

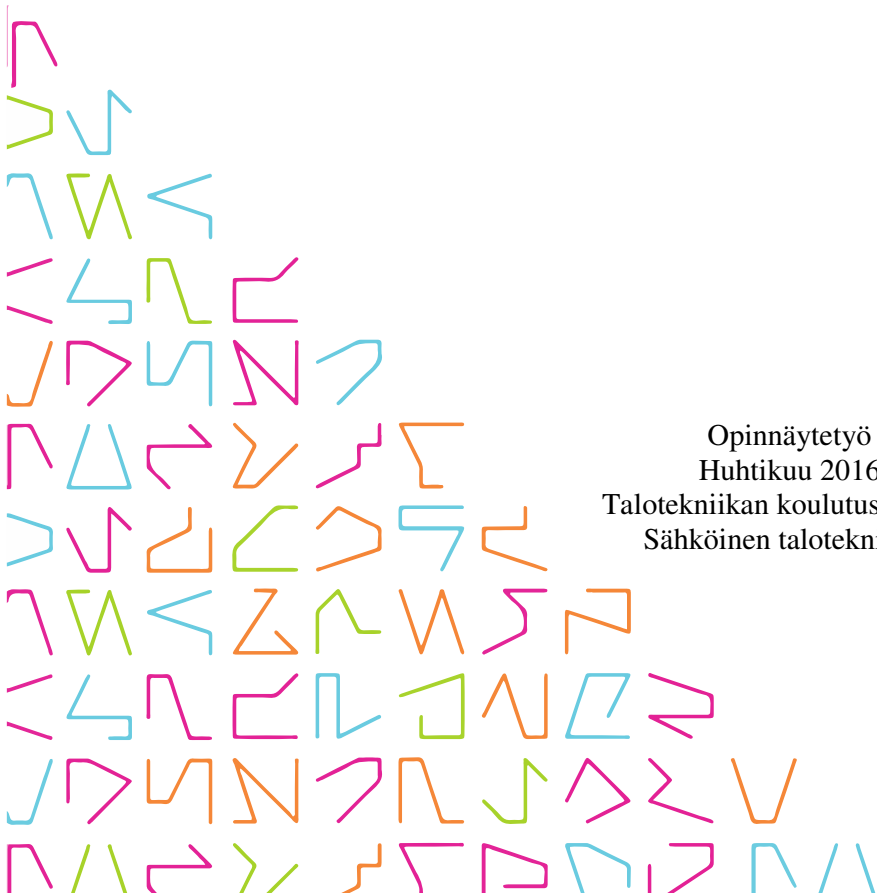


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KNX -OMAKOTITALON KÄYTTÖLIITTYMÄN TOTEUTUS SCHNEIDER HOMELYNKIN AVULLA

Antti Vesikari

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Talotekniikan koulutusohjelma
Sähköinen talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
Sähköinen talotekniikka

VESIKARI ANTTI:

KNX -omakotitalon käyttöliittymän toteutus Schneider homeLYnkin avulla

Opinnäytetyö 47 sivua
Huhtikuu 2016

Opinnäytetyössä vertailtiin vaihtoehtoisia toteutustekniikoita ja tutkittiin KNX-väyläisen omakotitalon visuaalisen käyttöliittymän ja etäohjauksen toteuttamista Schneider Electricin homeLYnk logiikka- ja visualisointimoduulin avulla.

Työn aluksi vertailtiin Schneider homeLYnkin ja kilpailevan ratkaisun, Loxone Miniserverin, ominaisuuksia. Tässä työssä päädyttiin käyttämään toteutuksessa Schneider homeLYnkiä. HomeLYnkin avulla toteutettiin talon graafinen käyttöliittymä asiakkaan toiminnallisten vaatimusten ja hyvän käytettävyyden periaatteiden mukaisesti. Lisäksi kohteeseen muodostettiin kaikkialta käytettävissä oleva tietoturvallinen etäyhteys ja etävalvonta. Käyttöliittymä toimii selaimella, tablettitietokoneella ja älypuhelimella.

Voidaan todeta, että työn tulos täyttää varsin hyvin sille asetetut vaatimukset ja Schneider homeLYnk oli onnistunut laitevalinta tähän tarkoitukseen. Työmäärä ensimmäistä kertaa tehtäessä oli suuri, mutta vastaavan toteutuksen tekeminen uuteen kohteeseen on huomattavasti nopeampaa. Työn ohessa löytyi lisäksi paljon mahdollisuuksia Schneider homeLYnkin hyödyntämiseen myös vaativammissa kohteissa ja monipuolisemmilla tavoilla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services
Electrical Building Services

VESIKARI ANTTI:

Implementation of a Visual User Interface for a KNX Building Using Schneider homeLYnk

Bachelor's thesis 47 pages

May 2016

The purpose of this thesis was to create a visual user interface and remote control capability for a single family house that features a KNX bus system. The chosen hardware platform for the visualization is Schneider Electric homeLYnk.

In the first part Schneider homeLYnk and Loxone Miniserver are compared as possible visualization platforms and the rationale for choosing homeLYnk over Miniserver for this project is explained.

The realization part explains the methods used to create a user interface that meets the requirements for features and usability, the problems that were encountered in the process and how they were solved. It also explains the steps that were needed to create a secure remote connection.

In the final part the result is compared to the original design requirements. In conclusion, the finished system meets the design requirements and the homeLYnk was a good hardware choice for this project. In the process a lot of information was gathered about the functionality of the Schneider homeLYnk, which can be later used in more demanding projects.

Key words: KNX, homeLYnk, user interface, visualization

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin Tampereen ammattikorkeakoululle syksyn 2015 ja kevään 2016 aikana.

Haluan kiittää Veijo Piikkilää tuesta opinnäytetyössä ja alunperin KNX -tekniikkaan tutustuttamisesta opintojen aikana. Lisäksi haluan kiittää Rele Finland Oy:tä tämän hyvin käytännönläheisen opinnäytetyöaiheen tarjoamisesta ja suuren vapauden antamisesta sen toteutukseen.

Erityisesti haluan kiittää vaimoani Maija Viherkaria ja äitiäni Ellaa uhrautuvuudesta lasten hoidossa, joka on mahdollistanut tähän työhön paneutumisen. Lisäksi haluan kiittää ja Urho-poikaa hetkittäisestä iPadista luopumisesta silloin, kun tämä työ on sitä vaatinut.

Tampereella 27.4.2016

Antti Vesikari

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
1.1	Kohderakennuksen kuvaus	8
1.2	Toiminnalliset vaatimukset	9
1.3	Muut suunnitteluperusteet	10
2	MAHDOLLISTEN TOTEUTUSTAPOJEN VERTAILU	11
2.1	Laitevaihtoehdot	11
2.1.1	Schneider Electric homeLYnk	11
2.1.2	Loxone Miniserver.....	12
2.2	Teknisten ominaisuuksien vertailu	12
2.3	Toimintaperiaate	13
2.4	Tietoliikennetekniikka.....	14
2.5	Visualisoinnin mahdollisuudet	15
2.6	Ohjelmoitavuus.....	16
2.7	Kustannuslaskelmat	17
2.8	Johtopäätökset.....	18
3	TOTEUTUS.....	20
3.1	KNX -väylän laitteet	20
3.2	Ryhmäosoitteiden siirto ETS:stä	21
3.3	Hyvän käyttöliittymän suunnitteluperiaatteista	22
3.4	Ulkonäön muokkaus	24
3.4.1	Yleiset visualisointiasetukset	24
3.4.2	Taustakuvien työstö	24
3.4.3	Kuvakkeet	26
3.4.4	Kuvakkeiden sijoittelu	26
3.4.5	CSS -tiedosto.....	28
3.5	Ohjelmointi.....	28
3.5.1	Editori	28
3.5.2	Skriptityypit.....	29
3.5.3	Asetustiedosto	30
3.6	Etäkäyttö ja tietoturva	30
3.6.1	Internet-yhteys.....	31
3.6.2	Dynaaminen DNS.....	31
3.6.3	Porttiohjaukset.....	32
3.6.4	Tietoturva	32
3.7	Luotettavuusnäkökulma	33

4	LOPPUTULOS	35
4.1	Käyttöliittymän perusajatus	35
4.2	Valaistuksen ohjaus.....	36
4.2.1	Päälle/pois -valaisimet	36
4.2.2	Himmennettävät valaisimet.....	36
4.2.3	Tilanneohjaukset.....	36
4.3	Valaistustilanteiden tallennus	37
4.4	Lämmityksen ohjaus	38
4.4.1	Lämmön pudotus	39
4.5	Auton lämmitys.....	40
4.6	Saunan ohjaus	41
4.7	Hälytystoiminnot.....	41
4.8	Kameravalvonta	41
4.9	Mittaukset.....	42
4.10	Ajastimet	43
4.11	Mobiiliversio.....	43
5	LOPPUPÄÄTELMÄT	46
	LÄHTEET	47

LYHENTEET JA TERMIT

CSS	Cascading Style Sheet
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DNS	Domain Name System
ETS	Engineering Tool Software
JPEG	Joint Photographic Experts Group
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IP	Internet Protocol
JSON	JavaScript Object Notation
KNX	Kansainvälinen standardi kiinteistöautomaatioon, jota ylläpitää KNX Association
MJPEG	Motion JPEG
NAT	Network Address Translation
LTE	Long Term Evolution
skripti	Tulkattava lyhyt tietokoneohjelma
TLS	Transport Layer Security
UDP	User Datagram Protocol
widget	Leijuke, graafisessa käyttöliittymässä siirrettävissä oleva erillinen elementti

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli visualisoinnin ja käyttöliittymän toteuttaminen KNX -väylää käyttävään rakenteilla olevaan omakotitaloon.

Työn alussa vertaillaan tarjolla olevia teknisiä ratkaisuja käyttöliittymän toteuttamiseen ja perustellaan kuinka toteutuksen perustaksi valittiin Schneider homeLYnk.

Tämän jälkeen selostetaan tarkemmin, miten käyttöliittymä rakennettiin, mitä oli tehtävä haluttujen asioiden toteuttamiseksi homeLYnkin avulla, ja minkälainen oli lopputulos.

1.1 Kohderakennuksen kuvaus

Työssä luotiin visuaalinen käyttöliittymä rakenteilla olevaan vapaa-ajan asuntoon, jonka sähkösuunnittelun toteuttaa tämän opinnäytetyön teettäjä Rele Finland Oy. Talo sijaitsee Vaiviossa Joensuun lähellä Pohjois-Karjalassa. Talo on lamellihirsirakenteinen, kaksikerroksinen ja pinta-alaltaan 160 m².

Talossa on maalämpöpumppu, vesikiertoinen lattialämmitys ja koneellinen ilmanvaihto lämmön talteenotolla. Yleisvalaistusta varten talossa on kiinteästi asennetut LED-valaisimet kaikissa tiloissa. Murtohälytysjärjestelmän lisäksi talossa on kolme tallentavaa valvontakameraa.

Talon rakennuttajat ovat iäkäs pariskunta, joiden lisäksi taloa käyttävät usein heidän lapsensa ja lapsenlapsensa.



KUVA 1. Kohdetalo rakennusvaiheessa

1.2 Toiminnalliset vaatimukset

Käyttöliittymän toiminnalliset vaatimukset perustuvat asiakkaan toiveisiin ja kyseiseen kohteeseen asennettuun tekniikkaan.

- Valaistus ohjaus
- Valaistuksen tilanneohjaus
- Lämmityksen säätö
- Saunan ohjaus
- Autolämmityksen ohjaus
- Valvontakamerat
- Murtohälytysten ja palohälytysten siirto
- Hälytykset toimintahäiriöistä ja kosteusongelmista
- Etäkäyttö
- Käytettävissä tabletilla, tietokoneen selaimella ja älypuhelimella
- Käyttöliittymän on oltava yksinkertainen ja selkeä

1.3 Muut suunnitteluperusteet

Toteutuksessa oli tärkeää myös, että sen pohjalta voidaan helposti toteuttaa tulevien projektien vastaavia käyttöliittymiä. Siten esimerkiksi ohjelmakoodin teossa tuli pyrkiä modulaarisuuteen, yleiskäyttöisyyteen ja luettavuuteen. (Haikala, 2004)

2 MAHDOLLISTEN TOTEUTUSTAPOJEN VERTAILU

2.1 Laitevaihtoehdot

Vertailtavia käyttöliittymän toteutustapoja olivat Schneider Electricin homeLYnk ja Loxonen Miniserver, jotka ovat molemmat ratkaisuja, joita työn teettäjä Rele Finland Oy ei aiemmin ole käyttänyt kohteissaan.

2.1.1 Schneider Electric homeLYnk

HomeLYnk on Schneider Electricin vuonna 2014 markkinoille tuoma laite, joka on tarkoitettu monipuoliseksi ratkaisuksi KNX -väylää käyttävän rakennuksen toimintojen yhdistämiseen, loogisten toimintojen ohjelmointiin ja rakennuksen visuaalisen käyttöliittymän toteuttamiseen.

Se kommunikoi niin KNX TP, KNX IP, Modbus RTU, Modbus IP, BACnet, RS-232 kuin USB -liitäntäisten laitteiden kanssa ja mahdollistaa näiden välisen yhteistoiminnan ohjelmoinnin.

HomeLYnkistä on myös suurempia rakennuksia varten tarkoitettu rinnakkaisversio spaceLYnk, joka eroaa lähinnä siinä, että pystyy käsittelemään suurempaa määrää BACnet- ja Modbus -laitteita.

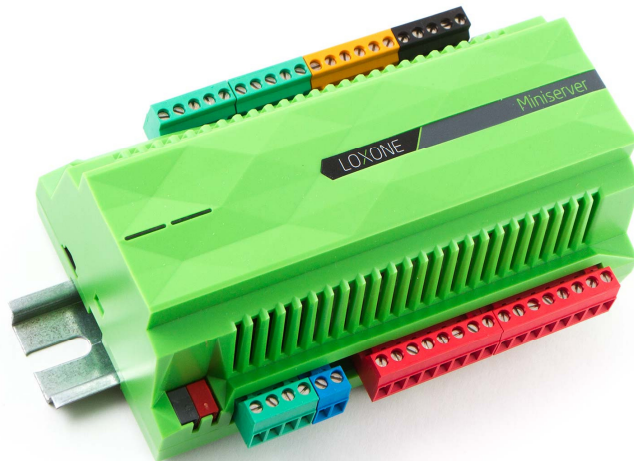


KUVA 2. Schneider homeLYnk

2.1.2 Loxone Miniserver

Loxone Miniserver on tuote, joka toimii Loxonen oman kotiautomaatiojärjestelmän ytimenä. Toisin kuin KNX -järjestelmässä, Loxonen automaatiojärjestelmässä äly on keskitetty Miniserver -keskuslaitteeseen, jonka kanssa sensorit, toimilaitteet ja lisämoduulit kommunikoivat.

Lisäksi Loxone on KNX -yhteensopiva, jolloin samassa kohteessa voidaan käyttää sekä KNX- että Loxone -väylien tuotteita. Tässä työssä käsiteltävässä kohteessa automaatio on toteutettu KNX -väylään kytketyillä komponenteilla ja Loxone Miniserveriä harkittiin vain kustannuksiltaan edulliseksi tavaksi toteuttaa visualisointi ja käyttöliittymä. Siten KNX:n ja Loxonen muiden ominaisuuksien vertailu jää tämän työn aihepiirin ulkopuolelle.



KUVA 3. Loxone Miniserver

2.2 Teknisten ominaisuuksien vertailu

Kummatkin laitteet sisältävät nykymittapuulla varsin vaatimattoman tehoisen prosessorin, pienehkön keskusmuistin, microSD -kortille sijoitetun massamuistin ja erinäisiä liitäntöjä ulkoisille väylille ja laitteille. Oheisessa taulukossa on perustietoja teknisistä ominaisuuksista:

	Schneider homeLYnk	Loxone Miniserver
Proessori	ARM926EJ-S, 238 MHz	400 MHz
Keskusmuisti	128 MB	64 MB
Tallennuskapasiteetti	4 GB, laajennettavissa	4 GB, laajennettavissa
Liitännät vakiona	KNX TP Ethernet Modbus RS-485 RS-232 BACnet USB	KNX TP Ethernet 8 relelähtöä (230 V) 8 binäärituloa 4 analogista tuloa 4 analogista lähtöä
Asennustapa	DIN-kisko 3 moduulia	DIN-kisko 9 moduulia

TAULUKKO 1. Teknisten ominaisuuksien vertailu

2.3 Toimintaperiaate

HomeLYnkin sisäinen käyttöjärjestelmä on sulautettuihin järjestelmiin tarkoitettu OpenWrt -Linux. OpenWrt on suunniteltu toimimaan pienellä keskusmuistin ja levytilan tarpeella verrattuna yleiskäyttöisiin Linuxeihin, mutta sisältämään kuitenkin kaiken käyttötarkoituksen kannalta oleellisen toiminnallisuuden. Loxone Miniserverissä on valmiin käyttöjärjestelmän sijasta tähän tarkoitukseen kirjoitettu käyttöjärjestelmäydin nimeltään Loxone OS, mikä on varsin harvinainen ratkaisu.

HomeLYnkin toiminnan perusta on KNX -ryhmäosoitteiden rekisteri, joka pitää kirjaa KNX -väylän ryhmäosoitteiden senhetkisistä arvoista. Kun KNX TP tai KNX IP -väylällä kirjoitetaan ryhmäosoitteeseen, laitteen sisäinen rekisteri päivittyy. Samoin muihin liitännöihin kytketyistä seurattavista laitteista luetut arvot tallennetaan KNX -ryhmäosoitteiden rekisteriin. Nämä ryhmäosoitteisiin kirjoittamiset aikaansaavat asetusten mukaisesti esimerkiksi tiettyjen skriptien suorittamisen tai lokitietojen tallennuksen. Vastaavasti kun käyttöliittymä tai skripti kirjoittaa laitteen sisäiseen ryhmäosoite-rekisteriin, tieto lähetetään oletusarvoisesti KNX -väylälle.

Loxone poikkeaa tästä siten, että se käsittelee ensisijaisesti Loxone -järjestelmän omia laiteosoitteita, joista KNX -laitteisiin liittyvät on linkitetty KNX -ryhmäosoitteisiin.

HomeLYnkin palvelinpuolella suurin osa toiminnoista on toteutettu Lua -kielellä. Visualisoinnin ja KNX -ryhmäosoitteiden data, samoin kuin kaikki käyttäjän tekemät Lua -ohjelmat ja visualisointisivut tallennetaan SQLite -tietokannassa. Loxonen toteutustekniikasta ei tältä osin ollut tietoja saatavilla.

2.4 Tietoliikennetekniikka

Tietoliikennetekniikan kannalta KNX-protokolla toimii OSI -mallin (Open Systems Interconnection Reference Model) mukaan. Puhdasoppisessa OSI -mallissa tietoliikenteessä on seitsemän päällekkäistä protokollakerrosta, jotka korkeimmasta abstraktiotasosta matalimpaan ovat seuraavat: (Uotila 1995, 95)

7. Sovelluskerros
6. Esitystapakerros
5. Istuntokerros
4. Kuljetuskerros
3. Verkkokerros
2. Siirtokerros
1. Fyysinen kerros

Käytännössä sovelluskerros, esitystapakerros ja istuntokerros ovat KNX:n tapauksessa samaa asiaa, samoin kuin Internetin perustana olevassa TCP/IP protokollassa.

Protokollapinin hyöty on se, että sen avulla tiedon siirtäminen järjestelmien ja sovellusten välillä on helppoa. Ylimpänä olevan sovelluskerroksen kannalta on periaatteessa merkityksetöntä, miten tieto siirtyy alemmilla tasoilla.

Kumpikin vertailtava laite toimii KNX/IP -reitittimenä, joka yhdistää parikaapeloidun (TP) KNX -väylän talon Ethernet -lähiverkkoon. Tätä ominaisuutta voidaan käyttää esimerkiksi ohjelmoitaessa KNX -laitteita tietokoneen ETS -ohjelman avulla. Tällöin tietokone lähettää KNX -paketit (kerrosten 5-7 data) reitittimenä toimivalle laitteelle, joka lähettää ne eteenpäin KNX TP -väylälle, jolla kerrokset 1-4 ovat täysin erilaisia. Sama sovelluskerroksen data kulkee siten eri siirtoteitä muuttumattomana perille.

KNX:lle tehdyn käyttöliittymän käyttäminen homeLYnkin tai Loxonen kautta on tietoliikenteen kannalta hieman erilainen asia. Käyttöliittymä on puhelimessa, tabletissa tai tietokoneen selaimessa suoritettava ohjelma, joka ei kommunikoi suoraan KNX -väylän kanssa, vaan palvelin (homeLYnk tai Loxone) toimii viestien välittäjänä.

Kun käyttäjä esimerkiksi klikkaa lampun kuvaketta, joka on määritelty ohjaamaan päälle/pois -valaisinta, käyttöliittymä lähettää JSON -muodossa tiedon muutoksesta palvelimelle. Esitystapakerroksessa käytetään siis erilaista protokollaa. Saatuaan tämän JSON -muotoisen tiedon, palvelin muuntaa sen KNX -laitteen ymmärtämään muotoon ja lähettää väylälle KNX -laitteelle tai -laitteille.

Vastaavasti kun releyksikkö on saanut KNX -väylältä käskyn valaisimen kytkemiseksi päälle, se lähettää kuittauksen väylälle. Palvelin vastaanottaa tämän viestin, muuntaa sen käyttöliittymän ymmärtämään JSON -muotoon, ja lähettää käyttöliittymälle TCP/IP -protokollalla UDP -pakettina. Palvelimen ja käyttöliittymän välissä voi olla mitä tahansa kaapelinpätkästä matkapuhelinverkkoon tai pitkään reitittimien ketjuun mihin tahansa sijaintiin, mutta se ei vaikuta siihen, miten nämä kommunikoivat keskenään.

2.5 Visualisoinnin mahdollisuudet

HomeLYnkin visualisoinnin periaatteena on, että selaimella ja tablettitietokoneella käytettävän käyttöliittymän ulkoasu on lähes rajattomasti muokattavissa. Tyypillinen ratkaisu on talon pohjapiirustuksiin tai huoneiden valokuviiin perustuva, jossa taustakuvan päälle on aseteltu toimintoja ohjaavia ja tilaa ilmaisevia kuvakkeita. Näitä näkymiä voidaan järjestää esimerkiksi rakennuksen kerroksen tai käsiteltävän toiminnon (esimerkiksi valaistus tai lämmitys) mukaan. Käyttöliittymään voi myös tehdä painalluksesta aukeavia widgettejä.

Käyttöliittymän mobiiliversion asettelu on järjestelmän generoima, vaikkakin esimerkiksi esitysjärjestyksen osalta muokattavissa. Se sisältää tekstimuotoisena toimintojen nimet ja niiden yhteydessä painikkeen tai säätimen toiminnon ohjaamiseksi. Mobiilikäyttöliittymä on toteutettu selaimessa suoritettavalla JavaScriptilla ilman erillistä applikaatiota.

Loxonessa selainkäyttöliittymä ja mobiilikäyttöliittymä ovat toiminnaltaan hyvin samankaltaisia. Niissä ei käytetä pohjakuvia, vaan toimintojen nimet ovat tekstimuotoisia ja niiden ohessa on säätimiä ja painikkeita, jotka tosin esitetään visuaalisesti näyttävämällä tavalla kuin homeLYnkin mobiiliversiossa.

Loxonen selainpohjainen käyttöliittymä on toteutettu JavaScriptilla ja se kommunikoi palvelimen kanssa JSON -protokollalla WebSocket -rajapinnan kautta. Loxonella on sen lisäksi älypuheliin ja tablettitietokoneisiin (iOS ja Android) ladattava applikaatio, joka toimii selaimesta erillään (Loxone). Tämän toteutustavan etuihin kuuluu mm. se, että taustalla käynnissä oleva applikaatio voi lähettää käyttäjälle näkyviä ilmoituksia

2.6 Ohjelmoitavuus

Schneider homeLYnk poikkeaa perinteisestä KNX -järjestelmän ohjelmointitavasta siten, että se mahdollistaa vapaasti ohjelmoitavien skriptien suorittamisen. Toisaalta se mahdollistaa suuremman joustavuuden toimintojen toteuttamisessa, mutta myös rikkoo sitä periaatetta, että kaikki ohjelmointi tehdään ETS:llä asetettavien parametrien ja yhdistettävien ryhmäosoitteiden avulla.

HomeLYnkissä skriptien ohjelmointikielenä on Lua. Lua on korkean tason kieli, jonka ominaisuuksiin kuuluvat mm. dynaaminen tyyppitys ja automaattinen roskienkeruu.

Myös Loxone Miniserver on vapaasti ohjelmoitavissa. Loxonessa omien ohjelmien tekoon käytettävä kieli on picoc, joka on tulkittava yksinkertaistettu C-kieli. Picoc on laitteistonläheinen kieli, jonka käyttäminen vaatii osaamista ja huolellisuutta esimerkiksi muistivuotojen välttämiseksi. Loxonen käyttöohjeissa varoitetaan muistivuotojen aiheuttamista järjestelmän jumiutumista. (Loxone)

Kumpikin järjestelmä on myös ohjelmoitavissa graafisen käyttöliittymän kautta logiikkalohkoja yhdistämällä. Loxonessa se on edelliseen perustuen ensisijainen valmistaja tarkoittama ohjelmointitapa, kun taas homeLYnkissä vaihtoehtoinen tapa. HomeLYnkissä graafisten lohkojen yhdistelyllä syntynyt ohjelma muuntuu Lua -kieliseksi ohjelmaksi, jota voi halutessa edelleen muokata tai tarkastella skriptieditorissa.

2.7 Kustannuslaskelmat

Kummatkin laitteet ovat yksiä edullisimmista tavoista toteuttaa KNX -järjestelmän visualisointi. Loxone Miniserverin verollinen hinta on n. 500 euroa ja Schneider homeLYnkin noin 650 euroa. Tällä hinnalla visualisointia on mahdollista käyttää rajattomalla määrällä puhelimia, tabletteja ja tietokoneita. Lisäksi näiden monipuolisten laitteiden muiden toimintojen avulla voidaan korvata erillisiä KNX -keskuksen moduuleita, jotka muussa tapauksessa saatettaisiin joutua hankkimaan.

Sekä Schneider homeLYnk että Loxone Miniserver toimivat KNX TP:n ja IP -verkon välisenä reitittimenä. Tämä on hyödyllinen ja rahaa säästävä ominaisuus, koska yleensä KNX -keskukseen hankitaan esimerkiksi KNX -laitteiden ohjelmointia varten erillinen reititinmoduuli, jonka hinta on noin 170 euroa.

KNX -järjestelmän vaatiessa monimutkaisempaa ohjauslogiikkaa, kuin sen laitteiden omat parametrit mahdollistavat, perinteinen ratkaisu on lisätä järjestelmään erillinen logiikkamoduuli. Koska Schneider homeLYnkin ja Loxone Miniserver ovat vapaasti ohjelmoitavissa, ne tekevät erilliset logiikkamoduulit tarpeettomiksi säästäten siten rahaa järjestelmän hinnassa. Erillisten logiikkamoduulien hinnat alkavat noin 120 eurosta. Edullisimmissa moduuleissa toiminnot ovat varsin rajoitettuja.

Schneider homeLYnk sisältää liitännän Modbus -väylään ja toimii tarvittaessa rajapintana KNX:n ja Modbusin välillä. Tämä rajapinta on usein tarpeen esimerkiksi ilmastointilaitteiden liittämiseksi järjestelmään. Erillinen KNX-Modbus -sovitin maksaa alkaen n. 700 eurosta, joten homeLYnkin valinta on erittäin kannattava, jos Modbus -yhteyttä tarvitaan. Loxoneen saa Modbus -lisämoduulin noin 260 eurolla.

HomeLYnkin kautta voi lähettää tekstiviestejä ohjelmallisesti ulkoisten palveluiden kautta tai kytkemällä USB -liittimen 60 euroin hintaisen Huawei E173 GSM-modeemin eli "nettitikun". Siten voidaan tekstiviestien lähetyks ja vastaanottaminen mahdollistaa edullisesti verrattuna erilliseen GSM- moduuliin, joka maksaa yli 1100 euroa. HomeLYnkin USB -liitintä voidaan käyttää myös laitteen tallennuskapasiteetin laajentamiseen muistitikun avulla esimerkiksi tiedonkeruuta varten.

Schneider homeLYnkin avulla on mahdollista ohjata Philips Hue -sarjan etäohjattavia LED-lamppuja. Tämän ominaisuuden avulla myös kaikkia sisustusvalaisimia pystytään kytkemään, himmentämään ja sävysäätämään osana KNX:llä tehtyä valaistuksen ohjausta. Loxoneen ei tällä hetkellä ole ohjelmakirjastoa saman asian toteuttamiseen. Erillisen KNX-Hue -sovitinmoduulin hinta on n. 450 euroa.

Kummankin laitteen avulla on myös mahdollista ohjata Sonos -monihuone äänentoistojärjestelmää. Erillinen Sonos -moduuli KNX -järjestelmään maksaa n. 560 euroa.

KNX -järjestelmään on saatavilla kiinteästi asennettavia kosketusnäyttöjä, joilla voidaan toteuttaa monipuolinen visualisointi. Nämä ovat kuitenkin useiden tuhansien eurojen hintaisina useimmissa kohteissa budjettiin sopimattomia. Kummallakin vertailtavalla laitteella toteutettua visualisointia voidaan käyttää seinään kiinnitetyllä tablettitietokoneella, jolloin kiinteä ohjauspaneeli on huomattavasti edullisempi toteuttaa.

Yhteenvedona voidaan todeta, että kumpikin laite mahdollistaa monipuolista KNX -järjestelmää toteutettaessa useiden kalliiden erillismoduulien jättämisen pois, jolloin urakoijalla on mahdollisuus parempaan katteeseen tai edullisempaan asiakashintaan. Säätöt voivat olla huomattavasti suuremmat kuin laitteen itsensä hinta.

2.8 Johtopäätökset

Näiden vertailujen pohjalta yhdessä työn teettäjän kanssa päädyttiin siihen, että käyttöliittymän toteutustekniikaksi valitaan Schneider homeLYnk. Tärkeimpinä valintatekijöinä olivat paremmat ohjelmointiominaisuudet ja homeLYnkin sisäänrakennettu Modbus -liitäntä, joka katsottiin huomattavaksi eduksi, koska sen avulla saadaan yhteys talon ilmanvaihtokoneeseen. Käyttäjän toiveena oli mahdollisimman selkeä ja yksinkertaistettu käyttöliittymän ulkoasu, ja siihen uskottiin päästävän koska homeLYnkin ulkoasu on vapaasti muokattavissa.

Lisäksi alunperin KNX -väylän tuotteeksi tehty homeLYnk katsottiin turvalliseksi vaihtokoneeksi verrattuna rajapinnan kautta KNX:n kanssa kommunikoivaan Loxoneen, vaikka varsinaisista ongelmista KNX:n ja Loxonen yhdistämisessä ei ollutkaan tietoa. Loxonen

eduksi katsottiin varsinkin mobiilikäyttöliittymän viimeistellympi ulkoasu oman applikaation ansiosta.

3 TOTEUTUS

3.1 KNX -väylän laitteet

Talon KNX -keskuksessa on päälle/pois -ohjattavien valaisimien ja muiden 230 V lähtöjen kytkemistä varten 3 kpl Gira 103800 16-kanavaisia releyksiköitä.

Himmennettäviä valaisimia varten keskuksessa on Gira 217400 4-kanavainen himmennyksikkö.

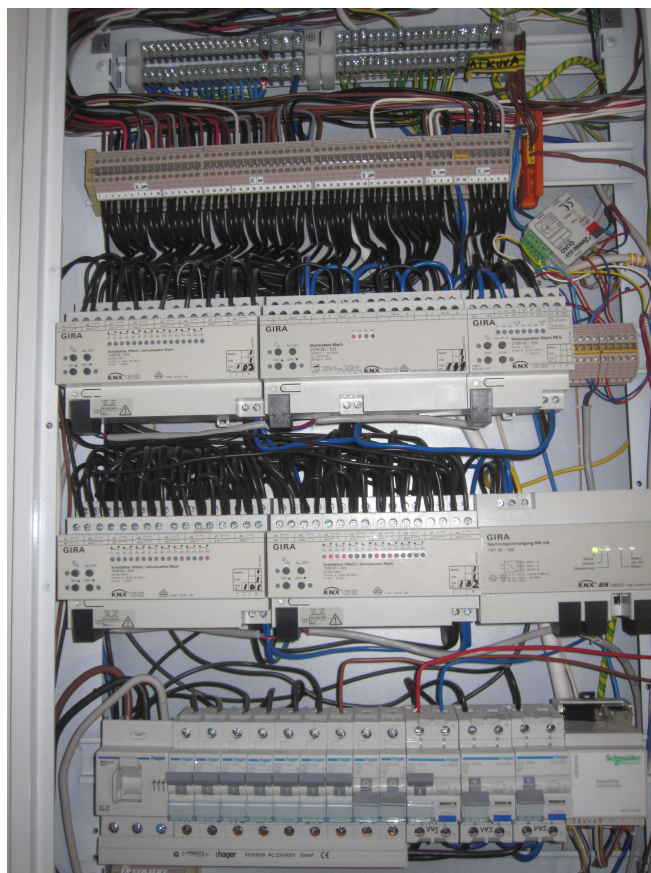
Kuuteen säädettävään piiriin jaettua vesikiertoista lattialämmitystä ohjattiin Gira 101800 6-kanavaisella lämmitysohjaimella, joka ohjaa 230 V jännitteellä lämmityksen jakotukissa olevia toimilaitteita.

Lämpötila -antureiden tuloyksikköinä käytettiin Zennio ZN11 O-4IAD Quad 4-kanavaisia yksiköitä, jotka sijoitettiin keskukseseen. Näitä käytettiin myös huonetermostaateina, koska ne sisältävät kattavat termostaattitoiminnot neljälle kanavalle. Yksi vastaava komponentti toimii hälytystietojen binääritulona keskuksessa.

Kaikki KNX -laitteet ovat yhdessä KNX TP -linjassa. HomeLYnk toimii reitittimenä KNX TP:n ja IP -pohjaisen verkon välillä. Ilmanvaihtokoneessa on Modbus -liitäntä, johon homeLYnk on yhdistetty suoraan.

Kohderakennus ei siis ollut KNX -kohteeksi tekniikaltaan ja varustukseltaan erityisen edistyksellinen, vaan joiltain osin kustannuksilta karsittu asiakkaan toiveesta. Esimerkiksi DALI -valaistus ja sähkökäyttöiset kaihtimet puuttuivat kokonaan, samoin kuin liike- tai läsnäolotunnistus sisätiloissa ja energiankulutuksen mittaukset.

KNX -keskuksen, samoin kuin rakennuksen pääkeskuksen, suunnittelusta vastasi Rele Finland Oy:n Pirkka Birkstedt.



KUVA 4. KNX -keskus lähes valmiiksi asennettuna. HomeLYnk on alhaalla oikealla.

3.2 Ryhmäosoitteiden siirto ETS:stä

HomeLYnkin sisäinen ryhmäosoitelista on syytä olla synkronoitu kyseisen projektin ETS -tietokannan kanssa, joten osoitteiden siirtäminen on yksi ensimmäisistä työvaiheista.

ETS:ssä on toiminto, jolla ryhmäosoitteista saadaan vietyä lista tekstimuotoiseen tiedostoon, jonka päätte on ESF. Huomioitavaa tässä on se, että ESF -tiedostoon tulevat vain semmoiset ryhmäosoitteet, joille on ohjelmoitu joku yhteys. Projektin alkuvaiheessa ei siis pysty siirtämään kaikkia osoitteita.

Vastaavasti homeLYnkissä on toiminto tämän ESF -tiedoston lukemiseen sisään. Jos osoitteissa on päällekkäisyyksiä, jo aiemmin HomeLYnkiin luotuja osoitteita ei kirjoiteta yli tiedostosta luetuilla. ESF -tiedosto kannattaa ennen siirtoa muuntaa esimerkiksi tekstieditorin avulla UTF-8 koodattuun merkistöön, jolloin myös ä- ja ö- kirjaimet

ryhmäosoitteiden nimissä siirtyvät oikein. Ryhmäosoitteiden tietotyypit eivät siirry täsmällisellä tavalla. HomeLYnkiin siirtyy esimerkiksi tieto, että tietotyyppi on 1-bittinen, mutta ei että mihin tarkoitukseen käytetty bitti on kyseessä.

Ryhmäosoitteiden luonnin ETS:ään ja kaiken ETS -parametroinnin teki Rele Finland Oy:n Aki Tervonen.

3.3 Hyvän käyttöliittymän suunnitteluperiaatteista

HomeLYnk antaa varsin vapaat kädet käyttöliittymän luomiseen. Siten se mahdollistaa monipuolisten toimintojen toteuttamisen, mutta toisaalta myös epäonnistuneet ja sekavat ratkaisut.

Ohjenuorana käyttöliittymän suunnittelussa pidettiin seuraavia käytettävyystudkija Jakob Nielsenin jo vuonna 1995 julkaisemaa hyvän käytettävyyden periaatteita. Ne kiteyttävät tärkeimmät asiat ja ovat ajattomia, koska eivät ota kantaa toteutustekniikan yksityiskohtiin.

1. Tilan näkyvyys

Käyttäjän pitäisi aina pystyä nopeasti huomaamaan mikä on käyttöliittymän tila tai toiminto.

2. Näkyvän tilan ja tosielämän vastaavuus

Käyttöliittymän ja sen ohjeiston tulisi käyttää tavallisesta elämästä tuttuja termejä, sanontoja ja käsitteitä mieluummin kuin omaa erikoistermistöä.

3. Käyttäjän kontrolli ja vapaus

Jotta käyttäjä voi kokeilla toimintojen käyttöä ilman ongelmia, on toiminnoista pystyttävä helposti pääsemään pois takaisin perustilaan. Peru ja Tee uudelleen toiminnot ovat suositeltavia.

4. Yhteneväisyys ja standardit

Käyttöliittymässä tulisi käyttää viestejä ja toimintoja yhteneväisesti tarkoittamaan aina samoja asioita.

5. Virheiden estäminen

Virheilmoitusta parempi on, että virhe estetään etukäteen opastuksella ja varmistuskysymyksillä.

6. Tunnistaminen mieluummin kuin muistaminen

Toiminnot ja vaihtoehdot tulisi olla näkyviä, sen sijaan että käyttäjän tarvitsisi muistaa niitä.

7. Käytön joustavuus ja tehokkuus

Käytön tulisi olla joustavaa ja tehokasta sekä aloitteleville että edistyneille käyttäjille. Tämän takia kannattaa tarjota pikavalintamahdollisuuksia ja oikoteitä.

8. Esteettinen ja minimalistinen design

Dialogeissa tulisi olla vain tarpeellinen informaatio. Ylimääräinen informaatio kilpailee huomiosta keskeisen informaation kanssa.

9. Virhetilanteiden tunnistaminen, ilmoittaminen ja korjaaminen

Virheilmoitusten tulisi olla selväkielisiä ja ilmaista, että mitä tapahtui, miten asia voidaan korjata ja kuinka se voidaan välttää ensi kerralla.

10. Opastus ja ohjeistus

Vaikka pyrkimys onkin selvittää ilman opastusta ja ohjeita, ovat ne joskus välttämättömiä. Näiden tulisi olla helposti saatavilla, nopeasti etsittävässä, toimintaan opastavia, käyttäjän toimintaa tukevia ja riittävän lyhyitä. (Nielsen)

3.4 Ulkonäön muokkaus

HomeLYnkin käyttöliittymän ulkoasun muokkaus tapahtuu pääpiirteittäin viidellä eri tavalla: Yleiset ulkonäköasetukset, taustakuvat, kuvakkeiden valinta, kuvakkeiden sijoittelu ja parametrit, ja CSS- tiedoston muokkaus.

3.4.1 Yleiset visualisointiasetukset

HomeLYnkissä on joukko kaikkiin visualisointisivuihin vaikuttavia yhteisiä parametreja. Niistä asetettiin valkoinen tausta, vaalea tema ja automaattinen himmentyminen sivun ollessa käyttämättömänä ja piilotettu valikkopalkki. Sivujen resoluutiona käytettiin 2048*1500 pistettä, joka vastaa iPadin näytön resoluutiota ja skaalaustoiminnoksi sivujen automaattinen skaalautuminen täyteen ikkunan kokoon.

Visualisoinnin asetuksista voidaan valita myös visuaalinen tehoste, jota käytetään näkymästä toiseen siirryttäessä. Vaihtoehtoja ovat mm. kutistaminen, suurentaminen, näkymän pyöräytys ja liu'utus. Nämä tehosteet toimivat paitsi silmänruokana myös silmänkääntötempuna, koska käyttäjältä jää huomaamatta, että selaimelta kestää näkymän piirtäminen joitakin sekunnin kymmenyksiä, eivätkä kaikki elementit lataudu aivan samanaikaisesti. Näistä valittiin suurennustehoste, joka muistuttaa esimerkiksi iPadin käyttöliittymän toimintaa.

3.4.2 Taustakuvien työstö

Käyttöliittymään haluttiin taustakuviksi talon eri kerroksia esittävät pohjapiirustukset. Lähtökohtana oli DWG -tiedostomuodossa oleva CAD-kuva. Jotta kuva saataisiin näyttämään siistiltä ja sisältämään vain tarpeellisen informaation, oli sitä muokattava ja viimeisteltävä.

Ensimmäinen muokkausvaihe oli kuvan avaaminen CADS Planner 16 -ohjelmalla. Kuvasta sammutettiin taustakuvan kannalta tarpeetonta informaatiota sisältävät tasot, kuten johdotukset, pistorasiat ja erilaiset kuvaustekstit ja mittamerkinnyt.

Tämän jälkeen kuvasta rajattiin yhden kerroksen alue ja vietiin se EMF -muotoiseen tiedostoon. EMF (*Enhanced Metafile*) on Microsoftin määrittelemä tiedostomuoto tiedoston siirtämiseksi sovellusten välillä. Se säilyttää vektorigrafiikan vektorimuodossa, mikä helpottaa editointia ja estää resoluution heikkenemisen, joka tapahtuisi bittikartaksi muutettaessa.

EMF -tiedosto avattiin tämän jälkeen Inkscape 0.91 -grafiikkaohjelmalla. Inkscape on GNU -lisenssin alainen ilmainen ohjelma, joka tarjoaa monipuoliset mahdollisuudet vektorigrafiikan muokkaamisen ja tekemiseen. Inkscapen avulla taustakuvaa ensin viimeisteltiin poistamalla joitakin tarpeettomia elementtejä, jotka olivat vielä näkyvissä.

Näin syntyneeseen siistiin viivakehikkoon haluttiin myös väriä. Tärkeää oli myös, että värejä pystyisi helposti säätämään jälkikäteen, jos se katsotaan tarpeelliseksi käyttöönottovaiheessa. Tätä varten kuvatiedostoon luotiin neljä päällekkäistä tasoa, jotka alhaalta ylöspäin olivat:

- taustakuva
- ulkoseinien väri
- ikkunoiden väri
- ikkunanpielien väri

Inkscapessa on toiminto "Täytä suljettuja alueita", jonka avulla tein jokaista ulkoseinän osaa, ikkunaa tai ikkunanpieltä vastaavat suljetut objektit vastaaville kuvan tasoille. Näin syntyi kuva, josta pystyy nopeasti muokkaamaan eri elementtien väriä, haluttaessa kuviointia tai läpikuultavuutta, sekä reunaviivojen väriä ja leveyttä.

Jotta taustakuva näkyisi oikealla kohtaa, määriteltiin Inkscapessa sivun koko siten, että pohjapiirustuksen ympärillä on hieman tyhjää reunusta ja haluttu määrä tilaa muille käyttöliittymäelementeille.

Lopuksi kuvasta tallennettiin optimoitu SVG -tiedosto. Inkscape optimoi tiedoston siten, että tiedostokoko pienenee ja latausaikaa nopeutuu kuvan laadun siitä mitenkään kärsimättä.

Yhteensä tehtiin kolme eri versiota taustakuvasta: talon yläkerta, alakerta ja alakerta laajempuna kuvakulmana, joka sisältää talon terassit ja hieman piha-alueita. Edellä selostetulla kuvankäsittelyketjulla saatiin aikaan se, että kuvat säilyivät vektorimuodossa ja siten yksityiskohdiltaan terävinä CAD -ohjelmasta visualisoinnin ruudulla näkyvään kuvaan asti.

3.4.3 Kuvakkeet

Valmistajan Internet-sivuilta on saatavilla homeLYnkiin laaja kirjasto valmiita kuvakkeita. Eri symboleita on yhteensä 183, joista kaikista on kuusi erilaisilla väreillä ja graafisilla tyyleillä toteutettua versiota. Yhteensä siis lähes 1100 kuvaketta.

183 symbolin valikoimasta löytyi lähes kaikkiin tarpeisiin varsin osuva kuvake. Ylöspäin ja alaspäin osoittavat nuolet oli tehtävä kääntämällä sivulle osoittavan nuolen esitustapaa CSS -tiedostossa.

Kaikki kuvakkeet on saatavissa sekä bittikarttapohjaisessa PNG -tiedostomuodossa että SVG -muotoisena vektorigrafiikkana. Työssä käytettiin yksinomaan SVG -muotoisia kuvakkeita, koska ne tarjoavat terävimmän kuvan eri tyyppisillä näytöillä eikä esimerkiksi selainyhteensopivuudessa ole ongelmia jotka estäisivät niiden käytön.

Ulkonäön muuttamisen helpottamiseksi ohjelmoitiin skripti, joka tarvittaessa vaihtaa kaikkien esillä olevien kuvakkeiden tyylin kerralla kuvaketiedostojen nimiä muokkamalla. Tämä ominaisuus jätettiin kuitenkin loppukäyttäjän käyttöliittymästä pois.

Kuvakkeita on myös mahdollista luoda itse millä tahansa ohjelmalla, joka kykenee tallentamaan SVG- tai PNG -tiedostoja. Tätä käytettiin kehitysvaiheessa erään toiminnon toteuttamiseen, mutta lopulliseen versioon ei tullut itse tehtyjä kuvakkeita.

3.4.4 Kuvakkeiden sijoittelu

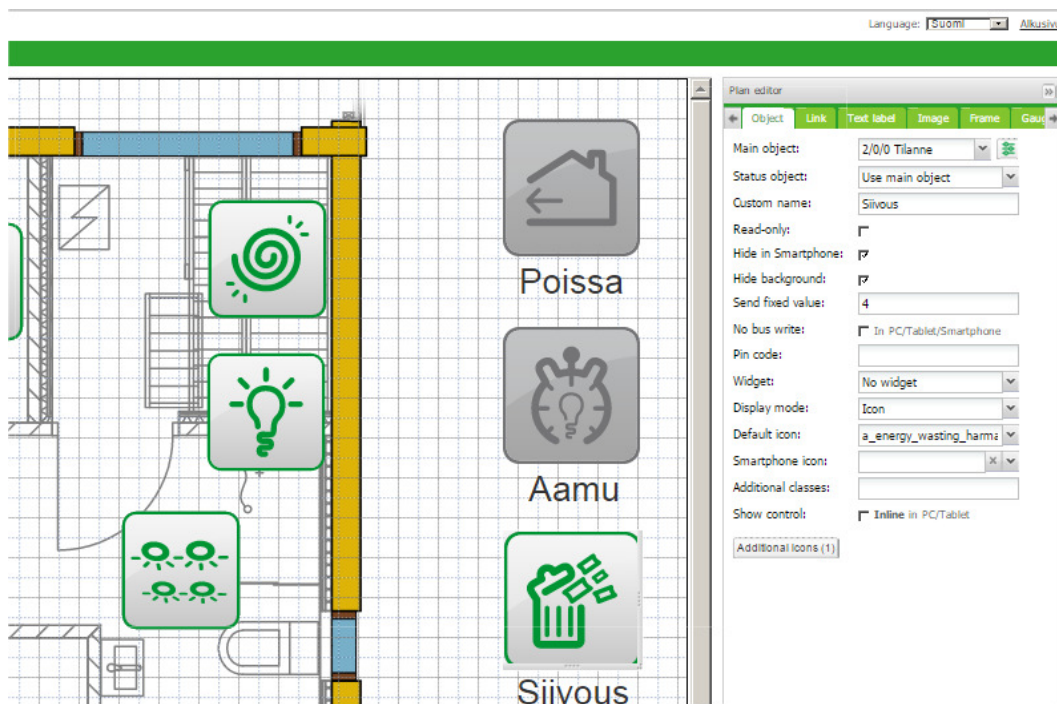
Kuvakkeiden ja muiden visuaalisten elementtien sijoittelu tapahtuu editorinäköymässä. Siinä luotaville kuvakkeille voidaan asettaa erilaisia parametreja ja sijoittaa ne hiirellä

siirtämällä haluttuun paikkaan. Kuvakkeiden lisäksi sivuille voidaan sijoittaa kuvia, tekstejä, linkkejä, säätimiä, analogisen näköisiä mittareita, kaavioita tai valvontakameran kuvia.

Editorin on periaatteessa helppokäyttöinen, mutta sen huono puoli on, että useita objekteja ei voi ryhmittää tai muutenkaan valita useita yhtäaikaaisesti esimerkiksi siirtämistä tai ominaisuuksien muokkaamista varten. Myöskään objektien kopiointi sivulta toiselle ei onnistu.

Visualisointia tehtäessä ilmeni rajoitus, että yhtä KNX -ryhmäosoiteobjektia kohden voi olla vain yksi määritelty graafinen esitystapa. Tämä on tarvittaessa mahdollista kiertää siten, että määritellään toinen objekti, johon arvo skriptin avulla kopioidaan aina sen muuttuessa.

Periaatteessa on mahdollista automatisoida tätä osaa visualisoinnin toteutuksesta kirjoittamalla skriptejä, jotka muokkaavat visualisoinnin sivuja. Ominaisuus on kuitenkin dokumentoimaton.



KUVA 5. Parametrien asettamista editorissa

3.4.5 CSS -tiedosto

CSS on World Wide Web Consortiumin (W3C) standardoima tiedostomuoto, jonka tarkoitus on ohjeistaa päätelaitetta HTML-tiedoston esittämän tiedon halutusta esitystavasta näytöllä. HomeLYnkin ohjelmointikäyttöliittymän kautta on mahdollista kirjoittaa CSS -tiedosto, joka on visualisointisivuilla käytössä laitteen oletusarvoisten CSS-tiedostojen lisänä.

CSS -tiedostoon tehtiin tässä tapauksessa vain pieniä muutoksia, jotka vaikuttivat enemmän yksityiskohtiin kuin visuaaliseen kokonaisuuteen. Muutoksilla saatiin aikaan selainversiossa tiettyjen kuvakkeiden kääntäminen 90 asteen kulmaan, liukusäätimien ja rastitettavien ruutujen koon suurentaminen helpommin kosketusnäytöllä käytettäväksi sekä kalenterinäkömän ja kaavionäkömän skaalaaminen koko ruudulle. Mobiiliversion osalta kätkettiin tiettyä tarpeetonta tietoa ja pienennettiin liikaa tilaa vieviä säätimiä.

Käyttöliittymän toimintaa testattiin Windows 7 -käyttöjärjestelmässä Internet Explorer 11:lla, Opera 35:lla, ja Firefox 44:llä. Lisäksi testattiin MacOS 10.9:n Safari-selaimella sekä Ipad Minin Safarilla. Toiminta oli kaikilla virheetöntä ja ulkonäkö oli lähes yhdenmukainen. Ainoa epäloogisuus liittyi ajastinasetusten ikkunan skaalautumiseen ruudulla. Alunperin kyseinen näkömä skaalautui oikein vain Ipadilla, mutta CSS -tiedoston muokkauksella se saatiin toimimaan kaikilla testatuilla selaimilla.

3.5 Ohjelmointi

3.5.1 Editori

HomeLYnkin ohjelmointi tapahtuu Lua -kielisten skriptien avulla. Lua -koodin kirjoittaminen tapahtuu selaimessa näkyvässä editorissa, joka on toteutettu JavaScriptillä. Se sisältää koodaamista helpottamaan tarkoitettuja toimintoja, kuten yleisimpiä toimintoja sisältäviä makroja ja selailtavissa olevia ohjeita. Skriptejä voi myös tuoda ja viedä muiden lähteiden välillä.

Suurimmaksi käytettävyysspuutteeksi osoittautui, että tietyt koodausvirheet eivät paljastu kovin helposti. Esimerkiksi väärin kirjoitettu muuttujan nimi saattaa paljastua vasta suoritusvaiheessa, koska Lua tulkitsee sen uuden muuttujan alustamiseksi, eikä esimerkiksi muuttujan väri editorissa paljasta virhettä mitenkään. Editori ei myöskään osaa näyttää koodilohkojen alku- ja loppupisteiden yhteyksiä, vaan näiden hahmottaminen on koodin huolellisen sisentämisen varassa. Samoin sulkeiden välisiä yhteyksiä ei näytetä graafisesti. Kokonaisuudessaan editori on kuitenkin helppokäyttöinen ja hyvin tarkoitukseensa sopiva.

3.5.2 Skriptityypit

Skriptejä on järjestelmän kannalta viittä eri tyyppiä: tapahtumiin kytketyt, ladattuina pysyvät, ajastetut, koodikirjastot ja homeLYnkin käynnistyksen yhteydessä suoritettava skripti. (homeLYnk)

Tapahtumiin kytketyt skriptit ovat jokainen yhteydessä yhteen KNX -väylän ryhmäosoitteeseen ja ne suoritetaan, kun kyseiseen ryhmäosoitteeseen kirjoitetaan arvo.

Ladattuina pysyvät skriptit suoritetaan ajastetusti 1-60 sekunnin välein. Käyttöjärjestelmän kannalta niiden prosessi pysyy kokoajan käynnissä, jolloin käynnistämiseen ei kulu ylimääräistä aikaa.

Ajastettujen skriptien suoritus aika voidaan määrittellä kellonajan, aikavälin tai viikonpäivän mukaan. Voidaan esimerkiksi määrittellä, että skripti suoritetaan aina 5 minuutin välein, tai joka päivä aamuyöstä kello 3.

Käynnistyksen yhteydessä suoritettavaan skriptiin voidaan käyttää, jos on tarpeen tehdä tiettyjä toimenpiteitä aina homeLYnkin uudelleenkäynnistyksen, tai esimerkiksi sähkökatkon jälkeen.

Lisäksi homeLYnkiin voidaan tallentaa koodikirjastoja, jotka eivät ole yksinään suoritettavia ohjelmia, vaan joiden toimintoja muut skriptit käyttävät. Usein käytettävät ja laajemmat toiminnot kannattaakin koota erillisiin koodikirjastoihin, jotta kokonaisuus on modulaarinen ja helpommin ylläpidettävä

HomeLYnkissä pystyy Lua -skriptien kautta suorittamaan toimintoja taustalla olevassa Linux -käyttöjärjestelmässä pääkäyttäjän oikeuksin. Siten on tarvittaessa mahdollista toteuttaa homeLYnkin dokumentoituja ominaisuuksia laajempia asioita.

3.5.3 Asetustiedosto

HomeLYnkin skripteissä voidaan viitata ryhmäosoitteisiin niin osoitteiden numeroilla kuin niiden tekstimuotoisilla nimillä. Kumpikaan tapa ei kuitenkaan ole aivan ongelmaton.

Númeroarvot koodin seassa ovat huonoa ohjelmointitapaa (Haikala 2004), koska niiden merkitys ei aina ole ilmeinen, ja jos numeroarvoa muuttaa, ei tiedä mistä kaikista muista paikoista sitä tulisi muuttaa. Vähintäänkin numeroarvot vaativat tuekseen kommenttirivin, jossa kerrotaan numeron merkitys. Ryhmäosoitteen nimellä viittaaminen puolestaan on ongelmallista, koska ryhmäosoitteen nimen muuttaminen rikkoisi koodin toiminnan.

Tämän ratkaisemiseksi koodissa viitatus ryhmäosoitteiden numerot sekä muut toiminnalliset parametrit koottiin yhteen tiedostoon, jossa ne ovat globaaleita muuttujia. Periaatteessa niiden olisi parempi olla vakioita, mutta Lua -kielessä vakioiden määrittäminen on mahdollista vain kiertoteitse. Nyt esimerkiksi ulkolämpötilan ryhmäosoitteen numeroon viitataan muuttujalla `V_O_ulkolämpötila`. Jos jossakin tulevassa projektissa ulkolämpötila on eri ryhmäosoitteessa, riittää kun tieto muutetaan asetustiedostoon, niin kaikki ulkolämpötilatietoa tarvitsevat skriptit toimivat oikein.

3.6 Etäkäyttö ja tietoturva

Yhtenä toiminnallisena vaatimuksena oli etäkäyttömahdollisuus. Tämä on tärkeää, koska kyseessä on vapaa-ajan asunto, joka on usein tyhjillään. Talon rakennuttajien toiveena oli, että esimerkiksi lämmitys voidaan kytkeä pienemmälle asetukselle talosta poistuttaessa ja kytkeä normaali huonelämpötila käyttöön etukäteen ennen taloon palaamista. Samoin haluttiin, että valvontakameroiden kuvat voi tarkastaa saman käyttöliittymän kautta.

3.6.1 Internet-yhteys

Talo sijaitsee haja-asutusalueella, jonne ei ole saatavilla kiinteää Internet -yhteyttä, joten yhteyttä varten taloon asennettiin Teltonika RUT950 LTE/4G -modeemi. Kyseessä on teollisuus- ja yrityskäyttöön suunniteltu laadukas ja vakaasti toimiva laite.

Talon sijaintipaikalla Elisan/Saunalahden verkon kuuluvuus oli niin yhtiöiden kuuluvuuskarttojen kuin käytännön havaintojen mukaan huomattavasti parempi kuin DNA:n/Soneran verkossa, jolla ei saatu luotettavasti päällä pysyvää yhteyttä. Modeemiin on mahdollista asettaa luotettavuuden takaamiseksi kaksi eri SIM -korttia, mutta sitä ei katsottu aiheelliseksi tässä tilanteessa, koska Elisan yhteys oli erittäin vakaa.

Jotta etäkäyttö olisi mahdollista, on ulkopuolisella laitteella, esimerkiksi matkapuhelimella, saatava avattua yhteys homeLYnkiin. Tätä varten liittymään ostettiin lisätoimintona julkinen IP -osoite, jolloin yhteys voidaan avata kun IP -osoite on tiedossa.

3.6.2 Dynaaminen DNS

Vaikka mobiililiittymän IP -osoite olisi julkinen, se ei ole kiinteä, vaan voi vaihtua milloin tahansa, esimerkiksi päätelaitteen yhdistäessä toiseen tukiasemaan. Voimassa oleva IP -osoite on tiedettävä, jotta laitteeseen saisi yhteyden ulkopuolelta.

Tämän ongelman ratkaisemiseksi on olemassa dynaamisia DNS -palveluita. Tavantomainen Internetin DNS -palvelu kääntää tekstimuotoiset verkko-osoitteet, kuten esimerkiksi www.tamk.fi, numeromuotoiseksi IPv4 -osoitteeksi, kuten 193.167.71.207. Nykyisin on käytössä myös uudemman standardin mukaisia 128-bittisiä IPv6 -osoitteita, jotka yleensä kirjoitetaan heksadesimaalina.

Dynaamisessa DNS -palvelussa muuttuvan IP -osoitteen takana oleva laite ilmoittaa DNS -palvelimelle aina kun IP -osoite on vaihtunut. Näin DNS -palvelin osaa ohjata yhteyttä muodostavan laitteen oikeaan IP -osoitteeseen ja yhteys muodostuu (Wikipedi-

dia: Dynamic DNS). Dynaamisen DNS:n palveluntarjoajaksi valittiin Dynu.com, jonka peruskäyttö on ilmaista toisin kuin tunnetuimmilla palveluntarjoajilla.

Tässä tapauksessa dynaamisen DNS:n päivitys toteutettiin homeLYnkin Lua -kielisen skriptin avulla. Se tarkastaa minuutin välein, onko ulkoinen IP -osoite vaihtunut, ja jos näin käynyt, päivittää tiedon uudesta osoitteesta dynaamisen DNS:n palvelimelle. Dynu -palvelussa tieto muuttuneesta IP -osoitteesta voidaan lähettää yksinkertaisesti HTTPS GET -pyyntönä, jolle tulee vastauksena kuittaus onnistuneesta päivityksestä. Tekemällä päivitys homeLYnkin kautta saadaan dynaaminen DNS toimimaan modeemin merkistä ja mallista riippumatta.

3.6.3 Porttiohjaukset

Dynaaminen DNS ohjaa sisään tulevan yhteydenoton LTE -modeemille. Modeemi suorittaa osoitteille NAT -muunnoksen, jolloin sisäverkon laitteiden IP -osoitteet eivät oletusarvoisesti ole saavutettavissa laajaverkon (WAN) puolelta. Jotta yhteydenotto saavutaisi homeLYnkin, on modeemiin määriteltävä oikeanlaiset porttiohjaukset.

Modeemin asetuksiin määriteltiin, että ulkoapäin porttiin 443 (HTTPS) tulevat yhteydenotot ohjataan sisäverkon puolelle homeLYnkin IP -osoitteeseen 192.168.0.10. Vastaavalla tavalla voidaan avata UDP -portti 3671 KNX -väylän laitteiden etäohjelmoimiseksi ETS:n avulla, mutta tietoturvasyistä sitä ei tule jättää auki ilman VPN -yhteyttä.

3.6.4 Tietoturva

Jotta ulkopuoliset eivät pääsisi käsiksi talon ohjaukseen, on etäyhteyden käytössä huolehdittava tietoturvasta. Normaali Internet -liikenne on salaamatonta, ja ulkopuolisen on joissakin tilanteissa mahdollista päästä käsiksi siirtyvään dataan, mukaan lukien salasanoihin ja käyttäjätunnuksiin.

Tämän takia kirjautumista vaativissa palveluissa on suositeltavaa käyttää HTTPS -protokollaa (Hypertext Transfer Protocol Secure). Siinä HTTP-protokollalla siirrettävät tiedot on salattu TLS -protokollalla ja salaus on erittäin vaikeasti murrettavissa.

HomeLYnk tukee vakiona HTTPS -protokollaa. Asiassa kuitenkin ilmeni ongelma, koska uusimpaan firmwareen (1.3.1) päivityksen jälkeen HTTPS lakkasi toimimasta. Tämä korjaantui Schneider Electricilta saadulla päivitystiedostolla. Sama ilmiö esiintyi myös toisessa projektin aikana käytössä olleessa homeLYnkissä.

HomeLYnkissä on vakiona itse allekirjoitettu (self-signed) varmenne. Se aiheuttaa varoitustiedonkirjautuksen kirjaututtaessa kullakin laitteella ensimmäistä kertaa homeLYnkiin, mutta ei sinänsä heikennä tiedonsiirron salausta verrattuna jonkun varmentajan (Certificate Authority) myöntämään varmenteeseen. Varmentajan myöntämä varmenne on uussittava määräajoin, mikä aiheuttaisi ylimääräisiä hankalasti asiakkaalta laskutettavia kustannuksia tai virheilmoituksen ilmestymisen varmenteen vanhennuttua.

3.7 Luotettavuusnäkökulma

KNX -väylän hajautetun logiikan etuihin kuuluu luotettavuus vikatilanteessa. Yhden laitteen vikaantuminen harvoin aiheuttaa laajamittaista toimintahäiriötä koko rakennuksessa. Yhä useampien toimintojen suorittaminen homeLYnkin avulla ohjelmallisesti kuitenkin muuttaa tätä tilannetta, koska tällöin niiden kaikkien toiminta on sidottu homeLYnkiin. Lisäksi pitää huomioida, että ohjelmallisessa järjestelmässä kaikkien virhemahdollisuuksien poissulkeminen vaatisi erittäin huolellista testausta.

Tästä syystä päädyttiin siihen, että lämmityksen ohjauksessa käytettiin rakennuksen muiden KNX -komponenttien sisältämiä termostaattitoimintoja, joille homeLYnk antaa vain asetusarvot. Silloin homeLYnkin jumiutuminen ei aiheuttaisi esimerkiksi talon lämmityksen katkeamista. Vastaavasti valaistuksen tilanneohjausten osalta päädyttiin siihen, että ne toteutettiin homeLYnkin avulla ohjelmallisesti, koska tässä asiassa mahdollisella toimintahäiriöllä ei olisi yhtä vakavia seurauksia. Perinteinen painikkeilla tapahtuva valaistuksenohjaus toimii suoraan KNX -väylän kautta ilman homeLYnkin osallistumista.

Koko homeLYnkin toiminnan jumittavan vioittumisen todennäköisyys on vaikeasti arvioitavissa. Laite tarkkailee itse tilaansa ja käynnistää itsensä uudelleen, jos esimerkiksi muisti on loppumaisillaan tai prosessori jumiutuu pitkäksi aikaa suorittamaan oh-

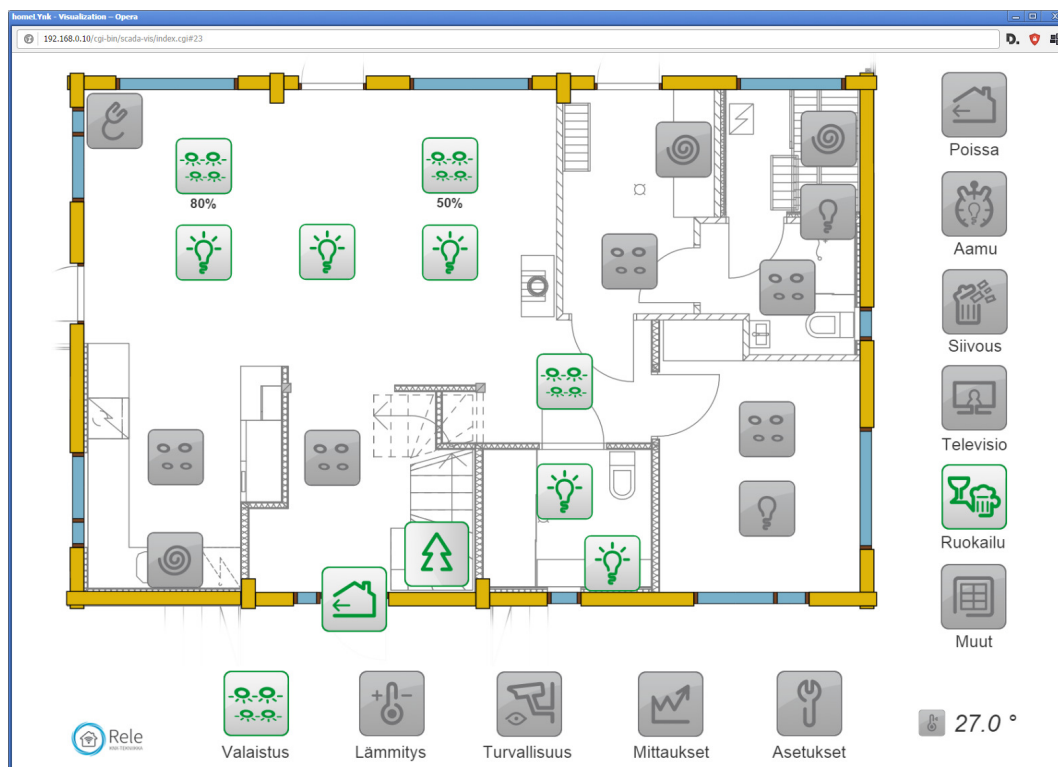
jelmaa. Suurin riski liittyy siihen, että homeLYnkin käyttöjärjestelmä ja data sijaitsevat microSD -muistikortilla, jotka saattavat kuluu runsaasta kirjoitusmääristä tai vahingoittua virran katketessa kesken kirjoitusoperaation. Valmistaja on kuitenkin huomionnut tämän siten, että tiedot puskuroidaan muistissa ja tallennetaan microSD:lle vain puolen tunnin välein. Valmistaja arvioi microSD:n käyttöiäksi ainakin kymmenen vuotta.

Ainoa tämän projektin aikana toimenpiteitä vaatinut homeLYnkin jumiutuminen johtui yrityksestä käyttäviä dokumentoimattomia ominaisuuksia.

4 LOPPUTULOS

4.1 Käyttöliittymän perusajatus

Käyttöliittymän perusajatus on, että ruudulla esitetään talon kerroksen pohjapiirustus, jossa on kuvakkeina kyseiseen toimintaan liittyvät kohteet. Esimerkkikuvassa on talon ensimmäisen kerroksen valaistuksen ohjaussivu:



KUVA 6. Käyttöliittymän perusnäkyä selaimessa

Portaikossa oleva ylöspäin osoittava nuoli avaa vastaavan näkymän toisesta kerroksestä. Ulko-oven päällä oleva symboli avaa laajemman pohjakerroksen näkymän, jossa ovat mukana piha-alueet.

Näkymän alareunassa on viisi painiketta, joista vaihdetaan valaistuksen, lämmityksen, turvallisuuden, mittausten ja asetusten välillä. Kaikissa näkymissä on vastaava rakenne eri toimintojen välillä siirtymistä varten.

Oikeassa reunassa olevat kuusi painiketta ovat valaistuksen tilanneohjausta varten. Painikkeesta Muut aukeaa widget, jossa on lisää tilanneohjausvaihtoehtoja. Vastaavasti lämmitysnäkymässä oikeassa reunassa on lämmitykseen liittyvien toimintojen painikkeitä.

4.2 Valaistuksen ohjaus

Kaikkia talon kiinteästi asennettuja valaisimia voi ohjata toteutetun käyttöliittymän kautta. Kiinteitä valaisinryhmiä on yhteensä 47, joista 4 on himmennettäviä.

4.2.1 Pälle/pois -valaisimet

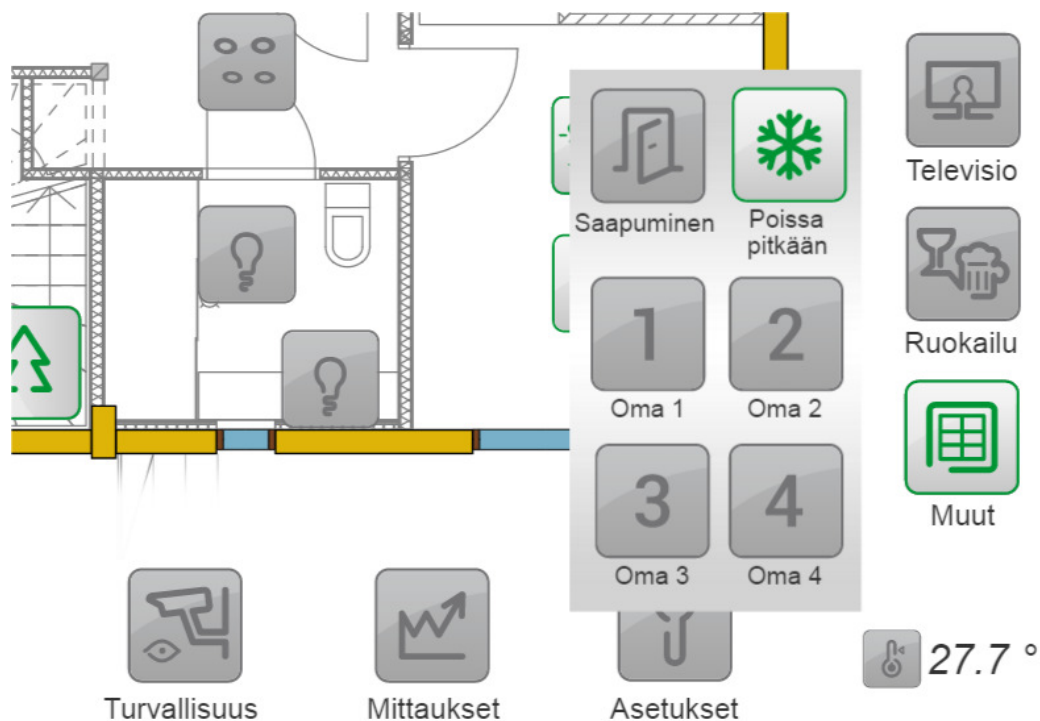
Jokaisella valaisimella tai valaisinryhmällä on oma kuvake, jossa on valaisimen tyyppiä kuvaava symboli. Valaisimen ollessa päällä symboli näkyy vihreänä ja valaisimen ollessa pois päältä sen näkyy harmaana. Tieto valaisimen tilasta tulee releyksiköltä, joten kuvakkeen väri vaihtuu vasta kun ohjausviesti on mennyt perille releyksikölle.

4.2.2 Himmennettävät valaisimet

Himmennettävien valaisimien käyttöliittymäelementiksi valittiin vaakasuunnassa liikkuva liukusäädin. Näpätys valaisimen kuvakkeesta tuo liukusäätimen näkyviin, jolloin sitä voi säätää. Säädettävien valaisimien alla näkyy prosenttiluku, joka kuvaa senhetkistä kirkkaustasoa. Liukusäätimen kokoa oli suurennettava CSS -tiedoston avulla, jotta säätäminen olisi helppoa tabletin kosketusnäytöllä.

4.2.3 Tilanneohjaukset

Käyttöliittymässä haluttiin olevan mahdollisuus valaistuksen tilanneohjauksiin, jotka yhdellä painalluksella kytkevät useita valaisimia haluttuun tilaan. Tilanneohjauspainikkeet päätettiin sijoittaa näytöllä pohjapiirustuksen oikealle puolelle pystysuoraksi kuuuden painikkeen ryhmäksi. Näistä alimmaisesta aukeaa Widget -tyyppinen ponnahdusikkuna, jossa on toiset kuusi vaihtoehtoa.



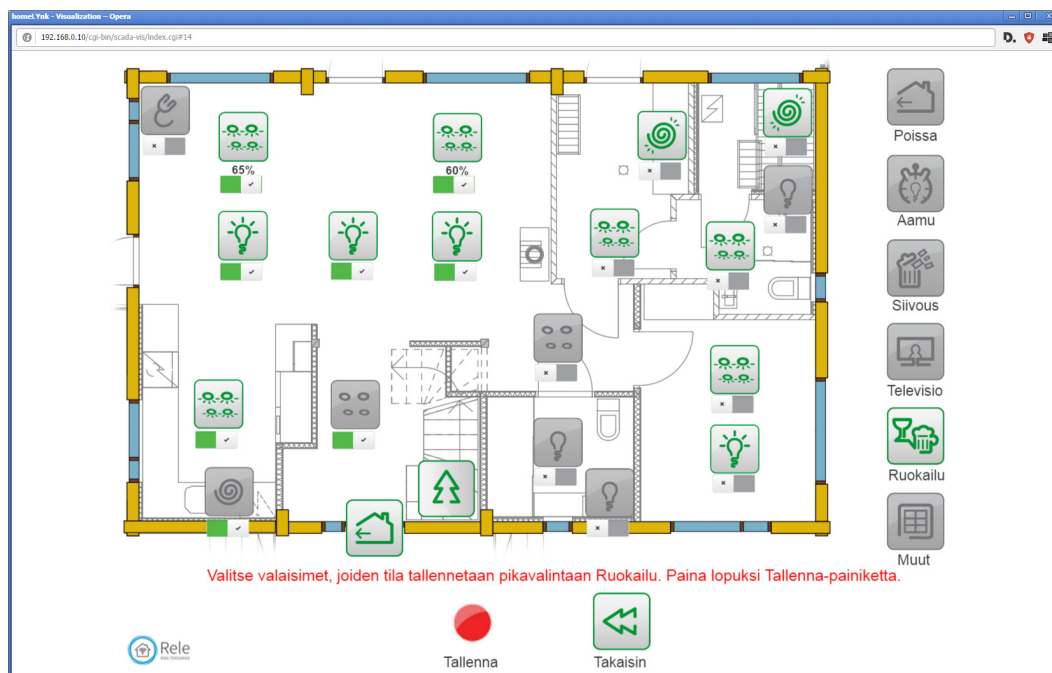
KUVA 7. Tilanneohjauspainikkeet

4.3 Valaistustilanteiden tallennus

Koska homeLYnk on vapaasti ohjelmoitavissa Lua-kielisillä skripteillä, osoittautui suhteellisen helpoksi toteuttaa myös loppukäyttäjän mahdollisuus tallentaa muutoksia valaistuksen pikaohjauksiin.

Jokaisesta valaistuksen ohjausnäymästä (alakerta, yläkerta ja pihavalaistus) tehtiin omat versiot tilanneohjauksen tallentamista varten. Näissä voidaan säätää sekä valaisimien tilat, että minkä valaisimien tilat tallennetaan kuhunkin pikavalintaan. Esimerkiksi "Poissa" -pikavalinta tyypillisesti sammuttaa kaikki valaisimet, mutta esimerkiksi "Ruokailu" -pikavalinnan ei ole syytä vaikuttaa sellaisiin valaisimiin, jotka eivät ole ruokailutilasta näkyvissä.

Suurin käytännön ongelma tallennustoiminnossa ja tilanneohjauksissa on, että laitteen suhteellisen hitaasta prosessorista ja myös KNX -väylän viiveistä johtuen vasteaika ei ole aivan niin nopea kuin sen nykyaikaisessa käyttöliittymässä toivoisi olevan.



KUVA 8. Valaistustilanteiden tallennus

4.4 Lämmityksen ohjaus

Kohdetalossa on vesikiertoinen lattialämmitys, joka on jaettu kuuteen termostaattiohjaattuun lämmitysvyöhykkeeseen. Lisäksi pesutiloissa on sähkökäyttöiset lattialämmitykset, joita ei ohjata KNX:n kautta.

Käyttöliittymän kautta voi säätää jokaisen lämmitysvyöhykkeen termostaattiasetusta. Termostaattisymbolin alla näkyy senhetkinen asetusarvo sekä punainen piste, joka indikoi että veden kierto kyseisessä lämmityspiirissä on sillä hetkellä päällä.

Lisäksi jokaisen huoneen kohdalla on graafista käyrää esittävä symboli ja sen alapuolella näkyy huonekohtainen mitattu lämpötila. Symbolia painamalla aukeaa graafinen esitys huoneen lämpötilan muutoksesta.



KUVA 9. Yläkerran lämmityksen ohjaus

4.4.1 Lämmön pudotus

Lämmityksen ohjaukseen haluttiin toiminto, jonka avulla voidaan helposti pudottaa koko talon lämpötilaa talon ollessa tyhjiällä. Koska kyseessä on vapaa-aajan asunto, tyhjiälläolajaksia on paljon. Tätä varten käyttöliittymään luotiin Widget, jossa voidaan säätää pudotetun lämpötilan asetusarvo ja kytkeä pudotettu lämpötila päälle. Lisäksi siinä voidaan valita, että lämmön pudotus tapahtuu automaattisesti silloin, kun talosta poistuessa valitaan tilaksi "Poissa pitkään". Vastaavasti lämpö voidaan etäyhteydellä kytkeä takaisin normaalitilaan ennen taloon palaamista.

Lämmön pudotus toteutettiin Lua -kielellä ohjelmoiden. Harkinnassa oli myös käyttää Zennion valmistamien termostaattiyksiköiden valmista pudotustoimintoa. Siinä oli kuitenkin rajoitteena, että käyttäjä ei voi itse asettaa lämmön pudotuksen määrää, vaan tämä on asetettava ETS:n avulla parametrina.

4.5 Auton lämmitys

Toiminnallisiin vaatimuksiin kuului, että käyttöliittymällä pitää voida ohjata talon kahta autonlämmityspistorasiaa. HomeLYnkissä on vakiona toiminto ajastettujen toimintojen toteuttamiseen, mutta sen katsottiin olevan tähän tarkoitukseen tarpeettoman vaikeakäyttöinen. Lisäksi lämmityksen ajastaminen vain kellonajan mukaan ei hyödyntäisi tekniikan tarjoamia mahdollisuuksia energian säästön.

Näillä perusteilla käyttöliittymään tehtiin autolämmitystä ohjaava *widget*, jossa käyttäjä voi asettaa aiotun lähtöajan, jolloin auton on oltava lämmitetty. HomeLYnkiin ohjelmoitu skripti laskee lähtöajan ja mitatun ulkolämpötilan perusteella optimaalisen ajan käynnistää lämmitys.

Lämmitysaika on pisimmillään 20 asteen pakkasella tai sitä kylmemmällä, ja lyhimmillään 0 asteessa tai lämpimämmässä. Näiden välillä lämmitysaika muuttuu lineaarisesti. Pisin ja lyhin lämmitysaika ovat Asetukset -sivulla säädettäviä parametreja. Samoin voidaan säätää miten kauan lämmitys jatkuu asetetun lähtöajan jälkeen, jos lähtö viivästyy. Lämmitys on mahdollista myös käynnistää ilman ajastusta.



KUVA 10. Autojen lämmityksen ohjaus

4.6 Saunan ohjaus

Rakennukseen oli alunperin suunniteltu asennettavaksi KNX -liitäntäinen Harvia -kiuas. Kustannussyistä asiakas korvasi sen kuitenkin tavanomaisella kiukaalla ilman väyläliityntää. Tavallisen kiukaan ohjaamiseen KNX:n kautta ei turvallisuussyistä ryhdytty, mutta saunaan asennettiin kuitenkin KNX -väylään yhteydessä oleva lämpöanturi, jonka kautta visualisointiin ja ilmanvaihdon ohjaukseen saadaan tieto saunan lämpötilasta.

Tämän takia visualisoinnista jäi pois saunan ohjaamiseksi alunperin tehty widget, jossa oli perinteistä seinälle kiinnitettyä kiukaan ohjausrasiaa muistuttava käyttöliittymä. Sen sijaan alakerran lämmitystietojen sivulla näkyy saunan mitattu lämpötila.

4.7 Hälytystoiminnot

Käyttöliittymään haluttiin näkyviin tiedot palo- ja murtohälytyksistä, maalämpöpumpun ja ilmanvaihtokoneen vikahälytyksistä sekä kahden rakenteisiin sijoitetun kosteusanturin laukaisemista kosteushälytyksistä. Hälytyksistä aukeaa käyttöliittymään ponnahdusikkuna ja ne näkyvät käyttöliittymän Turvallisuus -sivulla punaisina symboleina. Lisäksi hälytyksistä lähtee tekstiviesti asetettuihin puhelinnumeroihin. Tekstiviestien lähettäminen tapahtuu käyttäen LTE -modeemin lähetystoimintoa. Hälytykset käsitellään homeLYnkissä Lua -skripteillä.

Teknisesti hälytystiedot tulevat Zennio Quad -laitteisiin binäärituloina, lukuun ottamatta ilmanvaihtokoneen vikahälytyksiä, jotka luetaan suoraan Modbus -väylältä.

4.8 Kameravalvonta

Alkuperin suunniteltuja valvontakameroita ei kustannussyistä asennettu kohteeseen ainakaan tässä vaiheessa. HomeLYnk -visualisointiin on helppo yhdistää MJPEG -muotoista kuvaa antavia valvontakameroita, mutta tässä tapauksessa jäi selvittämättä, että miten esimerkiksi tallennetun kuvan katsominen olisi ollut toteutettavissa käyttäjystävällisellä tavalla.

4.9 Mittaukset

HomeLYnk voidaan määritellä tallentamaan haluttujen ryhmäosoitteiden arvoista historiatietoja. Tallennuskapasiteettia on ilman laajennustakin gigatavuja, eli käytännön tarpeisiin rajattomasti. Tallentaa voidaan sekä absoluuttisia arvoja kuten lämpötiloja että inkrementaalisia laskureita kuten sähkönkulutustietoja.

Tähän käyttöliittymään valittiin yksinkertaisuuteen pyrittäessä vain ulkoilman, alakeran tupakeittiön ja yläkerran olohuoneen lämpötilat ja ilmanvaihtokoneelta saatu tieto sisäilman kosteudesta. Tekniikasta kiinnostuneemmalle asiakkaalle tallennettavia tietoja olisi voitu määritellä paljon enemmän.

HomeLYnkissä on valmis JavaScriptillä toteutettu toiminto, joka näyttää graafisen esityksen halutusta tai halutuista tiedoista ajan funktiona. Tämän ominaisuuden, samoin kuin ajastimien, toiminnot näkyvät samalla kielellä, kuin mikä on valittu homeLYnkin ohjelmointikäyttöliittymään. Kielivaihtoehtojen joukossa ei alunperin ollut suomen kieltä, mutta osoittautui, että erästä homeLYnkin palvelinpuolen tiedostoa muokkaamalla pystyy lisäämään tekstien käännöksiä haluamalleen kielelle. Samalla periaatteella olisi mahdollista halutessaan kääntää koko ohjelmointipuolen käyttöliittymä suomeksi. Ominaisuus on dokumentoimaton, mutta sen käyttö ei ole toistaiseksi aiheuttanut ongelmia.



KUVA 11. Esimerkki mitattujen tietojen kaaviosta

4.10 Ajastimet

HomeLynkissä on valmiiksi toteutettu käyttöliittymä ajastimien hallintaan. Sen avulla voi luoda hyvin monipuolisia ajastuksia toimintojen käynnistämiseen. Käyttöliittymä ei ole kovin sopiva nopeasti tehtäviä muutoksia varten, mutta se ei ole suuri ongelma, koska autolämmitysten ajastaminen toteutettiin käyttäjäystävällisemmällä tavalla kuten kohdassa 4.5 on selostettu.

Ajastintoimintoja käyttämään jäivät tässä vaiheessa vain ulkovaalaistuksen ja jouluvalaisinpistorasioiden aikaohjaukset. Vastaavasti kuin mittaustoiminnot, myös ajastinasetukset käännettiin suomen kielelle.

4.11 Mobiiliversio

Toiminnallisiin vaatimuksiin kuului, että järjestelmää on voitava ohjata myös älypuhelimien avulla. HomeLynk osaa tehdä käyttöliittymästä yksinkertaistetun version, joka

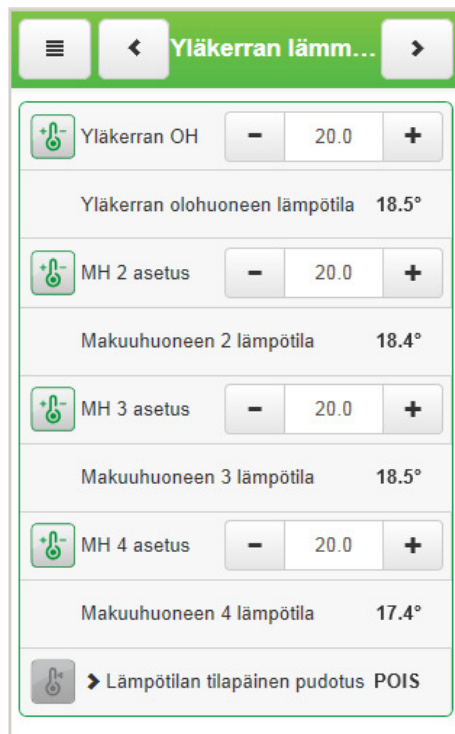
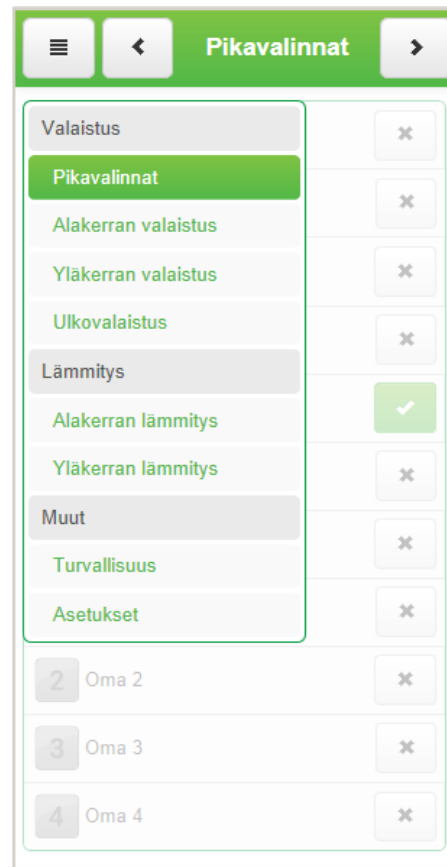
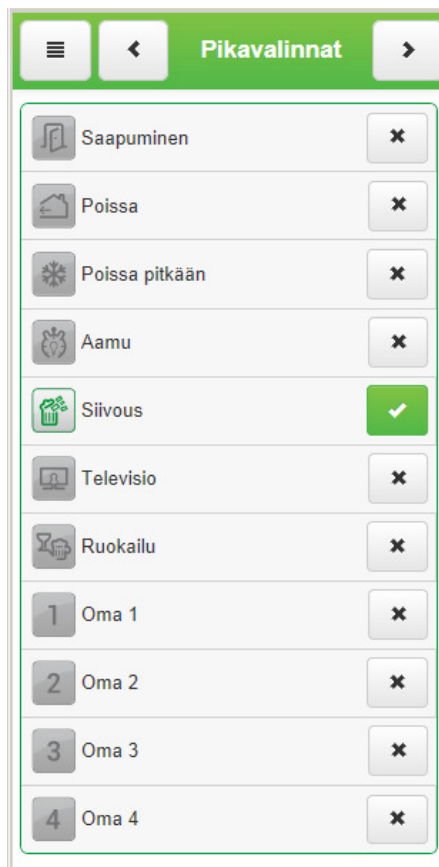
toimii pienellä näytöllä ja jossa pohjapiirustusten sijaan näytetään toimintoja ohjaavia kytkimiä. Hyvän lopputuloksen saamiseksi on kuitenkin tehtävä monia toimenpiteitä.

Periaatteena on, että kaikille sivuille ja niiden objekteille voidaan erikseen määritellä, että näkyvätkö ne myös mobiiliversiossa. Esimerkiksi tarpeettomat navigointinapit tai käyrien piirrot jätettiin pois näkyvistä. Objektien esitysjärjestys on myös järjestettävä oikeaksi editorista löytyvällä toiminnolla.

Objektien nimien on oltava lyhyitä, koska matkapuhelimen näyttö on kapea, ja pyrki- myksenä on, että nimitexti, siihen liittyvä pieni kuvake ja tilaa muuttava ohjauspainike mahtuvat kaikki samalle riville. Lyhyet nimet kirjoitettiin Custom name -kenttään, jolloin ne näkyvät ryhmäosoitteen nimen tilalla.

Hyvää ulkoasua varten tehtiin myös muutoksia CSS -tiedostoon käyttäen valitsimia, jotka vaikuttavat vain mobiiliversiossa. Niillä esimerkiksi kavennettiin tilaa vieviä säätöpainikeryhmiä vaakasuuntaisen tilan säästämiseksi ja piilotettiin näkyvistä joitakin tarpeettomasti näkyviä tilatietoja.

Lopputulos on, että kaikki toiminnot joidenkin harvoin käytettyjen asetusten muuttamis- ta lukuun ottamatta ovat käytettävissä mobiiliversiossa. Lisäksi tehtiin mobiiliversiota varten ensimmäisenä aukeava sivu, jossa on koottuna valaistuksen pikavalinnat. Tällä saatiin todennäköisesti käytetyin toiminto helpoimmin saavutettavaksi.



KUVA 12. Esimerkkikuvia mobiilikäyttöliittymästä

5 LOPPUPÄÄTELMÄT

Työn määrä osoittautui ennakoitua suuremmaksi, kun lähtökohtana oli itselleni vieras laite, ja tavoitetasona oli tehdä viimeistelty lopputulos, joka toimii käyttäjän eikä tekniikan ehdoilla. Mielestäni kuitenkin lopputulos oli hyvä ja asetettujen vaatimusten mukainen. Toteutus on varsin yleiskäyttöinen, joten sen muokkaaminen uusiin kohteisiin onnistuu tarvittaessa nopeasti.

Projektin sivutuotteena karttui syvällisempi tietämys homeLYnkin toiminnasta ja hyödyntämismahdollisuuksista jatkokehityksessä ja vaativammissa kohteissa. Syntyi myös suunnitelmia, miten hyödyntämällä homeLYnkin ohjelmoitavuutta ja laskentatehoa sekä lämmityksen että valaistuksen ohjauksessa pystytään rakennuksista tekemään sekä energiatehokkuudeltaan että asumismukavuudeltaan parempia kuin missään saatavilla olevassa valmiissa ratkaisussa.

LÄHTEET

- 1) Schneider Electric, 2015. homeLYnk User Guide, http://www.schneider-electric.fi/documents/fi_brochures/AR1740_EdC_User_Guide_homeLYnk_EN_1_3.pdf
- 2) German Electrical and Electronic Manufacturers' Association, 2013. Handbook for Home and Building Control - Basic Principles, 6th revised edition. Bryssel, KNX Association cvba.
- 3) Haikala, I, Märijärvi, J, 2004. Ohjelmistotuotanto. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 4) Uotila, Pekka, 2000. Tietoliikenteen tekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 5) Loxone dokumentaatio. Luettu 25.11.2015.
<http://www.loxone.com/en/service/documentation.html>
- 6) Jakob Nielsen: 10 Usability Heuristics for User Interface Design. Luettu 13.12.2015.
<http://www.designprinciplesftw.com/collections/10-usability-heuristics-for-user-interface-design>
- 7) Wikipedia. Cascading Style Sheets. Luettu 10.12.2015.
https://en.wikipedia.org/wiki/Cascading_Style_Sheets
- 8) Wikipedia. Dynamic DNS. Luettu 3.3.2016.
https://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_DNS