

Lauri Vehviläinen

Seniorin sähkölaitteiden käytön valvonta sähkömittarilla

Sähkötekniikan korkeakoulu

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 17.10.2011.

Työn valvoja:

PhD. Jukka Manner

Työn ohjaaja:

TkT Anssi Seppälä

Tekijä: Lauri Vehviläinen		
Työn nimi: Seniorin sähkölaitteiden käytön valvonta sähkömittarilla		
Päivämäärä: 17.10.2011	Kieli: Suomi	Sivumäärä:7+70
Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitos		
Professuuri: Tietoverkot	Koodi: S-38	
Valvoja: PhD. Jukka Manner		
Ohjaaja: TkT Anssi Seppälä		
<p>Tämän työn tavoitteena oli luoda toimiva ja hyvin skaalautuva järjestelmä, jossa sähkömittarilla valvotaan senioreita. Sähkömittari kykenee tunnistamaan sen läpi kulkevasta sähkövirrasta sähköisten laitteiden aiheuttamia muutoksia sähkövirtaan, jolloin näiden muutosten perusteella pystytään myös tunnistamana yksittäisiä laitteita sähkövirrasta. Laitteiden tunnistamisen perusteella pystytään valvomaan senioreiden toimintaa heidän asunnoissaan ja näin senioreita pystytään valvomaan sähkömittarin antaman datan avulla.</p> <p>Tässä työssä suunniteltiin ja ohjelmoitiin sähkömittarien luentapalvelin, joka lukee kaikki siihen liitetyt sähkömittarit tietyin väliajoin. Palvelin siirtää sähkömittarien mittaamat tiedot erityiseen tietovarastoon, josta dataa on huomattavasti helpompi käsitellä ja analysoida.</p> <p>Tämä työ käsittelee myös yksittäisten laitteiden tunnistamista tästä sähkömittarin tarjoamasta datasta ja miten sitä tietoa tulee käyttää seniorivalvonnassa, kuten toiminnan tunnistamisessa. Työ esittelee myös muutamia mahdollisia valvontamethodeita datalle ja esittelee metodien toimivuutta käytännössä oikean datan avulla. Sähkömittari osoittautuu soveltuvan erittäin hyvin seniorivalvontaan. Täysin varmaan laitekohtaiseen tunnistukseen sähkömittari ei kykene, koska sähkölaitteiden tuottamat muutokset sähköverkkoon saattavat olla hyvinkin samanlaisia, mutta tarkkuus on täysin riittävä tähän tarkoitukseen.</p>		
Avainsanat: Seniori valvonta sähkömittari etäluentaa NIALM laitteiden toiminnan tunnistus		

Author: Lauri Vehviläinen		
Title: Senior's electric device usage monitoring with electric meter		
Date: 17.10.2011	Language: Finnish	Number of pages:7+70
Department of Communications and Networking		
Professorship: Communication networks		Code: S-38
Supervisor: PhD. Jukka Manner		
Instructor: D.Sc. (Tech.) Anssi Seppälä		
<p>The goal of the thesis was to create a functional and scalable system, in which an electric meter monitors seniors. Electric meter is capable to identify devices from the electric current, which flows through the electric meter, because the devices are causing changes in the electric current. By observing these changes, one can detect and identify electric devices and with these observations one can monitor seniors and how they use their electric devices.</p> <p>In this thesis a meter reading server was designed and developed, which reads this data from the electric meter and writes it to a special warehouse for analyzing. Warehouse is an easy and proper way to store data.</p> <p>Also, the thesis covers how the data should be analyzed and used in the matter of senior monitoring. Also, the thesis presents a few possible monitoring methods and how well do these methods work with real data.</p> <p>In this case, electric meter appears to be a very good monitoring device. Electric device identification is not completely confident, but confident enough. Changes in the electric current might be same with different electric devices, which makes the identification non-confident.</p>		
Keywords: senior monitoring electric meter NIALM electric device activity identification		

Esipuhe

Professori Jukka Manneria haluan kiittää tarkasta ja rakentavasta palautteesta, juostavuudesta työn aikataulutuksen suhteen, selkeistä ohjeista työn rakenteen osalta ja erinomaisista vinkeistä työn parsimiseksi kasaan.

Haluan kiittää ohjaajaani Anssi Seppälää hyvästä ohjauksesta, rakentavasta ja hyvästä palautteesta, erityisestä kiinnostuksesta aihetta kohtaan ja auttamisessa kokonaisuuden hahmottamisessa.

MX Electrix Oy:tä haluan kiittää juostavuudesta tämän työn tekemiselle ja erinomaisesta sähköteknisestä tuesta.

Haluan kiittää Juha Tikkusta henkisen mentoroinnin osalta erittäin paljon.

Otaniemi, 17.10.2011

Lauri M. T. Vehviläinen

Sisältö

Tiivistelmä	ii
Tiivistelmä (englanniksi)	iii
Esipuhe	iv
Sisällysluettelo	v
Symbolit ja lyhenteet	vii
1 Johdanto	1
2 Seniorivalvonta	4
2.1 Valvontaratkaisut	4
2.2 Sähkömittari	6
2.2.1 Tietotyypit	7
2.2.2 Valvontalaitteena	15
2.3 Valvontametodit	15
2.4 Sähkön hinta	16
2.5 Yhteenveto	17
3 Luontajärjestelmä	18
3.1 Mittariluontapalvelin	18
3.2 Tietovarasto	19
3.3 Vikatilanteet	22
3.4 Valitut teknologiat	23
3.5 Palvelimen koodirakenne	24
3.6 Muistinhallinta	25
3.7 Tietovaraston rakenne	27
3.8 Järjestelmän kuvaus	29
3.9 Yhteenveto	31
4 Laitteiden tunnistus	32
4.1 Non-Intrusive Appliance Load Monitoring	32
4.2 Sähkön kulutusprofiilit	32
4.3 Ongelmat	36
4.4 Datat analysointi	37
4.5 Yhteenveto	45
5 Toiminnan tunnistus	46
5.1 Ihmisen toiminta	46
5.2 Rutiinit	47
5.2.1 Kahvinkeitin	47
5.2.2 Televisio	48
5.2.3 Ruoanlaitto	49

5.2.4	Yöaika	50
5.3	Syy-seuraus-suhteet	51
5.3.1	Televisio	51
5.3.2	Hella ja uuni	52
5.3.3	Ei tapahtumia	53
5.4	Yhteenveto	54
6	Tunnistus käytännössä	55
6.1	Tapahtumien määrä	55
6.2	Laitteiden tunnistus	57
6.3	Rutiinit	61
6.4	Yhteenveto	65
7	Yhteenveto	66
	Viitteet	67

Symbolit ja lyhenteet

Symbolit

U	Jännite
μ	Keskiarvo
σ	Keskihajonta
Q	Loisteho
dQ	Loistehon muutos
P	Pätöteho
dP	Pätötehon muutos
f	Taajuus
I	Virta

Lyhenteet

AES	Advanced Encryption Standard
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
MySQL	My Structured Query Language
NIALM	Non-Intrusive Appliance Load Monitoring
OpenSSL	Open Secure Sockets Layer
RFID	Radio-Frequency Identification
RTT	Round-Trip Time
SMS	Short Message Service
SNMP	Simple Network Management Protocol

1 Johdanto

Ihmiset vanhenevat koko ajan, mutta ihmiset myös elävät pidempään, joten vanhempien ihmisten määrä lisääntyy jatkuvasti. [1] Tämä aiheuttaa toimenpiteitä erityisesti Suomessa, koska niin sanotut suuret ikäluokat ovat jäämässä eläkkeelle lähivuosina. Yhteiskunta on jo nyt tehnyt muutoksia ja investoinut tähän normaalia suurempaan ikäluokkaan koulujen ja työpaikkojen muodossa. Nyt on aika tehdä muutoksia terveys- ja senioripalveluihin, koska eläkkeelle siirtymisen jälkeen, suuret ikäluokat alkavat tarvita yhä enemmän terveys- ja senioripalveluita ja tähän tarpeeseen on varauduttava riittävän ajoissa. [2] [3] [4]

Ensimmäisiä investointeja asian eteen on jo tehty julkisella sektorilla. Tästä hyvä esimerkki on Tampereen Nekalan Norrköpingpuistoon rakennettu erityinen senioripuisto. Puisto vastaa tavallista lasten leikkipuistoa, mutta suunnittelu on tehty senioreita ajatellen ja heidän tarpeensa täyttäen. Tarkoitus on pitää senioreiden fyysistä kuntoa yllä ja jäsenet norjana. [5]

Terveys- ja senioripalveluiden lisääminen tietää työpaikkojen määrän kasvua näillä aloilla. Ongelmaksi muodustuu hoitajien määrä, joka ei tälläkään hetkellä riitä kattamaan nykyistä kysyntää palveluille. [6] Hoitajia tulisi lisätä erittäin runsaasti, mutta sekään ei ole täysin yksioikoinen ratkaisu. Jokaisen uuden hoitajan koulutus ja lopulta palkkaaminen vie aikaa ja tuo kustannuksia valtiolle. Koska tällä hetkellä tukalassa taloudellisessa tilanteessa vellova Eurooppa ei luo lujaa uskoa tulevaisuuteen, ei säästötoimilta voi välttyä. Uuden työvoiman palkkaaminen valtion toimesta tässä tilanteessa ei siis välttämättä ole edes mahdollista. [7]

Terveys- ja senioripalveluita löytyy myös yksityiseltä sektorilta. [8] Yksityisellä puolella työpaikkojen lisääminen on helpompaa, koska kysyntä palveluille löytyy jo valmiina. Mutta edellä mainittu huono yleinen taloudellinen tilanne aiheuttaa epävarmuutta myös yksityisellä sektorilla, joten kaikki investoinnit on harkittava tarkkaan. Uuden työntekijän palkkaaminen on iso investointi, eikä sitä voi tehdä hetken mielijohteesta tai aina tilanteen niin vaatiessa. Yrityksen on otettava huomioon oma taloudellinen tilanteensa.

Uusi hoitaja ei silti ole ainoa ratkaisu ongelmaan. Jo useamman kerran historiassa uusi innovatiivinen keksintö tai teknologia on tullut auttamaan ja helpottamaan ihmisen työskentelyä tai jopa korvaamaan ihmisen. Automaattinen puhelinvaihte on korvannut manuaalisen puhelinvaihteen, jossa ihminen yhdisti puhelut käsin. Liikennevalot ovat korvanneet liikenteen ohjaajan.

Senioreiden hoitajaa ei pysty kokonaan korvaamaan teknologian avulla, mutta hoitajan työtä pystytään helpottamaan toteuttamalla senioreiden valvonta elektroonisesti. Tällöin hoitajat voivat keskittyä senioreihin, jotka tarvitsevat enemmän huolenpitoa ja palvelua, jolloin vähemmällä huolenpidolla pärjääviä vain valvotaan ja apua hälytetään tarvittaessa. Näin hoitajaresurssit saadaan tehokkaasti käytettyä ja tilanteesta saadaan paljon kaivattuja etuja: säästetään

henkilöstöpuolella, koska hoitajien lisäämisen tarve vähenee, jolloin huutava hoitajapula hellittää hieman, saadaan seniorit valvonnan alle pienemmillä kustannuksilla.

Senioreista riippuvat valvontamuodot eivät ole täysin luotettavia, koska tällöin seniori voi itse vaikuttaa valvonnan toimintaan. Tällainen valvontamuoto on esimerkiksi kulkukortti. Seniori voi aivan hyvin jättää kortin laittamatta lukulaitteeseen niin halutessaan, jolloin valvontajärjestelmän antama tieto ei ole enää luotettava.

Kamerat, liiketunnistimiet ja muut selvästi näkyvät valvontalaitteet herättävät närkästystä ja luovat tunteen valvonnan alla olemisesta. Valvonnan pitäisi siis olla mahdollisimman huomaamatonta. Kun kaikki ylimääräiset ja näkyvät laitteet karsitaan pois, jäljelle ei jää montaa vaihtoehtoa ratkaisuksi ongelmaan.

Yksi mahdollinen toteutustapa on toteuttaa valvonta sähkömittarilla. Kaikki elektroonisten laitteiden kuluttama sähkö kulkee sähkömittarin läpi, koska sen tarkoitus on mitata laitteiden kuluttama sähkö. Näin ollen, laitteiden käyttöä, eli asukkaan normaalia päivittäistä toimintaa, pystytään valvomaan sähkövirrasta siihen tarkoitettulla sähkömittarilla. Tällöin valvonta on täysin näkymätön ja huomaamatonta, eikä mitään näkyviä asuntoon erikseen asennettavia laitteita tarvita. Sähkömittari asennetaan normaalisti sähkökeskukseen, joka ei ole näkyvillä.

Tämän työn tavoitteena oli tehdä toimiva ja hyvin skaalautuva järjestelmä kiinteistötaason seniorivalvontaan. Järjestelmä tarjoaa valvontainformaatiota sähkömittareilta järkevässä, helposti käsiteltävässä muodossa ja sen avulla pystytään valvomaan useita eri kohteita yhtä aikaisesti etänä lähiverkon yli.

Työn tarkoitus on myös avata seniorivalvontaa kokonaisena konseptina siitä, miten sähkömittarin antamaa valvontadataa tulisi lukea tehokkaasti ja miten sitä voi hyödyntää juuri seniorivalvonnassa.

Aluksi työ käsittelee jo olemassa olevia tapoja ja tuotteita, joita seniorivalvontaan on suunniteltu ja vertailen niitä sähkömittarilla tapahtuvaan valvontaan. Vertailun jälkeen työ käsittelee itse sähkömittaria ja mitä kaikkea sähkömittarin käyttäminen seniorivalvonnassa mahdollistaa ja mitä etuja, hyötyjä, rajoitteita ja haittoja siitä on. Kun itse valvontalaite on esitelty, työ luo katsauksen sähkömittarien luentaan ja valvontajärjestelmään kokonaisuutena.

Kun kaikki järjestelmän vaatima laitteisto on esitelty, siirrytään työssä tarkastelemaan sähkömittarin tarjoamaa dataa. Sitä mitä yksittäisen laitteen tunnistaminen on, miten se tapahtuu ja millä tarkkuudella tämä pystytään tekemään. Yksittäisen laitteen tunnistamisesta siirrytään seniorin toiminnan tunnistamiseen ja useamman tekijän liittämiseen yhteen valvonnan mahdollistamiseksi.

Sähkömittari soveltuu seniorivalvontaan erittäin hyvin, vaikka se ei täysin varmaan laitteiden tunnistukseen ylläkään. Sähkömittarin valvonnan tavoitteena on mitata seniorin toimintaa, johon riittää tieto siitä, että tiettyjä sähkölaitteita on käytetty päivän aikana.

2 Seniorivalvonta

Tässä luvussa käsitellään seniorivalvontaa yleisesti. Esitellään muutamia olemassa olevia ratkaisuja ja vertailen niitä sähkömittarilla tapahtuvaan valvontaan. Tarkastellaan itse sähkömittaria, sen tarjoamaa tietoa ja sen soveltuvuutta valvontalaitteeksi. Avataan hieman metodeita, joilla sähkömittarin antamaa dataa voidaan tulkita.

Valvonta ärsyttää ihmisiä, oli kyse sitten liikenteen, kotiintuloaikojen tai Facebookin harjoittamasta käyttäjien valvonnasta. [9] Kaikkia tämä valvonta ei ärsytä tai edes kiinnosta millään tasolla, mutta pääasiallisesti valvonta tulisi toteuttaa mahdollisimman huomaamattomasti, jotta mahdolliselta ärsyyntymiseltä vältyttäisiin.

Senioreiden valvonta ei poikkea tässä tapauksessa mitenkään muusta valvonnasta, joten näkymättömyys ja huomaamattomuus valvonnassa on ensiarvoisen tärkeää. Senioreiden kohdalla voidaan myös puhua arvostuksesta ja kohteliaisuudesta, kun valvonta toteutetaan mahdollisimman asiallisesti.

Monet seniorit haluavat olla omassa kodissaan mahdollisimman pitkään ja karttavat laitoshoittoa, kunnes muutto on pakollinen, joko terveydellisistä tai henkisistä syistä. Jo taajama-alueilla asuvat seniorit kaipaavat omaa taloa ja omaa pihaa, jota hoitaa. Kaikki oma tuntuu tutulta ja turvalliselta. Silloin tietää tarkalleen mitä taloon kätkeytyy, eikä epäluuloille jää sijaa. [10]

Varsinkin edellä mainitusta ympäristöstä palvelutaloon muuttava seniori karsastaa koko paikkaa, jossa valvontalaitteita pursuaa joka paikasta ja tunnelma on kuin laboratorion testihenkilöllä. Ensivaikutelman on oltava kodikas ja mukava, jotta seniorin on helpompi sopeutua palvelutaloon. [11]

2.1 Valvontaratkaisut

Suomessa seniorivalvonta on uusi käsite, eikä varsinaisia kokonaisvaltaisia tuotteistettuja järjestelmiä juuri tähän tarkoitukseen ole vielä tarjolla. Muualla maailmalla kehitys on paljon pidemmällä ja loppuun asti tuotteistettuja järjestelmiä on enemmän tarjolla. Seuraavaksi esitellään muutamia järjestelmiä ja vertaillaan niitä sähkömittarilla tapahtuvaan seniorivalvontaan.

Turvapuhelin on yksi seniorivalvonnan muoto, joka on käytössä myös Suomessa. Turvapuhelin asennetaan normaalin lankapuhelimen yhteyteen tai sitä voidaan käyttää GSM-verkossa (*Global System for Mobile Communications*). Turvapuhelimella voi avata puheyhteyden yhdellä napin painalluksella suoraan auttavaan tahoon, jolloin turvapuhelimen käyttö on yksinkertaista ja helppoa. Tällöin avun tarpeessa olevan seniorin ei tarvitse keskittyä laitteen käyttöön, vaan itse ongelman kertomiseen ja avun saantiin. Turvapuhelimeen kuuluu myös kellomainen ranneke, jossa on niin ikään vain yksi nappi, jota painamalla puheyhteys avautuu auttavaan tahoon, kuten turvapuhelimenkin painikkeesta. [12]

Turvapuhelimen suurin ongelma on seniori itse. Turvapuhelimen toimivuus perustuu senioriin ja hänen tapaansa toimia. Tällöin seniorin on itse tehtävä päätös siitä, painaako hän hälytysnappia vai ei. Siinä missä turvapuhelimen napin painaminen on helppoa, päätöksentekonapin painamiselle ei välttämättä ole. On myös mahdollista, ettei seniori ole kykeneväinen tapaturman sattua painamaan nappia, jolloin turvapuhelimen valvontamekanismi pettää kokonaan. [13]

Vaihtoehtoinen ranneke-tyyppinen ratkaisu on niin sanottu hyvinvointiranneke. Hyvinvointiranneke valvoo seniorin liikkeitä ja esimerkiksi ihon lämpötilaa. Seniorin käden liikkeiden perusteella hyvinvointiranneke voi päätellä, onko seniorilla kaikki hyvin ja onko hän aktiivinen. Hyvinvointiranneke ei sisällä nappia, jota pitäisi erikseen painaa, vaan se tekee hälytyksen, kun seniori ei ole liikkunut ennalta määriteltyn aikaan. [13]

Hyvinvointirannekkeesta on olemassa myös RFID:tä (*Radio-Frequency Identification*) hyödyntävä versio. RFID:tä käyttävän rannekkeen tai vaatekappaleen tarkoitus on valvoa seniorin liikkeitä ja jopa tunnistaa orastava dementia. [14] [15]

Hyvinvointiranneke ei ole täysin ongelmaton ratkaisu. Rannekkeen lähettämät tiedot seniorista, antavat senioreille ikävän tunteen yksityisyyden loukkaamisesta ja valvonnasta. Hyvinvointirannekkeen on myös oltava tiukalla, jotta se pysyisi paikallaan ja pystyisi mittaamaan ihon lämpötilaa. Tiukka ranneke saattaa aiheuttaa mustelmia ja turvotusta senioreille. [13]

Molempien ranneke-tyyppisten ratkaisujen ongelmana on myös se, että seniori tarvitsee rannekkeen. Rannekkeita ei voi pitää suihkussa, koska ne eivät siedä vettä ja myös astioita tiskattaessa rannekkeen kanssa saa olla tarkkana. Näiden faktojen valossa sähkömittarin rannekkeeton valvonta on huomattavasti parempi ratkaisu. [13]

Seniorivalvonta voidaan toteuttaa myös, ilman senioriin kiinnitettäviä laitteita, erilaisia sensoreita käyttäen. Monenlaisia sensoreita asennetaan eri puolille seniorin asuntoa, jotta seniorin liikkeistä saataisiin mahdollisimman kattava kuva. Sensoreita voivat olla esimerkiksi liike-, ovi- tai vesitunnistimia. Hyvä esimerkki tällaisesta järjestelmästä on BeCloseTM. [16]

Sensorien avulla toteutetussa valvonnassa ongelmaksi muodostuvat itse sensorit, niiden asennus ja näkyvyys. Edellä mainitussa BeCloseTM-järjestelmässä on kuusi erilaista sensoria, hälytyspainikkeet sekä tukiasema sensoreille. [16] Järjestelmän tuottamat hälytykset tulevat tuotteen omaan järjestelmään, jolloin tuotteen integrointi muihin järjestelmiin ei ole helppoa.

Seniorivalvonta voidaan toteuttaa ilman näkyviä sensoreita erityisen turvalattian avulla. Turvalattiassa näkyvä lattiapinta on valvova elementti. Koska se on normaali sisustuksellinen elementti, ei turvalattiaa erottaa normaalista lattiasta. Näin ollen, näkyviä ja häiritseviä valvontalaitteita ei ole tässä ratkaisussa. [17]

Turvalattian etu edellä mainittuun sensorivalvontaan on näkyvien valvontalaitteiden puuttuminen ja tarkka seniorin paikantaminen asunnossa, mutta turvalattian asentaminen jälkikäteen on erittäin hankalaa ja aikaa vievää. Koko asunnon lattian uudelleen asentaminen aiheuttaa kohtuuttoman paljon haittaa asunnossa asuvalle seniorille.

Sähkömittarin täysin sensoriton ja näkymätön valvonta on järkevämpi ratkaisu, kuin yksikään edellä mainituista, koska se on asukkaan ja valvojan osapuolen kannalta mielekkäämpi ratkaisu. Mikäli valvonta toteutetaan kiinteistöön, sähkömittarin etuihin voidaan lukea myös se, että se pystyy valvomaan kolmea asuntoa, siinä missä sensorit, turvapuhelimet ja -lattiat pitäisi asentaa jokaiseen asuntoon. Sähkömittarin data tarjotaan standardoidussa muodossa, joten datan saaminen ja integroiminen valvojan osapuolen omiin järjestelmiin on helpompaa kuin suljettujen järjestelmien.

Edellä mainituista huomattavista eduista ja hyödyistä, joita sähkömittarilla on verrattuna markkinoilla jo oleviin ratkaisuihin, huolimatta sähkömittari ei ole ratkaisu kaikkiin ongelmiin, eikä kaiken tyyppisiin ongelmiin. Seuraavaksi käsitellään tarkemmin mikä on sähkömittari ja kaikkia sen tarjoamia valvontamahdollisuuksia.

2.2 Sähkömittari

Sähkömittari on laite, joka mittaa sen läpi kulkevaa sähköä. Tavallinen sähkömittari osaa mitata vain sähkön kulutusta, eikä sen edes tarvitse ottaa mitään muuta huomioon. Sähkömittareita valmistetaan sekä kolmi- että yksivaiheisina. Seniorivalvontaan tavallinen sähkömittari ei kuitenkaan riitä.

Seniorivalvonnassa sähkömittarina toimii MX Electrix Oy:n suunnittelema ja valmistama EDFTL 4605 sähkömittari, joka on esitetty kuvassa 1. Tästä eteenpäin sähkömittari viittaa aina edellä mainittuun MX Electrix Oy:n sähkömittariin ellei toisin mainita. MX Electrix Oy on valmistanut sähkömittareita jo 90-luvun alusta lähtien. Pääasialliset asiakkaat ovat tähän mennessä olleet sähkölaitoksia, joten seniorivalvonta on yrityksen uusi aluevaltaus.

Sähkömittarin ehdottomiin etuihin kuuluu sen näkymättömyys valvontalaitteena. Erillisiä valvontajärjestelmien asentamisia ei tarvita, eikä valvonnasta jää mitään senioria häiritseviä laitteita näkyville asuntoon. Molemmat osapuolet hyötyvät tästä ratkaisusta: erillistä laitteiston asennusta ei tarvita, joten senioria ei tarvitse häiritä laitteiston asennuksella ja seniori saadaan pidettyä tyytyväisempänä.

Toinen huomattava etu sähkömittarilla on se, että se on pakollinen hankinta jokaiseen asuntoon ja kiinteistöön. Jos asunto kuluttaa sähköä, kulutettu sähkö pitää mitata, jotta asiakasta pystytään laskuttamaan oikein. Sähkö laskutetaan aina kulutuksen mukaan, eikä kiinteähintaisesti, kuten esimerkiksi laajakaistat.



Kuva 1: Tutkimuksissa käytetty sähkömittari.

Koska sähkömittarin ja valvontajärjestelmän hankinnasta vastaa kiinteistön omistaja, pakettiratkaisu on huomattavasti parempi kuin erillisten järjestelmien hankkiminen. Sähkömittari siis integroi kaksi toimintoa itseensä: pakollisen energian kulutuksen mittauksen sekä asunnon sähkölaitteiden käytön valvonnan eli tässä tapauksessa seniorivalvonnan.

Sähkömittari on myös mahdollista lukea etänä. Etäluettava sähkömittari on pakollinen sähkölaitoksien asiakkaille, mutta yhtä hyvin etäluettavaa sähkömittaria voidaan käyttää suuren kiinteistön sisällä. Seniorivalvonnassa sähkömittari etäluetaan Ethernetin yli ja tätä varten sähkömittarissa on standardin mukainen RJ-45 liitin. Nykyaikaisissa kiinteistöissä lähiverkko on vakiovaruste, joten Ethernet on luonteva tapa siirtää tietoa sähkömittareilta. [18]

Kun sähkömittarit pystytään lukemaan keskitetysti, myös seniorivalvonta hoituu samalla keskitetysti. Muutoin sähkömittarien tiedot tulisi käydä lukemassa paikan päällä, jolloin suurin hyöty koko valvontajärjestelmästä katoaisi. Valvontajärjestelmän tulee olla etävalvottava ja MX Electrix Oy:n valmistaman sähkömittarin kanssa tähän päästään Ethernetin yli.

Sähkömittari pystyy havaitsemaan myös rikkinäiset laitteet asunnoista. Sähkömittarin tekemät havainnot sähköverkosta ovat niin laajamittaiset, että yksittäisen laitteen aiheuttamat poikkeamat ja säröt sähköverkkoon voidaan havaita. Myös tämä on yksi huomattava hyöty sähkömittarin käytössä.

2.2.1 Tietotyypit

Sähkömittari tarjoaa neljä erilaista tietotyyppiä: mittausjakso, tapahtumat, lokikirjaukset ja hälytykset. Mittausjaksot sisältävät tiedot sähkön kulutuksesta, tapahtumat ovat laitteiden synnyttämiä muutoksia sähköverkossa, lokikirjaukset ovat tärkeimmät sähkömittarissa itsessään tapahtuneet systeemitason tapahtumat ja hälytykset ovat sähköverkon epänormaaleista tiloista ilmoittavat viesti. Kaikilla

näillä on oma tarkoituksensa ja kaikki tieto haetaan sähkömittarilta analysoitavaksi.

Mittausjakso on kattava määrä keskiarvoja ja arvoja tietyltä ajanjaksolta. Sähkömittari mittaa sähkövirtaa koko ajan 100ms:n välein ja tekee näiden arvojen perusteella raportin. Oletuksena sähkömittari tekee raportin kymmenen minuutin ajalta. Raportti sisältää esimerkiksi keskiarvoistettut jännitesäröt, jännitekuopat, sähkökatkot sekä kokonaisenergian kulutuksen, joka ei ole keskiarvoistettu, aikajaksolta. Muita vaihtoehtoja mittausajanjaksolle ovat esimerkiksi tunneittain ja päivittäin. Arvo on täysin määriteltävissä.

Sähkömittari siis laskee kaikki arvot aina tietyin väliajoin, esimerkiksi kymmenen minuutin välein, jos oletuksena olevaa kymmenen minuutin jaksoa ei ole muutettu. Näiden arvojen perusteella pystytään analysoimaan myös sähkön laatua. Sähkömittari mittaa kaikki arvot jokaiselle vaiheelle erikseen, kokonaisenergioita lukuun ottamatta.

Mittausjakson arvot voidaan jakaa kahteen eri ryhmään niiden käyttötarkoituksen mukaan: energian kulutukseen ja sähkön laatuun liittyvät arvot. Energian kulutuksen mittaamiseen tarkoitettavat arvot on esitetty taulukossa 1 ja sähkön laadun mittaamiseen tarkoitettavat taulukoissa 2 ja 3.

Energian kulutuksen mittaamiseen tarvitaan pätö-, lois-, näennäistehon sekä jännitteen mittaamista vaiheittain. Siihen kuuluvat myös kokonaisenergian mittaus sekä pätö- että loistehon osalta. Sähkön laadun mittaamiseen tarvitaan tarkempia mittauksia sähkövirrasta ja jännitteen poikkeavuuksista, kuten vaihekohtaiset jännitesäröt ja jännite-epäsymmetria.

Sähkön laadulle on määritelty standardi SFS-EN 50160, jonka mukaista jakeluverkon sähkön tulee Suomessa olla. Sähkömittarin mittaamien arvojen perusteella sähkön laatu voidaan tarkistaa. Mikäli sähkön laatu ei täytä standardin vaatimuksia, on sähkön jakeluverkossa virhe, joka pitää korjata. [19]

Laitteiden käytöstä syntyvien tapahtumien, tästä eteenpäin tapahtumien, sisältö on hieman suppeampi verrattuna mittausjaksoon. Yksittäinen tapahtuma pitää sisällään esimerkiksi tapahtuman keston ja muutoksen pätö- ja loistehossa. Nämäkin tiedot tulevat vaiheittain, kuten mittausjaksossa, eli jokaiselle vaiheelle on omat arvonsa.

Tapahtumat luodaan edellä mainittujen 100ms mittausten perusteella. Sähkömittari mittaa sähköverkkoa koko ajan 100ms välein ja jos sähkömittari havaitsee näissä arvoissa riittävän suuren muutoksen, se rekisteröi tapahtuman. Muutoksen suuruutta on käsitelty luvussa 4.3.

Kaikki tapahtuman sisältämät arvot on esitetty taulukossa 4. Taulukosta voidaan huomata, että tapahtumien tunnistamiseen tarvitaan huomattavasti vähemmän arvoja kuin sähkön laadun mittaamiseen. Olennaisimmat arvot ovat pätö- ja loistehon muutokset.

Tapahtuman kesto ei tarkoita sitä, kauan jokin tietty laite oli päällä, vaan kauan sähköverkossa tapahtunut muutos kesti tämän tapahtuman osalta. Tällainen tapahtuma voi olla esimerkiksi jonkin laitteen päälle laittaminen. Jokainen sähköä käyttävä laite synnyttää sähköverkkoon muutoksen päälle ja pois laitettaessa.

Tapahtumat ovat kaikkein olennaisin tietotyyppi laitteiden käytön valvonnassa, koska niiden avulla sähköisten laitteiden käyttöä voidaan valvoa. Kokonaisenergian kulutuksen seuraaminen ei riitä, koska seniorin asunnossa voi olla koko ajan päällä olevia sähkölaitteita.

Olennaisinta juuri tämän sähkömittarin valinnassa seniorivalvontaan on edellä mainittu 100ms välein mittaaminen. Ilman näin nopeaa mittaamista, ei tapahtumia pystytä rekisteröimään, koska laitteen päälle kytkeminen on erittäin nopea tapahtuma. Muut markkinoilla olevat kuluttajakäyttöön tarkoitetut sähkömittarit eivät tästä syystä sovellu seniorivalvontaan ollenkaan.

Lokikirjaukset, tästä eteenpäin lokit, sisältävät olennaisimmat systeemitason tapahtumat mitä sähkömittarissa havaitaan. Näitä ovat esimerkiksi sähkömittarin käynnistyminen ja sammuminen. Sähkömittarin mennessä pois päältä lokiin jää siis merkintä. Sähkön kulutustietojen perusteella pystyi tunnistamaan sähkökatkot, mutta katkon voi vielä varmistaa lokeista, joissa näkyy sähkömittarin menneen pois päältä. Yleisimmät lokit on esitetty taulukossa 5. Mahdollisia lokikirjauksia on yli 200 kappaletta, joten kaikkien listaaminen tähän ei ole järkevää tai olennaista aiheen kannalta. Taulukon arvoista saa silti käsityksen siitä, mitä kaikkea sähkömittari lokiinsa kirjoittaa.

Sähkömittari tekee hälytyksen, jos se havaitsee sähköverkossa tapahtuneen häiriötilanteen. Hälytyksiä voi asettaa päälle tai pois, riippuen siitä tarvitaanko niitä asiakkaan kohteessa vai ei. Myös hälytyksen lähetystiet voidaan määrittää. Kohteesta riippuen, hälytys voidaan lähettää joko SMS- (*Short Message Service*), GPRS-viestinä (*General Packet Radio Service*) tai Ethernetiä pitkin. Sähkömittari havaitsee taulukossa 6 esitetyt häiriötilanteet. Taulukon arvoista saa käsityksen siitä, mistä kaikesta sähkömittari voi tehdä hälytyksen. Myös hälytysrajaa ja -viivettä voidaan vaihtaa tarpeen niin vaatiessa.

Sähkömittariin on mahdollista implementoida pieni osa seniorivalvonnan älykkyydestä hälytysten muodossa. Koska sähkömittari lähettää hälytykset suoraan asiakkaan haluamaan järjestelmään, esimerkiksi SMS:nä, saadaan apu järjestettyä seniorille nopeammin, kuin normaaliteitse.

Sähkömittari voi esimerkiksi tarkkailla tapahtumia ja niiden ilmenemistä. Sähkömittariin voidaan asettaa kellonaika, jolloin tapahtumia pitää tulla. Mikäli tällä välillä ei tapahtumia seniorin asunnosta tule, sähkömittari lähettää hälytyksen asiasta SMS:nä hoitohenkilökunnalle.

Taulukko 1: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin energian mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
P[W]	Pätöteho
Q[VA _r]	Fryzen loisteho
S[VA]	Näennäisteho
PL1[W]	L1 pätöteho
PL2[W]	L2 pätöteho
PL3[W]	L3 pätöteho
QL1[VA _r]	L1 loisteho
QL2[VA _r]	L2 loisteho
QL3[VA _r]	L3 loisteho
SL1[VA]	L1 näennäisteho
SL2[VA]	L2 näennäisteho
SL3[VA]	L3 näennäisteho
I _{max} L1[A]	L1 100ms:n maksimivirta
I _{min} L1[A]	L1 100ms:n minimivirta
I _{max} L2[A]	L2 100ms:n maksimivirta
I _{min} L2[A]	L2 100ms:n minimivirta
I _{max} L3[A]	L3 100ms:n maksimivirta
I _{min} L3[A]	L3 100ms:n minimivirta
EP+[10Wh]	Kokonaisenergia (+)
EP-[10Wh]	Kokonaisenergia (-)
EQ+[10VA _r h]	Kokonaisloisenergia (+)
EQ-[10VA _r h]	Kokonaisloisenergia (-)

Taulukko 2: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin sähkön laadun mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
f[Hz]	Taajuus
UL1[V]	L1 vaihejännite
UL2[V]	L2 vaihejännite
UL3[V]	L3 vaihejännite
IL1[A]	L1 vaihevirta
IL2[A]	L2 vaihevirta
IL3[A]	L3 vaihevirta
U12[V]	Pääjännite U12
U23[V]	Pääjännite U23
U31[V]	Pääjännite U31
UmaxL1[V]	L1 100ms:n maksimijännite
UminL1[V]	L1 100ms:n minimijännite
UmaxL2[V]	L2 100ms:n maksimijännite
UminL2[V]	L2 100ms:n minimijännite
UmaxL3[V]	L3 100ms:n maksimijännite
UminL3[V]	L3 100ms:n minimijännite
PstL1	L1 lyhyt välkyntäindeksi
PstL2	L2 lyhyt välkyntäindeksi
PstL3	L3 lyhyt välkyntäindeksi
DL1[%]	L1 jännitesärö
DL2[%]	L2 jännitesärö
DL3[%]	L3 jännitesärö
UdcL1[%]	L1 tasajännite
UdcL2[%]	L2 tasajännite
UdcL3[%]	L3 tasajännite

Taulukko 3: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin sähkön laadun mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
PFL1	L1 tehokerroin
PFL2	L2 tehokerroin
PFL3	L3 tehokerroin
QfL1[%]	L1 perusaallon loisteho
QfL2[%]	L2 perusaallon loisteho
QfL3[%]	L3 perusaallon loisteho
Dmax[%]	Jännitesärön maksimi
U2/U1[%]	Jännitte-epäsymmetria
U2/U1max[%]	Jännitte-epäsymmetrian maksimi
PFmin	Tehokerroin minimi
U0/U1[%]	Nollakomponentti
U0/U1max[%]	Nollakomponentin maksimi
U3L1[%]	L1 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U3L2[%]	L2 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U3L3[%]	L3 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U5L1[%]	L1 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U5L2[%]	L2 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U5L3[%]	L3 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U7L1[%]	L1 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
U7L2[%]	L2 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
U7L3[%]	L3 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
rejection	Vikatavu

Taulukko 4: Sähkömittarin tapahtuma-tietotyyppien arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
dT[s]	Tapahtuman kesto
PL1[W]	L1 pätöteho tapahtuman jälkeen
QL1[VAr]	L1 loisteho tapahtuman jälkeen
dPL1[W]	L1 pätötehon muutos tapahtumassa
dQL1[VAr]	L1 loistehon muutos tapahtumassa
UL1[V]	L1 vaihejännite
PL2[W]	L2 pätöteho tapahtuman jälkeen
QL2[VAr]	L2 loisteho tapahtuman jälkeen
dPL2[W]	L2 pätötehon muutos tapahtumassa
dQL2[VAr]	L2 loistehon muutos tapahtumassa
UL2[V]	L2 vaihejännite
PL3[W]	L3 pätöteho tapahtuman jälkeen
QL3[VAr]	L3 loisteho tapahtuman jälkeen
dPL3[W]	L3 pätötehon muutos tapahtumassa
dQL3[VAr]	L3 loistehon muutos tapahtumassa
UL3[V]	L3 vaihejännite

Taulukko 5: Yleisimmät sähkömittarin luomat lokikirjaukset ja niiden selitteet.

Lokikirjaus	Selite
CHK_RTC	Moduulin oman kellon tarkistus
MEAS. STARTED	Mittausjaksojen mittaaminen aloitettu
MEAS. STOPPED	Mittausjaksojen mittaaminen lopetettu
POWER ON/OFF	Virta päälle/pois
gsm_setup	GSM alustus
GSM MODULE: YES/NO	GSM-moduli liitetty kyllä/ei
GSM SIM CARD READY/ERROR	SIM-kortti valmis/vika
GSM SETUP OK/NOT OK	GSM alustus OK/ei OK
GSM REGISTERED/NOT REGISTERED	GSM rekisteröity/rekisteröimätön
NETWORK TIME OK/ERROR	Verkko aika OK/vika
Time corr. x s	Kelloa korjattu x sekuntia
Fuse OK/blown LX	Sulake OK/palanut vaiheelta X
MU alarm ON/OFF	Keskijännitehälytys päälle/pois
NL alarm ON/OFF	Nollajohdinvika päälle/pois
U2 alarm ON/OFF	Vastakomponenttihälytys päälle/pois
U0 alarm ON/OFF	Nollakomponenttihälytys päälle/pois
D alarm ON/OFF LX	Säröhälytys päälle/pois vaiheella X
PST alarm ON/OFF LX	Välkyntähälytys päälle/pois vaiheella X
OC alarm ON/OFF	Ylivirtahälytys päälle/pois
PD alarm ON/OFF	Tehosuuntahälytys päälle/pois
Low voltage LX ON/OFF	Alijännitehälytys päälle/pois vaiheella X
Over voltage LX ON/OFF	Ylijännitehälytys päälle/pois vaiheella X
WD alarm ON/OFF	Vaihejärjestyshälytys päälle/pois

Taulukko 6: Sähkömittarin havaitsemat häiriötilanteet ja niiden selitteet.

Häiriötilanne	Selite
Sulakkeen palaminen	Asiakkaan pääsulakkeen palaminen
Nollavika	Sähköverkon nollajohto poikki
KJ-johdon katkeaminen	20kV-jakeluverkon vaihejohdin poikki
Alijännite	Sähköverkon jännite liian matala
Ylijännite	Sähköverkon jännite liian korkea
Jännitteen kentän kiertosuunnan vaihtuminen	Jännitteen vaihejärjestys väärä

Suora hälytys sähkömittarilta valvontajärjestelmälle on huomattavasti välittömämpi tapa huomata ongelmatapaukset kuin tapahtumien analysointi, koska tapahtumat luetaan sähkömittariluentapalvelimelle vain tietyin väliajoin, jonka jälkeen tieto pitäisi vielä hakea mittariluentapalvelimelta ja sen jälkeen analysoida ja vasta analysoinnin perusteella voidaan tehdä hälytys. Tässä ajassa sähkömittari on ehtinyt lähettää jo monta hälytystä seniorin epätavallisesta käytöksestä. Mittariluentapalvelin on esitelty tarkemmin luvussa 3.1.

2.2.2 Valvontalaitteena

Kaikki kodinkoneet kuten kahvinkeitin, hella, uuni, vedenkeitin, mikro ja televisio ovat tuttuja laitteita monelle seniorille. Ne ovat myös laitteita, jotka kuuluvat päivittäiseen toimintaan. Ilman kahvia selviää, mutta ruoan laittaminen on pakollinen toimenpide päivittäin. Laitteen käytön valvominen sähköverkon kautta sähkömittarilla ei vaadi mitään erillisiä antureita seniorin asuntoon.

Vaikka liiketunnistimen piilottaisi asuntoon kuinka näkymättömästi tahansa, itse laitteen asennuksesta aiheutuva häiriö on jo omiaan aiheuttamaan mielipahaa siellä asuvalle seniorille. Sähkömittarin avulla tapahtuva valvonta on erinomainen tapa sekä seniorille että valvovalle osapuolelle, kun seniorit saadaan pidettyä tyytyväisinä ja heidän olonsa hyvänä.

On silti otettava huomioon, että sähkömittarilla tapahtuva valvonta ei ole ratkaisu kaikkeen. Sähkömittarilla pystytään valvomaan vain sähköä kuluttavien laitteiden käyttöä, eikä seniorin toimintaa tarkemmin. Tarkoitus ei olekaan tarkkailla seniorin elintoimintoja, kuten sydämen sykettä, vaan normaalia päivittäistä toimintaa. Ne seniorit, joille elintoimintojen tarkkailu on tarpeen, on täysin omat valvontajärjestelmänsä ja myös hoitajan tarve on täysin erilainen.

Sähkömittarilla on tarkoitus valvoa itseksensä toimeentulevia senioreita. Hyvä esimerkki on orastavasta dementiaasta kärsivä seniori, joilla hella saattaa jäädä ajoittain päälle. Sähkömittarilla on siis tarkoitus tarkkailla selviämistä päivittäisistä askareista ja akuutimmat tapaukset vaativat tarkempaa huolenpitoa. Tämä tuo merkittäviä etuja hoitajien töiden keskittämisessä niille senioreille, jotka apua enemmän tarvitsevat.

2.3 Valvontametodit

Koska sähkömittarilla tarkkaillaan vain laitteita ja niiden käyttöä, täytyy sähkömittarin antamaan informaatioon soveltaa hieman erilaisia tulkintametoja kuin esimerkiksi sykemittarin antamaan tietoon. Vedenkeittimen käyttämälle energialle ei voida asettaa tiettyä rajaa, joka sen tulisi kuluttaa joka kerta kun sitä käytetään. Sen sijaan laitteiden tunnistamista voidaan käyttää esimerkiksi rutiinien ja syy-seuraus-suhteiden kartoittamiseen.

Monella ihmisellä on jonkinlaisia rutiineja. Ne tuovat säännöllisyyttä elämään, joka taas luo turvallisuuden tunnetta. Seniorilla turvallisuuden tunne kaikkien terveyshuolien keskellä on erittäin tärkeä tunne. Säännöllisyys tuo mukanaan myös rytmin, joka luo tuttuuden tunnetta jokaiseen päivään. Kun päivän saa vietyä läpi tutusti ja turvallisesti, mielenrauha säilyy.

Rutiinit ovat suhteellisen säännöllisiä tapahtumia, joita seniori tekee päivittäin. Jokainen päivä ei tietenkään ole täysin samanlainen, joten poikkeuksiakin saattaa päivittäisessä toiminnassa tapahtua. Jos seniorilla on esimerkiksi käymässä vieraita, voi normaali päivittäinen rutiini siirtyä tai jopa jäädä kokonaan tekemättä. Rutiinin rikkoutuessa tarkastuskäynti voi olla tarpeen. Rutiinien luominen kannattaa tehdä vain varmasti kellon ajasta riippuville tapahtumille. Laitteiden käytön osalta rutiineja on tarkasteltu tarkemmin luvussa 5.2.

Syy-seuraus-suhteet ovat myös hyvä tapa tehdä päätelmiä seniorin sähkölaitteiden käytöstä rutiinien lisäksi. Näissä tapauksissa pyritään havaitsemaan jokin syy sille, että jokin laite jäi päälle tai miksi jotain laitetta ei ole käytetty laisinkaan. Hyvä esimerkki tällaisesta tilanteesta on se, että jokin laite on päällä, vaikka asunnossa ei ole ollut muuta toimintaa pitkään aikaan. Tällöin laite on saattanut jäädä vahingossa päälle seniorin huomaamatta. Näissä tapauksissa on hyvä käydä tarkistamassa, että seniorilla ei ole hätää ja ettei laite aiheuta enempää vahinkoa, kuin hieman isomman sähkölaskun.

Laitteiden yleisesti käyttämää sähkön määrää voidaan myös tarkkailla ja vertailla eri senioreiden kesken. Tällaisia isompia sähkön kuluttajia, joita on hyvä seurata, on esimerkiksi lattialämmitys. Mikäli jossain asunnossa lattialämmityksen kulutus on huomattavasti suurempi kuin muissa asunnoissa, on seniori saattanut vahingossa säätää lattialämmityksen isommalle, eikä välttämättä osaa säätää sitä takaisin tai ei muista säätäneensä lattialämmitystä.

2.4 Sähkön hinta

Sähköä laskutetaan nykyään kuluttaja-asiakkailta kulutettujen kilowattituntien perusteella. Kilowattitunti tarkoittaa käytännössä sitä, että asiakas kuluttaa yhden kilowatin verran sähköä tunnin ajan. Kuluttajan sähkösopimuksessa on sovittu kiinteä hinta kilowattitunnille ja tämän mukaan kuluttajaa laskutetaan. Tätä menetelmää kutsutaan tasahintaiseksi laskutukseksi. Tilanne on kuitenkin muuttumassa.

Energian kulutuksen seurannan osalta sähkömittari on myös normaalia tarkempi. Kuten edellä mainitsin, kulutusta pystytään seuraamaan jopa kymmenen minuutin jaksoissa. Kulutuksen tarkempi seuranta alkaa olla ajankohtainen asia, koska sähkön hinta on muuttumassa tasahintaisesta tuntiperusteiseksi. Tällaista laskutusmuotoa tarjotaan jo nyt asiakkaille. Tasahintainen sähkö jää vuoden 2013 loppuun mennessä pois vaihtoehtoista ja sähköyhtiöt siirtyvät kokonaan tuntiperusteisen sähkön tarjoamiseen kuluttaja-asiakkaille. [20]

Tuntiperusteisen sähkön hinta saattaa muuttua tunneittain, siinä missä tasahintainen sähkö on aina yhtä kallista kilowattituntia kohden. Silloin asiakkaan on hyvä miettiä käykö saunassa tai tekeekö ruokaa juuri sillä kalliilla tunnilla vai odottaako seuraava hieman halvempaa tuntia.

Tuntiperusteista sähkön hintaa voi verrata liikenteen ruuhkamaksuun. Kuluttajia pyritään jakamaan tasaisemmin eri ajanjaksoille ja näin vältettäisiin hetkelliset piikit sähkön kulutuksessa. Samoin ruuhkamaksu pyrkii vähentämään liikennettä ruuhka-aikaan, jolloin liikenne sujuisi myös ruuhka-aikana miltei saumattomasti.

Hetkelliset ja suuremmat piikit sähköverkon kuormassa kuluttavat sähköverkkoa, joten niitä tulee välttää. Ruuhkamaksuista huolimatta, liikennettä on ruuhka-aikaan. Esimerkiksi Lontoon ruuhkamaksun arvioidaan vähentäneen ruuhkia noin 26%:lla, joten korkeasta hinnasta riippumatta suurimmat ruuhkat ja huiput kulutuksessa tulevat silti samaan aikaan. Tuntiperusteinen hinta pyrkii mahdollisimman pienempään hetkelliseen kuormaan, mutta ei kykene poistamaan sitä kokonaan. [21]

Tuntiperusteinen sähkön hinta tulee sähköpörssistä, jossa sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaan. Sähköyhtiöt ostavat sähkönsä sähköpörssistä ja ne maksavat sähköstä tuntiperusteisen markkinahinnan. Siirtymä tuntiperusteiseen sähköön on siis täysin luonnollinen, jossa sähköyhtiöt vyöryttävät koko ajan kallistuvan sähkön hinnan loppukäyttäjille. Tasahintainen sähkö on vain jäännös, joka tulee poistumaan käytöstä. [22]

Suuremmille kiinteistöille jo pieni muutos yksittäisen asiakkaan sähkön kulutuksessa on merkittävä, koska se kertautuu asiakkaiden lukumäärän mukaan. Tästä syystä myös tarkempi sähkölaitteiden valvonta ja mittaaminen on tärkeä osa seniorivalvontaa ja kokonaisen kiinteistön sähkön kulutuksen tarkempaa mittaamista.

2.5 Yhteenveto

Senioreiden valvontaa ei kannata toteuttaa miten tahansa. Valvonnan tulisi olla mahdollisimman huomaamatonta ja seniorin henkisen hyvinvoinnin huomioon ottavaa. Kaikenlaisten näkyvien valvontalaitteiden olemassa olo häiritsee ja närkästyttää senioreita, joten niitä tulee välttää.

Sähkömittarilla tapahtuva senioreiden valvonta on huomattavasti ja monella tapaa parempi ratkaisu kuin markkinoilla jo olevat tuotteet sähkömittarin näkymättömyyden ja helpon asennuksen ansiosta. Sähkömittari on tarpeeksi kehittynyt, että se kykenee toimimaan senioreiden valvontalaitteena.

Valvonnan ohessa sähkömittarilla pystytään mittaamaan asunnon kokonaisenergian kulutus sekä sähkön laatu. Sähkön laadun on oltava kunnossa, koska huono sähkö saattaa vioittaa sähkölaitteita. Vain MX Electrix Oy:n valvostama sähkömittari kykenee riittävän nopeaan mittaukseen, jota tarvitaan seniorivalvonnassa, joten normaalit kuluttajille suunnatut sähkömittarit eivät seniorivalvonnasta suoriudu.

3 Luentajärjestelmä

Tässä luvussa käsitellään tarkemmin työssä suunniteltua ja ohjelmoitua luentajärjestelmää, joka kerää kaiken sähkömittareilta saatavan tiedon ja tarjoaa datan helpommin analysoitavassa muodossa asiakkaalle, sen eri komponentit ja tekniset valinnat.

3.1 Mittariluentapalvelin

Sähkömittari tarjoaa erittäin monipuoliset ominaisuudet ja se on luettavissa ja hallittavissa etänä, mutta luetaan ja hallintaan tarvitaan oma osapuolensa, joka on mittariluentapalvelin, tästä eteenpäin palvelin. Se kerää sähkömittareiden mittaamat tiedot yhteen tietovarastoon, josta tietoa on helpompi hakea ja käsitellä tarvittavalla tavalla. Tietovarasto on esitelty tarkemmin luvussa 3.2.

Palvelin ei ole kertakäyttöinen ohjelma, joka lukee yhden sähkömittarin kerrallaan ja lopettaa suorituksen tämän jälkeen. Palvelin on suunniteltu oikeaksi palvelinohjelmaksi, joka hakee sähkömittareilta tietoa, niin kauan kunnes ohjelma keskeytetään. Tietojen hakutiheyttä pystyy muuttamaan, jotta tiheys saadaan asetettua asiakkaan haluamalle tasolle. Kaikille sähkömittarin tarjoamille tietotyypeille on omat hakutiheysparametrit, koska sähköön kulutusta voidaan seurata vaikka päivittäin, mutta seniorin valvontaan liittyviin tapahtumiin pitää pystyä reagoimaan nopeammin.

Hakutiheys vaihtoehtoina ovat kaikki sellaiset ajat, joilla päivän minuutti- ja tuntimäärä ovat jaollisia. Minuuttitasolla vaihtoehtoina ovat esimerkiksi joka minuutti, joka toinen minuutti ja joka viides minuutti. Tuntitasolla vaihtoehtoina ovat esimerkiksi joka tunti, joka toinen tunti ja joka neljäs tunti. Palvelin laskee aina seuraavan hakuajan valitun tiheyden perusteella. Kun hakutiheyden laskeminen on toteutettu näin, tiedetään aina, milloin sähkömittarilta luetaan mitään tietotyyppiä.

Vaikka jokaisella sähkömittarilla ja jokaisella tietotyyppillä on oma hakutihensä, on erittäin todennäköistä, että useampi hakuprosessi alkaa täsmälleen samaan aikaan. Tästä syystä hakuprosessit on satunnaistettu, jolloin kaikki haut alkavat melkein valitun hakutiheyden mukaan. Tämä tarkoittaa sitä, että tarkkaan haku-aikaan lisätään satunnainen luku ja summan lopputulos on oikea haku-aika tiedolle. Tällöin palvelimen laskentateho on järkevämmän käytössä ja verkkoon ei tule äkillistä piikkiä datan määrästä. Tämä on tehokas ja järkevä tapa toteuttaa tiedon haut sähkömittareilta, koska muutamista sekunneista tiedon haku ei ole tässä tapauksessa kiinni.

Palvelin synkronoi sähkömittarien kellot päivittäin, koska sähkömittarin kello saattaa heittää hieman, eikä sähkömittarilla ole yhteyttä aikapalvelimiin. Mittausdatan kanssa kellon aika on erittäin tärkeä suure, koska muuten ei tiedetä, miltä ajanjaksolta kyseinen mittaustulos on.

Palvelin laskee kellon asettamisen yhteydessä myös RTT:n (*Round-Trip Time*) ja ottaa sen huomioon sähkömittarin kellon asettamisessa. RTT on se aika, joka kuluu viestin matkaamiseen edestakaisin palvelimen ja mittarin välillä. Mikäli RTT:tä ei otettaisi huomioon, palvelin asettaisi sähkömittarien kellot RTT:n verran pieleen, jolloin sähkömittarin kello olisi aina RTT:n verran jäljessä oikeaa aikaa.

Mikäli sähkömittarin kello jätättää tai edistää toistuvasti yli kaksi sekuntia päivän aikana, on sähkömittarissa oletettavasti vikaa. Tästä syystä suuremman heiton ilmetessä palvelin nollaa sähkömittarin. Jos nollaaminen ei auta, palvelin tekee sähkömittarista hälytyksen ja ilmoittaa sähkömittarin vikaantumisesta.

Palvelin pitää kirjata siitä, mitkä tiedot se on viimeksi miltäkin sähkömittarilta hakenut. Näin jo haettua tietoa ei haeta toiseen kertaan ja säästetään verkkoa, aikaa ja palvelimen laskentatehoa. Tietovarasto, jonne palvelin tiedot tallentaa, ei hyväksy kahta samanlaista riviä yhdessä taulussa, joten myös tietovarastoon kirjoittamisen helpottamiseksi tiedot haetaan sähkömittarilta vain kerran. Luvussa 3.2 on selvitetty, miksi edellä mainittu kirjoittaminen tietovarastoon ei ole mahdollista.

Jotta palvelimen toiminta olisi mahdollisimman tehokasta, jokainen luettava sähkömittari saa oman säikeensä, joka huolehtii sähkömittarin lukemisesta, hallinnasta ja tiedoista. Tällöin jokaisesta sähkömittarista huolehtii itsenäinen elementti, joka ei ole riippuvainen muista ohjelman osista. Täysin riippumattomien säikeiden tekeminen ei silti onnistunut, koska työssä käytetyt lisäkirjastot eivät olleet niin sanotusti säie-turvallisia. Kirjastot ja ohjelman luokat on esitelty tarkemmin luvussa 3.4.

3.2 Tietovarasto

Palvelin ei säilytä kaikkea dataa välimuistissa, vaan kirjoittaa sen onnistuneen tiedonhaun jälkeen tietovarastoon. Tietovarasto on toteuttu yleisesti käytetyllä relaatiotietokannalla, joka ei varsinaisesti ole tarkoitettu aikajaksoisen mittausdatan varastointiin. Relaatiotietokannassa jokaisella polulla on vain yksi lopputulos ja se viittaa johonkin tiettyyn asiaan. Tässä tapauksessa esimerkiksi samalla hetkellä ei saisi olla kuin yksi tapahtuma. Varteenotettavia jatkuvan aikajaksoisen mittausdatan varastointiin tarkoitettuja tietokantarakenteita ei ole, joten relaatiotietokanta saa täyttää tehtävän.

Nykyaikainen relaatiotietokanta on kuitenkin niin tehokas, että se suoriutuu tehtävästään hyvin. Ainoa ongelma on kirjoittaminen tietokantaan, joka on suhteellisen hidasta muihin operaatioihin verrattuna. Relaatiotietokanta onkin suunniteltu nopeita hakuja varten, eikä niinkään nopeaa kirjoittamista varten. Taulukoissa 7, 8 ja 9 on esitetty mittausperusteella todetut keskimääräiset ajat, jotka menevät sähkömittarin tietotyyppien kirjoittamiseen tietovarastoon.

Taulukko 7: Mittausjaksojen tietovarastoon kirjoittamiseen kuluva aika.

	Mittausjaksot [kpl]	Aika [ms]	Aika/Mittausjakso [ms/kpl]
	2402	306516	127,609
	2408	291434	121,027
	865	111782	129,228
	577	73843	127,977
	841	102410	121,451
	173	21584	124,763
Keskiarvo	1211	151216,50	125,34

Taulukko 8: Tapahtumien tietovarastoon kirjoittamiseen kuluva aika.

	Tapahtuma [kpl]	Aika [ms]	Aika/Tapahtuma [ms/kpl]
	308	5735	18,620
	308	6565	21,315
	308	6046	19,630
	145	3597	24,807
	308	6020	19,545
	320	6253	19,541
Keskiarvo	282,83	5702,67	20,58

Taulukko 9: Lokikirjauksien tietovarastoon kirjoittamiseen kuluva aika.

	Lokikirjaus [kpl]	Aika [ms]	Aika/Lokikirjaus [ms/kpl]
	75	335	4,467
	75	338	4,507
	10	160	16,000
	28	268	9,571
	87	417	4,793
	18	208	11,556
Keskiarvo	48,83	287,67	8,48

Mittaustuloksista nähdään, että mittausjakson tietojen kirjoittaminen on huomattavasti hitaampaa, kuin muiden tietotyyppien. Tämä voi muodostua yhdeksi mahdolliseksi pullonkaulaksi palvelimella, mutta vain teoreettisessa tapauksessa.

Oletuksena sähkömittarissa on kymmenen minuutin mittausjakso, jolloin tunnissa syntyy kuusi mittausjaksoa. Päivän aikana sähkömittari luo 144 mittausjaksoa, joiden kirjoittamiseen tietovarastoon menee aikaa noin 18 sekuntia. Tiedot siirretään aina haun jälkeen tietovarastoon ja jos palvelin on asetettu lukemaan sähkömittari tasatunnein, kestää tietojen kirjoittaminen tietovarastoon vajaan sekunnin. Vaikka palvelin olisi asetettu lukemaan sähkömittari vain päivittäin, ei yöaikaan 18 sekunnin viive ole merkittävä millään tasolla mittausjaksojen suhteen.

Tietovarasto toimii palvelimen toiminnan perustana. Kun palvelin käynnistyy, se hakee mittauspisteiden tiedot tietovarastosta. Mittauspiste sisältää sähkömittarin ja kyseisessä asunnossa asuvan asiakkaan, eli seniorin, tiedot. Jos ajon aikana halutaan tehdä muutoksia, kuten sähkömittarin tietojen päivittäminen, uuden mittauspisteen lisääminen tai mittauspisteen poistaminen, nämä muutokset tehdään tietovarastoon. Palvelin tarkistaa tiedot tunneittain ja tekee tietovarastoon tehdyt muutokset mittauspisteille. Jos tietovarastoon lisätään uusi mittauspiste, korkeintaan tunnin päästä palvelin tarkistaa muutokset ja tiedot luetaan uudelta sähkömittarilta ja kirjoitetaan tietovarastoon, johon kuluu aikaa vajaa sekunti.

Tapahtuman kirjaaminen tietovarastoon on noin kuusi kertaa nopeampaa kuin mittausjakson. Tapahtumien määrä tunnissa on riippuvainen ajankohdasta eli onko kyseessä päivä vai yö. Eniten tapahtumia syntyy päivällä, kun seniori toimii asunnossaan ja on aktiivinen. Palvelin hakee tapahtumat oletuksena sähkömittarilta noin viiden minuutin välein, jolloin tapahtumien kirjaaminen ei pääse aiheuttamaan hetkellistä ruuhkaa tietovarastolle.

Tapahtumien kirjaaminen muodostuu järjestelmän pullonkaulaksi, mikäli tapahtumien kirjaamiseen kuluva aika ylittää tapahtumien lukemisen aikajakson pituuden. Oletuksena, jokaisen sähkömittarin tapahtumat luetaan viiden minuutin välein. Koska oikea haku aika on viisi minuuttia ja siihen lisätty satunnainen aika, on kaikkien aikajakson tapahtumien kirjaamiseen aikaa noin viisi minuuttia.

Edellä mainittua 18 sekunnin aikaa, joka kuluisi kokonaisen päivän mittausjaksojen, 144 kappaletta, kirjaamiseen tietovarastoon, voidaan pitää pitkänä aikana tapahtumien valvonnan osalta. Tapahtumia tosin tarvittaisiin kuusinkertainen määrä eli 864 kappaletta. Tällöin viiden minuutin aikana ehdittäisiin kirjoittaa vain 16 sähkömittarin tapahtumat tietovarastoon.

Jos kiinteistössä on 150 senioriasuntoa, asuntojen yksivaiheiseen mittaamiseen tarvitaan 50 sähkömittaria. Jos jokainen sähkömittari kirjoittaa 18 sekuntia tapahtumia tietovarastoon, kirjoittamiseen kuluu aikaa kokonaisuudessaan 15 minuuttia. Tästä syystä 18 sekunnin aikaa voidaan pitää pitkänä aikana tapahtumien osalta.

Jotta 864 tapahtumaa ilmenisi viiden minuutin aikana, pitäisi sekunnin aikana tulla noin kolme tapahtumaa sähkömittaria kohden. Kun jokaista vaihetta kohden on yksi senioriasunto, jokaisen seniorin pitäisi tuottaa noin yksi tapahtuma sekunnissa. Tämä ei ole realistinen määrä, koska seniorin pitäisi kytkeä laitteita koko päivä sekunnin välein päälle ja pois.

Yksi esimerkki tapahtumien määrästä on esitetty kuvassa 9. Kyseisessä kuvassa tapahtumia esiintyy maksimissaan 50 tunnissa. Tällöin viiden minuutin aikana esiintyy keskimäärin noin 4 tapahtumaa, joka on 216 kertaa vähemmän, kuin edellä mainittu tilanne, jossa tapahtumien kirjoittaminen muodostuisi luentajärjestelmän puollonkaulaksi. Näin ollen, tapahtumien kirjoittaminen ei muodostu luentajärjestelmän pullonkaulaksi.

Keskimäärin viiden minuutin aikana syntyvien tapahtumien määrää ei voi yksiselitteisesti määrittää, koska keskiarvo riippuu niin paljon seniorista ja hänen päivittäisestä rytmistään. Jo esimerkiksi pesukoneen käyttö aiheuttaa suuren poikkeaman tapahtumien määrään, koska se synnyttää tapahtumia poikkeuksellisen paljon muihin laitteisiin verrattuna. Yksi esimerkkitapaus on esitetty kuvassa 9, jossa on esitetty tapahtumien määrä tunneittain.

Lokeja sähkömittari luo keskimäärin yhden päivässä, mikäli sähkömittarin toiminta on normaalia. Koska lokin kirjaaminen tietovarastoon on jopa noin 14 kertaa nopeampaa kuin yhden mittausjakson, ei lokien kirjaaminen ole myöskään ongelma.

3.3 Vikatilanteet

Vaikka tiedonhaku on satunnaistettu, saattaa pyynnössä silti tapahtua virheitä tai sähkömittari on kiireinen, mittausjakson arvoja laskiessaan, eikä ehdi vastaamaan pyyntöön. Tästä syystä palvelimelle on toteutettu uudelleenlähetysjärjestelmä. Mikäli sähkömittari ei vastaa viestiin tietyn ajan kuluessa, palvelin lähettää saman viestin uudelleen sähkömittarille.

Jos sähkömittari ei vastaa kahden uudelleenlähetysten jälkeen, palvelin toteaa yhteyden sähkömittarille katkenneen ja kyseisen säikeen toiminta lopetetaan ja sähkömittarin viallisuudesta lähetetään SNMP-viesti (*Simple Network Management Protocol*) asiakkaan järjestelmään. Asiakkaan tulee tarkistaa yhteyden toimivuus ja jos sen todetaan olevan kunnossa, tulee tarkistaa sähkömittarin vioittuminen.

Palvelin osaa myös reagoida sähkömittarin ilmoittamiin virhetilanteisiin, joita saattaa syntyä täysin normaaleissa toimenpiteissä. Sähkömittari saattaa ilmoittaa, että käsky on virheellinen, jolloin sama käsky lähetetään vain uudelleen, mutta uudelleenlähetysten määrä ei tällöin pienene, koska sähkömittari vastasi viestiin. Tällainen virhetilanne syntyy esimerkiksi silloin, jos palvelin pyytää tietoja samalla hetkellä kun sähkömittari on suorittamassa laskelmia mittausjaksosta.

3.4 Valitut teknologiat

Seuraavaksi on esitelty palvelimen toteutukseen valitut kielet, teknologiat ja protokollat, jonka jälkeen on esitetty palvelimen koodillinen rakenne.

- **Käyttöjärjestelmä:** Alustaksi palvelimelle valittiin Ubuntu 10.04 Lucid Lynx linuxin, koska käyttöjärjestelmä on käytössä Aalto yliopiston Otaniemen korkeakouluissa. Ubuntu tarjoaa myös parhaat kehitystyökalut valitulle ohjelmointikielelle. [23]
- **Ohjelmointikieli:** Ohjelmointikieleksi valittiin C++:n, koska se on vallitseva kieli tietoliikenneohjelmoinnin yliopistokursseilla. Se tarjoaa myös erinomaiset työkalut tietoliikenneohjelmointiin.
- **Säikeet:** Säikeet valittiin Linuxin prosessien sijaan, koska säikeiden hallinta ajon aikana on helpompaa kuin prosessien. Ohjelma sisältää myös globaaleja luokkia, joiden käyttäminen olisi prosessien osalta huomattavasti vaikeampaa kuin säikeiden, koska säikeiden tulee toimia yhteen näiltä osin. Myös muistinhallinta ja ohjelman käyttämän muistin määrä pysyy kurissa, kun ohjelma luo säikeitä prosessien sijaan.
- **Tietokanta:** Tietokannaksi valittiin MySQL:n, (*My Structured Query Language*), koska se on erittäin yleisesti käytetty ja suosittu tietokanta. Se toimii tehokkaasti ja skaalautuu hyvin palvelimen tarpeisiin. Relaatietietokanta ei ole suunniteltu mittausdatan varastointiin, mutta käytännössä se soveltuu tarkoitukseensa riittävän hyvin. [24]
- **Salaus:** Liikenteen salaukseen valittiin AES:n (*Advanced Encryption Standard*). Se on tehokas ja yleisesti käytetty standardi symmetriseen salaukseen. Sähkötietokannalta löytyy suoraan tuki AES:lle.
- **MySQL-kirjasto:** MySQL-kirjastoksi valittiin MySQL++ kirjaston. Se on suunniteltu C++:lla, joten sen implementointi projektiin oli helppoa. Kirjasto löytyy käännettynä Ubuntulle. Ainoa ongelma kirjastossa on, ettei se ole säieturvallinen. Tästä syystä ohjelma sisältää vain yhden globaalin luokan, joka käyttää tätä kirjastoa. [25] [26]
- **SNMP-kirjasto:** SNMP-kirjastoksi (*Simple Network Management Protocol*) valittiin SNMP++:n. Se on C++:lla tehty, joten se oli helppo implementoida projektiin. Kirjasto on pääsääntöisesti säieturvallinen, mutta yksi kirjaston luokista ei ole, joten ohjelma sisältää vain yhden globaalin luokan, joka käyttää tätä kirjastoa. [27] [28]
- **AES-kirjasto:** AES-kirjastoksi valittiin OpenSSL:n (*Open Secure Sockets Layer*). Se on Ubuntu:n natiivikirjasto ja sen käyttö ei vaadi mitään lisätoimenpiteitä, joita edellä mainitut kirjastot vaativat. OpenSSL on standardin mukainen ja luotettava kirjasto salauksen toteuttamiseen. [29] [30]

3.5 Palvelimen koodirakenne

C++ mahdollistaa luokkahierarkisen ohjelman rakenteen, joten koko koodiarkkitehtuuri perustuu luokkiin. Rakenteen suunnittelussa on siis käytetty olioperusteista lähtökohtaa. Luokkien välisiä sidoksia on esitetty kuvassa 2 ja tarkemmat luokkien kuvaukset on esitetty alla.

- **main:** Tämä on pääohjelma, joka luo *Eqlsrv*-olion ja käynnistää sen.
- **Eqlsrv:** Luokka on koko palvelimen pääluokka. Se hakee mittauspisteiden tiedot tietovarastosta ja käynnistää säikeet jokaiselle mittauspisteelle.
- **Meter:** Luokka vastaa yhden mittauspisteen lukemisesta ja hallinnasta. Jokainen *Meter*-olio ajetaan omassa säikeessään.
- **Parser:** Luokka sisältää kaikki *Meter*-olion tarvitsemat funktiot saamiensa pakettien parsimiseen ja tulkitsemiseen. Luokka kertoo mitä tyyppiä paketti on ja mitä tietoa se sisältää.
- **Sender:** Luokka sisältää kaikki *Meter*-olion tarvitsemat funktiot viestien lähettämiseen. *Sender* sisältää myös viestien salaukseen ja purkamiseen tarvittavat funktiot.
- **Resender:** Luokka vastaa uudelleenlähetyjärjestelmästä. Jokaisella *Meter*-oliolla on oma Resender-olio, joka lisää ja poistaa uudelleenlähetyksiä tilanteen mukaan.
- **Database:** Luokka sisältää kaikki tarvittavat funktiot tietovaraston käsitteilyyn. Ohjelma sisältää vain yhden globaalin *Database*-olion, koska sen käyttämä kirjasto ei ole säie-turvallinen. Luokka käyttää MySQL++-kirjastoa tietovarastokomentojen toteutuksessa.
- **Notifier:** Luokka sisältää kaikki tarvittavat funktiot SNMP-hälytyksien lähettämiseen. Ohjelma sisältää ainoastaan yhden globaalin *Notifier*-olion, koska sen käyttämä kirjasto ei ole täysin säie-turvallinen. Luokka käyttää SNMP-viestien lähetykseen SNMP++-lisäkirjastoa.
- **Logger:** Luokka sisältää kaikki tarvittavat funktiot lokien kirjaamiseen. Tämä luokka sisältää funktiot niin *Eqlsrv*-, *Database*- ja *Meter*-olioiden lokien kirjoittamiseen.

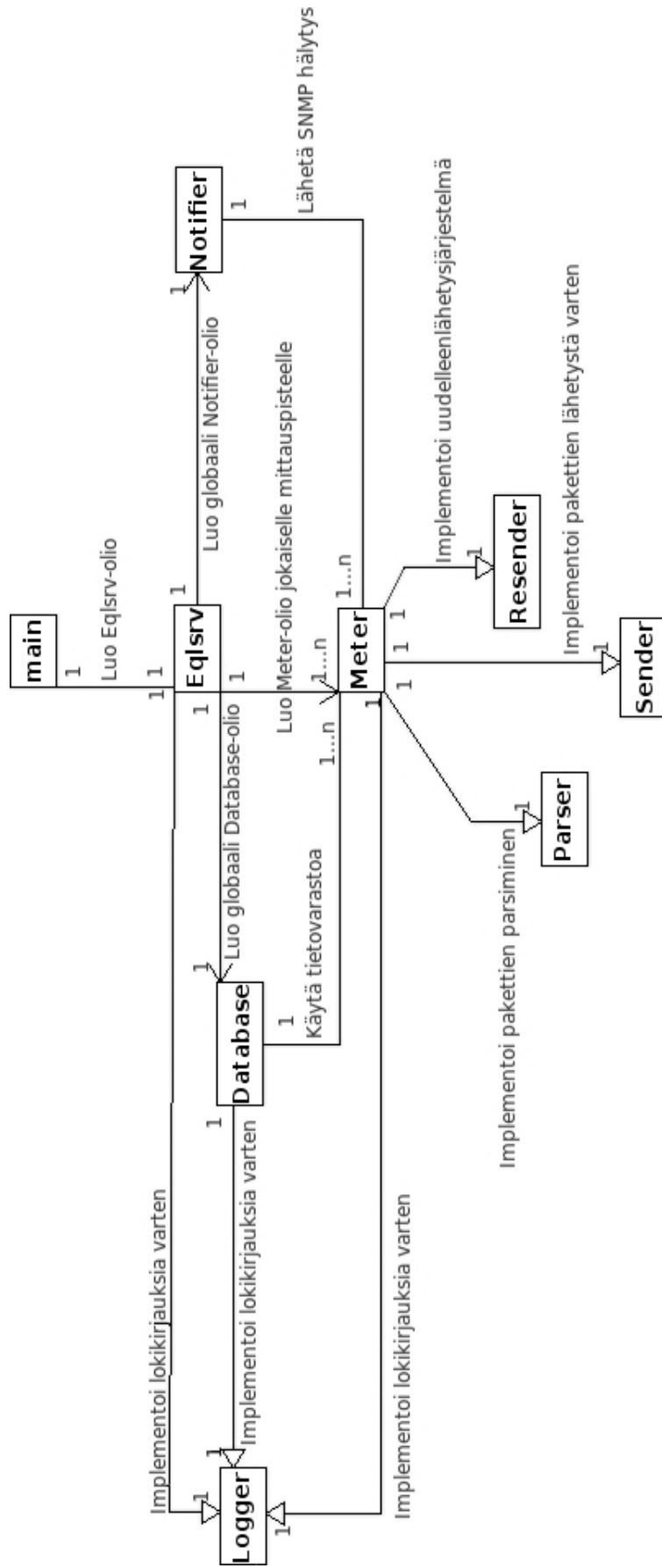
Koska jokaisella *Meter*-oliolla ei ole omaa *Database*- eikä *Notifier*-oliota, on näiden globaalien olioiden käytössä oltava pääsynhallinta, jotta eri säikeet eivät yritä käyttää samaa oliota yhtä aikaa.

Resurssienhallinta on näiltä osin toteutettu semaforeilla. *Database*- ja *Notifier*-olioille on omat semaforit, jotka huolehtivat säikeiden järjestyksestä päästä käsiksi näihin olioihin. *Eqlsrv*-olio huolehtii näiden semaforien alustamisesta ja määrittämisestä koko ohjelmalle sen käynnistyessä.

3.6 Muistinhallinta

Laadukas ja huolellisesti tehty ohjelma huolehtii itse resursseistaan jo ajon aikana, eikä jätä kaikkea käyttöjärjestelmän siivottavaksi ohjelman suorituksen loputtua. Koko palvelimen ohjelmoinnin ajan, palvelinta on ajettu *Valgrind* ohjelman sisällä. *Valgrind* analysoi ajettavan ohjelman käyttämää muistia ja ilmoittaa mahdollisista muistivuodoista. [31] [32]

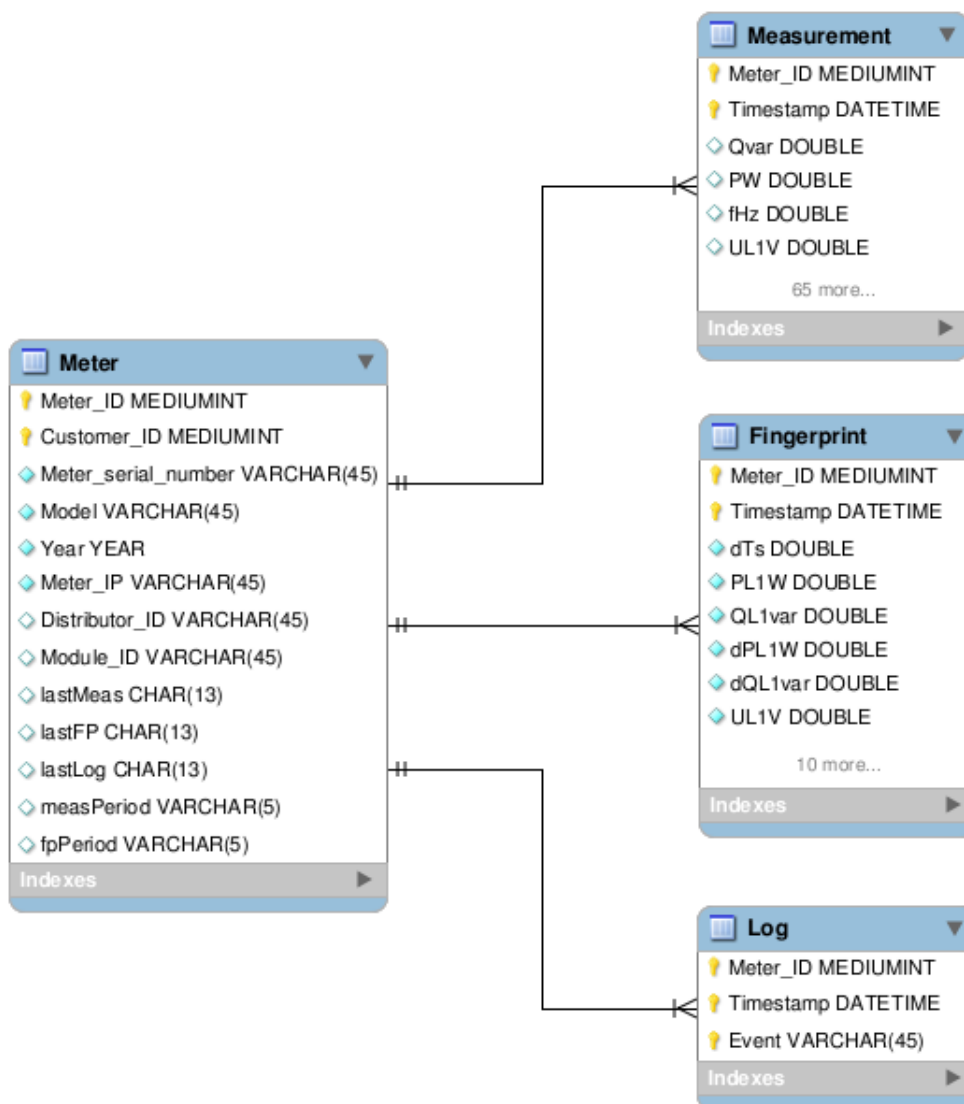
Palvelin hoitaa kaikki muistinhallintaan liittyvät asiat itse ja vapauttaa ajon aikana käyttämänsä muistit ennen suorituksen lopettamista. Myös säikeet vapauttavat käyttämänsä muistin kokonaan. Palvelin huolehtii myös ulkoisten kirjastojen muistinhallinnasta ja niiden käyttämän muistin vapauttamisesta. Palvelin ei siis vuoda muistia lainkaan.



Kuva 2: Ohjelmointiluokkien väliset yhteydet.

3.7 Tietovaraston rakenne

Tietovarasto sisältää neljä erilaista taulua: *Meter*-, *Measurement*-, *Fingerprint*- ja *Log*-taulun. Taulujen tarkemmat tiedot on esitetty myöhemmin tässä kappaleessa. Taulut on suunniteltu tietovarastoksi, joka sisältää aikasidonnaista mittausdataa. Tästä syystä aikaleima on valittu kaikissa mittausdatatauluissa yhdeksi avainarvoksi. Avainarvon tunnistaa muuttujan edessä olevasta keltaisesta avaimesta. Tietovaraston rakenne on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3: Tietovaraston rakenne.

Avainarvot määrittävät relaatiotietokannassa uniikin tunnisteen yhdelle riville kyseisessä taulussa. Kahdella eri alkiolla ei saa olla samaa tunnistetta, koska muutoin yksittäiseen riviin ei voida viitata yksiselitteisesti. Tästä syystä kaikissa

tauluissa on mittauspisteen tunniste, jotta samalle aikaleimalle pystytään lisäämään useampi rivi kaikkiin tauluihin. Toisaalta, ilman tunnistetta ei tiedettäisi, mille mittauspisteelle kyseinen rivi kuuluu, joten mittauspisteen tunniste on pakollinen siitäkkin syystä.

Mitään muita arvoja ei avainarvoiksi voida lisätä, koska kaikki loput arvot ovat täysin samanarvoisia toisiinsa nähden. Mikäli avainarvoja halutaan lisätä, tulisi kaikki loput arvot valita avainarvoiksi, joka taas ei ole millään tasolla järkevää. Mittausjakso sisältää niin monta arvoa, että avaimen pituus kasvaisi liian suureksi, jolloin tietovaraston käsittely hidastuisi ja koko kasvaisi. [33]

Koska muita arvoja ei voi laittaa tärkeysjärjestykseen, kuin järjestelmän asiakas, aivan kaikki sähkömittarin tarjoamat arvot kirjataan tietovarastoon. Näin asiakas voi itse määrittellä mitä tietoa hän haluaa analysoidavaksi, kun kaikki tieto on tarjolla. MySQL-kyselyt ovat yksinkertaisia ja niiden avulla on helppo hakea haluamansa tiedot esimerkiksi jokaiselle vaiheelle erikseen. Tarkemmat tiedot tauluista on esitetty alla.

- **Meter:** Taulu sisältää kaikki tarvittavat tiedot kaikista mittapisteistä ja niihin liitettyistä sähkömittareista. Yksi rivi on siis yksi mittapiste, joka sisältää yhden sähkömittarin. Tämän taulun rivien perusteella *Eqlsrv*-olio alustaa säikeet ja *Meter*-oliot aloittavat toimintansa. Yksittäisen rivin avainarvot ovat seuraavat:
 - **Meter_ID:** Mittauspisteen sähkömittarin tunniste.
 - **Customer_ID:** Mittauspisteen asiakkaan tunniste.
- **Measurement:** Taulu sisältää kaikki mittausjaksot, jotka *Meter*-oliot lukevat mittauspisteiltä. Yksittäinen rivi sisältää kaikki arvot, jotka yksittäinen mittausjakso sisältää. Yksittäisen rivin avainarvot ovat seuraavat:
 - **Meter_ID:** Mittauspisteen tunniste Meter-tilussa.
 - **Timestamp:** Mittausjakson aikaleima.
- **Fingerprint:** Taulu sisältää kaikki tapahtumat, jotka *Meter*-oliot lukevat mittauspisteiltä. Yksittäinen rivi sisältää kaikki arvot, jotka yksittäinen tapahtuma sisältää. Yksittäisen rivin avainarvot ovat seuraavat:
 - **Meter_ID:** Mittauspisteen tunniste Meter-tilussa.
 - **Timestamp:** Tapahtuman aikaleima.
- **Log:** Taulu sisältää kaikki lokikirjaukset, jotka *Meter*-oliot lukevat mittauspisteiltä. Yksittäinen rivi sisältää kaikki arvot, jotka yksittäinen lokikirjaus sisältää. Yksittäisen rivin avainarvot ovat seuraavat:
 - **Meter_ID:** Mittauspisteen tunniste Meter-tilussa.
 - **Timestamp:** Lokikirjauksen aikaleima.

3.8 Järjestelmän kuvaus

Sähkömittari siis asennetaan seniorin asuntoon ja se valvoo seniorin sähkön kulutuksen perusteella, että seniorin asunnossa on toimintaa ja että kaikki on seniorin osalta kunnossa. Palvelin hakee tiedot tietyin väliajoin ja tallentaa ne tietovarastoon, josta ne ovat helposti haettavissa analysoitavaksi.

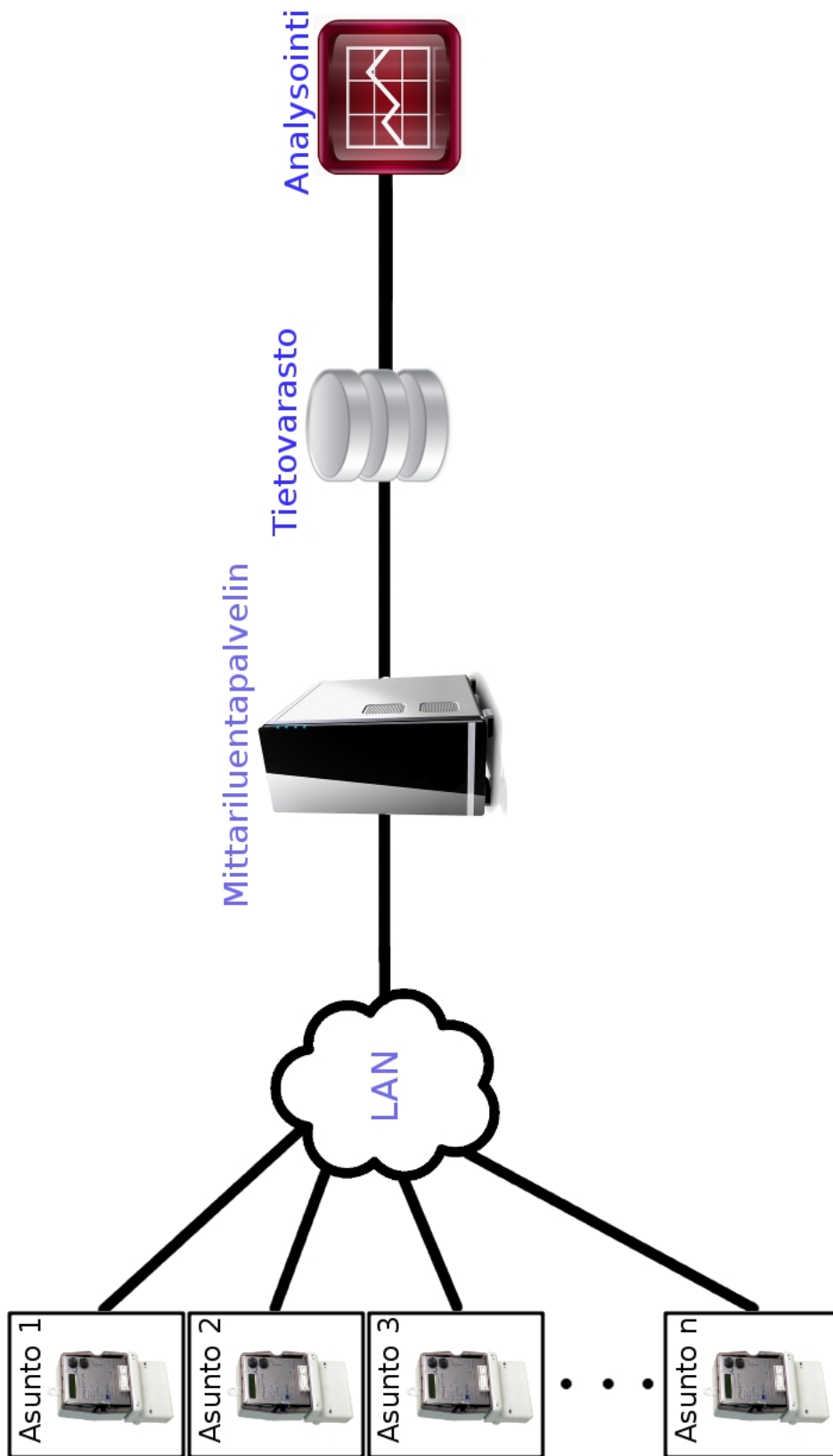
Kaikki järjestelmän komponentit on esitelty, joten nyt komponentit voidaan sulauttaa yhteen ja järjestelmä voidaan esittää toimivana kokonaisuutena. Järjestelmä on esitetty kiinteistötason ratkaisuna kuvassa 4.

Yksi sähkömittari voi mitata joko yhden kolmivaiheisen asunnon tai kolme yksivaiheista asuntoa. Sähkömittarin kannalta tällä ei ole mitään merkitystä, mutta asia on vain otettava huomioon, kun sähkömittarin mittausdataa analysoidaan. Tällöin on tiedettävä, tuleeko yhden sähkömittarin mittaamaa dataa tulkita vaiheittain vai kokonaisuutena kaikkia vaiheita tarkastellen.

Sähkömittarit on yhdistetty kiinteistön omaan lähiverkkoon, jota palvelin käyttää tiedonsiirtoon sähkömittarien ja itsensä välillä. Palvelin pystyy skaalautumaan myös useamman kiinteistön tarpeisiin, jolloin jokainen sähkömittari on lähiverkon kautta yhteydessä vielä julkiseen Internettiin ja sitä kautta vasta palvelimeen.

Kun palvelin on saanut dataa luettua onnistuneesti, se kirjoittaa datan tietovarastoon. Tietovaraston ei tarvitse sijaita samalla koneella tai edes samassa paikassa itse palvelimen kanssa, vaikka tietovarasto onkin kuvattu samassa asiayhteydessä palvelimen kanssa. Palvelin käyttää normaalia verkossa tapahtuvaa tiedonsiirtoa joka tapauksessa kommunikoidessaan tietovaraston kanssa.

Kun data on kirjoitettu tietovarastoon, se on valmis analysoitavaksi. Itse mittausjärjestelmä loppuu tähän rajapintaan ja datan analysointijärjestelmä on erillinen osa, joka hakee datan tietovarastosta normaaleja MySQL-kyselyjä käyttäen. Seuraava luku käsitteleeekin itse datan analysointia ja tulkintaa.



Kuva 4: Järjestelmä kiinteistöäson kokonaisuutena.

3.9 Yhteenveto

Tässä työssä esitelty luentajärjestelmä on hyvin skaalautuva ja tehokas säikeistetyn luennan ansiosta. Palvelin hallinnoi sähkömittareita ja lukee jokaista omassa säikeessään. Säikeistä huolimatta muistinhallinta on otettu huomioon ja se on palvelinohjelman osalta kunnossa.

Palvelin osaa käsitellä sähkömittarin luenassa tapahtuvat virhetilanteet ja selviää niistä uudelleenlähetyjärjestelmän avulla. Järjestelmän toimintaperiaate on, että viestit lähetetään sähkömittarille uudelleen ennalta määritetyn ajan kuluttua, mikäli sähkömittari ei vastaa palvelimelle.

Tietovarastoksi valittu MySQL on yleisesti käytetty ja tehokkaaksi todettu tietokanta, joka toimii vakaasti ja luotettavasti. Tietovarastossa mittausdata on helposti analysoitavissa ja koska kaikki tieto on saatavilla, asiakas voi määrittää itse, mitä tietoa haluaa analysoida.

Vaikka relaatiotietokantaa ei varsinaisesti ole suunniteltu mittausdatan analysointiin, tietovarasto toimii hyvin, koska se on suunniteltu varta vasten mittausdatan säilömistä varten. Tietovarastoon kirjoittaminen on huomattavasti hitaanpaa kuin sieltä lukeminen, koska relaatiotietokanta on suunniteltu tehokkaita hakuja silmällä pitäen.

Sähkömittarin tietotyyppien kirjoittaminen tietovarastoon ei muodostu koko luentajärjestelmän pullonkaulaksi, koska kerralla kirjoitettavan datan määrä ei pääse kasvamaan. Käytännössä seniorit eivät myöskään pysty tuottamaan niin paljon dataa, että sen kirjoittaminen muodostuisi pullonkaulaksi.

4 Laitteiden tunnistus

Tässä luvussa käsitellään yksittäisten laitteiden sähkön kulutusprofileja ja tunnistamista sähkömittarin tarjoamasta datasta ja minkälaisia ongelmia tässä esiintyy. Esitellään myös hieman sähkömittarin käyttämää tekniikkaa, jonka perustella sähkömittari luo tapahtumat. Lopuksi on esitetty laitteiden tunnistamiseen liittyvien rajojen laskemista testiolosuhteessa luotujen tapahtumien pohjalta.

4.1 Non-Intrusive Appliance Load Monitoring

Sähkömittari tunnistaa laitteita sähkövirrasta Hannu Pihalan tutkimalla NIALM-tekniikalla (*Non-Intrusive Appliance Load Monitoring*). Tekniikka perustuu laitteiden aiheuttamiin muutoksiin sähköverkossa ja näitä muutoksia analysoimalla on mahdollista tunnistaa laitteita, joita sähköverkossa käytetään. Ei-intrusiivinen tarkoittaa, että tunnistaminen ei tapahdu laitekohtaisilla analysointoreilla vaan keskitetysti eli tässä tapauksessa sähkömittarilla. [34]

Kun laite kytketään päälle, se synnyttää hetkellisen piikkimäisen muutoksen sähköverkon pätö- ja loistehoon. Hetken kuluttua piikki tasaantuu, jolloin laitteen aiheuttama kuorma sähköverkkoon tasaantuu. Kun laite on päällä, se kuluttaa koko ajan saman verran sähköä verkosta. Käytännössä NIALM analysoi laitteen synnyttämää hetkellistä piikkiä. Sähkömittari luo jokaisesta tällaisesta piikistä oman tapahtuman ja rekisteröi sen.

Kun laite kytketään pois, se synnyttää vastaavan piikin negatiivisena. Muutokset pätö- ja loistehossa ovat siis samat, mutta vain negatiivisena. Muutoksen jälkeen kuorma tasaantuu jälleen ja asettuu paikoilleen. Sähkömittari luo myös näistä piikeistä oman tapahtuman ja rekisteröi sen.

NIALM kutsuu näitä laitteiden synnyttämiä piikkejä sähköisiksi sormenjäljiksi. Tämä on siis synonyymi tässä työssä käytetylle termille tapahtuma. NIALM:ssa käytetyn termin takia esimerkiksi tietovaraston tapahtumia tallentavan taulun nimi on *Fingerprint*. Tietovaraston rakenne on esitetty kuvassa 3. [34]

4.2 Sähkön kulutusprofiilit

Tunnistaminen ei ole silti näin yksioikoista, koska kaikki laitteet eivät toimi niin suoraviivaisesta, kuin edellä on esitetty. Laitteet voidaan jakaa neljään eri kategoriaan sähkön käytön profiilin perusteella.[35] Profiilista riippuen, laite on joko helppo, vaikea tai jopa mahdoton tunnistaa sähkövirran muutoksien perusteella. Sähkölaitteiden profiilit ovat seuraavat:

- **Päälle/Pois:** Laitteella on kaksi mahdollista tilaa: päälle ja pois.
- **Säädettävä:** Laitteella on useampi mahdollinen tila: pois päältä sekä tehot 1, 2 ja 3 esimerkiksi.

- **Vaihtuva:** Laitteella ei ole kuin kaksi mahdollista tilaa, kuten *Päälle/Pois*-profiilissa, mutta laitteen käyttö aiheuttaa eri suuruisia kulutustapahtumia.
- **Muuttumaton:** Laite on aina päällä, eikä aiheuta minkäänlaisia muutoksia sähköverkkoon.

Näistä edellä mainituista sähkön kulutusprofiileista helpoin tapaus on siis *Päälle/Pois* profiili, jota edustavat esimerkiksi sähkölamppu ja vedenkeitin. Laitteiden synnyttämä piikki on aina samanlainen päälle pantaessa ja vastaava, mutta negatiivisena, pois pantaessa. Tällaisten samankaltaisten tapahtumien havaitseminen ja analysoiminen sähkövirrasta on helppoa, koska jokainen sähkömittarin luoma tapahtuma on joko laitteen päälle tai pois kytkentä.

Hyvä esimerkki *Säädettävästä* sähkölaitteesta on hella. Hellalla on useampia lämpötasoja yhtä levyä kohden, eikä vaihtoehtoina ole vain yksinkertaiset päälle ja pois. Tällöin jokainen levyn tehon vaihtaminen synnyttää uuden tapahtuman, jonka sähkömittari rekisteröi, eikä tapahtuma ole välttämättä täysin vastaava negatiivisena, kuin positiivinen tapahtuma. Tästä tapauksesta syntyvät tapahtumat on esitetty kuvassa 5.

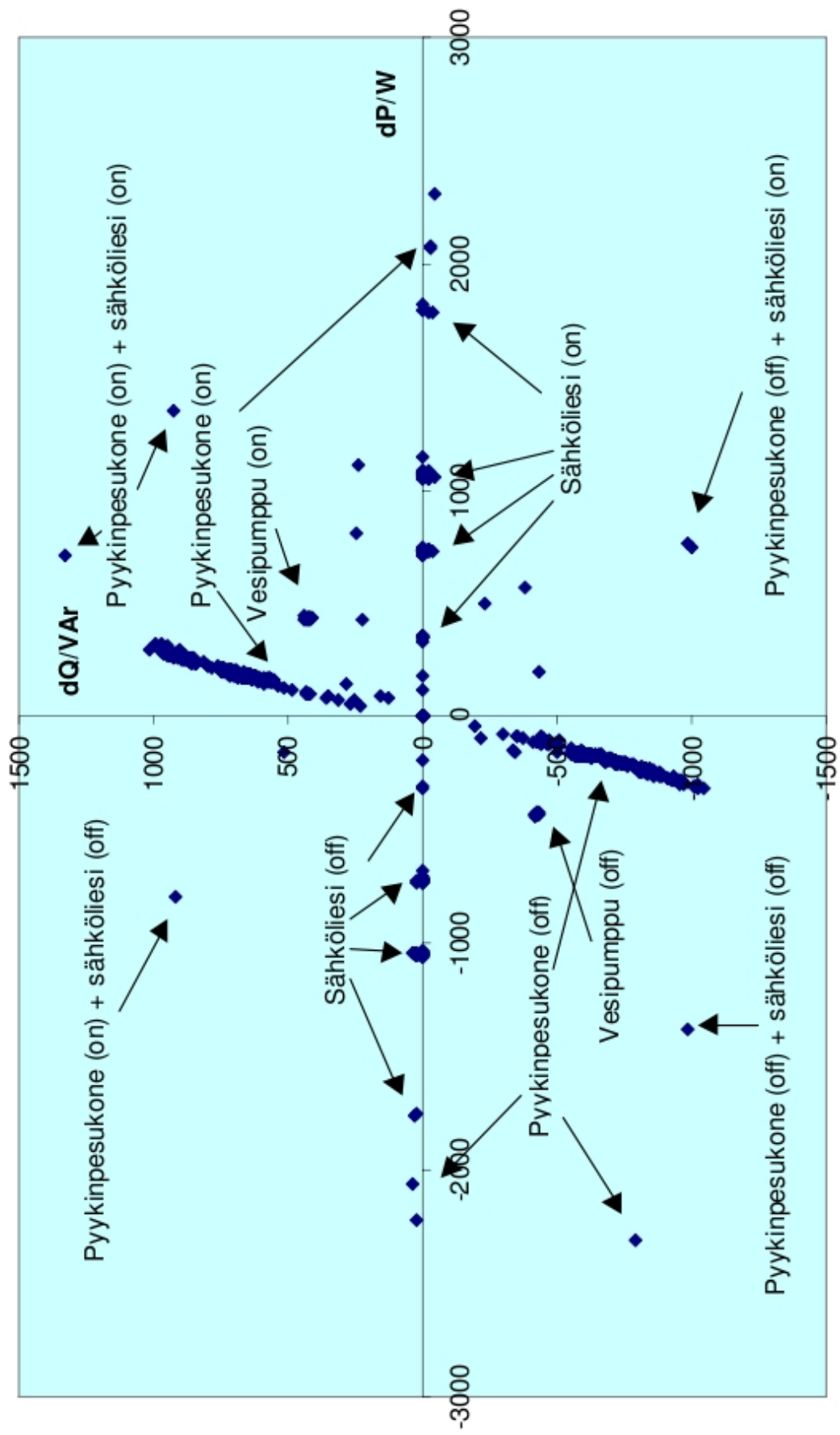
Jos esimerkiksi levyn laittaa ensin suurimmalle mahdolliselle teholle, kun ruokaa kuumennetaan, tästä syntyy suuri piikki, joka näkyy isona positiivisena tapahtumana sähkömittarissa. Kun ruoka on lämmin ja sitä on tarkoitus enää vain pitää lämpimänä, levyn tehoa säädetään pienemmäksi, mutta ei laiteta kokonaan pois päältä. Tällöin sähkömittari luo tapahtuman, joka on negatiivinen, mutta ei yhtä suuri, kuin levyn päälle laittamisesta aiheutunut tapahtuma positiiviselle puolelle. Hella synnyttää siis tapahtumia laajemmalla skaalalla kuin yksinkertaisemmat *Päälle/Pois*-profiilin laitteet. Tämä tekee *Säädettävien* laitteiden tunnistamisesta vaikeampaa.

Säädettävän sähkön kulutusprofiilin omaavien laitteiden huomattava etu on se, että kulutus pysyy säädön jälkeen tasaisena. *Vaihtuvan* sähkön kulutusprofiilin omaava laite sen sijaan vaihtelee kuormaa käytön aikana. Tästä hyvä esimerkki on pyykinpesukone. Kun laitteen on laittanut päälle, sen sähkön kulutus muuttuu ohjelman mukaan ja tapahtumia saattaa syntyä ohjelmasta riippuen hyvinkin paljon.

Erityisesti sähkömoottori synnyttää paljon tapahtumia käytön aikana, koska se vaihtaa linkouksen pyörimissuuntaa ohjelman aikana. Jokainen suunnanvaihdos synnyttää oman tapahtumansa. Pesukoneessa on myös muita osia, kuten lämmittävä vastus sekä vedenpoistopumppu. Molemmat näistä synnyttävät oman muutoksensa päälle mennessään ja sähkömittari rekisteröi ne normaalisti. Tästä tapauksesta syntyvät tapahtumat on esitetty kuvassa 5. [36]

Muuttumattoman sähkön kulutusprofiilin omaavat laitteet ovat sähkömittarien tapahtumien osalta mahdoton tunnistaa. Laitteet ottavat koko ajan saman virran,

eikä muutoksia tapahdu. Nämä laitteet näkyvät vain kokonaiskulutuksessa. Esimerkiksi ilmastointilaitte voi olla koko ajan päällä, mikäli sitä ei ole mitenkään ohjattu. Myös edellä mainittu seniorin turvapuhelin on koko ajan sähköissä, koska sen tulee olla aina toimintavalmis.



Kuva 5: Tapahtumat pätöteho/loistehoakselistossa. [36]

4.3 Ongelmat

Olipa kyse mistä laitteesta tahansa, se ei toimi jokaisella käyttökerralla täysin samalla tavalla. Tässä tapauksessa, laitteet eivät synnytä täsmälleen samanlaista tapahtumaa kaikilla käyttökerroilla. Yhden arvon perusteella ei voida määrittää, että jokin tietty laite tunnistetaan juuri tämän arvon perusteella.

Koska päto- ja loistehon muutos vaihtelee käyttökerrasta riippuen, laitteille tulee määrittää alue, jonka sisälle tapahtuman tulee sijoittua, että laite tunnistetaan. Alueiden rajojen määrittämiseen on erittäin tärkeää panostaa ja on tehtävä useita toistoja laitteen käytössä, jotta kunnollinen alue pystytään rajoineen määrittämään. Sähköinen sormenjälki ei siis vastaa täysin ihmisen sormenjälkeä. Tästä syystä käytän termiä tapahtuma, sormenjäljen sijaan.

Laitteet, joiden sähkön kulutusprofiili on *Päälle/Pois*, synnyttävät vain kaksi aluetta, joiden sisään tapahtumien tulee osua, mutta ne laitteet, joiden sähkön kulutusprofiili on *Säädettävä*, alueita syntyy useita. *Muuttuvan* sähkön kulutusprofiilin omaavilla laitteilla alue saattaa olla jopa pitkä suoramainen alue. Pesukoneen aiheuttama vino suora näkyy selvästi kuvassa 5. [36]

Kun asunnoista löytyy useampia laitteita, seuraa tästä tilanteesta väistämättä se, että alueet voivat mennä päällekkäin. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, ettei laitteita enää pystytä tunnistamaan täysin varmasti toisistaan tämän tunnistusmenetelmän avulla. On myös mahdollista, että on kaksi täysin erilaista laitetta, joiden alueet ovat miltei vastaavat, jolloin näidenkin laitteiden tunnistaminen toisistaan on mahdotonta.

Koska menetelmä tarkastelee vain päto- ja loistehon muutosta, on myös mahdollista, että useamman tunnetun laitteen yhtäaikainen päälle laittaminen synnyttää tunnistamattoman tapahtuman. On myös mahdollista, että yhtä aikaa päälle laitettavat laitteet synnyttävät tapahtuman, joka vastaa jotain jo tunnettua laitetta. Tällöin tunnistus on epäonnistunut, kun tapahtuma merkitään vain yhdelle laitteelle, vaikka päälle laitettiin täysin eri laitteet, eikä tätä yhtä laitetta.

Yhtäaikaisesti päälle laitettujen laitteiden tunnistaminen on helpompaa, mikäli asunnossa on käytössä kolmivaiheinen sähkö. Tällöin samaan aikaan päälle laitettavat laitteet voivat olla eri vaiheissa, jolloin laitteet pystytään jälleen tunnistamaan, koska sähkömittarin luoma tapahtuma sisältää arvot jokaiselle vaiheelle erikseen. [36]

Näistä kaikista puutteista huolimatta, sähkömittari on erittäin pätevä laite seniorivalvontaan. Seniorivalvonnassa ei ole kyse yksittäisen laitteen sähkön kulutuksen tarkastelusta tai sen täydellisen sähkön kulutusprofiilin luomisesta vaan seniorin toiminnan valvomisesta. Sähkömittarin tulee kertoa, että asunnossa on toimintaa ja että seniori on kunnossa näiltä osin.

Seniorivalvontaan riittää sähkömittarin antama tarkkuus laitteiden tunnistukseen, jossa joitain laitteita voidaan tunnistaa tarkasti, mutta ei kaikkia. Kunhan tapahtumia on, niin tiedämme, että seniorin asunnossa on toimintaa ja hän pystyy suoriutumaan päivittäisistä askareista.

Käytännössä tilannetta helpottaa myös se, että senioriasunnot ovat verrattain pieniä asuntoja. Tästä johtuen sähkölaitteiden määrä on myös normaalia hieman pienempi. Tämä helpottaa yksittäisen laitteen tunnistamista seniorivalvonnassa. Tärkeintä seniorivalvonnassa on keskittyä vain muutamein laitteiden tunnistukseen, eikä pyrkiä kaikkien laitteiden täydelliseen tunnistamiseen. [36]

Kuten edellä on mainittu, sähkömittari ei pysty tarkasti kaikkia laitteita tunnistamaan, mutta sähkömittari ei myöskään luo tapahtumaa joka ikisestä pienestä muutoksesta sähköverkossa. Myös tälle on asetettava raja, jotta tapahtumamuisti ei täyty turhista ja epäolennaisista tapahtumista, vaan seniorin toiminnan kannalta tärkeistä tapahtumista, jotka oikeasti ovat senoiirin aiheuttamia.

Hannu Pihalan mukaan 50 watin (W) raja on hyvä seniorivalvontaan. Tällöin rajan alle jäävät laitteiden synnyttämät pienet muutokset käytön aikana, mutta jo esimerkiksi rajan ylittävät lamput näkyvät tapahtumissa. Tämä raja toimii oletuksena sähkömittarissa.

4.4 Datan analysointi

Tietovarasto sisältää sähkömittarilta haettua raakadataa tietokantaan jäsenneyssä muodossa, josta sitä on helppo hakea ja analysoida. Koko tietovaraston rakenne on esitetty kuvassa 3. Seniorivalvonnan kannalta kaikista olennaisin taulu tietovarastossa on *Fingerprint*-taulu, koska se sisältää kaikki seniorin toiminnasta sähkömittariin syntyneet tapahtumat. Yksittäisen tapahtuman sisältämät arvot on esitetty taulukossa 4. Käytännössä tietovaraston *Fingerprint*-taulusta löytyvät nämä samat arvot, jotka on esitetty taulukossa 4. Esimerkki *Fingerprint*-taulun raakadatasta on esitetty kuvassa 7. Tarkastellaan, miten dataa tulee lukea kannasta.

Tarkastelun helpottamiseksi, laitteet on jaoteltu testiolosuhteissa eri vaiheisiin. Jokaisella vaiheella toimii ainoastaan yksi laite, joka aiheuttaa tapahtumia vaiheelle. Tällöin päästään eroon edellä mainitusta ongelmasta, jossa kaksi yhtä aikaa päälle laitettua laitetta synnyttävät vain yhden tunnistamattoman tapahtuman. Nyt laitteet voivat synnyttää yhden yhteisen tapahtuman, mutta muutoksen on eroteltu vaihekohtaisesti, joten molemmat laitteet tunnistetaan tapahtumasta.

Nyt kaikki laitteet tunnistetaan, vaikka laitteet laitettaisiin yhtä aikaa päälle tai pois päältä. Tästä on esimerkki kohdassa 14:01:06, jossa vaiheilla 2 ja 3 on yhtäaikaista tapahtumia, mutta ne pystytään erottamaan toisistaan, koska kyseessä on eri vaiheet.

Sähkömittariin oli kytkettynä kolme laitetta: kahvinkeitin vaiheessa 1, vedenkeitin vaiheessa 2 ja lamppu vaiheessa 3. Laitteiden synnyttämien tapahtumien suuruusluokat eroavat niin paljon toisistaan, että ihmisen on helppo tunnistaa laitteet toisistaan silmäilemällä kuvaa 7. Tunnistamista helpottaa myös se, näiden laitteiden tapauksessa loistehon muutokset ovat käytännössä merkityksettömän pieniä, joten ihminen voi rajoittaa tarkastelunsa vain pätötehon muutoksiin.

Ei olisi kuitenkaan tehokasta, jos sähkömittarin luomat tapahtumat haettaisiin aina käsin ja joku henkilö lukisi kaikki tapahtumat läpi ja niiden perusteella päättelisi, onko kaikki seniorilla hyvin. Tunnistusmenetelmän tulee toimia täysin automaattisesti ja tehdä tarvittaessa vain hälytys hoitohenkilökunnalle, joka käy tarkastamassa seniorin kunnon.

Automaattinen tunnistus vaatii rajat, joiden sisään pätö- ja loistehon muutoksien pitää asettua, jotta laite tunnistetaan. Tämä on siis sama asia, kuin aiemmin mainitut alueet, joihin tapahtumien tulee osua, jotta ne pystytään tunnistamaan, joksikin laitteeksi.

Esimerkkitapauksessani erot ovat niin suuret laitteilla, että rajojen summittainen määrittely ei vaikuttaisi tunnistuksen tulokseen. Mutta jälleen kerran, rajojen määrittäminen ilman järkevää tekniikkaa ei ole tehokasta. Siksi päätin käyttää normaalijakauman ominaisuutta empiiristä sääntöä (*Empirical rule*) ja sen avulla rajat voidaan laskea laitekohtaisesti. [37]

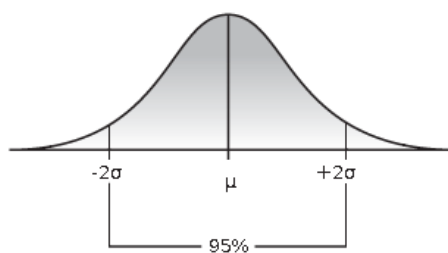
Empiirisen säännön mukaan noin 95% satunnaisotoksen arvoista sijaitsee välillä, jonka rajat määritetään kaavojen 1 ja 2 mukaan, kun satunnaisotos on normaalijakautunut. Tämä tarkoittaa sitä, että laite tunnistetaan noin 95% todennäköisyydellä näitä rajoja käyttäen. Todennäköisyys on täysin riittävä tähän tarkoitukseen, koska 95% luottamusväliä käyttävää tulosta voidaan pitää jo tilastollisesti merkitsevästä tuloksena. Empiirinen sääntö on esitetty kuvassa 6. [37]

$$\text{Alaraja} = \mu - 2\sigma \quad (1)$$

$$\text{Yläaraja} = \mu + 2\sigma \quad (2)$$

Jossa μ on otoksen keskiarvo ja σ keskihajonta.

Kuten kaavoista 1 ja 2 voi todeta, hyväksymisalueiden laskemiseen tarvitaan kahta tilastollista arvoa satunnaisotoksista. Nämä ja muita tilastollisesti tärkeitä arvoja satunnaisotoksista on esitetty taulukoissa 10, 11 ja 12.



Kuva 6: Empiirinen sääntö normaalijakaumassa.

Taulukko 10: Tilastolliset tulokset kahvinkeitin pätö- ja loistehomuutoksista testitapahtumissa.

Lukumäärä	Kahvinkeitin päälle		Kahvinkeitin pois	
	121		121	
Tehotyyppi	Pätö [W]	Lois [VAr]	Pätö [W]	Lois [VAr]
Keskiarvo	694.93	-0.2645	-651.43	-0.1818
Keskihajonta	7.8200	2.3550	2.7593	2.7264
Varianssi	61.153	5.5461	7.6138	7.4333
Keskivirhe	0.7109	0.2141	0.2508	0.2479
Minimi	679.00	-7.0000	-670.00	-7.0000
Mediaani	695.00	0.0000	-651.00	0.0000
Maximi	726.00	7.0000	-644.00	7.0000

Taulukko 11: Tilastolliset tulokset vedenkeitin pätö- ja loistehomuutoksista testitapahtumissa.

Lukumäärä	Vedenkeitin päälle		Vedenkeitin pois	
	23		23	
Tehotyyppi	Pätö [W]	Lois [VAr]	Pätö [W]	Lois [VAr]
Keskiarvo	1944.4	-2.7826	-1917.2	3.3478
Keskihajonta	13.440	8.5544	29.008	10.084
Varianssi	180.62	73.178	841.45	101.69
Keskivirhe	2.8023	1.7837	6.0485	2.1027
Minimi	1920.0	-21.000	-1940.0	-17.000
Mediaani	1952.0	-3.0000	-1929.0	4.0000
Maximi	1958.0	16.000	-1831.0	20.000

Taulukko 12: Tilastolliset tulokset lampun päto- ja loistehomuutoksista testitapah-
tumissa.

	Lamppu päälle		Lamppu pois	
Lukumäärä	26		26	
Tehotyyppi	Pätö [W]	Lois [VAr]	Pätö [W]	Lois [VAr]
Keskiarvo	118.96	-1.0769	-120.65	0.7308
Keskihajonta	2.7053	2.5127	2.6221	0.6038
Varianssi	7.3185	6.3138	6.8754	0.3646
Keskivirhe	0.5305	0.4928	0.5142	0.1184
Minimi	111.00	-13.000	-122.00	0.0000
Mediaani	120.00	-1.0000	-121.00	1.0000
Maximi	122.00	0.0000	-108.00	2.0000

Mutta Shapiro-Wilk-testi satunnaisotoksille antaa huonon tuloksen kaikille satunnaisotoksilleni, joten satunnaisotokset eivät noudata normaalijakaumaa. Tästä syystä empiirisen säännön käyttäminen ei anna niin tarkkoja tuloksia, kuin normaalijakautunut satunnaisotos. Sääntö kumminkin toimii tarpeeksi hyvin tässä tapauksessa, joten se on rajojen määrittämiseen riittävän hyvä tekniikka. Empiirisen säännön avulla lasketut rajat on esitetty jokaiselle laitteelle taulukoissa 13 ja 14 sekä osuus arvoista, joka jää näiden rajojen sisäpuolelle.

Taulukko 13: Rajat testilaitteiden pätötehomuutoksien hyväksymisalueille sekä rajojen sisään sijoittuvien tapahtumien osuudet.

	Alaraja [W]	Yläaraja [W]	Osuus [%]
Kahvinkeitin päälle	679.29	710.57	94.3
Kahvinkeitin pois	-656.95	-645.91	96.8
Vedenkeitin päälle	1917.52	1971.28	100.0
Vedenkeitin pois	-1975.22	-1859.18	100.0
Lamppu päälle	113.55	124.37	96.2
Lamppu pois	-125.89	-115.41	96.2

Taulukko 14: Rajat testilaitteiden loistehomuutoksien hyväksymisalueille sekä rajojen sisään sijoittuvien tapahtumien osuudet.

	Alaraja [VAr]	Yläaraja [VAr]	Osuus [%]
Kahvinkeitin päälle	-4.97	4.45	95.0
Kahvinkeitin pois	-5.63	5.27	91.8
Vedenkeitin päälle	-19.89	14.33	91.4
Vedenkeitin pois	-16.82	23.52	95.7
Lamppu päälle	-6.10	3.95	96.2
Lamppu pois	-0.48	1.94	92.3

Kaikkien rajojen osalta ei päästä aivan 95% osuuteen, mutta kaikki osuudet ylittävät 90% rajan, joka on edelleen tilastollisesti merkitsevä osuus. Tämä on täysin riittävä todennäköisyys sille, että laite tunnistetaan sähkömittarin tapahtumien perusteella. Täytyy muistaa, että tärkeämpi tieto on kuitenkin se, että tapahtuma tapahtui ja seniorin päivittäinen toiminta on normaalia, kuin että laite tunnistettiin täydellä varmuudella.

Yksittäisen laitteen tunnistamisen kannalta rajojen kasvattaminen varmistaa tunnistusta. Koska asunnossa on muitakin laitteita ja on mahdollista, että laitteiden tunnistusalueet asettuvat päällekkäin, on rajojen tarpeeton kasvattaminen epäjohdonmukaista. Tällöin yksittäisen laitteen tunnistaminen saattaa vain vaikeutua, mikäli asunnossa on useampi laite, joiden tapahtumat ovat samankaltaisia. Kuvassa 8 on esitetty taulukoissa 13 ja 14 esitettyjen arvojen perusteella lasketut hyväksymisalueet, sekä tapahtumat pätö-loistehoakselistossa.

On kuitenkin muistettava, että testitapaukset ovat yksinkertaisia ja niiden tapahtumat muodostavat suorakulmion muotoisen hyväksymisalueen. Monimutkaisemmissa tapauksissa hyväksymisaluen ei välttämättä kannata edes olla suorakulmion muotoinen. Esimerkiksi kuvassa 5 esitetyn pyykinpesukoneen aiheuttamat tapahtumat sijoittuvat selvästi suoralle, joka on vino, toisin kuin testitapauksissa käyttämäni tapahtumat, joista syntynyt suora on pystysuorassa. Jos pyykinpesukoneen tapahtumiin soveltaisi empiiristä sääntöä, tuloksena olisi erittäin suuri alainen suorakulmio, jonka alle jäisivät helposti myös muiden laitteiden aiheuttamat tapahtumat.

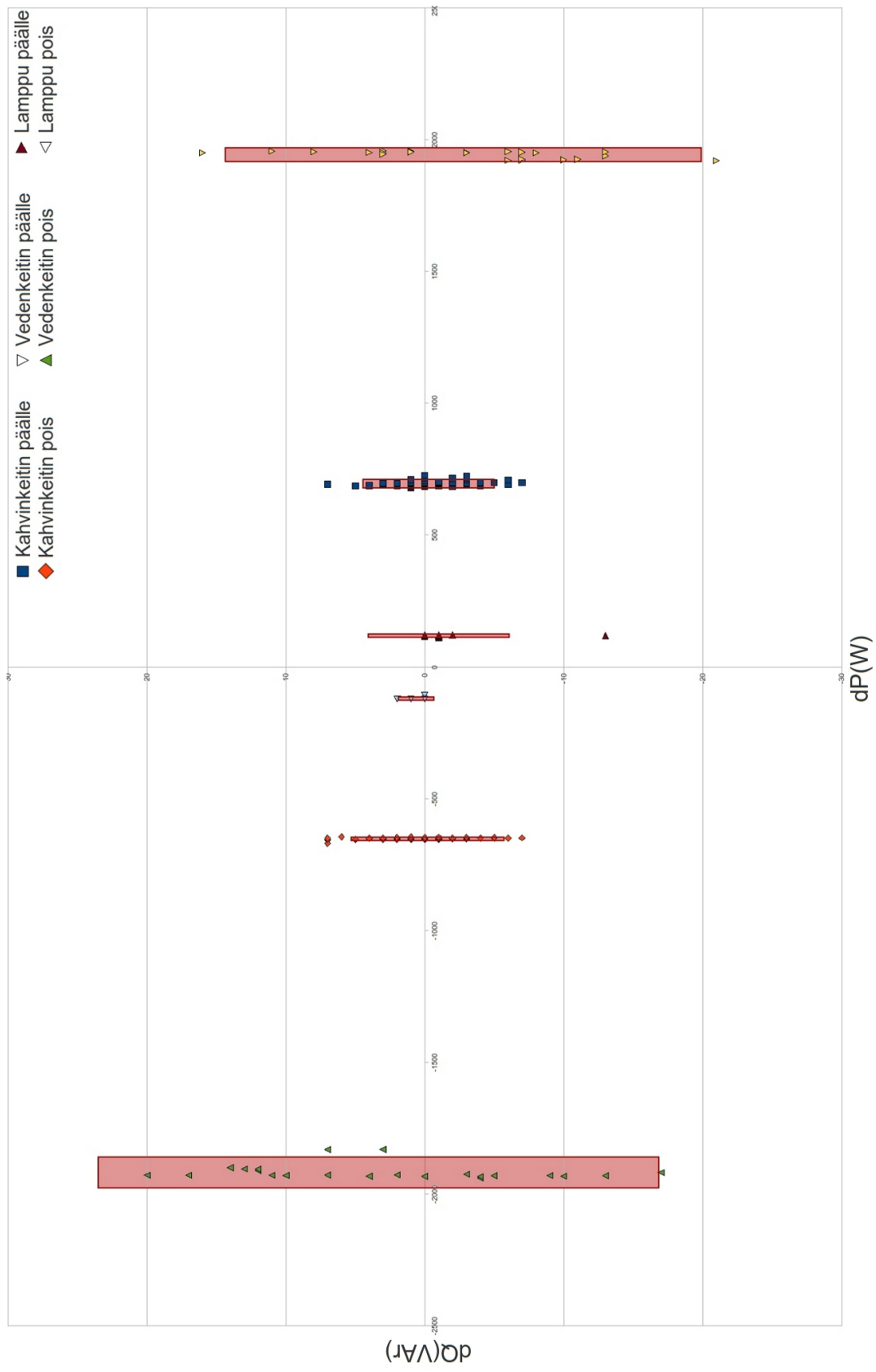
Näissä hankalemmissa tapauksissa kannattaa käyttää apuna työkalua, joka näyttää tapahtumat kuvaa 8 vastaavassa kuvassa ja tähän kuvaan piirtämällä, määritetään hyväksymisalue, jollekin tietylle laitteelle. Tällöin jokaiselle kuviolle ei tarvitse erikseen määritellä omaan kaavaansa vaan silmämääräinen hyväksymisalueen piirtäminen riittää. Totesin aiemmin, ettei tällaisen summittaisen alueen määrittäminen ole järkevää, mutta näin hankalissa tapauksissa, empiirisen säännön käyttäminen on vielä vähemmän järkevää alueen suuruuden vuoksi.

Noemi Valero on tutkinut monimutkaisempien kuvioiden tulkitsemista ja sen toteamista, onko tapahtuma kyseisen hyväksymisalueen sisällä vai ei. Noemilla oli työssään käytössä myös *JavaScript*-työkalu, jolla hyväksymisalueet oli helppo piirtää. [38]

Hankalemmat alueet voidaan käsittää myös niin sanottuina klustereina. Jokainen laite synnyttää oman klusterinsa positiiviselle ja negatiiviselle puolille. Näissä klustereissa tapahtuu hajontaa, kuten edellä määritellyissä alueissakin. Tähän tarkoitukseen on myös kehitetty omia klusterianalysointialgoritmeja. Noemi on käsitellyt myös niitä omassa diplomityössään. [38]

Meter ID	Timestamp	dT[s]	PL1[W]	QL1[var]	dPL1[W]	dQL1[var]	UL1[V]	PL2[W]	QL2[var]	dPL2[W]	dQL2[var]	UL2[V]	PL3[W]	QL3[var]	dPL3[W]	dQL3[var]	UL3[V]
2	2011-08-16 13:11:47	0.4	700	0	0	0	233	0	0	0	0	233	0	0	0	0	233.5
2	2011-08-16 13:12:28	0.4	700	0	0	700	0	0	0	0	0	232.5	0	0	0	0	232.7
2	2011-08-16 13:12:37	0.4	696	0	-650	0	232.9	0	0	0	0	232.6	0	0	0	0	232.9
2	2011-08-16 13:14:12	0.4	696	-1	696	-1	232.3	0	0	0	0	232.2	0	0	0	0	232.4
2	2011-08-16 13:14:21	0.4	695	0	-650	0	232.8	0	0	0	0	232.4	0	0	0	0	232.6
2	2011-08-16 13:15:56	0.4	695	0	695	0	232.6	0	0	0	0	232.2	0	0	0	0	232.5
2	2011-08-16 13:16:04	0.4	649	0	-649	0	232.6	0	0	0	0	232.2	0	0	0	0	232.4
2	2011-08-16 13:17:06	0.5	0	0	0	0	233.8	0	0	0	0	233.5	121	0	0	0	234
2	2011-08-16 13:17:09	0.4	0	0	0	0	233.8	0	0	0	0	233.5	0	0	0	0	233.6
2	2011-08-16 13:19:11	0.5	0	0	0	0	233.8	0	0	0	0	233.4	121	0	0	0	233.6
2	2011-08-16 13:19:14	0.4	0	0	0	0	232.6	0	0	0	0	232.7	0	0	0	0	233
2	2011-08-16 13:19:58	0.4	0	0	0	0	231.1	1950	16	1950	16	230.9	0	0	0	0	231.1
2	2011-08-16 13:20:10	0.5	0	0	0	0	228.3	1930	4	0	0	228.8	118	0	0	0	228.5
2	2011-08-16 13:20:13	0.4	0	0	0	0	228.1	1930	0	0	0	228.6	0	0	0	0	228.3
2	2011-08-16 13:20:28	0.4	0	0	0	0	230.8	0	0	0	-1928	7	230.8	0	0	0	230.9
2	2011-08-16 14:00:30	0.5	0	0	0	0	233.5	0	0	0	0	233.2	117	-1	117	-1	233.5
2	2011-08-16 14:00:33	0.4	0	0	0	0	233.7	0	0	0	0	233.8	0	0	0	0	233.6
2	2011-08-16 14:01:06	0.7	0	0	0	0	230.7	1952	-3	1952	-3	231	119	-1	119	-1	231
2	2011-08-16 14:01:10	0.4	718	0	718	0	227	1950	-3	0	0	227.2	123	-1	0	0	227.2
2	2011-08-16 14:01:40	0.4	0	0	-644	1	227.8	1927	2	0	0	228	122	-1	0	0	227.9
2	2011-08-16 14:01:49	0.5	0	0	0	0	230.7	0	0	0	-1933	0	230.7	0	0	0	230.6
2	2011-08-16 14:02:44	0.4	695	1	695	1	232.6	0	0	0	0	232.4	0	0	0	0	232.7
2	2011-08-16 14:02:53	0.4	696	0	-650	-2	232.6	0	0	0	0	232	0	0	0	0	232
2	2011-08-16 14:04:02	0.4	696	-2	696	-2	232.8	0	0	0	0	232.5	0	0	0	0	232.6
2	2011-08-16 14:04:11	0.4	0	0	-649	0	232.9	0	0	0	0	232.5	0	0	0	0	232.6
2	2011-08-16 14:05:29	0.7	686	0	686	0	232.4	0	0	0	0	232	0	0	0	0	232.3
2	2011-08-16 14:05:37	0.4	0	0	-650	0	232.5	0	0	0	0	231.9	0	0	0	0	231.9
2	2011-08-16 14:07:01	0.5	691	3	691	3	232.1	0	0	0	0	231.5	0	0	0	0	231.8
2	2011-08-16 14:07:10	0.4	0	0	-650	0	232.3	0	0	0	0	232	0	0	0	0	231.9
2	2011-08-16 14:07:41	0.4	0	0	0	0	230.2	1953	-7	1953	-7	230.4	0	0	0	0	230.3
2	2011-08-16 14:07:59	0.7	693	-3	693	-3	227.3	1936	-10	0	0	228.1	0	0	0	0	227.6
2	2011-08-16 14:08:07	0.4	658	4	0	0	227.1	1937	10	0	0	226.9	114	0	0	0	226.8
2	2011-08-16 14:08:45	0.4	654	0	0	0	229.8	0	0	0	-1934	0	121	0	0	0	229.6
2	2011-08-16 14:11:32	0.4	650	2	0	0	233.1	0	0	0	0	232.2	0	0	0	0	232.4
2	2011-08-16 14:11:38	0.6	649	0	0	0	230.2	1958	3	1958	3	229.9	119	-13	119	-13	229.7
2	2011-08-16 14:11:48	0.6	0	0	-646	-1	230.8	0	0	0	-1940	0	230.6	2	0	0	230.6

Kuva 7: Raakadataa tapahtumista.



Kuva 8: Tapahtumat pätöistehokoordinaatissa ja tapahtumien hyväksymisalueet.

4.5 Yhteenveto

Sähkömittarin datasta on helppo tunnistaa yksittäisiä laitteita, mikäli niiden sähkön kulutukset ovat hyvin erilaiset. Samankaltaisten laitteiden tunnistaminen pelkästä sähkövirrasta on vaikeaa, koska käytännön eroa ei sähkömittariin syntyneiden tapahtumien välillä ole.

Sähkölaitteet synnyttävät tapahtumia pätö-loistehokoordinaatistoon, jolloin jokaiselle sähkölaitteelle syntyy niin sanottu oma tunnistusalue tähän koordinaatistoon. Tapahtuman osuessa tämän alueen sisälle, sähkölaitte tunnistetaan joksikin tietyksi laitteeksi.

Sähkön kulutusprofiilista riippuen, sähkölaitteet saattavat synnyttää useampia alueita koordinaatistoon, jolloin niiden tunnistaminen vaikeutuu. Kun kahden laitteen tunnistusalueet osuvat osittain päällekkäin, ei laitteita pystytä enää tunnistamaan toisistaan.

Yksittäisen laitteen täydellinen tunnistaminen ei ole päätavoite sähkömittarilla toteutettavassa senioreiden valvonnassa. Pääasia on, että tapahtumia syntyy ja ne pystytään tunnistamaan riittäväällä tarkkuudella. Kun edes jotain tapahtumia syntyy tiedetään, että seniori toimii asunnossaan.

5 Toiminnan tunnistus

Tässä luvussa käsitellään sähkömittarin datan tulkintatapoja, joilla voidaan todeta seniorin toimivan asunnossaan ja mitä ongelmia kussakin tapauksessa on. Tulkintaa tarkastellaan senioreiden päivittäisen toiminnan näkökulmasta.

Yksittäisen laitteen tapahtumilla ei ole käytännössä merkitystä, mikäli niitä ei liitetä johonkin suurempaan kokonaisuuteen. Jos tiedetään vedenkeitTIMEN menneen päälle ja pois kuusi kertaa, ei tiedolla ole mitään käytännön arvoa. Mutta jos tiedetään näiden tapahtumien sattuneen johonkin tiettyyn kellon aikaan, tiedon merkitys kasvaa huomattavasti.

5.1 Ihmisen toiminta

Ihmisen normaali toiminta ei perustu ainoastaan yhden laitteen käyttämiseen, vaan useampia laitteita käytetään samassa tilassa yhtä aikaa. Laitteet voidaan jakaa kahteen ryhmään: primääriset laitteet, joita pääasiainen käyttö koskee ja sekundääriset laitteet, jotka helpottavat tai auttavat primääriseen laitteen käyttöä. Erittäin usein tämä sekundäärinen laite on lamppu, joka laitetaan päälle, jotta primääriseen laitteen kanssa työskentely helpottuu tai edes onnistuu.

Otetaan esimerkiksi olohuone. Kun ihminen haluaa katsoa televisiota olohuoneessaan, hän laittaa ensin valot olohuoneeseen ja sitten television päälle. Tästä syntyy tapahtumayhdistelmä, josta voidaan päätellä ihmisen olevan huoneessa ja katsovan televisiota.

Kaikki primääriset toimet eivät kuitenkaan tarvitse sähköä. Lampun päälle laittaminen voi johtua myös siitä, että seniori haluaa esimerkiksi neuloa, ommella tai lukea lehteä. Näihin primäärisiin toimintoihin ei tarvita muuta sähköistä laitetta toiminnan tueksi tai mahdollistamiseksi.

Lampun päälle laittaminen ja primääriseen laitteen puuttuminen ei välttämättä olekaan siis hälyyttävä tilanne, mutta jos seniori katsoo televisiota ilman lisävalaistusta, on tilanne täysin päinvastainen ja seniorin kannalta erittäin hälyyttävä. Television katsominen pimeässä rasittaa silmiä ja väsyneet silmät voivat helposti häiritä normaalia olemista ja olla ikävän oloiset. Tämän kaltaiset tilanteet tulee välttää ja jos on havaittavissa, että seniori katsoo televisiota illalla ilman tarvittavaa lisävalaistusta, on seniorille käytävä antamassa neuvoa television katsomisesta oikein. [39] [40]

Myös keittiössä primääriseen ja sekundääriseen laitteen ero on havaittavissa, mutta sekundäärisiä laitteita saattaa olla muitakin kuin vain lamppu. Ruokaa laittaessa tulee helposti käytettyä useampaa laitetta kerralla. Esimerkiksi ruoan ollessa uunissa, voi jälkiruokakahvit laittaa tulemaan samalla. Tai hellalla paistettu liha voidaan laittaa vielä uuniin muhimaan.

Laitteiden jaottelu primäärisiin ja sekundäärisiin laitteisiin riippuu todella paljon tilanteesta. Siksi se ei olekaan se kaikista olennaisin asia, vaan se, että ihmisen normaaliin toimintaan kuuluu normaalisti useamman laitteen käyttäminen yhtä aikasesti.

Sähkömittarin tapahtumista voi siis selvästi seurata seniorin toimintaa ja tulkita, mitä hän asunnossaan tekee, jos tähän on tarvetta. Tässä tarkastelussa kannattaa kiinnittää huomiota siihen, että useamman laitteen käyttö yhtä aikasesti on normaalimpaa kuin vain yhden käyttäminen, kun lamppua ei luokitella laitteeksi.

5.2 Rutiinit

Aikaan sidottujen tapahtumien avainsana on rutiini. Seniorit tarvitsevat rutiineja, koska päivärytmi on erittäin tärkeä heille. Rutiinin rikkoutuminen eli siitä poikkeaminen saattaa hankaloittaa seniorin elämää ja tärkeitä asioita, kuten syöminen, saattaa jopa unohtua kokonaan. [41]

Aikaan sidottua tapahtumaa voidaan tarkkailla itsenäisesti, koska laitteiden käyttö ilmaisee tietyn toiminnan tekemistä. Aika toimii toisena merkitsevänä tekijänä, jolloin toiminnalle saadaan tarkoitus. Mikäli tämä tarkoitus ei ole hyväksi seniorille, on hänen tilansa syytä käydä tarkistamassa, korjaamassa tilanne rutiinin mukaiseksi tai antamassa neuvoja rutiinin löytämiseksi uudelleen.

5.2.1 Kahvinkeitin

Kahvi kuuluu erittäin monen suomalaisen päivittäiseen rutiiniin. Jotta kahvia saisi keitettyä, tarvitaan väistämättä myös kahvinkeitin. Kahvia ei tule normaalisti juoda holtittomasti, vaan tiettyinä hetkinä päivässä tai tietyissä tilaisuuksissa. Kahvia voidaan juoda aamuisin ja päivällä, mutta myös vieraiden käydessä. Kahvinkettimen käyttöä tulisi valvoa edellä mainituin perustein. Mikäli seniorilla on tapana juoda aamuisin kahvia, on kahvinkettimen tapahtuman havaitseminen aamulle normaali tapahtuma. Myös päiväkahvit voidaan lukea normaaliksi tapahtumaksi. [42]

Kahvin juonnille on hyvä asettaa raja. Kohtuullinen määrä kahvia on 4-5 kuppia päivässä, joka vastaa noin 500-600ml annosta. Mikäli kahvinkeitintä käytetään enemmän kuin 5 kertaa päivässä, saattaa kahvin juonnista alkaa olla enemmän haittaa kuin hyötyä seniorille. Mikäli siis havaitaan ylen palttista kahvin juontia, on hyvä käydä tarkistamassa onko seniorilla kaikki hyvin. [43]

Myös liian myöhään tapahtuva kahvin juonti on haitaksi, koska se hankaloittaa seniorin nukahtamista. Senioreiden päivärytmin tulee olla tarkka, koska muutoin seniori saattaa unohtaa syödä, mikäli päivärytmi häiriintyy. Viimeinen kupillinen tulisi ottaa ainakin yli 3 tuntia ennen nukkumaan menoa. Muutoin kahvi saattaa vaikeuttaa nukahtamista merkittävästi. [44]

Täytyy muistaa ottaa huomioon mahdolliset vierailut tai syntymäpäiväjuhlat. Tällöin kahvia saatetaan nauttia enemmän ja kahvinkeitin voi olla runsaassakin käytössä. Näissä tapauksissa seniorin nauttima kahvin määrä ei kasva merkittävästi, koska myös vieraat juovat kahvia. Tässä tapauksessa seniorin tilan tarkistaminen on muutenkin turhaa, koska paikalla on muita omaisia tai läheisiä. [41]

Jos huomataan kahvinkeitin käyttön tapahtuvan öisin, on syytä epäillä, että seniorilla on vaikeuksia nukahtamisen kanssa tai hän nukkuu huonosti ja heräilee usein. Silti kahvin juontia tulisi välttää erityisesti yöaikaan, koska se vaikeuttaa nukahtamista vielä enemmän. Yöaikana ilmennyt tapahtuma kahvinkeitimestä on jo hälyttävä merkki siitä, että seniorin tila olisi hyvä käydä tarkistamassa.

Kahvinkeitin on hyvä laite tarkkailtavaksi, koska sen tunnistaminen on tapahtumista on suhteellisen helppoa. Se vie kerralla paljon sähköä ja synnyttää selkeän tapahtuman sähkömittariin ja on *Päälle/Pois*-tyyppinen laite. Kahvinkeitin ottama sähkö on kuitenkin pienempi kuin esimerkiksi hellan tai vedenkeitin, joten siinäkin suhteessa tunnistamisen on myös melko varmaa, koska se eroaa muista keittiön laitteista.

5.2.2 Televisio

Television katsominen perustuu täysin kellon varaan, koska ohjelmat lähetetään tiettyinä aikoina päivästä. Uutiset, sarjat ja elokuvat alkavat ennalta määrättyinä ajan kohtina päivittäin. Arjen ja viikonlopun lähetysajankohdat saattavat poiketa hieman toisistaan, mutta silti valvontarutiinien luominen television pohjalta on helpompaa ja tarkempaa kuin edellä mainitun kahvinkeitin.

Televisio tarjoaa erinomaisen mahdollisuuden valvoa seniorin toimintaa kellon tarkasti. Jos seniolla on jokin televisiosarja tai jotkin televisiosarjat, joita hän seuraa arkisin, voidaan näiden avulla valvoa seniorin normaalia toimintaa helposti. Jos televisiosarjoja on useampi ja seniori seuraa vielä uutisiakin, on senioria vielä helpompi valvoa, koska television käyttö on tällöin runsaampaa päivittäin. Rutiinien rikkoutumisen valvonta on helpompaa, mitä enemmän seniorilla rutiineja on.

Televisiosarjojen suosioita voidaan mitata tarkkailemalla useamman seniorin tapahtumia juuri ennen televisiosarjan alkua. Jos suurin osa senioreista laittaa televisionsa päälle hieman ennen televisiosarjan A alkua, mutta huomattavasti pienempi osa laittaa television päälle ennen televisiosarjan B alkua, voidaan olettaa televisiosarjan A olevan huomattavasti tärkeämpi ja mielenkiintoisempi senioreille. Tällöin televisiosarja A herättää myös huomattavasti enemmän keskustelua senioreiden keskuudessa. Tästä sosiaalisesta tekijästä johtuen, televisiosarjan seuraaminen on tärkeämpää senioreille. Jos siis seniori ei laitakaan televisiotaan päälle ennen televisiosarjan A alkua, on syytä käydä tarkistamassa, että seniorilla on kaikki kunnossa.

Television seuranta antaa mahdollisuuksia tarkkailla myös kiinnostuksen kohteita ja niiden perusteella tarkkailla seniorin toimintaa ja kuntoa. Suosikki televisiosarjojen lisäksi, seniori voi seurata esimerkiksi urheilua. Tällöin seniori oletettavasti avaa televisionsa, kun luvassa on esimerkiksi yleisurheilukisat. Mikäli urheilu on erittäinkin lähellä seniorin sydäntä, television tapahtumien seuraaminen urheilutapahtumien aikana kannattaa myös. Nämä ovat hieman rutiineista poikkeavia tapahtumien seuraamisia, mutta antavat yhtä hyvän mahdollisuuden seniorin valvontaan.

Isompien tapahtumien seurannassa kannattaa silti ottaa myös muut valvontamekanismit huomioon. Seniorit ovat aivan yhtä sosiaalisia ja toimivat samoin kuin muutkin ihmiset, joten he saattavat kokoontua jonkun seniorin luo seuraamaan yhdessä odotettua televisio-ohjelmaa tai televisioitua tapahtumaa. Tällöin muutaman seniorin televisio jää laittamatta päälle, mutta paikalle ei kannata mennä, koska seniori ei ole asunnossaan. Kannattaa siis huomioida senioreiden kulkemiseen tarkoitettut valvontajärjestelmät, esimerkiksi ovikortit ja niiden antama informaatio, ennen kuin harkitaan tarkastuskäyntiä seniorin asuntoon.

Sähkömittari pystyy havaitsemaan television helposti sähkövirrasta, koska alin television ottama teho päälle laitettaessa on 80W. Senioreilla on yleensä käytössään vanhempaa teknologiaa, koska se on heille tuttua ja turvallista, joten parempi vertailukohta voisi olla kuvaputkitelevisio, jonka alin tarvitsema teho on noin 120W, joten sekin synnyttää vielä selvästi tapahtuman sähkömittariin. [45]

5.2.3 Ruoanlaitto

Päivärytmi on senioreille erittäin tärkeä elementti tasapainoisessa elämässä ja unen jälkeen ruokailu on päivärytmin merkittävin peruspilari. Ruokaa tulisi myös syödä päivittäin, joten ruoanlaiton seuraaminen rutiinien valvonnan näkökulmasta on hyvin luontevaa.

Mikroaaltouuni, hella tai liesi ja uuni ovat tavallisimmat laitteet ruoan laittoon tai lämmittämiseen. Riippuu täysin seniorista, mitä laitteita hän milloinkin käyttää ruokansa valmistamiseen. Tästä syystä kaikki nämä laitteet käsitellään saman otsikon alla, eikä jokaista käsitellä erikseen.

Seniori voi aamuisin paistaa esimerkiksi kananmunaa leivän päälle, lämmittää mikroaaltouunissa eilistä velliä tai alkaa tehdä uunissa riisipuuroa. Seniorivalvonnan kannalta ei ole olennaista mitä laitetta hän käyttää ruoan valmistuksessa, vaan se, että hän ylipäänsä käyttää jotain laitetta siihen. Ruoan laittaminen on niin paljon riippuvainen ihmisen persoonasta, että yksittäisen laitteen tarkastelua rutiinin osalta on vaikea lähteä tekemään. Kuten mainitsin, laitteita tulee siis käsitellä yhtenä isona ryhmänä.

Seniorin normaaliin ruokarytmiin kuuluu samat neljä ateriaa päivässä kuin meille muillekin: aamupala, lounas, päivällinen ja iltapala. Näiden lisäksi voi syödä pieniä välipaloja ruokailujen välissä. Seniorin tulisi siis käyttää näitä ruoanlaittoon tarkoitettuja laitteita noin neljä kertaa päivässä tai useammin, jos välipalat vaativat sähköisten laitteiden käyttöä. [46]

Seniori voi laittaa kerralla ruokaa huomattavasti enemmän kuin vain seuraavaksi ateriaksi. Seuraavan kerran kun ruokaa ottaa, on todennäköistä, että se pitää vain lämmittää. Tällöin mikroaaltouuni on kätevin ja nopein tapa saada ruoasta syömäkelpoista. Tästä jää myös sähkömittariin tapahtuma, joten ruoan syömistä onnistuttiin valvomaan tässäkin tapauksessa.

Laitteiden käyttö ei silti kerro aivan kaikkea seniorin ruokailutottumuksista. Jos seniori päättää vain ottaa ruokaa jääkaapista, eikä hän käytä sen lämmittämiseen tai valmistamiseen mitään keittiön sähköistä laitetta, tästä ruokailusta ei jää mitään merkintää sähkömittariin. Käytännössä tilanne näyttää sähkömittarin avulla valvottuna siltä, ettei seniori ole syönyt ollenkaan.

Tämä on merkittävä haittapuoli ruokailun valvonnassa. Seniorin tilaa ei voida tarkistaa jokaisella kerralla, kun hän jättää käyttämättä laitteita ruoan lämmittämiseen, koska turhat hälytykset eivät ole toivottuja. Ne vain työllistävät henkilökuntaa turhaan ja häiritsevät senioreita turhaan. Mutta pelko siitä, ettei seniori syö mitään, tulee saada pois laskuista.

Toisaalta, ilman lämmistystä tapahtuvaa ylensyömistä tulisi myös välttää. Tätäkään sähkömittari ei pysty valvomaan, koska ruokailu on sähkömittarin valvonnan ulottumattomissa. Ylimääräisten välipalojen tai yösyönnin valvomiseen tarvitaan omat järjestelmänsä, jos seniori ei käytä sähkölaitteita näiden syömisten yhteydessä. Hyviä esimerkkejä näistä ovat suklaa ja keksit. Niitä voi vain ottaa kaapista, ilman minkäänlaisia sähköisiä laitteita, joita sähkömittari valvoo sähköverkon avulla.

5.2.4 Yöaika

Senioreille päivärytmi on erittäin tärkeä. Olenkin maininnut asiasta useampaan otteeseen. Päivärytmin säilyttäminen pitää päivittäisen elämän kasassa ja tuo tuttuuden tunnetta, josta seniori saa varmuuden tunnetta elämäänsä.

Uni on päivärytmin tärkein elementti, vaikka pääasiallista nukkumista ei varsinaisesti päivällä harrastetakaan vaan yöaikaan. Päiväunia seniorit eivät saisi ottaa, koska se vaikeuttaa nukahtamista yöaikaan. Vaikka seniori tarvitseekin keskimäärin vähemmän lepoa kuin nuoremmat ihmiset, on unen laatu taattava rauhallisissa olosuhteissa, että seniorin on helppo nukahtaa. Seniorin on jaksettava tehdä päivän askareet, kuten ruoanlaitto normaalisti. [47]

Mikäli seniori ei saa nukutuksi tai heräilee yöllä, voi hän alkaa kärsiä univajeesta. Univaje aiheuttaa huomattavia ongelmia varsinkin silloin, jos taustalla on vakavia sairauksia. Univaje heikentää ihmisen luonnollista vastustuskykyä, jolloin ihminen on alttiimpana tartuntataudeille, kuten flunssalle. Huonokuntoiselle seniorille flunssakin saattaa olla erittäin ikävä ja vakava tauti, joten univajetta tulee välttää niin paljon kuin mahdollista. [48]

Minkäänlainen toiminta yöllä ei ole seniorille suotavaa juuri edellä mainituista syistä. Edellä on mainittu myös muutamia laitteita, joita seniori ei saisi käyttää yöaikaan, mutta suositus koskee yhtä lailla kaikkia muitakin sähköisiä laitteita aina valoista vedenkeittimeen. Seniorin kuuluu nukkua öisin, eikä olla hereillä.

Sähkömittarin rajoitteet eivät poistu yöaikaanakaan, joten valvontaa voidaan suorittaa vain sähkölaitteisiin, joita seniori yöaikaan käyttää. On myös hyvin todennäköistä, että seniori ei laite mitään laitteita päälle, jos hän ei saa unta. Kaikenlainen valo vaikeuttaa nukahtamista entisestään, joten seniori voi kävellä asunnossa ja katsella esimerkiksi tähtiä ikkunasta sähkömittarin tietämättä asiasta mitään. Myös vessassa käynti jää sähkömittarilta huomaamatta, mikäli seniori ei sytytä ollenkaan valoja.

Yöllistä toimintaa valvomaan tarvitaan jokin toinen järjestelmä.

Liiketunnistinjärjestelmä on hyvä ratkaisu yöllisen toiminnan valvontaan, mutta se vaatisi näkyviä laitteita asennettavaksi senioreiden asuntoihin ja juuri näistä näkyvistä valvontalaitteista pyrittiin sähkömittarin avulla välttämään.

5.3 Syy-seuraus-suhteet

Siinä missä yksittäinen rutiini voi rikkoutua vain seniorin unohtumisesta, huolimattomuudesta tai ihan vain siitä, että oli jotain tärkeämpää tekemistä, voi sähkölaitteiden käytöstä päätellä syitä ja seurauksia, ilman jo luotuja ja valvottavia rutiineja.

Seniorin muisti voi aiheuttaa päänvaivaa arkisissa askareissa, mutta se voi aiheuttaa myös vaaratilanteita seniorille. Kodin sähkölaitteet kuumenevat käytössä lähes poikkeuksetta, jolloin pölyn ja lämmön tuloksena saattaa aiheutua tulipalo. Näiden riskien vuoksi yksittäisen laitteen päälle jäämistä pitää tarkkailla.

5.3.1 Televisio

Nykyään television katsomiseen tarvitaan television lisäksi erillinen digiviritin eli niin sanottu digiboksi, joka purkaa digitaalisesti pakatun signaalin kuvaksi televisiolle. Digiviritin voidaan sijoittaa myös television sisälle, mutta seniorit suosivat vanhoja kunnan kuvaputkitelevisioita, joista digiviritintä ei sisäänrakennettuna löydy.

Kahden laitteen käyttäminen entisen yhden sijaan television katselussa voi olla hämmentävää, koska molempien laitteiden virtojen katkaisusta pitää huolehtia erikseen. Tällöin jompi kumpi laitteista voi joissain tilanteissa jäädä seniorin huomaamatta päälle.

Jos seniorilla on esimerkiksi kuvaputkitelevisio, jossa ei ole digiviritintä, ja erillinen digiviritin, on mahdollista, että seniori muistaa sammuttaa television, mutta ei digiviritintä. Digiviritin ilmaisee päällä olonsa yleisesti pienten valojen avulla, jotka on huomattavasti vaikeampi havaita kuin television kuvaruudun päällä olo. Yön ajaksi päälle jäänyt digiviritin kuumenee ja pitää lämpöä yllä koko päällä olo aikansa. Turhan sähkön kulutuksen lisäksi, kerääntyneen pölyn kanssa digiviritin voi olla tulipaloriski.

Seniorilla voi olla myös uusi taulutelevisio, jossa ei ole digiviritintä, ja erillinen digiviritin. Vanhojen putkitelevisioiden huomattava etu on niin sanottu lumisade, joka ilmestyy ruudulle, kun televisio ei saa signaalia. Uudemmat taulutelevisiot saattavat tämän sijaan näyttää vain tyhjää mustaa ruutua, kun digiviritin on liitetty, mutta se ei lähetä kuvaa televisiolle. Koska television katselun aikana käytössä on vain digivirittimen kaukosäädin, saattaa tässä tilanteessa käydä niin päin, että digiviritin sammutetaan, mutta televisiota ei. Televisio näyttää digivirittimen sammuttamisen jälkeen täysin mustaa ruutua ja näyttää olevan pois päältä, vaikka onkin todellisuudessa päällä. Television näyttöpaneelin lämmöntuotto on huomattavasti isompaa kuin pienen erillisen digivirittimen, joten tulipaloriski on tässä tapauksessa vielä suurempi.

Edellä mainituilta ongelmilta välttytään, kun seniori käyttää televisiota, jossa on sisäänrakennettuna digiviritin. Tällöin seniorilla on käytössään vain yksi kaukosäädin, kuten ennen vanhaan, eikä kahden eri laitteen kanssa tarvitse arvuutella, mikä laite tulee käynnistää ja milloin.

5.3.2 Hella ja uuni

Ruoanlaittoon tarkoitetut sähkölaitteet on tarkoitettu kuumentamaan ruokaa, joten ne lämpenevät vielä huomattavasti enemmän kuin edellä mainittu televisio tai erillinen digiviritin. Mikroaaltouunit toimivat vain sen ajan, joka valitaan kun laite laitetaan päälle, joten keskitytään vain hellan ja uunin tarkasteluun.

Nykyaikaisissa helloissa on kellotoimintoja, jotka katkaisevat virran hellasta tietyn ajan kuluttua käytön alkamisesta. Hienoimmissa induktiohelloissa on kattilan tunnustustoiminta, joka katkaisee virran levyltä, jos levyn päälle ei ole kattilaa. Näiden hyvien innovaatioiden ansiosta ei haittaa, vaikka hella jäisi vahingossa päälle.

Myös nykyaikaisissa uuneissa on erilaisia ajallisia ruoanvalmistustoimintoja, jotka on optimoitu esimerkiksi tiettyjä paisteja tai sulatusta varten. Koska ohjelmat ovat ajastettuja, uuni menee itse pois päältä ohjelman jälkeen, eikä jää päälle turhaan aiheuttamaan riskejä ja kuluttamaan turhaan sähköä.

Ongelmaksi muodostuu senioreiden luottamus vanhaan tekniikkaan. Vaikka helloissa ja uuneissa olisikin hienoja turvallisuusominaisuuksia, ne jäävät helposti senioreilta käyttämättä, joko hankalan käytettävyyden tai viitseliäisyyden puuttumisen vuoksi.

Edellä mainituista syistä erityisesti hellan ja uunin pois laittamista kannattaa valvoa sähkömittarin tapahtumista. Yöksi päälle jäänyt uuni on pitkään kuuma ja täysin valvomatta, jolloin se on myös suuri tulipaloriski. Pölyn lisäksi laitteen vikaantuminen saattaa aiheuttaa vaaratilanteen, joten laite tulisi saada mahdollisimman pikaisesti pois päältä.

Myös päiväsaikaan hellan ja uunin käyttöä kannattaa valvoa. Mikäli normaali ruoanlaittoaika on ollut seniorilla noin puolisen tuntia, mutta hella on vielä tunninkin päästä, ruoan valmistuksen aloittamisesta, edelleen päällä, kannattaa seniorin asuntoon tehdä tarkastuskäynti.

Turhaan päällä oleva hella voi olla myös palovammariski seniorille. Jos seniori on unohtanut hellan levyn päälle, ei hän muista sen myöskään olevan päällä, kun hän seuraavan kerran hellaa käyttää tai on keittiössä. Tällöin on riski, että seniori asettaa kätensä kuumalle levyille ja saa vakavan palovamman. Myös tästä syystä hellan päälle jäämistä tulee ehdottomasti tarkkailla.

5.3.3 Ei tapahtumia

Sähkölaitteiden päivittäinen käyttö on normaalia toimintaa seniorille omassa asunnossaan. Mikäli sähkömittari ei kuitenkaan rekisteröi yhtään tapahtumaa, on tilanne jo hyvin hälyyttävä. Tällöin seniorin tilanne on hyvä käydä tarkistamassa siltä varalta, että jotain vakavampaa on sattunut.

Hyvä seurantajakso tapahtumille kannattaa määrittää seniorin mukaan, koska jokainen seniori käyttää sähköisiä laitteitaan hieman eri tavalla, joten kiinteän valvontavälin määrittäminen ei ole paras mahdollinen ratkaisu ongelmaan.

Täysin välittömään reagointiin ei tässäkään tapauksessa päästä. Senioreiden asuntoihin ei voida mennä, jos yhtään tapahtumaa ei ole tullut esimerkiksi kymmeneen minuuttiin. Seniori voi lukea vaikka päivän lehteä yli kymmenen minuuttia, ilman koskemista yhteenkään sähköiseen laitteeseen. Myös radiota kuunnellessa aikaa kuluu helposti enemmän kuin kymmenen minuuttia. Aika on yksinkertaisesti liian lyhyt, jotta siitä voitaisiin tehdä vakuuttavia johtopäätöksiä.

Jos tapahtumia ei ilmene tuntiin, ei sekään ole vielä hälyyttävä tilanne, koska jokin televisio-ohjelma saattaa kestää tunnin. Seniori voi seurata ohjelmaa tiiviisti, ettei käytä muita laitteita ollenkaan. Televisiosarjatkin kestävät puolesta tunnista aina tuntiin asti.

Tunninkin viive avun saamisessa voi herkästi koitua jonkun huonokuntoisen kohtaloksi. Kuten todettua, tästä syystä sähkömittarin tarjoamaa valvontaa ei ole tarkoitettu kaikista huonokuntoisimmille senioreille. Heidän valvontaansa on omat havaintolaitteet, jotka ovat paljon tarkempia, mutta mittaavat pienempää kokonaisuutta kuin sähkömittari.

5.4 Yhteenveto

Senioreiden toimintaa voidaan valvoa monelta eri kantilta, mutta pääasia on, ettei johtopäätöksiä tehdä ainoastaan yhden valvontatiedon perusteella, koska se on riittämätön tapa tarkastella senioria. Vähintään aika on otettava toiseksi tekijäksi yksittäisen laitteen tunnistuksen tueksi, jotta tiedosta voidaan tehdä minkäänlaisia johtopäätöksiä seniorin toiminnan suhteen.

Seniorin toimia voidaan tarkastella rutiinien ja syy-seuraus-suhteiden valossa. Päivittäisistä toimista voidaan luoda seniori-kohtaisia rutiineja, joita tarkastelemalla seniori voidaan valvoa. Syy-seuraus-suhteiden avulla voidaan tarkastella laitteiden päälläoloa väärästä syystä. Yöllä seniorin halutaan nukkuvan, joten yöaikaan asunnosta ei saisi tulla yhtään tapahtumaa.

Valvonta kannattaa kohdentaa helposti tunnistettaviin laitteisiin, joita halutaan seurata. Vaikka näidenkään laitteiden osalta ei saavuteta täysin varmaa tunnistusta, on riittävää tietää, että joku näistä laitteista meni päälle.

Sähkömittarilla toteutetta seniorivalvonta ei ole ratkaisu kaikkeen. Sen valvonta ulottuu vain sähkölaitteiden käyttöön, joten kaikki muu seniorin toiminta, jossa hän ei käytä sähkölaitteita, jää sähkömittarilta huomaamatta.

6 Tunnistus käytännössä

Edellä esiteltiin erilaisia tapoja, joilla sähkömittarin tarjoamaa dataa voidaan tulkita teoriassa. Tässä luvussa teorian asetetaan käytäntöön ja esitellään miten tulkinta tapahtuu käytännössä sähkömittarin tarjoamasta datasta edellä mainittuja tulkintametoodeja käyttäen. Kaikki data on otettu oikeasta kohteesta, eikä tuotettu testiolosuhteissa, kuten luvussa 4.4.

6.1 Tapahtumien määrä

Valvontaa pystyy suorittamaan sähkömittarilla ilman minkäänlaista ennakkotietoa valvottavan asunnon laitteistosta tarkastelemalla pelkästään tapahtumien määrää. Sähkömittarin mittaamasta datasta on helppo havaita, että seniorin alkaessa käyttää sähkölaitteita ja toimia asunnossaan, tapahtumien määrä kasvaa huomattavasti.

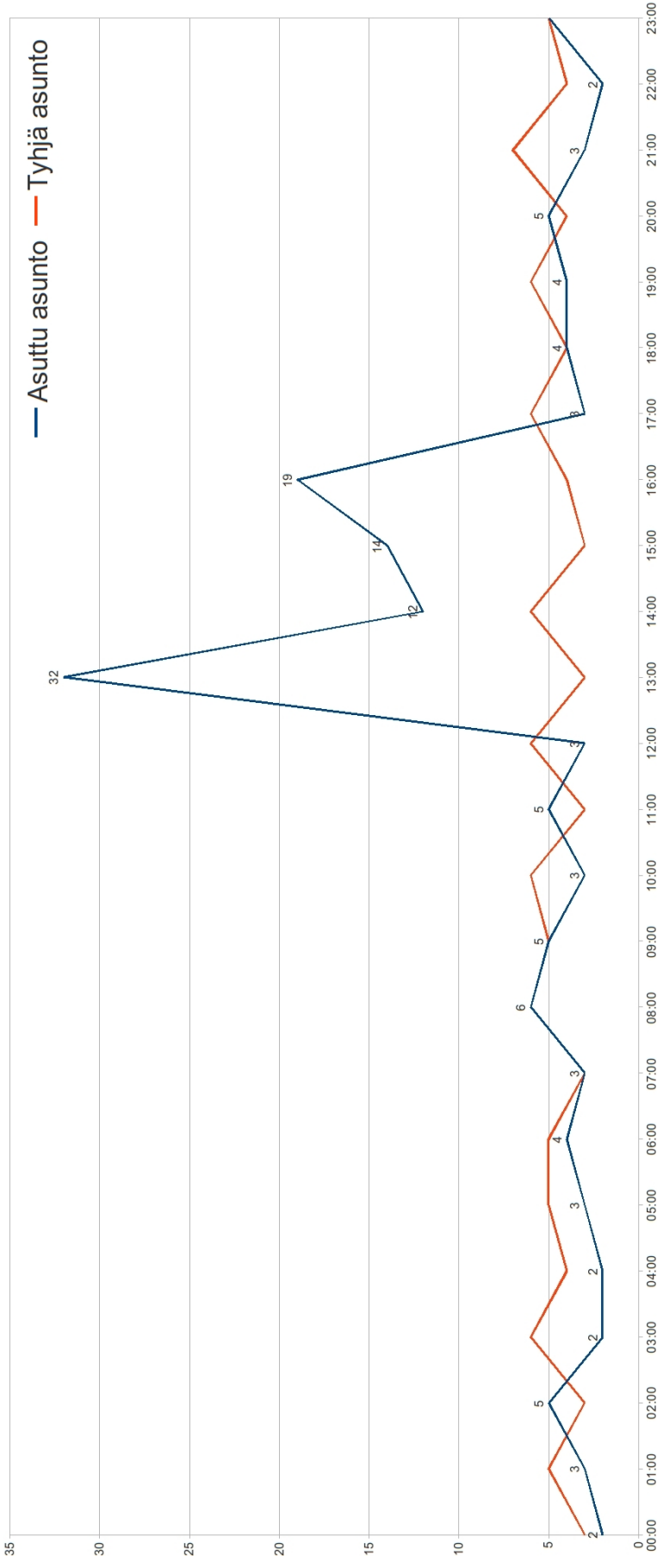
Kuvassa 9 on esitetty kahden eri seniorin asunnon, jotka sijaitsevat samassa kiinteistössä, tapahtumien määrät tunneittain yhden päivän ajalta. Toinen asunto oli mittaushetkellä tyhjillään ja toisessa seniori oli paikalla. On selvästi havaittavissa, että aikavälillä 13-16 asutussa huoneistossa on runsaasti muita tunteja enemmän tapahtumia. Seniori on siis ollut asunnossaan ja toiminut, joten kaiken voidaan olettaa olevan kunnossa.

Piikin tarkastelun jälkeen, voidaan keskittyä muihin tunteihin. Jokaisella tunnilla on tapahtumia, myös siinä asunnossa, jossa seniori ei ollut paikalla. Vaikka asunnossa ei ole mitään tapahtumia seniorin toimesta, automatiikka hoitaa muutamia asioita asunnossa ja tämän johdosta sähkömittari rekisteröi tapahtumia.

Luvussa 5.3.3 käsiteltiin syy-seuraus-suhdetta, jossa tapahtumia ei ole lainkaan ja tällöin pitäisi käydä tarkistamassa, että seniorilla on kaikki kunnossa. Yllä mainitut automaattiset sähkölaitteet tekevät tästä tulkinnasta hieman vaikeampaa, koska tapahtumia syntyy tunneittain. Näiden laitteiden synnyttämät tapahtumat on pyrittävä karsimaan pois, kun tarkastellaan nimen omaan seniorin toimintaa. Näiden laitteiden tunnistamista käsitellään luvussa 6.2.

Vaikka muina tunteina, kuin 13-16, ei asunnossa ole yhtään seniorin tuottamia tapahtumia, ei tämä tarkoita sitä, että seniori on ollut täysin toimeettomana sinä aikana. Sähkömittarin dataa tutkittaessa ei ole käytettävissä esimerkiksi mahdollista kulunvalvontaa, jolla tiedetään varmasti, onko seniori asunnossaan vai ei.

Seniori on varmasti viettänyt aikaansa muualla kuin asunnossaan muun ajan, jolloin tapahtumia ei ole sähkömittariin syntynyt. Tuona aikana seniori on voinut olla muun valvonnan alaisena, kuten kiinteistössä työskentelevien hoitajien, tai muiden senioreiden näköpiirissä. Sähkömittari onkin ensisijaisesti tarkoitettu seniorin asunnon sisäiseen valvontaan.



Kuva 9: Yhden päivän tapahtumat tunneittain.

6.2 Laitteiden tunnistus

Sähkömittari tarjoaa vielä tarkempaa valvontamahdollisuutta, kuin pelkkien tapahtumien määrän tutkimista. Kuvassa 10 on esitetty kahden seniorin asunnon pätötehomuutoksia ja kuvassa 11 samaiset tapahtumat on esitetty pätö-loistehokoordinaatistossa. Kuva 11 on vastaava kuin Hannu Pihalan tekemä kuva 5. Kuvassa 10 on huomattava, etteivät tapahtumat ole aikajanalla, vaan pelkästään esiintymisjärjestyksessä. Tapahtumien välisistä etäisyyksistä ei siis pysty päättämään tapahtuman pituutta. Data on otettu samoista asunnoista kuin edellisessä kappaleessa, joten vain toisessa asunnossa on ollut seniori paikalla.

Jotta minkäänlaista tunnistamista pystytään tekemään on ensin tiedettävä mitä laitteita valvottava asunto sisältää, mitkä niistä on automatisoitu ja minkä tyyppistä niiden kulutus on eli millaisia niiden synnyttämät tapahtumat ovat.

Näissä esimerkeissä olevien huoneistojen varustukseen kuuluvat muun muassa hella, uuni, vedenkeitin, lattialämmitys, ilmastointi ja televisio. Jotta laitteiden synnyttämää tapahtumia pystyttäisiin arvioimaan, laitteita käytiin laittamassa päälle ja pois kiinteistön huoltomiehen toimesta tyhjillään olevassa asunnossa ja jokaisen laitteen kytkennän kellonaika otettiin ylös. Testauksen tulokset on esitetty taulukossa 15.

Taulukko 15: Seniorin asunnon laitteiden testitapahtumien pätötehomuutokset.

	Päälle [W]	Pois [W]
Hella	1576	-1510
Uuni	2240	-2215
Vedenkeitin	2091	-2036
Lattialämmitys	116	-103
Ilmastointi	209	-290
Televisio	294	-294

Taulukossa 15 esitetyt tulokset ovat vain suuntaa antavia, eikä niitä tule noudattaa orjallisesti. Kyseessä on vain yksittäiset tapahtumat jokaiselta laitteelta, eikä useita otoksia. Nämä riittävät silti sähkömittarin antaman datan tulkintaan erittäin hyvin, koska senioreiden asunnot ovat hyvin samankaltaisia kyseisessä kiinteistössä.

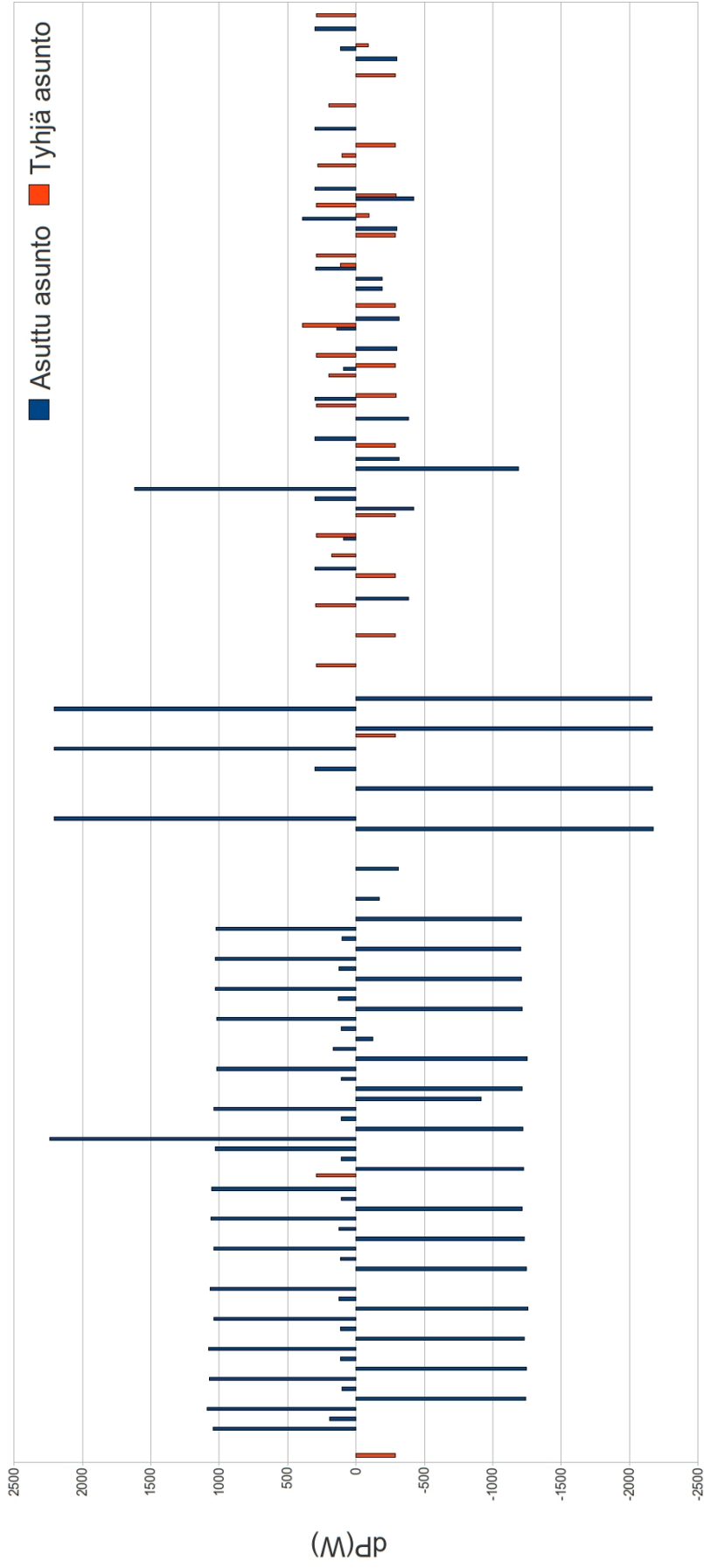
Tarkastellaan ensin hieman kuvan 10 "loppupuolella" olevia pienempiä tapahtumia, joita tapahtuu molemmissa asunnoissa. Näissä tapahtumissa on havaittavissa karkeasti kahdenlaisia tapahtumia. Datassa esiintyy noin 100W:n muutoksia ja reilun 200W:n pätötehomuutoksia useammin.

Kun näitä karkeita havaintoja verrataan suuntaa antaviin testituloksiin taulukossa 15, voidaan todeta, että nämä jatkuvat muutokset johtuvat asuntojen ilmastointilaitteesta ja lattialämmityksestä. Nämä synnyttävät tapahtumia tunneittain ja niiden synnyttämät tapahtumat esiintyvät kuvassa 9 niinä tunteina, jolloin asunnoissa ei ole mitään toimintaa seniorin puolesta.

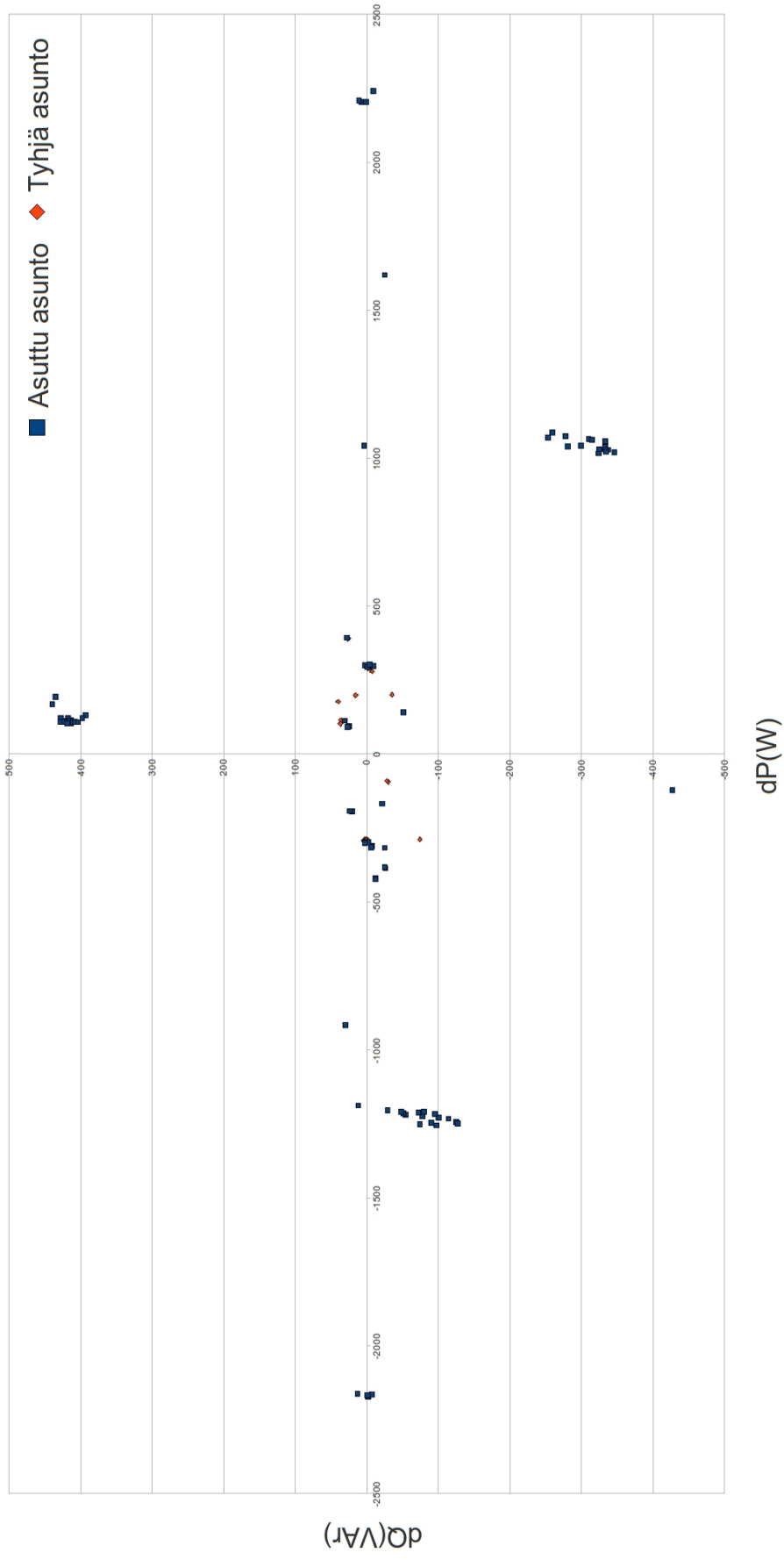
Seuraavaksi tarkastellaan kuvan "alkupuolella" olevia suurempia pätötehomuutoksia. Kuvasta on helposti havaittavissa neljä yli kahden kilowatin pätötehomuutosta. Niiden lisäksi kuvassa on havaittavissa runsaasti noin kilowatin pätötehomuutoksia.

Kun näitä arvoja verrataan testitapahtumien suuntaa antaviin tuloksiin, voidaan todeta kyseessä olevan hellan ja uunin. Uunin synnyttämät tapahtumat ovat hyvin samankaltaisia testitapahtuman kanssa, mutta hellan synnyttämät tapahtumat ovat pienempiä. Tämä johtuu laitteiden eroista ja seniori on myös voinut pitää hellan levyä pienemmällä teholla, kuin huoltomies, josta syntyy pienempi tapahtuma sähkömittariin.

Myös tapahtumien toistuvuus viittaa siihen, että seniori on käyttänyt hellaa, koska hella toimii termostaattimaisesti ja kytkee lämmitysvastuksen päälle aina hetkeksi kerrallaan. Kun levy on jälleen tarpeeksi kuuma, hella kytkee lämmitysvastuksen hetkeksi pois.



Kuva 10: Tapahtumia pätötehomuutoskoordinaatistossa.



Kuva 11: Tapahdumia pätö- ja loistehomuutoskoordinaatissa.

6.3 Rutiinit

Edellä mainitsin, että seniorin toiminnassa on selvä aktiivisuuspiikki noin kello 13-16. Mainitsin myös, että sähkömittarin datasta tunnistettiin hella ja uuni. Nämä havainnot viittaavat siihen, että seniori on tehnyt asunnossaan ruokaa. Päätin tämän perusteella vertailla useamman päivän tapahtumia aikaväliltä kello 13-14 asutussa asunnossa. Tapahtumat peräkkäisiltä päiviltä on esitetty taulukoissa 16, 17 ja 18.

Taulukoista 16, 17 ja 18 on helposti havaittavissa, että tapahtumia on tämän tunnin aikana enemmän kuin normaalisti. Kuvassa 9 muina tunteina tapahtumien määrä pysyy järjestäen alle viiden.

Taulukossa 16 ensimmäinen ruoanlaittoon viittaava tapahtuma on 13:07:20. Tällöin uunin vastus on mennyt hetkeksi pois päältä, koska pätötehon muutos dP/W on negatiivinen. Uunin päällä oleminen voidaan todeta jo aikaisemmin tarkastelemalla vaiheen kokonaistehoa PL/W , joka on reilusti yli kaksi kilowattia jo ennen kello 13. Ruoanlaittaminen on siis aloitettu jo ennen kello 13.

Taulukossa 17 ensimmäinen ruoanlaittoon viittaava tapahtuma on 13:10:27. Mutta tapahtuma ei täytä uunin tapahtuman suuruusluokkaa, vaan viittaa sen sijaan hellan päälle laittamiseen. Uuni on laitettu päälle vasta hetkellä 13:29:47. Myös taulukossa 18 hellaa on käytetty ruoanlaittoon.

Näissä havainnoissa kannattaa huomioida se, ettei seniori toimi konemaisesti, mutta tekee asiat silti suhteellisen tarkasti päivittäin. Näiden kolmen päivän perusteella voidaan jo luoda kyseiselle seniorille rutiini ruoanlaittamisesta, joka alkaa päivittäin noin kello 13. Tätä rutiinia pystytään helposti seuraamaan sähkömittarin tapahtumien perusteella.

Rutiinien valvontaan tarvitaan myös muuta informaatiota, kuten edellä mainittu kulunvalvonta. Esimerkiksi viikonlopun aikana kummastakaan seniorin asunnosta ei tullut yhtään seniorin toimintaan viittaavaa tapahtumaa. Seniori on saattanut lähteä viikonlopun ajaksi muualle vierailulle, mutta sähkömittari ei pysty tätä asiaa valvomaan. Kulunvalvonnan lisäinformaatiota tarvitaan sähkömittarin tueksi esimerkiksi kyseisessä tapauksessa.

Taulukko 16: Asutun asunnon tapahtumat aikavälillä kello 13-14 päivänä 1.

Aika [hh:mm:ss]	dT[s]	PL[W]	QL[VAr]	dPL[W]	dQL[VAr]	UL[V]
13:00:50	0.6	2672	32	-168	-21	222.6
13:01:19	0.5	2666	64	0	0	223.3
13:01:46	0.4	2665	57	0	0	223.5
13:02:44	0.4	2368	54	-311	-7	222.4
13:04:44	0.4	2367	68	0	0	223.5
13:05:45	0.5	2362	44	0	0	222.5
13:06:03	0.4	2359	58	0	0	223.5
13:07:20	0.5	192	50	-2174	-2	223
13:09:41	0.4	2496	60	2204	8	224.5
13:10:48	0.5	2450	46	0	0	224.6
13:11:07	0.4	2443	64	0	0	224.9
13:12:44	0.4	273	49	-2166	-7	224.1
13:16:01	0.5	274	48	0	0	222.9
13:16:07	0.4	573	47	300	-1	223.4
13:16:20	0.4	575	46	0	0	223.7
13:16:37	0.4	2779	49	2204	1	224.4
13:17:33	0.5	2749	57	0	0	224.2
13:19:29	6.1	574	48	-2167	-1	224
13:20:51	11.5	572	43	0	0	225
13:23:35	0.4	2779	57	2209	11	224.6
13:26:19	0.4	568	45	-2163	13	224.4
13:30:19	0.4	540	47	0	0	225
13:36:21	0.4	505	65	0	0	223.6
13:50:41	0.4	418	37	0	0	224.4
13:52:37	0.6	417	36	0	0	224.8

Taulukko 17: Asutun asunnon tapahtumat aikavälillä kello 13-14 päivänä 2.

Aika [hh:mm:ss]	dT[s]	PL[W]	QL[VAr]	dPL[W]	dQL[VAr]	UL[V]
13:00:10	1.3	238	65	0	0	228.1
13:08:10	0.4	532	97	300	3	227.8
13:10:25	0.6	536	95	0	0	228.6
13:10:26	0.6	538	97	0	0	228.4
13:10:27	0.4	2153	100	1615	3	228.1
13:13:25	0.4	2115	111	117	10	228.4
13:15:45	0.5	2062	76	0	0	228.5
13:16:11	0.5	2059	97	0	0	228.9
13:23:24	0.8	911	89	-1118	-4	228.5
13:26:35	180.8	850	91	0	0	228.1
13:29:47	91.3	3070	83	2218	-12	228.4
13:35:52	0.4	3043	68	0	0	228.1
13:38:28	0.5	3226	148	178	84	229
13:39:54	0.4	963	107	-2170	0	227.5
13:41:32	0.4	491	60	-389	-25	228.4
13:42:23	0.6	491	62	0	0	228.1
13:42:24	0.5	490	61	0	0	227.9
13:45:35	0.4	2799	34	2208	-3	229.3
13:52:15	221.9	601	43	-2152	14	228.2
13:55:28	191.6	875	45	272	0	228.3
13:55:29	0.6	874	39	0	0	228.9

Taulukko 18: Asutun asunnon tapahtumat aikavälillä kello 13-14 päivänä 3.

Aika [hh:mm:ss]	dT[s]	PL[W]	QL[VAr]	dPL[W]	dQL[VAr]	UL[V]
13:02:17	3.8	455	18	0	0	225.1
13:02:45	24.3	2711	18	2255	-1	226.3
13:10:08	44.2	2663	8	0	0	226.6
13:10:09	0.7	2657	36	0	0	226.8
13:12:31	0.4	494	54	-2166	1	226.9
13:15:17	0.5	2704	64	2210	12	226.8
13:15:42	0.5	2683	60	0	0	227.1
13:18:49	0.7	1826	873	-834	819	227.1
13:18:50	1	644	88	-1169	-758	226.4
13:23:16	0.4	2818	85	2210	5	225.8
13:26:20	0.4	2438	38	-314	-39	226.7
13:26:59	0.4	278	47	-2162	23	227.3
13:27:28	0.4	1319	48	1041	1	227.3
13:29:13	0.4	2296	46	1030	-6	226.1
13:30:38	0.7	1740	44	-480	-5	226.4
13:31:55	0.4	1833	51	113	15	227.2
13:31:56	0.4	4045	63	2213	14	226.9
13:32:56	0.7	3986	96	0	0	226.3
13:34:52	39.8	2279	49	-1687	-37	225.6
13:35:01	8.5	2280	52	0	0	225.2
13:35:23	8.3	2276	31	0	0	226.9
13:36:04	0.5	2265	49	0	0	226.3
13:36:07	3	2271	54	0	0	226.2
13:39:02	0.6	1800	9	-472	0	226.4
13:39:22	0.4	2098	26	302	0	226
13:41:07	0.9	1412	16	-682	-7	226.2
13:43:46	0.4	1625	32	247	-5	226.4
13:43:55	0.4	1376	26	-251	-4	225.9
13:45:54	0.9	1626	30	252	2	225.5
13:47:05	0.6	1623	39	0	0	224.8
13:54:53	0.4	3731	9	2209	-10	225.7
13:56:09	0.6	3679	19	0	0	225.8
13:56:10	0.9	3674	-4	0	0	225.7
13:56:57	0.4	1531	2	-2159	23	226.1
13:58:51	0.4	1730	473	152	445	225.9
13:58:53	0.6	2821	199	1071	-279	225.9
13:59:07	0.4	1577	43	-1235	-154	226.2
13:59:12	0.4	1807	37	236	5	226.6
13:59:13	0.4	865	36	-940	1	226.7
13:59:21	0.5	958	492	118	455	226.1
13:59:23	0.7	2073	188	1065	-294	226.5
13:59:37	0.4	837	33	-1233	-150	225.8
13:59:50	0.4	954	471	118	439	226
13:59:53	0.7	2072	197	1065	-285	226.2

6.4 Yhteenveto

Käytännössä sähkömittarilla senioreiden valvominen onnistuu riittävällä tarkkuudella, kuten edellisissä luvuissa oletin. Senioreiden pääsääntöiset sähkölaitteet ovat sähkömittariin syntyvien tapahtumiensa osalta niin erilaisia, että ne on helppo tunnistaa sähkömittarin antamasta datasta käytännössä.

Sähkömittarin mittaamasta datasta voidaan havaita rutiineja ja toimintaa jo pelkästään tarkastelemalla tapahtumien määrää. Tarkemmat tulkinnat antavat paremman kuvan, mitä kyseisenä ajankohtana seniorin asunnossa itse asiassa tapahtuu.

Jotta laitteiden tunnistaminen olisi mahdollista, on seniorin laitteistosta oltava jonkinlainen yleiskäsitys ja myös mittaustuloksia niiden käyttämästä sähköstä eli käytännössä niiden synnyttämistä tapahtumista. Ilman mitään ennakkotietoa, ei laitteiden tunnistusta voida tehdä.

7 Yhteenveto

Vaikka sähkömittarin valvonta rajoittuu vain sähköisiin laitteisiin, eikä muuta toimintaa pystytä sähkömittarin avulla valvomaan, sähkömittari soveltuu erittäin hyvin seniorivalvontaan. Se kykenee tunnistamaan laitteita pelkästä sähkövirrasta, jolloin asuntoon ei tarvitse asentaa senioreita häiritseviä valvontalaitteita.

Sähkömittarin pakollisuus on myös yksi sen eduista. Kaikista kiinteistö on löydettävä järjestelmä, joka mittaa sähkönkulutuksen ja kun uuden toiminnon voi integroida jo olemassa olevaan sähkönmittausjärjestelmään, on hyöty huomattava.

Sähkömittarin perusteella tapahtuvan valvonnon reagointiaika on pitkäkö. Tämä on otettava huomioon, kun valintaan senioria asumaan sähkömittarilla valvottavaan asuntoon. Reagointiaika on täysin riittävä, kunhan seniori on hyväkuntoinen. Elintoimintojen valvontalaitteiden reagointiaika ja tarkkuus on huomattavasti parempi kuin sähkömittarin, mutta elintoimintojen valvontalaitteita käytetään vain niitä vaativissa vaikeammissa tapauksissa.

Sähkömittarin tuoma valvonta-apu helpottaa hoitajaresurssien keskittämistä niihin vaikeampiin tapauksiin, joissa seniori todella tarvitsee apua päivittäisten askareiden kanssa. Parempi kuntoisia käydään tarkistamassa rutiinitarkastuksien muodossa tai kun sähkömittarin antamat valvontatiedot niin vaativat.

Seniorivalvonnan osalta, sähkölaitteille, joita senioriasunnoissa aiotaan käyttää, voidaan perustaa tunnistusalue-tietokanta. Tämä tietokanta sisältäisi paljon senioriasunnoissa käytettyjä laitteita ja niiden tunnistusalueiden rajat. Tällöin jokaisessa senioriasunnossa ei tarvitsisi erikseen käydä tutkimassa laitteiden synnyttämiä tapahtumia.

Laitteiden tunnistusalueiden ja rajojen määrittäminen vaatii suurimman työn sähkömittarilla toteutetussa seniorivalvonnassa. Summittainen tietäminen laitteiden tapahtumien luonteesta riittää karkeaan tarkasteluun, mutta tehokkaaseen ohjelmalähtöiseen valvontaan tarvitaan tunnistusalue-tietokanta.

Sähkömittarin sähkölaitteiden tunnistusta voitaisiin hyödyntää myös esimerkiksi laitekohtaisten kulutusten selvittämiseen ja tutkimiseen. Koska sähkölaitteita pystytään tunnistamaan, voidaan myös laskea niiden kuluttamaa energiaa laitekohtaisesti.

Tätä ominaisuutta voidaan soveltaa kuluttajamarkkinoilla ohjelmalla, josta pystyisi seuraamaan reaaliajassa oman kotinsa sähkölaitteiden kulutusta. Seurantasovellus toteutettaisiin älypuhelinlustoille ja tablet-tietokoneille.

Kaiken kaikkiaan, sähkömittari on erinomainen ratkaisu helpottamaan tulevaa resurssitarvetta senioreiden hoidossa. Sähkömittarin ominaisuuksissa on paljon mahdollisuuksia ja uskon sitä hyödynnettävän vielä muuallakin, kuin vain seniorivalvonnassa.

Viitteet

- [1] HSREUTERS, *Ihmisten elinikä pitenee entisestään*, Helsingin Sanomat, 21:49 2.10.2009, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.hs.fi/ulkomaat/artikkeli/Ihmisten+elinika%C3%A4+pitenee+entisest%C3%A4%C3%A4n/1135249768299>
- [2] Fennica.net, *Väestön ikäjakauma: Koko Suomi*, Fennica.net, Suomi Internetissä Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.fennica.net/f/0/8.htm>
- [3] Nieminen Mauri, *Suuret ikäluokat - mitä ne ovat?*, Tilastokeskus, 27.6.2006, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta_06_03_nieminen.html
- [4] Johnson Prentice, *Health, history and hard choices: Funding dilemmas in a fast-changing world*, World Health Organization, Health and Philanthropy: Leveraging change University of Indiana, August 2006, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.who.int/global_health_histories/seminars/presentation07.pdf
- [5] Vehviläinen Maija, *Senioripuiston tehtävänä on pitää jäsenet norjina*, Aamulehti, Uutiset, Tampere & naapurit, 23.9.2011.
- [6] YLE Uutiset, *Kesäisestä hoitajapulasta tuli krooninen*, YLE Uutiset Kotimaa, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://yle.fi/uutiset/kotimaa/2011/06/kesaisesta_hoitajapulasta_tuli_krooninen_2665562.html
- [7] European Commission, *European Economic Forecast Spring 2011*, European Commission, Directorate-General for Economic and Financial Affairs, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/european_economy/2011/pdf/ee-2011-1_en.pdf
- [8] Saga Care Finland, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.sagacare.fi/>
- [9] Facebook, *Information we receive and how it is used*, Facebook, Terms of Use, Data use policy, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.facebook.com/about/privacy/your-info>
- [10] Lukkaroinen Riitta, *Vastuunjaon malli vanhusten kotona asumisen mahdollistamiseksi. Yli 75-vuotiaiden kotihoidon asukkaiden asumismuodot sekä palvelurakennemallien kustannukset ja toiminnallinen sisältö.*, Oulun Yliopisto, Hoitotieteen ja terveyshallinnon laitos, ISBN 951-42-6833-4, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://herkules.oulu.fi/isbn9514268334/isbn9514268334.pdf>
- [11] Puistola Helena, *Vanhustutkimus*, Perusturvalautakunnan jäsen, Janakkala, 21.6.2008, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.helenapuistola.net/?p=54>

- [12] Suomen Ensiapupalvelu, *Turvapuhelinpalvelut "apu aina lähellä"*, Suomen Ensiapupalvelu, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.ensiapupalvelu.fi/sivu/turvapuhelin>
- [13] Vahtola Maria, *Hyvinvointiranneke. Kotona asuvien vanhusten ja heidän omaistensa näkökulma*, Pro gradu -tutkielma, Hoitotieteen ja terveyshallinnon laitos, 2004, Oulun yliopisto.
- [14] Baard Mark, *RFID Keeps Track of Seniors*, Wired, 19.3.2004. Viitattu 10.10.2011. Saatavissa: <http://www.wired.com/medtech/health/news/2004/03/62723?currentPage=all>
- [15] O'Connor Mary Catherine, *RFID Helps Diagnose Early Dementia*, RFID Journal, 14.1.2009. Viitattu 10.10.2011. Saatavissa: <http://www.rfidjournal.com/article/view/4542/>
- [16] BeClose, *Distance Disappears*, WH Interactive, 2011, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://beclose.com/>
- [17] MariMils Oy, *ELSI Turvalattia /Finnish Language Introduction to ELSI*, MariMils Oy, ELSI™SmartFloor 14.1.2009. Viitattu 10.10.2011. Saatavissa: http://www.marimils.com/elsi_suomi
- [18] Pekkarinen Mauri, *Sähkökulutuksen mittauksen uudistus*, Elinkeinoministeri, Tiedotustilaisuus 5.2.2009, Työ- ja elinkeinoministeriö, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.tem.fi/files/21782/sahkonkulutuksen_mittauksen_uudistus050209.pdf
- [19] Suomen Sähkötekniikan Standarisointiyhdistys SESKO, *Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet*, Suomen Standardisointiliitto SFS, Standardi SFS-EN 50160, Ref. No. EN 50160:1999 E.
- [20] Ritonummi Timo, Valli Matti, *Sähkökaupassa tuntimittaukseen*, Sähköala.fi, 10.3.2009, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.sahkoala.fi/koti/SahkoalaKoti/sahkoala_koti_2009/suunnittelu/fi_FI/tuntimittaus/
- [21] Transport for London, *Impacts monitoring, Fourth Annual Report, June 2006*, Mayor of London, Central London Congestion Charging, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/Fourth-Annual-Report-Overview.pdf>
- [22] Yritysten energiaopas, *Pohjoismainen sähköpörssi (Nord Pool)*, Yritysten energiaopas, 30.3.2009. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://ek2.ek.fi/yritysten_energiaopas/fi/sahkon_hankinta/pohjoismainen_sahkoporssi.php
- [23] IT-Palvelukeskus, Teknillinen Korkeakoulu, *IT-palvelukeskuksen tilat Maaritintalossa*. Viitattu 9.10.2011. Saatavissa: <http://itservices.tkk.fi/fi/tilat/maari/>

- [24] MySQL, *The world's most popular open source database* Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.mysql.com/>
- [25] MySQL++, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://tangentsoft.net/mysql++/>
- [26] MySQL++ v3.1.0 User Manual, 7. *Using MySQL++ in a Multithreaded Program*, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://tangentsoft.net/mysql++/doc/html/userman/threads.html>
- [27] Agent++/SNMP++, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.agentpp.com/>
- [28] SNMP++ Documentation 3.2.25, *v3MP Class Reference*, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.agentpp.com/doc_snmp++3.x/classv3MP.html
- [29] OpenSSL, *Cryptography and SSL/TLS Toolkit*. Viitattu 9.10.2011. Saatavissa: <http://www.openssl.org/>
- [30] Ubuntu, *Package: openssl (0.9.8k-7ubuntu8.6) [security]*, Ubuntu Packages. Viitattu 9.10.2011. Saatavissa: <http://packages.ubuntu.com/lucid/openssl>
- [31] Valgrind, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://valgrind.org/>
- [32] Myers Nathan C., *Memory Management in C++*, The Cantrip Corpus, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.cantrip.org/wave12.html>
- [33] Damn Semicolon;, *MySQL: Optimize your Primary Key*, Damn Semicolon;, #oh how I always miss you, 25.8.2010, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.damnsemicolon.com/mysql/optimize-your-primary-key-in-mysql>
- [34] Pihala Hannu, *Sähkölaitteiden toiminnan rekisteröinti sähköisten sormenjälkien avulla - NIALM (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) State of Art*, VTT, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: http://www.diem.fi/files/deliverables/D3.5.1BA_NIALM-sota_0.pdf
- [35] Zeifman Michael, Roth Kurt, *Non-Intrusive Appliance Load Monitoring (NIALM): Review and Outlook*, Fraunhofer USA, Fraunhofer Center for Sustainable Energy Systems, International Conference on Consumer Electronics, Las Vegas. 10.1.2011. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://cse.fraunhofer.org/Default.aspx?app=LeadgenDownload&shortpath=docs%2Fniaalm-ieee-2011.pdf>
- [36] Pihala Hannu, *IMU:n (Intelligent Metering Unit) avulla toteutettavissa olevat käyttösovellukset*, VTT, DIEM BA Deliverable D3.5.2, Espoo 21.6.2011.
- [37] Balasubramanian Narasimhan, *The Normal Distribution*, Stanford University, 22.7.1996. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www-stat.stanford.edu/~naras/jsm/NormalDensity/NormalDensity.html>

- [38] Valero Noemi, *A Non-Intrusive Appliance Load Monitoring System for Identifying Kitchen Activities*, Master Thesis, 18.6.2011, Aalto University, School of Electrical Engineering, Department Automation and Systems Technology.
- [39] Alavalkama Ilkka, *Monitori- ja televisiokuvan katselu*, TTY, AML-2100 Kuvausmenetelmät 2006-07 / Monitorikuva. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.tut.fi/units/arc/amltech/books/aml2100/pdfs/kat-selu.pdf>
- [40] Komulainen Liisa, *Millaisia oireita kuivat silmät aiheuttavat ja miten niitä hoidetaan?*, Kuopion Lääkeinformaatiokeskus, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.uku.fi/~kroger/klik2/kysymys/kysymys7-06.pdf>
- [41] Paahtimoyhdistys, *Päiväkahvit osana ikäihmisten hyvinvointia*, Kahvi ja terveys, Tutkittua tietoa terveydenhuollon ammattilaisille, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://kahvinet.virtual35.nebula.fi/index.php?k=111024>
- [42] Paahtimoyhdistys, *Paahdetun kahvin kulutus Suomessa*, Kahvi.net, Kaikki kahvista, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://kahvinet.virtual35.nebula.fi/index.php?k=110973>
- [43] Paahtimoyhdistys, *Kahvi ja terveys*, Kahvi ja terveys, Tutkittua tietoa terveydenhuollon ammattilaisille, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://kahvinet.virtual35.nebula.fi/index.php?k=110914>
- [44] Paahtimoyhdistys, *Kahvi ja uni*, Kahvi ja terveys, Tutkittua tietoa terveydenhuollon ammattilaisille, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://kahvinet.virtual35.nebula.fi/index.php?k=111027>
- [45] Vattenfall Oy, *Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus*, Vattenfall Oy, 5.9.2001. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-kulutus.htm>
- [46] Lammi Elina, Järvinen Virve, *Seniorin ruokavalio*, Kotiliesi, 4.2.2008. Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://kotiliesi.fi/ruoka/arkiruoka/seniorin-ruokavalio>
- [47] Derk-Jan Dijk, John A. Groeger, Neil Stanley, Stephen Deacon, *Age-Related Reduction in Daytime Sleep Propensity and Nocturnal Slow Wave Sleep*, SLEEP, Vol. 33, No. 2, 2010, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.journalsleep.org/ViewAbstract.aspx?pid=27696>
- [48] Mann Denise, Smith Michael W., *Lack of sleep affects your immune system.*, WebMD, Viitattu 5.10.2011. Saatavissa: <http://www.webmd.com/sleep-disorders/excessive-sleepiness-10/immune-system-lack-of-sleep>