

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2021

Mikko Uutela

INTERNET OF THINGS -SYSTEMIN SUUNNITTELU OMAKOTI- JA MÖKKIKÄYTTÖÖN

Mikko Uutela

INTERNET OF THINGS SYSTEEMIN SUUNNITTELU OMAKOTI JA MÖKKI KÄYTTÖÖN

Internet of things eli esineiden internet on yleistymässä ympäri maailmaa ja se tulee olemaan konsepti, joka tulee vastaan monissa kotien järjestelmissä. Varsinkin suomalaisille järjestelmille olisi markkinoilla tilaa, sillä suomalaisilla on omat vaatimuksensa kodin- tai mökin järjestelmille mihin markkinoiden isoimmat tekijät eivät ole vastanneet.

Opinnäytteen tavoitteena oli tutkia ja kehittää erilaisia älykodin hallintajärjestelmiä. Opinnäytetyössä tehtiin myös konseptintodistus demonstraation LAN-arkkitehtuurista. Testikalustona käytettiin muun muassa Phillips hue -älyvaloa ja HomeGenie- nimistä älykodin hallintaohjelmistoa.

Opinnäytteessä esiteltiin kolme erilaista mallia ja käytiin läpi niiden ominaisuuksia. Malleista tutkittiin pinnallisesti niiden tietoturvaso ja se, onko niissä mitään, mitä tarvitsee erityisesti ottaa huomioon järjestelmää suunniteltaessa.

Opinnäytteen tuloksena todettiin, että jokainen malli on käytettävä ja niissä on eri vahvuudet. LAN-arkkitehtuuri oli muihin verrattuna turvallisin, pilviarkkitehtuuri taas oli kaikista käyttäjäystävällisin ja Hubi-arkkitehtuuri oli kaikista muokattavin järjestelmäsuunnittelun näkökulmasta.

ASIASANAT:

IoT, suunnittelu, älytalot, älytekniikka, järjestelmäsuunnittelu

BACHELOR'S / MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information and Communications Technology

2021 | 19

Mikko Uutela

DESIGNING AN INTERNET OF THINGS SYSTEM FOR HOME AND VACATION HOME USE

The object of the thesis was to study and develop different kinds of smart home controlling systems. In the thesis there is also a demonstration of a LAN architecture. Phillips hue smart light and a smart home controlling software called HomeGenie were used as test equipment.

There are three different kinds of designs for a smart home controlling system in the thesis the LAN, cloud, and the hub architecture. The thesis goes through their strengths and attributes. The thesis also goes through designs security and if there is anything special to mention about it.

As a result of the thesis it was proven that every design is usable in a real-life situation and they have different strengths.

KEYWORDS:

Internet of things, smart houses, system design

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 LAN-ARKKITEHTUURI	7
2.1 Esittely	7
2.2 Demonstraatio	8
2.2.1 Välineet	8
2.2.2 Demonstraation asennus	9
2.2.3 Demonstraation käyttö	12
3 PILVIARKKITEHTUURI	13
3.1 Esittely	13
3.2 Pilvipalvelut	14
3.2.1 Google Cloud	14
3.2.2 Amazon Web Services	14
3.2.3 Azure	15
3.3 Tietoturva	15
4 HUBI-ARKKITEHTUURI	16
4.1 Esittely	16
4.2 Pilvipalvelu	17
4.3 Tietoturva	17
5 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOS	18
LÄHTEET	19

KÄYTETYT LYHENTEET

API Application programming interface, ohjelmointirajapinta

IoT Internet of things, esineiden internet

LAN Local area network, paikallisverkko

1 JOHDANTO

Internet of things eli esineiden internet on konsepti, jossa jokaisella laitteella on oma internetyhteys ja jokaista laitetta pystyisi etäseuraamaan ja -ohjaamaan. Opinnäytetyön aihealue on hyvin laaja, joten aihe on rajattu pelkästään omakoti- ja mökkiympäristöön.

Opinnäytetyön aihe on tutkia ja suunnitella järjestelmämalleja virtuaaliavustajien integroimiseen omakoti tai mökki omistajien käyttötarkoitukseen. Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla erilaisia järjestelmämalleja keskenään ja selvittää niiden ominaisuudet ja yleinen kannattavuus.

Aihe on erittäin ajankohtainen, koska virtuaaliavustajat ja älykoodit ovat yleistymässä ja uusia mahdollisia käyttäjiä tulee koko ajan lisää. Markkinoiden johtavia tuotteita ei ole suunniteltu käyttöön suomalaisten käyttöön, joten Suomessa olisi markkinoissa aukko suomalaiselle kodin tai mökin hallintajärjestelmälle.

Opinnäytetyössä esitellään kolme järjestelmämallia, joissa on eri vahvuudet ja heikkoudet. Järjestelmämallit ovat LAN-malli, Pilvi-malli ja Hubi-malli. Mallit esitellään yksitellen ja kerrotaan suositelluista ominaisuuksista, vaatimuksista ja mahdollisista rajoituksista.

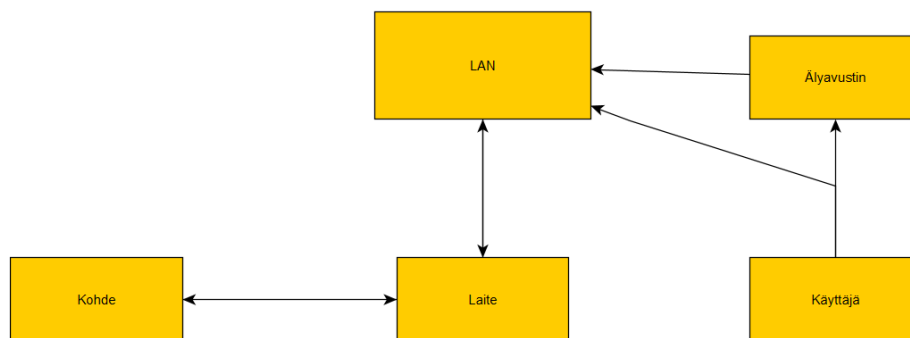
LAN-mallissa käyn läpi myös demonstraation, jossa rakennan LAN-arkkitehtuuria pohjana käyttäen järjestelmän, joka pystyy hallitsemaan Phillips Hue -älyvalaisinta käyttöliittymästä käsin.

Lopuksi vertaan kaikkia malleja toisiinsa ja annan oman suositukseni mallien suoritusien mukaan.

2 LAN-ARKKITEHTUURI

2.1 Esittely

LAN-malli (Kuva 1) on kaikista tämän tutkimuksen malleista yksinkertaisin, sillä se toimii täysin paikallisverkossa. Arkkitehtuuri on suunniteltu siten, että kaikki logiikka tapahtuu laitteen sisällä. Tämä mahdollistaa hallinnan ilman internet yhteyttä. Malli tarvitsee vain toimivan paikallisverkon.



Kuva 1. LAN-malli.

Arkkitehtuuri tarvitsee myös käyttöliittymän, mistä järjestelmää voi hallita. Mobiilisovelluksella järjestelmää on myös mahdollista hallita mutta se vaatii yhteyden paikallisverkkoon ja sovelluksen, joka keskustelisi laitteen kanssa. Etähallinta puhelimen kautta tarvitsee laitteen ja sovelluksen pariutumisen.

Laittevaatimukset mallille riippuvat siitä minkälaisia ominaisuuksia omasta systeemistä tarvitsee mutta pakolliset vaatimukset ovat vähintään Raspberry Pi 2:n tehokkuuteen vertailtava keskusyksikkö ja käyttöliittymä, josta käyttäjä voi järjestelmän asentaa.

Tietoturva

LAN -malli on luonnostaan aika turvallinen, sillä siinä on hyökkäyspintoja vain oikeastaan yksi. Hyökkäyspinta mallissa on paikallisverkko, minkä murtamisen jälkeen hyökkääjällä

olisi koko järjestelmä hallussaan ja voisi tehdä paljon tuhoa. Tämän ehkäisemiseksi suositteaisin sertifioimaan kaikki hallintalaitteet kuten käyttäjien kännykät, ettei mikä tahansa uusi laite verkossa voi komentaa järjestelmää. Toinen tapa ehkäistä murron tuhoja olisi rajoittaa järjestelmän hallinta yhteen käyttöliittymään mutta tämä käytännössä tarkoittaisi, että etähallinta olisi mahdotonta. Sertifikaatit myös mahdollistaisivat LAN -mallin etäkäytön turvallisuuden päästämällä vai sertifioidut laitteet yhdistämään paikallisverkon ulkopuolelta mutta tämä myös lisäisi uuden hyökkäyspinnan järjestelmään.

2.2 Demonstraatio

Demon lähtöajatuksena on tehdä konseptin todistus LAN -mallin käytännön sovelluksesta. Demossa käytetään HomeGenie -nimistä avoimen lähdekoodin kodin automaatio palvelinta järjestelmän käyttöliittymänä. Valitsin HomeGenien koska siinä oli modernin näköinen käyttäjäliittymä ja erilaisia moduuleja eri standardeille. Demonstraation loppu-tavoitteena oli ohjata Phillips Hue -älyvaloa ja oppia sen ominaisuuksista käytännössä.

2.2.1 Välineet

Demonstraatioon välineistä (Taulukko 1) Phillips Hue -silta ja pöytävalaisin tarvitsee olla asennettuna ja käyttövalmiudessa paikallisverkossa ennen demonstraation asennuksen aloittamista. Ubuntu 18.04 pyörii demonstraatioissa virtuaalikoneella Oracle VM Virtual-boxissa minun tietokoneellani, joka on yhdistetty samaan paikallisverkkoon kuin muut demonstraation laitteet.

Taulukko 1. Demonstraatioon välineet.

Laitteen nimi	Kappalemäärä	Rooli
<i>Phillips Hue silta</i>	1	valojen hallinta
<i>Phillips Hue Bloom pöytä-valaisin</i>	1	valaisin
<i>Ubuntu 18.04 käyttöjärjestelmällä toimiva laite</i>	1	käyttöliittymä
<i>Reititin</i>	1	paikallisverkko

2.2.2 Demonstraation asennus

Phillips Hue -sillan asennus tapahtuu liittämällä siltaan Ethernet-kaapelilla reitittimeen ja antamalla sille virtaa virtakaapelin kautta. Loput sillan ja pöytävalaisimen asennuksesta seurasin Phillips Hue -sovelluksen ohjeita.

HomeGenien asennus alkaa avaamalla terminaali Ubuntusta ja suorittamalla seuraavat komennot. (HomeGenie)

```
wget https://github.com/genielabs/HomeGenie/releases/download/v1.3-stable.19/homegenie_1.3-stable.19_all.deb
sudo apt-get update
sudo apt-get install gdebi-core
sudo gdebi homegenie_1.3-stable.19_all.deb
```

Komentojen suorituksen jälkeen tarvitsee mennä internetselaimeen ja siirtyä sivulle <http://localhost:80/>, minkä jälkeen HomeGenien käyttöliittymän pitäisi latautua.



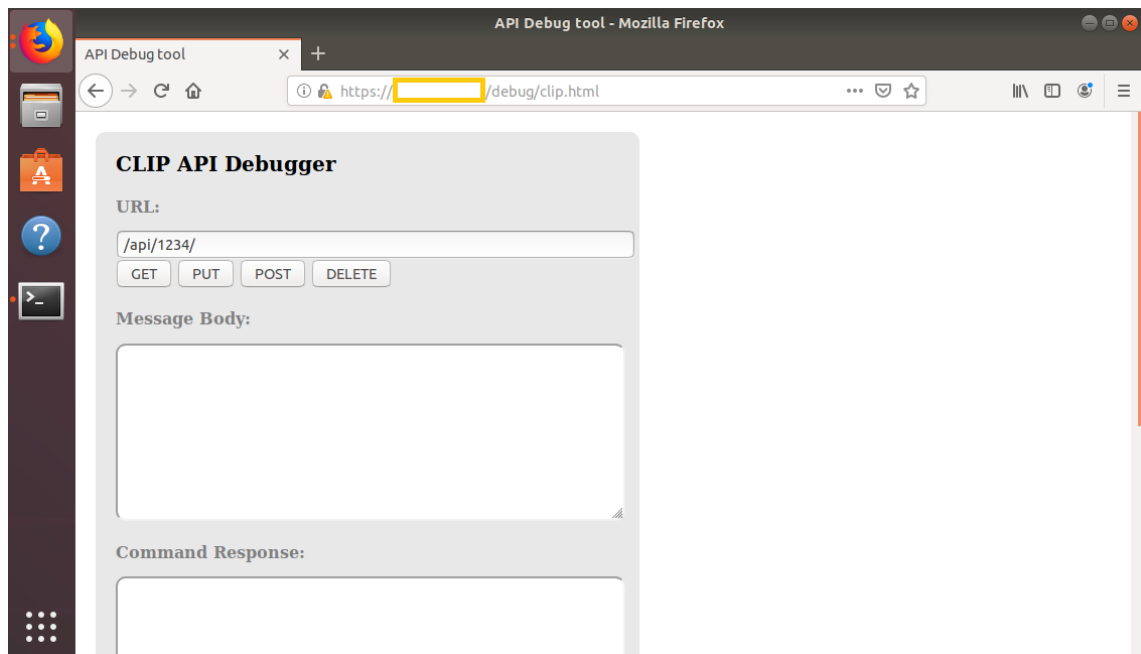
Kuva 2. HomeGenie kotisivu.

Seuraava askel on älyvalon yhdistys palvelimeen. Ensimmäiseksi tarvitsee selvittää mikä on Phillips Huen osoite käyttämässämme verkossa. Se selviää menemällä sivustolle nimeltä <https://discovery.meethue.com>, joka on Phillipsin oma osoitteen selvityspalvelu (Phillips).

```
[{"id": " ", "internalipaddress": " "}]
```

Kuva 3. Osoitteen selvitys -palvelun tuotos.

Sillan osoitteen selvityksen jälkeen HomeGenie tarvitsee valtuutetun käyttäjän valojen hallintaan. Valtuutettu käyttäjä tarvitsee tehdä sillan API -virheenjäljittäjä, johon pääsee käsiksi yhdistämä juuri selvitettyyn osoitteeseen `https://<sillan ip osoite>/debug/clip.html` muodossa (Kuva 4) (Phillips).

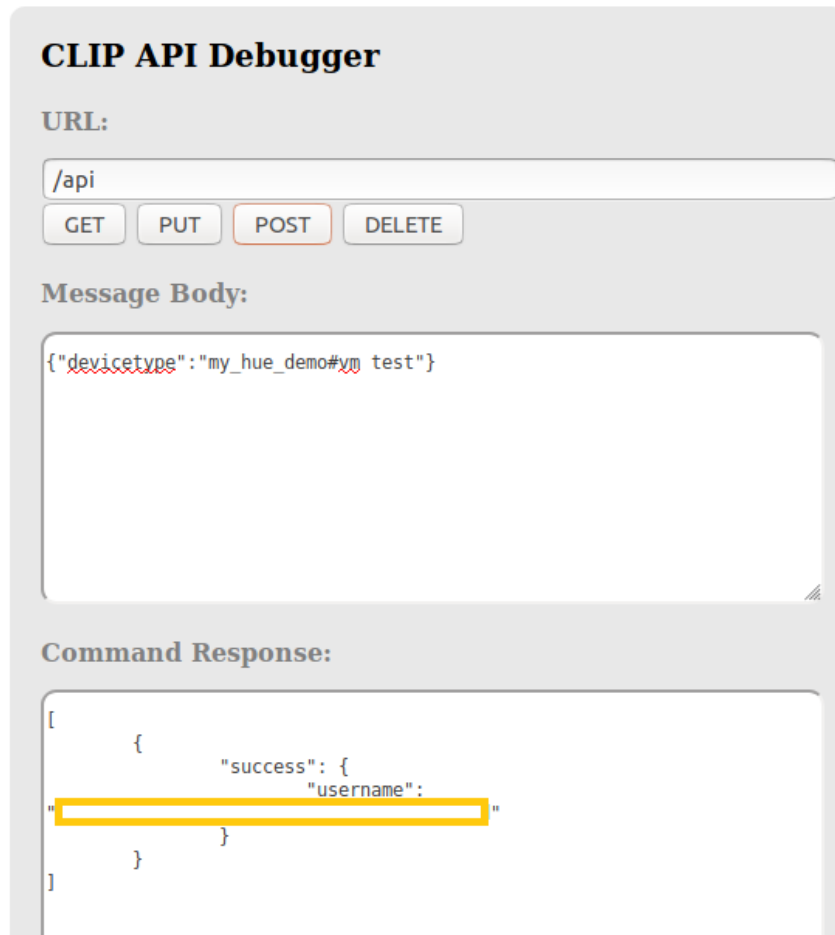


Kuva 4. API virheen jäljittäjä.

Debuggerissa luodaan uusi valtuutettu käyttäjä (Kuva 5), jota palvelin tulee käyttämään. Uuden käyttäjän voi tehdä seuraavilla komennoilla (Taulukko 2). Ennen POST-napin painamista tarvitsee myös painaa Phillips Hue -sillan pariutumisnappia muuten debuggeri ei hyväksy komentoa (Phillips).

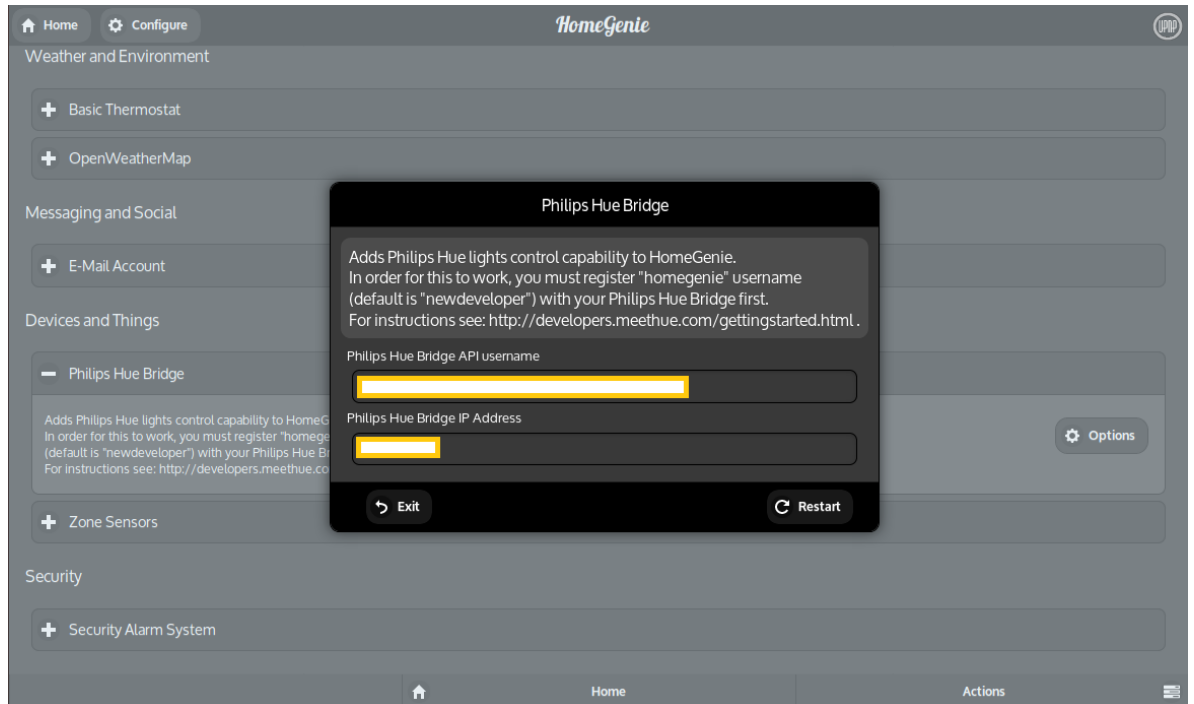
Taulukko 2. Uuden käyttäjän luonti komento.

URL	/api
Message Body	{"devicetype":"my_hue_demo#vm test"}
Komento	POST



Kuva 5. Uuden käyttäjän luominen.

Nyt kun palvelimen valtuutettu käyttäjä on luotu (Kuva 5), tarvitsee se sijoittaa oikeaan paikkaan HomeGenien asetuksissa (Kuva 6). Oikea asetus löytyy "Devices and Things" alta, jossa on oma "Phillips Hue Bridge" -osio (Phillips).



Kuva 6. Palvelimen käyttäjän asetus.

Kun käyttäjätiedot on täytetty (Kuva 6) ja uudelleen käynnistysnapista painettu, niin on asennus valmis ja palvelin käyttövalmis.

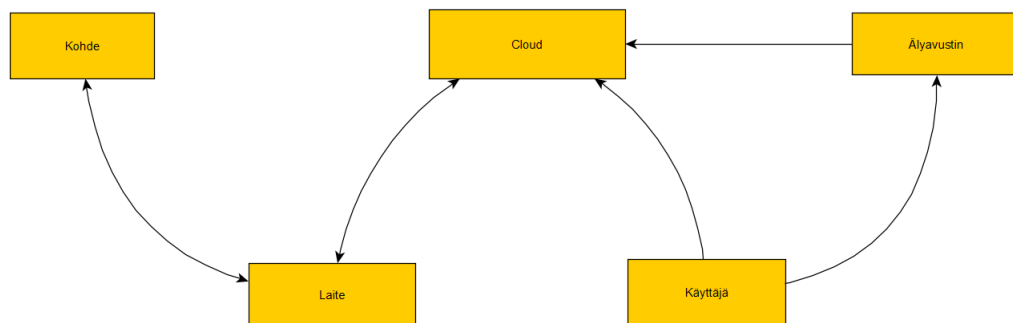
2.2.3 Demonstraation käyttö

HomeGenietä on helppo käyttää demonstraation tarkoituksiin sillä palvelin sisältää valmiiksi rakennettuja pienoishjelmia, jonka avulla voi sammuttaa ja käynnistää tai jopa muokata valon ominaisuuksia kuten kirkkaus ja väri. Pienoisohjelmat ovat myös hyviä malleja uusien pienoishjelmien tekoon, jos tarvitsee tarkempia säädöksiä omaan järjestelmään.

3 PILVIARKKITEHTUURI

3.1 Esittely

Pilviarkkitehtuuri (Kuva 7) on systeemimalli, jossa mahdollisimman paljon laitteiston loogiikasta ja käyttäjän kanssakäymisistä tapahtuisi pilvessä. Tämä tarkoittaa myös, että etäkäyttö on luonnollisesti integroitu systeemiin koska kaikki hallinta tapahtuu pilvipalvelimien sisällä ja niihin pääsee kirjautumaan vain nettiselaimen tai puhelinsovelluksen kautta.



Kuva 7. Pilviarkkitehtuuri.

Tämä systeemin (Kuva 7) vahvuudet sijaitsevatkin sen vaivattomassa käytössä. Sillä ideaalisesti kuluttajan ei tarvitsisi kuin kirjautua pilvipalveluun tai sovellukseen ja parittaa päätelaite paikallisverkkoon, jossa on internetyhteys ja loput asennuksesta voitaisiin suorittaa automaattisesti pilvestä. Asiakaspalvelukin helpottuu mallia käyttäen sillä korjaushenkilökunta voivat korjata osan ongelmista etänä riippuen tietoen luonteesta.

Systeemin voi myös rakentaa hyvin tulevaisuudenkestäväksi. Koska päätelaite mallissa on tarkoitus olla vain yksinkertainen tiedon lähettäjä ja vastaanottaja niin, mikäli systeemiä tarvitsee päivittää, se voidaan tehdä kokonaan päivittämällä pilvipalvelimia. Päätelaitteen suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon, että laite pystyy tulkitsemaan ja lähettämään mahdollisemman monimuotoista tietoa. Tämä helpottaa tulevaisuuden päivityksiä.

3.2 Pilvipalvelut

Arkkitehtuuri on hyvin riippuvainen pilvipalvelimien käytöstä, joten sen pitää olla riittävä ja tarpeeksi tehokas käyttötarkoitukseen. Systeemissä tarvitsee suunnitella pilvipalvelun ylläpito, että järjestelmä on käytettävissä mahdollisimman kauan ja lopuksi pilven tietoturva tarvitsee kehittää. Tämän takia oman pilvipalvelun rakentaminen voi tulla hyvin kalliiksi ja silti siihen luultavasti jää haluamisen varaa ainakin verrattuna alan jättiläisten palveluihin. (Syrewicze)

Oma suositus olisi olla tekemättä omaa pilvipalvelua vaan käyttäisi alan isojen yhtiöiden pilvipalveluita. Siinä säästää aikaa ja rahaa koska pilvipalvelut eivät ole yksinkertaisia järjestelmiä ja asioita menee varmasti rikki. Tämänkaltaisina hetkinä on hyvä tietää, että voi ottaa yhteyttä asiantuntijoihin ja saada ongelma ratkaistua mahdollisimman nopeasti säästäten omaa ja asiakkaiden aikaa. Käyttäen yhtiöiden kuten Googlen palveluita saa myös samalla yhteyden integroida heidän laitteitansa omaan järjestelmään.

3.2.1 Google Cloud

Google on alansa johdossa koneoppimisessa yhtiön hakukoneen kehityksen takia, joten jos aikoo soveltaa koneoppimista systeemissä Googlen asiantuntemus, on varmasti arvokas etu. (Carey, 2020)

Suosittelisin käyttämään Googlen pilvipalveluita, jos järjestelmä tarvitsee hyvän tekoäly-, koneoppimis- ja hakukoneintegraation. Suomen kieltä valitettavasti ei vielä Google Assistant ymmärrä.

3.2.2 Amazon Web Services

Amazon on tällä hetkellä isoin toimija IoT- ja pilvipalvelu markkinoilla. (Carey, 2020) Amazonilla on myös kattavin valikoima erilaisia palveluita. Palveluita on robotiikasta virtuaalitodellisuussovelluksiin. Tutkimuksen tarkoituksiin Amazonilla on palveluita muun muassa tietoturvaan, IoT-laitteiden analytiikkaan ja koneoppimiseen. (Amazon)

Suosittelisin käyttämään Amazonin palveluita, jos monimuotoisuus on tärkeää ja on halua olla johtavassa kelkassa. Amazonin Echo -laitteet eivät valitettavasti tue vielä suomen kieltä

3.2.3 Azure

Azure on Microsoftin johtama pilvipalvelu, jolla on verrattavat palveluvaihtoehdot Amazoniin ja Googleen verrattuna paitsi heiltä puuttuu oma virtuaaliavustaja, joten Microsoftilla on niissä aiheissa vähemmän asiantuntemusta kuin muilla. (Carey, 2020)

Suosittelisin Azurea, jos Microsoftin Office 365 -paketti kiinnostaa yhtiökäyttöön, niin voi samasta paikasta myös hakea pilvipalvelut.

3.3 Tietoturva

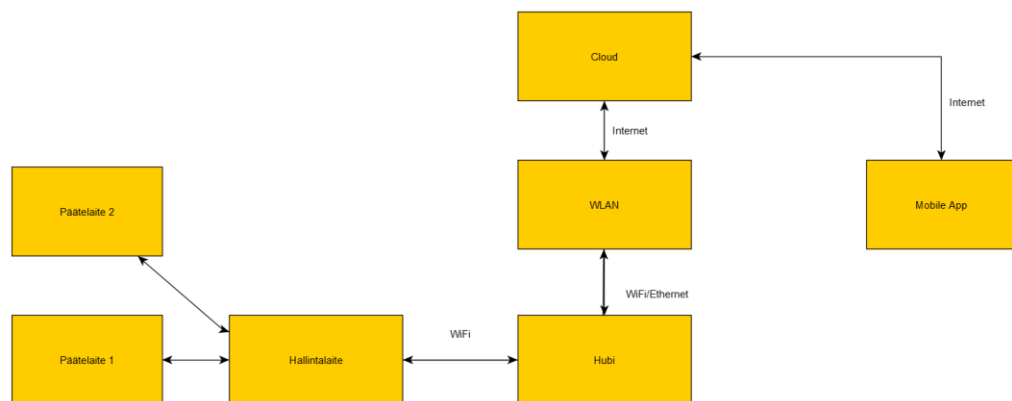
Pilviarkkitehtuurin tietoturvaa suunniteltaessa tarvitsee ottaa huomioon mies välissä-hyökkäys eli hyökkäys, jossa joku henkilö sieppaa osapuolien välistä viestejä ja tekeytyy olemaan toinen osapuoli molemmille viestittelijöille. Tämä voi aiheuttaa paljon ongelmia koska viestin sieppaaja voi siepatuista viesteistä nähdä esimerkiksi mitä laitteita on päällä talossa tai hän voisi jopa lähettää väärennetyn viestin sammuttamaan, vaikka varashälyttimet pois päältä, jos ne ovat yhdistettynä systeemiin. Hyökkäyksen voi ehkäistä salakoodaamalla viestin ja käyttämällä sertifikaatteja, jotta vain päätelaite ja palvelin tietävät viestin ja tunnistavat toisensa.

Muuten arkkitehtuurissa ei ole sen erikoisempia hyökkäyskohteita tietoturva kannalta kuin paikallisverkon turvallisuus ja pilvipalveluiden omat tietoturva ratkaisut. Jos suunnittelee varkaudenesto ominaisuuksien lisäystä omaan systeemiin kannattaa harkita kaksivaiheisen tunnistautumisen lisäystä ainakin järjestelmän kriittisimpien ominaisuuksien muokkauksiin.

4 HUBI-ARKKITEHTUURI

4.1 Esittely

Hubi-arkkitehtuuri (Kuva 8) on vähän kuin kahden edellisen mallin yhdistys, sillä siinä on paikallisverkossa sijaitseva pientietokone ja myös pilvessä sijaitseva palvelin. Arkkitehtuuri on myös tutkimuksen monimutkaisin mutta tämä mahdollistaa mallin monimuotoisuuden. Mallin perusajatuksena on käyttää hubia hallintalaitteena yhdistämällä kaikki päätelaitteet sen kautta järjestelmään. Pilvipalveluiden rooli systeemissä on etäkäytön mahdollistaminen ja hyödyllisen tiedon kerääminen.



Kuva 8. Hubi-arkkitehtuuri.

Monimuotoisuus järjestelmänsuunnittelun näkökulmasta on tämän mallin vahvuus. Monimuotoisuutta voi hyödyntää painottamalla mallin eri osia. Mallista voi tehdä enemmän paikallisverkkoa käyttävä systeemin, jonka logiikka tapahtuu kokonaan pientietokoneella. Järjestelmä voi myös olla paljolti pilvi pohjainen, jolloin arkkitehtuurin hubista tulee enemmän paikallisverkossa olevien laitteiden hallintalaitte. Tämän kaltaisessa tapauksessa suosittelisin lisäämään hubiin ominaisuuden toimia ilman pilvipalvelintä, jotta järjestelmä voi jatkaa toimintaansa ilman ongelmia pilvipalvelimen ollessa toimintakyvytön.

4.2 Pilvipalvelu

Pilvipalvelun valinta hubi- arkkitehtuurissa on hyvin samankaltainen kuin pilvi -mallissa varsinkin, jos haluaa järjestelmään samanlaisia ominaisuuksia. Toisaalta jos suunnittelee käyttävänsä pilveä vain tiedon keräämiseen niin pilvipalvelun vaatimukset vähentyvät huomasti.

Suosittelisin ensimmäisenä käyttämään Amazonin pilvipalveluita niiden monimuotoisuuden takia ja toisena suosittelisin Googlen pilvipalveluita, jos tiedon kerääminen tai koneoppiminen ovat tärkeä osa järjestelmää.

4.3 Tietoturva

Hubi- arkkitehtuuri on hyvin kerroksinen, joten järjestelmästä voi tehdä hyvin turvallisen hyödyntäen sen eri kerroksia. Yksi tapa, jolla voi hyväksi käyttää mallin kerroksia tietoturvan parantamiseksi on antamalla eri kerroksille listat valtuutetuista käyttäjistä ja vertaamalla niiden rekistereitä käyttäjän oikeuksien varmistamiseksi. (Microsoft, 2021)

Muita hyökkäyspintoja järjestelmässä ovat pilvipalvelu ja hubin välinen yhteys ja sitten itse pilvipalvelun tietoturva. Hubin ja pilvipalvelun välisen yhteyden turvaaminen voi tehdä salakoodaamalla viestintä ja sertifoimalla palvelut. Pilvipalvelun voi turvata seuraamalla pilvipalvelun tietoturva säädäntöjä ja suosituksia.

Yleisesti suosittelen myös käyttämään erittäin vahvoja salasanoja valtuutetuissa käyttäjätileissä ja kouluttamaan myös käyttäjäkuntaa tekemään samoin. Kaikkien turvallisuuden lisäämiseksi.

5 TUTKIMUKSEN LOPPUTULOS

Tutkimus tavoitteena oli tutkia ja kehittää erilaisia IoT- kodin malleja. Opinnäytetyössä todettiin, että kaikki esitetyt mallit ovat käytettäviä ja niillä on omat vahvuutensa. Suunnittelijan siis täytyy valita, mitä omalta järjestelmältään haluaa, ja valita omiin prioriteetteihin sopiva malli.

LAN-malliin on paljon avoimen lähdekoodin omaavia ohjelmistoja, ja siinä on hyvin yksinkertainen rakenne, joten se on helppo rakentaa ja kehittää omiin tarpeisiin. LAN-arkkitehtuuri on myös yksinkertaisuutensa vuoksi erittäin hyvä yksityiseen käyttöön.

Pilvi-mallissa on paljon hyviä ominaisuuksia kaupallisiin sovelluksiin, sillä sen pilvipainotteinen olemus helpottaa asiakastukea ja -palvelua. Pilvi-arkkitehtuuri tuo tiedonkeruu mahdollisuuksia, joilla voi kehittää omaa palvelua.

Hubi-mallissa on hyviä puolia molempiin muihin järjestelmiin verrattuna, ja se on myös tämän takia monimuotoisin. Malli myös voidaan rakentaa painottaen eri osia, jolloin arkkitehtuuri sopii eri käyttö- ja myymistarkoituksiin.

Tietoturva on kaikissa malleissa mahdollista tehdä hyvin tiukaksi mutta se on aina kannattavuuden ja käyttäjäystävällisyyden tasapainottelua.

Tutkimuksessa tehtiin myös demonstraatio LAN-mallin käytännössä. Demonstraatiossa hallittiin HomeGenie- nimistä avoimen lähdekoodin omaavaa älykodin hallinta ohjelmissa hallitsemaan Phillips Hue -älyvaloa. Demonstraatio on aika yksinkertainen, mutta siitä saa hyvän käsityksen, mihin suuntiin mallia voi viedä ja minkä tasoisia kehittämisalustoja älylaitteilla yleensä on.

Tutkimusta voisi jatkaa muodostamalla conjoint- analyysin mahdollisille asiakaskunnille ja selvittämällä, mitä ihmiset haluaisivat tämän kaltaisilta järjestelmiltä, ja mitä he pitävät tärkeinä ominaisuuksina. (Q Reserach Software)

LÄHTEET

Amazon. AWS IoT Core. [Online] [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] https://aws.amazon.com/?nc2=h_lg.

Carey, Scott. 2020. AWS vs Azure vs Google Cloud: What's the best cloud platform for enterprise? *Computerworld*. [Online] 23. Tammikuu 2020. [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] <https://www.computerworld.com/article/3429365/aws-vs-azure-vs-google-whats-the-best-cloud-platform-for-enterprise.html#toc-1>.

HomeGenie. HomeGenie dokumentit. [Online] [Viitattu: 1. Toukokuu 2021.] <https://genielabs.github.io/HomeGenie/#/about>.

Microsoft. 2021. Control access to IoT hub. [Online] 15. Huhtikuu 2021. [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/iot-hub-devguide-security>.

Phillips. How to develop for Hue? [Online] [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] <https://developers.meethue.com/develop/get-started-2/>.

Q Reserach Software . What is Conjoint Analysis. [Online] [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] <https://www.qresearchsoftware.com/conjoint-analysis>.

Syrewicze, Andy. 4 Reasons Why You Shouldn't Try to Build Your Own Cloud. [Online] [Viitattu: 2. Toukokuu 2021.] <https://www.altaro.com/msp-dojo/building-your-own-cloud-msp/>.

