

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Ari-Pekka Taskinen

SBC-tietokoneella toteutettavan monitorointi- ja ohjaussovelluksen
tutkiminen ja toteutus

Opinnäytetyö
Joulukuu 2016



OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2016
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
013 260 600

Tekijä(t)
Ari-Pekka Taskinen

Nimeke
SBC-tietokoneella toteutettavan monitorointi- ja ohjaussovelluksen tutkiminen ja toteutus

Toimeksiantaja
Karelia-amk

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli tee-se-itse-projektina toteutetun monitorointi- ja ohjausjärjestelmän tutkiminen ja toteutus. Tässä toteutuksessa monitorointi- ja ohjausjärjestelmää käytettiin kodinohjaus- ja kotiautomaation tarkoituksiin. Opinnäytetyössä tutustutaan erilaisiin kodinohjausjärjestelmiin, kodinohjaukseen ja kotiautomaatioon yleiskäsitteenä, yleisimpiin kodinautomaation sovellutuksiin niin teoriassa kuin käytännössä sekä käsitteeseen IoT.

Lopullinen toteutus osoittautui monipuoliseksi ja edulliseksi kodinohjaus/kotiautomaatiojärjestelmäksi. Kattavalla tee-se-itse-kodinohjaus ja kotiautomaation sovellutuksien internet-dokumentaation avulla on nopea päästä alkuun omassa projektissaan. Laitetarjonnan sekä dokumentaation kehittyessä uusia sovellutuskohteita sekä ideoita tee-se-itse-projekteille tulee jatkuvasti lisää.

Kieli
suomi

Sivuja 33

Asiasanat

IoT, kodinohjausjärjestelmä, automaatio, kotiautomaatio



THESIS
December 2016
Degree Programme in Electrical Engineering
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
FINLAND
013 260 600

Author
Ari-Pekka Taskinen

Title
Examination and implementation of SBC-computer-implemented monitoring- and controlling application.

Commissioned by
KUAS

Abstract

The purpose of this thesis work was to explore and implement a DIY-made monitoring and controlling system. In this implementation, the monitoring and controlling system was used in home control and for home automation purposes. The thesis introduces different home control systems, home control/home automation as a general concept, the most common home automation applications, both in theory and in practice, and the concept of IoT.

The final implementation proved to be a versatile and affordable home control/home automation system. With the help of comprehensive amount of documentation for a do-it-yourself home control / home automation applications is a fast way to get started with one's DIY project. The development of the devices and documentation constantly increases the the amount of applications and ideas for DIY projects.

Language

Finnish

Pages 33

Keywords

IoT, home control system, automation, homeautomation

Sisältö

1	Johdanto	6
2	IoT.....	7
2.1	Pilvipalvelut.....	7
2.1.1	ThingSpeak.....	8
2.1.2	Adafruit IO.....	8
2.1.3	EasyIoT	8
2.1.4	Blynk.....	9
2.1.5	Oma IoT-palvelin	9
2.2	IoT-laitteistot	10
2.2.1	Arduino	10
2.2.2	Raspberry Pi.....	11
2.2.3	ESP8266	11
3	Kodinohjausjärjestelmät.....	12
3.1	KNX	13
3.2	ZigBee	13
3.3	Z-Wave	14
4	Kodinohjausjärjestelmän toteutus käyttäen Raspberry Pi:tä ja Andruinoa ...	15
4.1	Web-käyttöliittymä	15
4.2	Ohjainyksikkö.....	18
4.3	Toimilaite	18
4.4	Langaton kommunikointi.....	19
5	Kodinohjausjärjestelmän toteutus käyttäen Wemos D1 miniä	20
5.1	Wemos D1 mini	21
5.2	Pilvipalvelu.....	21
5.3	Lämpötilatietojen lähettäminen pilveen.....	22
5.4	Releen ohjaaminen pilvestä.....	25
5.5	Kotiautomaatio.....	27
5.5.1	Valaistuksen ohjaus.....	27
5.5.2	Lämmityksen ohjaus	29
5.5.3	Kodin turvallisuus.....	29
6	Sähkötekniset haasteet ja sähköturvallisuus	30
7	Pohdinta.....	31
	Lähteet.....	32

Käsitteet

Ethernet	Yleisimmin käytössä oleva teknologia, jota käytetään LAN-verkkojen kommunikoinnissa. [22.]
GPIO	General Purpose I/O. Digitaalisia ja analogisia sisään- tai ulostuloja, joita käytetään mikro-ohjaimissa erilaisten laitteiden kanssa kommunikointiin. [17.]
HTML	Hypertext Markup Language. Sivunkuvauskieli internetsivustojen luomiseen. [18.]
JAVASCRIPT	Ohjelmointikieli internetsivujen dynaamisten ominaisuuksien toteuttamiseen. [19.]
LAN	Local Area Network eli lähiverkko, tarkoittaa rajoitetun alueen verkkoa, jonka kautta verkkoon liitetyt laitteet kommunikoivat keskenään. [23.]
Ohjelmointikirjasto	Toimilaitteen tai sensorin käyttöä varten tehty kirjasto, joka helpottaa ohjelmointia.
PHP	Ohjelmointikieli internetsivujen dynaamisten ominaisuuksien toteuttamiseen. [20.]
PID-säädin	Proportional-integral-derivative-säätimellä saadaan säädettyä haluttua suuretta tarkemmin käyttämällä säädössä apuna integraatiota sekä derivaatiota [24.]
Pilvi/Pilvipalvelut	Internet-palvelin, joka mahdollistaa monipuolisen tietojen keräämisen palvelimelle, sekä tietojen tarkastelun ja soveltamisen eri tarkoituksiin. [21.]
USB (Serial)	Serial väylä, eli sarjaväylä on kahden laitteen välisen kommunikoinnin mahdollistava teknologia.

1 Johdanto

IoT (Internet Of Things) eli esineiden internet on ollut laajasti puheenaiheena jo 2000-luvun alusta asti LG:n julkaistessa ensimmäiset internetiin liitettävät jääkaapit. Nykypäivänä IoT-laitteiden määrä on moninkertaistunut ja IoT-laitteille on tarjolla kattava määrä erilaisia palveluita. Suomalaisia IoT-palveluita on tarjolla pääasiassa vain yrityksille, mutta yksityiset voivat käyttää myös ulkomaalaisten palveluiden tarjontaa. Arduinon kaltaisten laitteistojen yleistyminen on avannut mahdollisuuden tutustua IoT-tekniikkaan itse rakennettujen projektien muodossa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tee-se-itse-projektina toteutetun monitorointi- ja ohjausjärjestelmän tutkiminen ja toteutus. Opinnäytetyössä tutustutaan käsitteeseen IoT, IoT-laitteistoihin sekä IoT-laitteistoille tarjolla oleviin palveluihin. Lisäksi tutustutaan valmiisiin kaupallisiin kodinohjausjärjestelmiin.

2 IoT

Tässä luvussa tutustutaan käsitteeseen IoT, sekä siihen liittyviin ohjelmistoihin ja laitteistoihin. IoT on käsite, joka kuvaa internetverkon laajentumista fyysisiin laitteisiin, koneisiin, ajoneuvoihin ja jopa rakennuksiin. Internetin laajentuminen mahdollistaa edellä mainittujen asioiden monitoroinnin sekä ohjaamisen internetin välityksellä. Myös ei-sähköiset laitteet on mahdollista liittää internetverkkoon esimerkiksi motorisoimalla kyseisten laitteiden mekaaniset toiminnot ja mahdollistamalla moottorin ohjauksen internetin välityksellä. Laitteet monitoroidaan erilaisten sensoreiden avulla. Laitteiden monitoroinnin ja ohjaamisen mahdollisuus lisää laitteiden tarkkuutta, hyötysuhdetta ja taloudellisuutta, sekä luo lisämukavuutta. Laitteita monitoroidaan ja hallitaan esimerkiksi verkkosivustolla sijaitsevasta käyttöliittymästä, tai älypuhelin/tietokone sovelluksella. [1.]

2.1 Pilvipalvelut

IoT-laitteistojen ja ohjelmistojen lisääntyessä on kehitetty IoT-pilvipalveluita. IoT-pilvipalvelut mahdollistavat IoT-laitteiden suoran yhteyden internetiin, ilman erillistä omaa lähiverkon palvelinlaitteistoa. Jokainen IoT-laite on näin ollen ohjattavissa ja monitoroitavissa suoraan pilvipalvelusta. Pilvipalvelu vastaanottaa IoT-laitteiden lähettämiä tietoja (esimerkiksi lämpötilatietoja) ja tilastoi ne talteen pilvipalvelimelle, josta niitä voidaan tarkastella joissain pilvipalveluissa graafisesti, sekä ladata ne kotikoneelle.

Osa IoT-pilvipalveluista tukee ns. "triggereitä", jotka mahdollistavat esimerkiksi lämmityksen aktivoitumisen, kun lämpötila laskee tiettyyn arvoon, tai valaistuksen syttymisen liikesensorin havaitessa liikettä.

2.1.1 ThingSpeak

ThingSpeak on avoimeen lähdekoodiin perustuva IoT-sovellus, joka vastaanottaa sekä säilyttää IoT-laitteiden lähettämiä tietoja. ThingSpeak tarjoaa ilmaisen palvelimen IoT-laitteiden tietojen vastaanottamiselle ja säilytykselle, josta IoT-laitteiden tietoja pääsee tarkastelemaan internet selaimen kautta. ThingSpeakin palvelinohjelmisto on vapaasti ladattavissa internetistä, joten on mahdollista tehdä myös oma ThingSpeak palvelin IoT-laitteita varten. Tietojen vastaanoton ja säilytyksen lisäksi ThingSpeakin ominaisuuksiin kuuluvat ns. "triggerit", eli IoT-laitteilta vastaanotettujen tietojen perusteella tapahtuvat toiminnot. Näitä voi olla esimerkiksi jäädytyksen käynnistys, kun lämpötila nousee tiettyyn arvoon. [2.]

2.1.2 Adafruit IO

Adafruit IO tarjoaa monipuolisen selaimella käytettävän käyttöliittymän ja ilmaisen pilvipalvelun IoT-laitteiden hallintaan ja tietojen keräykseen. Käyttöliittymässä on mahdollista tehdä räätälöitäviä painikkeita IoT-laitteiden toiminnoille, sekä monipuolisia graafisia esitystapoja IoT-laitteilta vastaanotetuille tiedoille. Adafruit IO tukee monipuolisia triggereitä. [3.]

2.1.3 EasyIoT

EasyIoT sisältää pilvipalvelun IoT-laitteiden hallintaan ja tietojen keräykseen. Selaimella käytettävän käyttöliittymän lisäksi tarjolla on myös Android-sovellus, jonka kautta IoT-laitteiden hallinta ja tietojen tarkastelu on kätevää. Myös EasyIoT tukee triggereitä. [4.]

2.1.4 Blynk

Blynk on helppokäyttöinen Android, sekä IOS älypuhelimille saatavilla oleva sovellus, joka mahdollistaa mm. Arduinin sekä Raspberry PI:n GPIO:n ohjaamisen internetin välityksellä pelkällä älypuhelimella tai tietokoneeseen asennettavan Blynk Server sovelluksen kautta.

Blynk on mahdollista yhdistää GPIO:n sisältäviin laitteisiin monella eri yhteysväylällä, näitä ovat mm. Ethernet, WiFi, Bluetooth tai USB (Serial). Yhteysväylän lisäksi Blynkin tukemaan laitteeseen täytyy asentaa Blynkin tarjoama ohjelmointi kirjasto, sekä ohjelmoida laitteeseen haluamansa Blynk-sovellus. Ohjelmat, kirjastot sekä asennusta helpottavat dokumentaatiot ovat vapaasti löydettävissä sekä ladattavissa internetistä. [5.]

2.1.5 Oma IoT-palvelin

Valmiiden pilvipalvelimien käyttämisen sijasta, voi myös itse tehdä oman pilvipalvelimen. Omalla IoT-palvelimella tarkoitetaan omaan laitteistoon, esimerkiksi tietokoneelle asennettua palvelin ohjelmistoa, joka kommunikoi IoT-laitteiden kanssa ja varastoi IoT-laitteiden lähettämiä tietoja palvelinohjelmiston tietokantaan. Useimmat aiemmin mainituista IoT-pilvipalveluista tarjoavat sovelluksen joka on asennettavissa omaan laitteistoon. Näin ollen on mahdollista toteuttaa IoT-järjestelmä ilman internetyhteyttä omassa lähiverkossa.

2.2 IoT-laitteistot

Tässä luvussa tutustutaan IoT-järjestelmän toteutukseen soveltuviin laitteistoihin, laitteistojen hintaluokkiin sekä niiden toimintoihin.

2.2.1 Arduino

Avoimeen lähdekoodiin perustuva Arduino on ehkä suosituin elektroniikkaa harrastavien, ja myös ammattimaisiin sovellutuksiin käytettävä mikrokontrollerin sisältävä ohjelmointialusta. Arduino perustuu Atmel AVR mikro-ohjaimen. Atmelin AVR mikro-ohjain on ollut saatavilla ja ollut yleisessä käytössä jo ennen Arduino alustaa, mutta Arduinon myötä kyseisen mikro-ohjaimen ohjelmointi on ollut huomattavasti helpompaa, tämä selittää Arduinon suuren suosion. Toinen tekijä Arduinon suosioon on sen laaja ohjelmistokirjasto, sekä internetin ohjelmointifoorumeiden tuki. Alkuperäiset Arduinot maksavat kahdestakymmenestä eurosta ylöspäin, mutta Arduinoa vastaavia mikrokontrollereja saa Kiinan markkinoilta 1-2 euron hintaan.

Arduinon ohjelmointi tapahtuu Arduino IDE sovelluksella, joka on saatavilla useimmille tietokoneen käyttöjärjestelmille tai älypuhelimille. Useimpien Arduinoiden liittäminen ohjelmointiin käytettävään laitteeseen tapahtuu USB-kaapelilla, eikä vaadi näin ollen sen erikoisempia kytkentöjä. Arduinon mallista riippuen, Arduino sisältää useita ohjelmoitavia digitaalisia sisään-/ulostuloja sekä analogisia sisään-/ulostuloja. Sisään- ja ulostuloihin voidaan kytkeä erilaisia laitteita, esimerkiksi sensoreita, releitä sekä led-valoja. [6.]

2.2.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi on yhden piirilevyn tietokone. Pienestä koostaan ja edullisesta hinnastaan huolimatta se sisältää useimmat tavallisen kokoisen tietokoneen ominaisuudet. Pienen kokonsa ja vähäisen virrankulutuksensa ansiosta Raspberry Pi on käytännöllinen palvelin käyttöön. Raspberry Pi:stä on eri tehoisia ja kokoisia malleja joiden hinta vaihtelee 40 ja 60 euron välillä. Myös Raspberry Pi:stä on saatavilla edullisempia vastaavia malleja Kiinan markkinoilta.

Raspberry Pi sisältää digitaalisia sisään-/ulostuloja, jotka ovat ohjelmoitavissa Raspberry Pihin asennetun käyttöjärjestelmän kautta samaan tapaan kuin Arduinossa. [7.]

2.2.3 ESP8266

Kiinalaisen Espressifin valmistama ESP8266 on WLAN-ominaisuudet sekä mikro-ohjaimen sisältävä ohjelmointialusta. Edullisen hintansa ja kattavien ominaisuuksien puolesta ESP8266 on ollut monien ohjelmoijien suosiossa ja sille on kertynyt kattava määrä dokumentaatiota ja sovellutuksia ympäri internetiä.

ESP8266 kykenee yhdistymään salattuun tai salaamattomaan WLAN-verkkoon, jonka kautta sen yhdistäminen internetiin luo monia sovellutus mahdollisuuksia. ESP8266 sisältää 16 kappaletta GPIO-liitäntöjä, joihin on mahdollista liittää erilaisia sensoreita sekä muita laitteita. ESP8266 on erittäin vähän virtaa kuluttava ja sitä on mahdollista käyttää useita vuosia pelkillä paristoilla. [8.]

3 Kodinohjausjärjestelmät

Tässä opinnäytetyön luvussa tutustutaan kodinohjausjärjestelmiin yleisesti, sekä markkinoilla oleviin valmiisiin kodinohjausjärjestelmiin. Kodinohjausjärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää joka on toteutettu ohjaamaan kodin sähkölaitteistoja ilman että se vaatii ihmisen läsnäoloa tai toimia. Automaatiota voi soveltaa kodissa moniin eri tarkoituksiin. Yleisimpiä näistä lienee lämmityksen, ilmastoinnin tai valaistuksen ohjaus. Kodinohjausjärjestelmällä pystytään lisäämään kodin energiatehokkuutta, turvallisuutta sekä mukavuutta.

Laaja langattomien sensoreiden ja toimilaitteiden valikoima on mahdollistanut monia automaation sovelluskohteita kotitalouksissa, esim. postilaatikon seuraaminen liikesensorilla, joka ilmoittaa saapuneesta postista. Ennen langattomia kodinohjausjärjestelmiä oli lähes poikkeuksetta jo rakennuksen sähkölaitteistoa ja kaapelointia suunniteltaessa otettava huomioon kodinohjausjärjestelmän vaatima kaapelointi. Langattomien kodinohjausjärjestelmien yleistyessä, kodinohjausjärjestelmien asentaminen rakennukseen jälkeinpäin on käynyt huomattavasti helpommaksi.

Kodinvalvontaa tehostamaan on mahdollista asentaa langattomia valvontakameroita, liiketunnistimia, ikkunan särkymistunnistimia sekä ovivahteja. Edellä mainittujen valvontalaitteiden havaitessa uhkaa kodin turvallisuudelle, voidaan asukkaalle lähettää reaaliaikaisesti sähköinen ilmoitus kunkin toimilaitteen havainnoista. Tietotekniikan laskentatehon kehittymisen myötä on mahdollista jopa toteuttaa kasvontunnistusta valvontakameralla, jolloin kodinohjausjärjestelmä voi suorittaa haluttuja toimintoja eri henkilöitä havaitessa.

Lämmityksen sekä, ilmastoinnin ohjauksella voidaan toteuttaa rakennukseen haluttu lämpötila tai ylläpitää ilmanlaatua CO₂-sensorien avulla.

Valaistuksen automatisoinnilla pystytään ohjaamaan valaistusta tarpeen mukaan. Valaistusta voidaan vähentää kirkkaana päivänä tarkkailemalla valaistavan tilan valoisuutta kirkkaus-sensorin perusteella, tai sammuttaa valaistus huoneistosta, jossa ei havaita liikettä liiketunnistimen tai läsnäoloilmaisimen avulla. Valaistuksen ohjauksella voi myös luoda erilaisia tunnelmavalaisuksia, sekä lisätä turvallisuutta simuloimalla rakennukseen tilanne, että rakennuksessa olisi ihmisiä vaikka rakennus olisikin tyhjillään.

3.1 KNX

KNX on väyläpohjainen kiinteistöohjausjärjestelmä. KNX-järjestelmässä käytettävät toimilaitteet osaavat kommunikoida itsenäisesti keskenään, joten järjestelmässä ei tarvita erillistä ohjainyksikköä toimilaitteiden ohjaamiseen. Toimilaitteet voivat olla mm. liiketunnistimia, valaistuksen ohjauslaitteita, lämmityksen ohjauslaitteita ja erilaisia sensoreita. KNX-toimilaitteet kommunikoivat keskenään joko parikaapelia, sähköverkkoa, valokuitua tai radiotaajuutta käyttäen. Edellä mainituista kytkentätavoista riippuen toimilaitteet muodostavat joko oman langallisen tai langattoman verkon jokaisen toimilaitteen välille, jonka kautta toimilaitteet keskustelevat keskenään. Esim. liiketunnistin lähettää komennon valaistuksen ohjauslaitteelle valaistuksen päälle/pois kytkemisestä. [9.]

3.2 ZigBee

ZigBee on radioliikenteeseen perustuva standardi, jota voi käyttää moniin kodinohjausjärjestelmän sovellutuksiin. ZigBee:llä kodinohjausjärjestelmä toteutetaan kolmella eri laitteella, ZigBee coordinatorilla (ZC), ZigBee routerilla (ZR) ja Zigbee end devicellä (ZED). ZigBee coordinator on järjestelmän ohjainyksikkö joka hoitaa toimilaitteiden ohjauksen. ZigBee router toimii reitittimenä, joka välittää ohjainyksikön antamat komennot toimilaitteille. ZigBee end device on toimilaitte, jotka voivat olla mm. sensoreita tai säätimiä. [10.]

3.3 Z-Wave

Langaton Z-Wave on kuluttajaystävällinen kodinohjausstandardi. Z-Wave laitteiden laaja saatavuus sekä niiden yksinkertaisuus mahdollistavat niiden asentamisen ja käyttämisen ilman erityistä sähköalan osaamista. Z-Wave laitteita on kahden tyyppisiä, ohjaimia ja toimilaitteita. Ohjaimet voivat olla mm. ohjainyksiköitä, kytkimiä tai kaukosäätimiä ja toimilaitteet pistorasioita, valoja tai erilaisia sensoreita. Ohjaimet ja toimilaitteet muodostavat yhteisen verkon jonka kautta ne kommunikoivat keskenään. Jokainen toimilaitte toimii myös toistimena, joka lisää langattoman verkon kantavuutta. [11.]

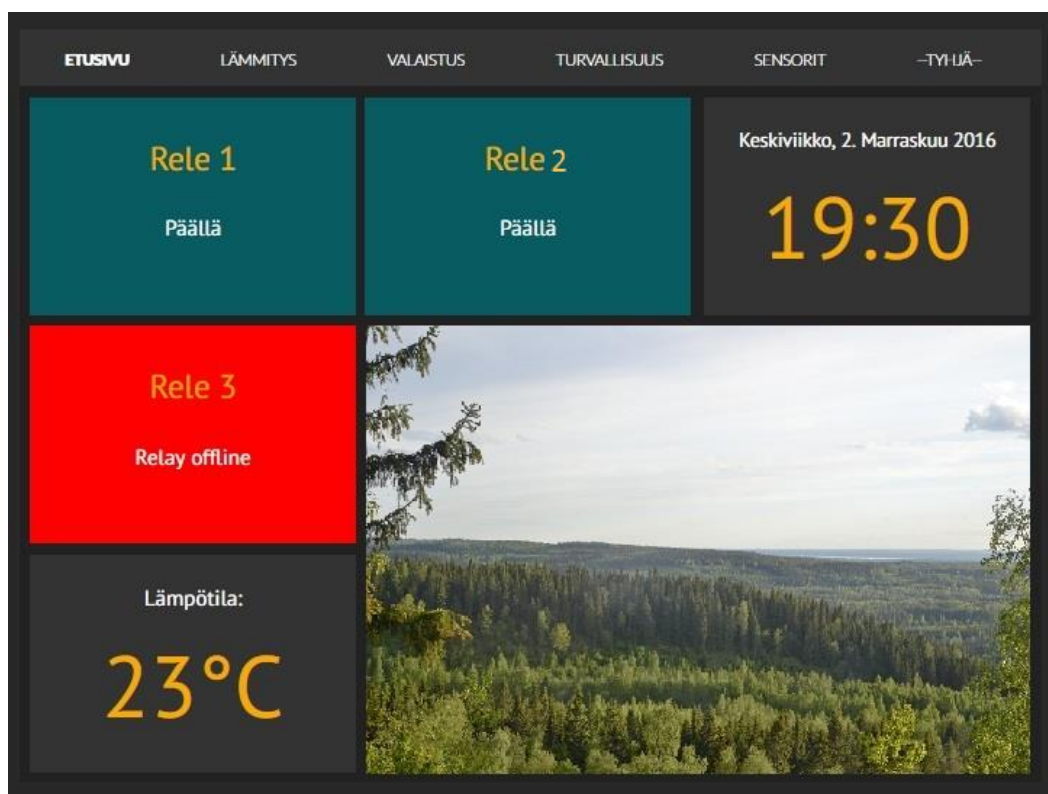
4 Kodinohjausjärjestelmän toteutus käyttäen Raspberry Pi:tä ja Andruinoa

Tässä luvussa toteutetussa kodinohjausjärjestelmässä on kolme eri osiota: käyttöliittymä, yhdyskäytävä ja toimilaitteet. Käyttöliittymästä hallitaan järjestelmää lähettämällä toimilaitteille komentoja, sekä tarkastellaan järjestelmän sensoreiden mittaamia arvoja. Yhdyskäytävä muuttaa web-käyttöliittymässä annetut komennot viesteiksi ja välittää nämä komennot toimilaitteille. Toimilaitteet ovat eri tarkoituksiin suunniteltuja laitteita, jotka kommunikoivat yhdyskäytävän kautta käyttöliittymään tai toinen toiselleen. Toimilaitteet voivat olla releitä valaistuksen tai sähkölaitteiston ohjaukseen, tai sensoreita jotka voivat mitata mm. lämpötiloja, kosteutta tai liikettä.

4.1 Web-käyttöliittymä

Kodinohjausjärjestelmää hallitaan, sekä sensoreiden tietoja tarkastellaan web-käyttöliittymästä. Web-käyttöliittymä on HTML:llä, Javascriptillä sekä PHP:llä ohjelmoitu verkkosivusto, jonka käyttäminen onnistuu internetselaimella.

Web-käyttöliittymässä annetaan komentoja painikkeita painamalla. Web-käyttöliittymään annettu komento tallennetaan tietokantaan, josta yhdyskäytävä välittää komennon toimilaitteille. Jos painikkeella ohjattava laite ei vastaa komentoon, muuttuu painike punaiseksi ja kertoo laitteen olevan offline-tilassa (kuva 9). Kun toimilaitte ohjataan onnistuneesti päälle, muuttuu painikkeen väri harmaasta siniseksi (kuva 9). Painikkeella ohjattavan toimilaitteen tila ilmoitetaan painikkeessa olevalla tekstillä (kuva 9). Verkkosivusto on myös mahdollista muokata näyttämään valvontakameran kuvaa etusivulla sekä verkkosivuston turvallisuus osiossa.



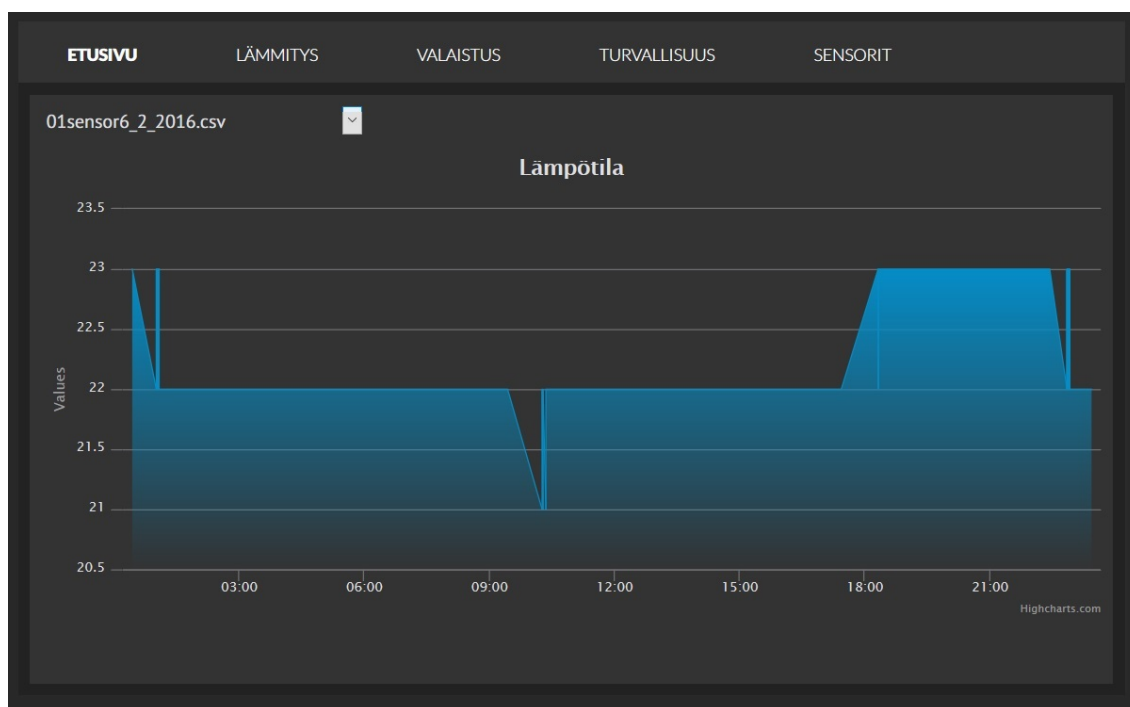
Kuva 1. Web-käyttöliittymän etusivu.

Sivusto sisältää valaistus-osion, josta valaistusta voidaan ohjata painikkeilla (kuva 2).



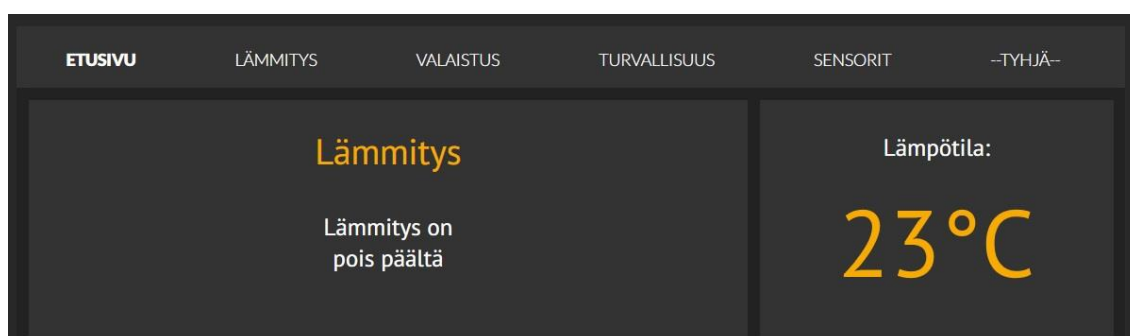
Kuva 2. Valaistuksen ohjaus web-käyttöliittymästä.

Järjestelmän sensorien lähettämä tieto tallentuu yhdyskäytävän kautta tietokantaan josta se luetaan ja esitetään graafisesti web-käyttöliittymässä (kuva 3).



Kuva 3. Sensorien tietojen tarkastelu graafisesti web-käyttöliittymästä.

Verkkosivuston lämmitys osiosta voidaan tarkastella huoneiston lämpötilaa, sekä hallita huoneiston lämmitystä. (kuva 4).



Kuva 4. Huoneiston lämpötilan tarkastelu, sekä lämmityksen ohjaaminen web-käyttöliittymästä.

4.2 Ohjainyksikkö

Kodinohjausjärjestelmän ohjausyksikkönä toimii yhden piirilevyn tietokone Raspberry Pi 1 (Model B+) (kuva 5). Se toimii sekä palvelimena web-käyttöliittymälle että yhdyskäytävänä web-käyttöliittymässä annetuille komennoille, jotka se välittää toimilaitteille langattomana viestinä, sekä vastaanottimena sensoreiden lähettämille tiedoille. Sensoreiden lähettämät tiedot tallennetaan tietokantamuotoiseksi tiedostoksi.



Kuva 5. Raspberry Pi koteloituna, jossa nRF24L01-moduuli.

4.3 Toimilaite

Jokaisen langattoman releen, sekä langattoman sensorin ohjaimena toimii mikrokontrollerin sisältävä ohjelmointialusta Arduino (kuva 6).

Langattomassa rele käytössä Arduinon tehtävänä on vastaanottaa sekä lähettää komentoja langattomasti, sekä ohjata relettä niiden perusteella. Langattomassa sensori käytössä Arduino lähettää sensorin mittaamat arvot yhdyskäytävään joka tallentaa ne tietokantaan. Arduino voidaan myös ohjelmoida lähettämään komentoja sensorin mittaamien arvojen perusteella. Kuvassa 7 on esitetty toimilaitteessa käytettävä rele.



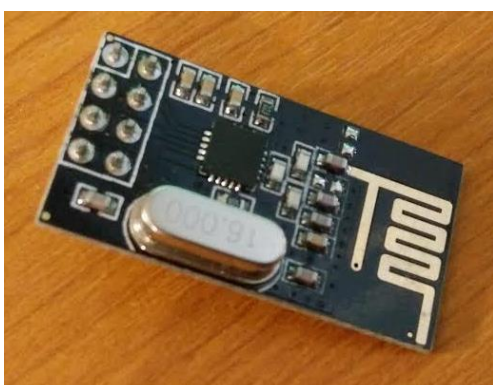
Kuva 6. Arduino nano.



Kuva 7. Toimilaitteessa käytettävä rele.

4.4 Langaton kommunikointi

Kodinohjausjärjestelmän langaton viestintä on toteutettu Nordic Semiconductorin valmistamalla nRF24L01 radiolähetin/vastaanottimella (kuva 8). nRF24L01 toimii 2,4GHz taajuudella ja kykenee lähettämään viestejä usean sadan metrin päähän, maastosta riippuen. nRF24L01:n langattomassa viestinnässä ei ole valmiiksi salausta, joten se täytyy toteuttaa itse ohjelmoimalla. [12.]



Kuva 8. nRF24L01 radiolähetin/vastaanotin.

5 Kodinohjausjärjestelmän toteutus käyttäen Wemos D1 miniä

Ensimmäisen kodinohjausjärjestelmän toteuttamisen ohessa tutustuin mielenkiintoiseen langattomaan radio lähetin/vastaanottimeen, ESP8266 moduuliin. Aikaisemmassa järjestelmässä käytetyn nRF24L01 radio lähetin/vastaanottimesta poiketen ESP8266 on kykenevä yhdistymään langattoman WLAN-reitittimen WLAN-verkkoon. WLAN-verkkoon yhdistyessä reititin antaa ESP8266 moduulille oman oman IP-osoitteen, johon on mahdollista ottaa yhteyttä muilla WLAN-verkkoon kytketyillä laitteilla.

ESP8266:n on mahdollista ohjelmoida toimimaan serverinä joka tarjoaa HTML-sivuston, jonka kautta moduuliin kytkettyjä sensoreita ja toimilaitteita voi hallita. ESP8266-moduuli, voidaan myös kytkeä lähettämään tietoja suoraan omalle IoT-palvelimelle tai IoT-pilvipalvelimeen, sekä vastaanottamaan viestejä kyseisiltä palvelimilta. ESP8266-moduulia käyttämällä, ei tarvittu enää aikaisemmassa kodinohjausjärjestelmässä käytettyä ohjausyksikköä Raspberry Pi:tä, koska ESP8266-moduuli on suoraan itsenäisesti yhteydessä internetiin ja sitä kautta pilvipalvelimeen, joka toimii järjestelmän käyttöliittymänä.

ESP8266-moduulia käyttäen pyrin toteuttamaan järjestelmän joka ei tarvitse omaa palvelinlaitteistoa tai ohjausyksikköä, vaan järjestelmän jossa toimilaitteet kommunikoivat joko keskenään tai suoraan pilvipalvelimelle.

5.1 Wemos D1 mini

Toisen kodinohjausjärjestelmän toteutuksessa käytin Wemos D1 mini ohjelmointialustaa, jossa on integroituna ESP8266 moduuli, sekä monipuoliset digitaaliset- sekä analogiset sisään-/ulostulot. Wemos D1 mini on monipuolinen ja edullinen alusta ESP8266:n ohjelmointiin, johon on ostettavissa erillisiä sensoreja ja relemoduuleja, sekä monia muita moduuleja. Internetin laajasta esimerkkikirjastosta ja muiden harrastajien luomien ohjelmien avulla, saa Wemos D1 minin helposti yhdistettyä moniin IoT-pilvipalveluihin sekä omaan IoT-palvelimeen. Wemos D1 mini voidaan ohjelmoida myös keskustelemaan toisen ESP8266 moduulin kanssa, joka mahdollistaa kotiautomaation sovellutuksia ilman erillistä palvelinta. [13.]

5.2 Pilvipalvelu

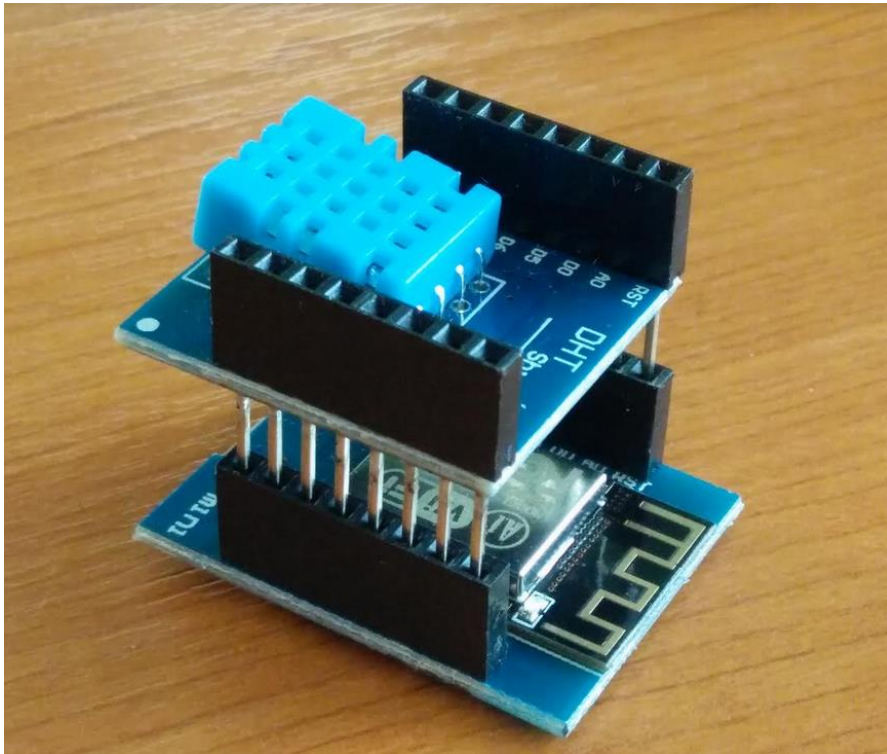
Useista IoT-pilvipalvelu vaihtoehdoista päädyin käyttämään ilmaista ThingSpeak palvelua, jonka etuja on nopeat varmatoimiset palvelimet sekä monipuolisuus. Palvelun monipuolisuus tulee esille sensoreiden tietojen käsiteltävyydessä, jokaisen sensorin tieto voidaan lukea suoraan yksilöllisestä HTML linkistä, joka tarjoaa karsittuna halutun tiedon. HTML linkin tarjoaman tiedon käsitteleminen onnistuu kätevästi Wemos D1 minin ohjelmointiin käytettävässä Arduino IDE:ssä. Tietojen tarkastelu tai muuttaminen vaatii ThingSpeak palvelun määrittelysalasanan, joka evää ulkopuolisten pääsyn tietoihin.

5.3 Lämpötilatietojen lähettäminen pilveen

Wemos D1 miniin on saatavilla Aosong Electronics Companyn valmistaman DHT11-, sekä DHT22 lämpötila/kosteus sensoriin pohjautuva sensorimoduuli. Kyseisessä toteutuksessa käytin DHT11 sensorimoduulia, joka on DHT22 sensorimoduulia epätarkempi mutta edullisempi.

Wemos D1 minin moduulit ovat kaikki yksinkertaisia kytkeä, ne asetetaan D1 minissä oleviin kytkentäpinneihin (kuva 9). DHT11:n lämpötila/kosteus tietojen lukeminen sensorista tapahtuu ohjelmoimista helpottavan DHT ohjelmointikirjaston avulla (kuva 10). D1 mini lukee DHT11 sensorin mittaamia arvoja digitaalista sisääntuloa käyttäen. Mitatun arvon lukemisen jälkeen on kyseinen arvo käytettävissä ja mahdollista lähettää pilvipalvelimelle.

Lämpötilatietojen pilveen lähettäminen tapahtuu ESP8266 WiFi ohjelmointikirjaston avulla (kuva 10). Kyseisellä kirjastolla ESP8266 moduuli ohjelmoidaan toimimaan HTML-clienttinä, eli käytännössä moduuli toimii selaimen kaltaisena internetkäyttäjänä. Moduuli ottaa selaimen tavoin yhteyden ThingSpeakin palvelimeen, johon se lähettää lämpötilatiedon (kuva 11), palvelin vastaanottaa ja tallentaa tiedon palvelimelle (kuva 12). Määritetyn aikajakson jälkeen moduuli lähettää uuden lämpötilatiedon. Käytännössä minkä tahansa sensorin mittaamia arvoja voidaan lähettää samaan tapaan ThingSpeakin palvelimelle, jos sensori on Arduino IDE yhteensopiva. [14.]



Kuva 9. Wemos D1 mini, jossa DHT moduuli.

```
dht11_thingspeak_and_local $  
#include <DHT.h>  
#include <ESP8266WiFi.h>  
#include <ESP8266HTTPClient.h>
```

Kuva 10. Ohjelmointikirjaston määrittäminen Arduino IDE:ssä.

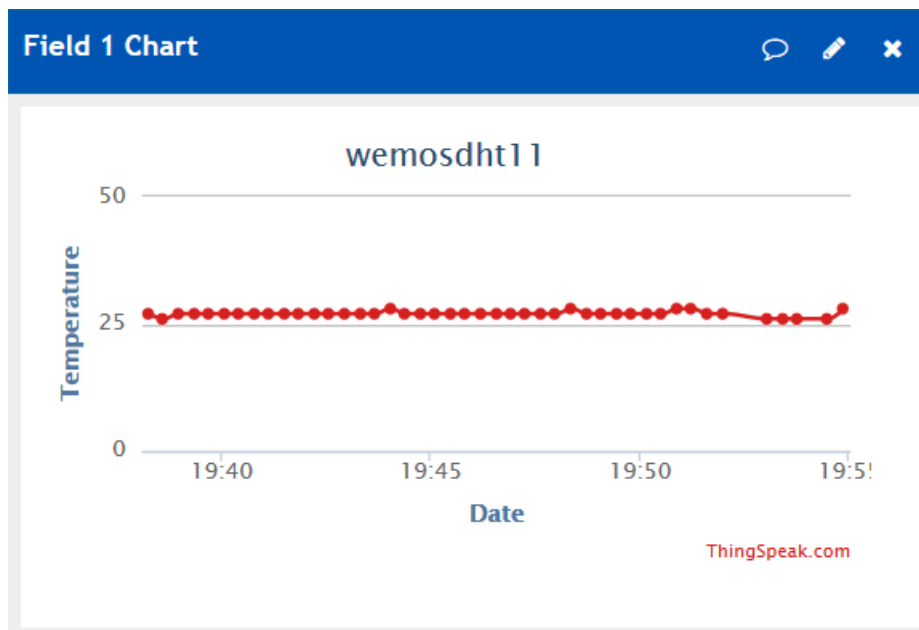
```

dht11_thingspeak_and_local
if (client.connect(server,80)) {
String postStr = apiKey;
postStr += "&field1=";
postStr += String(t);
postStr += "&field2=";
postStr += String(h);
postStr += "\r\n\r\n";

client.print("POST /update HTTP/1.1\n");
client.print("Host: api.thingspeak.com\n");
client.print("Connection: close\n");
client.print("X-THINGSPEAKAPIKEY: "+apiKey+"\n");
client.print("Content-Type: application/x-www-form-urlencoded\n");
client.print("Content-Length: ");
client.print(postStr.length());
client.print("\n\n");
client.print(postStr);
}

```

Kuva 11. Lämpötilatietojen lähettäminen ThigSpeakiin Arduino IDE:ssä.



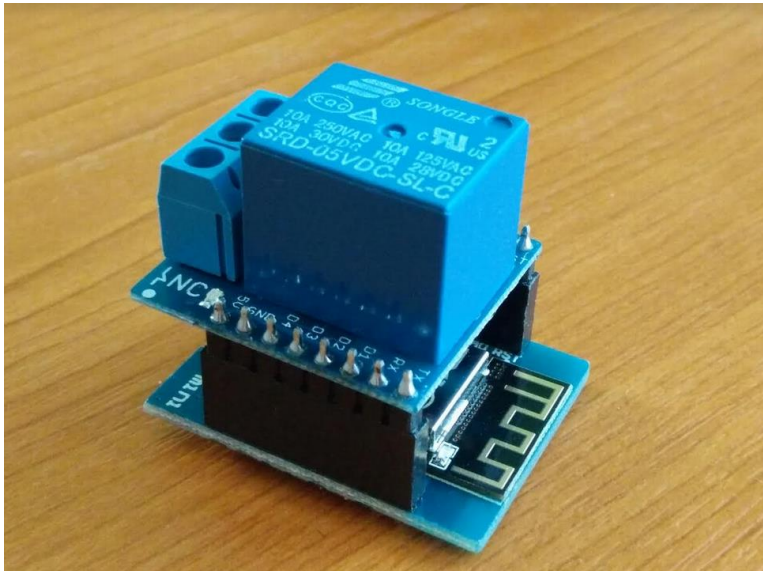
Kuva 12. Lämpötilatietojen tarkastelu ThingSpeakin palvelimelta.

5.4 Releen ohjaaminen pilvestä

Releen hallinta pilvipalvelun kautta mahdollistaa erilaisten sähkölaitteiden ohjaamisen internetin välityksellä. Wemos D1 miniin liitettävien moduulien valikoi-
masta löytyy helppoasenteinen relemoduuli (kuva 13). Relemoduuli pohjautuu Songlen valmistamaan SRD-05VDC-SL-C releeseen ja sisältää kaiken tarvitta-
van elektroniikan kyseisen releen ohjaamiseen. Relettä ohjataan Wemos D1
minin digitaalisen ulostulon kautta. Rele sisältää yhden sulkeutuvan sekä yhden
avautuvan kärjen, ja on kykenevä ohjaamaan 250VAC jännitettä maksimissaan
10A kuormalla.

Releen hallitseminen pilvipalvelun kautta toteutetaan samalla ESP8266 WiFi
ohjelmointikirjastolla, kuin lämpötilasensorin tietojen lähettäminen. ESP8266
toimii HTML-clienttinä ja lukee ThingSpeakin palvelimelta releellä määritetyn ti-
lan. Digitaalinen ulostulo ohjaa relettä luetun tilan mukaan (kuva 14). Esimerkik-
si releen tilaksi määritetään "1", jolloin kytketään sähkövirta valaisimelle ja va-
laisin syttyy, tai releen tilaksi määritetään "0", jolloin sähkövirta valaisimelle
katkaistaan ja valaisin sammuu. [15.]

Releen tilan määrittäminen pilvipalvelusta tapahtuu HTML-linkillä. Releen kyt-
kemiselle "1" tai "0" tilaan käytetään omaa linkkiä. Releen tilan määrittäminen
onnistuu mm. selaimella tai ESP8266-moduulilla. HTML-linkit on luotu ThingS-
peakin Thinghttp palvelua apuna käyttäen. Thinghttp palvelulla on mahdollista
määrittää eri toimintoja ThingSpeakin pilvipalvelimella olevien tietojen määrittä-
miseen ja muokkaamiseen. Thinghttp luo jokaiselle toiminnolle oman apikeyn.
Apikeytä käytetään HTML-linkin loppuosassa määrittämään linkin toiminnon.
(kuva 15) [15.]



Kuva 13. Wemos D1 mini, jossa Relemoduuli.

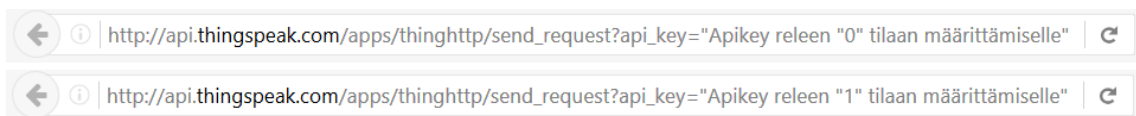
```

relay_thingspeak$
WiFiClient client;
const int httpPort = 80;
if (!client.connect(host, httpPort)) {
  Serial.println("connection failed");
  return;
}
String url = "/channels/147919/fields/3/last?key="ApikeyForReading";
client.print(String("GET ") + url + " HTTP/1.1\r\n" +
  "Host: " + host + "\r\n" +
  "Connection: close\r\n\r\n");

int i = 0;
String data[100];
while(client.available()){
  String line = client.readStringUntil('\r');
  //Serial.println(line);
  data[i] = line;
  i++;
}
int relay = data[18].toInt();
Serial.println(relay);
if(relay==1)
  digitalWrite(relayPin, HIGH);
if(relay==0)
  digitalWrite(relayPin, LOW);

```

Kuva 14. Releen tilatiedon lukeminen Thigspeakista ja releen ohjaaminen sen mukaan.



Kuva 15. Esimerkki releen kytkemisestä "1" tai "0" tilaan selainta käyttäen.

5.5 Kotiautomaatio

Tässä opinnäytetyön luvussa tutustutaan tee-se-itse kodinohjausjärjestelmän kotiautomaation sovellutuksiin ja niiden toteutustapoihin.

Tavoitteena oli toteuttaa perinteisiä kotiautomaation sovellutuksia, näitä oli valaistuksen ohjaus, lämmityksen ohjaus ja kodin turvallisuuden valvominen. Kyseisten toimintojen toteuttaminen onnistui liike- sekä lämpötilasensorien avulla. Kotiautomaation sovellukset pyrittiin toteuttamaan, niin että ne eivät vaatisi pilvipalvelua. Tämä mahdollistaa kotiautomaation toimimisen ilman internetyhteyttä.

5.5.1 Valaistuksen ohjaus

Valaistuksen ohjaus toteutettiin liikeseensorin avulla. Kytkemällä sensori Wemos D1 minin digitaalisäänntuloon ja Wemos D1 minin liittäminen kodin langattomaan verkkoon, saatiin aikaan IoT laite joka on kykenevä lähettämään komentoja valaistusta ohjaavalle releelle kodin langatonta verkkoa käyttäen. Aina liikettä havaitessa, valaistus voidaan käskää päälle halutuksi aikajaksoksi. Valaistusta ohjaava rele on kytketty toisen Wemos D1 minin digitaaliulostuloon, jonka kautta ohjataan rele päälle tai pois päältä. Releen ohjaamisessa käytettiin apuna aREST ohjelmointikirjastoa (kuva 16). aREST ohjelmointikirjasto mahdollistaa Wemos D1 minin kaikkien digitaali- sisään/ulostulojen ohjaamisen lähiverkon välityksellä. Kun valaistus käsketään päälle/pois, lähetetään samalla valaistuksen tilatieto pilvipalvelimelle (kuva 17), jolloin on mahdollista tarkkailla valaistuksen päällä oloa internetistä (kuva 18).

Valaistusta voidaan ohjata myös sen perusteella, kuinka paljon liikettä havaitaan. Kun liikettä havaitaan toistuvasti monia kertoja peräkkäin, valaistus pidetään päällä kauemmin. Esimerkiksi jos liikeseensorin havainnointi alueella kuljetaan vain yhden kerran, eikä seuraavaa liikettä havainnointi alueella tunnisteta, valaistus pidetään päällä lyhyen aikajakson ajan. Liike havaintojen kasvaessa, valaistuksen päällä pito aika kasvaa.

```
Relay_thingspeak_and_local
```

```
#include <aREST.h>
```

Kuva 16. aREST ohjelmointikirjaston määrittys Arduino IDE:ssä.

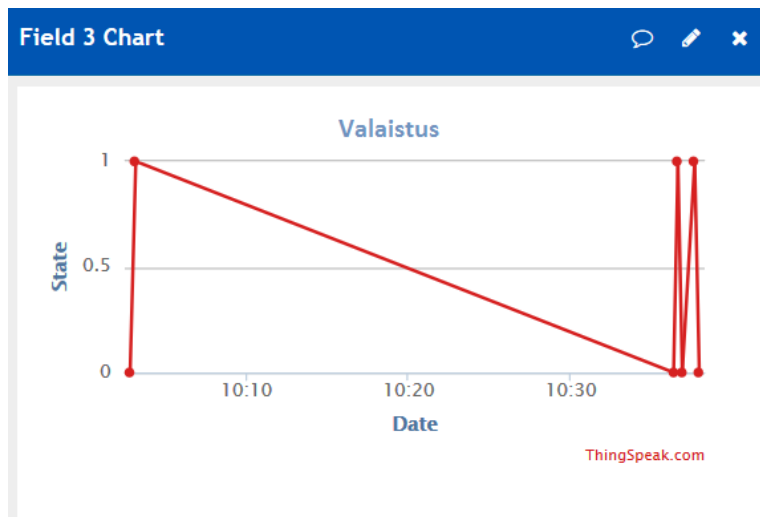
```
dhf11_thingspeak_and_local$
```

```
void relaystatecloud() {

  HTTPClient http;
  if (state == 1){
    http.begin("http://api.thingspeak.com/apps/thinghttp/send_request?api_key="Apikey"); //HTTP
  }
  if (state == 0){
    http.begin("http://api.thingspeak.com/apps/thinghttp/send_request?api_key="Apikey"); //HTTP
  }

  int httpCode = http.GET();
  if(httpCode > 0) {
    USE_SERIAL.printf("[HTTP] GET... code: %d\n", httpCode);
    if(httpCode == HTTP_CODE_OK) {
      String payload = http.getString();
      USE_SERIAL.println(payload);
    }
  } else {
    USE_SERIAL.printf("[HTTP] GET... failed, error: %s\n", http.errorToString(httpCode).c_str());
  }
  http.end();
}
```

Kuva 17. Valaistuksen tilatiedon lähettäminen ThingSpeakiin Arduino IDE:ssä.



Kuva 18. Valaistuksen tilan tarkkailu ThingSpeakista.

5.5.2 Lämmityksen ohjaus

Lämmityksen ohjauksen toteutukseen käytettiin myös Wemos D1 miniä, johon kytketään samaan tapaan rele kuin valaistuksen ohjauksessa. Relettä ohjataan toisen Wemos D1 miniin kytketyn lämpötilasensorin mittaamien lämpötilatietojen perusteella. Lämmitystä ohjaava rele voidaan kytkeä päälle, kun lämmitystä tarvitaan, ja kytkeä pois päältä kun haluttu lämpötila on saavutettu. Kun lämmitys käsketään päälle/pois, lähetetään samalla lämmityksen tilatieto pilvipalvelimelle, jolloin on mahdollista tarkkailla lämmityksen päällä oloa internetistä.

Lämmityksen ohjaukseen on mahdollista käyttää PID-säätöä, joka löytyy Wemos D1 minin ohjelmointiin käytettävästä Arduino IDE ohjelmointisovelluksesta. PID-säädöllä saadaan huoneiston lämpötila pysymään tarkemmin halutussa lämpötilassa.

5.5.3 Kodin turvallisuus

Kodin turvallisuutta lisätäkseen Wemos D1 miniin liitetyn liikesensorin havaitessa liikettä, pystytään lähettämään asukkaille ilmoituksia ja hälytyksiä. Ilmoitusten ja hälytysten lähettäminen pilveen mahdollistaa kodissa tapahtuvan liikennöinnin tarkkailun, vaikka ei itse olisikaan kotona.

6 Sähkötekniset haasteet ja sähköturvallisuus

Kodinohjausjärjestelmässä käytettävät mikrokontrollerit sekä mikroprosessorit ovat pienisjännitteellä toimivia laitteita ja niiden asentaminen ja käyttäminen eivät vaadi sähköalan koulutusta, tai sähköurakoitsijan alaisena työskentelyä. Valaistuksen tai lämmityksen ohjaamisessa on huomioitava releen ohjaaman laitteiston käyttöjännite. Jos laitteiston käyttöjännite on yli pienisjännitteen rajan 120 V tasajännitettä tai 50 V vaihtojännitettä, on kyseisen laitteiston ohjauksen asentajalla oltava voimassa oleva sähköpätevyys kyseiseen asennukseen, tai asentajan on työskenneltävä sähköurakoitsijan alaisena jolta kyseiset pätevydet löytyvät. [16.]

Mikrokontrollerit käyttävät käyttöjännitteensä 5 V:n pienisjännitettä, joka voidaan toteuttaa mm. akuilla tai paristoilla. Jos mikrokontrolleri halutaan toimivan pidempään ja luotettavammin voidaan mikrokontrollerin jännitelähteenä käyttää muuntajaa, joka muuntaa 230VAC jännitteen 5V jännitteeksi, jolloin paristoja ei tarvitse vaihtaa, eikä akkuja tarvitse ladata niiden tyhjennyttyä. Sopivan ja luotettavan jännitelähteen löytäminen on hankalaa, koska jännitelähde pitää saada koteloitua mikrokontrollerin, sekä mikrokontrollerin ohjaaman releen kanssa mahdollisimman pieneen koteloon. Kotelosta täytyy saada pieni, että sen saisi asennettua huomaamattomasti releellä ohjattavan sähkölaitteen läheisyyteen. Uuden rakennuksen sähköistyksessä mikrokontrollerille, releelle sekä virtalähteelle pystyisi suunnittelemaan oman tilansa sähkökeskukseen, mutta jo valmiiksi kaapeloidussa rakennuksessa kodinohjausjärjestelmän asennus on haastavaa.

7 Pohdinta

Kodinohjausjärjestelmän toteuttaminen oli ollut mielenkiinnon aiheena Arduino laitteistoihin tutustumisesta lähtien. Nyt pääsin kyseistä järjestelmää toteuttamaan opinnäytetyön muodossa.

Ensimmäisen kodinohjausjärjestelmän toteutuksessa kävi ilmi kyseisessä järjestelmässä käytettävistä komponenteista aiheutuva järjestelmän rajoittuneisuus. Järjestelmän langaton kommunikointi oli haastava toteuttaa, koska nRF24L01 moduulilla toteutettavassa langattomassa liikenteessä ei ollut valmiiksi salausta. Lisäksi kyseisen järjestelmän toiminta vaati ohjausyksiköksi Raspberry pi:n.

Toisessa kodinohjausjärjestelmässä langaton kommunikointi toteutettiin ESP8266-moduulilla. Tässä järjestelmässä langattoman liikenteen salausta tapahtui kodin WLAN-verkon salauksella ja lisäksi jokainen IoT-laite sai suoran yhteyden internetiin, nämä muutokset lisäsivät järjestelmän yksinkertaisuutta sekä monipuolisuutta.

Vaikka valmiita kaupallisia järjestelmiä samankaltaisella tekniikalla on olemassa, osoittautui Wemos D1 minillä toteutettu kodinohjausjärjestelmä muunneltavuudeltaan monipuolisemmaksi, sekä huomattavasti edullisemmaksi kuin valmiit kaupalliset järjestelmät.

Lähteet

1. Internet of Things Wiki. Understanding Internet of Things. <http://internetofthingswiki.com/internet-of-things-definition>. [Luettu 6.8.2016]
2. The MathWorks, Inc. ThingSpeak. <https://se.mathworks.com/help/thingspeak>. [Luettu 7.8.2016]
3. Treece, Todd. Adafruit IO Basics. <https://learn.adafruit.com/adafruit-io-basics-feeds?view=all>. [Luettu 7.8.2016]
4. iot-playground.com. ESP8266 internet connected switch. <http://iot-playground.com/blog/2-uncategorised/87-esp8266-internet-connected-switch-easyiot-cloud-mqtt-api-v1-improved>. [Luettu 10.8.2016]
5. blynk.cc. How Blynk Works. <http://docs.blynk.cc>. [Luettu 12.8.2016]
6. Arduino.cc. Blink. <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/Blink>. [Luettu 12.8.2016]
7. Kelion, Leo. Raspberry Pi 2 unveiled with faster processor and more memory. 2015. <http://www.bbc.com/news/technology-31088908>. [Luettu 14.8.2016]
8. Benchoff, Brian. New Chip Alert: The ESP8266 WiFi Module (It's \$5). 2014. <http://hackaday.com/2014/08/26/new-chip-alert-the-esp8266-wifi-module-its-5>. [Luettu 14.8.2016]
9. KNX Association. What is KNX?. <https://www.knx.org/knx-en/knx/association/what-is-knx>. [Luettu 25.8.2016]
10. Digi International Inc. ZigBee® Wireless Standard. <https://www.digi.com/resources/standards-and-technologies/rfmodems/zigbee-wireless-standard>. [Luettu 25.8.2016]
11. Sciacca, John. Smarten up your dumb house with Z-Wave automation. 2013. <http://www.digitaltrends.com/home/smarten-dumb-house-z-wave-automation>. [Luettu 28.8.2016]
12. King, Terry. Nrf24L01-2.4GHz-HowTo. <https://arduino-info.wikispaces.com/Nrf24L01-2.4GHz-HowTo>. [Luettu 2.9.2016]
13. Wemos electronics. Get started in Arduino. <https://www.wemos.cc/tutorial/get-started-arduino.html>. [Luettu 3.9.2016]
14. esp8266learning.com. DHT11 sensor data to Thingspeak using a Wemos D1. 2016. <http://www.esp8266learning.com/dht11-sensor-data-to-thingspeak-using-a-wemos-d1.php>. [Luettu 7.9.2016]
15. gopinath.marappan. An inexpensive IoT enabler using ESP8266. <http://www.instructables.com/id/An-inexpensive-IoT-enabler-using-ESP8266/step8/View-and-control-through-Thingspeakcom/>. [Luettu 8.9.2016]
16. Tampereen teknillinen yliopisto. Pienoisjännite. <http://www.tut.fi/sahkotyoturvallisuus/tietosivusto/sanastoa.html>. [Luettu 20.9.2016]

17. Raspberry Pi Foundation. An introduction to GPIO and physical computing on the Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio>. [Luettu 27.9.2016]
18. Refsnes Data. HTML Introduction. http://www.w3schools.com/html/html_intro.asp. [Luettu 27.9.2016]
19. Chapman, Stephen. What Is JavaScript?. 2016. <http://javascript.about.com/od/reference/p/javascript.htm>. [Luettu 27.9.2016]
20. The PHP Group. What is PHP?. <http://php.net/manual/en/intro-what-is.php>. [Luettu 27.9.2016]
21. Amazon Web Services. What is Cloud Computing?. <https://aws.amazon.com/what-is-cloud-computing>. [Luettu 27.9.2016]
22. Rouse, Margaret. Ethernet. 2015. <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/Ethernet>. [Luettu 27.9.2016]
23. Margaret Rouse. local area network (LAN). 2016. <http://searchnetworking.techtarget.com/definition/local-area-network-LAN>. [Luettu 28.9.2016]
24. Control Solutions, Inc. Anatomy Of A Feedback Control System. http://www.csimn.com/CSI_pages/PIDforDummies.html. [Luettu 28.9.2016]