helvar Imagine

Imagine on suomalaisen Helvarin vuonna 2002 esittelemä valaistuksenohjausjärjestelmä. Järjestelmässä Dali-valaisimet ja Helvarin Dali-liitännällä varustetut DigiDim-painikkeistot ja sensorit liitetään Imagine-reitittimiin. Reitittimet kytketään toisiinsa ethernet-verkolla, jolloin ne luovat yhtenäisen järjestelmän. (Helvar 2013, 8, 29.)

Helvar Imagine -reitittimissä on valaisimia ja ohjainlaitteita varten 1–4 Dali-väylää ja eräässä mallissa lisäksi DMX- ja SDIM-väylät (Helvar 2024, 42–43). Tuoreimmat reitittimet ovat Dali-2-sertifioituja Multi-master Application Controllereita (Helvar 2024, 110).

Integraatiota varten reitittimistä löytyy tuki OPC:lle ja Helvarin omalle Helvar-NET API:lle. Lisäksi järjestelmään on saatavilla sovittimet EnOcean, Modbus, BACnet tai Tridium Niagara-järjestelmään. (Helvar 2024, 42–45.)

2.2.5 Legrand Wattstopper Plus

Legrand Wattstopper Plus tunnettiin aikaisemmin Osram Enceliumina. Se on vuonna 2001 perustetun kanadalaisen Enceliumin kehittämä valaistuksenohjausjärjestelmä. Järjestelmässä palvelimeen (SSU – System Support Unit) liitetään ethernet-verkon välityksellä erilaisia soluja (Manager):

- DALI Wired Manager (saatavilla vain Euroopassa ja Aasiassa) tarjoaa 4 Dali-2-väylää, joihin voidaan liittää yhteensä enintään 256 laitteesoitetta.
- Greenbus Wired Manager (saatavilla vain Pohjois-Amerikassa), tarjoaa 8 Enceliumin kehittämää Greenbus-väylää, joihin voidaan liittää yhteensä enintään 800 laitetta.
- Wireless manager ohjaa ZigBee-protokollalla enintään sataa laitetta.

Järjestelmän valaisimet, painikkeet ja erilaiset läsnäolo- ja valotasosensorit liitetään järjestelmään solujen liitännäväylien kautta. Järjestelmän konfigurointi ja hallinta tapahtuu selainpohjaisesti SSU:n Polaris Config -sovelluksella ja energia-raportointi saadaan Polaris Monitor -sovelluksella. SSU:hun on saatavilla BACnet-rajapinta ja API-rajapinta integraatiota varten. (Legrand 2025, 6–9.)

2.3 Rakennusautomaatiojärjestelmät

Rakennusautomaatiojärjestelmä on järjestelmä, joka kerää tietoa kiinteistön talotekniikan toiminnasta sekä kulutus-, olosuhde- ja käyttötilasta. Järjestelmän avulla ohjataan ja valvotaan talotekniikkaa ohjelmallisesti siten, että tavoitellut sisäolosuhteet, kuten lämpötila, vedottomuus, ilman puhtaus ja valaistus, saavutetaan mahdollisimman pienellä energiakulutuksella (Motiva 2012, 10). Rakennusautomaatiojärjestelmän avulla voidaan saada aikaan huomattavaa energiansäästöä, suojata kiinteistön teknisiä järjestelmiä häiriötilanteissa sekä ohjata huoltoa todellisen tarpeen mukaan (Liedes ym. 2025, 158–160).

Rakennusautomaatiojärjestelmä toimii tyypillisesti kolmella tasolla: kenttätasolla, jossa prosessia mitataan ja muutetaan, on mm. anturit, toimilaitteet ja taa-juusmuuttajat. Ne on liitetty yhdessä huonesäätimien kanssa väylällä automaatiotason VAK-keskuksiin, joissa tapahtuu looginen ohjaus ja säätö. VAK-keskukset on liitetty hallintotasolla verkossa palvelimeen ja valvomoon, jossa on järjestelmän käyttäjärajapinta sekä kehittyneet säätö- ja analytiikkatoiminnot. Eri tasoja ei välttämättä voi erottaa toisistaan, vaan yksi ja sama laite voi toimia useammalla tasolla samanaikaisesti. (Liedes ym. 2025, 10.)

Energiatehokkuusdirektiivin nojalla annettu laki edellyttää, että isoissa rakennuksissa, joiden lämmitys-, jäähdytys ja ilmastointijärjestelmien yhteenlaskettu teho on yli 290 kW, tulee olla rakennusautomaatiojärjestelmä. Sen tulee jatkuvasti seurata, tallentaa ja analysoida energian käyttöä sekä tehdä vertailevaa analyysiä rakennuksen energiatehokkuudesta. Sen tulee havaita ja hälyttää järjestelmien tehokkuuden heikkenemisestä. Lisäksi laki edellyttää, että rakennusautomaatiojärjestelmän tulee integroitua muiden taloteknisten järjestelmien kanssa valmistajasta tai valmistajakohtaisesta teknologiasta riippumatta. (Latauspiste- ja automaatiolaki 733/2020, 3. luku.)

Vuoden 2025 alusta lähtien kaikki uudet ja remontoitavat isot rakennukset sekä kaikki muut vanhat rakennukset paitsi asuinrakennukset on oltava varustettu rakennusautomaatiojärjestelmällä (Latauspiste- ja automaatiolaki 733/2020, 3. luku).

2.4 Kiinteistönhallintajärjestelmät

Kiinteistönhallintajärjestelmä voi tarkoittaa montaa erilaista kiinteistön- tai kiinteistöjen hallintaan tarkoitettua järjestelmää. Tässä opinnäytetyössä kiinteistönhallintajärjestelmällä (Building Management System, BMS), tarkoitetaan järjestelmää, joka automatisoi ja keskittää rakennuksen lämmityksen, ilmanvaihdon, veden, jäähdytyksen, valaistuksen, turvallisuuden ja muiden keskeisten järjestelmien hallinnan. Sen ensisijainen tehtävä on valvoa ja hallita näitä järjestelmiä niiden tehokkaan toiminnan varmistamiseksi. (Kiona 2023, 9.)

Termi saattaa sekoittaa Scadan kanssa (Supervisory Control And Data Acquisition). Scada-järjestelmä esittää usean eri järjestelmän tietoja samassa käyttöliittymässä, mutta ei välitä tietoja järjestelmien välillä eikä tee yhteisohjauksia tai automaattisia järjestelmäohjauksia eri järjestelmien välillä (Scada Info. 2023).

Yleensä kiinteistönhallintajärjestelmän ensisijainen tehtävä on säästää energiaa ja helpottaa ison kiinteistömassan ylläpitoa ja huoltamista, mutta järjestelmät voivat myös pidentää laitteistojen elinkaarta ja lisätä sekä käyttömukavuutta että turvallisuutta. Järjestelmät toimivat usein pilvessä ja hyödyntävät esimerkiksi sääennusteita ja ennustemalleja. (Schneider Electric 2024.)

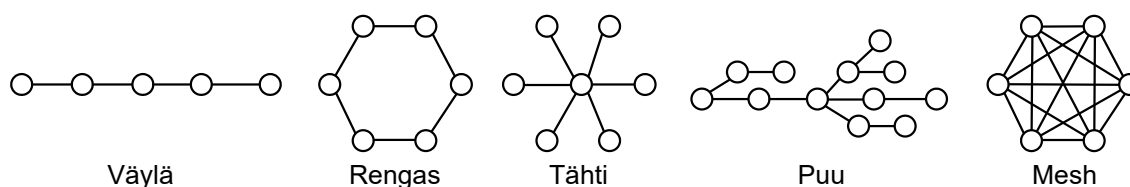
Kiinteistönhallintajärjestelmä voi olla yhtenäinen järjestelmä rakennusautomaation kanssa eikä aina voida sanoa, kummassa järjestelmässä tietyt toiminnot tapahtuvat (Weckström 2025).

Markkinoilla on erilaisia rakennusautomaatiojärjestelmiin ja muihin talotekniisiin järjestelmiin integroituvia etävalvomoratkaisuja, taloteknisten järjestelmien ja valvomojärjestelmien välisiä itsenäisiä datakerrosratkaisuja ja integraatioalustoja, jotka saattavat helpottaa erilaisten järjestelmien integraatiota sekä älykästä automaatiota (Weckström 2025). Niiden tarjoamat palvelut ja rajapinnat ovat usein ainakin osin päällekkäisiä kiinteistönhallintajärjestelmien kanssa.

3 Rakennuksen tietoliikenne

Pitkään rakennusten automaatiojärjestelmät rakennettiin yksinkertaisilla I/O-ohjauksilla ja 0–10 V:n tai mA:n jännite- tai virtaohjauksilla. Nykyään järjestelmät kuitenkin perustuvat tietotekniikkaan ja erilaiset väylät, verkot ja tiedonsiirto rakennusautomaatiojärjestelmissä ovat jo arkipäivää. Talotekniikan järjestelmien osat hyödyntävät tietoverkkoja sekä järjestelmän sisäiseen tiedonsiirtoon, integraatioon muiden järjestelmien kanssa, että ulkoisen etähallinnan mahdollistamiseen. Erottelu varsinaisen rakennusautomaatiojärjestelmään liittyvän tiedonsiirron ja muiden taloteknisten järjestelmien tiedonsiirron välillä voi olla vaikeaa. (Liedes ym. 2022, 7.)

Rakennusautomaatiojärjestelmissä laitteiden välisestä tiedonsiirtoverkosta on yleisesti käytetty termiä kenttäväylä, joka viittaa verkon fyysiseen topologia- rakenteeseen, jossa verkkoon liitetyt laitteet kytketään yhteen päätevastuksilla päätettyyn kaapeliin. Kenttäväyläksi kutsutaan nykyään myös muilla topologioilla, kuten rengas-, tähti- puu- ja mesh-topologioilla, toteutettuja verkkoja. Kenttäväylä voi olla myös langaton mesh- tai tähtitopologia. (Liedes ym. 2022, 9–10.) Nykyään valtaosa talotekniikan verkoista pohjautuu IP-verkkoihin vähintään runkoverkon osalta. Tässä luvussa esittelen joitakin yleisimmistä protokollista.



Kuva 1. Erilaisia topologioita (Mäenpää 2025).

Esiteltyjen talotekniikan ja teollisuuden omien tiedonsiirtotapojen lisäksi nykyaikaiset järjestelmät käyttävät valmistajakohtaisia protokollia sekä yleisiä internetin protokollia kuten REST-API (REpresentational State Transfer Application Programming Interface), joka on yksinkertainen internetin hypertekstin tiedonsiirtotapoja hyödyntävä asiakas-palvelin-tiedonvaihtoprotokolla, jossa voidaan tilattomasti kysyä tai asettaa yksilöllisesti nimettyjen resurssien ominaisuuksia jäsenetyssä hierarkiassa (Massé 2011, 3–6).

3.1 BACnet

BACnet eli Building Control Automation Control Network on ISO- ja ANSI-standardoitu tiedonsiirtoprotokolla. Sen on alun perin kehittänyt ASHRAE (American Society of Heating Refrigerating and Air conditioning Engineers) vuonna 1987. Sen tavoitteena on mahdollistaa vakioitu tiedonsiirto eri taloteknisten järjestelmien, laitteiden ja ohjausjärjestelmien välillä. (Echelon 2014, 1.)

BACnet on oliopohjainen malli tiedon esittämiseen. Se sisältää 54 vakioitua oliomallia ja mahdollisuuden luoda sovelluskohtaisia malleja. (Echelon 2014, 1.)

BACnet-liikenne on standardoitu siirrettäväksi erilaisissa verkoissa:

- BACnet/IP käyttää tiedonsiirtoon UDP-protokollaa IP-verkoissa ethernetin yli. Jos laitteet keskustelevat useamman aliverkon välillä, tarvitaan verkkoon lisäksi BACnet Broadcast Management Device (BBMD) hallitsemaan aliverkkojen broadcast-liikennettä.
- BACnet MS/TP käyttää RS-485 sarjaväylää parikaapelissa (BACnet international 2014, 5–6).
- BACnet ISO 8802-3 käyttää siirtoon ethernet-protokollaa, mutta ei mahdollista IP-reitittimien käyttöä järjestelmässä.
- BACnet over ARCNET mahdollistaa siirron 2,5 Mbps nopeudella koaksiaalikaapelissa tai 156 kbps nopeudella parikaapelissa.
- BACnet Point-to-Point käyttää RS-232-tiedonsiirtoväylää. Verkko on ollut käytössä ainoastaan puhelinverkkosovelluksissa.
- BACnet over LonTalk Foreign Frames mahdollistaa BACnet-liikenteen siirron LON-verkon yli.
- BACnet over ZigBee mahdollistaa tiedosiirron langattomassa mesh-verkossa. Sitä käytetään yleensä porttina Zigbee-laitteille, eikä varsinaiselle BACnet-tiedonsiirrolle.

(Echelon 2014, 5–6.)

BACnet on tyypillisin rakennusautomaatiojärjestelmän tiedonsiirtoprotokolla (Weckström 2025), ja siihen on saatavilla väyläsovittimia useilta valmistajilta. AV-järjestelmät voivat liittyä siihen yleensä suoraan ethernet- / IP-rajapinnalla.

3.2 enOcean

EnOcean on langaton ISO/IEC 14543-3-1X -standardin mukainen langaton tiedonsiirtojärjestelmä taloautomaation antureille ja toimilaitteille: esimerkiksi kytkimille, lämpötila-, valoisuus- ja kosteusantureille, läsnäolotunnistimille ja relekytköille. Langattomat toimilaitteet ovat paristottomia, ja niiden toiminta perustuu energian talteenottoon. Painikkeet saavat energiansa kytkinpainalluksista. Sensorit saavat tarvittavan tehon esimerkiksi valoa sähköksi muuttavalta aurinkopaneelista tai lämpötilaerolla toimivasta Peltier-elementistä. (EnOcean 2020, 1–2).

Laitteet toimivat lupavapailla ISM-taajuuksilla (Industrial, Scientific, and Medical), Euroopassa taajuudella 868 MHz, Pohjois-Amerikassa taajuudella 902 MHz ja Japanissa taajuudella 928 MHz. Lisäksi joitakin tuotteita toimii kansainvälisesti sallitulla 2,4 GHz:n alueella. Laitteet käyttävät 10 mW:n lähetystehoja, jolla voidaan saavuttaa rakennuksissa 30 metrin ja vapaassa tilassa 300 metrin kantama. 2,4 GHz:n laitteilla voidaan saavuttaa 10 m:n kantama, joten ne soveltuvat käytettäväksi vain huoneen sisäisissä sovelluksissa. Viestit lähetetään salattuna 128-bittisellä AES-algoritmilla ja laitteet tunnistetaan 32-bittisellä tunnisteella, joka ei ole vaihdettavissa. (EnOcean 2020, 2–4.)

Toimilaitteet liitetään muihin järjestelmiin gateway-laitteilla tai EnOcean IoT-palvelimella. Gateway-laitteita on saatavilla useammilta valmistajilta ja useampiin väyläsovelluksiin, kuten BACNet, DALI, KNX, LON, Modbus ja MQTT. Lisäksi joissakin AV-ohjausjärjestelmissä ja valaistuksenohjausjärjestelmissä on sisäänrakennettu tuki EnOcean-laitteille.

3.3 KNX

KNX on vuonna 1999 esitelty rakennusautomaation avoin standardi. Se on kehitetty edeltäjiensä BatiBUS, EHS ja EIB perusteella.

KNX-verkko voi toimia KNX-parikaapelissa KNX TP 9600 bps:n nopeudella, sähköverkossa KNX Powerline 1200 bps:n nopeudella, langattomasti KNX RF radiotaajuudella 868,3 MHz 16,384 kbps:n tai 8,192 kbps:n nopeudella ja IP-verkoissa KNX IP. (KNX Association 2014, 5–10). Yhdessä KNX TP-linjassa voi olla enintään 64-laitetta. Toistimen jälkeen voidaan lisätä 64 laitetta lisää ja linjassa voi olla enintään kolme toistinta, joten linjassa laitteita voi olla enintään 255. Linjoja on mahdollista yhdistää erilaisilla aktiivilaitteilla. KNX-järjestelmässä 15 linjaa voidaan yhdistää alueeksi ja enintään 15 aluetta yhteen järjestelmään. (KNX Association 2014, 11–12.)

KNX-järjestelmä ohjelmoidaan ETS-työkaluohjelmistolla (KNX Association 2024, 17). Hajautetussa järjestelmässä tietokanta täytyy olla erikseen säilytetty muutosohjelmointia ja ylläpitoa varten.

KNX-järjestelmään on saatavilla suorat tai oliopohjaiset sovittimet lähes kaikkiin AV-ohjausjärjestelmiin. Joissakin AV-logiikoissa on KNX TP -väyläliitäntä.

3.4 LonWorks

LonWorks tai aiemmin LonTalk on piirivalmistaja Echelonin vuonna 1988 kehittämä laiteohjauksen peer-to-peer-verkkoprotokolla, joka on alun perin ollut sisäänrakennettu Neuron-transceiver-piireihin. LonWorks-protokolla on standardoitu avoimeksi standardiksi ISO/IEC 14908 vuonna 1999.

Alun perin LonWorks-verkko toimi LONAK-parikaapelissa Neuron-piireillä väylänä 1,25 Mbps:n nopeudella tai vapaassa topologiassa 78 kbps:n sekä sähköverkossa 5,4 kbps:n nopeudella (Echelon 1999, 3–4). LonWorks-verkon tunnelointi IP-verkossa on määritelty standardilla ISO/IEC 14908-4.

3.5 Modbus

Modbus on avoin sovelluskerroksen asiakas-palvelin-tiedonsiirtoprotokolla. Se on esitelty vuonna 1979 ohjelmoitavien logiikoiden väliseen kommunikointiin ja on yleistynyt teollisuus- ja rakennusautomaatiossa (Modbus 2012, 3). Modbus-palvelinlaitteessa on vakiorekisteri, joka koostuu 1-bittistä ”keloista”, jotka voi sekä lukea että kirjoittaa, 1-bittisistä ”kontakteista”, jotka voi vain lukea, 16-bittisistä ”analogista tuloista”, jotka voi vain lukea sekä 16-bittistä analogista lähdöistä, jotka voi sekä lukea että kirjoittaa. Kutakin rekisteriä on 65536 kappaletta. (Modbus 2012, 7–8.)

Modbus toimii RS-232 tai RS-485 väylissä. Vuonna 1999 Schneider Electric julkaisi IP-verkossa toimivan version Modbus/TCP -version (Swales 1999, 3). Schneiderilla on käytössä myös nopeassa 1 Mbps:n Token Ring -verkossa toimiva Modbus Plus -protokolla, joka on nimestään huolimatta eri protokolla.

3.6 MQTT

MQTT on avoin verkoissa TCP/IP-protokollan yli käytettävä sovelluskerroksen tiedonsiirtoprotokolla. Se on alun perin kehitetty IBM:n ja Arcomin toimesta vuonna 1999 öljyputkien yhdistämiseksi satelliittiyhteydellä. (HiveMQ 2024, 5.) MQTT-SN (MQTT for Sensor Networks) on tarkoitettu käytettäväksi ei-IP-verkoissa, kuten ZigBee. Se on suunniteltu etenkin teollisuuden laitteiden keskinäiseen viestintään (M2M) ja IoT:n käyttöön, kun pyritään minimoimaan sekä muistin että verkkokapasiteetin käyttö (Oasis Open 2019, 1). Sitä käytetään esimerkiksi erilaisten anturien, termostaattien ja älypolttimoiden ohjaukseen.

Protokollassa tietoa vaihtavat asiakkaat ja välittäjäpalvelin. Viestiaiheet on järjestetty hierarkiaan, ja asiakkaat voivat tilata tai lähettää viestejä välittäjälle, joka välittää viestit tilaajille. Viesteille on kolme laatuluokkaa:

- yleensä kerran, jossa tietoa saattaa välillä hävitä.
- vähintään kerran, jossa tieto toimitetaan varmasti, mutta mahdollisesti useampaan kertaan.
- täsmälleen kerran, kun on tärkeää, ettei viesteistä tule duplikaatteja.

3.7 oBIX

Kansainvälisen laiteriippumattomia tiedonesitysstandardeja edistävän OASIS-järjestön oBIX-protokolla (open building information exchange) on esitelty vuonna 2006. Protokolla on suunniteltu helpottamaan erilaisten rakennusautomaatiojärjestelmien ja tietoteknisten järjestelmien integraatiota. OASIS-järjestöllä on laaja pohja kehitystyössä – mukana on yli 5000 osallistujaa yli 600 organisaatiosta ja yli sadasta maasta (Oasis Open 2025).

oBIX määrittelee tietomallin, jossa on standardoidut oliot ja toiminnot tiedonvaihtoa varten. Standardissa on hyväksytty kolme eri Internetin tiedonsiirtorajapintaa: REST, SOAP ja WebSocket. (Oasis Open 2015, 9–10.)

3.8 OPC UA

OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture) on standardoitu tietomalliarkkitehtuuri, joka on suunniteltu tiedonvaihtoon teollisuuden ohjelmoitavien logiikoiden ja valvomosovellusten välille toimittaja- ja alustariippumattomasti IP-verkoissa. Standardia kehittää OPC Foundation. (OPC Foundation 2024, 22.) Alkuperäisen OPC-standardin määritteli vuonna 1995 joukko teollisuusautomaation toimittajia. Standardit perustuvat Microsoft Windowsin OLE-, COM- ja DCOM-tiedonvaihtotekniikoihin, ja OPC olikin alun perin lyhenne OLE (Object Linking and Embedding) for Process Control. Alkuperäinen OPC-palvelin toimi vain Microsoft Windows -käyttöjärjestelmässä. (IDC Technologies 2006, 10–11.)

OPC UA -standardiin kuuluu useita erilaisia protokollia erilaisiin tarpeisiin: asiakas-palvelin tiedonvaihtoon on määritelty TCP:llä toimiva optimoitu binääriprotokolla. Pilviviestintään käytetään yleisiä protokollia MQTT ja AMQP, kenttäviestintään voidaan käyttää UDP:tä tai erikoisprotokollia. Selainpohjaiset asiakassovellukset voivat käyttää WebSocket- tai QUIC-protokollia. Ulkoisten järjestelmien integraation on määritelty REST-rajapinnat. (OPC Foundation 2024, 22.)

4 Järjestelmäintegraatiot

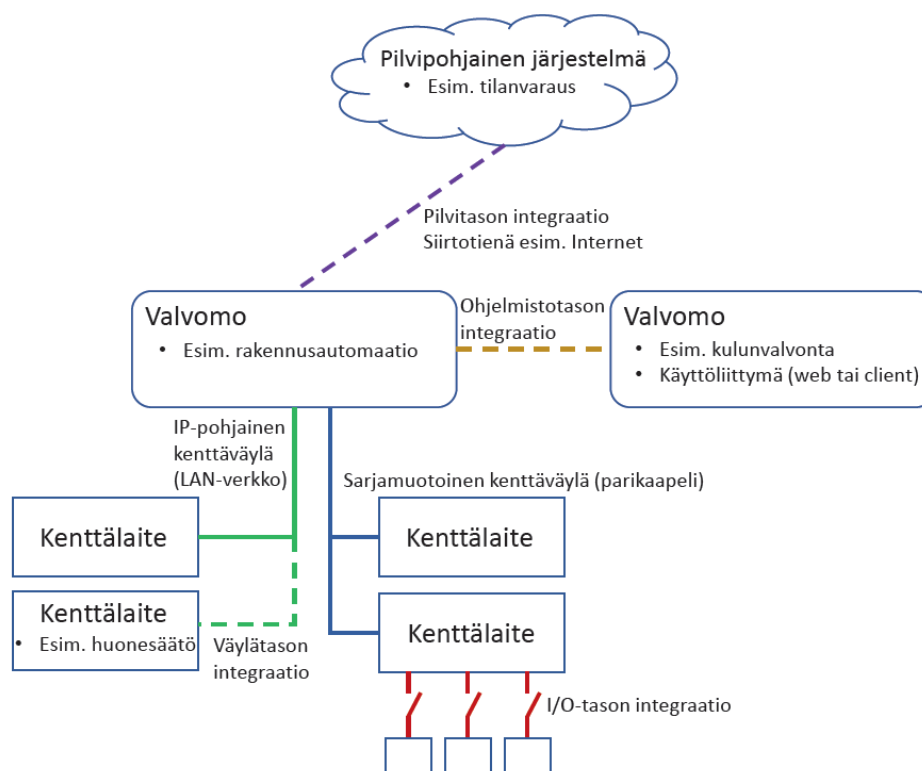
Nykyaikaisen rakennuksen talotekniikka koostuu tyypillisesti useista erillisjärjestelmistä. Usein on hyödyllistä välittää tietoa järjestelmien välillä. Tällaista tiedonvaihtoa eri järjestelmien välillä kutsutaan integraatioksi. (Liedes ym. 2025, 48.)

Järjestelmien integrointitaso määritetään tarvekartoituksen ja kustannusarvion perusteella. Integroinnin ei tule olla itsetarkoitus, vaan se tulee määritellä tarpeen ja saavutettavan hyödyn mukaan. Vaikka integraation tavoitteena onkin yleensä energiatehokkuuden, elinkaaren ja käyttömukavuuden lisääminen, järkevästi määritellyllä integraatiolla voidaan jo usein hankintavaiheessa saavuttaa merkittäviä kustannussäästöjä vähentyneiden laite- ja kaapelointikustannusten takia. (Liedes ym. 2025, 52.)

Järjestelmien integraatio voidaan toteuttaa eri tavoilla. Tyypilliset integraatiot ovat:

- I/O-tason integraatio, jossa ohjaukset otetaan potentiaalivapaalta releeltä tai jännitelähdöstä. Ohjaukset voidaan tehdä kenttälaitteiden välillä, keskuslaitteesta kenttälaitteelle tai kenttälaitteiden välille.
- Väylätason integraatio, jossa järjestelmät siirtävät keskenään tietoa valmistajakohtaisella tai avoimella kenttäväyläprotokollalla, kuten Modbus, KNX tai BACnet. Näitä protokollia voidaan nykyään siirtää yleensä myös IP-lähiverkon välityksellä.
- Ohjelmisto- tai valvomotason integraatio, jossa muiden järjestelmien yläpuolella toimiva järjestelmä, usein kiinteistöautomaatiojärjestelmä tai AV-järjestelmä, integroi useita erillisjärjestelmiä samaan käyttöliittymään. Usein ohjelmistotason integraatio mahdollistaa tiedonvälityksen siten, että tietoa vaihdetaan pistetasolla useamman eri järjestelmän kanssa, jolloin järjestelmien data on käytettävissä automaattisten toimintojen toteuttamiseen.
- Pilvitason integraatio, joka toimii vastaavalla tavalla kuin edellä mainittu valvomotason integraatio, mutta järjestelmät kommunikoivat keskenään pilvitasolla eli palveluntarjoajan tarjoamassa ympäristössä järjestelmää koskevan kiinteistön ulkopuolella.

(Liedes ym. 2025, 49-51.)



Kuva 2. Integraation eri tasot (Liedes ym. 2025, 49).

AV-järjestelmien tyypillisimpiä integraatiota ovat esityskaiuttimien mykistys poistumishälytyksen aikana sekä valaistus- ja sähköohjaukset AV-ohjausjärjestelmästä. Nämä voidaan järjestelmistä riippuen toteuttaa millä tahansa integraatiotasolla. Paloilmoittimelta tai yleisäänentoistokeskukselta AV-logiikan digitaalituuloon tuotu potentiaalivapaa kärkitieto on I/O-tason integraatio. Jos DALI-väylä yhdistetään AV-logiikan sarjaporttiin sovittimella, on kyse väylätason integraatiosta. Jos valaistusohjausjärjestelmän reititin liitetään AV:n ohjausverkkoon, on kyse usein valvomotason integraatiosta. Kun tilavarauksjärjestelmän kalenteri integroidaan AV-järjestelmään, on kyse yleensä pilvitason integraatiosta.

Pilvitason integraatioon on markkinoilla erilaisia datan integraatioalustoja, jotka voivat toimia siltoina tai protokollamuuntimina eri järjestelmien välillä. Ne tarjoavat järjestelmille esimerkiksi reunaliityntäpisteitä, virtuaalisia kaapeleita, datasäilytys- ja historiapalveluita sekä etävalvomoita. (Clouder 2025.)

5 Integraatioiden koordinointi

Hankkeissa, joissa integroidaan eri järjestelmiä, on suositeltavaa nimetä integraatioista vastaava taho eli integraattori. Integraattori voi toimia suoraan rakennuttajan alaisuudessa, tai integraattorin vastuut voivat kuulua esimerkiksi suunnittelijalle, tilaajalle, IT-toimijalle tai tietyn järjestelmän toteuttajalle. Tärkeintä on, että integraation koordinoinnille on määritelty vastuullinen taho, jolla on hyvä käsitys hankkeeseen liittyvien järjestelmien integraatiosta. (Liedes ym. 2025, 52.)

Suunnitteluvaiheessa integraattorin tehtävänä on määritellä eri järjestelmien välisten integraatioiden periaatteet ja huolehtia, että integraatiot on suunniteltu riittävällä tarkkuudella. Riittävä tarkkuus voi tarkoittaa käytettävien sähköisten väylien ja protokollien lisäksi sen määrittelemistä, mitkä parametrit tulee olla luettavissa tai kirjoitettavissa muihin järjestelmiin. (Liedes ym. 2025, 52.) Verkkotassolla tehtävässä integraatiossa on suunniteltava, kuka vastaa lähiverkon suunnittelusta ja toteutuksesta, tietoturvasta sekä siitä, että yhteen järjestelmään tehty muutos ei häiritse muita järjestelmiä.

Toteutusvaiheessa tehtävänä on varmistaa, että integraatioihin liittyvät toimijat ovat ymmärtäneet, mitä rajapintoja toimitettavilta järjestelmiltä edellytetään ja että ne toteutetaan ja dokumentoidaan sovitusti. Integraattori helpottaa eri toimijoiden välistä vuoropuhelua ja pitää huolen siitä, että integraatioiden avulla tehtävät toiminnallisuudet toteutuvat suunnitelmien mukaisina. (Liedes ym. 2025, 52.)

Käyttö- ja ylläpitovaihetta varten integraattorin tulee ohjeistaa eri organisaatioiden vastualueet ja niiden rajapinnat. Jos integroinneissa hyödynnetään esimerkiksi tietohallinnon ylläpidossa olevaa lähiverkkoa, tulee olla selvää, millaisia vaikutuksia verkkokatkoksilla ja muutoksilla on esimerkiksi turvajärjestelmien tiedonsiirtoon. (Liedes ym. 2025, 52.)

6 Haastattelututkimus taloteknisten järjestelmien integraatioista

6.1 Tutkimusongelma

Opinnäytteen tutkimuksen propositiona oli, että AV-järjestelmien integraatiota tehdään tänä päivänä aiempaa vähemmän, vaikka uudet väylätekniikat ovat tehneet niiden toteutuksesta aiempaa yksinkertaisempaa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tehtävän integroinnin tasoa ja onnistuneella integroinnilla saavutettavia hyötyjä sekä löytää syitä, miksi järjestelmäintegraatioita halutaan välttää. Tavoitteena oli kuvata AV-järjestelmien integraatioiden keskeisimmät haasteet ja etsiä vastauksia niiden ratkaisemiseksi.

6.2 Aineiston keruu, kohderyhmä ja otanta

Opinnäytetyö on laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus, jonka tarkoituksena on luoda tutkimuksen kohteesta kokonaisvaltainen kuva (Hirsjärvi ym. 2007, 157). Haastattelu, jossa haastatellaan henkilöitä, joilla on tietoa tai kokemusta tutkittavasta aiheesta, on yksi kvalitatiivisen tutkimuksen tyypillisimmistä tutkimusmenetelmistä. Opinnäytetyön tutkimusaineiston menetelmäksi valitsin puolistrukturoidun eli teemahaastattelun. Siinä esitetään kaikille haastateltaville samat aihepiirit, mutta täsmällisiä kysymyksiä tai vastausvaihtoehtoja ei ole. Kaikkien haastateltavien kanssa ei kuitenkaan käsitellä välttämättä kaikkia aiheita. (Eskola & Suoranta 1999, 87.) Teemahaastattelun aiheet nousevat tutkimuskysymyksistä, joihin pyritään löytämään vastauksia ennakolta määriteltujen teemojen sekä tarkentavien kysymysten avulla (Tuomi & Sarajärvi 2009, 75). Teemahaastattelu ei rajaa liikaa aiheen käsittelyä, ja haastateltavilla on mahdollisuus käsitellä aiheita heille sopivimmista näkökulmista (Eskola & Suoranta 1999, 87–88).

Haastateltavaksi tutkimukseen valittiin erilaisissa tehtävissä työskenteleviä pitkän linjan esitystekniikka-asiantuntijoita: haastateltavista kolme on isojen instituutioiden talotekniikka- ja AV-asiantuntijoita, kaksi työskentelee AV-suunnittelijana, yksi RAU-asiantuntijana ja kaksi AV-ohjausjärjestelmäasiantuntijana.

Haastattelut kahta lukuun ottamatta tapahtuivat kasvokkain. Kaksi haastattelua tehtiin etäyhteydellä Microsoft Teams -neuvottelualustalla. Kaikki haastattelut tallennettiin haastateltavien luvalla. Haastateltaville kerrottiin ennen haastatteluja aineiston käyttötarkoitus, ja heiltä pyydettiin haastattelulupa, jossa mainittiin opinnäytetyön tarkoitus ja aineiston käsittelytapa.

6.3 Aineistolähtöinen sisältöanalyysi

Teemahaastatteluilla saatu aineisto litteroitiin ja käsiteltiin aineistolähtöisen sisältöanalyysin avulla. Analyysissä on kolme vaihetta. Ensimmäinen vaihe on aineiston pelkistäminen. Litteroidusta aineistosta karsitaan pois tutkimuksen kannalta epäoleellinen sisältö. Lisäksi aineisto tiivistetään ja tarvittaessa pilkotaan osiin. Toinen vaihe on aineiston ryhmittely. Ryhmittely tapahtuu esimerkiksi käsitteiden, piirteiden tai ominaisuuden mukaan (Tuomi & Sarajärvi 2009, 109–110.) Tässä opinnäytetyössä aineisto ryhmiteltiin teemahaastattelurungon kysymysten mukaisesti. Lisäksi koottiin yhteen muita haastatteluissa esille nousseita teemoja. Kolmas vaihe on aineiston erottelu tutkimuksen kannalta oleelliseksi tiedoksi (Tuomi & Sarajärvi 2009, 111).

6.4 Tutkimustulokset

6.4.1 Integraatiotrendi

Haastatteluissa asiantuntijat kertoivat integraatiotason muutoksesta. Kaikki haastateltavat totesivat, että järjestelmien väyläpohjaisuus ja siirtyminen lähiverkkoon ovat helpottaneet integraatioiden toteuttamista, mutta integraatioita tehdään vähän potentiaaliin nähden. Useissa haastatteluissa todettiin, että järjestelmien muuttuminen 90-luvulla lisäsi integraatiointoa, mutta integraatiotason myöhäisempi kehitys jakoi mielipiteitä. Syy integraatiotason muutokselle näytti tutkimuksessa löytyvän mallista, jolla tiloja nykyään rakennetaan ja hankitaan.

Julkisten toimijoiden, tässä tapauksessa seurakunta ja yliopisto, AV-asiantuntijat kertoivat, että organisaatioissa on halua löytää ja toteuttaa hyötyjä integraati-

oiden avulla. Isojen yksityisten toimijoiden kanssa tilanne on toinen. Rakennuksia usein suunnitellaan ja rakennetaan ennen kuin on edes tietoa tulevista vuokralaisista ja käyttäjistä. AV-järjestelmät eivät kuulu kiinteistöön, vaan ovat käyttäjähankintoja. Ne suunnitellaan paljon muuta talotekniikkaa lyhyemmälle elinkaarelle ja nähdään usein kertakäyttötuotteena, jota ei kehitetä eikä ylläpidetä. Käyttäjän järjestelmät halutaan usein tietoisesti pitää erillään kiinteistön järjestelmistä, etenkin jos pääsyä ei voida helposti toteuttaa oikeuksiltaan rajoitettuna. Jos vuokralainen haluaisikin tehdä integraatioita kiinteistön taloteknisten järjestelmien kanssa, on usein kiinteistön talotekniikan suunnittelu ja toteutus jo pitkällä eikä toivottua tai parasta ratkaisua välttämättä ole enää mahdollista toteuttaa. Kun rakennus suunnitellaan alusta alkaen tietyille käyttäjälle, voidaan käyttäjätarpeet huomioida paremmin. Monet esitystilat varustetaan kuitenkin yksinkertaisilla pakettiratkaisuilla, jotka eivät mahdollista integraatioita.

6.4.2 Optimi-integraatio

Kaikkien haastateltavien mukaan integraatiolla voidaan saavuttaa monenlaisia hyötyjä. Useimmiten ensisijainen motivaattori on kiinteistönomistajan tai vuokralaisen kustannus- ja energiansäästötavoite. Onnistuneella integraatiolla voidaan vähentää energiankulutusta ja pidentää laitteiden elinkaarta sammuttamalla laitteet silloin kun niitä ei tarvita. Myös valaistusta ja ilmanvaihtoa on aikaprofiilien sijasta järkevää ohjata läsnäoloon ja henkilömäärään perustuen sekä tarvittaessa tehostaa ennakoita ennen olosuhteiden muuttumista huonommiksi.

Hyvin suunniteltu integraatio voi vähentää kustannuksia myös toteutusvaiheessa, vaikka usein se ennakoita nähdäänkin tarpeettomana lisäkustannuksena. Kustannussäästöä syntyy, kun suunnittelussa yhteensovittamalla poistetaan päällekkäisiä varusteita ja sensoreita sekä jo talotekniikan suunnitteluvaiheessa suunnitellaan laadukas sensorointi, jota kaikki talotekniikan osa-alueet voivat tehokkaasti hyödyntää. Kun sensorointi on osa kriittistä talotekniikkaa, se myös pidetään kunnossa.

Kun tilojen järjestelmät ovat laajasti huollon etävalvonnassa ja vikatilanteet sekä huoltotarpeet voidaan havaita ennakolta, paranee tilojen toimintavarmuus ja käyttökatkot vähenevät.

Kaikkien haastateltavien mukaan onnistuneella integraatiolla parannetaan AV-järjestelmän käyttökokemusta. Asiantuntijat esittivät haastatteluissa, millaisia taloteknisiä integraatioita heidän mieleissään esitystiloihin voitaisiin optimitilanteessa toteuttaa:

- Sähkö-, verho-, valkokangas- ja älykalvo-ohjaukset: liittämällä AV-järjestelmä sähköjärjestelmään voidaan AV-laitteiden käyttösjätköjä kytkeä päälle ja pois jopa ryhmittäin AV-järjestelmästä tai ohjauspaneelista. Kun laitteet ovat käynnissä vain tarvittaessa, säästetään energiaa, vähennetään lämpökuormaa ja pidennetään laitteiden elinikää. Valkokankaiden, verhojen ja sähköisesti läpinäkyvyyttä vaihtavien älykalvojen ohjaaminen AV-järjestelmästä joko sähköjärjestelmän kautta tai suoraan ohjausväylällä lisää käyttömukavuutta. Ohjauksiin voidaan myös tehdä automaattisia toimintoja, esimerkiksi valkokangas voi laskeutua ja nousta automaattisesti, kun videoprojektori käynnistyy ja sammuu.
- Valaistus: valaistukseen voidaan tehdä automaattisia valotilanteita, jolloin valaistus muuttuu esimerkiksi sen mukaan, onko tilan näyttölaite päällä. Valaistuksen ohjauksen integrointi AV-ohjauspaneeliin lisää käyttömukavuutta, kun kaikkia tarvittavia toimintoja voidaan ohjata yhdestä pisteestä. Kosketusnäyttö tarjoaa myös usein seinäpainikkeita monipuolisemman ohjauksen.
- Läsnaolotieto: yleensä valaistusjärjestelmästä saatavalla läsnäolotiedolla voidaan käynnistää ja sammuttaa AV-järjestelmä. Hitaasti käynnistyviä laitteita voidaan tarvittaessa käynnistää jo ennakolta kalenterivarauksiin perustuen. Läsnaolotietoa voidaan hyödyntää tilojen käytön seurantaan, jolloin nähdään tilojen käyttöaste. Tiloihin tehdyt varaukset voidaan peruuttaa automaattisesti, jos tilaan ei olla tultu. Joissakin läsnäoloantureissa on myös henkilölaskenta, jolloin esimerkiksi neuvotteluhuoneissa voidaan seurata käyttäjämäärää ja selvittää, ovatko neuvotteluhuoneet sopivan kokoisia sekä säätää ilmanvaihtoa jo ennen olosuhteiden huononemista.
- AV-laitteiden tilatieto: liittämällä AV-laitteet valvontajärjestelmään, voidaan niiden tilaa seurata. Vikaantuneet laitteet voidaan vaihtaa jo ennen kuin käyttäjä huomaa niiden rikkoutumisen. Järjestelmä voi hälyttää huollettavien osien vaihdosta ja seuraamalla esimerkiksi laitteiden lämpötilatietoja voidaan myös laitteiden vikaantumista ennakoida etukäteen.

- Olosuhdeseuranta ja LVI-ohjaukset: seuraamalla tilaolosuhteita voidaan AV-järjestelmän avulla näyttää esimerkiksi kokoustilan näytöllä huomautus, jos tilan ilmanlaatu muuttuu liian huonoksi. AV-ohjauspaneelilla voidaan myös säätää tilan lämpötilaa, tarvittaessa tehostaa tai pysäyttää ilmastointi tai toteuttaa takkakytkin tulisijallisiin tiloihin eikä käyttäjän tarvitse pyytää kiinteistöhallintaa muuttamaan tavoitearvoja. Harvoin käytetyt tilat voidaan kalenterivarausten perusteella lämmittää käyttölämpötilaan varauksen alkuun mennessä.
- Tilavaraukset: varauskalenterissa näkyy suoraan tilojen ominaisuudet. Varauksen yhteydessä voi tehdä suoraan tarjoilutilaukset ravintolaan. Kokousvarauksen yhteydessä vieraalle varataan autopaikka, ja kun auto saapuu, opastetaan vieras sisään ja oikeaan paikkaan opastusnäytöillä tai muulla opastusjärjestelmällä. Vieraan saapumista ilmoitetaan isännälle saapumisesta.
- Videoneuvottelu: videoneuvottelujärjestelmät voidaan integroida AV-ohjausjärjestelmään, jolloin kaikkia toimintoja voi käyttää yhdestä ohjauspisteestä. Yleensä kaikki videoneuvottelun ohjaustoiminnot ja usein myös kääntöpäikameran esikatselu voidaan integroida.
- Ovikamerat: AV-ohjauspaneeliin voidaan välittää ovikameran kuva, kun ovikelloa soitetään. AV-ohjausjärjestelmä voidaan integroida myös kulunvalvontajärjestelmään, jolloin ovi voidaan myös avata ohjauspaneelin painiketta painamalla. Oville asennetuilla kameroilla voidaan myös tehdä kävijälaskentaa, jolloin saadaan tieto jossakin tilassa käyneiden ihmisten määrästä.
- Häätämystys: palohälytys- tai poistumishälytystilanteessa tilan esitysäänentoisto mykistetään, jotta palokellot tai evakuointiäänijärjestelmän viesti kuuluu. Poistumista voidaan tehostaa sammuttamalla näyttölaitteet. Joissakin järjestelmissä häätämystys toteutetaan yksinkertaisesti katkaisemalla tilan aktiivikaiuttimien käytösähkö.
- Hälytysjärjestelmät: verkotettujen AV-järjestelmien kautta on mahdollista tehdä hiljainen hälytys, jossa hälytysteksti esitetään tilojen näytöillä tai yleisten tilojen infonäytöillä. Tilojen AV-ohjauspaneelien avulla voidaan lukita tai avata ovien lukituksia hätätapauksessa.
- Yleisäänentoisto: kun yleisäänentoiston ei tarvitse olla EN54-standardin mukainen evakuointijärjestelmä, se voidaan integroida esitys-tilojen äänijärjestelmiin ja käyttää niissä esitysäänentoistoa kuulutus-ten toistamiseen.
- Kulunvalvonta- ja murtohälytys: neuvottelu ja opetustilojen ovet voidaan avata ja murtohälyttimet poistuvat käytöstä kalenterivarausten perusteella. Ovet voidaan avata tai sulkea AV-ohjauspaneelistä.
- Energiamittaukset: hiilineutraaliustavoitteiden todentamiseksi kulutettua ja kiinteistössä fossiilivapaasti tuotettua energiaa mitata ja usein tuloksia halutaan visualisoida esimerkiksi infonäytöillä.

6.4.3 Integraatiohaasteet

Integraatioiden keskeisimmät haasteet projekteissa liittyvät aikatauluihin ja vastuurajapintoihin. Rakennuttajilla- ja pääurakoitsijoilla ei ole riittävää tietämystä integraatioilla saavutettavista hyödyistä, eikä niitä yleensä suunnitella lainkaan hankesuunnittelu- tai toteutussuunnitteluvaiheessakaan. Haastatteluissa tuli ilmi, että rakennuttajilla on aikaisempien projektien vastoin käymisten aiheuttama integraatiovastarintaa ja yleinen käsitys on että ”eihän nää koskaan toimi” ja ”kun näin on tehty ennenkin”. Tarpeet talotekniikan integrointiin käyttäjien järjestelmiin tulevat ilmi vasta, kun vuokralaiset ja käyttäjät ilmaisevat halun päästä käyttämään kiinteistön tietoja ja ohjaamaan toimintoja. Usein tässä vaiheessa rakennushankkeen toteutus on jo hyvässä vaiheessa ja kun integraatorajapintoja ei ole huomioitu tarjouspyyntövaiheessa, aiheutuu niistä usein huomattavia lisäkustannuksia. Tässä on kuitenkin havaittu ”ilmapiirin muuttumista sanelupoliitikasta yhteen hiileen puhaltamiseksi.”

Lähes kaikki nykyaikaiset talotekniset järjestelmät liittyvät ethernet-verkkoon ja niissä on avoimia ja dokumentoituja rajapintoja, joiden avulla ne voivat vaihtaa tietoja keskenään. Eri järjestelmien tietoverkkojen suunnittelussa ei kuitenkaan yleensä ole tehty yhteistyötä, vaan jokainen verkko on suunniteltu erikseen. Projekteissa ei useinkaan ole mukana riittävää verkko-osaamista, jotta verkkoja voitaisiin tai uskallettaisiin yhdistää toisiinsa. Integraatiota helpottaa se, että nykyään monissa AV-logiikoissa on kaksi erillistä verkkoporttia: toinen AV-järjestelmää ja toinen etähallintaa tai muuhun talotekniikkaan yhdistämistä varten.

AV-järjestelmiä toteuttavat henkilöt näkivät haasteena järjestelmien dokumentoinnin ja tiedonvaihdon. Kun AV-urakoitsija aloittaa järjestelmien toteutuksen työmaalla, on kohde useimmiten jo luovutettu tilaajalle. Esimerkiksi valo-ohjauksien osoitetietojen saaminen on osoittautunut vaikeaksi ja saattaa vaatia ohjelmoijien käyntiä työmaalla ja näille käynneille on vaikea löytää maksajia. Toteutuksia tekevä kertoo haastattelussa, että on helpompaa laittaa kattoon oma läsnäolotunnistin, kuin sopia jo olemassa olevan sensorin käytöstä rajapinnan kautta. Oman sensorin kustannukset on myös helpompaa huomioida tarjousvai-

heessa, kuin arvata, onnistuuko yhteistyö kohteessa. Myös integraatioiden toimintakokeet nähdään työläinä ja vaativat usein eri tahojen yhtäaikaista toimintaa kohteessa.

6.4.4 Kokonaisintegraatio ja keskitetty tiedonvaihto

Rakennusvaiheen kustannussäästöjä ja parempaa toimintavarmuutta on mahdollista saavuttaa toteuttamalla kohteeseen yksi laadukas sensorointi, jota kaikki tahot voivat hyödyntää. Tutkimuksessa ilmeni, että asiantuntijoiden mukaan sensoroinnin suunnittelu ja toteutus saattaa kuitenkin olla järkevää jakaa eri suunnittelijoiden ja urakoiden välillä siten, että esimerkiksi läsnäoloanturointi toteutetaan sähköurakassa ja muu anturointi rakennusautomaatiourakassa. Murto- ja palohälyttimien anturointia ei kukaan haastatelluista ollut integroinut yhteiseen sensorointiin. Tämäkin kuitenkin nähtiin periaatteessa mahdollisena, kunhan anturit ja toteuttaja valitaan turvatasoltaan vaativimman järjestelmän mukaisesti. Olennaista on kuitenkin huolehtia lähtötietojen koostamisesta, koodinoinnista ja yhteensovituksesta.

Lähes kaikissa haastatteluissa roolista riippumatta esiintyi huoli useista eri integraatorajapinnoista, eri järjestelmien tietoturvasta ja mahdollisista tietovuodoista sekä siitä, voiko vika toisessa järjestelmässä lamaannuttaa toisen järjestelmän. Ratkaisuksi ehdotettiin muiden taloteknisten järjestelmien päällä toimivaa luotettua integraatioalustaa, joka välittäisi tarvittavat tiedot ja ohjaukset eri järjestelmien välillä sopivilla tiedonsiirtoprotokollilla. Sopivaksi järjestelmäehdokkaiksi tarjottiin teollisuuden prosessiautomaatiojärjestelmiä, kuten Beckhoff ja Siemens, pilvipohjaisia integraatioalustoja kuten Clouder, Enermix ja Nobody Engineering sekä rakennusautomaatiojärjestelmiä ja kiinteistöautomaatiojärjestelmiä. Enemmän rakennusautomaatiojärjestelmien kanssa työskennelleet asiantuntijat kertoivat, että rakennusautomaatiojärjestelmä on yleensä järkevä saateenvarjojärjestelmä vain pienissä ja yksinkertaisissa järjestelmissä, jolloin AV-järjestelmä voi liittyä siihen siihen paikallisesti BACnet-rajapinnalla. Jos järjestelmässä tarvitaan laajempaa integraatioita ja eri järjestelmien välisiä yhteyksiä, on syytä valita kiinteistönhallintajärjestelmä tai erillinen datakerrospalvelu, johon yleensä kannattaa liittyä REST- tai MQTT-rajapinnalla.

6.4.5 Integraation suunnittelu

Rakennushankkeen reunaehdot määritellään hankesuunnitteluvaiheessa. Jotta eri järjestelmien välisiin integraatioihin osataan varautua jo suunnittelu- ja tarjousvaiheessa, tulisi integraatiotarpeet kirjata hankesuunnitelmaan.

Jotta halutut integroinnit osataan huomioida jo suunnitteluvaiheessa, tulee hankkeeseen nimetä integraatiosta vastaava taho viimeistään suunnitteluvaiheessa pääsuunnittelijan avuksi. Integraattorilla tulee olla riittävän laaja käsitys integroitavista järjestelmistä. Rakennusautomaatioasiantuntijoiden mukaan ala on niin siiloutunut, että tarvitaan lisärooleja, joilla ”pidetään punainen lanka käsillä.” Rakennusautomaatiosuunnittelijoilla on usein valmiina kriittinen osaaminen, mutta heilläkään osaaminen ei välttämättä riitä kokonaisuuden hallintaan, vaan olisi syytä nimetä erillinen konsultti suunnittelunohjaukseen. Integraatiokonsulttien käyttäminen hankkeissa on vielä harvinaista, mutta asiantuntijat näkevät, että se olisi usein tarpeellista. Rakennuttajien ja tilaajien edustajat näkevät, että tekninen rakennuttaja tai talotekniikka-asiantuntija saavat huolehdittua integraatioiden koordinoinnin. Integraattorin tulee huolehtia eri suunnittelualojen välisestä vastuunjaosta. Toimittajariippuvuuksista on huolehdittava, vaikka kokonaisintegraatiossa onkin yksi toimittaja tähtipisteessä. Eräässä haastattelussa ilmeni, että toteuttaja näkee integraatiokonsultin hankkeessa kustannuksia nostavana, koska ”ajatellaan, että tulee tiukemmat vaatimukset projektille”.

Esitystekniikan integraatioiden onnistumisessa nähdään tärkeänä, että esitystekniikkasuunnittelijat otetaan mukaan hankkeeseen mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta tarvittavat rajapinnat osataan huomioida myös muiden järjestelmien suunnittelussa. Osa haastateltavista kertoo, että eri suunnittelualoilla käytetään mielellään samaa suunnittelutoimistoa, jotta yhteensovittaminen on helpompaa, osa taas kannattaa jakamista eri toimistoille, jotta kaikkien täytyy panostaa suunnitteluajaiseen tiedonvaihtoon ja yhteensovitukseen.

Integraatioita järjestelmiin ei tule suunnitella vain integraatioiden takia, vaan jokaiselle integraatiolle tulee tehdä hyötyarviointi: saavutetaanko toteutettavalla integraatiolla lisää käyttömukavuutta tai vähentääkö se investointikustannusta

joko toteutusvaiheessa tai järjestelmien elinkaaren aikana. Suunnitteluvaiheessa rajapintojen ja yhteisen tietoverkon suunnittelun lisäksi tärkeää on huolehtia järjestelmän kokonaistietoturvasta. Yleensä pilvitoimintojen liikenne on suojattu vahvasti esimerkiksi VPN-tunneleilla, mutta kokonaistason tietoturvasuunnittelussa tulee suunnitella järjestelmien väliset pääsyoikeudet ja varmistaa tietovuodot. Voiko esimerkiksi henkilölaskentaa tekevä kamera vuotaa reaaliaikaisen kuvan ja äänen internettiin tai ulkomailla sijaitsevalle palvelimelle. Integroinnit voidaan rajoittaa myös yksisuuntaisiksi esimerkiksi siten, että turvajärjestelmät ohjaavat AV-järjestelmiä, mutta mitään tietoa ei siirretä toiseen suuntaan.

Kun turvajärjestelmiä integroidaan, on tärkeää huomioida toiminnot virhetilanteissa. Esimerkiksi ovien automaattinen avautuminen palohälytystilanteessa saattaa säästää ihmishenkiä, mutta sytytin ulkotilaan sijoitetun ilmaisimen alapuolella tarjoaa helpon sisäänpääsyn sitä haluavalle.

6.4.6 Integraatioiden toteutusvaihe ja ylläpito

Toteutusvaiheessa integrointien yhteensovittamiseen ja toimintakokeisiin projektiin tarvitaan Master of Integration, jonka tehtävänä on huolehtia rajapintojen toteutuksesta, dokumentoinnista ja testauksesta. Rakennuttajat kertovat, että hankkeissa käyttöönottoa ja ylläpitoa on helpotettu sitomalla suunnittelijat hankkeeseen myös käyttöönottoon takuuajan loppuun asti. Kommunikaatio osapuolten välillä on keskeistä integraation onnistumisessa. Kun integraation osapuolet ovat jo tuttuja, onnistuu yhteensovitus paremmin. Kun järjestelmän toimintaan vaikuttaa usean eri toimittajan järjestelmät, saattaa vikatilanteessa olla haastavaa selvittää, minkä toimittajan järjestelmästä vika löytyy.

Järjestelmään ylläpidossa ja tehtävissä muutoksissa on huomioitava, miten ne vaikuttavat muiden järjestelmien toimintaan. Tähän on mahdollista vaikuttaa käytettävän yläjärjestelmän ominaisuuksilla tai esimerkiksi KNX-järjestelmissä siten, että KNX-osoitteiden tai ryhmien sijaan käytetään oliopohjaista sovitinta. Talotekniikan verkko on yleensä syytä pitää erillään tuotantoverkosta ja usein käyttäjien IT-osasto ei ole kiinnostunut talotekniikkaverkosta. On tärkeää huolehtia, että myös talotekniikkaverkon ylläpidosta on huolehdittu.

7 Päätelmät

Esitystilojen ja -järjestelmien suunnittelu aloitetaan usein vasta, kun kiinteistön rakentaminen on jo vauhdissa. Muutosten tekeminen on kallista tai mahdotonta. Trendinä muutenkin näkyy suunnittelu- ja toteutusvaiheiden limittyminen.

Rakennuttajilla ei usein tunnu olevan riittävää käsitystä esitysjärjestelmistä ja niiden integroinnilla saavutettavista hyödyistä. Toisaalta esitysasiantuntijoilla ei ole tuntemusta muista taloteknisistä järjestelmistä tai niiden ohjauksista, ja protokollien ja järjestelmien yhteensovittaminen tuottaa toimimattomia toteutuksia. Uusimmissakaan hiljattain päivitettyissä rakennusautomaatiota ja taloteknisten järjestelmien tiedonsiirtoa käsittelevissä ST-käsikirjoissa ei esitysteknisiä järjestelmiä edes mainita integraatiota koskevissa luvuissa. Liitteen RAU-pisteiden luettelossa sentään mainitaan yleisäänentoiston mykistysohjaus ja vikatieto.

Vaikka talotekniikan ja AV-ohjauksen siirtyminen ethernet-verkkopohjaiseen tietoliikenteeseen ja avoimiin rajapintoihin tekee integraatiosta helpompaa, on se tuonut mukanaan uusia yhteensovituksen ja tietoturvan haasteita. Kokonaisintegraatiolla voitaisiin saavuttaa huomattavia säästöjä jo toteutuksessa, mutta yksittäiseen suunnittelualaan tai urakkaan liittyviä kustannuksia ei osata jyvittää. Integraatiohaluja jarruttavat useammassa haastattelussa vastaan tulleet haasteet perusintegraatioiden kanssa. Kun perinteisiä ohjaustapoja käyttävässä järjestelmässä AV-logiikka vastaa valaistusohjauksesta, on toimintavarmuus aiheuttanut ongelmia: ”kun AV ei toimi, ei valoja saada päälle”. Kun esitystilan arki- ja juhla-valot on haluttu integroida yhteen, eivät järjestelmät toimi halutulla tavalla. Juhla-valot on liitetty väylään, jossa ohjausparametreja toistetaan nopealla syklillä, ja arkivalot väylään, jossa valaisimille välitetään vektoriohjauksia.

Työtä tehdessäni syvensin osaamistani nykyaikaisista kiinteistöhallintajärjestelmistä, etävalvomojärjestelmistä sekä yhteensovituksessa ja automaatiossa käytettävistä uusista integraatio- ja data-alustoista. Samalla havaitsin, että haastattelujen perusteella onnistuneessa integraatiossa näyttää olevan käyttömukavuuden ja rakentamiskustannusten lisäksi huomattavasti enemmän potentiaalia elinkaaren energiansäästöissä ja toimintavarmuuden lisäämisessä.

Lähteet

Applied Global Technologies 2025. The Essentials of AV System Design - A Guide for Beginners, <https://www.appliedglobal.com/the-essentials-of-av-system-design-a-guide-for-beginners/>. Luettu 29.4.2025.

BACnet International 2014. Introduction to BACnet For Building Owners and Engineers v. 1.0.

Luettavissa: <https://www.ccontrols.com/pdf/BACnetIntroduction.pdf>

Bennette, Adam 1994. Recommended Practice for DMX512. USITT. Lontoo: Plasa.

Casambi 2025. Casambi System Overview 6.0. Luettavissa: <https://learn.casambi.com/whitepaper/casambi-system-overview>

Chisnall, Martin 2020. RDM: A Very Brief Introduction. City Theatrical. Luettavissa: <https://www.citytheatrical.com/publications#white-papers>

Clouder 2025. Yhtiön verkkosivu, <https://clouderolutions.com/> Luettu 2.5.2025.

Dali AG 2001. Dali Manual Frankfurt: Dali AG.

Luettavissa: <https://www.susaeta.net/index.php/documentacion>

DiiA (Digital Illumination Interface Alliance) 2021. DALI+ delivers DALI lighting control with wireless and IP-based networking.

Luettavissa: <https://www.dali-alliance.org/news/293/dali-delivers-dali-lighting-control-with-wireless-and-ip-based-networking>

Echelon Corporation 1999. Introduction to the LonWorks System v. 1.0.

EnOcean GmbH 2020. EnOcean – The World of Energy Harvesting Wireless Technology.

Luettavissa: <https://www.enocean.com/en/technology/white-papers/>

Eskola, Jari & Suoranta, Juha 1999. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

ESTA 2004. ANSI E1.11-2004 Entertainment Technology USITT DMX512-A Asynchronous Serial Data Transmission Standard for Controlling Lighting Equipment and Accessories.

Grimes, Brad 2016. CTS-D Certified Technology Specialist-Design Exam Guide. McGraw-Hill Education.

Harman a Samsung Company 2024. Harman Install Solutions 2024/2025.

Luettavissa: https://jblpro.com/en/support_downloads

Helvar Oy 2013. Helvar Designer 4.2.18 Help File.

Helvar Oy 2024. Helvar Lighting Intelligence Catalogue.

Luettavissa: <https://helvar.com/brochures-product-catalogues-whitepapers/>

Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula 2007. Tutki ja kirjoita. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

HiveMQ 2024. MQTT Essentials: The Ultimate Guide to the MQTT Protocol for IoT Messaging. Version 2.0. Luettavissa: <https://www.hivemq.com/mqtt/>

IDC Technologies 2006. Practical Fundamentals of OPC rev 7.1.

Luettavissa: https://cdn.eit.edu.au/downloads/OP_IDCbookextract_rev7.1.pdf

Kiona 2023. The building as a data source: From building management to Artificial Intelligence and Cyber Security. Luettavissa: <https://kiona.com/white-paper-energy-optimization-and-ai-in-the-property-industry>

KNX Association 2014. KNX Basics.

Luettavissa: <https://www.knx.fi/index.php?k=220424>

Latauspiste- ja automaatiolaki, 733/2020. Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjauksjärjestelmillä.

Luettavissa: <https://finlex.fi/fi/lainsaadanto/2020/733>. Luettu 24.4.2025.

Legrand 2025. Wattstopper Plus with Encelium Technology, Solutions Overview. Luettavissa: <https://www.legrand.us/solutions/wattstopper-plus>

Liedes, Riikka, Uusitalo, Sakari, Reinikainen, Ville, Erkkilä, Vesa & Koivisto, Pekka 2022. ST Käsikirja 21: Taloteknisten järjestelmien tiedonsiirto. Espoo: Sähköinfo Oy.

Liedes, Riikka, Uusitalo, Sakari, Hietala, Tuomas, Pulkkinen, Harri, Asp, Risto, Härkönen, Pentti, Mikkola, Juhana, Piikkilä, Veijo, Pusa, Kari, Sahala, Antti, Sahlstén, Toivo, Sandström, Börje, Sirviö, Arto, Spangar, Tapio & Sulku, Jukka 2025. ST Käsikirja 17: Rakennusautomaatiojärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Massé, Mark 2011, REST API Design Rulebook.

Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.

Modbus Organization Inc. 2012. Modbus Application Protocol Specification V1.1b3. Luettavissa: <https://www.modbus.org/specs.php>

Motiva Oy 2012. Kiinteistön energiatehokkaat sähkötekniset ratkaisut.

Luettavissa: <https://www.motiva.fi/ajankohtaista/julkaisut/kiinteisto- ja palvelu-ala>

Nelson, Kirsten 2008. Controlling Influence. How Crestron Founder George Feldstein Converts An Infinite Interest In Electronics Into A Wide Array Of Technology Offerings. System Contractor News December 2008.

Luettavissa: https://www.crestron.com/app_themes/crestron/featured_articles/139/An_Interview_with_Crestron_Fou.pdf

Oasis Open 2015. OBIX Version 1.1.

Luettavissa: <https://www.oasis-open.org/standard/obix-v1-1/>

Oasis Open 2019. MQTT Version 5.0.

Luettavissa: <https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v5.0/mqtt-v5.0.html>

Oasis Open 2025. FAQ - Consortium Operations

Luettavissa: <https://www.oasis-open.org/faq-5/>. Luettu 1.5.2025.

OPC Foundation 2024. OPC Unified Architecture v17.

Luettavissa: <https://opcfoundation.org/resources/brochures/>

Ozuno 2024. Dali-2 Technical Guide for System Integrators, 2024. TG-24-001.

Luettavissa: <https://ozuno.com/rapix-lighting-control-system/dali-2-technical-guide/>

Rakentamislaki, 751/2023. Luettavissa: <https://www.finlex.fi/fi/lainsaadanto/saaduskokoelma/2023/751>. Luettu 24.4.2025.

RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö RTS 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18, RT 10-11290. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Scada info 2023. Scada vs. BMS.

Luettavissa: <https://www.scadainfo.com/scada-vs-bms/> Luettu 3.4.2025.

Schneider Electric 2024. EcoStruxure Industrial Advisor - Predictive Energy.

Luettavissa: https://www.se.com/mk/en/download/document/PEB_99823549329/

Swales, Andy 1999. Open Modbus/TCP Specification v. 1.0. Schneider Electric.

Sähkötieto ry 2017. ST 653.10, AV-järjestelmä – Suunnitteluohje.

Espoo: Sähköinfo Oy.

Talotekninen teollisuus ja kauppa ry 2019. Talotekniikkaopas.

Helsinki: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Luettavissa: <https://talteka.fi/hyva-tietaa/ladattavat-materiaalit/>

Tridonic AG, 2020. Dali Manual 1.1. Luettavissa: https://resources.tridonic.com/PDB/Ressource/Web_TR/brochures/es/DALI-manual.pdf

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Haastattelu

Weckström, Niklas 2025. System Architect. Schneider Electric Oy.

Haastattelu 25.3.2025.

Tutkimushaastattelut

Harjula, Arttu 2025. Ryhmäpäällikkö, AV-järjestelmät. Granlund Oy.
Haastattelu 30.1.2025

Löppönen, Martti 2025. Talotekniikka-asiantuntija.
Haastattelu 31.1.2025

Mäkinen, Olli 2025. Head of Technology. Roomsense.
Haastattelu 27.2.2025

Poikonen, Toni 2025. Teknologiajohtaja. Akukon Oy.
Haastattelu 11.2.2025.

Poittinen, Jyri 2025. Purchasing Manager of AV.
Helsingin yliopiston kiinteistöpalvelut Oy
Haastattelu 24.1.2025

Tuominen, Timo 2025. Associate Director. CBRE Finland.
Haastattelu: 21.1.2025.

Tuomisaari, Vili 2025. Business Director, Smart Building. Granlund Oy.
Haastattelu 25.3.2025

Ylönen, Juho 2025. Kuulto Oy.
Haastattelu 22.1.2025