

Joonas Mällinen

**DALIN MAHDOLLISUUDET TALOTEKNIKKAJÄRJESTELMIEN
INTEGROINNISSA**

DALIN MAHDOLLISUUDET TALOTEKNIKKAJÄRJESTELMIEN INTEGROINNISSA

Joonas Mällinen
Opinnäytetyö
Kevät 2020
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka, Sähkötekniikka

Tekijä: Joonas Mällinen
Opinnäytetyön nimi: Dalin mahdollisuudet talotekniikkajärjestelmien integroinnissa
Työn ohjaaja: Marko Kukkola
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2020 Sivumäärä: 34

Valaistuksen, lämpötilan ja ilmanvaihdon ohjaukseen ja mittaukseen jokaiselle järjestelmälle käytetään usein omia komponentteja ja kaapelointeja. Tällaiset toteutukset eivät ole kustannustehokkaita ja kokonaisuuden hallinta ja valvonta on vaikeampaa. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia talotekniikkajärjestelmien integroinnin mahdollisuuksia valaistuksenohjausjärjestelmä Daliin.

Työssä käsitellään lyhyesti valaistuksenohjausjärjestelmä Dali ja sen ominaisuudet ja toiminnallisuudet. Selvitetään IEC 62386 -standardin oleellimmat muutokset liittyen Dali-2-määritelmään. Käsitellään hoitolaitoksen näkökulmasta taloteknisten järjestelmien integroinnin mahdollisuuksia. Selitetään lyhyesti yleisesti käytetyt siirtotekniikat ja käsitellään Dalin ja BACnet-automaatiojärjestelmän rajapinta.

Tutkimustyön tuloksina saavutettiin selvyys yleisimmistä integraation mahdollistavista ominaisuuksista hoitolaitoksessa sekä selvennettiin Dali-2-määritelmän tilannetta ja sen mahdollistavia ominaisuuksia esimerkiksi integraation kannalta. Johtopäätöksinä esitettiin toiminnallisuuksia, jotka voidaan mahdollistaa Dali-2-standardoinnin ja laiteintegraation avulla tulevaisuudessa.

Asiasanat: Dali, valaistus, valaistuksenohjaus, integraatio, järjestelmäintegraatio, BACnet, hoitajakutsujärjestelmä

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Electrical and Automation Engineering, Electrical Engineering

Author: Joonas Mällinen
Title of thesis: Dali possibilities on building service integration
Supervisor: Marko Kukkola
Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020
Number of pages: 34

Control and measurement of lighting, temperature and ventilation are often used with their own components and cabling for each system. Such implementations are not cost effective and the management and control of the entity is more difficult. The aim of this thesis is to explore the possibilities of integration of building automation systems in Dali lighting control system.

This work will briefly address the Dali lighting control system and its features and functionality. Clarifies the most significant changes to IEC 62386 regarding the Dali-2 definition. From the point of view of the care institution, the possibilities of integration of technical building systems are discussed. A brief description of commonly used transmission techniques and a discussion of the interface between Dali and the BACnet automation system is provided.

As a result of the research, the most common features enabling integration in a care facility were clarified, and the situation of the Dali-2-definition and its enabling properties were clarified, for example in terms of integration. In conclusion, functionalities that could be enabled by Dali-2-standardization and device integration in the future were presented.

Keywords: Dali, lightning, integration, system integration, BACnet, Nurse Call System

ALKULAUSE

Kiitokset työn mahdollistamisesta Sweco Talotekniikka Oy:lle. Erityiset kiitokset mielenkiintoisesta ja haastavasta aiheesta Jouni Palmulle ja Rauno Hällille.

6.2.2020

Joonas Mällinen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS.....	6
SANASTO.....	7
1 JOHDANTO.....	8
2 VALAISTUKSENOHJAUSJÄRJESTELMÄT.....	9
2.1 Osoitteeton digitaalinen ohjaus.....	9
2.2 Osoitteellinen digitaalinen valaistusohjausjärjestelmä Dali.....	10
2.2.1 Dali-väylän kaapelointi	11
2.2.2 Dali-väylän osoitteet.....	12
2.2.3 Dali-väylän tehonsyöttömenetelmät.....	12
2.2.4 Itsenäinen Dali-väylä	13
2.2.5 Dali-reititinjärjestelmä	14
2.3 Kansainvälisen Dali-standardin muutokset	16
2.3.1 IEC 62386 -standardin osat 101 - 105	17
2.3.2 IEC 62386 -standardin osat 201 - 209	18
2.3.3 IEC 62386 -standardin osat 216 - 224	19
2.3.4 IEC 62386 -standardin osat 301 - 333	21
2.3.5 Dali-2-sertifioinnin tilanne.....	22
3 HOITOLAITOKSEN TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN INTEGROINTI	24
3.1 Dalin rajapinnat.....	25
3.2 Hoitajakutsujärjestelmän integrointi valaistuksenohjaus- järjestelmään	27
4 POHDINTA.....	28
4.1 Valaisinohjauskomponenttien hyödynnettävyys ilmanvaihdon ohjauksessa	28
4.2 Turvallinen työskentely-ympäristö Dalin avulla.....	29
4.3 Tilojen älykkäät ohjausmahdollisuudet.....	29
4.4 Tulevaisuuden näkymät	30
LÄHTEET	32

SANASTO

BACnet	kiinteistöautomaation protokolla
Dali	Digital Addressable Lighting Interface (valaistusohjauksen protokolla)
DiiA	Digital Illumination Interface Alliance (globaali yritysliitto Dali-valaistusohjauksen kehittämiseen)
DSI	Digital Serial Interface (valaistusohjauksen protokolla)
IEC	International Electrotechnical Commission
IoT	Internet of Things (esineiden internet)
KNX	avoin standardi julkis- ja asuinrakentamisen talotekniikka-automaatioon
LED	Light-Emitting Diode
LVI	lämpö vesi ilma -lyhenne
TCP	Transmission Control Protocol (tietoliikenneprotokolla tietokoneiden väliseen luotettavaan tiedonsiirtoon)
UDP	User Datagram Protocol (ns. yhteydetön tietoliikenneprotokolla)
VPN	Virtual Private Network (virtuaalinen erillisverkko on yhteys, jolla vähintään kaksi paikallisverkkoa voidaan yhdistää julkisen verkon yli muodostaen näennäisesti yksityisen verkon)

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia eri talotekniikkajärjestelmien integrointia valaistuksenohjausjärjestelmä Daliin. Tavoitteena on tutustua jonkin kiinteistön toteutuksiin, jossa Dali-väylään on integroitu muita talotekniikkajärjestelmiä. Huomioitavia aihealueita ovat valaistuksenohjaus, lämpötilan säätö, ilmanvaihdon ohjaus ja hoivalaitoksien hoitajakutsujärjestelmät. Kuitenkin työn tärkein aihealue on Dali.

Työssä tutustutaan IEC 62386 -standardin määritelmiin Dali-2:n kehityksestä, kuitenkin ei liian syvällisesti käsitellä laajaa aihealuetta. Työssä pyritään selvittämään Dali-2:n hyötyjä valaistusohjauksen integroinnin osalta. Päällekkäisiä järjestelmiä voi olla useita ja pahimmassa tapauksessa jokaisella järjestelmällä on oma kaapelointi ja ohjausjärjestelmät. Näitä päällekkäisiä järjestelmiä halutaan vähentää ja yhdistää integroinnin avulla ja luomalla rajapintoja järjestelmien välille. Eri taloteknisten järjestelmien integroinnin hyötyinä ovat halvemmat suunnittelu-, rakennus- ja ylläpitokustannukset.

Työn menetelminä keskustellaan suunnittelijoiden, urakoitsijoiden, laitetoimittajien ja käyttäjien kanssa talotekniikkajärjestelmien integrointien hyödyistä ja haitoista, sekä yleensä mielipiteistä käytettyjen ratkaisujen kehittämisestä ja tulevaisuuden näkymistä.

2 VALAISTUKSEN OHJAUSJÄRJESTELMÄT

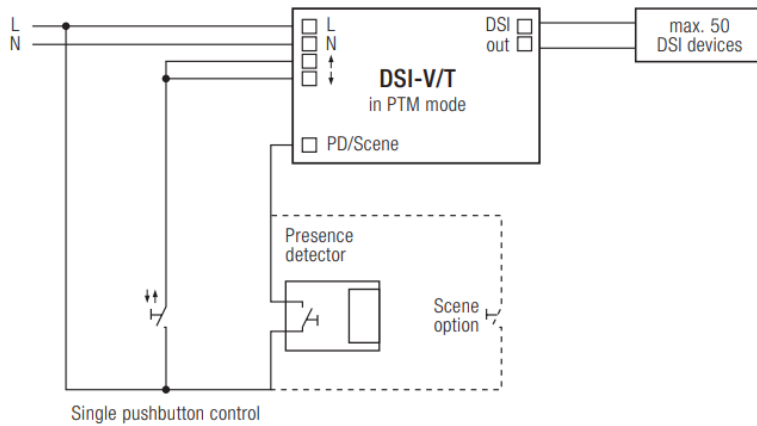
Kiinnostus valaistuksenohjaukseen on kasvanut valaistuksen ohjusratkaisujen teknisen kehityksen myötä. Energiatehokkaassa rakentamisessa rakennuksien taloteknisten järjestelmien, kuten LVI- ja valaistusjärjestelmien energiatehokkaisuun toteutuksiin kiinnitetään aiempaa enemmän huomiota (1, s. 7). Vaikuttavin tekijä valaistuksenohjauksen muutokseen on ollut energiatehokkuus. Valaistuksen ohjaamisella saavutetaan suurimmat säästöt, kun valaistusta ohjataan oikea määrä oikeaan paikkaan ja käytetään valaistusta vain silloin kun sitä tarvitaan. Sisätiloihin kantautuvan luonnonvalon avulla voidaan päivällä laskea valaistuksen kirkkautta ja saavuttaa säästöjä, sillä led-valaisimet ovat energiatehokkaita myös himmennettyinä.

Valaistussuunnittelun perustarpeina määritellään näkömukavuus, jolloin työntekijä kokee valaistuksen vaikuttavan positiivisesti hyvinvointiinsa, mikä johtaa epäsuorasti henkilön parempaan tuottavuuteen työtehtävässään. Oleellinen asia on myös näkötehokkuus, jolloin työntekijät pystyvät suoriutumaan näkötehtävistä vaativissa olosuhteissa. (2, s. 14.) Led-teknologiaa hyödyntävät valaisimet ovat korvanneet käytännössä kaikki muut valaisintyytit. Epäsuoran valaistuksen käyttö on lisääntynyt, sekä esimerkiksi seinä- ja pöytäpintojen valaistussuhteeseen on lisätty vaatimuksia (2, s. 6). Seuraavaksi tarkastellaan digitaalista ohjausta.

2.1 Osoitteeton digitaalinen ohjaus

DSI-digitaaliohjaus on Tridonicin kehittämä osoitteeton digitaaliohjaus, jota ei ole standardisoitu. DSI-väylän johdotus voi olla 250 metriä pitkä, eikä johdinten napaisuudella ole väliä. Osoitteeton toteutus tarkoittaa, että kaikki väylässä olevat valaisimet säätyvät samalla tavalla. Hyvinä puolina voidaan pitää ohjauksen tasaisuutta riippumatta ohjausväylän pituudesta ja mahdollisuutta ohjata väylää tietokoneella. Kuitenkaan DSI-ohjaus ei edellytä ohjelmointia. DSI-valaistusjärjestelmän toteutusperiaate on esitetty kuvassa 1. Osoitteettomuuden

takia laajemmin on yleistynyt osoitteellinen Dali-valaistuksenohjaus. DSI-ohjaus voidaan toteuttaa myös Dali-ohjauksen komponenteilla. (3, s. 14.)



KUVA 1. DSI-V/T -ohjausyksikön periaatekytkentä (4, s. 5)

2.2 Osoitteellinen digitaalinen valaistusohjausjärjestelmä Dali

Dali on digitaalinen väylä, joka on tarkoitettu valaistuksen hallintaan. Dali mahdollistaa kestävien, skaalautuvien ja joustavien valaistuskokonaisuuksien helpon asennuksen. Lyhenne Dali tulee englanninkielien sanoista Digital Addressable Lighting Interface. Dali suunniteltiin seuraajaksi markkinoita hallinneelle 1 - 10 V:n analogiselle ohjausjärjestelmälle. (5.) Digital Illumination Interface Alliance -liitto eli lyhyesti DiiA-liitto johtaa Dali-väylän kehitystä ja työstää Dalin sertifiointia.

Daliin haluttiin kehittää 1 - 10 V:n analogisen järjestelmän broadcast-tyyppistä laitteelta laitteelle ohjaustapaa parempi toteutus. Broadcast-termillä tarkoitetaan eräänlaista "datan lähetys" -toimintaa silloin kun vastaanottajaa ei ole määritetty. Dalista tehtiin osoitteellinen järjestelmä, jossa jokaiselle Dali-laitteelle voidaan määrittellä oma osoite. Tällöin jokaista Dali-laitetta saadaan ohjattua yksittäin. Daliin myös sisällytettiin mahdollisuus Broadcast-tyyppisestä ohjauksesta, missä kaikille laitteille kopioituu sama ohjauskomento. (5.)

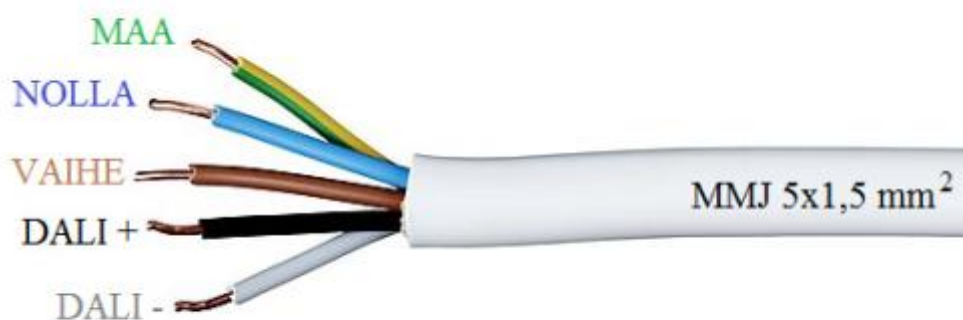
Dali-laitteita on myös mahdollisuus ohjata ryhmissä. Tämä ominaisuus tarjoaa erinomaista joustavuutta, kun valaistusryhmiä voidaan muuttaa kaapelointeja

muuttamatta. Digitaalisen väljän toimintatapa Dalissa mahdollistaa kommunikaation kahteen suuntaan. Laite voi esimerkiksi lähettää viestin virhetilasta tai välittää muuta informaatiota. (5.)

Dali-väylä ja Dalia käyttävät laitteet on standardisoitu. Digital Addressable Lightning Alliance -yrittäjäliitto (DiiA) ylläpitää ja kehittää Dali-väylää. Dali-standardiin on lisätty Dali-2-versio, jota kehitetään parhaillaan. (5.) Tutustutaan ensin Dali-väylään ja sen jälkeen Dali-2-käsitteeseen.

2.2.1 Dali-väljän kaapelointi

Dali-väljän kaapelointiin toimii perinteinen MMJ-kaapeli (6). Dali-väljän johtimet voidaan sijoittaa lähelle verkkovirtajohtimia, koska Dali-väljän digitaalisignaaleilla on hyvä häiriönsietokyky. Suurin sallittu jännitteen alenema on 2 V, josta saadaan Dali-väljän suurin sallittu pituus 300 m. Yleisesti käytössä olevan 1,5 mm²:n poikkipinnan MMJ-kaapelin jännitteenalenema on noin 2 V 300 m:n kaapelipituudessa, kun käytetään Dali-järjestelmän sallimaa maksimivirtaa. Valaisimelle tai Dali-laitteelle kytketään normaalisti vaihe-, nolla- ja suojajohdin, sekä kytketään kaksi johdinta Dali-väljän digitaalisignaaleille, kuten kuvassa 2 esitetään. (7, s. 4,8; 8, s. 32.)



KUVA 2. Viisijohtimisella 1,5 mm² -MMJ-kaapelilla syötetään sähkö ja Dali-väylä valaisimen liitäntälaitteelle (7, s. 8)

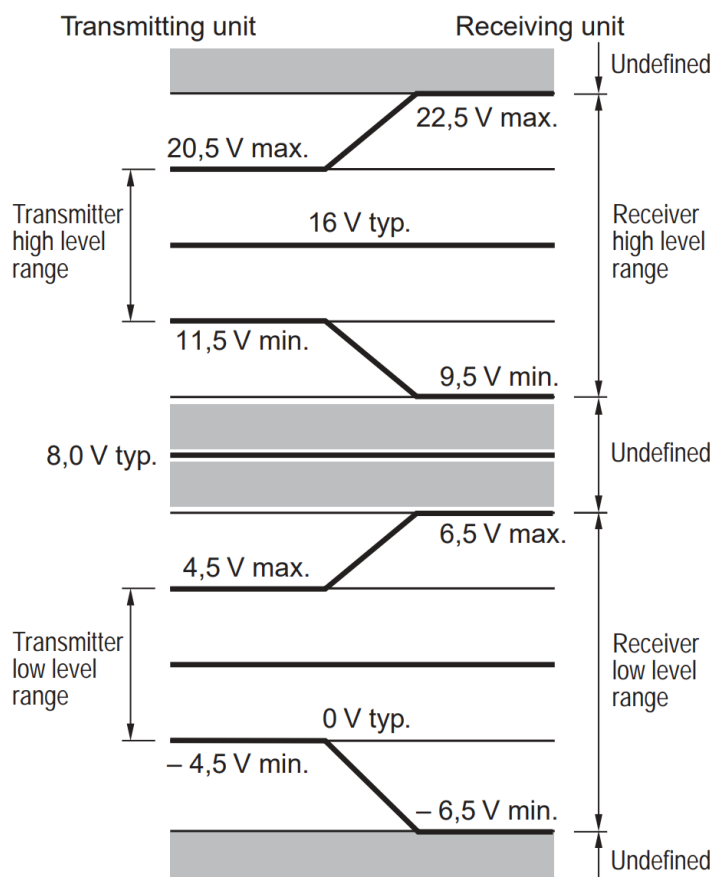
2.2.2 Dali-väylän osoitteet

Kaikilla Dali-väylän laitteilla on oma erillinen osoite. Dali-väylässä olevaa valaisinta voidaan ohjata yksittäin sen oman osoitteen ansiosta. Voidaan myös lähettää "broadcast"-tyyppisiä käskyjä kaikille laitteille yhdellä kertaa.

Dali-väylän valaisimista voidaan määritellä myös ryhmiä, jolloin huoneen valaisimia voidaan ohjata kaikkia kerralla. Dali-väylässä on 64 eri osoitetta, joten Dali-laitteita voidaan kytkeä yhteen väylään 64 kappaletta. Yhdessä Dali-väylässä voi olla 16 valaistusryhmää. (8, s. 24.)

2.2.3 Dali-väylän tehonsyöttömenetelmät

Dali-väylän käyttämä jännite on 16 V. Jännite voi vaihdella 9,5 - 22,5 V:n välillä sekä -6,5 - 6,5 V:n välillä. Lähettävän ja vastaanottavan laitteen jännitealueet esitetään kuvassa 3. (8, s. 17.)



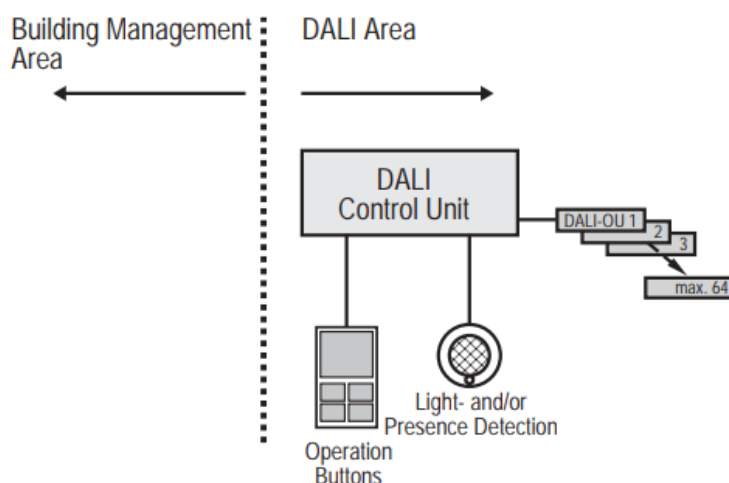
KUVA 3. Dali-väylän jänniteluokitukset (8, s. 18)

Dali-väylän virta on rajoitettu 250 mA:iin. Väylää syöttävästä laitteesta riippuen Dali-väylän virta voi olla myös alle 250 mA. Pienimmän tehon väylältä ottaa yleensä yksittäinen liitântälaite 2 mA. Yksittäisen laitteen tehoa ei ole rajoitettu. Yksittäistä Dali-väylää on mahdollista syöttää usealla eri virtalähteellä, mutta tällöin on varmistettava kytkentöjen polariteetti. (8, s. 24.) Tämä on kuitenkin harvinaisempaa, sillä yleensä väylää syöttää yksittäinen laite (9). Ohjauslaitteet ottavat väylästä virtaa huomattavasti enemmän. Liike-, mikroaalto- tai läsnäolotunnistin käyttää väylästä yleensä 5 - 40 mA virran. (10.) Dali-ohjauspaneelit voivat vaatia väylästä jopa 40 mA virran (11, s. 1).

2.2.4 Itsenäinen Dali-väylä

Dali-väylä voidaan toteuttaa itsenäisenä väylänä, jolloin siinä on yksinkertaistettu Dali-ohjausyksikkö ja siihen on kytketty esimerkiksi valaisimet ja ohjauspainikkeet (kuva 4). Tällaisessa yksinkertaisessa kokonaisuudessa ei välttämättä ole käytettävissä kaikkia Dalin ominaisuuksia.

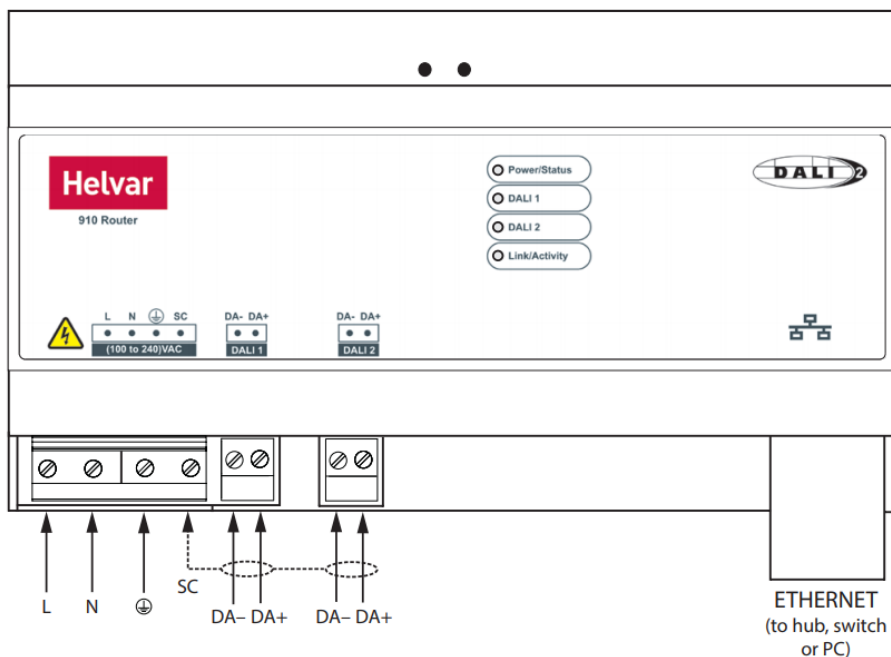
Dali-väylän avulla saadaan yhdellä väylällä ohjattua valaistusta ja esimerkiksi turvalaistusta. Läsnäolo- ja valoisuusantureiden tunnistetietoa voidaan hyödyntää Dali-valaistuksen toimintaan. Painonapeilla ja ohjauspaneeleilla voidaan aktivoida ennalta määritettyjä valaistustilanteita sekä säätää valaistuksen kirkkautta.



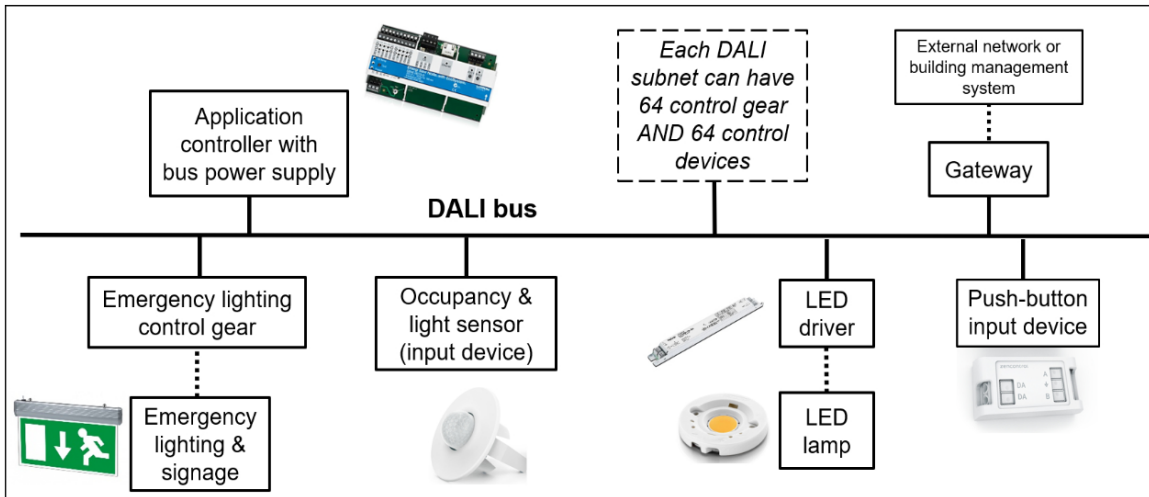
KUVA 4. Dali itsenäisenä kokonaisuutena, jossa yhteyttä muihin järjestelmiin ei ole (8, s. 16)

2.2.5 Dali-reititinjärjestelmä

Dali-reititinjärjestelmä mahdollistaa Dali-väylien liittämisen toisiinsa. Reitittimien avulla saadaan laajennettua yhden Dali-väylän 64:n osoitteen kapasiteettia säilyttäen kuitenkin ohjattavuus yhtenäisenä. Perustoiminnot saadaan käyttöön ilman erillistä ohjelmointia. Helvarin reitittimissä lisätoiminnot saadaan käyttöön Helvarin Designer-ohjelmiston avulla. Kaikki tiedot tallennetaan reititinjärjestelmään, joten päivittäisessä käytössä Dali-reitittimet eivät tarvitse PC-ohjausta. Dali-reititin on esitetty kuvassa 5. (12, s. 554.) Dali-väylään voidaan kytkeä valaisimia, turvavalaisimia ja niiden ohjainlaitteita, valoisuus- ja läsnäoloilmaisimia, painonappeja sekä yhteys ulkopuolisiin järjestelmiin Ethernet-liitäntän avulla (kuva 6).

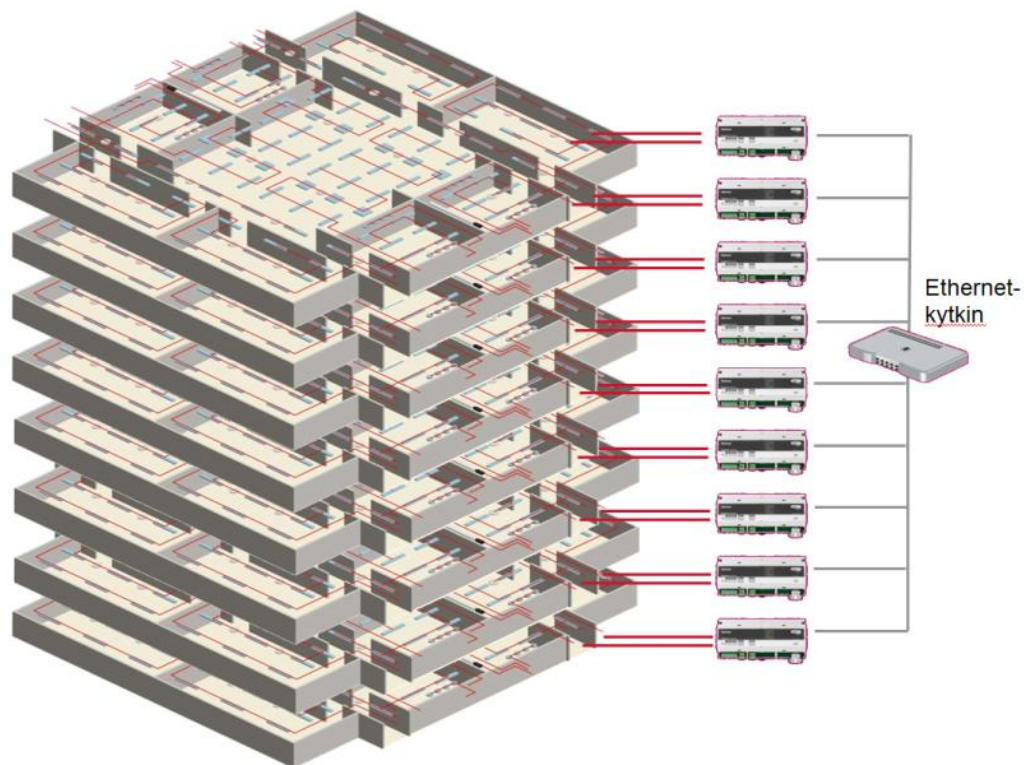


KUVA 5. Helvar 910 -reititin voi ohjata kahta Dali-väylää (13, s. 2)



KUVA 6. Esimerkki Dali-valaistuksenohjausjärjestelmästä (14)

Useiden reitittimien verkko voidaan luoda liittämällä useita reitittimiä yhteen Ethernetin vakioliitännöjen kautta. Verkkoa voidaan käyttää järjestelmän ohjelmointiin ja valvontaan. Verkko voi sisältää useita Ethernet-kytkimiä, jotka on liitetty toisiinsa. (12, s. 554.) Useiden reitittimien muodostaessa yhtenäisen verkon saadaan ohjelmointi ja valvonta toteutettua liittymällä verkkoon yhdestä pisteestä. Reititinteknologia mahdollistaa suurien kiinteistöjen ohjaamisen yhdellä järjestelmällä. Suurenkin kiinteistön eri alueiden tai kerrosten Dali-reitittimet saadaan liitettyä yhteen Ethernet-kytkimen avulla yhdeksi kokonaisuudeksi, kuten kuvasta 7 näkyy.



KUVA 7. Kiinteistön Dali-verkon reitittimet voidaan yhdistää Ethernet-kytkimellä (7, s. 13)

Dali-verkon valvonta voidaan toteuttaa liittymällä samaan verkkoon Dali-reitittimien kanssa. Samalla tavalla luomalla VPN-tunneli Internetistä kiinteistön verkkoon voidaan Dali-verkon valvontaa tehdä turvallisesti etänä. Etävalvonta voidaan tehdä Tosibox-laitteella. Tosibox auttaa luomaan hallitun VPN-yhteyden etähuoltoon, jatkuvaa valvontaa sekä reaaliaikaista datan keruuta ja tallentamista varten (15). Ammattilainen voi etäyhteyden avulla eri sijainnista tarkastaa kiinteistön Dali-verkon toiminnan ja suorittaa tarvittavat huolto- ja korjaustoimenpiteet. Etäyhteyden avulla voidaan myös ohjelmoida valaistuksenohjausjärjestelmään valaisinryhmiä tai muuttaa esimerkiksi ohjelmien aikamääreitä.

2.3 Kansainvälisen Dali-standardin muutokset

IEC 62386 -standardi kansainvälisistä määritelmistä Dali-teknologialle rekonstruoi vuonna 2014 Dali-2-määritelmää varten. Ennen Dali-2-määrittelyä on puhuttu Dalista ja Dali-standardista. Puhekielessä Dali-termiä käytetään usein kuvaamaan valaistusohjauksen tyyppiä, vaikka laitteet olisivatkin Dali-2-

yhteensopivia. Ennen Dali-2-määritelmää julkaistuista asioista käytetään työssä termiä ensimmäinen Dali-versio. Dali-2:n laajennukset avaavat uusia mahdollisuuksia taloteknisten järjestelmien integrointiin. Standardi sisältää määritelmiä Dali-2-sertifiointia varten. Dali-2 on Dali-standardin laajennus ja päivitys. Uutta aiemmin julkaistuun Dali-standardiin on se, että Dali-2-laajennuksessa ohjattavat laitteet tulevat osaksi standardia. (3, s. 15.) Dali-2-laajennus määrittelee mahdollisuuden syöttää Dali-verkkoon ohjausdataa, kuten sensoreiden dataa, sovellusohjaindataa sekä tietoa väylien virtalähteiltä (16). DiiA-organisaation verkkosivuilla on määritetty Dali-2-sertifikaatin osat sekä jaoteltu eri tuotetyypit (16). Dali-2-kehitystyötä on tehty pitkään ja se on myös parhaillaan meneillään työn tekohetkellä. DiiA-yrityслиitto on selventänyt tätä monimutkaista kehitysprosessia verkkosivuillaan. (17.) Seuraavissa luvuissa käsitellään eri osa-alueiden oleellisia muutoksia Dali-2:n kannalta.

2.3.1 IEC 62386 -standardin osat 101 - 105

IEC 62386 -standardiin liittyen on julkaistu muutoksia järjestelmää koskevan standardin osan 101 kohdalla toukokuussa vuonna 2018. Ohjausjärjestelmien ja ohjauslaitteiden standardin osiin 102 ja 103 on julkaistu muutoksia syyskuussa vuonna 2018. Oleellisimpana muutoksena on kokonaan uusi osa ohjauslaitteille, jolla tuodaan valaistuksenohjauslaitteet osaksi standardia. Näiden osioiden tilanne ja nimikkeet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. IEC 62386 -standardin tilanne 101 - 105 osille joulukuussa vuonna 2019 (18)

GENERAL REQUIREMENTS					
IEC 62386 part	Description	Status of published standard	Available for DALI version-1 testing?	Available for DALI-2 certification?	Notes
101	System	Aligned with DALI-2 Amendment - May 2018	✓	✓	Updated test sequences - December 2019
102	Control gear	Aligned with DALI-2 Amendment - Sept 2018	✓	✓	Updated test sequences - December 2019
103	Control devices	Aligned with DALI-2 Amendment - Sept 2018	n/a	✓	Updated test sequences - December 2019
104	Wireless and alternative wired system	Aligned with DALI-2	n/a	-	
105	Firmware update	In progress	n/a	-	

2.3.2 IEC 62386 -standardin osat 201 - 209

Standardin osat 201 - 209 sisältyivät Dalin ensimmäiseen versioon. Osassa 207 käsitellään LED-moduuleja. Osa 207 sisältyy Dali-2-versioon. Muiden osien osalta DiiA-liitto soveltaa Dalin ensimmäisessä versiossa määritettyjä testejä Dali-2-versioon. (18.)

Ohjauslaitteita käsiteltävien osioiden muutoksien tilanne esitetään taulukossa 2. Laajana käsitteenä on osa 207 LED-moduulit. Oleellisimpina muutoksina esimerkiksi himmennyskäyrän ominaisuudet, lämmönsuojaukseen liittyvät asiat ja kuormanhallintaan liittyvät asiat on siirretty omiin osioihin (19, s. 4 - 5).

TAULUKKO 2. IEC 62386 -standardin tilanne 201 - 209 osioille joulukuussa vuonna 2019 (18)

PARTS 201-209: SPECIFIC REQUIREMENTS FOR CONTROL GEAR					
Parts 201-209 were included in DALI version-1. For some Parts, the latest standards are aligned with DALI-2. For other Parts, DiiA is adapting DALI version-1 tests for DALI-2.					
IEC 62386 part	Description	Status of published standard	Available for DALI version-1 testing?	Available for DALI-2 certification?	Notes
201	Fluorescent lamps	Aligned with DALI-2	✓	-	
202	Self-contained emergency	DALI version-1	✓	-	DALI-2 test sequences in progress - see Timeline
203	HID lamps	DALI version-1	✓	-	
204	Low voltage halogen lamps	DALI version-1	✓	-	
205	Incandescent lamp dimmer	DALI version-1	✓	-	
206	Conversion to DC (0/1-10 V)	DALI version-1	✓	-	
207	LED modules	Aligned with DALI-2	✓	✓	Updated test sequences - December 2019
208	Switching	DALI version-1	✓	-	
209	Colour control	DALI version-1	No	-	DALI-2 test sequences in progress - see Timeline

2.3.3 IEC 62386 -standardin osat 216 - 224

Dali-2:n osiin 216 - 224 on linjattu määritelmiä valaistuksen kuorman viittauksiin, laitteiden lämmönsuojaukseen, himmennyskäyrän valinnalle, kuorman valvontaan, valaisimen lampun lämmönsuojaukseen ja integroituihin valaistuskäyttöihin (18). Nämä osiot on kuitenkin määritelty Dali-2-version standardin julkaisun myötä, jotka esitetään taulukossa 3. Kaikkiin taulukossa 3 esitettyihin osiin on kirjattu määritelmä, että osioita ei päivitetä ennen kuin IEC-verkkosivuilla esitetty ns. vakauden päivämäärä on saavutettu (20, s. 5).

TAULUKKO 3. IEC 62386 -standardin tilanne 216 - 224 osille tammikuussa vuonna 2020 (18)

PARTS 2XX - CONTROL GEAR FUNCTIONS					
All Parts below are aligned with DALI-2. These Parts were not included in DALI version-1.					
IEC 62386 part	Description	Status of published standard	Available for DALI version-1 testing?	Available for DALI-2 certification?	Notes
216	Load referencing	Aligned with DALI-2	n/a	-	
217	Thermal gear protection	Aligned with DALI-2	n/a	-	
218	Dimming curve selection	Aligned with DALI-2	n/a	-	
220	Centrally-supplied DC emergency operation	Aligned with DALI-2	n/a	-	
221	Load Shedding	Aligned with DALI-2	n/a	-	
222	Thermal lamp protection	Aligned with DALI-2	n/a	-	
224	Integrated light source	Aligned with DALI-2	n/a	-	

2.3.4 IEC 62386 -standardin osat 301 - 333

Painonappien, läsnäolo- ja valoisuusilmaisimien osioihin on lisätty päivityksiä. Taulukossa 4 on esitetty eri osat 301 - 304, jotka ovat kaikki uusia lisäyksiä Dali-2:ssa, joita ei siis ole ollut ollenkaan Dalin ensimmäisen version julkaisussa. Osassa 301 esitetään määritelmiä Dali-painonapeille. (18.)

Ohjauslaitteiden Dali-2-määritelmillä on tavoitteena saada yhtenäistettyä eri valmistajien tuottamia ohjauslaitteita yhteensopiviksi muiden Dali-2-laitteiden kanssa. Dali-laitteiden standardisointi ja vaatimus Dali-2-merkintään mahdollistaa paremman integroinnin eri laitevalmistajien laitteiden kesken. Tämän avulla saadaan vähennettyä laitevalmistajariippuvaisia järjestelmiä, jolloin kustannuksia kiinteistöjen uudisrakennus-, huolto- ja saneerausvaiheessa saadaan pienemmiksi. (18.) Seuraavassa luvussa selvennetään Dali-2:n vaikutuksia käytännössä.

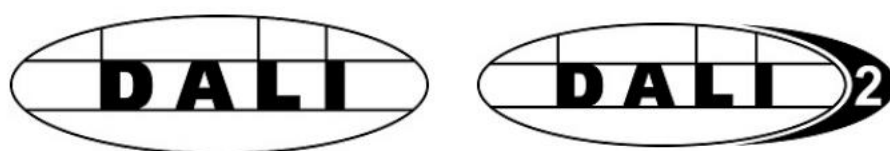
TAULUKKO 4. IEC 62386 -standardin tilanne 301 - 333 osille tammikuussa vuonna 2020 (18)

PARTS 3XX - SPECIFIC REQUIREMENTS FOR CONTROL / INPUT DEVICES					
All Parts 3xx are aligned with DALI-2. These Parts were not included in DALI version-1.					
IEC 62386 part	Description	Status of published standard	Available for DALI version-1 testing?	Available for DALI-2 certification?	Notes
301	Push buttons	Aligned with DALI-2	n/a	✓	Updated test sequences - December 2019
302	Absolute input devices	Aligned with DALI-2	n/a	✓	Updated test sequences - December 2019
303	Occupancy sensors	Aligned with DALI-2	n/a	✓	Updated test sequences - December 2019
304	Light sensors	Aligned with DALI-2	n/a	✓	Updated test sequences - December 2019
305	Colour sensor	In progress	n/a	-	
332	Input control devices - Feedback	Aligned with DALI-2	n/a	-	
333	Manual Configuration	Aligned with DALI-2	n/a	-	

2.3.5 Dali-2-sertifiointin tilanne

Täydellinen Dali-2:n mahdollistava yhteensopivuus eri valmistajien Dali-laitteiden kanssa ei ole opinnäytetyön tekohetkellä vielä mahdollista (2019). Käytännön tilanteessa, jossa valaistuksen ohjaukseen käytetään läsnäoloilmaisinta, on sen oltava saman valmistajan tekemä kuin käytössä olevan väylän Dali-laitteet (9). Työn tekohetkellä ei ollut vielä vaikutusta sillä, vaikka yhden valmistajan Dali-2-reitittimeen olisi yhdistettynä toisen valmistajan Dali-2-sertifioitu läsnäolotunnistin. Kaikki Dali-2-ominaisuudet eivät vielä toimisi.

DiiA-yrityслиiton tietokannasta selviävät kaikkien ensimmäisen Dali-version rekisteröityjen ja Dali-2-sertifikaattia hakeneiden tuotteiden tiedot ja ominaisuudet (21). Dali ja Dali-2 logot on esitetty kuvassa 8. Dali-2-sertifiointin tilanne esitetään osa-alueittain Helvarin Dali-reitittimellä kuvassa 9. Läsnaolotunnistimien tuki ei ollut työn tekohetkellä vielä voimassa kyseisellä reitittimellä, vaikka reitittimen dokumentaatioissa on Dali-2-merkintä. DiiA-liitto on koontanut yksinkertaiseen listaukseen kaikki oleelliset ominaisuudet, joita Dali-2-sertifikaatti mahdollistaa tietyllä tuotteella. Listaukseen on merkitty ne ominaisuudet, joihin tuote on kykeneväinen. Dali-2-merkintä ei siis vielä takaa kaikkien Dali-2-ominaisuuksien toimivuutta. Yhdistettäessä eri valmistajien Dali-2-laitteita samaan väylään on DiiA:n tietokannasta tuotekohtaisesta listauksesta helpoin selvittää ovatko laitteet yhteensopivia keskenään. (22.)



KUVA 8. Vasemmallla Dali-logo ja oikealla Dali-2-logo (23, s. 2)

Product properties

- Application controllers
 - Supports DALI version-1 control gear
 - Supports DALI-2 control gear
 - More than one DALI bus supported
 - Bus powered
 - Support for event messages from input devices
 - Support for other application controllers on the same bus
 - Support for Push-buttons (part 301)
 - Support for Switches/sliders (part 302)
 - Support for Occupancy sensors (part 303)
 - Support for Light sensors (part 304)
 - Support for generic input devices
 - Support for Self-contained emergency (part 202, DT1)
 - Support for Discharge lamps (part 203, DT2)
 - Support for Low voltage halogen (part 204, DT3) specific features
 - Support for Incandescent dimmer (part 205, DT4) specific features
 - Support for Conversion to DC (1-10V) interface (part 206, DT5) specific features
 - Support for LED (part 207, DT6) specific features
 - Support for Switching (part 208, DT7) specific features
 - Support for Colour control (part 209, DT8)
 - Supports colour type xy coordinate
 - Supports colour type Tc
 - Supports colour type RGBWAF
 - Supports feedback from control gear (including lamp failure feedback)
 - Provides support for addressing or grouping of control gear
 - Support for features of connected control devices: Feedback (332) and/or Manual configuration (333)
 - D4i
- Input devices
- Bus power supplies
 - Advanced bus power supply (defined in IEC 62386-101)
 - Automatic shut-down and restart after short-circuit (maximum 1 per bus)

KUVA 9. Helvar 910 -reitittimen Dali-2-sertifioinnin tilanne joulukuussa 2019 (22)

3 HOITOLAITOKSEN TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN INTEGROINTI

Julkisissa kiinteistöissä talotekniikan ohjattavuus ja säädettävyys on lisääntynyt viime vuosikymmenellä. Sairaaloiden ja hoitokotien eri tilojen talotekniset ratkaisut vaativat paljon erilaisia säätimiä, kytkimiä ja antureita. Pääallekkäisiä järjestelmiä saattaa olla kymmeniä ja pahimmassa tapauksessa jokaisella järjestelmällä on oma kaapelointi ja ohjausjärjestelmät. Näitä pääallekkäisiä järjestelmiä halutaan vähentää ja yhdistää integroimalla ja luomalla rajapintoja eri järjestelmien välille. Eri taloteknisten järjestelmien integroinnin hyötyinä ovat halvemmat suunnittelu-, rakennus- ja ylläpitokustannukset.

Kansainvälisessä IoT-työpajassa on kartoitettu kiinteistöissä käytettyjä talotekniikkajärjestelmiä ja niiden hyviä ja huonoja puolia. Tutkimuksen pohdinnassa todetaan, että Dali-protokolla on paras vaihtoehto valaistuksen ohjaukseen ja BACnet paras vaihtoehto järjestelmän hallinnan osalta. Dali-väylää ei ole suojattu, mutta Dali-väylässä ei tällä hetkellä ole tarpeellista siirtää riskialtista dataa. (24, s. 4 - 5.)

Texasissa sairaalan laajennuksessa vuonna 2014 BACnet-rajapintaa on käytetty valaistus- ja talotekniikkaohjauksen yhdistämiseen. Läsnaoloilmaisimia käytettiin auloissa, odotushuoneissa, kokoustiloissa ja henkilökunnan työskentelytiloissa. Tilojen valaistusta ohjattiin vuorokauden aikaan perustuen huomioiden läsnäoloilmaisimien havaitsema läsnä- tai poissaolo. Potilashuoneisiin on sijoitettu paikalla-pois-kytkimet. Kuitenkin lisättiin myös mahdollisuus yhdistää sairaalan oma potilastietojärjestelmä talotekniikka-automaatioon, josta saadaan tieto, onko potilashuone käytössä vai ei. Näillä tiedoilla saadaan valaistus ja ilmanvaihto säädettyä toimimaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Potilashuoneiden ilmanvaihto säätyy myös automaattisesti perustuen läsnäolotietoon. Valaistuksen ohjaus on myös integroitu hoitajankutsujärjestelmään. Hälytysnappia painettaessa säätyy potilashuoneen ja läheisten käytävien valaistus 100%:n voimakkuudelle ja se helpottaa itse

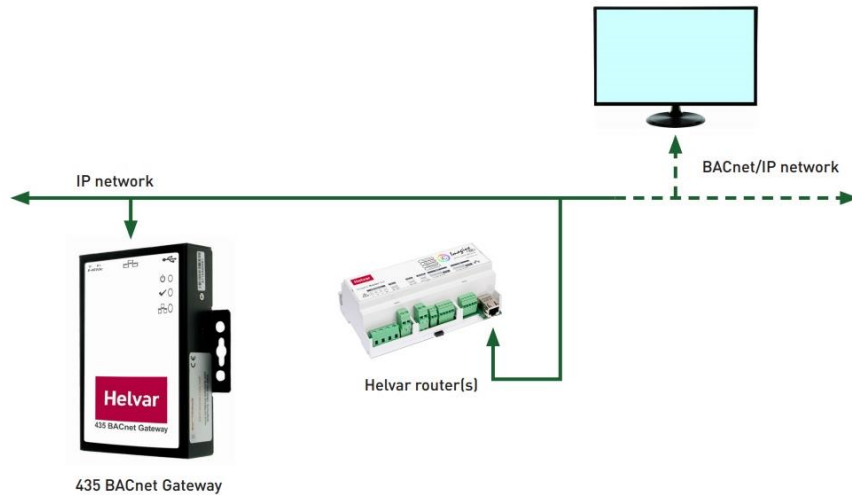
ensiavun toteutusta. Erikoistapauksissa, joissa laite valvoo ihmisen epilepsiakohtauksia, on laite yhdistetty automaatiojärjestelmään, joka myös kytkee kohtauksen sattuessa valaistuksen 100%:n voimakkuudelle. (25.)

3.1 Dalin rajapinnat

Yksinkertaisen tiedon tai komennon vienti Dali-väylään on helpoin ja yksinkertaisin toteuttaa kärkitiedolla. Kun Daliin siirrettävää tilatietoa on muutamia, käytetään yleensä kärkitietoa. Paloilmoitinjärjestelmältä, murtoilmaisimelta tai aikaohjauskäsky voidaan tuoda kärkitiedolla alakeskukselta Daliin. (26.)

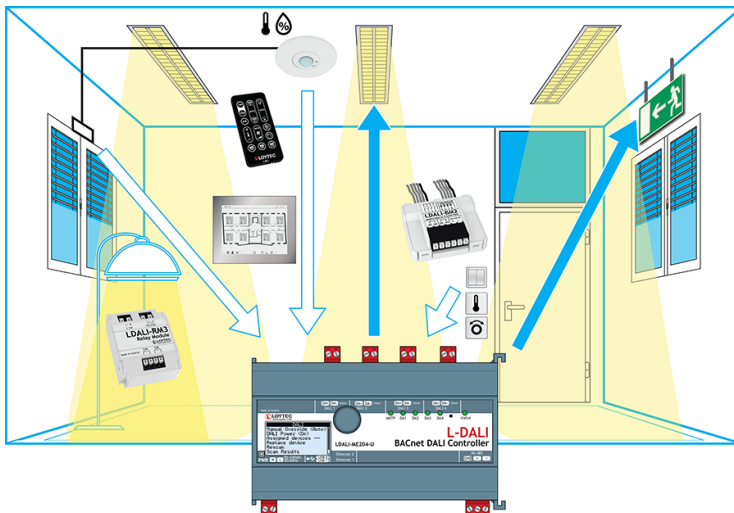
Monimutkaisemmissa tilanteissa, joissa kärkitietoja tarvittaisiin useita, käytetään Ethernet I/O -tyyppistä siirtotekniikkaa. Kun huoneen kosketuspaneelilta ohjataan useita ominaisuuksia valaistukseen ja ilmanvaihtoon liittyen, on kustannustehokkaampaa toteuttaa järjestelmä muuten kuin kärkitiedon avulla. (26.) Dali-väylän dataliikenne Ethernet-verkossa ohjautuu määritellyn UDP/TCP -portin kautta, eli UDP ja TCP Dali-portti on 5777 (27).

BACnet-rajapinnalla voidaan luoda yhdyskäytävä, jossa esimerkiksi Dali-valaistusjärjestelmän valaisimia voidaan ohjata BACnet-automaatiojärjestelmästä. BACnet-reitittimen dataliikenne on normaalia IP-liikennettä, joten BACnet-reititin saadaan liitettyä Ethernet-kaapelilla samaan verkkoon muiden taloteknisten järjestelmien kanssa, kuten on esitetty kuvassa 10. (28, s. 1.) Integroitien tekeminen Dalin ja BACnet:n välillä vaatii aina ohjelmointia.



KUVA 10. BACnet-yhdyskäytävän yhdistysperiaate kiinteistön Dali-verkkoon (28)

Dali-läsnäolo- ja valoisuusilmaisimien dataa voidaan hyödyntää käytännössä myös talotekniikan LVI-ohjauksissa. Lämpötila-anturi voidaan tulevaisuudessa integroida esimerkiksi Dali-valaisimeen ja viedä Dali-väylää pitkin tieto huoneen lämpötilasta BACnet-järjestelmälle. BACnet-verkon integroinnin mahdollisuuksia on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Loytec BACnet ja Dali -yhdyskäytävän yhdistettyjä laitteita (29)

Dali-reititin voi viestiä BACnet-reitittimelle valaisinryhmän sähkönkulutuksen, ryhmän tehosäädön tilanteen, puuttuvan valaisimen, vikaantuneen reitittimen ja ilmoittaa lampun vikaantumisesta. Valaistustilanteita voidaan lähettää kumpaankin suuntaan. Tämä mahdollistaa BACnet-reitittimeltä tilannekohtaiset

viestit Dali-verkkoon, jolloin saadaan esimerkiksi hyödynnettyä tiettyjä ehtoja valaistukselle riippuen huoneen käyttötilanteesta. Lämpötilaa, ilmanlaatua ja muita tietoja muilta rakennuksen järjestelmiltä voidaan hyödyntää valaistusohjaukseen. Tilanneohjaukset saadaan lähetettyä myös Dali-verkosta BACnet-reitittimelle, mikä mahdollistaa BACnet-verkon pysymisen ajan tasalla valaistusohjauksen tilanteesta. Usein on tarve pystyä ohjaamaan valaistusta myös paikallisesti kytkimistä tai tilannevalintapainikkeista, jolloin ihmisen muuttama valaistustilanne päivittyy myös BACnet-verkkoon. (28, s. 1.)

3.2 Hoitajakutsujärjestelmän integrointi valaistuksenohjausjärjestelmään

Perinteinen tapa toteuttaa hoitajakutsujärjestelmä hoitolaitoksessa on rakentaa sille oma järjestelmä. Sairaala- ja hoitolaitoksissa potilaan läheisyyteen sijoitetaan painike, jota painaessaan potilas saa kutsuttua hoitajan paikalle. Potilashuoneen ovenpieleen tai potilaan sängyn läheisyyteen sijoitetaan painike, josta henkilökunnan jäsen saa kuitattua potilaskutsun saapuessaan huoneeseen. Tällainen järjestelmä vaatii huoneeseen potilaspaikalle ja ovenpieleen painikkeen sekä henkilökunnan tiloihin tai käytäville ilmoituslaitteen.

Valaistusohjauksen kehittyessä kytkinohjauksesta tilanneohjaukseen voidaan valaistuksen tilanneohjainta hyödyntää lähettämään viestejä muihin taloteknisiin järjestelmiin. Hoitajakutsujärjestelmän hälytyksen kuittauspainike voidaan sijoittaa valaistusohjauspaneelin. Potilaspaikoilla voi potilaalla olla kaukosäädin, josta hoitajakutsu saadaan tehtyä. Potilaan kaukosäätimeen voidaan integroida myös valaistuksen ohjauspainikkeita. Dali mahdollistaa integroinnin ja viestien lähettämisen molempiin suuntiin. Työn laatimishetkellä ei valmiita ratkaisuja kyseiseen toimintoon vielä ollut yksittäisellä valmistajalla. Eri järjestelmien toimittajat ovat osoittaneet mielenkiintoa vastata käyttäjän toiveisiin tämän kaltaisista integroinneista ja Suomessa on jo toteutettu onnistuneesti tämän tyyppistä järjestelmien integrointia.

4 POHDINTA

Työn päätavoitteena oli tutkia eri talotekniikkajärjestelmien integroinnin mahdollisuuksia Dali-väylään. Tutkittaviksi aihealueiksi määriteltiin lämpötilan säätö, ilmanvaihdon säätö ja hoitajakutsujärjestelmien integraation mahdollisuudet valaistuksenohjausjärjestelmä Daliin. IEC 62386 -standardin määritelmiä tutkittiin oleellisimpien muuttuneiden ominaisuuksien osalta. Työssä päädyttiin tutustumaan ja käsittelemään Dali-valaistusohjauksen ominaisuuksia ja mahdollisuuksia integrointiin pääasiassa hoitolaitosten kannalta, mutta ratkaisut soveltuvat kuitenkin myös muun tyyppisiin julkisiin kiinteistöihin. Seuraavaksi esitetään työssä syntyneitä lopputuloksia ja kehittymismahdollisuuksia sekä integroinnin tulevaisuudennäkymiä.

4.1 Valaisinohjauskomponenttien hyödynnettävyys ilmanvaihdon ohjauksessa

Ilmanvaihdon säätämiseen käytetään vielä toistaiseksi erillisiä antureita, jotka palvelevat ainoastaan ilmanvaihtoautomaatiikkaa. Läsnaöloilmaisimien kehittyessä voidaan valaistuksen vaatimia läsnäoloilmaisimia hyödyntää myös ilmanvaihdon toimintaan. Kehitteillä olevat läsnäoloilmaisimet pystyvät havaitsemaan henkilöiden määrän tilassa ja tämä voidaan lähettää järjestelmäintegroinnin avulla valaistusohjausjärjestelmältä ilmanvaihtoautomaatiikalle. Yleisesti käytetään hiilidioksidianturia, joka mittaa tilan hiilidioksidipitoisuutta, minkä avulla säädetään ilmanvaihdon tehoa. Hiilidioksidianturi havaitsee viiveellä lisääntyneen hiilidioksidin tilassa, kun tilassa on ehditty olla jo kymmeniä minuutteja. Läsnaöloilmaisimelta saatu tieto tilan henkilömäärästä on nopeampi ja ilmanvaihto saadaan tehostettua heti henkilöiden saapuessa tilaan. (30.)

4.2 Turvallinen työskentely-ympäristö Dalin avulla

Uusien sairaaloiden käytävät ja huoneet varustetaan usein Dali-pohjaisella valaistusjärjestelmällä. Led-paneelien Dali-liitäntälaitteissa on lähes poikkeuksetta kirkkauden säätö ja valaistuksen ohjaus perustuu liiketunnistimeen tai läsnäoloilmaisimeen. Hoitajakutsujärjestelmä voitaisiin integroida Dali-valaistusohjausjärjestelmään ja hälytyksen aktivoituessa voitaisiin valojen kirkkaus asettaa vaihtelevaan automaattisesti 80 ja 100%:n välillä käytävällä, kunnes hälytys kuitataan. Tähän voitaisiin vielä lisätä ehto, jossa henkilökunnan työtilan läsnäoloilmaisimen täytyisi havaita henkilön läsnäolo käytävän yhteydessä olevassa työtilassa, jolloin valojen vilkutus ainoastaan aktivoituisi.

Valaistusohjauksella voidaan luoda turvallisuutta ja nopeuttaa työskentelyä. Potilas voi olla esimerkiksi kytkettynä sairaalalaitteisiin, jotka ylläpitävät ja seuraavat hänen elintoimintojaan. Laitteen antaessa hälytyksen heikentyneistä elintoiminnoista voisi viesti mennä järjestelmäintegraation avulla sairaalateknisistä järjestelmistä valaistuksenohjausjärjestelmään, joka säätäisi potilashuoneen ja käytävän valaistuksen maksimiteholle. Tällöin henkilökunnan saapuessa paikalle olisi huoneessa helppo aloittaa työskentely.

4.3 Tilojen älykkäät ohjausmahdollisuudet

Julkisen kiinteistön huoneella on usein monentyyppisiä käyttäjiä olipa kyseessä potilashuone sairaalassa tai koulun luokkahuone. Kulunvalvontajärjestelmää voidaan hyödyntää integroimalla esimerkiksi sähkölukitusjärjestelmä kiinteistöautomaatioon, johon on tallennettu tilan taloteknisiä profiileja eri käyttäjäryhmille tai yksittäisille henkilöille. Henkilön saapuessa tilaan sähkölukitusjärjestelmä viestii siitä kiinteistöautomaatiojärjestelmälle, joka aktivoi ennalta määritellyt ominaisuudet tilalle.

Opettajan saapuessa aamulla luokkahuoneeseen voi kiinteistöautomaatiojärjestelmä ohjata integrointien kautta esimerkiksi huoneen valaistuksen lämpimämpään värisävyyn, käynnistää AV-järjestelmän, asettaa

lämpötilan henkilön määrittelemään lämpötilaan ja tehostaa ennalta ilmanvaihdon hetken päästä saapuvien oppilaiden takia. Valaistusjärjestelmän läsnäoloanturi seuraa tilan henkilömäärä ja esimerkiksi henkilöiden poistuessa tilasta valaistusjärjestelmä viestii kiinteistöautomaatiojärjestelmälle, että tilassa ei ole ketään ja kiinteistöautomaatio ohjaa valaistuksen kiinni ja nolaa aktiivisena olleen opettajan profiiliin tilan ominaisuuksista.

Vastaavaan tyyliin voidaan määritellä siivoojan saapuessa tilaan ennalta määriteltäviä ominaisuuksia. Kyseessä voi olla luokkatila, potilashuone, kauppa tai mikä tahansa muu useiden käyttäjien käytössä oleva tila. Siivoojan saapuessa voidaan valaistus säätää maksimikirkkaudelle ja kiinteistöautomaatiojärjestelmä voi ohjata esimerkiksi radion soimaan tilaan AV-järjestelmän integraatiolla.

Järjestelmien integrointi mahdollistaa tulevaisuudessa tilojen älykkäät ominaisuudet kustannustehokkaaseen hintaan. Tämän kaltaisten ominaisuuksien rakentaminen ja integrointien tekeminen useisiin eri järjestelmiin tyhjästä ei todennäköisesti olisi kustannustehokas ratkaisu. Laitteiden standardisoinnilla ja luomalla yhteensopivia laitteita ja kokonaisuuksia esimerkiksi valaistusohtausjärjestelmälle mahdollistetaan integraation avulla uusia ominaisuuksia ja toiminnallisuuksia varmistaen kustannustehokas lopputulos.

4.4 Tulevaisuuden näkymät

Dalin suurin kilpailija on KNX, jolla saadaan myös ohjattua valaistusta. KNX-järjestelmä on pääasiassa kiinteistöautomaatiojärjestelmä. Dali kehitettiin alkuperäisesti puhtaasti valaistuksenohjaukseen ja sen ominaisuudet valaistuksenohjaukseen on jossain määrin todettu paremmiksi kuin KNX-järjestelmän. (24, s. 4 - 5.) Dalin kehitykseen on osoitettu kiinnostusta viime vuosien rakentamisessa.

Antureiden, painikkeiden ja muiden huonekohtaisten yksinkertaisten laitteiden integrointi Dali-väylään kannattaa. Näin saadaan päällekkäisten järjestelmien

kaapelointeja esimerkiksi sairaaloiden potilashuoneissa vähennettyä. Tästä seuraa selviä kustannussäästöjä rakennus- tai saneerausvaiheessa. Laitteiden keskittäminen yhteen väylään parantaa kiinteistöjen ja tilojen muuntojoustavuutta. Tilojen käyttötarkoituksen muuttuessa väylässä olevia laitteita voidaan helposti lisätä, purkaa ja siirtää huomioiden väylän rajoitteet Dali-osoitemäärissä. Dali-väylä sallii myös sekoittaa tähti- ja sarjajohdotusta, eikä ole väliä kumminpäin Dalin kaksi johdinta on kytketty.

Integroitaessa useita järjestelmiä samaan väylään ovat väylän päätelaitteet yhteydessä toisiinsa Ethernet-verkon yli. Tällä mahdollistetaan huolto ja ongelmatilanteiden selvittäminen mistäpäin maailmaa tahansa. Ohjelmointeja tai korjauksia varten huoltohenkilön tai asentajan ei tarvitse välttämättä enää matkustaa fyysisesti kohteeseen vaan korjaus voidaan tehdä etänä Internetin välityksellä, jolloin ylläpito- ja huoltokustannuksia saadaan pienennettyä.

Tulevaisuudessa selviää, yleistyykö eri järjestelmien integrointi entistä enemmän Dali-väylän kanssa. Mielenkiintoiseksi osoittautuu myös, kehittykö pitkällä aikavälillä Daliin enemmän kiinteistöautomaation toiminnallisuuksia vai pysyykö se pääasiassa valaistuksenohjausjärjestelmänä.

LÄHTEET

1. ST-ohjeisto 15. 2017. Rakennusten energiatehokkuus. 2. uusittu painos. Sähkötieto ry.
2. SFS-EN 12464-1. 2011. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: Sisätilojen työkohteiden valaistus. 2. painos. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.
3. ST 58.31. 2016. Valonlähteiden säätö ja ohjaus. Sähkötieto ry.
4. Tridonic. DSI-V/T datalehti. Saatavissa: http://www.tridonic.com/com/en/download/data_sheets/DS_DSI-VT_en.pdf. Hakupäivä: 16.12.2019.
5. Digital Illumination Interface Alliance. Introducing Dali. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/>. Hakupäivä 25.10.2019.
6. Digital Illumination Interface Alliance 2020. Dali-2 system components. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/systems/>. Hakupäivä: 16.1.2020.
7. Juslén, Henri 2015. Helvar. Dali taustaa, olevaa, uutta ja tulevaa. Saatavissa: <http://www.nssoy.fi/uploads/asiantuntijaseminaarin%20materiaali%202015/Henri%20Helvar%20Dali.pdf>. Hakupäivä: 30.12.2019.
8. ZVEI-Division Luminaires. Digital Addressable Lighting Interface. Saatavissa: https://web.archive.org/web/20130627012349/http://www.dali-ag.org/c/manual_gb.pdf. Hakupäivä 4.12.2019.
9. Riikola, Toivo 2019. Myynti, Helvar. Helvarin tuotteiden koulutustilaisuus sähkösuunnittelijalle. Oulu.
10. Helvar 2019. Tuotteet. Saatavissa: <https://helvar.com/fi/product-category/lighting-control/lighting-control-sensors-lighting-control/>. Hakupäivä 4.12.2019.
11. Helvar 2020. 19xxx & 290x ILLUSTRIS Panels -datalehti. Saatavissa: https://helvar.com/wp-content/uploads/2019/02/191xx-192xx-193xx-290x-DATASHEET_EN-11.pdf. Hakupäivä: 5.1.2020.

12. Fagerhults Belysning AB. Lighting solutions, Indoor and Outdoor 2014-2015.
13. Helvar 910 Router -datalehti. Saatavissa: https://helvar.com/wp-content/uploads/2019/07/910_DATASHEET_EN.pdf. Hakupäivä 16.12.2019.
14. Digital Illumination Interface Alliance 2019. Dali-2 system components. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/systems/>. Hakupäivä: 28.12.2019.
15. Liias, Tomi 2019. Sales Director Scandinavia, Tosibox Oy. Helppo ja tietoturvallinen ratkaisu keskitettyyn pääsynvalvontaan johtavan kauppaketjun IoT-laitteille. Saatavissa: <https://www.tosibox.com/fi/helppo-ja-tietoturvallinen-ratkaisu-keskitettyyn-paasynvalvontaan-johtavan-kauppaketjun-iot-laitteille/>. Hakupäivä 16.12.2019.
16. Digital Illumination Interface Alliance. Dali standard IEC 62386. Overview of IEC 62386. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/standards.html#overview>. Hakupäivä 25.10.2019.
17. Digital Illumination Interface Alliance 2020. Status of IEC 62386 Parts. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/standards.html>. Hakupäivä 5.1.2020.
18. Digital Illumination Interface Alliance 2019. Status of IEC 62386 Parts. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/dali/standards.html>. Hakupäivä 6.12.2019.
19. IEC 62386-207 Preview 2018. Saatavissa: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec62386-207%7Bed2.0%7Db.pdf. Hakupäivä: 11.1.2020.
20. IEC 62386-220 Preview 2019. Saatavissa: https://webstore.iec.ch/preview/info_iec62386-220%7Bed1.0%7Db.pdf. Hakupäivä 11.1.2020.
21. Digital Illumination Interface Alliance. Product database. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/products>. Hakupäivä 5.12.2019.

22. Digital Illumination Interface Alliance. Helvar 920 -reitittimen Dali-2-sertifioinnin tilanne. Saatavissa: <https://www.digitalilluminationinterface.org/products/2149/920-router>. Hakupäivä 05.12.2019.
23. Digital Illumination Interface Alliance. Saatavissa: https://www.digitalilluminationinterface.org/data/downloadables/1/0/2/1903_diia-introduction-v22_mar2019.pdf. Hakupäivä 15.11.2019.
24. Lohia, Karan – Jain, Yash – Patel, Chintan – Doshi, Nishant 2019. Open Communication Protocols for Building Automation Systems. The 3rd International workshop on Recent advances on Internet of Things: Technology and Application Approaches (IoT-T&A 2019). Elsevier Science Direct Freedom Collection. Vaatii kirjautumisen.
25. Lacy, Douglas 2014. Hospital integrates lighting, HVAC to accomplish goals. Saatavissa: <https://www.csemaq.com/articles/hospital-integrates-lighting-hvac-to-accomplish-goals/>. Hakupäivä: 18.12.2019.
26. Tuomisto, Sini 2019. Technical support in Lighting Controls, Helvar. Puhelinhaastattelu 18.12.2019.
27. Service Name and Transport Protocol Port Number Registry. Saatavissa: <https://www.iana.org/assignments/service-names-port-numbers/service-names-port-numbers.xhtml?amp%3Bpage=1&skey=5&page=139>. Hakupäivä: 18.12.2019.
28. Helvar. BACnet Gateway (435) -datalehti. Saatavissa: https://helvar.com/wp-content/uploads/2019/02/435_DATASHEET_EN.pdf. Hakupäivä: 18.12.2019.
29. Loytec 2020. L-Dali: BACnet/Dali
30. Controllers. Saatavissa: <https://www.loytec.com/products/dali/56-l-dali-bacnet>. Hakupäivä: 11.1.2020.
31. Palmu, Jouni 2019. Suunnittelujohtaja, Sähkö-, tele- ja turvatekniikka, Sweco Talotekniikka Oy. Puhelinhaastattelu 11.12.2019.