

ÄLYKKÄÄN TALOTEKNIIKAN PILOTTIKOHDE -hankkeen loppuseelvitys 6.6.2017-31.1.2019

Hankkeen tavoitteiden toteutuminen

Hankkeessa rakennettiin Otaniemeen TUAS-talon (Maarintie 8) sekä Maarintalon (Sähkämiehentie 3) älykkään talotekniikan pilottiympäristö. Ympäristö koostu monen eri laitetoimittajan tuotteista

Hankkeelle asetettiin kolme tutkimuskysymystä:

1. Miten erilaiset älykkään talotekniikan järjestelmät saadaan sovitettua toimimaan yhdessä?
2. Miten uudenlaiset käyttöliittymät soveltuvat (puhe, ele) älykkään talotekniikan ohjaamiseen ja mitä niillä voidaan saavuttaa?
3. Miten älykkään talotekniikan ja muuttuvan sisäympäristön mukanaan tuomia hyötyjä saadaan osoitettua?

Hanke oli jaettu työpaketteihin

- TP 1: Taustaselvitys
- TP 2: Koelaitteiston rakentaminen
- TP 3: Järjestelmien yhteensovittaminen
- TP 4: Käyttöliittymät
- TP 5: Älykkään talotekniikan hyödyt
- TP 6: Tiedottaminen

Tutkimuskysymykseen 1 haettiin vastausta tekemällä konkreettisia asennuksia. Työssä tehtiin työpaketeissa TP1 ja TP 2 ja TP 3. Tämä osio hankkeesta onnistui varsin hyvin. Työ suoritettiin osin Aalto-yliopiston omin voimin, mutta ammattipätevyyttä vaativat sähköasennukset teetettiin ulkopuolisella urakoitsijalla. Hyvästä lopputuloksesta huolimatta tämän kysymyksen selvittelyyn kului ennakoitua enemmän aikaa, sillä asennustyö oli varsin haasteellista. Teemaan liittyen teetettiin myös yksi diplomityö (Hamara) ja neljä kandidaatin tutkielmaa (Liusavaara Ojanen, Paloheimo, Pulkkinen, Remes).

Tutkimuskysymystä 2 tutkittiin opinnäytetöissä. Työtä tehtiin työpaketeissa TP4. Aiheeseen liittyen tehtiin yksi diplomityö (Faisal) sekä yksi kandidaatin tutkielma (Töyräs,). Etenkin kandidaatintöissä paneuduttiin syvemmin teknisiin yksityiskohtiin. Lisäksi kysymystä varten rakennettiin erillinen valaistuksen ohjaukseen liittyvä laitteisto, jossa hyödynnettiin markkinoilla saatavilla olevia älylamppuja sekä puheohjausjärjestelmää. Johtuen järjestelmien asennustyön vaivalloisuudesta, päästiin tätä kysymystä käsittelemään luultua myöhäisemmässä vaiheessa.

Tutkimuskysymystä 3 lähestyttiin myös opinnäytetöiden kautta. Teemaan liittyen tehtiin kaksi diplomityötä (Remes, Aalto), jotka liittyivät osin yleisesti älykkään talotekniikan hyötyihin ja erityisesti ihmiskeskeisen valaistuksen mukaan tuomiin hyötyihin. Työtä tehtiin työpaketeissa TP1 ja TP 5.

Työpaketti TP 6: Tiedotus on käsitelty kohdassa Tiedotus ja viestintä.

Hankkeen tavoitteet toteutuivat varsin hyvin. Järjestelmien yhteensovittamisessa päästiin hyvälle tasolle, rakennusten käyttöliittymistä tehtiin hankkeen aikana tasokas diplomityö ja älykkään talotekniikan hyötyjä tutkittiin myös laajasti opinnäytetyössä kirjallisuuden avulla ja valaistuksen osalta kokeellisestikin.

Hankeessa toteutettu järjestelmä

Hankeessa rakennettiin älykäs talotekninen järjestelmä kahden rakennuksen yhteyteen. Tässä ympäristössä yhdistyivät monen eri toimijan laitteistot. Tätä tutkimusympäristöä tullaan hyödyntämään myös tulevassa tutkimuksessa ja opetuksessa. Ympäristö rakennettiin Otaniemeen TUAS-talon ja Maarintalon tiloihin muutamia toimisto- ja neuvotteluhuoneisiin sekä taukotiloihin.

Asennetut laitteistot edustivat useita eri teknologioita, joten järjestelmän ytimeksi tarvittiin liityntä Aalto-yliopiston tietoverkkoon. Osa käytetyistä teknologioista kommunikoi esim. LoraWAN ja SigFOX -verkkoon kautta, mutta näissäkin tapauksissa tiedon kerääminen yhteen ja samaan paikkaan vaati liityntää yhtene yhteiseen järjestelmään.

Järjestelmän laitteistot saatiin suurelta osin hankkeen yrityskumppaneilta lahjoituksina.

Laitteistoja asennettiin seuraavasti (suluissa laitteiston lahjoittanut yritys):

TUAS-talo, neuvotteluhuone 3555

Älykäs ilmanvaihtolaitteisto (Swegon)
Valaisimet, joita voitiin ohjata spektrin ja valaistustason osalta (KT-interior)
Valaistuksen ohjaus (KNX Finland)
Valaistuksen DALI-ohjausjärjestelmä (Beckhoff)
Langattomat lämpötila ja CO2 anturit (Soficta ja Connected Finland)
Kamera henkilölaskentaan (Beckhoff)

Maarintalo, toimistohuoneet 226 ja 227

Valaisimet, joita voitiin ohjata spektrin ja valaistustason osalta (KT-interior)
Valaistuksen DALI-ohjausjärjestelmä (Helvar)
Älykäs lämmityksen ohjaus (KNX Finland)
Käyttöastelaskenta kameran avulla (Mirasys)

TUAS-talo, taukotila 3515

Valaisimet, joita voitiin ohjata spektrin ja valaistustason osalta (KT-interior)
Valaistuksen langaton Casambi-ohjaus (KT Interior)
Langattomat lämpötila ja CO2 anturit (Soficta ja Connected Finland)

TUAS-talo, työhuone 3516

Valaisimet, joita voitiin ohjata valaistustason osalta (KT-interior)
Valaistuksen DALI-ohjausjärjestelmä (Beckhoff)
Langattomat lämpötila ja CO2 anturit (Soficta ja Connected Finland)

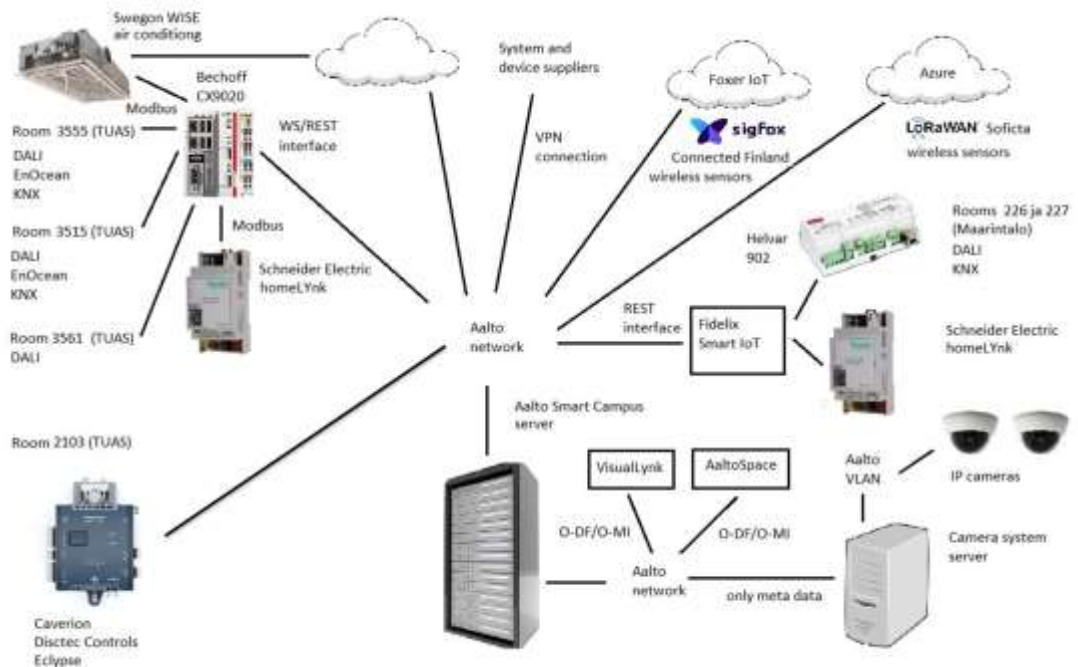
TUAS-talo, neuvotteluhuone 2103

Valaisimet, joita voitiin ohjata spektrin ja valaistustason osalta (KT-interior)
Valaistuksen DALI-ohjausjärjestelmä (Beckhoff)
Käyttöastelaskenta kameran avulla (Mirasys)

TUAS-talo, aula

Käyttöastelaskenta kameran avulla (Mirasys)

Asennetun järjestelmän toteutus ja käytetyt rajapinnan käyvät esille kuvasta 1.



Kuva 1. Järjestelmän toteutus sekä käytetyt rajapinnat.

Tulokset

Asennusten tuloksena syntyi Aallon tutkijoiden ja opiskelijoiden käyttöön varsin monipuolinen ympäristö, jossa on mahdollista kokeilla erilaisia älykkään talotekniikan komponentteja sekä tehdä niihin liittyvää tutkimusta.

Tutkimustulokset

Hankkeen varsinaiset tutkimukset tehtiin opinnäytetöissä, jotka on lueteltu kohdassa Hankkeessa toteutetut opinnäytetyöt.

Keskeisimpiä hankkeen tuloksia pilottiympäristön rakentamisen lisäksi oli kohteen digitaalisen kaksosen toteuttaminen ja kokeilu sekä valaistuksen vireystilaan aiheuttaman vaikutuksen mittausjärjestelyn kokeilu.

Digitaalinen kaksonen saatiin hankkeessa toimimaan joidenkin pilottikohteen järjestelmien kanssa. Digitaalinen kaksonen on käytännössä 3D-malli, jossa saadaan havainnollisesti näytettyä eri tilojen olosuhteet mittausdataan perustuen. Haasteeksi siinä muodostuivat järjestelmien rajapinnat, jotka eivät kaikissa tapauksissa olleet riittävän avoimia. Näin ollen esim. kaikkea anturidataa ei ollut mahdollista lukea.

Valaistuksen vaikutusta vireystilaan tutkittiin erillisessä mittaustilassa havainnoimalla koehenkilöiden aivosähkökäyrää (EEG) valaistuksissa, joiden spektrejä oli muokattu. Kokeen aikana toteutettiin myös kyselytutkimus. Mittausten tavoitteena oli kokeilla mittausmenetelmää tulevaa laajempaa hanketta varten. Mittauksista saatiin hyvää kokemusta siitä, miten tämänkaltaiset testit tulisi toteuttaa ja miten mahdolliset virhelähteet tulisi eliminoida.

Pilottiympäristö rakennettaessa löydettiin useita järjestelmien yhteensovittamisen haasteita. Tavarantoimitukset tapahtuivat pienissä erissä. Tämä johti siihen, että myös asennukset oli tehtävä vähitellen, mikä taas hankaloitti töiden suunnittelua. Yhtenä kokonaisuutena tehtävä asennus olisi helpottanut työtä merkittävästi, koska tällöin tilat olisi voitu suunnitelmallisesti tyhjentää ja tehdä asennukset rauhassa alusta loppuun.

Asennustöiden hajanaisuus hankaloitti myös asentajien työn aikatauluttamista ja aiheutti ennen kaikkea sen, että sama asentaja ei ollut aina käytettävissä. Näin ollen työn aikana tapahtuva oppiminen ei ollut niin tehokasta kuin se olisi voinut olla. Oppiminen on uutta tekniikkaa asennettaessa erityisen tärkeää, sillä huomasimme myös, että kaikki käytetty tekniikka ei ollut asentajille entuudestaan riittävän tuttua.

Tärkeää tämän tapaisissa hankkeissa on myös riittävä kommunikointi LVISA ja IT puolen kanssa. Toisaalta hankkeessa opittiin, että muutamalla yhteisellä tapaamisella ja etukäteen sovitulla työpäivällä monta hankalaa asiaa saadaan ratkeamaan yhdellä kerralla.

Laitteistojen asennuksiin vaikuttivat myös erilaiset IT-haasteet. On ymmärrettävää, että uusien järjestelmien ja niiden ohjelmistojen yhteensovittamisessa on aina kitkaa. IT-alalle tyypilliseen tapaan tässäkin hankkeessa pieni yhteensopimattomuus ohjelmistoissa saattoi selvittää vasta pitkän selvitystyön jälkeen.

Hankkeen tuloksena opittiin siis se, että uusia ja keskenään erilaisia järjestelmiä asennettaessa valmistelutyö on tehtävä merkittävästi tavallista huolellisemmin ja mahdollisuuksien mukaan viritettävä laitteistot toimimaan keskenään ennen kuin ne asennetaan lopullisille paikoilleen.

Tuloksien hyödynnettävyys ja jatkotoimet

Hankkeessa alan toimija saivat tietoa ja kokemusta siitä, miten heidän omat järjestelmänsä sopivat yhteen muiden automaatiojärjestelmien kanssa. Hanke toimi myös hyvänä alustana yritysten verkottumiselle, mikä oli huomattavissa mm. loppuseminaarin suuresta osallistujamäärästä.

Eräs tässäkin hankkeessa esille noussut tarve älykkään talotekniikan saralta oli tilojen käyttöasteen seuranta reaaliaikaisesti tai lähes reaaliaikaisesti. Tähän kysymykseen otettiin hankkeen laitteistovalinnassa hiukan kantaa, mutta varsinaisesti tutkimusta aiheen tiimoilta tehdään hankkeen jälkeen alkavassa väitöstutkimuksessa.

Hankkeen yhtenä päämääränä oli, että rakennettua ympäristöä voidaan hyödyntää tulevaisuudessa opinnäytetöissä, opetuksessa ja tutkimuksessa. Sen hyödyntäminen onkin jo aloitettu mm. diplomityössä, jonka tavoitteena on löytää uusia näkökulma rakennusautomaation käyttöliittymiin ja tehdä niistä pelillisempiä.

Hankkeelle ollaan myös suunnittelemassa jatkoa nyt mukana olleiden yritysten kanssa.

Hankkeessa toteutetut opinnäytetyöt

Hankkeelle oli suunnitteluvaiheessa budjetoitu työtä jatko-opiskelijalta, kahdelta diplomityöntekijältä sekä yhdeltä kandidaatintutkielman tekijältä. Hankkeessa tehdyt opinnäytetyöt valmistuivat odotettua nopeammin, joten niitä saatettiin teettää suunniteltua enemmän

Hankkeessa valmistuneet opinnäytetyöt

Web-palvelin ja yhdyskäytävä toteutus kiinteistöautomaation sovelluksiin Raspberry Pi 3-alustalla (Kandidaatintyö, Ilari Liusvaara).

Työssä toteutettiin web-palvelin taloautomaation sovelluksiin. Järjestelmä ei käytä pilvipalveluita ja on riippumaton ulkoisista tietoliikenneyhteyksistä. Palvelin soveltuu esim. valaistuksen tai ilmastoinnin ohjaukseen rakennuksessa.

Kameraan perustuva läsnäolotunnistus, sen mahdollisuudet ja rajoitukset taloautomaatiossa (Kandidaatintyö Eero Paloheimo).

Työssä tarkasteltiin kameran käyttöä henkilölaskimina taloautomaation sovelluksissa. Työssä vertailtiin kameraa muihin läsnäolotunnistusteknologioihin. Kamera soveltuu hyvin kohteiden havaitsemiseen, seurantaan ja tunnistamiseen. Kameran käytön rajoitukset liittyvät yksityisyyden suojaan. Työssä tarkasteltiin EU tietosuoja-asetuksen GDPR ja Suomen lain asettamia rajoituksia kameran käytölle kiinteistöautomaation sovelluksissa.

LPWAN kiinteistöautomaatiossa (Kandidaatintyö, Mikko Ojanen).

Työssä tarkasteltiin LPWAN (Low-Power Wide Area Network) teknologiaa kiinteistöautomaation näkökulmasta. Tarkasteltavina oli teknologiat: LoRa, LoRaWAN, Sigfox sekä NB-IoT. Näillä teknologioilla saavutetaan pitkä kantama ja matala tehonkulutus.

Matalan resoluution IR-kuvantaminen läsnäolotunnistuksessa (Kandidaatintyö, Mari Pulkkinen).

Työssä tarkasteltiin matalan resoluution IR-kuvantamisen menetelmää. Matalan resoluution IR-kuvantaminen tarjoaa edullisen ja yksityisyyden suojan säilyttävän menetelmän henkilöiden läsnäolotunnistukseen. Erityisesti tarkasteltiin 8x8 pikselin GridEye-komponenttia (Panasonic).

Älyratkaisut toimistorakennusten käyttäjien havaitsemien haasteiden ratkaisijoina (Kandidaatintyö, Laura Remes).

Työssä tehtiin kyselytutkimus, jonka kartoittaa älykkäiden käyttöliittymien tarvetta toimisto-olosuhteiden parantamiseksi.

Ihmisten ja rakennusten välinen vuorovaikutus valaistuksen ohjauksessa

(Kandidaatintyö, Joonas Töyräs). Työssä selvitettiin olemassa olevia tapoja toteuttaa valaistuksen ohjausta puheeseen ja eleisiin pohjautuvilla käyttöliittymillä

Ihmiskeskeinen valaistus – tapaustutkimus (Diplomityö, Riku Aalto).

Työssä tehtiin selvitys ihmiskeskeisen valaistuksen tutkimuksen nykytilasta sekä sen mukanaan tuomista hyödyistä. Työssä käsiteltiin myös ihmiskeskeisellä valaistuksella toteutettua oikeaa kohdetta haastattelututkimuksen avulla.

Reaaliaikaisen anturidatan yhdistäminen rakennuksen tietomalliin

(Diplomityö, Klaus Hamara). Työssä rakennettiin hankkeessa toteutetun pilottikohteen digitaalinen kaksonen, jossa voitiin tarkastella pilottikohteen tilojen olosuhteita reaaliaikaisesti

Älykkään talotekniikan ja ihmiskeskeisen valaistuksen hyödyt ja niiden

todentaminen (Diplomityö, Laura Remes). Työssä keskityttiin selvittämään älykkään talotekniikan hyötyjä kirjallisuuskatsauksen avulla. Lisäksi työssä tehtiin ihmiskeskeiseen valaistukseen liittyvä mittausarja, jossa tarkasteltiin EEG-mittauksen avulla ihmisen valaistuksen ja ihmisen vireystason välistä yhteyttä.

Development of a User Centered Based user interface for building automation

control (Diplomityö, Usman Faisal). Työssä rakennettiin puheohjattu valaistuksenohjaamiseen tarkoitettu laitteisto Amazon Alexa -puheohjainkautinta sekä Raspberry Pi -pienoistietokonetta käyttäen. Lisäksi työssä paneuduttiin yleisesti rakennusten automaation käyttöliittymiin

Tiedotus ja viestintä**Hanke oli seuraavissa tapahtumissa**

8.6.2017 Kira-DIGI aloitus- ja verkottumistapaaminen, Helsinki

28.9.2017 Ekotehokkaan rakentamisen ja talotekniikan seminaari Aalto-yliopisto

20.3.2018 Hankkeen esittely Seoul Semiconductors johtajistolle, Frankfurt, Light&Build

13.11.2018 Aallon rakennusautomaatioyhdistyksen tilaisuus opiskelijoille

5.10.2019 KNX-Finland juhlaseminaari, Helsinki

(<http://www.knx.fi/tapahtumat.php?aid=224634>)

21.11.2019 Kira-DIGI 360 tulosseminaari, Helsinki

(<https://youtu.be/2LxSN0e4SdE>)

22.1.2019 Loppuseminaari, Otaniemi, Espoo

(<http://www.knx.fi/tapahtumat.php?aid=224659>)

Hanke on ollut esillä lehdistössä

Sähköala, 10/2018

Sähköala, 3/2019

Aalto-yliopiston oman tiedotteet

<http://www.aalto.fi/fi/current/news/2017-10-20/>

<http://elec.aalto.fi/en/current/news/2017-10-20/>

Lisäksi hanke on ollut esillä kumppaniyritysten tiedotteissa esim. seuraavasti

<http://www.granlund.fi/ajankohtaista/smart-building-kehityshankkeessa-testataan-kaytannossa-uusimpia-laitteita-ja-niiden-yhteistoimintaa/>

<http://www.knx.fi/uutiset.php?aid=224606>

<https://www.linkedin.com/company/beckhoff-suomi>

LIITTEET

Liite 1: Web-palvelin ja yhdyskäytävätoeutus kiinteistöautomaation sovelluksiin Raspberry Pi 3-alustalla (Kandidaatintyö, Ilari Liusvaara).

Liite 2: LPWAN kiinteistöautomaatiossa (Kandidaatintyö, Mikko Ojanen).

Liite 3: Kameraan perustuva läsnäolotunnistus, sen mahdollisuudet ja rajoitukset taloautomaatiossa (Kandidaatintyö Eero Paloheimo).

Liite 4: Matalan resoluution IR-kuvantaminen läsnäolotunnistuksessa (Kandidaatintyö, Mari Pulkkinen).

Liite 5: Älyratkaisut toimistorakennusten käyttäjien havaitsemien haasteiden ratkaisijoina (Kandidaatintyö, Laura Remes).

Liite 6: Ihmisten ja rakennusten välinen vuorovaikutus valaistuksen ohjauksessa (Kandidaatintyö, Joonas Töyräs).

Liite 7: Ihmiskeskeinen valaistus – tapaustutkimus (Diplomityö, Riku Aalto).

Liite 8: Development of a User Centered Based user interface for building automation control (Diplomityö, Usman Faisal).

Liite 9: Reaaliaikaisen anturidatan yhdistäminen rakennuksen tietomalliin (Diplomityö, Klaus Hamara).

Liite 10: Älykkään talotekniikan ja ihmiskeskeisen valaistuksen hyödyt ja niiden todentaminen (Diplomityö, Laura Remes).