

Markus Haapasaari

**RASPBERRYYN SOVELTAMINEN
KOTIAUTOMAATIOON**

**Opinnäytetyö
CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Toukokuu 2015**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Ylivieska	Aika Toukokuu 2015	Tekijä Markus Haapasaari
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi RASPBERRYYN SOVELTAMINEN KOTIAUTOMAATIOON		
Työn ohjaaja Hannu Puomio	Sivumäärä 33 + 7	
<p>Opinnäytetyön tavoite oli tutkia Raspberry Pi -kehitysalustan soveltumista kotiautomaatioon. Työssä tutustuttiin Raspberry Pi -kehitysalustaan yleisesti sekä kehitysalustan eri versioihin ja kotiautomaatiojärjestelmässä hyödynnettäviin, saatavilla oleviin lisämoduuleihin.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin kolmea avoimeen lähdekoodiin pohjautuvaa kotiautomaatiojärjestelmän ohjaussovellusta.</p> <p>Näiden tietojen pohjalta muodostettiin kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvaus rivitalo-ohuoneistoon. Konseptikuvaukseen luotu laitteisto suunniteltiin helposti laajennettavaksi, rakenteeltaan modulaariseksi sekä kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi kaupallisille kotiautomaatiojärjestelmille.</p> <p>Työn viimeisessä luvussa pohditaan mahdollisuuksia luodun konseptilaitteiston edelleen kehittämiseksi.</p>		
Asiasanat Avoimen lähdekoodin sovellukset, kotiautomaatio, Raspberry Pi		

ABSTRACT

Unit Ylivieska	Date May 2015	Author Markus Haapasaari
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis Applying Raspberry Pi to home automation		
Instructor Hannu Puomio		Pages 33 + 7
<p>The objective of this thesis was to examine the applicability of Raspberry Pi -development platform to home automation. The basics of Raspberry Pi -development platform in general as well its different versions and available additional modules were studied.</p> <p>The thesis examined three open source based home automation system control applications.</p> <p>Based on this data a home automation system concept description for a terraced apartment was formed. The hardware created for the concept designed easily expanded and modular, and to be cost-efficient alternative to commercial home automation systems.</p> <p>The last chapter discusses the possibilities to further develop the existing concept of equipment.</p>		

<p>Key words Home automation, open source applications, Raspberry Pi</p>

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ARM	Advanced RISC Machines, 32 - bittinen mikroprosessoriarkkitehtuuri
CSI	Camera Serial Interface, Mobiililaitteissa käytetty kameraliityntä
DSI	Display Serial Interface, Mobiililaitteissa käytetty näyttöliityntä
Flash	Puolijohdemuisti, joka voidaan sähköisesti tyhjentää tai ohjelmoida uudelleen
GPIO	General Purpose I/O, yleiskäyttöinen portti mikrokontrollereissa
I ² C	Inter-Integrated Circuit, kaksisuuntainen ohjaus- ja tiedonsiirtoväylä
Java	Oliopohjainen ohjelmointikieli
Järjestelmäpiiri	Integroitu piiri, joka sisältää lähes koko järjestelmän vaatiman toiminnallisuuden
NFC	Near Field Communication, radiotaajuinen etätunnistustekniikka
RTC	Reaaliaikainen, paristovarmennettu kello
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory, Muistin tyyppi, jossa jokainen bitti tallennetaan erilliseen kondensaattoriin

SPI	Serial Peripheral Interface, Synkroninen sarjaliikenne-liitäntä, käytetään sulautetuissa järjestelmissä
UART	Universal Asynchronous Receiver / Transmitter Asynkroninen vastaanotto-/lähetysarkkitehtuuri
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri

ESIPUHE

Haluan antaa kiitokseni opinnäytetyöni ohjaajalle,
lehtori Hannu Puomiolle automaatio- ja elektroniikka- kiinnostuksen
herättämisestä ja laadukkaasta näihin kursseihin liittyvästä opetuksesta.

Opinnäytetyö on ensimmäinen askel kohti oman,
kaupallistetun Raspberry Pi -kehitysalustaan pohjautuvan
kotiautomaatiojärjestelmän toteutusta.

Lisäksi tahdon kiittää kaikkia läheisiäni sekä opiskelutovereitani tämän,
neljän vuoden aikana kuljetun matkan varrella saadusta tuesta opinnoissani.

Markus Haapasaari

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
ESIPUHE
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 KOTIAUTOMAATIO	2
2.1 Kotiautomaation rakenne ja tasot	3
2.2 Kotiautomaatiojärjestelmän tarkoitus	5
3 RASPBERRY PI -KEHITYSALUSTA	8
3.1 Raspberry Pi -kehitysalustan rakenne ja versiot	9
3.2 Raspberry Pi -kehitysalustan käyttöjärjestelmät	10
3.3 Raspberry Pi -kehitysalustan viralliset lisäosat	12
3.3.1 PI NoIR Camera ja Camera Module -lisäosat	12
3.3.2 Compute Module Development Kit -lisäosa	13
3.4 Käyttäjyhteisön kehittämät lisäosat	14
3.4.1 Piface SHIM RTC Realtime Clock -lisäosa	15
3.4.2 RasPi Comm Extension -lisäosa	16
3.4.3 Wolfson Audio Card -lisäosa	17
4 AVOIMEN LÄHDEKOODIN KOTIAUTOMAATIOSOVELLUKSET	18
4.1 Calaos -kotiautomaatiosovellus	19
4.2 OpenHAB -kotiautomaatiosovellus	21
4.3 OpenNetHome -kotiautomaatiosovellus	23
5 KOTIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KONSEPTIKUVAUS	24
5.1 Laitteisto	24
5.2 Konseptin laajennettavuus	28
6 POHDINTA	29
LÄHTEET	31
LIITTEET	
LIITE 1. Raspberry Pi -kehitysalustaversiot, tekniset tiedot	
LIITE 2. Raspberry Pi -kehitysalustaversioiden GPIO -liitynnät	
LIITE 3. Pi NoIR- ja Camera Module -lisäosat, tekniset tiedot	
LIITE 4. RasPi Comm Extension -lisäosa, tekniset tiedot	
LIITE 5. Wolfson Audio Card -lisäosa, tekniset tiedot	
LIITE 6. Konseptilaitteen sijoituspisteet, pohjapiirros	
LIITE 7. Konseptilaitteiston komponenttiluettelo hankintakustannuksineen	

KUVIOT

KUVIO 1. Kotiautomaation käyttökohteita keittiössä	2
KUVIO 2. Kotiautomaatiojärjestelmän hierarkkiset tasot	3
KUVIO 3. Erilaiset lattialämmityksen ohjausyksiköt	4
KUVIO 4. Kotiautomaatiojärjestelmän tarkoituksen pääluokat	6
KUVIO 5. Automaattiset syttyvät portaikkovalot	7
KUVIO 6. Raspberry Pi -kehitysalustan varhainen prototyyppi vuodelta 2006	8
KUVIO 7. Raspberry Pi 2 B ja osoitetut pääkomponentit	9
KUVIO 8. Raspbian Debian Wheezy -työpöytänäkymä	11
KUVIO 9. PI NoIR -lisäosa vasemmalla ja Camera -lisäosa oikealla	12
KUVIO 10. Compute Module Development Kit -lisäosan rakenne	14
KUVIO 11. Piface SHIM RTC -lisäosa	15
KUVIO 12. RasPi Comm Extension -lisäosan rakenne	16
KUVIO 13. Wolfson Audio Card kytkettynä Raspberry Pi 2 B -kehitysalustaan	17
KUVIO 14. Calaos -hallintapaneeli kosketusnäytöllä	19
KUVIO 15. Laitteiden lisääminen Calaos v2.0 -versiolla	20
KUVIO 16. OpenHAB -hallintapaneeli selaimella	21
KUVIO 17. OpenHAB -hallintapaneeli CometVisu temalla varustettuna	22
KUVIO 18. OpenNetHome -hallintapaneeli verkkoselaimella	23

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni sai alkukipinän sähkötekniikan koulutusohjelmaan sisältyneiden automaatio- ja elektroniikka -opintojaksojen aikana, joskin aihe unohtui hetkeksi. Tammikuussa 2015 miettiessäni oman kotini energiatehokkuutta, aihe palasi mieleeni ja tuolloin päätin aloittaa opinnäytetyön tekemisen tutkimusmuodossa Raspberry Pi -kehitysalustan parissa.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Raspberry Pi -kehitysalustan soveltuvuutta kotiautomaatiojärjestelmään, yhdessä avoimeen lähdekoodiin pohjautuvien sovellusratkaisujen kanssa, sekä tutkimustyön tuloksena luoda Raspberry Pi -kehitysalustaa käyttävän kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvaus.

Ensimmäisessä pääluvussa käsitellään kotiautomaation rakennetta, hierarkkisia tasoja sekä kotiautomaatiojärjestelmän tarkoitusta. Toisessa pääluvussa kerrotaan Raspberry Pi -kehitysalustasta, sen rakenteesta, eri versioista, kotiautomaatioon soveltuvista Raspberry Pi -kehitysalustan käyttöjärjestelmistä sekä erilaisista saatavilla olevista lisäosista, joita kotiautomaatiojärjestelmässä voidaan hyödyntää. Kolmannessa pääluvussa tutustutaan kolmeen erilaiseen avoimeen lähdekoodiin pohjautuvaan kotiautomaatiosovellukseen. Neljännessä pääluvussa luodaan kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvaus laitteiston ja laajennettavuuden näkökulmasta. Viimeinen pääluku sisältää pohdintaa automaatiojärjestelmäkonseptista ja siitä, miten konseptia olisi mahdollista edelleen kehittää.

2 KOTIAUTOMAATIO

Kotiautomaatio on käsitteenä johdateltu versio termistä rakennusautomaatio. Rakennusautomaatiolla tarkoitetaan taloteknisten järjestelmien, kuten lämpö-, vesi-, ilma- ja sähköjärjestelmien automatisointia. Yleisesti puhekielessä edellä mainituista järjestelmistä käytetään termiä LVIS -järjestelmät. Automaatiojärjestelmällä voidaan hoitaa kiinteistön olosuhteiden hallintaa, esimerkiksi energiankulutuksen ja valaistuksen osalta. Nykyisin kotiautomaatiojärjestelmiä käytetään myös viihtyvyyttä lisäävien laitteiden ohjaamiseen, hyvänä esimerkkinä jatkuvasti lisääntyvät useamman huoneen kaiutinjärjestelmät. Kuluttajien odotukset kotiautomaatiojärjestelmiä kohtaan kasvavat kulutuselektronikan jatkuvan lisääntymisen seurauksena, jolloin myös kotiautomaatiojärjestelmälle asetut vaatimukset kasvavat.



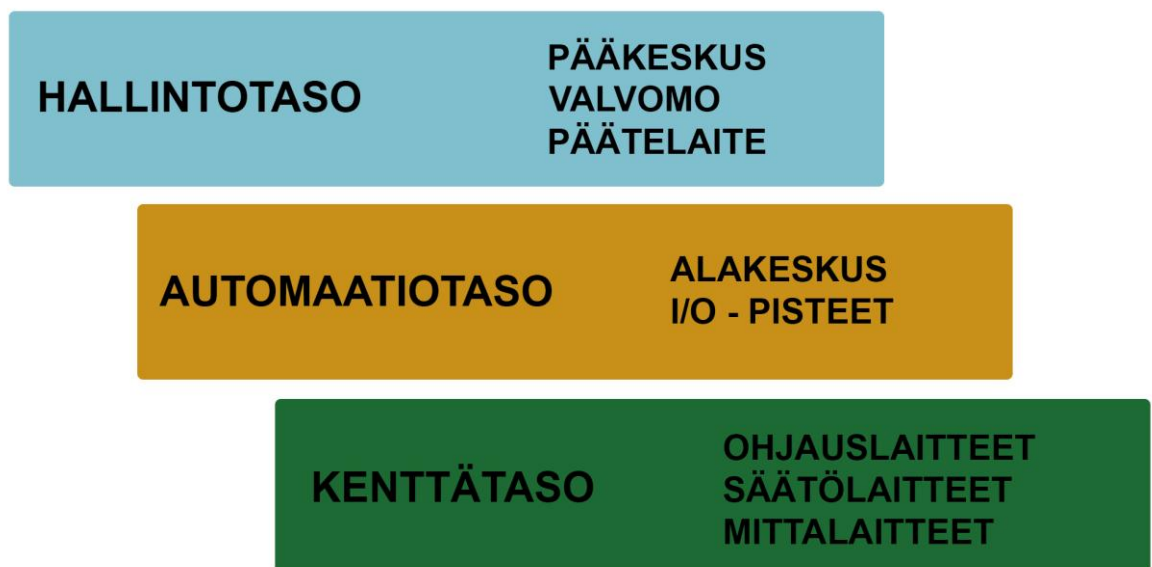
KUVIO 1. Kotiautomaation käyttökohteita keittiössä (Kontio 2015)

2.1 Kotiautomaation rakenne ja tasot

Kotiautomaatiojärjestelmä koostuu erilaisista rakenteellisista ja ohjelmallisista tasoista, joiden avulla järjestelmästä saadaan koostettua ominaisuuksiltaan asiakkaan tarpeita vastaava.

Rakenteeltaan suurten toimijoiden kotiautomaatiojärjestelmät poikkeavat toisistaan fyysisen rakenteen lisäksi myös erilaisten kommunikaatioprotokollien osalta. Fyysinen rakenne voi koostua lukuisista erityyppisistä kaapeleista, lukuisista alakeskuksista ja ohjauslaitteista. Toisaalta Raspberry -kehitysalustalla on toteutettu harrastajayhteisön toimesta myös täysin langattomia ohjausjärjestelmiä. Langattomuus asettaa aina omat haasteensa kotiautomaatiojärjestelmän suunnittelulle ja toteutukselle.

Kotiautomaatiojärjestelmä koostuu kolmesta toisistaan erillisestä hierarkkisesta tasosta, joista jokaisella on oma erityinen tehtävänsä kotiautomaatiojärjestelmässä.



KUVIO 2. Kotiautomaatiojärjestelmän hierarkkiset tasot

Usein kotiautomaatiassa, varsinkin omakotitaloissa, hallintotaso sijaitsee joko pääkeskuksessa tai teknisessä tilassa. Hallintotason tehtävänä on koordinoida tehtäviä automaatiotasolle, operoida, raportoida ja hallita järjestelmän keräämää tietoa. Hallintotason pääkeskusta voidaan kutsua kotiautomaatiojärjestelmän isoiksi aivoiksi, joka on kaiken tiedon lopullinen vastaanottaja ja käsittelijä.

Automaatiotasolla sijaitsevat kotiautomaatiojärjestelmän kontrollerit, eriasteiset logiikat ja suorat digitaaliset ohjausyksiköt. Automaatiotasoon liittyvä alakeskus sijaitsee usein keskeisellä paikalla, esimerkiksi eteisen, olohuoneen tai keittiön seinällä. Kotiautomaatiojärjestelmän alakeskus voi olla varustettu selkeällä info-näytöllä mutta myös perinteisempiä termostaatteja on edelleen käytössä, suurista valmistajista esimerkiksi saksalaisvalmistaja Hagerilla. Automaatiotasoon alakeskusta voidaan kutsua kotiautomaatiojärjestelmän pikkuaivoiksi, sillä ne välittävät käyttäjän sekä erilaisten antureiden antamat toiminnot hallintotasolle.



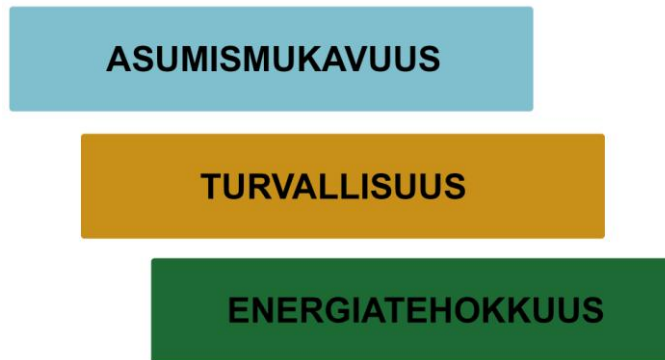
KUVIO 3. Erilaiset lattialämmityksen ohjausyksiköt (ABB 2015 ja Yesss-fr 2015)

Kenttätason anturit voivat sijaita sekä sisällä kiinteistössä, että rakennuksen ulkopuolella. Niiden tehtävät ovat silti luonteeltaan keskenään samankaltaisia. Tehtävät voivat olla esimerkiksi lämpötilan, kosteuden, ilmanlaadun, ilmanvirtauksen, ilmanpaineen tai valoisuuden määrän mittaaminen. Kenttätasolla valoisuutta voidaan mitata valoisuusanturilla, josta tieto siirtyy esimerkiksi markiisin ohjaimena toimivalle askelmoottorille, avaten markiisin aurinkoisena päivänä ja pitäen markiisin suljettuna pilvisinä päivinä.

Kenttätasolla antureina voidaan käyttää myös paineantureita, mittaamaan kotiin saapuvan käyttäjän sijaintia esimerkiksi portailla eteisen valaistuksen automaattiseen päälle kytkemiseksi. Kenttätason mitta-, säätö- ja ohjauslaitteita voidaan kutsua kotiautomaatiojärjestelmän hermostoksi, joka välittää tiedon automaatiotason alakeskukselle tai suoraan hallintotason pääkeskukselle. Joissakin markkinoilla olevissa kotiautomaatiojärjestelmissä alakeskuksen sijaan termostaatit ja infonäyttöllä varustetut ohjaimet toimivat suoraan kenttätasolla.

2.2 Kotiautomaatiojärjestelmän tarkoitus

Kotiautomaatiojärjestelmän tarkoitus jaotellaan yleensä kolmeen pääluokkaan, jotka ovat asumismukavuuden ja asumisturvallisuuden sekä kodin energia-
tehokkuuden lisääminen.



KUVIO 4. Kotiautomaatiojärjestelmän tarkoituksen pääluokat

Kotiautomaatiojärjestelmällä voidaan vaikuttaa asumismukavuuteen esimerkiksi säätämällä automaattisesti lämmityksen tasoa tai käyttämällä käyttäjän asettamia raja-arvoja, jonka välillä lämpötila pysyttelee ennalta määrätyn ajan. Tämän lisäksi automaatiolla voidaan ohjata valaistusta, esimerkiksi esimääriteltyjen valaistusprofiilien avulla. Valaistus voidaan ohjelmoida siten, että pidemmissä poissaoloissa valot syttyvät automaattisesti satunnaisissa huoneissa, luoden mielenkiintoisen asukkaiden läsnäolon.

Kotiautomaatiolla voidaan ohjata myös ilmanvaihtoa, sälekaihtimia ja erilaisia viihdelaitteistoja, kuten usean huoneen kaiutinjärjestelmiä. Kotiautomaatiojärjestelmään liitettyä kosteusanturilla voidaan esimerkiksi tehostaa ilmanvaihtoa kosteiden tilojen, kuten kylpyhuoneen tai saunan osalta, silloin kun tilat ovat käytössä.

Kodin energiatehokkuutta voidaan kotiautomaatiolla parantaa esimerkiksi kotona/poissa -kytkimen avulla, jolla voidaan sulkea tarpeettomien laitteiden virransyöttö pistorasioilta, kun paikalla ei ole ketään. Energiatehokkuutta saadaan synnytettyä myös aiemmassa kappaleessa mainittujen ilmanvaihdon, lämmityksen ja valaistuksen säädön avulla. Energiatehokkuus nykyisellään on yksi keskeisistä tekijöistä soveltuvaa kotiautomaatiojärjestelmää valittaessa.

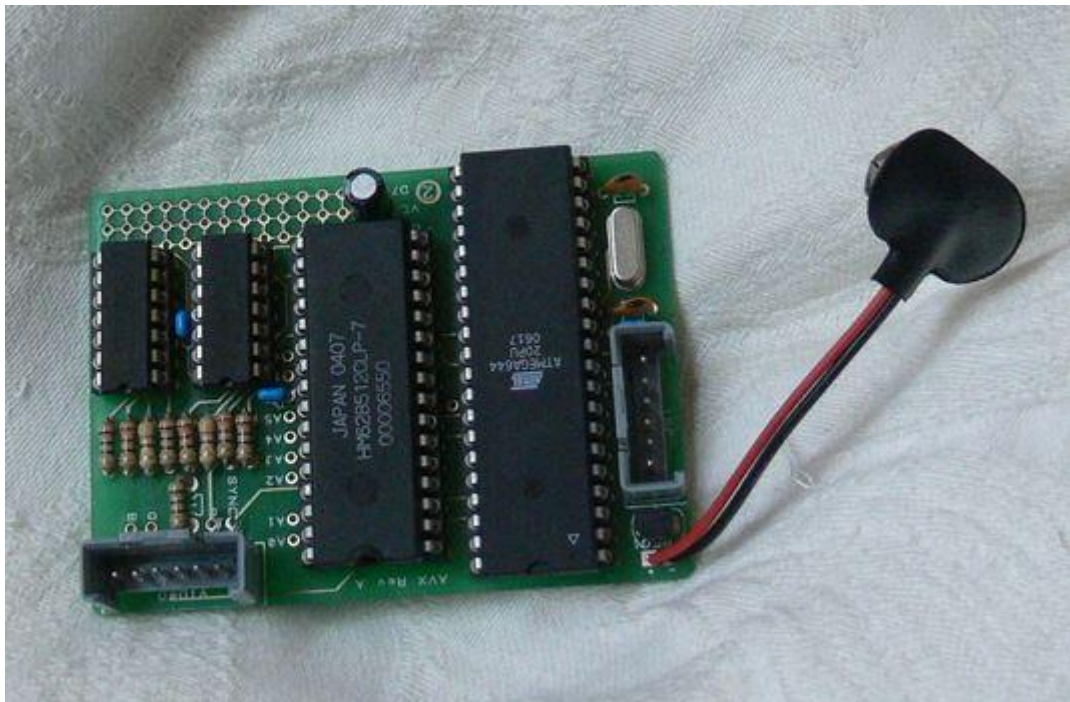
Asumisturvallisuuden osalta kotiautomaatio tarjoaa lukuisia eri ratkaisuja turvallisuuden parantamiseksi. Reaaliaikainen kameravalvonta, esimerkiksi ulko-ovien alueella ja liikkeentunnistuksella syttyvä automaation ohjaama valaistus, kuten kuviossa 5, ovat osa kotiautomaatiojärjestelmän synnyttämää turvallisuuskokonaisuutta. Kotiautomaatiojärjestelmä voi toimia myös oviin asennettujen anturien avulla kulunvalvonnassa ja oven aukiolo-ilmaisimena, mikäli ovea ei ole suljettu kokonaan.



KUVIO 5. Automaattiset syttyvät portaikkovalot (Flickr 2011)

3 RASPBERRY PI -KEHITYSALUSTA

Raspberry Pi -kehitysalustan suunnittelutyö aloitettiin vapaaehtoisvoimin vuoden 2006 aikana, samaan aikaan perustettiin myös Raspberry Pi Foundation, jonka tavoitteena oli alun perin suunnitella edullinen, pieni ja hyvin yksinkertainen tietokone edistämään lasten, nuorten ja aikuisten tietoteknistä osaamista.



KUVIO 6. Raspberry Pi -kehitysalustan varhainen prototyyppi vuodelta 2006 (Raspberrypi.org 2011)

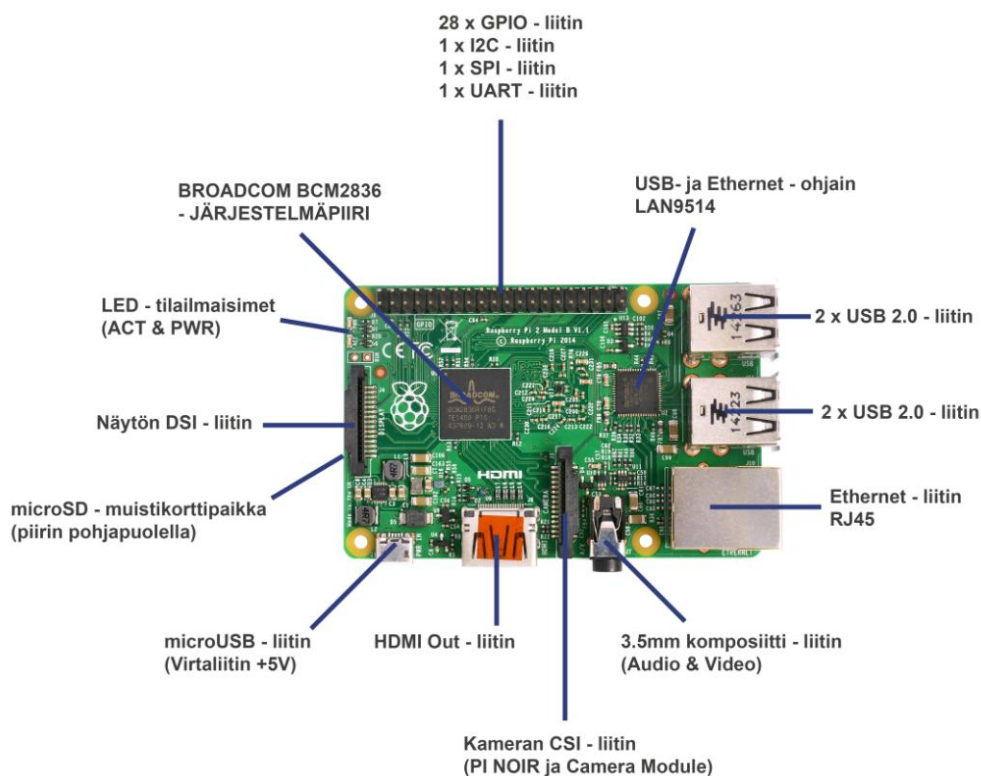
Vuoden 2006 aikana Raspberry Pi Foundation suunnitteli ja valmisti ensimmäisen prototyypin tulevasta laitteesta. Yhteneviä piirteitä myöhemmin tuotantoon ja myyntiin tulleen kehitysalustan A-mallin kanssa ei juuri ollut. Ainoastaan kokonsa puolesta prototyypin voi tunnistaa Raspberry Pi -kehitysalustaksi, kaiken muun säätiö sitten prototyypistä hylkäsikin. Raspberry Pi Foundation vastaa edelleen Raspberry Pi -kehitysalustan kehityksestä ja lisensoinnista.

(Raspberrypi.org 2015)

3.1 Raspberry Pi -kehitysalustan rakenne ja versiot

Raspberry Pi -kehitysalusta on fyysisiltä mitoiltaan noin luottokortin kokoinen, yhdelle piirilevyille sisällytetty tietokone, jossa käytetään yhdysvaltalaisen valmistajan, Broadcomin valmistamia järjestelmäpiirejä. Järjestelmäpiiri sisältää ARM -arkkitehtuurillisen suorittimen, VideoCore IV -grafiikkaohjaimen, sekä laitteen SDRAM -muistin. SDRAM -muisti jaetaan laitteen käytön aikana grafiikkaohjaimen kanssa.

Broadcomin valmistamia järjestelmäpiirejä käytetään myös yleisesti edullisemman segmentin matkapuhelin- ja tablet -laitteissa. Esimerkiksi Samsungin valmistamassa Galaxy Grand Neo -matkapuhelimessa on käytössä sama järjestelmäpiiri kuin Raspberry Pi -kehitysalustassa.



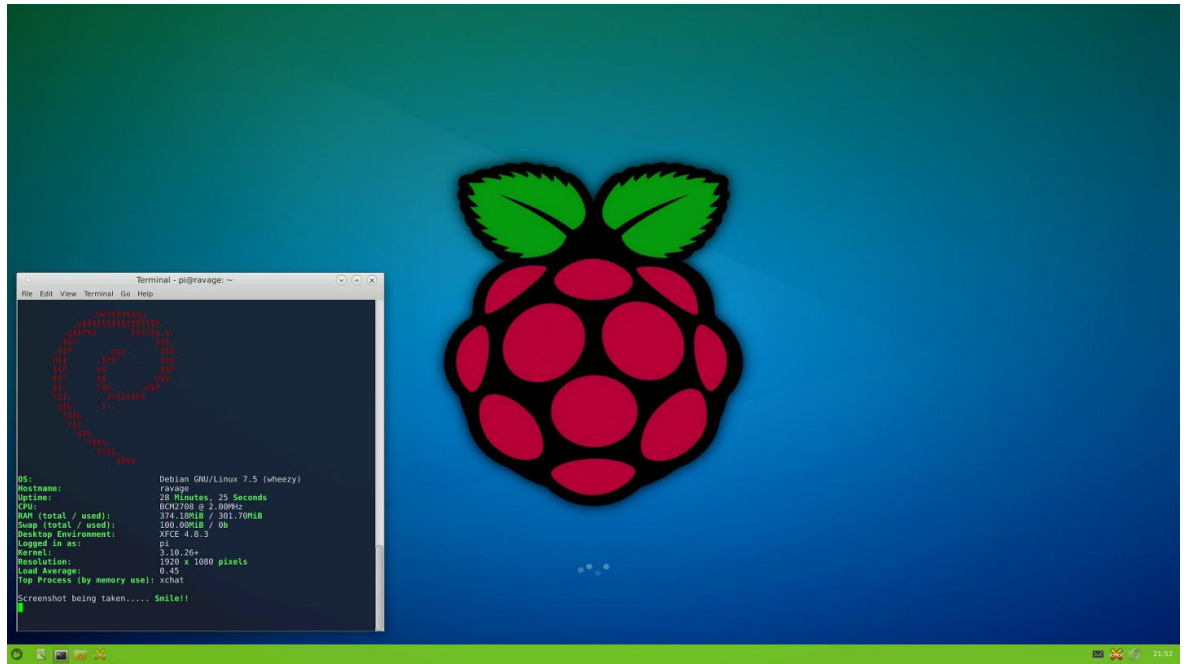
KUVIO 7. Raspberry Pi 2 B ja osoitetut pääkomponentit (Raspberrypi.org 2015)

Suurimmat muutokset kehitysalustan eri versioiden välillä tapahtuu GPIO -liityntöjen lukumäärässä, SDRAM -muistin koossa sekä muiden liityntöjen lukumäärissä. Kehitysalustan A-malli sisältää 256 MB SDRAM -muistia, yhden USB - liittimen, eikä lainkaan verkkoyhteydelle tarkoitettua Ethernet -liitintä. Kehitysalustan B-malli sisältää 512MB SDRAM -muistia, kaksi kappaletta USB -liittimiä, sekä Ethernet - liittimen. Kehitysalustan B+ -malli on teknisesti vastaava, kuin B-malli, mutta USB - liitinten määrä on nostettu neljään kappaleeseen. Raspberry Pi 2 B -mallin osalta suurin muutos on siirtyminen neliytymiseen Broadcom BCM2836 -järjestelmäpiiriin, jossa on sisäänrakennettuna myös 1Gt suuruinen SDRAM -muisti. Raspberry Pi -kehitysalustan eri versioiden tarkemmat tekniset tiedot (LIITE 1) sekä GPIO -liityntöjen tiedot (LIITE 2) ovat saatavilla liitteissä.

3.2 Raspberry Pi -kehitysalustan käyttöjärjestelmät

Raspberry Pi -kehitysalustalle on olemassa kymmeniä avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia Linux -jakeluita. Raspberry Pi -kehitysalustan verkkosivulta veloitusetta ladattavissa olevaan viralliseen NOOBS -käyttöjärjestelmäpakettiin sisältyy kuitenkin ainoastaan Raspbian Debian Wheezy -käyttöjärjestelmä. Käyttöjärjestelmä tallennetaan MMC- tai SD -muistikortille, josta se aina tarvittaessa ajetaan. Avoimeen lähdekoodiin pohjautuvat kotiautomaatiosovellukset asettavatkin omat rajoituksensa Raspberry Pi -kehitysalustaan asennetulle käyttöjärjestelmälle. Käytännössä suurin osa avoimen lähdekoodin kotiautomaatiosovelluksista vaatii, että asennettuna käyttöjärjestelmänä on nimenomaan Raspbian Debian Wheezy.

Raspbian -käyttöjärjestelmä muistuttaa ulkoasultaan peruskäyttäjälle tuttua Microsoftin Windows -käyttöjärjestelmää.



KUVIO 8. Raspbian Debian Wheezy -työpöytä näkymä (LinuxG.net 2014)

Suurin ero Linux -pohjaisessa Raspbian Debian Wheezy -käyttöjärjestelmässä on siihen integroitu tekstipohjainen komentorivi, jonka kautta käyttöjärjestelmään asennetaan kaikki työpöytä -käyttöön tarkoitetut sovellukset.

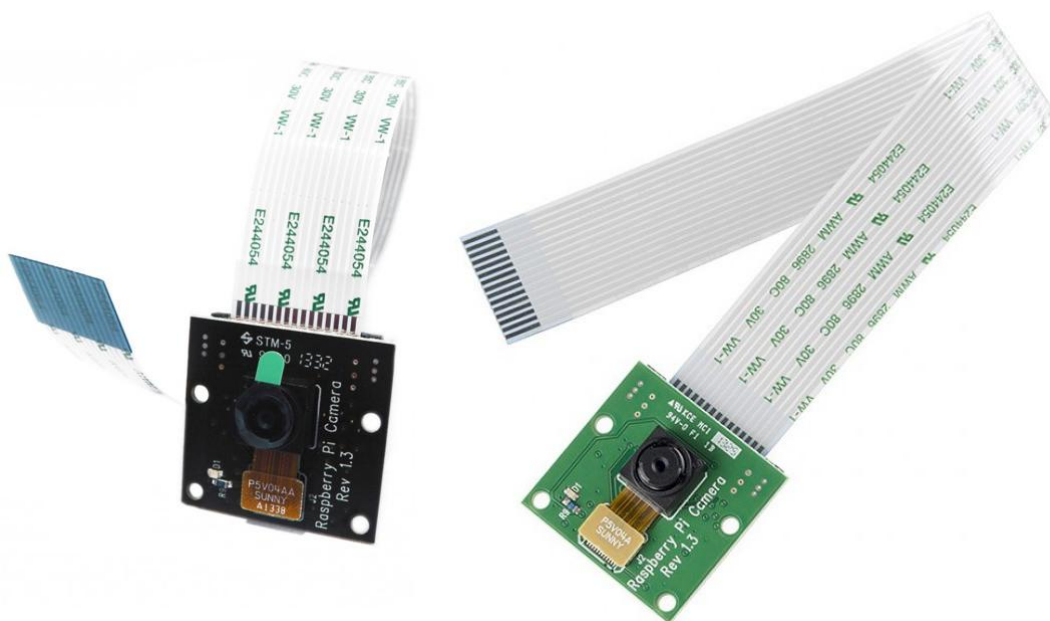
Helmikuussa 2015 Microsoft ilmoitti kehittävänsä Windows 10 -käyttöjärjestelmästä omaa versiotaan Raspberry Pi -kehitysalustalle (The Verge 2015). Luonnollisesti Windows 10 -käyttöjärjestelmään pohjautuvia kotiautomaatiosovelluksia ei vielä ole Raspberry Pi -kehitysalustalle saatavilla, mutta avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia kotiautomaatiosovelluksia on kuitenkin jo tarjolla Windows 10 -käyttöjärjestelmälle. Microsoftin tullessa mukaan markkinoille voidaan perustellusti odottaa, että käyttäjäkunta tulee kasvamaan. Maailmanlaajuisesti tunnetun, suuren valmistajan mukaantulon voi ennakoida lisäävän myös uusien lisälaitevalmistajien tuloa markkinoille.

3.3 Raspberry Pi -kehitysalustan viralliset lisäosat

Raspberry Pi -kehitysalustalle on saatavissa useita virallisia lisäosia, joita voidaan hyödyntää myös kotiautomaatiojärjestelmissä. Kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvausta varten hyödynnettävistä lisämoduuleista esitellään kolme Raspberry Pi Foundationin tuottamaa, virallista lisämoduulia.

3.3.1 PI NoIR Camera ja Camera Module -lisäosat

Useimmissa kotiautomaatiosovelluksissa on käytettävissä reaaliaikainen valvontakamera -ominaisuus, jossa hyödynnetään Raspberry Pi -kehitysalustassa olevaa CSI -liitintä. Raspberry Pi -kehitysalustalle on saatavilla kaksi erilaista kameramoduulia. CSI -liitännäisten kameramoduulien lisäksi laite tukee USB -liitännäisiä webkaineroita. Webkameroiden tarkkuus ja toimintavarmuus varsinkaan yö- tai hämäräkuvauksessa ei kuitenkaan ole riittävä kotiautomaatiolla toteutettavalla kamera- ja kulunvalvonnalle.

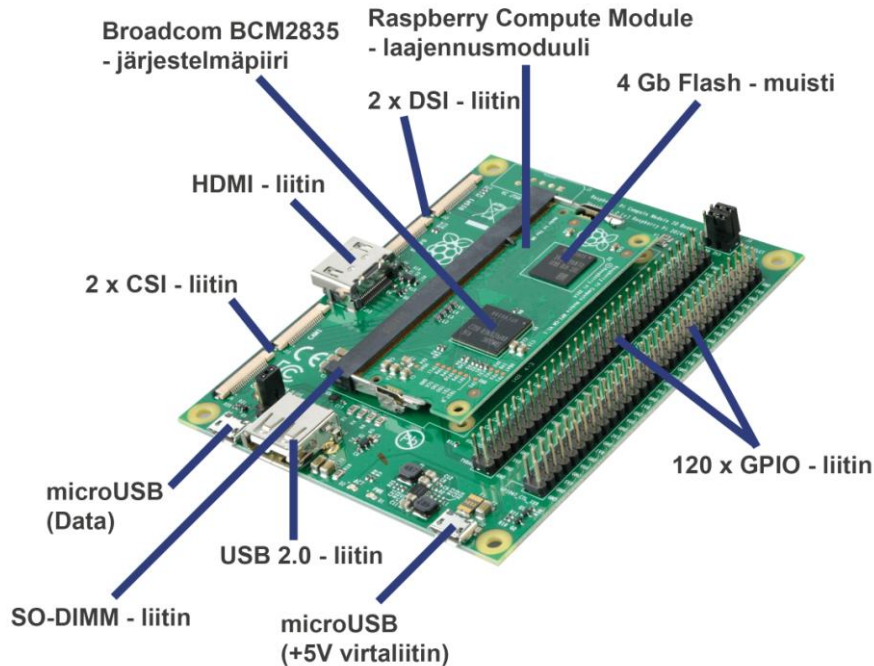


KUVIO 9. PI NoIR -lisäosa vasemmalla ja Camera -lisäosa oikealla

Useimmat Raspberry Pi -kehitysalustalla rakennetuista kotiautomaatiojärjestelmistä käyttävätkin PI NoIR -kameraa yö- ja hämäräkuvaukseen, kun puolestaan päivänvalossa tapahtuvaan kuvaukseen voidaan käyttää USB -liittimeen liitettävää webkameraa. Näin tehdään siksi, ettei Raspberry Pi -kehitysalustassa ole käytettävissä useampaa CSI -liityntäpistettä. Camera Module -lisäosaa voidaan kuitenkin käyttää PI NoIR -kameramoduulin kanssa rinnan käytettäessä Compute Module Development Kit -lisäosaa. Molemmat kamerat tukevat 1080p FullHD -tason videokuvausta sekä 5 megapikselin valokuvausta 2592 x 1944 pikselin tarkkuudella. Lisäksi molemmissa kamera-moduuleissa on tuki intervallikuvaus -videoille. Kameramoduulien tarkemmat tekniset tiedot ovat liitteenä (LIITE 3).

3.3.2 Compute Module Development Kit -lisäosa

Compute Module Development Kit -laajennusmoduuli on alun perin tarkoitettu sovellettavaksi teollisessa käytössä. Laajennusmoduuli kykenee toimimaan omana yksikkönään, eikä vaadi Raspberry Pi -kehitysalustaa rinnalleen. Kotiautomaatiojärjestelmissä laajennusmoduulia käytetään kuitenkin siksi, että se tarjoaa lisää GPIO -liityntöjä, joiden vuoksi laajennusmoduulia käytetään usein myös harrastajien projekteissa.



KUVIO 10. Compute Module Development Kit -lisäosan rakenne
(Reichelt.de 2015)

Compute Module Development Kit -lisäosassa on 120 kappaletta digitaalisia GPIO -liityntöjä, joten se tuo mahdollisuuden liittää huomattavan määrän erilaisia antureita kotiautomaatiojärjestelmään. Tämän lisäksi laajennusmoduuli sisältää oman Broadcomin valmistaman BCM2835 -järjestelmäpiirin, 512MB SDRAM -muistia, yhden USB -portin, HDMI -liittimen sekä 4GB Flash -pohjaisen muistin, joka korvaa erillisen microSD -mallisen muistikortin laajennusmoduulin osalta.

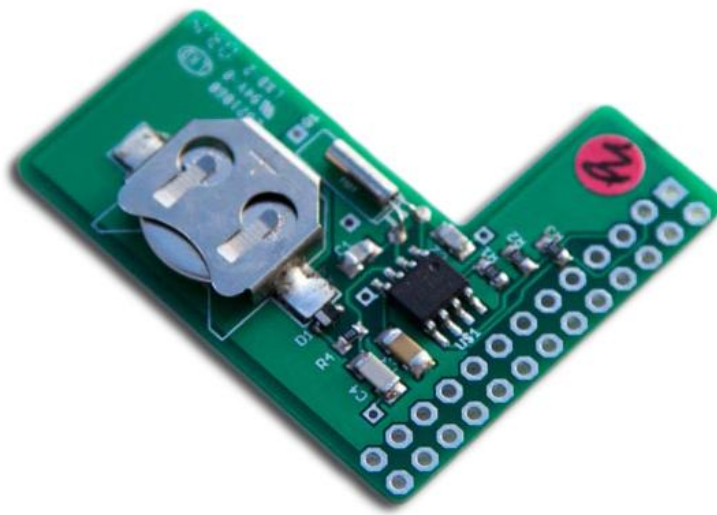
3.4 Käyttäjyhteisön kehittämät lisäosat

Raspberry Pi -kehitysalustan käyttäjyhteisö on aktiivisesti kehittänyt kymmeniä erilaisia lisämoduuleja Raspberry Pi -kehitysalustalle. Kehittäjien joukossa on lukuisia yrityksiä ja yksityishenkilöitä. Useimmat lisämoduuleista on kehitetty, koska niitä ei ole Raspberry Pi Foundationin toimesta tuotu markkinoille.

Lisämoduulien hinnoittelu on yhtenevää Raspberry Pi -kehitysalustan ja virallisten lisäosien kanssa.

3.4.1 Piface SHIM RTC Realtime Clock -lisäosa

Raspberry Pi -kehitysalustat eivät sisällä kustannussyistä lainkaan reaaliaikaista kelloa, jolloin laitteen tulee olla kellonajan sekä päivämäärän synkronoimiseksi yhteydessä ulkoiseen verkkoon aina laitetta käytettäessä.



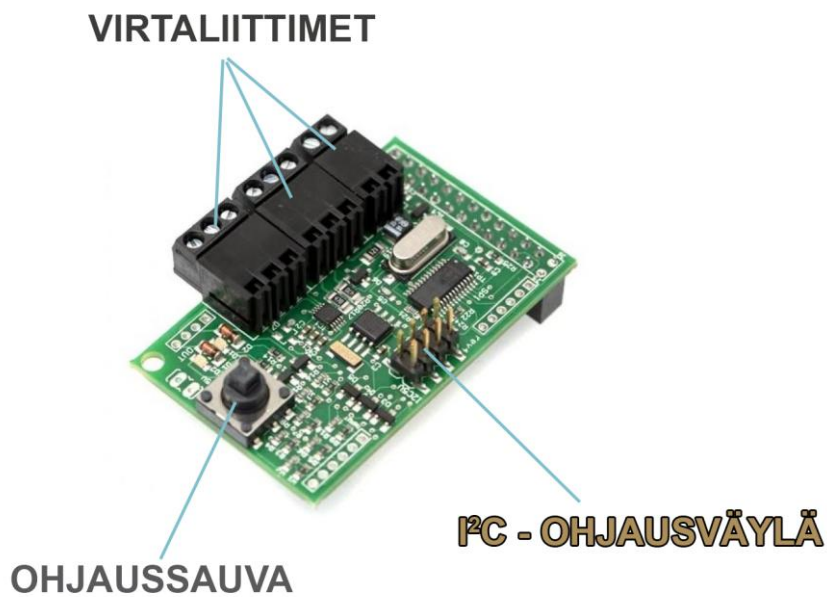
KUVIO 11. Piface SHIM RTC -lisäosa (Element14 2015)

Tämä tietoinen puute Raspberry Pi -kehitysalustassa kotiautomaatiojärjestelmän toteuttamista ajatellen on otettu käyttäjäyhteisön toimesta huomioon, tuottamalla RTC -laajennusmoduuli, jonka avulla kotiautomaatiojärjestelmään kuuluvien laitteiden ei tarvitse olla jatkuvassa ulkoisessa verkkoyhteydessä. Tällöin Raspberry Pi -kehitysalustat voivat operoida lähiverkossa keskenään tietoa

vaihtaan. Laajennusmoduuli liitetään suoraan Raspberry Pi -kehitysalustaan siinä olevien GPIO -liittimien avulla.

3.4.2 RasPi Comm Extension -lisäosa

RasPi Comm Extension -laajennusmoduuli tuo kotiautomaatiojärjestelmään mahdollisuuden käyttää pieniä, enintään viiden voltin askelmoottoreita suoraan Raspberry Pi -kehitysalustalla. Askelmoottorien avulla voidaan ohjata esimerkiksi sälekaihtimia tai sulkea automaattisesti veden tulo kiinteistön lämminvesivaraajalle.

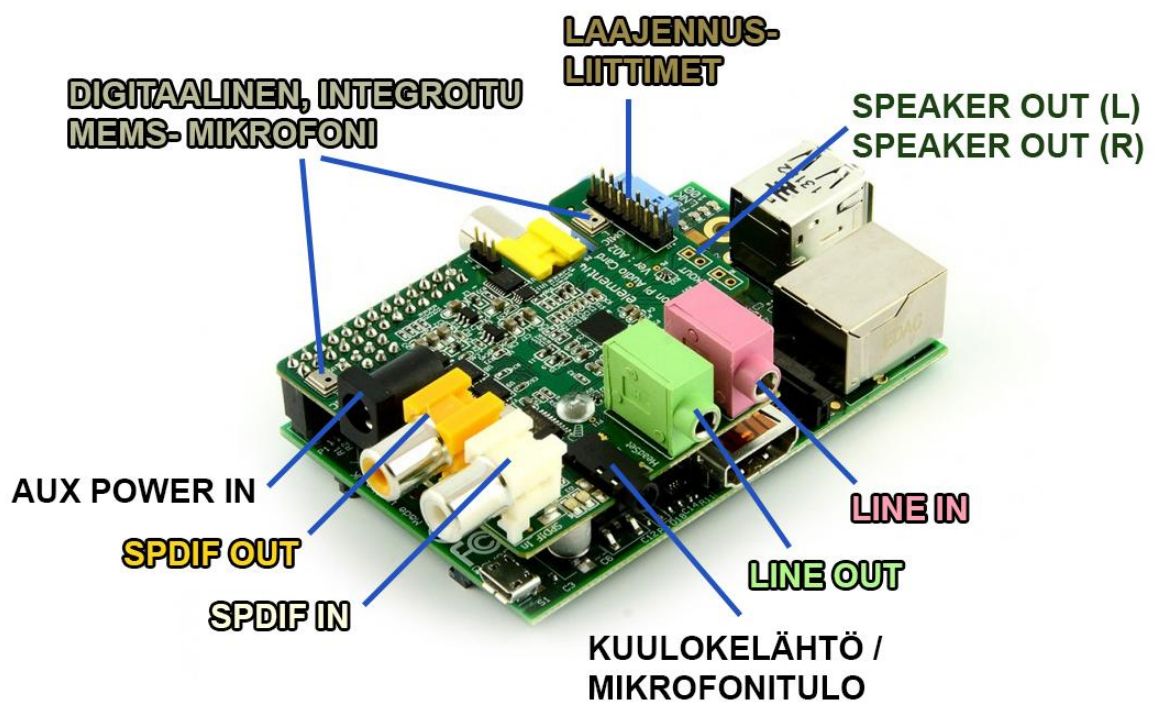


KUVIO 12. RasPi Comm Extension -lisäosan rakenne (Lextronic.fr 2015)

RasPi Comm Extension -lisäosa on varmennettu paristolla, jolloin sähkökatko-tilanteissa voidaan ohjata pieniä +5V askelmoottoreita keskeytyksettä. Lisämoduuli kytketään suoraan Raspberry Pi -kehitysalustan GPIO -liityntään. RaspiComm -lisäosamoduulin tarkemmat tekniset tiedot liitteessä (LIITE 4).

3.4.3 Wolfson Audio Card -lisäosa

Jos kotiautomaatiojärjestelmällä on tarkoitus ohjata usean huoneen käsittävää kaiutinjärjestelmää tai käyttää kotiautomaatiojärjestelmän ohjausyksiköjä äänikomennoilla, on Raspberry Pi -kehitysalustaan liitettävä Wolfsonin valmistama Audio Card -lisäosa. Audio Card -lisäosa on varustettu kahdella, laadukkaalla integroidulla MEMS -mikrofonilla.



KUVIO 13. Wolfson Audio Card kytkettynä Raspberry Pi 2 B -kehitysalustaan (Kiwi Electronics 2015)

Wolfson Audio Card -lisäosa kytketään suoraan Raspberry Pi -kehitysalustaan, siinä olevien GPIO -liittimien avulla. Kotiautomaatiojärjestelmässä laajennusmoduulia voi käyttää ääniohjauksen ja kaiutinjärjestelmän ohjaamisen lisäksi myös läsnäolo -anturina. Wolfson Audio Card -moduulin ominaisuudet liitteessä (LIITE 5).

4 AVOIMEN LÄHDEKOODIN KOTIAUTOMAATIOSOVELLUKSET

Raspberry Pi -kehitysalustaa tukevia, avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia kotiautomaatiosovelluksia on tarjolla kymmenittäin. Osa tarjolla olevista kotiautomaatiosovelluksista keskittyy vain tiettyjen, yksinkertaisten ominaisuuksien, kuten valaistuksen ohjaukseen. Osa sovelluksista tarjoaa puolestaan kehiksen oman automaatiojärjestelmän luomiseen, kuitenkin siten, ettei sovellus sisällä varsinaisia toiminnallisia elementtejä, vaan esimerkiksi tietyn standardin mukaisen kommunikaatioprotokollan. Tällainen kommunikaatioprotokolla on esimerkiksi mainiten, standardoitu KNX, jota käytetään kotiautomaatiossa hyvin yleisesti sen tarjoaman hyvän yhteensopivuuden vuoksi.

Konseptikuvausta varten tutustuin kolmeen, Raspberry Pi -kehitysalustan käyttäjien keskuudessa suosittuun avoimen lähdekoodin kotiautomaatiosovellukseen, niiden ominaisuuksiin ja käyttöön tarkemmin. Valinnassa ehtoina olivat tuki tunnettujen valmistajien tuotteille, aktiivinen käyttäjäyhteisö sekä ohjelman selkeä hallintapaneeli.

4.1 Calaos -kotiautomaatiosovellus

Calaos -kotiautomaatiosovellus on ranskalainen, nykyisin avoimeen lähdekoodiin pohjautuva sovellus, jonka kehityksestä vastasi alun perin samanniminen yhtiö. Kun yhtiö lopetti toimintansa vuoden 2013 aikana, päätettiin sovelluksen lähdekoodi kokonaisuudessaan vapauttaa kaikkien halukkaiden vapaaseen käyttöön. Tämä päätös onkin otettu vastaan suurella mielenkiinnolla ja tällä hetkellä Calaos -kotiautomaatiosovellusta kehittää aktiivinen joukko vapaaehtoisia harrastajia.

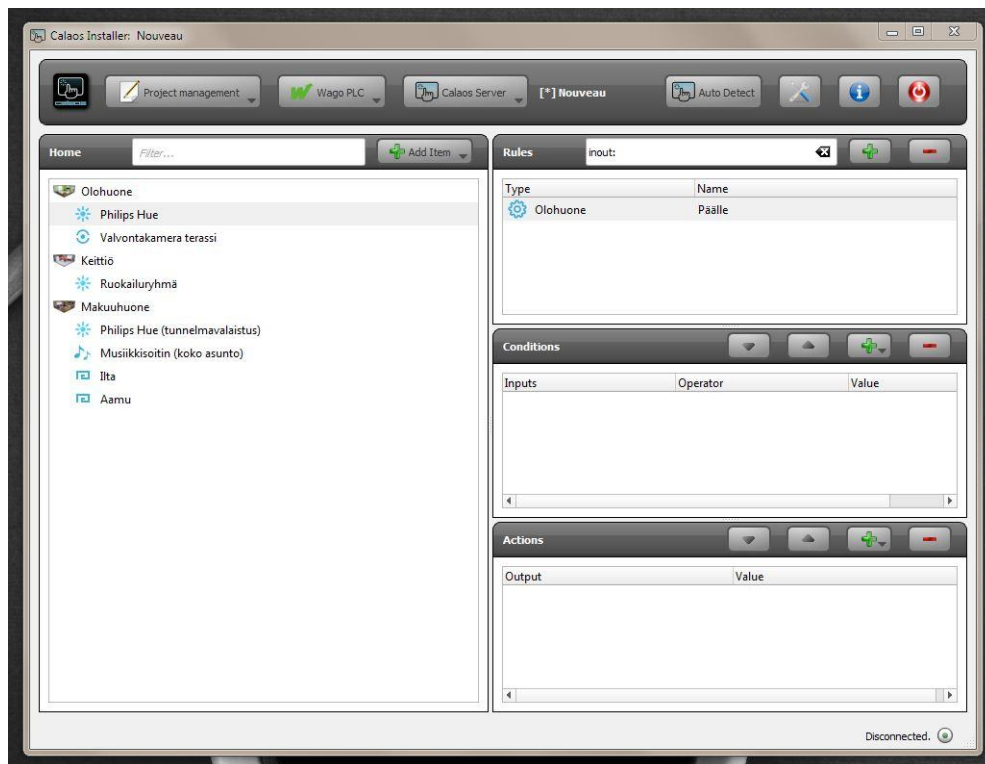


KUVIO 14. Calaos -hallintapaneeli kosketusnäytöllä (Calaos 2013)

Calaos -kotiautomaatiosovelluksen uusin versio v2.0 -kotiautomaatiosovellus kykenee toimimaan Raspberry Pi -kehitysalustassa ilman erillistä asennettua käyttöjärjestelmää. Tämä takaa sovellukselle tasaisen toimintavarmuuden ja paremman yhteensopivuuden Calaos -kotiautomaatiosovelluksen ilmoittamien tuettujen USB -liittimiin liitettyjen laitteiden kanssa.

Calaos -kotiautomaatiosovellus tukee useita yleisimpiä kommunikaatioprotokollia ja siihen on siten helppo integroida eri kommunikaatioprotokollia käyttäviä laitteita. Calaos -kotiautomaatiosovellus on tässä opinnäytetyössä esitetyistä kotiautomaatiosovelluksista selkein ja visuaalisesti näyttävin.

Lisäksi Calaos -kotiautomaatiosovellus on käyttäjälle erittäin helppokäyttöinen. Moduulien lisääminen tapahtuu nimeämällä tila, jonka laitetta ohjataan, ja sen jälkeen valikosta lisätään laite ja laitteen toiminnot. Calaosin asetusten säädön voi suorittaa samassa lähiverkossa toimivalla Windows -käyttöjärjestelmällä varustetulla tietokoneella.



KUVIO 15. Laitteiden lisääminen Calaos v2.0 -versiolla.

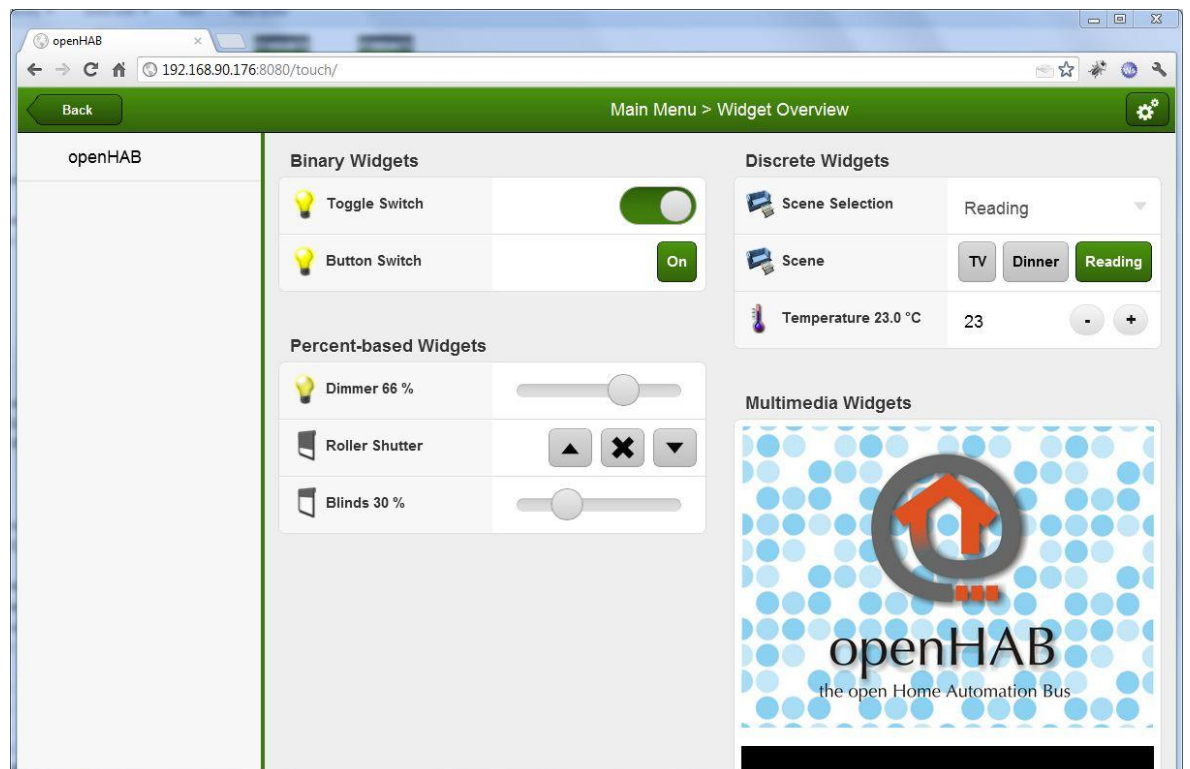
Calaos -sovelluksesta on saatavilla myös erilliset Android- ja iOS -sovellukset, joilla ohjelmaa voi käyttää milloin ja missä tahansa.

4.2 OpenHAB -kotiautomaatio-sovellus

OpenHAB -kotiautomaatio-sovellus on saksalainen, avoimeen lähdekoodiin pohjautuva sovellus, joka on toteutettu käyttämällä Java -ohjelmointikieltä.

OpenHABin asennus Raspberry Pi -kehitysalustaan vaatii asennetun Raspbian Debian Wheezy -käyttöjärjestelmän Raspberry -laitteeseen toimiakseen. Laitteiden lisääminen hallintapaneelissa onnistuu kuitenkin myös samassa lähiverkossa olevalla Windows -käyttöjärjestelmällä varustetulla tietokoneella.

Ohjelmasta on saatavilla lisäksi Android- sekä iOS -sovellus, joilla ohjelmaa voi etäkäyttää mistä tahansa ja milloin tahansa. (Openhab.org 2015)

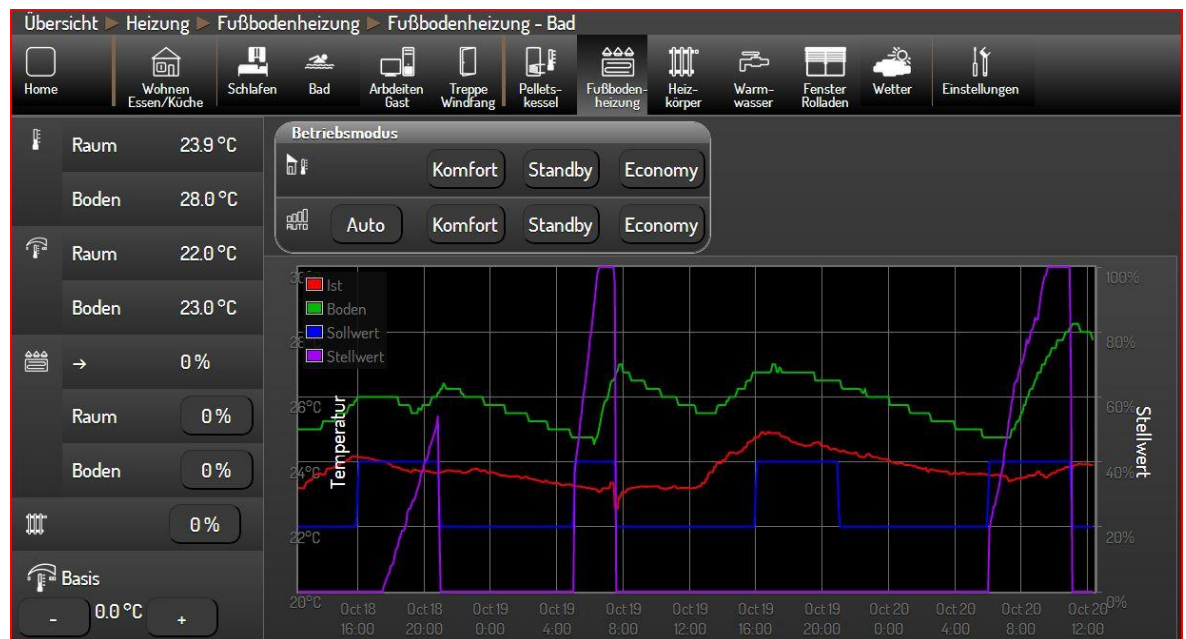


KUVIO 16. OpenHAB -hallintapaneeli selaimella (Openhab.org 2015)

Laitteiden lisääminen ohjelmaan on nopeaa ja yksinkertaista. Valikosta valitaan

tekstipohjaisesta luettelosta laite, joka ollaan lisäämässä ohjattavien laitteiden joukkoon, luodaan komennot valituille laitteille, valitaan tila, jossa laite sijaitsee ja sen jälkeen tallennetaan ne sovellukseen.

Visuaalisesti OpenHAB -kotiautomaatiosovellus on lähes mitään sanomaton, mutta aktiivinen yhteisö on luonut sovellukselle teemoja, joilla sovelluksesta saa kukin käyttäjä itsensä näköisen aina valikkorakennetta myöten.



KUVIO 17. OpenHAB -hallintapaneeli CometVisu temalla varustettuna (Openhab.org 2015)

OpenHAB -kotiautomaatiosovelluksella on verkkosivuillaan tarjottavana erittäin kattava käyttöopas sekä muokkausopas.

4.3 OpenNetHome -kotiautomaatio-sovellus

OpenNetHome on yksi ensimmäisistä Raspberry Pi -kehitysalustalle sovitetuista avoimen lähdekoodin kotiautomaatio-sovelluksista. Kuten aiemmin mainittu OpenHAB -sovellus, vaatii myös OpenNetHome Raspberry Pi -kehitysalustalla käytettäväkseen Raspbian Debian Wheezy -käyttöjärjestelmän.



KUVIO 18. OpenNetHome -hallintapaneeli verkkoselaimella

Sovelluksen vahvuus on visuaalinen näköala tilasta, jossa hallittavat automaatiojärjestelmään kuuluvat laitteet sijaitsevat. Laitteiden lisääminen tapahtuu samalla tavoin, kuin Calaos -sovelluksessa. Lisäksi sovellus osaa luoda automaattisesti koko laitteiston sulkevan virtuaaliset painikkeet. OpenNetHome -sovelluksesta ei ole saatavilla erillistä älypuhelinsovellusta, hallintapaneeli toimii älypuhelimien verkkoselaimella.

5 KOTIAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄN KONSEPTIKUVAUS

Opinnäytetyön yksi päätarkoituksista oli luoda Raspberry Pi -kehitysalustalle avoimen lähdekoodin kotiautomaatiosovelluksen pohjalta toimivan kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvaus. Konseptikuvauksessa ei kuitenkaan huomioida mahdollisia ryhmäkeskukselle tai asennetuille sähkölaitteille tehtäviä muutoksia, vaan se keskittyy täysin pelkkään teoreettiseen konseptikuvaukseen.

Konseptikuvauksessa kotiautomaatiojärjestelmä rakennetaan vuonna 1999 rakennettuun rivitalokaksioon, jonka suuntaa antava pohjapiirros kotiautomaatiojärjestelmän sijoituspisteineen on liitteenä (LIITE 6).

Kotiautomaatiojärjestelmän konseptikuvauksessa laitteet kommunikoivat keskenään langattomasti WLAN -verkon kautta, omassa lähiverkossaan virtuaalipalvelimen avulla, ainoastaan laitteiston pääkeskus on jatkuvassa yhteydessä ulkoiseen verkkoon. Jatkuva ulkoiseen verkkoon vaadittava yhteyden tarve poistetaan kolmen alakeskukseen osalta käyttämällä RTC -laajennusmoduulilla.

5.1 Laitteisto

Konsepti muodostuu neljän Raspberry Pi -kehitysalustan muodostamasta kotiautomaatiojärjestelmästä, jonka ohjaussovellukseksi valittiin luvussa 4.1 aiemmin esitelty Calaos -kotiautomaatiosovellus, sen modernin ulkoasun sekä helppokäyttöisyyden vuoksi.

Kotiautomaatiojärjestelmän pääkeskukseksi valittiin Raspberry Pi 2 B -tietokone, sen korkeamman suorituskyvyn, sekä laajemman liitettävyyden vuoksi.

Kotiautomaatiojärjestelmän alakeskuksiksi valittiin Raspberry Pi B+ -tietokoneet, Raspberry Pi A, A+ sekä B -mallia korkeamman suorituskyvyn sekä paremman liitettävyyden, mutta Raspberry Pi 2 B -tietokonetta hieman edullisempien hankintakustannusten vuoksi.

Pääkeskus sijoitetaan konseptikiinteistössä keskeiselle paikalle olohuoneeseen, normaalista kotiautomaatiojärjestelmästä poiketen. Näin tehdään, koska konseptilaitteistolle ei ole kiinteistössä käytettävissä erillistä huoneistokohtaista teknistä tilaa. Kaikki lähiverkossa sijaitsevat alakeskukset ovat suorassa yhteydessä pääkeskukseen, joka lähettää ilmoitukset tilanteista käyttäjän älypuhelimien erillissovellukseen ja ennalta määritettyyn sähköpostiin.

Kaikki laitteiston muodostavat Raspberry Pi -tietokoneet sisältävät perusominaisuutena pistorasioiden virransyötön ohjauksen sekä valaistuksen ohjauksen erilaisten valaistustilanteiden muodossa. Pistorasioiden virransyöttö voidaan sulkea osittain tai kokonaan automaattisesti kotona/poissa -tilan mukaisesti tai käyttäjän toimesta ohjaussovellusta käyttäen.

Kotiautomaatiojärjestelmän pistorasiaohjaukset toteutetaan Mumbin valmistamien kauko-ohjattujen pistorasioiden avulla, joita ohjataan langattomasti 433 MHz taajuudella Raspberry Pi -tietokoneilla.

Valaistuksen ohjaus ilman erillisiä lisäkytkentöjä onnistuu käyttämällä esimerkiksi Philips Hue -sarjan älyvalaisimia, tällöin Philips Hue -valaisimet paritetaan käy-tössä olevalle kotiautomaatiosovellukselle, jolloin niiden ohjaaminen onnistuu

esimerkiksi älypuhelimella. Valaistuksen osalta luodaan myös erilaiset valaistusprofiilit tilanteille, kuten yleis-, työpiste-, kohde- ja tunnelmavalistus. Näiden lisäksi konseptilaitteistoon sisällytetään mahdollisuus yö-, kulku-, turva- ja sisustusvalaistukseen. Philips Hue -valaisimet ohjautuvat myös 433 MHz taajuudella. Kaikki laitteiston Raspberry Pi -tietokoneet sisältävät myös lämpötila -anturit, joiden avulla laitteisto kerää tietokantaa lämpötilan vaihtelusta konseptihuoneistossa ja ulkotiloissa.

Pääkeskuksen CSI -liityntään liitetään Pi NoIR -kameramoduuli, jolla voidaan reaaliaikaisesti tarkkailla kiinteistön takaterassin ovea. Hälytysominaisuus tuodaan järjestelmään käyttämällä liikkeentunnistinta sekä GPIO -liityntään liitettyä Wolfson Audio Card -laajennusmoduulia. Laajennusmoduulien avulla kiinteistön läsnäoloa voidaan valvoa reaaliaikaisesti. Pi NoIR -moduulin ominaisuuksien vuoksi pääkeskukseen liitetään myös USB -verkkokamera valvontakameraksi.

Makuuhuoneeseen sijoitetaan alakeskuksena toimiva Raspberry Pi B+ -tietokone, jonka toiminta-alue rajoittuu makuuhuoneen sekä eteisen alueille. Alakeskus ohjaa makuuhuoneen sekä eteisen valaistusta erilaisten valaistustilojen muodossa yhdessä laitteeseen liitetyn liikkeentunnistimen avulla. Tällöin järjestelmä sytyttää esimerkiksi määriteltyyn yö - aikaan himmeät kulkuvalot molempien huoneiden alueille. Alakeskukseen on liitetty myös sälekaihtimien ohjaamista varten pieni askelmoottori, joka on kytketty RasPi Comm Extension -laajennusmoduuliin. Askelmoottorin avulla sälekaihtimet sulkeutuvat automaattisesti kotona/poissa -toiminnon mukaisesti esimerkiksi silloin, kun kiinteistössä ei olla paikalla.

Keittiöön sijoitetaan alakeskuksena toimiva Raspberry Pi B+ -tietokone, jonka toiminta-alue rajoittuu pelkästään kiinteistön keittiön alueelle. Laitteeseen liitetään perusominaisuuksien lisäksi myös kosteusanturi, joka sijoitetaan astianpesu-

koneen alle. Anturi lähettää hälytyksen, jos se havaitsee muutoksia tilan kosteustasossa.

Tuulikaappiin sijoitetaan alakeskuksena toimiva Raspberry Pi B+ -tietokone, jonka toiminta-alue rajoittuu eteisen, etuterassin sekä tuulikaapin toimintojen ohjaamiseen. Tuulikaapin Raspberry Pi -tietokoneen CSI -liityntään liitetään Pi NoIR -kameramoduuli, jolla voidaan reaaliaikaisesti tarkkailla kiinteistön etu-ovea sekä terassia. Hälytysominaisuus tuodaan järjestelmään käyttämällä liikkeentunnistinta sekä GPIO -liityntään liitettyä Wolfson Audio Card -laajennusmoduulia. Laajennusmoduulien avulla kiinteistön läsnäoloa voidaan valvoa reaaliaikaisesti. Pi NoIR -moduulin ominaisuuksien vuoksi alakeskukseen liitetään myös tavallinen USB -verkkokamera valvontakameraksi.

Tuulikaappiin sijoitetussa alakeskuksessa käytetään myös NFC -lukijalaitetta, jolla voidaan luoda automaattisesti kotona/poissa -tilanteelle omat toimintaohjeet esimerkiksi pistorasioiden virransyötön ja valaistuksen suhteen. Lukijalaite lukee NFC -sirun, jolle on ennalta määritelty ohjaustieto, laitteiston kanssa voidaan käyttää esimerkiksi puhelimen NFC -sirua tai käyttää irrallisia NFC -tarroja esimerkiksi avainnipussa. NFC -sirun tuomat käyttömahdollisuudet ovat lähes rajattomat, sirun avulla voidaan luoda esimerkiksi automaattisesti aktivoitua kotona/poissa -tilanne, joka sisältää toimintaohjeet esimerkiksi valaistuksen suhteen. Kotiin tullessa NFC -siru tai -tarra lähettää komennon alakeskukselle, joka sytyttää eteiseen kulkuvalaistuksen. Kotona/poissa -ominaisuuden vuoksi alakeskukseen sijoitetaan punainen, merkkivalona toimiva, LED -valaisin, jolla ilmaistaan kummassa tilassa laite on.

Laitteiston hallinta tapahtuu Calaos -kotiautomaatiosovelluksen kautta tietokoneen verkkoselaimella tai älypuhelimille saatavilla olevalla erillisellä sovel-

luksella. Konseptilaitteiston komponenttiluettelo hankintakustannuksineen on liitteenä (LIITE 7).

5.2 Konseptin laajennettavuus

Konseptilaitteisto luotiin ajatuksella, että sitä voidaan tarvittaessa laajentaa saatavilla olevilla moduuleilla ja komponenteilla. Laajentamisen tulee olla helppoa ja käyttäjälle vaivatonta. Modulaarinen rakenne takaa sen, että laitteistoon voi lisätä mitä tahansa standardia kommunikaatioprotokollaa käyttäviä laitteita. Jos käyttäjä haluaa lisätä esimerkiksi kameraominaisuuden ja ulkovalojen automaattisen syyttymisen, laitteistoon tarvittavat lisäykset on toteutettavissa ja lisättävissä sovellukseen helposti ilman varsinaista sähköalan asiantuntijuutta tai pelkoa sähköiskun vaarasta. Modulaarisuudella tarkoitetaan konseptikuvauksessa sitä, että Raspberry Pi -laitteiden muodostamaan verkkoon on mahdollista lisätä myöhemmin uusia Raspberry Pi -laitteita ja myös pelkästään erilaisia antureita tai laajennusmoduuleja.

Laitteiston toiminnallisuutta on mahdollista laajentaa esimerkiksi SIM -korttimoduulilla, jolloin laite toimii myös mahdollisten kiinteän verkon verkkohäiriöiden aikana. Laitteistoa voidaan laajentaa myös Raspberry Pi -tietokoneen DSI -liityntään liitettävän kosketus- tai perinteisen TFT -näytön avulla. Tällöin laitteen hallinta voidaan hoitaa suoraan itse laitteesta, ilman erillistä tietokonetta tai älypuhelinta.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön edetessä kävi yhä selvemmäksi, kuinka paljon Raspberry Pi -kehitysalustalla toteutetulla kotiautomaatiojärjestelmällä on teoreettista potentiaalia.

Järjestelmä on edullisempi, jälkiasennettava vaihtoehto kaupallisille, suurten toimijoiden kotiautomaatiojärjestelmille. Valitettavasti Raspberry Pi -tietokoneen rakenne ei kuitenkaan mahdollista täysin samoja ominaisuuksia kotiautomaatiojärjestelmän keskushermostona kuin suurten valmistajien vastaavat ohjausjärjestelmät. Suurten valmistajien kotiautomaatiojärjestelmien pääkeskukset sijoitetaan useimmiten ryhmäkeskukseen tai kiinteistön pääkeskukseen.

Raspberry Pi -tietokoneen potentiaali kevyenä kodinohjausjärjestelmänä perustuu laitteen pieneen virrankulutukseen, laitteiston alhaisiin hankintakustannuksiin ja jatkuvasti kehittyvään tarjontaan avoimeen lähdekoodiin pohjautuvien kodinohjausjärjestelmien saralla. Kustannuksia voidaan pienentää huoneiston kiinteällä kaapeloinnilla, jolloin voidaan esimerkiksi pudottaa alakeskusten lukumäärää. Tämän lisäksi kotiautomaatiojärjestelmän komponenteiksi voidaan valita edullisempia ohjattavia laitteita.

Konseptilaitteiston markkinointi asiakkaille jälkiasennettavana kotiautomaatiojärjestelmänä tulee kysymykseen silloin, jos käytössä oleva ohjausjärjestelmäsovellus on lokalisoitu suomenkielelle ja silloin, kun modulaarisuus toteutuu saumattomasti koko laitteiston osalta. Konseptia kehittämällä laitteistosta voidaan luoda kuluttajille tarjottava muokattava, edullinen kotiautomaatiojärjestelmä.

Konseptilaitteistoon ei kustannussyistä liitetty Compute Module Development Kit -laajennusmoduulia, vaikka se olisikin tarjonnut mahdollisuuden useampien

lisäkomponenttien liittämiseksi. Kaupallistetussa tuotteessa laajennusmoduuli olisi kuitenkin lähes välttämätön.

Vaikka aihe oli hieman entuudestaan tuttu, niin opinnäytetyötä tehdessäni opin paljon uutta Raspberryn tuomista mahdollisuuksista kotiautomaation saralla. Työn tekeminen oli haastavaa, koska saatavilla ei ole varsinaista Raspberry-kehitysalustalla rakennettuun kotiautomaatioon liittyvää kirjallisuutta, mutta toisaalta verkon kautta löytyy paljon asiaa, tietoa ja kokemuksia. Valitettavan iso osa näistä lähteistä on englanninkielisiä, mikä toi lisää haastetta löytää juuri oikea tieto opinnäytetyötäni varten.

Oma tietämys lisääntyi kuitenkin työn aikana niin paljon, että olen jo tilannut oman aloituslaitteiston konseptikuvauksen kaltaisen laitteiston rakentamiseen. Näin saan mahdollisuuden kokeilla opittua teoriaa käytännössä ja pienenä toiveena tulevaisuuden osalta olisi pystyä perehtymään asiaan niin paljon, että voisin hyödyntää taitoja tarjoamalla avoimen lähdekoodin pohjalta itse muokattua kotiautomaatiojärjestelmää kuluttajille oman yritykseni kautta.

LÄHTEET

ABB, WWW-dokumentti. Saatavissa:

http://installationmaterials.com/catalog/16426/product/25178/6138/11-83-500_ENG1.html . Luettu 06.03.2015.

Calaos, WWW - dokumentti. Saatavissa: <http://www.calaos.fr/en/> .

Luettu 13.01.2015.

Cook, Mike & McManus Sean 2014. Raspberry Pi for Dummies, 2nd Edition. New Jersey: John Wiley & Sons

CSI spesifikaatiot, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://mipi.org/specifications/camera-interface> . Luettu 23.3.2015.

Element14, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.element14.com/community/docs/DOC-68907/1/shim-rtc-realtime-clock-accessory-board-for-raspberry-pi> . Luettu: 03.02.2015.

Flickr, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.flickr.com/photos/57310638@N07/9776532633/> . Luettu 27.01.2015.

Halfacree, Gareth & Upton, Eben 2012. Raspberry Pi User Guide.

Iso-Britannia: John Wiley & Sons Ltd

Kiwi Electronics, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.kiwi-electronics.nl/wolfson-pi-audio-card-voor-raspberry-pi> . Luettu 22.1.2015.

Kontio, WWW-dokumentti. Saatavissa:

http://www.kontio.fi/fin/Hirsitalot/Taloesitteet/Mestarimallisto/hirsitalo_.647.m201.i18113.html . Luettu 23.2.2015.

Laskentamoduuli, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.raspberrypi.org/products/compute-module-development-kit/> . Luettu 06.03.2015.

Lextronic.fr, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.lextronic.fr/P29893-module-dextension-raspicomm.html> . Luettu 06.03.2015.

LinuxG, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://linuxg.net/how-to-properly-remove-lxde-and-install-xfce-on-raspbian-debian-for-raspberry-pi/> . Luettu 07.01.2015.

OpenHAB, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.openhab.org/index.html> . Luettu 03.01.2015.

OpenNetHome, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://opennethome.org/features/> . Luettu 07.01.2015.

PI NOIR Kameramoduuli, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.raspberrypi.org/products/pi-noir-camera/> . Luettu 03.02.2015

PiHome, WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://pihome.harkemedia.de/> .

Luettu 13.12.2014

Raspberry hardware history, WWW-dokumentti. Saatavissa:

http://elinux.org/RPi_HardwareHistory . Luettu 13.12.2014

Raspberry Pi Camera Module, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.raspberrypi.org/products/camera-module/> . Luettu 03.02.2015

Raspberry Pi Prototype, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.raspberrypi.org/raspberry-pi-2006-edition/> . Luettu 11.03.2015

Raspberry Pi, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/> . Luettu 05.12.2014

Reichelt.de, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.reichelt.de/Einplatinen-Computer/RASP-COMPUTE/3/index.html?ACTION=3&GROUPID=6666&ARTICLE=145623&OFFSEET=16&SID=12VLpOP38AAAIAABFZ6XUa750cf0d36fc5ab5499cb134317c6b55&LANGUAGE=EN> . Luettu 17.01.2015

SlashGear, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.slashgear.com/raspicomm-extension-board-adds-new-features-to-the-cheap-raspberry-pi-27275462/> . Luettu 03.02.2015

The Verge, WWW-dokumentti. Saatavissa:

<http://www.theverge.com/2015/2/2/7962179/raspberry-pi-windows-10> .

Luettu 20.03.2015

Yess-fr, WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.yess-fr.com/c1000630/appareillage-et-installation/systeme-domotique-chauffage.php?c=1031434> . Luettu 22.03.2015.

LIITTEET

LIITE 1/1	Raspberry Pi A -kehitysalusta, tekniset tiedot
LIITE 1/2	Raspberry Pi A+ -kehitysalusta, tekniset tiedot
LIITE 1/3	Raspberry Pi B -kehitysalusta, tekniset tiedot
LIITE 1/4	Raspberry Pi B+ -kehitysalusta, tekniset tiedot
LIITE 1/5	Raspberry Pi 2 B -kehitysalusta, tekniset tiedot
LIITE 2	Raspberry Pi -kehitysalustan GPIO -liitynnät
LIITE 3/1	Raspberry Pi NoIR -kamera, tekniset tiedot
LIITE 3/2	Raspberry Camera Module -kamera, tekniset tiedot
LIITE 4	RasPi Comm Extension -lisäosa, tekniset tiedot
LIITE 5	Wolfson Audio Card -lisäosa, tekniset tiedot
LIITE 6	Konseptilaitteiston sijoituspisteet, pohjapiirros
LIITE 7	Konseptilaitteiston komponentit kustannustietoineen



Raspberry Pi



MODEL A

Product Name Raspberry Pi Model A

Product Description The Raspberry Pi is a small, powerful and lightweight ARM based computer which can do many of the things a desktop PC can do. The powerful graphics capabilities and HDMI video output make it ideal for multimedia applications such as media centres and narrowcasting solutions. The Raspberry Pi is based on a Broadcom BCM2835 chip. It does not feature a built-in hard disk or solid-state drive, instead relying on an SD card for booting and long-term storage.

RS Part Number 756-8317

Specifications

Chip Broadcom BCM2835 SoC (a)
Core architecture ARM11
CPU 700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor
 Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode
 Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure

Memory 256MB SDRAM

Operating System Boots from SD card, running a version of the Linux operating system

Dimensions 85.6 x 53.98 x 17mm

Power Micro USB socket 5V, 1.2A (l)

Connectors:

Ethernet Not populated (b)

Video Output HDMI (rev 1.3 & 1.4) (c); Composite RCA (PAL and NTSC) (d)

Audio Output 3.5mm jack (e), HDMI

USB 2.0 Single USB Connector (f)

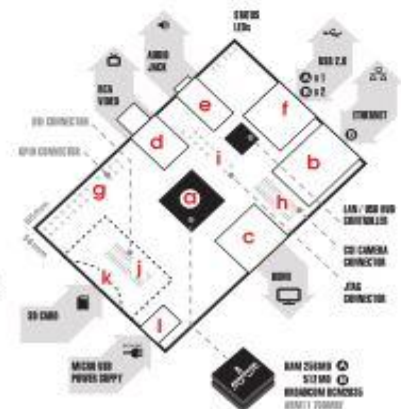
GPIO Connector 26-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x13 strip. Providing 8 GPIO pins plus access to PC, SPI and UART as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines (g)

Camera Connector 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) (h)

JTAG Not populated (i)

Display Connector Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane (j)

Memory Card Slot SDIO (k)





Raspberry Pi



MODEL A+

Product Name Raspberry Pi Model A+

Product Description The Raspberry Pi model A+ features lower power consumption, better audio performance and a 40-pin GPIO connector in an even smaller package.

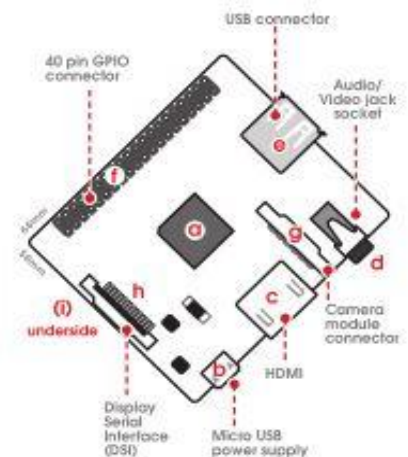
RS Part Number 833-2699

Specifications

Chip	Broadcom BCM2835 (a)
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV@ Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	256MB SDRAM
Operating System	Boots from micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	66 x 56 x 14mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A (b)

Connectors:

Digital AV Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) (c)
Analogue AV Output	3.5mm jack (d), Stereo audio, Composite video (PAL, NTSC)
USB	USB 2.0 Connector (e)
GPIO Connector	40-pin 0.1in header compatible with Model A/B 26-pin add-on boards (f)
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) (g)
Display Connector	15-pin Display Serial Interface (DSI) (h)
Memory Card Slot	Micro SD (i)





Raspberry Pi



MODEL B

Product Name Raspberry Pi Model B

Product Description The Raspberry Pi is a small, powerful and lightweight ARM based computer which can do many of the things a desktop PC can do. The powerful graphics capabilities and HDMI video output make it ideal for multimedia applications such as media centres and narrowcasting solutions. The Raspberry Pi is based on a Broadcom BCM2835 chip. It does not feature a built-in hard disk or solid-state drive, instead relying on an SD card for booting and long-term storage.

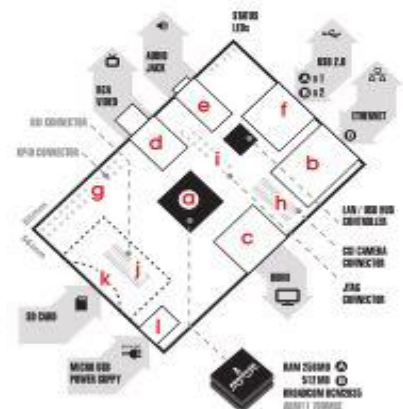
RS Part Number 756-8308

Specifications

Chip	Broadcom BCM2835 SoC (a)
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	512MB SDRAM
Operating System	Boots from SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85.6 x 53.98 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 1.2A (l)

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket (b)
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) (c); Composite RCA (PAL and NTSC) (d)
Audio Output	3.5mm jack (e), HDMI
USB 2.0	Dual USB Connector (f)
GPIO Connector	26-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x13 strip. Providing 8 GPIO pins plus access to I ² C, SPI and UART as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines (g)
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) (h)
JTAG	Not populated (i)
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane (j)
Memory Card Slot	SDIO (k)





Raspberry Pi



MODEL B+

Product Name Raspberry Pi Model B+

Product Description The Raspberry Pi Model B+ incorporates a number of enhancements and new features. Improved power consumption, increased connectivity and greater IO are among the improvements to this powerful, small and lightweight ARM based computer.

RS Part Number 811-1284

Specifications

Chip	Broadcom BCM2835 SoC
Core architecture	ARM11
CPU	700 MHz Low Power ARM1176JZFS Applications Processor
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	512MB SDRAM
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	3.5mm Jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO



Raspberry Pi



Raspberry Pi 2, Model B

• suorakulmion muotoinen leike

Product Name Raspberry Pi 2, Model B

Product Description The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.

RS Part Number 832-6274

Specifications

Chip	Broadcom BCM2836 SoC
Core architecture	Quad-core ARM Cortex-A7
CPU	900 MHz
GPU	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
Memory	1GB LPDDR2
Operating System	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
Dimensions	85 x 56 x 17mm
Power	Micro USB socket 5V, 2A

Connectors:

Ethernet	10/100 BaseT Ethernet socket
Video Output	HDMI (rev 1.3 & 1.4) Composite RCA (PAL and NTSC)
Audio Output	3.5mm Jack, HDMI
USB	4 x USB 2.0 Connector
GPIO Connector	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
Camera Connector	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
JTAG	Not populated
Display Connector	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
Memory Card Slot	Micro SDIO

GPIO - LIITYNNÄT

Raspberry Pi A/B

3.3V	1	2	5V
GPIO0	3	4	5V
GPIO1	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO21	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7

SELITE

Power +	UART
GND	SPI
I ² C	GPIO

Raspberry Pi B+ / 2B

3.3V	1	2	5V
GPIO2	3	4	5V
GPIO3	5	6	GND
GPIO4	7	8	GPIO14
GND	9	10	GPIO15
GPIO17	11	12	GPIO18
GPIO27	13	14	GND
GPIO22	15	16	GPIO23
3.3V	17	18	GPIO24
GPIO10	19	20	GND
GPIO9	21	22	GPIO25
GPIO11	23	24	GPIO8
GND	25	26	GPIO7
DNC	27	28	DNC
GPIO5	29	30	GND
GPIO6	31	32	GPIO12
GPIO13	33	34	GND
GPIO19	35	36	GPIO16
GPIO26	37	38	GPIO20
GND	39	40	GPIO21



Raspberry Pi



Pi NoIR

Product Name	Pi NoIR - Raspberry Pi Infrared Camera Module
Product Description	Featuring the same 5 megapixel image sensor as the standard Raspberry Pi camera with the infrared cut-off filter removed to increase IR light sensitivity. The Pi NoIR is compatible with Raspberry Pi model A & model B and provides high definition, high sensitivity, low crosstalk and low noise image capture in an ultra small and lightweight design. The camera module connects to the Raspberry Pi board via the CSI connector which is capable of extremely high data rates and it exclusively carries pixel data to the BCM2835 processor.
RS Part Number	790-2811
Specifications	
Image Sensor	Omnivision 5647 CMOS image sensor in a fixed-focus module with IR blocking filter removed
Resolution	5-megapixel
Still picture resolution	2592 x 1944
Max image transfer rate	1080p: 30fps (encode and decode) 720p: 60fps
Connection to Raspberry Pi	15 Pin ribbon cable, to the dedicated 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Image control functions	Automatic exposure control Automatic white balance Automatic band filter Automatic 50/60 Hz luminance detection Automatic black level calibration
Temp range	Operating: -30° to 70° Stable image: 0° to 50°
Lens size	1/4"
Dimensions	20 x 25 x 10mm
Weight	3g
Note	The Pi NoIR camera is sensitive to short-wavelength IR radiation (around 880nm) and requires IR illumination to see in the dark.



Raspberry Pi



CAMERA MODULE

Product Name	Raspberry Pi Camera Module
Product Description	High definition camera module compatible with the Raspberry Pi model A and model B. Provides high sensitivity, low crosstalk and low noise image capture in an ultra small and lightweight design. The camera module connects to the Raspberry Pi board via the CSI connector designed specifically for interfacing to cameras. The CSI bus is capable of extremely high data rates, and it exclusively carries pixel data to the BCM2835 processor.
RS Part Number	775-7731
Specifications	
Image Sensor	Omnivision 5647 CMOS image sensor in a fixed-focus module with integral IR filter
Resolution	5-megapixel
Still picture resolution	2592 x 1944
Max image transfer rate	1080p: 30fps (encode and decode) 720p: 60fps
Connection to Raspberry Pi	15 Pin ribbon cable, to the dedicated 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
Image control functions	Automatic exposure control Automatic white balance Automatic band filter Automatic 50/60 Hz luminance detection Automatic black level calibration
Temp range	Operating: -30° to 70° Stable Image: 0° to 50°
Lens size	1/4"
Dimensions	20 x 25 x 10mm
Weight	3g

RASPI COMM

Main Features

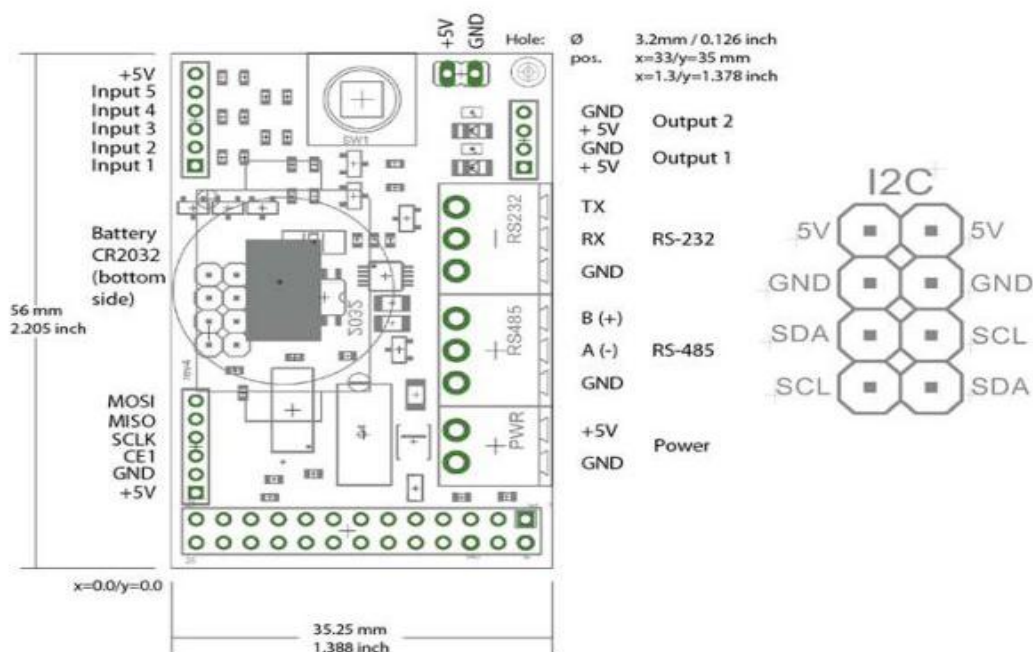
- **RS-485 port** – for control over stepper motors, etc.
- **RS-232 port** – connect to serial port devices like a modem or your PC
- **I2C connector** – directly connect a display or sensors
- **real-time clock with battery backup**
- **5-way joystick**
- piggyback mounting – no cables or additional space required
- driver support and sample applications code
- fully assembled including the backup-battery

1. Technical Specifications

Size: 35,2 x 56mm

- **RS-485**
 - up to 230.400 baud
 - pluggable screw terminal connector (A, B, GND)
- **RS-232**
 - No hardware handshake
 - up to 115.200 baud
 - pluggable screw terminal connector (RX, TX, GND)
- **Real Time Clock**
 - CR2032 RTC backup battery included
 - powers the clock for approximately 10 years
- **5 Inputs**
 - connected to onboard joystick (4 way + push)
 - 5V tolerant
 - 2mm pitch external connector, not populated
- **2 Outputs**
 - 5V, 100mA max. each
 - 5V relays can be connected without additional circuitry due to onboard protection diodes
 - 2mm pitch connector, not populated
- **SPI Connector**
 - 2mm pitch connector, not populated
- **2 I2C Connectors**
- **Power Connector**
 - pluggable screw terminal connector (+, -)
 - either powers the Raspberry Pi and RasPiComm (5V, 1.5A max)
 - or is a power output when powered over USB
- **RasPiComm Power Consumption**
 - max . 10mA (outputs off)
 - max. 210mA (outputs on and maximum rating drawn)

2. Technical Drawing

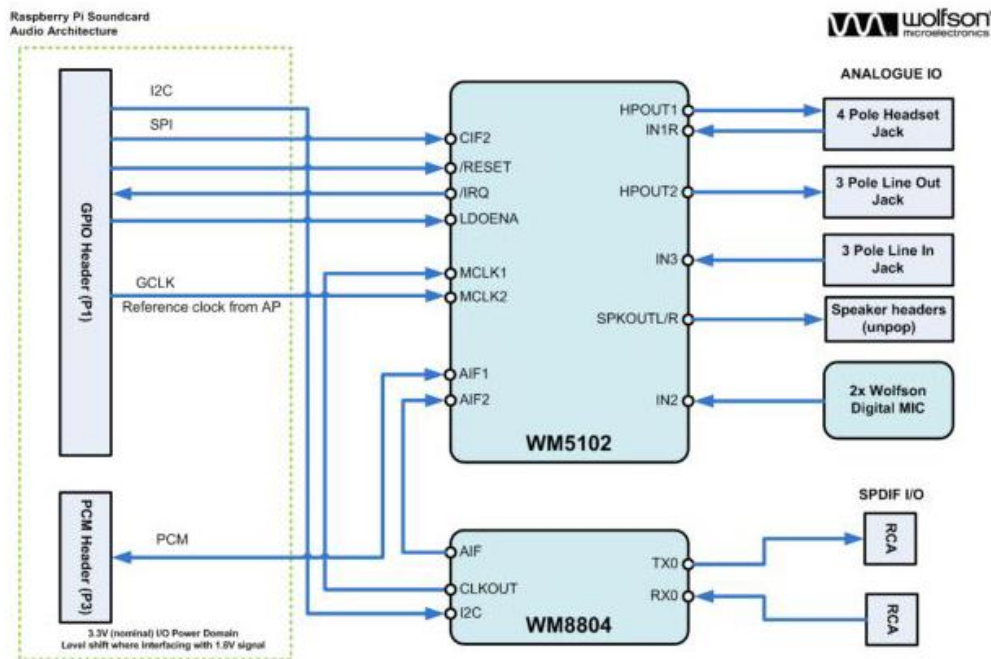


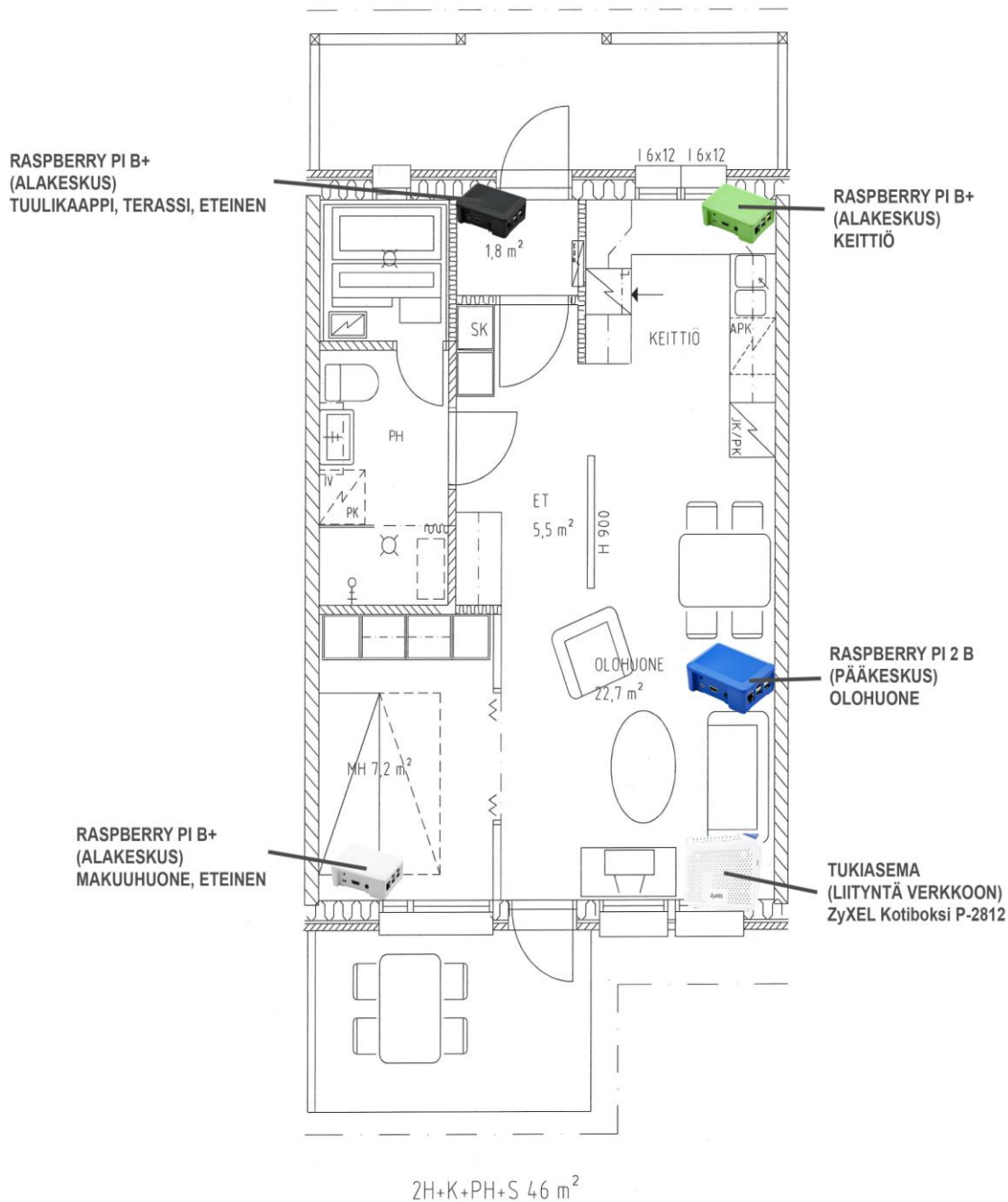


Features

- Analogue line-level output
- Analogue line-level input
- Digital stereo audio input (SPDIF)
- Digital stereo audio output (SPDIF)
- High quality headphone output, with microphone facility (for headphones with boom microphone)
- Onboard stereo digital microphones
- Ability to play High Definition (HD) Audio
- Arrives bundled with five High Definition Audio files to demonstrate the systems capability.
- Onboard power amplifier for directly driving loudspeakers. (Requires headers to be fitted.¹)

Electrical architecture of the audio card





Pääkeskus (OH)	
Raspberry Pi 2 B	40,18 €
ModMyPi Modular RPi 2 Case (Blue) - kotelo	8,03 €
Raspberry Pi Heat Sink Kit - jäähdytinsiiili	5,35 €
SHIM PiFace RTC - moduuli	9,39 €
Wifi Nano-USB Dongle	8,03 €
1 x DS18B20 lämpötilasensori	3,76 €
DC3-12V 433.92MHz lähetin/vastaanotin	6,89 €
PIR (liikkeentunnistin)	8,80 €
PiNoIR Camera	24,10 €
Wolfson Audio Card	31,68 €
Microsoft LifeCam HD-3000	35,30 €
Yhteensä	181,56 €

Alakeskus 1 (MH)	
Raspberry Pi B+	37,50 €
ModMyPi Modular RPi 2 Case (White)	8,03 €
Raspberry Pi Heat Sink Kit - jäähdytinsiiili	5,35 €
SHIM PiFace RTC - moduuli	9,39 €
Wifi Nano-USB Dongle	8,03 €
2 x DS18B20 lämpötilasensori	7,52 €
DC3-12V 433.92MHz lähetin/vastaanotin	6,89 €
PIR (liikkeentunnistin)	8,80 €
RasPi Comm Extension Modu- le	43,77 €
Yhteensä	135,28 €

Alakeskus 2 (KEITTIÖ)	
Raspberry Pi B+	37,50 €
ModMyPi Modular RPi 2 Case (Green)	8,03 €
Raspberry Pi Heat Sink Kit - jäähdytinsiiili	5,35 €
SHIM PiFace RTC - moduuli	9,39 €
Wifi Nano-USB Dongle	8,03 €
1 x DS18B20 lämpötilasensori	3,76 €
DC3-12V 433.92MHz lähetin/vastaanotin	6,89 €
DHT22 - kosteusanturi	8,80 €
Yhteensä	87,75 €

Alakeskus 3 (TK)	
Raspberry Pi B+	37,50 €
ModMyPi Modular RPI 2 Case (Black)	8,03 €
Raspberry Pi Heat Sink Kit - jäähdytinsili	5,35 €
SHIM PiFace RTC - moduuli	9,39 €
Wifi Nano-USB Dongle	8,03 €
1 x DS18B20 lämpötilasensori	3,76 €
DC3-12V 433.92MHz lähetin/vastaanotin	6,89 €
PIR (liikkeentunnistin)	8,80 €
PiNoIR Camera - moduuli	24,10 €
Wolfson Audio Card - moduuli	31,68 €
ITEAD PN532 NFC - moduuli	35,34 €
Yhteensä	178,87 €

Muut komponentit	
4 x 5V microUSB - laturi	26,76 €
Ohjelmoitavat NFC-tarrat	29,90 €
2 x Raspberry Pi Camera - kotelo	12,30 €
Philips Hue - ohjausyksikkö	87,30 €
5 x Philips Hue valaisimet	264,90 €
4x Mumbi trio - pistorasialaajennus	51,96 €
1 x Punainen LED	0,05 €
Yhteensä	473,17 €

Laitteiston kustannukset yhteensä (ilman toimituskuluja)	1056,63 €
--	------------------