

VAASAN YLIOPISTO

TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

TIETOLIIKENNETEKNIikka

Tuomas Rintala

**ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA KOKKOLAN ASUNTOMESSUILLA
ANVIA KODISSA**

Diplomityö, joka on jätetty tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten

Vaasassa 11.11.2013.

Työn valvoja

Timo Mantere

Työn ohjaaja

Reino Virrankoski

ALKULAUSE

Tämä diplomityö on tehty Anvia Oyj:lle Vaasassa.

Haluan kiittää yhteistyöstä kaikkia Anvian henkilökuntaan kuuluvia henkilöitä joiden kanssa olen diplomityöhön liittyviä asioita käynyt läpi. Kiitokset myös diplomityön ohjaajille Reino Lähdemäelle ja Reino Virrankoskelle. Lisäksi haluan kiittää There Corporationin henkilökuntaa hyvästä yhteistyöstä.

SISÄLLYSLUETTELO

ALKULAUSE	2
SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO	5
TIIVISTELMÄ:	7
ABSTRACT:	8
1. JOHDANTO	9
1.1. Diplomityön taustaa	9
1.2. Tutkimusongelma ja työn tavoite	10
1.3. Tutkimuksen rajaus	11
2. KOTIAUTOMAATIO JA ENERGIANKULUTUKSEN SEURANTA	12
2.1. Kotiautomaatio ja energiankulutuksen seurantajärjestelmät	14
2.1.1. Ouman Plus	15
2.1.2. EBTS -kodinohjausjärjestelmä	16
2.1.3. There Corporation – ThereGate	17
2.2. Kenttäväyläteknikka	18
3. STANDARDOINTIKEHITYS JA KENTTÄVÄYLIEN TIEDONSIIRTO	24
3.1. Standardointikehitys	24
3.2. Kenttäväylien tiedonsiirto	26
3.2.1. Kenttäväylät ja OSI-malli	28
3.2.2. Modbus	29
3.2.3. M-Bus	31
3.2.4. KNX	34
3.2.5. LonWorks	35
3.3. Kenttäväylien vertailu	37
4. CASE KOKKOLAN ASUNTOMESSUT 2011	39
4.1. Anvia Koti	39
4.2. Energiankulutuksen seurantajärjestelmän valinta	41
4.3. Tekniset ratkaisut	41
4.4. Käyttöliittymä	43
4.4.1. Kirjautumisikkuna	44
4.4.2. Palvelunäkymä	45
4.4.3. Sähkönkulutus	47
4.4.4. Kaukolämmön kulutus	49
4.4.5. Kylmän veden kulutus	51
4.5. Käyttökokemukset ja yleisöpalautte	53
4.6. Markkinatutkimus	55
4.7. Projektin onnistuminen	59
5. YHTEENVETO	60
5.1. Mitä tulevaisuudessa?	62

LÄHDELUETTELO	63
LIITE 1.	67
LIITE 2.	68

SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

AMR	Automatic Meter Reading
APCI	Application Layer Protocol Control Information
ASCII	American Standard Code for Information
BACS	Building automation, controls and building management
CEN	European Committee for Standardization
ECC	Electronic Communications Committee
EHS	European Home System
EIB	European Installation Bus
ETS	Engineering Tool Software
GPON	Gigabit Passive Optical Network
HBES	Home and Building Electronic Systems
HCC	Home Control Center
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IP	Internet Protocol
IPTV	Internet Protocol Television
ISM	Industrial, Scientific and Medical
ISO	International Organization for Standardization
ITU-R	International Telecommunication Union - Radiocommunicati- on Sector
M-Bus	Meter-Bus
MetSta	Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry
OSI	Open Systems Interconnection Reference Model
PL	Powerline
RF	Radio Frequency
RS	Recommended Standard
RTU	Remote Terminal Unit
SFS	Suomen Standardisointiliitto
S-FSK	Spread Frequency Shift Keying
TCP	Transmission Control Protocol
TP	Twisted Pair
TPCI	Transport Layer Protocol Control Information

VOIP	Voice over Ineternet Protocol
QoS	Quality of Service

VAASAN YLIOPISTO**Teknillinen tiedekunta**

Tekijä:	Tuomas Rintala
Diplomityön nimi:	Energiankulutuksen seuranta Kokkolan Asuntomesuilla Anvia Kodissa
Valvojan nimi:	Timo Mantere
Ohjaajan nimi:	Reino Virrankoski
Tutkinto:	Diplomi-insinööri
Koulutusohjelma:	Tietotekniikan koulutusohjelma
Suunta:	Tietoliikennetekniikka
Opintojen aloitusvuosi:	2006
Diplomityön valmistumisvuosi:	2013

Sivumäärä: 69

TIIVISTELMÄ:

Diplomityössä käsitellään kotiautomaatio ja energiankulutuksen seurantajärjestelmiä sekä niiden mahdollisuuksia Anvian tietoliikennepalveluiden osana. Tarkastelun kohteena ovat kotiautomaatiojärjestelmien standardoinninkehitys ja kenttäväylätekniikoiden tiedonsiirto. Pääasialliset tutkimusmenetelmät ovat kirjallisuusselvitys sekä Anvian pilottiprojekti, jossa Kokkolan Asuntomessuilla kohteeseen Anvia Koti toteutettiin energiankulutuksen seurantajärjestelmä. Energiankulutuksen seurantajärjestelmä toteutettiin Anvian ja There Corporationin yhteistyönä. Osana pilottiprojektia Kokkolan asuntomessuilla järjestettiin markkinatutkimus, jolla pyrittiin selvittämään kuinka usein mesuvieraat seuraavat kotitaloutensa energiankulutusta ja kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan Anvia Kodissa esillä olevasta järjestelmästä.

Työlle merkittävän pohjan antaa jatkuva energiansäästämisen tarve. Syynä energiansäästämislle on esimerkiksi fossiilisten energialähteiden rajallinen saatavuus. On selvää, että vaihtoehtoisia energianlähteitä tullaan tarvitsemaan ja yhtenä osana energiansäästämässä on nykyisen energian käytön optimointi. Energiankulutusta ei voida optimoida ilman energiankulutuksen seurantaa. Tämän vuoksi energiankulutuksen seuranta tulee olemaan merkittävässä roolissa energiansäästämässä. Kulutustietojen perusteella optimoinnin voi tehdä tietokone, mutta usein pelkkä oman energiankulutuksen seuranta aiheuttaa ihmiselle tarpeen optimoida nykyistä energiankäyttöä ja energiasäästöjä saadaan ilman tietokonettakin. Energiankulutuksen seuranta voidaan toteuttaa lähes reaaliaikaisesti ja se antaa käyttäjälle mahdollisuuden havaita erilaisten energiaa kuluttavien laitteiden merkityksen energiansäästämässä.

Tässä työssä havaittiin, että energiankulutuksen seurantapalveluiden tarjoaminen Anvian tietoliikennepalveluiden osana on mahdollista ja pilottiprojektiin valittu There Corporationin energiankulutuksen seurantajärjestelmä tarjoaa hyvän alustan jatkokehitystä varten. Merkittävää on huomioida, että tarjottava palvelu on toteutettu viimeisimpien standardien mukaisesti ja, että palvelua on mahdollista laajentaa tulevaisuuden tarpeiden mukaan.

AVAINSANAT: Energiankulutus, kotiautomaatio

UNIVERSITY OF VAASA**Faculty of technology**

Author:	Tuomas Rintala
Topic of the Thesis:	The energy consumption monitoring in the Anvia Koti at the Kokkola Housing Fair
Supervisor:	Timo Mantere
Instructor:	Reino Virrankoski
Degree:	Master of Science in Technology
Degree Programme:	Degree Programme in Information Technology
Major of Subject:	Telecommunications Engineering
Year of Entering the University:	2006
Year of Completing the Thesis:	2013

Pages: 69

ABSTRACT:

This master's thesis studies home automation and energy consumption monitoring systems and how such systems fit in the Anvia's telecommunication services. The standardisations development of home automation systems and data transmission of fieldbus communication systems are under review. The main research methods are a literature review and a pilot project in Kokkola Housing Fair where the selected energy consumption system was implemented into Anvia Home. The system was implemented in cooperation with Anvia and There Corporation. As a part of the pilot project, Anvia and There Corporation organized a market research in the Kokkola Housing Fair. The aim of the market research was to find out how often the trade fair visitors are following their own household energy consumption, and how much they would be willing to pay for the presented energy consumption monitoring system.

The continuous need to save energy provides an important foundation for the research. The limited availability of fossil energy sources is an example reason for the need to save energy. It is obvious that alternative energy sources will be needed, and optimising current energy consumption is a part of energy saving. It is not possible to optimise energy consumption without energy consumption monitoring. Therefore energy consumption monitoring will be playing an important role in energy saving. A computer can perform the optimisation based on consumption data. However, energy savings may be obtained without using a computer for optimisation, often awareness of one's own energy consumption stimulates interest to optimise the use of energy. Energy consumption monitoring can be performed almost in real-time and that gives user a possibility to observe the energy consumption behavior of different electronic equipment and their role in energy saving.

In this thesis it was found out that it is possible to offer energy consumption monitoring services as a part of Anvia's telecommunication services and the selected energy consumption monitoring system provides a good platform for further development. It is important to observe that the provided service is carried out in accordance with the latest standards and that the service has the potential to expand for future needs.

KEYWORDS: Energy consumption, home automation

1. Johdanto

Tulevaisuudessa kuluttajat tulevat olemaan yhä kiinnostuneempia käyttämään uusiutuvaa energiaa ja olemaan mukana luonnon energiavarojen säästämässä. Energian säästämällä tarkoitetaan käytettävän energiamäärän pienentämistä lopputuloksen pysyessä samana. Motivaatio energian säästämiseen löytyy fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn, kivihiilen ja maakaasun rajallisesta saatavuudesta sekä sähkön kallistumisesta. Kotitalouksissa energian tehokkaalla käyttämisellä on mahdollista saada merkittäviä säästöjä aikaan. Energian säästäminen kotitaloudessa edellyttää kodin teknisten ratkaisuiden yhteensopivuutta sekä energiankulutuksen seuranta- ja optimointia. Käytännössä tämä tarkoittaa järjestelmää, mikä säättää kotitalouden energiankulutuksen aikaisempaa pienemmäksi. Kuluttajan vaatimustason ollessa korkealla kotiautomaatiojärjestelmän markkinointi koteihin ei kuitenkaan ole yksinkertainen prosessi. Teleoperaattorit ovat siirtyneet kuluttajien koteihin tarjoamalla viihdepalveluita tietoliikennepalveluiden yhteydessä ja se antaa mahdollisuuden siirtyä viihdelaitteista kodin muuhun tekniikkaan tarjoamalla energiankulutuksen seuranta- ja optimointipalveluita.

1.1. *Diplomityön taustaa*

Anvia Oyj toimi kokkolalaisen perheen omakotitalon näytteilleasettajana asuntomessuilla Kokkolassa 2011. Anvia antoi omakotitalolle nimen Anvia Koti ja asuntomessujen ajan Anvia Kodissa esiteltiin Anvian nykyisiä tietoliikennepalveluita sekä tulevaisuuden näkymiä. Anvian tulevaisuuden näkymissä on palveluiden laajentaminen kodin turvallisuus- ja viihdelaitteista kodin teknisten laitteiden seurantaan ja hallintaan. Diplomityön taustana on Anvian tuotekehityksen tarve tutkia kotiautomaatio- ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien mahdollisuuksia Anvia koti -palvelun yhteydessä. Kokkolan asuntomessut antoi Anvialle mahdollisuuden toteuttaa energiankulutuksen seurantajärjestelmän pilottiprojekti Anvia Kodissa.

1.2. Tutkimusongelma ja työn tavoite

Tulevaisuudessa kotiautomaatioratkaisut tulevat keskittymään enemmän energiankulutukseen ja energiankulutuksen optimointiin. Energia- ja vesiyhtiöt ovat myös siirtymässä kulutustietojen etäluentaan. Sähkøyhtiöt ovat pääosin jo siirtyneet, mutta lämmön- ja vedenkulutustietojen etäluenta on vielä toistaiseksi vähäistä. Suuri puute etäluennan yhteydessä on, että energia- ja vesiyhtiöt eivät tarjoa kuluttajille yhteistä portaalia kulutustietojen kokonaisvaltaiseen seurantaan, vaikka etäluenta tämän mahdollistaisi. Kotiautomaatioratkaisut voivat tarjota yhteisen portaalin kulutustietojen seurantaan ja tallentamiseen. Kulutustiedot ovat osittain saatavilla energiayhtiöiden omistamista mittareista ja mittaustaajuuksista riippuen kulutustietoja voidaan seurata myös reaaliaikaisesti.

Energiankulutuksen seuranta voidaan toteuttaa yksinkertaisesti mittaamalla kulutusta, mutta energiankulutuksen optimoinnissa tarvitaan älykkyyttä mikä säättää energiaa käytäviä laitteita. Kotiautomaation puolelle energiankulutuksen optimoinnin toiminnallisuudet ovat vielä uusia ja ne hakevat paikkaansa markkinoilla. Suurten kiinteistöjen energiankulutuksen optimointia on tutkittu enemmän, koska energiankulutuksen pienentämisessä saavutettavat säästöt ovat rahallisesti merkittävämpiä kuin kotitaloudessa saavutettavat säästöt. Suurten kiinteistöjen energiankulutuksen optimointiin ja valvontaan on myös käytetty automaatiota jo pidemmän aikaa. Haasteena kodin energiankulutuksen optimoinnissa on kaikkien kodin teknisten laitteiden hallinta ja ohjaus yhdellä järjestelmällä. Tutkimusongelmana on energiankulutuksen seuranta kotiautomaation ja kuluttajille tarjottavien tietoliikennepalveluiden osana.

Tämän diplomityön tavoitteena on tuottaa tietoa Anvian tuotekehitykselle kotiautomaation ja energiankulutuksen seurannan mahdollisuuksista Anvia koti -palvelun yhteydessä. Tärkeänä tutkimuksen kohteena ovat kotiautomaatiossa käytettävät kenttäväyläratkaisut. Diplomityön teoriaosuus käsittelee kotiautomaation standardointikehitystä, kenttäväyläratkaisuiden tekniikoita ja kotiautomaatiojärjestelmiä. Pääasiallisesti käytetyt tutkimusmenetelmät ovat kirjallisuusselvitys sekä Anvia Kotiin toteutettavan energiankulutuksen seurantajärjestelmän toteuttaminen, testaaminen ja arviointi. Diplomityön soveltavan osan tavoitteena on selvittää sopiva vaihtoehto Anvia Kodin energiankulu-

tuksen seurantajärjestelmäksi sekä toteuttaa valitun järjestelmän pilottiprojekti Anvia Kodissa Kokkolan asuntomessuilla 2011.

1.3. Tutkimuksen rajaus

Tutkimus rajataan kotiautomaatiojärjestelmien standardointikehityksen kartoitukseen ja kenttäväyläteknikoiden tiedonsiirtoon. Tutkimus toteutetaan kirjallisuuskatsauksena sekä olemassa olevan tiedon kartoituksena ja analysoinnilla. Työn soveltavan osan tuloksien analysointi rajataan messuilta saatuun yleisöpalautteeseen ja talon rakennuttajan suulliseen palautteeseen.

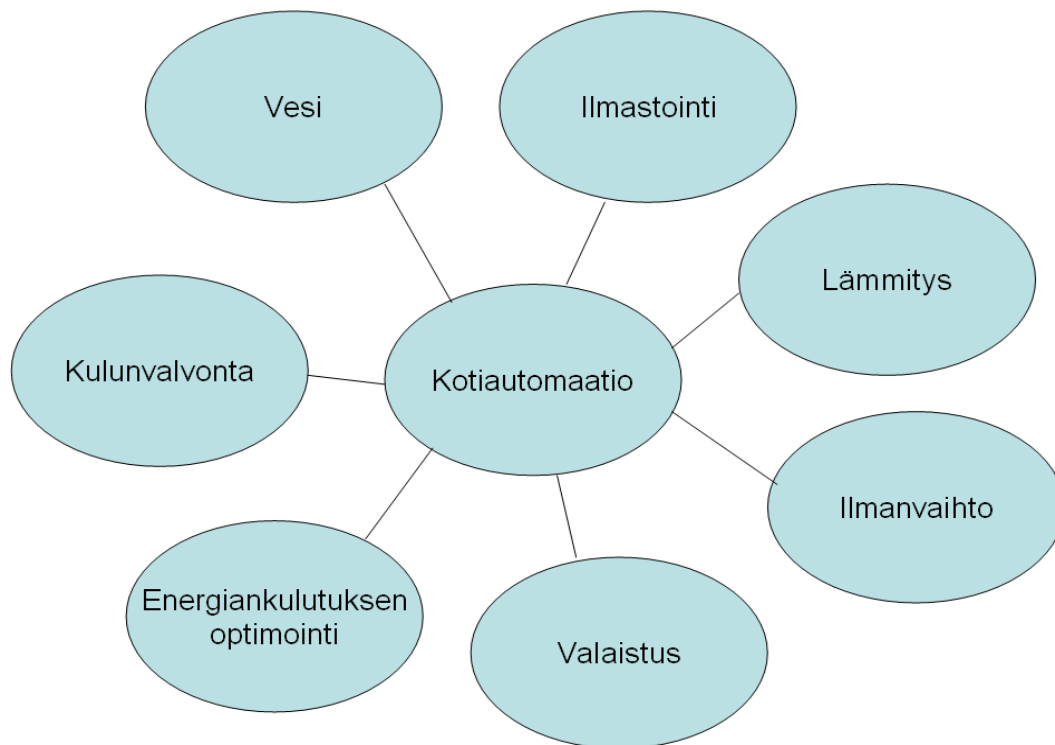
2. Kotiautomaatio ja energiankulutuksen seuranta

Kotiautomaatio määritelmä on hieman avoin käsite, koska kotiautomaationa voidaan pitää yhtä hyvin yksittäistä robotti-imuria kuin kodin kaikkien sähköisten toimintojen hallinnan yhdistävää järjestelmää. Kotiautomaatiota ei siis ole tarkasti määritelty ja eri yhteyksissä sitä kuvaillaan eri tavoin. Yhtenäistä kotiautomaatio määritelmässä on, että kotiautomaatiolla pyritään helpottamaan kodissa asumista automaation avulla.

Kotiautomaatiota voidaan jakaa tasoihin ja seuraavat tasot ovat määrittäneet Aalto-yliopiston opettajat Jouko Pakanen ja Mikko Hyvärinen heidän luentomateriaalissa (Pakanen & Hyvärinen 2011).

- 1) Yksittäiset paikalliset automaatiolaitteet, kuten viikkokellolla varustettu ilmalämpöpumppu. Automaatio kohdistuu yhteen toimintoon ja käyttöliittymä on toteutettu paikallisesti esimerkiksi kaukosäätimen ja puhallusyksikössä sijaitsevan näytön avulla. Paikallisia automaatiolaitteita ei voida kytkeä muiden laitteiden kanssa samaan järjestelmään.
- 2) Integroidut kotiautomaatiojärjestelmät, kuten yksittäisen valmistajan suljettu järjestelmä. Käyttöliittymä on toteutettu paikallisesti ja laitekohtaisesti kodin sisällä. Järjestelmään ei voida lisätä muiden valmistajien laitteita tai ominaisuuksia.
- 3) Kotiverkon avulla toteutetut automaatiojärjestelmät, missä kodin teknisten laitteiden ja järjestelmien etähallinta sekä diagnostiikka suoritetaan langallisen tai langattoman verkkoyhteyden kautta. Laitteiden käyttöliittymä on toteutettu monipuolisilla ominaisuuksilla, mikä helpottaa järjestelmän käyttöä kodissa ja sen ulkopuolella. Lisäksi järjestelmään on mahdollista liittää ulkoisia palveluita Internetin välityksellä ja yksittäisiä sovelluksia voidaan lisätä tai jättää pois tapauskohtaisesti.
- 4) Älykäs koti toteutukset eli järjestelmät, missä kaikki talon teknologiat ovat helpon käyttöliittymän kautta hallittavissa. Järjestelmä huolehtii turvallisuudesta, mukavuudesta, tietoliikenteestä ja energiankulutuksen optimoinnista. Älykäs koti toteutuksissa käytettävät sovellukset valitaan tapauskohtaisesti ja järjestelmään on mahdollista lisätä muiden valmistajien laitteita.

Tässä diplomityössä kotiautomaatiolla tarkoitetaan omakotitalon, rivitaloasunnon tai kerrostaloasunnon sähköisten toimintojen automaatiota ja valvontaa. Käytännössä tässä työssä rajoitutaan ilmanvaihdon, lämmityksen, valaistuksen ja muiden sähköisten toimintojen ohjaukseen sekä valvontaan. Energiankulutuksen seurannalla tarkoitetaan asunnon energialähteiden kulutuksien mittausta sekä mittaustietojen esittämistä ja arkistointia.



Kuva 1. Eräitä kotiautomaatiotoimintoja.

2.1. Kotiautomaatio ja energiankulutuksen seurantajärjestelmät

Kansainväliset energianhallintaan liittyvät tarpeet ovat saaneet aikaan sen, että kotiautomaatiojärjestelmiä ja energiankulutuksen seurantajärjestelmiä on kehitteillä useissa yrityksissä ja markkinoille on saatu runsaasti erilaisia ratkaisuja. Kotiautomaatiojärjestelmien tarkoitus on parantaa talon teknisten laitteiden käytettävyyttä sekä tuoda mukavuutta asumiseen. Energiankulutuksen seurantajärjestelmien tarkoituksena on parantaa kuluttajan mahdollisuuksia seurata oman kotitalouden energiankulutusta ja tällä tavoin avustaa kuluttajaa saavuttamaan merkittäviä energiasäästöjä. Useimmiten energiasäästöjen saavuttamiseksi käytetään automaatiota ohjaamaan energiaa käyttäviä laitteita tilannekohtaisesti. Tällöin voidaan kuitenkin puhua taas kotiautomaatiojärjestelmästä, joka hallitsee energiankulutuksen optimoinnin.

Myös energiayhtiöt ovat mukana energiankulutuksen seurannan kehityksessä. Osaksi tämä johtuu energiayhtiöiden tarpeesta saada kuluttajien energiankulutuksen tiedot mittaukseen perustuvaa laskutusta varten ja ratkaisuksi on otettu automaattinen mittarinluenta AMR (Automatic Meter Reading). Automaattisesta mittarinluennasta käytetään myös nimitystä etäluenta. Aikaisemmin ja vielä osittain tälläkin hetkellä energiamittareiden seuranta tapahtuu energialaitoksen mittarinlukijan tai kuluttajan toimesta. Etälueuttaviin energiamittareihin siirtyminen on kuitenkin aloitettu myös Suomessa ja hallituksen esitys vuodelta 2009 edellyttää, että suurin osa sähkömittareista on etälueuttavia vuoteen 2014 mennessä ja että jakeluverkon haltija voisi poiketa tietyin edellytyksin tuntimittausvelvoitteesta enintään kahdessakymmenessä prosentissa jakeluverkon sähkökäyttöpaikoista (HE 111/2009). Energiayhtiöt eivät kuitenkaan vielä tarjoa asiakkailleen kotiautomaatioratkaisuja.

Kotiautomaatiojärjestelmiä ja energiankulutuksen seurantajärjestelmiä on yhtä monta erilaista kuin on valmistajia. Järjestelmät hyödyntävät sekä kaapeloituja että langattomia ratkaisuja. Käyttökohteesta riippuen joudutaan usein käyttämään molempia. Järjestelmät ovat suunniteltu ja rakennettu eri tekniikoita käyttäen, ja tämän vuoksi niitä on vaikea verrata keskenään. Vaikka emme huomioisi eri tekniikoita, jo pelkästään toimintojen vertailu on hankalaa, koska eri järjestelmillä ei välttämättä ole samoja toimintoja.

Kotiautomaatiojärjestelmien ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien käytetyimmät tiedonsiirtoratkaisut ovat EIB/KNX, LonWorks, Modbus, M-Bus, Wireless M-Bus, CAN, BACnet, Z-wave, HomePlug, 6LowPan ja ZigBee. Järjestelmien yhteistoiminnallisuudessa on siis paljon vielä kehitettävää.

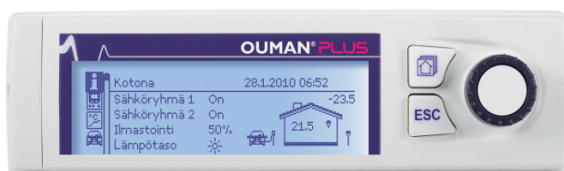
2.1.1. Ouman Plus

Ouman Plus on Oumanin kotiautomaatiojärjestelmä (Ouman Plus 2010). Järjestelmään kuuluu kotiautomaatio-ohjauskeskus, mikä yhdistää lämmityksen, ilmanvaihdon, turvatekniikan ja useita muita taloteknisiä ohjauksia. Ouman Plus-järjestelmän komponentit kaapeloidaan pääasiassa KLM 4 x 0,8, CAT 6 ja NOMAK 2 x 2 x 0,5 + 0,5 kaapeleilla ja tiedonsiirto on toteutettu Modbus-kenttäväylässä.

Lämmityksen ohjaus on mahdollista toteuttaa joko sähkölämmityksen tai vesikeskuslämmityksen yhteydessä. Sähkölämmityksen ohjaus voidaan toteuttaa kahdella tavalla, joko huone- tai talokohtaisesti. Huonekohtaisessa ohjauksessa on mahdollista ohjata jokaisen huoneen lämpötilaa erikseen, kun taas talokohtaisessa ohjauksessa talon kaikkia lämmittimiä ohjataan yhdellä Oumanin TCR-10 huoneyksiköllä. Vesikeskuslämmityksen ohjaus voidaan toteuttaa myös huone- tai talokohtaisesti. Vesikeskuslämmityksen ohjaus toteutetaan termomoottoreilla, mitkä ohjaavat venttiilejä tai lattialämmitysjakotukkeja. Mikäli menovedelle on kaksi erillistä lämmönsäätöpiiriä, voidaan molemmille piireille toteuttaa oma ohjaus. Käyttöveden ohjaus on myös mahdollista liittää Ouman Plus järjestelmään.

Ouman Plus järjestelmä tukee tehdasvalmisteisena Enerventin EDA-, Swegon CASA Premium- ja Vallox Digit SED -automaatiikalla ohjattavia ilmanvaihtokoneita. Ilmanvaihtokoneet voidaan liittää suoraan järjestelmään ja laitteet toimivat lämmityksen ohjauksen kanssa yhtenä kokonaisuutena. Ouman Plus mahdollistaa seuraavien turvateknisten toimintojen liittämisen järjestelmään: paloilmaisin, häikäilmaisim, vesivuotoanturi, päävesiventtiilin ohjaus, hälytys sireeni, murtovalvonnan tilaa indikoiva valo, liiketun-

nistin, lasirikonilmaisain, ovi- ja ikkunakosketin ja RF-TAG -avaimenperäohjain (Ouman Plus 2010).



Kuva 2. Ouman Plus käyttöpaneeli.

2.1.2. EBTS -kodinohjausjärjestelmä

EBTS -kodinohjausjärjestelmä voidaan rakentaa moduuleista tai vaihtoehtoisesti voidaan valita valmis ratkaisu neljästä peruspaketista. Pienin peruspaketti sisältää keskusyksikön, tuvallisuuksyksikön, ohjausyksikön, mittausyksikön, säätöyksikön, käyttöpaneelin, akun, kaapelisarjan sekä anturi- ja toimilaitesarjan (EBTS 2011).

EBTS- kodinohjausjärjestelmällä voidaan toteuttaa lämmityksen, ilmanvaihdon, valojen ja pistorasioiden ohjaukset sekä turvajärjestelmien ja vesivuotovahtien hälytykset. Lisäksi järjestelmällä voidaan mitata veden-, sähkön- ja lämmitysenergian kulutusta sekä ulko- ja sisätilojen lämpötiloja ja valoisuutta. Rakennuksen kosteissa tiloissa voidaan mitata ilman suhteellista kosteutta ja kosteustietoja voidaan käyttää ilmanvaihdon ohjaukseen.

EBTS- kodinohjausjärjestelmän yksiköt sijoitetaan kodin sähkökaappiin ja tekniseen tilaan. Järjestelmän vaatima kaapelointi toteutetaan pääosin CAT6-kaapelilla ja järjestelmän hallinta on toteutettu Internet-sivujen kautta.

Keskusyksikkö EBTS CPU-100 sisältää Linux-pohjaisen käyttöjärjestelmän ja EBTS-ohjelmistot. Keskusyksikön mahdollistamat liitännät ovat 10/100 Ethernet, SD-korttipaikka, USB 1.1 x 2 kpl, RS-232C ja EBTS-väylä (EBTS 2011).



Kuva 3. EBTS-kodinohjausjärjestelmän keskusyksikkö EBTS CPU-100.

2.1.3. There Corporation – ThereGate

ThereGate on Nokia HCC (Home Control Center) järjestelmän pidemmälle kehitetty versio. ThereGatea voidaan pitää kotiautomaation osajärjestelmien kytkentäpisteenä, joka mahdollistaa kodintekniikan yhtenäisen hallinnan eri rajapintojen avulla. Järjestelmä on Linux-pohjainen kehitysalusta, missä on avoimet rajapinnat ja ohjelmistopakettit (ThereCore™). Kehitysalusta mahdollistaa uusien sovellusten tekemisen sekä erilaisten laitteiden, osajärjestelmien ja protokollien lisäämisen. Kehitysalustaan kehitetyt peruskomponentit ja -palvelut (ThereWare™) ovat myös kaikkien ThereGaten sovellusten hyödynnettävissä.

Ratkaisusta riippuen järjestelmän etäyhteydet ja paikallinen hallinta voidaan toteuttaa eri tavoin. ThereGate-järjestelmän etähallinta on suunniteltu toimimaan asunnon olemassa olevan Internet-yhteyden tai sisäänrakennetun 3G-modeemin avulla. ThereGate-järjestelmän hallinta on toteutettu www-sivuna. Internet-selaimen avulla päästään hallitsemaan kaikkia järjestelmässä olevia palveluita ja resursseja. Lisäksi selainpohjainen hallinta mahdollistaa paikallisten näyttöjen lisäämisen tarvittaviin paikkoihin (ThereGate 2011).



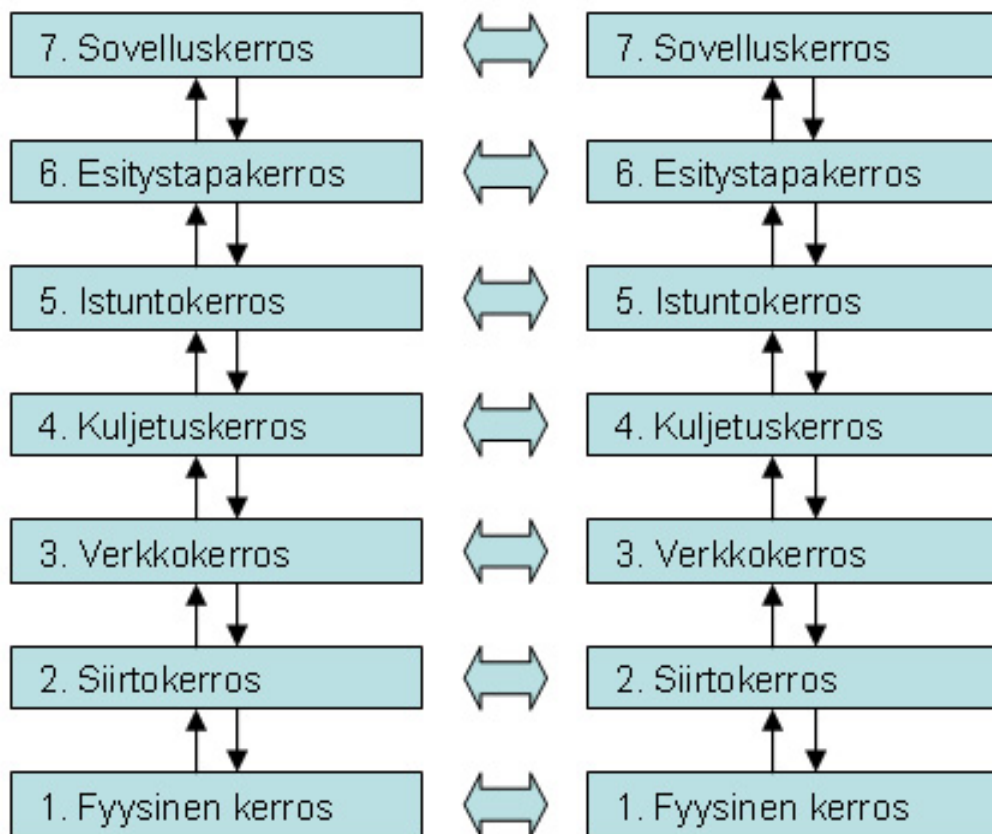
Kuva 4. ThereGate keskusyksikkö.

2.2. Kenttäväylätekniikka

Kenttäväylän määritelmä on kotiautomaation tavoin hieman avoin, eli kenttäväylä kuvaillaan hieman eri tavalla eri teoksissa. Kaikissa kenttäväylän määritelmissä kuitenkin todetaan, että kenttäväylä on kaksisuuntainen digitaalinen väylä, mikä mahdollistaa kommunikaation eri toimilaitteiden välillä hajautetussa automaatiojärjestelmässä.

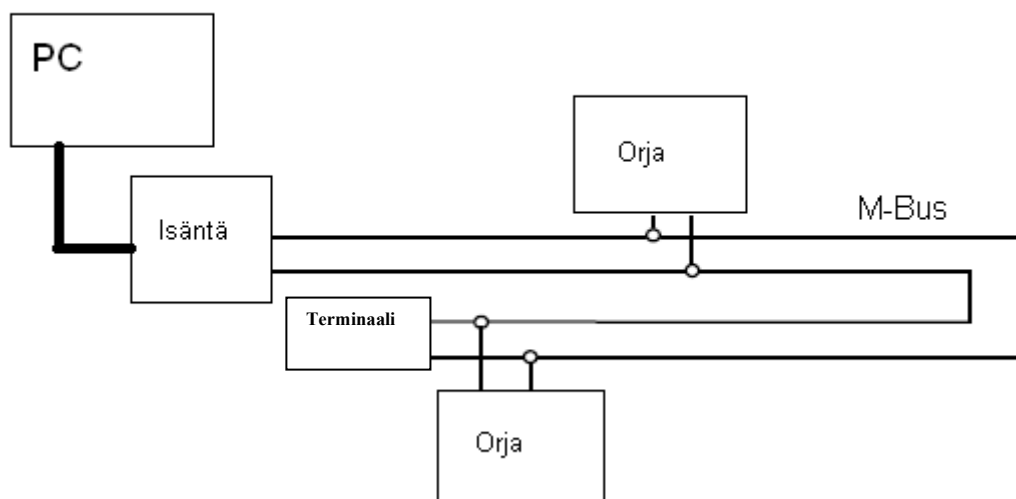
Kenttäväylätekniikkaa on käytetty teollisuudessa ja kiinteistöautomaatiossa jo yli kahdenkymmenen vuoden ajan ja vasta 2000-luvun alussa kenttäväylien käyttö kotiautomaatiojärjestelmissä on alkanut yleistyä. Kenttäväylän ansiosta on mahdollista rakentaa hajautettu järjestelmä, jonka toiminta ei ole riippuvainen väylän yksittäisistä osista ja verkon topologia on vapaa. Antureilla, kytkimillä ja muilla toimilaitteilla on mahdollisuus keskustella keskenään ja ne muistavat omat toimintonsa. Kenttälaitteet voidaan ohjelmoida liittymällä väylään tietokoneella ja samalla tavalla voidaan seurata väylän yhdistämien laitteiden tilaa mistä tahansa pisteestä.

M-Bus (Meter-Bus) on kulutustietojen lukemiseen kehitetty kenttäväylä, joka on kehitetty Paderbornin yliopiston professori Dr. Horst Zieglerin, Texas Instruments Deutschland GmbH:n ja Techem GmbH:n yhteistyönä. Heidän tavoitteenaan oli kehittää ISO/OSI-mallin (International Organization for Standardization / Open Systems Interconnection Reference Model) (ISO/IEC 7498-1/1994) mukainen avoin mittausprotokolla, joka olisi helppo implementoida usealle fyysiselle medialle (M-Bus 1997).



Kuva 5. ISO/OSI-mallin kerrokset (ISO/IEC 7498-1/1994).

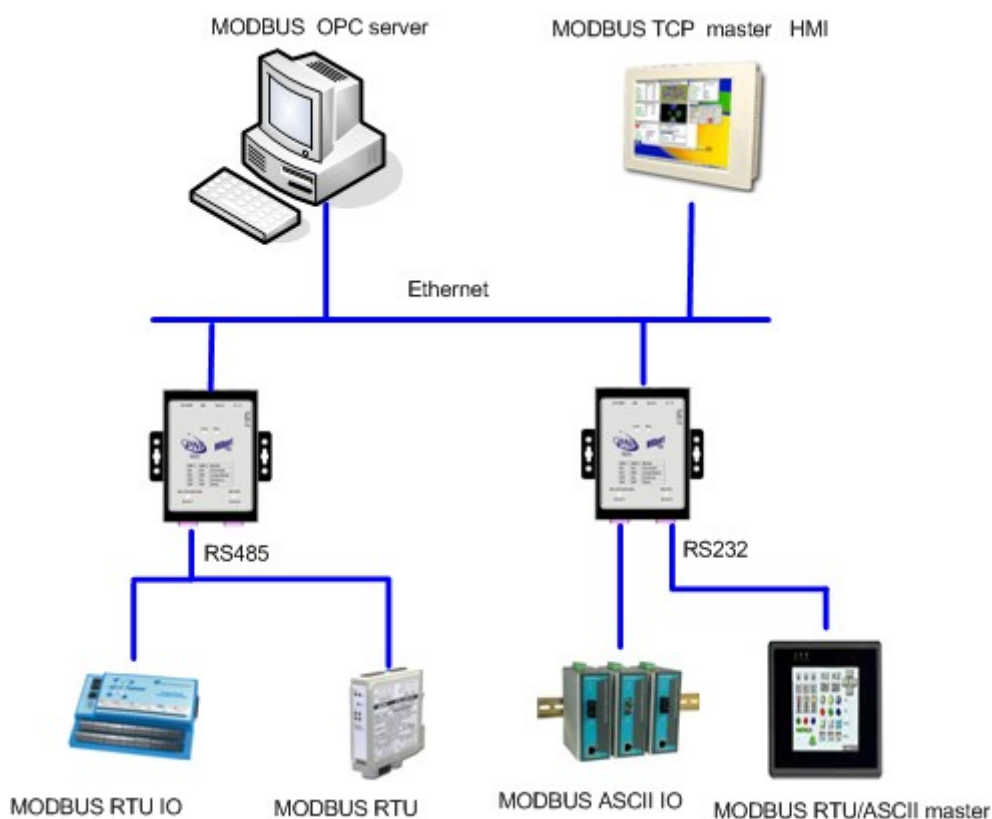
Mittausyksiköt voidaan kaapeloida väylä-, tähti- ja rengastopologioiden mukaiseksi. Rengastopologiaa ei kuitenkaan suositella, koska yksikin rikkoutunut laite voi estää koko väylän tiedonsiirron. M-Bus väylä voidaan toteuttaa myös langatonta mediaa käyttäen. M-Bus väylän laitteisto koostuu isännästä ja väylään liitetyistä orjalaitteista. Isäntä – orja -mallin mukaan isäntä hallitsee verkon kommunikointia ja orjat noudattavat sen ohjeita. Orjat voivat olla joko suoraan mittareita missä on M-Bus -liitäntä tai varsinaiset mittarit voidaan liittää väylään M-Bus -pulssimuuntimen avulla. Tiedonsiirto tapahtuu isännän käskystä kysely- ja vastaussanomina. Väylästä voidaan kerätä tiedot esimerkiksi tietokoneella ja tallentaa ne paikalliseen muistiin.



Kuva 6. M-Bus väylän kytkentäperiaate.

Modbus on kehittynyt yhdeksi suosituimmaksi tietoliikenne- ja hallintaverkoksi teollisuuden automaatiosovellusten parissa. Verrattuna muihin viestintämetodeihin Modbusin meriitit ovat helppo toteutus, moninaiset toiminnallisuudet ja pienet kustannukset. Modbus on sarjaprotokolla, joka toimii isäntä – orja -mallin mukaisesti. Protokolla toimii kuvassa viisi nähtävän OSI-mallin kahdella ensimmäisellä kerroksella eli siirtokerroksella ja fyysisellä kerroksella. Tämä antaa suuren vapauden ohjelmiston toteutuksessa ja käytettävä ohjelmisto onkin määräävässä roolissa useimpien toimintojen toteutuk-

nessä ja vain pieni osa toiminnoista toteutetaan rautapuolella. Lisäksi fyysisen kerroksen puolella on vähän vaatimuksia ja fyysisenä rajapintana voi toimia eri RS (Recommended Standard) vaihtoehdot kuten RS-232, RS-422 tai RS-485. Modbus-tiedonsiirto voidaan toteuttaa myös TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) verkossa.



Kuva 7. Modbus-järjestelmän rakenne.

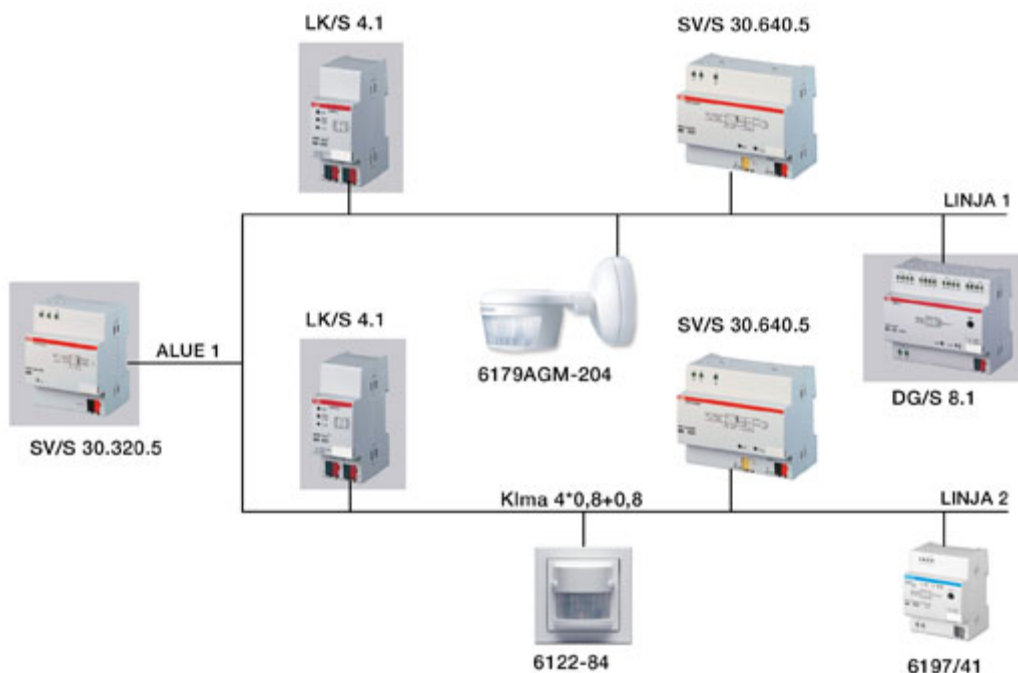
KNX on maailmanlaajuisesti hyväksytty avoin standardi koti- ja kiinteistöohjausten sovelluksiin (KNXa). KNX-kenttäväylällä ohjattavat kotiautomaatio sovellukset voivat olla lähes mitä tahansa kuten:

- valaistus
- verhot
- ilmastointi

- lämmitys
- vesi
- ilmanvaihto
- AV-laitteet
- pistorasiat
- jne.

Tekniikkaa voidaan hyödyntää niin uusissa kuin jo olemassa olevissa asuin- ja liikekiinteistöissä (KNXa). KNX-kenttäväylän merkittävimmät edut ovat laaja valmistajasta riippumaton tuotevalikoima sekä kenttäväylän muunneltavuus.

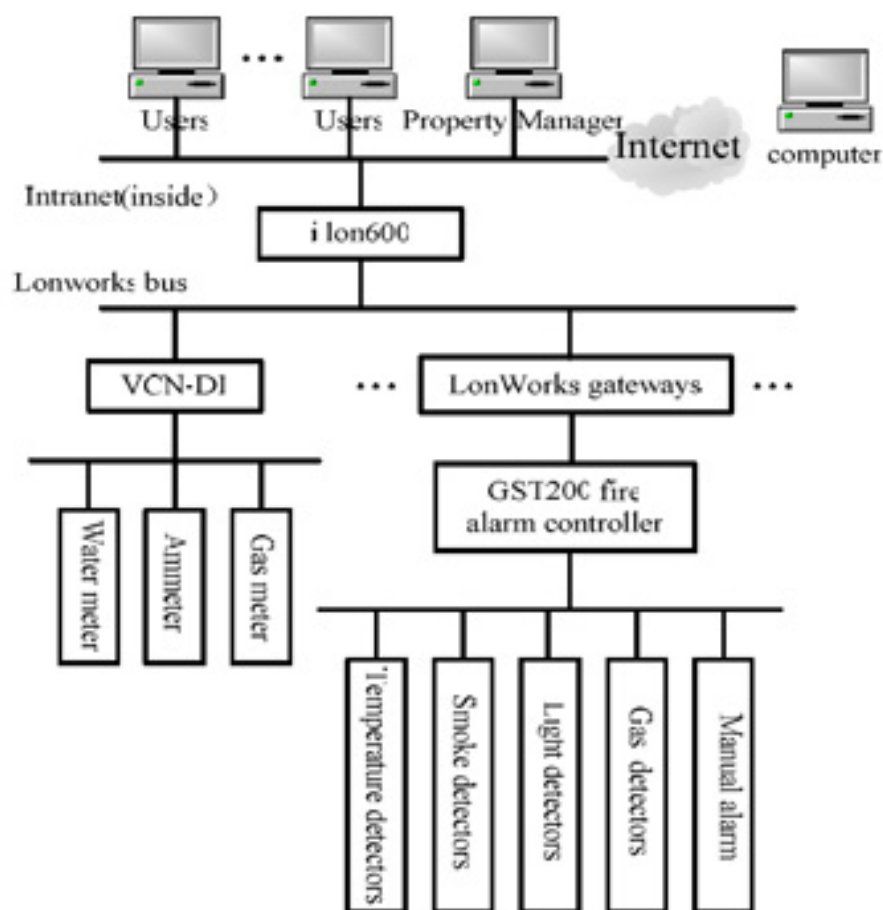
Suomessa merkittävimmät KNX-tuotteiden valmistajat ja maahantuojat ovat ABB Oy, Asennustuotteet, DJS-Automation, Gycom, Merilux, Schneider Electric, Somfy, UTU Powel ja Wago. Heillä on tarjolla useita satoja erilaisia KNX- hyväksytyjä tuotteita.



Kuva 8. ABB:n esimerkki KNX-kenttäväylästä ja sen osista (ABB).

LonWorks on kenttäväyläteknikka, mikä tarjoaa lähiverkon vapaan operoinnin. Tärkeimmät ominaisuudet ovat kenttälaitteiden tehokas Neuron-mikrosiru, järjestelmän yhteistoimivuus ja LonTalk -kommunikointiprotokolla (Huang, Wan & Zhou 2008).

LonWorks teknologian on kehittänyt Echelon Corporation ja tammikuussa 2009 LonWorks vahvistettiin maailmanlaajuisesti rakennusautomaatiostandardiksi. Standardin virallinen nimi on ISO / IEC 14908-1, ja protokollan tarkoituksena on mahdollistaa kenttälaitteiden sovelluksien kommunikointi ilman, että kenttälaitteen tarvitsee tietää verkon topologiaa, muiden kenttälaitteiden nimiä, osoitteita tai toimintoja (Echelon 2011).



Kuva 9. LonWorks teknologiaan perustuvan järjestelmän rakenne (Huang ym. 2008).

3. Standardointikehitys ja kenttäväylien tiedonsiirto

Tässä kappaleessa selvitetään kotiautomaatiojärjestelmien ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien standardointikehitystä sekä kenttäväyläteknikoiden tiedonsiirtomenetelmiä.

3.1. Standardointikehitys

Suomessa standardoinnin keskusjärjestönä toimii SFS ry (Suomen Standardisoimisliitto) joka on CEN (European Committee for Standardization) ja kansainvälisen standardisoimisjärjestön ISO (International Organization for Standardization) jäsen. SFS ry julkaisee komiteoiden valmistelemia kotiautomaatioon ja energiankulutuksen seurantaan liittyviä sähkö- ja elektroniikkastandardeja. Kotiautomaatiojärjestelmien asennuksen puolesta merkittävimmät SFS standardit ovat SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset ja SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. Nämä esittävät perusvaatimukset, joiden mukana toimittuna sähköasennukset ovat rakenteeltaan turvallisia ja niitä myös käytetään turvallisesti. SFS standardeja täydentävät useat SFS-EN standardit, joiden joukossa on muun muassa radiolaitteiden vaatimuksia koskevia standardeja (SESKOa 2011).

Kansainvälinen standardisoimisjärjestö ISO on julkaissut energianhallintajärjestelmiä käsittelevän standardin ISO 50001. Standardi sisältää vaatimukset energianhallintajärjestelmille ja opastuksen niiden soveltamisesta. Standardi tarjoaa julkisen ja yksityisen sektorin organisaatioille johtamisstrategiat parantaa energiatehokkuutta, vähentää kustannuksia ja tehostaa energiaan liittyvää toimintaa. ISO 50001 vastaa rakenteeltaan ympäristönhallintajärjestelmän ISO 14001 rakennetta ja samalla tarjoaa organisaatioille tunnustetun viitekehyksen integroida energianhallintaan liittyvä toiminta johtamisjärjestelmään. ISO arvioi, että standardi voisi mahdollistaa säästöjä 60 prosenttiin maailman energiankulutuksesta.

Vastaava eurooppalainen standardi on EN 16001 Energianhallintajärjestelmät, jonka vaatimukset ja opastusta niiden soveltamisesta julkaistiin vuonna 2009. Energianhallin-

taan liittyvät tarpeet ovat kuitenkin maailmanlaatuksia ja vuonna 2011 tavoitteena olikin, että ISO 50001 vahvistetaan eurooppalaiseksi standardiksi (EN ISO) ja vastaavasti EN 16001 kumotaan. Eurooppalaiseksi standardiksi vahvistaminen edellytti eurooppalaista lausunto- ja äänestyskierrosta. Aikataulu oli kuitenkin nopea, koska EN ISO 50001 julkaistiin toukokuussa 2012 (MetSta 2012).

Kansainvälisesti kotiautomaatiojärjestelmille merkittäviä standardeja laativat CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization), IEC (International Electrotechnical Commission) ja ITU (International Telecommunication Union).

Koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmien EN-standardeja laaditaan kahdessa eri komiteassa: CENELEC TC 205 HBES (Home and Building Electronic Systems) ja CEN TC 247 BACS (Building automation, controls and building management). Viihdejärjestelmäpohjaista kotiautomaatiota standardoidaan kuitenkin IEC:n komiteassa TC 100.

CENELEC TC 205 HBES laatii sähköiseen talotekniikkaan liittyviä standardeja muun muassa seuraaville pääaiheille: sähköturvallisuusvaatimukset, toiminnallinen turvallisuus, EMC -vaatimukset, olosuhdeluokitus ja testaus, kaapelointivaatimukset, asennusten suunnittelu, asennusten testaus ja tarkastus, kenttäväylät ja luokitus ominaisuuksien perusteella. Osa HBES/BACS standardeista on laadittu näiden komiteoiden yhteisessä työryhmässä, kuten esimerkiksi edellä mainitut sähköturvallisuusvaatimukset.

Suomessa näistä komiteoista vastaa kaksi SFS:n toimialayhteisöä. TC 205 kotiautomaatiosta vastaa SESKO ja TC 247 rakennusautomaatiosta vastaa MetSta (Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry). TC 205:n standardointiin osallistutaan SESKO:n komiteassa SK 205 Rakennusten elektroniikkajärjestelmät (SFSedu 2011).

Radioliikenteen kannalta tärkeimpiä standardoinnin kohteita ovat taajuusalueet ja niiden käyttö. Ilman kansainvälistä sopimusta olisi lähes mahdotonta ylläpitää sen enempää yleisradiolähetyksiä kun langattomia kotiautomaatiojärjestelmiäkään (Granlund 2001). Euroopan ja maailmanlaajuiset radiotaajuuksien käyttöä koskevat määräykset ja suositukset säätävät ECC (Electronic Communications Committee) ja ITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector). ITU on YK:n alaisuudessa

toimiva teleliikenteen standardointijärjestö, joka vastaa niin suosituksista, säännöksistä ja teleliikenteen koordinoinnista, kuin myös eri jäsenmaiden kansallisten määräysten harmonisoinnista.

Suomessa Viestintävirasto määrää radiotaajuuksien käytöstä eri käyttötarkoituksiin ottaen huomioon radiotaajuuksien käyttöä koskevat kansainväliset määräykset ja suositukset. Määräyksissä on oltava tiedot taajuusalueen käyttötarkoituksesta sekä tärkeimmistä radio-ominaisuuksista, jotka taajuusaluetta käyttävän radiolaitteen on täytettävä (Laki radiotaajuuksista 1015/2001).

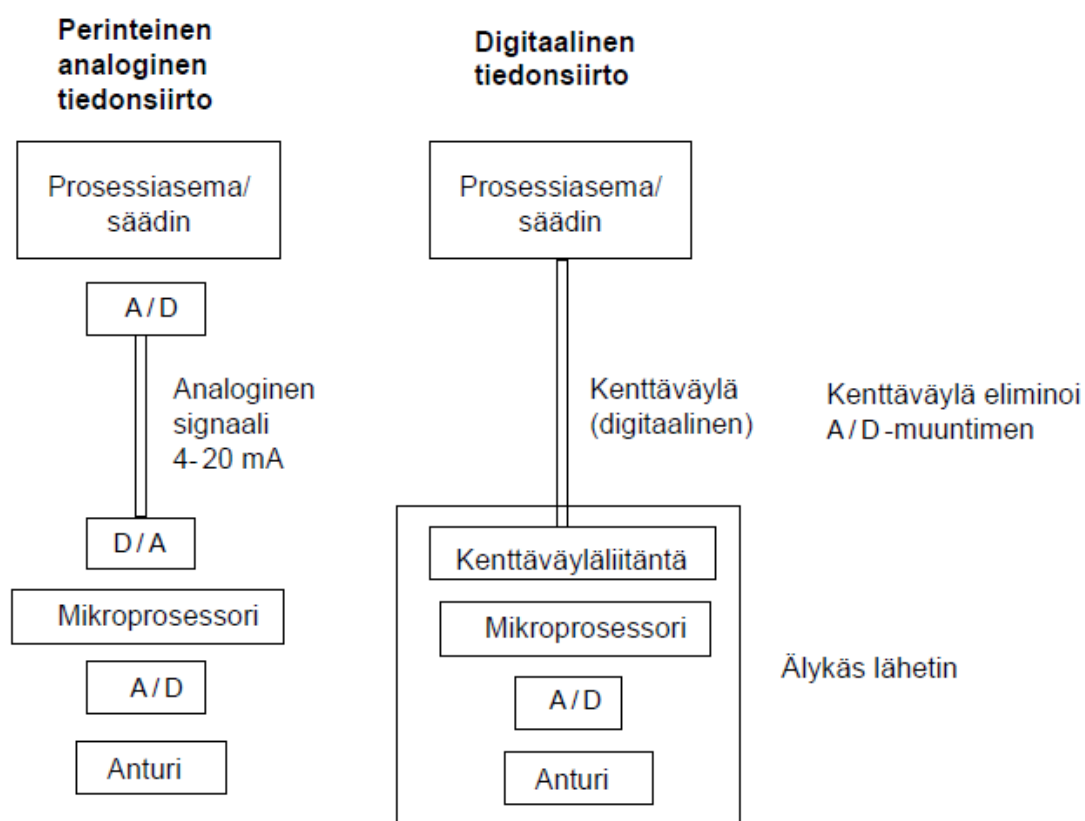
Kansainvälisistä ja kansallisista standardeista huolimatta kotiautomaatio- ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien valmistajat käyttävät useita eri standardeja eikä tuotteiden yhteensopivuus ole vielä tällä hetkellä kuluttajalle riittävällä tasolla. Standardointikehitys on kuitenkin lähtenyt käyntiin ja sitä vauhdittaa huomattavasti automaatioteknologian ja älykkään mittauksen kehitys. Yksi merkittävä tekijä kehityksessä on teollisuudessa jo pitkään käytetty kenttäväyläteknikka. Seskon SK 65 komitea on IEC TC 65:n ja CENELEC TC 65X:n vastinkomitea Suomessa. Komitean kohdealueena on teollisuusprosessien mittaus ja ohjaus, eli komitea käsittelee myös kenttäväylän standardointia (SESKOb 2011).

3.2. Kenttäväyliä tiedonsiirto

Kenttäväylä on digitaalinen, kaksisuuntainen väyläliityntäinen tiedonsiirtoratkaisu, joka yhdistää älykkäät mittaus- ja ohjauslaitteet, näytöt, käyttöliittymät ja muun automaation. Kenttäväylän ominaisuudet painottuvat hajautettuun, prosessien lähellä tapahtuvaan toimintaan (Piikkilä & Sahlstén 2006: 32).

Kenttäväylää ei voida ajatella vain tietoliikenneprotokollana, koska näkökulma on liian ahdas. Ajattelu pitää aloittaa toiminnallisesta näkökulmasta, koska tällä hetkellä kenttäväyläkäsitteitä on useita eivätkä käyttäjät ole näistä tarpeeksi hyvin selvillä. Kenttäväylä pyrkii ratkaisemaan ongelman, joka muodostuu integroitaessa erilaisia antureita ja toimilaitteita hajautetuksi automaatiojärjestelmäksi. Se mahdollistaa tiedonsiirron syste-

min eri toimilaitteiden välillä. Kenttäväylän avulla pyritään mahdollistamaan järjestelmän kommunikaatio mukaan lukien prosessitason mittaukset ja säädöt. Toisaalta se antaa mahdollisuuden kytkeä ohjelmoitavat logiikat ja digitaaliset automaatiojärjestelmät sekä kenttälaitteet toisiinsa (ABB 2000).



Kuva 10. Kenttäväylä hajautetun automaatiojärjestelmän tiedonsiirtoratkaisuna (ABB 2000).

Hajautettaessa automaation älykkyys keskitetystä ohjauskeskuksesta kenttälaitteille, saavutetaan suuri etu, koska tällöin ohjauskeskuksen häiriö ei aiheuta koko järjestelmän toiminnan pysähtymistä. Väylän viestinnän estyessä anturit ja toimilaitteet voivat jatkaa toimintaansa oman logiikkansa mukaisesti siihen asti kunnes prosessiasema tai säädin

kykenee jälleen ottamaan yhteyttä kenttälaitteeseen. Lisäksi kun kenttälaitteessa on älykkyyttä, niin on mahdollista toteuttaa järjestelmä missä anturit ja toimilaitteet ilmoittavat omista vikatilanteistaan. Tällöin on mahdollisuus havaita viat ennen kuin niistä seuraa suurempia ongelmia.

3.2.1. Kenttäväylät ja OSI-malli

OSI-malli on ISO:n kansainvälinen tiedonsiirtoprotokolla kerrosmalli (ISO/IEC 7498-1/1994). Mallin tarkoituksena on yksinkertaistaa verkkoprotokollien suunnittelua sekä poistaa yhteensopivuusongelmia. Kerroksien tarkoituksena on tarjota palveluja ylemmälle kerrokselle ja vastaavasti kerrokset käyttävät alemman kerroksen palveluita ilman, että eri kerrosten tarvitsee puuttua toisten kerrosten toimintaan. OSI-malli ei yleistynyt niin paljon, että sitä olisi noudatettu täsmällisesti. Tämän jälkeen OSI-mallia onkin käytetty enemmän referenssinä kuin täsmällisenä vaatimuksena. Samalla tavoin eurooppalainen kenttäväylästandardi IEC SC 65 on toteutettu OSI-mallin mukaisesti, mutta standardissa määritellään vain kuvassa viisi nähdyt ensimmäinen, toinen ja viimeinen kerros. Modbus, M-Bus, KNX ja LonWorks käyttävät lähes kaikki useampaa kuin kolmea OSI-mallin kerrosta.

OSI-malli ja kenttäväylät						
	Kerros	Modbus serial	Modbus TCP/IP	M-Bus	KNX	LonWorks
7	Sovelluskerros	On	On	On	On	On
6	Esitystapakerros	Ei	Ei	Ei	Ei	On
5	Istuntokerros	Ei	Ei	Ei	Ei	On
4	Kuljetuskerros	Ei	Ei	Ei	On	On
3	Verkkokerros	Ei	On	On	On	On
2	Siirtoyhteyserros	On	On	On	On	On
1	Fyysinen kerros	On	On	On	On	On

Taulukko 1. ISO/OSI-malli ja kenttäväylien toteuttamat kerrokset.

3.2.2. Modbus

Modbus on tiedon sarjamuotoiseen siirtoon käytetty avoin isäntä-renki tietoliikenneprotokolla. Sen maksimi tiedonsiirtonopeus on 187,5 kt/s, kun väylän tiedonsiirto on toteutettu RS-485 -standardin mukaisesti. Modbusin tiedonsiirto voidaan toteuttaa myös RS-232 ja RS-422 -standardin mukaisesti. RS-232 –standardin kanssa joudutaan kuitenkin käyttämään pisteestä pisteeseen yhteyttä, jolloin väylässä voi olla vain yksi isäntä ja yksi renki. Käytettäessä RS-485 -standardia voidaan yhteen isäntään kytkeä 247 renkiä.

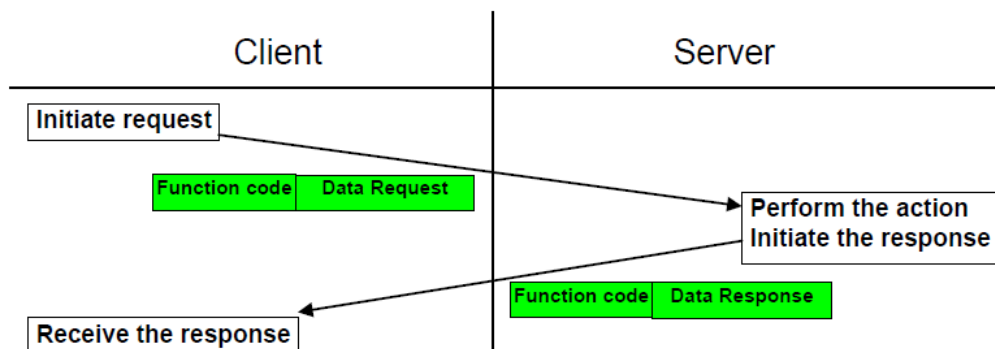
Kuten taulukosta yksi voidaan todeta, Modbus serial kattaa OSI-mallin kolme kerrosta (fyysinen-, siirtoyhteys- ja sovelluskerros). Modbusin etuna on, että protokolla on mahdollista implementoida usean erilaisen fyysisen kerroksen toteutuksen päälle siten, että sovelluskerros pysyy muuttumattomana. Modbus-protokollassa käytetään fyysisen kerroksen toteutuksesta riippuen seuraavia kehyksiä: Modbus RTU (Remote Terminal Unit), Modbus ASCII (American Standard Code for Information) ja Modbus TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol). Kehyksistä yleisin on Modbus RTU ja sen fyysinen kerros on toteutettu RS-485 standardin mukaisesti.

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

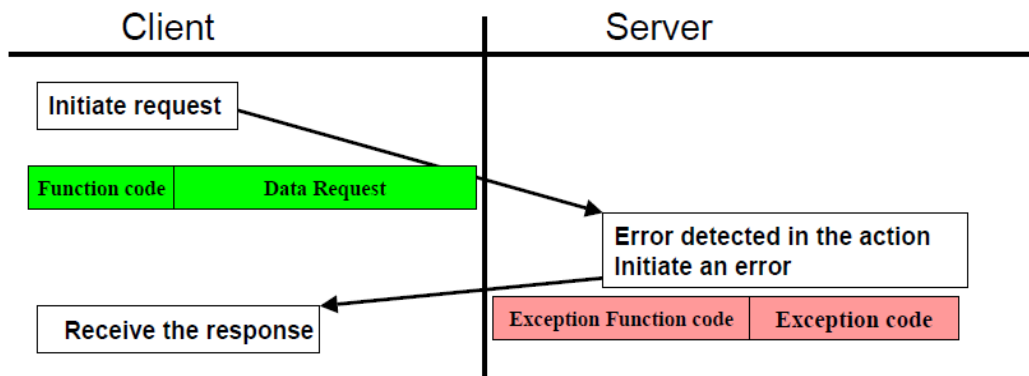
Taulukko 2. Modbus-kehyksen perusrakenne.

Kehyksen osoite koostuu kahdesta merkistä (ASCII) tai kahdeksasta bitistä (RTU). Kehyksen toimintokenttä koostuu samalla tavalla kahdesta merkistä tai kahdeksasta bitistä. Viestin datakenttä sisältää lisätietoja toimintokentän dataan ja se koostuu kahdesta heksamerkistä. Tarkistussumma vaihtelee sen mukaan, käytetäänkö kehyksenä ASCII:ta vai RTU:ta.

Modbus-tietoliikenne perustuu funktioihin kuten, rekisterin kirjoittamis- ja lukufunktiot. Kaikissa Modbus-kehysversioissa isäntälaitte päättää funktiokoodin ja sen parametrit. Tiedonsiirto on toteutettu siten, että isäntä lähettää haluamalleen orjalle funktion ja orja palauttaa funktion parametreissa määritetyt tiedot määritetystä kohdasta rekisteriavaruutta. Eri kehyksien tapauksissa lähetetään muutakin tietoa. Modbus RTU-kehyksen tapauksessa lähetetään renkilaitteen osoite, funktiokoodi, funktion data ja 16 bittinen CRC -tarkistussumma. Saatuaan isäntälaitteelta käskyn orjalaitte toteuttaa sen ja jos toiminto onnistui, renkilaitte lähettää isännälle vastauskehyksen, joka sisältää kaikkien kehyksien tapauksessa funktiokoodin ja mahdollisen palautettavan datan. Modbus RTU-kehyksen tapauksessa lähetetään myös renkilaitteen osoite ja lähetettävästä paketista laskettu 16 bittinen CRC-tarkistussumma (Piikkilä & Sahlstén 2006).



Kuva 11. Modbus-isännän ja -orjan tiedonsiirto virheettömässä tapauksessa (Modbus 2012).

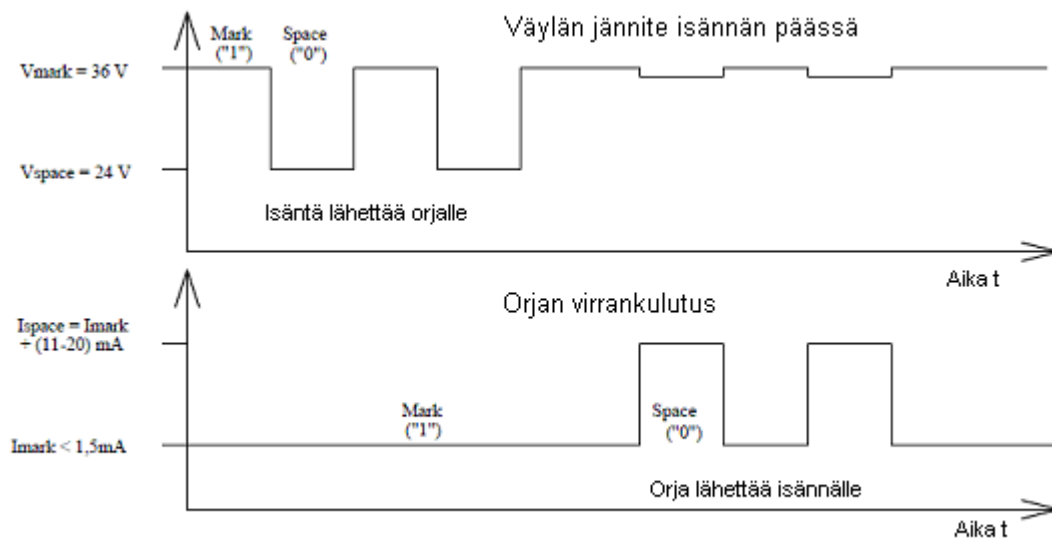


Kuva 12. Modbus-isännän ja -orjan välinen tietoliikenne virheen sattuessa tiedonsiirrossa (Modbus 2012).

3.2.3. M-Bus

M-Bus-kenttäväylä perustuu yhteen isäntään ja useaan orjaan. M-Bus-kenttäväylän peruseriaatteen mukaisesti orjat kytketään tiedonsiirtomedialle rinnan, kuten aikaisemmin kuvassa 6 sivulla 20 havaittiin. Väylä voidaan jakaa myös alueisiin, jolloin voidaan laajentaa väylään liitettävien orjien määrää. Alueisiin jaetut verkot toimivat yhtenä isäntä-orja -verkkona ja ne liittyvät pääverkkoon isäntänsä avulla.

Yksi M-Bus kehityksen tavoitteista oli toteuttaa mittausväylä pienillä kustannuksilla. Tämän vuoksi siirtomediaksi on valittu kierretty parikaapeli ja tiedonsiirtotavaksi sarjaprotokolla. Orjat saavat käyttöjännitteensä väylästä ja sen vuoksi bittien esitys väylällä tapahtuu seuraavasti: Bittien siirto isännältä orjalle on toteutettu jännitetason vaihdoilla. Loogista merkkiä ”1” (mark) vastaa isännän ulostulossa jännite +36V ja loogista merkkiä ”0” (space) vastaa ulostulon jännite +24V. Bittien siirto orjalta isännälle on toteutettu orjan virrankulutuksen muutoksilla. Loogista merkkiä ”1” esitetään virran kulutuksen ollessa 1,5 mA ja loogista merkkiä ”0” esitetään kun virtaa kasvatetaan 11-20mA välille. Väylänopeus voi olla 300, 2400 tai 9600 baudia. Seuraava kuva havainnollistaa bittien esittämisen.



Kuva 13. M-Bus kenttäväylän bittien esitys isännän ja orjan päässä (M-Bus 1997).

Orjan lähettäessä bittiä 0 väylän jännite isännän päässä laskee hieman. Tämä johtuu ulostuloresistanssin muutoksesta ja tämä voidaan havaita kuvassa kolmetoista, kun orja lähettää isännälle bitin 0.

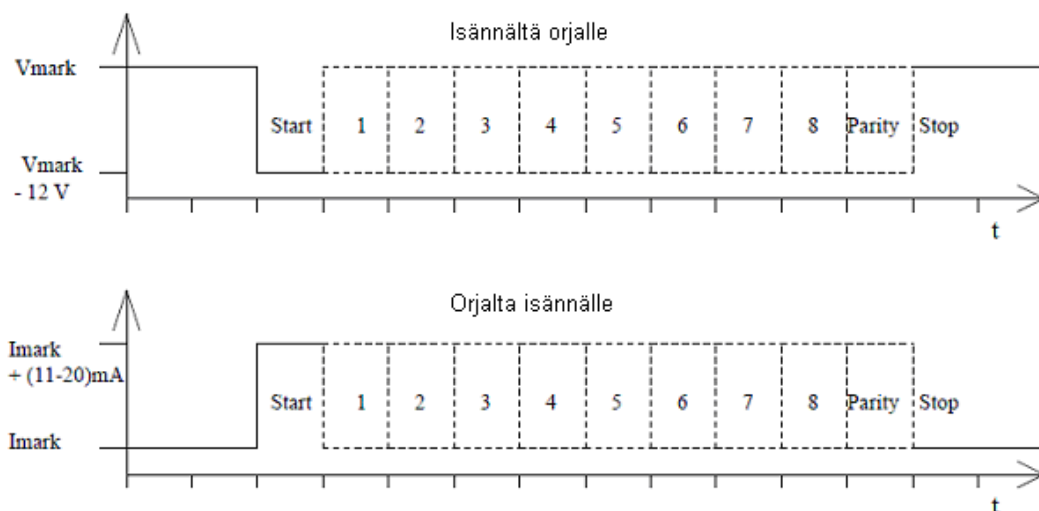
M-Bus-väylän normaalissa tilassa väylällä on looginen 1, eli isännän jännite on +36V ja jokainen orja kuluttaa 1,5 mA virran. Todellisuudessa isännän jännite voi olla vähemmän tai enemmän kuin +36V. Jännitteen vaihtelu johtuu orjien fyysisestä etäisyydestä, mikä vaikuttaa väylän resistanssiin ja tämän vuoksi muuttaa jännitettä. Vaikka väylän jännite ja orjien kuluttama virta hieman vaihtelevat, pitää isännän ja orjan pystyä tulkitsemaan väylällä esitetyt bitit. Tulkinta on varmistettu niin, että orjat eivät seuraa tarkasti vain +36V jännitetasoa, vaan ne tarkkailevat jännitteen vaihtelua. Eli 12 V vaihtelu tarkoittaa muutosta biteissä. Samalla tavalla isäntä tarkkailee orjan virrankulutuksen muutoksia eli seuraamalla vähintään 11 mA vaihtelua.

M-Bus-väylällä voidaan lähettää viestejä vain yhteen suuntaan samanaikaisesti eli järjestelmä on vuorosuuntainen (Half Duplex). M-Bus-väylän tietoliikenne perustuu ennalta sovittujen merkkien ja viestiformaattien käyttöön. Merkit lähetetään kehyksien sisällä

ja viestiformaatteja on neljä erilaista: Single Character, Short Frame, Long Frame ja Control Frame.

- Single Character: formaatti koostuu vain yhdestä merkistä ja sitä käytetään kiittausviestinä
- Short Frame: formaatin pituus on kiinteä, se alkaa aina samalla merkillä ja loppuu lopetusmerkkiin
- Long Frame: formaatti on tarkoitettu mittaustietojen siirtoon ja sillä voidaan lähettää 0-252 tavua käyttäjän dataa
- Control Frame: formaatti on muuten aivan samanlainen kuin Long Framella, mutta siinä ei ole käyttäjä dataa ollenkaan ja se on tarkoitettu ohjaukseen.

Yksittäinen kehys koostuu aloitusbitistä (start), pariteetti-bitistä (parity), lopetusbitistä (stop) ja kahdeksasta databitistä, jotka muodostavat lähetettävän merkin. Kehyksien lähetyksen välillä ei voi olla yhtään taukoa, koska tahdistus otetaan aloitus- ja lopetusbitistä. Näin joka yhdestoista bitin täytyy olla lopetusbitti (M-Bus 1997).



Kuva 14. Yhden merkin sisältävän kehyksen lähetyksen lähetyksen isännältä orjalle ja orjalta isännälle (M-Bus 1997).

3.2.4. KNX

KNX on EIB:n EHS:n ja BatiBUS:n pohjalta kehitetty kenttäväylä. Se on ainoa maailmanlaajuisesti hyväksytty avoin standardi koti- ja kiinteistöohjausten sovelluksiin. Standardi mahdollistaa eri valmistajien kattavan tuotevalikoiman yhdistämisen ja ohjelmoimisen samalla ETS (Engineering Tool Software) -työkalulla. KNX on kansainvälisesti akkreditoitu kattamaan seuraavat standardit: CENELEC EN 50090 – HBES, CENELEC EN 13321-1 - BACS, ISO EN 13321-2 KNXnet/IP, CEN ISO/IEC14543-3 HES ja SAC ISO/IEC 14543-3 (KNXc).

KNX tiedonsiirrossa voidaan käyttää eri medioita. Yleisimmät vaihtoehdot ovat kierretty parikaapeli (TP 1), sähköjohto (PL 110) tai radiotaajuudet (RF). Näiden lisäksi KNX-tiedonsiirto on myös mahdollista toteuttaa IP-verkossa Ethernetin, Bluetoothin, WLAN:in tai FireWiren avulla.

TP1 on yleisin media, mitä KNX-järjestelmissä on käytössä. Käyttöjännite ja data lähetetään samassa kierretyssä parissa. Tietoliikenne on asynkronista merkkeihin perustuvaa vuoroaikaista tiedonsiirtoa. Lähetysnopeus on 9600 bittiä sekunnissa ja voidaan käyttää useita fyysisiä topologioita, kuten väylää, tähteä tai puuta. Ympyrätopologiaa ei suositella yhdellekään KNX-väylän kanssa käytettävälle medialle. TP1 median kanavanvaraus on toteutettu CSMA/CA -varausmenetelmällä.

PL 110 mahdollistaa KNX-tietoliikenteen sähkökaapeleiden avulla. PL 110 pääpiirteet ovat S-FSK (Spread Frequency Shift Keying) modulointi, asynkroninen ja vuoroaikaisten tiedonsiirto. Kantaalto on 110 kHz ja tiedonsiirtonopeus on 1200 bittiä sekunnissa. Kanavanvaraus on toteutettu CSMA:n avulla ja PL 110 noudattaa CENELECin sähkökaapelien tiedonsiirtostandardia EN 50065-1.

KNX-järjestelmän tiedonsiirto on myös mahdollista toteuttaa ilmateitse taajuudella 868,3 MHz. Pääpiirteinä ovat laitteiden lyhyet etäisyydet, FSK-modulointi, maksimaalinen pulssisuhde 1%, tiedonsiirtonopeus 32 768 merkkiä sekunnissa ja Manchester-koodaus.

KNX-viestin kehyksen rakenne vaihtelee käytettävän modulointi-, kanavanvaraus- ja törmäystekniikan mukaisesti.

octet 0	1	2	3	4	5	6	7	8	..	N - 1	N ≤ 22	
Control Field	Source Address		Destination Address		Address Type; NPCI; length	TPCI	APCI	data/APCI	data			FrameCheck

Taulukko 3. Standardi KNX LPDU kehysrakenne (Konnex Association 2004).

Ensimmäisenä Control Field määrittää kehyksen rungon erottelemalla onko kehys standardi vai laajennettu. Standardi- ja laajennetun kehyksen tapauksessa käytetään molemmissa yksilöllistä Source Address ja Destination Address -osoitetta. Standardikehyksessä TPCI (Transport Layer Protocol Control Information) kontrolloi siirtokerroksien kommunikointisuhteita muodostamalla esimerkiksi pisteestä pisteeseen yhteyden. Standardikehyksen APCI (Application Layer Protocol Control Information) puolestaan hyödyntää sovelluserroksen kaikkia työkaluja kuten lukua, kirjoitusta ja vastausta. Nämä työkalut on saatavilla asiankuuluvissa osoitemalleissa ja kommunikointisuhteissa. Riippuen osoitemallista ja APCI:stä standardikehys voi maksimissaan sisältää 14 dataoktettia. Vastaavasti laajennettu kehys voi sisältää 248 dataoktettia. Standardikehyksen lopussa oleva Frame Check auttaa varmistamaan tiedonkulun johdonmukaisuuden ja eheyden (Konnex Association 2004).

3.2.5. LonWorks

LonWorks kenttäväylä on kehitetty pääosin rakennusautomaatiota varten, mutta se on otettu käyttöön muissakin automaatio-sovelluksissa. LonWorks-protokolla tunnetaan myös sen kommunikointiprotokollan nimellä LonTalk-protokolla (Echelon 1999). Protokolla tarjoaa kommunikointipalveluita väylään liitettävien laitteiden sovelluksille, jolloin laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa viestejä muiden väylässä olevien laitteiden

kanssa. Laitteiden ei tarvitse tietää verkon fyysistä topologiaa tai muiden laitteiden nimiä, osoitteita ja toimintoja. LonWorks-protokolla tarjoaa vaihtoehtoisia viestinvälitystapoja, kuten viestien pisteestä pisteeseen välityksen, viestien todentamisen ja viestien välityksen tärkeysjärjestyksessä. Tuki verkonhallintapalveluille mahdollistaa etäverkko-työkalujen vuorovaikutuksen väylän laitteiden kanssa, sisältäen verkon osoitteiden ja parametrien uudelleen konfiguroinnin, laitteiden sovelluksien latauksen, väylän ongelmien ilmoituksen sekä laitteiden sovelluksien käynnistyksen, pysäytyksen ja uudelleen käynnistyksen.

LonWorks-protokolla perustuu OSI-mallin kerroksiin ja protokolla on suunniteltu erityisesti ohjausjärjestelmien vaatimusten mukaisesti. OSI-mallia noudattamalla haluttiin varmistaa, että protokollasta saataisiin ohjausratkaisu, mikä tarjoaa luotettavuutta, tehoa ja vakaan tiedonsiirtotavan. LonWorks-tietoliikenne perustuu väylään kytkettävien laitteiden pakettien lähettämiseen ja vastaanottamiseen. Pakettien sisältämän tiedon määrät vaihtelevat tarpeen mukaan ja tiedot on pyritty esittämään kompaktissa esitysmuodossa jokaista kerrosta varten. Kompakti esitysmuoto mahdollistaa pakettien pienen koon, mikä taas vähentää LonWorks-laitteiden prosessointivaatimuksia (Echelon 1999).

Pakettien välitys toimii siten, että lähettäjä lähettää paketin medially ja jokainen väylän laite tarkastaa onko lähetetty paketti osoitettu laitteelle. Mikäli paketti on osoitettu laitteelle, laite prosessoi paketin ja tarkastaa sisältääkö paketti dataa vai onko se verkonhallintapaketti. Dataa sisältävä sovelluspaketti on tarkoitettu vastaanottavan laitteen sovellukselle ja tarpeen vaatiessa paketin vastaanottaja lähettää hyväksynnän, vastauksen tai todentamisen viestinä lähettäneelle laitteelle.

LonWorks-protokollaa voidaan käyttää usean eri median yhteydessä. Seuraavassa taulukossa ovat käytetyimmät mediat ja niiden mahdollistamat tiedonsiirtonopeudet.

<i>Channel Type</i>	<i>Medium</i>	<i>Bit Rate</i>	<i>Compatible Transceivers</i>	<i>Maximum Devices</i>	<i>Maximum Distance</i>
TP/FT-10	Twisted pair, free or bus topology, opt. link power	78kbps	FTT-10, FTT-10A, LPT-10	64-128	500m (free topology) 2200m (bus topology)
TP/XF-1250	Twisted pair, bus topology	1.25Mbps	TPT/XF-1250	64	125m
PL-20	Power line	5.4kbps	PLT-20, PLT-21, PLT-22	Environment Dependent	Environment Dependent
IP-10	LonWorks over IP	Determined by IP network	Determined by IP network	Determined by IP network	Determined by IP network

Taulukko 4. Käytetyimmät LonWorks mediat (Echelon 1999).

3.3. Kenttäväylien vertailu

Kenttäväylien vertailussa voidaan käyttää seuraavia vertailukohteita:

- Tiedonsiirtoprotokolla, tiedonsiirtokapasiteetti ja käytettävät fyysiset mediat
- Laitteisto- ja ohjelmistotarjonta
- Kehitystyökalujen saatavuus
- Lisenssimaksut
- Markkina-asema ja tuotteiden tarjonta
- Liitettävyyys muihin järjestelmiin
- Standardisointiasema

Kenttäväylien tiedonsiirtonopeudet vaihtelevat eri kenttäväylätyyppien kesken ja tiedonsiirron tehokkuuteen vaikuttaa paljon OSI-mallin fyysisen- ja siirtoyhteyskerroksen toteutus. Lisäksi kenttäväylien tiedonsiirtonopeuteen vaikuttaa käytettävä media ja osalla kenttäväylistä onkin erilaisia protokollia erilaisten medioiden käyttöön. Kotiautomaatioissa ja energiankulutuksen seurannassa tiedonsiirtonopeus ei kuitenkaan ole varsinaisen kynnyskysymys, koska usein mittaustiedot ja ohjauskäskyt sisältävät vain pienen määrän tietoa. Tämän vuoksi kenttäväylien vertailussa merkittävimiksi asioiksi osoit-

tautuvat sekä laitteisto- ja ohjelmistotarjonta että kehitystyökalujen saatavuus. Lisäksi vertailussa kannattaa huomioida mahdolliset lisenssimaksut ja markkina-asema. Usein lisenssimaksut nostavat järjestelmän kokonaishintaa ja lisäävät käyttökustannuksia. Liitettävyyys muihin järjestelmiin on huomioitava, mutta asennuskohde määrittää lopulta onko muiden järjestelmien käytölle tarvetta. Tällä hetkellä vahvimmalla pohjalla yhteistoiminnallisuuden kanssa on KNX-standardi.

4. Case Kokkolan asuntomessut 2011

Osuuskunta Suomen Asuntomessut järjestävät vuosittain asunto- ja loma-asuntomessuja. Osuuskunnan toiminta-ajatus on edistää asumistietoutta ja alan osaamista messujen avulla. Messut esittelevät rakentamiseen ja asumiseen liittyvää tutkimusta, sen tuloksia ja käytännön sovelluksia näyttäen hyvää esimerkkiä ja konkreettisen vision hyvästä asumisesta niin alan ammattilaisille kuin kuluttajille (Suomen Asuntomessut 2011).

Anvia toimi näytteilleasettajana kokkolalaisen perheen omakotitalossa Kokkolan asuntomessuilla 2011. Anvian tarkoituksena oli esitellä messuilla Anvia Koti -palvelua, kuituyhteyksiä ja itse taloa. Messutalon yhteydessä suoritettiin Anvian energiankulutuksen seuranta -pilottiprojekti. Projekti toteutettiin tämän diplomityön yhteydessä ja siinä testattiin energiankulutuksen seurantajärjestelmää Anvia Koti -palvelun yhteydessä. Tarkoituksena oli valita jo olemassa olevista järjestelmistä Anvia Kotiin sopiva ratkaisu. Kokonaan Anvian toteuttamaa järjestelmää ei ryhdytty rakentamaan, koska projektin suunnitteluun ja toteutukseen varattu aika oli lyhyt.

4.1. *Anvia Koti*

Kokkolan asuntomessujen 2011 kohde 32 Anvia Koti on yksikerroksinen valkoiseksi rapattu kivitalo ja sen pinta-ala on 145 m². Omakotitalo on suunniteltu kahden aikuisen asunnoksi ja se on sisustettu lähes kokonaan valkoiseksi. Anvia Kodin lämmitys on toteutettu kaukolämmityksellä ja ilmanvaihto koneellisesti. Talon sähkötyöt on suunnitellut ja toteuttanut PR-Sähkötyö Pekka Rantala Oy. Anvia on suunnitellut ja toteuttanut kaikki talon viihde- ja turvallisuusratkaisut. Anvia on myös rakentanut messualueelle kuituverkon ja talon tietoliikenneyhteydet on toteutettu Anvian kuituliittymällä. Kuituverkko on rakennettu GPON (Gigabit Passive Optical Network) -tekniikkaa hyväksikäyttäen.

Paikallinen energiayhtiö on Kokkolan energia, mikä on Kokkolan kaupungin omistama liikelaitos. Kokkolan energia omistaa ja ylläpitää sähkönsiirto- ja kaukolämpöverkkoja Kokkolassa. Tämän vuoksi Anvia Kodin kaukolämpöyksikkö, kaukolämpömittari ja etäluettava sähkömittari ovat Kokkolan energian asentamia. Halutessaan asiakas voi ostaa Kokkolan energialta M-Bus-moduulin kaukolämpömittariin. M-Bus-moduulin avulla asiakas voi kytkeä kaukolämpömittarin omaan M-Bus-väylään ja seurata oman kaukolämpöyksikkönsä kulutustietoja. Sähkömittarin osalta Kokkolan energian käytäntö on, ettei lupaa M-Bus-väylän käyttöön myönnetä, vaikka sähkömittarissa on tekninen valmius M-Bus-väylään liittämiseen. Tämän vuoksi Anvia Kotiin asennettiin oma sähkömittari energiankulutuksen seurantaan varten ja kaukolämpömittarin luenta toteutettiin Kokkolan energian asentaman M-Bus-moduulin avulla.

Anvia Kodin viihde- ja tietoliikennepalvelut ovat toteutettu Anvia koti -palvelulla. Anvia koti -palvelu koostuu nopeasta laajakaistayhteydestä, IPTV-palvelusta ja Fritz!Box -mediapääteestä. Anvia koti -palveluun liitettäviä lisäpalveluita ovat VOIP-puhelin (Voice over Internet Protocol), kanavapaketit, leffavuokraamo sekä Anvian Securi Life- ja Anvian Securi Cam-palvelut. Anvia Kodin pohjapiirustuksesta nähdään missä kaikkialla Anvia koti -palvelut vaikuttavat.



Kuva 15. Kokkolan asuntomessujen 2011 Anvia Kodin pohjapiirustus.

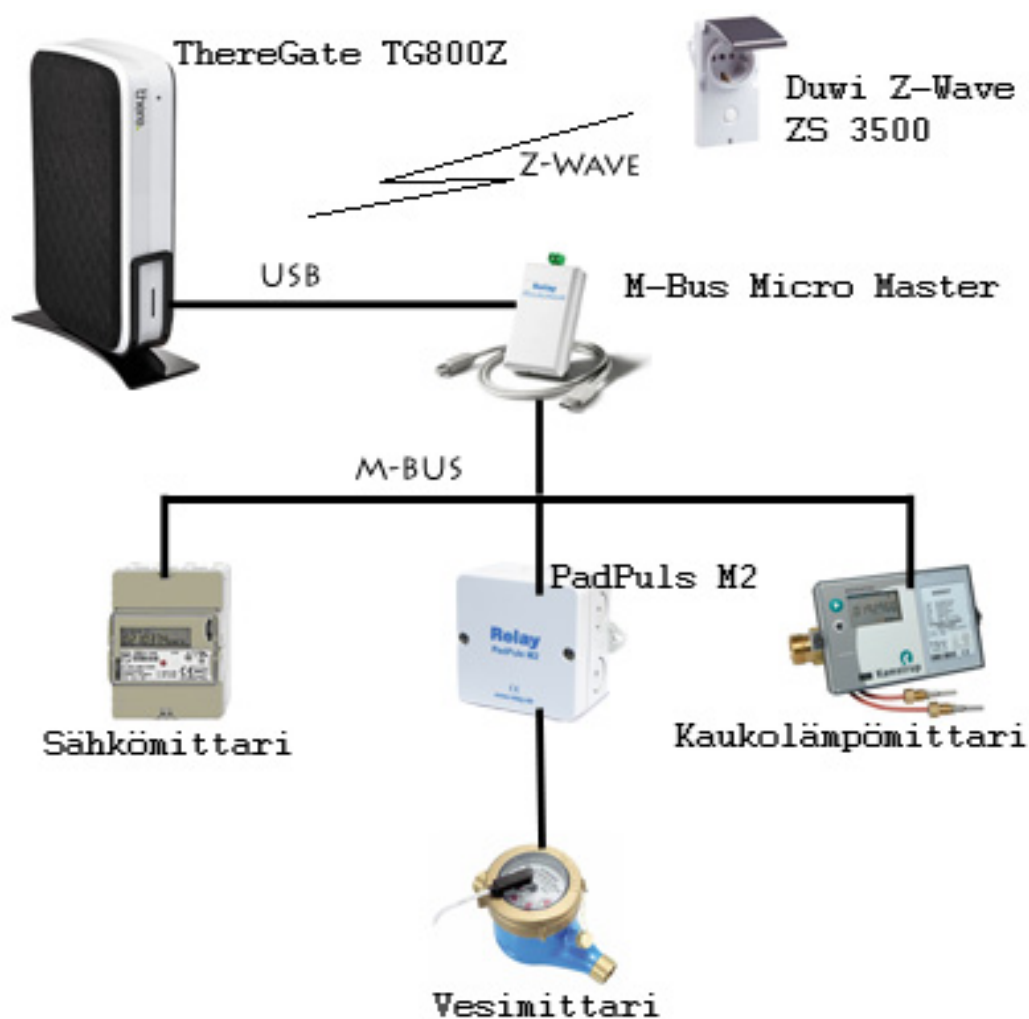
4.2. Energiankulutuksen seurantajärjestelmän valinta

Energiankulutuksen seurantajärjestelmän valinta suoritettiin vertailemalla kohtuuhintaisia kotiautomaatio- ja energiankulutuksen seurantajärjestelmiä. Valintaan vaikutti huomattavasti Anvia Kodin valmis sähkösuunnitelma. Projektin alkaessa sähkötöiden toteutus oli lähes kokonaan valmis, joten muutoksia tai lisäyksiä kaapelointeihin ei enää voitu tehdä. Käytännössä kaapelointia oli mahdollisuus muuttaa ja lisätä vain talon teknisessä tilassa. Muita valintaan vaikuttavia asioita olivat järjestelmän käyttöliittymän integrointimahdollisuudet Oma Anvia -sivustolle, jotta etähallintaan kirjautuminen olisi mahdollista toteuttaa asiakkaan Oma Anvia -sivuston tunnuksilla. Lisäksi järjestelmän kokonaiskustannukset tulivat olla kohtuulliset. Kaapeloinnin rajoitetut mahdollisuudet pienensivät myös järjestelmävaihtoehtoja. Lopulta Anvia Kotiin valittiin There Corporationin ThereGate -alustalla toimiva energiankulutuksen seurantajärjestelmä (ThereGate 2011).

ThereGate -järjestelmä valittiin, koska ratkaisu oli tekniikaltaan sopiva ja järjestelmän asentaminen kohteeseen oli täysin toteutettavissa rajoitetuista kaapelointimahdollisuuksista huolimatta. Lisäksi ThereGate -järjestelmän laajennusmahdollisuudet ovat kattavat ja järjestelmän mahdollisuudet toimia Anvia Koti -palvelun yhteydessä vaikuttivat hyvältä. Valintaan vaikutti myös There Corporationin kiinnostus tehdä yhteistyötä Anvian kanssa.

4.3. Tekniset ratkaisut

Anvia Kodin energiankulutuksen seurantaan valitut kohteet ovat kylmän veden-, kaukolämmön- ja sähkönkulutus. Seurattavat kohteet valittiin yhteistyössä Anvian, talonrakennuttajan sekä There Corporationin kanssa. Järjestelmään on mahdollista liittää myöhemmin useita muitakin toimintoja. Asuntomessujen ajaksi järjestelmään liitettiin esitelyä varten päälle ja pois -toiminnon sisältämä kauko-ohjattava pistorasia. ThereGate -järjestelmä kytkettiin Anvia koti -palveluun Fritz!Box -mediapäätteen ethernet liitännän kautta. Fritz!Box yhdisti myös ThereGaten Internetiin etähallintaa varten.



Kuva 16. ThereGate -järjestelmän kytkentä Anvia Kodissa.

ThereGate TG800Z on järjestelmän keskusyksikkö ja kaikki järjestelmän palvelut ovat toteutettu ThereGaten kautta. ThereGate on käytännössä Linux-tietokone, joka toimii palvelimena hallintaa ja tiedonkeruuta varten. Hallinta on toteutettu www-palvelimen avulla ja kaikki ThereGate-järjestelmän toiminnot ovat käytettävissä Internet-selaimen sekä tietokoneen avulla. ThereGaten tarkemmat tekniset tiedot löytyvät liitteestä yksi.

M-Bus Micro Master on USB – M-Bus-väyläsovitin, mikä mahdollistaa ThereGaten kytkemisen M-Bus-väylään (Relay GmbH). M-Bus Micro Master toimii väylän isäntänä

ja sitä pystytään hallitsemaan ThereGaten kautta. Näin saadaan kerättyä mittaustiedot M-Bus väylän orjalaitteilta ja tallennettua tiedot ThereGaten muistiin.

Sähkömittari on Schrack Technikin valmistama kolmevaiheinen DIN-kiskoon asennettava kWh -mittari (Schrack Technik). Sähkönkulutuksen tiedot olisi ollut mahdollista saada myös Kokkolan energian etäluettavasta sähkömittarista. Tällöin olisi kuitenkin jouduttu käyttämään pulssilähtöä, jonka tarkkuus ei ole paras mahdollinen eikä Kokkolan energia antanut lupaa kytkeä etäluettavaa sähkömittaria suoraan M-Bus-väylään.

Kaukolämpömittari on Kamstrup MultiCAL 601 ja siihen paikallinen energiayhtiö asensi M-Bus-moduulin (Kamstrup). Moduulin avulla kaukolämpömittari kytkettiin M-Bus-väylään ja sitä kautta ThereGate -järjestelmään. Kaukolämpömittarin liittäminen asiakkaan M-Bus-väylään edellytti, että Kokkolan energia sinetöi mittarin liittymisen jälkeen.

Kylmävesimittari vaihdettiin Kokkolan veden toimesta pulssilähtöiseen vesimittariin. Vesimittari antaa pulssin aina kun 100 litraa on kulutettu. Pulssitiedot muunnetaan **PadPuls M2** -pulssinkeruuyksiköllä M-Bus-väylän ymmärtämään muotoon (Relay GmbH 2001). Pulssinkeruuyksikkö saa käyttöjännitteensä M-Bus-väylästä ja siinä on sähkökatkoksia varten myös patteri.

Kauko-ohjattava pistorasia on Düwin Z-Wave ZS 3500 pistorasia plugi (Düwi). Plugin voi kytkeä normaaliin sähköpistorasiaan ja se kytketään ThereGateen lisäämällä laite hallintasivuston kautta. Plugin yhteys ThereGateen muodostuu langattoman Z-Wave -protokollan avulla.

4.4. Käyttöliittymä

Järjestelmän käyttöliittymä on toteutettu ThereGate TG800Z:n www- palvelimella (ThereGate 2011). Kulutustietojen seuranta ja järjestelmäasetuksien hallinta onnistuvat Internet-selaimella. Hallintasivusto on salattu HTTPS-yhteydellä (Hypertext Transfer Protocol Secure) ja hallintaan pitää kirjautua käyttäjätunnuksella ja salasanalla. Asun-

tomessuja varten ThereGate-käyttöliittymää muokattiin There Corporationin toimesta enemmän Anvian väreihin sopivaksi. Käyttöliittymän mobiiliversio sisällytettiin iFramen avulla Anvia -sivuille. Tällöin asiakkaan on mahdollista seurata energiankulutusta myös Anvian palveluiden hallintaan tarkoitettun Oma Anvia -sivuston kautta.

ThereGate -järjestelmän hallintasivut eivät ole kokonaan suomennettu ja osaa palveluita on mahdollista hallita vain englanninkielisten sivujen kautta. Tämä johtui kuitenkin siitä, että ThereGate -järjestelmä ei ollut vielä myynnissä ja suomenkielinen käyttöliittymä oli vielä kehitysvaiheessa.

4.4.1. Kirjautumisikkuna

Sekä mobiili- että vakioversiossa käyttöliittymän kirjautumisikkuna on hyvin yksinkertainen ja selkeä. Mobiiliversiossa on mahdollista näyttää salasana selkokielisenä ja valita, että järjestelmä muistaa käyttäjän kirjautumistiedot.



hello there.

Login name

Password

Login

Kuva 17. ThereGate -järjestelmän käyttöliittymän kirjautumisikkuna.

there. ?

Login name

Password

Show password

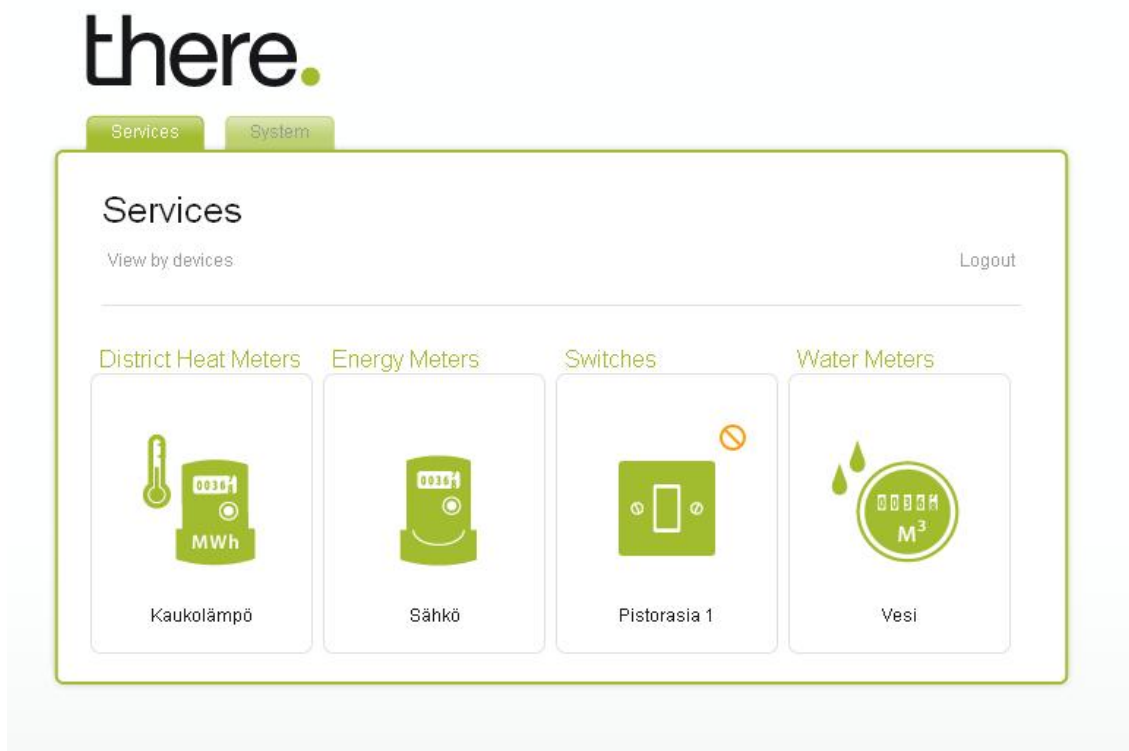
Remember me

Login

Kuva 18. ThereGate -järjestelmän käyttöliittymän kirjautumisikkuna mobiiliversiossa.

4.4.2. Palvelunäkymä

Palvelunäkymästä (Kuva 19) nähdään järjestelmään kytketyt energiamittarit ja ohjattavat laitteet. Klikkaamalla energiamittarin tai ohjattavan laitteen kuvaketta pääsee tarkastelemaan kyseisen energialähteen kulutustietoja tai vaihtoehtoisesti ohjaamaan laitetta. Palvelunäkymästä nähdään, että järjestelmään on kytketty kaukolämpömittari, sähkömittari, pistorasia 1 ja vesimittari. Palvelunäkymässä näkyy myös käyttöliittymän päävalikko. Päävalikon avulla voidaan liikkua palvelunäkymän ja järjestelmäasetusten välillä.



Kuva 19. ThereGate -järjestelmän käyttöliittymän palvelunäkymä.

Käyttöliittymän mobiiliversiossa palvelunäkymää on yksinkertaistettu. Järjestelmään kytketyt laitteet näkyvät allekkain ja järjestelmän päävalikkoa ei ole näkyvissä ollenkaan, joten järjestelmänasetuksiin ei ole mahdollista siirtyä. Eli käyttöliittymän mobiiliversion kautta ei voida lisätä uusia mittareita tai ohjattavia laitteita eikä muuttaa järjestelmänasetuksia. Käyttöliittymän mobiiliversion on kuitenkin yksinkertaisuutensa vuoksi paljon käyttäjäystävällisempi ja kulutustietojen seuranta riittää hyvin mobiililaitteelle tarjottavaksi ominaisuudeksi. Järjestelmäasetusten muuttaminen ja uusien mittarien lisääminen on myös huomattavasti mukavampaa normaalin pc-käyttöliittymän kautta.



Kuva 20. ThereGate -järjestelmän käyttöliittymän palvelunäkymä mobiiliversiossa.

4.4.3. Sähkönkulutus

Klikkaamalla palvelunäkymässä sähkön energiamittaria, sähkönkulutuksen mittaustiedot aukeavat diagrammina viimeisen kymmenen minuutin ajalta. Vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla on sähkönkulutus watteina tai arvojen ollessa suurempia esitetään sähkönkulutus kilowatteina. Sähkönkulutusta mitataan viiden sekunnin välein ja viemälä hiiren kursorin haluttuun ajankohtaan diagrammissa, näyttää järjestelmä kursorin osoittaman ajankohdan sähkönkulutuksen tarkan arvon. Mittaustietojen päivittyessä järjestelmään viiden sekunnin välein, ovat sähkölaitteet helposti havaittavissa sähkönkulutuksen seurannassa sillä hetkellä kun ne kytketään sähköverkkoon. Enemmän sähköä kuluttavat laitteet kuten esimerkiksi kiuas tai autonlämmitin näkyy sähkönkulutuksessa piikkeinä. Seurattavan ajankohdan pituus voi olla jopa kuukausi. Teknisesti sähkönkulu-

tuksen mittaus on mahdollista toteuttaa jopa sekunnin välein, mutta niin lyhyelle mittausvälille ei asuntomessujen tapauksessa näyttänyt olevan käytännön tarvetta.



Kuva 21. Sähkönkulutuksen seurantadiagrammi aikavälin ollessa 10 minuuttia.

Sähkönkultusta tarkasteltaessa vuositasolla, nähdään koska sähkönkulutuksen mittaus on otettu käyttöön ja havaitaan asuntomessujen ajankohta. Korkea sähkönkulutus asuntomessujen aikana johtuu kahdesta asunnossa olleesta kosteudenpoistajasta, jotka olivat asuntomessujen ajan jatkuvasti käytössä ja kuluttivat noin yhden kilowatin jatkuvan tehon. Asuntomessujen jälkeen kulutus on laskenut, koska kosteudenpoistajia ei ole enää tarvittu.

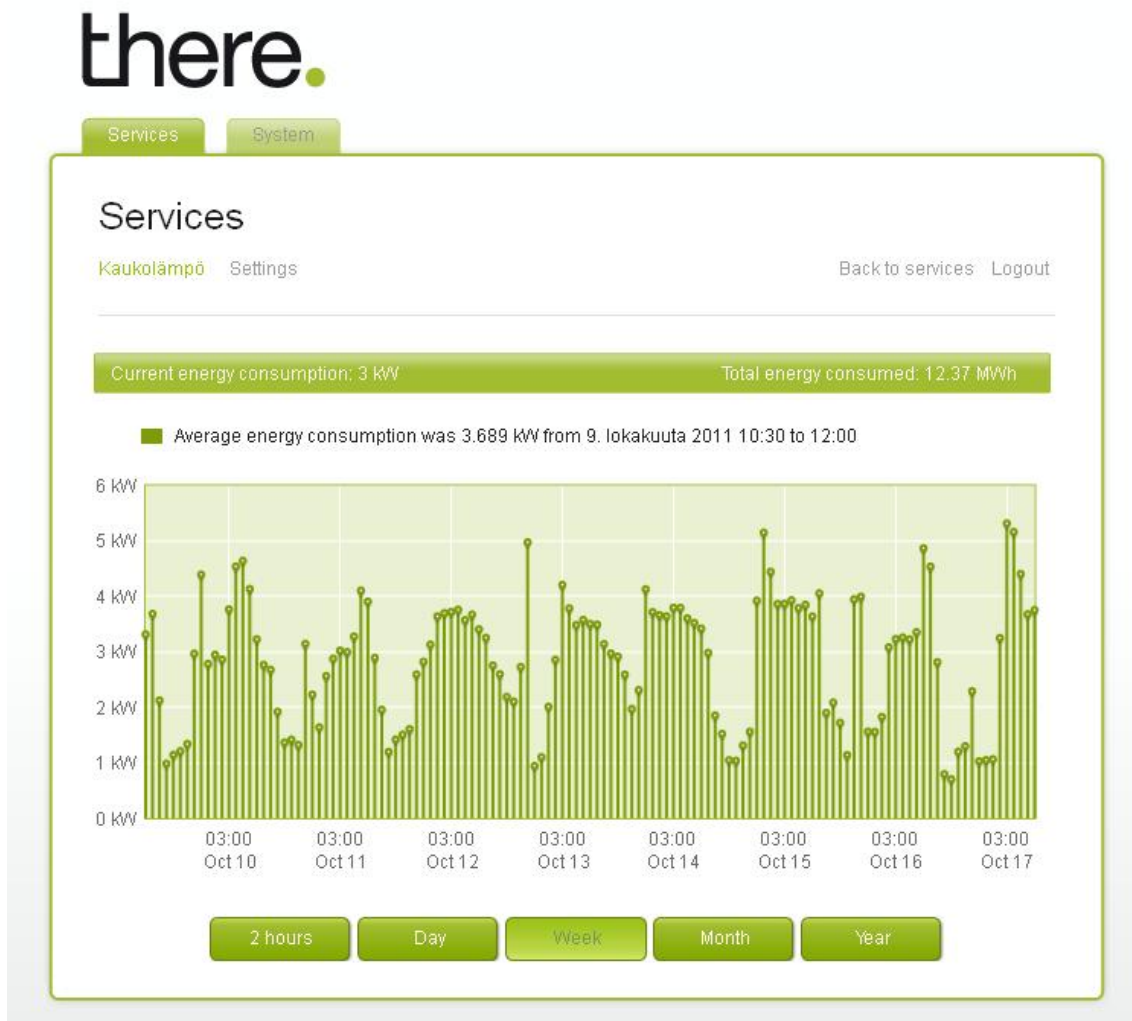


Kuva 22. Sähkönkulutuksen seurantadiagrammi aikavälin ollessa vuosi.

4.4.4. Kaukolämmön kulutus

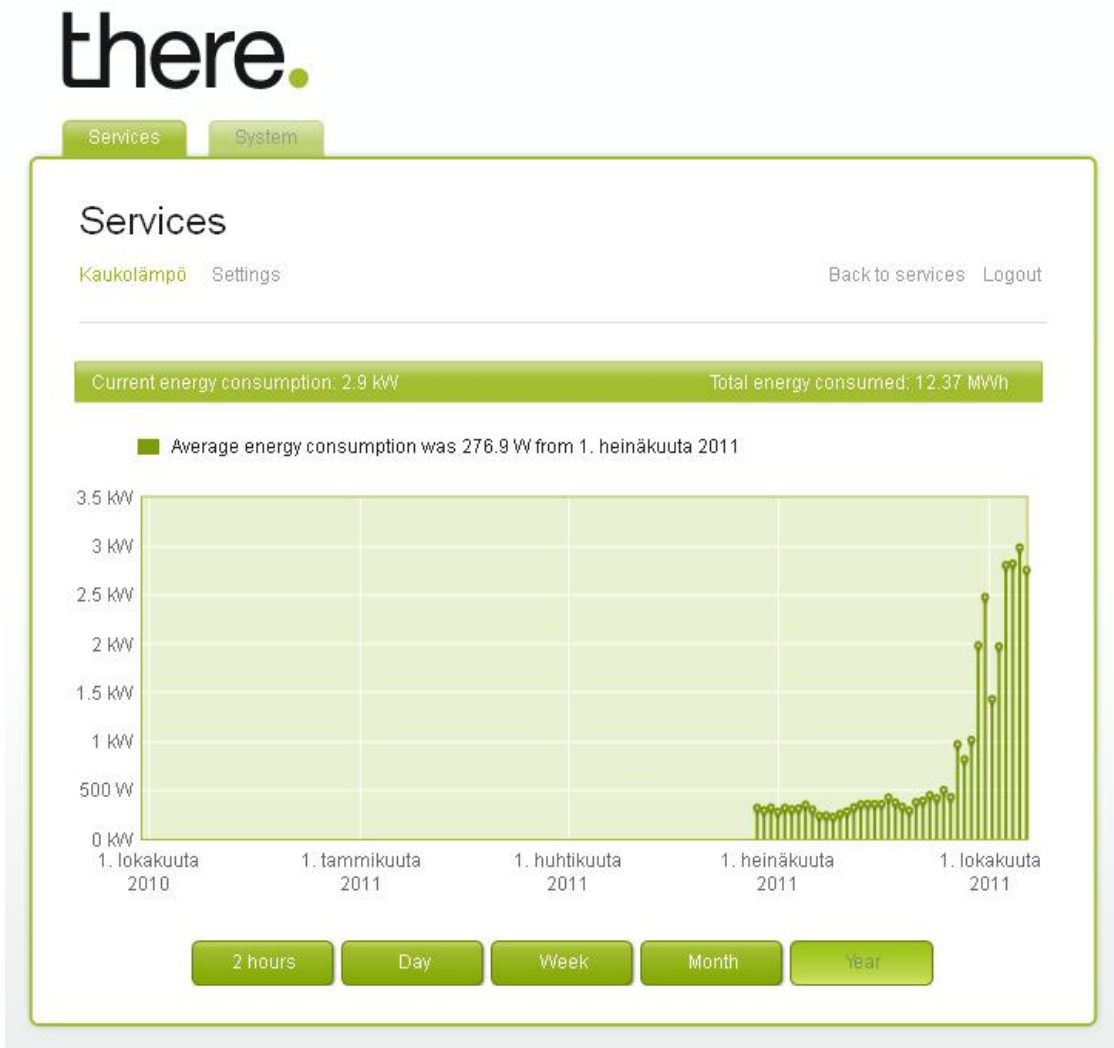
Kaukolämmön seuranta avataan vastaavalla tavalla palvelunäkymästä kuin sähkönkulutuksen seurantakin. Kulutustietojen esitysdiagrammin vaaka- ja pystyakselilla ovat samat suureet kuin sähkönkulutuksen seurantadiagrammissa. Kaukolämmön kulutuksen mittaustiedot avautuvat automaattisesti kahden tunnin seurantajaksolle ja mittaustiedot päivittyvät järjestelmään minuutin välein. Omakotitalon kaukolämmitysyksikön energiankulutus on yleisesti kohtalaisen tasaista ja tämän vuoksi käytettiin minuutin mittaus-

väliä. Tarkasteluajan ollessa viikko, huomattiin selvästi ulkolämpötilan vaikutus lämmitysenergian kulutukseen. Yöllä lämmitysenergiaa tarvittiin enemmän, koska ulkolämpötila oli viileämpää kuin päivällä ja tämä voitiin selvästi havaita lämmitysenergian kulutuksesta.



Kuva 23. Kaukolämpöyksikön energiankulutuksen seuranta viikkotasolla.

Vuositasen mittauksesta on myös helppo havaita, milloin ulkoilman lämpötila on aloittanut laskea ja energiaa on käytetty enemmän lämmitykseen.



Kuva 24. Kaukolämpöyksikön energiankulutuksen seuranta vuositasona.

4.4.5. Kylmän veden kulutus

Kylmän veden seuranta avataan vastaavalla tavalla palvelunäkymästä kuin sähkönkulutuksen- ja kaukolämmön seuranta. Kulutustietojen esitysdiagrammin vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla kulutus litroina tunnissa. Kylmän veden kokonaiskulutus näkyy esitysdiagrammin yläpuolella. Kylmän veden kulutusta mitataan 100 litran välein. Kahden tunnin seurantavälillä huomataan, että esitysdiagrammin näyttämä hetkellinen kulutus on harhaan johtava. Esimerkiksi kuvassa kaksikymmentäviisi nähdään kun 100 lit-

ran mittausväli on tullut täyteen ja siitä seuraa esitysviivakuvassa nähtävä 6000 litran kulutus yhden minuutin aikana, vaikka todellisuudessa 100 litran kulutus on voinut ajoittua hyvinkin pitkälle aikavälille.



Kuva 25. Kylmän veden kulutuksen seuranta kahden tunnin aikavälillä.

Tarkasteltaessa pitempää seurantaväliä kuten esimerkiksi kuukauden tai vuoden kulu-
tustietoja, eivät hetkelliset kulutukset näy yhtä suurina piikkeinä kuin lyhyemmällä ai-
kavälillä. Tästä huolimatta esitystapa ei ole paras mahdollinen, koska tieto keskimääräi-

sestä kylmän veden kulutuksesta esimerkiksi päivää kohden ei ole tärkeää. Käyttäjälle tärkeämpää tietoa olisi kuinka monta litraa kyseisenä päivänä on kulutettu.



Kuva 26. Kylmän veden kulutuksen seuranta vuoden aikavälillä.

4.5. Käyttökokemukset ja yleisöpalautte

Energiankulutuksen seurantajärjestelmän käyttökokemukset saatiin messuesittelijöiltä suullisena palautteena. Messuesittelijät käyttivät enimmäkseen ThereGate- järjestelmän

käyttöliittymän mobiiliversiota iPad tablettien Internet selaimella. Asuntomessujen ajan he esittelivät energiankulutuksen seurantajärjestelmää messuvieraille päivittäin ja saivat myös paljon messuvieraiden palautetta järjestelmästä. Messuesittelijöiden palautteen perusteella järjestelmän käyttäminen energiankulutustietojen seurantaan on yksinkertaista ja helppoa. Käyttöliittymän sekä käyttöliittymän mobiiliversion palvelunäkymässä mitattavien- ja ohjattavien laitteiden sijoittelu koettiin selkeäksi ja energiamittareiden diagrammien lukeminen on yksinkertaiseksi. Käyttöliittymän mobiiliversion mitattavat- ja ohjattavat laitteet on sijoitettu allekkain mikä helpottaa järjestelmän käyttämistä mobiililaitteella. Lisäksi mobiiliversion palvelunäkymässä nähdään jokaisen mittarin ja laitteen tila näkymän lataushetkellä. Käyttökelpoiseksi toiminnoksi todettiin myös mittaus- ja ohjauslaitteiden vapaa nimeäminen, koska järjestelmän käyttäjän on yksinkertaisempaa tunnistaa laitteet kun ne on nimetty käyttäjän toimesta. Palautteessa todettiin hyväksi asiaksi, että mittautustietoja avattaessa ensimmäisenä diagrammiin tulostuu lyhin seurantaväli, koska useimmiten energiankulutusta halutaan tarkastella reaaliaikaisesti tai muutamien minuuttien ajalta. Palautteen perusteella mittautustietojen tarkastelussa on kuitenkin puutteita. Tarvetta olisi saada tarkastella aikaisempaa energiankulutusta halutulla aikavälillä, eli käyttäjän pitäisi saada määrittää aloitus- ja lopetuspäivämäärä kulutustietojen tarkasteluun. Kulutustiedot tallennetaan sekä ThereGateen että There Corporationin palvelimelle, joten tietojen esittäminen edellä mainitulla tavalla on täysin mahdollista.

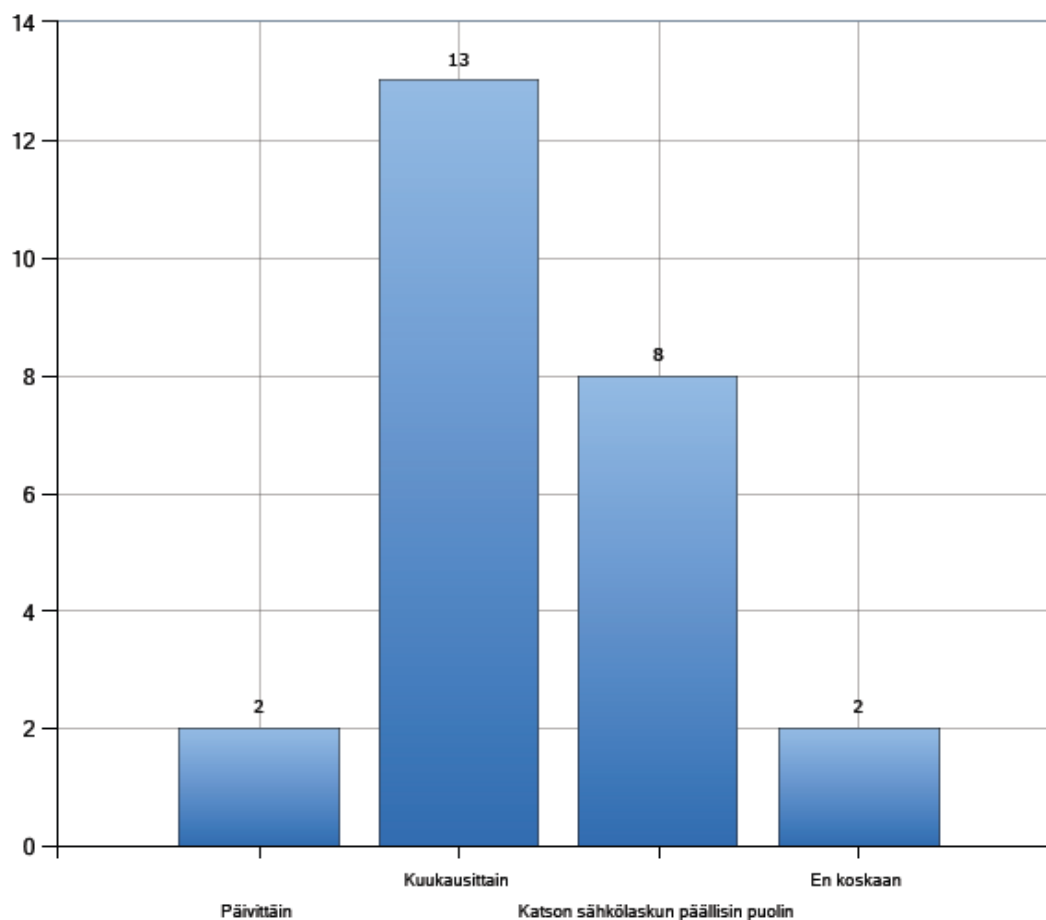
ThereGate- järjestelmän käyttöliittymän saatavuudessa esiintyi katkoksia lähes joka päivä asuntomessuilla. Käyttöliittymän saatavuusongelmat johtuivat kuitenkin iPad-tablettien ja Fritz!Box -mediapäänteen välisen WLAN-yhteyden ongelmista, eikä itse järjestelmän ongelmista. Energiankulutuksen mittausjärjestelmässä ei ollut asuntomessujen aikana toiminta häiriöitä. Kun järjestelmään liitettiin kauko-ohjattava pistorasia, esiintyi kuitenkin ongelmia. Aluksi järjestelmä ei tunnistanut kauko-ohjattavaa pistorasiaa ja yhteyden muodostus jouduttiin tekemään useaan kertaan ennen kuin ohjaus alkoi toimia. Muita ongelmia järjestelmän käytössä ei ilmennyt ja esittelijöiden palautteen mukaan järjestelmän käyttökokemukset olivat yleisesti hyvin positiivisia.

Asuntomessujen messuvierailta saatiin suullista palautetta energiankulutuksen seuranta-järjestelmästä. Palautteen perusteella voidaan päätellä, että messuvieraiden kiinnostus energian säästämiseen on suuri, mutta siihen ei olla valmiita investoimaan suuria summia rahaa. Selkeänä viestinä messuvierailta saatiin myös, että uusien tietoteknisten järjestelmien käyttäminen pitäisi olla nykyistä yksinkertaisempaa.

4.6. Markkinatutkimus

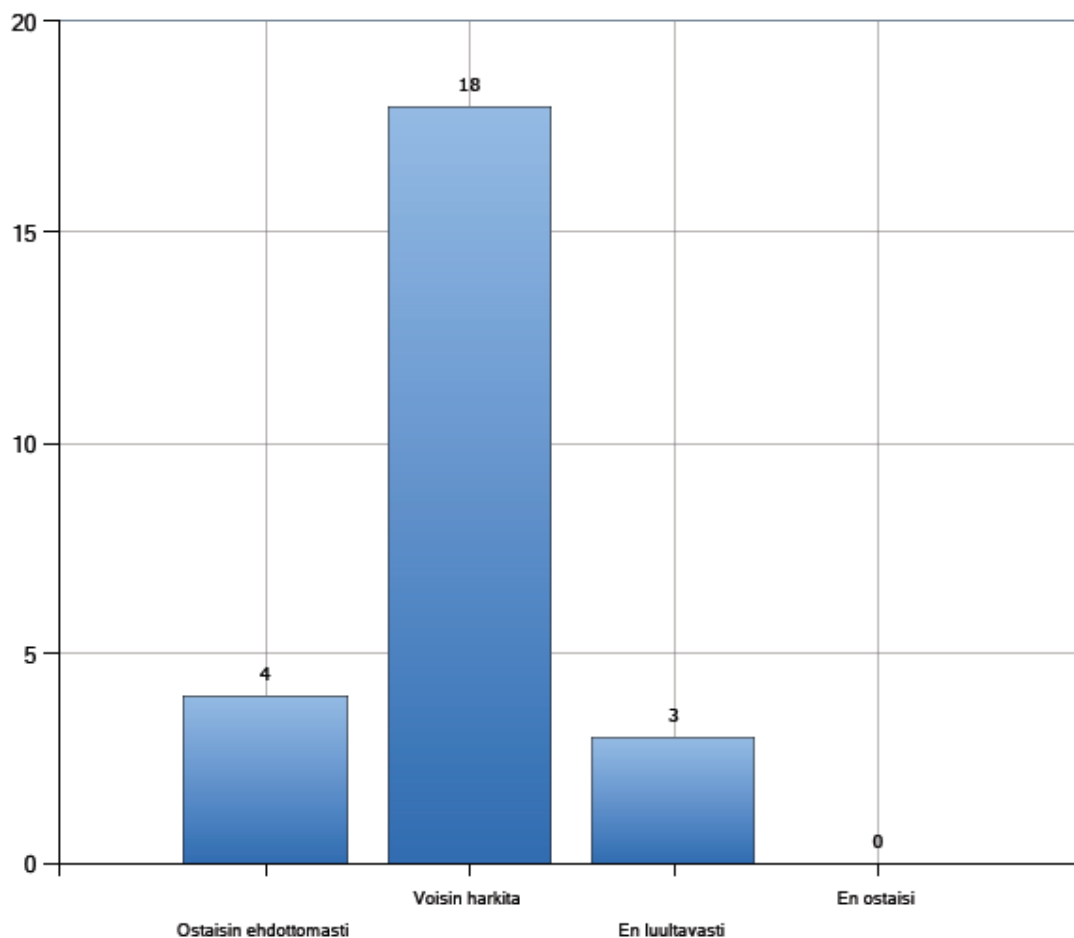
Kokkolan asuntomessuilla suoritettiin energiankulutuksen seurannan markkinatutkimus. Markkinatutkimus toteutettiin Internet-kyselynä www-selaimen kautta käytettävän Digiumin kyselyohjelmiston avulla. Markkinatutkimuksen kysymykset muodostettiin There Corporationin ja Anvian yhteistyönä. Kysymykset olivat pääosin monivalintakysymyksiä ja ne on listattu liitteessä kaksi. Tutkimuksessa selvitettiin kuinka usein kuluttajat seuraavat omaa energiankulutusta ja kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan Anvia Kodissa esitellystä energiankulutuksen seurantajärjestelmästä. Kyselyyn osallistuminen oli vapaaehtoista, eikä kyselyyn vastanneiden kesken arvottu palkintoja. Tämä vaikutti huomattavasti messuvieraiden kiinnostukseen osallistua kyselyyn ja asuntomessujen aikana siihen vastasi vain kaksikymmentäkuusi messuvierasta. Kyselyyn vastaaminen toteutettiin messuesittelijän suorittamana haastatteluna ja vastaukset kirjattiin suoraan www-kyselylomakkeelle iPad-tabletilla.

Vastaajista suuri osa oli miehiä ja lähes kaikki asuivat omakotitalossa. Suora sähkölämmitys oli vastaajien kotitalouksissa käytettävistä lämmitysmuodoista suosituin ja pääosa vastaajista seurasi energiankulutustaan kuukausittain.



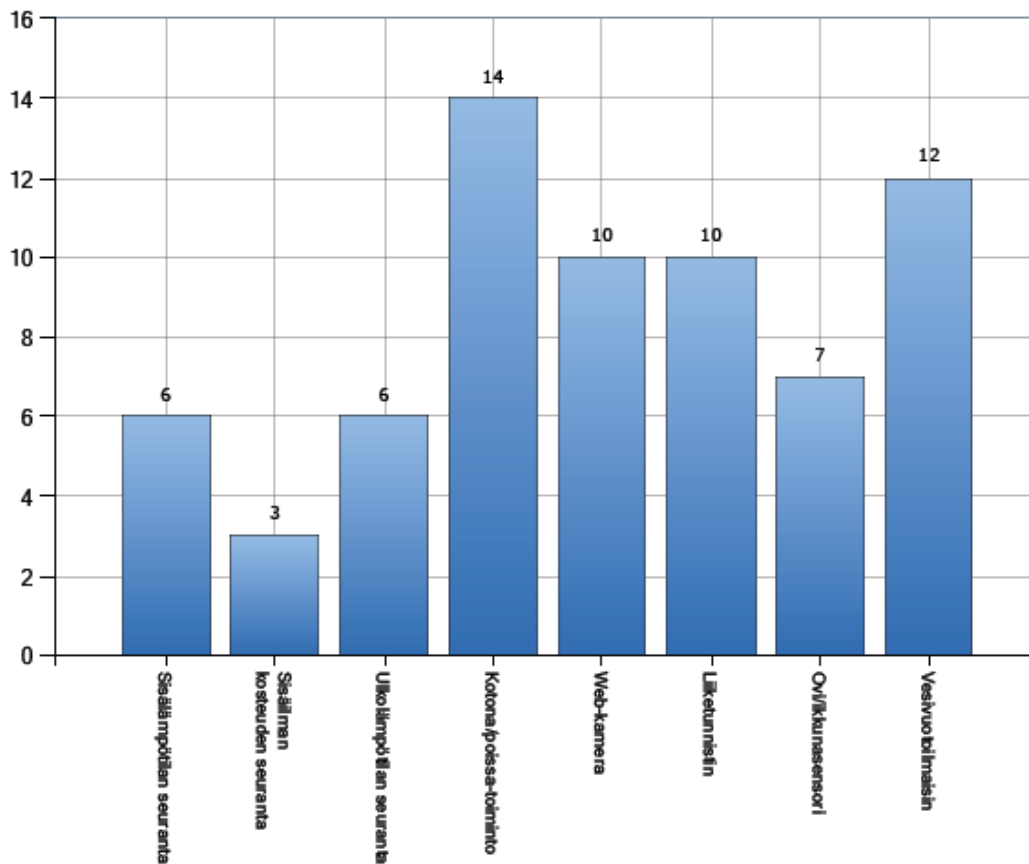
Kuva 27. Kuinka usein vastaajat seuraavat energiankulutustaan.

Ennen kyselyyn vastaamista messuvieraille esiteltiin Anvia Kotiin rakennettu energiankulutuksen seurantajärjestelmä. Esittelyn perusteella kysyttiin voisivatko he kuvitella ostavansa kyseisen järjestelmän hintaan 1500 euroa. Vastauksien perusteella valtaosa voisi harkita ja kukaan ei vastannut, ettei ostaisi järjestelmää koskaan.



Kuva 28. Vastaajien halukkuus ostaa Anvia Kodissa oleva energiankulutuksen seurantajärjestelmä 1500 eurolla.

Markkinatutkimuksessa kysyttiin myös olisivatko vastaajat kiinnostuneita ehdotetuista kotiautomaatiotoiminnoista, mikäli toiminnot olisivat energiankulutuksen seurantajärjestelmän maksullisia lisäpalveluita. Tutkimuksessa osoittautui, että kaikista ehdotetuista lisäpalveluista ollaan kiinnostuneita ja suosituimpana lisäpalveluna pidetään kodin paikalla ja poissa -toimintoa. Kiinnostavimpien joukossa olivat myös vesivuotoilmaisim, web-kamera ja liiketunnistin.



Kuva 29. Vastaajien kiinnostus energiankulutuksen seurantajärjestelmän maksullisiin lisäpalveluihin.

Energiankulutuksen seurannan markkinatutkimukseen odotettiin enemmän vastaajia, mutta odotuksista huolimatta vastaajia oli vähäinen määrä eikä saatujen tuloksien perusteella voida tehdä pitkälle johtavia päätelmiä. Tutkimuksella saatiin kuitenkin kerättyä messuvieraiden palautetta energiankulutuksen seurantajärjestelmästä. Saatujen tuloksien perusteella voidaan todeta, että vastaajat ovat kiinnostuneita energiankulutuksen seurannasta ja hinta on merkittävä kriteeri vastaavan järjestelmän hankkimisessa. Suurimman kiinnostuksen energiankulutuksen seurantajärjestelmää kohtaan osoittivat omakotitalon omistajat joilla on käytössä suora sähkölämmitys.

4.7. Projektin onnistuminen

Projektin lähtökohtana oli valita ja toteuttaa Kokkolan asuntomessuille Anvia Kotiin energiankulutuksen seurantajärjestelmä. Tarkoituksena oli myös esitellä toteutettua järjestelmää asuntomessujen messuvieraille ja kuunnella heidän palautettaan järjestelmästä. Projektiin varattu aika oli kohtalaisen lyhyt, koska suunnittelu aloitettiin vain viisi kuukautta ennen järjestelmän asentamista. Haasteena oli myös Anvia Kodin pitkälle edennyt rakentaminen ja siitä johtuvat rajoitetut kaapelointimahdollisuudet.

Energiankulutuksen seurantajärjestelmän esittely messuvieraille päätettiin toteuttaa iPad-tableteilla. Valinta oli todella onnistunut, koska messuesittelijät pystyivät demonstroimaan energiankulutuksen seurantajärjestelmän käytön langattomasti näyttävällä tavalla sekä talon sisätiloissa että ulkopuolella. Ainoana haittapuolena todettiin WLAN-yhteydessä esiintyneet ongelmat iPad-tablettien ja Fritz!Box -mediapäätteen välillä. Ongelmat olivat kuitenkin vain väliaikaisia ja energiankulutuksen seurantajärjestelmän esitleminen onnistui kokonaisuudessaan hyvin.

Alkuperäisen suunnitelman mukaan pistorasioiden kauko-ohjausta oli tarkoitus esitellä messuvieraille niin, että he olisivat nähneet ohjattavan pistorasian ja siihen kytketyn sähkölaitteen. Esittely ei kuitenkaan onnistunut suunnitelmien mukaisesti, koska kauko-ohjattavan pistorasian liitäntä ongelmien vuoksi se päätettiin sijoittaa Anvia Kodin tekniseen laitetilaan. Tämä oli kuitenkin onnistunut päätös, koska heti asuntomessujen alussa huomattiin, että messuvieraat käyttävät hyvin vähän aikaa kohteiden tekniikkaan tutustumiseen, jolloin katsottiin parhaaksi keskittyä esitlemään järjestelmän energiankulutuksen seurantaominaisuuksia.

Asuntomessuilla suoritetun markkinatutkimuksen osalta ei päästy tavoitteisiin osallistujamäärässä, mutta muut tavoitteet saavutettiin ja messuvieraiden palautetta saatiin kuitenkin reilusti. Kaiken kaikkiaan projekti onnistui hyvin ja energiankulutuksen seurantajärjestelmää saatiin testattua Anvia koti -palvelun yhteydessä.

5. Yhteenveto

Tämän diplomityön lähtökohtana oli Anvian tuotekehityksen tarve tutkia kotiautomaatiojärjestelmien ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien mahdollisuuksia Anvia koti-palvelun yhteydessä. Diplomityön tavoitteena oli tuottaa tietoa Anvian tuotekehitykselle ja toteuttaa tutkimukseen liittyvä pilottiprojekti. Tutkimus rajattiin kotiautomaatiojärjestelmien standardointikehityksen kartoitukseen ja kenttäväyläteknikoiden tiedonsiirtoon. Tutkimukseen liittyvä pilottiprojekti toteutettiin Anvia Kodissa Kokkolan asunomessuilla 2011. Pilottiprojektin tavoitteena oli selvittää sopiva vaihtoehto Anvia Kodin energiankulutuksen seurantajärjestelmäksi sekä toteuttaa valitun järjestelmän käyttöönotto Anvia Kodissa. Asunomessujen yhteydessä toteutettiin myös markkinatutkimus minkä tarkoituksena oli selvittää kuinka usein kuluttajat seuraavat omaa energiankulutusta ja kuinka paljon he olisivat valmiita maksamaan Anvia Kodissa esitellystä energiankulutuksen seurantajärjestelmästä.

Diplomityön tavoitteet saavutettiin ja tutkimuksen rajoitusten puitteissa saatiin tuotettua tietoa Anvian tuotekehitykselle. Tutkimuksessa selvitettiin sekä kotiautomaatiojärjestelmien ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien standardointikehitystä että kenttäväylien tiedonsiirtoratkaisuja. Standardointikehitystä selvittävässä kappaleessa todettiin, että merkittäviä koti- ja rakennusautomaatiojärjestelmien kansainvälisiä standardeja laaditaan CENELEC:in komiteoissa ja Suomessa näihin komiteoihin osallistuvat SESKO ja MetSta. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että standardointi on kattavaa, mutta tästä huolimatta järjestelmien yhteensopivuus ei ole vielä kuluttajalle riittävällä tasolla.

Tutkimusongelmaan energiankulutuksen seuranta kotiautomaation ja kuluttajille tarjottavien tietoliikennepalveluiden osana on tässä työssä saatu selkeä suunta. Energiankulutuksen seuranta on selkeästi yleistymässä ja tulevaisuudessa ollaan kokoajan tarkempia energiankulutuksessa. Työssä on havaittu, että energiankulutuksen seurantapalveluille tulee olemaan kysyntää ja kuluttajille on perusteltua lähteä tarjoamaan energiankulutuksen seuranta- ja optimointipalveluita tietoliikennepalveluiden osana.

Kenttäväylien tiedonsiirtoratkaisut osoittautuivat hyviksi kotiautomaatiojärjestelmien ja energiankulutuksen seurantajärjestelmien tiedonsiirtoratkaisuksi, koska ne sisältävät tarpeelliset ominaisuudet ja ne ovat kokonaisuuden kannalta kustannustehokkaita juuri tähän tarkoitukseen. Työssä havaittiin, että kenttäväylien selkeä etu on hajautettu prosessien lähellä tapahtuva toiminta ja kommunikointi mahdollisuudet eri toimilaitteiden kesken. Nämä ominaisuudet mahdollistavat älykkäiden mittaus- ja ohjauslaitteiden yhdistämisen muuhun automaatioon ja niiden hallinnan yhdellä käyttöliittymällä. Tutkittujen kenttäväylien tiedonsiirtoratkaisut ovat osittain tai kokonaan toteutettu OSI-mallin mukaisesti, eli OSI-mallia on käytetty samoin tavoin referenssinä kuin yleensäkin tiedonsiirtoprotokollissa.

Tutkimukseen liittyvä pilottiprojekti saatiin toteutettua onnistuneesti ja markkinatutkimus toteutettiin myös vaikka otanta jäikin pieneksi. Pilottiprojektiin valittiin There Corporationin ThereGate -alustalla toimiva energiankulutuksen seurantajärjestelmä. ThereGate -alusta on toteutettu samalla ajatuksella kuin kenttäväylät, eli järjestelmän tarkoitus on mahdollistaa älykkäiden toimintojen sekä osajärjestelmien integrointi ja tarjota järjestelmän hallinnalle yksi käyttöliittymä. There Corporationin tarjoama ratkaisu osoittautui hyväksi valinnaksi ja siinä käytettävien tekniikoiden puolesta järjestelmä on mahdollista ottaa Anvia koti -palvelun lisäpalveluksi. Markkinatutkimuksen vähäisen otannan vuoksi tuloksista ei kuitenkaan voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä ja tämän vuoksi tulokset ovat suuntaa antavia. Markkinatutkimuksen yhteydessä olisi kannattanut tarjota osallistujille jokin palkinto tai mahdollisuus osallistua palkintojen arvontaan. Tämä olisi varmasti lisännyt messuvieraiden halukkuutta osallistua kyselyyn ja markkinatutkimukseen olisi todennäköisesti saatu paljon suurempi otanta.

5.1. Mitä tulevaisuudessa?

Pilottiprojektiin valitussa There Corporationin energiankulutuksen seurantajärjestelmässä osoittautui hyväksi ominaisuudeksi järjestelmän muokattavuus eri rajapintojen avulla. Lisäksi järjestelmän käyttöliittymän toteutustapa antaa hyvät mahdollisuudet jatkokehitystä varten. Käyttöliittymä on siis mahdollista saada hyvinkin käyttäjäystävälliseksi pienellä resurssilla ja tähän onkin aihetta panostaa mikäli tuote halutaan viedä markkinoille. Käyttöliittymän puutteet mainittiin kappaleessa neljä ja suurimmat huomioid kohdistuivat kylmän veden kulutuksen esitysdiagrammin harhaan johtavaan esitystapaan sekä esitysdiagrammien aikaväleihin. Esitysdiagrammeissa käyttäjällä olisi hyvä olla mahdollisuus määrittää itse aloitus- ja lopetuspäivämäärät, eli mahdollisuus valita mitä aikaväliä käyttäjä haluaa tarkastella. Lisäksi käyttöliittymään olisi syytä tuoda käyttäjälle mahdollisuus luoda yksilöllisiä näkymiä eri laitekokonaisuuksista. Tämä helpottaisi käyttäjän päivittäisen energiankulutuksen tarkastelua kun halutut seuranta-kohteet olisivat yhdessä näkymässä.

Merkittävänä kehityskohteena olisi myös There Corporationin energiankulutuksen seurantajärjestelmän ja Anvia koti -palvelun yhteensopivuus sekä tekninen toteutus. Niitä tulisi kehittää ennen kuin palvelua tarjotaan kuluttajille. Aiheellista olisi selvittää kuinka ThereGate:n toiminnallisuudet saataisiin integroitua Anvia koti -palvelussa käytettävään mediapääteeseen tai toisin päin. Käytännössä olisi siis järkevää yhdistää toiminnallisuudet yhteen laitteeseen ja tarjota kuluttajille yhtä päätelaitetta kahden sijaan. Tämä selkeyttäisi teknistä toteutusta ja todennäköisesti vähentäisi kuluttajalle Anvia koti -palveluun kohdistuvia laitekustannuksia.

Tulevaisuutta varten olisi hyvä tehdä laajempi markkinatutkimus missä kartoitetaan tarkemmin minkälaiselle kohderyhmälle tuotetta kannattaa lähteä kehittämään. There Corporationin järjestelmä antaa kuitenkin mahdollisuudet lähes minkä tahansa kotiautomaatio sovelluksen toteutukseen ja tämän vuoksi on tärkeä rajata kohderyhmä tarkasti, että tuotteella on mahdollisuus saavuttaa vahva asema markkinoilla.

LÄHDELUETTELO

<p>ABB [online]. KNX-järjestelmän rakenne. [siteerattu 14.7.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://asennustuotteet.fi/index.pl?id=70&lang=FIN1>.</p>
<p>ABB (2000). Luku5: Automaation tietoliikennetekniikka. Teoksessa: ABB:n Teknisiä tietoja ja taulukoita – käsikirja [online]. ABB. [Siteerattu 28.8.2011]. Saatavana World Wide Webistä: <http://heikki.pp.fi/abb/050_0007.pdf>.</p>
<p>Düwi [online]. Wireless plug adaptor switch ZW ZS 3500 [siteerattu 1.10.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://www.pepper1.net/zwavedb/uploads/resources/9676e337730461328fff269c799f98fb3026b4fd.pdf></p>
<p>EBTS (2011). EBTS-100 Kodinohjausjärjestelmä [online]. Espoo: EKE Building Technology Systems. [siteerattu 4.10.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://www.ebts.fi/documents/EBTS_100_webres.pdf>.</p>
<p>Echelon (1999). Introduction to the LonWorks System – Version 1.0 [online]. Palo Alto: Echelon Corporation. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.echelon.com/support/documentation/manuals/general/078-0183-01A.pdf>.</p>
<p>Echelon (2011) <i>Developers: LonWorks</i> [online]. [siteerattu 20.7.2011]. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.echelon.com/communities/energycontrol/developers/lonworks/>.</p>
<p>Enocean alliance [online]. Enocean alliance: About Us. [lainattu 13.7.2011] Saatavilla Internetistä: <http://www.enocean-alliance.org/en/aboutus/>.</p>
<p>Granlund, Kaj (2001). <i>Langaton tiedonsiirto</i>. 1. painos. Jyväskylä: Docendo. 399 s. ISBN 951-846-091-4.</p>

Hallituksen esitys 111/2009.
Huang, Yushui, Cunying Wan & Zhiqiang Zhou (2008). Intelligent Community System Based on LonWorks Technology. Teoksessa: Computational Intelligence and Industrial Application, 2008 [Konferenssi julkaisu]. PACIA '08. [Siteerattu 22.6.2011] Sivut 237-240.
ISO/IEC 7498-1/1994. Information technology - Open Systems Interconnection - Basic Reference Model: The Basic Model.
Kamstrup [online]. Multical 601 – datalehti. [lainattu 11.10.2011]. Saatavana World Wide Webistä: < http://kamstrup.fi/media/6401/file.pdf >
KNXa [online]. KNX Finland r.y.: KNX Standardi – Lisää standardista. [lainattu 13.7.2011] Saatavana World Wide Webistä: < http://www.knx.fi/uusi/index.php?option=com_content&view=article&id=98&Itemid=101 >.
KNXb [online]. KNX Finland r.y.: KNX - Yhdistää eri teknologiat toimivaksi kokonaisuudeksi. [lainattu 21.6.2011] Saatavana World Wide Webistä: < http://www.knx.fi/ >.
KNXc [online]. KNX Finland r.y.: KNX Standardi – Suunnittelijat. [lainattu 26.8.2011] Saatavana World Wide Webistä: < http://www.knx.fi/uusi/index.php?option=com_content&view=article&id=101&Itemid=104 >.
Konnex Association (2004). KNX: The World's first open standard for Home and Building Control [online]. Konnex Association. Saatavana World Wide Webistä: < http://www.tdasrl.com/download/Konnex/Descrizione_konnex.pdf >.

Laki radiotaajuuksista ja telelaitteista 16.11.2001/1015.
M-Bus (1997) <i>The M-Bus: A Documentation Rev. 4.8</i> [online]. Paderborn: M-Bus Usergroup. Saatavana World Wide Webistä: < http://www.m-bus.com/files/MBDOC48.PDF >
MetSta (2012). Standardi energianhallintajärjestelmistä. <i>MetSta Tiedotus</i> [online] Nro 5/2012. [lainattu 26.8.2012]. Saatavana World Wide Webistä: < http://www.metsta.fi/ajankohtaista/METSTA-tiedotus/2012/METSTA-tiedotus_5_2012.pdf >.
Modbus (2012). <i>MODBUS Protocol Specification: MODBUS application protocol specification V 1.1b3</i> [online]. [lainattu 5.6.2012] Saatavana World Wide Webistä: < http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf >
Ouman Plus (2010). Ouman Plus - Integroitu kotiautomaatiojärjestelmä [online]. Kempele: Ouman Oy. [siteerattu 4.10.2011] Saatavana World Wide Webistä: < http://www.ouman.fi/files/tuote-esitteet/ouman_plus_v.4.pdf >.
Pakanen, Jouko & Mikko Hyvärinen (2011). <i>Kodin tietoliikenne ja automaatio: Kodin automaation tasoja</i> . [lainattu 5.9.2011] Saatavana World Wide Webistä: < https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/s-118.3282/luennot >.
Piikkilä, Veijo & Toivo Sahlstén (2006). <i>Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät</i> . Espoo: Sähköinfo Oy. 267 s. ISBN 952-5600-30-0.
Relay GmbH [online]. M-Bus Micro-Master. [lainattu 11.10.2011]. Saatavana World Wide Webistä: < http://www.relay.de/MikroMaster_e.htm >
Relay GmbH (2001). PadPuls M2 User Manual. [lainattu 11.10.2011]. Saatavana World Wide Webistä: < http://www.relay.de/pub/Anleitungen/IM003G_E.PDF >

<p>Schrack Technik [online]. MGKIZ065 – Modular 4-wire kwh meter 65A direct. [11.10.2011]. Saatavana World Wide Webistä: <http://image.schrack.com/bedienungsanleitungen/a_mgkizxxxxx_en.pdf></p>
<p>SESKOa (2011). <i>Standardeja ja direktiivejä</i>: Sähköasennukset [online]. [lainattu 26.8.2011]. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.sesko.fi/portal/fi/standardeja_ja_direktiiveja/valikoituja_standardisarj_oja/sahkoasennukset/>.</p>
<p>SESKO b (2011). <i>Standardointikomiteat</i>: SK 65 Teollisuusprosessien ohjaus [online]. [lainattu 27.8.2011]. Saatavana World Wide Webistä: <http://www.sesko.fi/portal/fi/standardisointikomiteat/komitealista_ja_komiteasivut/sk_65__teollisuusprosessien_ohjaus_>.</p>
<p>SFSedu (2011). <i>Rakentaminen ja arkkitehtuuri</i>: Kotiautomaatio [online]. [lainattu 26.8.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://www.sfsedu.fi/www/fi/rakentaminen_ja_arkkitehtuuri/talotekniikka/Kotiautomaatio.php>.</p>
<p>Suomen Asuntomessut (2011). Suomen Asuntomessut: Toiminta-ajatus [online]. [siiteerattu 1.10.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://www.asuntomessut.fi/toiminta-ajatus></p>
<p>ThereGate (2011). There Corporation - ThereGate: Alusta [online]. [lainattu 1.9.2011] Saatavana World Wide Webistä: <http://www.therecorporation.com/fi/alusta>.</p>

LIITE 1.

there.gate™

TG800G & TG800GZ specifications



Ethernet Ports	4 x Gbps LAN Ports. 1 x Gbps WAN Port.
VLAN	802.1 Q.
Wireless network	802.11 b/g/n, 300 Mbps transfer rate. 2 internal antennas.
Sensitivity	-70dBm (11g @54Mbps).
Security	TPM (Trusted Platform Module), v. 1.2 specified by Trusted Computing Group
HAN Radio	Integrated Z-Wave controller Additional radio interfaces may be connected to USB expansion ports.
USB Ports	4 x USB 2.0 full speed host. 1 of the USB ports is powered running ThereGate on battery power.
Memory	2 GB internal storage standard, may be ordered with up to 16 Gb. End user accessible SD card reader for extension. 256 MB DDR2 RAM.
CPU	533 Mhz Broadcom 4718 SOC with integrated MIPS74k CPU.
Power Adapter	Wall Mount. AC input: 90V .. 264 V, 47 ~ 63 Hz. DC output: 5 V, 4 A max current.
Battery	8 x AA batteries, no recharging in ThereGate. Battery backup possibility for ThereGate operation during power failures.
RTC (Real Time Clock)	72 hours minimum run time without mains power or batteries.
Cooling	Passive cooling (no fan).
Indicators	14 LED:s.
Size	250mm x 139mm x 50mm (without canvas panels).
Weight	~500 g.
Operating Environment	0 ~ +40 °C 10 ~ 90 % Relative Humidity, Non Condensing.
Storage Environment	-20 ~ +60 °C 10 ~ 90 % Relative Humidity, Non Condensing.
Network security	Kernel firewall, Network Address Translation (NAT), Port forwarding, MAC address filtering
Operating system	Linux, Kernel 2.6
Antenna	Internal multi band antenna.
UMTS Module (G-model only)	BandRich M250V. SIM holder under battery cage.
WCDMA (G-model only)	HSUPA 2Mbps uplink modem operation (SW upgradable to 5.7Mbps). HSDPA 7.2Mbps downlink modem operation
E-GPRS (G-model only)	850/900/1800/1900 MHz.

LIITE 2.



Energiankulutuksen seurannan markkinatutkimus asuntomessuilla
2011 - su + ru

Sivu 1

Sukupuoli

- Mies
 Nainen

Ikä

- 20 - 29
 30 - 39
 40 - 49
 50 - 59
 60 - 69
 70 tai
yli

Ammatti

Asutko

- Kerrostalossa
 Rivitalossa
 Omakotitalossa
 Jokin muu, mikä

Lämmitysmuoto

- Suora sähkö
 Öljylämmitys
 Kaukolämpö
 Jokin muu, mikä

Seuraatko nykyisin energiankulutustasi

- Päivittäin
 Kuukausittain

- Katson sähkölaskun päällisin puolin
- En koskaan

Voisitko kuvitella ostavasi kyseisen järjestelmän hintaan 1500 € (sis. sähkön, veden ja lämmityksen mittaus sekä asennus ja keskusyksikkö)?

- Ostaisin ehdottomasti
- Voisin harkita
- En luultavasti
- En ostaisi

Jos et, suurin syy

- Hinta
- En ole ylipäättään kiinnostunut energiankulutuksen seuraamisesta
- En halua uutta teknologiaa
- Järjestelmän käyttäminen hankalaa
- Jokin muu, mikä

Kuinka paljon olisit valmis maksamaan järjestelmästä, mikäli se säästäisi 15 % sähkölaskustasi?

Mistä seuraavista toiminnoista olisit kiinnostunut, jos ne olisivat maksullisia lisäpalveluita

- Sisälämpötilan seuranta
- Sisäilman kosteuden seuranta
- Ulkolämpötilan seuranta
- Kotona/poissa-toiminto
- Web-kamera
- Liiketunnistin
- Ovi/ikkunasensori
- Vesivuotoilmaisin

Muita terveisiä koskien energianseurantajärjestelmää