

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tietoliikennetekniikka

Opinnäytetyö

Joonas Tutti

LANGATTOMAT KODINOHJAUSJÄRJESTELMÄT

Työn ohjaaja Yliopettaja Mauri Inha
Tampere 11/2010

Tekijä	Joonas Tutti
Työn nimi	Langattomat kodinohjausjärjestelmät
Sivumäärä	39
Valmistumisaika	18.12.2010
Työn ohjaaja	Yliopettaja Mauri Inha
Avainsanat	Kodinohjausjärjestelmä, ZigBee, X10, Insteon

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyöraportin tarkoituksena on koota tietopaketti, joka kertoo, mitä ovat langattomat kodinohjausjärjestelmät, niiden käyttökohteet ja sovellukset.

Kodinohjausjärjestelmissä käytettäviä langattomia teknologioita on monia ja niiden rinnalla on myös käytössä esimerkiksi sähköjohdotuksia hyödyntäviä ratkaisuja. Kodinohjausjärjestelmässä voikin olla myös molemmat osat, langaton ja langallinen, osana systeemiä. Tässä työssä on tarkasteltu pääosin langattomia toteutuksia.

Työssä kerrotaan kodinohjausjärjestelmien mahdollisesti toteuttamista ratkaisuksista sekä mitä toimintoja ne yleensä ohjaavat kiinteistössä. Näitä osa-alueita on tarkasteltu erikseen ja kerrottu yksityiskohtaisesti millaisia toimintoja ohjauksiin voi kuulua.

Toteutuksessa käytetyistä eri tekniikoista ja standardeista työssä esitellään seuraavat: ZigBee, WiFi/WLAN/IEEE 802.11, Z-Wave, X-10 sekä INSTEON. Näiden lisäksi tarkastellaan esimerkkinä Sveitsiläisen Adhoco:n valmistaman kodinohjausjärjestelmän laitteita.

Työ on tehty puhtaasti teoria pohjalta, omakohtaisiin laitteisiin ja asennettuihin kodinohjausjärjestelmiin tutustumiseen minulla ei ollut mahdollisuutta.

Writer	Joonas Tutti
Thesis	Wireless home control systems
Number of pages	39
Graduation time	18.12.2010
Thesis supervisor	Senior lecturer Mauri Inha
Keywords	Home control system, ZigBee,X10, Insteon

ABSTRACT

The purpose of this thesis is to assemble an information package which tells the reader what wireless home control systems are, the areas they are used in and applications.

There are many different wireless technologies used in home control systems and besides them there are also different solutions using power lines. Home control systems may have both solutions, wire and wireless as a part of the system. In this thesis the focus is on wireless solutions.

In this work we will look at the different solutions home control systems provide and the functions they operate in a real estate. These different aspects are examined separately and possible functions pondered.

From the different technologies and standards we will examine the following: ZigBee, WiFi/WLAN/IEEE 802.11, Z-Wave, X-10 and INSTEON. Besides these we will look at the different components of the home control system manufactured by a Swiss company, Adhoco.

This thesis has been done purely on a theoretical basis, there was no possibility to examine devices and installations personally.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun tietoliikennetekniikan opinnäytetyönä. Kodinohjausjärjestelmät ovat ajankohtainen ja mielenkiintoinen aihe, ja uskon, että järjestelmien markkinat ovat vasta alkamassa. Kodinohjausjärjestelmissä käytettävät tekniikat kiinnostivat minua, joten käytin opinnäytteen tekemisen suoman mahdollisuuden tutustua niihin vähän pintaa syvemmältä.

Haluan kiittää Mauri Inhaa työn ohjauksesta.

Työ on julkinen.

Tampereella 2.12.2010

Joonas Tutti

LYHENTEET JA TERMIT

ZC *ZigBee coordinator*, ZigBee-koordinaattori

ZR *ZigBee Router*, ZigBee-reititin

ZED *ZigBee End Device*, ZigBee-loppulaite

ISM *Industrial, Scientific, and Medical*, lupavapaa taajuuskaista on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön.

BPSK *Binary Phase Shift Keying*, binäärinen vaiheavainnus, joka käyttää kahta kantoaallon vaihetta ilmaisemaan binäärisen viestin arvon 0 tai 1.

O-QPSK *Orthogonal quadrature phase shift keying*, ortogonaalinen nelivaiheinen avainnus, jossa kantoaalto voi olla neljässä eri vaiheessa.

Superframe *Superkehys*, sisältää muut tiedonsiirrossa tarvittavat kehykset.

AES *Advanced Encryption Standard*, lohkosalausmenetelmä.

WPA *WiFi protected access*, salausmenetelmä.

EAP *Extensible Authentication Protocol*, käyttäjän tunnistusprotokolla.

CSMA/CA *Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance*, tietoliikenteen siirtotien varausmenetelmä.

CCK *complement code keying*, tiedonsiirtotekniikka.

PBCC *packet binary convolutional coding*, tiedonsiirtotekniikka.

DSSS *Direct Sequence Spread Spectrum*, Suorasekventointi.

HR-DSSS *High Rate-DSSS.*

OFDM *Orthogonal frequency-division multiplexing, modulointimenetelmä.*

MIMO *Multiple In Multiple Out, tietoliikennetekniikka, jossa sekä lähetykseen että vastaanottoon käytetään samanaikaisesti useampaa kuin yhtä antennia.*

CRC *Cyclic redundancy check, tarkisteavaimen luontiin tarkoitettu tiivistealgoritmi.*

TIIVISTELMÄ	i
ABSTRACT	ii
ALKUSANAT	iii
LYHENTEET JA TERMIT	iv
1. Johdanto	9
2. Langattomat kodinohjausjärjestelmät yleisesti	9
3. Kodinohjausjärjestelmien käyttökohteita	10
3.1 Valaistus	11
3.2 Ilmanvaihto	12
3.3 Lämmitys	12
3.4 Turvallisuus	12
3.5 Mittauskohteita ja energiansäästöjä	13
4. Erilaiset toteutustekniikat	15
4.1 ZigBee-teknologia	15
4.1.1 ZigBee-verkko	15
4.1.2 ZigBee ominaisuuksia	16
4.1.3 ZigBee verkkojen liikennöinti	18
4.1.4 Protokollapino	18
4.1.5 Salaus	20
4.2 WiFi / WLAN / IEEE 802.11 - standardit	20
4.2.2 802.11	21
4.2.2.1 802.11b	21
4.2.2.2 802.11g	21
4.2.2.3 802.11n	21
4.3 KNX standardi	22
4.3.1 Väyläkaapeli	22
4.3.2 KNX Powerline väylä	23
4.3.3 Radiotaajuus	23
4.4 Z-Wave protokolla	24
4.5 X10 - standardi	25
5. INSTEON - standardi	26
5.1 INSTEON sanomien rakenne	27
5.2 Insteon sanomatoisto	29
5.2.1 Sanomat sähköjohdotuksessa	30
5.2.2 Sanomat radiotaajuudella	31
5.2.3 RF/Sähköjohdotuksen synkronointi	31
5.3 Insteonin turvallisuus	32
6. Laitteet Adhoco järjestelmässä	32
6.1 Keskusohjausyksikkö	32

6.2 Anturit	33
6.2.1 Läsäolotunnistin / kirkkausanturi	33
6.2.2 Lämpötila- ja kosteusanturi	34
6.2.3 Minisääasema	34
6.2.4 Virrankulutusanturi	35
6.3 Toimilaitteet	35
6.3.1 Radio-ohjattu kytkin	35
6.3.2 Servoventtiili	36
6.3.3 Venttiiliryhmänohjaus	36
7. Yhteenveto	37
Lähteet	38

1. Johdanto

Kodinohjausjärjestelmät on osa kiinteistöautomaatiota, joka erikoistuu yksityisten kotien ja vastaavien rakennuksien vaatimusten toteuttamiseen. Asukkaiden turvallisuuden ja mukavuuden lisäämiseksi ohjataan esimerkiksi valaistusta, ilmastointia, ovia, ikkunakaihtimia sekä turvallisuusratkaisuja toteuttavia laitteita, kuten hälyttimiä ja valvontaa eri muodoissa, esimerkiksi liiketunnistamiseen perustuvaa kulunvalvontaa. Teknologioiden kehittyessä järjestelmien langattomuuskin lisääntyy. Kodinohjausjärjestelmät ovat Suomessa vielä harvinaisia, mutta yleistyvät uudisrakentamisen myötä. Samoin jälkiasennukseen sopivien järjestelmien markkinoille tulo mahdollistaa vanhankin rakennuksen varustamisen kodinohjausjärjestelmällä. Tulevaisuuden näkymissä on visioitu hyvinkin automatisoituja älykoteja, joissa kasvien kastelut, lemmikkien ruokinnat ja monet muut toiminnot on automatisoitu.

Tässä työssä kerrotaan kodinohjausjärjestelmien yleisistä toteutuksista ja sovelluksista. Tutustutaan markkinoilla oleviin tuotteisiin ja niiden yleisesti käyttämiin langattomiin tekniikoihin ja pohditaan mahdollisia lähitulevaisuuden käyttökohteita. Työssä tarkastellaan myös yhtä markkinoilla olevaa kodinohjausjärjestelmäpakettia ja siihen kuuluvia laitteita.

2. Langattomat kodinohjausjärjestelmät yleisesti

Perinteisesti kodin sähkötoteutuksissa on totuttu käyttämään sähkötoimisia laitteita suoraan kytkimiä ja termostaatteja käyttäen. Tämä käytötapa sulkee pois automaation, sillä näitä suoria ohjauksia käytettäessä vaaditaan aina ihmisen omaa toimintaa. Kodinohjausjärjestelmä tuo koteihin uuden tavan sähkölaitteiden ja sähköä käyttävien toimintojen ohjaamiseen. Automaatio tuo ohjelmoitavuutta ja valvonta mahdollisuuksia, jotka eivät ole olleet mahdollisia perinteisiä ratkaisuja käyttäen. Vaikkakin kodinohjausjärjestelmiä on ollut saatavilla jo pitkään, ratkaisut ovat usein olleet sellaisia, että ne on pitäneet ottaa huomioon jo talon sähkösuunnittelua toteuttaessa, joten valmiisiin rakennuksiin ne ovat olleet hankalampi toteuttaa. Langattomat kodinohjausjärjestelmät ovat yleistyneet 2000-luvulla. Erilaiset älytalo-projektit, asuntomessuilla läsnäolo ja laite-edustajien markkinointi ovat tuoneet kodinohjausjärjestelmät suomalaisten tietoisuuteen. Visioissa on esitelty muun muassa

jääkaappi, joka tilaa lisää ruokaa tarvittaessa sekä muita erikoiselta kuulostavia ajatuksia joilla ihmisten arkea on automatisoitu ja vähennetty askareita joita ihmisen itse täytyy huolehtia. Tämän tapaiset toteutukset eivät ole vielä arkipäiväisessä käytössä, toisin kuin älykkäät ja langattomat kodinohjausjärjestelmät. Näitä ratkaisuja on voinut entistä enemmän nähdä käytettävän esimerkiksi asuntomessuilla, joissa on toteutettu sovelluksia asuntoihin osana modernia kotia niin sisustuselementtinä kuin funktionaalisenä tekniikkana.

Erilaiset valaistusohjaukset ovat yksi näkyvin osa kodinohjausjärjestelmiä, mutta ohjauksen piiriin voi kuulua monia toimintoja, kuten lämpötilasäätö, eri varoitukset ja valvonnat joita voivat olla esimerkiksi kosteushälytys, palovaroitus. Ilmastointi ja ilmanvaihto tehostuvat ohjauksella, lämmitystä kontrolloimalla saadaan aikaan energiasäästöjä ja mukavuutta asumiseen, sensorit tuovat turvallisuutta elämiseen. Kodinohjausjärjestelmä tulevat asennettaessa kiinteäksi osaksi taloa ja asumista, sen on tarkoitus olla käytössä kymmeniä vuosia. Koska ala ja tekniikka ovat vielä murroksessa, laitteita hankittaessa on harkittava huolellisesti, mitä laitteita ottaa käyttöön, sillä eri valmistajien ratkaisuja on useita, ja myös toisistaan huomattavasti eroavia tekniikoita ja standardeja on käytössä.

3. Kodinohjausjärjestelmien käyttökohteita

Kodinohjausjärjestelmiä on sovellettu monessa eri asumistekniikan osa-alueella. Näitä alueita tarkastelemalla saa tarkemman käsityksen siitä, miten ohjausjärjestelmät vaikuttavat kaikilla asumisen alueilla.



Kuva 1. Esimerkki kodinohjauksen kohteista [2]

3.1 Valaistus

Valaistus on näkyvimpiä elementtejä kodinohjausjärjestelmien kontrolloimista asioista. Siihen on ryhdytty kiinnittämään enemmän huomiota niin kotien sisustuksessa kuin rakentamisessakin. Työtehokkuuteen valaistus vaikuttaa myös huomattavasti ja saattaa sitä rajoittaa ollessaan huonosti järjestetty. Kodinohjaus tuokin näihin potentiaalia lisäämällä säätelyyn vaihtoehtoja ja kontrollia. Tunnistimet, kytkimet, anturit ja ajastimet tuovat suuria määriä vaihtoehtoja valaistuksen kytkemiseen ja säätöön liittyen. Kodinohjausjärjestelmässä voi olla vaihtoehtoina erilaisia tiloja, jotka säätävät valaistuksen vaikka halutun tunnelman mukaan. Valot voidaan ohjata eri tunnistimien mukaisesti tai ajastetusti: jokin tila voi olla valaistu tiettyinä aikoina ja muuten liikkeen tai jopa äänen mukaan. Kulkuväläistuksia voidaan toteuttaa hämäräkytkimen ohjaamana tai liiketunnistimien avustuksella. Valaistuksella voidaan myös luoda kuva, että talossa on joku paikalla vaikka se olisi tyhjillään. Ohjelmoidusti järjestelmä voi sytyttää valoja eri huoneissa antaen vaikutelman, että ihmisiä on paikalla, mikä lisää turvallisuutta yksinkertaisella, tehokkaalla ja edullisella keinolla. Automatiikan tuomat säästöt valaistuksessa riippuvat suuresti ihmisen käyttötottumuksista. Jos asukas on tottunut aina sammuttamaan valaistuksen

poistuessaan huoneesta, niin säästöpotentiaali ei ole niin suuri kuin asukkaalla, joka usein jättää valot palamaan useaankin huoneeseen kerrallaan vaikka niitä ei käytettäisi.

3.2 Ilmanvaihto

Ihmiset tahtovat kotonaan puhdasta sisäilmaa ja jatkuva saasteiden lisääntyminen voi tuoda siihen haasteita. Kun kodinohjausjärjestelmä ohjaa ilmanvaihtoa, ilmanvaihto on tarpeen mukaista, koska puhdasta ilmaa ohjataan huonetilaan juuri niin paljon kuin tarvitaan. Tämä vähentää lämmitystarvetta ja sähkönkulutusta kiinteistössä.

3.3 Lämmitys

Kodinohjausjärjestelmä voi ohjata kodin lämmitykseen liittyviä toimintoja ja auttaa löytämään asunnon optimaalisen energiakulutuksen. Yhden asteen pudotus lämpötilassa vastaa noin viiden prosentin laskua energiakulutuksessa. Ohjausjärjestelmiin voidaan ottaa esimerkiksi patteri-, lattia-, kattolämmitys, varastotilojen lämmitys. Tietyn tilan lämpötilaa voidaan säätää erikseen ja ajastetusti, mikä tuo mahdollisuuksia lämmityksen säätelyyn varsinkin tilojen ollessa sellaiset, että jatkuva käsisäätö ei ole mahdollista. Tilat voivat olla sellaisia, että niitä käytetään vain tiettyinä aikoina, jolloin jatkuva lämmitys tai sulana pito aiheuttaa suuria energiakustannuksia tarpeettomasti.

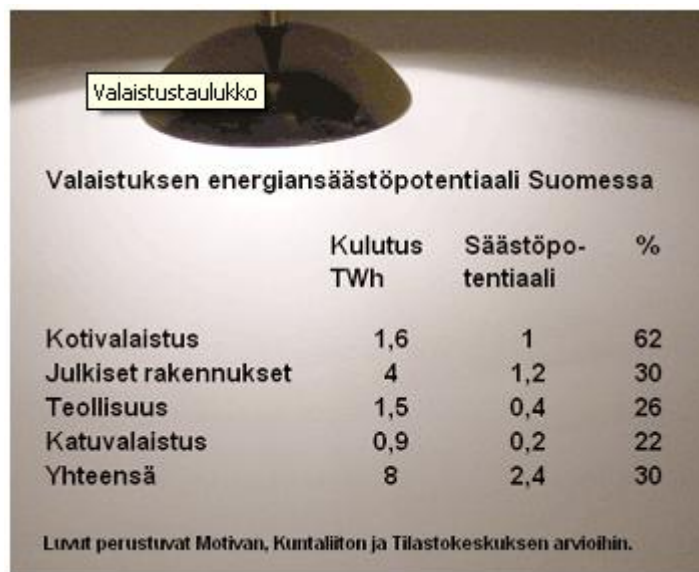
3.4 Turvallisuus

Kodin ja kiinteistöjen turvallisuuteen langattomat kodinohjausjärjestelmät voivat tuoda suuria ja kohtuuhintaisia ratkaisuja. Kodinohjausjärjestelmien markkinoinnissa on vahvasti tuotu esiin sen tarjoamia turvallisuuteen liittyviä mahdollisuuksia. Useat markkinoilla olevat valmiit paketit sisältävät mahdollisuuden käyttää järjestelmää hälytyslaitteistona. Anturiverkko on voitu varustaa eri tunnistimilla, joilla voidaan valvoa ovia ja ikkunoita, sekä havaita tunkeilijat ja suorittaa hälytys. Hälytystilan käynnistyessä voidaan ohjata kaikki valaistus käyttöön ja tehostaa hälytystä mahdollisella sireenillä. Hälytyksen tapahtuessa ilmoitus voidaan lähettää ennalta määrättyihin puhelinnumeroihin tekstiviestinä tai internetin kautta. Älyllä varustetuissa järjestelmissä voi olla lisäksi erikoisempiakin toimintoja, kuten vanhuksien turvallisuuteen tähtääviä ilmoituksia poikkeavasta käytöstä, jos esimerkiksi liikettä ei havaitakaan vaikka järjestelmä on asetettu tilaan, jossa asukas pitäisi olla paikalla.

3.5 Mittauskohteita ja energiansäästöjä

Ilmastonmuutos ja havahtuminen energiavarojen ehtymiseen maapallolla ovat tehneet ihmisistä ympäristötietoisempia ja energiansäästö onkin ollut ajankohtainen puheenaihe. Yksityiset ihmiset ja viranomaiset ovat alkaneet pohtia keinoja säästää energiaa ja siten hidastaa ei-toivottuja globaaleja ilmiöitä. Kodinohjausjärjestelmät sopivat tähän ajattelutapaan ja pyrkimykseen toteuttamalla automaation keinoin päivittäisessä elämässä mahdollisesti huomattaviakin säästöjä pienillä, mutta ratkaisevilla toimilla.

Valaistus on hyvin ymmärrettävä energiansäästön kohde. Jopa 95 prosenttia valolähteiden energiankulutuksesta ja ympäristövaikutuksista on niiden käytöstä, loput viisi prosenttia valmistukseen, tutkimukseen ja kierrätykseen liittyviä. [15]



Kuva 2. Valaistuksen energiansäästöpotentiaali Suomessa. [15]

Kodinohjausjärjestelmät toteuttavat ratkaisuja, joilla voidaan saada kiinteistöön energiansäästöjä, mittaamalla jotain ja tekemällä näiden mittausten tai järjestelmään ohjelmoitujen kriteerien perusteella jonkin toiminnon. Yleisimpiä asioita, joita kodinohjausjärjestelmät mittaavat tai tunnistavat ovat:

- läsnäolo
- kirkkaus
- lämpötila

Tietotekniikan koulutusohjelma, tietoliikennetekniikka

Joonas Tutti

- kosteus
- virrankulutus.

Näistä koostuvilla tiedoilla kodinohjausjärjestelmät tekevät säätöjä ohjaamiinsa toimintoihin. Näitä toimintoja säätämällä kodinohjausjärjestelmien saatetaan luvata tuottavan huomattavia energiasäästöjä, jopa useita kymmeniä prosentteja. Valaistusta säädetään esimerkiksi kirkkausanturin perusteella: luonnonvalon lisääntyessä lisävalaistusta voidaan pienentää tai läsnäoloanturin havaitessa että tila on pitkään käyttämättä voi se katkaista turhan valaistuksen. Samalla voidaan säätää lämmitystä tilojen ollessa käyttämättä. Virrankulutusta voidaan seurata ja tilastoida, käyttöä voidaan säädellä jopa yksittäisten pistorasioiden ohjauksella. Käytössä on usein eri tiloja käyttäjän valittaviksi näistä kaksi perustilaa, kotona ja poissa, ovat selkeät ja yleisimmät. Kun kotoa poistutaan ja valitaan poissa-tila, järjestelmä säätää asetettujen tilojen säädöt. Energiaa säästetään ympäristön ja oman talouden hyväksi.

Jonkinlaisena keskivertotalon kulutusarviona voidaan pitää sitä, että uusi pintalo kuluttaa energiaa noin 3 000 eurolla vuodessa. Kodinohjausjärjestelmän käytöllä voidaan säästää keskimäärin 10 prosenttia. Järjestelmän hankintakustannusarvio on vähintään 5000 euroa. Takaisinmaksuaika voi siten muodostua pitkäksi energiansäästöillä. Tosin kaikki talot ovat yksilöllisiä ja joissain kohteissa saatu hyöty ohjausjärjestelmästä voi olla huomattavastikin suurempi. [2]

4. Erilaiset toteutustekniikat

4.1 ZigBee-teknologia

4.1.1 ZigBee-verkko

Termi Zigbee tulee alun perin mehiläisistä. Mehiläiset elävät yhdyskunnassa, jossa jäsenien välinen kommunikointi on elintärkeä yhdyskunnan säilymiselle. Tekniikoita, joita mehiläiset käyttävät informoidessaan uusista ruokapaikoista yhdyskunnan jäsenille, kutsutaan nimellä Zigbee. Kommunikointitekniikkana se on äänetön ja tehokas, ja mehiläiset voivat sillä viestiä tietoa keskenään ruokapaikan etäisyydestä, sijaintipaikasta ja suunnasta. [3]

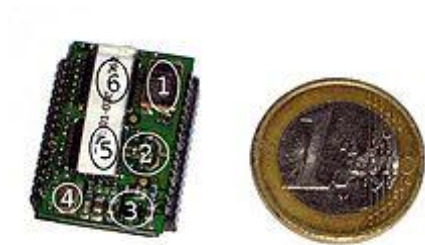
ZigBee-tyylisiä verkkoja alettiin suunnitella jo vuonna 1998, kun useat insinöörit arvioivat sekä WiFin ja Bluetoothin olevan sopimattomia tiettyihin käyttötarkoituksiin, muun muassa itsejärjestäytyviin digitaaliradioverkkoihin. IEEE 802.15.4 - standardi valmistui toukokuussa 2003. ZigBeen spesifikaatio ratifioitiin 14. joulukuuta 2004. [3]

Zigbee-yksiköt pystyvät siirtymään lepotilasta aktiiviseksi huomattavan nopeasti, noin 15 millisekunnissa tai alle, tämä tekee viiveet hyvin pieniksi ja vasteajat ovat muihin tekniikoihin verrattuna hyvin kilpailukykyisiä. Koska heräteajat ovat zigbeellä niin pieniä, voivat modulit olla lepotilassa suuren osan ajasta, mikä mahdollistaa huomattavan pitkäkestoiset akkukestot, jopa vuosia. [4]

ZigBee laitteita on kolmea eri tyyppiä, ZigBee coordinator (ZC), ZigBee Router (ZR) ja ZigBee End Device (ZED). ZigBee coordinator on verkon koordinaattori, se on vastuussa verkon muodostamisesta ja sen tietojen säilyttämisestä. Koordinaattoreita on jokaista ZigBee-verkkoa kohden yksi kappale. ZigBee Router eli reitin nimensä mukaisesti vastaa datan reitittämisestä. ZigBee End Device eli loppulaite on kodinohjausjärjestelmissä useimmiten jokin anturi, säädin tai tunnistin. [4]

ZigBee on IEEE 802.15.4 - standardin mukainen langaton teknologia, joka on kehitetty edulliseksi, yksinkertaiseksi ja pienitehoiseksi langattomaksi ratkaisuksi RF-sovelluksille, joissa tarvitaan pitkää akkukestoa ja datavirrat ovat pieniä. Teknologia on

tarkoitettu yksinkertaisemmaksi ja halvemmaksi kuin muut WPAN-verkot kuten Bluetooth tai WLAN. [4]

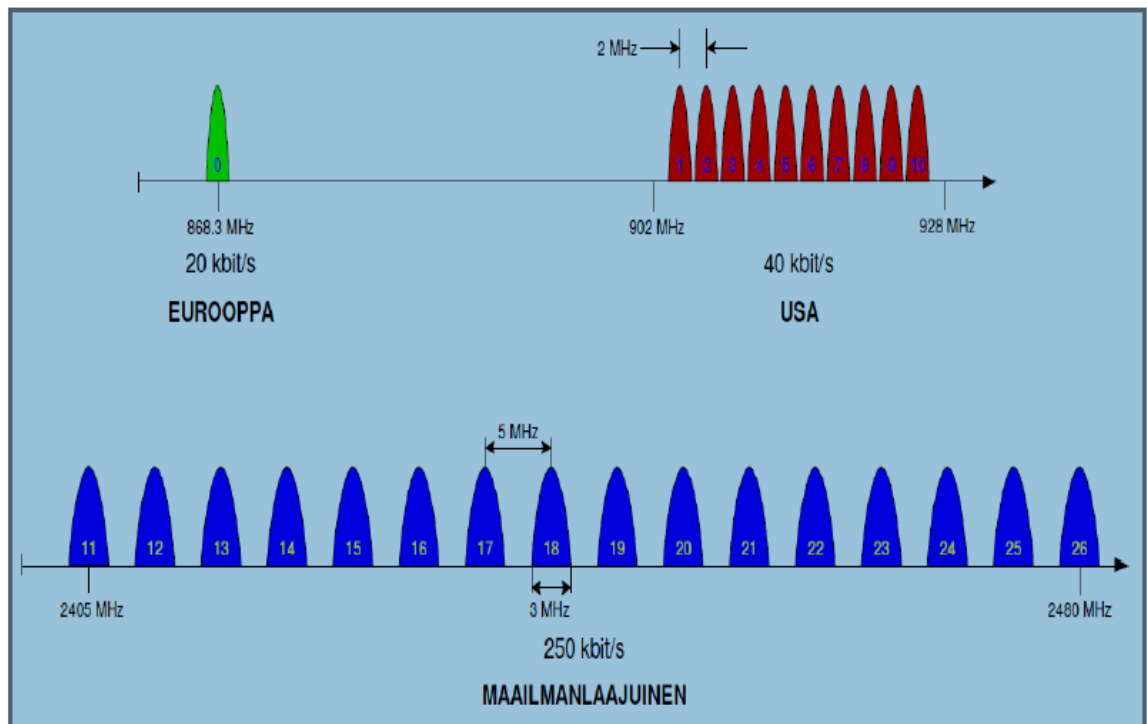


Kuva 3. Zigbee-moduli verrattuna euron kolikkoon. [4]

4.1.2 ZigBee ominaisuuksia

ZigBee toimii ISM (Industrial, Scientific, and Medical) taajuusalueella, joka on maailmanlaajuisesti käytössä oleva radiotaajuuskaista. Se on alun perin tarkoitettu teolliseen, tieteelliseen ja lääketieteelliseen käyttöön, eikä sen käyttö vaadi erillistä lupaa. Euroopassa käytetty taajuus on 868 MHz ja tiedonsiirtonopeus on 20 kb/s. Yhdysvalloissa käytetään taajuutta 915 MHz ja tiedonsiirtonopeus on 40 kb/s. Yleisin käytetty taajuus on 2450 MHz, jolla on myös suurin tiedonsiirtonopeus, 240 kb/s.

Kuvassa 4 on esitetty ZigBeen radiotaajuudet, kanavat ja niiden kaistanleveydet. Alemmilla taajuuksilla tiedonsiirtonopeudet ovat pienempiä, mutta vähemmän ruuhkaisia, koska niillä on myös vähemmän käyttäjiä. Alemmilla taajuuksilla kantamat ovat myöskin pidempiä, sillä esteet eivät vaikuta niillä niin merkittävästi radioaaltoihin kuin suurilla taajuuksilla, esim. 2,4 GHz. Tällä alueella toimivat myöskin WLAN ja Bluetooth ja monet muut langattomat lähettimet, joten alue on ruuhkainen. [5]



Kuva 4. ZigBee-verkon käyttämät taajuudet ja kanavat [5]

ZigBee:n radiokanavat on numeroitu 0-26. Niistä ensimmäinen kanava on käytössä vain Euroopassa ja seuraavat kymmenen kanavaa Yhdysvalloissa. Kanavaväli on 2 MHz. 2,4GHz:n taajuusalueella käytössä on viimeiset 16 kanavaa, joiden kanavaväli on 5 MHz [5]

Taajuuksista riippuen ZigBee käyttää eri modulaatiomenetelmiä. Alemmissa taajuusalueissa Euroopassa ja Yhdysvalloissa käytetään modulaatiomenetelmänä binääristä vaiheavainnusta BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). BPSK-modulaatiossa kantoaallon vaihe määrää, onko signaalin tila nolla vai yksi. Laajemmin käytössä oleva 2,4GHz taajuudella käytetään ortogonaalista nelivaiheista vaiheavainnusta O-QPSK (*orthogonal quadrature phase shift keying*). O-QPSK-modulaatiossa kantoaalto voi olla neljässä eri vaiheessa, joista jokainen on tulkittavissa eri tilaksi, eli kahdeksi bitiksi. [5]

Siirtonopeudet vaihtelevat riippuen käytetystä taajuudesta ja modulaatiosta. Laitteiden käyttämä lähetysteho on iso laitteiden väliseen maksimaaliseen siirtomatkiaan vaikuttaja. Normaalisti ZigBee laitteet käyttävät lähetykseen 20 mW:n lähetystehoa. Kuten muihinkin langattomiin radioteitse liikkuviin signaaleihin vaikuttavat myös ZigBee:n

toimintaetäisyyksiin ulkoiset häiriöt kuten esteet, sääilmiöt. Tavallisesti ZigBee-verkoilla siirtomatkat ovat ilman lisäantenneja 10 - 100 metriä. Lisäantenneja käyttämällä voidaan siirtoetäisyyksiä saada kasvatettua moninkertaisiksi. [5]

Taulukossa 1 on esitetty ZigBee verkkojen eri taajuusalueiden siirtonopeuksia, modulaatiosta ja hajautusmallista riippuen.

Taulukko 1. ZigBee verkkojen taajuuskohtaisia ominaisuuksia [5]

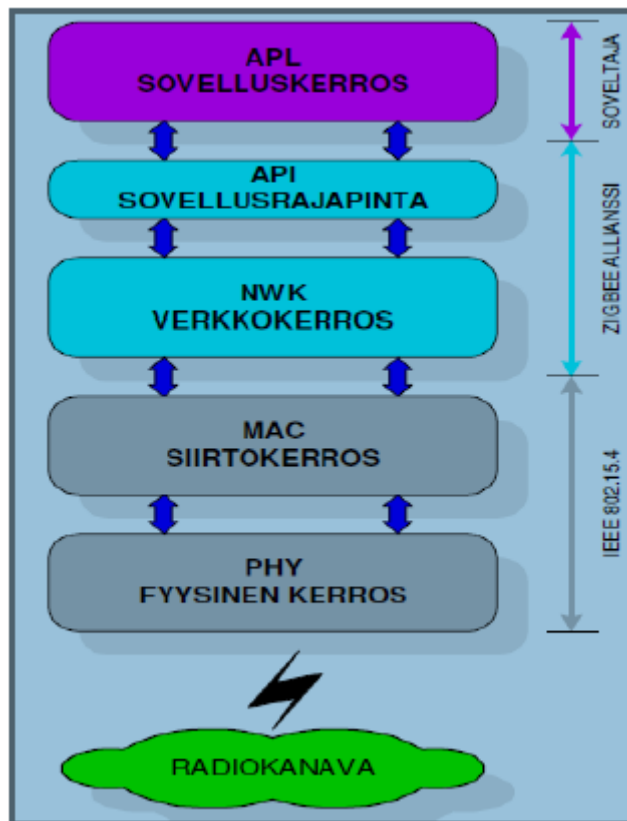
PHY (MHZ)	Taajuusalue (MHZ)	Levitysparametrit		Dataparametrit		
		Chip rate (kchip/s)	Modulaatio	Bitti nopeus (kb/s)	Symboli nopeus (ksymbol/s)	Symboli
868/915	868-868,6	300	BPSK	20	20	Binary
	920-928	600	BPSK	40	40	Binary
2450	2400- 2483,5	2000	O-QPSK	240	62,5	16-ary orthogonal

4.1.3 ZigBee verkkojen liikennöinti

ZigBee verkoissa on eri tyyppisiä liikennöinnin muotoja joilla on omat tunnusomaiset piirteensä. Nämä liikennöintimuodot on eroteltu niiden datanlähetyksen tyyppin mukaan, ja ne ovat: jaksottainen, ajoittainen ja jatkuva. Jaksottaisessa liikenteessä lähetetään useimmiten pieniä datamääriä toistuvasti tietyin aikaväleihin. Sovellus määrää aikavälin, eli sen milloin liikennöinti tapahtuu. Ajoittaisessa liikennöinnissä ei ole säännöllisyyttä, käsky lähetykseen tulee sovellukselta tai ulkoiselta ärsykkeeltä. Jatkuvassa liikennöinnissä koordinaattori varmistaa sovelluksille palvelun laadun, allokoimalla niille superframesta tietyn aikavälin lähetykseen. [5]

4.1.4 Protokollapino

ZigBee :n käyttämässä protokollapinossa jokainen kerros tarjoaa palveluja vain välittömästi yläpuolella olevalle kerrokselle ja käyttää ainoastaan alapuolella olevaa palvelua. IEEE 802.15.4 - standardi on määrittänyt ainoastaan alimmat kaksi kerrosta ja loput kerrokset ovat määriteltä ZigBee- alianssin toimesta, ZigBee-standardissa. Kuvassa 5 on esitetty protokollapino. [5] [6]



Kuva 5. ZigBee protokollapino. [5]

Pinon protokollat ovat alimmasta aloittaen:

PHY (Physical), fyysinen kerros tarjoaa rajapinnan MAC kerrokselle ja fyysiselle medialle.

MAC (Media Access Control), siirtokerros hallitsee siirtokapasiteettia ja hoitaa kommunikoinnin varsinaisen signaalin vastaanoton ja lähetyksen välillä.

NWK (Network Layer), verkkokerros huolehtii verkon hallinnoinnista.

APL (Application Layer), sovelluskerrokseen kirjoitetaan sovelluksen vaatimat tiedot.

[6]

4.1.5 Salaus

Standardin lähtökohtana on, ettei salausta voida purkaa reaaliaikaisesti eikä ennen kuin tieto on vanhentunutta. Yksittäisellä laitteella voi olla eri salausavain jokaista sen pääsyylistalla olevaa laitetta kohden, joten joka yhteys voi olla erillisellä avaimella salattu. [6]

Standardi määrittelee salaukseen käytettäväksi 128 - bittisen symmetrisen AES-lohkosalauksen, jonka on julkaissut vuonna 2001 Yhdysvaltalainen virasto NIST ja on standardi sähköisen tiedon salaukseen. [5]

4.2 WiFi / WLAN / IEEE 802.11 - standardit

Ensimmäinen langaton verkko toteutettiin 1970 Havaijin yliopiston professorin, Norman Abrahamsonin toimesta. Tästä alkoi kehittäilytyö, joka on tuonut langattomat lähiverkot jokapäiväiseen käyttöön. [8]

Kaikki langattomissa kodinohjausjärjestelmissä IEEE 802.11 - standardiin pohjautuvat yhteysmenetelmät eivät ole WiFi sertifioituja, mutta tämä ei tarkoita niiden olevan yhteensopimattomia WiFi laitteiden kanssa. IEEE 802.11 - standardiin perustuvista menetelmistä tutustutaan WiFi teknologiaan.

WiFi on WiFi alliansen tavaramerkki, jota laitevalmistajat käyttävät WLAN (*Wireless Local Area Network*) laitteidensa merkintään, jotka perustuvat IEEE 802.11 - standardiin. IEEE 802.11 - standardi on yleisin WLAN teknologia. WiFi nimitystä on käytetty usein synonyyminä IEEE 802.11 - teknologialle. WiFi sertifioidujen tuotteiden on täytynyt täyttää IEEE 802.11 - radio standardi, WPA ja WPA2 turvallisuus standardi ja EAP autentikointi standardi. [9]

WLAN, *Wireless Local Area Network*, on langaton lähiverkkotekniikka, joka on yleisesti käytössä langattomien internet yhteyksien toteutuksissa. WLAN on IEEE 802.11 standardin mukainen, jonka yleistyneenä markkinointinimenä käytetään myös WiFi nimitystä. Radioteitse toimiva WLAN toimii taajuudella 2,4 GHz, joka on hyvin yleisesti käytössä ja monessa kodissa onkin jo tällä taajuudella toimivia laitteita, joten häiriöt tästä johtuen ovat mahdollisia. [8]

Tarkastelin 802.11 - standardin yleisimpiä versioita.

4.2.2 802.11

802.11 - standardiperheessä on useita lisäyksiä alkuperäiseen standardiin, joista suosituimmat ovat olleet 802.11b ja 802.11g - protokollat. 802.11b oli ensimmäinen laajasti käyttöön otettu lisäys, jota seurasi 802.11g ja 802.11n. Alun perin standardeissa oli heikot turvallisuusominaisuudet, mutta niitä on lisätty uusien versioiden myötä. [10]

4.2.2.1 802.11b

802.11b version tuoma siirtonopeuden kasvu ja halventuneet hinnat toivat sen yleisemmin käyttöön 1999 lähtien. 802.11b käytti CSMA/CA siirtotien varausmenetelmää, joka oli määritelty jo alkuperäisessä standardissa. Maksimi raakadatan siirtonopeus oli 11Mbit/s, joka käytännössä rajoittui alhaisemmaksi. Se toimi 2,4 GHz taajuusalueella ja käytti tiedonsiirrossa CCK tekniikkaa (complement code keying) tai vaihtoehtoisena siirtotekniikkana PBCC (packet binary convolutional coding). [11] [12]

4.2.2.2 802.11g

Vuonna 2003 IEEE ratifioi 802.11g standardin. Se toimii taajuudella 2,4 GHz , maksimi raakadatan siirtonopeuden ollessa 54 Mbit/s ja se oli yhteensopiva aikaisemman 802.11b version kanssa, jolloin yhdessä käytettäessä liikennöinti tapahtuu vanhemman standardin nopeudella. Radiotaajuustekniikoina standardissa on määritelty DSSS-, HR-DSSS- ja OFDM-tekniikat.

4.2.2.3 802.11n

802.11n standardisoitiin vuonna 2009. Se oli alaspäin yhteensopiva, tosin yhteensopivuustilassa käytettiin vanhemman standardin mukaisia nopeuksia. 802.11n määritteli maksimi tiedonsiirtonopeudeksi 600Mbit/s ja käytti 2,4 GHz taajuutta. Standardi määritteli myös MIMO (Multiple In Multiple Out) tekniikan, jolla mahdollistetaan useamman ilmatien kanavan käyttö kerralla usealla antennilla. [14]

Taulukossa 2 802.11 versioiden ominaisuuksia vertailutaulukossa

Taulukossa 2.. 802.11 versioiden ominaisuuksia.

802.11 network standards v. d. e. [hide]										
802.11 Protocol	Release ^[22]	Freq. (GHz)	Bandwidth (MHz)	Data rate per stream (Mbit/s) ^[23]	Allowable MIMO streams	Modulation	Approximate indoor range ^[citation needed]		Approximate Outdoor range ^[citation needed]	
							(m)	(ft)	(m)	(ft)
–	Jun 1997	2.4	20	1, 2	1	DSSS, FHSS	20	66	100	330
a	Sep 1999	5	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1	OFDM	35	115	120	390
		3.7 ^[b]					--	--	5,000	16,000 ^[b]
b	Sep 1999	2.4	20	5.5, 11	1	DSSS	38	125	140	460
g	Jun 2003	2.4	20	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54	1	OFDM, DSSS	38	125	140	460
n	Oct 2009	2.4/5	20	7.2, 14.4, 21.7, 28.9, 43.3, 57.8, 65, 72.2 ^[c]	4	OFDM	70	230	250	820 ^[24]
			40	15, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 150 ^[d]			70	230	250	820 ^[24]

4.3 KNX standardi

KNX on maailmanlaajuinen väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä, joka perustuu avoimeen KNX standardiin ja sen kehitti KNX association. Maailmanlaajuisen standardin kehitys alkoi, jotta kaikkien laitevalmistajien laitteet saataisiin yhteensopiviksi. Tarkoitus oli korvata 1990 luvulla kehitetty European Installation Batibus (EIB) väyläjärjestelmä. Standardin sisältyy kolme eri väylätekniikkaa, European Installation Batibus (EIB), European home system (EHS) ja BatiBUS. KNX associationin asettamat vaatimukset täyttivät kansainvälinen ISO / IEC 14543 (International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission 14543 - standardi ja eurooppalainen CENELEC EN50090 (European Committee For Electrotechnical) Standardization. KNX-standardi on ollut Suomessa käytössä lyhyen ajan ja sen käyttöönottoa on hidastaneet hankintakustannukset sekä haasteellinen käyttöönotto ohjelmointineen. Tätä on helpottanut koulutuksen lisääntyminen ja standardin käytön yleistymisen. KNX käyttää kolmea eri tiedonsiirto tapaa, väyläkaapelointia, sähköverkkoa ja langatonta tiedonsiirtoa. [1]

4.3.1 Väyläkaapeli

Väyläkaapelin kautta tiedonsiirto toimii pienjännitteellä, joka ennen oli 29 voltia, mutta nostettiin 30 volttiin jännitealenemien vuoksi. Usein käytetään väylän puolella virtalähteessä virranrajoituksia ja oikosulkusuoja. Käskyt ja signaalit siirtyvät laitteiden välillä sanomina linjassa peräkkäin. Impedanssin sovitus ei ole käytössä ja kaikki topologiamallit ovat mahdollisia paitsi ympyrä. Sanomien peräkkäinen lähetys mahdollistetaan käyttämällä siirtotien varausta, jossa useat laitteet saattavat lähettää

sanomia samanaikaisesti. Menetelmä perustuu törmäyksien havaitsemiseen, ja siirtotie varataan lähetystä varten, ennen varsinaista lähetystä. [1]

Väyläkaapelina toimivassa parikaapeloinnissa kulkee kahdenlaisia sanomia. Hyötytietoja sisältävä sanoma, joka sisältää lähetettävän tiedon ja toisena sanomatyypinä testitietosanoma, jonka tarkoituksena on saada sanoma perille ja havaita lähetyksessä tapahtuneet mahdolliset virheet, joista yleisin on kahden sanoman törmäys väylällä. Sanomat ovat bittimuotoisia ja sisältävät lähtöosoitteen ja kohdeosoitteen, jonka perusteella oikea komponentti osaa vastaanottaa sanoman ja toimia odotetulla tavalla. [1]

4.3.2 KNX Powerline väylä

Sähköverkossa järjestelmäsanoja lähetetään vaihe ja nollajohdinta hyväksikäyttäen eli erillisiä johdotuksia tiedonsiirtoa varten ei tarvita. Tätä kutsutaan KNX powerlineksi, jossa käytetään SFSK:ta eli hajautettua vaihtotaajuuskoodausta. Sanomat välitetään bitteinä kahta eri taajuutta käyttäen. 115,2 KHz vastaa nollabittiä, taajuus 105,6 KHz ykkösbittiä, tiedonsiirtonopeudeksi saadaan 1200 bittiä/s. Väyläyhteydessä KNX powerlinessä käytetään CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access With Collision Avoidance) väyläyhteyksimenetelmää, joka ensin varmistaa väylän vapauden ja jos käynnissä on kaksi lähetystä samanaikaisesti, törmäys havaitaan ja toinen lähetys keskeytetään. Yhteys on nopea ja luotettava, virheenkorjausta voidaan toteuttaa vertaamalla mallivertailuteknistä tietoa ja lähetettyä sanomaa. Onnistuneesta lähetyksestä lähetetään kuittaus. [1]

KNX powerlinen sanomat ovat rakenteeltaan samanlaisia kuin parikaapeloinnissa kulkevat. Sanomat välittävät käskyt väylää pitkin laitteille. Sanomia on kahta tyyppiä, tietoja sisältävät sanomat ja testitietosanomat. [1]

4.3.3 Radiotaajuus

Langattomassa tiedonsiirrossa tieto liikkuu radioverkossa taajuudella 868 MHz taajuus- tai vaihtotaajuusmoduloinnina maksimilähetysteholla 12 mW. Keskitajuus 868,3 MHz on sama kuin kantotaajuus ja siirtonopeudeksi saadaan 16 348 bittiä sekunnissa. Viesti on moduloitu käyttäen Manchester-koodia. Mediakytkimiä käyttäen mahdollistetaan eri

Tietotekniikan koulutusohjelma, tietoliikennetekniikka

Joonas Tutti

siirtoteiden sovitus, joten sanomien langattoman ja langallisen rajapinnassa tiedon kulku on sujuvaa. Radioverkossa toimivat anturit ja kytkimet pystyvät kaikki kommunikoimaan keskenään kantamansa rajoissa. Välivahvistimia käytetään kantamien lisäämiseksi, jos ne havaitaan riittämättömiksi. [1]

Radiotaajuuden sanomat koostuvat datajaksoista, jotka ovat eritelty käyttäen tarkistussummia. Sanomassa ovat alussa ja lopussa synkronointidata, joilla saadaan lähetin ja vastaanotin kommunikoimaan ja väyläkohtaiset sekä hyötytiedot. Datajaksossa 1 sanomassa ovat osoitekenttä, laitteen KNX-sarjanumero ja tarkistussumma. Datajakso 2 koostuu lisäohjauksesta, laitteen fyysisestä osoitteesta, kohdeosoitteesta, osoitekentästä, datasta ja tarkistussummasta

4.4 Z-Wave protokolla

Z-Wave on suunniteltu kotiautomaatio käyttöön koteihin ja pieniin liiketiloihin. Se on pienitehoinen langaton teknologia sovellusten kauko-ohjaukseen, joka toimii alle gigahertzin taajuudella ja on tarkoitettu ohjaukomentojen välitykseen, jotka eivät vaadi suurta kaistanleveyttä. Z-Wave yksikkö lähettää korkeintaan 1% ajasta ja on aktiivisena 0,1% ajasta, tämä vähentää yksikön virrankulutusta merkittävästi. Siirtonopeutena on 9,6 bit/s tai 40 kbit/s, modulaationa käytetään GFSK:ta. Topologia on toteutettu mesh-verkkona. Pienestä virrankulutuksestaan ja halvasta tuotantokustannuksestaan johtuen Z-Wave sopii kulutuselektronikan sovelluksiin, kuten kauko-ohjaimiin, sensoreihin ja vastaaviin laitteisiin.

Koska Z-Wave ei toimi ruuhkaisella 2,4 GHz alueella, se ei ole altis kotitaloudessa yleisten laitteiden aiheuttamille häiriöille. Toiminta tapahtuu noin 900 MHz taajuudella, maakohtaisia eroja löytyy. Euroopassa käytössä on taajuus 868,42MHz. Mahdolliset häiriöt ovat epätodennäköisempiä kuin protokollan toimiessa 2,4 GHz taajuudella, koska kyseinen taajuus on kotitalousympäristössä jo kovin kuormitettu. Alhaisemman taajuuden käyttö mahdollistaakin protokollan luotettavan käytön kotiympäristössä, ilman epäluotettavuusongelmia muiden langattomien laitteiden tuottamien häiriöiden johdosta. Kantavuus on noin 30 metriä vapaassa tilassa, joka tietysti rajoittuu käytännössä sisätiloissa, johtuen rakenteista ja muista esteistä.

4.5 X10 - standardi

X10 on kansainvälinen avoin standardi elektronisten laitteiden kommunikaatioon ja se sisältää langattoman radiopohjaisen siirtoprotokollan määrittelyn. X10-standardi kehitettiin jo 1975, mutta se on vieläkin laajasti käytössä. Vaikka vaihtoehtoisia uudempia ratkaisuja on tullut saataville, tarkastelemme sitä lyhyesti. Insteon-standardi on yhteensopiva standardi, josta on pyritty toteuttamaan X10-standardin korvaaja, joten tässä työssä tutkitaan sitä tarkemmin. X10 käyttää sähköjohtoja signaalinvälityksessä mutta siinä on otettu käyttöön myös langaton radioprotokolla [7]

Kotitalouksien sähköjohtoja käytetään välittämään digitaalista dataa x10 laitteiden välillä. Tämä digitaalinen data on enkoodattu 120 KHz kanta-aaltoon, joka lähetetään purskeittain 50 Hz vaihtosähkön nolllapisteissä, yksi bitti lähetetään jokaisessa nolllakohdassa. Digitaalinen data koostuu osoitteesta ja käskystä, joka välittyy ohjaukselta ohjattavalle. Kehittyneemmät laitteet voivat kysyä toisilta kehittyneiltä laitteilta niiden tilaa. Tila voi olla jokin sensorilukema, kuten lämpötila tai yksinkertaisesti päällä/pois. [7]

Jotta saatiin eri langattomat laitteet x10 standardin piiriin, radioprotokolla piti määritellä. Se toimii Euroopassa 433 MHz taajuudella, Yhdysvalloissa 310 MHz taajuudella. Langaton laajennus X10-standardin langallisen toteutuksen laajennukseksi, on toteutettu yksinkertaisesti. Radiovastaanotin toimii langattomien yksiköiden ja tavallisen x10 sähkölinjan välillä siltana, muuttaen paketit sopivaan muotoon. [7]

Käytettiin kumpaa siirtotietä tahansa, paketit koostuvat neljästä bitistä, jotka ilmaisevat talokoodin, jota seuraa yleensä yksi nelibittinen yksikkökoodi ja nelibittinen käsky. Jokainen kontrolloitu laite ohjelmoidaan vastaamaan yhteen mahdollisesta 256 osoitteesta (16 talokoodia * 16 yksikkökoodia). Taulukossa 3 ovat käytetyt ohjauskomennot. [7]

Taulukko 3. X10 komentotaulu. [7]

Code	Function	Description
0 0 0 0	All units off	Switch off all devices with the house code indicated in the message
0 0 0 1	All lights on	Switches on all lighting devices (with the ability to control brightness)
0 0 1 0	On	Switches on a device
0 0 1 1	Off	Switches off a device
0 1 0 0	Dim	Reduces the light intensity
0 1 0 1	Bright	Increases the light intensity
0 1 1 1	Extended code	Extension code
1 0 0 0	Hail request	Requests a response from the device(s) with the house code indicated in the message
1 0 0 1	Hail acknowledge	Response to the previous command
1 0 1 x	Pre-set dim	Allows the selection of two predefined levels of light intensity
1 1 0 1	Status is on	Response to the Status Request indicating that the device is switched on
1 1 1 0	Status is off	Response indicating that the device is switched off
1 1 1 1	Status request	Request requiring the status of a device

5. INSTEON - standardi

Insteon on SmartLabs inc. :in suunnittelema verkkoteknologia kotiautomaatioon. Se on hyvin samanlainen x10-standardin kanssa, mutta sitä on kehitetty vastaamaan x10:ssä ilmenneisiin ongelmiin ja rajoituksiin. Yhteensopivuus X10-standardin kanssa on myös tahdottu sisällyttää Insteon-standardiin. Insteon-standardi on tarkoitettu yksinkertaisten laitteiden käyttöön, langattomasti tai sähköjohdon kautta. Kaikki Insteon-laitteet voivat lähettää, vastaanottaa sekä toistaa kaikkia Insteon protokollan viestejä ilman tarvetta erilliselle reititysohjelmistolle. Kaikki laitteet toimivat siis toistimina, ne toistavat kaikki viestit eteenpäin mitä vastaanottavat. Muihin mesh-verkkoteknologioihin verrattuna tämä eroaa sillä yleensä vain ”edistyneet” laitteet toistavat viestit. Insteon laitteet sisältävät myös automaattisen virheen tunnistus ja korjausmenettelyn. Sähkölinja protokolla käyttää PSK (Phase Shift Keying) modulointia ja viestien toisto on synkronoitu siten, että toistimet toistavat kaikki saman viestin tiettyinä määriteltynä ajanjaksona. Tässä tapahtuu viestien törmäys, joka kuitenkin tapahtuu sellaisessa harmoniassa että viesti säilyy. [16]

Insteon datanopeuksina on hetkellisenä huippuna 13 165 bit/s ja jatkuvana 2880 bit/s.

Radiotaajuutena käytössä on 902 – 924 MHz

5.1 INSTEON sanomien rakenne

Insteon käyttää kahta erilaista sanomaa. Standard Length message, joka on 10 tavun pituinen vakiomittainen sanoma ja toisena sanomatyypinä 24 tavun pituinen Extended Length message, jolla saadaan neljätoista tavua pidempi laajennettu sanoma välitettyä. Näissä erona on ainoastaan tämä 14 tavun pituinen dataosuus, jota ei vakiosanomassa ole. Loput tietokentät viesteissä ovat identtisiä. Taulukossa 4 sanomien rakenne.

Taulukko 4. Standard ja Extended sanomien rakenne. [17]

INSTEON Standard Message - 10 Bytes				
3 Bytes	3 Bytes	1 Byte	2 Bytes	1 Byte
From Address	To Address	Flags	Command 1, 2	CRC ³

INSTEON Extended Message - 24 Bytes					
3 Bytes	3 Bytes	1 Byte	2 Bytes	14 Bytes	1 Byte
From Address	To Address	Flags	Command 1, 2	User Data	CRC ³

Kaikissa sanomissa on esitetty laiteosoite, sanomalippu, komento 1 ja 2 sekä viestin eheyden tarkistukseen tarkoitettu tavu. Lisäksi Extended sanomassa on 14 tavua käyttäjän datalle.

Sanoman rakenteessa ensimmäisessä kentässä kolme tavua on From Address, joka sisältää yksilölliset tiedot sanoman lähettäjä laitteesta. Nämä kolme tavua mahdollistavat 16 777 216 erillistä laiteosoitetta Insteon laitteille. Valmistuksessa laitteelle annetaan yksilöllinen laiteosoite. [17]

Toisessa, To Address kenttä koostuu myös kolmesta tavusta, joka sisältää tiedon kenelle sanoma lähetetään. Useimmat Insteon sanomat ovat *Direct* tai *Point-to-Point* tyyppisiä, jolloin ne on tarkoitettu suoraan toiselle yksittäiselle Insteon laitteelle. Sanoma voidaan lähettää myös *Broadcast* tyyppisenä, jolloin se lähetetään kaikille vastaanottoalueella oleville. Silloin To Address kentässä on kaksi tavuinen laitetyyppitieto ja yksi tavu sisältää *Firmware* versiotiedon. *Group Broadcast* sanomassa sanoma lähetetään tietylle ryhmälle laitteita ja To Address kenttään sisältyy Group Number eli ryhmänumero 0-255. [17]

Kolmannessa, Flags kentässä, on yksi tavu tietoa viestin tyypistä sekä muuta informaatiota viestistä. Tämä kenttä sisältää Broadcast/NAK, Group, ACK, Extended, Hops Left ja Max Hops liput. Taulukossa 5 Flags kentän tavun rakenne. [17]

Taulukko 5. Flags osoitekentän tavun rakenne. [17]

Bit Position	Flag	Meaning
Bit 7 (Broadcast /NAK) (MSB)	Message Type	100 = Broadcast Message
Bit 6 (Group)		000 = Direct Message 001 = ACK of Direct Message 101 = NAK of Direct Message
Bit 5 (Acknowledge)		110 = Group Broadcast Message 010 = Group Cleanup Direct Message 011 = ACK of Group Cleanup Direct Message 111 = NAK of Group Cleanup Direct Message
Bit 4	Extended	1 = Extended Message 0 = Standard Message
Bit 3	Hops Left	00 = 0 message retransmissions remaining
Bit 2		01 = 1 message retransmission remaining 10 = 2 message retransmissions remaining 11 = 3 message retransmissions remaining
Bit 1	Max Hops	00 = Do not retransmit this message
Bit 0 (LSB)		01 = Retransmit this message 1 time maximum 10 = Retransmit this message 2 times maximum 11 = Retransmit this message 3 times maximum

Flags kentän määrittelemiä sanomia on neljää eri luokkaa. Broadcast, Group Broadcast, Direct ja Acknowledge. [17]

Broadcast sanomat lähetetään yleislähetysenä ja niillä ei ole tiettyä määränpäättä. Broadcast viestejä ei kuitata. [17]

Group Broadcast sanomat on tarkoitettu tiettyyn ryhmään kuuluville laitteille. Suoraa kuitausta tähän sanomaan ei lähetetä, vaan lähetetyn sanoman jälkeen lähetetään erillinen *group cleanup* sanoma jokaiselle ryhmän laitteelle erikseen, johon vastaanottanut laite kuittaa lähetetyn sanoman. Tällä on pyritty nopeuttamaan vastetta komentoihin. [17]

Tietotekniikan koulutusohjelma, tietoliikennetekniikka

Joonas Tutti

Direct sanoma on Point-to-Point tyyppinen ja on tarkoitettu yhdelle tietylle vastaanottajalle. Vastaanottaja kuittaa Direct sanomat. [17]

Acknowledge (ACK tai NAK) sanoma on kuittaussanoma, jolla kuitataan Direct sanoma sillä Broadcast ja Group Broadcast sanomiin ei tätä kuittausta lähetetä. Kuittaus kulkee vastaanottajalta lähettäjälle viestin vastaanottamisen kuittaamiseksi, sanoma voi sisältää myös tila tietoja kuittaavalta laitteelta. [17]

Neljännessä kentässä ovat Command 1 ja 2 eli kaksi tavua käsky tietoja jotka voivat olla vaikka komento sytyttää tietty valo. Kahdella tavulla on mahdollistettu 65 536 komentoa. [17]

Viidennessä kentässä, sisältö riippuu onko kyseessä Standard vai Extended sanoma. Standard viestissä tavu dataa CRC virheentarkistusta varten. Extended viestissä tässä viidennessä kentässä on 14 tavua käyttäjä dataa ja sanoma sisältää vielä kuudennen kentän, jossa on virheentarkistusdatan (CRC). [17]

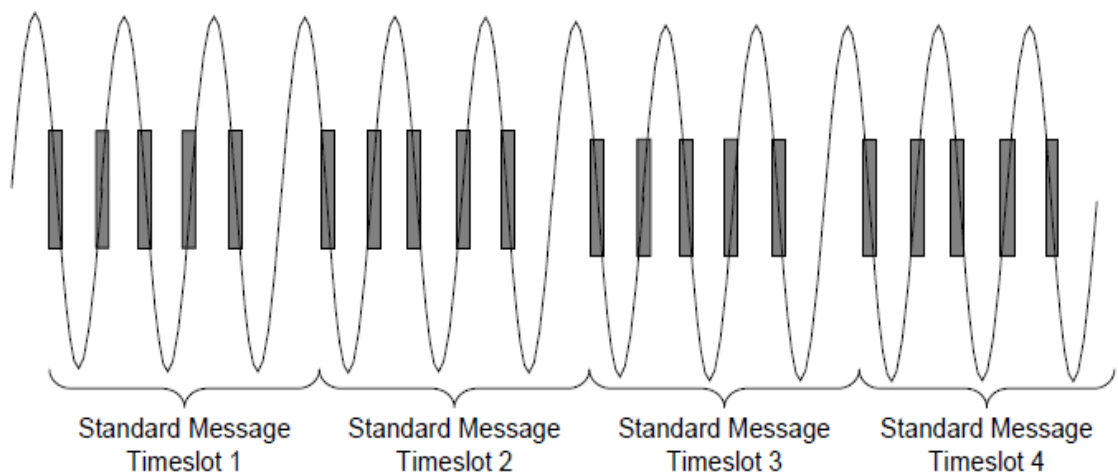
5.2 Insteon sanomatoisto

Luotettavuuden parantamiseksi Insteon laitteet toistavat saamansa viestit (hopping). Tästä voisi seurata ruuhkautuminen törmäyksien tapahtuessa eri laitteiden lähettäessä samaa viestiä. Tämä on estetty synkronoimalla samanaikaiset lähetykset (simulcasting) aikavälejä noudattamalla. Loputtoman datantoiston välttämiseksi on viestien uudelleenlähetykset rajattu maksimissaan kolmeen. Tämän hyppyjen määrän lähettäjä määrittelee Max Hops arvolla Flags kentässä, suurempi toistojen määrä merkitsee, että viestin välitys kestää pidempään kun luotettavuus paranee.

Jos sanomassa Hops Left, eli hyppyjä jäljellä, arvo on muu kuin nolla, niin Insteon laite joka vastaanottaa sanoman lähettää sen uudelleen lisäten signaalivahvuutta ja kantamaa. Uudelleen lähetettäessä Hops Left arvosta vähennetään yksi ja sen ollessa nolla, sanomaa ei toisteta.

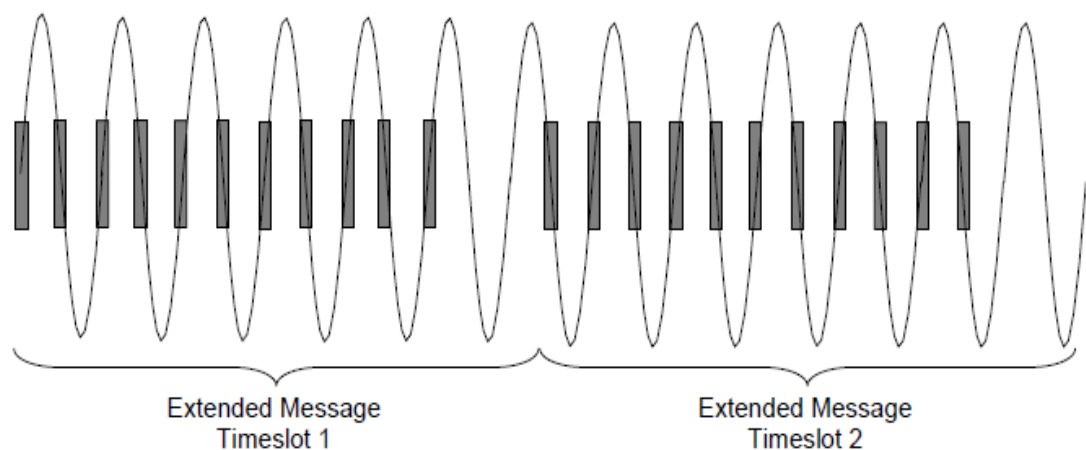
5.2.1 Sanomat sähköjohdotuksessa

Sähköjohdoissa liikkuvissa sanomissa lähetys tapahtuu vaiheen nollakohtissa. Standard sanoma lähetetään viidessä osassa, jota seuraa yksi tyhjä nollakohta, jonka jälkeen lähetetään seuraava sanoma. Standard sanomassa käytetään siis 6 nollakohtaa lähetykseen jonka kesto on 50 ms. Standard sanoman lähetys on havainnollistettu kuvassa 6 [17]



Kuva 6. Standard sanoman välitys sähköjohdossa. [17]

Extended sanoma lähetetään 11 osassa, jonka jälkeen jätetään kaksi nollakohtaa tyhjäksi. Sanoman lähetyksessä käytetään siis 13 nollakohtaa ja lähetyksen kesto on 108.33 ms. Kuvassa 7 Extended sanoman lähetys. [17]



Kuva 7. Extended sanoman välitys sähköjohdossa. [17]

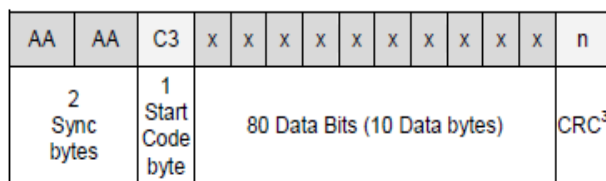
5.2.2 Sanomat radiotaajuudella

Radiotaajuudella toimivat Insteon laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa samoja sanomia kuin sähköjohdotuksessa, mutta niistä poiketen, radiotaajuudella sanomia ei tarvitse jakaa osiin. Radiotaajuuden sanomat lähetetään kokonaisina ja niitä on myös Standard ja Extended tyyppiä. Modulointiin käytetään FSK (Frequency-Shift Keying), 64 KHz taajuudella. Vapaassa tilassa maksimikantama on noin 50 metriä. [17]

Dataa lähetettäessä ensin lähetetään eniten merkitsevä bitti, joka on kahden tavun mittainen synkronointiosuus, jota seuraa aloituskoodi bitti. Seuraavana osana on data jonka määrä riippuu siitä onko kyseessä Standard vai Extended sanoma. Viimeisenä on virheentarkistustavu CRC. Kuvassa 8 sanomien rakenne. [17]

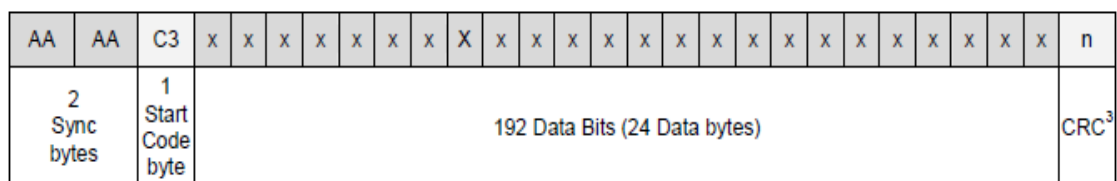
RF Standard Message – 1 Packet

112 total bits = 14 bytes
80 Data bits = 10 bytes



RF Extended Message – 1 Packet

224 total bits = 28 bytes
192 Data bits = 24 bytes



Kuva 8. Standard ja Extended pakettien rakenne. [17]

5.2.3 RF/Sähköjohdotuksen synkronointi

Kun Insteon RF toistin, joka on langallisen ja langattoman Insteon verkon rajapinnassa, saa sanoman radioteitse, se toistaa sen ensin langalliselle puolelle ja seuraavalla vapaalla aikavälillä langattomalle puolelle. Kun sanoma saapuu langallista tietä, niin silloin viesti toistetaan sanoman viimeisen paketin saavuttua perille ensin langattomasti ja sitten langalliselle puolelle. Tämä tapahtuu jos sanomassa on Hops Left arvo suurempi kuin nolla. Tällöin mobiililaitteelta saatu signaali, joka ei ole synkronoitu

johdollisen verkon kanssa saadaan synkronoitua käytettyihin aikaväleihin, eli nollakohtiin.

5.3 Insteonin turvallisuus

Turvallisuutta hoidetaan kahdella eri tasolla, Linking Control ja Encryption within Extended Messages, eli salaus Extended sanoman sisällä. Linking Control estää sen, että käyttäjä ei kykene tekemään linkkejä, joilla hän pystyisi kontrolloimaan vaikka naapurinsa laitteita. Insteon laitteiden firmware estää laitteita tunnistamasta itseään toisille laitteille, ellei laitteesta paineta fyysisesti nappia. Käyttäjän on siis tällä tapaa linkkejä luodessaan, oltava fyysisessä kontaktissa kontrolloivaan laitteeseen kuin myös vastaanottavaan laitteeseen. Toinen tapa on sanomilla tapahtuva linkitys, johon käyttäjä tarvitsee laitteessa olevan yksilöllisen laiteosoitteen, joka syötetään ohjelmoitaessa laitteita. Näillä keinoilla saadaan varmistettua laitteiden fyysinen omistus ja estetään väärinkäytöksiä. [17]

Joissakin sovelluksissa, kuten ovilukitukset ja turvasysteemit, voi olla tarvetta datan salaukselle. Extended sanomissa voidaan käyttää salattua dataa. Insteon-standardiin sertifioitava vaihtoehto on vielä kehitteillä, mutta mahdollisia vaihtoehtoja on esimerkiksi koodihyppely jota autotallien kauko-ohjaimissakin käytetään. [17]

6. Laitteet Adhoco järjestelmässä

Tarkastelemme millaisia laitteet näissä järjestelmissä ovat. Laitteita on erilaisia, kuten toteutustekniikoitakin. Tässä kappaleessa tutkin yleisimpiä kodinohjausjärjestelmän koostavia laitteita kuvineen. Esimerkit ovat Adhoco valmistamasta järjestelmästä

6.1 Keskusohjausyksikkö

Kodinohjausjärjestelmän keskusohjausyksikkö on järjestelmän keskusyksikkö, se vastaanottaa tietoa langattomista antureista ja sen ohjaamista kytkimistä.

Ohjauskomennot kulkevat ohjausyksiköltä muille laitteille. Tässä kyseisessä keskusohjausyksikössä on älykäs linux pohjainen käyttöjärjestelmä, joka on helppokäyttöinen ja selkeä. [18]



adhoco.H1: älykäs keskusohjausyksikkö
halkaisija 130 mm, paksuus 25 mm

Kuva 9. Adhoco järjestelmän keskusohjausyksikkö [18]

6.2 Anturit

Anturit ovat pieniä yksiköitä, joilla voidaan kerätä suuria tietomääriä. Näillä tiedoilla keskusohjausyksikkö kontrolloi toimintoja.

6.2.1 Läsnaolotunnistin / kirkkausanturi

Läsnaolotunnistin havaitsee onko tilassa ketään läsnä. Tässä nähtävässä anturissa on myös kirkkausanturi, jolla se mittaa tilassa olevaa kirkkautta. Nämä tiedot lähetetään keskusohjausyksikölle. Voi toimia paristoilla tai aurinkomoduulilla. [18]



Kuva 10. Adhoco läsnäolotunnistin / kirkkausanturi [18]

6.2.2 Lämpötila- ja kosteusanturi

Anturi mittaa tilan ilmanlämpöä ja kosteutta ja lähettää tiedot keskusohjausyksikölle.

[18]



Kuva 11. *Adhoco lämpötila- ja kosteusanturi* [18]

6.2.3 Minisääsema

Minisääsema mittaa ulkoilman lämpötilaa, kosteutta ja auringon säteilyä.

Tuulennopeus on myös mahdollista mitata. Toimii sisäänrakennetuilla aurinkokennoilla

[18]



Kuva 12. *Adhoco minisääsema* [18]

6.2.4 Virrankulutusanturi

Virrankulutusanturit mittaavat sähkönkulutusta. Se ilmoittaa mitkä laitteet ovat käytössä ja seuraa ohjattavien laitteiden tila-asetuksia sekä voi sammuttaa turhia laitteita [18]



Kuva 13. Adhoco virrankulutusanturi. [18]

6.3 Toimilaitteet

Toimilaitteet ohjaavat keskusohjausyksiköltä saamiensa komentojen perusteella erilaisia toimintoja.

6.3.1 Radio-ohjattu kytkin

Eri sähkölaitteiden kauko-ohjaukseen tarkoitettu kytkin. Valaistukset tai muut sähkölaitteet voidaan ohjata 13 ampeeriin. Myös himmentimellä varustettu kytkin. [18]



Kuva 14. Radio-ohjattu kytkin, vasemmalla sisäänrakennettu laite, oikealla siirrettävä vaihtoehto. [18]

6.3.2 Servoventtiili

Käytetään pattereiden venttiilien säädössä lämmityksen kontrollointiin.



Kuva 15. Adhoco servoventtiili. [18]

6.3.3 Venttiiliryhmäohjaus

Kuusikanavainen venttiiliryhmäohjainyksikkö, käytetään lattialämmityksen ohjaukseen lämmön kontrolloinnissa.



Kuva 16. Adhoco venttiiliryhmäohjain. [18]

7. Yhteenveto

Opinnäytetyöni tarkoitus oli koota tietopaketti josta selviää mitä kodinohjausjärjestelmät ovat, mitä niillä voidaan hallita, minkälaisia ohjausjärjestelmän laitteet ovat, mitä teknologioita ne käyttävät toiminnassaan sekä mitä käytännön hyötyä järjestelmän olemassaolosta kiinteistössä voi olla käyttäjälle.

Kodinohjausjärjestelmät ovat lisääntymässä markkinoilla kun ihmiset tahtovat uusia keinoja joiden avulla säästää energiaa niin taloudellisista kuin luonnonsuojelu syistä. Sähköisten laitteiden ohjattavuus mielletään moderniksi ja hallittavuus tuo esteettisten arvojen lisäksi suurempia mahdollisuuksia valvontaan ja säätelyyn.

Erilaisia toteutuksia löytyy markkinoilta monia vaikka perustasolla ne ovat kaikki luotu toteuttamaan samoja asioita kodinohjauksessa. Eroja kuitenkin on, eri valmistajat voivat käyttää eri teknologioita ja standardeja sekä tietysti kodinohjausjärjestelmän toimintojen laajuus voi vaihdella. Teknologioita ei voi asettaa paremmuusjärjestykseen ja ohjausjärjestelmien perusominaisuudet ollessa samat voi vertailu olla hankalaa. Nämä seikat luo kirjavuutta laitetarjontaan, joka voi olla sekava. Yhteinen standardi, jota käytettäisiin kaikissa kodinohjausjärjestelmissä, olisi etu kaikille. Nyt tekniikoista tietämättömän kuluttajan on vaikea tietää eroja eri laitteistojen välillä. Tässä työssä käsitellyt teknologiat ja standardit ovat yleisesti käytössä kodinohjausjärjestelmissä sekä jotkut niistä laajasti myös muissa sovelluksissa.

Lähteet

[1] Käsikirja asuntojen ja rakennusten ohjauksiin, KNX Peruseriaatteet. KNX Association. 2010.

[2] Kalevi Härkönen, ELKO Suomi Oy - Miten kodinohjausjärjestelmä säästää energiaa? [viitattu 20.09.2010]

http://www.sahkoala.fi/kohderyhmat/pienrakentajat/SahkoalaKoti/sahkoala_koti_2009/suunnittelu/fi_FI/kodinohjaus/

[3] Wapedia – ZigBee [viitattu 20.09.2010]

<http://wapedia.mobi/fi/ZigBee#2>

[4] Wikipedia – ZigBee [viitattu 21.09.2010]

<http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee>

[5] Kallioniemi, Tapani 2009. ZigBee standardin toiminta ja periaatteet [viitattu 28.09.2010].

https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/13729/Kallioniemi_Tapio.pdf?sequence=1

[6] Silvola, Risto. ZigBee ja Bluetooth 1.2 ja niiden soveltuminen automaation käyttöön. [viitattu 29.09.2010].

http://ae.tut.fi/research/AIN/Publications/ZigBee_BT1.2_Silvola.pdf

[7] Wikipedia – X10 industry standard [viitattu 04.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/X10_%28industry_standard%29

[8] Wikipedia – Wireless LAN [viitattu 07.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_LAN

[9] Wikipedia – WiFi [viitattu 11.10.2010].

<http://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi>

[10] Wikipedia – IEEE 802.11 [viitattu 11.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11#802.11b

[11] Wikipedia – IEEE 802.11b-1999 [viitattu 11.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11b-1999

[12] Wikipedia – IEEE 802.11 [viitattu 11.10.2010].

http://fi.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11

[13] Wikipedia – IEEE 802.11g-2003 [viitattu 11.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11g-2003

[14] Wikipedia – IEEE 802.11n-2009 [viitattu 11.10.2010].

http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n-2009

[15] *Henri Juslén, Pekka Kyröläinen, Mika Leiponen, Marko Martikainen, Markku Nikki ja Markku Norhio* 2007. Valaistuksessa on helppo säästää energiaa [viitattu 13.10.2010].

http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/artikkeleita/valaistus/fi_FI/valaistus_energia/

[16] Wikipedia – INSTEON [viitattu 25.10.2010].

<http://en.wikipedia.org/wiki/INSTEON>

[17] Smarthome technology 2005. Insteon whitepaper [viitattu 25.10.2010].

<http://www.insteon.net/pdf/insteonwtpaper.pdf>

[18] TILA-electrics, Adhoco esite 2010. [viitattu 28.10.2010].

http://www.tilaelectrics.fi/adhoco_7_3103772351.pdf