

**IoT-järjestelmän toteutus Node-REDin, Siemens PLC:n ja Rasp-
berry Pin avulla**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus, Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

Kevät, 2020

Henna Hintikka

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä	Henna Hintikka	Vuosi 2020
Työn nimi	IoT-järjestelmän toteutus Node-REDin, Siemens PLC:n ja Raspberry Pin avulla	
Työn ohjaaja /t	Erkki Laine	

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää IoT-järjestelmä Raspberry Pi -tietokoneella ja Node-RED -kehitysympäristöllä. Siemensin PLC-laitetta pystyttiin ohjaamaan Node-RED ohjelmointiympäristön avulla luodulla web-käyttöliittymällä internetistä käsin. Tietoturva web-käyttöliittymään toteutettiin käyttämällä salattua https-protokollaa ja TLS-sertifioitua salausta.

Node-RED ohjelmointiympäristö ohjelmistolla on aktiivinen käyttäjäkunta, joka tekee jatkuvasti uusia node-moduuleita ja jakaa niitä muiden käyttöön. Node.js -ohjelmointikielen oman paketinhallintajärjestelmän avulla oli helppoa asentaa ja ottaa käyttöön muiden kehittäjien luomia moduuleita.

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tutkimaan, kuinka Raspberry Pi -tietokoneeseen saadaan asennettua Node-RED ohjelmisto. Sitten tutkittiin, minkälaisia toiminnallisuuksia Node-RED web-käyttöliittymän avulla pystytään suorittamaan. Tutkimus suoritettiin kokeellisen tutkimuksen menetelmiä käyttäen. Ensinnäkin haettiin tietoa eri lähteistä ja kerättyä tietoa sovellettiin käytännössä. Tutkimuksessa selvisi, että Node-REDin avulla voitiin lukea ja kirjoittaa Siemens PLC-laitteen tulo- ja lähtörekistereitä. Oli mahdollista ohjata Raspberry Pi -tietokonetta, ja siihen liitettävissä olevia laitteita web-käyttöliittymästä käsin.

Opinnäytetyön käytännön osuudessa esitetään, kuinka on mahdollista lähteä tyhjistä ja asentaa Raspberry Pi -tietokoneeseen tietoturvallinen web-käyttöliittymä ja Node-RED -kehitysympäristö.

Avainsanat Internet of Things, Node-RED, Siemens PLC, Raspberry Pi

Sivut 32 sivua, joista liitteitä 6 sivua

Degree Programme in Business Information Technology
Hämeenlinna University Centre

Author	Henna Hintikka	Year 2020
Subject	IoT system implementation with Node-RED, Siemens PLC and Raspberry Pi	
Supervisors	Erkki Laine	

ABSTRACT

The aim of this thesis was to research and develop an IoT system on Raspberry Pi computer and the Node-RED development environment. The Siemens PLC was controlled from a web interface created using the Node-RED programming environment. Security for the web interface was implemented using the encrypted https protocol and TSL certified encryption.

The Node-RED programming environment has an active user community that is constantly making new node modules and distributing them to other developers. Node.js's own package management system made it easy to install and deploy modules created by other developers.

This thesis focused on how to install Node-RED software on a Raspberry Pi computer. Then research was made to what kind of functionality the Node-RED web interface can perform. The study was conducted using experimental research methods. Information was sought from various sources and the information was applied in practice. The investigation revealed that Node-RED was able to read and write the input and output registers of the Siemens PLC. It was possible to control the Raspberry Pi and its connected devices from a web interface.

The practical part of this thesis describes how to start from scratch and install a secure web interface and Node-RED development environment on a Raspberry Pi computer

Keywords Internet of Things, Node-RED, Siemens PLC, Raspberry Pi

Pages 32 pages including appendices 6 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	INTERNET OF THINGS	2
2.1	Internet of Things nyt ja tulevaisuudessa	2
2.2	Tietoturva Internet of Things -laitteissa.....	3
3	NODE-RED.....	5
4	AUTOMAATIO PLC	6
4.1	PLC-laitteiden historia	6
4.2	Siemens LOGO!.....	6
5	RASPBERRY PI	8
5.1	Raspberry Pi-laitteiden historia.....	8
5.2	Raspberry Pi 3 B	8
6	KÄYTÄNNÖN TESTAUS.....	10
6.1	Node-RED ohjelmointityökalun ottaminen käyttöön	12
6.2	Node-RED lisämoduulien asentaminen Palette Managerin kautta	14
7	NODE-RED DASHBOARD WEB-KÄYTTÖLIITTYMÄN LUOMINEN	17
7.1	Kolme ohjaus nappia.....	17
7.2	Kommunikointi Siemens -laitteelle	21
8	TIETOTURVA KÄYTÄNNÖSSÄ	26
9	YHTEENVETO	30
	LÄHTEET.....	31

Liitteet

Liite 1	Raspberry Pi tietokoneen käyttöjärjestelmän asentaminen
Liite 2	Kiinteän IP-osoitteen asettaminen Raspberry Pi tietokoneelle
Liite 3	Kiinteän IP-osoitteen asettaminen Siemens LOGO! -laitteelle

Sanasto

GPIO	General Purpose Input Output, yleiskäyttöinen sisääntulo ja uloslähtö liityntä
IoT	Internet of Things, esineiden internet
I2C	Inter-Integrated Circuit, tiedonsiirtoväylä lisälaitteille
Node-RED	Graafinen ohjelmointiympäristö
NOOBS	New Out Of Box, Raspberry Pin käyttöjärjestelmän asennus zip-paketti
PLC	A Programmable Logic Controller, ohjelmitava logiikka
PWM	Pulse Width Modulation, pulssinleveys modulaatio
Rele	Output, sähköisesti ohjattava sähkömekaaninen kytkin
SPI	Serial Peripheral Interface, sarjaväylä lisälaitteille
SSH	Secure Shell, salattu verkkoliikenne protokolla
VNC	Virtual Network Computing, graafinen etätyöpöytä yhteys

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käydään ensin lyhyesti läpi teoriaa ja peruskäsitteitä IoT:sta, Node-RED:stä ja automaatio PLC:stä. Sitten esitetään käytännössä, kuinka Raspberry Pi -tietokoneelle asennetaan Node-RED -kehitysympäristö, Siemens kommunikointi solmujen käyttöönotto ja kuinka tehdään tietoturvallinen web-käyttöliittymä.

Valojen ohjaukset ja kulunvalvonta on arkipäivää niin suurissa kuin pienemmissä yrityksissä, tehtaissa ja toimistoissa. Kotitalouksissa automaatio ei ole vielä noussut kovin suureen suosioon luultavasti kustannuksien vuoksi. Tulevaisuudessa automaatio ja IoT tulevat lisääntymään myös kotitalouksissa, kun laite- ja ohjelmistokustannukset alenevat ja tekniikka kehittyy luotettavammaksi ja käyttäjäystävällisemmäksi. IBM:n kehittämä Node-RED on visuaalinen tapa ohjelmoida muun muassa IoT-laitteita, toiminnallisuuksia ja web-käyttöliittymien näkymiä. Hiirellä vedetään solmuja (node) ruudulle ja näiden välisiä yhteyksiä. Nykyisin Node-RED tulee Raspberry Pi:n Raspbian-käyttöjärjestelmälle valmiiksi asennettuna, joten sen käyttö varmasti yleistyy tulevaisuudessa.

Idea tähän opinnäytetyöhön syntyi halusta tutustua Siemensin automaatio-PLC -laitteeseen, jonka avulla voidaan luoda esimerkiksi taloautomaatiikkaa. Lisäksi haluttiin tutkia Node-RED ohjelmointia ja Raspberry Pi -tietokoneen käyttöä. Yhdessä nämä kolme tutkimuskohdetta mahdollistavat hyvinkin monipuolisen kotiautomaatiojärjestelmän toteuttamisen. Pelkällä yksinlaisella PLC-laitteella, on hankala luoda ja ylläpitää kotiautomaatiojärjestelmää. Raspberry Pi -minitietokoneen ja Node-REDin käyttö tuo uusia mahdollisuuksia, joita ei ole paljoa tutkittu Suomessa. Esimerkiksi voidaan lähettää tietoa suoraan älypuhelimien ja tarvittaessa ohjata kotilaitteita älylaitteella.

Internet of Things on kehittynyt vuosien saatossa suureksi ilmiöksi. Yhä useampia kodinkoneita, autoja ja pienelektroniikkaa on liitetty maailman laajuiseen verkkoon.

Opinnäytetyössä tutkitaan, onko mahdollista käyttää Node-RED -kehitysympäristöä automaatio PLC-laitteiden ohjaukseen. Tässä opinnäytetyössä kokeillaan käytännössä onko mahdollista kytkeä laitteita päälle ja pois, kerätä tilatietoja ja lukea esimerkiksi lämpötiloja ja esittää tallennettua tietoa verkkoselaimen ruudulla.

Tutkimuskysymykset, joihin tässä työssä pyritään vastaamaan:

- Mikä on IoT, Siemens LOGO! ja Node-RED?
- Kuinka Node-RED käyttöliittymästä voidaan ohjata PLC laitteita?
- Miten toteutetaan tietoturvallinen IoT käyttöliittymä Raspberry Pi:lle?

2 INTERNET OF THINGS

Internet of Things (IoT) eli esineiden internet on kehittynyt viime vuosina nopeaa vauhtia globaaliksi ilmiöksi. Mikrokokoiset anturit voivat jakaa tietoa internetiin ja antureita voidaan asentaa kaikenlaisiin esineisiin aina hisikorteista kuorma-auton moottoreihin. Tekniikan kehittyessä voidaan mitä erilaisempia laitteita kytkeä suoraan internetiin, laitteita voidaan ohjata esimerkiksi kännykän kautta etäyhteydellä. Usein laitteet myös lähettävät omatoimisesti tietoa vaikkapa pilvipalveluihin, joiden kautta voidaan piirtää graafisia esityksiä esimerkiksi sähkön kulutuksesta, veden kulutuksesta, lämpötiloista ja muista vastaavista mittauksista. (Westergren, Saarikko & Blomquist, 2017)

2.1 Internet of Things nyt ja tulevaisuudessa

IoT tarkoittaa järjestelmien, palvelujen ja ohjelmistojen yhteen liittämistä internetin avulla. Laitteelta voidaan kerätä paljon erilaista tietoa talteen keskitetysti esimerkiksi pilvipalveluun, eli internetiin kytketyille palvelimille. Kun tätä kerättyä raakatietoa analysoidaan automaattisten algoritmien avulla, saadaan jalostettua tietoa päätöksenteon tueksi. (Gilchrist, 2016)

On arveltu, että Internet of Things voisi korvata tulevaisuudessa tuntemamme internetin. Tämän päivän verkottunut liike-elämä on muotoutumassa uudelleen johtuen IoT:n vaikutuksista. IoT luo uusia liiketoiminta mahdollisuuksia toteuttaa prosesseja paremmin ja tehokkaammin kustannuksia säästäen. Esimerkiksi kiinteistöautomaatiossa voidaan ohjata ilmastointia, lämmitystä ja valaistusta sen mukaan kuinka ihmiset ovat läsnä. Voidaan ennakoida paremmin, milloin roskakoreja tulee tyhjentää ja siivousta järjestää. Hyötyä ja runsaita kustannussäästöjä voi syntyä, kun voidaan seurata tarkasti materiaalin ja työvälineiden sijaintia ja käyttöasteita. Nähdään paremmin kokonaiskuva, miten laitteet ja työkalut ovat käytettävissä. Osataan myös ennakoida ja ajastaa huoltotoimia siten, että häiritään tuotantoa mahdollisimman vähän. (Westergren ym., 2017)

Investoijat ja yritykset käyttävät jatkuvasti suuria summia tuotekehitykseen. Silti IoT:n käytössä liike-elämässä on edelleenkin suuria haasteita tietoturvallisuuden ja yksityisyyden suojan kanssa. Lainsäädäntö ja kehittäjät yrittävät ratkoa näitä ongelmia ja haasteita parhaansa mukaan. Tulevaisuudessa yhä enemmän laitteita tullaan kytkemään internetiin, kun langattomien 5G-verkkojen käyttöönotto etenee. IoT:n käyttöönotto vaatii pitkäjänteisyyttä, tuloksia ei synny hetkessä, vaan vie vuosia aikaa kouluttaa työntekijöitä. Kerättyjen tietojen tulkitseminen halutulla tavalla vaatii perehtyneisyyttä ja näkemystä toimialasta, jossa IoT:ta hyödynnetään. Pelkkä kerätty data on hyödytöntä, ellei sitä osata tulkita ja tehdä sen perusteella tulevia päätöksiä. (Gilchrist, 2016)

On arvioitu, että vuonna 2020 tulee maailman laajuisesti olemaan noin 212 miljardia IoT-laitetta, jotka välittävät tietoa internetiin jatkuvasti erilaisiin yksityisiin ja julkisiin palveluihin. Tämä tuo myös uhkia, koska laitteet on kehitetty usein nopeasti tietoturvallisuuden vaatimuksista tinkien. Halpojen massatuotanto laitteiden tietoturvallisuus on usein heikkoa tai lähes olematonta. Tässä olisi mahdollisuus kotimaisilla yrityksillä kehittää ja markkinoida parempia ja tietoturvallisempia ratkaisuja ja tuotteita. (Westergren ym., 2017)

2.2 Tietoturva Internet of Things -laitteissa

Tietoturvallisuus on tietojen, palveluiden, järjestelmien ja tietoliikenteen suojaamista, se on myös riskien hallitsemista teknisillä toimenpiteillä. (Andreasson & Koivisto, 2013)

IoT-laitteisiin liittyy tietoturvallisuus riskejä, aivan samalla tavalla kuin älypuhelimiin ja tietokoneisiin. Usein tavallinen asiaan vihkiytymätön kuluttaja ei tule ajatelleeksi edes perustason suojautumista verkkouhkilta. Yksi tärkein ja helpoin vaihe on vaihtaa salasana pois oletus salasanasta. Myös päivittäminen on tärkeää muistaa, silloin ei jää takaportteja auki. (Gilchrist, 2016)

Fyysisten verkkojen tulisi olla erillään toisistaan, jotta minimoidaan verkon menettäminen esimerkiksi huoltotöissä, jos kaapeli katkeaa. Varayhteys ja varsinainen yhteys ei saisi kulkea lähellä toisiaan, jotta voidaan taata häiriötön ja katkeamaton yhteys. Verkosta tulisi olla hyvä dokumentointi ja sitä on syytä pitää ajan tasalla heti suunnittelu vaiheesta lähtien. Vika ja muutostilanteissa hyvä dokumentointi auttaa paljon verkon hahmottamisesta. Fyysisestä arkkitehtuurikuvasta selviää nopeasti kaapeloinnit, verkon aktiivilaitteet ja niiden sijainti, ja myös liittynät ulkoisiin verkkoihin. Laitelista on tarpeellinen fyysisen kuvan rinnalla, siitä selviää tarkemmin laitteiden ominaisuudet, verkko-osoitteet sekä muita tietoja kuten ylläpitäjä, käyttötarkoitus, omistaja ja niin edelleen. Myös loogisen tason arkkitehtuurikuva on tarpeen, siitä selviää eri verkkoalueet ja mahdolliset ali-verkot ja virtuaaliset verkot. Toteutetut suojaukset kuten palomuurit tulee myös dokumentoida hyvin. (Andreasson & Koivisto, 2013)

IoT-laitteet ovat vielä varsin uusi asia, joten niiden tietoturvaluusominaisuudet ovat usein vielä keskeneräisiä ja laitteet sisältävät usein useita haavoittuvuuksia. Ottaen huomioon IoT- järjestelmien laitetyyppien kirjon ja käyttöönoton moninaisuuden ei tietoturvan osalta ole mahdollisuutta yhteen ainoaa ratkaisuun, joka palvelisi tehokkaasti kaikkia mahdollisia turvallisuus vaatimuksia. Kiinteistöautomaatiossa on erittäin tärkeää, ettei kuka tahansa ulkopuolinen pääse käsiksi tärkeisiin järjestelmiin, kuten kulunvalvonta, murtohälytys, turvakamerat ja palohälytysjärjestelmät. (Westergren ym., 2017)

Perusvaatimuksia tietoturvalliseen esineiden internetiin ovat luottamuksellisuus, eheys, saatavuus, turvallinen käynnistys ja peukaloinnin havaitseminen. Ulkopuolisten ei pidä päästä salakuuntelemaan IoT-laitteiden kommunikaatiota internetiin. Laitteen tulisi olla saavutettavissa eli sen pitäisi pystyä sietämään jossain määrin häirintää. Laitteen tulisi palautua itsenäisesti mahdollisista vikatilanteista, hukkaamatta tietoa. Laitetta ei myöskään kenenkään ulkopuolisen pitäisi päästä muokkaamaan ilman, että tämä havaitaan. Kenenkään ei pitäisi päästä käynnistämään omaa koodia laitteella. (Westergren ym., 2017)

Nykyaikana kotitalouksiin hankitaan IoT-laitteita matalalla kynnyksellä enempää laitteeseen tai sen ominaisuuksiin tutustumatta. Laitteen halpa hinta ohjaa usein ostokäyttäytymistä, joten yksittäinen kuluttaja ei tule miettineeksi kokonaiskuvaa, ja sitä kuinka laitteet kommunikoivat internetiin. Yksikin suojaamaton laite huolimattomasti kytkettynä internetiin voi aiheuttaa koko sisäverkon vaarantumisen. (Westergren ym., 2017)

Iso-Britanniassa on kehitteillä uusi lakiehdotus, joka astuneen voimaan lähitulevaisuudessa. Lain mukaan Britanniassa myytävien IoT-laitteiden tietoturvassa on huomioitava jatkossa kolme perussääntöä. Ensinnäkin kaikkien internet-yhteyden muodostavien laitteiden salasanojen tulee olla yksilöiviä. Salasanoja ei pidä olla mahdollista resetoida tehdasasetuksiin. Toiseksi internet-laitteiden valmistajien on tarjottava julkisesti yhteydenotto kanava, johon kuka tahansa voi ilmoittaa haavoittuvuudesta. Ilmoituksiin tulee reagoida nopeasti. Kolmanneksi internet-laitteiden valmistajien on ilmoitettava minimiaika, jonka aikana laitteeseen on saatavilla tietoturva päivityksiä. (Palmer, 2020)

3 NODE-RED

Node-RED on IBM:n kehittämä graafinen ohjelmointityökalu. 1970-luvulla J.Paul Morrison kehitti tavan kuvata sovelluksen käyttäytymistä mustien laatikoiden verkkona tai solmuina (node). Näin syntyi idea lohkopohjaisesta ohjelmoinnista. Vuosia myöhemmin vuonna 2013 Nick O’Leary ja Dave Conway-Jones jatkoivat ja edelleen kehittivät Morrisonin ideaa ja loivat visuaalisen ohjelmointityökalun, jota kutsutaan nimellä Node-RED. (Node-RED, n.d.a)

Ohjelmat luodaan flow-näkymiin vetämällä hiirellä nodeja eli solmuja ja näiden välisiä datayhteys viivoja ruudulla. Flow-näkymiä eli kehittäjän tekemiä ohjelmia voi olla useita rinnakkain ja tarvittaessa flow-ohjelmat voivat välittää toisilleen tietoja. Kullakin solmulla on omat sisääntulot ja lähdöt ja solmu suorittaa omaa tehtävänsä välittämättä muista solmuista. Liittämällä solmuja peräkkäin ketjuiksi, voidaan toteuttaa monenlaisia toimintoja. Esimerkiksi käyttöliittymässä oleva nappi -solmu voi toimia laukaisijana (trigger) toisille solmuille, vaikkapa rele päälle. (Node-RED, n.d.a; Heath, 2014)

Nimensä Node-RED on saanut englanninkielisestä sanaleikittelystä, ”Code-RED”, tarkoittaa ”punainen koodi”. Kehittäjät halusivat antaa projektille samantyyppisen ilmauksen. Node eli suomeksi solmu, kuvastaa sekä solmun ohjelmointimallia, että taustalla olevaa Node.JS ohjelmointikieltä, joka pohjautuu JavaScript kieleen. (Node-RED, n.d.a)

Node-RED on kätevä työkalu esineiden internet (IoT) sovelluksia kehitettäessä, se yksinkertaistaa lohkojen liittämisen yhteen graafiseen näkymään. Node-RED käyttää visuaalisen ohjelmoinnin menetelmää, jossa ennalta määritetyjä koodilohkoja voidaan yhdistää toisiinsa, toteuttamaan isompaa toiminnallisuutta. (Rodger, 2016)

Node-REDlle löytyy useita valmiita toteutuksia aktiivisen kehittäjäyhteisön ansiosta. Näin siis uusia ja vanhoja protokollia saadaan kehittäjäyhteisön kautta koko ajan lisälaajennuksina. Nämä esimerkit osoittavat, että Node-REDllä voidaan tehdä ensin uudelleenkäytettäviä solmuja, joita voi edelleen soveltaa ja kytkeä eri tavoin. Näin saadaan aikaan helposti uusia sovelluksia ja integraatioita erilaisten järjestelmien välille. Solmuja on suhteellisen yksinkertaista toteuttaa itse ja näin laajentaa ohjelmointia. Node-RED solmuja koodataan Node.js eli JavaScript ohjelmointikielillä, johon koko Node-REDin toiminta perustuu. Solmujen toiminnallisuus kannattaa pitää mahdollisimman yksinkertaisena, jolloin niiden uudelleenkäyttö erilaisissa sovelluksissa on helppoa. Solmuille määritellään sisääntulot ja uloslähdöt. Solmu toteuttaa aina tiettyä ohjelmoitua omaa toimintoa, välittämättä sinänsä muiden lohkojen tilasta. Mutta liitetäessä solmuja yhteen, muodostuva kokonaisuus yhdessä voi toteuttaa monimutkaisiakin toiminnallisia järjestelmiä. (Rodger, 2016; Heath, 2014)

4 AUTOMAATIO PLC

A Programmable Logic Controller on ohjelmoitava logiikka, joka tunnetaan myös PLC:nä tai pelkkänä terminä logiikka. PLC on pieni teollisuusluokan tietokone, jota käytetään etenkin reaaliaikaisten automaatioprosessien ohjauksessa. Teollisuusluokka tarkoittaa, että laite sietää paremmin teollisuuden vaativia ympäristöolosuhteita, kuten korkeat lämpötilat, värinä, virtapiikit ja häiriöiden sietokyky on parempi, kuin kuluttajalaitteissa. Teollisuudessa käytetään PLC-laitteita erilaisten prosessien automatisointiin. (St.Michael, 2018)

4.1 PLC-laitteiden historia

PLC -laitteet on kehitetty korvaamaan sähkömekaanisia relejärjestelmiä ja niiden on tarkoitus yksinkertaistaa ohjausjärjestelmien toimintaa. Ohjelmat luodaan usein käyttämällä kaaviokuva tyyppistä ohjelmointia, jossa ohjelma kuvataan rele koskettimien kokonaisuutena. Ohjelmat voidaan usein tulostaa paperille tarkastelua varten. Ihmisen on helpompi ymmärtää tällaisia kuvallisia esityksiä, jonkun prosessin ohjausjärjestelmästä. (St.Michael, 2018)

PLC-laitteet ovat modulaarisia, joten käyttäjä voi vapaasti lisätä järjestelmään erilaisia lisätoimintoja. Vianmääritys, luotettavuus, monipuolisuus ja kustannustehokkuus on uuden ajan PLC-laitteiden vahvuus verrattuna vanhempiin laitteisiin. PLC:n eli ohjelmoitavan logiikan idea on kehitetty vuonna 1968, tätä ennen käytettiin paljon releohjauksia. Isoissa sähkökaapelissa oli paljon releitä, jotka kytkeytyivät päälle ja pois jatkuvasti. (Patti Engineering, 2018)

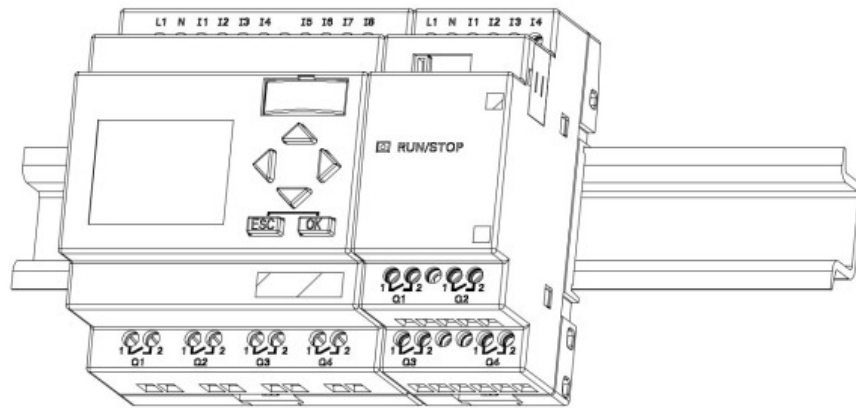
4.2 Siemens LOGO!

Yksi tällainen automaatio-PLC -logiikka on Siemens LOGO! -laite, jonka avulla voidaan tehdä esimerkiksi taloautomaatiota. Siemens on yksi Euroopan tunnetuimmista automaatiolaittevalmistajista, perinteisesti käytetty teollisuudessa. On paljon muitakin valmistajia, jotka toimittavat vastaavia laitteita. Eri laitevalmistajilla voi olla erilaisia kommunikaatiostandardeja. Jotkut valmistajat avaavat kommunikointirajapintoja paremmin kehittäjille, kuin toiset. Node-RED ohjelmistotyökaluun on saatavissa lisämoduuleita kommunikaatioon erilaisille laitteille vaihtelevasti. (Siemens, 2011)

Siemens LOGO! on pienikokoinen ja halpa yleiskäyttöinen ohjelmoitava logiikkalaite, joka on tarkoitettu pienten automaatiojärjestelmien ohjaukseen. Erityisesti Siemens LOGO! vastaa taloautomaation perustarpeisiin. (Siemens, 2011)

Kaikissa Siemens LOGO! 8 sarjan perusmoduuleissa on Ethernet-liityntä ja web-palvelinohjelma. Nämä mahdollistavat etähallinnan ja valvonnan, lähiverkon kautta voidaan ohjelmoida ja tarkastella laitteen toimintaa etäyhteydellä. Siemens LOGO! -laite on käyttöliittymältään selkeä ja helppo ohjelmoida. (Siemens, 2011)

Perusmoduuleissa on yleensä kahdeksan sisääntuloa ja neljä uloslähtöä. Lisämoduuleilla voidaan laajentaa lisää tuloja, lähtöjä ja muita signaalien lähteitä. Esimerkiksi useilta antureilta voidaan mitata lämpötiloja lisäämällä analogitulo-laajennus moduuli. (Siemens, 2011)



Kuva 1. Siemens LOGO! (Siemens, 2011)

Kuvassa 1 on esitetty Siemens LOGO! -laitteen 3D kuva. Laite on helppo asentaa DIN-kiskoon. DIN-kiskon yläpuolella olevat I1 – I8 ovat input-tuloja eli niihin voi kytkeä esimerkiksi painonappeja. Alapuolella olevat Q1 – Q4 ovat output lähtöjä, eli releitä. Releisiin voidaan kytkeä esimerkiksi lampuja, moottoreita tai äänisummereita ja muita toimilaitteita. (Siemens, 2011)

Laajennus moduuleilla voidaan lisätä tuloja ja lähtöjä. Kuvassa on liitetty yksi laajennusyksikkö perusmoduulin oikealle puolelle, tällä saadaan lisättyä neljä sisääntuloa ja neljä uloslähtöä eli releitä. Releillä voidaan ohjata lähes mitä tahansa sähkölaitetta päälle ja pois päältä. (Siemens, 2011)

Saksalaistaustainen Siemens on yksi tunnetuimmista ja luotetuimmista laitevalmistajista automaation saralla. Siemensin laitteita käytetään maailmanlaajuisesti erilaisissa automaation tarpeissa. Kilpailijoita Siemens laitteille valmistavat muun muassa General Electric, Alstom ja 3M. (Bhasin, 2018)

5 RASPBERRY PI

Raspberry Pi on yhden piirilevyn minitietokone, se on luottokortin kokoinen mutta suorituskyvyltään samaa luokkaa, kuin muutaman vuoden takainen tavallinen pöytätietokone. Laite ei sisällä kovalevyä, vaan käyttäjä itse lataa halutun käyttöjärjestelmän SD-muistikortille. Käytettäessä NOOBS -tyyppistä (New Out Of Box Software) asennuspakettia, internetistä ladataan .zip -tiedosto, joka puretaan muistikortille. Kun muistikortti kiinnitetään Raspberry Pi-laitteeseen, osaa laite itse aloittaa Raspbian Linux -käyttöjärjestelmän asennuksen muistikortilta. Raspbian-käyttöjärjestelmästä on tehty mahdollisimman helppo ja aloittelija ystävällinen. (Gale, 2019)

5.1 Raspberry Pi-laitteiden historia

Raspberry Pi-laitteen historia alkaa vuonna 2006 Cambridgen tietoteknisestä korkeakoulusta. Tuolloin Cambridgen opiskelijoina olleet Eben Uton, Rob Mullins, Jack Lang sekä Alan Mycroft olivat huomanneet opiskelijoiden tietotekniikan perustaitojen puutteen. 1990-luvun hakijat osasivat enemmän käyttöjärjestelmien perusteita kuin 2000-luvun hakijat. Niinpä Uton, Mullins, Lang ja Mycroft alkoivatideoimaan helppokäyttöistä ja ennen kaikkea halpaa alustaa, jonka avulla olisi helppo opettaa ohjelmointia ja tietotekniikan perusteita ja ohjelmointia. Alun perin he arvioivat, että laitteita myytäisiin noin kymmenen tuhatta, mutta Raspberry Pi-minitietokoneita on myyty miljoonia, ympäri maailman. (Maclean, 2019)

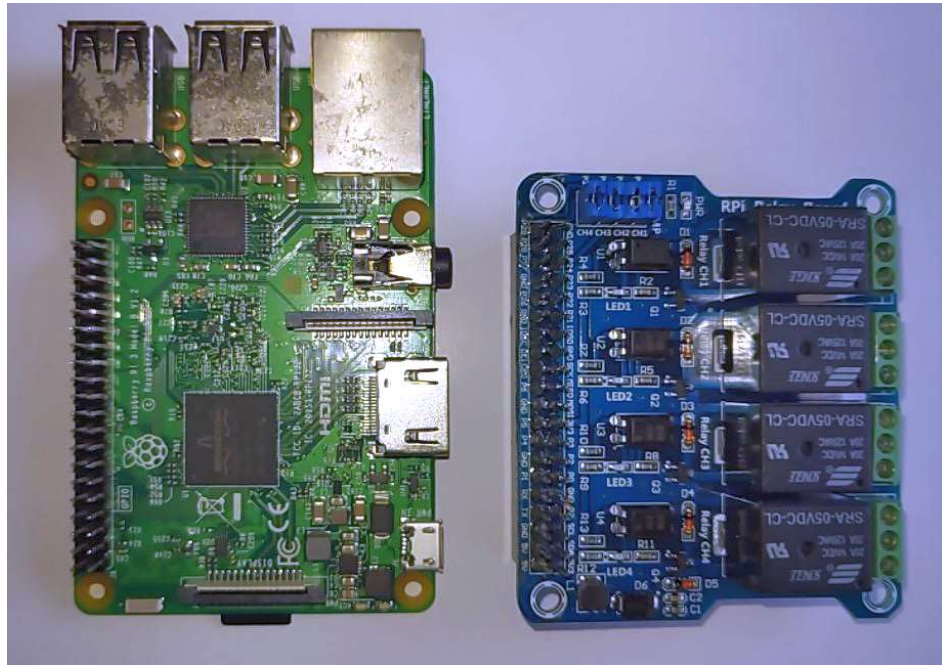
Nimensä Raspberry on saanut leikillisesti pitkän perinteen seurauksena. Tietokoneita on nimetty hedelmien mukaan jo aikaisemmin. Esimerkiksi Apple Macintosh ja Apricot, joiden nimet valittiin hedelmien mukaan jo 1970- 80-luvulla. Lyhenne Pi viittaa ohjelmointikieli Pythonin lyhenteseen. Raspberry Pi -tietokonetta voidaan ohjelmoida Python-kielillä. (Cox, 2014, s. 8)

Raspberry Pi -tietokoneista on tullut useita versioita, kehitystyö jatkuu edelleen. Vuonna 2012 julkaistiin Raspberry Pi 1 Model B, joka oli ensimmäinen markkinoille tullut laite. Alhaisen hintansa vuoksi se nousi suosituksi laitteeksi lyhyessä ajassa. Laitteen yksi hienous oli sen tulo- ja lähtöliittimet (GPIO), jotka mahdollistivat erillisten antureiden lisäämisen ja näin laajensi laitteen toiminnallisuutta. (Hitaltech, 2018)

5.2 Raspberry Pi 3 B

Tässä opinnäytetyössä käytetty Raspberry Pi -tietokone on kolmannen sukupolven versio, joka on julkaistu vuonna 2016. Raspberry Pi 3 B on asennettu NOOBS- paketti, joka sisältää Raspbian- käyttöjärjestelmän, jonka

oletussalasana on muutettu. Start -valikosta löytyvällä asetustyökalulla VNC ja SSH, eli salasanasuojatut etäyhteydet otetaan käyttöön.



Kuva 2. Raspberry Pi 3 B -tietokone ja rele-lisäkortti

Kuvassa 2 vasemmalla on Raspberry Pi 3 B -tietokone ja oikealla on rele lisäkortti Raspberry Pille. Raspberry Pin vasemmassa laidassa näkyy piikkirima liitin, jossa on 40 kappaletta liityntäpinnejä (GPIO). GPIO-pinneistä noin 26 kappaletta voidaan ohjata ohjelmistosta käsin. Loput pinneistä ovat sähkösyöttöä varten erilaisille mahdollisille lisäantureille ja lisäkorteille. (Raspberry Pi Foundation, n.d.)

Raspberry Pi 3 B -laitteeseen on mahdollista liittää GPIO ulkopuolisia antureita ja lisäkortteja, kuten kuvassa 2 oikealla näkyvä rele lisäkortti. GPIO-pinnejä voidaan käyttää tiedon lukemiseen (input) tai kirjoittamiseen (output), GP tarkoittaa sanoja general purpose eli yleiskäyttöinen. (Raspberry Pi Foundation, n.d.)

Joillain Raspberry Pi -tietokoneen piikkiriman pinneillä on erikoisominaisuuksia kuten PWM-, SPI-, I2C- ja serial-väylät. Softalla on mahdollista käyttää tällaisia pinnejä erilaisiin tiedonsiirtoväylä toteutuksiin. Esimerkiksi löytyy useita lämpötila-antureita, jotka on helppo kytkeä I2C-väylälle. Raspberry Pi pystyy lukemaan lämpötiloja tällaiselle väylälle kytketyiltä useilta lämpötila-antureilta. (Raspberry Pi Foundation, n.d.)

6 KÄYTÄNNÖN TESTAUS

Käytännön testausta varten rakennettiin oma kehitysympäristö, jossa pystyttiin vapaasti kokeilemaan ja toteuttamaan toiminteita turvallisesti. Testausympäristö koostui Raspberry Pi-tietokoneesta, kytkimestä ja Siemens LOGO! PLC-laitteesta. Raspberry Pi kytkeytyi tässä testausympäristössä Internetiin langattomasti Wifi-verkkoyhteyden kautta. Mikäli käytössä ei olisi ollut Siemens LOGO! -laitetta, Raspberry Pin omia GPIO-pinnejä olisi voinut käyttää testauksessa simuloimaan signaali tuloja ja lähtöjä.

Raspberry Pi kytkeytyi Siemens PLC-laitteeseen CAT6-kaapelilla, oman toimilaitteverkkokytkimen kautta. PLC-laitteiden tuloihin ja lähtöihin voitiin kytkeä esimerkiksi lamppuja, moottoreita, äänisummereita, lämpöantureita testaus tarpeen mukaan. Kehitysympäristössä käytettiin kiinteitä IP-osoitteita Raspberry Pi -tietokoneelle, Siemens PLC:lle ja kannettavalle tietokoneelle. Liitteestä 2 ja 3 löytyy ohjeet, kuinka kiinteät IP-osoitteet asetettiin laitteille. Taulukossa 1 esitetään kehitysympäristön IP-osoitteet.

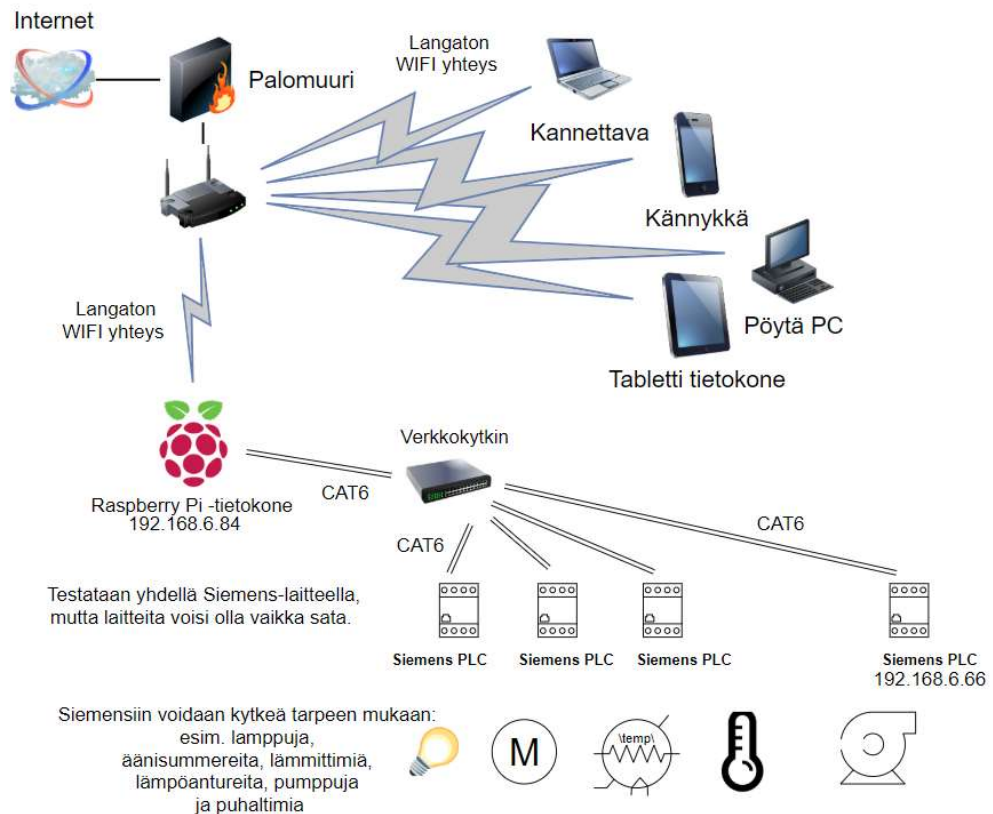
Taulukko 1.

Laite	IP-osoite (LAN kytkin)	IP-osoite (WIFI-mokkula)
Raspberry Pi	192.168.6.84	192.168.1.XXX (DHCP antaa)
Siemens LOGO!	192.168.6.66	
Siemens LOGO!	192.168.6.XX (voi olla monta LOGOa, samassa 6 aliverkossa.)	

Taulukosta 1 nähdään, että Raspberry Pi -tietokoneella oli kaksi verkkoyhteyttä. Raspberry Pi keskusteli kahteen verkkoon yhtä aikaa. Siemens-laitteet olivat vain aliverkon 6 avaruudessa, näin ne eivät olleet suoraan yhteydessä Internetiin. Ainoastaan Raspberry Pi -tietokone keskusteli Wifi-yhteyden kautta aliverkkoon 1, joka oli yhteydessä internetiin. Automaatio laitteita ei pitäisi koskaan yhdistää suoraan Internetiin tietoturva syistä.

Raspberry Pi suojeli Siemens- laitteita ulkopuolisilta hyökkäyksiltä internetistä. Raspberry Pi -tietokoneeseen on mahdollista asentaa esimerkiksi Fail2ban ja muita suojaavia tietoturva ohjelmia, joita ei ole yleensä mahdollista suoraan asentaa automaatio laitteisiin. Voitiin lisätä myös logi- kirjoituksia, jotta nähdään mistä otetaan yhteyksiä. Tarvittaessa oli mahdollista myös sallia yhteydenotot vain tietyistä turvallisiksi tunnistetuista IP-osoitteista. Näin pystyttiin lisäämään ja ottamaan käyttöön tietoturva ominaisuuksia, joita ei yleensä löydy kaupasta ostettavista valmiiksi rakennetuista kotiautomaatio laitteista.

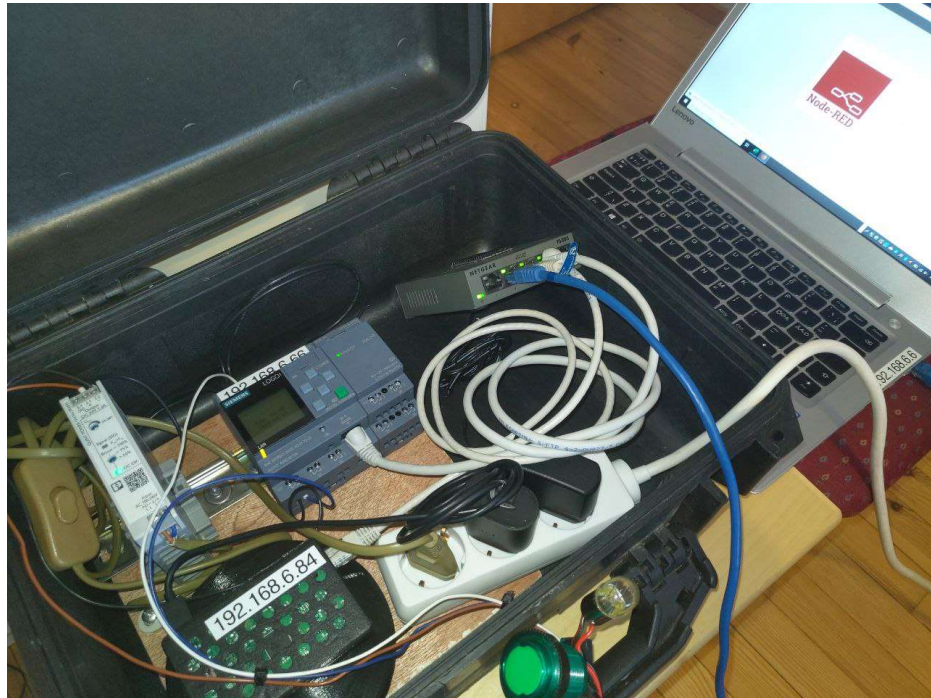
Kuva 3 esittää testausympäristön kaaviokuvana. Kuvasta nähdään, että Siemens PLC -laite oli kiinni CAT6-johdolla kytkimeen ja sen kautta Raspberry Pi -tietokoneeseen. Raspberry Pi oli langattomassa yhteydessä Wifi-reitittimeen ja ainoastaan Wifi-reitittimen kautta oli pääsy Internetiin.



Kuva 3. Testausympäristö

Nyt luodussa testausympäristössä käytössä ei ollut kuin yksi kappale Siemens LOGO! PLC-laitteita. Tarvittaessa olisi ollut mahdollista lisätä Node-RED -ohjauksen alle useita, kymmeniä tai jopa satoja PLC-laitteita. Sekä määrittää niille tarvittava IP-avaruus. Esimerkiksi isossa kiinteistössä voitaisiin lisätä yksi etäohjattu PLC-laite jokaiseen sähköohjauskeskukseen. Näin kyettäisiin ohjaamaan koko kiinteistön valaistusta, tuulettimia, verhoja ja lämmitystä tarpeen sekä tilanteen mukaan. Yön ajaksi voitaisiin ohjelmoida PLC-laite pienentämään lämmitystä ja ilmastointia, sekä himmentämään valaistusta. Olisi mahdollista myös kytkeä ovihälytyksiä päälle ja suorittaa kulunvalvontaa.

Jotta pystyttiin kehittämään ohjelmistoa ja esittelemään opinnäytetyön ideaa, päätettiin rakentaa pienikokoinen ja siirrettävä testausympäristö salkkuun. Salkkua voitiin kuljettaa tarvittaessa kouluun ja kotiin. Salkkuun asennettiin verkkokytin, Raspberry Pi, Siemens LOGO! ja näiden vaatimat virtalähteet. Lisäksi tässä testaus- ja kehitysympäristössä oli yksi painonappi ja yksi merkkilamppu, jota voitiin ohjata päälle ja pois releen kautta. Internet yhteys Raspberry Pi -tietokoneelle yhdistyi Wifi-verkon kautta. Mukana voitiin tarvittaessa kuljettaa pientä Wifi-reititin mokitusta.



Kuva 4. Salkkuun rakennettu kehitysympäristö

Liitteessä 1 käydään läpi Raspberry Pi -tietokoneen käyttöjärjestelmän asentaminen, käyttäen NOOBS asennustapaa. Tämä on helpoin vaihtoehto vasta-alkajalle. Tietokoneliikkeitä myyvät valmiita NOOBS-muistikortteja, mutta sellaisen tekeminen onnistui myös helposti itse, lataamalla zip-tiedosto Internetistä ja lataamalla tiedostot alustetulle muistikortille.

6.1 Node-RED ohjelmointityökalun ottaminen käyttöön

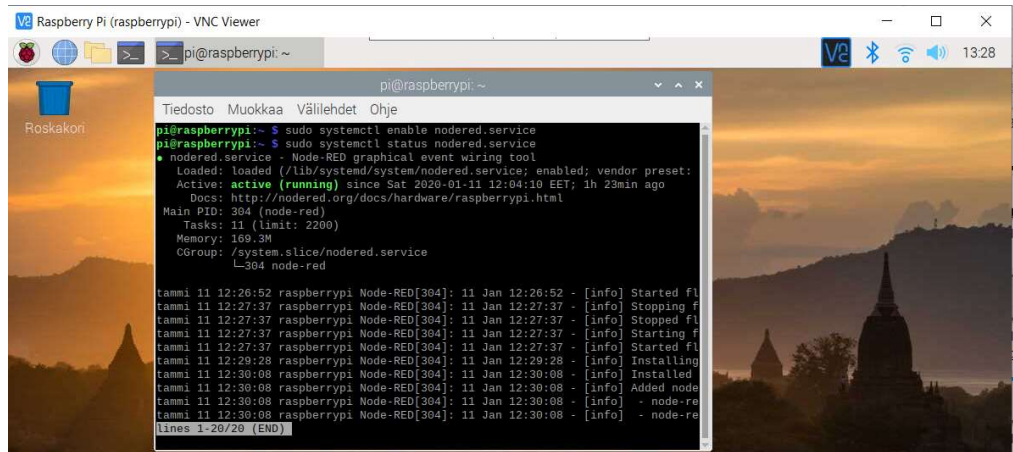
Node-RED oli jo valmiiksi asennettuna Raspberry Pi:n NOOBS-asennuspakettiin. Se pystyttiin ottamaan käyttöön taustapalveluksi, joka käynnistyi automaattisesti, kun Raspberry Pi käynnistyi. (Node-RED, n.d.b)

Avattiin terminaalit ja kirjoitettiin komento (Komentosarja 1):

```
sudo systemctl enable nodered.service (1)
```

Tämä komento käski Node-REDin käynnistymään taustapalveluna aina, kun Raspberry Pi -tietokone käynnistyi. Jotta tämä asetus astui voimaan, oli Raspberry Pi käynnistettävä uudelleen.

Kun taustapalvelu oli käynnissä taustalla, voitiin selaimen kautta käyttää Node-REDiä. Raspberry Pi tarjosi verkkoon Node-RED -palvelua serverinä ja asiakkaat eli verkkoselaimet pystyivät ottamaan yhteyttä palveluun. Oletuksena Node-RED -palvelu vastaa pyyntöihin TCP-porttia 1880 käyttäen. Tätä porttia voidaan tarvittaessa muuttaa Node-RED:n asetus tiedostoja määrittelemällä.



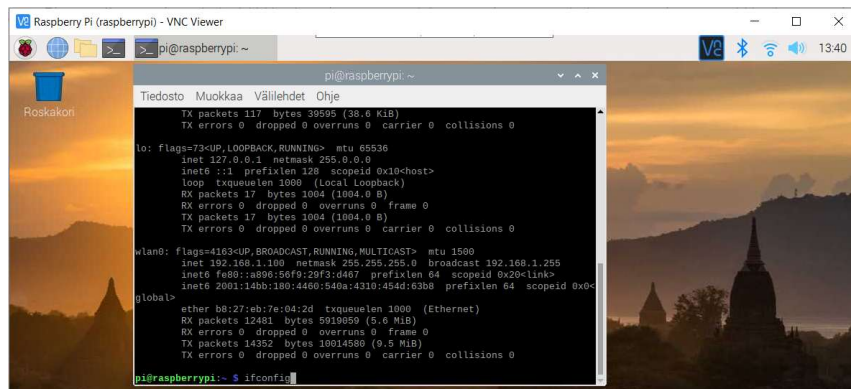
Kuva 5. Node-REDin asettaminen taustapalveluksi

Kuva 5 näyttää kuinka voitiin tarvittaessa komentokehotteessa kysyä Node-RED taustapalvelun tilatieto. (Komentosarja 2)

```
sudo systemctl status nodered.service (2)
```

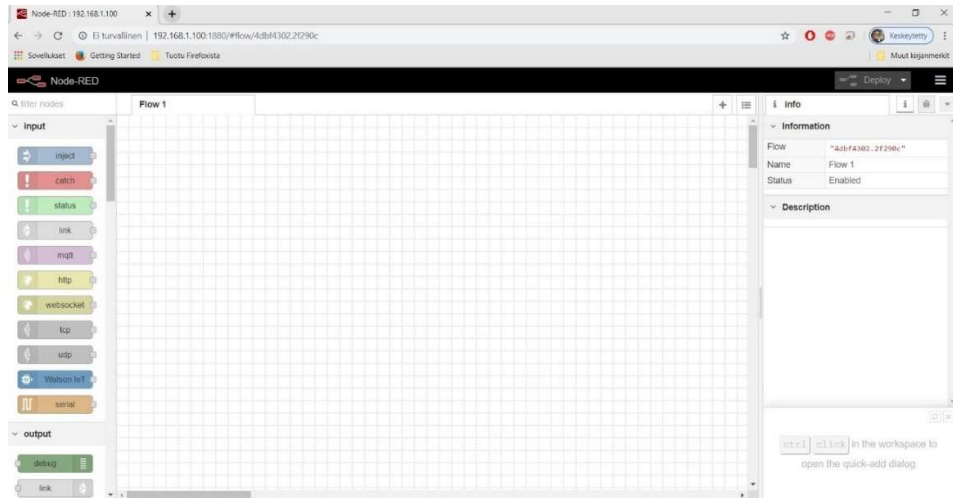
Seuraavalla komennolla voitiin tarkastaa mikä oli Raspberry Pi -tietokoneen IP-osoite lähiverkossa, kun oli kytkeydytty esimerkiksi Wifi-tukiasemaan. (Komentosarja 3)

```
ifconfig -a (3)
```



Kuva 6. IP-osoitteen selvittäminen ifconfig-komennolla

Kuva 6 näyttää, että Raspberry Pi -tietokoneen Wifi-portin osoite oli tässä tapauksessa 192.168.1.100. Kun Node-RED taustapalvelu oli käynnissä Raspberri Pillä, voitiin kytkeytyä Node-RED ohjelmointiympäristöön miltä tahansa samaan Wifi-lähiverkkoon kytketyltä laitteelta. Näin oli mahdollista avata Windows -tietokoneen selaimella Node-REDin käyttöliittymä esille langattoman verkon kautta. Avattiin selain ja kirjoitettiin osoiteriville Raspberry Pin Node-RED palvelun IP- osoite: <http://192.168.1.100:1880>

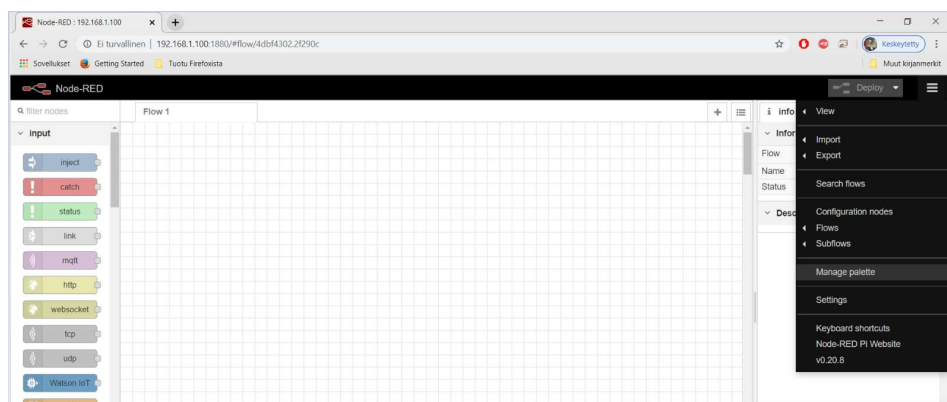


Kuva 7. Node-RED perusnäkökymä

Node-RED perusnäkökymä ensimmäisellä avauskerralla oli Kuva 7 mukainen, Flow 1 oli tyhjä taulu, johon voitiin luoda ensimmäinen testiohjelma. Ruudun vasemmassa laidassa näkyy solmu(node) -työkalupakki. Ruudun oikeassa laidassa näkyy kuvauslomake, johon voitiin täyttää selite kehittevästä ohjelmasta. Tämä sanallinen kuvaus on lähinnä tekstiä ihmisiä varten, jos siirretään flow ohjelmia kehittäjältä toiselle. (Node-RED, n.d.c)

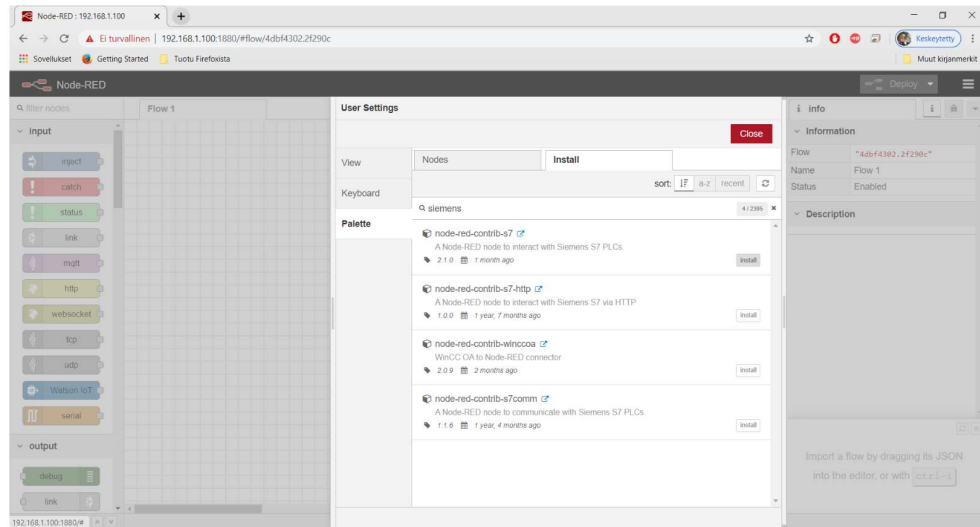
6.2 Node-RED lisämoduulien asentaminen Palette Managerin kautta

Seuraavaksi asennettiin Node-REDiin lisämoduuleita, kuten kommunikointi Siemens PLC-laitteelle ja Node-RED dashboard web-liittymä toteutus. Lisämoduulien asennus tapahtui Node REDn oman pakettinhallintatyökalun Palette managerin kautta. (Node-RED, n.d.c)



Kuva 8. Palette Managerin avaaminen

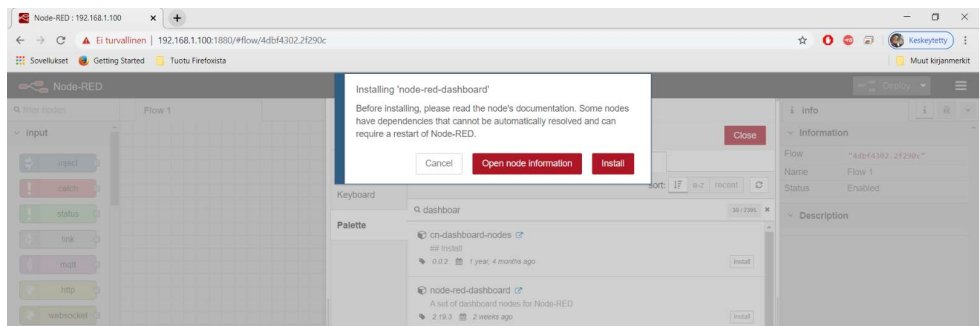
Kuvassa 8 näkyvän Palette managerin avulla voitiin etsiä valmiita lisämoduuleita etsintä -työkalun avulla (search). Kun sopiva lisämoduuli löytyi, voitiin yksinkertaisesti painaa Install -painiketta, jolloin lisämoduuli asentui Node-RED ohjelmointityökalun node -työkaluvalikkoon. (Node-RED, n.d.c)



Kuva 9. Lisäosien asennus Palette manager

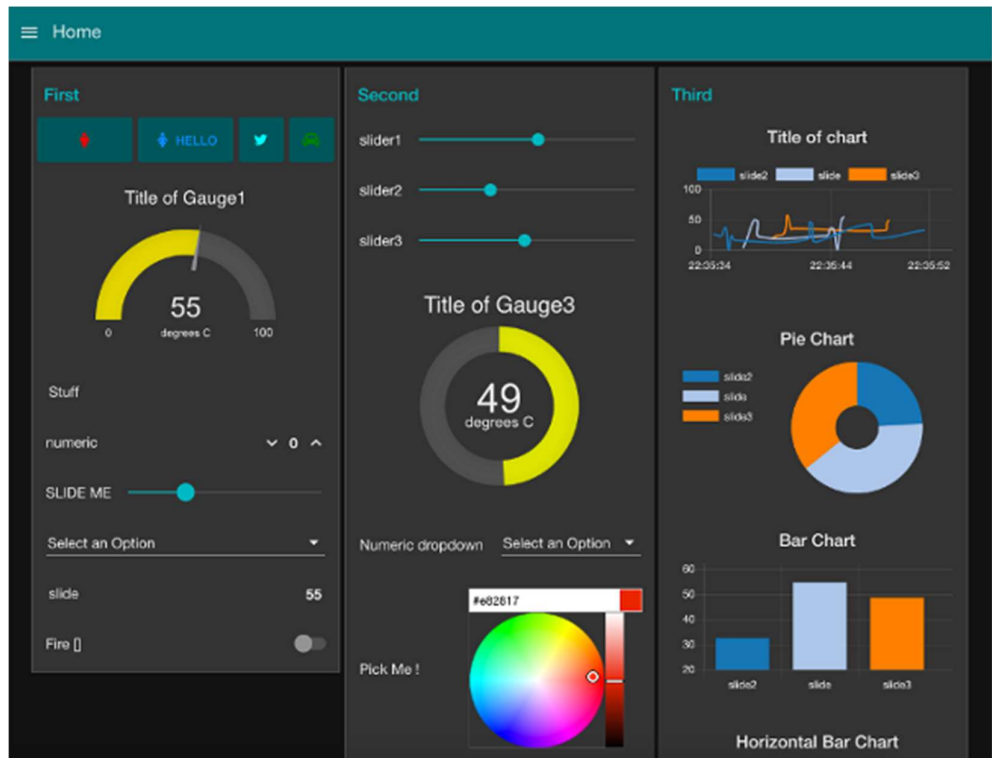
Kuvassa 9 näkyy Palette managerin install -valikko, jonka kautta oli mahdollista etsiä haluttuja moduuleja. Moduulit asentuivat yksinkertaisesti painamalla Install – painiketta. (Node-RED, n.d.c)

Tässä työssä asennettiin Palette managerin kautta tarvittavat Siemens kommunikointi lisämoduulit. Sen lisäksi asennettiin myös Dashboard moduuli, jotta voitiin tehdä web-käyttöliittymä.



Kuva 10. Lisäosien asennus Palette manager

Kuvassa 10 asennetaan Dashboard lisämoduuli, jonka avulla saatiin helposti luotua web-käyttöliittymä. Käyttöliittymässä pystyttiin esittämään reaaliaikaista tietoa graafisesti. Selaimessa web-sivulla voitiin esittää esimerkiksi lämpötiloja viivadiagrammeina. (Node-RED, n.d.c)



Kuva 11. Node-Red dashboard (Node-RED, n.d)

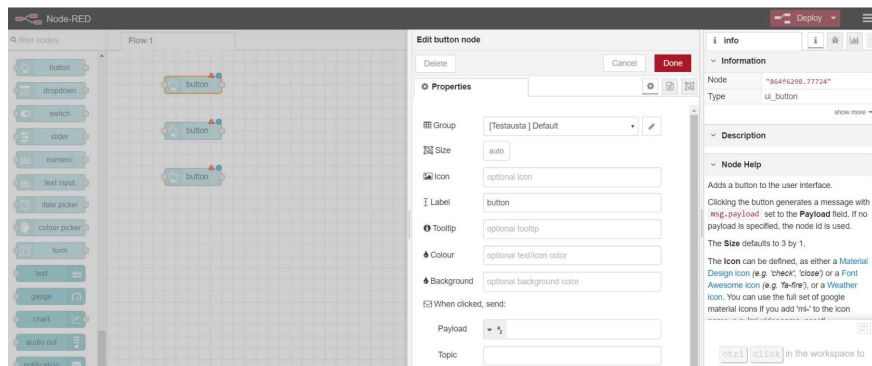
Kuvassa 11 on esimerkki erilaisista graafisista elementeistä, joita on mahdollista käyttää web-käyttöliittymässä. Viisarinäyttöjä tai palkkinäyttöjä voidaan käyttää esittämään jonkun mitattavan suureen arvoa. Painikkeita ja vetokytкимиä voidaan lisätä, jos halutaan ohjata web-käyttöliittymän kautta jotain tai muuttaa säätöarvon tilaa. On mahdollista luoda erilaisia näkymiä tarpeen mukaan. Voidaan esittää graafisesti verkkoselaimen ruudulla halutulla tavalla, onko talon eri huoneistojen valot päällä. Tai näyttää ovien lukitustietoja tai lämpötiloja huoneistojen pohjapiirroksinäkyssä. (Node-RED, n.d.c)

7 NODE-RED DASHBOARD WEB-KÄYTTÖLIITTYMÄN LUOMINEN

Kaikki edeltävät toimenpiteet tehtiin edellä kuvatusti, jotta voitiin alkaa luomaan varsinaista web-käyttöliittymää. Pyrittiin luomaan ensin hyvin yksinkertainen web-sivu, jotta kyettiin ohjaamaan laitteita helposti päälle ja pois päältä. Selaimella saatiin avattua perus web-näkymä esille osoitteesta <http://192.168.1.100:1880/ui>. Osoitteesta aukeavassa sivussa on perusnäkyssä ensin vain tyhjä sivu ja otsikkotekstinä Default. Yhteys ei ollut nyt vielä kehityksen alkuvaiheessa salattu. Https-protokollan TLS/SSL-salaus tehtiin myöhemmin. Aloitettiin ensimmäisen flow-ohjelman luominen lisäämällä ensimmäiseksi ruudulle muutama painike, joiden avulla voitiin toteuttaa joku tietty toiminto.

7.1 Kolme ohjaus nappia

Luotiin kolme painiketta, joille jokaiselle annettiin oma tehtävä. Painikkeet nimettiin Napeiksi. Nappi 1 toistaa ääntä, Nappi 2 tulostaa ruudulle ilmoituksen hetkeksi ja Nappi 3 tulostaa tekstiä ruudulle tekstikenttään.

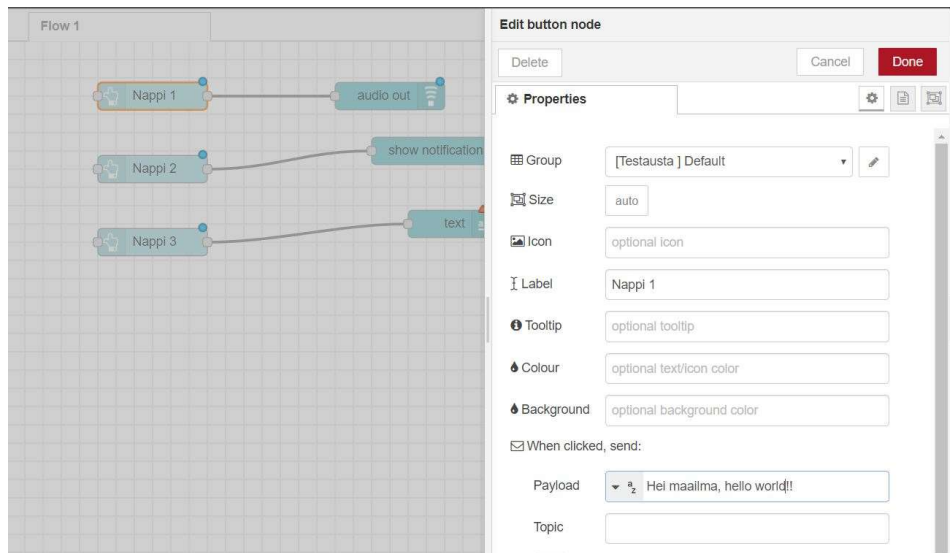


Kuva 12. Lisättiin nappeja käyttöliittymään

Node-RED flow -editori aukaistiin verkkoselaimeen IP-osoitteesta <http://192.168.6.84:1880>. Flow -editori avautui ruudulle, keskellä on ensin tyhjä työalue, johon alettiin rakentamaan graafisesti ohjelmaa.

Kuvassa 10 vasemmalla palkissa on valikko, josta löytyy saatavilla olevat nodet, joita voidaan käyttää luotaessa flow-ohjelmia. Dashboard kohdan alta löytyy button, eli suomeksi nappi. Näiden avulla voidaan lisätä toiminnallisia painikkeita dashboard web-käyttöliittymään.

Vedettiin hiirellä kolme nappia flow-työalueelle. Flow editorin alueella toimi myös kopioi ja liitä toiminto, "Ctrl + c" ja "Ctrl + v" näppäinyhdistelmillä. Node-REDn ohjelmointikehitys nopeutuu ja tehostuu kun käytetään pikatoimintoja, kuten kopioi ja liitä näppäintoimintoja.

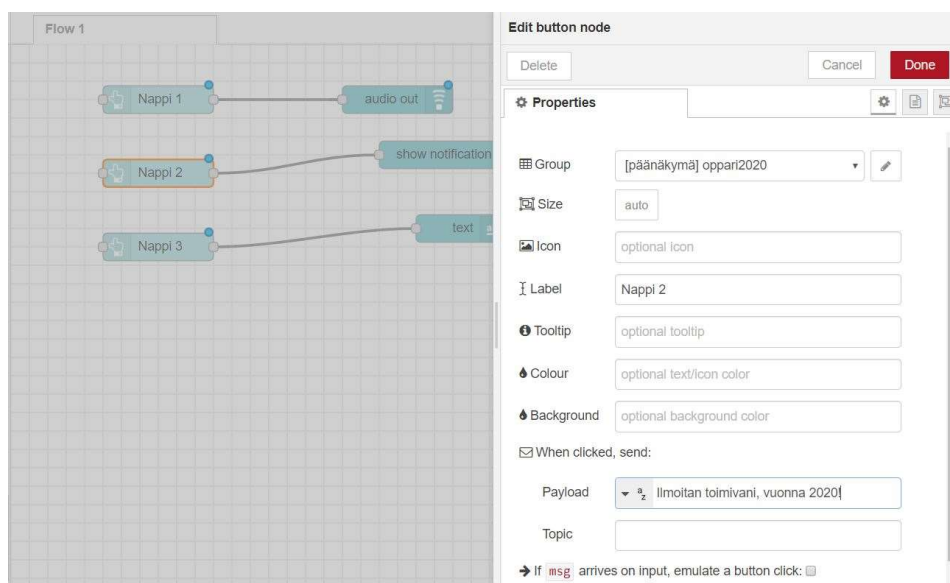


Kuva 13. Annettiin ohjausnapille nimi ja funktio

Napeille annettiin nimet (Label), jotka näkyivät web-käyttöliittymässä. Samalla määritettiin myös toiminnallisuus Napeille. Kuvassa 13 on lisätty nappien jälkeen kolme eri toiminnallisuus nodea eli vedetty yhteys solmujen välille.

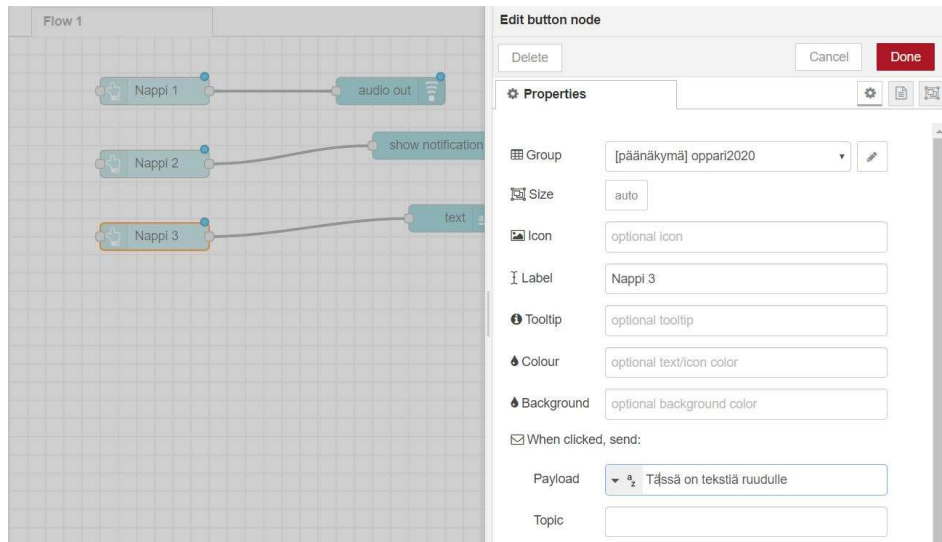
Nappi 1 kytkettiin Audio out -solmuun. Napille asetettiin funktio, lähetä viesti, kun nappia painetaan. Eli kun Nappi 1 painetaan käyttöliittymässä, viesti "Hei maailma, hello world!" lähetetään ääni ulos solmulle, jolloin kyseinen viesti kuuluu verkkoselainta käyttävän laitteen kaiuttimista.

Samaan tapaan, asetettiin Nappi 2:lle ja Nappi 3:lle omat toiminnallisuudet.



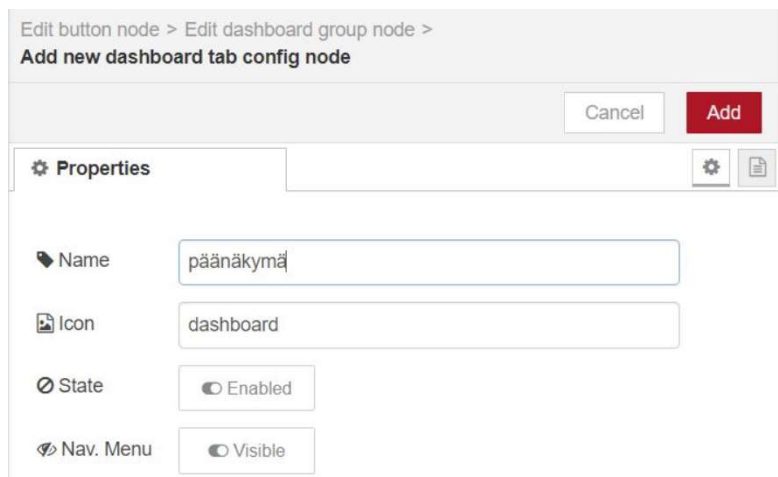
Kuva 14. Toiminnallisuuden asettaminen Nappi 2:lle.

Kuvassa 14 asetettiin Nappi 2:lle viesti, ”Ilmoitan toimivani, vuonna 2020!”, joka välittyi edelleen Show notification -solmulle. Tällöin kyseinen viesti tuli ilmoituksena hetkeksi näkyviin web-käyttöliittymässä aina, kun Nappia 2 painettiin.



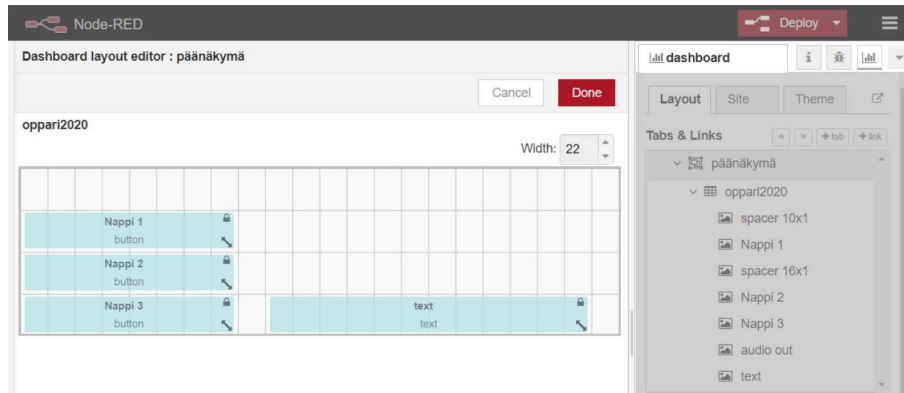
Kuva 15. Toiminnallisuuden asettaminen Nappi 3:lle.

Kuvassa 15 asetettiin Nappi 3:lle viesti, ”Tässä on tekstiä ruudulle” lähetys text -solmulle. Tällöin kyseinen viesti tulee ruudulle näkyviin, teksti sarakkeeseen, kun Nappia 3 painetaan.



Kuva 16. Dashboard Group

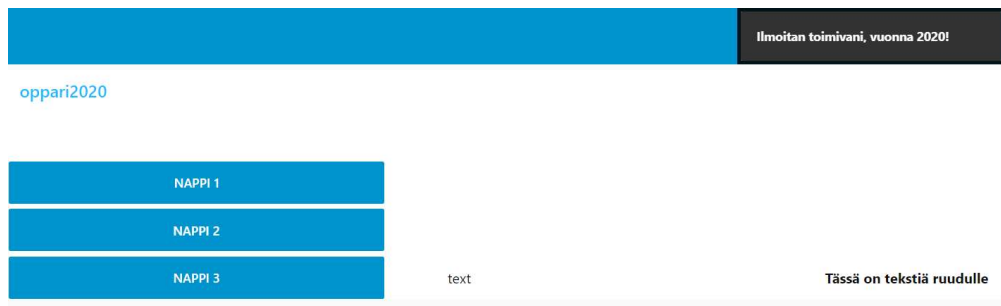
Kun flow -työalueelle lisättiin solmuja, jotka tuottivat dataa web-liittymälle, ne täytyi määrittää johonkin tiettyyn solmu -ryhmään ja Tab-näkymään. Ryhmiä ja näkymiä voi olla useita. Kuvassa 16 nähdään näkymä editori (Layout editor), jota käytettiin määrittelemään, miten erilaiset solmut ja niiden tuottama data näytettiin web-käyttöliittymässä.



Kuva 17. Dashboard web-käyttöliittymän layout -editori

Kuvassa 17 näkyy, miten määriteltiin kolme nappia web-näkymässä vasempaan laitaan ja tekstisarake Napin 3 oikealle puolelle. Kun määrittely oli tehty painettiin Done -nappia, jolloin näkymä tallentui talteen. Sen jälkeen painettiin flow-editorin Deploy -nappia, jolloin juuri rakentamamme flow tallentui ja se käännettiin ajettavaan muotoon. Ohjelma käynnistyy aina tallennuksen jälkeen automaattisesti, mikäli ohjelmassa ei ole toiminnallisia virheitä.

Luotu flow käynnistyi ajoon taustalle Raspberry Pi -laitteelle. Tämän jälkeen pystyttiin ottamaan kannettavalla Windows tietokoneella Chrome selaimella yhteys Raspberry Pin Node-Red palvelun osoitteeseen: <http://192.168.6.84:1880/ui>.



Kuva 18. Ensimmäinen luotu Web-käyttöliittymä

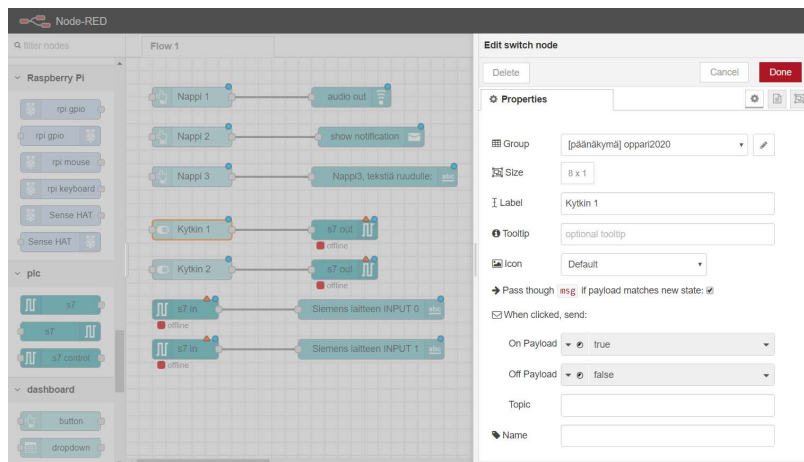
Kuvassa 18 näkyy, miltä web-liittymä näytti selaimen ruudulla. Nappeja painettaessa, Node-RED toteutti niille määritetyt toiminnallisuudet. Nappia 1 painettaessa, kaiuttimista kuului "Hei maailma, hello world". Nappia 2 painettaessa, ruudulle tulostui oikeaan yläkulmaan hetkeksi ilmoitus "Ilmoitan toimivani vuonna 2020". Nappia 3 painettaessa, teksti sarakkeeseen ruudulle tulostui "Tässä on tekstiä ruudulle".

Tämä oli yksinkertainen esimerkki, miten voitiin toteuttaa web-käyttöliittymä ja testata sen toimivuus. Web-käyttöliittymää voitiin käyttää eri selaimilla kuten Firefox ja Chrome. Testattiin käytettävyys myös erilaisilla

laitteilla kuten kannettava tietokone, tabletti ja älypuhelin. Testattaessa eri laitteita näiden tuli luonnollisesti olla kytkettynä samaan langattomaan Wifi-verkkoon, kuin Raspberry Pi. Jos Raspberry Pi -tietokone yhdistettiin Internetiin, tällöin tätä samaa web-käyttöliittymää pystyttiin käyttämään myös Internetin kautta. Tietoturva-asiat tuli tietysti pitää mielessä, aina kun Raspberry Pi yhdistettiin Internetiin. Salattu liikennöinti ja salasanasuojaukset piti asettaa päälle, ennen Internettiin kytkemistä.

7.2 Kommunikointi Siemens -laitteelle

Nyt kun saatiin testattua web-käyttöliittymän toimivuus, voitiin lisätä lisää solmuja työstettävään flow-ohjelmaan. Lisättiin solmuja, joiden avulla voitiin kommunikoida Siemens PLC -laitteelle.



Kuva 19. Siemens PLC kommunikoinnin lisääminen

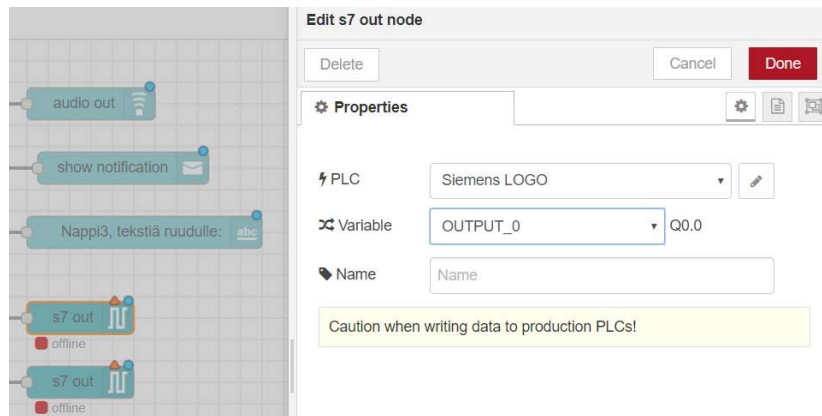
Kuvassa 19 näkyy, miten lisättiin työalueelle Kytkin 1 ja Kytkin 2 käyttäen dashboard switch -solmua. Dashboard switch on liukukytkin, jonka avulla voidaan kytkeä joku asia päälle tai pois. Lisäksi otettiin käyttöön s7 input- solmuja ja s7 output- solmuja. Näiden tarkoitus oli demonstroida s7 Siemens kommunikaatiota. Node-RED web-käyttöliittymästä, voitiin käyttää vetokytintä 1 (dashboard switch), jolloin voitiin lähettämään output -viesti Siemens LOGO! -laitteelle. Eli yksinkertaisesti pystyttiin laittamaan rele päälle tai rele pois päältä Siemens -laitteessa.

Oli myös mahdollista lukea tietoa Siemens -laitteelta input -solmulla. Esimerkiksi s7 in -solmusta on kuvassa 19 vedetty yhteys text -solmulle, jolloin Siemens -laitteen input signaali tulotieto esitetään web-käyttöliittymässä text -sarakeessa. Eli ruudulle tulostui true tai false riippuen Siemens -laitteen input -sisääntulon tilasta.

Koska s7 -solmuja on mahdollista käyttää useiden ohjausverkkoon Siemens laitteiden ohjaamiseen, täytyi s7-solmuille esitellä IP-osoite ja TSAP-numero. Eli täytyi määritellä mihin verkkoon kytkettyyn Siemens-laitteeseen ja mihin sen rekisteriavaruuteen oltiin ottamassa yhteyttä.

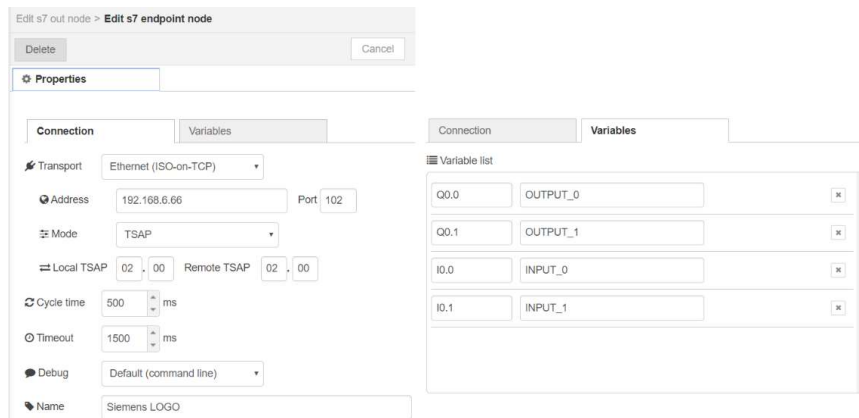
Tuplaklikkaamalla hiirellä s7 -solmuja avautui ruudulle ikkuna, jossa nämä asetukset määritellään. Kuvassa 20 nähdään edit -osio, josta päästiin tekemään tarvittavat muutokset.

TSAP-numeron periaate pohjautuu aikaan, jolloin PLC-laitteissa ei vielä ollut Ethernet-yhteyksiä. Tuolloin käytettiin paljon erilaisia väyläratkaisuja ja piti tietää laitteen sijainti väylällä. Nykyisin Siemens PLC -laitteissa, näillä osoite numeroilla erotetaan eri laitteet toisistaan, kun ne on kytketty samaan Ethernet -lähiverkkoon.



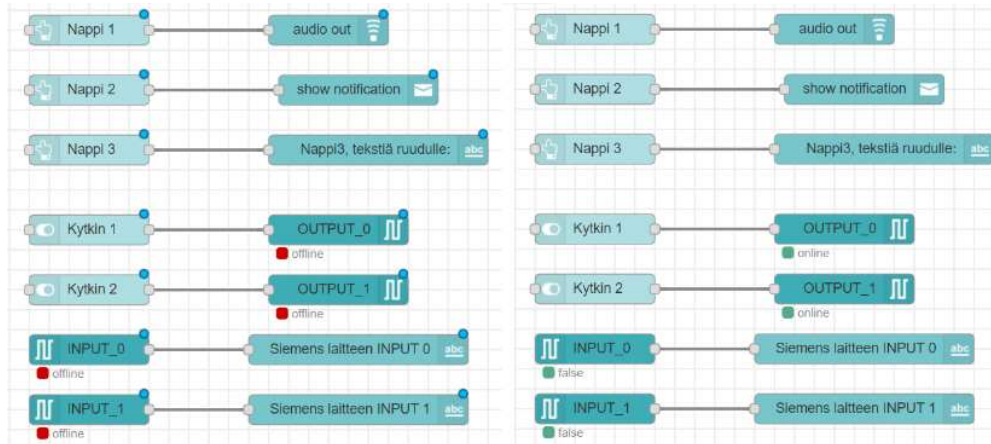
Kuva 20. Määritelty s7 -solmulle verkko-ominaisuudet

Kuvassa 20 nähdään miten Output_0 määritettiin toimimaan Q0.0 releen kanssa. Siemens LOGO! -laitteen ensimmäinen rele aktivoituu, kun tämä rekisteri vaihtaa tilaa boolean arvosta false, boolean arvoon true.



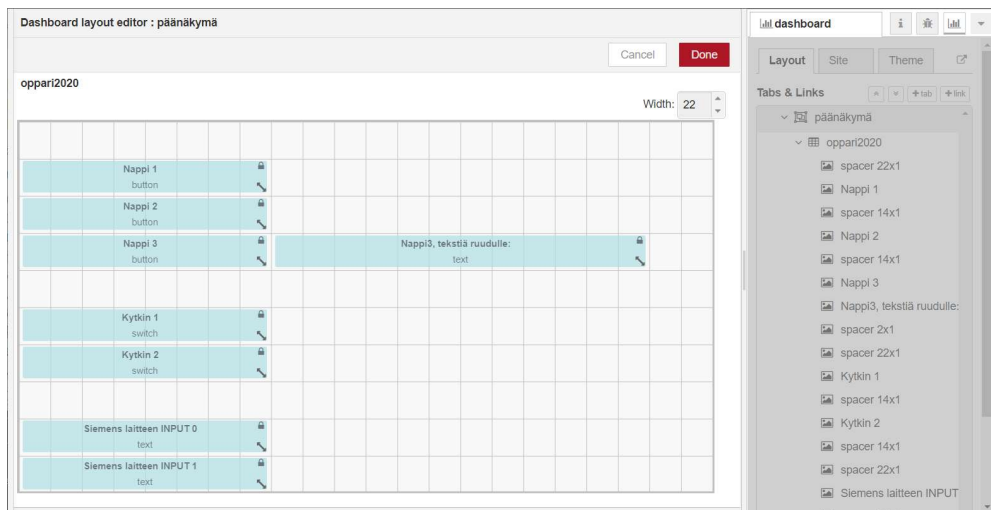
Kuva 21. Määritelty IP-osoite ja TSAP-rekisteriavaruus

Kuvasta 21 nähdään kuinka Siemens LOGO! -laitteen staattinen IP-osoite sidottiin Node-RED ohjelmistossa laitteelle nimeltä Siemens LOGO. Samoin kuvassa 21 oikealla näkyy ulos- ja sisääntulojen määritykset. Kun nämä määritykset oli tehty, voitiin painaa flow-editorissa Deploy-painiketta, jolloin ohjelma kääntyi ja käynnistyi Node-RED alustalle. Näiden määritysten ansiosta kommunikointi kyseiselle Siemens PLC-laitteelle oli mahdollista.



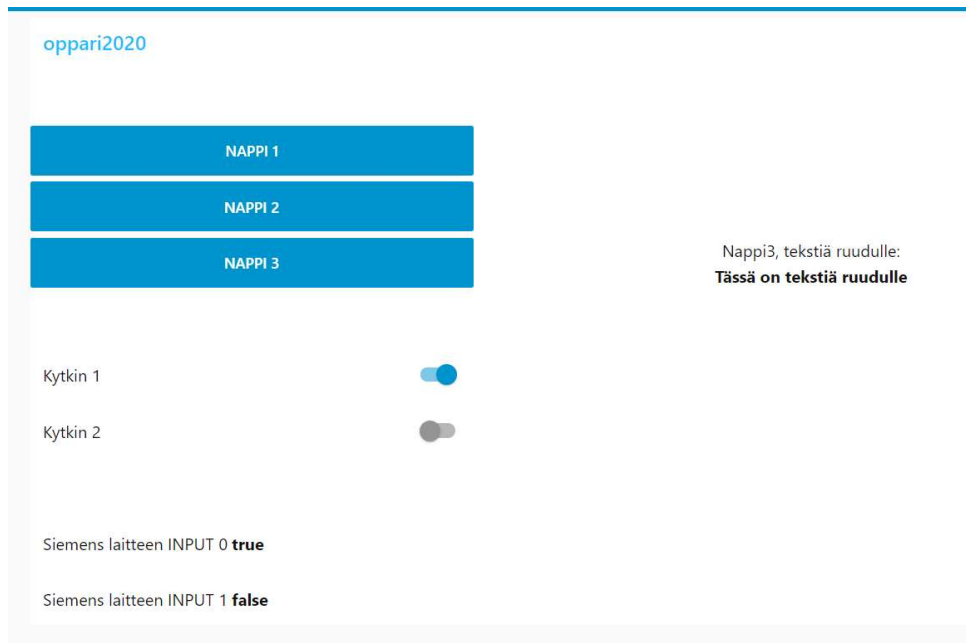
Kuva 22. Siemens node -solmujen tila ruudulla

Kuvassa 22 näkyy, että ensin s7 -solmujen alapuolella oli punainen neliö, mikä muuttui vihreäksi neliöksi ja ruudulle tulostui teksti online, joka tarkoittaa, että Raspberry Pille asennettu Node-RED kommunikoi onnistuneesti Siemens LOGO! -laitteen kanssa verkon välityksellä, kun ohjelma oli käynnissä Node-RED alustalla.



Kuva 23. Määriteltiin web-käyttöliittymä Layout editorilla

Seuraavaksi käytettiin web-käyttöliittymän näkymäeditoria (layout editor). Kuvassa 23 näkyy, kun käytettiin layout editoria web-sivun määrittelyyn. Hiirellä vedettiin Kytkin 1 ja Kytkin 2 vetokytkimet vasempaan laitaan ruudulle, ja määriteltiin niiden koko ruudulla. Samoin määriteltiin tekstisarakeet, web-näkymän ruudulle.



Kuva 24. Web-käyttöliittymä, jossa Siemens Output- ja Input- toiminnot

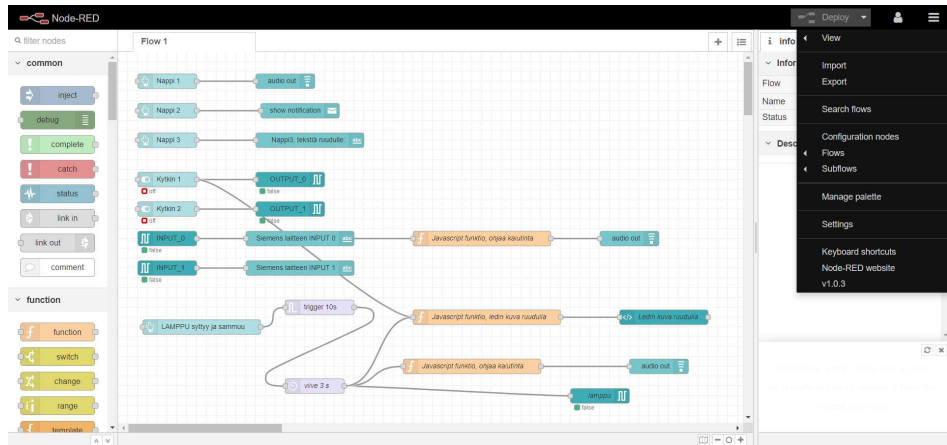
Kuvassa 24 nähdään kun web-käyttöliittymään oli lisätty Kytkin 1 ja Kytkin 2 vetokytkimet, joiden avulla voitiin vaihtaa Q0.0 ja Q0.1 releiden tilaa Siemens LOGO! -laitteella.

Kun asetettiin Kytkin 1 aktiiviseksi, sen väri muuttui tumman siniseksi ja kuultiin releen napsahtaminen LOGO!-laitteessa. Vastaavasti, Kytkin 2 ohjasi relettä Q0.1.

Sisääntulosignaalit INPUT_0 ja INPUT_1 Siemens LOGO! -laitteessa, yhdistyivät tekstisarakkeisiin web-käyttöliittymässä. Kun kytkettiin jännite 24V esimerkiksi INPUT_0 tuloon Siemens LOGO!-laitteessa, nähtiin teksti true web-käyttöliittymässä. Eli ruudulla nähtiin tekstimuodossa, kun Siemens laitteen Input 0 signaalitulo oli aktiivinen.

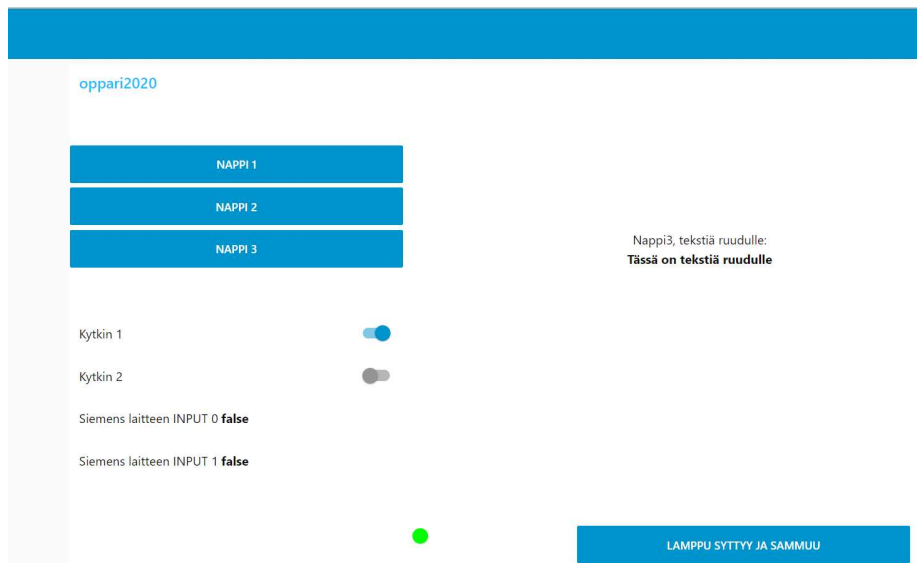
Näin pystyttiin todistamaan, että oli mahdollista lukea ja kirjoittaa Siemens -laitetta, Raspberry Pin Node-RED web-käyttöliittymästä. Jatkokehityksenä tälle konseptille olisi mahdollista tehdä esimerkiksi älykäs ovikello lisäämällä solmuja toiminnallisuutta luotuun flow-ohjelmaan.

Muokattiin vielä ohjelmaa siten, että web-sivulle laitettiin nappi, jonka nimi oli Lamppu päälle. Kun nappia painettiin, voitiin sytyttää Siemens PLC -laitteeseen kytketty merkkilamppu päälle 10 sekunnin ajaksi. Samalla kun lamppu syttyi, kaiuttimista kuului sanallinen ilmoitus lampun syttymisestä. Kun kymmenen sekuntia oli kulunut, lamppu sammui ja kaiuttimista kuului ilmoitus lampun sammuttamisesta. Lopullinen testiohjelma flow näkyy kuvassa 25.



Kuva 25. Testiohjelma, jonka kautta voitiin ohjata lampua

Selaimen ruudulle tuli uusi nappi LAMPPU SYTTY JA SAMMUU, jota painamalla voitiin aktivoida merkkilamppu 10 sekunnin ajaksi. Selaimen ruudulla nähtiin myös vihreä pyöreä symboli, kun lamppu oli aktiivinen. Kaikki aikaisemmin tehdyt painonapit ja kytkimet toimivat myös ohjelmassa.



Kuva 26. Testiohjelman web-käyttöliittymä ja lampun ohjaus

Kuvassa 26 nähdään, että on mahdollista luoda web-sivulle merkkivaloja, osoittamaan laitteiden tilaa. Kun Siemens LOGO!-n rele oli ei aktiivinen, fyysinen merkkilamppu oli pois päältä ja vihreä pyöreä symboli verkkoselaimen ruudulla muutti värin mustaksi. Näin voitiin osoittaa Siemens PLC -laitteeseen kytketyn fyysisen merkkilampun tila käyttöliittymässä verkkoselaimen ruudulla vihreällä tai mustalla värillä.

8 TIETOTURVA KÄYTÄNNÖSSÄ

Seuraavaksi käydään läpi, kuinka voitiin toteuttaa tietoturvallinen Raspberry Pi. Node-RED varmennettiin niin, että web-liittymä sai https-protokollan. Tämä tarkoittaa, että kun käyttäjä (tai admin) otti omalla selaimellaan yhteyttä Raspberry Pi:lle asennettuun Node-RED palveluun, kaikki liikenne verkossa kulki nyt salattuna. Näin kukaan ei pysty verkkoliikennettä kuuntelemalla selvittämään käyttäjänimiä tai salasanoja, eikä muuten puuttumaan palvelun toimintaan.

Kun seuraavat toimenpiteet tehtiin Raspberry Pi -tietokoneelle, web-käyttöliittymä oli nyt jatkossa turvallinen. Tällöin oli mahdollista sallia sen käyttäminen, vaikkapa ulko-verkon ja internetin kautta. Ilman näitä seuraavia toimenpiteitä, ei Node-Red palvelua olisi kannattanut sallia ulko-verkkoon. Wifi-reitittimen asetuksia säätämällä, voitiin Raspberry Pi tietokoneen tietoliikenneportti numero 1880 sallia ulko-verkkoon eli internettiin.

Ensin tehtiin peruspäivitykset Raspberry Pi tietokoneelle, koska usein niissä on mukana myös tietoturvapäivityksiä, Linux käyttöjärjestelmään. (Komentosarja 4):

```
sudo apt-get update && apt-get upgrade (4)
```

Tämän jälkeen asennettiin myös uusin Node-RED, koska Raspberry Pi:n mukana tuleva esiasennus on usein aika vanha versio. Uusimmassa versiossa voi olla tietoturvapäivityksiä, joten tulee pyrkiä käyttämään aina uusinta vakaata versiota Node-RED:istä.

Pysäytetään ensin Node-RED. (Komentosarja 5):

```
sudo systemctl disable nodered.service
```

```
node-red stop
```

```
bash <(curl -sL https://raw.githubusercontent.com/node-red/raspbian-deb-package/master/resources/update-nodejs-and-nodered) (5)
```

Tämän jälkeen päivitettiin ja uudelleen asennettiin myös npm, joka on node.js -ohjelmointikielen oma paketinhallintajärjestelmä. (Komentosarja 6):

```
sudo npm install -g n
```

```
sudo n latest (6)
```

Siirryttiin Node-RED asennuskansioon, jossa käännettiin käytetyt moduulit. (Komentosarja 7):

```
cd /home/pi/.node-red
```

```
sudo npm rebuild (7)
```

Sitten asennettiin node-red-admin työkalu, jota käytettiin admin salasanan kryptaamiseen ja luotiin sertifikaatit käytetylle SSL-HTTPS salaukselle (Komentosarja 8):

```
sudo npm install -g node-red-admin
```

```
openssl genrsa -out privatekey.pem 1024
```

```
openssl req -new -key privatekey.pem -out private-csr.pem
```

```
openssl x509 -req -days 365 -in private-csr.pem -signkey privatekey.pem -out certificate.pem (8)
```

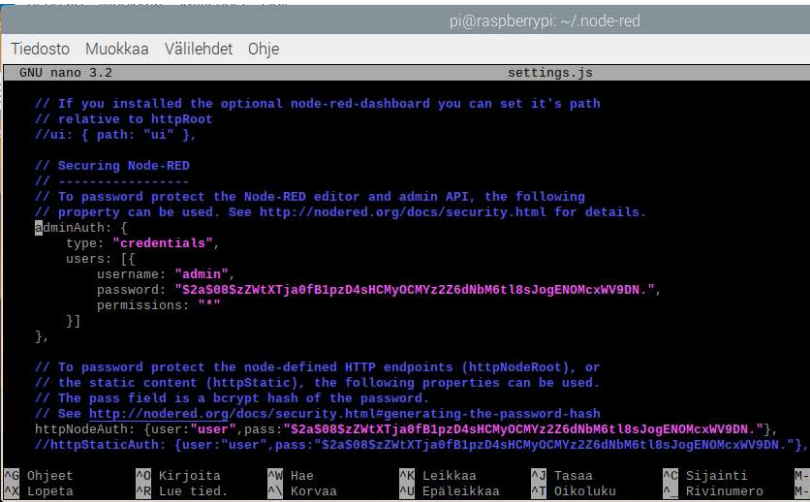
Editoitiin asetustiedostoa, otettiin salanasuojaus ja salaus käyttöön (Komentosarja 9):

```
nano settings.js (9)
```

Luotiin kryptatut eli salatut salasanat, admin ja user käyttäjille ja kopioitiin ne settings.js tiedostoon (Komentosarja 10):

```
node-red-admin hash-pw (10)
```

Node-red-admin työkalu pyysi kirjoittamaan salasanan, joka kryptattiin pitkäksi merkkijonoksi, joka voitiin kopioida settings.js tiedostoon.



```

pi@raspberrypi: ~/.node-red
Tiedosto Muokkaa Väילהdet Ohje
GNU nano 3.2 settings.js

// If you installed the optional node-red-dashboard you can set it's path
// relative to httpRoot
//ui: { path: "ui" },

// Securing Node-RED
// -----
// To password protect the Node-RED editor and admin API, the following
// property can be used. See http://nodered.org/docs/security.html for details.
adminAuth: {
  type: "credentials",
  users: [{
    username: "admin",
    password: "$2a$08$zZwtXtja0fB1pzD4sHCMyOCMyz2Z6dNbM6t18sJogEN0cxWV9DN.",
    permissions: "*"
  }
  ]
},

// To password protect the node-defined HTTP endpoints (httpNodeRoot), or
// the static content (httpStatic), the following properties can be used.
// The pass field is a bcrypt hash of the password.
// See http://nodered.org/docs/security.html#generating-the-password-hash
httpNodeAuth: {user:"user",pass:"$2a$08$zZwtXtja0fB1pzD4sHCMyOCMyz2Z6dNbM6t18sJogEN0cxWV9DN."},
//httpStaticAuth: {user:"user",pass:"$2a$08$zZwtXtja0fB1pzD4sHCMyOCMyz2Z6dNbM6t18sJogEN0cxWV9DN."},

Ohjeet Kirjoita Hae Leikkaa Tasa Sijainti
Lopeta Lue tied. Korvaa Epäleikkaa Oikoluku Rivinumero

```

Kuva 27. Settings.js tiedoston editoiminen nano -editorilla.

Kuvassa 27 lilalla värillä näkyvät rivit, joihin kopioitiin halutut käyttäjänimet ja salasanat kryptattuna.

Poistettiin kommentit seuraavilta riveiltä, ja muokattiin sertifikaattitiedostojen polut, tälle Raspberry Pi -tietokoneelle sopivaksi

```

pi@raspberrypi: ~/ .node-red
Tiedosto Muokkaa Välilehdet Ohje
GNU nano 3.2 settings.js

// The following property can be used to enable HTTPS
// See http://nodejs.org/api/https.html#https\_https\_createserver\_options\_requestlistener
// for details on its contents.
// See the comment at the top of this file on how to load the `fs` module used by
// this setting.
//
https: {
  key: fs.readFileSync('/home/pi/.node-red/privatekey.pem'),
  cert: fs.readFileSync('/home/pi/.node-red/certificate.pem')
},

// The following property can be used to cause insecure HTTP connections to
// be redirected to HTTPS.
requireHttps: true,

^G Ohjeet      ^O Kirjoita   ^W Hae        ^R Leikkaa     ^J Tasaa      ^C Sijainti
^X Lopeta     ^R Lue tied.  ^\ Korvaa     ^U Epäleikkaa ^T Oikoluku   ^_ Rivinumero

```

Kuva 28. Sertifikaattitiedostojen määrittäminen settings.js tiedostossa.

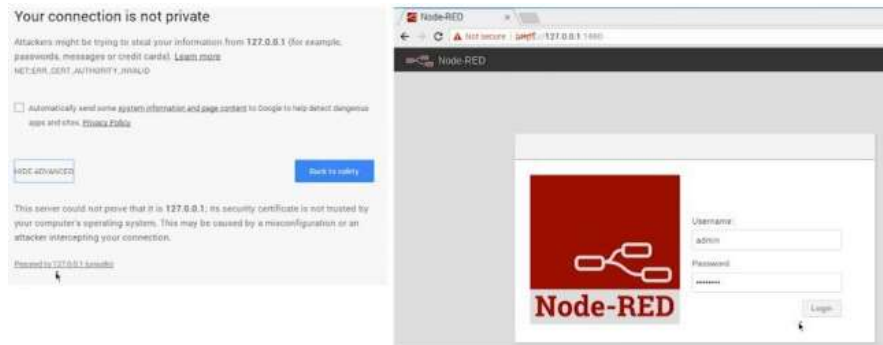
Käynnistettiin uudelleen Node-RED, ja määriteltiin se käynnistymään aina taustapalveluksi, kun Raspberry Pi -tietokone käynnistyy (Komentosarja 11):

```
sudo systemctl enable nodered.service
```

```
node-red start (11)
```

Kun terminaalissa käynnistettiin Node-RED, konsolissa näkyi viesti `https://127.0.0.1:1880/` joka tarkoittaa, että Node-RED palvelu käynnistyi ja web-käyttöliittymässä otettiin käyttöön salattu liikennöinti.

Sertifikaatit määriteltiin kuvassa 28 näkyvässä settings.js tiedostossa. Selaimella täytyi hyväksyä sertifikaatti käyttöön. Jonka jälkeen tuli Node-REDin kirjautumissivu ruudulle. Nyt kyettiin kirjautumaan sisään admin- käyttäjänä, kun tiedettiin vaadittu salasana. Myös web-käyttöliittymän puolelle oli mahdollista asettaa käyttäjälle oma salasana.



Kuva 29. Kirjautumisikkuna Node-RED käyttöliittymään

Kuvasta 29 nähdään, että nyt https-protokolla oli otettu käyttöön onnistuneesti ja käyttäjän piti kirjautua sisään hyväksytysti päästäkseen eteneeseen edelleen web-käyttöliittymään. Web-käyttöliittymä oli nyt turvattu ulkopuolisilta salasanan ja käyttäjätunnuksen avulla. Nyt oli turvallista liittää Raspberry Pi internetiin, palveluntarjoajan internet yhteyden kautta. Palveluntarjoajan kanssa täytyi sopia, onko portti 1880 mahdollista avata ulkoverkkoon eli internetiin. Node-REDn asetustiedostossa settings.js on myös mahdollista tämä portti vaihtaa tarvittaessa johonkin toiseen.

Jos haluttaisiin vielä lisätä tietoturva, voitaisiin Raspberry Pi -tietokoneeseen asentaa myös Fail2ban. Tällä lisäohjelmalla on mahdollista asettaa sisäänkirjautumiselle ehtoja, esimerkiksi jos salana syötetään väärin tarpeeksi monta kertaa järjestelmä estäisi määritellyksi aikaa sisäänkirjautumis-yritykset siitä IP-osoitteesta. Tällä tavoin mahdolliset sisään pyrkivät hakkerit eivät pääse jatkuvasti kokeilemaan erilaisia salanoja järjestelmään sisään pääsemiseksi.

Lisäksi on mahdollista asentaa ja asettaa Raspberry Pi kuuntelemaan vain tietyistä luotetuista IP-osoitteista otettavia yhteyksiä ja estää kaikki muut yhteydenotto yritykset. Mutta tämä rajoittaa omaa käyttöä mobiililaitteilla. Käytettäessä älykännyköitä ja tabletteja, näiden IP-osoite usein vaihtuu tiuhaan. Suojatun VPN-yhteyden asentaminen Raspberry Pille on myös mahdollista, mutta voi olla hiukan hankalaa peruskäyttäjälle. Tämä vaatisi perehtymistä eri vaihtoehtoihin ja olisi itsessään hyvä aihe opinnäytetyölle.

9 YHTEENVETO

Raspberry Pille saatiin onnistuneesti otettua käyttöön Node-RED ohjelmointityökalu. Node-RED saatiin liitettyä Siemens LOGO! -laitteeseen ja onnistuneesti pystyttiin ohjaamaan Siemens LOGO!:n relelähtöjä ja lukemaan tietoa sen tulorekistereistä. Node-RED saatiin tehtyä https-protokolla, jonka ansiosta sekä dashboard sekä käyttöliittymä on salasana suojattu. Kehittäjällä ja käyttäjällä voi olla oma salasana.

Mikäli järjestelmällä olisi useampia käyttäjiä tulisi tehdä käyttäjän autentikointi eli tunnistus, jotta voitaisiin luoda useita eritasoisia käyttäjätilejä järjestelmään. Tämä on mahdollista, mutta vaatii lisätyötä ja kokeilua tulevaisuudessa. Tämä rajattiin pois tarkoituksella tästä opinnäytetyöstä, koska työn pääpaino oli Node-RED ympäristön esittely ja asentaminen Raspberry Pi -tietokoneeseen.

Tulevaisuudessa tätä työtä voisi kehittää eteenpäin esimerkiksi lisäämällä kasvojentunnistuksen ja pilvipalvelut osaksi kokonaisuutta. Lisäämällä solmuja, voitaisiin esimerkiksi ottaa Raspberry Pillä kuva, kun Siemens LOGO! -laitteeseen kytkettyä painonappia painetaan. Kuva voitaisiin lähettää, vaikka IBM:n pilvipalveluun Internet yhteyden kautta, jos näin haluttaisiin. Pilvipalvelussa voitaisiin tehdä kasvontunnistusta. Mikäli kasvot tunnistetaan, pilvipalvelu voisi lähettää tiedon tunnistuksesta Raspberry Pille, joka pystyisi ohjaamaan Siemens LOGO:a avaamaan oven lukitus releen. Tämä olisi selkeästi ymmärrettävä ja opettavainen esimerkki mahdollisesta IoT-palvelusta. Kasvojen tunnistus on vielä alkutekijöissään tekniikan ja luotettavuuden suhteen, mutta kehittyy vuosittain yhä toimivammaksi ja luotettavammaksi. Node-RED mahdollistaa useita erilaisia tapoja kuvankäsittelyyn ja tiedon siirtoon erilaisiin pilvipalveluihin.

Tällaisen flow-ohjelman luominen olisi kuitenkin jo niin laaja työ, että siinä on hyvä aihe seuraavaan opinnäytetyöhön. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli osoittaa, mikä on mahdollista ja antaa ohjeita Node-REDin käyttöönottoon ja Raspberry Pi tietokoneen ohjelmointiin. Mikäli käytössä ei ole Siemens logiikkaa, voidaan samat asiat tehdä myös käyttäen Raspberry Pin GPIO-pinnejä.

Tämä työ opetti paljon asiakaspalvelin tyyppisestä sovellus arkkitehtuurista. Raspberry Pi -tietokone toimi palvelimena ja kannettavan tietokoneen sekä älylaitteiden avulla asiakkaat käyttävät Raspberry Pin jakamaa verkkopalvelua. Työ opetti paljon myös tietoturvasta ja kuinka voidaan luoda tietoturvallisia salattuja verkkopalveluita.

LÄHTEET

Andreasson, A & Koivisto, J. (2013) *Tietoturvaa toteuttamassa*. Helsinki:Tietosanoma Oy

Cox, T. (2014) *Raspberry Pi Cookbook for python programmers*. Birmingham:Packt Publishing Ltd.

Bhasin, H. (2018) Top 10 Siemens Competitors. Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://www.marketing91.com/top-10-siemens-competitors/>

Gale, J. (2019) *Raspberry Pi, Tips, Tricks&Fixes*. BDM's Ultimate series

Gilchrist, A. (2016) *Industry 4.0: The industrial Internet of Things*. Berkeley,CA:Apress

Heath, N. (2014) How IBM's Node-RED is hacking together the internet of things. Haettu 15.02.2020 osoitteesta <https://www.techrepublic.com/article/node-red/>

Maclean, M. (2019). Just Enough Raspberry Pi.
Haettu 03.02.2020 osoitteesta <https://leanpub.com/jerpi>

Hitaltech UK Ltd. (2018) The History of Raspberry Pi.
Haettu 08.02.2020 osoitteesta <https://hitaltech.co.uk/the-history-of-the-raspberry-pi/>

Node-RED (n.d.a) About Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://node-red.org/about/>

Node-RED (n.d.b) Running on Raspberry Pi. Haettu 08.02.2020 osoitteesta <https://nodered.org/docs/getting-started/raspberrypi>)

Node-RED (n.d.c) User guide. Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://node-red.org/docs/user-guide/>

Palmer, D. (2020) IoT security: Your smart devices must have these three features to be secure. Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://www.zdnet.com/article/iot-security-your-smart-devices-must-have-these-three-features-to-be-secure/>

Raspberry Pi Foundation (n.d.) Dokumentation-Usage-GPIO. Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://www.raspberrypi.org/documentation/usage/gpio/>

Rodger, L. (2016) Node RED Programming Guide. Node-RED: Lecture 1- A brief introduction to Node-RED. Haettu 02.03.2020 osoitteesta <http://noderedguide.com/nr-lecture-1/>

Siemens. (2011) *LOGO! Manual*. Nürnberg:Siemens AG.
St.Michael, S. (2018) What Is a PLC? An Introduction to Programmable Logic Controllers. Haettu 30.01.2020 osoitteesta <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/what-is-a-plc-introduction-to-programmable-logic-controllers/>

Patti Engineering (2018) Latest thinking, The father of the PLC -Dick Morley Haettu 03.03.2020 osoitteesta <https://pattiengineering.com/blog/father-plc-dick-morley/>

Westergren, U H., Saarikko, T., Blomquist, T. (2017) *The IoTGuide: A Business Guide to the Internet of Things*. Dept. of Informatics, Umeå University

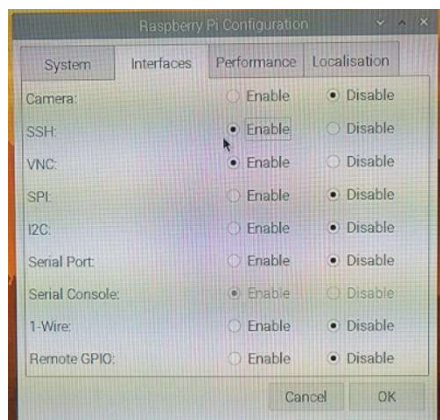
Raspberry Pi tietokoneen käyttöjärjestelmän asentaminen:

Tarvittiin Raspberry Pi 3- tietokone, SD-muistikortti, näppäimistö, hiiri sekä näyttö. Lisäksi tarvittiin toinen tietokone, jonka avulla haettiin internetistä Raspberry Pin kotisivuilta NOOBS-paketti, alustettiin muistikortti ja asennettiin NOOBS-paketti muistikortille. Muistikortin asennuksen jälkeen, se siirretään Raspberry Pi tietokoneeseen, joka käynnistettiin. Ensimmäisen käynnistyksen yhteydessä, Raspbian käyttöjärjestelmä asentui automaattisesti muistikortille ja muistikortin täysimääräinen koko tila alustui käyttöön automaattisesti.

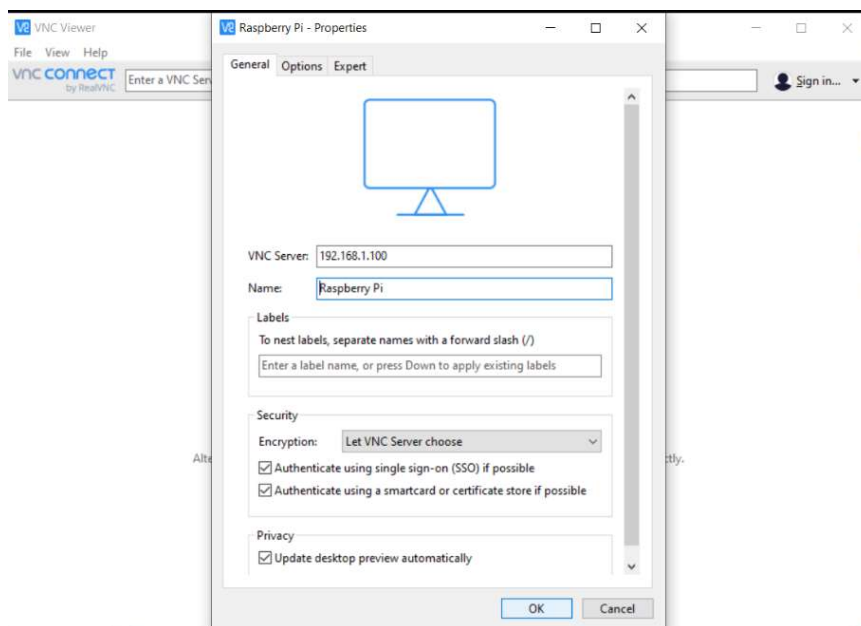
Raspbian asentaminen on tehty helpoksi, koska Raspberry Pin idea on olla helppo ja käyttäjäystävällinen. Raspbian käyttöjärjestelmä löytyy Raspberry Pin omilta web-sivuilta, josta se voidaan ladata zip-tiedostona. Zip-tiedosto puretaan ja kopioidaan alustetulle muistikortille. Tätä kutsutaan NOOBS -asennukseksi, New Out Of The Box Software. NOOBS on tehty helpoksi aloittelijoille, joilla ei ole vahvaa taustaa tietokoneiden kanssa.



Kun Raspbian oli asentunut, voitiin ottaa käyttöön tarvittavia taustapalveluita kuten SSH ja VNC. Näiden avulla voidaan ottaa yhteys verkon kautta Raspberry Pi koneelle etänä, ilman fyysistä näyttöä. Otettiin käyttöön SSH ja VNC-palvelut. Nämä löytyvät Raspberry Pin aloitus valikosta valitsemalla Raspberry Pi configuration.



Avautuvasta valikosta valittiin Interface -välilehti, josta löytyi listauksena erilaisia käyttönotettavia tai käytöstä poistettavia ominaisuuksia. SSH mahdollistaa terminaali etäyhteyden porttia 22 käyttäen. Graafisen etäyhteyden Raspberry Pi tietokoneen työpöytään saa VNC client ohjelmalla. Windows koneelle voitiin asentaa RealVNC viewer, jonka avulla oli mahdollista luoda salasana suojattu työpöytä yhteys Raspberry Pi -tietokoneelle. RealVNC:n kotisivuilta ladattiin asennusohjelma, joka on ilmainen yksityiskäytössä. Tämä helpotti työskentelyä Raspberry Pin kanssa, koska itse Raspberryn ei välttämättä tarvinnut kytkeä näyttöä, hiirtä ja näppäimistöä. Näin Raspberry Pi tietokone voi tarvittaessa sijaita myös etäällä, lukitussa tilassa. Tämä on osa tietoturvallisuutta, ettei laitteeseen pääse ulkopuoliset käsiksi.

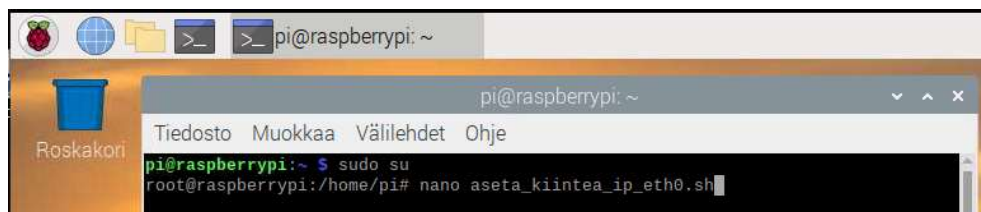


Kuvassa on avattuna uuden VNC-yhteyden määrittely. VNC-Server kohtaan asetettiin oman Raspberry Pi tietokoneen IP-osoite. Name kohtaan asetettiin oman Raspberry Pi tietokoneen käyttäjänimi. Perusasetus NOOBS -paketin asentamisen jälkeen käyttäjänimelle on Raspberry Pi. Koska Raspberry Pi tietokoneen käyttöjärjestelmä on Debian pohjainen Linux, voidaan käyttöjärjestelmään luoda tarvittaessa uusia käyttäjänimiä ja muuttaa olemassa olevia. Käyttäjille voidaan haluttaessa määritellä erilaisia käyttö oikeuksia. Kun VNC yhteyttä muodostetaan, ohjelma pyytää kirjoittamaan salasanan. Salasana VNC palvelun käyttöön on Raspberry Pi tietokoneen, käyttäjän oma salasana. Salasana määritettiin Raspbian käyttöjärjestelmän asennusvaiheessa. Salasanoja voidaan muuttaa tarvittaessa jälkepäinkin, avaamalla raspi-config, joko start-valikon asetus sivulta tai kirjoittamalla terminaalissa komento `sudo raspi-config`.

Kiinteän IP-osoitteen asettaminen Raspberry Pi tietokoneelle:

Raspberry Pin eth0-porttiin kytkettiin CAT6-kaapeli, jonka toinen pää kytkettiin kytkimeen. Eth0-portille asetettiin kiinteä IP-osoite, joka pysyy muuttumattomana. Kiinteä IP-osoite asetettiin sekä Raspberry Pille, että Siemens LOGO- laitteelle jotta työskentely helpottui. Näin DHCP ei jokaisella käynnistymiskerralla hakenut uutta IP-osoitetta laitteille.

Raspberry Pille voitiin `/etc/rc.local` -tiedostossa määrittää oma skripti käynnistymään, kun Raspberry Pi-tietokone käynnistyi. Tehtiin skripti, joka muutti eth0-verkkoportin IP-osoitteen.



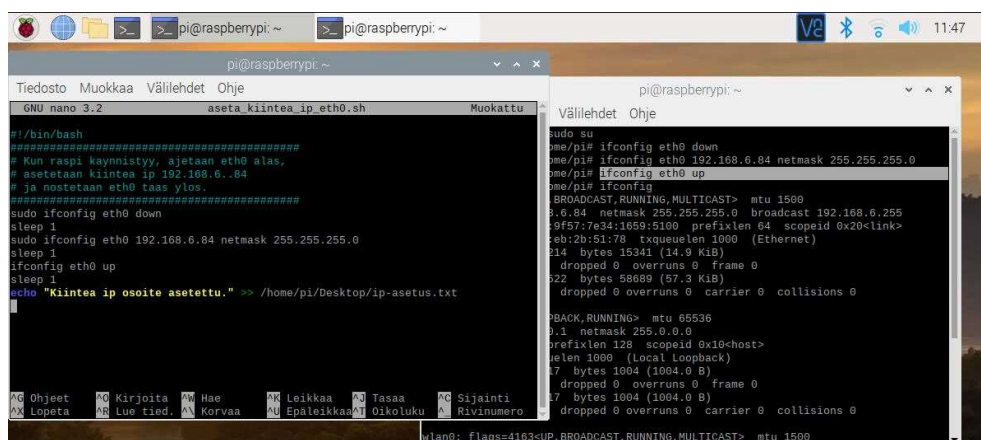
Ensimmäisenä siirryttiin pääkäyttäjäksi(root), jotta päästiin tekemään konfigurointia.

sudo su

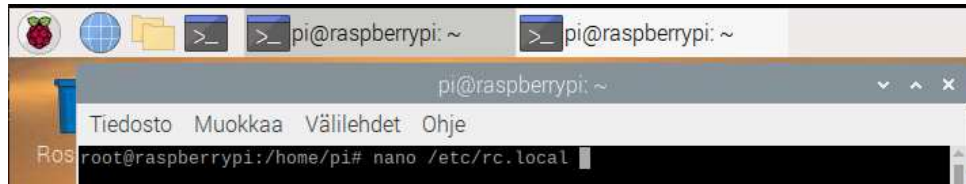
Root-pääkäyttäjänä, voitiin tehdä määritykset, jotka asettivat kiinteän IP-osoitteen aina kun Raspberry Pi käynnistyi. Tehtiin skripti `.sh`- tiedosto.

nano aseta_kiinte_a_ip_eth0.sh

Tiedostoon `aset_a_kiinte_a_ip_eth0.sh`, kirjoitettiin IP-osoitteen asetus.



Editoitiin /etc/rc.local tiedostoa nano editorilla:

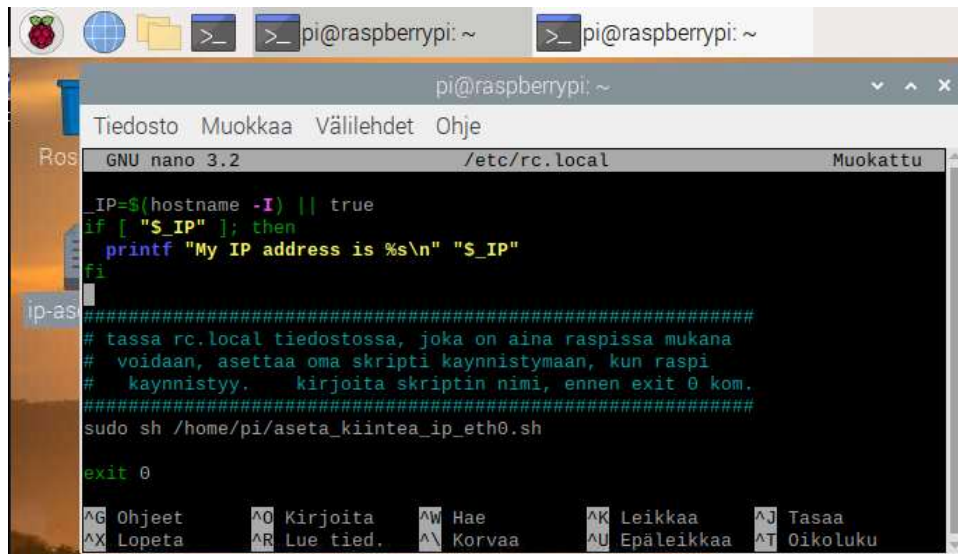


```

pi@raspberrypi: ~
Tiedosto Muokkaa Välilehdet Ohje
Ros root@raspberrypi:~/home/pi# nano /etc/rc.local

```

Nano tekstieditorilla, avattiin tiedosto muokkausta varten.



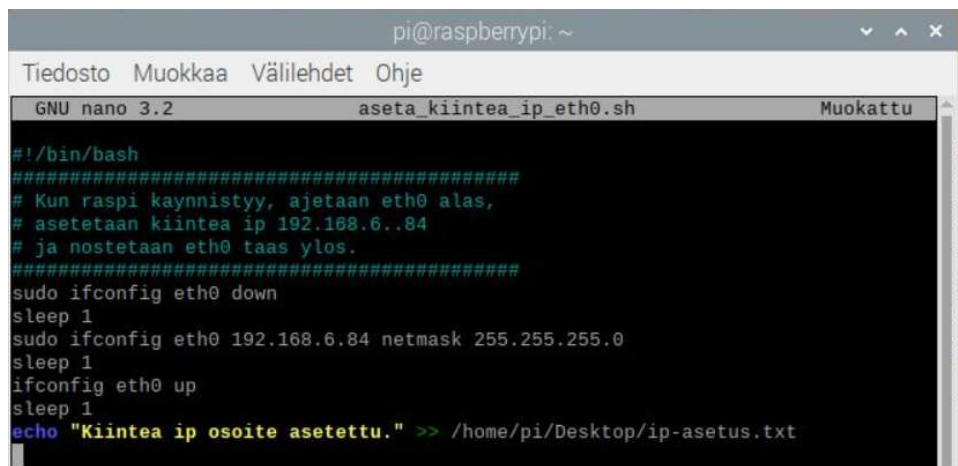
```

pi@raspberrypi: ~
Tiedosto Muokkaa Välilehdet Ohje
Ros GNU nano 3.2 /etc/rc.local Muokattu
IP=$(hostname -I) || true
if [ "$S_IP" ]; then
  printf "My IP address is %s\n" "$S_IP"
fi
#####
# tassa rc.local tiedostossa, joka on aina raspissa mukana
# voidaan, asettaa oma skripti kaynnistymaan, kun raspi
# kaynnistyy. kirjoita skriptin nimi, ennen exit 0 kom.
#####
sudo sh /home/pi/aseta_kiinteaa_ip_eth0.sh

exit 0
^G Ohjeet      ^O Kirjoita   ^W Hae        ^K Leikkaa    ^J Tasaa
^X Lopeta     ^R Lue tied.  ^\ Korvaa    ^U Epäleikkaa ^T Oikoluku

```

Määriteltiin /etc/rc.local -tiedostoon käynnistämään oma skripti /home/pi -kansioista. Kirjoitettiin rivi, sudo sh /home/pi/aseta_kiinteaa_ip_eth0.sh

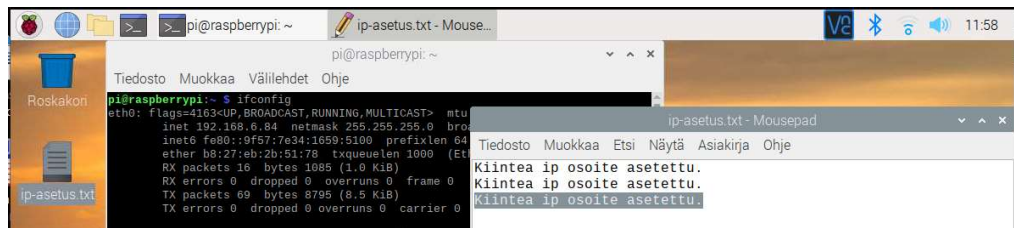


```

pi@raspberrypi: ~
Tiedosto Muokkaa Välilehdet Ohje
Ros GNU nano 3.2 aseta_kiinteaa_ip_eth0.sh Muokattu
#!/bin/bash
#####
# Kun raspi kaynnistyy, ajetaan eth0 alas,
# asetetaan kiinteaa ip 192.168.6.84
# ja nostetaan eth0 taas ylos.
#####
sudo ifconfig eth0 down
sleep 1
sudo ifconfig eth0 192.168.6.84 netmask 255.255.255.0
sleep 1
ifconfig eth0 up
sleep 1
echo "Kiinteaa ip osoite asetettu." >> /home/pi/Desktop/ip-asetus.txt

```

Kirjoitettiin /home/pi -kansioon oma skripti, joka asettaa kiinteän IP-osoitteen eth0-portille.



```
pi@raspberrypi:~$ ifconfig
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet 192.168.6.84 netmask 255.255.255.0 broadcast 192.168.6.255
    ether 08:27:eb:2b:51:78 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 16 bytes 1085 (1.0 KiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 69 bytes 8795 (8.5 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0
```

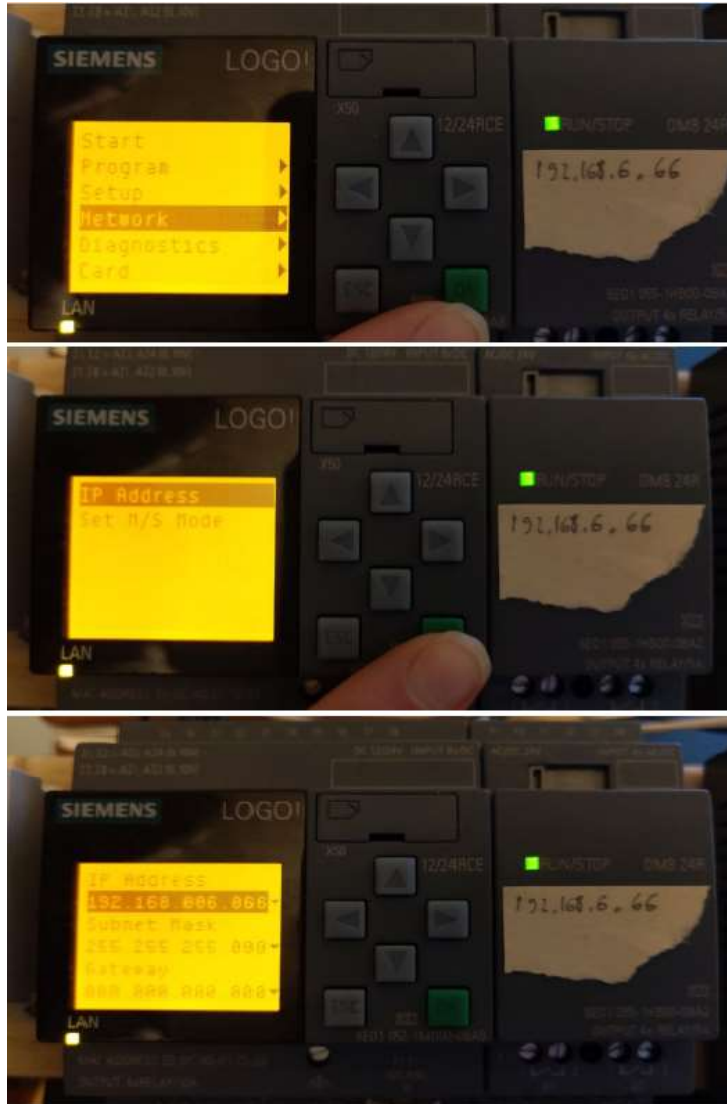
```
ip-asetus.txt - Mousepad
Tiedosto Muokkaa Etsi Näytä Asiakirja Ohje
Kiinteä ip osoite asetettu.
Kiinteä ip osoite asetettu.
Kiinteä ip osoite asetettu.
```

Kun Raspberry Pi tietokone käynnistyi, se käynnisti komentosarjan /home/pi kansioista. Omatekoinen skripti asetti eth0-portille kiinteään osoitteen 192.168.6.84. Nyt DHCP ei pääse muuttamaan IP-osoitteita eth0 -portille, eli CAT-kaapeli yhteydelle.

Siemens LOGO! -laitteen ja Raspberry Pi -tietokoneen välinen kommunikointi onnistui, kun molemmat laitteet olivat CAT-kaapelilla kytkettynä, samaan verkkokyttimeen.

Kiinteän IP-osoitteen asettaminen Siemens LOGO!lle

Asettamalla kiinteä IP-osoite varmistetaan Siemensin ongelmaton keskusteleminen Raspberry Pin kanssa. Siemens laitteelle IP-osoitteen asentaminen käy helposti laitteen omaa näyttöä ja navigaatiota käyttäen.



Kiinteä IP-osoite voitiin helposti asettaa Siemensin LOGO! PLC -laitteelle, käyttämällä siitä löytyvää nappiohjausliittymää ja seuraamalla näytön valikkorakennetta. Laitteen tuli olla aina STOP-tilassa, eli pysähdyksissä, kun IP -osoitetta tai vastaavia toimenpiteitä suoritettiin.

Asetuksen säädön jälkeen, laite asetettiin takaisin START PROGRAM-tilaan, jolloin laite alkoi suorittaa sille määrättyä ohjelmaa. Siemens LOGO!lle asetettiin kiinteäksi IP-osoitteeksi 192.168.6.66.